

---

# 理科離れを未然に防ぐために理科(化学)の実験 や学習を支援するホームページの開発

---

(課題番号 18500651)

平成18年度～平成21年度科学研究費補助金(基盤研究(C))報告書(合冊)

平成21年6月

研究代表者 芦 田 実  
(埼玉大学 教育学部 教授)

## 正誤表

### 交付決定額の修正

当初の研究期間（平成18年度～平成21年度）が平成20年度で終了したこと，途中から間接経費が措置されたことに伴う混乱から，平成18年度～平成20年度の報告書分冊中の交付決定額（配分予定額など）が実際の確定額と一部異なってしまった．次の表中の値が最終的に確定した正しい金額である．報告書分冊を読むときに注意願いたい．該当する箇所は，平成18年度分冊の18-3頁，平成19年度分冊の19-3頁，平成20年度分冊の20-4頁である．

### 交付決定額（配分確定額，単位：千円）

	直接経費	間接経費	合計
平成18年度	1,300	0	1,300
平成19年度	1,000	300	1,300
平成20年度	700	210	910
平成21年度	0	0	0
総計	3,000	510	3,510

### 平成18年度分冊の発行年月

修正箇所 表紙および末尾

誤 平成18年1月

正 平成19年1月

# 理科離れを未然に防ぐために理科(化学)の実験 や学習を支援するホームページの開発

芦田 実(埼玉大学 教育学部 教授)

## まえがき

本報告書は、科学研究費補助金(基盤研究(C))「理科離れを未然に防ぐために理科(化学)の実験や学習を支援するホームページの開発」の研究成果をまとめたものである。この研究計画は当初、平成18年度～平成21年度の研究期間であったが、最終年度前年度で応募していた次の科学研究費補助金(基盤研究(B))「驚きと感動をつたえ理科離れを未然に防ぐ理科大好きプロジェクト」が採択されたために平成20年度で終了し、次の研究計画に発展的に引き継がれることになった。したがって本報告書の内容は、科学研究費補助金研究成果報告書(最終年度に提出するpdf版報告書)、自己評価報告書(研究期間が4年以上の研究課題が3年目に提出するpdf版報告書)、および各年度に発行していた報告書の分冊(平成18年度、平成19年度、平成20年度)をまとめたものになっている。平成21年度の研究成果は含まれていないのでご了承願いたい。

本研究の目的は、小学校～高校における理科離れを未然に防ぐことであった。児童・生徒の理科離れは高校生から顕著になるという結果が出た(平成20年国立教育政策研究所調査、平成18年PISA調査と比較)。一方、中学・高校は専科教員なので、教員の理科離れは小学校で問題になっている。ただし、中学校の理科教員も授業前後の準備・片付の時間不足、備品・消耗品の不足(自費購入の経験ある教員が7割)、授業時間の不足等の問題を抱えている(平成20年科学技術振興機構・国立教育政策研究所調査)。そこで本研究では当初より、これらの問題を少しでも軽減することを目指して活動してきた。

理科の面白さは実験を通して伝えられることが多い。ところが、特に理科専修以外の出身の小学校教員の中には、実験・観察技能を修得していない者が多数おり、子どもたちに実験・観察による驚きと感動を十分に伝えることができないでいる。このような教員自身が理科好きになって驚きと感動を実感し、授業中になるべく多く実験を行ってもらいたい。児童・生徒の中には、理科の授業内容についていけず(特に高校の受験対策授業では実験・観察が少ないので)、理科の現象や考え方(概念)が十分に理解しきれず、つまらなくなり、そのまま理科嫌いになる者がいる。そうなる前に児童・生徒に理科の現象や考え方を理解してもらいたい。それゆえ、本研究の成果が理科離れを一人でも多く防ぐことを願っている。さらに、種々の地道な教育活動を今後も続けていくつもりである。

平成21年6月

研究代表者 芦田 実

---

合冊目次

---

科学研究費補助金研究成果報告書 (pdf版)	----- 1
自己評価報告書 (pdf版)	----- 5
科学研究費補助金報告書 (平成18年度分冊)	-- 18-1 ~ 18-122
科学研究費補助金報告書 (平成19年度分冊)	-- 19-1 ~ 19-108
科学研究費補助金報告書 (平成20年度分冊)	-- 20-1 ~ 20-125

---

平成18年度分冊内の目次

---

I. はじめに	----- 18-1
1. 緒言	----- 18-1
2. 研究組織	----- 18-3
3. 交付決定額 (配分額)	----- 18-3
4. 研究発表	----- 18-3
5. ホームページのURL (アドレス)	----- 18-4
II. 平成18年度に質問箱に寄せられた質問と回答	----- 18-4
III. ホームページの開発	----- 18-100
1. 化学実験のシミュレーション	----- 18-100
2. 溶液の濃度計算と調製方法の自動サービス	----- 18-102
IV. 参考資料 (研究発表)	----- 18-103
V. おわりに	----- 18-122
謝辞	----- 18-122

---

平成19年度分冊内の目次

---

I. はじめに	----- 19-1
1. 緒言	----- 19-1
2. 研究組織	----- 19-3
3. 交付決定額 (配分額)	----- 19-3
4. 研究発表	----- 19-4
5. ホームページのURL (アドレス)	----- 19-4
II. 平成19年度に質問箱に寄せられた質問と回答	----- 19-4
III. ホームページの開発	----- 19-72
1. 溶液の濃度計算と調製方法の自動サービス	----- 19-72
IV. 参考資料 (研究発表)	----- 19-74
V. おわりに	----- 19-108
謝辞	----- 19-108

---

平成20年度分冊内の目次

---

I. はじめに	----- 20-1
1. 緒言	----- 20-1
2. 研究組織	----- 20-4
3. 交付決定額 (配分額)	----- 20-4
4. 研究発表	----- 20-4
5. ホームページのURL (アドレス)	----- 20-5
6. 過去の報告書 (pdf版) の配布URL (アドレス)	----- 20-5
II. 平成20年度に質問箱に寄せられた質問と回答	----- 20-5
III. ホームページの開発	----- 20-71
1. 溶液の濃度計算と調製方法の自動サービス	----- 20-72
2. 化学実験のシミュレーション	----- 20-72
IV. 参考資料 (研究発表)	----- 20-72
V. おわりに	----- 20-125
謝辞	----- 20-125

平成21年 6月 1日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2006～2009  
 課題番号：18500651  
 研究課題名（和文） 理科離れを未然に防ぐために理科（化学）の実験や学習を支援するホームページの開発  
 研究課題名（英文） Development of homepage supporting the experiments and learning of science(chemistry) to prevent dislike of science.  
 研究代表者  
 芦田 実（ASHIDA MINORU）  
 埼玉大学・教育学部・教授  
 研究者番号：30125166

研究成果の概要：理科離れを少しでも未然に防ぐため、理科（化学）の実験や学習を支援するため、化学研究室のホームページを次の様に充実させた。水溶液の作り方について、シュウ酸、シュウ酸ナトリウム、過酸化水素水の作り方および二酸化炭素と石灰水、固体無水物の溶解度、ミョウバンとその関連物質の溶解度を作成した。化学実験のシミュレーションについて、酸・塩基滴定、混合滴定、酸化・還元滴定、ヨウ素滴定を作成した。質問箱の回答数は2006年度が120件、2007年度が66件、2008年度が70件であった。各年度の成果をまとめて製本し教員等に配布した。教育学部の多数の学生にホームページを紹介して活用を勧めた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,300,000	0	1,300,000
2007年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
2009年度	0	0	0
年度			
総計	3,000,000	510,000	3,510,000

研究分野：化学教育，無機化学

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学 科学教育

キーワード：理科離れ，理科実験・理科学習の支援，遠隔教育，水溶液の調製方法，化学実験のシミュレーション，化学の質問箱，ホームページ，e-learning

## 1. 研究開始当初の背景

国内にホームページは多数あるが、見せるだけのものがほとんどである。化学の質問箱もここ数年で増えてきたが、“誰か教えて”の掲示板方式による短い回答がほとんどである。しかも、回答の内容に不正確な点や誤りを含むことがある。本研究の内実は、地域（日本全国）に対するボランティア活動であるが、1つの回答を作成するのに数時間を必要とする。それゆえ、本ホームページのように大学の教員が責任を持って、懇切にいいに全部の回答を作成している質問箱はほとんど見あたらない。

計算・作図，化学実験のシミュレーションに関するホームページも少しあるが、用意されたメニューからしか数値データ等を選択できない形式が多い。プログラムも稚拙で自由度がなく、利用者が使いたいように使えないことが多い。

## 2. 研究の目的

理科（化学）の面白さは実験を通して伝えられることが多い。ところが、特に理科専修以外の出身の小学校教員の中には、化学系実験の一番の基礎である濃度計算や調製方法を修得していない小学校教員が多数おり、実

験を嫌うので理科離れの原因の1つになっている。本研究の1つ目の目的は、このような教員にも授業中に、なるべく多くの実験をやらせてもらうことである。児童・生徒の中には、理科(化学)の授業内容についていけず、理科(化学)の現象や考え方(概念)が十分に理解しきれず、つまらなくなり、そのまま理科嫌いになる児童・生徒がいる。本研究の2つ目の目的は、そうなる前に児童・生徒に理科(化学)の現象や考え方を理解してもらうことである。そこで、理科離れを少しでも未然に防ぐために、理科(化学)の実験や学習を支援する目的で、化学研究室のホームページを開発し、管理・運営する(図1)。

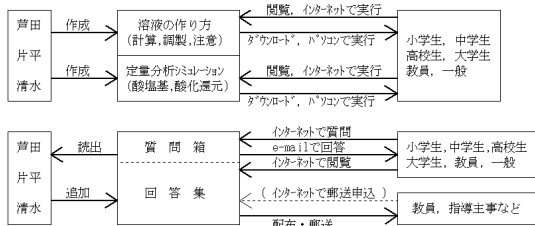


図1 本研究の概念図

水溶液の作り方(濃度計算, 調製方法, 注意事項)と酸-塩基滴定のJavaシミュレーションに関する自動サービスを開始している(web上で実行可, ダウンロード可, 予備知識不要)。少しでも多くの人に理科(化学)現象や概念を理解してもらうために、理科(化学)に関する質問箱を設け、必要に応じて日常生活に置き換えて(メタファー)分かりやすくe-mailで回答し、他の閲覧者のためにホームページにも回答集を公開している。

教育学部の多数の学生(約480名)に授業中にホームページを紹介し、教育実習(特に理科専修生以外)のときや、教員になったときに活用することを勧めている。さらに、質問箱の回答集と溶液の作り方等の紹介をまとめて印刷・製本し、指導主事, 化学研究室の卒業生(小学校~高校教員等の教育関係者), 大学説明会の参加者に配布し、ホームページで得た成果や知見を教育現場へ還元するとともに、ホームページの活用を呼びかけている(現職教育, 遠隔地教育, 宣伝)。

### 3. 研究の方法

水溶液の作り方(濃度計算, 調製方法, 注意事項)と化学実験のシミュレーションに関する自動サービスを行う(web上で実行可, ダウンロード可, 予備知識不要)。理科(化学)現象や概念を理解してもらうため、理科(化学)の質問箱を設け、必要に応じて日常生活に置き換えて(メタファー)分かりやすくe-mailで回答し、他の閲覧者のためにホームページにも回答を公開する。

教育学部の多数の学生(約480名)に授業

中にホームページを紹介し、教育実習(特に理科専修生以外)のときや、教員になったときに活用することを勧める。さらに、質問箱の回答集と溶液の作り方等の紹介をまとめて印刷・製本し、指導主事, 化学研究室の卒業生(小学校~高校教員等の教育関係者), 大学説明会の参加者に配布し、ホームページで得た成果や知見を教育現場へ還元するとともに、ホームページの活用を呼びかける(現職教育, 遠隔地教育, 宣伝)。

### 4. 研究成果

理科離れを少しでも未然に防ぐため、理科(化学)の実験や学習を支援するため、化学研究室のホームページ(6ヶ所)を下記の様に充実させた。水溶液の作り方(濃度計算, 調製方法, 注意事項)について、前年度までに食塩水, 塩酸, 酢酸, 硝酸, 硫酸, アンモニア水, 水酸化ナトリウム水溶液の日本語版を作成済みである。本研究ではこれらの英語版を作成し、自動サービスを開始した(ダウンロード可)。さらに日本語版として、シュウ酸水溶液, シュウ酸ナトリウム水溶液, 過酸化水素水の作り方および二酸化炭素と石灰水(図2), 固体無水物の溶解度(9種類), ミョウバンとその関連物質の溶解度(8種類)を作成した。

塩酸HClと石灰石CaCO3による二酸化炭素CO2の発生 (25°C) 芦田(埼玉大・教育)  
塩酸の濃度は質量百分率(優先) または モル濃度のどちらか1つを入力して下さい Ver. 2007.08.30

化学物質	塩酸 HCl	石灰石 CaCO3	二酸化炭素 CO2 (目安量)
密度 g/mL	1.0457		溶解残存量 0.143
質量百分率 %	<input type="text" value="10.0"/>		0.0339 飽和
モル濃度 mol/L	<input type="text" value="2.87"/>		
体積 mL	<input type="text" value="10.0"/>		8.29 236 56.0
質量 g	1.05	<input type="text" value="1.00"/>	0.0149 0.425 0.101
物質質量 mol	0.0287	0.00999	0.000339 0.00965 0.00229
モル質量 g/mol	36.46	100.09	44.01 44.01 44.01

塩酸HClの作り方(調製方法)は別のプログラムを見て下さい。損失係数 1.0    
二酸化炭素CO2の作り方(調製方法)は下の説明を見て下さい。容器呼称 mL  注入率

石灰水Ca(OH)2と二酸化炭素CO2の反応による炭酸カルシウムCaCO3の沈殿と炭酸水素カルシウムCa(HCO3)2の溶解 (25°C) 芦田(埼玉大・教育)  
石灰水を薄めて使う場合には希釈倍率に1より大きい数値を入力して下さい Ver. 2007.08.30

化学物質	石灰水Ca(OH)2	二酸化炭素 CO2	炭酸カルシウム CaCO3	炭酸水素カルシウム Ca(HCO3)2
希釈倍率	<input type="text" value="1.00"/>		溶解量	沈殿量
質量百分率 %	0.170		0.0821	0.0000
モル濃度 mol/L	0.0229		0.0082 飽和	0.0000
体積 mL	<input type="text" value="30.0"/>	<input type="text" value="10.0"/>	30.0	30.0
質量 g	0.0509	0.0180	0.0246	0.0163 0.0000
物質質量 mol	0.000687	0.000409	0.000246	0.000163 0.000000
モル質量 g/mol	74.09	44.01	100.09	100.09 162.12

石灰水Ca(OH)2の作り方(調製方法)は下の説明を見て下さい。

図2 二酸化炭素と石灰水の画面(一部)

化学実験のシミュレーションについて、本研究では酸・塩基滴定, 酸・塩基の混合滴定, 酸化・還元滴定(硫酸酸性で過マンガン酸カリウムで滴定), 酸化・還元滴定(ヨウ素滴定)を作成した。酸・塩基滴定(図3)では、酸を硫酸, シュウ酸, 塩酸, 酢酸から、塩基を水酸化バリウム水溶液, 石灰水, 水酸化ナトリウム水溶液, アンモニア水から選択でき、32種類の実験をシミュレートできる(指示薬

7種類). 混合滴定では, 水酸化ナトリウム, 炭酸水素ナトリウム, 炭酸ナトリウムのうち2~3種の混合水溶液を塩酸で滴定する. 酸化・還元滴定では, シュウ酸, シュウ酸ナトリウム, 過酸化水素, 硫酸鉄の各水溶液を過マンガン酸カリウム水溶液で滴定する. ヨウ素滴定では, 被滴定液を過マンガン酸カリウム, さらし粉, 次亜塩素酸ナトリウム, 過酸化水素, 硫酸銅の水溶液から選択し, チオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定する.

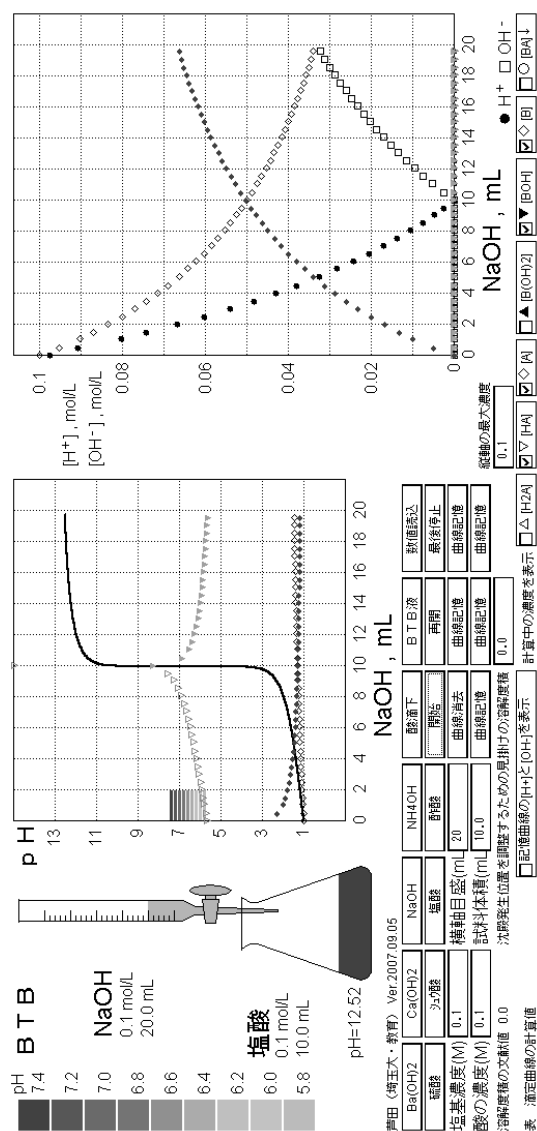


図3 酸・塩基滴定の画面 (一部)

質問箱の閲覧数は2006年度が約43,200件, 2007年度が約23,600件, 2008年度が29,500件である. 質問の回答数は追加を含めて2006年度が120件, 2007年度が66件, 2008年度が70件である. 必要に応じて日常生活に例えて, 平易な言葉を用いてできる限り速やかに質問者にe-mailで回答し, ホームページにも公開した. 質問内容から考えて, 質問者

の2/3は高校生と大学生である(図4). 教員や指導主事等からの質問も増加傾向にあるが, まだまだ少ない. そこで, 各年度の成果をまとめて印刷・製本し, さいたま市・埼玉県等の指導主事, 卒業生(小学校~高校教員等), 大学説明会の参加者等に配布した(2006年度が約400冊, 2007年度が約500冊, 2008年度が約560冊). また, 教育学部の多数の学生(教員の卵)にホームページを紹介し, 教育実習や学校の授業における活用を勧めた. また, 図書館の学術情報発信システムSUCRA-IRを通じてweb上でも全ての報告書(pdf版)を配布している.

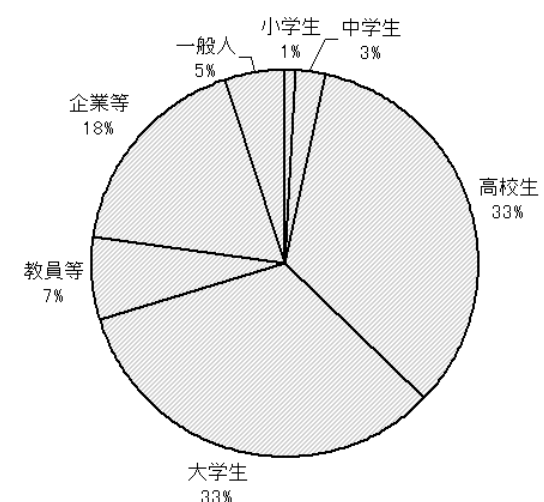


図4 2006年度の質問内容による分布

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

- ① 芦田実, 深澤晋, 柳沼杏菜, 定量分析シミュレーションのインターネットによる自動サービス-酸化・還元滴定-, 化学教育ジャーナル, 査読無, 11巻1号, 採録番号11-6(2008), web上で頁無, <http://chem.sci.utsunomiya-u.ac.jp/v11n1/ashida3/>
- ② 芦田実, 谷津勇太, 新山拓也, 定量分析シミュレーションのインターネットによる自動サービス-混合滴定-, 化学教育ジャーナル, 査読無, 11巻1号, 採録番号11-5(2008), web上で頁無, <http://chem.sci.utsunomiya-u.ac.jp/v11n1/ashida2/>
- ③ 芦田実, 遠藤尊士, 新保佳奈美, 溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス-シュウ酸水溶液およびシュウ酸ナトリウム水溶液-, 化学教育ジャーナル, 査読無, 11巻1号, 採録番号11-4(2008), web上で頁無, <http://chem.sci.utsunomiya-u.ac.jp/v11n1/ashida/>
- ④ 芦田実, 谷津勇太, 新山拓也, 定量分析シミュレーションのインターネットによる自動サービス

-酸・塩基滴定-, 化学教育ジャーナル, 査読無, 10巻1号, 採録番号10-4(2007), web上で頁無, <http://chem.sci.utsunomiya-u.ac.jp/v10n1/ashida3/>

⑤ 芦田実, 深澤晋, 柳沼杏菜, 溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 二酸化炭素と石灰水 -, 化学教育ジャーナル, 査読無, 10巻1号, 採録番号10-3(2007), web上で頁無, <http://chem.sci.utsunomiya-u.ac.jp/v10n1/ashida2/>

⑥ 芦田実, 遠藤尊士, 新保佳奈美, 溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 固体無水物の溶解度-, 化学教育ジャーナル, 査読無, 10巻1号, 採録番号10-2(2007), web上で頁無, <http://chem.sci.utsunomiya-u.ac.jp/v10n1/ashida1/>

⑦ Minoru Ashida, Makoto Shishido, Nobutaka Okajima, Elizabeth S. Escano and Takahiro Abe, Automatic Services of Calculating Data and for the Preparation of Solutions by Using Internet -Nitric Acid Aqueous Solution and Sulfuric Acid Aqueous Solution-, The Chemical Education Journal (CEJ), 査読無, Vol.9, No.2, Registration No.9-14(2007), web上で頁無, <http://chem.sci.utsunomiya-u.ac.jp/v9n2/ashida/>

[図書] (計 1 件)

① 吉田俊久, 下田好行, 稲葉秀明, 麻生偉佐男, 岩田雅弘, 鈴木勲, 芦田実, 岩田修一, 鎌田稔, 鈴木勝浩, 山田洋一, 渡部智博, 東京法令出版, 図解 学力向上につながる理科の題材 「知を活用する力」に着目して学習意欲を喚起する 化学編 (2006), pp. 26-29, pp. 34-37

[その他]

本研究室ホームページのトップ頁アドレス

- ① 本館 <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/>
- ② 新館 <http://rikadaisuki.edu.saitama-u.ac.jp/~chem1/>
- ③ 縮小版1 <http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/>
- ④ 別館1 <http://www.geocities.jp/ashidabk1/>
- ⑤ 別館2 <http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/>
- ⑥ 別館3 <http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/>

本研究に関連した報告書 (SUCRA-IR)

下記の pdf 版報告書のダウンロード総数は現在約 7,000 回である。

① 「化学の考え方や現象を分かりやすく回答する質問箱の開設」2002~2003 年度科学研究費補助金 (基盤研究(C) (2)) 研究成果報告書, 全 143 頁

<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KK000018>

② 「化学の考え方や現象を分かりやすく回答

する質問箱の開設 第 2 巻」2004 年度埼玉大学教育学部学部長裁量経費報告書, 全 150 頁  
<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=A1002102>

③ 「化学の考え方や現象を分かりやすく回答する質問箱の開設 第 3 巻」2005 年度埼玉大学総合研究機構研究プロジェクト研究成果報告書, 全 108 頁

<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=A1002103>

④ 「理科離れを未然に防ぐために理科 (化学) の実験や学習を支援するホームページの開発」2006 年度~2009 年度科学研究費補助金 (基盤研究(C)) 研究成果報告書 (平成 18 年度分冊), 全 122 頁

<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KK000453>

⑤ 「理科離れを未然に防ぐために理科 (化学) の実験や学習を支援するホームページの開発」2006 年度~2009 年度科学研究費補助金 (基盤研究(C)) 研究成果報告書 (平成 19 年度分冊), 全 108 頁

<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KK000454>

⑥ 「理科離れを未然に防ぐために理科 (化学) の実験や学習を支援するホームページの開発」2006 年度~2009 年度科学研究費補助金 (基盤研究(C)) 報告書 (平成 20 年度分冊), 全 125 頁

<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KK000468>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

芦田 実 (ASHIDA MINORU)  
埼玉大学・教育学部・教授  
研究者番号: 30125166

### (2) 研究分担者 (2006 年度, 2007 年度)

片平 克弘 (KATAHIRA KATSUHIRO)  
埼玉大学・教育学部・教授  
研究者番号: 70214327  
清水 誠 (SHIMIZU MAKOTO)  
埼玉大学・教育学部・教授  
研究者番号: 30292634

### (3) 連携研究者 (2008 年度)

片平 克弘 (KATAHIRA KATSUHIRO)  
埼玉大学・教育学部・教授 (~2008. 9. 30)  
筑波大学・人間総合科学研究科・准教授 (2008. 10. 1~)  
研究者番号: 70214327  
清水 誠 (SHIMIZU MAKOTO)  
埼玉大学・教育学部・教授  
研究者番号: 30292634



研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2006～2009  
 課題番号：18500651  
 研究課題名（和文） 理科離れを未然に防ぐために理科（化学）の実験や学習を支援するホームページの開発  
 研究課題名（英文） Development of homepage supporting the experiments and learning of science(chemistry) to prevent dislike of science.  
 研究代表者  
 芦田 実 (ASHIDA MINORU)  
 埼玉大学・教育学部・教授  
 研究者番号：30125166

研究分野：化学教育，無機化学  
 科研費の分科・細目：科学教育・教育工学 科学教育  
 キーワード：理科離れ，理科実験・理科学習の支援，遠隔教育，水溶液の調製方法，化学実験のシミュレーション，化学の質問箱，ホームページ，e-learning

#### 1. 研究計画の概要

理科（化学）の面白さは実験を通して伝えられることが多い。ところが，小学校教員の中には化学実験の基礎である濃度計算や調製方法を修得していない者が多数おり，実験を嫌うので理科離れの原因の1つになっている。このような教員にも授業中に，なるべく多くの実験をやってもらおうことが1つ目の目的である。児童・生徒の中には授業内容についていけず，理科（化学）の現象や考え方（概念）が十分に理解できず，理科嫌いになる者がいる。そうなる前に児童・生徒に理科（化学）の現象や考え方を理解してもらおうことが2つ目の目的である。そこで，実験や学習を支援する目的で，化学研究室のホームページ（溶液の作り方，実験のシミュレーション，質問箱）を開発している。

#### 2. 研究の進捗状況

理科離れを少しでも未然に防ぐため，理科（化学）の実験や学習を支援するため，化学研究室のホームページ（6ヶ所）を下記のように充実させた。水溶液の濃度計算と調製方法について，前年度までに食塩水，塩酸，酢酸，硝酸，硫酸，アンモニア水，水酸化ナトリウム水溶液の日本語版を作成済みである。本研究ではこれらの英語版を作成し，自動サービスを開始した（ダウンロード可能）。さらに日本語版として，シュウ酸水溶液，シュウ酸ナトリウム水溶液，過酸化水素水の作り方および二酸化炭素と石灰水，固体無水物の溶解度（9種類），ミョウバンとその関連物質の溶解度（8種類）を作成した。

化学実験のシミュレーションについて，本

研究では酸・塩基滴定，酸・塩基の混合滴定，酸化・還元滴定（硫酸酸性で過マンガン酸カリウムで滴定），酸化・還元滴定（ヨウ素滴定）を作成した。酸・塩基滴定では，酸を硫酸，シュウ酸，塩酸，酢酸から，塩基を水酸化バリウム水溶液，石灰水，水酸化ナトリウム水溶液，アンモニア水から選択でき，32種類の実験をシミュレートできる（指示薬7種類）。混合滴定では，水酸化ナトリウム，炭酸水素ナトリウム，炭酸ナトリウムのうち2～3種の混合水溶液を塩酸で滴定する。酸化・還元滴定では，シュウ酸，シュウ酸ナトリウム，過酸化水素，硫酸鉄の各水溶液を過マンガン酸カリウム水溶液で滴定する。ヨウ素滴定では，被滴定液を過マンガン酸カリウム，さらし粉，次亜塩素酸ナトリウム，過酸化水素，硫酸銅の水溶液から選択し，チオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定する。

質問箱の閲覧数は2006年度が約43,200件，2007年度が約23,600件，2008年度が29,500件である。質問の回答数は追加を含めて2006年度が120件，2007年度が66件，2008年度が70件である。必要に応じて日常生活に例えて，平易な言葉を用いてできる限り速やかに質問者にe-mailで回答し，ホームページにも公開した。質問内容から考えて，質問者の2/3は高校生と大学生である。教員や指導主事等からの質問も増加傾向にあるが，まだまだ少ない。そこで，各年度の成果をまとめて印刷・製本し，さいたま市・埼玉県等の指導主事，卒業生（小学校～高校教員等），大学説明会の参加者等に配布した（2006年度が約400冊，2007年度が約500冊，2008年度が約560冊）。また，教育学部の多数の学

生(教員の卵)にホームページを紹介し、教育実習や学校の授業における活用を勧めた。また、図書館の学術情報発信システム SUCRA-IR を通じて web 上でも全ての報告書(pdf 版)を配布している。

### 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

水溶液の濃度計算と調製方法を6つ、化学実験のシミュレーションを4つ開発した。これらは当初の計画通り順調に進展している。質問箱の閲覧数と回答数について、2006年度は当初の予想通りの件数を達成できたが、2007年度と2008年度は半減した。この原因は、最も盛況なホームページを稼働していたサーバーが停止したためである。本研究のホームページではなく、他のホームページに迷惑書き込みが集中したためであり、不可抗力であった。急いでホームページの数(別館1~3, 新館)を増やしたが、閲覧数と回答数はまだ以前の様には回復していない。その他については、当初の計画通り順調に進展している。

### 4. 今後の研究の推進方策

研究計画最終年度前年度で応募した科学研究費補助金(基盤研究(B)2009年度~2012年度「驚きと感動をつたえ理科離れを未然に防ぐ理科大好きプロジェクト」)が採択されたので、この中で本研究課題の内容をさらに継続・発展させる。化学だけでなく、物理学、生物学、地学、理科教育学にまで内容を拡張させたい。

### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計7件)

①芦田実, 深澤晋, 柳沼杏菜, 定量分析シミュレーションのインターネットによる自動サービス -酸化・還元滴定-, 化学教育ジャーナル, 査読無, 11巻1号, 採録番号11-6(2008), web上で頁無

②芦田実, 谷津勇太, 新山拓也, 定量分析シミュレーションのインターネットによる自動サービス -混合滴定-, 化学教育ジャーナル, 査読無, 11巻1号, 採録番号11-5(2008), web上で頁無

③芦田実, 遠藤尊士, 新保佳奈美, 溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス -シュウ酸水溶液およびシュウ酸ナトリウム水溶液-, 化学教育ジャーナル, 査読無, 11巻1号, 採録番号11-4(2008), web上で頁無

④芦田実, 深澤晋, 柳沼杏菜, 溶液の濃度計

算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 二酸化炭素と石灰水 -, 化学教育ジャーナル, 査読無, 10巻1号, 採録番号10-3(2007), web上で頁無

⑤芦田実, 遠藤尊士, 新保佳奈美, 溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス -固体無水物の溶解度-, 化学教育ジャーナル, 査読無, 10巻1号, 採録番号10-2(2007), web上で頁無

[図書](計1件)

①吉田俊久, 下田好行, 稲葉秀明, 麻生偉佐男, 岩田雅弘, 鈴木勲, 芦田実, 岩田修一, 鎌田稔, 鈴木勝浩, 山田洋一, 渡部智博, 東京法令出版, 図解 学力向上につながる理科の題材 「知を活用する力」に着目して学習意欲を喚起する 化学編(2006), pp.26-29, pp.34-37

[その他]

本研究室ホームページのトップ頁アドレス

①本館

<http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/>

②新館

<http://rikadaisuki.edu.saitama-u.ac.jp/~chem1/>

③縮小版1

<http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/>

④別館1

<http://www.geocities.jp/ashidabk1/>

⑤別館2

<http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/>

⑥別館3

<http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/>

本研究に関連した報告書(SUCRA-IR)

下記のpdf版報告書(科学研究費等)のダウンロード総数は現在約6,300回である。

①2002~2003年度報告書, 全143頁

<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KK000018>

②2004年度報告書, 全150頁

<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=A1002102>

③2005年度報告書, 全108頁

<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=A1002103>

④2006年度報告書, 全122頁

<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KK000453>

⑤2007年度報告書, 全108頁

<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KK000454>

⑥2008年度報告書, 全125頁

<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KK000468>

---

# 理科離れを未然に防ぐために理科(化学)の実験 や学習を支援するホームページの開発

---

(課題番号 18500651)

平成18年度～平成21年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))研究成果報告書

(平成18年度分冊)

平成19年7月 改訂

研究代表者 芦田 実  
(埼玉大学 教育学部 教授)

# 理科離れを未然に防ぐために理科(化学)の実験 や学習を支援するホームページの開発

芦田 実(埼玉大学教育学部教授)

— 目次 —

I. はじめに	-----	1
1. 緒言	-----	1
2. 研究組織	-----	3
3. 交付決定額(配分額)	-----	3
4. 研究発表	-----	3
5. ホームページのURL(アドレス)	-----	4
II. 平成18年度に質問箱に寄せられた質問と回答	-----	4
III. ホームページの開発	-----	100
1. 化学実験のシミュレーション	-----	100
2. 溶液の濃度計算と調製方法の自動サービス	-----	102
IV. 参考資料(研究発表)	-----	103
V. おわりに	-----	122
謝辞	-----	122

## 理科離れを未然に防ぐために理科(化学)の実験 や学習を支援するホームページの開発

芦田 実(埼玉大学教育学部教授)

### I. はじめに

#### 1. 緒言

理科(化学)の面白さは実験を通して伝えられることが多い。ところが、特に理科専修以外の出身の小学校教員の中には、化学系実験の一番の基礎である濃度計算や調製方法を修得していない小学校教員が多数おり、実験を嫌うので理科離れの原因の1つになっている。本研究の1つ目の目的は、このような教員にも授業中に、なるべく多くの実験をやってもらうことである。児童・生徒の中には、理科(化学)の授業内容についていけず、理科(化学)の現象や考え方(概念)が十分に理解できず、つまらなくなり、そのまま理科嫌いになる児童・生徒がいる。本研究の2つ目の目的は、そうなる前に児童・生徒に理科(化学)の現象や考え方を理解してもらうことである。そこで、理科離れを少しでも未然に防ぐために、理科(化学)の実験や学習を支援する目的で、化学研究室のホームページを開発し、管理・運営している。図1にその概略を示す。

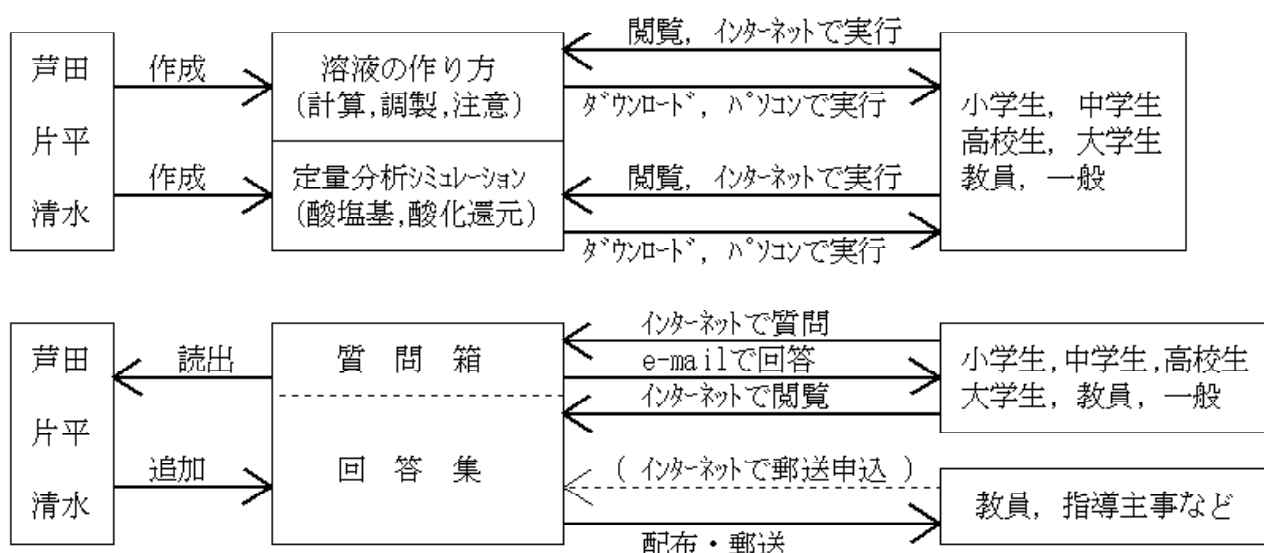


図1 本研究の概略図

「溶液の作り方(濃度計算, 調製方法, 注意事項)」と「酸-塩基滴定のJavaシミュレーション」に関する自動サービスを開始している(インターネット上で実行可能, ダウンロードしてパソコンの中だけでも実行可能, 予備知識が不要)。少しでも多くの人に理科(化学)現象や概念を理解してもらうために、理科(化学)に関する「質問箱」を設け、必要に応じて日常生活に置き換えて(メタファー)分かり易くe-mailで回答し、他の閲覧者のためにホームページにも回答集を公開している。

教育学部の多数の学生(約400名)に授業中にホームページを紹介し、教育実習(特に理科専修生以外)のときや、教員になったときに活用することを勧めている。さらに、質問箱の回答集と溶液の作り方等の紹介をまとめて印刷・製本し、指導主事、化学研究室の卒業生の小学校～高校教員等の教育関係者、大学説明会の参加者に配布し、ホームページで得た成果や知見を教育現場へ還元するとともに、ホームページの活用を呼びかけている(現職教育, 遠隔地教育, 宣伝)。これらの

サービスをさらに追加・充実する。

H16年6月から質問箱の閲覧数が急増したので、H16年9月からアクセスログを記録した。質問箱の閲覧数(図2)を分析した結果、平成17年の閲覧総数は45,684件(平成17年1月1日～平成17年12月31日、研究室からの確認用閲覧約200件を含む)にもなる。また、平成18年の閲覧数は11月下旬現在で42,439件(研究室からの確認用閲覧を含む)になり、その必要性や存在意義は益々高まっている。月別の閲覧数には変動があり、学期末が近づくと連れて、試験対策用に増加していると思われる。閲覧数が多いのは5月、6月、11月であり、少ないのは3月、8月、9月である。また、閲覧数は平日に多く、土日に少ない傾向がある(図省略)。

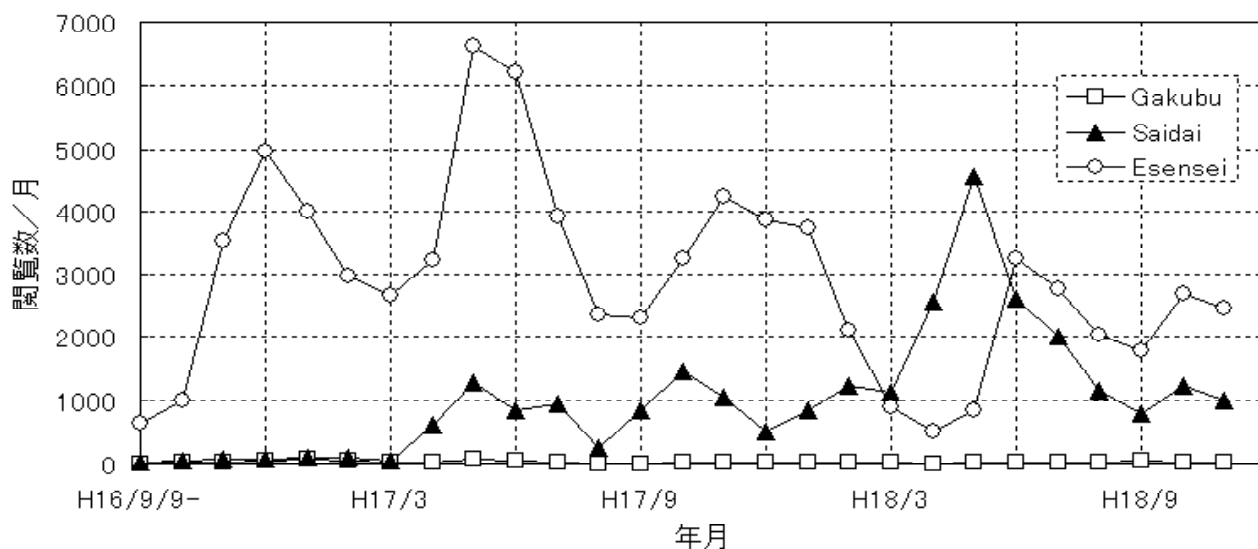


図2 閲覧数の推移(記録開始H16.9.10)

Gakubu <http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/>

Saidai <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/>

Esensei <http://www.e-sensei.ne.jp/~ashida/>

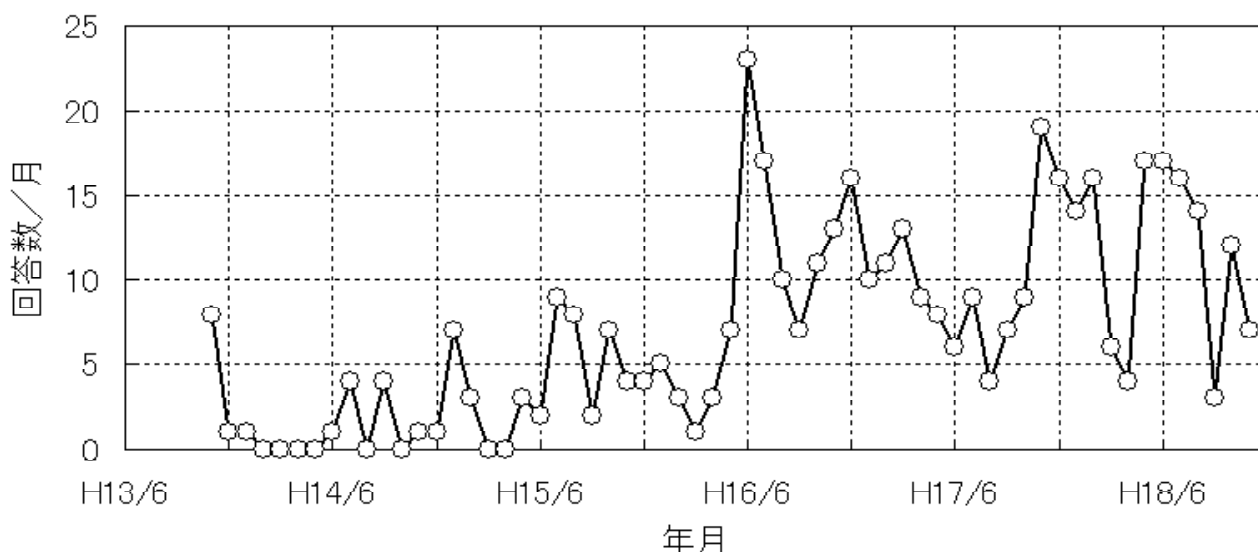


図3 回答数の推移(H18年11月下旬現在, H16.6下旬より質問受付を制限)

閲覧数に比例して質問数も増え、H16年度には140件の質問に回答している。回

答数(図3)の変動にも閲覧数と類似の傾向が見られる。ただし、平成16年6月下旬より質問の受付を少し制限しているため、回答数の推移については必ずしも利用者の質問頻度の実態を反映したものではない。回答総数が増えれば増えるほど、相乗効果で閲覧数も増えるので、児童・生徒が理科嫌いにならないための支援は、それなりの効果を上げられると思われる。質問があまりに多いので、途中から質問の受付を少し制限し(カウンタ追加)、厳選して回答せざるをえなくなった。現在は年間120件を目標に回答している。姓名とE-mailが書かれていない質問、大学生のレポート用の質問、目的や内容が不正確な質問、急ぎの質問、過去の質問と類似した質問等は一部お断りしたものがあつた。これにより利用者にご迷惑をおかけしたことを、この場でお詫び致します。

質問内容から考えて、質問者の内訳は多いほうから順に、高校生>大学生>企業等>教員(小学校~高校教員)>一般、中学生>小学生である(表1)。最近では、企業や教員からの質問も増加傾向にある。しかし、まだまだ教員は忙し過ぎて、インターネットを利用している時間が少ないと思われる。したがって、本研究室のホームページも一般の教員にはあまり知れわたっていないと考えられる。それゆえ、あらゆる機会を通じて、質問箱の回答集等を印刷・製本したものを教員・指導主事や卒業生および大学説明会の参加者等に配布することは大変重要である。製本したもののほうが、いちいちパソコンを起動しなくて済むので、手軽に読むことができる。また、教育学部の多数の学生(教員の卵)にホームページを紹介して活用を勧めることも大変重要である。理科(化学)が苦手な教員(特に小学校教員)を支援するためには、これらを長年にわたって地道に続けなければ、効果が上がらないと思われる。

他のサービス(溶液の作り方、化学実験のシミュレーション)は、全てサーバーにより自動的に実行できる。それゆえ、それらのプログラムの開発には長時間かかるが、完成した後は手間がかからない利点がある。

表1 質問内容による分類(推定)

		小学生	中学生	高校生	大学生	教員等	企業等	一般人	合計
平成17年分	回答数	1	4	47	38	5	23	3	121
	分布率	0.8%	3.3%	38.8%	31.4%	4.1%	19.0%	2.5%	100%
平成18年分	回答数	1	3	40	37	7	20	5	113
	分布率	0.9%	2.7%	35.4%	32.7%	6.2%	17.7%	4.4%	100%

## 2. 研究組織

研究代表者 : 芦田 実 (埼玉大学 教育学部 教授)  
 研究分担者 : 片平 克弘 (埼玉大学 教育学部 教授)  
 研究分担者 : 清水 誠 (埼玉大学 教育学部 教授)

## 3. 交付決定額 (配分額, 単位: 千円)

	直接経費	間接経費	合計
平成18年度	1,300	0	1,300
平成19年度	1,000(予定)	0	1,000(予定)
平成20年度	700(予定)	0	700(予定)
平成21年度	600(予定)	0	600(予定)
総計	3,600(予定)	0	3,600(予定)

## 4. 研究発表 (主に研究代表者の資料を記載する)

1) 芦田実, インターネットの質問箱に届く「溶解」とは? (吉田俊久, 稲場秀明編, 図解 学力向上につながる理科の題材 「知を活用する力」に着目して学習意欲を喚起する 化学編), 26-29頁, 東京法令, 平成18年(2006).

2) 芦田実, インターネットの質問箱に届く「酸・塩基」とは? (吉田俊久, 稲場秀

明編， 図解 学力向上につながる理科の題材 「知を活用する力」に着目して学習意欲を喚起する 化学編)， 34-37頁， 東京法令， 平成18年(2006)。

3) Minoru Ashida, Makoto Shishido, Nobutaka Okajima, Elizabeth S. Escano and Takahiro Abe, Automatic Services of Calculating Data and for the Preparation of Solutions by Using Internet: - Nitric Acid Aqueous Solution and Sulfuric Acid Aqueous Solution-, The Chemical Education Journal (CEJ), Vol. 9, No. 2 (Serial No. 17). The date of issue: January 30, 2007./Registration No. 9-14/Received March 7, 2006. URL = <http://www.juen.ac.jp/scien/cssj/cejrn1.html>

## 5. ホームページのURL (アドレス)

本研究室のホームページのURL (アドレス) を次に記す。

- 1) 本館 <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/>
- 2) 縮小版 1 <http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/>
- 3) 縮小版 2 <http://www.e-sensei.ne.jp/~ashida/>

## II. 平成18年度に質問箱に寄せられた質問と回答

平成18年度には質問の受付を制限し，11月下旬現在で113件の質問に回答した。必要に応じて日常生活に例えて，できる限り速やかに平易な言葉を用いて質問者にe-mailで回答し，ホームページにも公開した。それらの質問と回答を次頁から記載する。なお，質問者のプライバシー等を考慮して，質問者の電子メールアドレスは本報告には記載しないことにする。また，ワープロソフトで再編集したので，実際のホームページとは見た目が若干異なっている。特に，頁数を節約するために行間を詰めて編集したり，各回答に付けた下記のような前置き（特に，本研究室の守備範囲を超えるときは，専門家に質問して下さいとさらに付け足している）を本報告では全て省略している。読み難い部分が多いと思う。この場で，読者にお詫び致します。

必ずしも専門家ではありませんので，不正確な回答もあります。教育学部から公開しているホームページの質問箱とQ & A集にも回答（一部）を載せたいと思います。



名前：竹元奈都記 日時：2006年01月20日 13時10分45秒

化学が苦手です。教えてください。ある液があつて、その液が塩素イオンまたは硫酸イオンを含んでいる可能性があります。そのどちらかなのかを、判定しようとする場合、どういった方法があるのでしょうか？硝酸銀を考えたのですが、恐らく塩化銀も硫酸銀も沈殿物としては考えられると思うのですが、それを使った場合は、どちらかを限定するには、無理があるような気がしました。何か方法がありますか？稚拙な質問だとは思いますが、よろしく願いいたします。

---

名前：芦田 実 日時：2006年02月01日 17時52分00秒

竹元奈都記 様

**質問322** 教えてください。ある溶液があつて、その溶液が塩素イオンまたは硫酸イオンを含んでいる可能性があります。そのどちらかなのかを、判定しようとする場合、どういった方法があるのでしょうか？硝酸銀を考えたのですが、恐らく塩化銀も硫酸銀も沈殿物としては考えられると思うのですが、それを使った場合は、どちらかを限定するには、無理があるような気がしました。何か方法がありますか？稚拙な質問だとは思いますが、よろしく願いいたします。

**回答** 25℃における溶解度は、塩化銀が0.00019%、硫酸銀が0.83%です。濃度によりますが、試料の濃度が約1%以上なら両方とも沈殿を生じ、試料の濃度が約0.0001%以下なら両方とも沈殿を生じないと思います。したがって、これらの場合には塩素イオンなのか硫酸イオンなのか判定できないと思います。しかし、試料の濃度が0.1%程度なら塩化銀は沈殿し、硫酸銀は沈殿しませんので、どちらなのか判定できると思います。

検出試薬として硝酸バリウムを使用すれば、塩化バリウムの溶解度が27.1%（沈殿しない）、硫酸バリウムが0.00022%（沈殿する）なので、どちらなのか判定できると思います。その他、検出試薬として硝酸カルシウムを使用する場合には、塩化カルシウムの溶解度が45.3%（沈殿しない）、硫酸カルシウムが0.21%（沈殿する／しない）なので、試料の濃度によって判定できるかどうかが決まると思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：みい 日時：2006年01月29日 12時14分55秒

また質問させていただきます。たんぱく質の性質を調べているのですが、NaClを加えた卵白水溶液のそれぞれに、エタノール、硫酸、硫酸銅を加えたのですが、エタノールだけ、白く固まって、他の二つは白く濁っただけでした。いろいろと調べ、これがたんぱく質の変性だということは分かったのですが、なぜ、エタノールや硫酸を加えて白く濁ったのかが分かりません。お忙しいと思いますが、どうぞよろしく願いいたします。

---

名前：芦田 実 日時：2006年02月01日 18時40分00秒

みい 様

**質問323** また質問させていただきます。たんぱく質の性質を調べているのですが、NaClを加えた卵白水溶液のそれぞれに、エタノール、硫酸、硫酸銅を加えたのですが、エタノールだけ、白く固まって、他の二つは白く濁っただけでした。いろいろと調べ、これがたんぱく質の変性だということは分かったのですが、な

ぜ、エタノールや硫酸を加えて白く濁ったのかが分かりません。お忙しいと思いますが、どうぞよろしく願いいたします。

**回答** 変性によりタンパク質の立体的な構造等が変化し、それとともに水和の程度や物理的・化学的性質等が変化したため、溶解度が減少して水に溶けきれなくなり、固体(?)が析出しただけだと思います。白く固まったのと白く濁ったのでは、加えた薬品の効果が異なり、変性の程度が異なっただけだと思います。守備範囲を超えますので、詳細については有機化学や生化学の専門家に質問して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

**名前：ユウ 日時：2006年01月30日 19時44分34秒**

バリウムイオンの波長の値を教えてください。

---

**名前：芦田 実 日時：2006年02月01日 19時15分00秒**

ユウ 様

**質問324** バリウムイオンの波長の値を教えてください。

**回答** バリウム水和イオンによる吸収波長は調べた範囲で分かりませんでした。ただし、バリウムイオンは無色ですので、可視領域に吸収はないと思います。発光分光法による元素スペクトルは493.4nmと455.4nmにあるそうです。原子吸光法は553.55nmで測定するそうです。ジメチルスルホナゾⅢ法で発色させた試料は655nmで吸光度法で測定するそうです。これ以上に詳しいことが知りたければ、分析化学等の専門家に質問して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

**名前：山田 浩子 日時：2006年01月31日 13時46分00秒**

初めまして、ご回答宜しくお願い致します。様々な化学物質・成分の検出方法(定量方法など)が記載されている辞典などの書物は市販されておりますでしょうか?いくつか紹介していただけたら幸いです。宜しくお願い致します。

---

**名前：芦田 実 日時：2006年02月01日 23時40分00秒**

山田 浩子 様

**質問325** 様々な化学物質・成分の検出方法(定量方法など)が記載されている辞典などの書物は市販されておりますでしょうか?いくつか紹介していただけたら幸いです。宜しくお願い致します。

**回答** 例えば、日本分析化学会編「分析化学便覧」丸善(株)、日本化学会編「分析化学データブック」丸善(株)等があると思います。便覧等は、インターネットや図書目録で簡単に検索できると思います。または、図書館等に置いてあると思いますので、探してみてください。次に、「定量分析」や「機器分析」に関する本は多数あり、きりがないので省略します。本屋や図書館等で探してみてください。その他、薬品のカタログですが、(株)同仁化学研究所の「総合カタログ」が吸光

光度法等でスペクトルを測定する前に役に立つと思います。薬品を取り扱っている業者等から入手可能だと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：山田 浩子 日時：2006年02月14日 13時02分50秒

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実 様

この度は質問に対するご回答を頂き、ありがとうございます。大変参考になりました。また、疑問等がありましたら質問させていただくと思いますので、その際は宜しくお願い致します。どうもありがとうございました。

山田 浩子

---

---

名前：後藤 徹 日時：2006年02月01日 10時58分40秒

氷はなぜ透明なのですか。

---

名前：芦田 実 日時：2006年02月02日 20時05分00秒

後藤 徹 様

質問326 氷はなぜ透明なのですか。

回答 この質問は透明と無色のうち、どちらを質問しているのかあいまいです。透明とは、濁りがなく透き通っていることを言います。色付きガラスや色付きセロハン紙のように、色が付いていても透き通っている物は透明であるといえます。結晶性が良く均一な氷は、光が直進して透明になります。結晶性が悪く、多数の粒子の集合体（多結晶）となっている氷は、結晶粒界で光が散乱したり、乱反射しますので、白色に濁ります。したがって、氷や水が透明なのは、可視光を散乱・乱反射せず、全て透過するためだと思います。無色とは、可視光を吸収せず、全て透過することを言います。例えば、光の三原色（赤、緑、青）のうち赤色の光を吸収する物体は、緑色と青色の光を透過しますので、それらの混合色が目に入って水色に見えます。電子せん移と光・色などの関係については、質問70, 25, 21, 15, 5, 4等の回答をご覧ください。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：高田啓太 日時：2006年02月01日 16時42分57秒

Zn, Ni, Cuそれぞれが単独で水中に溶けている場合、各金属はどのようなイオンで存在しているのでしょうか？OH<sup>-</sup>イオンと共に錯イオンを形成したり、また別の形で存在したりしているのでしょうか？おねがいします。

---

名前：芦田 実 日時：2006年02月10日 23時40分00秒

高田啓太 様

質問327 Zn, Ni, Cuそれぞれが単独で水中に溶けている場合、各金属はどのよう

なイオンで存在しているのでしょうか？OH<sup>-</sup>イオンと共に錯イオンを形成したり、また別の形で存在したりしているのでしょうか？おねがいします。

**回答** まず最初に、対イオンが必ず存在しますので、単独で水中に溶けているということは、原理的にありえないと思います。非常に希薄な溶液の場合には、単独の状態に近いと思いますが、水に溶けている不純物や気体等の影響が無視できなくなると思います。さらに、pH（加水分解の程度）や二酸化炭素等の溶存濃度によって状態が大きく変化すると思います。

非常に希薄な溶液で、しかも加水分解が起こらない状態ならば、大部分がアクア錯体の状態で存在していると思います。Niは6配位（八面体形）のNi(OH<sub>2</sub>)<sub>6</sub><sup>2+</sup>になると思います。銅は4配位（正方平面形）Cu(OH<sub>2</sub>)<sub>4</sub><sup>2+</sup>と言うべきか、平面と直角方向で少し離れた位置にある2個の水分子まで入れて6配位（縦長の八面体形）Cu(OH<sub>2</sub>)<sub>6</sub><sup>2+</sup>と言うべきか、どちらが良いかハッキリしません。亜鉛は配位子の種類によって、4配位（四面体形）になったり6配位（八面体形）になったりします。アクア錯体の場合はどちらの構造なのか、調べた範囲で分かりませんでした。

濃度が濃くなるに連れて、配位子が水分子から対イオンに置き換わっていく可能性があります。このとき、対イオンの種類によって錯イオンの立体構造（形）が変化する可能性もあります。また、加水分解が起こる場合には、配位子の水分子がOH<sup>-</sup>イオンと2段階に置き換わっていき、水酸化物の分子（水和物）として溶けていることもあると思います。加水分解すると極弱い酸性になります。これを中性にするためには、OH<sup>-</sup>イオンを添加しなければなりません。したがって、中性の水中では水酸化物の分子として存在している割合もかなり多いと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：棚橋 秀雄 日時：2006年01月14日 15時05分15秒

炭酸アンモニウムがガス化する分解点となるpH値を教えてください。よろしくおねがいします。

---

名前：芦田 実 日時：2006年02月23日 00時20分00秒

棚橋 秀雄 様

**質問328** 炭酸アンモニウムがガス化する分解点となるpH値を教えてください。よろしくおねがいします。

**回答** 純粋な固体の炭酸アンモニウム1水和物は58℃で分解するそうです。pHに関しては、固体の場合はあまり意味がないと思います。水溶液は70℃で分解して炭酸とアンモニアになるそうです。弱酸と弱塩基の塩なので水溶液中ではpH緩衝効果があると思います。また、加水分解して弱塩基性になります。酸を加えると二酸化炭素を発生し、塩基を加えるとアンモニアを発生しますが、化学反応が起こりますので炭酸アンモニウムではなくなります。したがって、炭酸アンモニウムがガス化するpHとは言い難いと思います。例えば、塩酸を加えると塩化アンモニウムと炭酸の混合水溶液になり、炭酸が分解して二酸化炭素が発生します。水酸化ナトリウム（水溶液）を加えると、アンモニアと炭酸ナトリウムの混合水溶液になり、アンモニアガスが発生します。二酸化炭素やアンモニアを水に溶かすと、ほとんど分子の状態です。したがって、pH値ははっきりしませんが、酸性側も塩基性側もかなり中性に近いところでガス化すると思います。むしろ、濃度と温度のほうが問題になると思います。すなわち、これらのガスの溶解

度以下の濃度ならば、ガスがあまり発生しないと思います。

市販されている炭酸アンモニウムは純粋な物ではなく、炭酸水素アンモニウム  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  とカルバミン酸アンモニウム（カルバミド酸アンモニウム）  $\text{NH}_2\text{COONH}_4$  の混合物だそうです。市販品を使用するつもりなら注意して下さい。市販の炭酸アンモニウム（固体）のビンを開けると、室温でも強いアンモニア臭がしますので、一部蒸発しているか、または一部分解していると思います。市販品は混合物であり、その組成がはっきり分かりませんので、ガス化するpHは考えようがありません。ご自分で実験して調べて下さい。なお、当然ながら温度と濃度に依存してガス化するpHが変化すると思います。その他、試薬関係については参考として下記のホームページの製品安全データシート（MSDS）等をご覧下さい。

<http://www.siyaku.com/>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：宮川 直子      日時：2006年02月01日 21時22分36秒

台所洗剤の界面活性剤の割合が高いほうがシャボン玉が出来ると書いてあることが多いのですが、それはどうしてですか？

---

名前：芦田 実      日時：2006年02月24日 13時40分00秒

宮川 直子 様

質問329 台所洗剤の界面活性剤の割合が高いほうがシャボン玉が出来ると書いてあることが多いのですが、それはどうしてですか？

回答 そのようなことは普通は考えられません。一般的に、薄すぎても濃すぎてもシャボン玉ができ難いと思います。例えば、水だけではシャボン玉はできません。また、固形石けんや粉末洗剤だけでもシャボン玉はできません。これらを水に溶かす必要があります。したがって、シャボン玉が最もでき易い最適な濃度があると思います。界面活性剤の割合が高いほうがシャボン玉ができると書いてあるとしたら、最適濃度よりも薄いところしか実験していないためだと思います。または、市販の台所洗剤が元もと水溶液の形で売られているので、最適濃度よりも濃いところが実験できない（濃縮がめんどくさい）ことも考えられます。さらに、洗剤は開発・改良競争が繰り返されてきましたので、洗剤のメーカーや製品によって含まれている界面活性剤の種類や濃度が違うと思います。ゆえに、製品ごとに最適濃度が少し異なっていると思います。したがって、界面活性剤の割合だけで考えるのはまずいと思います。

シャボン玉ができる理由は界面活性剤が水（水溶液）の表面張力を低下させるためだと思います。最適濃度よりも薄いところでは、洗剤の濃度が増加するに連れて水溶液の表面張力が低下しているのだらうと思います。なお、壊れ難いシャボン玉を作るためには、種々の物質を添加して、シャボン玉の膜厚を大きくしたり、膜の粘性を増加させたり、膜から水が蒸発するのを防ぐ等の工夫が必要だそうです。詳細については、例えば下記のホームページをご覧下さい。

<http://www.live-science.com/honkan/jissen/shabon.html>

[http://www.tv-osaka.co.jp/ip4/qto/gimon/butsuri/1182291\\_1277.html](http://www.tv-osaka.co.jp/ip4/qto/gimon/butsuri/1182291_1277.html)

<http://www.takasaki.ed.jp/bukatu/kagaku/kagaku7.htm>

<http://www.rinku.zaq.ne.jp/asobiya/syabondama.htm>

[http://www.chemistryquestion.jp/situmon/shitumon\\_kurashi\\_kagaku70\\_sugar\\_bubble.html](http://www.chemistryquestion.jp/situmon/shitumon_kurashi_kagaku70_sugar_bubble.html)

[http://www.manes.gr.jp/play\\_page\\_4.html](http://www.manes.gr.jp/play_page_4.html)  
<http://www.tomoda.ne.jp/jikken.htm>  
<http://www.eyeladream.com/exp/ex-200308.html>  
<http://www.ncsm.city.nagoya.jp/exhibits/S/S1/2107.html>  
<http://homepage2.nifty.com/osiete/s349.htm>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前： あこ      日時： 2006年02月03日 01時46分44秒

こんばんは。[Cu(EDTA)]<sup>2-</sup>の配位数は5と授業で習いました。どんな構造なのか分からないんですが、配位数5はありますか？調べても分からなかったので質問しました。お願いします。

---

名前： 芦田 実      日時： 2006年02月24日 16時45分00秒

あこ 様

質問330 [Cu(EDTA)]<sup>2-</sup>の配位数は5と授業で習いました。どんな構造なのか分からないんですが、配位数5はありますか？調べても分からなかったので質問しました。お願いします。

回答 銅-EDTA錯体の配位数は普通4と言うと思います。EDTAの両端のカルボキシル基1個づつが、水素イオンを放出して銅イオンと結合します。さらに、2個の窒素原子の非共有電子対が銅イオンと配位結合します。これら全部で4個の結合が平面四角形の構造を作ります。参考として、質問18の回答をご覧ください。この図中の右辺のカルシウムイオンを銅イオンで置き換えた構造(形)になります。ただし、上方の2つの酢酸ナトリウム(水に溶けやすいEDTAの2ナトリウム塩を使用した場合)の部分はカルボキシルイオンとナトリウムイオンに電離しています。それから、この平面四角形と直角方向で少し離れた(前後の)位置に2個の水分子が弱く配位結合(水和)しているかもしれません。それまで含めると、配位数は6になると思います。その他、錯体の配位数と構造(形)等については質問327, 314, 304の回答もご覧ください。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前： A w a n a      日時： 2006年02月08日 14時21分36秒

食塩電解法により水酸化ナトリウムを生産しないという方法はありますか？この質問について、教えていただけませんか？

---

名前： 芦田 実      日時： 2006年02月24日 18時50分00秒

A w a n a 様

質問331 食塩電解法により水酸化ナトリウムを生産しないという方法はありますか？この質問について、教えていただけませんか？

回答 説明不足で質問の意味が理解できません。もしも水酸化ナトリウムがいないならば、手間暇をかけて製品(販売)にまで仕上げないで、粗製品(電解後

の廃液)を酸で中和して廃棄処分すれば良いと思います。別の方法として、食塩の固体を熱で融解して、その熔融塩を電気分解すれば金属ナトリウムが生じて、水酸化ナトリウムなど元々生じないと思います。これについての詳細は、質問281の回答をご覧ください。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：さわき 日時：2006年02月25日 01時16分51秒

1%の塩酸を作りたいのですが、その式には「グラム」が使われているんです。けれど、実際に作る時にはメスシリンダー、またはピペットを使って塩酸の量を測ります。その目盛の単位は(ミリリットル)でした。どうやったらグラムの単位をミリリットルに書き換えられるんですか。また、1%の塩酸を作る公式も確認のためもう一度教えてください。よろしくお願いします。

---

名前：芦田 実 日時：2006年02月26日 00時05分00秒

さわき 様

**質問332** 1%の塩酸を作りたいのですが、その式には「グラム」が使われているんです。けれど、実際に作る時にはメスシリンダー、またはピペットを使って塩酸の量を測ります。その目盛の単位は(ミリリットル)でした。どうやったらグラムの単位をミリリットルに書き換えられるんですか。また、1%の塩酸を作る公式も確認のためもう一度教えてください。よろしくお願いします。

**回答** 質量と体積は異なる物理量ですので、書き換えることはできません。ある質量(体積)がどれだけの体積(質量)に相当するか、相互に換算できるだけです。質量と体積の換算には密度を使用します。市販の濃塩酸の濃度は約37.3質量%であり、その密度は約1.183g/mLです。1質量%に希釈した後の密度は約1.002g/mLであり、体積1mLの質量が1gであると近似して差し支えありません。したがって、例えば濃塩酸22.7mL(蒸発してくる塩化水素の気体には毒性と刺激臭がありますので、吸わないように注意して下さい)を純水975.1mLで希釈すれば、1質量%の塩酸1000mL(質量1002g)ができます(少し発熱しますので注意して下さい)。または、濃塩酸22.7mLを純水で希釈して、発熱したものが冷えてから、最終的な体積を1000mLにしても、1質量%の塩酸1000mLができます。詳細については、私のホームページの溶液の作り方(濃度計算と調製方法)をご覧ください。計算方法、調製方法、注意事項等が説明してあります。インターネット上で計算することも可能ですし、説明と計算のプログラムをダウンロードすることも可能です。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：ゆっち 日時：2006年02月13日 10時40分38秒

何で $\text{Cu}^{2+}$ のエチレンジアミンやEDTA錯体は平面4配位なのに、 $\text{Co}^{3+}$ や $\text{Ca}^{2+}$ の対応する錯体は6配位八面体型をしているんですか？

---

名前：芦田 実 日時：2006年02月26日 22時10分00秒

ゆっち 様

**質問333** 何で $\text{Cu}^{2+}$ のエチレンジアミンやEDTA錯体は平面4配位なのに、 $\text{Co}^{3+}$ や $\text{Ca}^{2+}$ の対応する錯体は6配位八面体型をしているんですか？

**回答** エネルギー的に最も安定な立体構造をしているだけだと思います。銅錯体も平面と直角方向に少し離れた位置に2つの水分子が配位（水和）しており、それまで含めれば縦長の6配位八面体になると思います。要するに、少し離れた位置にあるので、それを無視しているだけであり、2次水和水が無視するのと同様だと思います。その他、錯体の配位数と構造（形）等については質問330, 327, 314, 304, 18の回答もご覧下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

**名前：土井佐和子**      **日時：2006年02月24日 00時10分00秒**

ビュレットの正しい使用方法について質問いたします。滴定を始める前、滴定液の液面は‘0’にあわせるべきか、それとも適当な量を入れて液面の目盛りを読んで控えておけばよいか。学生実験では後者であったと思うのですが、最近、前者のようにするよう注意を受けたもので、気になりました。ネットで調べると両方法がヒットしました。化学実験に専門的に関わられる方の意見を伺いたくて質問いたしました。よろしく願いいたします。

---

**名前：芦田 実**      **日時：2006年02月26日 23時20分00秒**

土井佐和子 様

**質問334** ビュレットの正しい使用方法について質問いたします。滴定を始める前、滴定液の液面は‘0’にあわせるべきか、それとも適当な量を入れて液面の目盛りを読んで控えておけばよいか。学生実験では後者であったと思うのですが、最近、前者のようにするよう注意を受けたもので、気になりました。ネットで調べると両方法がヒットしました。化学実験に専門的に関わられる方の意見を伺いたくて質問いたしました。よろしく願いいたします。

**回答** 結論から先に言えば、どちらでも良いと思います。滴定の前後で2回目盛りを読むことに変わりはありませんので、実験誤差は同じ大きさで生じます。滴定液の液面をゼロにピッタリ合わせるには時間がかかります。その時間が無駄だと思います。途中まで適当な量を入れたほうが速いと思います。ただし、補充量（ビュレット中の残液量）が少ないと、滴定途中で滴定液が不足する恐れがあります。さらに、間違えて目盛りを下から（大きいほうから）読む恐れが2倍になります。その他として、補充方法を気にするよりも、補充後のロートの外し忘れ（後流誤差）を注意すべきだと思います。滴定に慣れてくるに連れてロートを外し忘れるようになります。ロートを付けたままですと、滴定中に上から水滴がたれてきて、1～2滴分の実験誤差を生じると思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

**名前：山崎由紀子**      **日時：2006年02月24日 14時06分23秒**

pH試験紙ではpH7と測定される検水がpHメーターで測定するとpH10と測定されます。この誤差の原因として考えられることはありますか。またpHメーターでは測定されるが、pH試験紙では影響されない成分というものがあるのでしょうか。ご



教授ください。

---

名前： 芦田 実 日時： 2006年02月27日 15時05分00秒

山崎由紀子 様

**質問335** pH試験紙ではpH7と測定される検水がpHメーターで測定するとpH10と測定されます。この誤差の原因として考えられることはありますか。またpHメーターでは測定されるが、pH試験紙では影響されない成分というものがあるのでしょうか。ご教授ください。

**回答** pHメーターの測定値が間違っている場合には、ガラス電極の先端付近が破損してひびが入っている可能性があります。または、しばらく使っていなかったために電極の内部液の濃度が変化していたり、電極表面などが汚れていたり、コネクター部分がさびて接触不良になっていることも考えられます。十分にウォーミングアップを行って、pH標準緩衝液で調整してからpHメーターを使用したのでしょうか。その他に、SWを押し間違えてmVを測定している可能性もあります。

pH試験紙の測定値が間違っている場合には、pH試験紙が多種類（例えば、pH1, 2, 3, ~, 11およびpH0, 2, 4, ~, 14）あり、それぞれpHの色見本の色が違うことに注意する必要があります。中身の試験紙が入れ替わってはいませんか。または、ケースの外に出ている部分の試験紙は空気中の湿気などを吸収して変色・変質している恐れがあります。その他として、検水に酸化・還元剤（例えば、漂白剤や殺菌・消毒剤など）が含まれている場合には、当然のことながら酸化・還元反応により色素が変色・変質して、正しいpHが測定できなくなります。十分に注意して測定したのであれば、これの可能性が最も大きいと思います。酸化・還元剤のpHはpH試験紙では原理的に測定できないと思います。何れにしても、少なくとも一方の測定値が間違っていると思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前： 高橋 涼 日時： 2006年02月08日 15時25分37秒

ダイヤモンドの表面を分子レベルで見たとき、どのような構造になっているのでしょうか？例えば、同素体であるグラファイトは1つの炭素に注目すると、3つの結合に消費される電子と、1つの自由電子からなり、これが層状構造を生じていて、金属結合のような状態になっているので電気を通すし、表面の分子構造はイメージできます。しかし、ダイヤモンドの表面構造は炭素のもつ電子はすべて結合により消費されてしまうので、その端っこは一体どうなっているのでしょうか。電気も通さないし、結合のひずみでもおきているのでしょうか？

---

名前： 芦田 実 日時： 2006年02月28日 01時00分00秒

高橋 涼 様

**質問336** ダイヤモンドの表面を分子レベルで見たとき、どのような構造になっているのでしょうか？例えば、同素体であるグラファイトは1つの炭素に注目すると、3つの $\sigma$ 結合（ $sp^2$ 混成軌道）に消費される電子と、1つの自由電子（ $\pi$ 電子のことか？）からなり、これが層状構造を生じていて、金属結合のような状態になっているので電気を通すし、表面の分子構造はイメージできます。しかし、ダイヤモンドの表面構造は炭素のもつ電子がすべて結合（ $sp^3$ 混成軌道）により消費されてしまうので、その端っこは一体どうなっているのでしょうか。電気も通さ

ないし、結合のひずみでもおきているのでしょうか？

**回答** 結晶構造というと、普通は内部の構造のことを言うと思います。表面付近は非常に複雑であり、さらに固体の全体積に対して表面付近の占める割合が非常に小さいので、固体の物理的性質等がほとんど内部で決まってしまうことが多く、表面を無視して考えないことにしていると思います。また、固体は普通、多結晶の構造（単結晶の粒子の集合体）になっていると思います。グラファイトでも恐らく同様であり、層状構造の面に対して直角方向の表面も必ず存在すると思います。その直角方向の表面が簡単にイメージできるのでしょうか。

固体表面は=Oや-OHになっていることが多いと思います。さらに、表面に水分子等が吸着していたり、手で持ったときに付いた指紋や脂等が付着していることも考えられます。また、ダイヤモンドの宝石の場合にはみがいたときの影響が残っていて、表面付近の結晶構造が乱れ（結合のひずみ）ているかもしれません。このように、空気にさらされている表面の構造は非常に複雑であり、簡単にイメージできる様な物ではありません。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

**名前：科学**      **日時：2006年02月26日 14時10分24秒**

酸素イオンと酸化物イオンは違うんですか。

---

**名前：芦田 実**      **日時：2006年02月28日 19時45分00秒**

科学 様

**質問337** 酸素イオンと酸化物イオンは違うんですか。

**回答** ほとんど同じ物と考えて良いと思います。ただし、これらのイオンの存在状態まで表しているわけではありませんので、その点に注意して下さい。例えば、塩化物イオンは水中で安定であり、塩化ナトリウムなら対イオンのナトリウムイオンと電離してCl<sup>-</sup>の状態が存在することができます。塩化物イオンも昔は塩素イオンと呼んでいましたが、多分20年以上前から英語名のchloride ionを和訳した形の塩化物イオンと呼ぶように変わりました。酸化物イオンと酸素イオンの関係も同様だと思います。昔の名前で呼ぶ人がまだ残っているということだと思います。O<sup>2-</sup>は極端に強い塩基なので、水中に存在できない（水分子と瞬間的に反応し2個の水酸化物イオンOH<sup>-</sup>になる）と思います。安定に存在できるとしたら、酸化物中の酸素の状態としてだと思います。その他、極端に低い圧力の酸素ガスに高エネルギー（電子線等）を照射したら、酸素分子が分裂して気体状のO<sup>-</sup>やO<sup>2-</sup>が非常に短い時間存在するかもしれません。詳細については、真空関係や高エネルギー関係の専門家に質問して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

**名前：杉田 恵子**      **日時：2006年02月27日 22時05分45秒**

アルコールは酸化するのに、なぜ還元性をもつとはいわないのですか？アルデヒドも酸化しますが、これは還元性を持つっていわれてるのに。理由を教えてください。お願いします。

名前：芦田 実 日時：2006年03月09日 23時58分00秒

杉田 恵子 様

**質問338** アルコールは酸化されるのに、なぜ還元性をもつとはいわないのですか？アルデヒドも酸化されますが、これは還元性を持つっていわれてるのに。理由を教えてください。お願いします。

**回答** 質問文の表現が少しおかしいと思います。ただし、この回答中では既に修正済みです。酸化と還元は必ず同時に起こります。能動的表現と受動的表現では、酸化・還元の方が逆になりますので注意して下さい。例えば、「アルコールは酸化する」と言うのと「アルコールは相手（他の物質）を酸化し、自分自身は相手から還元される」という意味になります。「還元性をもつ」とは「相手を還元し、自分自身は相手から酸化される」という意味になります。質問の原文では、これらの表現が矛盾しています。他に「酸化剤（相手）を用いてアルコールを酸化する」という言い方もあると思います。

この質問は「金属によってイオン化傾向の大きさ（イオン化列）が異なるのはなぜですか」と言う質問と同じ意味です。要するに酸化・還元力の程度の問題だと思います。例えば「ナトリウムは冷水と反応しますが、マグネシウムは冷水と反応しません。しかし、マグネシウムは熱水とは反応します。」という文を言い換えますと、「ナトリウムは冷水を還元し、自分は冷水から酸化されますが、マグネシウムは冷水を還元しません。しかし、マグネシウムは熱水を還元し、自分は熱水から酸化されます。」という文と同じ意味になります。この場合には、水との反応の激しさ（反応速度）が違うだけだと思います。

アルデヒドと比較すると、アルコールは還元力が（少し）弱いだけだと思います。ただし、強い酸化剤が相手ならば、アルコールは相手（酸化剤）を還元し、自分は相手から酸化されます。要するに、アルデヒドは積極的に見える（自分から相手を還元する）が、アルコールは消極的に見えるだけだと思います。それゆえ、アルコールは還元性をもつと、習慣的にあまり言わないだけだと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：長内和子 日時：2006年03月08日 22時23分31秒

燃料電池にはリン酸型・KOH型など様々な種類のものがありますが、各電極でおこる化学反応の反応式がわかりません。私が調べた参考書には省略したものしか載ってないので、ぜひ教えて欲しいです。お願い致します。

---

名前：芦田 実 日時：2006年03月26日 22時45分00秒

長内和子 様

**質問339** 燃料電池にはリン酸型、KOH型など様々な種類のものがありますが、各電極でおこる化学反応の反応式がわかりません。私が調べた参考書には省略したものしか載ってないので、ぜひ教えて欲しいです。お願い致します。

**回答** 燃料電池の各電極で起こる半反応は、水の電気分解のときの半反応の逆になると思います。また、溶液のpHによって反応式が変わります。リン酸等の酸性溶液中では、負極で生じた水素イオンが正極に移動し、電池内を電気が流れます。

負極  $\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$  正極  $1/2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

KOH等の塩基性溶液中では、正極で生じた水酸化物イオンが負極に移動します。上

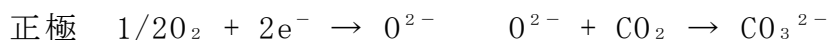
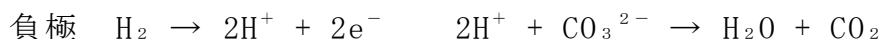
の酸性溶液中の式の両辺に  $2\text{OH}^-$  を加えて



なお、中性付近の溶液中では、酸性溶液中と塩基性溶液中の中間の式になると思います。この場合には、水素イオンと水酸化物イオンの濃度が両方とも小さいので、他の電解質を添加して電荷を運ばせる（電気を流す）必要があると思います。



その他、熔融炭酸塩電池の場合には、正極で生じた炭酸イオンが負極に移動していると思います。



参考として、下記のホームページもご覧ください。

<http://www8.plala.or.jp/grasia/juken/fuelcell.htm>

<http://www8.plala.or.jp/grasia/lab/fuel%20cell/fuel%20cell.html>

<http://www1.ocn.ne.jp/~hokutan/fuelcell.htm>

<http://www4.kcn.ne.jp/~felix/Energy/Hydrogen/FC/>

<http://fc0.gozaru.jp/index.html>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：菅野 嘉崇 日時：2006年03月10日 04時57分26秒

芦田先生，教育学部の菅野です。水素イオン濃度の式について質問です。よく様々な問題集には濃度  $C$  mol/L で電離度  $\alpha$  である酸の水素イオン濃度は  $C\alpha$  となっているのですが，これに酸の価数は掛ける必要がないのでしょうか？高校生にこの分野を教えたときにふと気になったので，ご回答の方よろしく願いいたします。

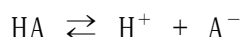
名前：芦田 実 日時：2006年03月10日 12時40分36秒

菅野 嘉崇 様

**質問340** 芦田先生，教育学部の菅野です。水素イオン濃度の式について質問です。よく様々な問題集には濃度  $C$  (mol/L) で電離度  $\alpha$  である酸の水素イオン濃度は  $C\alpha$  となっているのですが，これに酸の価数は掛ける必要がないのでしょうか？高校生にこの分野を教えたときにふと気になりました。ご回答の方よろしく願いいたします。

**回答** 質問箱の回答集第3巻ができましたので，今度大学に来たときに研究室に取りに来て下さい。

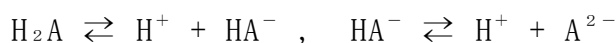
酢酸など1価の酸  $\text{HA}$  のときは



の様に電離しますので，酸の初濃度（分析濃度）を  $C$ ，電離度を  $\alpha$  とすると，各化学種の濃度は

$$[\text{HA}] = C(1 - \alpha), \quad [\text{H}^+] = [\text{A}^-] = C\alpha$$

となります。炭酸など2価の酸 $H_2A$ のときは



の様に2段階に電離しますので、水素イオン $H^+$ および $HA^-$ が両方の化学平衡式に存在する共通イオンとなります。さらに、両方の化学平衡式が同時に成立します。要するに、水素イオン $H^+$ および $HA^-$ の濃度は両方の化学平衡式を合わせて考えないといけなくなります。したがって、酸の初濃度（モル濃度）を $C$ 、1段階目の電離度を $\alpha$ 、2段階目の電離度を $\beta$ とすると、各化学種の濃度は

$$[H_2A] = C(1-\alpha), \quad [H^+] = C\alpha(1+\beta), \quad [HA^-] = C\alpha(1-\beta), \quad [A^{2-}] = C\alpha\beta$$

となります。ただし、1個の正電荷と1個の負電荷の間のクーロン引力に逆らって、中性分子から電離する1段階目と比較して、1個の正電荷と2個の負電荷の間の大きなクーロン引力に逆らって、陰イオンから電離する2段階目はかなり電離が起こり難くなります。したがって、 $\alpha$ と $\beta$ の大小関係は  $1 > \alpha \gg \beta > 0$  となります。

結論として、全て電離する訳ではありませんので、酸の価数を掛ける必要はないと思います。価数に代わるものが $\alpha$ および $\beta$ として含まれていると考えればよいと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：菅野 嘉崇      日時：2006年03月10日 16時04分26秒

芦田先生、ご回答ありがとうございます。弱酸については化学平衡の考え方で納得することができました。しかし強酸についてはいくら考えてもよくわかりません。例えば同モル濃度の硫酸と塩酸をとった場合、同pHになるのでしょうか？仮に同pHになるとき、価数が異なるのにどうして水素イオン濃度が等しくなるのかも教えていただきたいのです。お忙しい中申し訳ございません。先生がお時間のある時で構いませんので、ご返答の方よろしくお願いいたします。

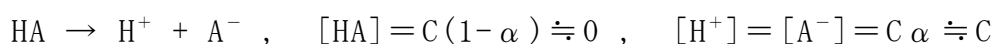
---

名前：芦田 実      日時：2006年03月10日 17時59分15秒

菅野 嘉崇 様

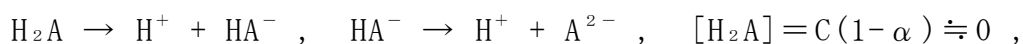
質問340（追加） 芦田先生、ご回答ありがとうございます。弱酸については化学平衡の考え方で納得することができました。しかし、強酸についてはいくら考えてもよくわかりません。例えば、同モル濃度の硫酸と塩酸をとった場合、同pHになるのでしょうか？仮に同pHになるとき、価数が異なるのにどうして水素イオン濃度が等しくなるのかも教えていただきたいのです。お忙しい中申し訳ございません。先生がお時間のある時で構いませんので、ご返答の方よろしくお願いいたします。

回答 塩酸は、酢酸など1価の酸 $HA$ と同じ式で、化学平衡が極端に右に偏っている（ $\alpha \doteq 1$ ）と考えます。事実その通りで、塩化水素 $HCl$ ガスの飽和水溶液である濃塩酸中には塩化水素 $HCl$ 分子が存在します。濃塩酸のビンのふたを開けると白い煙が生じます。これは塩化水素の気体が出てきて、空気中の水蒸気等と結合して目に見える大きさになったためです。



硫酸は2段階目の平衡定数はそれほど大きくありません。しかし、濃度がかな

り薄ければ完全電離と仮定しても良いと思います。かなり薄い硫酸は、炭酸など2価の酸 $H_2A$ と同じ式で、化学平衡が極端に右に偏っている ( $\alpha \doteq 1$ ,  $\beta \doteq 1$ ) と考えます。



$$[H^+] = C\alpha(1+\beta) \doteq 2C, \quad [HA^-] = C\alpha(1-\beta) \doteq 0, \quad [A^{2-}] = C\alpha\beta \doteq C$$



以上より、弱酸の式が一般式であり、強酸にも適用できるということになります。

同モル濃度の硫酸と塩酸の場合には、当然ながら同じpHにはなりません。硫酸のほうが水素イオン濃度が大きく(完全電離すれば2倍)、pHが小さくなると思います。また、弱酸は完全電離しないので、濃度と価数どおりに水素イオンが生じません。それゆえ、価数の代わりに $\alpha$ や $\beta$ を用いていると考えればよいと思います。価数そのまま生きてくるのは、完全電離と仮定できる強酸や強塩基の場合だと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：菅野 嘉崇      日時：2006年03月10日 18時46分51秒

芦田先生、お忙しい中ご回答ありがとうございます。強酸についてもなんとなくですが理解いたしました。ただ、『完全電離の酸と塩基の場合のみ価数が生きてくる』とありますが、この世に完全電離する酸や塩基というのはありえないため考えない、したがって価数を掛ける必要性はない、と捕らえてよろしいのでしょうか？『価数が生きてくる』と言うのは、あくまで価数も考慮しなければいけないが、価数を掛けるまでもない、と考えてよろしいのでしょうか？よく分からないような質問をしまい申し訳ございません。お忙しいことと存じますが、ご回答の方よろしく願いいたします。

---

名前：芦田 実      日時：2006年03月10日 20時57分35秒

菅野 嘉崇 様

**質問340 (追加)** 芦田先生、お忙しい中ご回答ありがとうございます。強酸についてもなんとなくですが理解いたしました。ただ、『完全電離の酸と塩基の場合のみ価数が生きてくる』とありますが、この世に完全電離する酸や塩基というのはありえないため考えない。したがって、価数を掛ける必要性はない、と捕らえてよろしいのでしょうか？『価数が生きてくる』と言うのは、あくまで価数も考慮しなければいけないが、価数を掛けるまでもない、と考えてよろしいのでしょうか？よく分からないような質問をしまい申し訳ございません。お忙しいことと存じますが、ご回答の方よろしく願いいたします。

**回答** 少し意味が違うように思います。塩酸、硝酸、硫酸、NaOH等の薄い水溶液では完全電離と考えて(仮定して)良いと思います。これらの場合は $\alpha$ や $\beta$ の代わりに価数が使用できます。しかし、価数を余分に掛ける訳ではありません。それよりはむしろ、式でむりやり表せば、 $\alpha + \beta = \text{価数}$ になるのだらうと思います。これは、酸や塩基が1段階目、2段階目と段階的に電離するために、掛け算になる(価数を掛ける)のではなく、足し算( $\alpha + \beta$ )になるのだと思います。なお、弱酸や弱塩基では完全電離しないので  $\alpha + \beta < \text{価数}$  になると思います。

以上は、酸や塩基が単独に存在する水溶液中の水素イオン濃度やpH等を求める

ときの話です。酸と塩基を混合して中和するときには、たとえ弱酸と弱塩基の中和でも、水素イオンや水酸化物イオンが中和により消滅すれば、残っている酸と塩基が直ちに電離して、次から次へと補充します。中和点ではほとんど全て電離します（完全電離）。これは水のイオン積（水素イオンのモル濃度と水酸化物イオンのモル濃度の積）が非常に小さいためです。したがって、中和に必要な量を計算するときには当然ながら、モル濃度に価数を掛けることにより水素イオンと水酸化物イオンのモル濃度（規定度）に変換してから、さらに体積を掛けることにより物質量（mol）に変換して、比較する（同じにする）必要があります。この場合には、水素イオンと水酸化物イオンが全て反応する（すなわち完全電離）と考えるからです。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：森田 日時：2006年03月24日 23時32分13秒

現在趣味で各種金属の溶解度について勉強しています。水酸化パラジウムと水酸化スズの溶解度について教えていただけませんか？よろしくお願ひします。

---

名前：芦田 実 日時：2006年03月27日 14時45分00秒

森田 様

質問341 現在趣味で各種金属の溶解度について勉強しています。水酸化パラジウムと水酸化スズの溶解度について教えていただけませんか？よろしくお願ひします。

回答 念のため言いますと、水酸化パラジウムと水酸化スズは両方とも金属ではありません。水酸化パラジウム(II)の水に対する溶解度は、25℃における溶解度積の値で $1 \times 10^{-31} (\text{mol/L})^3$ です。普通の溶解度にはご自分で換算して下さい。水酸化スズ(II)の水に対する溶解度は、25℃における無水物の質量で $2.1 \times 10^{-3} \text{g/L}$ です。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：酒井茂 日時：2006年03月22日 17時56分21秒

めっき液に薬品を補給する際、別容器にて薬品を溶解しますが、水に硫酸ニッケル、ホウ酸、酒石酸などを攪拌して溶解してもなかなか溶解してくれません。効率を上げる良い方法はないですか

---

名前：芦田 実 日時：2006年03月27日 15時45分00秒

酒井茂 様

質問342 めっき液に薬品を補給する際、別容器にて薬品を溶解しますが、水に硫酸ニッケル、ホウ酸、酒石酸などをかくはんして溶解してもなかなか溶解してくれません。効率を上げる良い方法はないですか

回答 補給液の量や薬品の濃度が書かれていません。それらによって対応が異なる

ると思います。溶解速度を大きくするには、温度を上げることにより溶解度（飽和濃度）と実際の濃度との差を大きくする、粉末にして表面積を大きくする、pHを調節する、超音波振動を与える等が考えられます。しかし、温度を上げすぎると加水分解等の余計な反応が起こる恐れがあります。大きな粒を粉末にするときには、粉が飛び散りますので、それを吸引したり、部屋が汚染されたり、最初に量った質量から損失が出る恐れがあります。pHをめっき液のpHと異なる値にすると、元に戻すために余分の酸や塩基を加えなければなりません。超音波振動を与えるためには、超音波洗浄器や超音波発振機を購入する必要があります。15万円～100万円程度かかると思います。結論として、あまり効果的な方法はありません。補給液を前もって計画的に調製しておくのが、最も簡単だと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：長谷 進一 日時：2006年03月28日 14時39分43秒

溶融亜鉛めっきの廃水処理についてお聞きしたい点があります。塩酸廃液中の亜鉛イオンを除去する場合、苛性ソーダを加えてpHを約10に調整し、水酸化亜鉛にして凝集沈殿を行なっていますが、この廃液中にアンモニウムイオンが入り込む可能性があり、その場合は沈殿物が発生しなくなるのです。このとき、廃液中でどのような反応が起きているのかお教えてください。現在、環境省にて亜鉛排出規制基準の見直しが行なわれている最中であり、適用を受ける側としてこのプロセスを学術的に説明する必要があるため、質問いたしました。

---

名前：芦田 実 日時：2006年03月28日 18時45分00秒

長谷 進一 様

**質問343** 溶融亜鉛めっきの廃水処理についてお聞きしたい点があります。塩酸廃液中の亜鉛イオンを除去する場合、苛性ソーダを加えてpHを約10に調整し、水酸化亜鉛にして凝集沈殿を行なっていますが、この廃液中にアンモニウムイオンが入り込む可能性があり、その場合は沈殿物が発生しなくなるのです。このとき、廃液中でどのような反応が起きているのかお教えてください。現在、環境省にて亜鉛排出規制基準の見直しが行なわれている最中であり、適用を受ける側としてこのプロセスを学術的に説明する必要があるため、質問いたしました。

**回答** 亜鉛は過剰の水酸化ナトリウム（苛性ソーダ）水溶液にも、過剰のアンモニア水にも、錯イオンを作って溶解します。水酸化ナトリウムを加えてpHを約10に調整するのは、水酸化物イオン $\text{OH}^-$ があまり過剰にならない（亜鉛錯イオン $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ または、2個の水分子を除去した形の $\text{ZnO}_2^{2-}$ を作らない）ようにするためです。pH約10の水溶液中では、アンモニウムイオン $\text{NH}_4^+$ の大部分はアンモニア分子 $\text{NH}_3$ になって存在していると思います。このアンモニア分子は亜鉛イオンと、安定で水溶性のテトラアンミン亜鉛(II)イオン $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ を作ります。したがって、廃液中にアンモニウムイオンやアンモニア分子が入り込むと水酸化亜鉛の沈殿ができにくくなります。言い換えると、水酸化亜鉛の沈殿にアンモニア水を加えると、テトラアンミン亜鉛(II)イオンを作って溶解します。これらの現象については、化学実験の本（定性分析）や高校化学の教科書（イオンの検出と分離）に必ず載っていますので、詳細についてはそれらをご覧ください。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実



---

名前：長谷 進一 日時：2006年03月29日 11時04分51秒

回答どうもありがとうございます。非常に参考になりました。参考資料になる本まで示していただいたことも、重ねてお礼を申し上げます。

---

名前：坂本 三男 日時：2006年04月03日 16時57分20秒

ホウ酸塩剤廃液の基準値を教えてください。また、希釈して、放出する場合その方法と廃液の測定装置は、どの様な装置がありますか。

---

名前：坂本 三男 日時：2006年04月03日 17時03分02秒

ホウ酸塩剤の廃液処理をどの様にすれば、安全に放出できるでしょうか？排出液の基準値を教えてください。効率の良い装置を教えてください。その数値は、どこに提出すれば、許可を頂けますか？

---

名前： 芦田 実 日時：2006年04月11日 22時45分00秒

坂本 三男 様

**質問344** ホウ酸塩剤廃液の基準値を教えてください。また、希釈して、放出する場合その方法と廃液の測定装置は、どの様な装置がありますか。効率の良い装置を教えてください。その数値は、どこに提出すれば、許可を頂けますか？

**回答** ホウ素およびその化合物（ホウ酸塩等）は、有害物質として平成13年に人の健康の保護に関する環境基準に追加されたようです。国定の排水基準は海域以外の公共用水域（河川、湖沼等）で10mg/L（=10ppm）、海域で230mg/L（=230ppm）です（これらはホウ素のみの値であり、ホウ酸塩中の酸素や対イオン等まで含めればもっと大きな値になると思います）。ただし、地域によっては都道府県が条例で基準を上乗せして、さらに厳しくしていることもありますので注意して下さい。なお、廃液ではなく公共用水を分析したときの基準はもっと厳しく1mg/L（=1ppm）です。これは廃液が他の水と混合して、公共用水域に流れ込んだときにはホウ素およびその化合物の濃度が希釈されてしまっているためです。また、排水や公共用水は都道府県の環境課等が監視しており、定期的に検査しています。それゆえ、最初に相談（測定装置？）に行ったり、指導（許可？）を受けることをお勧めします。

ホウ酸塩は有害物質であり排水基準が厳しいので、希釈して放出してはいけません。さらに、ホウ酸塩の対イオンが書いてありませんが、対イオンの種類によってはホウ素およびその化合物以上に排水基準が厳しいことがありますので、十分に注意して下さい。その他、ホウ素およびその化合物については水処理関係の専門業者等が種々の処理装置や処理方法を開発していますので、詳細については下記のホームページ等をご覧ください。

<http://www.env.go.jp/water/mizu.html>

<http://www.env.go.jp/water/impure/haisui.html>

<http://www.env.go.jp/kijun/wt1.html>

<http://criepi.denken.or.jp/jp/env/outline/2004/59.pdf>

[http://www.asahi-net.or.jp/~kv6t-ymgc/12quality/raccoon\\_quality\\_boron.htm](http://www.asahi-net.or.jp/~kv6t-ymgc/12quality/raccoon_quality_boron.htm)

[http://jstore.jst.go.jp/cgi-bin/patent/ipc/detail.cgi?pat\\_id=10821&parent=C02](http://jstore.jst.go.jp/cgi-bin/patent/ipc/detail.cgi?pat_id=10821&parent=C02)

[http://www.kurita.co.jp/products/tre\\_b-f-n\\_boron.html](http://www.kurita.co.jp/products/tre_b-f-n_boron.html)

<http://www.miyama.net/pigion/vol34/kiseitaiou/kiseitaiou.html>

[http://www.readf.jp/read\\_b.html](http://www.readf.jp/read_b.html)

[http://www.necf.jp/contents/fms/main/technology/envsolu01\\_03.html](http://www.necf.jp/contents/fms/main/technology/envsolu01_03.html)

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：坂本 三男 日時：2006年06月14日 09時01分13秒

芦田 様

下記，ご連絡ありがとうございました。出張等が重なり，連絡が遅くなりました。すみません。ご連絡の中の，「ホウ酸塩は有害物質で・・・」で希釈して放出してはならないとの事ですが，どの様な意味でしょうか。お教え下さい。基準値以上の濃度が検出された場合，ホウ酸は水で希釈し易い物質であると聞いておりますが。また別に希釈する方法があればお教え下さい。

---

名前： 芦田 実 日時：2006年06月14日 23時55分00秒

坂本 三男 様

質問344（追加） 芦田 様

下記，ご連絡ありがとうございました。出張等が重なり，連絡が遅くなりました。すみません。ご連絡の中の，「ホウ酸塩は有害物質で・・・」で希釈して放出してはならないとの事ですが，どの様な意味でしょうか。お教え下さい。基準値以上の濃度が検出された場合，ホウ酸は水で希釈し易い物質であると聞いておりますが。また別に希釈する方法があればお教え下さい。

回答 前回の回答中に紹介した環境省のホームページ（特に上から2番目と3番目，下記）を見ていないのでしょうか。

<http://www.env.go.jp/water/impure/haisui.html>

<http://www.env.go.jp/kijun/wt1.html>

例えば，シアン（毒物），ヒ素（毒物），水銀（水俣病），カドミウム（イタイイタイ病），六価クロム等のように毒物・有害物質や公害の原因物質として人の健康の保護に関する法律に指定された化学物質があります。それらの化学物質と同格として同じ表の中に，ホウ素およびその化合物（ホウ酸，ホウ酸塩等）が平成13年に追加指定されたという意味です。垂れ流ししていいような化学物質ではなくなったという意味です。

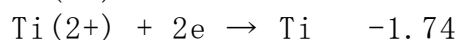
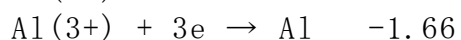
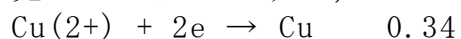
埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：幸田 日時：2006年04月11日 18時38分28秒

タングステンの標準電極電位を教えてください。銅，アルミやチタンは結構簡単に見つかったのですが，



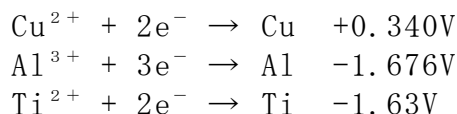
タングステンを見つける事が出来ません。宜しくお願いします。

---

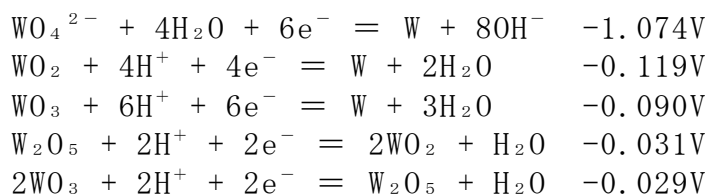
名前：芦田 実 日時：2006年04月15日 19時00分00秒

幸田 様

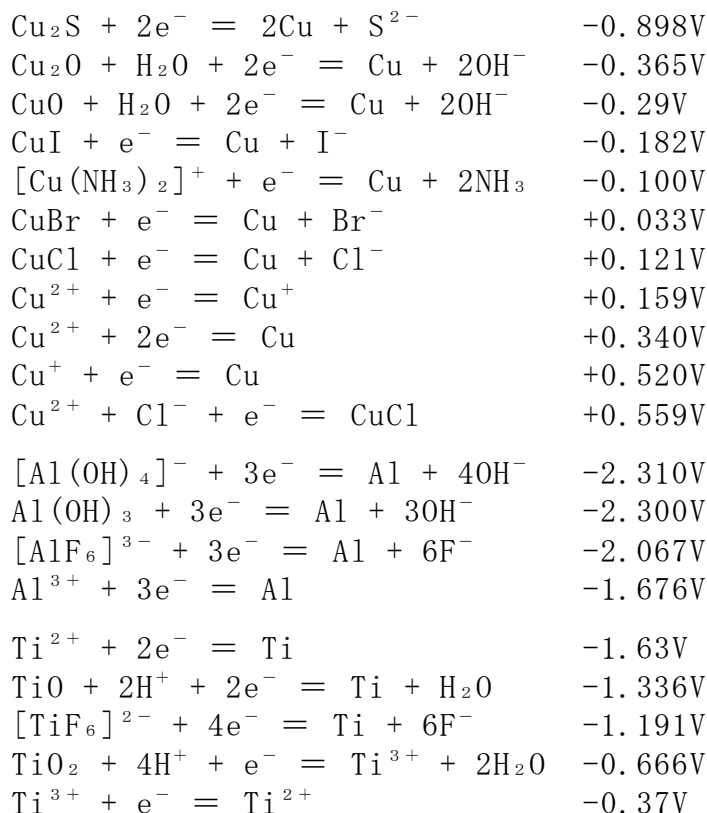
**質問345** タングステンの標準電極電位を教えてください。銅，アルミやチタンは結構簡単に見つかったのですが，タングステンを見つける事が出来ません。宜しくお願いします。



**回答** 「化学便覧 基礎編Ⅱ 改訂5版」日本化学会，丸善(平成16年)によると，タングステンの標準電極電位は下記のようになっています。これらの値は標準状態(濃度，温度，圧力)における値であることに注意して下さい。また，pHや共存イオン，錯イオン，イオンの価数(電荷数)によって値が変化します。さらに，文献(例えば，「化学便覧 基礎編Ⅱ 改訂2版」～「化学便覧 基礎編Ⅱ 改訂5版」)によって値が微妙に異なることがあります。質問文中の値は「化学便覧 基礎編Ⅱ 改訂5版」の値に変更してあります。どの値を使用するかは，ご自分で判断して下さい。



参考として，銅，アルミニウム，チタンの標準電極電位も載せておきます。



埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

名前：樋口 あゆみ 日時：2006年04月14日 15時45分00秒

SLS水溶液を使つての界面活性剤による表面張力低下についての実験を大学の實習でしたんですけど、濃度の対数値と溶液の表面張力についてデータをグラフ化したところ、理想としては臨界ミセル濃度のところまでは負の比例、それ以降は横ばいのグラフになるはずだったんですが、それとは程遠いグラフとなっていました（臨界濃度以降のデータが斜め右上がりになりました）先生によると学生実験ではそういうデータが出る傾向にあるとのことでしたが、原因として考えられることはなにかありますか？

---

名前：芦田 実 日時：2006年04月15日 19時45分00秒

樋口 あゆみ 様

**質問346** SLS水溶液を使つての界面活性剤による表面張力低下についての実験を大学の實習でしたんですけど、濃度の対数値と溶液の表面張力についてデータをグラフ化したところ、理想としては臨界ミセル濃度のところまでは負の比例、それ以降は横ばいのグラフになるはずだったんですが、それとは程遠いグラフとなっていました（臨界ミセル濃度以降のデータが斜め右上がりになりました）先生によると学生実験ではそういうデータが出る傾向にあるとのことでしたが、原因として考えられることはなにかありますか？

**回答** ドデシル硫酸ナトリウムSDS（ラウリル硫酸ナトリウムSLS）水溶液の表面張力が臨界ミセル濃度CMC付近で極小値をもつ原因は、昔から不純物のドデカノール（ラウリルアルコール）が原因だと言われています。市販のSDSを精製しないで、いかげんな実験をしたのではないですか。ドデカノールの臭いはしませんでしたか。表面は2次元ですから、極く微量の不純物でも表面張力に大きく影響します。後は、ご自分で調べて下さい。その他、参考として下記のホームページもご覧下さい。

[http://www.tcn.ne.jp/~yamashita/kaimen\\_new/dvsdata/sdstotal20040510.htm](http://www.tcn.ne.jp/~yamashita/kaimen_new/dvsdata/sdstotal20040510.htm)

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：中村みよ 日時：2006年04月22日 03時33分17秒

エピネフリン、ノルエピネフリン、ドーパミンの脂溶性の強弱はあるのでしょうか。また、それは構造から見分けることができるのでしょうか。逆相HPLCで3種を分析しました。調べた図書には塩基性窒素の数が多ければ結合するイオンペア剤の数も対応して多くなり、脂溶性は高まる。と書いてありましたが意味がよく分かりませんでした。また、「極性の高低」ということも関わっているのでしょうか。

---

名前：芦田 実 日時：2006年04月25日 16時45分00秒

中村みよ 様

**質問347** エピネフリン、ノルエピネフリン、ドーパミンの脂溶性の強弱はあるのでしょうか。また、それは構造から見分けることができるのでしょうか。逆相HPLCで3種を分析しました。調べた図書には塩基性窒素の数が多ければ結合するイオンペア剤の数も対応して多くなり、脂溶性は高まる、と書いてありましたが意味がよく分かりませんでした。また、「極性の高低」ということも関わっている

のでしょうか。

**回答** エピネフリン（アドレナリン）、ノルエピネフリン（ノルアドレナリン）、ドーパミンには脂溶性の強弱が少しあると思います。化学構造的にはドーパミンが最も簡単です。ドーパミンにOH基が付いた形がノルエピネフリンで、さらにメチル基が付いた形がエピネフリンです。

油脂は炭化水素鎖の部分が大きいので、極性がかなり小さいと思います。中性分子の炭化水素（脂溶性）に酸素原子（OH基、カルボキシル基等）や窒素原子（アミノ基等）が入りますと、これらの原子は電気陰性度が大きいので、相手と化学結合している電子を引き寄せて、極性（水溶性）が増加します。逆に、炭化水素（メチル基、メチレン基等）が増えますと、脂溶性が少し増加します。したがって、ドーパミンの脂溶性が最も大きく（水溶性が最も小さく）、エピネフリン、ノルエピネフリンの順に脂溶性が小さく（水溶性が大きくなる）と思います。液体クロマトグラフィー等で分析した場合には、液相によってこの順序または逆の順序で検出されると想像します。

塩基性窒素とイオンペア剤が結合すると、窒素原子にあった電荷（極性）がイオンペア剤にあった逆の電荷で打ち消され、その部分の極性が小さくなる（中性に近づく）ため、脂溶性が高まるのだと思います。もし、イオンペア剤が有機分子ならば、分子全体として炭素数が増加して脂溶性が高まる効果もあると思います。しかし、エピネフリン、ノルエピネフリン、ドーパミンの場合には、窒素原子の位置と数が同じですので、イオンペア剤の結合による効果は差が出ないと思います。なお、アミノ基等は溶液のpHによって電荷（極性）が変化しますので注意して下さい（例えば、強塩基性では $\text{-NH}_2$ 、酸性では $\text{H}^+$ が配位結合して $\text{-NH}_3^+$ ）。その他、参考として下記のホームページもご覧下さい。

<http://www.wdic.org/>

<http://grandfinale.at.infoseek.co.jp/dopamine.htm>

<http://www.shiseido.co.jp/s9904hlc/html/html500/hlchb005.htm>

<http://www.develosil.net/jappli003.htm>

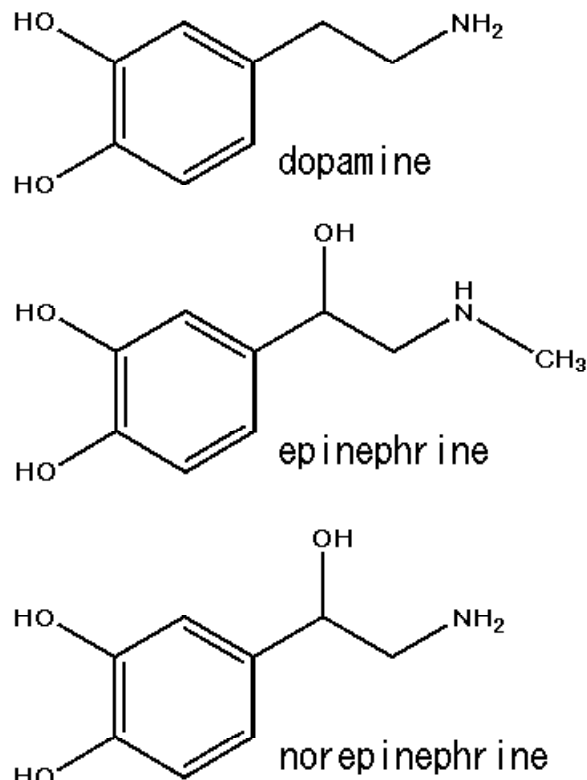
[http://www.tmig.or.jp/J\\_TMIG/kouenkai/koza/67koza\\_2.html](http://www.tmig.or.jp/J_TMIG/kouenkai/koza/67koza_2.html)

<http://www.shibayagi.co.jp/Gekiso-an/HORMONE/CATECHOL.HTM>

<http://noudepon.com/836D838B83478373836C8374838A8393/w836D838B83478373836C8374838A8393>

<http://noudepon.com/83478373836C8374838A8393/w83478373836C8374838A8393>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実



---

名前：プーさん      日時：2006年04月29日 13時35分09秒

中和反応でその水溶液が酸性（アルカリ性，中性のときも同じく）を示す塩はどのような酸と塩基の組み合わせによるものか，という問題がありました。化学

が苦手な私は文の意味もあまりうまく理解できないのですが，その水溶液が酸性なのかアルカリ性なのかで組み合わせは変わるものなのですか？教えて下さい。

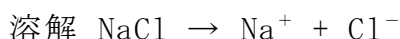
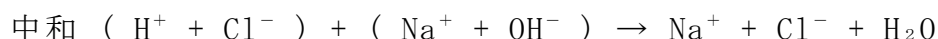
名前： 芦田 実      日時： 2006年05月10日 00時45分00秒

プーさん 様

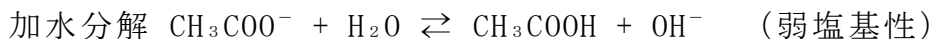
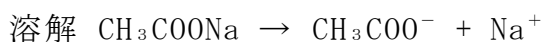
**質問348** 中和反応でその水溶液が酸性（アルカリ性，中性のときも同じく）を示す塩はどのような酸と塩基の組み合わせによるものか，という問題がありました．化学が苦手な私は文の意味もあまりうまく理解できないのですが，その水溶液が酸性なのかアルカリ性なのかで組み合わせは変わるものなのですか？教えて下さい．

**回答** 酸と塩基には強弱があり，水中でそれらの分子のほとんど全部または一部が電離しています．イオンに電離した状態のほうがエネルギー的に極めて安定ならば，強酸や強塩基になります．逆に，分子の状態のほうが安定ならば弱酸や弱塩基になります．

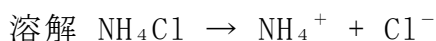
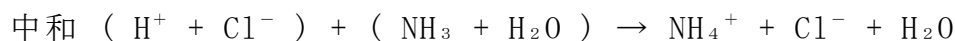
酸と塩基の中和反応（滴定）でちょうど中和（当量点，終点）したときに，その水溶液が酸性，中性，塩基性になる場合があります．例えば，強酸である塩酸と強塩基である水酸化ナトリウム水溶液が中和すると，強酸・強塩基の塩である塩化ナトリウムができます（塩化ナトリウムの固体を水に溶かしても同じ状態になります）．ナトリウムイオンと塩素イオンは両方とも水中で安定ですので，そのまま存在します．したがって，強酸・強塩基の塩の水溶液は中性を示します．



弱酸である酢酸と強塩基である水酸化ナトリウム水溶液が中和すると，弱酸・強塩基の塩である酢酸ナトリウムができます（酢酸ナトリウムの固体を水に溶かしても同じ状態になります）．酢酸ナトリウムは水中でナトリウムイオンと酢酸イオンに電離しています．ナトリウムイオンは水中で安定ですので，そのまま存在します．しかし，酢酸イオンは酢酸分子のほうが安定なので，水と反応（加水分解）して分子になろうとします．しかし，逆反応も起こりますので，水酸化物イオンを少しだけ生じたところで化学平衡になります．したがって，弱酸・強塩基の塩の水溶液は弱塩基性を示します．



強酸である塩酸と弱塩基であるアンモニア水が中和すると，強酸・弱塩基の塩である塩化アンモニウムができます（塩化アンモニウムの固体を水に溶かしても同じ状態になります）．塩化アンモニウムは水中で塩素イオンとアンモニウムイオンに電離しています．塩素イオンは水中で安定ですので，そのまま存在します．しかし，アンモニウムイオンはアンモニア分子のほうが安定なので，水と反応（加水分解）して分子になろうとします．しかし，逆反応も起こりますので，水素イオンを少しだけ生じたところで化学平衡になります．したがって，強酸・弱塩基の塩の水溶液は弱酸性を示します．



加水分解  $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$  (弱酸性,  $\text{H}_3\text{O}^+$  は  $\text{H}^+$  と同一)

弱酸である酢酸と弱塩基であるアンモニア水が中和すると, 弱酸・弱塩基の塩である酢酸アンモニウムができます (酢酸アンモニウムの固体を水に溶かしても同じ状態になります). 酢酸アンモニウムは水中でアンモニウムイオンと酢酸イオンに電離しています. アンモニウムイオンも酢酸イオンも分子のほうが安定なので, それぞれ水と反応 (加水分解) して分子になろうとします. 水素イオンと水酸化物イオンを生じ, さらにそれらが中和しますので, この場合には加水分解の程度がほかの場合よりも大きくなります. したがって, 弱酸・弱塩基の塩の水溶液はほぼ中性を示します.

中和  $(\text{CH}_3\text{COOH}) + (\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}) \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$

溶解  $\text{CH}_3\text{COONH}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{NH}_4^+$

加水分解  $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^-$

加水分解  $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$  ( $\text{H}_3\text{O}^+$  は  $\text{H}^+$  と同一)

中和  $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$  (ほぼ中性)

塩の水溶液の加水分解とpHの関係等については質問299, 296, 237, 174, 75等の回答もご覧ください.

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：田中 美香 日時：2006年05月09日 00時29分21秒

ソーダライムが二酸化炭素を吸収しますが, その反応について教えてください. 物の本によると以下のような反応が書かれていました.

- ①  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$
- ②  $\text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{発熱}$
- ③  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{NaOH}$

なぜ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ は $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と反応せず $\text{NaOH}$ と反応するのでしょうか?やはり $\text{NaOH}$ があったほうがいいのでしょうか?また, ③の反応では熱は発生されていないのでしょうか?

---

名前：芦田 実 日時：2006年05月17日 19時20分00秒

田中 美香 様

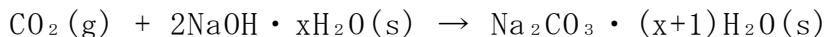
質問349 ソーダライムが二酸化炭素を吸収しますが, その反応について教えてください. 物の本によると以下のような反応が書かれていました.

- ①  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$
- ②  $\text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{発熱}$
- ③  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{NaOH}$

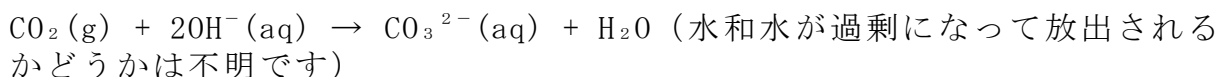
なぜ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ は $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と反応せず $\text{NaOH}$ と反応するのでしょうか?やはり $\text{NaOH}$ があったほうがいいのでしょうか?また, ③の反応では熱は発生されていないのでしょうか?

回答 ソーダライム ( $\text{CaO}$ 約92%,  $\text{NaOH}$ 約8%) は粒状の固体であり, 強塩基性で水と二酸化炭素を吸収します.  $\text{CaO}$ や $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が水に溶解難いので, 普通は固体のまま

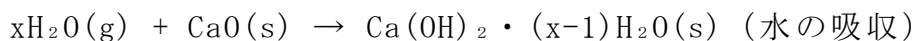
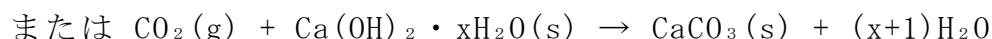
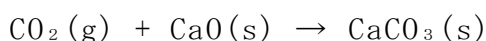
まで使用すると思います。ところが、式①と②の反応は水がかなり存在することを表し、さらに弱酸である炭酸が強塩基のソーダライムと同時に存在することを表していますので、これらの反応式はあまり信用できません。式①～③の反応はかなり速く、ほとんど同時に起こると思います。そこで、式①と②の反応を合わせたような次の気体と固体の反応式のほうが、より適切だと思います。



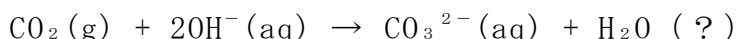
ソーダライムは水も吸収（発熱）しますので、上の式では吸収された水がNaOHの結晶水の一部になっていると仮定しています。ソーダライムが既に多量の水を吸収して一部が潮解しているならば、次のような式になると思います。



ソーダライムの主成分はCaOですので、これが水や二酸化炭素と直接反応する可能性も高いと思います。ただし、強塩基性はNaOHによると思います。



ソーダライムが既に潮解しているならば、次の式の可能性もあると思います。



上の式でCO<sub>2</sub>が先にOH<sup>-</sup>と反応する理由は、Ca(OH)<sub>2</sub>の水に対する溶解度が小さいこと、さらに、NaOHによる強塩基性でOH<sup>-</sup>が高濃度で存在するので、Ca<sup>2+</sup>の濃度がますます小さくなっているためです。

式③が固体反応なのか、水溶液中の反応なのか書いてありません。さらに、上で説明したように、式③のとおり反応が起こるのかもよくわかりません。したがって、回答する意味があまりありませんので、式③の反応熱についてはご自分で調べてください。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：ネロ 日時：2006年05月12日 19時29分28秒

ある容器に1gの水素を入れて27℃に保つと2.4atm(気圧)を示した、この容器の水素を除いて、ある液体物質を1g入れて127℃にすると、液体は気化して0.14atmを示した、この物質は何ですか？教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2006年05月18日 01時45分00秒

ネロ 様

質問350 ある容器に1gの水素を入れて27℃に保つと2.4atm(気圧)を示した、この容器の水素を除いて、ある液体物質を1g入れて127℃にすると、液体は気化して0.14atmを示した、この物質は何ですか？教えてください。

回答 この質問には正解がありません。または、この物質は何かわからないとい



うのが正解かもしれません。

水素のデータを理想気体の状態方程式に代入すると、容器の体積Vが求まります。

$$V = nRT/P = (1\text{g}/2\text{g mol}^{-1}) \times (0.08205\text{L atm mol}^{-1} \text{K}^{-1}) \times (300\text{K}) / (2.4\text{atm}) \\ = 5.13\text{L}$$

同様に、ある液体物質のデータを理想気体の状態方程式に代入すると、ある液体物質の物質量nが求まります。

$$n = PV/RT = (0.14\text{atm}) \times (5.13\text{L}) / (0.08205\text{L atm mol}^{-1} \text{K}^{-1}) / (400\text{K}) \\ = 0.0219\text{mol}$$

したがって、ある液体物質のモル質量（分子量）Mは

$$M = 1\text{g} / 0.0219\text{mol} = 45.7\text{g/mol}$$

モル質量が45~46g mol<sup>-1</sup>で、さらに常温で液体である物質は複数ありますので、正解が求まりません。ある液体物質を127℃まで加熱していますので、最も可能性が高いのはギ酸（HCOOH, モル質量46g mol<sup>-1</sup>, 沸点101℃）だと思います。次に可能性が高いのはエタノール（エチルアルコール, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH, モル質量46g mol<sup>-1</sup>, 沸点78℃）です。その他、アセトアルデヒド（CH<sub>3</sub>CHO, モル質量44g mol<sup>-1</sup>, 沸点21℃）やエチルアミン（CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>, モル質量45g mol<sup>-1</sup>, 沸点17℃）も冬に実験したのなら可能性が残っています。まだ他にもあるかもしれませんが、すぐには思いつきません。後はご自分で考えて、判断して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：さわ 日時：2006年05月13日 10時51分51秒

中和滴定の実験をしてレポートに各班ごとの滴定したNaOHの量に誤差があるのはなぜかについて考察を書くように指示されました。誤差がでる理由がわかりません。教えていただけませんか？

---

名前：芦田 実 日時：2006年05月18日 19時55分00秒

さわ 様

**質問351** 中和滴定の実験をしてレポートに、各班ごとの滴定したNaOHの量に誤差があるのはなぜかについて考察を書くように指示されました。誤差がでる理由がわかりません。教えていただけませんか？

**回答** 実験誤差の原因は人に聞くものではありません。実験した本人が一番良く分かっているはずだからです。要するに実験は手でするものではありません。頭で（失敗しないように注意し、よく考えて）するものです。誤差の原因は下記のように多数あります。これら全部が同時に、複雑に絡み合っていて誤差の原因となっています。ただし、誤差の大きさに影響する程度はそれぞれ違っています。

○ホールピペット、ビュレット、試薬ビン等の使用した器具が汚れていた。洗浄・共洗いせずにそのまま使用すると、試料溶液の濃度が変化したり、内壁に気泡や液滴が付いて正確な体積が量れなかったりして誤差の原因となります。

○メスフラスコやコニカルビーカーが汚れていた。洗浄せずにそのまま使用すると、試料溶液の濃度が変化して誤差の原因となります。

○ホールピペット、ビュレット、試薬ビン等の使用した器具が水で濡れていた。

共洗いせずにそのまま使用すると、試料溶液の濃度が減少して誤差の原因となります。水で濡れていても問題ないのは、コニカルビーカーとメスフラスコです。  
○ホールピペットの先端が欠けていた。そのまま使用すると、試料溶液の分取量が減少して誤差の原因となります。

○ホールピペットの先端に試料溶液が残っていた。残液処理を適切に行わないと、試料溶液の分取量がばらついて誤差の原因となります。

○ビュレットの先端やコックの中の空気を完全に抜かなかった。滴定途中で先端から空気が抜けると、滴定値が大きい方にずれて誤差の原因となります。ビュレット内の気泡を水面が通過しても誤差の原因となります。

○ビュレットに薬品を補充した後にロートを外すのを忘れた。ビュレットとロートの隙間に付着していた試料溶液が滴定中に垂れてきて、滴定前に読んだ水面の位置が狂い誤差の原因となります。

○滴定の終点で1滴～数滴入れすぎた。滴定値が大きい方にずれて誤差の原因となります。終点付近ではビュレットの先端に半滴だして、それをコニカルビーカーの内壁に付着させて滴下する必要があります。

○滴定前または後にビュレットの先端に試料溶液の液滴が付いていた。ビュレットの目盛りを読むことに関しては、この液滴は下に落ちた状態と同じになりますので誤差の原因となります。

○ビュレットの目盛りを読むとき、目の高さを水面と同じ高さにしなかった。目の高さによって滴定値がばらつき誤差の原因となります。

○ビュレットの目盛りは上が小さく、下が大きくなっています。滴定前後に水面の位置を読むとき、勘違いして下から読むと滴定値が激しくばらつき誤差の原因となります。たとえ上から読んでも1 mL読み間違えることがあります。

○滴定中にコニカルビーカー内の非滴定液を激しくかくはんしたため、非滴定液が外に飛び出した。または、コニカルビーカーの内壁上方に非滴定液の液滴が付着したままで、中和されなかった。滴定値が小さい方にずれて誤差の原因となります。

○コニカルビーカーの内壁上方にビュレットから滴下した滴定液の液滴が付着したままで、中和されなかった。滴定値が大きい方にずれて誤差の原因となります。

○滴定液と非滴定液を間違えて、ビュレット、ホールピペットや試薬ビンの中で試料溶液が混ざってしまった。試料溶液の濃度が変化しますので誤差の原因となります。

○その他に、試薬の質量をはかるときに数値を読み間違えた。メスフラスコに移すときに外に垂らした。メスフラスコに純水を入れるときに標線をオーバーした。計算をミスした。

以上、学生がよく失敗する誤差の原因をあげました。後はご自分で考えて下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：鈴木武政 日時：2006年05月14日 18時58分55秒

界面活性剤であるアニオン、カチオン、ノニオンでは臨海ミセル濃度(cmc)が異なるのはなぜか教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2006年05月18日 23時25分00秒

鈴木武政 様

質問352 界面活性剤であるアニオン、カチオン、ノニオンでは臨界ミセル濃度

(CMC)が異なるのはなぜか教えてください。

**回答** 質問文中の漢字が間違っています。「臨海」は正しくは「臨界」です。この回答中では修正済みです。物質によって全て溶解度が異なることと同様です。単独のイオンや分子の状態溶液中に溶けていられる限界になって、集団化（ミセル化）しただけです。アニオン、カチオン、ノニオンごとに臨界ミセル濃度が同じわけではありません。例えば、アニオン性界面活性剤は多数存在します。そして、それらの臨界ミセル濃度は全て異なっています。カチオン性界面活性剤やノニオン性界面活性剤でも同様です。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

**名前：佐藤 典子**      **日時：2006年05月16日 10時16分55秒**

食品添加物のリン酸二水素カルシウムに水和物というのはあるのでしょうか

---

**名前：芦田 実**      **日時：2006年05月19日 00時15分00秒**

佐藤 典子 様

**質問353** 食品添加物のリン酸二水素カルシウムに水和物というのはあるのでしょうか

**回答** リン酸二水素カルシウムは無水物と一水和物の形で市販されているようです。詳細については製薬会社のカタログや下記のホームページをご覧ください。

<http://www3.kanto.co.jp/catalog/Csearch.aspx>

<http://www.siyaku.com/>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

**名前：山本和貴**      **日時：2006年05月16日 19時57分46秒**

用語に関する質問なのですが、お答え頂戴できれば幸いです。

エンタルピーは記号で「H」、エンタルピー変化は「 $\Delta H$  ( $\Delta$ はギリシャ大文字)」であり、状態量の変化が伴う場合には、その変化量を示す記号は、「 $\Delta H$ 」にその状態変化に関する上付或いは下付文字を併記することと存じます。しかし、その記号の呼び名となると、各種教科書を見ますと、英語でも日本語でも、「状態変化名」+「エンタルピー」となります。吸着エンタルピー、重合エンタルピー、融解エンタルピー、標準生成エンタルピー等です。一方、化学便覧には、「この化学反応のエンタルピー変化は $\Delta H_x$ である」などという表現もあります。例えば、吸着においては、吸着の際に「状態量」のエンタルピーが「変化」するのですから、「吸着エンタルピー変化」ではないかと思うのです。なぜ「 $\Delta H$ 」を単に「エンタルピー」と呼ぶようになってしまったのでしょうか。これは、エンタルピーのみならず、エントロピー、Gibbsエネルギーの各状態量の変化量を表す際にも見られます。

吸着という現象自体が状態の「変化」を表すからエンタルピーだけで十分という方もいらっしゃると思いますが、エンタルピーはあくまでも状態量ですので、吸着という状態変化に伴うエネルギー収支を表現する用語としては、「吸着エンタルピー」という表現は、厳密には間違っているのではないかと思うのですが、間違いでしょうか。

状態量が増加する際に、「deltaH」を「エンタルピー変化」ではなく、単に「エンタルピー」と呼ぶ用例があるのは、なぜでしょうか。

私は物理化学が専門ではないので、上記について基礎知識が不足しているかも知れませんが、食品の熱物性測定に関連して長年疑問に思っておりました。ご回答頂ければ幸甚に存じます。何卒宜しくお願い申し上げます。

---

名前：芦田 実 日時：2006年05月21日 00時50分00秒

山本和貴 様

質問354 用語に関する質問なのですが、お答え頂戴できれば幸いです。

エンタルピーは記号で「H」、エンタルピー変化は「deltaH(deltaはギリシャ大文字)」であり、状態量の変化が伴う場合には、その変化量を示す記号は、「deltaH」にその状態変化に関する上付或いは下付文字を併記することと存じます。しかし、その記号の呼び名となると、各種教科書を見ますと、英語でも日本語でも、「状態変化名」+「エンタルピー」となります。吸着エンタルピー、重合エンタルピー、融解エンタルピー、標準生成エンタルピー等です。一方、化学便覧には、「この化学反応のエンタルピー変化はdeltaHxである」などという表現もあります。例えば、吸着においては、吸着の際に「状態量」のエンタルピーが「変化」するので、「吸着エンタルピー変化」ではないかと思うのです。なぜ「deltaH」を単に「エンタルピー」と呼ぶようになってしまったのでしょうか。これは、エンタルピーのみならず、エントロピー、Gibbsエネルギーの各状態量の変化量を表す際にも見られます。

吸着という現象自体が状態の「変化」を表すからエンタルピーだけで十分という方もいらっしゃると思いますが、エンタルピーはあくまでも状態量ですので、吸着という状態変化に伴うエネルギー収支を表現する用語としては、「吸着エンタルピー」という表現は、厳密には間違っているのではないかと思うのですが、間違いでしょうか。

状態量が増加する際に、「deltaH」を「エンタルピー変化」ではなく、単に「エンタルピー」と呼ぶ用例があるのは、なぜでしょうか。

私は物理化学が専門ではないので、上記について基礎知識が不足しているかも知れませんが、食品の熱物性測定に関連して長年疑問に思っておりました。ご回答頂ければ幸甚に存じます。何卒宜しくお願い申し上げます。

回答 エンタルピー、エントロピー、Gibbs自由エネルギー等は絶対量が測定できません。測定できるのは、それらの変化量だけです。したがって「 $\Delta H$ 」を「エンタルピー変化」と呼ぼうが、単に「エンタルピー」と呼ぼうが、どちらでもあまり違和感を感じません。どちらも同じ数値を指していると思います。エンタルピーと良く似た言葉で、もっと身近な「熱」(定圧現象におけるエンタルピー変化)については、だれでも「吸着熱」や「反応熱」等と呼び、「吸着熱変化」や「反応熱変化」等と呼ぶ人はほとんどいないと思います。要するに、馴染みのある名前を使い慣れているか、そうでなくて違和感を感じるかの違いだろうと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：行木勉 日時：2006年05月17日 15時08分50秒

次亜塩素酸ソーダ( $\text{NaClO}$ )と硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )の混合により塩素ガスが発生する化学反応式を教えてください。

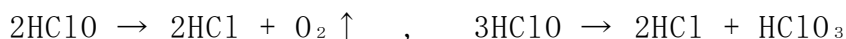
---

名前：芦田 実 日時：2006年05月21日 17時25分00秒

行木勉 様

質問355 次亜塩素酸ソーダ (NaClO) と硫酸 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) の混合により塩素ガスが発生する化学反応式を教えてください。

回答 そのような反応はほとんど起こらないと思います。次亜塩素酸塩と濃硫酸を混合すると酸素が発生すると言われています。混合により次亜塩素酸を生じ、それが水中で不安定で分解するものと考えられます。



なお、塩酸と混合した場合には塩素が発生すると言われています。



埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：望月美香 日時：2006年05月18日 16時40分35秒

こんにちは。水溶液を作っているんですが、この2つの溶液だけ問題発生。全部解けきらないんです。1つめは1Mの硝酸バリウム水溶液をつくりたい。でも溶解度が8.7g/100gなので常温の水では全部解けない。0.1Mでは全然問題なかったのに。もうひとつは、0.5Mのモリブデン酸アンモニウム水溶液をつくりたい。これも溶解度が4.3g/Lなので解けないんです。どうしたらいいのでしょうか。硝酸とかアンモニアとかを溶媒に使った方がいいですか。やっぱりこの濃度は無理ですか？教えてください。

名前：芦田 実 日時：2006年05月22日 20時45分00秒

望月美香 様

質問356 水溶液を作っているんですが、この2つの溶液だけ問題発生。全部解けきらないんです。1つめは1Mの硝酸バリウム水溶液をつくりたい。でも溶解度が8.7g/100gなので常温の水では全部解けない。0.1Mでは全然問題なかったのに。もうひとつは、0.5Mのモリブデン酸アンモニウム水溶液をつくりたい。これも溶解度が4.3g/Lなので解けないんです。どうしたらいいのでしょうか。硝酸とかアンモニアとかを溶媒に使った方がいいですか。やっぱりこの濃度は無理ですか？教えてください。

回答 モリブデン酸アンモニウムの溶解度は合っていますか。私が調べた本では4.4g/水100gになっていました。

物質を溶解度以上に溶かすことはできません。温度を上昇させれば普通は溶解度が大きくなりますが、実験するときの温度が常温（室温）なら冷えるにつれて再び析出してしまいます。硝酸（強酸）やアンモニア水（弱塩基）を溶媒に使う方法ですが、ただの水溶液とはpH、電離度およびイオン強度が変わってしまい、実験条件に大きく影響すると思います。さらに、これらの溶媒でも多分溶けないと思います。以上、質問文中の濃度が必須条件ならば、それらを調製することは不可能です。

実際に、実験するときはいくつかの水溶液を混合する場合があります。例えば、物質Aの水溶液、物質Bの水溶液、物質Cの水溶液を1:1:1で混合する場合、それらの濃度は混合前の1/3に希釈されます。しかし、物質A、物質B、物質Cを同

じ容器中で一度に溶かせば、濃度は最初から1/3で良いことになります。混合しても問題ない（反応しない）ならば、この方法が利用できるかもしれません。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：望月美香 日時：2006年05月22日 21時09分07秒

芦田さん、お返事ありがとうございました。やっぱりこの濃度を作るのは不可能ですね。ほっとしました。きっと本が間違えていたんでしょう。実験ではどちらも飽和溶液で使いましたが問題なかったのが次回からもそうします。大切な時間をどうもありがとうございました。また何かありましたら迷わず質問したいと思います。

望月美香

---

名前：加藤 優 日時：2006年05月19日 20時42分12秒

こんにちは。ガスバーナーの炎の色は、空気の量が少ないと黄色っぽくなって、完全燃焼させると青色に見えます。なぜ、このような色の変化があるのでしょうか？

---

名前：芦田 実 日時：2006年05月25日 11時55分00秒

加藤 優 様

質問357 ガスバーナーの炎の色は、空気の量が少ないと黄色っぽくなって、完全燃焼させると青色に見えます。なぜ、このような色の変化があるのでしょうか？

回答 ガスバーナーの燃料ガスの成分はメタン（天然ガス）やプロパン（LPガス）等の炭化水素だと思います。これらを完全燃焼させると、炭化水素に特有の青から紫の光を出すそうです。燃料用エタノール（エタノールとメタノールの質量比2：1の混合物）を燃やすアルコールランプでも、同様に炭化水素系の薄青色の炎になるそうです。

空気の量が少なくて不完全燃焼する場合は、最初に燃料の炭化水素が熱分解して、炭化水素が水素原子を引きぬかれるそうです。炎の内部のほうは酸素不足なので炭素種（スス）が生成し、これが高温に加熱されて熱放射により黄色く発光するそうです（輝炎）。ローソクが黄色い炎（輝炎）になるのも同様です。これらの炎にガラス板等をかざすと、ススが付着して黒くなりまので、これによりススの生成を確認できます。生成したススは、最終的に酸素と結合し燃焼していきます。なお、炭が表面燃焼するときも熱放射により黄色く発光すると思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：加藤 優 日時：2006年05月27日 19時13分18秒

詳しいご説明をありがとうございます。よく理解することができました。

---

名前：やんちゃ坊主 日時：2006年05月21日 15時48分42秒

少し気になる事があったので質問します。コレステロールと無水酢酸を合わせ

たものを長い間加熱して冷却すると何に変化するのですか？よければ化学反応式もお願いします。

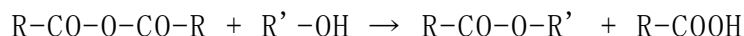
---

名前：芦田 実 日時：2006年05月25日 19時35分00秒

やんちゃ坊主 様

**質問358** 少し気になる事があったので質問します。コレステロールと無水酢酸を合わせたものを長い間加熱して冷却すると何に変化するのですか？よければ化学反応式もお願いします。

**回答** 無水酢酸 ( $R-CO-O-CO-R$ ) とコレステロール (アルコール  $R'-OH$ ) からエステル ( $R-CO-O-R'$ ) と酢酸 ( $R-COOH$ ) が生成すると思います。



埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：やんちゃ坊主 日時：2006年05月25日 21時20分31秒

わかりました。ずっと気になってたので。ありがとうございます！

---

名前：まえだゆかり 日時：2006年05月21日 23時46分12秒

3.0%の過酸化水素の質量モル濃度の解き方を教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2006年05月25日 20時30分00秒

まえだゆかり 様

**質問359** 3.0%の過酸化水素の質量モル濃度の解き方を教えてください。

**回答** 過酸化水素水の質量%濃度を  $C_w = 3.0\%$ 、密度を  $D \doteq 1.0\text{g/mL}$  (近似)、過酸化水素  $H_2O_2$  のモル質量を  $M = 34.02\text{g/mol}$  とします。体積  $V = 1000\text{mL}$  (仮定) の過酸化水素水に含まれる過酸化水素の質量  $W_A$  と物質量  $n$  は

$$W_A = VDC_w / 100 = 1000\text{mL} \times 1.0\text{g/mL} \times 3.0 / 100 = 30\text{g}$$

$$n = W_A / M = 30\text{g} / 34.02\text{g/mol} = 0.88\text{mol}$$

体積  $V = 1000\text{mL}$  の過酸化水素水に含まれる溶媒の水の質量  $W_B$  は

$$W_B = VD(100 - C_w) / 100 = VD - W_A = 1000\text{mL} \times 1.0\text{g/mL} - 30\text{g} = 970\text{g} = 0.97\text{kg}$$

したがって、過酸化水素水の質量モル濃度  $C_M$  は

$$C_M = n / W_B = 0.88\text{mol} / 0.97\text{kg} = 0.91\text{mol/kg}$$

以上のように、濃度が薄いので密度は  $D \doteq 1.0\text{g/mL}$  と近似できると思います。また、体積は質量モル濃度  $C_M$  の式の分子・分母に含まれているため最終的に約せて消えますので、計算に都合の良い値を使用して差し支えありません。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

名前：まえだゆかり 日時：2006年06月09日 23時19分59秒

芦田実先生

返信遅くなり申し訳ございません。お忙しい中、大変ご丁寧に回答して頂き誠にありがとうございました。非常に分かりやすく、おかげさまで試験にも無事回答することができました。また、質問事項がございましたらご指導よろしくお願い致します。

前田ゆかり

---

名前：山中 葉月 日時：2006年05月23日 12時16分22秒

大学で化学工学についてまなんでいるのですが、なぜ定量実験を行う際にはあらかじめ目的成分の含有量を予測しておく必要があるのでしょうか？

---

名前：芦田 実 日時：2006年05月29日 00時10分00秒

山中 葉月 様

**質問360** 大学で化学工学についてまなんでいるのですが、なぜ定量実験を行う際には、あらかじめ目的成分の含有量を予測しておく必要があるのでしょうか？

**回答** 質問351の回答でも書きましたように、実験は手でするものではありません。頭で（失敗しないように注意し、よく考えて化学現象や実験結果を予測して）するものです。最初に、定量実験では滴定液を調製します。そのときに、滴定液の濃度と体積および使用するビュレットとホールピペットの容量を決定するために必要です。次に、実験中は失敗しないように、実験誤差がなるべく小さくなるように良く注意しながら、時間を節約して手際よく滴定する必要があります。そのときに、当量点を予測したり、ビュレット内の残量で次の滴定に足りるか判断するために必要です。さらに、予測した当量点に近付いたと思われるのに滴定液が落ちた部分が一時的に変色しなかったり、予測した当量点を過ぎたと思われるのに指示薬が変色しなかったら、何か実験を失敗したことを疑うべきです。そのときに、いろいろと判断するために必要です。その他、実験誤差の原因については質問351の回答をご覧ください。非常に多くのことに注意して実験する必要があります。そのときに、例えば滴定値の妥当性等いろいろと判断するためにも必要です。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：豊島 真 日時：2006年05月23日 13時16分45秒

48%のNaOH（水溶液）の固形換算の計算方法をお教え願います。48%のNaOHを5%にしたいのですが計算が合いません。

---

名前：芦田 実 日時：2006年05月29日 15時45分00秒

豊島 真 様

**質問361** 48%のNaOH（水溶液）の固形換算の計算方法をお教え願います。48%のNaOHを5%にしたいのですが計算が合いません。

**回答** 48%のNaOH水溶液の質量または体積を仮定し、その中に溶けているNaOHの固体の質量を求めれば簡単に計算できます。ただし、NaOHの溶解度が約52%ですの



で、NaOHの固体を用いて最初から5%の水溶液を調製するほうがはるかに簡単だと思います。

例えば、希釈前の濃度 $C_A = 48\%$ のNaOH水溶液の質量と密度を $W_A = 100\text{g}$ （仮定）、 $D_A = 1.51\text{g/mL}$ とすると、その体積は

$$V_A = W_A / D_A = 66.2\text{mL}$$

になります。その中に含まれるNaOHと水の質量は

$$W_{AN} = W_A C_A / 100 = 48\text{g} \quad \text{と} \quad W_{AH} = W_A (100 - C_A) / 100 = W_A - W_{AN} = 52\text{g}$$

になります。次に、希釈後の濃度 $C_B = 5\%$ のNaOH水溶液の密度を $D_B = 1.05\text{g/mL}$ とすると、その中に含まれるNaOHと水の質量は

$$W_{BN} = W_{AN} = 48\text{g} \quad \text{と} \quad W_{BH} = W_{BN} (100 - C_B) / C_B = 912\text{g}$$

になります。したがって、希釈に必要な水の質量が

$$W_H = W_{BH} - W_{AH} = 860\text{g}$$

と求まります。また、希釈後のNaOH水溶液の質量と体積は

$$W_B = W_{BN} + W_{BH} = 960\text{g} \quad \text{と} \quad V_B = W_B / D_B = 914\text{mL}$$

になります。以上を整理しますと、希釈に必要な水の質量の式が

$$W_H = W_A (C_A - C_B) / C_B = 100\text{g} (48\% - 5\%) / 5\% = 860\text{g}$$

または  $W_H = V_A D_A (C_A - C_B) / C_B = 66.2\text{mL} \times 1.51\text{g/mL} \times (48\% - 5\%) / 5\% = 860\text{g}$

と求まります。なお、NaOH水溶液の調製方法の詳細については、私のホームページの溶液の作り方（濃度計算と調製方法）をご覧ください。計算方法、調製方法、注意事項などが説明してあります。インターネット上で計算することも可能ですし、説明と計算のプログラムをダウンロードすることも可能です。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：中村伸行 日時：2006年05月24日 06時28分56秒

大型クレーンに使われている電気の接点には銅の板に銀を貼り付けてありますが、これを分離させるには、アセチレンガスで溶かすと思います。銀と銅の溶ける温度によっては、温度差があれば電気炉でうまく分離できないでしょうか？

---

名前：芦田 実 日時：2006年05月29日 17時05分00秒

中村伸行 様

**質問362** 大型クレーンに使われている電気の接点には銅の板に銀を貼り付けてありますが、これを分離させるには、アセチレンガスで溶かすと思います。銀と銅の溶ける温度によっては、温度差があれば電気炉でうまく分離できないでしょうか？

**回答** 銀の融点は約962℃で、銅の融点は約1083℃であり、それらの間には約121℃の温度差があります。したがって、原理的には多分可能だろうと思います。また、溶けた金属が電気炉内にこぼれないように受け皿が必要になると思います。なお、銀と銅を貼り付けた部分にそれらの合金ができていのかどうか、もしできている場合にうまく分離できるかどうかは分かりません。市販の電気炉は調べた

範囲で、最高使用温度が1100℃前後のものが多く、これの価格が20万円程度します。温度に余裕がありませんので、これでは分離できない恐れもあります。最高使用温度が約1700℃のものでと価格が30万円程度します。さらに、電気炉の温度を上げるために普通は90分程度の時間がかかります。したがって、多数の電気接点を毎日処理するのでもなければ、電気炉の購入代金、電気の使用量、長い処理時間の問題からメリットがないと思います。アセチレンガス（空気アセチレン炎で約2500℃、酸素アセチレン炎で約3800℃）で溶かすほうが金額的にも、時間的にもはるかに簡単だと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：横内 敦 日時：2006年05月26日 19時27分19秒

吸熱剤に興味があり、調査をしています。ネットで検索をしたところ、ペット用の吸熱マットには燐酸ソーダが吸熱作用を示しているとの記述がありました。そこで、①燐酸ソーダの吸熱メカニズムを教えてくださいませんか。②もっと高温（100℃～150℃）で同様の吸熱作用を示す無機化合物があれば教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2006年05月29日 19時40分00秒

横内 敦 様

**質問363** 吸熱剤に興味があり、調査をしています。ネットで検索をしたところ、ペット用の吸熱マットには燐酸ソーダが吸熱作用を示しているとの記述がありました。そこで、①燐酸ソーダの吸熱メカニズムを教えてくださいませんか。②もっと高温（100℃～150℃）で同様の吸熱作用を示す無機化合物があれば教えてください。

**回答** リン酸三ナトリウムの水溶液は強塩基性で危険なので使用しないと思います。リン酸水素二ナトリウムの間違いだと思います。リン酸水素二ナトリウムを溶解度以上に水に加えると、35.4℃よりも低温では、飽和溶液中に過剰のリン酸水素二ナトリウムが十二水和物の固体として存在します。35.4℃よりも高温になりますと、その固体が七水和物に変化し、余分の水を放出します。すると、溶液中の水が増加することになりますので、固体がさらに溶解します。また、温度上昇により溶解度が増加する効果も同時に起こります。そして、この固体が溶解する現象が吸熱現象なので外から熱を吸収します。同様に吸熱剤として使用されている硫酸ナトリウムの場合も同じメカニズムです。32.4℃で硫酸ナトリウム十水和物から硫酸ナトリウム無水物に変化します。

100℃～150℃の高温では水が水蒸気に変化しますので、上と同様な方法は使用できません。シリコンオイル等に融解熱の大きい無水物や有機物の固体を分散させるしかないと思います。しかし、安全に長期間使用できる物質が簡単には見つかりそうもありません。ご自分で調べてみて下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：横内 敦 日時：2006年05月29日 20時13分37秒

芦田 先生

お忙しい中、ご教示いただきありがとうございます御座いました。大変参考になりました。

融解熱が応用できるかは，自分で調査いたします．まずは御礼まで．

\*\*\*\*\*

日本精工株式会社  
基盤技術研究所  
化学研究室 横内 敦  
t e l : 0466-21-3224

\*\*\*\*\*

---

名前：佐藤 大 日時：2006年05月27日 20時38分45秒

沈殿反応で，ある物質の水溶液に硝酸銀水溶液を加えるとある物質は塩素を含むというのがよく意味がわかりません．どうか教えてください

---

名前：芦田 実 日時：2006年05月29日 21時00分00秒

佐藤 大 様

質問364 沈殿反応で，ある物質の水溶液に硝酸銀水溶液を加え（白色沈殿を生じ）ると，ある物質は塩素（塩化物イオン）を含むというのが，よく意味がわかりません．どうか教えてください．

回答 文が不正確です．少なくとも（ ）内の部分を追加したり，（ ）内のように修正すべきです．

はっきり言うと，この質問文は間違いです．硝酸イオンの塩は溶解度が大きいので，沈殿をほとんど生じません．それゆえ，ある物質と反応して沈殿を生じるのは，銀イオンの塩のうちで溶解度の小さいものになります．銀イオンと反応して白色またはそれに近い色の沈殿を生じるイオンには，塩化物イオン，シュウ酸イオン，チオシアン酸イオン，シアンイオン，臭化物イオン，炭酸イオン等があります．したがって，ある物質に塩化物イオンが含まれていると特定することはできません．沈殿の色が明記されていなければ，もっと多数のイオンの可能性があります．

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：佐藤 大 日時：2006年06月06日 23時02分51秒

すいません．今度から気をつけます．

---

名前：塚本 よしみ 日時：2006年05月29日 15時43分20秒

よろしくお願ひします．大学1年生です．約0.1Nシュウ酸の調製において，秤量ビン直示天秤で正確に秤量します．約0.6gのシュウ酸を電子天秤で秤量ビンに量り取ります．電子天秤で正確に秤量する．差し引きして，シュウ酸の正確な量を知ります．100mLメスフラスコでメスアップします．この実験のファクターの意味と求め方を教えてください．

---

名前：芦田 実 日時：2006年06月01日 14時00分00秒

塚本 よしみ 様

**質問365** 約0.1Nシュウ酸の調製において、秤量ビンを直示天秤で正確に秤量します。約0.6gのシュウ酸を電子天秤で秤量ビンに量り取ります。電子天秤で正確に秤量する。差し引きして、シュウ酸の正確な量を知ります。100mLメスフラスコでメスアップします。この実験のファクターの意味と求め方を教えてください。

**回答** 調製した後でシュウ酸の濃度を言うときに、面倒なので普通は0.1Nと言ってしまおうと思います。このときの0.1Nは調製しようとした目的の濃度であり、およその濃度です。この濃度を正しい濃度（例えば0.1023N）に変換（補正）する係数がファクター（例えば1.023）であり、次の式で計算します。

ファクター＝正しい濃度／およその濃度（例えば  $=0.1023\text{N}/0.1000\text{N}=1.023$ ）

滴定値を用いて濃度計算するときは、正しい濃度を使用する必要があります。そこで、正しい濃度に戻すには次の式を使います。

正しい濃度＝およその濃度×ファクター（例えば  $=0.1000\text{N}\times 1.023=0.1023\text{N}$ ）

実際に濃度計算するときに、正しい濃度にさらにファクターをかけないように注意して下さい。これをやってしまうと、ファクターを2回かけたことになります。ファクターのほうばかり気にして、ときどき間違える学生がいます。したがって、最初から正しい濃度だけを使用して、ファクターなど求めないほうがましです。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

**名前：**塚本 よしみ      **日時：**2006年06月02日 07時12分36秒

お忙しい中、回答ありがとうございます。実験初心者にもわかりやすいので助かります。実験の基本からわからないものなので、これからもお世話になるかもしれません。

---

**名前：**山口健二      **日時：**2006年05月30日 10時50分41秒

塩化ナトリウムと濃硫酸を反応させ塩化水素を発生させる反応でどうして  $2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$  にならないのですか。

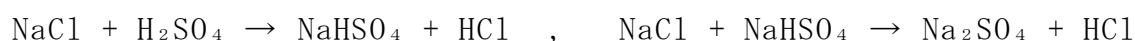
---

**名前：**芦田 実      **日時：**2006年06月01日 16時35分00秒

山口健二 様

**質問366** 塩化ナトリウムと濃硫酸を反応させ塩化水素を発生させる反応で、どうして  $2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$  にならないのですか。

**回答** 実験して調べた訳ではありませんので、想像で回答します。この反応は次式のように2段階で起こると考えられます。



1段階目と比較して2段階目の反応は、速度が遅くて起こり難いと考えられます。その理由として、塩化水素HClは強酸性でないで発生し難いこと、硫酸 $\text{H}_2\text{SO}_4$ と比較すると硫酸水素ナトリウム $\text{NaHSO}_4$ の酸性が弱いこと、塩化ナトリウム $\text{NaCl}$ と硫酸水素ナトリウム $\text{NaHSO}_4$ が両方とも固体なのでそれらの接触部分が少なく反応が非常に遅いこと等が考えられます。さらに、塩化水素HClを発生させるのが目的の場合には、2段階目の遅い反応など待っていただけませんので、硫酸 $\text{H}_2\text{SO}_4$ が過剰の

混合割合で反応させると思います。その場合には、1段階目しか起こらないと思います。塩化水素HClの発生が終わったときに、液体（硫酸H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>）が残っていませんでしたか。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：小林明日香 日時：2006年05月30日 14時13分11秒

酸塩基の当量と、酸化還元滴定の当量の違いを教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2006年06月01日 17時50分00秒

小林明日香 様

質問367 酸塩基の当量と、酸化還元滴定の当量の違いを教えてください。

回答 文字の通りです。酸-塩基の中和では水素イオンや水酸化物イオンが反応しますので、中和反応にともなってこれらのイオン1 molを放出する量、またはそれらに相当する量を酸-塩基の当量と言います。酸化-還元反応では電子をやりとりしますので、電子1 molを放出したり受け取ったりする量、またはそれらに相当する量を酸化-還元当量と言います。ただし、酸化-還元反応は反応相手やpH等の実験条件によって反応が変化しますので、電子の個数を明示した半反応で確認することが望ましいと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：橋田奈緒子 日時：2006年05月31日 18時36分32秒

シュウ酸ナトリウムに水と硫酸を加え60℃に熱し、過マンガン酸カリウムで滴定したのですが、手際が悪く60℃に熱した溶液が冷めてしまうと滴定量が変化し、結果にバラつきが出てしまいました。なぜ温度によって差が出たのか理由を教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2006年06月01日 19時10分00秒

橋田奈緒子 様

質問368 シュウ酸ナトリウムに水と硫酸を加え60℃に熱し、過マンガン酸カリウムで滴定したのですが、手際が悪く60℃に熱した溶液が冷めてしまうと滴定量が変化し、結果にバラつきが出てしまいました。なぜ温度によって差が出たのか理由を教えてください。

回答 溶液が冷めても反応が遅くなるだけであり、滴定値が変化することはありません。実験誤差の原因が他に非常に多くあることを考えるべきです。学生がよく失敗する実験誤差の原因については質問360、351の回答に詳しく書きましたので、それらをご覧ください。もしも、温度に原因があるとしたら、温度計に付いた非滴定液をコニカルビーカー等の非滴定液中に洗い戻さなかったか、温度計を実験台の上に直に置いて先端が汚れたか、非滴定液を加熱しすぎて過マンガン酸カリウムやシュウ酸が熱分解したか、沸騰させてしまって非滴定液の飛沫がコニカルビーカー等の外に飛び出したぐらいしか考えられません。しかし、このような失敗をする学生はほとんどおりません。

名前：大久保 かな 日時：2006年06月04日 19時25分38秒

検量線を作成するときに、検量線の傾きを、なぜ吸収スペクトルで吸光度が一番大きい波長で測定するのかがわからないのですが？

---

名前：芦田 実 日時：2006年06月05日 19時55分00秒

大久保 かな 様

**質問369** 検量線を作成するときに、検量線の傾きを、なぜ吸収スペクトルで吸光度が一番大きい波長で測定するのかがわからないのですが？

**回答** 吸光度や透過率の測定値には信頼できる数値の限界（精度や誤差範囲）が必ずあり、これによって有効数字が決まります。検量線を吸光度が一番大きい波長で作成したり、その波長で実験するのは、当然ながら実験誤差を少しでも小さくするためです。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：さわ 日時：2006年06月01日 19時24分06秒

こんばんは。教えていただきたいことがありご連絡させていただきました。水道の水使用量が増えるほど残留塩素濃度が濃くなるのはなぜなのでしょう？あと煮沸により残留塩素が減少するのはなぜなのでしょう？まことに自分勝手ながらレポート提出日が五日後と迫っているため早めにご返答いただけたらと思います。それではよろしくお願い致します。

---

名前：芦田 実 日時：2006年06月07日 10時25分00秒

さわ 様

**質問370** こんばんは。教えていただきたいことがありご連絡させていただきました。水道の水使用量が増えるほど残留塩素濃度が濃くなるのはなぜなのでしょう？あと煮沸により残留塩素が減少するのはなぜなのでしょう？それではよろしくお願い致します。

**回答** ホームページに書いてあるように、急ぎの質問や大学生のレポート用の質問は原則としてお断りしています。

水道法や水質基準に関する法律により、家庭の蛇口から出る水道水が0.1mg/L以上（1mg/L以下）の残留塩素濃度（消毒の効果が残る濃度）を保つことが定められています。浄水場から送り出された水道水が末端の家庭に届く間に汚染された場合に、塩素しか消毒方法がないためです。言い換えると、浄水場から各家庭に届く間に水中の不純物等と酸化・還元反応して、残留塩素濃度はしだいに減少していきます。したがって、水道水の使用量が増えるほど新しい水が蛇口から出ることとなりますので、残留塩素濃度は当然ながら濃くなると思います。塩素の注入方法が塩素ガスの場合には、煮沸すれば気体ですから水中に溶けていられなくなって空気中に追い出され、残留塩素濃度は減少します。次亜塩素酸ナトリウムの場合には、煮沸による高温によって熱分解するか、水中の不純物等との酸化・還

元反応が加速されて残留塩素濃度が減少すると思います。参考として、下記のホームページもご覧下さい。

[http://www.asahi-net.or.jp/~kv6t-ymgc/05purification/raccoon\\_purification\\_cl-disinf.htm](http://www.asahi-net.or.jp/~kv6t-ymgc/05purification/raccoon_purification_cl-disinf.htm)

<http://www.tcn.zaq.ne.jp/tropical-fish/science5.htm>

<http://www.water.saga.saga.jp/setumei/setumei.htm>

<http://www.jwrc-net.or.jp/qa/QA29.html>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：久我哲也 日時：2006年06月04日 02時32分43秒

アスピリンに炭酸ナトリウム試液を加えて煮沸し硫酸を加えるとその液体が白い沈殿が出来て酢酸の臭いがするんですか？またその液体をろ過して、そのろ液にエタノールと硫酸を加えて加熱すると酢酸エチルの臭いがするのですか？

---

名前：芦田 実 日時：2006年06月05日 23時20分00秒

久我哲也 様

質問371 アスピリンに炭酸ナトリウム溶液を加えて煮沸し、硫酸を加えるとその液体に白い沈殿が出来て酢酸の臭いがするんですか？またその液体をろ過して、そのろ液にエタノールと硫酸を加えて加熱すると酢酸エチルの臭いがするのですか？

回答 もしも、そのような臭いがするならば、最初の反応では酢酸エステル（アスピリン）を塩基性で加水分解して硫酸を加えたので、酢酸とサリチル酸（沈殿）ができたものと思います。次の反応では酢酸エチルを合成したものと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：船山 由香 日時：2006年06月07日 15時25分28秒

pHメーターの精度がどのぐらいあれば、生物系の実験で誤差として、認めて使用できるでしょうか？ちなみに私の研究室にあるpHメーターは90%まで精度がおちています。

---

名前：芦田 実 日時：2006年06月07日 23時50分00秒

船山 由香 様

質問372 pHメーターの精度がどのぐらいあれば、生物系の実験で誤差として、認めて使用できるでしょうか？ちなみに私の研究室にあるpHメーターは90%まで精度がおちています。

回答 pHの定義は水素イオン濃度の常用対数になっている ( $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ ) ことを忘れないで下さい。例えば、 $\text{pH} = 5 \sim 9$ の範囲でpHが10%違っていると、水素イオン濃度は3.2倍～7.7倍 (320%～770%) 違っています。とうてい誤差と言えるようなものではありません。実験する意味がないと思います。逆に計算すると、水素イオン濃度（または水酸化物イオン濃度）で±5%の誤差を許すならば、これに相当するpHの変化は±0.02です。pH標準液 ( $\text{pH} = 4$ ,  $\text{pH} = 7$ ,  $\text{pH} = 9$ ) を使用して、毎

日（少なくとも毎週）のようにpHメーターを校正してから使用すべきです。電極表面の汚れ等が原因でpHメーターは狂いやすいので、必ず校正できるようになっています。例えば、試料溶液が酸性ならばpH=7とpH=4のpH標準液で校正します。このとき注意することは、pHメーターを十分にウォーミングアップすること（たぶん30分以上）。ガラス電極の表面を傷つけたり、破損しないように注意すること。pH標準液が混ざらないように、また薄まらないように、電極の水洗いと水の拭き取りをはさみながら校正することです。さらに、pH=7→pH=4→pH=7→pH=4→・・・というように何度も繰り返して校正する必要があります。2点校正（ゼロ調整（オフセット）と増幅率（スパン））ですので、一度ずつでは校正できません。試料溶液が塩基性ならばpH=7とpH=9のpH標準液で校正します。注意することは酸性側と同様です。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：船山 日時：2006年06月12日 14時40分05秒

芦田先生

ご回答ありがとうございます。早速、pHメーターの校正をしたいと思います。

---

名前：品川区立立会小学校理科主任 山本健 日時：2006年06月08日11時18分17秒

お忙しいところ、お手数をおかけして申し訳ありません。区内の小学校教諭を対象とした研修会で、塩化コバルトを使った簡易湿度計を製作しました。その際、塩化コバルト（六水和物）の粉末薬約40gを市販のアルミホイルに包んでおいたところ、5分ほどして発熱しアルミホイルがぼろぼろになってしまいました。塩化コバルトのMSDSを見ても、アルミとの反応については触れられておりませんでした。どのような配慮をすべきだったのか、ご教示いただければ幸いです。

---

名前：芦田 実 日時：2006年06月10日 15時15分00秒

品川区立立会小学校 理科主任  
山本 健 様

**質問373** お忙しいところ、お手数をおかけして申し訳ありません。区内の小学校教諭を対象とした研修会で、塩化コバルトを使った簡易湿度計を製作しました。その際、塩化コバルト（六水和物）の粉末薬約40gを市販のアルミホイルに包んでおいたところ、5分ほどして発熱しアルミホイルがぼろぼろになってしまいました。塩化コバルトのMSDSを見ても、アルミとの反応については触れられておりませんでした。どのような配慮をすべきだったのか、ご教示いただければ幸いです。

**回答** 酸化-還元反応によりアルミニウムが溶解したものと思います。この反応には次のような2つの可能性があります。①金属アルミニウムが酸や塩基に溶解し、アルミニウム(Ⅲ)イオン、水酸化アルミニウムやアルミン酸イオン等に変化し、水素を発生する。②イオン化傾向の差により、コバルト(Ⅱ)イオンが金属コバルトに変化し、金属アルミニウムがアルミニウム(Ⅲ)イオンに変化する。塩化コバルトの濃い赤紫色の水溶液を用いて簡単な実験を行ってみました。pH試験紙でチェックしたところ、水溶液のpHは3~4でした。ゆえに、コバルト(Ⅱ)イオンの一部が加水分解して、コバルト(Ⅱ)水酸化物と水素イオンを少し生じている可能性があります。次に、アルミホイルを入れたところ、数分後に気体を発生し



て発熱しました。さらに、水溶液の濃い赤紫色がしだいに薄くなり、数時間後には非常に薄い赤色に変化し、黒っぽい固体が残りました。このときのpHは約4でした。したがって、金属アルミニウムが酸に溶解してアルミニウム(Ⅲ)イオンに変化し、水素(気体)を発生する反応およびコバルト(Ⅱ)イオン(赤紫色)が金属コバルト(黒っぽい固体)に変化し、金属アルミニウムがアルミニウム(Ⅲ)イオン(無色)に変化する反応の2つが同時に起こっていると考えられます。詳しく調べていませんので、どちらの反応が優勢かまでは分かりません。塩化コバルト六水和物には吸湿性(潮解性)がありますので、試薬ビンに保存していてもベトベトになる恐れがあります。したがって、アルミホイルがぼろぼろになった原因は、使用した塩化コバルト六水和物が保存中や実験中に空気中の水分を吸収して湿っていたか、実験中に水で濡れたためだと思います。また、コバルトのイオン化傾向はニッケルと同じ程度だと思います。以上より、塩化コバルト六水和物をアルミホイルではなく、プラスチック製のシートやラップに包むか、ガラス製やプラスチック製の容器に入れておいたほうが良かったと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：品川区立立会小学校 山本 健 日時：2006年06月12日 08時41分58秒

芦田 実 先生

質問373をさせていただいた山本です。この度はお世話になりました。早速にお返事を頂戴しありがとうございます。お忙しい中、実験までしていただき、詳しく教えていただき大変よくわかりました。小学校とはいえ、理科教育に携わっている者として、試薬を金属で包むというのは軽率であったと反省しております。貴重なご指導ありがとうございます。とりあえず、御礼まで。

品川区立立会小学校 山本 健

---

名前：塚本よしみ 日時：2006年06月07日 15時46分55秒

こんにちは。再びおねがいします。今度の実験は、食品中の酸分の定量でした。二倍に希釈したりんごジュース、十倍に希釈したレモンジュース、十倍に希釈した食酢、を各10mLとり100mLにメスアップしました。フラスコに10%溶液10mLを量りとりフェノールフタレイン数的加え、0.1Mの水酸化ナトリウムで滴定しました。そこで比重を求めろと先生に言われました。りんごジュースの比重は1.0321、レモンジュースの比重は1.0122、食酢の比重は1.0092となりました。そこで先生は重量パーセント濃度を求めなさいといいました。これから、重量パーセント濃度はどのように求めればよいですか？これだけでは求めれないのでしょうか？

---

名前：芦田 実 日時：2006年06月10日 17時35分00秒

塚本よしみ 様

質問374 こんにちは。再びおねがいします。今度の実験は、食品中の酸分の定量でした。二倍に希釈したりんごジュース、十倍に希釈したレモンジュース、十倍に希釈した食酢、を各10mLとり100mLにメスアップしました。フラスコに溶液10mLを量りとりフェノールフタレインを数滴加え、0.1Mの水酸化ナトリウムで滴定しました。そこで比重を求めろと先生に言われました。りんごジュースの比重は1.0321、レモンジュースの比重は1.0122、食酢の比重は1.0092となりました。そこで先生は重量パーセント濃度を求めなさいといいました。これから、重量パー

セント濃度はどのように求めればよいですか？これだけでは求めれないのでしょうか？

**回答** 質問文中に間違いと思われる点があります。例えば、「フラスコに10%溶液10mLを量り」は「フラスコに溶液10mLを量り」の、「フェノールフタレイン数的加え」は「フェノールフタレイン数滴加え」の間違いだと思います。この回答中では修正済みです。

滴定で決定した希釈後の酢酸のモル濃度をC(mol/L)とします。食酢は2段階にK=100倍に希釈していますので、希釈前のモル濃度はKC=100C(mol/L)となります。希釈前(?)の食酢の密度(比重)をD(=1.0092g/mL=1009.2g/L)とします。この密度(比重)は希釈前の値(全く希釈していない食酢で測定した値)でなければなりません。合っていますか。希釈前の食酢の体積がV(=1L)のときの質量はW=VD(=1L×1009.2g/L=1009.2g)となります。この中に含まれる酢酸の質量W<sub>A</sub>(g)は、酢酸のモル質量(分子量)をM(=60.05g/mol)とすると、

$$W_A = KCVM \quad (=100C(\text{mol/L}) \times 1\text{L} \times 60.05\text{g/mol} = 6005C(\text{g}))$$

となります。したがって、食酢中の酢酸の質量パーセント濃度は

$$C_P = W_A / W \times 100(\%) = 100KCVM / VD(\%) = 100KCM / D(\%) = 595C(\%)$$

となります。体積Vが分子、分母にあって約めますので、体積Vは途中の計算に都合の良い値を仮定することができます。ただし、体積と密度の単位について、mLとLの単位を混ぜて計算しないように注意して下さい。最後のC<sub>P</sub>の式だけで計算すると、1000倍間違える(1000mL=1L)恐れがあります。全てLの単位で計算して下さい。この計算では当然ながら、食酢中の酸が酢酸だけであると仮定して、モル質量(分子量)を決めています。実際の食酢は複数の酸の混合物だろうと思います。

りんごジュースとレモンジュースでも同様の方法で計算できます。しかし、酸の混合物の中で主成分の酸は何であるか、さらに1成分と仮定できるほど主成分の割合が大きいかについて調べる必要があります。後にご自分で調べたり、計算してみてください。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

**名前：長谷川 日時：2006年06月11日 22時36分55秒**

0.886%(W/V)食塩水を生理食塩水として用いる。この食塩水を容量モル濃度に換算せよ。(Na, Clの原子量はそれぞれ22.99, 35.44)。計算式がよくわからないので教えて下さい。

---

**名前：芦田 実 日時：2006年06月12日 15時15分00秒**

長谷川 様

**質問375** 0.886%(W/V)食塩水を生理食塩水として用いる。この食塩水を容量モル濃度に換算せよ。(Na, Clの原子量はそれぞれ22.99, 35.45)。計算式がよくわからないので教えて下さい。

**回答** この食塩水100mL中には0.886gの塩化ナトリウム(食塩)が溶けています(質量/体積百分率濃度C<sub>w</sub>)。ゆえに、食塩水1L中には8.86gの塩化ナトリウムが溶けていることとなります(質量濃度C<sub>G</sub>)。

$$C_w = 0.886w/v\% \rightarrow C_G = \text{食塩} 0.886g / \text{水溶液} 100mL = 0.00886g/mL = 8.86g/L$$

したがって、塩化ナトリウムのモル質量（式量，分子量） $M = 22.99 + 35.45 = 58.44g/mol$ より，容量モル濃度 $C_M$ は

$$C_M = 10C_w / M = C_G / M = 8.86g/L / 58.44g/mol = 0.152mol/L$$

となります。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：志村 綾 日時：2006年06月14日 14時32分48秒

お忙しい中失礼します。なぜリン酸塩緩衝液は緩衝作用があるのか？漠然と質問なのですが，教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2006年06月26日 01時15分00秒

志村 綾 様

**質問376** お忙しい中失礼します。なぜリン酸塩緩衝液は緩衝作用があるのか？漠然とした質問なのですが，教えてください。

**回答** リン酸塩緩衝液中には，リン酸二水素イオン $H_2PO_4^-$ ，リン酸水素イオン $HPO_4^{2-}$ や水素イオン $H^+$ または水酸化物イオン $OH^-$ 等が含まれており，それらの間に化学平衡が成立しています。

式(1)  $HPO_4^{2-} + H^+ \rightleftharpoons H_2PO_4^-$  または 式(2)  $H_2PO_4^- + OH^- \rightleftharpoons HPO_4^{2-} + H_2O$

外から酸（水素イオン）を加えると，上の式(1)の化学平衡が右に移動し，水素イオンを消費することにより加えた酸の効果を打ち消します。ただし，平衡が移動しますので，加えた酸の効果を完全に打ち消すことはできません。pHがわずかに酸性側に移動します。または，上の式(2)の化学平衡が左に移動し，生じた水酸化物イオンが酸を中和します。pHがやはり，わずかに酸性側に移動します。

外から塩基（水酸化物イオン）を加えると上の式(2)の化学平衡が右に移動し，水酸化物イオンを消費することにより加えた塩基の効果を打ち消します。やはり，平衡が移動しますので，加えた塩基の効果を完全に打ち消すことはできません。pHがわずかに塩基性側に移動します。または，上の式(1)の化学平衡が左に移動し，生じた水素イオンが塩基を中和します。pHがやはり，わずかに塩基性側に移動します。

酸を加えた場合も，塩基を加えた場合も，結果的にpHはあまり変化しません。それゆえ，緩衝作用があることとなります。ただし，リン酸二水素イオンやリン酸水素イオンの含有量よりも多くの酸や塩基を加えた場合には，これらのイオンが全て使われてしまいますので，緩衝作用がなくなりpHが変化してしまいます。したがって，緩衝作用には限界があります。なお，pH領域は異なりますが，リン酸分子 $H_3PO_4$ とリン酸二水素イオン間およびリン酸水素イオンとリン酸イオン $PO_4^{3-}$ 間にも緩衝作用があると思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：上田 倶美人 日時：2006年06月18日 21時25分57秒

中和滴定の実験とかで使うメスフラスコってありますよね？メスフラスコの首が細いのは少しでも誤差を減らすためですが、なぜ首から下の部分はああいう形（非常に洗にくい）になっているのですか？

---

名前：芦田 実 日時：2006年06月26日 23時55分00秒

上田 俱美人 様

**質問377** 中和滴定の実験とかで使うメスフラスコってありますよね？メスフラスコの首が細いのは少しでも誤差を減らすためですが、なぜ首から下の部分はああいう形（非常に洗にくい）になっているのですか？

**回答** 調べたわけではありませんので、想像で回答します。1つ目の理由は、ガラス細工で簡単に作りやすい形になっていると思います。2つ目の理由は、重心を低くして倒れにくい形になっていると思います。3つ目の理由は、調製済みの溶液を試薬ビンに全て移しやすい形になっていると思います。洗うときには、洗剤や有機溶媒につけておいたり、超音波洗浄器を使用する等の方法があると思います。なお、メスフラスコにも種々の形のものがあり、首が少し太くて高さが低いものもあります。詳細については、例えば下記のホームページをご覧ください。

<http://info.tactnet.co.jp/sibata/j/product/pdf/728-2200.pdf>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：上田 俱美人 日時：2006年06月27日 22時29分14秒

お忙しい中、丁寧な解答ありがとうございました。今後ともよろしく願います。

---

名前：荒木 卓巳 日時：2006年06月21日 21時31分44秒

純粋な水は電気を通さないと聞いたので、それを確かめる実験をやりたいと思うのですが、どうすれば安全に配慮して実験すればいいかわかりません。何かいいアイデアありませんか？

---

名前：芦田 実 日時：2006年06月27日 00時30分00秒

荒木 卓巳 様

**質問378** 純粋な水は電気を通さないと聞いたので、それを確かめる実験をやりたいと思うのですが、どうすれば安全に配慮して実験すればいいかわかりません。何かいいアイデアありませんか？

**回答** 電気分解の実験をするしかないと思います。普通の純水にはごく少量のイオン性不純物が含まれています。したがって、高電圧（危険）をかければ少し電流が流れるかもしれません。そこで、硫酸や水酸化ナトリウム等の希薄な水溶液（1%程度）と純水とで実験し、それらの結果を比較するしかないと思います。直流電圧が10V以下（電池）で安全に実験できます。水溶液の場合には気体が発生し、純水では気体が発生しませんので、一目で違いが分かると思います。もしも、高精度な実験を考えているのであれば、電気透析の装置（数100V以下、100mA以下）を利用することも考えられます。

---

名前：佐藤 新 日時：2006年06月23日 00時23分21秒

硫酸鉄(Ⅱ)七水和物の合成実験を行った時の事です。500mLビーカーに鉄粒(Ⅱ) 4.4gと硫酸溶液(濃硫酸4.5mLとイオン交換水50mLの溶液)を加えて溶かしていたのですが、鉄粒(Ⅱ)が溶けないのでプレートで少々温めながら鉄粒(Ⅱ)を硫酸で溶かしていた所、ガス(水素)と黒い沈殿物が出てきたのです。鉄(Ⅱ)が酸化され鉄(Ⅲ)になったと思うのですが、鉄(Ⅲ)は褐色なのに真っ黒な沈殿物が現われたのです。これを教授とかにも確かめた所、多分鉄(Ⅲ)になったせいであろう…という見解でした。しかし、自分の中で納得できないのです。なぜ黒色沈殿物が出来たのかを教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2006年06月29日 00時10分00秒

佐藤 新 様

質問379 硫酸鉄(Ⅱ)七水和物の合成実験を行った時の事です。500mLビーカーに鉄粒4.4gと硫酸溶液(濃硫酸4.5mLとイオン交換水50mLの溶液)を加えて溶かしていたのですが、鉄粒が溶けないのでプレートで少々温めながら鉄粒を硫酸で溶かしていた所、ガス(水素)と黒い沈殿物が出てきたのです。鉄(Ⅱ)が酸化され鉄(Ⅲ)になったと思うのですが、鉄(Ⅲ)は褐色なのに真っ黒な沈殿物が現われたのです。これを教授とかにも確かめた所、多分鉄(Ⅲ)になったせいであろう…という見解でした。しかし、自分の中で納得できないのです。なぜ黒色沈殿物が出来たのかを教えてください。

回答 質問文中の鉄粒(Ⅱ)は何なのか分かりません。この文字が正しいとすれば、粒状の酸化鉄(Ⅱ)になるはずですが、これでは意味が通りそうもありませんので、酸化数がⅡではなく酸化数がゼロの金属鉄の粉末だと解釈します。この回答中では、そのように修正済みです。

結論としては、教授の言われていることが正しいと思います。注意すべきことは、実際の化学現象(反応)では純粋な化合物ができるとは限らないということです。例えば、含水酸化鉄(Ⅲ)または水酸化鉄(Ⅲ)、含水酸化鉄(Ⅱ)または水酸化鉄(Ⅱ)等の混合物(組成はランダム)になっている可能性があると思います。あるいは、黒色の四酸化三鉄水和物 $Fe_3O_4 \cdot nH_2O$ に近いかもしれません。加熱したために、鉄(Ⅱ)イオンと鉄(Ⅲ)イオンが加水分解してこれらの沈殿ができています。さらに、もう1つ注意すべきことは、沈殿等の粒子はその大きさ(粒径)によって見かけの色が少し変化するという事です。光学顕微鏡で沈殿の粒子を拡大して、その色を観察すべきだと思います。以上のように、純粋な化合物ができていたと思うこと、および粒径によらず色が変わらないと思うことが間違いだと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：佐藤 新 日時：2006年06月29日 00時39分13秒

お忙しい中、回答を送ってくださりありがとうございます。その後、さまざまな本で探してみたのですが、芦田実様を送ってくださった内容が載っていました。ただ、四酸化三鉄水和物というのは調べていなかったのもう一度探してみます。

本当にありがとうございました。

---

名前：木村真貴子 日時：2006年06月24日 01時59分51秒

イオン半径比の算出方法について教えて頂けますか？高校1年のものです。高校でイオン結晶について学び、どうしても解決できない事項があります。よろしくお願ひします。ヒ化ニッケル型結晶格子をとりうるイオン半径比の最大値の算出法をお聞きしたいです。最小値は陽イオンを中心として陰イオンが6配位している極限状態より $\sqrt{2}-1$ とわかりますが、陰イオンを中心にして陽イオンが三角プリズム型に配位している結晶格子からどのように極限状態を切り出して半径比関係を見出せばよいのかわかりません。また酸化パラジウム型の算出法もわかりません。ヒ化ニッケル型や酸化パラジウム型のような変わった陰イオンの配列の処理法がわかっていないみたいです。よろしくお願ひします。

---

名前：芦田 実 日時：2006年06月30日 02時00分00秒

木村真貴子 様

**質問380** イオン半径比の算出方法について教えて頂けますか？高校1年のものです。高校でイオン結晶について学び、どうしても解決できない事項があります。よろしくお願ひします。ヒ化ニッケル型結晶格子をとりうるイオン半径比の最大値の算出法をお聞きしたいです。最小値は陽イオンを中心として陰イオンが6配位している極限状態より $\sqrt{2}-1=0.414$ とわかりますが、陰イオンを中心にして陽イオンが三角プリズム型に配位している結晶格子からどのように極限状態を切り出して半径比関係を見出せばよいのかわかりません。また酸化パラジウム型の算出法もわかりません。ヒ化ニッケル型や酸化パラジウム型のような変わった陰イオンの配列の処理法がわかっていないみたいです。よろしくお願ひします。

**回答** ヒ化ニッケル型結晶格子のイオン半径比の最大値を、陰イオンを中心にして陽イオンが三角プリズム（三角柱）型に配位している結晶格子から算出することを考えているのでしょうか。だとしたら、何となくおかしいような気がします。陽イオンと陰イオンの半径を比較すると、陰イオンのほうが大きい場合が多いと思います。それゆえ、イオン半径比＝陽イオンの半径／陰イオンの半径と便宜的に書いているだけだと思います。本来の定義は、イオン半径比＝小さいイオンの半径／大きいイオンの半径だと思います。三角プリズム型の配位において中心の陰イオンの方が大きい場合には、陰イオンの周りに配位している陽イオン同士は元々離れています。したがって、この状態から限界半径比を求めることはできないと思います。

イオン結晶はクーロン力で結合していますので、陽イオンと陰イオンができるだけ近付いて、できるだけ密度の大きい結晶構造になろうとします。したがって、半径比が大きくなって行って、別の結晶構造の限界半径比（最小値）に到達したら、その結晶構造に変化すると考えるべきです。その値が限界半径比の最大値になると思います。ヒ化ニッケル型結晶格子は、小さいニッケルイオンの周りに大きいヒ素イオンが八面体型に配位していますので、次の立方体型の限界半径比（最小値）＝0.732がヒ化ニッケル型の限界半径比（最大値）になるだろうと思います。あるいは、後述の三角プリズム型の限界半径比（最小値）＝0.528かもしれませんが、詳しいことはわかりません。

もしも、イオン半径比＝大きいイオンの半径／小さいイオンの半径と定義するならば、下の表中の数値は逆数をとる必要があります。質問中の「陰イオンを中心にして陽イオンが三角プリズム型に配位している結晶格子から算出するイオン半径比の最大値」はこの逆数に相当しているかもしれません。しかし、ヒ化ニッ

ケル型結晶格子のイオン半径比の範囲はあくまでも0.414~0.732または逆数の1.37~2.42だと思います。例えば、0.414~1.37または0.414~2.42等になるわけではありません。

なお、ヒ化ニッケル型では不可能ですが、三角プリズム型の配位でも中心イオンの方が小さい場合には、限界半径比（最小値） $=\sqrt{7/3}-1=0.528$ が求まると思います（詳細は省略します）。酸化パラジウム型のイオン半径比の範囲は、小さいパラジウムイオンの周りに大きい酸素イオンが平面四角形に配位していますので、ヒ化ニッケル型と同じく0.414~

0.732になるだろうと思います。また、酸化パラジウム型では不可能ですが、四面体型の限界半径比（最小値）を求める方法については質問271の回答をご覧ください。

配位数	立体配置	イオン半径比	
		最小値	最大値
8	立方体	0.732	1 ?
6	八面体	0.414	0.732
4	平面四角形	0.414	0.732
4	四面体	0.225	0.414
3	平面三角形	0.155	0.225

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

名前：木村 日時：2006年07月01日 04時14分11秒

芦田先生、お忙しい中ご返信ありがとうございました。こちらの言葉足らずの質問で失礼致しました。こちらの考えていた最大値というのは陽イオンの半径/陰イオンの半径の最大値ということです。ですので芦田先生のご指摘通り、陽イオン、陰イオンそれぞれが異種イオンが何配位しているか考えて最大値算出の際は陰イオン/陽イオンの半径の逆数をとるという方法をとっていました。もう一度陽イオンが接触する場合を考える必要があるのか調べてみます。今回は丁寧にご回答頂きありがとうございました。 木村 拝

名前：松田 祐二 日時：2006年06月26日 13時05分50秒

酸化還元滴定で硫酸の代わりに硝酸を使うとどうなりますか？また、過マンガン酸カリウムより強い酸化剤、シュウ酸ナトリウムより強い還元剤があれば教えてください。

名前：芦田 実 日時：2006年06月30日 23時50分00秒

松田 祐二 様

**質問381** 酸化還元滴定で硫酸の代わりに硝酸を使うとどうなりますか？また、過マンガン酸カリウムより強い酸化剤、シュウ酸ナトリウムより強い還元剤があれば教えてください。

**回答** 相手によって反応が変わります。還元剤および硝酸よりも弱い酸化剤の還元型が相手の場合には、過マンガン酸カリウムと硝酸が両方とも酸化剤として働くと思います。硝酸よりも弱い酸化剤であっても酸化型が相手の場合には、これが既に酸化されている（反応方向が逆向きの）ため、過マンガン酸カリウムと硝酸が両方とも反応しないと思います。硝酸よりも強く、過マンガン酸カリウムよりも弱い酸化剤の還元型が相手の場合には、硝酸は反応方向が逆向きのため反応せず、過マンガン酸カリウムが酸化剤として働くと思います。過マンガン酸カリウムよりも強い酸化剤が相手の場合には、硝酸と過マンガン酸カリウムが両方とも既に酸化されているため反応しないと思います。また、過マンガン酸カリウムより強い酸化剤には、過酸化水素、Co(III)イオン、ペルオキシ二硫酸イオン、オゾンガス、フッ素ガス等があると思います。シュウ酸ナトリウムより強い還元剤

には、クロムや亜鉛よりもイオン化傾向の大きい多数の金属とケイ素、ホウ素等があると思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：熊井禎臣 日時：2006年06月26日 14時36分30秒

私の部屋の容積は21.84立方mあります。空気1立方mあたりの飽和水蒸気量は、25℃のとき22.8gですから、私の部屋の飽和水蒸気量は497.952gあることとなります。497.952gを容積換算すると、0.497952Lとなります。「標準状態の気体1molは、その種類によらず22.4Lを占める」ので、0.497952Lを22.4Lで除すと0.02223molとなります。水蒸気(H<sub>2</sub>O)の分子量は18ですから、モル質量は18(g/mol)。0.02223(mol)×18(g/mol)で0.3996gと答えがでます。しかし、私の部屋の飽和水蒸気量は497.952gですので、計算結果の0.3996gとは大きな隔たりがあります。私がしたmol計算式の何処に過ちがあるのでしょうか。ご教授いただければ幸いです。

---

名前：芦田 実 日時：2006年07月01日 00時50分00秒

熊井禎臣 様

**質問382** 私の部屋の容積は21.84m<sup>3</sup>あります。空気1m<sup>3</sup>あたりの飽和水蒸気量は、25℃のとき22.8gですから、私の部屋の飽和水蒸気量は497.952gあることとなります。497.952gを容積換算すると、0.497952Lとなります。「標準状態の気体1molは、その種類によらず22.4Lを占める」ので、0.497952Lを22.4Lで除すと0.02223molとなります。水蒸気(H<sub>2</sub>O)の分子量は18ですから、モル質量は18(g/mol)。0.02223(mol)×18(g/mol)で0.3996gと答えがでます。しかし、私の部屋の飽和水蒸気量は497.952gですので、計算結果の0.3996gとは大きな隔たりがあります。私がしたmol計算式の何処に過ちがあるのでしょうか。ご教授いただければ幸いです。

**回答** 気体の水蒸気497.952gを液体の水0.497952Lに容積換算したことに最初の問題があります。このまま続けたければ、この容積を液体の水のモル体積0.018L/mol(≡モル質量18g/mol)で除して、水の物質質量27.66molを求めなければなりません。ところが、液体の水の体積0.497952Lを気体のモル体積22.4L/molで除してしまったのが間違いです。物質には、固体、液体、気体の3つの状態があることをもっとはつきりと認識すべきです。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：熊井禎臣 日時：2006年07月02日 20時58分01秒

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実 様

回答を有り難うございました。「飽和水蒸気量は、25℃のとき22.8g」を「水蒸気を凝結して22.8gの水になった」ものと捉え、「水の体積と、水が水蒸気になったときの体積」を不変のものと考えてしまったことに、私の過ちがありました。25℃のとき「1平方mあたり22.8g」ということは、「22.8gの水が1平方mの水蒸気になった」という意味だったのですね。迂闊でした。(熊井禎臣)



名前：伊藤みさ 日時：2006年06月28日 00時06分25秒

濃塩酸12mol/Lを水で希釈して4 mol/L塩酸30mL作るとき、濃塩酸と水何mL混合すればいいか？濃塩酸12mol/Lを2 mol/L塩酸で希釈して6 mol/L塩酸50mL作るとき濃塩酸と2 mol/L塩酸何mLずつ混合すればいいか？このような希釈して溶液を作るときの計算の仕方、考え方を教えてください！お願いします。

名前：芦田 実 日時：2006年07月02日 14時50分00秒

伊藤みさ 様

**質問383** 濃塩酸12mol/Lを水で希釈して4 mol/L塩酸30mL作るとき、濃塩酸と水を何mLずつ混合すればいいか？濃塩酸12mol/Lを2 mol/L塩酸で希釈して6 mol/L塩酸50mL作るとき濃塩酸と2 mol/L塩酸を何mLずつ混合すればいいか？このような希釈をして溶液を作るときの計算の仕方、考え方を教えてください！お願いします。

**回答** 4.00mol/L塩酸30.0mLを調製するには、12.1mol/L濃塩酸9.92mLを水で希釈して最終的な体積を30.0mLにします（または、水20.2mLで希釈します）。仮に、濃塩酸の濃度が12.0mol/Lちょうどの場合には、濃塩酸10.0mLを水で希釈して最終的な体積を30.0mLにします（ちょうど3倍に希釈）。詳細については、私のホームページの溶液の作り方（濃度計算と調製方法）をご覧ください。計算方法、調製方法、注意事項などが説明してあります。インターネット上で計算することも可能ですし、説明と計算のプログラムをダウンロードすることも可能です。

濃塩酸12mol/Lと2 mol/L塩酸を混合して6 mol/L塩酸50mLを作る件ですが、普通はこんな馬鹿な調製は行いません。希釈・調製による体積・密度の変化を考慮しなくて済むというモル濃度の最大のメリットを殺しています。何のためにモル濃度を使っているのか全く分かりません。これを実行するには、3つの塩酸の濃度と密度を調べ、複雑な計算を行う必要があり、時間の無駄です。特に、12mol/Lと2 mol/Lの塩酸の濃度が正しいとは限りません。濃塩酸は塩化水素の飽和水溶液であり、ぴったり12mol/Lに調製してあるわけではありません。2 mol/Lの塩酸も普通は、濃塩酸をメスシリンダーでいい加減に6倍に希釈して調製します。一度調製した2 mol/L塩酸を使用して調製するわけですから、濃度が狂う恐れ（誤差）が2倍になります。使用する器具等の汚れで汚染される危険性も2倍になります。塩酸は高価な薬品ではありませんので、濃塩酸を水で希釈して調製すべきです。6 mol/L塩酸50mLを調製するには、12.1mol/L濃塩酸24.8mLを水で希釈して最終的な体積を50mLにします（または、水25.5mLで希釈します）。仮に、濃塩酸の濃度が12.0mol/Lちょうどの場合には、濃塩酸25.0mLを水で希釈して最終的な体積を50.0mLにします（ちょうど2倍に希釈）。

調製に使用する濃塩酸の濃度、密度、体積をそれぞれ $C_1=12.1\text{mol/L}$ 、 $D_1=1.183\text{g/mL}$ 、 $V_1(\text{mL})$ とします。同様に、2 mol/Lの塩酸の濃度、密度、体積をそれぞれ $C_2=2.00\text{mol/L}$ 、 $D_2=1.032\text{g/mL}$ 、 $V_2(\text{mL})$ とします。さらに、6 mol/Lの塩酸の濃度、密度、体積をそれぞれ $C_3=6.00\text{mol/L}$ 、 $D_3=1.096\text{g/mL}$ 、 $V_3=50.0\text{mL}$ とします。塩酸中に溶解している塩化水素の物質質量(mol)保存則および塩酸水溶液の質量(g)保存則より、次の2つの式が得られ、これらの式を連立させて解けば、 $V_1$ と $V_2$ が求まります。

$$C_1V_1 + C_2V_2 = C_3V_3 \quad \text{および} \quad V_1D_1 + V_2D_2 = V_3D_3$$

$$V_1 = V_3(D_3C_2 - D_2C_3) / (D_1C_2 - D_2C_1), \quad V_2 = V_3(D_1C_3 - D_3C_1) / (D_1C_2 - D_2C_1)$$

後は、ご自分で計算し、調製してみてください。

埼玉大学教育学部理科教育講座

---

名前：中村由香 日時：2006年07月02日 11時15分59秒

pH11の水溶液の水酸化物イオン濃度はいくらか？という問題があるのですが、解答が $6.8 \times 10^{-11}$ となっていました。どうしてこの解答になるかわからないので、教えてください。よろしくお願いします。

---

名前：芦田 実 日時：2006年07月02日 16時00分00秒

中村由香 様

**質問384** pH11の水溶液の水酸化物イオン濃度はいくらか？という問題があるのですが、解答が $6.8 \times 10^{-11}$ となっていました。どうしてこの解答になるかわからないので、教えてください。よろしくお願いします。

**回答** 問題と解答がずれていると思います。問題文が正しいとすれば、違う問題の解答を見ていませんか。pH11の水溶液の水素イオン濃度と水酸化物イオン濃度はそれぞれ次のようになります。

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 1.0 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$$

$$[\text{OH}^-] = K_w / [\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-14} / 1.0 \times 10^{-11} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

質問中の水酸化物イオン濃度からpHを逆算すると次のようになります。

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (K_w / [\text{OH}^-]) = 14 + \log_{10} [\text{OH}^-] \\ &= 14 + \log_{10} 6.8 \times 10^{-11} = 3.83 \end{aligned}$$

これは酸性の溶液であり、明らかに答えが違っています。pH計算については、例えば質問316, 195, 95等の回答も参考としてご覧下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：中村由香 日時：2006年07月02日 16時24分35秒

すぐに回答していただき、本当にありがとうございました。再度確認してみたところ、回答と問題のずれはありませんでした。問題集の解答が間違っているようです。

---

名前：松田 祐二 日時：2006年07月06日 14時39分59秒

“質問381の回答”において、回答ありがとうございました。一つ質問ですが、効率よくエステルを得る技術を教えてください。

---

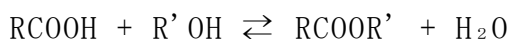
名前：芦田 実 日時：2006年07月07日 22時55分00秒

松田 祐二 様

**質問385** “質問381の回答”において、回答ありがとうございました。一つ質問ですが、効率よくエステルを得る技術を教えてください。

**回答** カルボン酸（例：酢酸） $\text{RCOOH}$ とアルコール $\text{R}'\text{OH}$ からエステル $\text{RCOOR}'$ と水

H<sub>2</sub>Oができる反応は平衡反応です.



収率を上げる1つ目の方法は、カルボン酸とアルコールのどちらかを過剰に加えて平衡を偏らせると思います. 収率を上げる2つ目の方法は、カルボン酸の代わりにカルボン酸塩化物(塩化アシル)RCOClやカルボン酸無水物(例:無水酢酸)RCOOCORを用いて非可逆反応で合成すると思います.



埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前: 小野薫 日時: 2006年07月10日 01時52分06秒

25度でpH2の水素イオン濃度はpH10の水素イオン濃度の何倍か?という問題の解き方がわかりません. ぜひ教えてください.

---

名前: 芦田 実 日時: 2006年07月10日 23時00分00秒

小野薫 様

質問386 25°CでpH2の水素イオン濃度はpH10の水素イオン濃度の何倍か?という問題の解き方がわかりません. ぜひ教えてください.

回答 水素イオン濃度[H<sup>+</sup>]とpHの関係は次式で表せます.

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] \rightleftharpoons [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

したがって、pH2の水素イオン濃度とpH10の水素イオン濃度の比は次式のようになります.

$$10^{-2} / 10^{-10} = 10^8 = 1 \text{億倍}$$

水素イオン濃度とpHに関しては、例えば質問384, 316, 225, 195, 95等の回答もご覧下さい.

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前: 田中 一彦 日時: 2006年07月07日 12時48分12秒

メッキ液の分析の仕事をしてしていますが、化学の知識があまりないのでお尋ねします. 現在、原子吸光度計でメッキ液中の硫酸ニッケルを測定していますが、その際、ニッケル標準液で検量してでた値に、係数4.4779を乗じていますが、この係数はどのように算出しているのか教えてください

---

名前: 芦田 実 日時: 2006年07月08日 00時10分00秒

田中 一彦 様

質問387 メッキ液の分析の仕事をしてしていますが、化学の知識があまりないのでお尋ねします. 現在、原子吸光度計でメッキ液中の硫酸ニッケルを測定していますが、その際、ニッケル標準液で検量してでた値に、係数4.4779を乗じていますが、この係数はどのように算出しているのか教えてください.

**回答** 実験方法が全く書かれていませんので、はっきりしたことは分かりませんが、あまり意味のある数字とは思えません。次のように、可能性が2つ考えられます。

1つ目は、メッキ液中のニッケル濃度が標準液のニッケル濃度と比較して大きいので、メッキ液と希釈水を2：7の割合で混合して、4.5倍に希釈した。しかし、メッキ液が比較的濃い溶液なので、混合により体積が減少し（密度が変化）、正確には4.4779倍となった（体積減少率0.5%）。原子吸光による測定値は体積すなわち濃度で効いてきます。そして、測定後に係数4.4779を乗じて希釈前のニッケル濃度に戻している。この場合には、前任者が体積変化を正確に測定していたこととなります。引き継ぎはなかったのですか。ただし、メッキ液の組成が変わると希釈に伴う体積減少率（すなわち係数4.4779）が変わりますので、注意する必要があります。

2つ目は、原子吸光で測定したニッケルだけの濃度(g/L)を、メッキ液の調製に使用した硫酸ニッケル六水和物(?)の濃度(g/L)に戻している。この場合には、メッキ液中のニッケル濃度の変化を監視するため、あるいはニッケル濃度を一定に保つためと考えられます。換算後の濃度から硫酸ニッケル六水和物の追加量が簡単に求められます。なお、係数4.4779は硫酸ニッケル六水和物のモル質量（式量，分子量）262.85g/molをニッケルのモル質量（原子量）58.7g/molで除すと求められます。

後はご自分で考えて下さい。実際に実験している人でないと、詳しいこと（正しいこと）は分かりません。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

**名前：小野薫**      **日時：2006年07月11日 11時54分24秒**

ブドウ糖の1モル水溶液の凝固点降下が $-1.86^{\circ}\text{C}$ というのはわかるのですが、カセイソーダの凝固点降下がわかりません。どうしたらわかるのか教えてください。

---

**名前：芦田 実**      **日時：2006年07月13日 13時40分00秒**

小野薫 様

**質問388** ブドウ糖の1mol/kg水溶液の凝固点降下が $-1.86^{\circ}\text{C}$ というのはわかるのですが、カセイソーダの凝固点降下がわかりません。どうしたらわかるのか教えてください。

**回答** この質問は言葉（水酸化ナトリウムの溶媒，濃度，凝固点降下の実測値）が足りず、何が聞きたいのか全く理解できません。一般に、沸点上昇や凝固点降下は溶液中に実際に存在する化学種（陽イオン，陰イオン，分子の単量体，分子の2量体など）の質量モル濃度の総和に比例すると思います。したがって，1 mol/kgの水酸化ナトリウム水溶液の場合には，これが完全に電離していると仮定するならば，凝固点降下は $-3.72^{\circ}\text{C}$ になると思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

**名前：松本大輔**      **日時：2006年07月06日 12時23分50秒**

こんにちは。私達は今、高校の課題研究で「たんぱく質分解酵素」について研

究を行っています。キウイ、パイナップル、メロンがたんぱく質を分解する、ということはニンヒドリン反応、キサントプロテイン反応により分かったのですが、この3つの果実のなかでどれが一番分解力が強いのかを調べるには、どのような実験が最も適切でしょうか。できれば、実験の手順とともに教えて下さい。宜しくお願いします。

---

名前：芦田 実 日時：2006年07月20日 01時40分00秒

松本大輔 様

**質問389** 私達は今、高校の課題研究で「たんぱく質分解酵素」について研究を行っています。キウイ、パイナップル、メロンがたんぱく質を分解する、ということはニンヒドリン反応、キサントプロテイン反応により分かったのですが、この3つの果実のなかでどれが一番分解力が強いのかを調べるには、どのような実験が最も適切でしょうか。できれば、実験の手順とともに教えて下さい。宜しくお願いします。

**回答** このホームページは無機化学系（または物理化学系）の研究室で作っています。この質問は守備範囲を超えていますので、詳細については有機化学や生化学の専門家に質問して下さい。この質問はかなり高度な内容を含んでおり、高校レベル（実験器具、装置等）では少し難しいかもしれません。さらに、私が専門外なため、いろいろと考えたり調べている間に時間が経ってしまいました。遅くなってしまっていて申し訳ありません。反応時間と濃度変化の関係を調べる（反応速度論的な研究）のが適当だと思います。以下に、実験についての考え方と注意事項を中心に書きます。

最初に、混合前のタンパク質溶液の濃度と1回の実験で使用する体積、酵素溶液を1回の実験で使用する体積を各実験で同一にする（初濃度をそろえる）必要があります。酵素溶液中の酵素の種類と濃度がキウイ、パイナップル、メロンで異なるかもしれません。さらに、同じ果物でも熟れ具合によって1個1個の中の酵素濃度が異なるかもしれません。これらをどうするか、どう考えるかが1つ目の問題になります。溶液は最初に大量に作って、冷蔵庫に保存しておくことも考えられます。次に、酵素溶液のpH（酸っぱさ）がキウイ、パイナップル、メロンで異なると思います。酵素反応には、酵素の種類ごとに最適pHがありますので、このまま使用するか、pH緩衝液を使用してpHを同一にするかが2つ目の問題になります。さらに、酵素反応には、酵素の種類ごとに最適温度があります。温度をそろえるかどうか、3つ目の問題になります。また、イオン強度をそろえる必要があるかもしれません。要するに、初濃度、pH、温度、イオン強度等によって反応速度が変化しますので、実験するときには注意して下さい。

タンパク質溶液と酵素溶液を混合した瞬間を時間ゼロとして、一定時間ごとに混合液の一部を取り出して、タンパク質濃度の減少またはアミノ酸濃度の増加を測定します。濃度の測定に関して多くの問題が生じると思います。混合液を取り出したら直ちに酵素反応を停止させる必要があります。測定に時間がかかっている間に、酵素反応が進行したら意味がないからです。加熱・冷却やpH変化等の処理方法があると思いますが、処理にともなってタンパク質やアミノ酸の濃度が変化（酵素反応の加速、酵素反応以外の酸・塩基加水分解反応等）したら意味がありません。また、タンパク質は変性する恐れがあります（逆に、これを利用して、反応を停止させていることが考えられます）。次の分析方法に影響しますので、どの様な処理方法を選ぶかが4つ目の問題になります。続いて、処理済みの溶液中のタンパク質濃度またはアミノ酸濃度を分析します。タンパク質とアミノ酸のうち、どちらか1つとのみ反応（発色）する試薬があると便利です。しかし、タンパク質とアミノ酸の性質が似ていると思いますので、両方と反応する試薬が多い

と思います。ゆえに、発色試薬や発色方法として何を選ぶかが5つ目の問題になります。例えば、ビウレット反応では2個のペプチド結合が直接に、または1個の炭素原子または窒素原子を隔てて結びついている化合物（トリペプチド以上）のみが反応するそうです（詳細については質問160の回答をご覧ください）。したがって、生成物のアミノ酸とは反応せず、反応物のタンパク質とのみ反応する可能性があります。しかし、うまく分析できるかどうかは、実際に実験したわけではありませので分かりません。次に、発色させる前にタンパク質とアミノ酸を分離する方法が考えられます。これには薄層クロマトグラフィー（例えば、シリカゲルのTLC板と展開溶媒に酢酸・ブタノール・水の1:4:1混合液等）が考えられます。アミノ酸は種類ごとに分離して移動すると思いますが、タンパク質は分子量が大きいので移動しないかもしれません。展開が終了したら、風乾した後にニンヒドリン溶液を噴霧してドライヤー等で加熱します。うまく分離できていれば複数の発色点が現れると思います。もしも、高精度の分光光度計等があれば発色点を削り取って溶媒で抽出し、吸光度を測定することもできるかもしれません。なければ、抽出液の色の濃さまたは発色点の大きさと色の濃さを目で見て判定するしかないと思います。なお、薄層クロマトグラフィーについても、実際に実験したわけではありませので、うまく分析できるかどうかは分かりませ。それゆえ、実験の手順等の詳細については省略します。なお、シリカゲルのTLC板は極性等の特性が異なるものが多数あると思います。展開溶媒も試行錯誤に組成を変えてみる必要があると思います。また、種々のアミノ酸混合標準溶液も市販されていると思います。これら全ての詳細については、やはり有機化学や生化学の専門家に質問して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：高橋浩平 日時：2006年07月14日 17時48分33秒

すず(Sn)には灰色Snと白色Snがあると聞きました。高温になるとSn白になってしまうそうですが、Sn灰の融点はどう考えればよいのですか？エントロピーやエンタルピーは関係してくるのでしょうか？

---

名前：芦田 実 日時：2006年07月21日 00時25分00秒

高橋浩平 様

**質問390** すず(Sn)には灰色Snと白色Snがあると聞きました。高温になると白色Snになってしまうそうですが、灰色Snの融点はどう考えればよいのですか？エントロピーやエンタルピーは関係してくるのでしょうか？

**回答**  $\alpha$ スズ（灰色スズ）は約18°Cで $\beta$ スズ（白色スズ）に転移するそうです。 $\beta$ スズの融点は約232°Cです。融点や凝固点を正確に測定するためには、過加熱や過冷却の現象を防いで再現性を良くするために、普通は温度を非常にゆっくりと変化させると思います。転移点の測定も同様だと思います。したがって、 $\alpha$ スズに融点はありません（ $\beta$ スズに転移してしまいます）。もしも、温度を急激に上昇させれば、 $\beta$ スズを通らず $\alpha$ スズが液体に直接変化することがあるかもしれませんが、再現性・信頼性がなく、融点として認められないと思います。エントロピーやエンタルピーについては、 $\alpha$ スズの転移熱（すなわち、転移エンタルピー）、 $\beta$ スズの融解熱（融解エンタルピー）等として関係しています。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：白 光潔 日時：2006年07月18日 13時23分59秒

バリウムの廃棄基準？（例えば排水基準等）

---

名前：芦田 実 日時：2006年07月23日 19時15分00秒

白 光潔 様

質問391 バリウムの廃棄基準？（例えば排水基準等）

回答 バリウム及びその水溶性化合物の水質基準については、WHOが0.7mg/Lと設定しているそうです。バリウムの排水基準については、調べた範囲で見つかりませんでした。排出後に他の水で希釈されるため、排水基準は一般的には水質基準の10倍程度になると思います。しかし、正確な値についてはご自分で調べて下さい。なお、水質基準の詳細については下記のホームページをご覧ください。

[http://www.env.go.jp/chemi/prtr/archive/target\\_chemi/05.html](http://www.env.go.jp/chemi/prtr/archive/target_chemi/05.html)

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

---

名前：桂省吾 日時：2006年07月19日 10時34分25秒

リン酸二水素アンモニウム(ADP)と硫酸銅の結晶についてです。ADPの結晶が四角柱状になることはわかったのですが、なぜ四角柱状になるのかがわかりません。また、ADPの結晶は無色、硫酸銅の結晶は青色に見えるのはどうしてなのかわかりません。お忙しいかもしれませんが、ぜひ教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2006年07月23日 22時40分00秒

桂省吾 様

質問392 リン酸二水素アンモニウム(ADP)と硫酸銅の結晶についてです。ADPの結晶が四角柱状になることはわかったのですが、なぜ四角柱状になるのかがわかりません。また、ADPの結晶は無色、硫酸銅の結晶は青色に見えるのはどうしてなのかわかりません。お忙しいかもしれませんが、ぜひ教えてください。

回答 リン酸二水素アンモニウムの結晶が四角柱状になるのは自然現象です。それが置かれた状態(温度、圧力等)においてエネルギー的に最も安定な構造になるろうとするためだと思います。その他の条件として無機物の結晶構造には一般的に、陽イオン、陰イオンや分子の形と大きさ、陽イオンと陰イオンの大きさの割合、結晶水の数と配置、クーロン力、分子間力、水素結合等が複雑に関係していると思います。硫酸銅の結晶が青色に見えるのは、水和した銅(II)イオンが青色以外の可視光線を吸収し、青色の光を透過・反射して、それが人間の目に入るからだだと思います。d軌道間の電子せん移(配位子場の分裂等)が関係していると思います。光と吸収、色と補色(余色)についての詳細は質問232, 70, 25, 15, 5, 4の回答をご覧ください。また、これ以上の詳細については、結晶学, 分光学, 量子化学等の専門家に質問して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

---

名前：町田 まき 日時：2006年07月19日 14時32分19秒

実在気体が理想方程式に当てはまらない理由と、どうすれば実在にちかづくのか？原子力エネルギーは核分裂をどうコントロールしたのか？(アリストテレス・デモクリトス). アルカリ金属は(原子半径>イオン半径)なのに対し、ハロゲンは(原子半径<イオン半径)なのですが、どうして違いが出るのかの説明. いろいろ調べたのですが、分かりません. どうか教えてください. お願いします.

---

名前：芦田 実 日時：2006年07月24日 20時30分00秒

町田 まき 様

**質問393** 実在気体が理想方程式に当てはまらない理由と、どうすれば実在にちかづくのか？原子力エネルギーは核分裂をどうコントロールしたのか？(アリストテレス・デモクリトス). アルカリ金属は(原子半径>イオン半径)なのに対し、ハロゲンは(原子半径<イオン半径)なのですが、どうして違いが出るのかの説明. いろいろ調べたのですが、分かりません. どうか教えてください. お願いします.

**回答** 理想気体は、気体分子が大きさを持たない質点であること、分子間に相互作用(引力や斥力)が働かないこと等を仮定しています. しかし、実在気体の分子は大きさ(例えば原子半径等)を持っていますので、分子同士の間隔が、ある距離以下に近づくことはできません. さらに、分子同士の間には分子間力(ファンデルワールス力)等が働きます. これらを補正したのが実在気体の状態方程式です. 特に、圧力が高いと分子間の平均距離が近くなり、分子間力の影響が大きくなると思います. また、沸点の近くでは分子同士が衝突したときに凝縮(気体→液体)しやすくなります. したがって、実在気体の圧力を低くするほど、また沸点よりも温度を高くすればするほど、理想気体に近付きます. しかし、質問内容は「どうすれば実在にちかづくのか？」でした. この質問は全く意味がありません. 現実の世界(自然界)に存在する気体は理想気体ではなく、元々全て実在気体です. ゆえに、何もする必要がありません. 実在気体の挙動をより顕著にするためならば、高圧・低温にすればよいと思います. しかし、凝縮しやすくなりますので注意して下さい. 要するに、実在気体の状態方程式が現実的に正しい理論式であり、理想気体の状態方程式は実在気体の状態方程式を単純化した近似式に過ぎないと言うこともできます.

2つ目も日本語がおかしく、全く質問になっていません. 主語の「原子力エネルギー」は人間等ではありませんので、意志を持つことができません. したがって、目的語「核分裂」をコントロールすることなど全くできるはずがありません.

原子半径とイオン半径の大小関係は、陽子数と電子数の大小で決まります. 原子核中の陽子が(最外殻の)電子を静電的な引力(クーロン引力)で引きつけています(原子核と個々の電子間の綱引き). また電子同士は静電的に反発しており、これらの釣り合いによって最外殻の大きさ(原子半径やイオン半径)が決まると思います. アルカリ金属は最外殻の電子を放出して陽イオンになりますので、今まで内殻だったものが最外殻に変わることにより、半径が小さくなります. また、陽子数よりも電子数が1つ小さくなりますので、陽子のほうに余裕ができて個々の電子を今まで以上に強く引きつけます. これにより、さらに半径が小さくなります. ハロゲンは最外殻に電子1つを取り込んで陰イオンになります. 陽子数よりも電子数が1つ大きくなりますので、陽子のほうが力不足になり今までよりも個々の電子を引きつける力が弱くなります. これにより、最外殻が大きくなります. 要するに、電子軌道(電子殻)の大きさ(半径)は固定されているわけではなく、陽子数と電子数の増減(原子核からのクーロン引力)によって膨張・収縮します. 原子半径やイオン半径に関する詳細については、質問176, 11の回



答もご覧下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：藤 優光 日時：2006年07月23日 12時45分35秒

酢酸ナトリウムに過冷却現象をさせるにはどうすればいいですか。教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2006年07月25日 00時10分00秒

藤 優光 様

質問394 酢酸ナトリウムに過冷却現象を起こさせるにはどうすればいいですか。教えてください。

回答 酢酸ナトリウムの過冷却現象はエコカイロ等に応用されているそうです。ごく少量のお湯（純水）に酢酸ナトリウムを溶解し、その水溶液を放置するだけで過冷却の状態になると思います。無水塩の溶解度は約153g/水100g（80℃）、約170g/水100g（100℃）です。固体が析出しないように注意することは、水溶液中にゴミやホコリが入らないようにすること。器具は汚れや傷のないものを使用すること。衝撃や振動を与えないようにすること等です。詳細については、質問224の回答をご覧下さい。また、参考として下記のホームページもご覧下さい。

[http://www5d.biglobe.ne.jp/~zero-v/zero-vector\\_science\\_chemi01.htm](http://www5d.biglobe.ne.jp/~zero-v/zero-vector_science_chemi01.htm)

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：上原 優 日時：2006年07月27日 22時01分36秒

ホウ酸 $H_3B_3O_3$ に含まれるホウ素の重量の算出方法を知りたいのですが教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2006年07月28日 11時55分00秒

上原 優 様

質問395 ホウ酸 $H_3B_3O_3$ に含まれるホウ素の重量の算出方法を知りたいのですが教えてください。

回答 ホウ酸 $H_3B_3O_3$ は実験に使用するべきではありません。ホウ素Bは有害な物質であり、「人の健康の保護に関する環境基準」に1 mg/L以下と規定されています（平成13年に追加?）。さらに、ホウ素及びその化合物の「一律排水基準」は10 mg/L以下と規定されています。去年までの小学校の理科の教科書にはホウ酸がまだ載っているようですが、近いうちに他の物質に代替えされると想像しています。どうしても実験に使用しなければならない事情があるなら、実験後の廃液を必ず専用の容器に保管して、その処理を専門の業者に委託して下さい。ホウ酸を流しに捨てる場合には水で0.057g/L以下に希釈する必要があります。すなわち、ホウ酸100gあたりに水1750Lとなり、希釈することなどとうていできません。

市販されているホウ酸（無水）の純度は99.5%以上ありますので、これを100%と近似します。ホウ素Bのモル質量（原子量）10.81g/molとホウ酸 $H_3B_3O_3$ のモル質量

(式量, 分子量) 61.83g/molの割合から, ホウ素の含有量(重量)を

$$\text{質量\% (重量\%)} = 10.81\text{g/mol} / 61.83\text{g/mol} \times 100\% = 17.5\%$$

と求めることができます. ゆえに, ホウ酸100g中に17.5gのホウ素が入っています.

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前: 末松 みなみ 日時: 2006年07月23日 20時34分35秒

中和滴定の問題で, 検水50mLを三角フラスコにとり, これに6 N硫酸5.0mLと0.01N  $\text{KMnO}_4$ 標準溶液を10.0mL加え, 5分間静かに煮沸した. とあるのですが, 5分間煮沸する理由がわかりません. ぜひ教えてください.

---

名前: 芦田 実 日時: 2006年07月29日 14時05分00秒

末松 みなみ 様

**質問396** 中和滴定の問題で, 検水50mLを三角フラスコにとり, これに6 N硫酸5.0mLと0.01N  $\text{KMnO}_4$ 標準溶液を10.0mL加え, 5分間静かに煮沸した. とあるのですが, 5分間煮沸する理由がわかりません. ぜひ教えてください.

**回答** 中和滴定では, このような操作は行いません. なぜならば, 中和滴定は酸と塩基の反応ですから, 6 N硫酸5.0mLが濃すぎると思います. さらに,  $\text{KMnO}_4$ は酸でも塩基でもありませんから, その標準溶液を加える理由がありません. 酸化・還元滴定の間違いでしょう.

酸化・還元滴定ならば, 検水中の分析目的の成分と $\text{KMnO}_4$ の酸化・還元反応が遅いために, 温度を上げて(煮沸して)反応速度を大きくすることにより, 反応を完全に終了させるためだと考えられます. 検水中の成分よりも過剰の $\text{KMnO}_4$ を加えて煮沸し, 冷やしてから残った $\text{KMnO}_4$ を別の標準溶液で滴定することにより, 検水中の成分の濃度を決定する方法と考えられます. すなわち, 検水50mL中の成分の酸化・還元当量 + 滴下した別の標準溶液中の酸化・還元当量 =  $\text{KMnO}_4$ 標準溶液10.0mL中の酸化・還元当量という関係になります.

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前: 末松 みなみ 日時: 2006年07月29日 22時19分45秒

丁寧な回答ありがとうございました. レポートにその理由を書けという設問があり, わからなかったのでお聞きしました. またわからないことがありましたらお聞きするかもしれませんがよろしくお願い致します. ありがとうございました.

---

名前: TKさん 日時: 2006年07月23日 23時48分16秒

シュウ酸二水和物の結晶1.89gを水に溶かし, 硫酸を加えて酸性にしたのち, 濃度のわからない過マンガン酸カリウム水溶液を滴下した. はじめ, 滴下した過マンガン酸カリウムの赤紫色は消えたが, 14.5mL加えたところで, その色がきえなくなり, 水溶液がわずかに着色した. (1) 過マンガン酸カリウム水溶液の濃度は何mol/Lか. この問題のとき方を教えてください.

---

名前：芦田 実      日時：2006年08月03日 19時35分00秒

TK 様

**質問397** シュウ酸二水和物の結晶1.89gを水に溶かし、硫酸を加えて酸性にしたのち、濃度のわからない過マンガン酸カリウム水溶液を滴下した。はじめ、滴下した過マンガン酸カリウムの赤紫色は消えたが、14.5mL加えたところで、その色がきえなくなり、水溶液がわずかに着色した。(1) 過マンガン酸カリウム水溶液の濃度は何mol/Lか。この問題のとき方を教えてください。

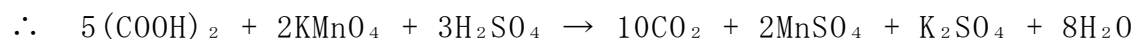
**回答** この問題には正解がないように思います。普通の酸化還元滴定と比べて濃度が濃過ぎます(約20倍)。過マンガン酸カリウムを1滴過剰に加えただけでも、かなりの赤紫色になると思います。水溶液がわずかに着色したところで滴定を停止できたとしたら、それは偶然に近いと思います。

例えば、次の様な間違いではないですか。シュウ酸二水和物の結晶 $W_{RE}=1.89g$ を $V_{ST}=200mL$ のメスフラスコを用いて純水に溶かした。そのシュウ酸水溶液 $V_{RE}=10.0mL$ をホールピペットを用いて分取し、硫酸を加えて酸性にした後、濃度のわからない過マンガン酸カリウム水溶液を滴下した。はじめ、滴下した過マンガン酸カリウムの赤紫色は消えたが、 $V_{OX}=14.5mL$ 加えたところで、その色がきえなくなり、水溶液がわずかに着色した。

上記の場合でしたら、シュウ酸二水和物のモル質量(式量)が $M_{RE}=126.07g/mol$ ですから、調製したシュウ酸水溶液のモル濃度 $C_{RE}$ が次の様になります。

$$C_{RE} = W_{RE} / (M_{RE} \cdot V_{ST}) = 1.89g / (126.07g/mol \cdot 0.200L) = 0.0750mol/L$$

硫酸酸性水溶液中でシュウ酸と過マンガン酸カリウムは次式の様に反応します。



酸化還元当量(eq)が、シュウ酸は $E_{RE}=2eq/mol$ で、過マンガン酸イオンは $E_{OX}=5eq/mol$ ですから、過マンガン酸カリウムのモル濃度 $C_{OX}$ は次の様になります。

$$C_{OX} = E_{RE}C_{RE}V_{RE} / (E_{OX}V_{OX}) \\ = 2eq/mol \cdot 0.0750mol/L \cdot 0.0100L / (5eq/mol \cdot 0.0145L) = 0.0207mol/L$$

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：林 綾香      日時：2006年07月24日 13時49分25秒

こんにちは。炎色反応を利用して、キャンドルを作ろうとされているのですが、上手くいきません。長い間炎を灯す方法と、色をはっきりさせるための応用の仕方を教えて下さい。お願いします。

---

名前：芦田 実      日時：2006年07月29日 15時45分00秒

林 綾香 様

**質問398** こんにちは。炎色反応を利用して、キャンドルを作ろうとされているのですが、上手くいきません。長い間炎を灯す方法と、色をはっきりさせるための応用の仕方を教えて下さい。お願いします。

**回答** 実験したわけではありませんので、うまくいくかどうかは分かりません。

キャンドル（ろうそく）は炭素数の大きい脂肪酸（カルボン酸）と炭素数の大きい1価アルコールのエステル（固体）です。これと似た形の金属塩（例えば、脂肪酸塩）ならば混ざり合うと思います。それらを一緒に融かして、固めてろうそくを作ればよいと思います。脂肪酸塩の異なるものを輪切り状に重ねて固めれば（ろうそくの芯を切らないように注意）、色が順番に変わるキャンドルを作れるかもしれませんが。金属の脂肪酸塩としては、ステアリン酸カリウム（炎色は紫色）、ステアリン酸カルシウム（橙赤色）、ステアリン酸銅（青緑色）、ステアリン酸ナトリウム（黄色）、ステアリン酸バリウム（緑黄色）、ステアリン酸リチウム（紅色）等が市販されています。ただし、市販の脂肪酸塩は化学用の薬品ですから、少し高価になります。もっと安く作る方法があるかもしれません。例えば、参考として下記のホームページをご覧ください。

<http://web.thn.jp/ninjinhouse/r-o-ensyoku.html>

<http://www2.tokai.or.jp/kenji/tinkanogisiki.htm>

[http://www.hokkoku.co.jp/\\_keizai/K20040203003.htm](http://www.hokkoku.co.jp/_keizai/K20040203003.htm)

<http://homepage1.nifty.com/moritake/tokkatu/rousoku.html>

<http://ibuki.ha.shotoku.ac.jp/~ishihara/saiten/book/candle.html>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：小林 宗太郎 日時：2006年07月28日 17時34分36秒

質問はこうです：水素200mLと酸素100mLが過不足なく反応すると、水蒸気は何mLできるか。答えは200mLなのですが、その理由がよくわからないし、また質量保存の法則が成り立っていないのでは。

---

名前：芦田 実 日時：2006年08月03日 23時15分00秒

小林 宗太郎 様

質問399 質問はこうです：水素200mLと酸素100mLが過不足なく反応すると、水蒸気は何mLできるか。答えは200mLなのですが、その理由がよくわからないし、また質量保存の法則が成り立っていないのでは。

回答 厳密に言うと、答えの200mLは間違っています。気体は分子同士の間がかなり離れていて、個々の分子が自由に動き回っています。したがって、圧力を変えれば、気体の体積をかなり自由に変化できます。要するに、水蒸気は容器の体積全体を占めると言うのが正解です。この質問は、実際に実験することを考えていないような、現実性のない質問です。あるいは、圧力に関する質問の前提条件（実験条件）が不足しています。答えの200mLが正しいのは、容器の体積が自由に可変できて、反応前後の個々の気体の圧力が同一（例えば1 atm）に調整された場合に限定されます。

当然のことですが、質量保存の法則は成立しています。体積と質量は異なる物理量です。それらの間には、質量(g) = 反応前の水素の体積(mL) × 水素の密度(g/mL) + 反応前の酸素の体積(mL) × 酸素の密度(g/mL) = 反応後の水蒸気の体積(mL) × 水蒸気の密度(g/mL)の関係があります。要するに、体積と密度の間に、体積が2倍になれば密度が半分になり、体積が半分になれば密度が2倍になるという反比例の関係があります。したがって、体積と密度の積である質量は常に一定になるわけです。この関係は、理想気体の法則  $P V = n R T$  から誘導できます。気体の分子量をMとすると、その密度は  $D = n M / V$  となります。ゆえに、気体の質量は  $n M = V D = P V M / R T = \text{一定}$  です。なお、水素と酸素および水の分子量(す

なわち密度) が異なることにも注意して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：矢部直紀 日時：2006年08月01日 10時37分17秒

アルミニウムのエッチングの強さはアルカリの種類によって違いが見られるのでしょうか。無機アルカリではNaOHとKOH, 有機アルカリではNH<sub>4</sub>OHと(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>NOHが同モル濃度存在している場合, エッチングの強さはどのようになるのでしょうか。理由も含めて教えて下さい。

---

名前：芦田 実 日時：2006年08月04日 01時00分00秒

矢部直紀 様

**質問400** アルミニウムのエッチングの強さはアルカリの種類によって、違いが見られるのでしょうか。無機アルカリではNaOHとKOH, 有機アルカリではNH<sub>4</sub>OHと(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>NOHが同モル濃度存在している場合, エッチングの強さはどのようになるのでしょうか。理由も含めて教えて下さい。

**回答** 最初に、アンモニア水NH<sub>4</sub>OHは炭素を含んでいませんので、有機アルカリとは認められません。エッチング液の組成(特に共存物質とpH)が分かりませんし、実験したわけでもありませんので、想像を含めて回答します。アルミニウムのエッチングに主として働いているのは水酸化物イオンOH<sup>-</sup>(pH)だと思います。そうだとすると、特にpHを調節していないならば、NaOHとKOHは水中でほぼ完全に電離していると思いますので、同モル濃度ならば強さは同程度であり、これらの中では最も強いと思います。水酸化テトラメチルアンモニウム(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>NOHの塩基解離(電離)定数が調べた範囲で分かりません。しかし、アンモニア水NH<sub>4</sub>OHよりも強いと思います。NaOHとKOHに近いかもしれませんが、詳しい強さは分かりません。アンモニアは水中で大部分がNH<sub>3</sub>の状態で存在していますので、最も弱いと思います。エッチングの生成物にも注意する必要があると思います。強アルカリ性のNaOHとKOHの場合にはアルミン酸イオンAl(OH)<sub>4</sub><sup>-</sup>が生じ、これが水に溶けるためエッチングがさらに進むと思います。アンモニア水の場合はpHにもよりますが、水に溶けない水酸化アルミニウムAl(OH)<sub>3</sub>が(一部)生じ、これがアルミニウムの金属表面を覆って、それ以上エッチングが進まなくなることも考えられます。もしも、アルミニウムイオンと(水酸化物イオンOH<sup>-</sup>よりも)安定な錯イオン(錯体)を形成する物質があれば、それを添加することによって水酸化物の生成を防げるかもしれません。何れにしても、最初にエッチング液のpHを測定するべきだと思います。後はご自分で調べて下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：太田成男 日時：2006年07月31日 19時18分34秒

バイオ関連の研究者です。拡散速度について質問します。生体内の反応では拡散速度が律速になることが多くあるはずですが。水分子とは相互作用がない一酸化窒素、一酸化炭素、水素などが溶液に溶けた時の拡散速度はどのくらいでしょうか？蛋白質などの高分子は水和水なども伴っているので、かなり遅いと思われるのですが、水素などは、分子量30000の蛋白質よりも1000000000000倍も拡散速度が速いと考えていいのでしょうか？拡散速度と分子量の関連について教えてください。



**回答** 質問文に書いてある通りだと思います。例えば、細胞内液と血液ではKイオンとNaイオンの濃度比が異なり、細胞内液ではNaイオンのモル濃度 $[Na^+]_u$ よりもKイオンのモル濃度 $[K^+]_u$ が大きく、血液ではKイオンのモル濃度 $[K^+]_s$ よりもNaイオンのモル濃度 $[Na^+]_s$ が大きいそうです。この現象は、細胞の内側から外側へと外側から内側へとイオンの透過速度定数が異なる(Naポンプ)ために生じると思います。しかし、普通の状態ではこれらの陽イオンは単独では存在できず、それらの電荷を打ち消す量の陰イオンが近くに必ず存在します。仮に、KイオンとNaイオン以外の陽イオン(Ca, Mg等)を無視して考えます。細胞内液の塩素イオンのモル濃度を $[Cl^-]_u$ 、血液の塩素イオンのモル濃度を $[Cl^-]_s$ とすると、次式の関係になるとと思います。

$$[Na^+]_u < [K^+]_u, \quad [Na^+]_s > [K^+]_s, \quad [Na^+]_u < [Na^+]_s, \quad [K^+]_u > [K^+]_s$$

$$\text{濃度比} \quad [Na^+]_u / [Na^+]_s = \text{一定}, \quad [K^+]_u / [K^+]_s = \text{一定}$$

$$\text{電気的中性} \quad [Na^+]_u + [K^+]_u = [Cl^-]_u, \quad [Na^+]_s + [K^+]_s = [Cl^-]_s$$

なお、CaイオンやMgイオンは2価ですので、電気的中性を考えるときには、塩素イオンのモル濃度を2倍する必要があります(例えば $[Ca^{2+}] = 2[Cl^-]$ )。また、ドナン平衡に関する詳細については、例えば「生体膜と膜透過」化学の領域 増刊 61号(南江堂)をご覧ください。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

**名前：環境問題**      **日時：2006年05月29日 00時18分07秒**

最近、いい年になってから、化学の勉強を始めた者です。ぜひ、教えていただきたいことがあるのですが、宜しく願いいたします。

① 質問136に、「モール法ではビュレットにグリースを付けてはいけない。」とありますが、本を読みましてもそのようなことが書いておらず、理由を教えてください。

② 質問136に、「モール法では、酸性ではクロム酸銀の沈殿が溶解し」とありますが、酸性下で、滴定が出来ない理由はその為でしょうか。H<sup>+</sup>があると、CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>がCr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>、Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>が2Cr<sup>3+</sup>になり、AgCrO<sub>4</sub>に、ならなくなる為だと思っておりました。意見をお聞かせくださいませ。

③ 質問136に、「フォルハルト法では、鉄チオシアン錯体が退色するので」とありますが、どういった理由からでしょうか。理由をお聞かせ願えませんでしょうか。

④ 質問136に、「フォルハルト法では、終点近くで、実験液を激しく振ってやらないと、終点が早めに出る」とありますが、どういった理由からでしょうか。理由をお聞かせ願えませんでしょうか。

⑤ 質問306に、「フォルハルト法では、ニトロベンゼンを加え」とありますが、私は実験でニトロベンゼンを加えませんでした。問題はありませんか。

⑥ 質問306に、「フォルハルト法では、少量の濃硝酸を加え」とありますが、これは溶解度積の問題でしょうか。それとも、酸性下での実験の為でしょうか。私は、濃硝酸を入れなかった場合と、倍の量を入れた場合とで、実験してみました。濃硝酸を入れなかった場合は、KSCNの滴定量が少し多く、濃硝酸を倍の量入れた場合は、かなりKSCNの滴定量が少なかったです。ただし、教科書では、指示薬の反応は、酸性下でしか出来ないとありましたが、別に色の変化はありました。なぜ濃硝酸を入れるのか、意見をお聞かせください。

長くなりましたが以上の質問に、お答え願えませんでしょうか。宜しく御願い致します。

---

名前：環境問題 日時：2006年05月30日 00時43分17秒

日時：2006年05月29日 00時18分07秒 に質問をさせていただいた環境問題です。誤字や、ワープロソフトで書き込んだものを貼り付けた際におかしくなったもの、または意図が伝わりにくいものがありますので、もう一度修正して、書き込ませていただきます。質問の内容は同じですが、一つ付け加えさせていただきます。

最近、いい年になってから、化学の勉強を始めた者です。ぜひ、教えていただきたいことがあるのですが、宜しく願いいたします。

① 質問136に、「モール法ではビュレットにグリースを付けてはいけない。」とありますが、本を読みましても、そのようなことが書いておらず、理由を教えてくださいたいのです。

② 質問136に、「モール法では、酸性ではクロム酸銀の沈殿が溶解し」とありますが、酸性下で、滴定が出来ない理由はその為でしょうか。H<sup>+</sup>があると、クロム酸が二クロム酸、二クロム酸が三価クロムになり、クロム酸銀に、ならなくなる為だと思っておりました。意見を、お聞かせくださいませ。

③ 質問136に、「フォルハルト法では、温度が高いと鉄チオシアン錯体が退色するので」とありますが、どういった理由からでしょうか。温度が高いと、鉄チオシアン錯体が分解されるのでしょうか。理由をお聞かせ願えませんでしょうか。

④ 質問136に、「フォルハルト法では、終点近くで、実験液を激しく振ってやらないと、終点が早めに出る」とありますが、どういった理由からでしょうか。チオシアン酸銀とチオシアン酸鉄(Ⅲ)の沈殿の出来易さに、それほど差がないのでしょうか(溶解度積の差)。理由をお聞かせ願えませんでしょうか。

⑤ 質問306に、「フォルハルト法では、ニトロベンゼンを加え」とありますが、私は実験でニトロベンゼンを加えませんでした。問題はありませんか。

⑥ 質問306に、「フォルハルト法では、少量の濃硝酸を加え」とありますが、これは溶解度積の問題でしょうか。それとも、酸性下での実験の為でしょうか。私は以前に、塩化ナトリウム・濃硝酸・硝酸銀・チオシアン酸カリウム・硫酸アンモニウム鉄(Ⅲ)を使用してフォルハルト法で滴定実験をしましたが、その時に濃硝酸を入れなかった場合と、倍の量を入れた場合とで、比較実験をしてみました。濃硝酸を入れなかった場合は、KSCNの滴定量が少し多く、しかも最初に出来た塩化銀の沈殿の多くが濾紙を通過してきました。濃硝酸を倍の量入れた場合は、かなりKSCNの滴定量が少なかったです。ただし、本では、SCN<sup>-</sup>(チオシアン酸イオン)の反応は、酸性下でしか出来ないとありましたが、別に出来なくもありませんでした。(勿論、数値に変化はありましたが。)なぜ濃硝酸を入れるのか、なぜ濃硝酸を入れなかった場合は、塩化銀の沈殿の多くが濾紙を通過してきたのか、意見をお聞かせください。

⑦ Ag<sub>2</sub>O(酸化銀)はAg(OH)にはなりません。これはH<sub>2</sub>Oが取れていると聞きました。他にも(OH)の水酸化物からH<sub>2</sub>Oが、取れることがあると聞きました。なぜそうなるのでしょうか。教えていただけませんか。

長くなりましたが以上の質問に、お答え願えませんでしょうか。宜しく御願い致します。

---

名前：芦田 実 日時：2006年08月06日 02時20分00秒

環境問題 様

質問403 最近、いい年になってから、化学の勉強を始めた者です。ぜひ、教えていただきたいことがあるのですが、宜しく願いいたします。



- ① 質問136に、「モール法ではビュレットにグリースを付けてはいけない。」とありますが、本を読みましても、そのようなことが書いておらず、理由を教えてください。
- ② 質問136に、「モール法では、酸性ではクロム酸銀の沈殿が溶解し」とありますが、酸性下で、滴定が出来ない理由はその為でしょうか。H<sup>+</sup>があると、クロム酸が二クロム酸、二クロム酸が三価クロムになり、クロム酸銀に、ならなくなる為だと思っておりました。意見を、お聞かせくださいませ。
- ③ 質問136に、「フォルハルト法では、温度が高いと鉄チオシアン錯体が退色するので」とありますが、どういった理由からでしょうか。温度が高いと、鉄チオシアン錯体が分解されるのでしょうか。理由をお聞かせ願えませんでしょうか。
- ④ 質問136に、「フォルハルト法では、終点近くで、実験液を激しく振ってやらないと、終点が早めに出る」とありますが、どういった理由からでしょうか。チオシアン酸銀とチオシアン酸鉄(Ⅲ)の沈殿の出来易さに、それほど差がないのでしょうか(溶解度積の差)。理由をお聞かせ願えませんでしょうか。
- ⑤ 質問306に、「フォルハルト法では、ニトロベンゼンを加え」とありますが、私は実験でニトロベンゼンを加えませんでした。問題はありませんか。
- ⑥ 質問306に、「フォルハルト法では、少量の濃硝酸を加え」とありますが、これは溶解度積の問題でしょうか。それとも、酸性下での実験の為でしょうか。私は以前に、塩化ナトリウム・濃硝酸・硝酸銀・チオシアン酸カリウム・硫酸アンモニウム鉄(Ⅲ)を使用してフォルハルト法で滴定実験をしましたが、その時に濃硝酸を入れなかった場合と、倍の量を入れた場合とで、比較実験をしてみました。濃硝酸を入れなかった場合は、KSCNの滴定量が少し多く、しかも最初に出来た塩化銀の沈殿の多くが濾紙を通ってきました。濃硝酸を倍の量入れた場合は、かなりKSCNの滴定量が少なかったです。ただし、本では、SCN<sup>-</sup>(チオシアン酸イオン)の反応は、酸性下でしか出来ないとありましたが、別に出来なくもありませんでした。(勿論、数値に変化はありましたが。)なぜ濃硝酸を入れるのか、なぜ濃硝酸を入れなかった場合は、塩化銀の沈殿の多くが濾紙を通ってきたのか、意見をお聞かせください。
- ⑦ Ag<sub>2</sub>O(酸化銀)はAgOHにはなりません。これはH<sub>2</sub>Oが取れていると聞きました。他にも水酸化物(OH化合物)からH<sub>2</sub>Oが、取れることがあると聞きました。なぜそうなるのでしょうか。教えてくださいませんか。

長くなりましたが以上の質問に、お答え願えませんでしょうか。宜しく御願い致します。

**回答** 回答が遅くなってしまっていて大変申し訳ありません。質問箱の対象者についてははっきり書いてはありますが、大学のホームページですから、当然のことながら対象者は高校生です。質問者が年配の方であること、本名(姓&名)が書かれていない(質問箱の注意書きに明記したように削除対象)こと、多数の質問が殺到していること、私が多忙であることから、つつい後回しになってしまいました。古い本ですが、裳華房の「基礎化学選書2 分析化学」に詳細な説明があります。一度それを読んでみて下さい。質問136の回答にも、この本が参考書として明記してあるはずです。

① 「モール法ではビュレットにグリースを付けてはいけない」という件は、実際に実験したわけではありませんが、銀イオンがグリースと酸化還元反応して、銀が析出するのではないかと想像します。最近のビュレットはテフロンコックですから、グリースを付ける必要はありません。しかし、高校～大学レベルでは、まだまだガラスコックのビュレットが残っていると思いますので、念のために書きました。

② 「モール法では、酸性でクロム酸銀の沈殿が溶解する」という件は、酸性ではクロム酸イオンがクロム酸水素イオンに変化して、クロム酸イオンの濃度が減少

し、クロム酸銀の沈殿が溶解するそうです。平衡がそれぞれ右へ移動します。



③ 「フォルハルト法では、温度が高いと鉄チオシアン錯体が退色する」という件は、ご指摘の通り、温度が高いとチオシアン酸鉄が分解するのだろうと想像します。参考までに、類似物質であるチオシアン酸コバルトやチオシアン酸ニッケルの固体は、熱分解するので融点や沸点が測定できないそうです。

④ 「フォルハルト法では、終点近くで、実験液を激しく振ってやらないと、終点が早めに出る」という件は、終点近くではチオシアン酸イオンを滴下した部分の赤色が消失する速度が遅くなるためだと思います。1滴の滴下による赤色が約30秒良くかき混ぜても消えない点を終点にする必要があるそうです。もう1つは、塩素イオンを逆滴定（2段階滴定）するときの問題だと思います。塩素イオンを定量するために、最初に銀イオンを過剰に加えて塩素イオンを全て塩化銀にします。それにニトロベンゼンを加えて激しく振り混ぜ、ニトロベンゼンが塩化銀の沈殿を完全に包むようにする（塩化銀の沈殿を反応系外に取り出す）。これが不十分だと、チオシアン酸イオンを加えたときに、塩化銀がより難溶性のチオシアン酸銀に変化するそうです。したがって、実験誤差を生じて、最初の塩素イオンの量が少なめに計算されます。

⑤ 「フォルハルト法では、ニトロベンゼンを加える」という件は、上の④の塩素イオンの逆滴定の場合です。何を定量するのか（実験方法）によって、問題があるか無いかが変わります。

⑥ 「フォルハルト法では、少量の濃硝酸を加える」という件は、鉄(Ⅲ)イオン等が加水分解して水酸化鉄(Ⅲ)等になることを防ぐためだと想像します。加水分解して鉄(Ⅲ)イオン濃度が減少すれば、フリーなチオシアン酸イオン濃度が少し増加しないとチオシアン酸鉄ができ難くなります。さらに、塩化銀の沈殿が存在したなら、それがより難溶性のチオシアン酸銀に変化しているはずですが、チオシアン酸銀の沈殿は過剰のチオシアン酸イオンによって $\text{Ag}(\text{SCN})_2^-$ を作って溶解するそうです。それゆえ、沈殿が一部溶解して粒径が小さくなって、ろ紙を通過したものと思います。また、滴定値が大きくなりますが、何を測定しているかが分からなくなります。そもそも、硝酸の有無によって数値に変化があることじたいが問題だと思います。

⑦ 水酸化銀 $\text{AgOH}$ ができず、脱水して酸化銀 $\text{Ag}_2\text{O}$ ができる理由は、水中で酸化銀のほうがエネルギー的に安定だからだと思います。自然に起こる反応は全てエネルギー的に安定な方向に進みます。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：環境問題      日時：2006年08月09日 12時30分00秒

芦田 実 様

ご回答、ありがとうございます。大変参考になりました。

---

名前：高田文子      日時：2006年08月08日 12時09分45秒

幾何異性体であるマレイン酸とフマル酸の構造異性体として、 $\text{CH}_2=\text{C}(\text{COOH})_2$ の物質は存在しますか？また、このカルボン酸について、名称、分子内脱水が起きるか、その他の性質も教えてください。よろしく願いいたします。

---

名前：芦田 実 日時：2006年08月08日 19時55分00秒

高田文子 様

質問404 幾何異性体であるマレイン酸とフマル酸の構造異性体として、 $\text{CH}_2=\text{C}(\text{COOH})_2$ の物質は存在しますか？また、このカルボン酸について、名称、分子内脱水が起きるか、その他の性質も教えてください。よろしくお願いいたします。

回答 この物質の名前は 2-methylenemalonic acid といい、CAS番号は 4442-03-9 だそうです。その他については、調べた範囲で全く分かりません。後にご自分で原著論文を調べて下さい。または有機化学の専門家に質問して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：江積幸博 日時：2006年08月11日 09時55分40秒

3～4 Lのぬるま湯の入った容器に食塩を茶さじ1～2杯程度入れ、そこに両足を入れて、手首に電極を装着し、もう一方にはステンレスの電極を同じ容器に入れ、そこに微弱電流を流すと20～30分で、湯がドブのように汚く変わってきます（どす黒い色、灰汁のようなカスがたまってくる）が、この現象はどういうことなのでしょう。

---

名前：芦田 実 日時：2006年08月11日 21時50分00秒

江積幸博 様

質問405 3～4 Lのぬるま湯の入った容器に食塩を茶さじ1～2杯程度入れ、そこに両足を入れて、手首に電極を装着し、もう一方にはステンレスの電極を同じ容器に入れ、そこに微弱電流を流すと20～30分で、湯がドブのように汚く変わってきます（どす黒い色、灰汁のようなカスがたまってくる）が、この現象はどういうことなのでしょう。

回答 体に危険ですから、電流と電圧を大きくしないように注意して下さい。また、実験条件によっては、有毒な塩素ガスが発生する恐れもあります。ステンレス中の鉄等が溶解して、黒色の水酸化鉄(Ⅱ)鉄(Ⅲ) $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ や酸化鉄(Ⅱ) $\text{FeO}$ 等が生じたものと思います。もしも、電流を逆向きに流していたら、結果が変わっていたかもしれません。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：江積 日時：2006年08月12日 09時03分37秒

芦田実 様

早速のご回答ありがとうございました。ところで、湯の「変色」についても、数種の色があるそうです（黄色っぽい色や橙色や白っぽい色等があるそうです）、また、「灰汁」のような不純物もたまってきますが、これは体内の何かの物質が出てきて反応したとか、足裏の汗や汚れや、たんぱく質が反応して凝縮したとかのことは無いのでしょうか。

名前：芦田 実 日時：2006年08月12日 11時30分00秒

江積幸博 様

質問405(追加) 芦田実 様 早速のご回答ありがとうございました。ところで、湯の「変色」についても、数種の色があるそうです(黄色っぽい色や橙色や白っぽい色等があるそうです)、また、「灰汁」のような不純物もたまってきますが、これは体内の何かの物質が出てきて反応したとか、足裏の汗や汚れや、タンパク質が反応して凝縮したとかのことは無いでしょうか。

回答 質問内容(沈殿の色)を後から変更するのはやめて下さい。最初の回答にも影響するし、さらに大変失礼です。白っぽい色や灰色の沈殿は水酸化鉄(Ⅱ)  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 等が生じたものと思います。黄色と橙色の沈殿は水酸化鉄(Ⅲ)  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ または  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 等が生じたものと思います。これは、電極反応で生じた水酸化鉄(Ⅱ)が水中の溶存酸素で酸化されたか、ステンレス表面に元々存在していた酸化鉄がはがれたのではないかと思います。主にどの沈殿が生ずるかは、実験条件(電圧、電流、食塩濃度、溶存酸素量、温度、ステンレス表面の酸化状態、ぬるま湯中の不純物、容器の材質とその表面の汚れ等)によって変わると思います。

汗は大部分が水と無機塩類だと思しますので、沈殿が生じるとは思いません。足裏の汚れやタンパク質はほとんど電気を流さないと思います。したがって、一種の電極反応の様なことが起こって、それらが足からはがれてくることは考え難いと思います。むしろ、ぬるま湯中の不純物やぬるま湯を入れた容器の汚れの可能性のほうが大きいと思います。さらに、容器が金属製ならばその表面およびステンレス電極との接触部分で電極反応が起こっていると思います。要するに、足裏の汚れやタンパク質が足からはがれたという証拠がありません。足を入れ(使わ)ずに、その他の実験条件を同一にして比較実験をすべきだと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：江積幸博 日時：2006年08月12日 18時37分17秒

芦田実 様

お世話になります、毎回の即回答誠にありがとうございます、大変参考になりました、今後とも宜しくお願い致します。

---

名前：小林 誠 日時：2006年08月11日 12時11分11秒

いつもお世話になっております。酵素について質問したいと思っています。一般にレバーや血液には鉄が含まれているといわれています。これはカタラーゼの鉄イオンが補酵素であることと関係しているのでしょうか？よろしくお願ひします。

---

名前：芦田 実 日時：2006年08月11日 23時15分00秒

小林 誠 様

質問406 いつもお世話になっております。酵素について質問したいと思っています。一般にレバーや血液には鉄が含まれているといわれています。これはカタラーゼの鉄イオンが補酵素であることと関係しているのでしょうか？よろしくお願ひします。

**回答** カタラーゼは過酸化水素の分解酵素だそうです，体内の鉄については存在割合から言っても，赤血球中のヘモグロビン（呼吸）との関係のほうが大きいのではないのでしょうか．やはり守備範囲を大きく超えますので，詳細については専門家に質問して下さい．その他，下記のホームページも参考としてご覧下さい．

<http://plaza.umin.ac.jp/~histsite/>

<http://www.sc.fukuoka-u.ac.jp/~bc1/Biochem/biochem6.htm>

<http://bunseiri.hp.infoseek.co.jp/ketsueki.htm>

<http://mh.soc.or.jp/memo/mv0042.htm>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

**名前：日野千重 日時：2005年10月11日 16時11分31秒 修正により再掲**

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実 様

子供にスライム作り（PVA洗濯のりと水とホウ砂を混ぜて作るぐにゃぐにゃした物体）をさせようと，いろいろとネットで検索をしたら，ホウ砂に毒性があるとわかりました．ホウ砂はPVAのりの粘着性を出すためのものだと思うのですが，代替出来る安全な物質はあるのでしょうか．ご回答よろしくお願い致します．

日野千重

---

**名前：芦田 実 日時：2005年10月13日 01時20分00秒 修正により再掲**

**修正部分**

その後調べなおしたところ，ホウ素およびその化合物（ホウ砂，ホウ酸塩等）は，有害物質として平成13年に人の健康の保護に関する環境基準に1 mg/L以下と規定されていたようです．さらに，国定の排水基準も海域以外の公共用水域（河川，湖沼等）で10mg/L（=10ppm）と規定されていたようです．平成17年度までの小学校の理科の教科書にはホウ酸がまだ載っているようですが，近いうちに他の物質に代替えされると想像しています．ホウ砂やホウ酸をどうしても実験に使用しなければならない事情があるなら，実験後の廃液を必ず専用の容器に保管して，その処理を専門の業者に委託して下さい．例えば，ホウ酸を流しに捨てる場合には水で0.057g/L以下に希釈する必要があります．すなわち，ホウ酸100g当たりに水1750Lとなり，希釈することはとうていできません．その他，質問395，344(追加)，344の回答もご覧下さい．

日野千重 様

**質問267** 子供にスライム作り（PVA洗濯のりと水とホウ砂を混ぜて作るぐにゃぐにゃした物体）をさせようと，いろいろとネットで検索をしたら，ホウ砂に毒性があるとわかりました．ホウ砂はPVAのりの粘着性を出すためのものだと思うのですが，代替出来る安全な物質はあるのでしょうか．ご回答よろしくお願い致します．

**回答** 化学薬品には危険性に応じて，毒物，劇物，危険物，その他の一般薬品の区別があります．ホウ砂はその他の一般薬品に入ると思います．ホウ砂よりも安全であって，しかも安価で入手しやすいような代替え薬品はないと思います．薬

品の有害性は程度の問題であり、塩化ナトリウム（食塩）でさえ1粒目に入れば痛いし、食べたときの致死量も存在すると思います。ホウ砂と類似した物質であるホウ酸（ゴキブリ退治に使う薬品）も小学校で溶解・析出の実験に使用していると思います。むしろ、スライムに着色するために絵の具等を使うつもりでしたら、絵の具等の種類や色によっては、ホウ砂よりもはるかに危険な劇物の成分が含まれていることがありますので、注意して下さい。

例えば、炭酸水素ナトリウムはベーキングパウダーとして使いますが、このとき熱分解して炭酸ナトリウムが食物中に残ります（詳細については、質問164の回答をご覧ください）。この炭酸ナトリウムとホウ砂を比較した場合、有害性はどちらが強いかははっきり分かりませんが、それほど大差なく、違ってもせいぜい数十倍だろうと思います。これらを水に溶かした場合のアルカリ性は、炭酸ナトリウムのほうが強いと思います。なお、炭酸水素ナトリウムや炭酸ナトリウムはホウ砂の代替え薬品にはならないと思います。

この件については実験に対する指導者の心構え、配慮、自信の有無などの問題かと思えます。例えば、実験前の注意（安全教育）と万一何か起こったときの準備、実験中の指導・監視と何か起こってしまったときの素早い適切な処置、実験後の手洗いや後かたづけ、スライムを家に持ち帰らせるなら、それに対する適切な指導・注意などだと思います。子供にスライム作りをやらせるかどうかは、ご自分で判断して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：日野千重      日時：2005年10月13日 09時38分56秒      修正により再掲

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実 様

おはようございます。

「スライム作り材料のホウ砂」についてご回答いただき、ありがとうございます。大変参考になりました。絵の具についての危険性も教えていただきましたので、絵の具については食用の色素を使おうと思っております。手洗いをきちんとさせ、口に入れないようきちんと指導して、遊んだあとはすぐに容器などに片付けさせることにします。

お忙しいところ、ありがとうございました。

日野千重

---

名前：芦田 実      日時：2006年08月12日 00時26分28秒

日野千重 様

質問267の回答に下記の注意書きを付けました。最近になってホウ酸に関する質問があって、初めて気づきました。最初に調べたときに分からなくて、大変申し訳ありませんでした。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

-----  
その後調べなおしたところ、ホウ素およびその化合物（ホウ砂、ホウ酸塩等）は、有害物質として平成13年に人の健康の保護に関する環境基準に1 mg/L以下と規定されていたようです。さらに、国定の排水基準も海域以外の公共用水域（河

川, 湖沼等)で10mg/L (=10ppm)と規定されていたようです. 平成17年度までの小学校の理科の教科書にはホウ酸がまだ載っているようですが, 近いうちに他の物質に代替えされると想像しています. ホウ砂やホウ酸をどうしても実験に使用しなければならない事情があるなら, 実験後の廃液を必ず専用の容器に保管して, その処理を専門の業者に委託して下さい. 例えば, ホウ酸を流しに捨てる場合には水で0.057g/L以下に希釈する必要があります. すなわち, ホウ酸100g当たりには水1750Lとなり, 希釈することはとうていできません. その他, 質問395, 344(追加), 344の回答もご覧下さい.

---

名前: 日野千重 日時: 2006年08月12日 16時09分52秒

芦田様

お忙しいところご回答ありがとうございました. 大変役に立ちました.

日野

---

名前: 大上 沙央理 日時: 2006年08月11日 12時52分21秒

以下のように2段階に電離 ( $pK_{A1}=8.0$ ,  $pK_{A2}=9.7$ ) する物質の電離度とpHのグラフを作成したいのです.  $pK_A$ の値から導くことはできるのでしょうか. ご教授お願いいたします.

---

名前: 芦田 実 日時: 2006年08月15日 15時20分00秒

大上 沙央理 様

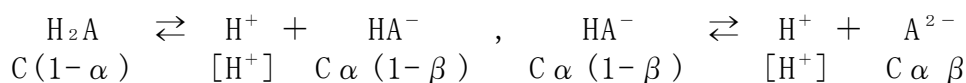
**質問407** 以下のように2段階に電離 ( $pK_{A1}=8.0$ ,  $pK_{A2}=9.7$ ) する物質の電離度とpHのグラフを作成したいのです.  $pK_A$ の値から導くことはできるのでしょうか. ご教授お願いいたします.

**回答**  $pK_A$ の値から酸と言えるか少し疑問に思いますが, 2価の酸 $H_2A$ だと仮定して式を誘導します.  $H_2A$ の初濃度を $C$ , 1段階目の電離度を $\alpha$ , 2段階目の電離度を $\beta$ とします. ただし, 初濃度 $C$ を変化させたのではpHはほとんど変化しません(下の図表を参照). 当然ながら, 通常の水のpH(約6)以上にはなりません. しかも,  $\alpha$ や $\beta$ が変化する領域は $pH=6\sim 12$ ですから, 初濃度 $C$ を変えてpHを変化させようとするは無意味です. したがって, この場合には $H_2A$ 以外に酸や塩基を添加して, pHを強制的に大きく変化させる必要があります. したがって,  $\alpha$ ,  $\beta$ 値とpH,  $[H^+]$ ,  $C$ 値の関係は普通の電離平衡式とは異なります( $\alpha$ ,  $\beta$ 等が $C$ に依存しない).

$$pH = -\log_{10}[H^+] \quad \text{より} \quad [H^+] = 10^{-pH}$$

$$\text{同様に} \quad K_{A1} = 10^{-pK_{A1}} = 1.00 \times 10^{-8}, \quad K_{A2} = 10^{-pK_{A2}} = 2.00 \times 10^{-10}$$

pHすなわち水素イオン濃度 $[H^+]$ が決まりますと,  $H_2A$ は次の様に2段階に電離します.



$$K_{A1} = [H^+][HA^-]/[H_2A] = [H^+]\alpha(1-\beta)/(1-\alpha)$$

$$K_{A2} = [H^+][A^{2-}]/[HA^-] = [H^+]\beta/(1-\beta)$$

$$\therefore \beta = K_{A2} / (K_{A2} + [H^+]) \quad \text{または} \quad \beta = K_{A2} / (K_{A2} + 10^{-pH})$$

$$\alpha = K_{A1} / \{K_{A1} + [H^+](1-\beta)\} \quad \text{または}$$

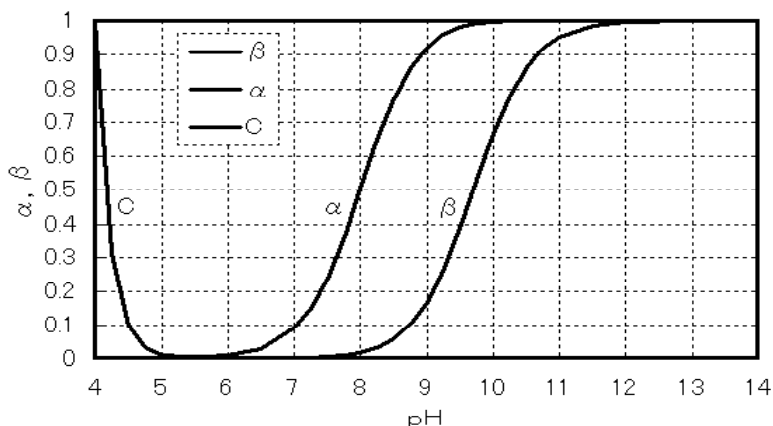
$$\alpha = K_{A1}(K_{A2} + [H^+]) / \{K_{A1}(K_{A2} + [H^+]) + [H^+]^2\}$$

$$= K_{A1}(K_{A2} + 10^{-pH}) / \{K_{A1}(K_{A2} + 10^{-pH}) + 10^{-2pH}\}$$

したがって、pHから[H<sup>+</sup>]→β→αを順番に求めることができ、下の図表にそれらの計算結果を示します。これらの中で初濃度Cは、初濃度を変えてpHを変化させることはできないことを確かめるため、わざと

$$[H^+] = C\alpha(1+\beta) \rightarrow C = [H^+] / \{\alpha(1+\beta)\}$$

から求めた値です。初濃度の値をC < 1 × 10<sup>-5</sup> mol/Lにしたら、水中の不純物濃度のほうが大きくなって意味が無くなります。したがって、最初に予想した通り初濃度Cを変えてpHを変化させることはほとんどできません。



H2Aの電離度のpH変化  $K_{A1} = 1.00E-08$   $K_{A2} = 2.00E-10$

H2Aの電離度のpH変化

pH	[H <sup>+</sup> ]	β	α	C
4.00	1.00E-04	2.00E-06	1.00E-04	1.00E+00
4.25	5.62E-05	3.56E-06	1.78E-04	3.16E-01
4.50	3.16E-05	6.32E-06	3.16E-04	1.00E-01
4.75	1.78E-05	1.12E-05	5.62E-04	3.16E-02
5.00	1.00E-05	2.00E-05	9.99E-04	1.00E-02
6.00	1.00E-06	2.00E-04	9.90E-03	1.01E-04
6.50	3.16E-07	6.32E-04	3.07E-02	1.03E-05
7.00	1.00E-07	2.00E-03	9.11E-02	
7.25	5.62E-08	3.54E-03	1.51E-01	
7.50	3.16E-08	6.28E-03	2.41E-01	
7.75	1.78E-08	1.11E-02	3.63E-01	
8.00	1.00E-08	1.96E-02	5.05E-01	
8.25	5.62E-09	3.43E-02	6.48E-01	
8.50	3.16E-09	5.95E-02	7.71E-01	
8.75	1.78E-09	1.01E-01	8.62E-01	
9.00	1.00E-09	1.67E-01	9.23E-01	
9.25	5.62E-10	2.62E-01	9.60E-01	
9.50	3.16E-10	3.87E-01	9.81E-01	
9.75	1.78E-10	5.29E-01	9.92E-01	
10.00	1.00E-10	6.67E-01	9.97E-01	
10.25	5.62E-11	7.81E-01	9.99E-01	
10.50	3.16E-11	8.63E-01	1.00E+00	
10.75	1.78E-11	9.18E-01	1.00E+00	
11.00	1.00E-11	9.52E-01	1.00E+00	
11.50	3.16E-12	9.84E-01	1.00E+00	
12.00	1.00E-12	9.95E-01	1.00E+00	
13.00	1.00E-13	1.00E+00	1.00E+00	
14.00	1.00E-14	1.00E+00	1.00E+00	

**注意** 初濃度Cを変えてpHを変化させることはほとんどできません。酸や塩基を別に添加して、pHを強制的に変化させる必要があります。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

名前：大上 沙央理 日時：2006年08月15日 15時47分17秒

芦田先生

早速の回答を頂きありがとうございました。高校生の時の化学の教科書などを調べ考えたりしましたが、なかなか答えにたどりつけず、もんもんとしておりました。いただいた回答をじっくり考え自分の物に出来たらと思います。お忙しいところ本当にありがとうございました。

大上 沙央理

名前：齊藤 紗枝 日時：2006年08月17日 22時28分12秒



はじめまして。新井と申します。今回、夏休みの自由研究の課題で、「浮力」について研究しています。そこで、何故物体は浮かぶのか。ということ、質問させていただきました。それと、どのような物体が浮かんでどのような物体が沈んでしまうのかも教えてください。幸いです。お忙しいでしょうが、どうかよろしく願いいたします。

---

名前： 芦田 実      日時： 2006年08月19日 14時25分00秒

斉藤 紗枝 様

**質問408** はじめまして。新井と申します。今回、夏休みの自由研究の課題で、「浮力」について研究しています。そこで、何故物体は浮かぶのか。ということ、質問させていただきました。それと、どのような物体が浮かんでどのような物体が沈んでしまうのかも教えてください。幸いです。お忙しいでしょうが、どうかよろしく願いいたします。

**回答** 氏名欄と質問文中で名前が違っていています。どちらが本名ですか。質問箱の注意書きに書いてあるように、このような質問は本来なら削除対象です。浮力については化学ではありませんので、詳細については物理学や力学の専門家に質問して下さい。

液体等の上に固体等が浮かぶ浮力の現象は、2つの物体の密度の違いが原因だと思います。密度の大きい物体A（液体等）の上に密度の小さい物体B（固体や液体）が浮かびます。ただし、物体Aと物体Bが混ざり合わないこと（例えば水と油）、溶解しないこと、化学反応しないこと等の条件が必要になります。混合・溶解・反応する場合は、物体Bをポリ袋等に入れて実験する方法もあると思います（袋内の空気を完全に抜くこと、袋の浮力に注意）。水銀（密度13.6g/mL、猛毒）のように密度の大きい液体には、金属等の多くの物体が浮かびます（アマルガムを生じて溶ける金属もあります）。純水には沈む物体でも、濃い食塩水には浮かぶことがあります。物体Bは、物体Aを押しのけた体積×物体Aの密度に相当する浮力を受け、バネばかりで量ると、その分だけ重さが軽くなっています。これが物体Bの重さに等しければ、物体Bは物体Aの上に浮きます。まだ、物体Bのほうが重ければ、物体Bは物体Aの中に沈みます。要するに、力の大小や釣り合いの問題です。なお、この回答では力、重さ、質量の関係を曖昧にしていますので注意して下さい（力＝重さ＝質量×重力加速度）。浮力の応用として浮沈子やガリレオ温度計という物もあります。浮力や浮沈子等の詳細については、例えば下記のホームページをご覧ください。

<http://skura.hp.infoseek.co.jp/r01/>

<http://collie.low-temp.sci.yamaguchi-u.ac.jp/~ashida/hobby/index.html>

<http://www.gakushu.net/magic/doug9911/index.html>

<http://www.aichi-c.ed.jp/contents/rika/syotou/syol/futinnsi/futinnsi.htm>

<http://g3400.nep.chubu.ac.jp/onsenkids/kagakutoy/galileo/galileo.html>

<http://www.info-niigata.or.jp/~ymiyata/rikigaku/algaritm.htm>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前： 浅生ゆき      日時： 2006年08月20日 13時37分28秒

高校の化学（物質量の問題）でわからない点があるので教えていただきたいと思って、今回質問させていただくことになりました。①塩化ナトリウム1.0molに

含まれる $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ はそれぞれ何個か？②塩化ナトリウム11.7gに含まれる $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ はそれぞれ何個か？③原子1個の質量が $6.5 \times 10^{-23}$ gである原子の原子量を求めよ．④グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  72gには、何個の分子が含まれているか．以上の問題が、夏休みの課題で出てきたので、考え方を教えていただければ幸いです．芦田先生、よろしくお願ひします．

---

名前：芦田 実 日時：2006年08月22日 00時50分00秒

浅生ゆき 様

**質問409** 高校の化学(物質の問題)でわからない点があるので教えていただきたいと思って、今回質問させていただくことになりました．①塩化ナトリウム1.0molに含まれる $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ はそれぞれ何個か？②塩化ナトリウム11.7gに含まれる $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ はそれぞれ何個か？③原子1個の質量が $6.5 \times 10^{-23}$ gである原子の原子量を求めよ．④グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  72gには、何個の分子が含まれているか．以上の問題が、夏休みの課題で出てきたので、考え方を教えていただければ幸いです．芦田先生、よろしくお願ひします．

**回答** 物質(mol)は数を数えるときの単位です．原子、分子、イオン等の化学物質の個数を数えるときに、人間が取り扱うレベルの化学物質の量だと、それらの個数が膨大になり過ぎて、とても1つ1つ数えることはできません．最も身近で分かりやすい例はお金だと思ひます．膨大な個数の1円玉を数えるのは非常に大変です．しかし、1万円札の枚数を数えるのならばかなり楽になります．それでも大変ならば、100万円札の束にしたり、札束を積み重ねて1億円ずつの山にすれば、総額を求め易いと思ひます．物質(mol)はさらに大変です． $1\text{mol} = 6.02 \times 10^{23}$ 個ですから、正確には想像もできませんが、札束を山積みした大型トラックの台数を数える様なものではないでしょうか．人間はものぐさで楽をしようとして、都合の良いことに、物質には質量や体積がありますので、それらを量って個数を数えた代わりにしようとして、質量を量ったときには、原子量、分子量、式量等を用いて個数、すなわち物質(mol)に換算します．液体の体積を量ったときには、密度から質量へ換算し、さらに質量から物質(mol)に換算します．気体の体積(0℃, 1atm)を量ったときには、 $1\text{mol} = 22.4\text{L}$ の関係から物質(mol)に換算します．要するに、化学物質の本当の個数は非常に大きいので、それをいちいち数えるのは面倒だから、物質(mol)で数えているだけです．上の例で言えば、お金の総額を数えるのが面倒だから、札束を山積みしたトラックの台数で数えるのと同じことです．

物質(mol)は単なる数の単位です．化学物質は実際に存在する物ですから、その対象をはっきりさせる必要があります．すなわち、何が幾molある(リンゴが10個あると言うのと同様)．①塩化ナトリウム1.0molでは、何がに相当するものは $\text{Na}^+$ と $\text{Cl}^-$ を合わせたもの( $\text{NaCl}$ )です． $\text{NaCl}$ が1.0molですから、その中に $\text{Na}^+$ と $\text{Cl}^-$ がそれぞれ1.0mol存在します．それゆえ、これらにアボガドロ数( $6.02 \times 10^{23}$ 個/mol)をかければ、それぞれの個数が求まります．②最初に塩化ナトリウム $\text{NaCl}$ のモル質量(=式量= $58.44\text{g/mol}$ )を求めます．次に、塩化ナトリウムの質量11.7gをモル質量(g/mol)でわると、 $\text{NaCl}$ の物質(mol)が求まります．後は上の①と同様に、これにアボガドロ数(個/mol)をかければ、 $\text{Na}^+$ と $\text{Cl}^-$ の個数が求まります．③原子1個の質量が $6.5 \times 10^{-23}\text{g/個}$ と分かっています．原子(何がに相当)をアボガドロ数(すなわち1mol)だけ集めたときの質量が原子量(モル質量g/mol)です．ゆえに、原子1個の質量(g/個)にアボガドロ数(個/mol)をかければ原子量(g/mol)が求まります．④この問題は上の②と同様です．最初にグルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ の分子量(=モル質量= $180.16\text{g/mol}$ )を求めます．次に、グルコースの質量72gをモル質量(g/mol)でわると、グルコースの物質(mol)が求まります．これにアボ

ガドロ数(個/mol)をかければ、グルコースの分子数が求まります。最後になりましたが、考えたり計算するときには質量(g)、原子量(g/mol)、分子量(g/mol)、モル質量(g/mol)、式量(g/mol)、アボガドロ数(個/mol)等の単位を常に意識したり書いたりすると良いと思います。理解を助けたり、計算するときの間違いを防いだりするとと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：浅生ゆき 日時：2006年08月26日 10時42分42秒

芦田先生、私の質問に答えていただきありがとうございました。先生のご助言は、とても参考になり、これからの学習でも役立てていきたいと思っています。本当にありがとうございました。

浅生ゆき

---

名前：野田 竣介 日時：2006年08月21日 20時25分08秒

プリズムの作り方を教えてください

---

名前：芦田 実 日時：2006年08月22日 17時30分00秒

野田 竣介 様

質問410 プリズムの作り方を教えてください

回答 プリズムの型を作って、2液混合型の樹脂(埋め込み樹脂、接着剤)を入れて固め、固まった後に紙ヤスリ→金属磨き等で研磨する方法か、透明なプラスチック板でプリズムの型を作って、そこに水等の透明の液体を封入する方法があると思います。その他、アリル等の透明な厚板をプリズムの形に切断し、研磨しても作れるかもしれません。参考として、下記のホームページをご覧ください。

<http://members.jcom.home.ne.jp/kobysh/experiment/prism/prism.html>

[http://www.nnc.or.jp/~a\\_iguchi/rika/kikyo03i.htm](http://www.nnc.or.jp/~a_iguchi/rika/kikyo03i.htm)

[http://www33.ocn.ne.jp/~mizuho\\_h/mfc\\_online/presen4.htm](http://www33.ocn.ne.jp/~mizuho_h/mfc_online/presen4.htm)

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：石川 あゆみ 日時：2006年08月24日 23時01分49秒

褐鉄鉱の $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ のnとはどういう意味ですか？詳しく教えてください。お願いします☆

---

名前：芦田 実 日時：2006年08月25日 17時35分00秒

石川 あゆみ 様

質問411 褐鉄鉱の $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ のnとはどういう意味ですか？詳しく教えてください。お願いします。

回答 これは非晶質の含水酸化鉄です。含まれている水の割合が一定せずに、物によって変化する場合を含水物と言うと思います。それゆえ、はっきりと数値で

表せませんので、アルファベットの n や x 等を使用します。これと比較して結晶水の場合には、結晶中に一定の割合で含まれていますので、はっきりと数値で表します。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：石川 あゆみ 日時：2006年08月30日 17時22分30秒

とても参考になりました。ありがとうございました。

---

名前：浅見典彦 日時：2006年09月03日 20時23分05秒

次亜塩素酸の還元反応について質問します。純水製造管理の仕事をしております。製造過程でイオン交換塔に入る前に、殺菌消毒に使用されている次亜塩素酸を還元する為に重亜硫酸塩 ( $\text{NaHSO}_3$ ) を注入しております。下記のような考えで合っているかどうか、ご意見、ご回答の程お願い申し上げます。

1. 次亜塩素酸は、 $\text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$  から  $\text{Na}^+ + \text{HClO} + \text{OH}^-$  になり
  2.  $\text{HClO}$  は、 $\text{H}^+ + \text{ClO}^-$  になる。
  3. 一方重亜硫酸塩は、 $\text{NaHSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  から  $\text{Na}^+ + \text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-}$  になる。
  4. 亜硫酸イオンは、 $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^-$  から  $\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$  となり
  5. 2の  $\text{ClO}^-$  は、 $\text{ClO}^- + 2\text{e}^-$  (上の  $2\text{e}^-$ ) +  $\text{H}_2\text{O}$  から  $\text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$  となる。
- だから、 $\text{ClO}^-$  は、 $\text{Cl}^-$  イオンにされるという事で合っているか教えていただきたいのです。よろしく願いいたします。

---

名前：芦田 実 日時：2006年09月10日 14時00分00秒

浅見典彦 様

質問412 次亜塩素酸の還元反応について質問します。純水製造管理の仕事をしております。製造過程でイオン交換塔に入る前に、殺菌消毒に使用している次亜塩素酸を還元するために重亜硫酸塩 ( $\text{NaHSO}_3$ ) を注入しております。下記のような考えで合っているかどうか、ご意見、ご回答の程お願い申し上げます。

1. 次亜塩素酸は、 $\text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$  から  $\text{Na}^+ + \text{HClO} + \text{OH}^-$  になり
  2.  $\text{HClO}$  は、 $\text{H}^+ + \text{ClO}^-$  になる。
  3. 一方重亜硫酸塩は、 $\text{NaHSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  から  $\text{Na}^+ + \text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-}$  になる。
  4. 亜硫酸イオンは、 $\text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^-$  から  $\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$  となり
  5. 2の  $\text{ClO}^-$  は、 $\text{ClO}^- + 2\text{e}^-$  (上の  $2\text{e}^-$ ) +  $\text{H}_2\text{O}$  から  $\text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$  となる。
- だから、 $\text{ClO}^-$  は、 $\text{Cl}^-$  イオンに還元されるという事で合っているか教えていただきたいのです。よろしく願いいたします。

回答 質問に書かれていることでほぼ合っていると思いますが、細かい点を少し指摘しておきます。最初の次亜塩素酸の還元反応という言い方が気になります。酸化・還元の方をもう少しはっきりと意識したほうがよいと思います。すなわち、次亜塩素酸イオン  $\text{ClO}^-$  (pHによっては次亜塩素酸  $\text{HClO}$ ) が亜硫酸イオン  $\text{SO}_3^{2-}$  (pHによっては亜硫酸水素イオン  $\text{HSO}_3^-$ ) を酸化し、逆に亜硫酸イオンが次亜塩素酸イオンを還元しています。別の言い方をすれば、次亜塩素酸イオンは亜硫酸イオンによって還元され、亜硫酸イオンは次亜塩素酸イオンによって酸化されています。

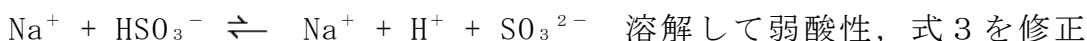
酸・塩基やイオンの電離平衡の考え方がおかしいと思います。次亜塩素酸ナトリウム  $\text{NaClO}$  は最初 (購入時) から水溶液の状態になっていると思います。希薄溶

液であり、ナトリウムイオン $\text{Na}^+$ は水中で非常に安定ですので、常にイオンの状態で存在しています。次亜塩素酸イオン $\text{ClO}^-$ は水中で少し不安定（次亜塩素酸 $\text{HClO}$ が弱酸）ですので、その極く一部が加水分解して次亜塩素酸（分子）と水酸化物イオン $\text{OH}^-$ を生じます。

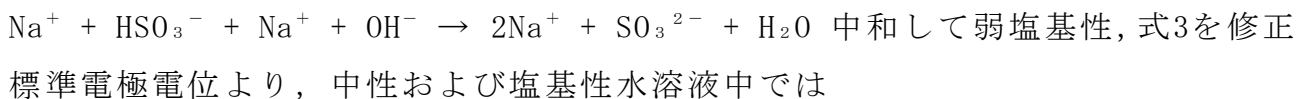


質問文中の式1と式2のように、次亜塩素酸イオンが一度全て次亜塩素酸になり、その次亜塩素酸が再び全て次亜塩素酸イオンに戻るようなことは起こりません。式1と式2を組み合わせたら、水素イオン $\text{H}^+$ と水酸化物イオン $\text{OH}^-$ が同時に多量に存在することになり、酸・塩基の中和との間に大きな矛盾を生じます。

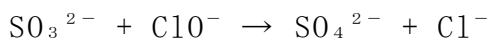
式3の状態（注入前？、注入後？、次亜塩素酸ナトリウムとの過不足？、pH？）が不明です。注入前の状態で水に溶かしたただけなら、亜硫酸水素ナトリウム $\text{NaHSO}_3$ は弱酸であり、2段階目はほとんど電離しません。



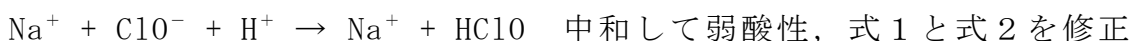
注入後の水溶液が弱塩基性（次亜塩素酸イオンの加水分解のほうが大きい）ならば次のように反応します。



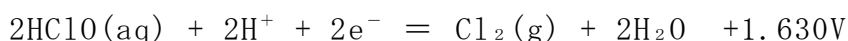
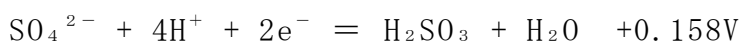
2つの半反応を組み合わせた場合、電極電位がより負の半反応が左に、より正の半反応が右に進みますので、



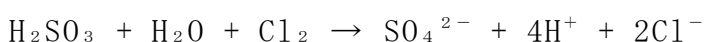
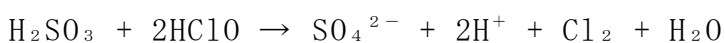
以上は注入後の水溶液が弱塩基性の場合です。pH調節を失敗したり、亜硫酸水素ナトリウムを過剰に注入し過ぎて水溶液が弱酸性になった場合には、以下の様に反応式が変わり反応速度（反応が終了するために必要な時間）も変わりますので注意して下さい。さらに、塩素ガスが発生する恐れもあります。



標準電極電位より、酸性水溶液中では



したがって、酸性水溶液中では次の様に2段階で反応すると思います。



埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：浅見典彦 日時：2006年09月10日 17時31分48秒

芦田 実 様

お忙しい中、詳しい御回答いただきまして大変ありがとうございました。自分の中では納得いく回答でした。少しでも芦田様のレベルに近づけるよう日々精進いたします。また疑問に生じたことは質問させていただきますので、そのときは是非ご指導いただきますようお願い申し上げます。

浅見典彦

---

名前：石川 あゆみ 日時：2006年09月11日 20時22分42秒

ケイ酸鉄の化学式を教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2006年09月12日 19時05分00秒

石川 あゆみ 様

質問413 ケイ酸鉄の化学式を教えてください。

回答 ケイ酸鉄には、メタケイ酸鉄(Ⅱ) $\text{FeSiO}_3$ 、オルトケイ酸鉄(Ⅱ) $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ 、メタケイ酸鉄(Ⅲ)（特に、天然の物は水や酸化アルミニウム等を含んでいて組成が一定しない）の3種類があるそうです。単にケイ酸鉄と呼べば、一般にメタケイ酸鉄(Ⅱ)を指すそうです。なお、メタケイ酸鉄(Ⅱ)やオルトケイ酸鉄(Ⅱ)が結晶水等を含んでいるかもしれませんので、注意して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：上戸 かりん 日時：2006年09月23日 11時18分09秒

初めて質問をさせていただきます。高校3年生です。よろしくお願ひします。ヨウ素適定の手順を参考書などで調べると、指示薬としてでんぷん溶液を加えるのは適定の終点付近、とあるのですが、なぜ最初から加えておいてはいけないのでしょうか？

---

名前：芦田 実 日時：2006年09月25日 20時30分00秒

上戸 かりん 様

質問414 初めて質問をさせていただきます。高校3年生です。よろしくお願ひします。ヨウ素滴定の手順を参考書などで調べると、指示薬としてデンプン溶液を加えるのは滴定の終点付近、とあるのですが、なぜ最初から加えておいてはいけないのでしょうか？

回答 質問文中の漢字が間違っています。「適定」は正しくは「滴定」です。この回答中では修正済みです。質問内容に関しては、実験書等にも詳しいことがあまり書いてありません。また、実験して確かめたわけでもありませんので、想像を含めて回答します。

①酸性溶液中でヨウ素滴定する場合には、デンプンを最初から添加しておく、

デンプンが加水分解して鎖が短くなり、青色の呈色反応が起こり難くなると本に書いてありました（指示薬が不適切、赤紫色等の別の色になって終点が見難くなる）。これが理由の場合には、加水分解する速度（酸の濃度、温度等が影響）と滴定に要する時間の競争になります。②デンプンを最初から添加しておく、多量のヨウ素がデンプンに吸着してしまい、滴定によってヨウ素がヨウ素イオンに変化する反応が非常に遅くなると書いてある実験テキストもあります。これが理由の場合には、終点付近でチオ硫酸ナトリウム等の滴下速度をかなり遅くする必要があります。普通で滴下すると、チオ硫酸ナトリウム等を滴下し過ぎる恐れが生じます（終点を通り過ぎて、滴定値が大きい方向に実験誤差を生じる）。ただし、終点の直前にデンプンを添加した場合には、終点において一瞬で無色に変化します。それゆえ、最初から添加すると変色反応が本当に非常に遅くなるのかどうか疑問です。この理由については、両方の場合を実験して比較してみないと分かりません。次の3つ目の理由と誤解しているかもしれません。③その他として、ヨウ素-デンプン反応は非常に濃い色になります。終点の直前にデンプンを添加してもかなり濃い色になり、その濃さにだまされて終点がまだ先だと勘違いし、チオ硫酸ナトリウム等を滴下し過ぎて実験を失敗する学生が多くいます。他の実験では終点に近付くと、滴下した瞬間に指示薬がその場所で変色し、振り混ぜると元に戻ることを繰り返し、終点に近付いた兆候を示します。ところが、ヨウ素滴定では色が濃すぎて、この兆候がほとんど見えないためです。これが理由の場合には、終点の直前に添加しないと、いつになったら終点になるのか分かりません（真っ暗で先が見えない）。以上、3つの理由を挙げましたが、どれが本当の理由かは実験して比較してみないと分かりません。複数の理由が同時に関係している可能性もあります。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：深澤 聡 日時：2006年09月27日 10時16分11秒

中学校の教員です。あるテキストに「塩化カルシウム(1)+炭酸水素ナトリウム(2)+水」で反応させると「発熱反応」になる、と書かれていたので実験を行いました。しかし、「吸熱反応」が起こりました。「クエン酸+炭酸水素ナトリウム」は吸熱反応がおこることは知っていましたが、この反応はどちらの反応なのでしょう。また、どのような化学反応式になるのか教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2006年10月01日 22時30分00秒

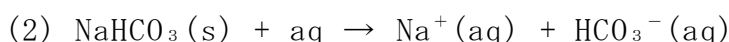
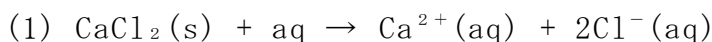
深澤 聡 様

**質問415** 中学校の教員です。あるテキストに「塩化カルシウム(1)+炭酸水素ナトリウム(2)+水」で反応させると「発熱反応」になる、と書かれていたので実験を行いました。しかし、「吸熱反応」が起こりました。「クエン酸+炭酸水素ナトリウム」は吸熱反応がおこることは知っていましたが、この反応はどちらの反応なのでしょう。また、どのような化学反応式になるのか教えてください。

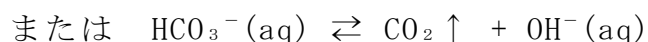
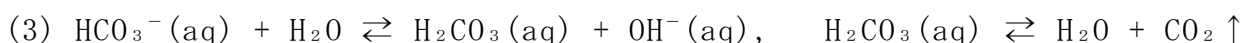
**回答** 古い塩化カルシウム（吸湿していると思われるため純度不明） $\text{CaCl}_2$ 、新しい塩化カルシウム（乾燥用、純度87%） $\text{CaCl}_2$ 、炭酸水素ナトリウム $\text{NaHCO}_3$ 等を用いて簡単な実験を行い、温度やpHの変化、沈殿の生成や気体の発生等の化学変化を調べてみました。その結果を下の表にまとめます。特に、温度変化については、普通のガラス製ビーカーとアルコール温度計を使用して測定したので、かなりの熱量損失があり不正確な値です。吸熱や発熱の方向だけを見て下さい。

質問文中の反応が吸熱になった原因は、使用した塩化カルシウムが開封済みで、少し吸湿していたためだと思います。塩化カルシウムのみを水に溶かすと発熱し、炭酸水素ナトリウムのみを水に溶かすと吸熱します。しかし、これらの温度変化を合わせただけでは、両方を同時に水に溶かしたときの温度変化と一致しません。したがって、沈殿の生成と気体の発生にともなう吸熱現象（温度変化で約 $-2.6^{\circ}\text{C}$ ）が存在すると思います。なお、塩化カルシウムには二水塩 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ と六水塩 $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ も市販されていますので、注意して下さい。これらを使用すると溶解時の水和（発熱）が減り、もともと発熱反応にならない恐れがあります。

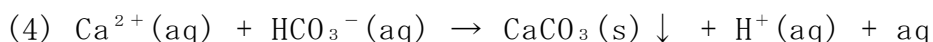
化学反応としては、まず塩化カルシウムや炭酸水素ナトリウムが水に溶ける過程があります。



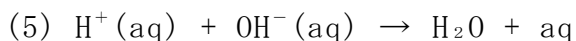
次に、炭酸水素イオン $\text{HCO}_3^{-}$ の一部が加水分解して、水酸化物イオン $\text{OH}^{-}$ を生じて弱塩基性になります。さらに、生じた二酸化炭素 $\text{CO}_2$ の一部が気体となって遊離します。



次に、沈殿を生じる反応があります。生じた質量から考えて、恐らく炭酸カルシウム $\text{CaCO}_3$ だと思います。



生じた水素イオン $\text{H}^{+}$ は水酸化物イオンで中和されます。しかし、炭酸水素イオンが少しまだ過剰なために弱塩基性（式(3)）のままになったと考えられます。



以上の反応がほぼ同時に起こっていると思います。なお、塩化カルシウムと炭酸水素ナトリウムを異なる割合（例えばモル比で1:1）で混合した場合にどの様に反応するかは、実験していないのではっきりとは分かりません。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

実験条件				実験結果	
化学物質	古 $\text{CaCl}_2$	$\text{NaHCO}_3$	$\text{H}_2\text{O}$	沈殿	生じた 0.92 g
モル質量g/mol	110.98	84.01	18.02	気体	発生した
使用量g	1.11	1.68	18	温度変化	吸熱 $-1.4^{\circ}\text{C}$
使用量mol	0.010 ?	0.020	1.0	混合後のpH	約 8
実験条件				実験結果	
化学物質	古 $\text{CaCl}_2$		$\text{H}_2\text{O}$	沈殿	生じず
モル質量g/mol	110.98		18.02	気体	発生せず
使用量g	1.11		18	温度変化	発熱 $+3.7^{\circ}\text{C}$
使用量mol	0.010 ?		1.0	混合後のpH	約 6
実験条件				実験結果	
化学物質		$\text{NaHCO}_3$	$\text{H}_2\text{O}$	沈殿	生じず
モル質量g/mol		84.01	18.02	気体	発生せず
使用量g		1.68	18	温度変化	吸熱 $-2.6^{\circ}\text{C}$
使用量mol		0.020	1.0	混合後のpH	約 8.5
実験条件				実験結果	
化学物質	新 $\text{CaCl}_2$	$\text{NaHCO}_3$	$\text{H}_2\text{O}$	沈殿	生じた 1.1 g
モル質量g/mol	110.98	84.01	18.02	気体	発生した
使用量g	1.23	1.68	18	温度変化	発熱 $+2.0^{\circ}\text{C}$
使用量mol	0.011 ?	0.020	1.0	混合後のpH	約 8
実験条件				実験結果	
化学物質	新 $\text{CaCl}_2$		$\text{H}_2\text{O}$	沈殿	生じず
モル質量g/mol	110.98		18.02	気体	発生せず
使用量g	1.24		18	温度変化	発熱 $+7.2^{\circ}\text{C}$
使用量mol	0.011 ?		1.0	混合後のpH	約 6

名前：深澤 聡      日時：2006年10月03日 09時22分01秒



埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実 様

ありがとうございました。よくよく調べてみたところ、塩化カルシウムは開封済み（3年以上経過？）したものの、再実験した塩化カルシウムは、未開封でしたが2水和物でした。2水和物での実験では、水との反応はわずかに温度上昇が見られましたが、炭酸水素ナトリウムと混合すると吸熱反応を示しました。早速無水の塩化ナトリウムを購入したので、実験を行ってみたいと思います。また、化学反応式の説明もしていただき、ありがとうございました。当初は塩化ナトリウムが生成されているのではと思っていましたが、先生の説明で炭酸カルシウムであることが理解できました。

---

名前：伊藤 千加子 日時：2006年09月15日 14時21分39秒

初めてお便りいたします。早速ですが、真夏の暑い時期にトラック便で、段ボール箱>紙箱（10cm×15cm×8cm）>アルミ個包装袋（5cm×5cm）の粉末飲料（原料：カムカム果汁粉末、オリゴ糖粉末など）を輸送したところ、商品が固まってしまいました。温度変化の結露によるものでしょうか？説得力のある解説、具体的な説明ができなくて困っています。どうぞ、原因の説明の仕方を教えてください。よろしくお願い致します。

---

名前：芦田 実 日時：2006年10月02日 00時00分00秒

伊藤 千加子 様

**質問416** 初めてお便りいたします。早速ですが、真夏の暑い時期にトラック便で、段ボール箱>紙箱（10cm×15cm×8cm）>アルミ個包装袋（5cm×5cm）の粉末飲料（原料：カムカム果汁粉末、オリゴ糖粉末など）を輸送したところ、商品が固まってしまいました。温度変化の結露によるものでしょうか？説得力のある解説、具体的な説明ができなくて困っています。どうぞ、原因の説明の仕方を教えてください。よろしくお願い致します。

**回答** いろいろと考えましたが、説得力のある解説や具体的な説明はほとんどなさそうです。カムカム果汁粉末は湿気に弱いそうです（例えば、下記のホームページをご覧ください）。言い換えると、カムカム果汁粉末は乾燥させ難いということです。見かけは粉末状でも、水を含んでいる物質（結晶水、含水物）は多数あり、高温に加熱すると水蒸気を発生することがあります。したがって、アルミ個包装する前の乾燥が不十分であり、輸送中の暑さでアルミ個包装袋の中で少量の水蒸気が発生し、輸送中の振動と協力して固まった可能性が高いと思います。アルミ個包装袋をヘアードライヤー等で暖めたり、振動を加えたりして調べるしかないと思います。

<http://www.amazoncamucamu.com/materials/page2.html>

<http://www.rakuten.co.jp/kenko-sanshin/779659/779892/>

<http://store.yahoo.co.jp/ke28/a5aba5e0a53.html>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：伊藤 千加子 日時：2006年10月02日 15時28分27秒

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実 さま

はじめまして。ご回答をくださりありがとうございました。参考ページまで付けていただいて、助かりました。私は販売者なのですが、製造者は「うちは悪くない」という態度で、閉口しておりました。今回教えていただいた説明を基に、回答書を作成することができそうなのでホッとしています。本当にありがとうございました。

伊藤千加子

---

---

名前：石川 あゆみ 日時：2006年10月08日 15時55分44秒

製鉄で「鉄鉱石とコークスとともに石灰石を入れるのは、鉄鉱石中のケイ酸塩をケイ酸カルシウムに変えて溶鉱炉から取り出すはたらきをするから」だそうです。このときの化学反応式はどのようになるのか教えてください。お忙しいと思いますが、お願いします。

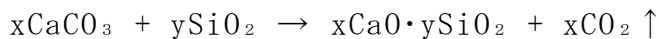
---

名前：芦田 実 日時：2006年10月11日 23時10分00秒

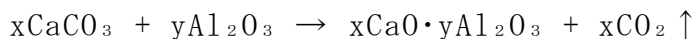
石川 あゆみ 様

質問417 製鉄で「鉄鉱石とコークスとともに石灰石を入れるのは、鉄鉱石中のケイ酸塩をケイ酸カルシウムに変えて溶鉱炉から取り出すはたらきをするから」だそうです。このときの化学反応式はどのようになるのか教えてください。お忙しいと思いますが、お願いします。

回答 鉄鉱石中の不純物の二酸化ケイ素 $\text{SiO}_2$ や酸化アルミニウム $\text{Al}_2\text{O}_3$ は、石灰石 $\text{CaCO}_3$ と反応させて、スラグと呼ぶ物質に変えて除去するそうです。しかし、実際の溶鉱炉の中では、必ずしも化学量論的な反応が起こっているとは限らないと思います。二酸化ケイ素の場合には



類似物質のメタケイ酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ やオルトケイ酸ナトリウム $\text{Na}_4\text{SiO}_4$ から推定すると、上式の $x\text{CaO} \cdot y\text{SiO}_2$ は例えば $\text{CaSiO}_3 (= \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2)$ や $\text{Ca}_2\text{SiO}_4 (= 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2)$ 等が考えられます。これらのどれが多いかは分かりません。鉄鉱石の純度(%), 不純物の組成(二酸化ケイ素と酸化アルミニウムの割合), 原料の石灰石をなるべく節約すること, および完全にスラグに変化させる(反応速度)こと等の条件から原料(鉄鉱石, コークス, 石灰石)の混合割合が決まり, それによってスラグの組成が変わると思います。同様に酸化アルミニウムの場合には



上式の $x\text{CaO} \cdot y\text{Al}_2\text{O}_3$ は例えば $\text{CaAl}_2\text{O}_4 (= \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3)$ や $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{O}_5 (= 2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3)$ 等が考えられます。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

---

名前：ほりかわ ゆみ 日時：2006年10月10日 21時03分54秒

化合物のグラム当量についてご教示いただきたく。単純に無機化合物の場合、1グラム当量は、分子量/価数であることは理解していますが、例えば、両性アミノ酸(アミノ基が2つ, カルボニル基が1つ: アルギニン)や、有機化合物の

二塩酸塩などの場合，1グラム当量はどのように計算すればいいのかお教えください。

---

名前：芦田 実 日時：2006年10月12日 19時45分00秒

ほりかわ ゆみ 様

**質問418** 化合物のグラム当量についてご教示いただきたく，単純に無機化合物の場合，1グラム当量は，分子量／価数であることは理解していますが，例えば，両性アミノ酸（アミノ基が2つ，カルボニル基が1つ：アルギニン）や，有機化合物の二塩酸塩などの場合，1グラム当量はどのように計算すればいいのかお教えください。

**回答** 質問文中に間違いと思われる箇所があります。アルギニンは，アミノ基が4つ，カルボニル基ではなくてカルボキシル基が1つではないですか。

グラム当量よりも先に化学反応を考えるべきだと思います。なぜならば，質問文中の様な物質の場合には反応によって，一番極端な状態から反対側の一番極端な状態にまで変化するとは限らないからです。化学平衡の状態になり，完全に反応しきらないこともあります。さらに，反応物と生成物の溶存状態における化学式（構造式）を特定する必要があると思います。反応物と生成物の間の電荷数の変化（水素イオンや水酸化物イオンの出入り数）が価数に相当すると思います。二塩基酸等の無機化合物の場合でも，反応物の混合割合によっては一段階目しか反応しないことがあります。これらの様な場合には，グラム当量よりもむしろモル質量(g/mol)や物質質量(mol)の方が意味があると思います。なお，酸一塩基当量と酸化一還元当量は異なりますので注意して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：君島久夫 日時：2006年10月11日 13時33分58秒

水酸化ニッケルとアンモニア水の溶解性を知りたい。

---

名前：芦田 実 日時：2006年10月14日 11時05分00秒

君島久夫 様

**質問419** 水酸化ニッケルとアンモニア水の溶解性を知りたい。

**回答** 説明不足で何が聞きたいのか，質問の意味が理解できません。質問箱の注意書きに書いてあるように，このような質問は本来なら削除対象です。もしも，水酸化ニッケルとアンモニア水を別々に水に溶かすのなら，水酸化ニッケルは水にほとんど溶けません（溶解度は約0.000003mol/L）。アンモニア水は水に約28%（質量%）溶けます。もしも，ニッケルイオンを含む水溶液にアンモニア水を添加するのなら，最初に水酸化ニッケルが沈殿します。さらに，アンモニア水を過剰に添加すると，錯イオンを作って水酸化ニッケルが溶解します。



埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：広瀬はるか 日時：2006年10月14日 01時59分42秒

氷を熱した場合の温度変化について質問です。温度変化をグラフにした場合、沸騰して温度が一定になる前に、早い段階で温度が少しだけ一定になる時があります。それはなぜ起こるのでしょうか？お忙しいところ申し訳ございません。よろしく願いいたします。

名前： 芦田 実      日時： 2006年10月22日 23時55分00秒

広瀬はるか 様

**質問420** 氷を熱した場合の温度変化について質問です。温度変化をグラフにした場合、沸騰して温度が一定になる前に、早い段階で温度が少しだけ一定になるときがあります。それはなぜ起こるのでしょうか？お忙しいところ申し訳ございません。よろしく願いいたします。

**回答** 水の温度は、ブンゼンバーナー（ヒーター）等の加熱（吸熱）による温度上昇、容器や空気への放熱による温度降下、蒸気（蒸発熱）として放出することによる温度降下等によって決まると思います。質問中の「早い段階」の意味がはっきりしませんが、例えば下の図で1500s以降のことを指しているのでしょうか。だとすれば、温度は一定ではなく、非常にゆっくりと上昇していると思います。温度計の精度や測定者がどれだけ正確に目盛りを読んだか（普通は最小目盛りの1/10まで読みます）の問題だと思います。熱の移動は2つの物体間の温度差が大きいほど速く起こります。したがって、沸点に近付くとバーナー等の加熱による吸熱効率が少し悪くなると思います。逆に、放熱や蒸発による放熱効率は良くなると思います。沸騰していなくても、沸点近くでは水面からさかんに蒸発しています。これらの効果が打ち消し合って、見かけじょう温度があまり変化しない（非常にゆっくりと上昇している）だけだと思います。その他、蒸気温度を測定している温度計の先端に水滴が付いたりとれたりして、見かけじょう温度が変動している可能性もあります。

「早い段階」が下の図で180s以前を指しているのならば、当然ながら氷の融解熱が原因です。氷が残っている間は温度が0°Cを保つことを実測するには、氷を砕いてかき氷にして水に浮かべ、かくはんしながら弱火で加熱する必要があります。これら2つの領域以外で温度が一定になるのであれば、氷や水に不純物が含まれている可能性もあります。さらに、バーナーを動かしたり、火力を調節したり、または人が動いたりドアや窓を開閉したときの風等の影響により途中で火力が変化した可能性もあります。

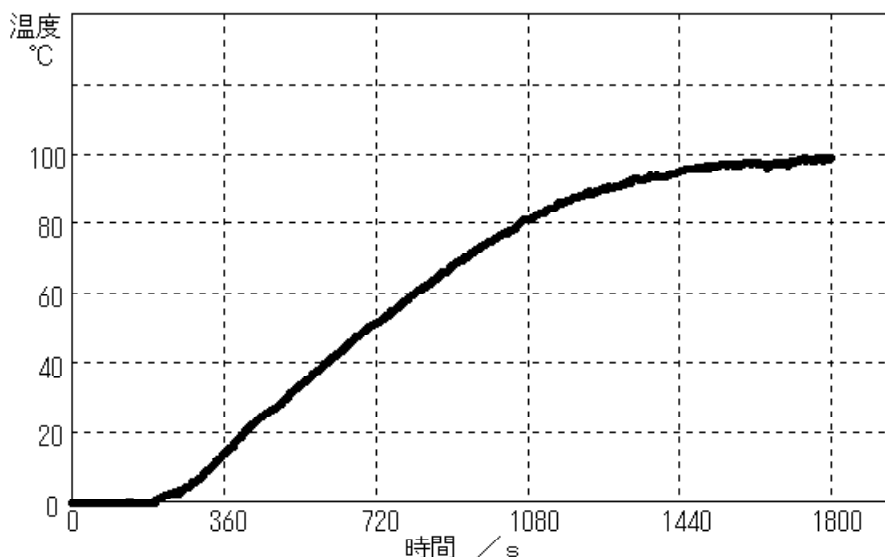


図 氷水から沸騰水への温度上昇(3s間隔でパソコン計測)

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

名前：藤森 博孝 日時：2006年10月16日 07時19分07秒

中学校の化学電池の実験で、電極に亜鉛板と銅板、水溶液に塩酸を用いた時に、亜鉛板が黒くなるのはどうしてですか？教えてください。よろしくお願いします。

---

名前：芦田 実 日時：2006年10月23日 00時30分00秒

藤森 博孝 様

質問421 中学校の化学電池の実験で、電極に亜鉛板と銅板、水溶液に塩酸を用いた時に、亜鉛板が黒くなるのはどうしてですか？教えてください。よろしくお願いします。

回答 亜鉛が溶解するときに、組成や結晶粒等の影響で表面に微少な凹凸ができて、見かけじょう黒ずんで見えたものと思います。その他、可能性は低いですが、使用した金属板、塩酸、純水や器具が汚れていたり、亜鉛板の表面に局部電池（質問10の回答をご覧ください）ができたかもしれません。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：藤森 博孝 日時：2006年10月30日 06時15分38秒

ありがとうございます。電極に使用した銅が付着したのかと思っていました。これで自信をもって、言えます。

---

名前：芦田 実 日時：2006年11月14日 18時30分00秒

藤森 博孝 様

質問421（追加） ありがとうございます。電極に使用した銅が付着したのかと思っていました。これで自信をもって、言えます。

回答 類似の質問がありましたので、改めて実験して調べてみました。前回の回答は当然のことながら、実験する前に電極を良く磨いたり、酸洗いして表面の酸化銅等を落として使用したことを前提にしています。特に、表面の酸化銅を落とさずに使用すると、酸化銅が塩酸に溶解して銅イオンを生じ、亜鉛板の表面で余計な酸化・還元反応（イオン化傾向・イオン化列）が起こり、亜鉛板の表面に金属銅の微粒子が付着して黒くなると思います。酸化銅の無いきれいな銅板を使用する場合には、銅が塩酸に溶解することはありません。詳細については質問433の回答をご覧ください。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：藤森 博孝 日時：2006年11月15日 07時03分01秒

ありがとうございます。補足して説明しておきたいと思います。

---

名前：杉浦由隆 日時：2006年10月18日 09時33分40秒

無機水和物の過冷却を抑制する方法を教えてください。一般的には、核となる埃を入れる等がありますが、他にどのような方法がありますか。例えば、水酸化バ

リウム8水和物の場合、融点は78℃ですが、DSCで測定すると凝固開始温度は54℃になります。

---

名前： 芦田 実 日時： 2006年10月23日 18時15分00秒

杉浦由隆 様

**質問422** 無機水和物の過冷却を抑制する方法を教えてください。一般的には、核となる埃を入れる等がありますが、他にどのような方法がありますか。例えば、水酸化バリウム8水和物の場合、融点は78℃ですが、DSCで測定すると凝固開始温度は54℃になります。

**回答** 過冷却状態の溶液等から固体を析出させる方法としては、核となる微結晶等を入れる（応用例：チオ硫酸ナトリウムの結晶成長、質問204の回答をご覧ください）以外に、衝撃（振動や音波等）を与える方法（応用例：エコカイロ、質問394, 224の回答をご覧ください）、核の代わりに容器内壁に汚れや傷を付けておく方法等があると思います。DSCで測定する場合にどれが利用できるかは、ご自分で判断して下さい。なお、水酸化バリウム無水物の融点は408℃または325℃（水素気流中）と辞典等に書かれています。したがって、水酸化バリウム八水和物の場合、融点というよりも78℃で結晶水に溶ける（溶解度の問題）と言うほうが正確かもしれません。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前： 杉浦由隆 日時： 2006年10月23日 18時51分21秒

芦田 実 殿

杉浦と申します。ご質問へのご回答有難うございました。参考にし、検討させて頂きます。

---

名前： 富士子 日時： 2006年10月18日 17時38分30秒

BTB液の原料は？

---

名前： 芦田 実 日時： 2006年10月27日 00時15分00秒

富士子 様

**質問423** BTB液の原料は？

**回答** 市販されているpH試験用のBTB指示薬（緑色水溶液）は、ブロモチモールブルーBTBが0.04%、水酸化ナトリウムNaOHが約0.006%、水が約99.95%でできています。また、滴定用指示薬（赤色溶液）は、ブロモチモールブルーBTBが0.1%、エタノール（エチルアルコール）が約40.5%、水が約59.4%でできています。参考として、質問159の回答および下記のホームページもご覧ください。

<http://www3.kanto.co.jp/catalog/Csearch.aspx>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

名前：松山文樹 日時：2006年10月20日 12時42分10秒

沸点の測定実験での温度計の球部の位置が液中であるのに対して、エタノールと水の混合液の蒸留実験では、温度測定の際温度計の球部の位置を、蒸気の温度を測定する位置にして装置を組み立てることを生徒にどのように理解させたらよいでしょうか。また、混合液の中に温度計の球部を沈めて測定した場合との「意味」の違いをお教え下さい。

名前：芦田 実 日時：2006年10月27日 02時20分00秒

松山文樹 様

**質問424** 沸点の測定実験での温度計の球部の位置が液中であるのに対して、エタノールと水の混合液の蒸留実験では、温度測定の際温度計の球部の位置を、蒸気の温度を測定する位置にして装置を組み立てることを生徒にどのように理解させたらよいでしょうか。また、混合液の中に温度計の球部を沈めて測定した場合との「意味」の違いをお教え下さい。

**回答** まず最初に、沸点の測定と混合物の蒸留では実験の目的が違うと思います。多くの場合に沸点の測定は、純物質の物理的な性質（沸点）の測定や純物質であることを確認するために行うと思います。混合物の蒸留は、成分物質を分離して純物質を取り出す（精製）ために行うと思います。

蒸留中は混合液と蒸気の組成が時間的に別々に変化していきます。すなわち、同じ時間における混合液の組成と蒸気の組成は互いに異なっています。例えば、下の図で300s~900s付近ではエタノールと水の混合液とエタノールのみ蒸気、1000s~1300s付近ではエタノールと水の混合液とエタノールと水の混合蒸気、1400s以後は液体も蒸気も水のみになっていると思います。混合液の中に温度計の球部を沈めて測定した場合には、その時の組成における混合物の沸点を意味すると思います。ただし、火力が強すぎてオーバーヒート（過加熱）することがありますので注意して下さい。蒸留管を上昇するに連れて、外の空気で冷やされて蒸気の温度が少し下がっていき、高沸点の成分が液化して下に戻っていきます。精密蒸留管（精留管、分留管）では管内にガラス玉等を詰めて温度の下降幅をわざと大きくしています。上

端のト字管（温度計）の位置で、液体に戻って下に落ちるか（高沸点の組成・成分）、蒸気のまま冷却管の方に行くか（低沸点の組成・成分）の最後の分かれ道になります。この位置で成分物質を分離している訳ですから、当然ながらここで蒸気の温度を測定しなければ意味がありません（蒸気温度がある狭い範囲の成分を採取）。ただし、温度計の球部に液滴（液体）が付着したり、蒸気の到達量（発生量）が減少すると、見かけじょうの温度

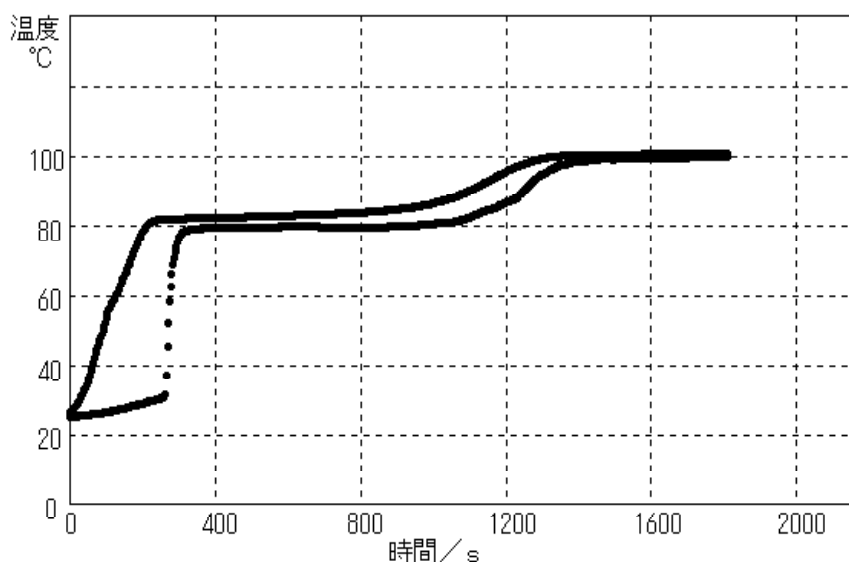


図 エタノールと水の2：1混合物の蒸留曲線  
1s間隔でパソコン計測、赤線（上側）が下の液体温度、青線（下側）が上の蒸気温度、1000s~1300sの曲線のズレは共沸混合物になっているため。

が下がりますので注意して下さい。したがって、蒸気温度は沸点の文献値よりも少し低くなる場合があります。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：鹿山 泰 日時：2006年10月21日 22時38分20秒

融解塩電解で“塩化ナトリウムの固体”から“ナトリウムの純粋な固体”を取り出す実験の事についてなのですが、この実験の時に使用する電極は炭素と鉄を使いますよね。どうして炭素と鉄なのですか？Ptとかの方が使えるような気がするのですが。教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2006年10月29日 23時35分00秒

鹿山 泰 様

質問425 融解塩電解で“塩化ナトリウムの固体”から“ナトリウムの純粋な固体”を取り出す実験の事についてなのですが、この実験の時に使用する電極は炭素と鉄を使いますよね。どうして炭素と鉄なのですか？Ptとかの方が使えるような気がするのですが。教えてください。

回答 室温と高温では化学反応の速度や起こり易さが異なります。室温のときの常識（白金は反応し難い）が高温では通用しないことがあります。白金Ptは、水酸化アルカリ（例えばNaOH）と高温に熱すれば侵され（反応し）、塩素とは250℃以上で直接反応して塩化白金(II)PtCl<sub>2</sub>になるそうです。それゆえ、電極に使用すると白金は消耗してゆくとおもいます。したがって、白金の様な高価な材料は使用せず、より安価な炭素と鉄を使用するものとおもいます。なお、ナトリウムの製法については質問281の回答もご覧下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：上野 梨砂 日時：2006年10月26日 09時49分24秒

水道に捨ててもいい試薬と捨ててはいけない試薬は、どうやって区別するのかを教えてくださいませんか？

---

名前：芦田 実 日時：2006年10月30日 01時10分00秒

上野 梨砂 様

質問426 水道に捨ててもいい試薬と捨ててはいけない試薬は、どうやって区別するのかを教えてくださいませんか？

回答 この質問は簡単に答えられる様なものではありません。普通は、試薬ビンに毒物や劇物（毒物及び劇物取締法、水質汚濁防止法、下水道法など多数）と書いてある物は流しに捨ててはいけません。しかし、書いてなくても特定化学物質や指定化学物質（特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律、化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）、化学物質排出把握管理促進法（PRTR制度/化管法）、都道府県の条例など多数）に指定されている試薬が非常に多くあります。その他に、ホウ素とその化合物（例えば、ホウ酸やホウ酸ナトリウム）の様に最近になって、人の健康の保護に関する環境



基準に追加指定された物で、試薬ビンや製品安全データシートMSDSに注意書きがまだ無い様な物もあるようです。また、試薬ごとに排水基準（人の健康の保護に関する環境基準、生活環境の保全に関する環境基準など多数）が決められています。さらに、安全な試薬でも多量に流しに捨ててはいけません。詳細については、下記の環境省、日本試薬協会、製薬会社等のホームページや化学関係の辞典等をご覧下さい。質問文中に具体的な試薬名が書いてありませんので、MSDSや辞典等を頼りにご自分で一つ一つ決めるしかないと思います。

<http://www.env.go.jp/hourei/>  
[http://www.env.go.jp/hourei/sogo\\_mokuji.php?mn=05](http://www.env.go.jp/hourei/sogo_mokuji.php?mn=05)  
[http://www.env.go.jp/hourei/sogo\\_mokuji.php?mn=12](http://www.env.go.jp/hourei/sogo_mokuji.php?mn=12)  
<http://www.env.go.jp/water/mizu.html>  
<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S25/S25HO303.html>  
<http://www.city.nerima.tokyo.jp/eco/gaiyo14/factory.pdf>  
<http://www.j-shiyaku.or.jp/home/msds/>  
<http://www3.kanto.co.jp/catalog/Csearch.aspx>  
<http://www.siyaku.com/>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：澤田眞一 日時：2006年11月01日 16時10分51秒

ケイ酸ナトリウム液水ガラス系液を3倍程度に希釈して樹脂台に塗布しました処、透明色の液が経時10日で白華現象が発生しました。ガラスはならない現象なのに、何故でしょうか

---

名前：芦田 実 日時：2006年11月02日 00時35分00秒

澤田眞一 様

質問427 ケイ酸ナトリウム液水ガラス系液を3倍程度に希釈して樹脂台に塗布しましたところ、透明色の液が経時10日で白華現象が発生しました。ガラスはならない現象なのに、なぜでしょうか

回答 ケイ酸ナトリウムは酸化ナトリウムと二酸化ケイ素からできており、水に溶けて粘稠性の溶液（別名：水ガラス）になり、塩基性を示します。この塩基性は、成分の1つである酸化ナトリウムが水に溶けて水酸化ナトリウムになったためと考えられます。白華現象が発生した理由は、コンクリートの白華現象と同様だと思います。コンクリートの場合は、酸化カルシウム（生石灰）が水と反応して生じた水酸化カルシウム（石灰）が空気中の二酸化炭素を吸収して、水に溶けない炭酸カルシウム（石灰岩）に変化するためだそうです。ケイ酸ナトリウムの場合は、水酸化ナトリウムが空気中の二酸化炭素を吸収して、炭酸ナトリウムに変化したためだと思います。炭酸ナトリウムは水に溶けますが、放置して水を蒸発させれば白色固体が残ります。水酸化ナトリウム水溶液を保管しているビンの口付近に多量の白色固体が生じるのも同様の現象です。白華現象については、参考として下記のホームページをご覧下さい。その他の理由として、可能性は低いですが、樹脂台と水酸化ナトリウムが反応したり、水が蒸発してケイ酸ナトリウムの固体が析出したかもしれません。

<http://www.kyowa-concrete.co.jp/kikho/catalog/aku/aku.htm>  
<http://www.soc.co.jp/cement/gijutsu/pdf/shirohana.pdf>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

**名前：澤田 眞一**      **日時：2006年11月02日 15時02分44秒**

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実 様

ご回答いただき、有難うございました。大変、参考になりました。

澤田 眞一

---

**名前：北村 稔**      **日時：2006年11月02日 15時57分04秒**

始めまして長崎に住んでいます 株式会社玄海電設 設備課 北村と申します  
アルギン酸ナトリウムの抽出の件で教えて頂けないでしょうか。テスト植物繊維はひじきです。脱色したのちに炭酸ナトリウム液につけておき、その後、希硫酸をいれゲル状のアルギン酸が出来るまでの時間はどのくらいでしょうか。又ゲル状から粉体にする方法を教えていただけますか。どうか宜しくお願いします。

---

**名前：芦田 実**      **日時：2006年11月03日 14時05分00秒**

北村 稔 様

**質問428** 始めまして長崎に住んでいます。株式会社玄海電設 設備課 北村と申します。

アルギン酸ナトリウムの抽出の件で教えて頂けないでしょうか。テスト植物繊維はひじきです。脱色したのちに炭酸ナトリウム液につけておき、その後、希硫酸をいれゲル状のアルギン酸が出来るまでの時間はどのくらいでしょうか。またゲル状から粉体にする方法を教えていただけますか。どうか宜しくお願いします。

**回答** 下記のホームページに昆布の場合が詳しく載っていました。ひじきの場合について、実験した訳ではありませんので、想像を含めて回答します。しかし、時間に関しては昆布の場合とあまり変わらないと思います。延びてもせいぜい2～3倍だと思います。

過酸化水素水に一晩浸して脱色し、水洗いする。過酸化水素の最適濃度は、ご自分で試行錯誤に決めて下さい。濃度を濃くしたり、温めれば時間を短縮できると思いますが、余計な酸化反応が起こる恐れがあります。炭酸ナトリウム水溶液に一晩浸してアルギン酸ナトリウムを抽出する。炭酸ナトリウムの最適濃度（数%？）は、ご自分で試行錯誤に決めて下さい。ひじきを砕いたり、濃度を濃くしたり、温めれば時間を短縮できると思いますが、余計な不純物が増えたり、次のろ過がうまくいかなくなる恐れがあります。ろ過については、状況によって適当な布、ろ紙、フィルター等を選んで下さい。

この後は昆布の場合とほとんど同じだと思います。かくはんしながら、ゆっくりと希硫酸を加えていくと、炭酸ナトリウム等によるアルカリ性が中和されたあたりで、ゲル状のアルギン酸が直ぐに析出すると思います。ろ過して、残ったゲルに水をかけて洗浄します。少量の水酸化ナトリウム水溶液に溶かし、エタノールを加えて混ぜるとアルギン酸ナトリウムの白色沈殿が直ぐに生じます。取り出して水を切って乾燥（放置、熱風？）します。生成物の純度や重合度の分布等が

昆布の場合と異なると思います。これについては、ご自分で調べて下さい。なお、下記のホームページには、アルギン酸ナトリウムの製法ではなく、性質に関するものも含まれています。参考としてご覧下さい。

<http://www.aichi-c.ed.jp/contents/rika/koutou/kagaku/ka5/aruginsan/aruginsan.htm>

<http://www.kimica.jp/japanese/Manufacturing-P1.htm>

<http://www.kimica.jp/masa/Manufacturing-P2.htm>

<http://www.tokukan.com/nekonbu/nekonbu2.htm>

<http://www.ne.jp/asahi/madamshabada/obasan-kan/text/labo/newlabo/recipe/lotion/tarassolo.html>

<http://www.saga-ecf.or.jp/scienceinfomation/aruginball2004/aruginball.htm>

<http://www.kochi-u.ac.jp/~tatukawa/edu/exp/bead.html>

[http://capsule.eng.niigata-u.ac.jp/howto/ht\\_ikura/](http://capsule.eng.niigata-u.ac.jp/howto/ht_ikura/)

<http://www.manabi.pref.gunma.jp/bunrui/gakupro/08010066/index.html>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：りゅう 日時：2006年10月23日 22時34分06秒

銀イオン，水銀イオン，銅イオン，カドミウムイオン，アルミニウムイオン，鉄イオンの6種類をすべて含む溶液があって，塩酸，水酸化ナトリウム，アンモニア水溶液，硫化アンモニウムの4種類の反応試薬を使って最後は，沈殿の形で分離したいんですけど，どの順に，どの溶液に，どの反応試薬を使えばよろしいでしょうか？

---

名前：芦田 実 日時：2006年11月06日 17時25分00秒

りゅう 様

**質問429** 銀イオン，水銀イオン，銅イオン，カドミウムイオン，アルミニウムイオン，鉄イオンの6種類をすべて含む溶液があって，塩酸，水酸化ナトリウム，アンモニア水，硫化アンモニウムの4種類の反応試薬を使って最後は，沈殿の形で分離したいんですけど，どの順に，どの溶液に，どの反応試薬を使えばよろしいでしょうか？

**回答** 化学実験（無機重金属イオンの定性分析）の本ならどれにでも，4種類の反応試薬に対する各イオンの反応が載っていると思いますので，詳細についてはそちらをご覧下さい。

①6種類を全て含む試料に塩酸を加えると，銀イオンと水銀イオンが白色塩化物として沈殿しますので，ろ過して分離します。このとき，塩酸を過剰に加えると，沈殿が溶解しますので注意して下さい。塩化銀と塩化水銀の沈殿混合物に過剰のアンモニア水を加えると，塩化銀は無色の銀アンモニウム錯イオンとなって溶解し，塩化水銀は黒色の金属水銀（沈殿）と白色の塩化水銀アミドの沈殿の混合物となりますので，ろ過して分離します。銀アンモニウム錯イオンを含むろ液を加熱してアンモニアを追い出すか，塩酸を加えて中和すると塩化銀が再び沈殿します。

②上の①の最初のろ液（銅イオン，カドミウムイオン，アルミニウムイオン，鉄イオンを含む）に過剰のアンモニア水を加えると，銅イオンとカドミウムイオンはそれぞれ青色と無色のアンモニウム錯イオンとなって溶解し，アルミニウムイオンと鉄イオンはそれぞれ白色ゲル状と茶色の水酸化物沈殿となりますので，ろ過して分離します。水酸化アルミニウムと水酸化鉄の沈殿混合物に過剰の水酸

化ナトリウムを加えると、水酸化アルミニウムは無色のアルミン酸イオンとなって溶解し、水酸化鉄は沈殿のまま残りますので、ろ過して分離します。アルミン酸イオンを含むろ液中の水酸化ナトリウムを塩酸で中和していくと水酸化アルミニウムが再び沈殿します。塩酸を加えすぎて水酸化アルミニウムも溶解した場合には、アンモニア水を加えれば水酸化アルミニウムが再び沈殿します。

③上の②の最初のろ液（銅とカドミウムのアンモニウム錯イオンを含む）に硫化アンモニウムを加えると、黒色の硫化銅の沈殿と黄色の硫化カドミウムの沈殿を生じますので、ろ過して分離します。硫化銅と硫化カドミウムの沈殿混合物に塩酸を加えると、硫化カドミウムはカドミウムイオンとなって溶解し、硫化銅は沈殿のまま残りますので、ろ過して分離します。このとき、塩酸を大過剰に加えると、硫化銅の沈殿も溶解する恐れがありますので注意して下さい。カドミウムイオンを含むろ液中の塩酸を水酸化ナトリウムで中和すると、黄色の硫化カドミウムが再び沈殿します。ただし、塩酸によって硫化水素が追い出されてしまえば、または加熱して硫化水素を追い出した後ならば、水酸化ナトリウムによって白色の水酸化カドミウムが沈殿します。

なお、別の操作順序や操作方法があるかもしれません。後はご自分で考えて下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：北村 稔 日時：2006年11月08日 12時41分41秒

芦田 実様、ありがとうございます御座いました。ご連絡遅れまして申し訳ありませんでした。

アルギン酸ナトリウムの取り出しに成功しました。ヒジキ・コンブで試して見ましたがコンブの方が多く取れました。又私の所で工業用水の再利用をしようと思っていて、成分を調べてもらった所鉄イオン（赤錆）が多量に有るとの事でした。インターネットで調べたところアルギン酸が良いとの事でしたので、試して見ましたが多少分離しましたが思うようにいきませんでした。鉄分を除去したいのですがアルギン酸と何かを混合すればできるかと思ひまして色々テストしようと思っています。化学的に良い方法があれば教えて居ただけないでしょうか。宜しくお願いします。

---

名前：芦田 実 日時：2006年11月12日 12時50分00秒

北村 稔 様

**質問430** 芦田実 様、ありがとうございます御座いました。ご連絡遅れまして申し訳ありませんでした。アルギン酸ナトリウムの取り出しに成功しました。ヒジキ・コンブで試して見ましたがコンブの方が多く取れました。また私の所で工業用水の再利用をしようと思っていて、成分を調べてもらった所鉄イオン（赤錆）が多量に有るとの事でした。インターネットで調べたところアルギン酸が良いとの事でしたので、試して見ましたが多少分離しましたが思うようにいきませんでした。鉄分を除去したいのですがアルギン酸と何かを混合すればできるかと思ひまして色々テストしようと思っています。化学的に良い方法があれば教えていただけないでしょうか。宜しくお願いします。

**回答** 赤錆は水酸化鉄(Ⅲ) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ や酸化鉄(Ⅲ) $\text{Fe}_2\text{O}_3$ だと思います。安定で水に溶けないため、アルギン酸と反応し難いと思います。塩酸や酢酸等の酸類を加えて $\text{pH}=5$ 前後に調節したら、水酸化鉄(Ⅲ)や酸化鉄(Ⅲ)が鉄(Ⅲ)イオン $\text{Fe}^{3+}$ に変

化してアルギン酸と結合する可能性があります。強酸性にすると水素イオン $H^+$ がアルギン酸と結合して妨害したり、アルギン酸が変性して沈殿する恐れがあります。また、最適pHはご自分で調べて下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：田所 正樹 日時：2006年11月07日 14時58分20秒

シリカゲルのpKaを教えてください。シリカゲルやケイ酸，シラノールなど様々なワードで検索しましたが，また，教科書等も探しましたが，わかりませんでした。よろしくお願いします。

---

名前：芦田 実 日時：2006年11月13日 23時35分00秒

田所 正樹 様

質問431 シリカゲルのpKaを教えてください。シリカゲルやケイ酸，シラノールなど様々なワードで検索しましたが，また教科書等も探しましたが，わかりませんでした。よろしくお願いします。

回答 日本化学会編，改訂2版 化学便覧 基礎編Ⅱ，丸善によると水中25℃におけるメタケイ酸 $H_2SiO_3$ の酸解離指数は $pK_{a1}=9.51$ ， $pK_{a2}=11.77$ であり，水中30℃におけるオルトケイ酸 $H_4SiO_4$ の酸解離指数は $pK_{a1}=9.66$ です。改訂3版と改訂4版 化学便覧 基礎編Ⅱによると，水中におけるオルトケイ酸(?)  $H_2SiO_2(OH)_2$ の酸解離指数は $pK_{a1}=9.86$ ， $pK_{a2}=13.1$ です。この様に便覧や辞典等によって値が少しずつ違っていますので，後はご自分で調べて下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：小川ひろし 日時：2006年11月09日 21時31分12秒

小学校の教員をしております。6年生の理科「水溶液の性質」に関する質問です。実験で金属との反応を扱っております。水酸化ナトリウム水溶液にアルミニウムを入れるとあわ(水素)が発生し溶けることは理解できたのですが，アンモニア水にアルミニウムを入れると，数日後溶けるという結果がよく分かりませんでした。化学反応式を立てながら考えたのですが，推測できません。どのような反応が起きているのか教えていただきたいと思っております。よろしく願いいたします。

---

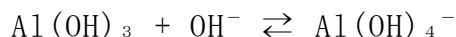
名前：芦田 実 日時：2006年11月14日 00時25分00秒

小川ひろし 様

質問432 小学校の教員をしております。6年生の理科「水溶液の性質」に関する質問です。実験で金属との反応を扱っております。水酸化ナトリウム水溶液にアルミニウムを入れるとあわ(水素)が発生し溶けることは理解できたのですが，アンモニア水にアルミニウムを入れると，数日後溶けるという結果がよく分かりませんでした。化学反応式を立てながら考えたのですが，推測できません。どのような反応が起きているのか教えていただきたいと思っております。よろしく願いいたします。

回答 濃アンモニア水にアルミ箔を入れて2日放置したところ，液が少し白く濁

ってきました。アルミニウムイオンとアンモニア分子は錯体をほとんど形成しませんので、この濁りは水酸化アルミニウムによるものと思います。さらに、アンモニア水にアルミニウムが溶解することより、アルミン酸イオンもできていると思います。したがって、アンモニアが弱塩基性のために水酸化物イオンの濃度が小さくて反応が遅いだけで、アルミニウムが水酸化ナトリウム水溶液に溶解する現象とあまり変わらないと思います。



埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：深澤 聡 日時：2006年11月08日 17時15分10秒

中学校の教員です。中学3年生の「化学電池」の授業が終わり、電極で利用したCu, Zn, Al, Fe, Pbを洗浄しようと思い、希塩酸中に数時間浸しておきました。が、迂闊にも希塩酸ではなく、廃棄塩酸を使用したところ、塩酸中に銅イオンが含まれていたようで、Feは銅メッキされたような状態になり、Zn, Al, Pbも黒変してしまいました。変色（メッキ？）されてしまった金属を元に戻す良い方法があれば教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2006年11月14日 17時35分00秒

深澤 聡 様

**質問433** 中学3年生の「化学電池」の授業が終わり、電極で利用したCu, Zn, Al, Fe, Pbを洗浄しようと思い、希塩酸中に数時間浸しておきましたが、迂闊にも希塩酸ではなく、廃棄塩酸を使用したところ、塩酸中に銅イオンが含まれていたようで、Feは銅メッキされたような状態になり、Zn, Al, Pbも黒変してしまいました。変色（メッキ？）されてしまった金属を元に戻す良い方法があれば教えてください。

**回答** 酸化銅CuOを6mol/L塩酸HCl（濃塩酸を純水で2倍に希釈）に溶かした液に亜鉛片Zn, アルミ箔Alとアルミ棒Al, 鉄片Feを別々に浸してみました。亜鉛とアルミニウムは気体や刺激臭の白煙を発生しながら激しく溶解（少し発熱）し、赤茶色の沈殿を生じ、亜鉛とアルミニウムの表面に黒色物質（微粒子）が付着しました。したがって、亜鉛やアルミニウムの金属が塩酸に溶解して水素を発生する反応および銅イオンが金属銅に還元され、亜鉛やアルミニウムがイオンに酸化される反応（イオン化傾向・イオン化列）が同時に起こっていると考えられます。



赤茶色の沈殿と黒色物質は恐らく同じ物であり、きれいな塩酸に溶けませんので、金属銅Cuの粒子だと思えます。色が違って見える理由は、粒子の大きさが違うためだと思います。白煙は刺激臭から塩化水素だと思えます。しかし、激しく反応しているので予想外の反応が起こり、塩素ガスが少し発生しているかもしれません。塩素ガスだとしたら、どの様な反応が起こっているのか、なぜ発生するのか不明です。鉄の場合は、反応が遅く銅メッキされたような状態になりました。磨かずに使用しましたので、鉄の表面に不動態膜があって反応が遅くなったかもしれません。しかし、化学現象としては亜鉛やアルミニウムの場合と同様であり、反応が遅いだけだと思います。

亜鉛とアルミニウム表面の黒色物質および鉄表面の銅メッキ状物質は、表面に付着しているだけだと思います。ゆえに、ろ紙やブラシ等でこすったり、ヤスリ紙や金属磨き等で磨けば、簡単に機械的に落とすことができると思います。また、黒変した亜鉛やアルミニウムをきれいな6mol/L塩酸に別々に浸けたところ、下地の金属が激しく溶解して黒色物質が剥がれ、下地が露出して灰色に変わることがありました。しかし、黒色物質が剥がれ難いこともありました。ただし、薄い塩酸では黒色物質が剥がれませんでした。さらに、黒変した亜鉛とアルミニウムを一緒にきれいな6mol/L塩酸に浸けた場合には、黒色物質は一度剥がれたようでしたが、直ぐにまた（別の？）黒色物質が付着しました。

以上のことから、銅イオンとは限らず溶液中に異種金属のイオンが存在すると、酸化・還元反応（イオン化傾向・イオン化列）によって黒変するようです。銅イオンを含む廃棄塩酸で黒変したり、黒色物質が表面から剥がれない理由も同様だと思います。それゆえ、実験するときは、電極を良く磨いて表面の酸化物等を落としてから使用して下さい。磨かずに使用すると、酸化物が酸に溶解してイオンを生じ、余計な反応（黒変）が起こる恐れがあります。実験後に酸洗いするときも、異種金属の電極と一緒にしないで下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：深澤 聡      日時：2006年11月17日 18時51分29秒

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実 様

ご回答いただき、有難うございました。早速、表面物質を剥がしてみるとともに、以後化学実験における金属の取り扱いには注意したいと思います。

深澤 聡

### Ⅲ. ホームページの開発

本研究室ホームページの化学実験のシミュレーションおよび溶液の作り方（濃度計算と調製方法）のメニュー（一部）を下図に示す。

シミュレーション形式(計算・アニメーション)

Flash(定性分析)	Java Applet(定量分析)
沈殿の生成(試薬滴下)	酸・塩基滴定(1価) <a href="#">ダウンロード</a>
沈殿の生成(硫化水素)	酸・塩基滴定(2価, 1価, 試行版)
沈殿の色見本	酸・塩基滴定(混合滴定)
操作方法(ろ過, 洗浄)	酸化・還元滴定( $\text{KMnO}_4$ )
操作方法(溶解)	酸化・還元滴定(ヨウ素滴定)
操作方法(安全)	キレート滴定(水の硬度)

溶液の作り方(濃度計算と調製方法)

[一括ダウンロード](#) 最新Ver. 2006.03.15

うまく計算できないときはブラウザを新しいものに変えて下さい

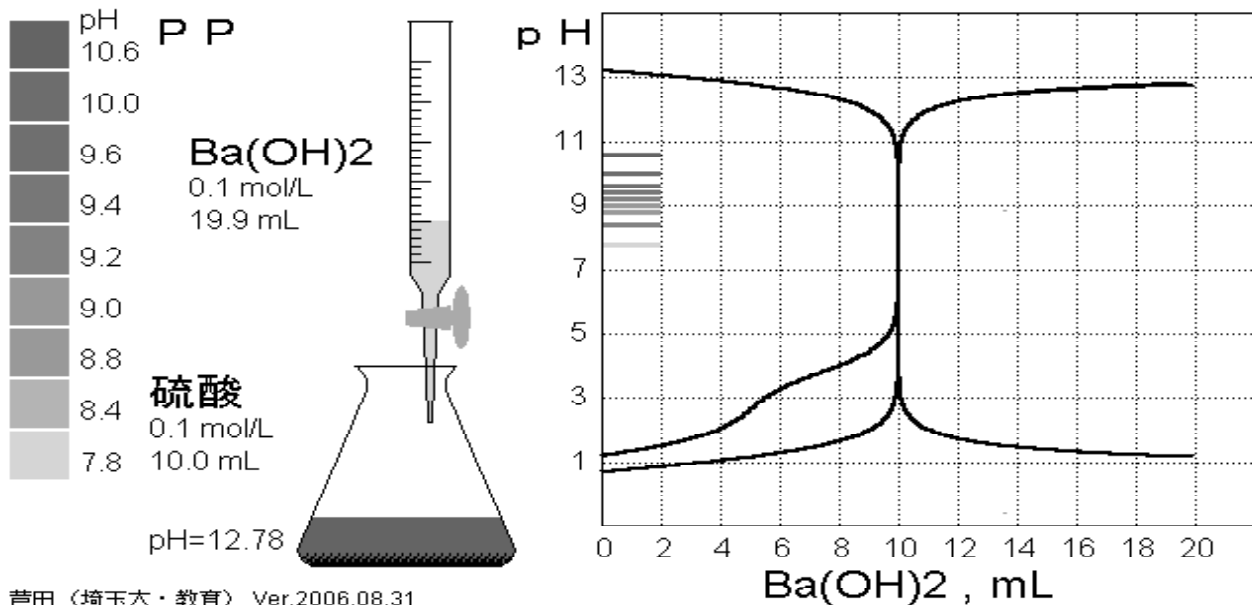
Java Applet	Java Applet
<a href="#">食塩水(塩化ナトリウム水溶液)</a>	
固体無水物の溶解度(試行版) ショ糖, $\text{NaCl}$ , $\text{KCl}$ , $\text{KBr}$ , $\text{NaHCO}_3$ , $\text{KHCO}_3$ , ホウ酸 $\text{H}_3\text{BO}_3$ , $\text{NaNO}_3$ , $\text{KNO}_3$	<a href="#">二酸化炭素と石灰水(試行版)</a>
酢酸水溶液	アンモニア水
塩酸	炭酸水素ナトリウム水溶液
硝酸	炭酸ナトリウム水溶液
硫酸	水酸化ナトリウム水溶液
シュウ酸水溶液	

図 化学実験のシミュレーションおよび溶液の作り方のメニュー（一部）

#### 1. 化学実験のシミュレーション

本年度は「酸・塩基滴定(2価, 1価)」を試作した。酸は硫酸 $\text{H}_2\text{SO}_4$ , シュウ酸 $(\text{COOH})_2$ , 塩酸 $\text{HCl}$ , 酢酸 $\text{CH}_3\text{COOH}$ の中から選択でき, 塩基は水酸化バリウム水溶液 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , 水酸化カルシウム水溶液(石灰水) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , 水酸化ナトリウム水溶液 $\text{NaOH}$ , アンモニア水 $\text{NH}_3$ の中から選択できる。ゆえに, 酸と塩基について16種類の組み合わせが可能であり, 滴下液を酸と塩基で入れ替えれば32種類の実験をシミュレーションできる。指示薬の変更, 濃度・体積・目盛の変更, 滴定の一時停止・再開や滴定曲線の記憶(6本)等を行うことができる。さらに, 指示薬の種類を追加したり, 使い易い様に今後改良する予定なので詳細については省略する。





芦田 (埼玉大・教育) Ver.2006.08.31

Ba(OH) <sub>2</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub>	NaOH	NH <sub>4</sub> OH	開始	再開	フェノールフタレイン
硫酸	シュウ酸	塩酸	酢酸	最後停止	数値読込	塩基滴下
塩基濃度(M)	0.1	横軸目盛(mL)	20	曲線消去	曲線消去	曲線記憶
酸の濃度(M)	0.10	試料体積(mL)	10	曲線記憶	曲線記憶	曲線記憶

この上に図が見えなかったら Java Applet を有効にして下さい。

[前に戻る](#)

コマンドボタン	内容の説明
開始	滴定曲線を最初から描きます
一時停止 ⇔ 再開	クリックするたびに命令が切り替わります
BTB ⇒ フェノールフタレイン ⇒ メチルオレンジ ⇒	クリックするたびに指示薬が切り替わります
曲線記憶 ⇔ 曲線消去	任意の位置で6本まで記憶できます
繰り返し ⇒ 目盛付近手動 ⇒ 当量付近手動 ⇒ 最後停止 ⇒	クリックするたびに実行モードが切り替わります
Ba(OH) <sub>2</sub> , Ca(OH) <sub>2</sub> , NaOH, NH <sub>4</sub> OH, 硫酸, シュウ酸, 塩酸, 酢酸	酸・塩基は16種類の組み合わせが可能です
塩基滴下 ⇒ 酸滴下 ⇒	クリックするたびに滴下試薬が切り替わります
テキストボックス	内容の説明
塩基濃度, 横軸目盛, 酸の濃度, 試料体積	数値を変更するには, TextBox に入力するたびに [Enter] キーを押すか, 最後にまとめて数値読込をクリックします
キーボードのPrint Screenキー (COPYキー)を押した後, 画像処理プログラム (Photoshop等)を起動し, 新規ファイルにペースト (はりつけ)すれば, 画面を取り込めます. 編集や保存もできます. その後にワープロ文章 (Word, 一太郎等)に画像の必要部分を切りばり (カット&ペースト) できます.	

図 酸・塩基滴定 (2 価, 1 価) の画面

## 2. 溶液の濃度計算と調製方法の自動サービス

本年度は「二酸化炭素と石灰水」、「固体無水物の溶解度」の2つを試作した。「二酸化炭素と石灰水」では、塩酸HClと石灰石CaCO<sub>3</sub>から発生する二酸化炭素CO<sub>2</sub>の使用可能量の計算、石灰水Ca(OH)<sub>2</sub>と二酸化炭素の反応による炭酸カルシウムCaCO<sub>3</sub>の沈殿生成量、さらに過剰の二酸化炭素により炭酸水素カルシウムCa(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>として溶解する量の計算を支援している。調製方法、化学的性質、計算方法も説明している。なお、上のシミュレーションと同様に、使い易い様に今後改良する予定なので詳細については省略する。

塩酸HClと石灰石CaCO<sub>3</sub>による二酸化炭素CO<sub>2</sub>の発生 (25°C) 芦田 (埼玉大・教育)  
 塩酸の濃度は質量百分率(優先) または モル濃度 のどちらか1つを入力して下さい Ver. 2006.07.12

化学物質	塩酸 HCl	石灰石	二酸化炭素 CO <sub>2</sub> (目安量)		
密度 g/mL	1.0457	CaCO <sub>3</sub>	溶解残存量	気体発生量	使用可能量
質量百分率 %	<input type="text" value="10.0"/>		0.143		
モル濃度 mol/L	<input type="text" value="2.87"/>		0.0339 飽和		
体積 mL	<input type="text" value="10.0"/>		8.29	236	56.0
質量 g	1.05	<input type="text" value="1.00"/>	0.0149	0.425	0.101
物質質量 mol	0.0287	0.00999	0.000339	0.00965	0.00229
モル質量 g/mol	36.46	100.09	44.01	44.01	44.01

塩酸HClの作り方(調製方法)は別のプログラムを見て下さい。  
 二酸化炭素CO<sub>2</sub>の作り方(調製方法)は下の説明を見て下さい。

石灰水Ca(OH)<sub>2</sub>と二酸化炭素CO<sub>2</sub>の反応による炭酸カルシウムCaCO<sub>3</sub>の沈殿と  
 炭酸水素カルシウムCa(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>の溶解 (25°C) 芦田 (埼玉大・教育)  
 石灰水を薄めて使う場合には希釈倍率に1より大きい数値を入力して下さい Ver. 2006.07.12

化学物質	石灰水Ca(OH) <sub>2</sub>	二酸化炭素	炭酸カルシウム	CaCO <sub>3</sub>	炭酸水素カルシウム
希釈倍率	<input type="text" value="1.00"/>	CO <sub>2</sub>	溶解量	沈殿量	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
質量百分率 %	0.170		0.0821		0.0000
モル濃度 mol/L	0.0229		0.0082 飽和		0.0000
体積 mL	<input type="text" value="30.0"/>	<input type="text" value="10.0"/>	30.0		30.0
質量 g	0.0509	0.0180	0.0246	0.0163	0.0000
物質質量 mol	0.000687	0.000409	0.000246	0.000163	0.000000
モル質量 g/mol	74.09	44.01	100.09	100.09	162.12

石灰水Ca(OH)<sub>2</sub>の作り方(調製方法)は下の説明を見て下さい。

図 二酸化炭素と石灰水の画面 (一部)

「固体無水物の溶解度」では、ショ糖C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>、塩化ナトリウムNaCl、塩化カリウムKCl、臭化カリウムKBr、炭酸水素ナトリウムNaHCO<sub>3</sub>、炭酸水素カリウムKHCO<sub>3</sub>、ホウ酸H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>、硝酸ナトリウムNaNO<sub>3</sub>、硝酸カリウムKNO<sub>3</sub>の9種類の試薬の溶解度と温度の関係(溶解度曲線)について、温度低下による析出量や温度上昇

による追加溶解量を計算できる。有害物質であるホウ酸や危険物質である硝酸ナトリウムと硝酸カリウムについては、特に注意事項を付けている。溶解度曲線とその数値データおよび計算方法も説明している。なお、これについても上と同様に、使い易い様に今後改良する予定なので詳細については省略する。

### 固体無水物の水に対する溶解度と温度の関係（溶解度曲線）

芦田（埼玉大・教育）

Ver. 2006.07.31

下の化学物質を選択し、溶質・溶媒の質量と温度を入力して下さい。

溶質の選択  ショ糖  NaCl  KCl  KBr  NaHCO<sub>3</sub>  KHCO<sub>3</sub>  
 使用注意  H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>  NaNO<sub>3</sub>  KNO<sub>3</sub> 左の薬品は下の注意事項を熟読下さい。

ホウ酸H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> 温度 °C	最低 0			最初の温度		最高 100
	0.0	20.0	40.0	60.0	80.0	100.0
溶質の質量 g				50.0		
溶解量 g	14.04	17.11	20.03	21.40	21.40	21.40
析出量 g	7.36	4.29	1.37	0.00	0.00	0.00
溶媒の水の量 g, mL				100.0		
上澄み液の濃度 g/水100g	28.07	34.23	40.06	42.80	42.08	42.08
上澄み液の濃度 mass%	21.92	25.50	28.60	29.97	29.97	29.97
飽和濃度 g/水100g	2.77	4.88	8.9	14.89	23.55	37.99
飽和濃度 mass%	2.7	4.65	8.17	12.96	19.06	27.53

最初の温度で溶解し、他の温度に変更したときの状況を計算しています。

飽和濃度に調節

溶質の除去・追加質量 g	-7.36	-4.29	-1.37	1.49	4.24	6.73
水の追加・濃縮量 g, mL	26.23	12.52	3.43	-3.25	-8.27	-11.96

飽和濃度に調節するには、溶質か溶媒のどちらかを増減して下さい。

化学物質	式量g/mol	加水分解	潮解風解	酸化爆発	毒物劇物	危険物	PRTR
ホウ酸H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	61.83	ない	ない	ない	人の健康	ない	1-304

注意事項 PRTR とは化学物質管理促進法のことです。

ホウ素は有害な物質であり「人の健康の保護に関する環境基準」に1mg/L以下と規定されています。さらに、ホウ素及びその化合物の「一律排水基準」は10mg/L以下と規定されています。実験後の廃液は必ず専用の容器に保管して下さい。ホウ酸を流しに捨てる場合は水で0.057g/L以下に希釈する必要があります。これは、ホウ酸1g当たりに水17.5Lとなり、希釈することができません。

図 固体無水物の溶解度の画面（一部）

#### IV. 参考資料（研究発表）

次頁から吉田俊久，稲場秀明編，『図解 学力向上につながる理科の題材 「知を活用する力」に着目して学習意欲を喚起する 化学編』に分担執筆した2つの原稿（研究発表1と2で報告済み）を参考として載せる。その後ろにインターネット上の雑誌The Chemical Education Journal (CEJ), Vol. 9, No. 2 (Serial No. 17)に掲載した論文（研究発表3で報告済み）を参考として載せる。

著作権を考慮して本資料には、次の研究発表を記載しないことにする。

#### 報告書の104頁～107頁

芦田実，インターネットの質問箱に届く「溶解」とは？（吉田俊久，稲場秀明編，  
図解 学力向上につながる理科の題材 「知を活用する力」に着目して学習意欲を  
喚起する 化学編），26-29頁，東京法令，平成18年(2006)。

#### 報告書の108頁～111頁

芦田実，インターネットの質問箱に届く「酸・塩基」とは？（吉田俊久，稲場秀  
明編，図解 学力向上につながる理科の題材 「知を活用する力」に着目して学習  
意欲を喚起する 化学編），34-37頁，東京法令，平成18年(2006)。

**Automatic Services of Calculating Data and for the Preparation of Solutions by Using Internet:  
– Nitric Acid Aqueous Solution and Sulfuric Acid Aqueous Solution –**

Minoru Ashida\*, Makoto Shishido, Nobutaka Okajima, Elizabeth S. Escano and Takahiro Abe  
Faculty of Education, Saitama University  
255 Shimo-ohkubo, Sakura-ku, Saitama, Saitama, 338-8570 Japan  
E-mail: ashida@post.saitama-u.ac.jp

## **I. Introduction**

Dislike of science is now spreading over students and even teachers in Japanese elementary schools. It seems that interest in science (chemistry) may often be generated through experiments. Therefore, we started an automatic service in the homepage of our chemical laboratory [ref. 1] on how to prepare aqueous solutions (calculating concentrations and preparation methods) [ref. 2, 3] which are the bases of some chemical experiment, in order to reduce dislike of science and to do various experiments using solutions prepared by teachers in elementary schools. Even a person who has no background in computers can use it anytime when it is necessary. Furthermore, we started a download service, so you can carry out this program even in a PC (offline) if you download a compressed file and extract it.

On previous reports [ref. 2, 3], we discussed about sodium chloride aqueous solution, acetic acid aqueous solution, hydrochloric acid, ammonia water, and sodium hydroxide aqueous solution, and already started service in the homepage. In this report, we have developed the programs for nitric acid and sulfuric acid aqueous solutions, which would be very useful in the future, and we are planning to put it in the homepage as well. However, there are only few general users of this homepage service because it is not yet known very much. Therefore, we decided to make it known to many people through this report, and to have them use the service.

## **II. Operation manual for users**

We explain mainly about a preparation method of nitric acid aqueous solution. The initial screen (fig. 1) is displayed when you select and click "the nitric acid" from a menu of "preparation of solutions (including calculation of concentration and caution)". The initial screen (fig. 2) is displayed likewise when you chose sulfuric acid (an operation method is approximately similar in the case of the following nitric acid aqueous solution). With nitric acid aqueous solution, five textboxes of the left column are linked with five buttons of the central column. You input numerical value (for example, percentage concentration and volume of solution after dilution) into two textboxes to prepare an aqueous solution from the concentration and volume of aqueous solution after dilution and/or to calculate the concentration of aqueous solution after dilution from the volume of conc. nitric acid and diluent water before dilution. Then you push a right button of the empty textbox (for example, nitric acid volume of the central column). Even if a numerical value is entered into

the left textbox of the button which you pushed then, it is not treated as the thing which is input. A program calculates numerical values of all the empty textboxes automatically and displays them by a green letter (fig. 3). It is also possible to have the inputs in an exponential form, such as 5.432E-1 and 1.234e5. Note, however, that no space is allowed to be inserted between the E (e) and the figures.

Because we assume that the person who uses this program does not know a calculation method of the concentration, we have produced it to run as possible even if users operate it at random. The program can calculate, if you input numerical values into two textboxes like statement above, but the program runs even if you input more than three numerical values into textboxes. However, a calculation adopts only two numerical values. When you input more than three numerical values showing priority sequence similar to table 1 (priority sequence with other chemical reagents is similar to the case of nitric acid). It is desirable that the numerical value that was not adopted should not vary with the calculation. (In other words, the other numbers are not random numerical value). You can clear all the numerical values or calculated values with a button at the right column before calculating again. In addition, if you only change the last numerical value without the prior clearing of the existing numerical values and push the button, the value that you changed may not be adopted due to the priority sequence of adoption and the previous value may be displayed by the new calculation.

Because conc. nitric acid comes in normal concentration (70%) and in fuming nitric acid (100%), so you can choose which of the two you are going to calculate by pressing the checkbox. That is why it will display a warning in red letters when a calculation exceeds these concentration 70% (15.6 mol/L) or 100% (23.9 mol/L) (fig. 4). When you convert the concentration (for example, from the percentage concentration to molarity), you input the numerical value into textbox of either; then, you push the right button of the other textbox (fig. 5). In addition, an error message is displayed when you cannot calculate the operation by mistake (fig. 6). Numerical value slightly changes when you push any button randomly in the state that a calculation is finished. This is the error caused to change the calculation method by priority sequence or round off numerical value for display.

### III. Preparation method and precautionary measures for aqueous solutions of strong acids

We put the following concrete preparation methods and caution for safety on our homepage as well as the programs of Java Applet. In addition, we put photographs and usage of main experimental apparatus. We describe the case of nitric acid aqueous solution (fig. 1) as follows. It is almost similar to sulfuric acid aqueous solution (fig. 2).

Wash and dry the necessary apparatus beforehand.

- 1 Measure the desired amount of distilled water using a measuring cylinder (fig. 7), then transfer it to a beaker.
- 2 Measure conc. nitric acid aqueous solution with another measuring cylinder (fig. 7), and add slowly it into the distilled water in the beaker while stirring.
- 3 If necessary, transfer the solution to a reagent bottle and keep it. Attach label showing the reagent's name, concentration, the date of preparation, and the name of the person who prepared the solution.

$\text{HNO}_3$  gas evaporates from conc. nitric acid aqueous solution to the space (air) above

the solution in a bottle. So, the bottle of conc. nitric acid is filled with  $\text{HNO}_3$  gas. When you open the bottle, the cover spray may appear. Be careful that neither gas nor mist gets in contact with the eyes. Moreover, the gas is toxic and it has a pungent smell. Work in a well ventilated place so that the gas may not be inhaled. If conc. nitric acid gets in contact with the eyes or is stained with the skin, immediately wash it with water. Keep in mind that heat is generated when conc. nitric acid is diluted with water. In adjusting the total volume of solution, do it after cooling the solution. The presumed concentration of reagent grade chemicals is near saturation (about 70%). When the exact concentration of dilute nitric acid solution is required, titrate it against a solution of a base of known concentration, i.e., a standard solution; then, you can determine its exact concentration.

#### IV. Calculation method

We explain the following calculation methods [ref. 4, 5] in the homepage. Please note that the case of nitric acid aqueous solution (fig. 1) is almost similar to that of sulfuric acid aqueous solution (fig. 2).

$$M_a = V_a D_c W_c / 100, \quad M_b = V_b + V_a D_c (100 - W_c) / 100, \quad W = 100 M_a / M,$$

$$M = M_a + M_b = V_a D_c + V_b = VD, \quad C = 1000 M_a / FV, \quad Q = V / V_b, \quad 1L = 1000mL$$

where  $V_a$  (mL),  $W_c$  (%) and  $D_c$  (g/mL) are volume, mass percentage and density of conc.  $\text{HNO}_3$  aqueous solution before dilution,  $M_a$  (g) mass of dissolved  $\text{HNO}_3$  gas,  $V_b$  (mL) volume of diluent water before dilution,  $M_b$  (g) mass of total water,  $M$  (g),  $V$  (mL),  $W$  (%),  $C$  (mol/L), and  $D$  (g/mL) mass, volume, mass percentage, molarity, and density of solution after dilution,  $Q$  volume of solution after dilution/volume of diluent water before dilution,  $F$  (g/mol) formula weight of  $\text{HNO}_3$ . An unknown value can be calculated with the use of expressions shown above and known values. You may use table 2 [ref. 6] to find the density from the concentration and to find the concentration from the solution volume/diluent water volume. In addition, the value of solution volume/diluent water volume at the concentration of 70% or 100% should become infinite, but we replace the value with a very big value (5000 or 10000) to prevent a serious error in the program running.

#### V. Software used

The OS used were Microsoft Windows 98, 2000 Professional, ME, XP home edition. Java Applet programs were produced with JBuilder 6 Professional of Borland [ref. 7-12], and uploaded through FFFTP 1.88 (free software) [ref. 13]. The HTML files were created and edited with Homepage Builder 2001 of IBM [ref. 14, 15] or Macromedia's Dreamweaver MX [ref. 16]. Stirling 1.31 (free software) [ref. 17] was used to edit the binary files of executable type.

The descriptions of the constitution of files and development of the programs were omitted, as they were already included in our previous reports [ref. 2, 3]. However, the distribution file for downloading was changed into an applet jar type in order to compress the button and textbox class files into a single file.

#### VI. Conclusion

The programs for calculating concentration and preparation method are now available

not only in the internet servers at Saitama University but also for outsiders ([ref 1](#)). These can be used for lesson plan preparations and other forms of research. Eventually, more services for preparation of aqueous solutions will be available in the near future.

#### References(URL are at 22/02/2006.)

- [ref. 1] Top Page of Chemical Laboratory <http://www.e-sensei.ne.jp/~ashida/index.htm>  
and <http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/index.htm>  
and <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/index.htm>
- [ref. 2] Minoru Ashida, Mayumi Igarashi, Hiromi Mutai, and Toshihisa Yoshida, "Automatic Services of Calculated Data and Preparation of Solutions by using Internet – Sodium Chloride Aqueous Solution –", The Chemical Education Journal (CEJ), Vol. 7, No. 1 (Serial No. 12)/Registration No. 7-5(2003) (in Japanese).
- [ref. 3] Minoru Ashida, Hiromi Mutai, and Mayumi Igarashi, "Automatic Services of Calculated Data and Preparation of Solutions by Using Internet – Acetic Acid Aqueous Solution, Hydrochloric Acid, Ammonia Water, and Sodium Hydroxide Aqueous Solution –", The Chemical Education Journal (CEJ), Vol. 8, No. 1 (Serial No. 14)/Registration No. 8-3(2004) (in Japanese).
- [ref. 4] Tetsuo Nakagawa, "Interconversion Formula for the Concentrations of Binary System Solution", Science Education Monthly, Vol. 51, No. 6, pp. 46-47 (2002) (in Japanese).
- [ref. 5] Tetsuo Nakagawa, "Useful Expressions for the Adjustment of Aqueous Solutions", Science Education Monthly, Vol. 51, No. 10, pp. 44-45(2002) (in Japanese).
- [ref. 6] Chem. Soc. Jpn ed., "Handbook of Chemistry, basic version II", Maruzen, 1993 (in Japanese).
- [ref. 7] Kazuya Takahashi, et. al., "500 Tips to Use Java Better !", Shuwasystem, 2002 (in Japanese).
- [ref. 8] Syuji Tanaka, "Introduction to JBuilder5 ! Java Programming", Sotechsha, 2001 (in Japanese).
- [ref. 9] Kenichirou Matsuura and Yuki Tsukasa, "JBuilder6 First", Softbank Pub., 2002 (in Japanese).
- [ref. 10] Seiki Akama, "Numerical Calculation with Java 2", Gihoudou Pub., 1999 (in Japanese).
- [ref. 11] Masaki Aono, "Computer Graphics Learning with Java", Ohmusha, 2002 (in Japanese).
- [ref. 12] Shigeru Nakayama, "Introduction to Java 2 Graphics Programming", Gihoudou Pub., 2000 (in Japanese).
- [ref. 13] <http://www2.biglobe.ne.jp/~sota/>
- [ref. 14] "Home Page Builder 2001 User's Guide", Japan IBM Corp., 1999 (in Japanese).
- [ref. 15] ANK Software, "HTML Tag Reference", Shoeisha, 2000 (in Japanese).
- [ref. 16] "Dreamweaver MX First Step Guide", Macromedia, Inc., 2002 (in Japanese).
- [ref. 17] <http://www.vector.co.jp/soft/win95/util/se079072.html> [return to back](#)



[Top](#)



[CEJ, Vol. 9, No. 2, Contents](#)



Table 1 Priority sequence to adopt two numerical values.

priority sequence	volume of nitric acid (mL)	volume of water (mL)	volume of solution (mL)	mass percentage concentration (%)	molar concentration (mol/L)
1			○	○	
2			○		○
3	○	○			
4	○		○		
5	○			○	
6	○				○
7		○		○	
8		○			○
9		○	○		
10				○	
11					○

Symbol circle indicates that its text box is input numerical value and the other button is pushed.

Table 2 The relation between the concentration and density of conc. nitric acid (upper) and fuming nitric acid (lower).

Table Relation between the concentration and density of HNO<sub>3</sub> aqueous solution at 25 degrees C  
Formula mass (molecular weight) of HNO<sub>3</sub> = 63.013  
calculated with 70 %

Mass Percentage (%)	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0
Molarity (mol/L)	0.159	0.32	0.647	0.98	1.322	1.67	2.026	2.39	2.762	3.143	3.53	3.927	4.332	4.746
Density of Sol.(g/mL)	1.002	1.008	1.019	1.03	1.041	1.052	1.064	1.076	1.088	1.1	1.112	1.125	1.137	1.15
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	1.009	1.018	1.038	1.059	1.082	1.105	1.131	1.159	1.188	1.22	1.255	1.293	1.334	1.379
Mass Percentage (%)	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0	52.0	54.0
Molarity (mol/L)	5.168	5.6	6.041	6.491	6.949	7.412	7.882	8.36	8.846	9.341	9.843	10.35	10.86	11.376
Density of Sol.(g/mL)	1.163	1.176	1.19	1.203	1.216	1.229	1.242	1.254	1.267	1.28	1.292	1.304	1.316	1.328
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	1.429	1.483	1.544	1.612	1.688	1.775	1.874	1.987	2.119	2.273	2.455	2.676	2.946	3.286
Mass Percentage (%)	56.0	58.0	60.0	62.0	64.0	66.0	68.0	70.0	conc. HNO <sub>3</sub>	72.0	74.0	76.0	78.0	
Molarity (mol/L)	11.896	12.421	12.95	13.48	14.011	14.545	15.082	15.62		16.159	16.701	17.242	17.787	
Density of Sol.(g/mL)	1.339	1.35	1.36	1.37	1.38	1.389	1.398	1.406		1.414	1.422	1.43	1.437	
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	3.724	4.31	5.132	6.368	8.432	12.565	24.969	5000.0		-24.676	-12.269	-8.137	-6.071	
Mass Percentage (%)	80.0	82.0	84.0	86.0	88.0	90.0	92.0	94.0	96.0	98.0	100.0	fuming HNO <sub>3</sub>		
Molarity (mol/L)	18.332	18.878	19.425	19.971	20.515	21.054	21.592	22.117	22.65	23.207	23.868			
Density of Sol.(g/mL)	1.444	1.451	1.457	1.463	1.469	1.474	1.479	1.483	1.487	1.492	1.504			
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	-4.834	-4.009	-3.421	-2.981	-2.639	-2.367	-2.145	-1.961	-1.806	-1.67	-1.547			

Table Relation between the concentration and density of HNO<sub>3</sub> aqueous solution at 25 degrees C  
Formula mass (molecular weight) of HNO<sub>3</sub> = 63.013  
calculated with 100 %

Mass Percentage (%)	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0
Molarity (mol/L)	0.159	0.32	0.647	0.98	1.322	1.67	2.026	2.39	2.762	3.143	3.53	3.927	4.332	4.746
Density of Sol.(g/mL)	1.002	1.008	1.019	1.03	1.041	1.052	1.064	1.076	1.088	1.1	1.112	1.125	1.137	1.15
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	1.008	1.013	1.023	1.033	1.044	1.056	1.068	1.081	1.094	1.109	1.124	1.14	1.157	1.175
Mass Percentage (%)	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0	52.0	54.0
Molarity (mol/L)	5.168	5.6	6.041	6.491	6.949	7.412	7.882	8.36	8.846	9.341	9.843	10.35	10.86	11.376
Density of Sol.(g/mL)	1.163	1.176	1.19	1.203	1.216	1.229	1.242	1.254	1.267	1.28	1.292	1.304	1.316	1.328
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	1.194	1.215	1.236	1.26	1.285	1.312	1.342	1.375	1.41	1.447	1.488	1.533	1.583	1.638
Mass Percentage (%)	56.0	58.0	60.0	62.0	64.0	66.0	68.0	70.0	conc. HNO <sub>3</sub>	72.0	74.0	76.0	78.0	
Molarity (mol/L)	11.896	12.421	12.95	13.48	14.011	14.545	15.082	15.62		16.159	16.701	17.242	17.787	
Density of Sol.(g/mL)	1.339	1.35	1.36	1.37	1.38	1.389	1.398	1.406		1.414	1.422	1.43	1.437	
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	1.698	1.764	1.838	1.921	2.014	2.118	2.236	2.371		2.525	2.705	2.915	3.163	
Mass Percentage (%)	80.0	82.0	84.0	86.0	88.0	90.0	92.0	94.0	96.0	98.0	100.0	fuming HNO <sub>3</sub>		
Molarity (mol/L)	18.332	18.878	19.425	19.971	20.515	21.054	21.592	22.117	22.65	23.207	23.868			
Density of Sol.(g/mL)	1.444	1.451	1.457	1.463	1.469	1.474	1.479	1.483	1.487	1.492	1.504			
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	3.463	3.83	4.289	4.881	5.673	6.784	8.452	11.242	16.816	33.508	10000.0			

## Preparation method for aqueous solution of nitric acid

If you can not see a figure, please activate the Java Applet. (Ver. 21.10.2006) [Return to back](#)



### Preparation of HNO<sub>3</sub> Aqueous Solution

Ashida (Fac. Edu., Saitama Univ.)

Input 2 parameters into text boxes, click a button that you want to calculate

Ver. 21.10.2006

	Volume of HNO <sub>3</sub> (mL)	Calculated values clear
	Volume of Water (mL)	All clear
	Volume of Solution (mL)	
	Mass Percentage (%)	
	Molarity (mol/L)	

If you want to convert concentration, input either mass percentage or molarity.



You estimate significant figures.



Concentration  70% (conc.)  100% (fuming)

Table Relation between the concentration and density of HNO<sub>3</sub> aqueous solution at 25 degrees C  
Formula mass (molecular weight) of HNO<sub>3</sub> = 63.013

	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0
Mass Percentage (%)	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0
Molarity (mol/L)	0.159	0.32	0.647	0.98	1.322	1.67	2.026	2.39	2.762	3.143	3.53	3.927	4.332	4.746
Density of Sol.(g/mL)	1.002	1.008	1.019	1.03	1.041	1.052	1.064	1.076	1.088	1.1	1.112	1.125	1.137	1.15
Vol. of Sol./vol. of H <sub>2</sub> O	1.009	1.018	1.038	1.059	1.082	1.105	1.131	1.159	1.188	1.22	1.255	1.293	1.334	1.379
Mass Percentage (%)	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0	52.0	54.0
Molarity (mol/L)	5.168	5.6	6.041	6.491	6.949	7.412	7.882	8.36	8.846	9.341	9.843	10.35	10.86	11.376
Density of Sol.(g/mL)	1.163	1.176	1.19	1.203	1.216	1.229	1.242	1.254	1.267	1.28	1.292	1.304	1.316	1.328
Vol. of Sol./vol. of H <sub>2</sub> O	1.429	1.483	1.544	1.612	1.688	1.775	1.874	1.987	2.119	2.273	2.455	2.676	2.946	3.286
Mass Percentage (%)	56.0	58.0	60.0	62.0	64.0	66.0	68.0	70.0	conc.	72.0	74.0	76.0	78.0	
Molarity (mol/L)	11.896	12.421	12.95	13.48	14.011	14.545	15.082	15.62	HNO <sub>3</sub>	16.159	16.701	17.242	17.787	
Density of Sol.(g/mL)	1.339	1.35	1.36	1.37	1.38	1.389	1.398	1.406		1.414	1.422	1.43	1.437	
Vol. of Sol./vol. of H <sub>2</sub> O	3.724	4.31	5.132	6.368	8.432	12.565	24.969	5000.0		-24.676	-12.269	-8.137	-6.071	
Mass Percentage (%)	80.0	82.0	84.0	86.0	88.0	90.0	92.0	94.0	96.0	98.0	100.0	fuming		
Molarity (mol/L)	18.332	18.878	19.425	19.971	20.515	21.054	21.592	22.117	22.65	23.207	23.868	HNO <sub>3</sub>		
Density of Sol.(g/mL)	1.444	1.451	1.457	1.463	1.469	1.474	1.479	1.483	1.487	1.492	1.504			
Vol. of Sol./vol. of H <sub>2</sub> O	-4.834	-4.009	-3.421	-2.981	-2.639	-2.367	-2.145	-1.961	-1.806	-1.67	-1.547			

#### Calculation method

The following relations exist among mass and volume of solution, etc.

$$M_a = V_a D_c W_c / 100, \quad M_b = V_b + V_a D_c (100 - W_c) / 100, \quad W = 100 M_a / M,$$

$$M = M_a + M_b = V_a D_c + V_b = V D, \quad C = 1000 M_a / FV, \quad Q = V / V_b, \quad 1L = 1000mL$$

where  $V_a$ (mL),  $W_c$ (%) and  $D_c$ (g/mL) are volume, mass percentage and density of conc. HNO<sub>3</sub> aqueous solution before dilution,  $M_a$ (g) mass of dissolved HNO<sub>3</sub> gas,  $V_b$ (mL) volume of diluent water before dilution,  $M_b$ (g) mass of total water,  $M$ (g),  $V$ (mL),  $W$ (%),  $C$ (mol/L), and  $D$ (g/mL) mass, volume, mass percentage, molarity, and density of solution after dilution,  $Q$  volume of solution after dilution/volume of diluent water before dilution,  $F$ (g/mol) formula weight of HNO<sub>3</sub>

An unknown value can be calculated with the use of relations shown above and known values.

You may use the upper table to convert concentration to density, volume of solution/volume of diluent water to concentration.

#### Preparation method

Wash and dry apparatus beforehand.

- 1 Measure distilled water with a measuring cylinder, and transfer the water to a beaker.
- 2 Measure conc. HNO<sub>3</sub> aqueous solution with another measuring cylinder, and add slowly into the beaker with stirring.
- 3 If you need, transfer the solution to a reagent bottle and attach label showing the reagent's name, concentration, date, the person who prepared.

#### Caution

HNO<sub>3</sub> gas evaporates from conc. nitric acid aqueous solution to the space (air) above the solution in a bottle. So, the bottle of conc. nitric acid is filled with HNO<sub>3</sub> gas. When you open the cover spray may appear. Be careful for neither gas nor mist to get in contact with the eyes. Moreover, there is toxicity in the gas and it has a pungent smell. Deal with it in a well ventilated place so that gas may not be inhaled.

If conc. nitric acid gets in contact with the eyes or is stained with the skin, immediately wash it with water.

Keep in mind that it generates heat when diluting conc. nitric acid with water. In adjusting the total volume of solution, do it after getting cold.

The presumed concentration of reagent grade chemicals is near saturation (about 70%). When the exact concentration of dilute nitric acid solution is required, titrate it against a solution of a base of known concentration, a standard solution; then, you can determine its exact concentration.

Fig. 1 The initial screen of the program for preparing nitric acid aqueous solution.

## Preparation method for aqueous solution of sulfuric acid

If you can not see a figure, please activate the Java Applet. (Ver. 21.10.2006) [Return to back](#)

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

### Preparation of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Aqueous Solution

Ashida (Fac. Edu., Saitama Univ.)  
Ver. 21.10.2006

Input 2 parameters into text boxes, click a button that you want to calculate

	Volume of H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (mL)	Calculated values clear
	Volume of Water (mL)	All clear
	Volume of Solution (mL)	
	Mass Percentage (%)	
	Molarity (mol/L)	

If you want to convert concentration, input either mass percentage or molarity. H<sup>+</sup> SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> H<sup>+</sup>  
 You estimate significant figures. Concentration

	H <sup>+</sup>	HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	90%	98%	100%									
<b>Table</b> Relation between the concentration and density of H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> aqueous solution at 25 degrees C Formula mass (molecular weight) of H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = 98.073 <span style="float: right;">calculated with 90 %</span>														
Mass Percentage (%)	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0
Molarity (mol/L)	0.102	0.206	0.417	0.634	0.857	1.085	1.319	1.559	1.806	2.058	2.318	2.584	2.856	3.136
Density of Sol. (g/mL)	1.004	1.01	1.023	1.037	1.05	1.064	1.078	1.092	1.107	1.122	1.137	1.152	1.167	1.183
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	1.004	1.009	1.02	1.03	1.042	1.054	1.067	1.081	1.096	1.111	1.128	1.146	1.165	1.185
Mass Percentage (%)	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0	52.0	54.0
Molarity (mol/L)	3.423	3.717	4.018	4.326	4.642	4.967	5.299	5.639	5.988	6.346	6.715	7.092	7.481	7.879
Density of Sol. (g/mL)	1.199	1.215	1.231	1.248	1.265	1.282	1.299	1.317	1.335	1.353	1.372	1.391	1.411	1.431
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	1.207	1.231	1.256	1.284	1.314	1.346	1.382	1.42	1.462	1.507	1.557	1.613	1.674	1.742
Mass Percentage (%)	56.0	58.0	60.0	62.0	64.0	66.0	68.0	70.0	72.0	74.0	76.0	78.0	80.0	
Molarity (mol/L)	8.289	8.709	9.14	9.582	10.035	10.5	10.975	11.462	11.961	12.47	12.989	13.516	14.048	
Density of Sol. (g/mL)	1.452	1.473	1.494	1.516	1.538	1.56	1.583	1.606	1.629	1.653	1.676	1.699	1.722	
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	1.818	1.904	2.002	2.114	2.244	2.396	2.577	2.794	3.06	3.394	3.824	4.4	5.211	
Mass Percentage (%)	82.0	84.0	86.0	88.0	90.0	92.0	94.0	96.0	98.0	100.0				
Molarity (mol/L)	14.579	15.108	15.625	16.123	16.602	17.062	17.502	17.918	18.296	18.614				
Density of Sol. (g/mL)	1.744	1.764	1.782	1.797	1.809	1.819	1.826	1.831	1.831	1.826				
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	6.433	8.479	12.59	24.971	10000.0	-24.668	-12.286	-8.17	-6.126	-4.915				

### Calculation method

The following relations exist among mass and volume of solution, etc.

$$M_a = V_a D_c W_c / 100, \quad M_b = V_b + V_a D_c (100 - W_c) / 100, \quad W = 100 M_a / M,$$

$$M = M_a + M_b = V_a D_c + V_b = V D, \quad C = 1000 M_a / F V, \quad Q = V / V_b, \quad 1 L = 1000 mL$$

where  $V_a$  (mL),  $W_c$  (%) and  $D_c$  (g/mL) are volume, mass percentage and density of conc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> aqueous solution before dilution,  $M_a$  (g) mass of dissolved H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,  $V_b$  (mL) volume of diluent water before dilution,  $M_b$  (g) mass of total water,  $M$  (g),  $V$  (mL),  $W$  (%),  $C$  (mol/L), and  $D$  (g/mL) mass, volume, mass percentage, molarity, and density of solution after dilution,  $Q$  volume of solution after dilution/volume of diluent water before dilution,  $F$  (g/mol) formula weight of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

An unknown value can be calculated with the use of relations shown above and known values.

You may use the upper table to convert concentration to density, volume of solution/volume of diluent water to concentration.

### Preparation method

Wash and dry apparatus beforehand.

- 1 Measure distilled water with a measuring cylinder, and transfer the water to a beaker.
- 2 Measure conc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> aqueous solution with another measuring cylinder, and add slowly into the beaker with stirring.
- 3 If you need, transfer the solution to a reagent bottle and attach label showing the reagent's name, concentration, date, the person who prepared.

### Caution

If conc. sulfuric acid gets in contact with the eyes or is stained with the skin, immediately wash it with water.

Keep particularly in mind that it generates heat very much and steam comes out when adding conc. sulfuric acid slowly to a large quantity of water with stirring. Moreover, since there is toxicity in the steam (sulfuric acid aqueous solution), deal with it in a well ventilated place so that steam may not be inhaled. In adjusting the total volume of solution, do it after getting cold.

The presumed concentration of reagent grade chemicals is about 90%, 98%, or 100%. When the exact concentration of dilute sulfuric acid solution is required, titrate it against a solution of a base of known concentration, a standard solution; then, you can determine its exact concentration.

Fig. 2 The initial screen of the program for preparing sulfuric acid aqueous solution.



### Preparation of HNO<sub>3</sub> Aqueous Solution

Ashida (Fac. Edu., Saitama Univ.)

Ver. 21.10.2006

Input 2 parameters into text boxes, click a button that you want to calculate

53.46	Volume of HNO <sub>3</sub> (mL)	Calculated values clear
450.99	Volume of Water (mL)	All clear
500.0	Volume of Solution (mL)	Mass of Solution = 526.15 g
10.0	Mass Percentage (%)	Density of Solution = 1.052 g/mL
1.67	Molarity (mol/L)	

If you want to convert concentration, input either mass percentage or molarity.



You estimate significant figures.

H<sup>+</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Concentration  70% (conc.)  100% (fuming)

Table Relation between the concentration and density of HNO<sub>3</sub> aqueous solution at 25 degrees C  
Formula mass (molecular weight) of HNO<sub>3</sub> = 63.013

	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0
Mass Percentage (%)	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0
Molarity (mol/L)	0.159	0.32	0.647	0.98	1.322	1.67	2.026	2.39	2.762	3.143	3.53	3.927	4.332	4.746
Density of Sol.(g/mL)	1.002	1.008	1.019	1.03	1.041	1.052	1.064	1.076	1.088	1.1	1.112	1.125	1.137	1.15
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	1.009	1.018	1.038	1.059	1.082	1.105	1.131	1.159	1.188	1.22	1.255	1.293	1.334	1.379
Mass Percentage (%)	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0	52.0	54.0
Molarity (mol/L)	5.168	5.6	6.041	6.491	6.949	7.412	7.882	8.36	8.846	9.341	9.843	10.35	10.86	11.376
Density of Sol.(g/mL)	1.163	1.176	1.19	1.203	1.216	1.229	1.242	1.254	1.267	1.28	1.292	1.304	1.316	1.328
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	1.429	1.483	1.544	1.612	1.688	1.775	1.874	1.987	2.119	2.273	2.455	2.676	2.946	3.286
Mass Percentage (%)	56.0	58.0	60.0	62.0	64.0	66.0	68.0	70.0	conc.	72.0	74.0	76.0	78.0	
Molarity (mol/L)	11.896	12.421	12.95	13.48	14.011	14.545	15.082	15.62	HNO <sub>3</sub>	16.159	16.701	17.242	17.787	
Density of Sol.(g/mL)	1.339	1.35	1.36	1.37	1.38	1.389	1.398	1.406		1.414	1.422	1.43	1.437	
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	3.724	4.31	5.132	6.368	8.432	12.565	24.969	5000.0		-24.676	-12.269	-8.137	-6.071	
Mass Percentage (%)	80.0	82.0	84.0	86.0	88.0	90.0	92.0	94.0	96.0	98.0	100.0	fuming		
Molarity (mol/L)	18.332	18.878	19.425	19.971	20.515	21.054	21.592	22.117	22.65	23.207	23.868	HNO <sub>3</sub>		
Density of Sol.(g/mL)	1.444	1.451	1.457	1.463	1.469	1.474	1.479	1.483	1.487	1.492	1.504			
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	-4.834	-4.009	-3.421	-2.981	-2.639	-2.367	-2.145	-1.961	-1.806	-1.67	-1.547			

Fig. 3 The example of Java Applet calculation for nitric acid aqueous solution.



### Preparation of HNO<sub>3</sub> Aqueous Solution

Ashida (Fac. Edu., Saitama Univ.)

Ver. 21.10.2006

Input 2 parameters into text boxes, click a button that you want to calculate

1143.0	Volume of HNO <sub>3</sub> (mL)	Calculated values clear
-201.0	Volume of Water (mL)	All clear
1000.0	Volume of Solution (mL)	Mass of Solution = 1406.0 g
80.0	Mass Percentage (%)	Density of Solution = 1.406 g/mL
17.85	Molarity (mol/L)	Over the concentration (ca. 70%)

If you want to convert concentration, input either mass percentage or molarity.



You estimate significant figures.

H<sup>+</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup> Concentration  70% (conc.)  100% (fuming)

Table Relation between the concentration and density of HNO<sub>3</sub> aqueous solution at 25 degrees C  
Formula mass (molecular weight) of HNO<sub>3</sub> = 63.013

	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0
Mass Percentage (%)	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0
Molarity (mol/L)	0.159	0.32	0.647	0.98	1.322	1.67	2.026	2.39	2.762	3.143	3.53	3.927	4.332	4.746
Density of Sol.(g/mL)	1.002	1.008	1.019	1.03	1.041	1.052	1.064	1.076	1.088	1.1	1.112	1.125	1.137	1.15
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	1.009	1.018	1.038	1.059	1.082	1.105	1.131	1.159	1.188	1.22	1.255	1.293	1.334	1.379
Mass Percentage (%)	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0	52.0	54.0
Molarity (mol/L)	5.168	5.6	6.041	6.491	6.949	7.412	7.882	8.36	8.846	9.341	9.843	10.35	10.86	11.376
Density of Sol.(g/mL)	1.163	1.176	1.19	1.203	1.216	1.229	1.242	1.254	1.267	1.28	1.292	1.304	1.316	1.328
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	1.429	1.483	1.544	1.612	1.688	1.775	1.874	1.987	2.119	2.273	2.455	2.676	2.946	3.286
Mass Percentage (%)	56.0	58.0	60.0	62.0	64.0	66.0	68.0	70.0	conc.	72.0	74.0	76.0	78.0	
Molarity (mol/L)	11.896	12.421	12.95	13.48	14.011	14.545	15.082	15.62	HNO <sub>3</sub>	16.159	16.701	17.242	17.787	
Density of Sol.(g/mL)	1.339	1.35	1.36	1.37	1.38	1.389	1.398	1.406		1.414	1.422	1.43	1.437	
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	3.724	4.31	5.132	6.368	8.432	12.565	24.969	5000.0		-24.676	-12.269	-8.137	-6.071	
Mass Percentage (%)	80.0	82.0	84.0	86.0	88.0	90.0	92.0	94.0	96.0	98.0	100.0	fuming		
Molarity (mol/L)	18.332	18.878	19.425	19.971	20.515	21.054	21.592	22.117	22.65	23.207	23.868	HNO <sub>3</sub>		
Density of Sol.(g/mL)	1.444	1.451	1.457	1.463	1.469	1.474	1.479	1.483	1.487	1.492	1.504			
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	-4.834	-4.009	-3.421	-2.981	-2.639	-2.367	-2.145	-1.961	-1.806	-1.67	-1.547			

Fig. 4 The example of Java Applet calculation (over the concentration of conc. HNO<sub>3</sub>).



### Preparation of HNO<sub>3</sub> Aqueous Solution

Ashida (Fac. Edu., Saitama Univ.)

Input 2 parameters into text boxes, click a button that you want to calculate

Ver. 21.10.2006

---	Volume of HNO <sub>3</sub> (mL)	Calculated values clear
---	Volume of Water (mL)	All clear
---	Volume of Solution (mL)	
5	Mass Percentage (%)	Density of Solution = 1.024 g/mL
0.8126	Molarity (mol/L)	

If you want to convert concentration, input either mass percentage or molarity.



You estimate significant figures.

**H<sup>+</sup>**      **NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**      Concentration     70% (conc.)     100% (fuming)

Table Relation between the concentration and density of HNO<sub>3</sub> aqueous solution at 25 degrees C  
Formula mass (molecular weight) of HNO<sub>3</sub> = 63.013      calculated with 70 %

Mass Percentage (%)	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0
Molarity (mol/L)	0.159	0.32	0.647	0.98	1.322	1.67	2.026	2.39	2.762	3.143	3.53	3.927	4.332	4.746
Density of Sol.(g/mL)	1.002	1.008	1.019	1.03	1.041	1.052	1.064	1.076	1.088	1.1	1.112	1.125	1.137	1.15
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	1.009	1.018	1.038	1.059	1.082	1.105	1.131	1.159	1.188	1.22	1.255	1.293	1.334	1.379
Mass Percentage (%)	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0	52.0	54.0
Molarity (mol/L)	5.168	5.6	6.041	6.491	6.949	7.412	7.882	8.36	8.846	9.341	9.843	10.35	10.86	11.376
Density of Sol.(g/mL)	1.163	1.176	1.19	1.203	1.216	1.229	1.242	1.254	1.267	1.28	1.292	1.304	1.316	1.328
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	1.429	1.483	1.544	1.612	1.688	1.775	1.874	1.987	2.119	2.273	2.455	2.676	2.946	3.286
Mass Percentage (%)	56.0	58.0	60.0	62.0	64.0	66.0	68.0	70.0	conc.	72.0	74.0	76.0	78.0	
Molarity (mol/L)	11.896	12.421	12.95	13.48	14.011	14.545	15.082	15.62	HNO <sub>3</sub>	16.159	16.701	17.242	17.787	
Density of Sol.(g/mL)	1.339	1.35	1.36	1.37	1.38	1.389	1.399	1.406		1.414	1.422	1.43	1.437	
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	3.724	4.31	5.132	6.368	8.432	12.565	24.969	5000.0		-24.676	-12.269	-8.137	-6.071	
Mass Percentage (%)	80.0	82.0	84.0	86.0	88.0	90.0	92.0	94.0	96.0	98.0	100.0	fuming		
Molarity (mol/L)	18.332	18.878	19.425	19.971	20.515	21.054	21.592	22.117	22.65	23.207	23.868	HNO <sub>3</sub>		
Density of Sol.(g/mL)	1.444	1.451	1.457	1.463	1.469	1.474	1.479	1.483	1.487	1.492	1.504			
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	4.834	4.009	3.421	2.981	2.639	2.367	2.145	1.961	1.806	1.67	1.547			

Fig. 5 The example of Java Applet calculation (converting between concentrations).



### Preparation of HNO<sub>3</sub> Aqueous Solution

Ashida (Fac. Edu., Saitama Univ.)

Input 2 parameters into text boxes, click a button that you want to calculate

Ver. 21.10.2006

Error	Volume of HNO <sub>3</sub> (mL)	Calculated values clear
	Volume of Water (mL)	All clear
	Volume of Solution (mL)	
10	Mass Percentage (%)	
	Molarity (mol/L)	

If you want to convert concentration, input either mass percentage or molarity.



You estimate significant figures.

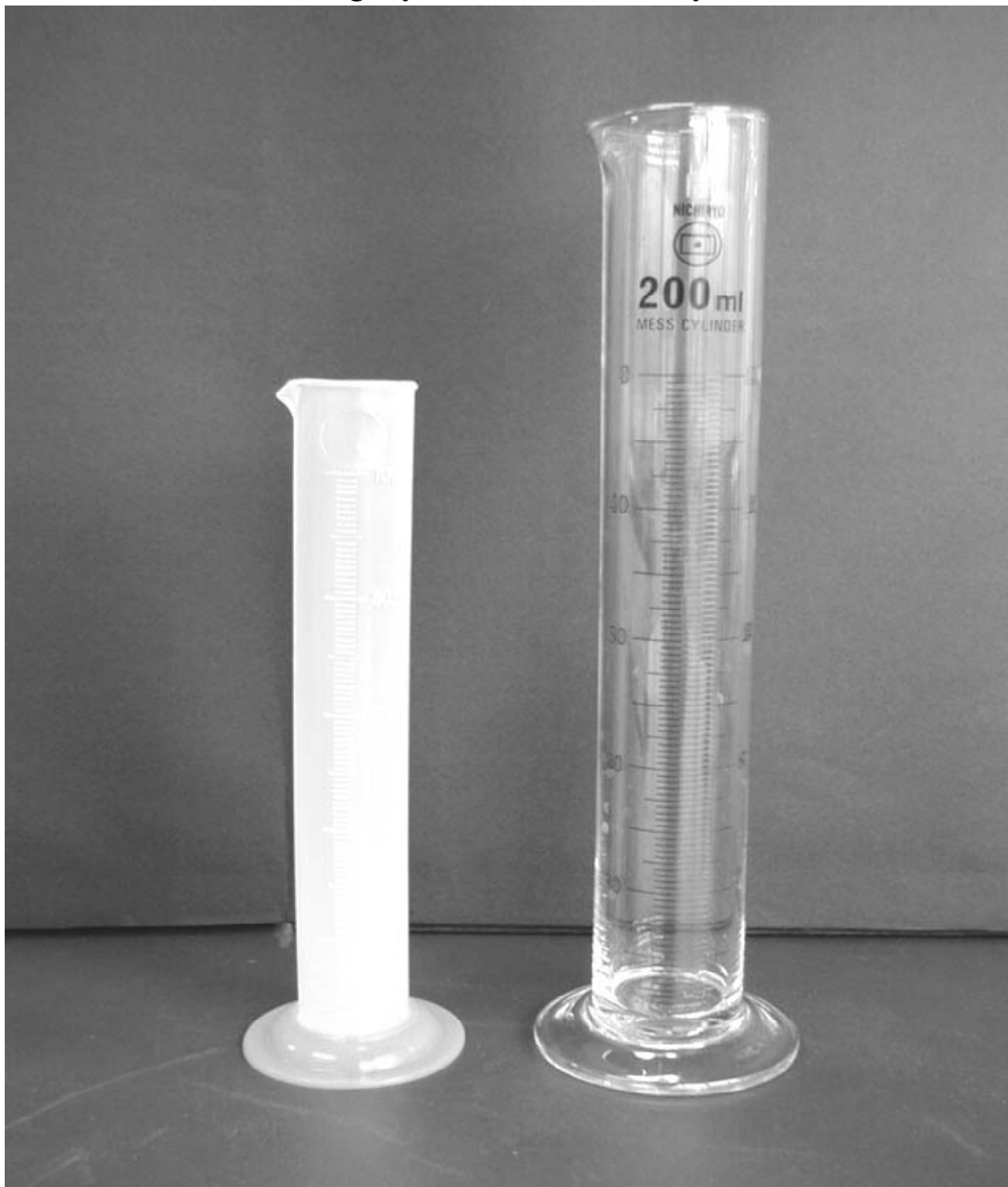
**H<sup>+</sup>**      **NO<sub>3</sub><sup>-</sup>**      Concentration     70% (conc.)     100% (fuming)

Table Relation between the concentration and density of HNO<sub>3</sub> aqueous solution at 25 degrees C  
Formula mass (molecular weight) of HNO<sub>3</sub> = 63.013      calculated with 70 %

Mass Percentage (%)	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0
Molarity (mol/L)	0.159	0.32	0.647	0.98	1.322	1.67	2.026	2.39	2.762	3.143	3.53	3.927	4.332	4.746
Density of Sol.(g/mL)	1.002	1.008	1.019	1.03	1.041	1.052	1.064	1.076	1.088	1.1	1.112	1.125	1.137	1.15
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	1.009	1.018	1.038	1.059	1.082	1.105	1.131	1.159	1.188	1.22	1.255	1.293	1.334	1.379
Mass Percentage (%)	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0	52.0	54.0
Molarity (mol/L)	5.168	5.6	6.041	6.491	6.949	7.412	7.882	8.36	8.846	9.341	9.843	10.35	10.86	11.376
Density of Sol.(g/mL)	1.163	1.176	1.19	1.203	1.216	1.229	1.242	1.254	1.267	1.28	1.292	1.304	1.316	1.328
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	1.429	1.483	1.544	1.612	1.688	1.775	1.874	1.987	2.119	2.273	2.455	2.676	2.946	3.286
Mass Percentage (%)	56.0	58.0	60.0	62.0	64.0	66.0	68.0	70.0	conc.	72.0	74.0	76.0	78.0	
Molarity (mol/L)	11.896	12.421	12.95	13.48	14.011	14.545	15.082	15.62	HNO <sub>3</sub>	16.159	16.701	17.242	17.787	
Density of Sol.(g/mL)	1.339	1.35	1.36	1.37	1.38	1.389	1.399	1.406		1.414	1.422	1.43	1.437	
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	3.724	4.31	5.132	6.368	8.432	12.565	24.969	5000.0		-24.676	-12.269	-8.137	-6.071	
Mass Percentage (%)	80.0	82.0	84.0	86.0	88.0	90.0	92.0	94.0	96.0	98.0	100.0	fuming		
Molarity (mol/L)	18.332	18.878	19.425	19.971	20.515	21.054	21.592	22.117	22.65	23.207	23.868	HNO <sub>3</sub>		
Density of Sol.(g/mL)	1.444	1.451	1.457	1.463	1.469	1.474	1.479	1.483	1.487	1.492	1.504			
Vol. of Sol. / vol. of H <sub>2</sub> O	4.834	4.009	3.421	2.981	2.639	2.367	2.145	1.961	1.806	1.67	1.547			

Fig. 6 The example of Java Applet calculation (error).

## Measuring Cylinder (Graduated Cylinder)



There are various kinds of capacity (·, 100, 200, 250, 500 mL, ·) in measuring cylinder. This is mainly used for measuring the about quantity of liquids.

Put it on a level place and measure the volume from a position level on a meniscus.

When the precision measurement is needed, use volumetric flasks or whole pipets because the error allowed for the volume of measuring cylinder is 1% or more.

Fig. 7 Measuring cylinder (graduated cylinder).

## V. おわりに

本研究室のホームページに設けた質問箱への質問件数が、平成13年度に10件、平成14年度に21件、平成15年度に48件、平成16年度に141件、平成17年度に123件、平成18年度には11月下旬現在で112件と推移している。最初のうちは年々倍増したが、質問が増えすぎたので平成16年6月下旬より質問受付を制限し、現在は年間120件を目安に回答している。学内・学外のサーバーから公開するホームページの数を増やしてきたこと、回答済みの質問が増えてきたことなどにより、利用者がインターネットで検索したとき質問箱が見つかり易くなったものと思われる。しかし、小学校～高等学校の教員や指導主事等からの質問はまだまだ少ない。理科離れを未然に防ぐために、質問箱を世間一般に知らしめる努力をなおいっそう行う必要がある。今後も多数の質問が寄せられると考えられるので、質問箱は長年にわたって維持するつもりである。さらに、質問と回答を整理して、利用者が閲覧しやすいように改良する予定である。

インターネットを活用した溶液の濃度計算と調製方法について、本年度は「二酸化炭素と石灰水」、「固体無水物の溶解度」の2つを試作した。定性・定量分析等のシミュレーションについて、本年度は「酸・塩基滴定（2価，1価）」を試作した。クイズ形式の化学Q&A集等に関する自動サービスも含めて、これらを今後さらに充実させていく予定である。大学の授業などで利用したり、学生に紹介したので、利用者は少しずつ増加してきた。今後は利用者が益々増加していくと思われる。

## 謝辞

平成18年度～平成21年度 科学研究費補助金（基盤研究(C)(2)，平成18年度分）を受けて研究成果が大いにあがったことを、ここに記して謝意を表す。同時に本研究の遂行には、研究分担者を始めとして多くの協力者の協力を得たことも、ここに記して感謝致します。

---

平成18年度～平成21年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))  
研究成果報告書(平成18年度分冊，課題番号 18500651)

「理科離れを未然に防ぐために理科(化学)の実験  
や学習を支援するホームページの開発」

平成19年7月 改訂

発行者

研究代表者 埼玉大学教育学部教授 芦田 実

---

---

# 理科離れを未然に防ぐために理科(化学)の実験 や学習を支援するホームページの開発

---

(課題番号 18500651)

平成18年度～平成21年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))研究成果報告書

(平成19年度分冊)

平成20年 1 月

研究代表者 芦 田 実  
(埼玉大学 教育学部 教授)



# 理科離れを未然に防ぐために理科(化学)の実験 や学習を支援するホームページの開発

芦田 実(埼玉大学教育学部教授)

— 目次 —

I. はじめに	-----	1
1. 緒言	-----	1
2. 研究組織	-----	3
3. 交付決定額(配分額)	-----	3
4. 研究発表	-----	4
5. ホームページのURL(アドレス)	-----	4
II. 平成19年度に質問箱に寄せられた質問と回答	-----	4
III. ホームページの開発	-----	72
1. 溶液の濃度計算と調製方法の自動サービス	-----	72
IV. 参考資料(研究発表)	-----	74
V. おわりに	-----	108
謝辞	-----	108

## 理科離れを未然に防ぐために理科(化学)の実験 や学習を支援するホームページの開発

芦田 実(埼玉大学教育学部教授)

### I. はじめに

#### 1. 緒言

理科(化学)の面白さは実験を通して伝えられることが多い。ところが、特に理科専修以外の出身の小学校教員の中には、化学系実験の一番の基礎である濃度計算や調製方法を修得していない小学校教員が多数おり、実験を嫌うので理科離れの原因の1つになっている。本研究の1つ目の目的は、このような教員にも授業中に、なるべく多くの実験をやってもらうことである。児童・生徒の中には、理科(化学)の授業内容についていけず、理科(化学)の現象や考え方(概念)が十分に理解できず、つまらなくなり、そのまま理科嫌いになる児童・生徒がいる。本研究の2つ目の目的は、そうなる前に児童・生徒に理科(化学)の現象や考え方を理解してもらうことである。そこで、理科離れを少しでも未然に防ぐために、理科(化学)の実験や学習を支援する目的で、化学研究室のホームページを開発し、管理・運営している。図1にその概略を示す。

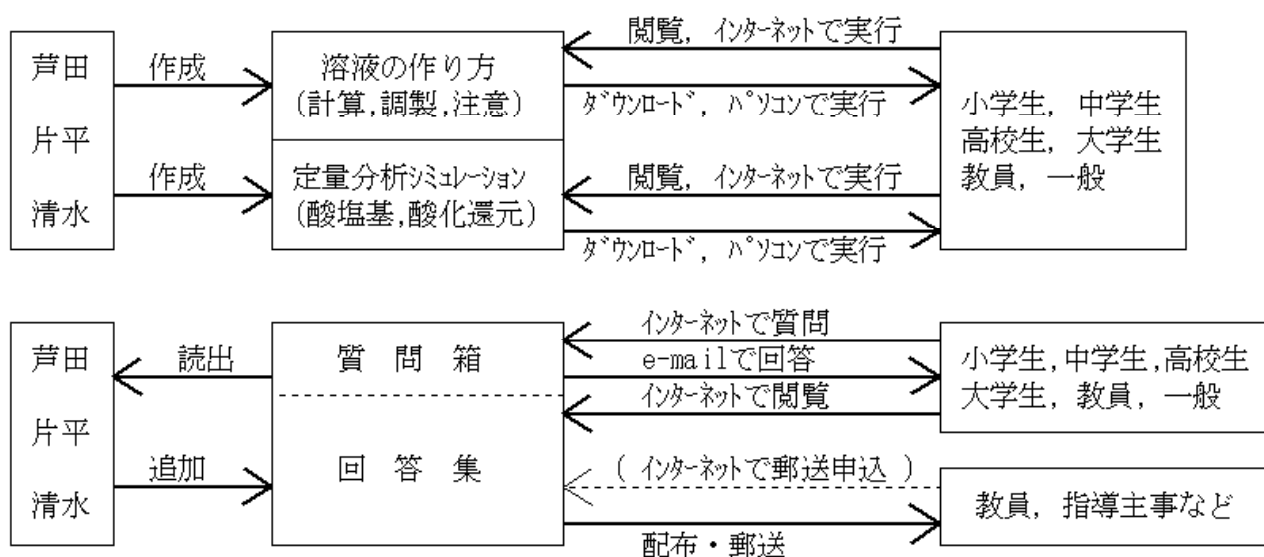


図1 本研究の概略図

「溶液の作り方(濃度計算, 調製方法, 注意事項)」と「酸-塩基滴定のJavaシミュレーション」に関する自動サービスを開始している(インターネット上で実行可能, ダウンロードしてパソコンの中だけでも実行可能, 予備知識が不要)。少しでも多くの人に理科(化学)現象や概念を理解してもらうために, 理科(化学)に関する「質問箱」を設け, 必要に応じて日常生活に置き換えて(メタファー)分かり易くe-mailで回答し, 他の閲覧者のためにホームページにも回答集を公開している。

教育学部の多数の学生(約400名)に授業中にホームページを紹介し, 教育実習(特に理科専修生以外)のときや, 教員になったときに活用することを勧めている。さらに, 質問箱の回答集と溶液の作り方等の紹介をまとめて印刷・製本し, 指導主事, 化学研究室の卒業生の小学校～高校教員等の教育関係者, 大学説明会の参加者に配布し, ホームページで得た成果や知見を教育現場へ還元するとともに, ホームページの活用を呼びかけている(現職教育, 遠隔地教育, 宣伝)。これらの

サービスをさらに追加・充実する。

H16年6月から質問箱の閲覧数が急増したので、H16年9月からアクセスログを記録した。質問箱の閲覧数(図2)を分析した結果、平成17年度と18年度の閲覧総数は54,012件と43,235件(各年度とも研究室からの確認用閲覧約200件を含む)にもなり、その必要性や存在意義は益々高まっている。また、平成19年度の閲覧数は11月下旬現在で16,858件になる。今年度に閲覧数が減少した理由は、最も盛況なホームページのサーバー(縮小版2)が5月初旬から停止しているためである。急いで別館1～3を開設したが、残念ながら閲覧数は回復しなかった。月別の閲覧数には変動があり、学期末が近づくに連れて、試験対策用に増加していると思われる。閲覧数が多いのは5月、6月、11月であり、少ないのは3月、8月、9月である。また、閲覧数は平日に多く、土日に少ない傾向がある(図省略)。

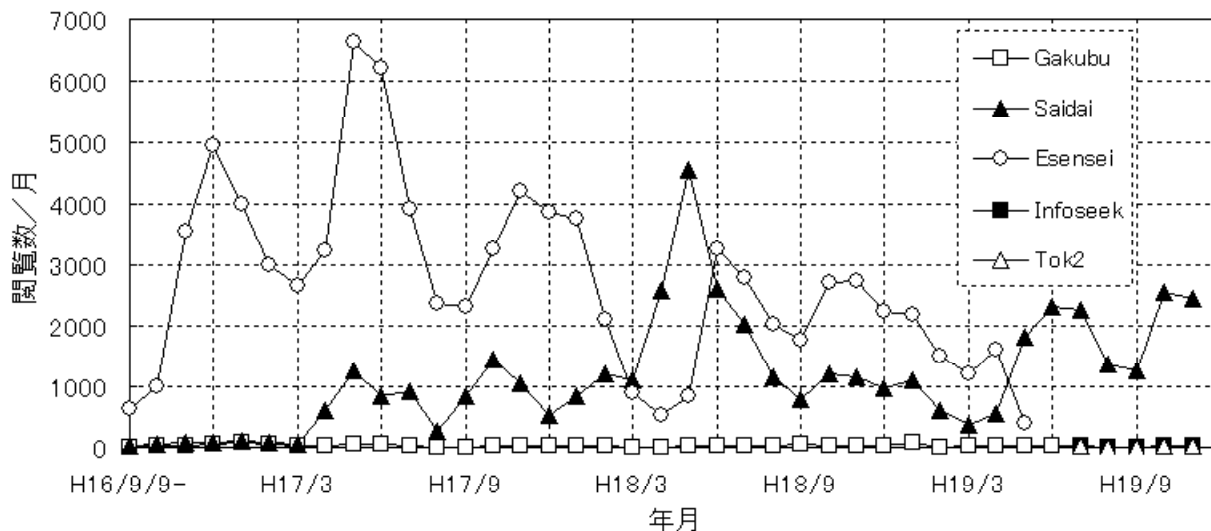


図2 閲覧数の推移(記録開始H16.9.10)

本館	Saidai	<a href="http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/">http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/</a>
縮小版1	Gakubu	<a href="http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/">http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/</a>
縮小版2	Esensei	<a href="http://www.e-sensei.ne.jp/~ashida/">http://www.e-sensei.ne.jp/~ashida/</a>
別館2	Infoseek	<a href="http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/">http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/</a>
別館3	Tok2	<a href="http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/">http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/</a>

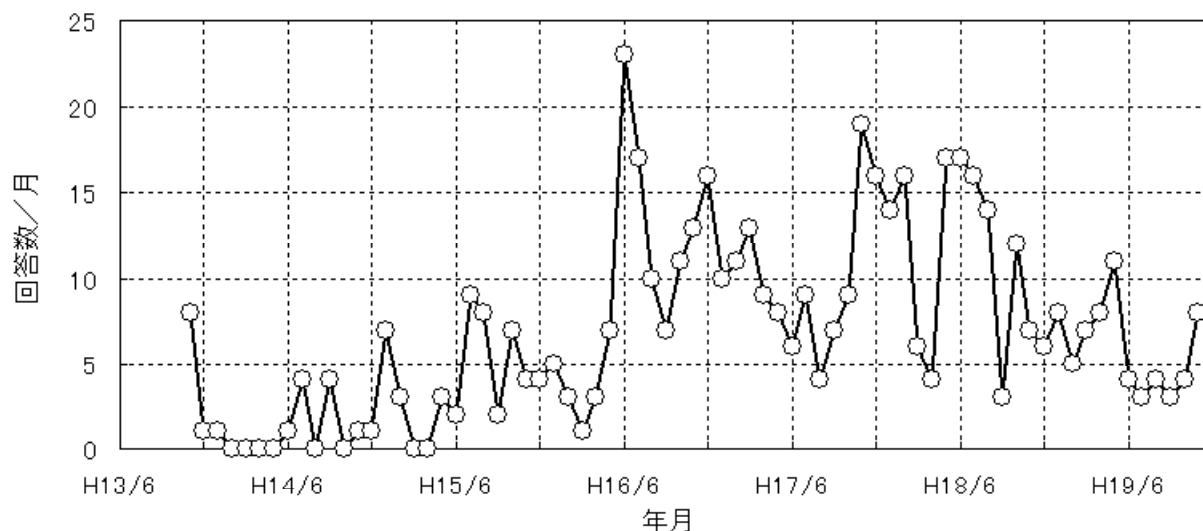


図3 回答数の推移(H19年11月下旬現在, H16.6月下旬より質問受付を制限)

閲覧数に比例して質問数も増え、H16年度には140件の質問に回答している。回答数(図3)の変動にも閲覧数と類似の傾向が見られる。ただし、平成16年6月下旬より質問の受付を少し制限しているため、回答数の推移については必ずしも利用者の質問頻度の実態を反映したものではない。また、閲覧数と同様に回答数にもサーバー1つの停止が大きく影響している。回答総数が増えれば増えるほど、相乗効果で閲覧数も増えるので、児童・生徒が理科嫌いにならないための支援は、それなりの効果を上げると思われる。質問があまりに多い時期には、質問の受付を少し制限し(カウンタ追加)、厳選して回答したことがある。現在は年間120件を目標に回答している。姓名とE-mailが書かれていない質問、大学生のレポート用の質問、目的や内容が不正確な質問、急ぎの質問、過去の質問と類似した質問等の一部お断りしたものがあつた。これにより利用者にご迷惑をおかけしたことを、この場でお詫び致します。

質問内容から考えて、質問者の内訳は多いほうから順に、高校生、大学生>企業等>中学生、教員(小学校~高校教員)>小学生、一般である(表1)。最近は、企業や教員からの質問も増加傾向にある。しかし、まだまだ教員は忙し過ぎて、インターネットを利用している時間が少ないと思われる。したがって、本研究室のホームページも一般の教員にはあまり知れわたっていないと考えられる。それゆえ、あらゆる機会を通じて、質問箱の回答集等を印刷・製本したものを教員・指導主事や卒業生および大学説明会の参加者等に配布することは大変重要である。製本したもののほうが、いちいちパソコンを起動しなくて済むので、手軽に読むことができる。また、教育学部の多数の学生(教員の卵)にホームページを紹介して活用を勧めることも大変重要である。理科(化学)が苦手な教員(特に小学校教員)を支援するためには、これらを長年にわたって地道に続けなければ、効果が上がらないと思われる。

他のサービス(溶液の作り方、化学実験のシミュレーション)は、全てサーバーにより自動的に実行できる。それゆえ、それらのプログラムの開発には長時間かかるが、完成した後は手間がかからない利点がある。

表1 質問内容による分類(推定)

		小学生	中学生	高校生	大学生	教員等	企業等	一般人	合計
平成17年分	回答数	1	4	47	38	5	23	3	121
	分布率	0.8%	3.3%	38.8%	31.4%	4.1%	19.0%	2.5%	100%
平成18年分	回答数	1	3	40	37	7	20	5	113
	分布率	0.9%	2.7%	35.4%	32.7%	6.2%	17.7%	4.4%	100%
平成19年分	回答数	0	3	25	28	4	13	0	73
	分布率	0.0%	4.1%	34.2%	38.4%	5.5%	17.8%	0.0%	100%

## 2. 研究組織

研究代表者 : 芦田 実 (埼玉大学 教育学部 教授)  
 研究分担者 : 片平 克弘 (埼玉大学 教育学部 教授)  
 研究分担者 : 清水 誠 (埼玉大学 教育学部 教授)

## 3. 交付決定額 (配分額, 単位: 千円)

	直接経費	間接経費	合計
平成18年度	1,300	0	1,300
平成19年度	1,000	300	1,000
平成20年度	700(予定)	210(予定)	700(予定)
平成21年度	600(予定)	180(予定)	600(予定)
総計	3,600(予定)	690(予定)	3,600(予定)

#### 4. 研究発表（主に研究代表者の資料を記載する）

- 1) 芦田実, 遠藤尊士, 新保佳奈美, 溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス－固体無水物の溶解度－, 化学教育ジャーナル(CEJ), 第10巻第1号(通巻18号) 発行2007年月日/採録番号 10-?/2007年9月4日受理(2007), URL = <http://www.juen.ac.jp/scien/cssj/cejrn1.html> (掲載予定号).
- 2) 芦田実, 深澤晋, 柳沼杏菜, 溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス－二酸化炭素と石灰水－, 化学教育ジャーナル(CEJ), 第10巻第1号(通巻18号) 発行2007年月日/採録番号 10-?/2007年9月4日受理(2007), URL = <http://www.juen.ac.jp/scien/cssj/cejrn1.html> (掲載予定号).
- 3) 芦田実, 谷津勇太, 新山拓也, 定量分析シミュレーションのインターネットによる自動サービス－酸・塩基滴定－, 化学教育ジャーナル(CEJ), 第10巻第1号(通巻18号) 発行2007年月日/採録番号 10-?/2007年9月6日受理(2007), URL = <http://www.juen.ac.jp/scien/cssj/cejrn1.html> (掲載予定号).

#### 5. ホームページのURL (アドレス)

本研究室のホームページのURL (アドレス) を次に記す.

- 1) 本館 <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/>
- 2) 縮小版1 <http://ww1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/>
- 3) 縮小版2 <http://www.e-sensei.ne.jp/~ashida/> (サーバー停止中)
- 4) 別館1 <http://www.geocities.jp/ashidabk1/> (閲覧のみ)
- 5) 別館2 <http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/>
- 6) 別館3 <http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/>

#### II. 平成19年度に質問箱に寄せられた質問と回答

平成19年度には11月下旬現在で73件の質問に回答した. 必要に応じて日常生活に例えて, できる限り速やかに平易な言葉を用いて質問者にe-mailで回答し, ホームページにも公開した. それらの質問と回答を次頁から記載する. なお, 質問者のプライバシー等を考慮して, 質問者の電子メールアドレスは本報告には記載しないことにする. また, ワードプロソフトで再編集したので, 実際のホームページとは見た目が若干異なっている. 特に, 頁数を節約するために行間を詰めて編集したり, 各回答に付けた下記のような前置き(特に, 本研究室の守備範囲を超えるときは, 専門家に質問して下さいとさらに付け足している)を本報告では全て省略している. 読み難い部分が多いと思う. この場で, 読者にお詫び致します.

必ずしも専門家ではありませんので, 不正確な回答もあります. 教育学部や学外の別館から公開しているホームページの質問箱とQ&A集にも回答(一部)を載せたいと思います.

名前：福田 隆吉 日時：2006年11月29日 13時01分08秒

今年度から塾の講師をしています。水酸化ナトリウム水溶液にアルミニウムや亜鉛を入れると水素が発生しますが、同時にアルミン酸ナトリウム、亜鉛酸ナトリウムが出来ますと書いています。Na<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、Na<sub>2</sub>ZnO<sub>2</sub>と書いてますが、原子の結びつきが分かりません。化学反応式及び構造式で説明して頂けませんか。

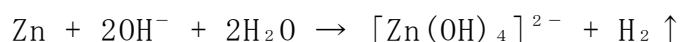
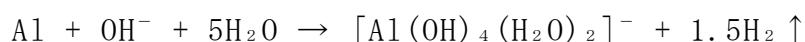
---

名前：芦田 実 日時：2006年12月04日 18時15分00秒

福田 隆吉 様

**質問434** 今年度から塾の講師をしています。水酸化ナトリウム水溶液にアルミニウムや亜鉛を入れると水素が発生しますが、同時にアルミン酸ナトリウム、亜鉛酸ナトリウムが出来ますと書いてあります。Na<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、Na<sub>2</sub>ZnO<sub>2</sub>と書いてありますが、原子の結びつきが分かりません。化学反応式および構造式で説明して頂けませんか。

**回答** 水中では脱水反応が起こり難いため、質問文中の様な脱水した式の化学種は水中では存在し難いと思います。普通、アルミニウムは6配位なのでアルミン酸イオンは[Al(OH)<sub>4</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>]<sup>-</sup>であり、亜鉛は4配位なので亜鉛酸イオンは[Zn(OH)<sub>4</sub>]<sup>2-</sup>であると言われていています。アルミン酸イオンの形は正方平面型であり、中心のアルミニウムイオンに正方形の頂点の位置で水酸化物イオンの酸素が配位していると思います。さらに、平面に垂直な2つの位置に水分子の酸素が配位しており、これまで含めると縦長の八面体型になると思います。亜鉛酸イオンの形は正四面体型であり、中心の亜鉛イオンに正四面体の頂点の位置で水酸化物イオンの酸素が配位していると思います。



埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：中嶋 聡 日時：2006年12月05日 19時13分48秒

なぜ弱酸や弱塩基でも中和適定で濃度が求められるのですか？

---

名前：芦田 実 日時：2006年12月05日 23時10分00秒

中嶋 聡 様

**質問435** なぜ弱酸や弱塩基でも中和滴定で濃度が求められるのですか？

**回答** 質問文中の漢字が間違っています。「適定」は正しくは「滴定」です。この回答中では修正済みです。弱酸と弱塩基の中和滴定では、pHの緩衝効果が起こるため、当量点付近においてpHはそれ程ジャンプしません。しかし、ある程度の大きさのpHジャンプが起こり、それを検出するためにジャンプ領域で変色するpH指示薬等があれば滴定することができます。下図の酢酸-アンモニア水の中和滴定実験では指示薬が徐々に変色しますので、終点(中和点、当量点)の見極めが難しく、実験誤差が大きくなります。しかし、BTBがpH=7で緑色になることは観察し易いです。次の酢酸-石灰水の中和滴定実験のほうが、pHジャンプが大きいため滴定し易いと思います。中和滴定やpHジャンプについての詳細は、例えば質問278、237、225、193等の回答をご覧下さい。また、私のホー

ムページ中の「計算と作図（データ処理とグラフィック）」の中の「酸・塩基滴定（1 価）」のプログラム（zipファイルのダウンロードも可能）または「酸・塩基滴定（2 価，1 価，試行版）」のプログラムを実験条件（試薬，濃度，滴下試薬等）を変更して実行してみてください。

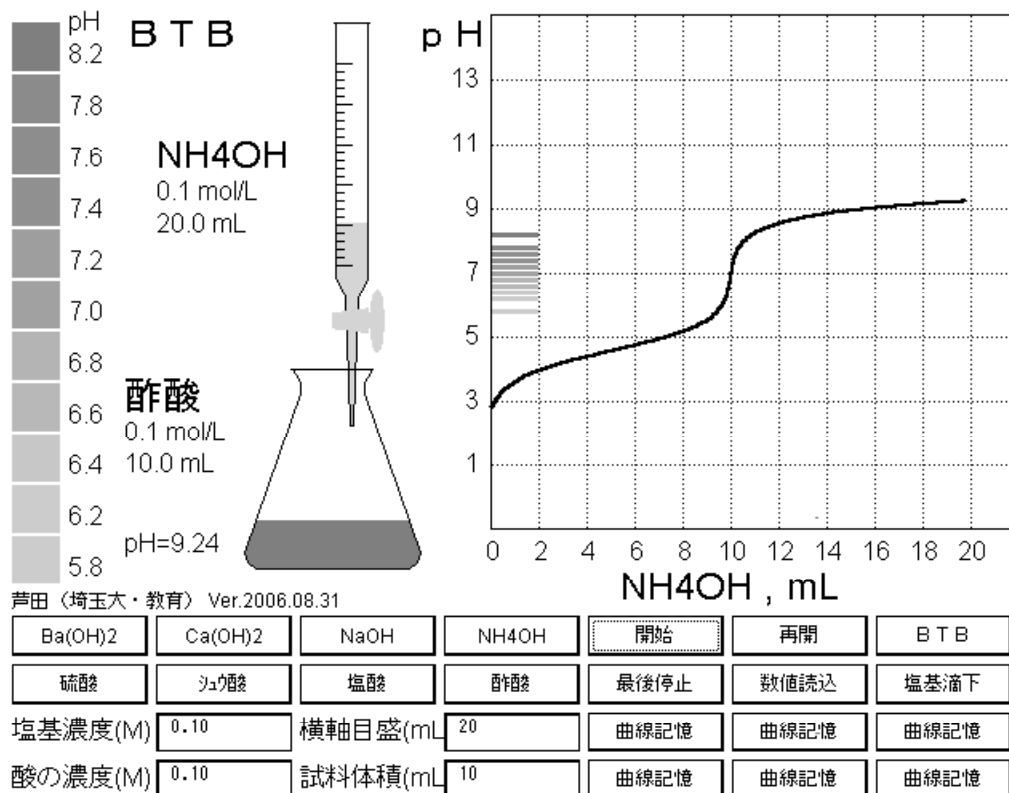


図 弱酸－弱塩基の中和滴定シミュレーション（0.1mol/L酢酸－0.1mol/Lアンモニア水，指示薬はB T B）

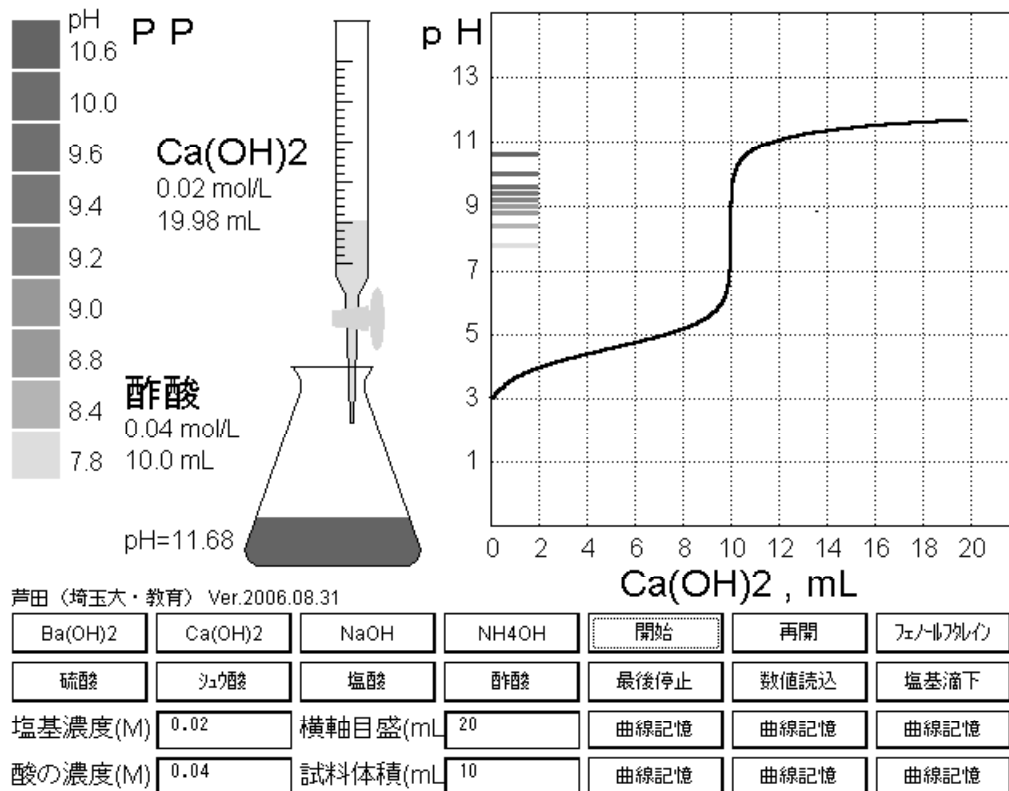


図 弱酸－弱塩基の中和滴定シミュレーション（0.04mol/L酢酸－0.02mol/L石灰水，指示薬はフェノールフタレイン）

---

名前：八尋和紘 日時：2006年12月07日 21時19分34秒

現在中2で先週熱分解によって  $\text{NaHCO}_3 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  となることを学習しました。しかし、構造式がよくわからなかったので教えていただけませんか？

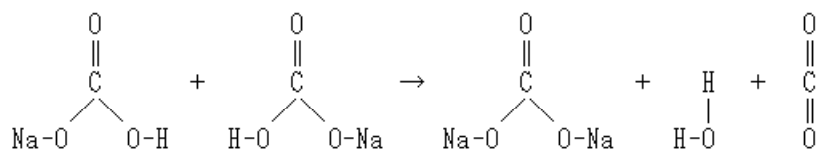
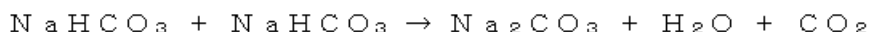
---

名前：芦田 実 日時：2006年12月09日 17時05分00秒

八尋和紘 様

質問436 現在中2で先週熱分解によって  $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  となることを学習しました。しかし、構造式がよくわからなかったので教えていただけませんか？

回答 質問文中の化学式が間違っています。この回答中では修正済みです。炭酸水素ナトリウム2個から炭酸ナトリウム1個、二酸化炭素1個、水1個ができます。



---

名前：mina 日時：2006年12月09日 14時17分13秒

炭素の同素体にダイヤモンドと黒鉛があります。どうしてダイヤモンドは電気を通さず、黒鉛は電気を通すという性質の違いが出るのですか？同じ炭素からできているのにこのような違いが出るのはなぜかわかりません。

---

名前：芦田 実 日時：2006年12月14日 00時45分00秒

mina 様

質問437 炭素の同素体にダイヤモンドと黒鉛があります。どうしてダイヤモンドは電気を通さず、黒鉛は電気を通すという性質の違いが出るのですか？同じ炭素からできているのにこのような違いが出るのはなぜかわかりません。

回答 ダイヤモンド（下の左図）の炭素原子（黒色の丸）は全て、4つの $\text{sp}^3$ 混成軌道（正四面体型）により結合力の強い $\sigma$ 結合（共有結合、実線）で他の4つの炭素原子と結合しています。この $\sigma$ 電子（白色の丸、原子や原子核の大きさと比較して、電子は実際には非常に小さい）は炭素の原子核同士を直線で結んだ軸方向に配置され、結合中に強く固定されているので、簡単には結合軌道の外に移動する（電気を流す）ことはできません。一方、黒鉛（下の右図）の炭素原子（黒色の丸）は3つの $\text{sp}^2$ 混成軌道（三方平面型）により結合力の強い $\sigma$ 結合（共有結合、実線）で、六角形の網の目平面状に他の3つの炭素原子と結合しています。



さらに、残りの価電子を使用して、網の目平面と垂直方向に結合力の弱い $\pi$ 結合（分子間力？、破線）で結合しています。この $\pi$ 電子（小さい黒色の丸）は、比較的簡単に結合軌道から外れ網目平面と平行方向に移動する（電気を流す）ことができます。ただし、網の目平面と垂直方向には移動（電気を流）し難いです。なお、黒鉛とダイヤモンドに関する詳細については、質問84, 70, 15の回答もご覧下さい。

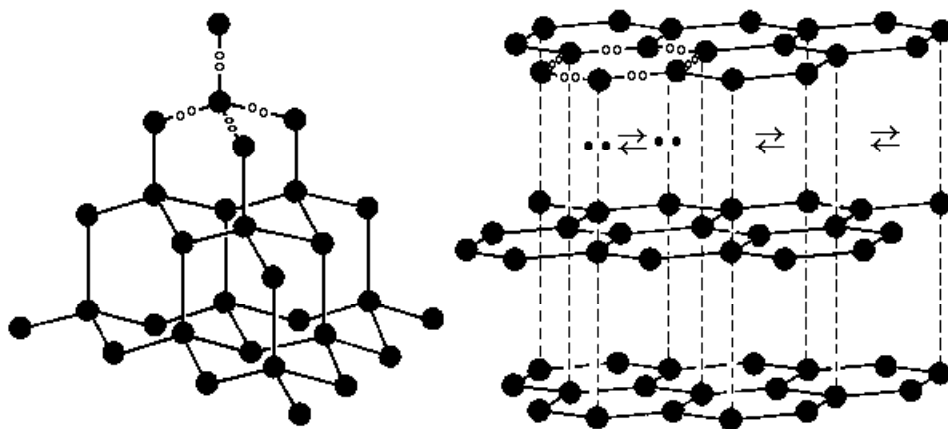


図 ダイヤモンドの結晶構造（左）と黒鉛の結晶構造（右）

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

名前：宮本 恵子 日時：2006年12月17日 12時16分50秒

pKa付近のpHの緩衝液が最も良いという理由がよく分かりません。教えてください。

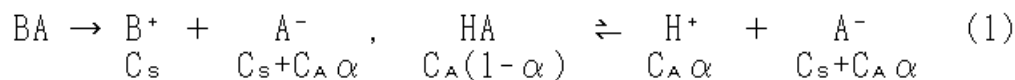
名前：芦田 実 日時：2006年12月20日 00時50分00秒

宮本 恵子 様

質問438 pKa付近のpHの緩衝液が最も良いという理由がよく分かりません。教えてください。

回答 酸性側のpHの緩衝液には、弱酸HA（例：酢酸）と塩基BOH（例：NaOH）のモル比2:1前後の混合液または弱酸HA（例：酢酸）と弱酸の塩BA（例：酢酸ナトリウム）の等モル前後の混合液等を使用します。塩基性側のpHの緩衝液には、弱塩基BOH（例：アンモニア水）と酸HA（例：塩酸）のモル比2:1前後の混合液または弱塩基BOH（例：アンモニア水）と弱塩基の塩BA（例：塩化アンモニウム）の等モル前後の混合液等を使用します。

例えば弱酸系の緩衝液の場合には、まず塩（初濃度 $C_s$ ）がほぼ完全に電離します。これによって生じた弱酸イオン $A^-$ によって弱酸（初濃度 $C_A$ ）の電離が押さえられ、弱酸単独の水溶液中よりも電離度 $\alpha$ （ $\neq 0$ ）が小さくなります。弱酸イオンは塩と酸のどちらから生じていても同じ物であり、区別できませんから、それらの濃度の和で考える必要があります。弱酸の電離定数を $K_A$ として、弱酸とその塩の等モル混合液（ $C_s = C_A$ ）を考えると、この場合には弱酸分子の濃度 $[HA]$ と弱酸イオンの濃度 $[A^-]$ がほぼ等しくなっています。以上を式で表すと、

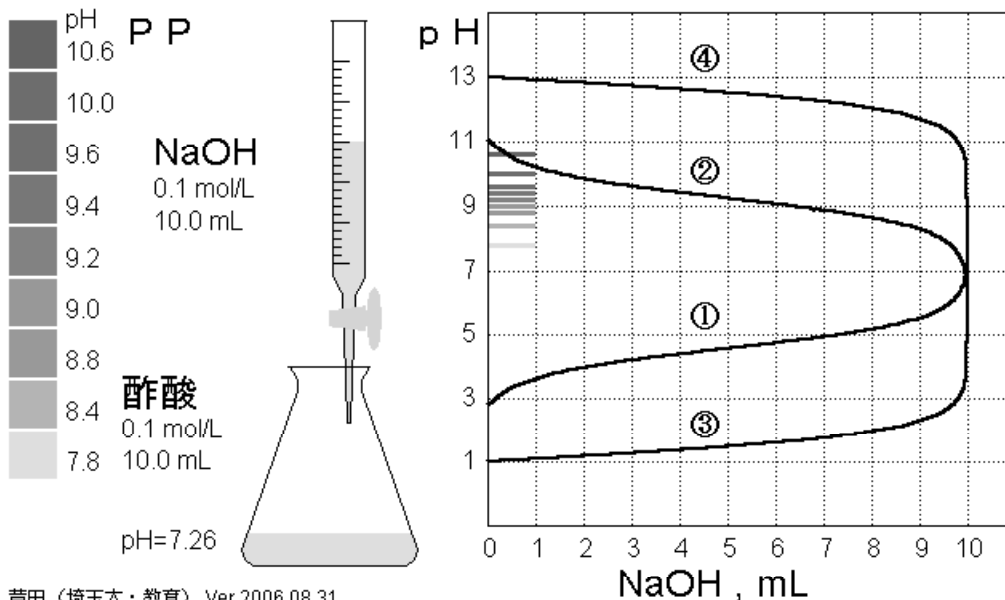


$$[HA] = C_A(1-\alpha) \doteq C_A, \quad [A^-] = C_s + C_A\alpha \doteq C_s, \quad [H^+] = C_A\alpha$$

$$K_A = [H^+][A^-]/[HA] = [H^+](C_s + C_A \alpha) / C_A(1 - \alpha) \rightleftharpoons [H^+]C_s / C_A = [H^+]$$

$$pH = -\log_{10}[H^+] = -\log_{10}K_A = pK_A$$

緩衝液に外から酸を添加すると、式(1)の平衡が左に移動して添加した水素イオン $H^+$ を消費することにより、pHがあまり変化しません。逆に塩基を添加すると、式(1)の平衡が右に移動して添加した水酸化物イオン $OH^-$ を中和することにより、やはりpHがあまり変化しません。これらがpH緩衝効果と言われるものであり、弱酸分子の濃度 $[HA]$ と弱酸イオンの濃度 $[A^-]$ が等しくなっているところ、すなわち $pH = pK_A$ が左右どちらにも平衡が最も移動し難い(pH緩衝効果が最も大きい)位置になります。参考として下の図をご覧ください。酢酸-NaOHの滴定曲線(白線)(または $NH_3-HCl$ の滴定曲線(赤線))の横軸体積が5mLの位置が弱酸(または弱塩基)とその塩の等モル混合液の状態になります。塩基(または酸)を加減した状態の6mLや4mLの位置になってもpHはそれ程変化していません。しかし、どちらか一方が大過剰の状態である9mLや1mL前後ではpH緩衝効果が弱くなり、pH変化(傾き)が大きくなっています。なお、強酸-強塩基(例： $HCl-NaOH$ の滴定曲線(緑線、水線))の場合には両方ともほぼ完全電離しますので、上の式(1)の様な電離平衡が成立せず、pH緩衝効果が起こりません。



芦田(埼玉大・教育) Ver.2006.08.31

Ba(OH) <sub>2</sub>	Ca(OH) <sub>2</sub>	NaOH	NH <sub>4</sub> OH	開始	再開	フェルメーション
硫酸	シュウ酸	塩酸	酢酸	最後停止	数値読込	塩基滴下
塩基濃度(M)	0.1	横軸目盛(mL)	10	曲線消去	曲線記憶	曲線消去
酸の濃度(M)	0.10	試料体積(mL)	10	曲線消去	曲線消去	曲線記憶

図 酢酸-NaOHの滴定曲線(白線①)、 $NH_3-HCl$ の滴定曲線(赤線②)、 $HCl-NaOH$ の滴定曲線(緑線③、水線④)

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

名前： 田野邊 昂明      日時： 2006年12月22日 13時56分22秒

pHメーターで硫酸のpHを計ったら、8.1という結果になってしまいました。なぜそのようになるのか教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2006年12月23日 00時10分00秒

田野邊昂明 様

質問439 pHメーターで硫酸のpHを計ったら、8.1という結果になってしまいました。なぜそのようになるのか教えてください。

回答 このようなことは原理的に考えられません。実験を失敗して、pHメーターを壊したものと思います。例えば、ガラス電極を破損（ひび）した、電極の内部液濃度が変化した、塩橋を使用しなかったために電極の内部液と反応して沈殿等を生じた、電極表面が汚れた等が考えられます。その他、コネクター部分がさびた、SWを押し間違えた、専用のpH電極やガラス電極と違う物を接続した、硫酸ナトリウム等の塩類の水溶液のpHを測定した可能性もあります。参考として、質問335の回答もご覧下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：高田亜美 日時：2007年01月06日 20時15分31秒

こんばんは。冬休みの宿題で中和滴定のレポートを出さなくてはいけないのですが、全くわからないので先に進めないでいるので是非教えてください。

今回の実験ではシュウ酸と酢酸を使ったのですが、①シュウ酸と水酸化ナトリウムの中和反応式を求めよ、②酢酸と水酸化ナトリウムの中和反応を求めよ、③シュウ酸標準溶液のモル濃度を求めよ、④水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度を求めよ、の回答をお願いします。問題の量が多くて本当にすみません。

---

名前：芦田 実 日時：2007年01月09日 19時20分00秒

高田亜美 様

質問440 こんばんは。冬休みの宿題で中和滴定のレポートを出さなくてはいけないのですが、全くわからないので先に進めないでいるので是非教えてください。

今回の実験ではシュウ酸と酢酸を使ったのですが、①シュウ酸と水酸化ナトリウムの中和反応式を求めよ、②酢酸と水酸化ナトリウムの中和反応を求めよ、③シュウ酸標準溶液のモル濃度を求めよ、④水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度を求めよ、の回答をお願いします。問題の量が多くて本当にすみません。

回答 ①と②の中和反応は、より正確にはイオン反応式で書くべきですが、シュウ酸の2段目の電離が小さいため、また弱酸である酢酸の電離が小さいため式が複雑になりますので、普通の反応式を用いて回答します。①シュウ酸は2価の酸であり、カルボキシル基が2個結合した形をしています。それゆえ、1価の塩基である水酸化ナトリウムとは1:2のモル比で中和反応し、シュウ酸ナトリウムと水ができます。



②酢酸は1価の酸であり、1価の塩基である水酸化ナトリウムとは1:1のモル比で中和反応し、酢酸ナトリウムと水ができます。



③シュウ酸標準溶液のモル濃度  $C_s$  (mol/L) は、調製に使用した固体のシュウ酸二

水和物  $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  の質量  $W$  (g) をシュウ酸二水和物のモル質量 (分子量, 式量)  $M = 126.07 \text{ g/mol}$  と調製後のシュウ酸標準溶液の体積 (メスフラスコの体積)  $V$  (L) で除して求めます. 体積の単位はリットル (L) ですので, 注意して下さい.

$$(3) \quad C_s (\text{mol/L}) = W (\text{g}) / \{ M (\text{g/mol}) \cdot V (\text{L}) \}$$

④水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度  $C_B$  (mol/L) は, シュウ酸と水酸化ナトリウムの中和滴定の結果から計算します. 滴定に要したシュウ酸の体積を  $V_s$  (L), 水酸化ナトリウムの体積を  $V_B$  (L) とすると, 上の式(1)よりそれらに含まれる物質量 (mol) の間にモル比 1:2 の関係が成立します.

$$(4) \quad 2 C_s (\text{mol/L}) \cdot V_s (\text{L}) = C_B (\text{mol/L}) \cdot V_B (\text{L})$$

$$(5) \quad \therefore C_B (\text{mol/L}) = 2 C_s (\text{mol/L}) \cdot V_s (\text{L}) / V_B (\text{L})$$

酢酸のモル濃度は上と同様に, 酢酸と水酸化ナトリウムの中和滴定の結果から計算できます. ただし, モル比 1:1 で反応しますので, 式(4)と式(5)に含まれるような数字の 2 (モル比に相当) はなくなります. 注意して下さい.

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前 : 東さつき      日時 : 2007年01月09日 01時16分03秒

pHメーターで水酸化ナトリウムと塩酸の中和滴定の pH の変化を計ったのですが, 実験値と理論値がだいぶ違いました. これはなぜですか?

---

名前 : 芦田 実      日時 : 2007年01月13日 22時30分00秒

東さつき 様

質問441 pHメーターで水酸化ナトリウムと塩酸の中和滴定の pH の変化を計ったのですが, 実験値と理論値がだいぶ違いました. これはなぜですか?

回答 最初に考えられる原因は, 水酸化ナトリウム水溶液や塩酸の濃度が間違っていることです. 水酸化ナトリウムの固体は粒が大きいので, また潮解性があるので秤量中に空気中の水分を吸収して, 正確な質量が測定できません. さらに, 水酸化ナトリウム水溶液は, 保存中に空気中の二酸化炭素を吸収して, 濃度が変化していきます. 濃塩酸の濃度は約 12M であり, 飽和に近い濃度ですが, 正確な値が決まっている訳ではありません. さらに, 塩化水素の気体が蒸発しやすく, 試薬ビン内の濃塩酸の液面上の空間には塩化水素の気体が充満しており, フタを開けるたびにそれが噴き出します. したがって, 濃塩酸を希釈しただけでは正確な濃度が分かりません. 2つ目に考えられる原因は, 水酸化ナトリウム水溶液や塩酸を分取した体積が間違っていることです. 例えば, 精度の悪いメスシリンダーや駒込ピペットを使用したり, 先端が欠けたホールピペットを使用したことが考えられます. 3つ目に考えられる原因は, pHメーターが狂っていたり, 壊れていたたり, ウォーミングアップ不足だったことです. pHメーターが原因である実験誤差等の詳細については質問439, 372, 335の回答をご覧ください. いずれにしても, 不注意で実験を失敗したものと思います.

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前 : 石井      日時 : 2007年01月12日 15時01分40秒

40%NaOHの溶液を作りたいんですけど、どうしたらいいですか？計算式も一緒に教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2007年01月13日 23時15分00秒

石井 様

質問442 40%NaOHの溶液を作りたいんですけど、どうしたらいいですか？計算式も一緒に教えてください。

回答 無水のNaOHの固体と溶媒（水）を質量で2:3の割合に混合（溶解）すればできます。しかし、非常に濃い溶液なので激しく発熱して、飛沫が飛び散ったり、湯気が出たりします。これらにはNaOHが高濃度に溶けていますので、目に入ったり、皮膚に付いたり、吸い込んだりしたときに、非常に危険です。この程度の作り方が分からないような人は、この溶液を作らないほうが安全です。どうしても作る必要がある場合には、作るときに安全めがね（スキーのゴーグル）をして下さい。もしも、手がヌルヌルしたり、皮膚がヒリヒリしたら直ぐに大量の水で洗って下さい。湯気を吸い込んだら直ぐにうがいをして下さい。なお、NaOH水溶液の調製方法の詳細については、私のホームページの溶液の作り方（濃度計算と調製方法）をご覧ください。計算方法、調製方法、注意事項などが説明してあります。インターネット上で計算することも可能ですし、説明と計算のプログラムをダウンロードすることも可能です。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：井上 慎也 日時：2006年12月27日 18時16分45秒

キサントプロテイン反応についてなのですが、ニトロ化をした段階で呈色して、ベンゼンの有無を確認できるはずなのに、その後にアルカリをくわえて色を変える理由はなんなんですか？

---

名前：芦田 実 日時：2007年01月14日 00時15分00秒

井上 慎也 様

質問443 キサントプロテイン反応についてなのですが、ニトロ化をした段階で呈色して、ベンゼンの有無を確認できるはずなのに、その後にアルカリをくわえて色を変える理由はなんなんですか？

回答 想像を含めて回答します。生徒実験や学生実験では実験がうまくいくために、ベンゼン環の含有量が大きい試料を多量に使用しますので、ニトロ化したときの黄色も、アルカリを加えたときの橙色もはっきりと視認できて当たり前だと思います。しかし、キサントプロテイン反応の本来の目的は、未知試料にベンゼン環が含まれるか否かを実際に調べることです。ベンゼン環が含まれていない場合には白色沈殿になると思います。これに対して、ベンゼン環の含有量が非常に小さい試料や試料が微量しかない場合には、ニトロ化しただけでは少し黄色がかった白色沈殿や極く薄い（薄い）黄色溶液にしかならないと思います。このようなときにはベンゼン環が含まれているかどうかの判定が難しくなります。そのようなときアルカリを加えれば、黄色が少し濃くなって判定し易くなるのだと思います。要するに、質問中では理想的な場合しか考えておらず、ベンゼン環の含有率の大小や試料の使用量の多少等の実際的な問題が全く考慮されていないと思い

ます。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：林田 悠 日時：2006年12月20日 16時12分17秒

濃度と粘度に関して実験をして、ポリスチレンをベンゼンに溶かして粘度を計りました。このとき温度は一定で行ったのですが、その時粘度は温度に大きく影響されると聞きました。そのことが気になり調べてみた結果、液体の粘度は温度が高くなると低くなる(気体では反対)と分かったのですが、詳しくは分かりませんでした。これは分子の熱運動が関係しているのでしょうか。教えていただけないでしょうか。

---

名前：芦田 実 日時：2007年01月23日 23時50分00秒

林田 悠 様

**質問444** 濃度と粘度に関して実験をして、ポリスチレンをベンゼンに溶かして粘度を計りました。このとき温度は一定で行ったのですが、そのとき粘度は温度に大きく影響されると聞きました。そのことが気になり調べてみた結果、液体の粘度は温度が高くなると低くなる(気体では反対)と分かったのですが、詳しくは分かりませんでした。これは分子の熱運動が関係しているのでしょうか。教えていただけないでしょうか。

**回答** 詳細については、物理化学の本の気体分子運動論や粘性の部分をご覧ください。粘度は運動している流体がすべる力を加えられたとき、それに対する摩擦抵抗として生じるそうです。層流を考えると、互いに接する2層間の相対運動に抵抗する単位面積当たりの摩擦力  $f$  は速度勾配  $dv/dx$  に比例します。このときの比例定数が粘性係数  $\eta$  です。

$$(1) \quad f = \eta (dv/dx)$$

液体は非圧縮性で、分子同士が常に互いに接触しています。2層間の界面でも同様ですから、速い方の分子が遅い方の分子を追い越すときに摩擦力に打ち勝つための活性化エネルギー  $E$  が必要になるそうです。これが粘性係数  $\eta$  の中に含まれています。

$$(2) \quad \eta = A \exp(E/RT)$$

ここで、 $A$  は比例定数です。したがって、液体の粘度は圧力とともに増加し、絶対温度  $T$  が増加するに連れて減少します。

気体は分子間が開いているので圧縮性であり、分子同士が互いに衝突を繰り返しています。衝突の合間に分子が進行する距離の平均値を平均自由行程  $\lambda$  と言い、分子の直径  $d$  と単位体積中の分子数  $N$  より

$$(3) \quad \lambda = 1 / \{2^{1/2} \pi N d^2\}$$

気体分子は層流の界面を通過して、界面と垂直方向にも平均自由行程  $\lambda$  だけ進行できます。層流の速度に垂直方向の勾配  $dv/dx$  がありますので、気体分子の質量  $m$  と平均自由行程の両端の速度差  $\lambda (dv/dx)$  より、気体分子が運ぶ運動量の変化は  $m \lambda (dv/dx)$  となります。分子の平均速度を  $C$  とすると、層流と垂直方向に進行する分子数は単位時間・単位面積当たり  $NC/2$  となりますので、単位時間当たりに輸送される運動量  $U$  は

$$(4) \quad U = N m C \lambda (dv/dx) / 2$$

式(1)の単位面積当たりの摩擦力  $f$  と式(4)の単位時間当たりに輸送される運動量の変化  $U$  が等しくなりますので、

$$(5) \quad \eta = N m C \lambda / 2$$

さらに、式(3)を代入して平均自由行程  $\lambda$  を消去すると、

$$(6) \quad \eta = m C / \{2(2)^{1/2} \pi d^2\}$$

気体分子の平均速度  $C$  は絶対温度  $T$  の平方根に比例しますので、気体の粘度は絶対温度  $T$  とともに増加し、気体の圧力とは無関係になります。

詳細については例えば、ムーア著「新物理化学(上), (下)」藤代亮一訳、東京化学同人などをご覧ください。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前： やっぴい      日時： 2007年01月17日 12時59分33秒

ぶしつけながら質問させていただきたいことがあります。以前の回答により、全糖量を計測する際にタンパク質除去の重要性について理解させていただきました。では、具体的に試料(私の場合は植物磨砕組織から熱水抽出した多糖類)よりタンパク質を除去するにはどんな方法があるのでしょうか？エタノールやアセトン処理等をしてはいますが、どうにもタンパク質が除去できていないようなのです。どうかご返答のほど、お願いいたします。

---

---

名前： 芦田 実      日時： 2007年01月24日 00時45分00秒

やっぴい 様

**質問445** ぶしつけながら質問させていただきたいことがあります。以前の回答により、全糖量を計測する際にタンパク質除去の重要性について理解させていただきました。では、具体的に試料(私の場合は植物磨砕組織から熱水抽出した多糖類)よりタンパク質を除去するにはどんな方法があるのでしょうか？エタノールやアセトン処理等をしてはいますが、どうにもタンパク質が除去できていないようなのです。どうかご返答のほど、お願いいたします。

**回答** このホームページは無機化学系(または物理化学系)の研究室で作っています。この質問は守備範囲を超えていますので、詳細については有機化学や生化学の専門家に質問して下さい。抽出した成分を精製するには一般的に、濃縮や再結晶、吸着→ろ過→乾燥→再抽出、酸・塩基・薬品処理、カラムクロマトグラフィ等による分離などの方法を組み合わせると思います。溶媒、吸着剤、薬品、カラム充填剤等は多数ありますので、試行錯誤に実験して最も良い方法をさがすしかないと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前： SAK      日時： 2007年01月27日 09時53分05秒

1mol/L亜硫酸ナトリウム探しています。購入は何処ですればよいのでしょうか。

---

名前：芦田 実 日時：2007年01月27日 18時30分00秒

SAK 様

**質問446** 1mol/L亜硫酸ナトリウムを探しています。購入は何処であればよいのでしょうか。

**回答** 亜硫酸ナトリウムは無水の固体または七水和物の固体しか販売されていないと思います。これらのどちらかを購入して、ご自分で溶解して作って下さい。無水の固体から水溶液1L（リットル）を作る場合には、126gを水に溶かして体積を1Lに調製します。七水和物の固体から水溶液1L（リットル）を作る場合には、252gを水に溶かして体積を1Lに調製します。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：大山智廣 日時：2007年01月30日 12時51分57秒

作業者の安全性のため、「トルエン」の取り扱いおよび注意事項を説明します。ただ、大学での経験が生かされず、化学同人の実験を安全に行うためにを見ましても、物性（沸点など）しか記載されていません。作業者に対し危険性や注意事項を説明したいのですが、どうぞご教示下さいますようお願いいたします。

---

名前：芦田 実 日時：2007年01月30日 18時10分00秒

大山智廣 様

**質問447** 作業者の安全性のため、「トルエン」の取り扱いおよび注意事項を説明します。ただ、大学での経験が生かされず、化学同人の実験を安全に行うためにを見ましても、物性（沸点等）しか記載されていません。作業者に対し危険性や注意事項を説明したいのですが、どうぞご教示下さいますようお願いいたします。

**回答** トルエンには引火性があり、その蒸気が空気と混ざると爆発する危険があります。したがって、ドラフト（局所排気装置）等の換気設備のあるところで、火気に注意して使用する必要があります。酸化剤と接触させても反応します。火災を消すときは乾燥した砂等を使用します。油と同様ですから水は使ってはいけません。トルエンには麻酔作用がありますので、蒸気を吸入すると頭痛、めまい、嘔吐等を起こします。したがって、ドラフト等を使用するか、風上で作業する必要があります。もしも、蒸気を吸入した場合には直ちに新鮮な空気の場所に移動します。詳細については例えば下記の様な、製薬会社のホームページに掲載されている製品安全データシート（MSDS）等をご覧下さい。他の薬品についても調べられます。

[http://www3.kanto.co.jp/catalog/msds/J\\_40180.pdf](http://www3.kanto.co.jp/catalog/msds/J_40180.pdf)

<http://www3.kanto.co.jp/catalog/Csearch.aspx>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：大山智廣 日時：2007年01月30日 21時06分29秒

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田実 様



お世話になります。大山です。

下記、お返事を頂きありがとうございます。改めて感謝致します。早速ホームページを拝見し、確認致します。なお、XRF分析について、少しお聞きしたいことがあります。よろしいでしょうか？

大山 智廣

---

名前：大山智廣 日時：2007年02月01日 13時57分48秒

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田実 様

お世話になります。大山です。

XRF分析法について、弊社では堀場製作所製のGXT1000を使用しています。その際、マグネットを測定すると、常時、鉛、カドミウムが100ppmを超えて検出されます。メーカーへ依頼し、ICP分光分析法にて測定を行うと、数値は数ppmです。どうしてこのようなことが生じるのか、昨年8月以降ずっと堀場製作所本社へ問い合わせしていますが、明らかな回答がありません。目安であり、厳密にはICP測定をしてほしいとの、回答になっていません。この分野についてご存知であれば、回答を頂きたく、どうぞ宜しくお願い致します。

=====

大和音響株式会社 大山智廣  
TEL No. 86-663-3278159  
FAX No. 86-663-3278149

=====

---

名前：芦田 実 日時：2007年02月06日 01時15分00秒

大山智廣 様

質問448 埼玉大学教育学部理科教育講座 芦田実 様

お世話になります。大山です。

XRF分析法について、弊社では堀場製作所製のGXT1000を使用しています。その際、マグネットを測定すると、常時、鉛、カドミウムが100ppmを超えて検出されます。メーカーへ依頼し、ICP分光分析法にて測定を行うと、数値は数ppmです。どうしてこのようなことが生じるのか、昨年8月以降ずっと堀場製作所本社へ問い合わせしていますが、明らかな回答がありません。目安であり、厳密にはICP測定をしてほしいとのことで、回答になっていません。この分野についてご存知であれば、回答を頂きたく、どうぞ宜しくお願い致します。

**回答** このホームページは無機化学系（または物理化学系）の研究室で作っています。この質問は守備範囲を超えていますので、詳細については機器分析や分析化学の専門家または分析機器の製造業者に質問して下さい。

蛍光X線（XRF）分析法では、Al付近から下の軽い元素を分析できなかつたり、固体試料の表面付近しか分析できなかつたり（試料の汚れに注意）、ほぼ同じ位置に複数元素のピークが出る等の欠点があるそうです。有機物と金属では測定方法を変える必要もあるそうです（バルク検量線法、バルクFP法）。マグネットにホウ素B等の軽い元素が含まれていて、それらが検出されていない恐れはありませんか。主ピークだけでなく、第2ピークや第3ピークも観測して、総合的に判断していますか。試料表面の汚れを完全に除去していますか。一次X線源のエネルギーは充分大きい（波長が短い）ですか。このエネルギーが小さいと、蛍光X

線が観測されないピーク位置もあると思います。なお、ICP分光分析法でもマグネットの試料が完全に溶解していなければ、測定値に誤差が含まれているかもしれません。参考として、下記のホームページもご覧ください。

<http://www.eic.or.jp/qa/?act=view&serial=17925>

<http://www.eic.or.jp/qa/?act=view&serial=14006>

<http://homepage3.nifty.com/bs3/Magnet/kind/index.html>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

**名前：田所 正樹 日時：2007年02月07日 14時01分19秒**

シリカゲルの表面についての質問です。シリカゲルには市販のものに球状のものと破砕状のものがあるのですが、これらの表面積は実際にはどのようになっているのでしょうか。破砕状の表面積は球状のそれに比べてどれほど大きいのでしょうか。お忙しいとは思いますがよろしくお願ひします。

---

**名前：芦田 実 日時：2007年02月09日 01時00分00秒**

田所 正樹 様

**質問449** シリカゲルの表面積についての質問です。シリカゲルには市販のものに球状のものと破砕状のものがあるのですが、これらの表面積は実際にはどのようになっているのでしょうか。破砕状の表面積は球状のそれに比べてどれほど大きいのでしょうか。お忙しいとは思いますがよろしくお願ひします。

**回答** シリカゲルの表面積を見かけの形状（球状、破砕状）から考えるのは適切でないと思います。シリカゲルには内部構造の違いから、A型とB型の2種類があるそうです。B型と比較して、A型はシリカの微粒子が密に結合して、非常に微細で多孔質な毛細管構造になっているため、表面積は大きいですが細孔容積（隙間）が小さいそうです。それゆえ、B型よりも吸着力が強く、低い湿度での使用に適しているが、水分の吸収量は小さいそうです。A型と比較して、B型はシリカの微粒子間の隙間（毛細管の孔）が大きいため、表面積は小さいが細孔容積が大きいそうです。それゆえ、A型よりも高い湿度での使用に適しており、多量の水分を吸収できるそうです。結論として、球状と破砕状のシリカゲルの表面積はどちらが大きいかは、ご自分で測定して調べて下さい。または、製造業者に問い合わせして下さい。その他、シリカゲルについての詳細は、例えば下記のホームページをご覧ください。

<http://www.adachi.ne.jp/users/chuo/sub5.html>

<http://www2.ocn.ne.jp/~diagel/silikagel1.htm>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

**名前：田内 友也 日時：2007年02月14日 23時54分40秒**

よろしくお願ひします。現在、高周波容量式水分計を用いて表乾判定についての研究を行なっております。これは、電気の通りやすさで判断するものです。ここで、伝導率の高い塩化ナトリウムを使用したところ良い結果を得られました。しかし、同じように硫酸ナトリウムを用いたところ始めは良かったのですが時間がたつと水のみと同じような試験結果となってしまいました。原因としてはどん

な事が考えられますか。また、硫酸ナトリウムについての詳しい性質について教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2007年02月19日 14時30分00秒

田内 友也 様

**質問450** よろしくお願ひします。現在、高周波容量式水分計を用いて表乾判定についての研究を行なっております。これは、電気の通りやすさで判断するものです。ここで、伝導率の高い塩化ナトリウムを使用したところ良い結果を得られました。しかし、同じように硫酸ナトリウムを用いたところ始めは良かったのですが、時間がたつと水のみと同じような試験結果となってしまいました。原因としてはどんな事が考えられますか。また、硫酸ナトリウムについての詳しい性質について教えてください。

**回答** 質問内容が不正確で、どの様な実験を行っているのか、何が聞きたいのか良く分かりません。もしも、電導度を測定しているのならば、塩化ナトリウムの場合には801℃以上の高温で融解状態にするか、水溶液にしなければ、電流が流れないと思います。水溶液の場合に、水のみと同じ結果とは電流が流れないと言うことですから、硫酸ナトリウムの薄い水溶液で電流が流れないことは考えられません。

硫酸ナトリウムは乾燥剤に使用されるほど吸湿性が強い物質です。もしも、電導度ではなく、固体粉末の誘電率を測定しているのならば、しだいに空気中等の水分を吸収して、硫酸ナトリウムの無水塩が十水塩に変化していったものと思います。硫酸ナトリウムの十水塩（固体）を32.4℃以上に加熱しますと、結晶水を放出してその水に溶けて水溶液に変化します。したがって、この実験を行えば簡単に確認できると思います。なお、高周波容量式水分計による誘電率の測定については、例えば下記のホームページを参考としてご覧下さい。

[www.kett.co.jp/support/pdf/manual/01/hi\\_520manual\\_rev0201.pdf](http://www.kett.co.jp/support/pdf/manual/01/hi_520manual_rev0201.pdf)

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：しぶたに ゆうき 日時：2007年02月18日 18時10分42秒

摩耗に凝着摩耗がありますが、凝着摩耗は相対湿度の影響を受けるのでしょうか。やはり高湿度の方が水分の潤滑効果によって凝着しにくいのでしょうか？また、影響を受ける場合、潤滑油があった場合は湿度の影響を受けにくいのでしょうか。

---

名前：芦田 実 日時：2007年02月19日 17時00分00秒

しぶたに ゆうき 様

**質問451** 摩耗に凝着摩耗がありますが、凝着摩耗は相対湿度の影響を受けるのでしょうか。やはり高湿度の方が水分の潤滑効果によって凝着しにくいのでしょうか？また、影響を受ける場合、潤滑油があった場合は湿度の影響を受けにくいのでしょうか。

**回答** 空気中における金属の摩耗試験では、水蒸気（物理吸着）と酸素（化学吸着、酸化）が微小突起の新生面同士の凝着摩耗に影響すると考えられます。真実接触点の局部的な温度は数百℃から1000℃になりますので、室温における相対湿

度は意味が無く、絶対湿度（分圧，濃度）で考えるべきだと思います。水蒸気の比較的速い物理吸着が酸素の比較的遅い化学吸着を妨げますので、湿度が高い方が新生面の酸化（酸素の化学吸着）が起こり難く、凝着摩耗が激しくなると考えられます。また、数百℃の高温では水が気体になってしまいますので、水分の潤滑効果は考え難いと思います。空気中の金属の摩耗に対する水蒸気と酸素の効果については、例えば古い文献ですが、参考として下記をご覧ください。水中や潤滑油中の摩耗試験では、実験条件が空気中と極端に変わりますので、摩耗機構も全く変わると思います。潤滑油がある場合の湿度の影響は、調べたことが無いので良く分かりません。油膜の厚さにより境界潤滑または流体潤滑と潤滑状態（実験条件）が変わりますので、それによっても湿度の影響は変わると思います。

芦田実，後藤穂積，低炭素鋼の空気中摩耗に伴うT<sub>r</sub>-せん移に関する研究，材料，39巻，445号，1398-1404頁（1990）

芦田実，後藤穂積，純銅の空気中フレッチング摩擦における酸素と水蒸気の吸着効果，材料，40巻，457号，1383-1389頁（1991）

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

名前：鹿山泰 日時：2007年02月18日 20時25分31秒

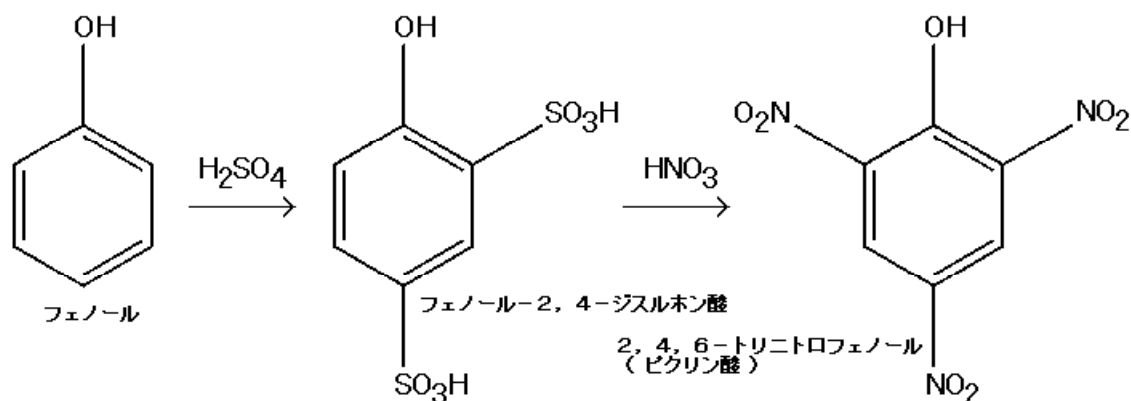
先日，有機化学の問題を解いていたところ『ピクリン酸を作るには，先ずフェノールに硫酸を加えてスルホン化し，次に硝酸を加えてニトロ化する』といったような事が書いてありました。ですが，どのように反応するのが解りません。教えてください。それから，その後，自分なりに調べてみたところ『スルホフェノール法』というものが見つかりました。これは前述の『ピクリン酸の作り方』に関係しているのでしょうか。

名前：芦田 実 日時：2007年02月20日 17時10分00秒

鹿山泰 様

質問452 先日，有機化学の問題を解いていたところ『ピクリン酸を作るには，先ずフェノールに硫酸を加えてスルホン化し，次に硝酸を加えてニトロ化する』といったような事が書いてありました。ですが，どのように反応するのが解りません。教えてください。それから，その後，自分なりに調べてみたところ『スルホフェノール法』というものが見つかりました。これは前述の『ピクリン酸の作り方』に関係しているのでしょうか。

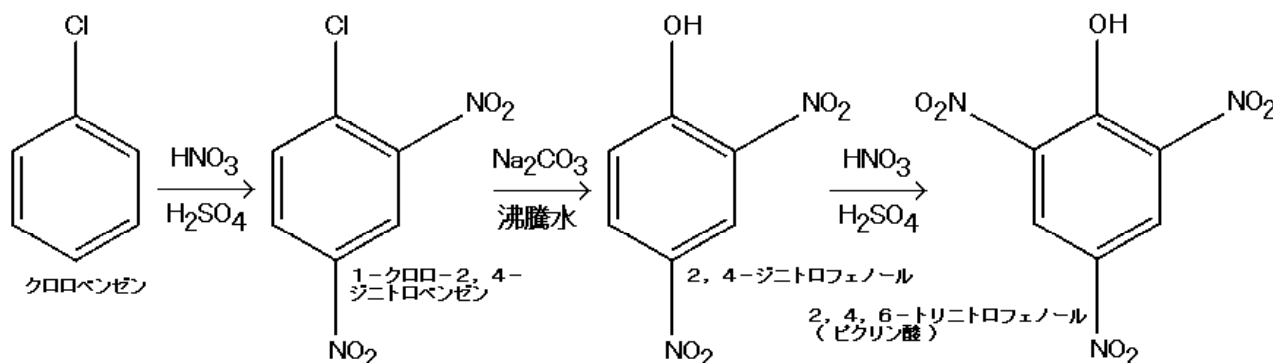
回答 ピクリン酸は爆発し易いので，その取り扱いには十分に注意する必要があります。合成方法の詳細については有機化学の本等に載っていると思いますので，



そちらをご覧ください。

フェノールは非常に酸化され易いので、硝酸で直接ニトロ化してもうまくいかないそうです。そこで、フェノールをまず硫酸でスルホン化して2,4-ジスルホン酸とし、その反応混合物に硝酸を加えてピクリン酸を作るそうです（スルホフェノール法）。

別の方法として、クロロベンゼンを混酸（硝酸+硫酸）でニトロ化して1-クロロ-2,4-ジニトロベンゼンとし、これを沸騰炭酸ナトリウム水溶液で加水分解して2,4-ジニトロフェノールとし、さらにこれを混酸でニトロ化してピクリン酸を作るそうです（クロロベンゼン法）。



埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：鹿山泰 日時：2007年02月22日 13時38分08秒

ご返事ありがとうございます。思っていたのとは違う結果なので相談してよかったです。返信、遅れてすみません。

---

名前：福富修二 日時：2007年01月18日 14時14分18秒

溶液の作り方（濃度計算と調製方法）のアンモニアのページで、質量百分率濃度を  $W=0.3\%$ 、希釈水体積を  $V_b=3100000\text{mL}$  として計算した結果、溶液の密度が  $D=0.998\text{g/mL}$  になりました。下の表で確認すると百分率濃度が2%になっていますが、見方が間違っているのでしょうか？また、表の百分率濃度  $W=1\%$  および2%の溶液の密度の値が逆とは違えますか？教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2007年03月02日 23時50分00秒

福富修二 様

**質問453** 溶液の作り方（濃度計算と調製方法）のアンモニアのページで、質量百分率濃度を  $W=0.3\%$ 、希釈水体積を  $V_b=3100000\text{mL}$  として計算した結果、溶液の密度が  $D=0.998\text{g/mL}$  になりました。下の表で確認すると百分率濃度が2%になっていますが、見方が間違っているのでしょうか？また、表の百分率濃度  $W=1\%$  および2%の溶液の密度の値が逆とは違えますか？教えてください。

**回答** 回答が遅くなって申し訳ありません。掲示板は質問を書き込む場所ではありません。掲示板への意見の書き込みがほとんど無いので、ここ最近では掲示板をチェックしていませんでした。質問については、表の見方が間違っています。アンモニア水の場合に、 $W \approx 0\%$ （純水  $D=0.997\text{g/mL}$ （プログラム中では  $D \approx 1.00\text{g/mL}$  と近似））と  $W \approx 2\%$ （ $D=0.998\text{g/mL}$ ）付近の2カ所に密度  $D$  の極大値が存在す

るだけです．濃度とともに密度が単調に変化すると思うことが間違いです．

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：根本章宏 日時：2007年02月22日 19時53分38秒

電極材質(タングステン)，加工物(Fe系材料)を純水を掛けながら放電加工した場合に発生する，加工屑(加工物が溶け残ったもの?)は，どのような状態だと考えられるでしょうか．Ans①加工液中に $\text{Fe}^+$ イオンとして滞留している．Ans②Fe系酸化物のような状態となる．Ans①または②どちらと考えられるでしょうか？または別の状態か？加工後の電極や電極を保持している治具には，スラッジと思われるものが付着しています(加工物には付着していない)．以上なにかご存知または推察できることがありましたらご教授下さい．よろしくお願いいたします．

---

名前：芦田 実 日時：2007年03月06日 00時15分00秒

根本章宏 様

質問454 電極材質(タングステン)，加工物(Fe系材料)を純水を掛けながら放電加工した場合に発生する，加工屑(加工物が溶け残ったもの?)は，どのような状態だと考えられるでしょうか．①加工液中に $\text{Fe}^+$ イオンとして滞留している．②Fe系酸化物のような状態となる．①または②のどちらと考えられるでしょうか？または別の状態か？加工後の電極や電極を保持している治具には，スラッジと思われるものが付着しています(加工物には付着していない)．以上なにかご存知または推察できることがありましたらご教授下さい．よろしくお願いいたします．

回答 類似の質問内容(イオン交換水中で黄銅のワイヤー線を用いて放電加工)に関する回答が質問198にあります．参考になりそうなホームページも回答中で紹介していますので，一度ご覧下さい．

放電加工とは，高電圧パルスによる放電で発生した数千度の高温により，被加工物の微小部分を融解・除去することを繰り返して加工する方法だそうです．瞬間的に数千度の高温になりますから，融解で生じた鉄微粒子の表面と水 $\text{H}_2\text{O}$ が反応している可能性があります(内部は金属の鉄として残存)．微粒子表面の生成物としては， $\text{Fe}(\text{OH})_2$ や $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 等の水酸化鉄， $\text{FeO}$ ， $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ， $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 等の酸化鉄，鉄イオンと水酸化物イオンが種々の割合で結合したもの(例えば， $\text{FeOH}^+$ ， $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ )等が考えられます．同様に，鉄系材料中の不純物の化合物やタングステンの化合物も生じると思います．なお，金属微粒子が非常に小さければ，内部までほとんど反応している可能性もあります(化合物の沈殿，②に近い状態)．その他として，鉄イオン( $\text{Fe}^{2+}$ ， $\text{Fe}^{3+}$ )が水中に極く微量存在する可能性があります(①に近い状態)．ただし，質問文中の $\text{Fe}^+$ イオンは不安定で，存在しないと思います．

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：根本章宏 日時：2007年03月06日 08時22分43秒

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実 様

質問のご回答ありがとうございました．大変参考となりました．続けて，お時間かかっても良いので意見を聞かせてください．このような質問をした理由とし

ましては、放電加工においての問題点として以下の2点が上げられます。①細穴放電加工をする場合、加工中に発生するスラッジの排出性が悪く、加工時間が余分にかかってしまう。改善手段としては、電極回転数を上げたりということがあるが、これは電極径が小さくなると、回転による電極振れが大きくなり、加工される径が大きくなってしまう。②放電加工で生じるスラッジが、電極保持治具に付着して目詰まりを起し、連続加工が困難となる。

スラッジ影響を改善する方法としては調査すると、添付ような方法 (<http://www.tri.pref.osaka.jp/group/kinbun/sakutai.htm>) や、金属錯体を加工液に混ぜて加工する方法があるようです。私が考えている方法は、金属錯体などを混入させる方法ではなく、イオン交換樹脂を通した純水中に、陰イオン(OH<sup>-</sup>)を混ぜて放電加工することで、①、②の問題点を解決できないかと思っております。この方法の妥当性についての意見をお聞かせください。以上よろしく申し上げます。

---

名前： 芦田 実      日時： 2007年03月12日 23時10分00秒

根本章宏 様

**質問454 (追加)** 質問のご回答、ありがとうございました。大変参考となりました。続けて、お時間かかっても良いので意見を聞かせてください。このような質問をした理由としましては、放電加工における問題点として以下の2点が上げられます。①細穴放電加工をする場合、加工中に発生するスラッジの排出性が悪く、加工時間が余分にかかってしまう。改善手段としては、電極回転数を上げることがあるが、これは電極径が小さくなると、回転による電極振れが大きくなり、加工される径が大きくなってしまう。②放電加工で生じるスラッジが、電極保持治具に付着して目詰まりを起し、連続加工が困難となる。

スラッジの影響を改善する方法を調査すると、添付のような方法 (<http://www.tri.pref.osaka.jp/group/kinbun/sakutai.htm>) や、金属錯体を形成させるための配位子を加工液に混ぜて加工する方法があるようです。私が考えている方法は、金属錯体用の配位子などを混入させる方法ではなく、イオン交換樹脂を通した純水中に、陰イオン(OH<sup>-</sup>)を混ぜて放電加工することで、①、②の問題点を解決できないかと思っております。この方法の妥当性についての意見をお聞かせください。以上よろしく申し上げます。

**回答** 水酸化物イオンは鉄イオンと反応して水に難溶性の水酸化物を作りますので、この点だけは良いかと思えます。しかし、水酸化物イオン(OH<sup>-</sup>)だけを添加することはできません。電気的中性の原理から、必ず陽イオンも同時に添加されてしまいます。陰・陽イオンの水溶液になりますので、イオン交換水を使用する意味が弱くなります。電気抵抗が小さく(電気伝導度が大きく)なりますので、電極と加工物の間に電流が流れ易くなり、水溶液が電気分解して気体が発生したり、金属表面へのメッキ現象等が起こり易くなります。すなわち、電圧を高く上げられなくなりますので、放電が起こり難くなると思います。これらを防ぐためには、水酸化ナトリウム等の強塩基を使用するならば、その濃度を非常に小さくする必要があります。または、イオンに電離し難い弱塩基(例えば、弱塩基性のpH緩衝液に使われているトリス(ヒドロキシメチル)アミノメタン等)を使用する必要があります。何れにしても、水中にイオンを添加するのは好ましくないと思います。ご指摘のホームページではこれらの問題を考慮して、イオンを生じさせ易い水ではなく、イオンを生じさせ難い油を使用しています。さらに、錯体を形成させるための配位子にも、イオンに電離し難いカルボン酸や非イオン性のアセチルアセトンを使用していると思います。したがって、イオン交換水に添加する場合にも、水酸化物イオンよりもアセチルアセトンの方が望ましいと思います。なお、スラッジが鉄系ならば磁石を使用してそれを取り除い

たり、放電によって水泡が発生するならば非イオン性の（酸性・塩基性・中性ではない）界面活性剤（洗剤）を使用して泡の力でスラッジを取り除く等の別の方法を考えた方が良いのではないかと思います。ただし、これらの方法がうまくいくかどうかは、実験したわけではないのでよく分かりません。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：さりな 日時：2007年03月07日 15時56分58秒

高校2年生のさりなと申します。化学の宿題についてなのですが、「酸化銅(II)は水には不溶だが塩酸や希硫酸には溶ける。このような酸化物をなんというのか」という問題がわかりません。このような物質を何性酸化物というのでしょうか。お返事よろしく願いいたします。

---

名前：芦田 実 日時：2007年03月07日 21時35分00秒

さりな 様

**質問455** 高校2年生のさりなと申します。化学の宿題についてなのですが、「酸化銅(II)は水には不溶だが塩酸や希硫酸には溶ける。このような酸化物をなんというのか」という問題がわかりません。このような物質を何性酸化物というのでしょうか。お返事よろしく願いいたします。

**回答** 酸化銅(II)は酸と反応して塩と水を生じます（酸に溶ける）ので、塩基性酸化物と言います。詳細については、化学Iの教科書の索引で調べて、酸化物、塩基性酸化物や酸性酸化物の頁をご覧ください。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：大島勇人 日時：2007年03月06日 15時57分33秒

なぜ、条件安定度定数はpHに依存するのでしょうか？

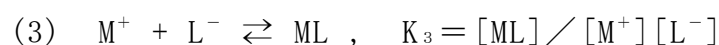
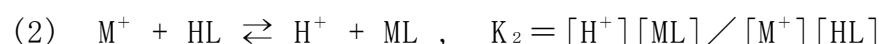
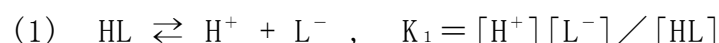
---

名前：芦田 実 日時：2007年03月14日 00時35分00秒

大島勇人 様

**質問456** なぜ、条件安定度定数はpHに依存するのでしょうか？

**回答** 金属イオンとキレートを形成する配位子が酸の一種である場合には、配位子（例えばHL）が水溶液中で電離する平衡および金属イオン（例えばM<sup>+</sup>）と配位子（例えばHLとL<sup>-</sup>）からキレート（例えばML）が生成する平衡が同時に成り立ちます。



上の3つの式の平衡定数はpHに依存せずに一定ですから、これらの式を組み合わせれば正しい濃度計算ができます。しかし、これらの式を組み合わせる濃度計算するのは複雑で大変です。例えば、EDTAの場合には四塩基酸ですから、水素イオ



ンH<sup>+</sup>が4段階で電離し、生じた5種類のEDTA化学種が金属イオンとそれぞれキレートを生じます。ゆえに、9つの電離平衡式を連立させて解く必要があります。そこで、金属イオンとキレートを形成していない配位子の全濃度Cを用いて、見かけのキレート生成定数（条件安定度定数）K<sub>4</sub>を考えることにします。

$$(4) \quad C = [\text{HL}] + [\text{L}^-], \quad (5) \quad K_4 = [\text{ML}] / [\text{M}^+] C$$

式(4)から明らかな様に、Cは水素イオン濃度[H<sup>+</sup>]の影響を受け、pHが大きくなるほど小さくなります。これは式(1)～(3)の平衡がそれぞれ右に移動するためです。したがって、式(5)のK<sub>4</sub>も水素イオン濃度の影響を受け、pHが大きくなるほど大きくなります。要するに、条件安定度定数はあくまでも見かけの値であり、本当の定数ではありません。これがpHに依存するのは、ごまかして楽をしようとしたツケが回ってきただけです。詳細については、かなり古い本ですが、例えば下記の本をご覧ください。

上野景平，キレート滴定法，南江堂  
分析化学研究会編著，分析化学の理論と計算 修正版，廣川書店

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：林 孝也 日時：2007年03月10日 14時31分33秒

恐れ入ります。比較的濃度の高い硝酸に熱時エチルアルコールを滴下致しますとノックスの発生が見られます。このときの反応機構を知りたいのです。当然、アルコールの還元作用で硝酸が分解しているのかもしれませんが詳細な機構が解りません。ご指導頂ければ幸いです。

---

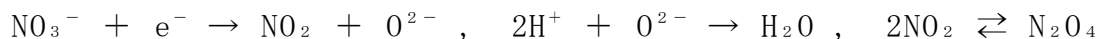
名前：芦田 実 日時：2007年03月15日 18時40分00秒

林 孝也 様

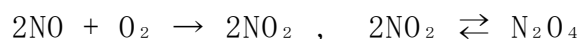
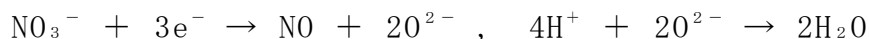
質問457 恐れ入ります。比較的濃度の高い硝酸に熱時、エチルアルコールを滴下致しますとノックスの発生が見られます。このときの反応機構を知りたいのです。当然、アルコールの還元作用で硝酸が分解しているのかもしれませんが、詳細な機構が解りません。ご指導頂ければ幸いです。

回答 詳細な反応機構は分かりません。ご自分で原著論文を調べて下さい。酸化還元反応ですから、アルコールが硝酸を還元し、硝酸がアルコールを酸化しています。しかし、アルコールの場合には還元剤だとはあまり言いませんので、硝酸の方が能動的に酸化しているかもしれません。

濃硝酸の反応ではHNO<sub>3</sub>はNO<sub>2</sub>に還元され、O<sub>2</sub>やH<sub>2</sub>は発生しないと思います。O<sup>2-</sup>はOH<sup>-</sup>よりも強い塩基性で、酸性では不安定であり、余っていれば直ちにH<sub>2</sub>Oになります。さらに、赤褐色のNO<sub>2</sub>は無色のN<sub>2</sub>O<sub>4</sub>と会合平衡になります。

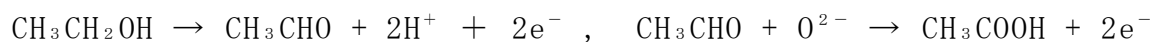


希硝酸の反応ではHNO<sub>3</sub>はNOに還元され、O<sub>2</sub>やH<sub>2</sub>は発生しないと思います。不安定なO<sup>2-</sup>はやはりH<sub>2</sub>Oになります。さらに、無色のNOは空气中で酸素O<sub>2</sub>で酸化されて赤褐色のNO<sub>2</sub>になります。

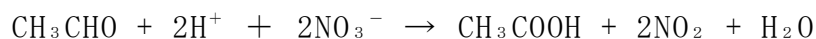
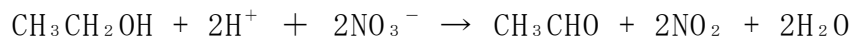


上の反応のうち、濃硝酸の反応の方が優勢だと思いますが、程度の問題ですので、希硝酸の反応も少し起こっているかもしれません。

エタノール $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ は、アセトアルデヒド $\text{CH}_3\text{CHO}$ （エタノールよりも還元力が強い）を経て酢酸 $\text{CH}_3\text{COOH}$ に二段階で酸化されると思います。



濃硝酸が反応すると仮定して、以上の式をまとめます。



さらに、ノックスについては  $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$

となると思います。しかしながら、ここで導いた化学反応式はあくまでも見かけのものであり、最初の反応物と最後の生成物の間の化学量論的關係を示したにすぎず、とても反応機構と言えるようなものではありません。詳細な反応機構については、ご自分で原著論文を調べて下さい。または、化学反応論の専門家に質問して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：林 孝也 日時：2007年03月15日 22時17分54秒

芦田先生

質問457の林です。ご回答を頂きました事に心から感謝申し上げます。質問の仕方に不備があって、小生の意図したものではありませんでした。

実は単純に硝酸とエタノール間の反応では無く、そこに白金が関与した反応でした。赤外スペクトルからの情報では白金とエタノールの分解物？との化合物が生成しているように思われます。したがって、硝酸とエタノールの反応機構が解明できれば、その中間体と白金との反応が誘導できるかと考え、単純化した形で質問したのが間違っていました。

今回のご教授を基に再度考えてみます。有り難うございました。

---

名前：鈴木武 日時：2007年02月25日 19時43分35秒

金属の腐食について勉強しています。黄銅についてやっているのですが、黄銅が $\text{NaCl}$ 中でどのように反応するかがわかりません。教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2007年03月16日 23時40分00秒

鈴木武 様

質問458 金属の腐食について勉強しています。黄銅についてやっているのですが、黄銅が $\text{NaCl}$ 中でどのように反応するかがわかりません。教えてください。

回答 この質問は守備範囲を超えていますので、詳しいことは腐食・防食関係の専門家に質問して下さい。また質問277, 254, 241, 210, 184の回答もご覧下さい。

乾燥空気中で黄銅を塩化ナトリウムの粉末に入れても、腐食電流が流れるわけではありませんから、腐食が特別に加速されるとは思えません。乾燥空気中とほぼ同様に、黄銅表面が酸化物や炭酸塩に非常にゆっくりと変化していきただけだと思います。湿った空気中で黄銅を塩化ナトリウムの粉末に入れると、乾燥空気中

よりも腐食が少しだけ加速されるかもしれません。この場合には、黄銅表面が水酸化物や炭酸塩に変化していくと思います。約800℃の高温で塩化ナトリウムを融解して、それに黄銅を部分的に入れると、特に空気中に出ている部分の表面が急速に酸化物に変化すると思います。その他、質問内容とは関係ありませんが、塩化ナトリウム水溶液に黄銅を入れる場合は、局部電池等による腐食電流が増加し、湿った空气中で黄銅を塩化ナトリウムの粉末に入れるときよりも腐食が少しだけ加速されるかもしれません。また、金属と塩素イオンが錯体を形成し、錯イオンとなって溶出して、腐食が少しだけ加速されることも考えられます。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：平山 満 日時：2007年03月27日 18時38分27秒

溶解度積とpHに関する質問です。いくつかの水酸化物の溶解度積がわかっている状態で、pHのみを与えられたところでその水酸化物が沈殿するか否かを判別できるのでしょうか。そのような計算方法があれば教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2007年03月31日 00時05分00秒

平山 満 様

**質問459** 溶解度積とpHに関する質問です。いくつかの水酸化物の溶解度積がわかっている状態で、pHのみを与えられたところでその水酸化物が沈殿するか否かを判別できるのでしょうか。そのような計算方法があれば教えてください。

**回答** 当然のことですが、陽イオンの濃度を与えられていなければ計算できません。陽イオンにもよりますが、水酸化物が沈殿するpHには下限と上限が存在することがあります。例えば定性分析において、アルミニウムイオン $Al^{3+}$ の場合には塩化アンモニウム-アンモニア水の緩衝液を用いて $pH=9\sim 10$ 付近で水酸化物 $Al(OH)_3$ を沈殿させます。なぜならば、水酸化ナトリウムのような強塩基ではアルミン酸イオン $Al(OH)_4^-$ を生じて沈殿しない（瞬間的に沈殿を生じても直ちに溶解する）ためです。この上限のpHは錯イオンの安定度定数から推定できると思いますが、詳細については省略します。

以下では水酸化物が沈殿するときのpHの下限について説明します。アルミニウムイオンの溶解度積 $K_{sp}$ , pH, 水のイオン積 $K_w$ の定義はそれぞれ次式のようになります。

$$K_{sp} = [Al^{3+}][OH^-]^3, \quad pH = -\log_{10}[H^+], \quad K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$$

そこで、pHから水素イオン濃度を求め、それから水酸化物イオン濃度を求めます。

$$[H^+] = 10^{-pH} \rightarrow [OH^-] = K_w / [H^+]$$

溶解度積は沈殿を生じたときの上澄み液に含まれる濃度の積ですから、沈殿を生じる下限に相当します。それゆえ、与えられた陽イオンの初濃度 $[Al^{3+}]_0$ 、与えられたpHから求めた水酸化物イオンの初濃度 $[OH^-]_0$ と沈殿を生じるpHの上限における $[OH^-]_U$ を用いて、次の式が成り立てば水酸化物の沈殿を生じます。

$$K_{sp} < [Al^{3+}]_0 [OH^-]_0^3, \quad [OH^-]_0 < [OH^-]_U$$

ただし、たとえ最初は $[OH^-]_0 > [OH^-]_U$ であっても、沈殿を生じている最中の水酸化物イオン濃度 $[OH^-]_P$ が $[OH^-]_P < [OH^-]_U$ となれば、やはり沈殿を生じます。注意して下さい。

沈殿を生じてpHがほぼ一定に保たれるほど十分に濃いpH緩衝液を使用した場合には、次式が成り立つまで沈殿が生じます。

$$K_{sp} = ([Al^{3+}]_0 - X) [OH^-]_0^3, \quad X = [Al^{3+}]_0 - [Al^{3+}]$$

ここでXは、沈殿によるアルミニウムイオン濃度の減少量となります。

pH緩衝液を使用しないで、非常に薄い濃度の強塩基を用いてpHを与えた場合には、アルミニウムイオン濃度の減少量と水酸化物イオン濃度の減少量が1:3の割合になります。沈殿によるアルミニウムイオン濃度の減少量をYとすると、次式が成り立つまで沈殿が生じます。

$$K_{sp} = ([Al^{3+}]_0 - Y) ([OH^-]_0 - 3Y)^3$$

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：上野健太 日時：2007年03月24日 02時46分55秒

現在金型製作の仕事をしております。最近放電加工の面が粗くなって困っています。以前まで銅（タフピッチ銅）に鉄（S50C）をろう付けしたもので放電加工をしていましたが、取引先の関係で、現在は銅（タフピッチ銅らしい）のみの電極を使用しています。放電の条件は同じなので、これが原因（電気・熱伝導率？）だと思うのですが、放電加工油も劣化気味（黄色を帯び始め、スラッジも全てもろ過ぎずに溜まってきています）なので、はっきりしたことがいえません。実験もできないので、どうか教えてください。上司は銅の成分が少し違うからだというのですが。

---

名前：芦田 実 日時：2007年04月01日 18時40分00秒

上野健太 様

**質問460** 現在金型製作の仕事をしております。最近放電加工の面が粗くなって困っています。以前まで銅（タフピッチ銅）に鉄（S50C）をろう付けしたもので放電加工をしていましたが、取引先の関係で、現在は銅（タフピッチ銅らしい）のみの電極を使用しています。放電の条件は同じなので、これが原因（電気・熱伝導率？）だと思うのですが、放電加工油も劣化気味（黄色を帯び始め、スラッジも全てもろ過ぎずに溜まってきています）なので、はっきりしたことがいえません。実験もできないので、どうか教えてください。上司は銅の成分が少し違うからだというのですが。

**回答** このホームページは無機化学系（または物理化学系）の研究室で作っています。この質問は高度な実際的内容を含んでおり、守備範囲を超えています。詳細については放電加工の専門家に質問して下さい。実験したわけではありませんので、想像を含めて回答します。

新しい電極材料がタフピッチ銅ではなく、銅タングステン等の別の材料ではありませんか。そうならば上司が言われる様に銅の成分が少し違うから、最適な加工条件が異なると考えられます。以前の電極と新しい電極が同じタフピッチ銅（純度99.90%以上）ならば、微量成分による違いは考え難いと思います。

純銅の融点は約1083℃であり、タフピッチ銅は99.90%以上の純度ですから、融点は純銅と同じだと思います。純鉄の融点は約1535℃であり、炭素鋼（S50C）には炭素、ケイ素、マンガン等が合わせて2%前後含まれていますが、融点は純鉄とほとんど変わらないと思います。したがって、タフピッチ銅とS50Cでは融点に500℃近い開きがあります。以前の電極形状が不明ですが、電極先端がS50Cならば

融点の違いが大きく影響している可能性があります。

純銅と純鉄では比抵抗（電導度の逆数）が約10倍ほど鉄の方が大きくなっています。ろう付けのろうは銅ろうか黄銅ろうでしょうか。何れにしてもろうの厚みが他と比較して薄いと思いますので、その比抵抗は無視します。S50Cの形状が不明ですが、銅よりも電流が流れ難く、この部分で少しだけ電圧降下等が起こっている可能性があります。以前の電極先端がタフピッチ銅ならば、S50Cの電圧降下等の分だけ以前の電極先端のパルス電圧が低い可能性があります。さらに、パルス形状も少し違うかもしれません。新しい電極の方が加工速度が少し大きくありませんか。

以上より3つの可能性が想像できます。加工速度が少し小さくなるかもしれませんが、新しい電極ではパルス幅を小さくしたらどうでしょうか。表面粗さも少し小さくなるかもしれません。詳細については、例えば下記のホームページをご覧ください。その他として、電極の保持治具が変わったとか、加工油の種類（成分）が変わったとか、他の人が放電加工機を使用したため以前とは極性が逆になっているようなことはありませんか。

[www.kochi-tech.ac.jp/library/ron/2000/mec/1010113.pdf](http://www.kochi-tech.ac.jp/library/ron/2000/mec/1010113.pdf)

[http://www.eastern-tech.co.jp/contents/5\\_edm/edm/index.html](http://www.eastern-tech.co.jp/contents/5_edm/edm/index.html)

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：赤井 祐子      日時：2007年04月04日 12時53分30秒

フェノールフタレインについての質問です。酸度を中和滴定法で測定することになったのですが、フェノールフタレインは、1%と0.1%のどちらの滴定用指示薬を使えばいいのでしょうか。宜しくお願いします。

---

名前：芦田 実      日時：2007年04月20日 15時55分00秒

赤井 祐子 様

**質問461** フェノールフタレインについての質問です。酸度を中和滴定法で測定することになったのですが、フェノールフタレインは、1%と0.1%のどちらの滴定用指示薬を使えばいいのでしょうか。宜しくお願いします。

**回答** できるだけ調べましたが、どちらの滴定用指示薬を使えば良いかについて、明確な答えはないようです。別の言い方をすれば、どちらを使用しても良さそうです。例えば、濃度0.1mol/L (=0.1N) の水酸化ナトリウムNaOH水溶液を使用して滴定した場合を考えます。NaOHの滴下量が10mLだったと仮定すると、そこに含まれていたNaOH（または水酸化物イオン）の物質量は $0.1\text{mol/L} \times 0.01\text{L} = 0.001\text{mol}$ になります。濃度1%のフェノールフタレインPP指示薬は、質量1gのPPを約100mLの95%エタノールに溶かして調製すると思います。PPのモル質量（分子量）は318.32g/molですから、PPのモル濃度は $1\text{g} / 318.32\text{g/mol} / 0.1\text{L} \approx 0.03\text{mol/L}$ になります。1回の滴定にPP指示薬を2滴 $\approx 0.1\text{mL}$ 使用したと仮定すると、そこに含まれていたPPの物質量は $0.03\text{mol/L} \times 0.0001\text{L} = 0.000003\text{mol}$ になります。したがって、NaOH（または水酸化物イオン）の物質量的の方が300倍以上多く、しかも滴定実験では1%程度の実験誤差が必ず含まれますから、PP（酸塩基の一種）の量を無視することができます。0.1%のPP指示薬なら、さらに無視することができます。ただし、0.1%のPP指示薬を使用した場合には、誤ってNaOHを滴下し過ぎても、PPによる発色が薄い桃色にしかならないかもしれません。すなわち、当量点を過ぎてしまったことに気が付かない恐れがありますので注意して下さい。1%のPP

指示薬を使用した場合には、NaOHを滴下し過ぎたら濃い赤紫色になりますので、直ぐに分かります（ビュレットからNaOH水溶液を滴下した場合には薄い桃色のところが当量点）。要するに、滴定に使用した酸や塩基の物質質量と比較してPPの物質質量を1/100より小さくすること、当量点におけるPPの色の変化がはっきり分かることに注意すれば良いと思います。後はご自分で計算してみてください。その他、酸度滴定の参考として、下記のホームページもご覧下さい。

<http://gakuen.gifu-net.ed.jp/~contents/club/rs-shidou/2.pdf>

<http://www.agri.pref.kanagawa.jp/nosoken/KEIEI/1999/p84.pdf>

<http://www.agri.pref.kanagawa.jp/nosoken/Keiei/1998/129.HTM>

[http://kouryu.pref.fukui.jp/research/b/b\\_5.html](http://kouryu.pref.fukui.jp/research/b/b_5.html)

[http://www.amy.hi-ho.ne.jp/brew/U-ken/memo\\_01\\_acid\\_fruit.html](http://www.amy.hi-ho.ne.jp/brew/U-ken/memo_01_acid_fruit.html)

<http://www.epcc.pref.osaka.jp/center/etech/etc02/kenkyuuhoukoku.pdf>

<http://milk.asm.ne.jp/chishiki/buturi.htm>

<http://www.jewa.jp/kikaku.html>

<http://www.muse.dti.ne.jp/~tojo917/touido.htm>

<http://homepage3.nifty.com/kan-ta/dojyoubunseki/4.pdf>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：やよい軒 日時：2007年04月11日 14時27分20秒

原子吸光法の実験で、塩化ナトリウムを用いてNaを測定しているのですが、正しい値を出すために塩化ナトリウムを乾燥させる必要があります。これには乾熱滅菌器を使おうと思っているのですが何分ぐらい入れておくべきなのでしょう  
か？

---

名前：芦田 実 日時：2007年04月20日 20時00分00秒

やよい軒 様

**質問462** 原子吸光法の実験で、塩化ナトリウムを用いてNaを測定しているのですが、正しい値を出すために塩化ナトリウムを乾燥させる必要があります。これには乾熱滅菌器を使おうと思っているのですが何分ぐらい入れておくべきなのでしょう  
か？

**回答** 説明不足で、質問の意味が理解できません。原子吸光は水溶液の形で測定しますので、乾燥させる意味がないと思います。原子吸光の校正用に使用するならば、塩化ナトリウムの標準溶液が市販されていますので、それを使用するほうが簡単であり、より正確だと思います。乾燥機等を使用して物質を乾燥させるときは、普通は所定の温度で30分～1時間程度入れておきます。次に、デシケータ一中で室温まで冷まし、天秤で質量を測定します。これを繰り返して、質量が一定になるまで乾燥させます。乾熱滅菌器の構造が不明ですが、密閉される物でしたら、発生した水蒸気が外に排出されませんので、乾燥には適さないと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：高橋 侑大 日時：2007年04月25日 23時33分55秒

化学を学び始めたばかりです。基礎的なことで恐縮ですが、わからないのでど

うか教えてください. 1mol/kgのエタノール(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)水溶液100g中のエタノールの重量と重量パーセント濃度の出し方が解りません. C=12.0, H=1.0, O=16.0を用いて, 分子量を出すと46になって, そこからどうやって計算すればよいのでしょうか? なにとぞ御教示願います.

---

名前 : 芦田 実 日時 : 2007年04月28日 17時40分00秒

高橋 侑大 様

**質問463** 化学を学び始めたばかりです. 基礎的なことで恐縮ですが, わからないのでどうか教えてください. 1mol/kgのエタノール(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH)水溶液100g中のエタノールの質量と質量パーセント濃度の出し方が解りません. C=12.0, H=1.0, O=16.0を用いて, 分子量(モル質量)を出すと46.0(g/mol)になって, そこからどうやって計算すればよいのでしょうか? なにとぞ御教示願います.

**回答** 質量モル濃度の定義は, 溶媒(水)1kg(=1000g)中に溶けている溶質の物質量(mol)です. この水溶液は水1kg(=1000g)あたりに1mol(=46.0g)のエタノールが溶けています. ゆえに, 水1kg当たりの水溶液の質量は1000g+46.0g=1046gになります. したがって, 水溶液100g中のエタノールの質量は46.0g×100g/1046g=4.40gになります. 質量パーセント濃度の定義は, 溶液100g中の溶質の質量です. したがって, 質量パーセント濃度は46.0g/1046g×100%=4.40%になります. 要するに, 水1kg当たりの水溶液の質量を求めれば, 後は簡単に解答を求めることができます.

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前 : 高橋 侑大 日時 : 2007年04月28日 18時59分49秒

芦田 実 様

高橋 侑大です. ご回答いただきありがとうございます. 疑問が解けてスッキリしました. 感謝です!

---

名前 : 遠山 甚吉 日時 : 2007年04月19日 15時16分24秒

初めて質問させていただきます. 蒸発による濃縮についてですが温度, 湿度が一定なら溶液の濃縮率は何に影響されるのでしょうか? 液量, 空気と触れる面積, 溶液中のイオンのモル量等いろいろあるのですが教えていただけますか? また濃縮率を求める式等はあるのでしょうか? すいませんがよろしくお願い致します.

---

名前 : 芦田 実 日時 : 2007年04月29日 00時05分00秒

遠山 甚吉 様

**質問464** 初めて質問させていただきます. 蒸発による濃縮についてですが温度, 湿度が一定なら溶液の濃縮率は何に影響されるのでしょうか? 液量, 空気と触れる面積, 溶液中のイオンのモル量等いろいろあるのですが教えていただけますか? また濃縮率を求める式等はあるのでしょうか? よろしくお願い致します.

**回答** 水溶液についての質問でしょうか. だとしたら, 濃縮するに連れて溶質(イオン等)の濃度増加により水(溶媒)の蒸気圧降下(湿度変化)が起こると思いますので, 湿度コントロールしない限りは湿度一定条件での濃縮は不可能でしょ

う。質問の意味が無くなると思います。

純粋な液体の蒸発（洗濯物の乾燥）や固体の溶解についての説明にはネルンストの式が良く用いられます。蒸発速度（溶解速度） $R$ は空気と触れる表面積（固体の表面積） $S$ と表面付近の空気中の蒸気圧勾配（濃度勾配） $\partial P / \partial x$ （または直線近似して  $(P_0 - P) / \Delta x$ ）に比例します。

$$R = D S (\partial P / \partial x) \quad \text{または} \quad R \doteq D S (P_0 - P) / \Delta x$$

ここで、 $D$ は拡散係数（比例定数）、 $P_0$ は表面付近の飽和蒸気圧（相対湿度100%）、 $P$ は表面から離れた位置における蒸気圧（所定の一定湿度）、 $\Delta x$ は拡散層の厚み（ $P_0$ と $P$ の位置の距離）です。したがって、表面積 $S$ が大きいほど、湿度 $P$ が小さいほど、風を送って（かくはんして）拡散層の厚み $\Delta x$ を小さくするほど蒸発速度 $R$ が大きくなります。拡散係数 $D$ を大きくするには、風を送る方法、温度を上げて気体分子の速度を大きくする方法および空気の圧力を下げて気体分子の平均自由行程を大きくする方法があると思います。空気を減圧しても水の飽和蒸気圧 $P_0$ は変化しませんので、ほぼ湿度 $P$ 一定で濃縮できると思います。空気の減圧による効果が濃縮速度 $R$ に最も大きく影響するかもしれませんが。なお、溶液の濃縮の場合には溶質（イオン等）の濃度変化も当然ながら飽和蒸気圧 $P_0$ すなわち蒸発速度 $R$ に影響します。しかし、始めに述べた様に湿度一定の条件に適合しないと思います。

速度論的な濃縮速度 $R$ と違って、濃縮率は平衡論的な値だと思います。上のネルンストの式から $P_0 = P$ になったとき蒸発速度が $R = 0$ になります。すなわち、溶質の濃度増加により飽和蒸気圧 $P_0$ が降下して所定の絶対湿度 $P$ と等しくなったときが濃縮の限界だと思います。さらに、濃縮するためには空気を入れ換えて、湿度を下げるしかありません。この限界を濃縮率と定義するならば、溶質の限界濃度と飽和蒸気圧 $P_0$ の関係を化学便覧等で調べるか、ご自分で測定して、初濃度と限界濃度から濃縮率を計算するしかないと思います。なお、濃縮現象なので希薄溶液ではありませんからラウールの法則等は成立しないと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：遠山 甚吉      日時：2007年05月13日 23時36分02秒

芦田 実 様

大変詳しいご説明本当にありがとうございました。非常に参考になりました。

---

名前：宮本 恵子      日時：2007年04月21日 20時52分09秒

油脂の酸敗実験で、過酸化価の方法で行ったのですが『0.01Mチオ硫酸ナトリウム溶液（ $f=1.000$ ）1mLに相当する過酸化物のmg当量，0.01の算出根拠』の意味がよく分かりません。教えてください！

---

名前：芦田 実      日時：2007年04月29日 14時50分00秒

宮本 恵子 様

**質問465** 油脂の酸敗実験を過酸化価の方法で行ったのですが、0.01M（ $F=1.000$ ）チオ硫酸ナトリウム水溶液の1mLに相当する過酸化物のmg当量が0.01meqである意味がよく分かりません。算出根拠を教えてください！

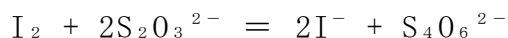
**回答** 酸化還元反応の1g当量（1eq）は電子1個に相当する量です。過酸化価は、



1kgの試料にヨウ化カリウムKIを加えたときに遊離するヨウ素I<sub>2</sub>のmg当量数(電子数)であり, 当然ながらチオ硫酸イオンS<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>のmg当量数(電子数)と等しくなります. これらに關係する酸化還元の半反応と標準電極電位は



標準電極電位がより負側の半反応が左に, より正側の半反応が右に進みます.



ヨウ素は1個当たり電子2個を受け取って反応しますので, 1mol=2eqです. また, チオ硫酸イオンS<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>は1個当たり電子1個を放出して反応しますので, 1mol=1eqです. ゆえに, 濃度がC=0.01M (F=1.000) で体積がV=1mLのチオ硫酸ナトリウム水溶液のmg当量は次のようになります.

$$CFV = 0.01\text{mol/L} \times 1.000 \times 0.001\text{L} = 0.01000\text{eq/L} \times 0.001\text{L} = 0.00001\text{eq} = 0.01\text{meq}$$

さらに, 試料の質量をS(kg)とすると, 過酸化物価は次式のようになります.

$$\begin{aligned} \text{過酸化物価 (meq/kg)} &= C(\text{eq/L}) FV(\text{L}) / S(\text{kg}) \times 1000(\text{meq/eq}) \\ &= 0.01(\text{eq/L}) \times FV(\text{L}) / S(\text{kg}) \times 1000(\text{meq/eq}) = FV / S \times 10 \text{ meq/kg} \end{aligned}$$

過酸化物価については参考として, 下記のホームページもご覧ください.

<http://www.jfrl.or.jp/modules/news/article.php?storyid=26>

[http://www.tcn.zaq.ne.jp/kanno/public\\_html/oil.htm](http://www.tcn.zaq.ne.jp/kanno/public_html/oil.htm)

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：宮本 恵子 日時：2007年04月30日 13時37分22秒<

芦田 実 様

丁寧な解説でわかりやすかったです。ご回答ありがとうございました！

---

名前：のじこ 日時：2007年04月21日 11時39分37秒

酸化還元滴定の分野で, 2価の鉄をヨウ素を用いて滴定できないのはなぜですか？

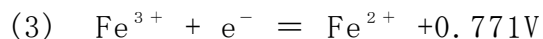
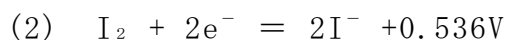
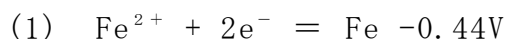
---

名前：芦田 実 日時：2007年04月30日 00時15分00秒

のじこ 様

質問466 酸化還元滴定の分野で, 2価の鉄をヨウ素を用いて滴定できないのはなぜですか？

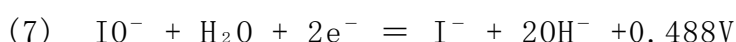
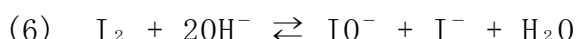
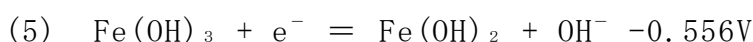
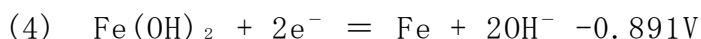
回答 結論から先に言えば, 酸性水溶液中では鉄(II)イオンとヨウ素が酸化・還元反応しないからです. これらに關係する酸化還元の半反応と標準電極電位は



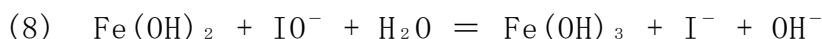
標準電極電位がより負側の半反応が左に, より正側の半反応が右に進みます. 式(1)と式(2)を組み合わせようとしても, 鉄(II)イオンFe<sup>2+</sup>が生成物側になるため,

うまく反応しません．式(2)と式(3)を組み合わせようとしても，ヨウ素 $I_2$ と鉄(II)イオン $Fe^{2+}$ が両方とも生成物側になるため，うまく反応しません．

塩基性水溶液中では，ヨウ素は次亜ヨウ素酸イオン $IO^-$ とヨウ化物イオン $I^-$ に不均化します．水酸化鉄(II)が極めて酸化され易く，その一部が水中に溶けている酸素で水酸化鉄(III)に酸化されてしまい，定量性が損なわれます．さらに，水酸化鉄(II)と水酸化鉄(III)が水にほとんど溶けないため，水酸化鉄(II)の沈殿の内部まではヨウ素によって水酸化鉄(III)に酸化されず，定量性が損なわれると思います．実験する場合には，窒素ガスを充分に通じて酸素を追い出した水に水酸化鉄(II)とヨウ素の2つを別々に加え，さらに窒素ふん囲気中で滴定する必要があります．しかし，うまく滴定できず，実験は多分失敗すると思います．これらに関する酸化還元の半反応と標準電極電位は



式(5)と式(7)を組み合わせれば，酸化・還元反応式は一応できます．しかし，前述した様な理由でうまく滴定できないと思います．



埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

名前：吉川拓哉　　日時：2007年04月15日 00時45分36秒

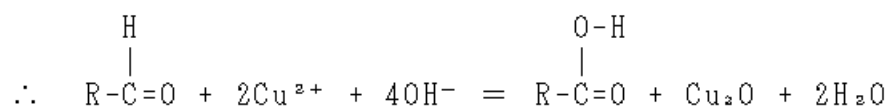
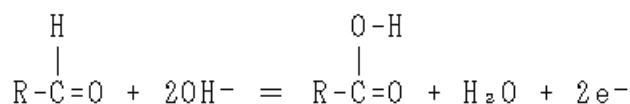
somogyi-nelson法の反応式を教えてください．そして，somogyi試薬を1mLマルトース溶液に加えた場合に反応するマルトースは何molでしょうか？よろしくお願ひします．

名前：芦田 実　　日時：2007年04月30日 15時40分00秒

吉川拓哉 様

**質問467** somogyi-nelson法の反応式を教えてください．そして，somogyi試薬を1mLマルトース溶液に加えた場合に反応するマルトースは何molでしょうか？よろしくお願ひします．

**回答** 還元糖 $R-CHO$ にsomogyi試薬を加えたときの反応式は次の様になると考えられます．還元糖のアルデヒド基（ヘミアセタール構造）が酸化されてカルボン酸になり，同時に銅(II)イオンが還元され，塩基性なので酸化銅(I)になります．



続いてnelson試薬を加えると、酸化銅(I)が溶解して銅(I)イオンの錯体に変化して黄緑色～深青色になると考えられます(反応式は省略)。

2つ目の質問は全く意味がありません。somogyi試薬を調製するとき、銅(II)イオンの濃度を正確に決定することなど、面倒くさくて考えられません。また、調製時に生じた微量の沈殿をろ過して使用するそうです。さらに、この反応は還元糖の定量が目的ですから、somogyi試薬すなわち銅(II)イオンを過剰に添加しているはずで、したがって、銅(II)イオンの正確な濃度は不要です。二糖類のマルトースにはヘミアセタール構造が1つ残っていますので、上式よりマルトース：銅(II)イオン=1:2のモル比で反応します。密度が約1.09g/mLの10%硫酸銅40mLを使用し、最終的にsomogyi試薬1000mLを調製していると仮定します。無水硫酸銅のモル質量は159.6g/molですから、somogyi試薬1mL中には無水硫酸銅として約4.4gが、すなわち銅(II)イオンが約0.028mol含まれています。したがって、約0.014molのマルトースと反応します。しかし、過剰のマルトースが残りますので、この計算を定量には使えません。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：迷える化学部部長      日時：2007年04月20日 17時21分34秒

液体磁石について質問です。液体磁石はどんなところで利用されるものなのですか。

---

名前：芦田 実      日時：2007年05月08日 00時10分00秒

迷える化学部部長 様

**質問468** 液体磁石について質問です。液体磁石はどんなところで利用されるものなのですか。

**回答** 液体磁石には2種類あると思います。1つ目は1960年代に開発された物で、酸化鉄(II)鉄(III) $Fe_3O_4$ のコロイドけん濁液であり、磁性流体と呼ばれています。これは回転軸のシール、ダンパー、スピーカー、センサー、磁区観察(例えばフロッピーディスクの記憶領域の観察)など多種に応用されています。2つ目は数年前に発見された物で、塩化鉄(III)酸1-ブチル-3-メチル-イミダゾリウムという化学物質であり、磁性イオン液体と言う通称で呼ばれています。この物質はまだこれからで、現在はこれの生産や研究が活発に行われているところだそうです。詳細については、例えば下記のホームページをご覧ください。

<http://www.rigaku.co.jp/rms/technology/tech01.html>

<http://www.nok.co.jp/jisei.html>

[http://www.sigma-hc.co.jp/magnetic\\_fluid.html](http://www.sigma-hc.co.jp/magnetic_fluid.html)

<http://www.sigma-hc.co.jp/domain.html>

<http://www.ferrotec.co.jp/products/magnetism/magnetic/magnetic.html>

<http://www.kodama.hc.uec.ac.jp/protrudeflow/magfluid/index.html>

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%A3%81%E6%80%A7%E6%B5%81%E4%BD%93>

<http://www.s.u-tokyo.ac.jp/info/bmim.html>

<http://www.sci-news.co.jp/news/200411/161119.htm>

[http://tech.braina.com/2004/1129/other\\_20041129\\_001\\_\\_\\_\\_.html](http://tech.braina.com/2004/1129/other_20041129_001____.html)

<http://www.my-pharm.ac.jp/~physchem/hayashi.html>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：宮本 恵子      日時：2007年04月29日 10時34分39秒

先日質問したばかりなのですが、この前石けんの実験を行ったのですが「パルミチン酸からなる油脂（トリパルミチン）3モルを用いて、K-石けんを作成するとき、KOHは何g必要で、石けんは何gできるか？」という問題で悩んでいます。化学が分からず計算等はいつも苦戦しています。どのように計算すればいいか教えてください！

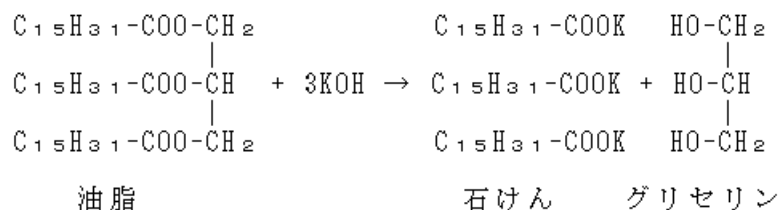
---

名前：芦田 実      日時：2007年05月08日 01時30分00秒

宮本 恵子 様

質問469 先日質問したばかりなのですが、この前石けんの実験を行ったのですが「パルミチン酸からなる油脂（トリパルミチン）3モルを用いて、K-石けんを作成するとき、KOHは何g必要で、石けんは何gできるか？」という問題で悩んでいます。化学が分からず計算等はいつも苦戦しています。どのように計算すればいいか教えてください！

回答 この油脂はパルミチン酸3分子とグリセリン1分子が脱水縮合したエステルです。これを3mol使用すると最大9molのカリウム石けん、すなわちパルミチン酸カリウム $C_{15}H_{31}COOK$  ( $9mol \times 294.51g/mol = 2650.59g$ )ができます。したがって、これをけん化（加水分解）するためには最低限9molのKOH ( $9mol \times 56.11g/mol = 504.99g$ )が必要になります。



埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

---

名前：宮本恵子      日時：2007年05月12日 20時00分30秒

芦田 実様

質問に対するご回答ありがとうございました。もう一度自身で解けるよう復習したいと思います！

---

---

名前：林 慎      日時：2007年05月10日 18時28分33秒

芦田 実 様

現在実験をしておりまして、Fe/Co 2.5wt% @ Y型ゼオライトをエタノール40mL中に加えて触媒担持法によりSampleを作っておりまして、現在の2.5wt%から4倍の濃度の10wt%のSampleを作ろうと思った時に計算でつまづいたので、ご教授の程よろしくお願いたします。現在用いている試薬は、酢酸鉄(II)(分子量:144)0.048g, 酢酸コバルト(II) 四水和物(分子量:249.08)0.065g, Y型ゼオライト0.51gでこの条件が、4倍の10wt%になった際の質量と計算方法、wt%の意味も出来ればご教授の程よろしくお願いたします。

---

名前：芦田 実 日時：2007年05月11日 23時50分00秒

林 慎 様

質問470 芦田 実 様 現在実験をしております、Fe/Co 2.5wt% Y型ゼオライトをエタノール40mL中に加えて触媒担持法によりSampleを作っております。現在の2.5wt%から4倍の濃度の10wt%のSampleを作ろうと思った時に計算でつまずいたので、ご教授の程よろしくお願いいたします。現在用いている試薬は、酢酸鉄(II) (分子量144(g/mol)) 0.048g, 酢酸コバルト(II)四水和物 (分子量249.08(g/mol)) 0.065g, Y型ゼオライト0.51gでこの条件が、4倍の10wt%になった際の質量と計算方法、wt%の意味も出来ればご教授の程よろしくお願いいたします。

回答 最初に、酢酸鉄(II)のモル質量(分子量)が間違いで、正しくは173.93g/molだと思います。鉄のモル質量(原子量)が55.85g/molですから、酢酸鉄(II) 0.048gに含まれる鉄の質量 $W_1$ は

$$W_1 = 0.048\text{g} \times 55.85\text{g/mol} / 173.93\text{g/mol} \doteq 0.015\text{g}$$

同様に、コバルトのモル質量(原子量)が58.93g/molですから、酢酸コバルト(II)四水和物0.065gに含まれるコバルトの質量 $W_2$ は

$$W_2 = 0.065\text{g} \times 58.93\text{g/mol} / 249.08\text{g/mol} \doteq 0.015\text{g}$$

さらに、Y型ゼオライトの質量 $W_3$ が間違いで、正しくは $W_3 = 0.57\text{g}$ ではないですか。例えば、他人の書いた数字を読み間違えていませんか。もしも、そうだとすると、触媒担持法によりSampleを作ったときに、酢酸、水、エタノールは除去されてしまうと思いますので、Sampleの全質量 $W$ は

$$W = W_1 + W_2 + W_3 = 0.015\text{g} + 0.015\text{g} + 0.57\text{g} = 0.60\text{g}$$

したがって、Sampleの全質量 $W$ にたいして鉄とコバルトがそれぞれ2.5wt%含まれることとなります。

$$\text{質量百分率} = W_1 / W \times 100\% = W_2 / W \times 100\% = 0.015\text{g} / 0.60\text{g} \times 100\% = 2.5\text{wt}\%$$

10wt%のSampleを作るときの質量は、上の式を変形して逆算すれば求まります。Sampleの全質量 $W$ が指定されていませんので、詳細については省略します。

Y型ゼオライトの質量が0.51gで正しいとしたら、Sampleの全質量が $W = 0.54\text{g}$ になりますので、鉄とコバルトがそれぞれ約2.8wt%含まれることとなります。または、担持が不完全で鉄とコバルトにロスがでた可能性もあります。この場合には、それぞれ約0.0135gしか担持できなかったことを何らかの方法で調べたこととなります。もしもそうならば、10wt%のSampleは作れない恐れがあります。なお、触媒担持法のやり方がはっきりとは分かりませんが、Y型ゼオライトに元々含まれていたナトリウム等が鉄やコバルトとイオン交換して失われる可能性もあると思います。それによるSampleの全質量 $W$ の変化(すなわちY型ゼオライトの質量 $W_3$ の減少)については、上の計算では考慮していませんので注意して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：山下賢治 日時：2007年05月11日 12時28分23秒

100°Cの湯の温度を95°Cへ下げる場合と、50°Cの湯の温度を45°Cへ下げる場合に、5°Cの水を使うとどちらのほうが多く水を必要とするのでしょうか。

名前：芦田 実 日時：2007年05月17日 14時10分00秒

山下賢治 様

質問471 100℃の湯の温度を95℃へ下げる場合と、50℃の湯の温度を45℃へ下げる場合に、5℃の水を使うとどちらのほうが多く水を必要とするのでしょうか。

回答 冷却方法が詳しく書かれていません。それによって答えが変わる様な気がします。熱量Q (J)、湯や水の質量W (g)、圧力一定における比熱C (J/(K·g))、温度T (K)の間の関係は $Q = W C T$ になると思います。下表のように水の比熱と密度D (g/mL)は温度によって少し変化します。例えば、湯の温度が $T_1 = 100^\circ\text{C}$ から $T_2 = 95^\circ\text{C}$ に自然に下がるために、放出しなければならない熱の変化量 $\Delta Q$ は

$$\Delta Q = W(C_1 T_1 - C_2 T_2) \quad \text{または近似的に} \quad \Delta Q \doteq W C (T_1 - T_2)$$

になります。同じ質量(例えば $W = 100\text{g}$ )で計算しても、冷却前の体積を同じ(例えば $V = 100\text{mL}$ )にして計算しても、100℃の湯の温度が95℃へ下がる場合のほうが、50℃の湯の温度が45℃へ下がる場合よりもわずかに多くの熱量を放出する必要があります。しかし、風呂の温度を下げる様に湯の中に $T_3 = 5^\circ\text{C}$ の水を入れて混ぜる方法では、水の温度が5℃から95℃に上がる場合と5℃から45℃に上がる場合では、受け取れる熱量すなわち必要な水の質量 $W_3$ が大きく異なります。

$$W = V D \quad \text{または} \quad V = W / D$$

$$W_3 = -\Delta Q / (C_3 T_3 - C_2 T_2) \quad \text{または} \quad W_3 \doteq -\Delta Q / \{C(T_3 - T_2)\}$$

言い換えると、ほぼ同じ熱量 $\Delta Q$ なので水の質量 $W_3$ が小さいほど、温度 $T_2$ を上げることができます。すなわち、湯の温度を下げると思えるよりも、水の温度を上げると考えた方が分かりやすい問題です。したがって、水を入れて風呂の温度を下げる様な方法では、50℃の湯の温度を45℃へ下げる方が水の温度変化が小さいため、多くの水を必要とします。

質量W g	温度T ℃	比熱C J/(K·g)	→	温度T ℃	比熱C J/(K·g)	熱量 $\Delta Q$ J
100	100	4.2156	→	95	4.2100	+2161.0
5.703	5	4.2019	→	95	4.2100	-2161.0
100	50	4.1804	→	45	4.1792	+2095.6
12.54	5	4.2019	→	45	4.1792	-2095.6

体積V mL	密度D g/mL	質量W g	温度T ℃	比熱C J/(K·g)	→	温度T ℃	比熱C J/(K·g)	熱量 $\Delta Q$ J
100	0.95835	95.835	100	4.2156	→	95	4.2100	+2071.0
100	0.98805	98.805	50	4.1804	→	45	4.1792	+2070.6

熱交換機を用いて5℃の冷却水を一定速度で流す様な方法では、湯と水の温度差が小さいほど熱交換の効率が悪いと思いますので、50℃の湯の温度を45℃へ下げる方が時間が長くかかり、多くの水を必要とすると思います。ただし、この方法では湯のかくはん速度(かくはん効率)や冷却水の流速が大きく影響するかもしれません。さらに、冷却後に熱交換機から排出される水の温度の違いを無視しています。以上、2つの方法を考えましたが、両方とも容器の壁からの熱放射による冷却や対流による湯の表面での冷却、容器と湯の熱容量の大小等は無視しています。実際に測定した場合には、必ずしも結果や数値が一致するとは限りませんので、注意して下さい。この2つ以外にも冷却方法があるかもしれません。例え

ば、冷却後に熱交換機から排出される水の温度は同じでないといけないのか。もしも、違っても良いのならば、冷却水の流速を自由に変えることができ、これによって答えが変わる可能性があります。省エネやコスト削減を考えるとこれは大きな問題であり、この温度が質問に書いてありませんので考えようがありません。後はご自分で考えて下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：おおた 日時：2007年04月03日 12時13分30秒

学校の授業で、セルロースについて習いました。セルロースは混酸とエステル化して、ニトロセルロースになるということでした。そこで私は疑問に思いました。ジニトロセルロースとトリニトロセルロースがあつて、なぜ、モノニトロセルロースは無いのでしょうか？また、ジニトロセルロースは、2, 3, 6番の炭素のOHのうち、どれとどれがエステル化されるのでしょうか？どうかお教えてください。

---

名前：おおた かずひろ 日時：2007年04月04日 09時08分11秒

昨日質問させて頂いたおおたです。すみませんが質問に『2, 3, 6番の炭素のOHがエステル化されるアセチルセルロース（ジアセチルセルロース、トリアセチルセルロース）の場合もニトロセルロースと同様でしょうか？』を書き忘れていました。どうかよろしくお願い致します。

---

名前：芦田 実 日時：2007年05月19日 22時20分00秒

おおた かずひろ 様

**質問472** 学校の授業で、セルロースについて習いました。セルロースは混酸とエステル化して、ニトロセルロースになるということでした。そこで私は疑問に思いました。ジニトロセルロースとトリニトロセルロースがあつて、なぜ、モノニトロセルロースは無いのでしょうか？また、ジニトロセルロースは、2, 3, 6番の炭素のOHのうち、どれとどれがエステル化されるのでしょうか？さらに、2, 3, 6番の炭素のOHがエステル化されるアセチルセルロース（ジアセチルセルロース、トリアセチルセルロース）の場合もニトロセルロースと同様でしょうか？どうかお教えてください。

**回答** このホームページは無機化学系（または物理化学系）の研究室で作っています。この質問は守備範囲をかなり超えていますので、詳細については有機化学の専門家に質問して下さい。回答が遅くなって申し訳ありませんでした。いろいろ調べましたが、2, 3, 6番の炭素のOHのうちどれが先にエステル化されるかはよく分かりませんでした。

セルロースは数千個のグルコースが脱水縮合してできています。これをニトロ化するには混酸に10時間前後浸ける必要があります。したがって、モノニトログルコース、ジニトログルコース、トリニトログルコースの混合物が連結した構造になっていると考えられます。それゆえ、純粋なジニトロセルロースやトリニトロセルロース等を合成したり、精製することはできません。また、2, 3, 6番の炭素のOHのうちどれが先にエステル化されるかは、あまり意味がない様な気がします。グルコース単位当たりのニトロ基の平均数が1.7~2.5の物を弱綿薬、2.5~2.6の物をピロ綿薬、2.7~2.8の物を強綿薬等と呼んで区別しているそうです。また、ニトロ化の程度によって用途が異なるそうです。したがって、混酸に浸ける時間

を短くすれば、ニトロ基の平均数が1.0以下の物や1.0前後の物もできるはずですが、そうしないのは、モノニトロセルロースにあまり使い道がないためだと思います。ニトロセルロースについては参考として、下記のホームページもご覧下さい。なお、アセチルセルロースも同様の混合物だと思います。

<http://www.tennoji-h.oku.ed.jp/tennoji/oka/2006/06ko3-39.html>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：ウエスギ 日時：2007年05月19日 10時46分48秒

20℃において、水100gに塩化ナトリウムを溶かしていくと36gで飽和水溶液となった。この飽和水溶液の密度は $1.2\text{g/cm}^3$ である。この飽和水溶液のモル濃度を求めよという問題です。ご解答、よろしくお願い致します。できれば2007/5/21までお願いいたします。

---

名前：芦田 実 日時：2007年05月24日 00時40分00秒

ウエスギ 様

質問473 20℃において、水 $W_1=100\text{g}$ に塩化ナトリウムを溶かしていくと $W_2=36\text{g}$ で飽和水溶液となった。この飽和水溶液の密度は $D=1.2\text{g/cm}^3 (=1.2\text{g/mL})$ である。この飽和水溶液のモル濃度を求めよという問題です。ご解答、よろしくお願い致します。

回答 ホームページに書いてあるように、急ぎの質問は原則としてお断りしています。多忙であるためです。また、私が満足するような丁寧な回答を作成するためには、長い時間がかかるためです。

塩化ナトリウムのモル質量（式量，分子量）が $M=58.44\text{g/mol}$ ですから，この飽和水溶液に溶けている塩化ナトリウムの物質質量 $n$  (mol)は

$$n = W_2 / M = 36\text{g} / 58.44\text{g/mol} = 0.616\text{mol}$$

この飽和水溶液の全質量 $W$ は

$$W = W_1 + W_2 = 100\text{g} + 36\text{g} = 136\text{g}$$

ですから，その体積 $V$ は

$$V = W / D = 136\text{g} / 1.2\text{g/mL} = 113\text{mL} = 0.113\text{L}$$

したがって，この飽和水溶液のモル濃度 $C$  (mol/L)は

$$C = n / V = 0.616\text{mol} / 0.113\text{L} = 5.45\text{mol/L}$$

となります。なお，食塩水（塩化ナトリウム水溶液）の調製方法の詳細については，私のホームページの溶液の作り方（濃度計算と調製方法）をご覧下さい。ご質問とは温度が違いますが，計算方法，調製方法，注意事項などが説明してあります。インターネット上で計算することも可能ですし，説明と計算のプログラムをダウンロードすることも可能です。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：富岡 由貴 日時：2007年05月22日 00時19分52秒



この問題が解けません。空気中には酸素が20.95vol%含まれ、残りはほとんど窒素である。あらゆる気体が同温・同圧で同じ体積を占めるとして、空気中の酸素濃度をwt%で表せ。答え：23.23%。やり方がわからないんです。どうやって求めればいいのでしょうか。よろしくお願ひいたします。

---

名前：芦田 実 日時：2007年05月24日 01時30分00秒

富岡 由貴 様

**質問474** この問題が解けません。空気中には酸素が20.95vol%含まれ、残りはほとんど窒素である。あらゆる気体が同温・同圧で同じ体積を占めるとして、空気中の酸素濃度をwt%で表せ。答えは23.23%。やり方がわからないんです。どうやって求めればいいのでしょうか。よろしくお願ひいたします。

**回答** vol%の定義は、同温・同圧における混合前の気体の体積で計算した百分率です。あらゆる気体の同一の物質質量(mol)が同温・同圧で同じ体積を占める(例えば0°C, 1atmで1molの気体の体積は全て22.4L)と仮定できる訳ですから、vol%の混合割合は物質質量(mol)の混合割合と同一になります。したがって、酸素20.95molと窒素79.05molの混合気体中の酸素の質量百分率(wt%)を求める問題と置き換えられます(vol%=mol%=molと考えて良い)。酸素の分子量32.00g/molと窒素の分子量28.02g/molから、混合気体中の酸素の質量 $M_1$ (g)と窒素の質量 $M_2$ (g)はそれぞれ

$$M_1 = 32.00\text{g/mol} \times 20.95\text{mol} = 670.4\text{g}$$

$$M_2 = 28.02\text{g/mol} \times 79.05\text{mol} = 2215.0\text{g}$$

したがって、混合気体中の酸素の質量百分率 $W$ (wt%)は

$$W = M_1 / (M_1 + M_2) \times 100\text{wt}\% = 670.4\text{g} / (670.4\text{g} + 2215.0\text{g}) \times 100\text{wt}\% \\ = 23.23\text{wt}\%$$

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：宮本恵子 日時：2007年05月24日 18時00分04秒

解き方が分かりません。お手数ですが解き方を教えてください。<問題1>ある油脂を加水分解して調べたところ、物質質量の比がオレイン酸10%、リノール酸80%、リノレン酸10%の高級脂肪酸の塩が得られた。この油脂について、次の各問いに整数で答えよ。なお、オレイン酸、リノール酸、リノレン酸の分子量は、282、280、278である。(1)この油脂の平均分子量を求めよ。(2)この油脂のけん化価を求めよ。(3)この油脂のヨウ素価を求めよ。よろしくお願ひします！

---

名前：芦田 実 日時：2007年05月25日 19時35分00秒

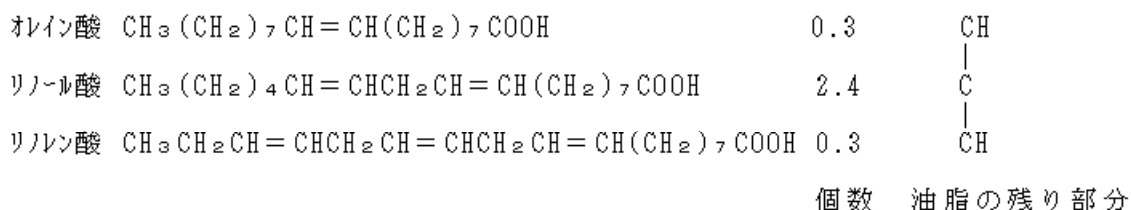
宮本恵子 様

**質問475** 解き方が分かりません。お手数ですが解き方を教えてください。<問題1>ある油脂を加水分解して調べたところ、物質質量の比がオレイン酸10%、リノール酸80%、リノレン酸10%の高級脂肪酸の塩が得られた。この油脂について、次の各問いに整数で答えよ。なお、オレイン酸、リノール酸、リノレン酸の分子量は、282、280、278である。(1)この油脂の平均分子量を求めよ。(2)この油脂の

けん化価を求めよ。(3)この油脂のヨウ素価を求めよ。よろしくお願ひします!

**回答** 参考として質問469の回答もご覧下さい。油脂1分子からは3個の脂肪酸ができます。オレイン酸10%, リノール酸80%, リノレン酸10%ですから, 油脂1分子中のそれらの平均個数がオレイン酸0.3個, リノール酸2.4個, リノレン酸0.3個になります。油脂の残り部分(CH-C-CH)の式量が38ですから, (1)この油脂の平均分子量は次式のようにになります。

$$\text{油脂の平均分子量} = 282 \times 0.3 + 280 \times 2.4 + 278 \times 0.3 + 38 = 878 \text{ (g/mol)}$$



さらに, 二重結合の数がオレイン酸1分子当たり1個, リノール酸2個, リノレン酸3個ですから, 油脂1分子中のそれらの平均個数が次式のようにになります。

$$\text{油脂1分子中の二重結合の数} = 1 \times 0.3 + 2 \times 2.4 + 3 \times 0.3 = 6 \text{ 個/分子}$$

けん化価の定義は, 油脂1gをけん化するに要するKOHのmg数です。油脂1gの物質質量 =  $1 \text{ g} / 878 \text{ g/mol} = 0.00114 \text{ mol}$ であり, KOHのモル質量が56.11g/molですから, (2)この油脂のけん化価は次式のようにになります。

$$\text{油脂のけん化価} = 0.00114 \text{ mol} \times 3 \times 56.11 \text{ g/mol} = 0.192 \text{ g} = 192 \text{ (mg)}$$

ヨウ素価の定義は, 油脂100gに吸収されるヨウ素のg数です。二重結合1つ当たり1分子のヨウ素が付加し, ヨウ素のモル質量(分子量)が254g/molですから, (3)この油脂のヨウ素価は次式のようにになります。

$$\text{油脂のヨウ素価} = 100 \text{ g} / 878 \text{ g/mol} \times 6 \times 254 \text{ g/mol} = 173 \text{ (g)}$$

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前: 宮本恵子 日時: 2007年05月26日 12時23分36秒

芦田 実 様

ご回答ありがとうございました。けん化価, ヨウ素価の計算は授業でしなかったのでも計算に困っていました。本当にありがとうございました。

---

名前: TN 日時: 2007年04月12日 17時39分50秒

芦田実さま

突然のメール, 失礼いたします。ホームページの質問箱(質問206のやりとり)を拝見させていただき, メールさせていただきました。ご迷惑であれば申し訳ありません。質問206に関連した内容で, 以下の2点, 質問があります。

<http://sv.e-sensei.ne.jp/~ashida/ques-box/quesbox206.htm>

質問1 質問206では, 次亜塩素酸ナトリウム液の中和について説明をなされています。この反応は, 亜塩素酸ナトリウムに関しても同様の反応が起こるのでしょうか。

質問2 また、逆に分解ではなく、塩素化合物の安定化に関与するような物質はあるのでしょうか。もしメカニズムがわかるようでしたら、説明いただけると非常にうれしく思います。

非常に基本的な部分での質問で失礼いたしますが、ご返事をいただけたら非常にうれしく思います。突然のメールで大変申し訳ありませんが、よろしく願い申し上げます。

名前：芦田 実 日時：2007年05月26日 17時25分00秒

T N 様

質問476 芦田実さま 突然のメール，失礼いたします。ホームページの質問箱（質問206のやりとり）を拝見させていただき，メールさせていただきました。ご迷惑であれば申し訳ありません。質問206に関連した内容で，以下の2点，質問があります。

質問1 質問206では，次亜塩素酸ナトリウム液の中和について説明をなされています。この反応は，亜塩素酸ナトリウムに関しても同様の反応が起こるのでしょうか。

質問2 また、逆に分解ではなく、塩素化合物の安定化に関与するような物質はあるのでしょうか。もしメカニズムがわかるようでしたら、説明いただけると非常にうれしく思います。

非常に基本的な部分での質問で失礼いたしますが、ご返事をいただけたら非常にうれしく思います。突然のメールで大変申し訳ありませんが、よろしく願い申し上げます。

回答 回答が遅くなってしまって大変申し訳ありません。質問箱の対象者についてははっきり書いてはありますが、大学のホームページですから、当然のことながら対象者は高校生です。回答を作成するのに非常に長い時間を要する質問であること、多数の質問が急に殺到したこと、私が多忙であることから、ついつい後回しになってしまいました。

亜塩素酸イオン等の塩素化合物やチオ硫酸イオン等のイオウ化合物は多くの酸化状態があり、反応が非常に複雑です。酸化還元の半反応の標準電極電位 (V) などを下の2つの表に示します。しかし、化学便覧でも版によって式が記載されていたりいなかったり、電位が違っていたりします。下の表でも重要な半反応が抜けている恐れがありますので注意して下さい。質問206よりも大幅に省略して回答しますので、質問206の回答も合わせてご覧下さい。例えば、アスコルビン酸との反応や反応しない半反応の組み合わせ (×印) 等については説明を省略します。

2つの半反応を組み合わせた場合、電極電位がより負の半反応 (表で上側) が左に進み、より正の半反応 (表で下側) が右に進みます。また、2つの反応の電極電位差が大きいほど、反応が激しく速くなります。

表1 標準電極電位

式No	半反応 (塩基性や中性の水溶液中)	電極電位	反応
1	$2\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 4\text{OH}^-$	-1.13	×
2	$\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^-$	-0.936	○
3	$2\text{SO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- = \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6\text{OH}^-$	-0.576	○
4	$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 + 2\text{OH}^-$ pH7.0	+0.058	○
5	$\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{e}^- = 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	+0.08	×
6	$\text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{ClO}_2^- + 2\text{OH}^-$	+0.295	□

7	$\text{ClO}_4^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{ClO}_3^- + 2\text{OH}^-$	+0.374	□
8	$2\text{ClO}^- + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{Cl}_2(\text{g})\uparrow + 4\text{OH}^-$	+0.421	×
9	$\text{ClO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6\text{e}^- = \text{Cl}^- + 6\text{OH}^-$	+0.622	□
10	$\text{ClO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{ClO}^- + 2\text{OH}^-$	+0.681	○ □
11	$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- = \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$	+0.890	○ □
12	$\text{ClO}_2(\text{g}) + \text{e}^- = \text{ClO}_2^-$	+1.071	×
13	$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- = 2\text{Cl}^-$	+1.358	×

塩基性や中性の水溶液中で亜塩素酸イオンとチオ硫酸イオンを混合すると、○印の式(3)が左に進み、式(10)が右に進むと思います。さらに、次亜塩素酸イオンと亜硫酸イオンが生じますので、式(2)が左に進み、式(11)が右に進む反応(式(14)よりも速い)が続いて起こると思います。



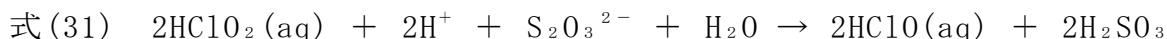
以上より、この反応条件では有毒な副生成物はほとんど生じないと思います。なお、亜塩素酸イオンは塩基性では比較的安定だそうですが、加熱したり光を当てると、□印の式(6)と式(10)等により自己分解する恐れがありますので、注意して下さい。

表2 標準電極電位

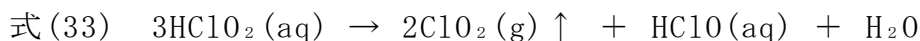
式No	半反応(酸性の水溶液中)	電極電位	反応
16	$2\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{S}_2\text{O}_6^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0.253	△
17	$2\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{HS}_2\text{O}_4^- + 2\text{H}_2\text{O}$	-0.068	×
5	$\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{e}^- = 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	+0.08	▽
18	$\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 \quad \text{pH}5.0$	+0.127	○
19	$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	+0.158	○
20	$2\text{H}_2\text{SO}_3 + 2\text{H}^+ + 4\text{e}^- = \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$	+0.400	○ ※
21	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$	+0.465	× ※
22	$\text{H}_2\text{SO}_3 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = \text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$	+0.500	×
23	$4\text{H}_2\text{SO}_3 + 4\text{H}^+ + 6\text{e}^- = \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 6\text{H}_2\text{O}$	+0.510	▽
24	$\text{S}_2\text{O}_6^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{SO}_3$	+0.569	△
25	$\text{ClO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{ClO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}$	+1.175	□
26	$\text{ClO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{HClO}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}$	+1.181	◇
27	$\text{ClO}_2(\text{g}) + \text{H}^+ + \text{e}^- = \text{HClO}_2(\text{aq})$	+1.188	□
28	$\text{ClO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	+1.201	×
13	$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- = 2\text{Cl}^-$	+1.358	×
29	$2\text{HClO}(\text{aq}) + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{Cl}_2(\text{g})\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.630	○ □
30	$\text{HClO}_2(\text{aq}) + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{HClO}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}$	+1.674	○ □

酸を加えて酸性にした水溶液中で亜塩素酸とチオ硫酸イオンを混合すると、式(20)が左に進み、式(30)が右に進むと思います。次亜塩素酸と亜硫酸が生じます

ので、式(19)が左に進み、式(29)が右に進む反応（式(31)よりも速い）が続いて起こると思います。



なお、式(19)は△印の式(16)と式(24)を合わせた式に、式(20)は▽印の式(5)と式(23)を合わせた式になります。さらに、酸性水溶液中では、亜塩素酸が自己分解して二酸化塩素ガスを発生します。例えば、□印の式(27)と式(30)より



また、酸性水溶液中では、チオ硫酸イオンが自己分解して亜硫酸とイオウを生じます。例えば、※印の式(20)と式(21)より



以上より、酸性領域では有毒な二酸化塩素ガスや塩素ガスが発生して、危険だと思います。

質問2の塩素化合物を安定化する物質ですが、調べた範囲で見つかりませんでした。冷暗所に保存するしかないと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：宮本恵子 日時：2007年05月29日 07時53分41秒

度々すいません。石けんの実験を行った際に先生が、「実験結果から各石けんが理論上何gできるか算出して、実際重量と比較してみよう！」と言われたのですが、どのように求めればいいのか分かりません。ずうずうしいのですが実験結果はヤシ油の場合に、300mLビーカー空重量(g)：161.82, NaOH(g)：2.21, 油脂(g)：15.45, 石けん+容器(ビーカー)重量(g)：181.16, 型(紙コップ)重量(g)：2.57, ビーカーの空重量(g)：162.35, 石けん+型重量(g)：21.26, 1週間後の重量(g)：21.25となりました。実験は5つの油脂を使って行ったのですが全て記載するとご迷惑をおかけするので1つ記載しました。私が考えた解答は[石けん+型重量(g)] - [型(紙コップ)重量(g)]をすれば理論上何gかがでて、1週間後の重量が実際重量なのかなと考えています。でもよく分かりません。お手数ですが教えてください！

---

---

名前：芦田 実 日時：2007年05月31日 00時35分00秒

宮本恵子 様

質問477 度々すいません。石けんの実験を行った際に先生が、「実験結果から各石けんが理論上何gできるか算出して、実際重量と比較してみよう！」と言われたのですが、どのように求めればいいのか分かりません。ずうずうしいのですが実験結果は、ヤシ油の場合に300mLビーカー空重量=161.82g, NaOH=2.21g, 油脂=15.45g, 石けん+容器(ビーカー)重量=181.16g, 型(紙コップ)重量=2.57g, ビーカーの空重量=162.35g, 石けん+型重量=21.26g, 1週間後の重量=21.25gとなりました。実験は5つの油脂を使って行ったのですが全て記載するとご迷惑をおかけするので1つ記載しました。私が考えた解答は、[石けん+型重量(g)] - [型(紙コップ)重量(g)]をすれば理論上何gかがでて、1週間後の重量が実際重量なのかなと考えています。でもよく分かりません。お手数ですが教えてください！

回答 5つの油脂からそれぞれ石けんが約何gできるかは計算できます。しかし、

石けんの理論収量は計算できません。理論収量を計算するためには、ヤシ油中の脂肪酸の組成が正確に分かっている必要があります。例えば、下記のホームページをご覧ください。ヤシ油中に多く含まれる脂肪酸はラウリン酸やミリスチン酸ですが、この組成は入手したヤシ油の容器ごとに微妙に異なっていると思います。したがって、前もってご自分で分析して、組成を正確に決定しておく必要があります。そして、質問475の回答の様に脂肪酸の物質量(mol)の比からヤシ油1分子中のそれらの平均個数を求め、さらにヤシ油の平均分子量(g/mol)を求めます。今回は8種類以上の脂肪酸が含まれていますので、計算がかなり複雑になります。使用したヤシ油の質量(g)を平均分子量(g/mol)で割れば、ヤシ油の物質量(mol)が求まります。それにヤシ油1分子中の脂肪酸の平均個数をかければ各脂肪酸の物質量(mol)が求まります。さらに、それに各脂肪酸ナトリウム(石けん)の分子量(g/mol)をかけた後に足し合わせれば、生成するはずの石けんの理論収量(g)が求まります。なお、質問文中の重量は両方とも実際重量です。1週間放置したために少し乾燥したものと思います。

<http://www.live-science.com/honkan/theory/compo03.html>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：宮本恵子 日時：2007年06月03日 08時24分14秒

芦田 実 様

お返事遅くなりました。ご回答ありがとうございます。理論上の値を何とか求めることができたのですが、またわからないことが出てきてしまいました。実際重量と理論上のgを比較したとき、理論上のgが実際重量より多かかったり、少なくなったりするのかが分かりません。どうしてなのかわかるか教えてください！

---

名前：芦田 実 日時：2007年06月03日 17時35分00秒

宮本恵子 様

質問479 芦田 実 様 お返事遅くなりました。ご回答ありがとうございます。理論上の値を何とか求めることができたのですが、またわからないことが出てきてしまいました。実際重量と理論上のgを比較したとき、理論上のgが実際重量より多かかったり、少なくなったりするのが分かりません。どうしてなのかわかるか教えてください！

回答 質問477の回答で述べました様に、脂肪酸の組成(mol%)は貴方が実際に分析実験して求める必要があります。この組成(mol%)が間違っている可能性があります。市販されている脂肪酸塩(石けん)でも90%程度の純度しかありません。恐らく組成の影響で(炭素数が異なっても脂肪酸の性質が似ているため)、精製が難しいものと思います。十分に時間をかけて油脂を完全にけん化したのでしょうか。時間が足りず、一部が石けんになっていない可能性があります。合成した石けんは何らかの方法で精製したのでしょうか。精製していないならば、石けん以外に水も含めて多量の不純物を含んでいる可能性があります。その他、かなり複雑なので計算を間違えている可能性があります。以上、4つの原因が考えられます。後はご自分で判断して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：山田多賀子 日時：2007年04月21日 16時16分29秒

鉄(II)の水溶液にヨウ素(液体)で酸化還元滴定したときに、滴定不可能になることをネルンストの式を用いて証明する数式を教えてください。特に、特定の濃度や値はないので、例のように示して下さいとありがたいです。

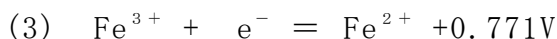
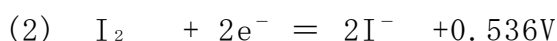
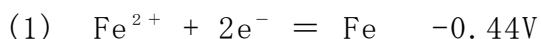
---

名前：芦田 実 日時：2007年05月31日 18時20分00秒

山田多賀子 様

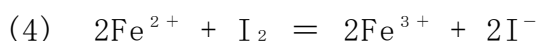
**質問478** 鉄(II)の水溶液にヨウ素(液体)で酸化還元滴定したときに、滴定不可能になることをネルンストの式を用いて証明する数式を教えてください。特に、特定の濃度や値はないので、例のように示して下さいとありがたいです。

**回答** 質問466の回答も合わせてご覧下さい。酸性水溶液中では鉄(II)イオンとヨウ素は酸化・還元反応しません。これらに関する酸化還元の半反応と標準電極電位は



標準電極電位がより負側の半反応が左に、より正側の半反応が右に進みます。式(1)と式(2)を組み合わせようとしても、鉄(II)イオン $\text{Fe}^{2+}$ とヨウ素 $\text{I}_2$ が両方とも還元される側になるのでうまく反応しません。式(2)と式(3)を組み合わせようとしても、ヨウ素と鉄(II)イオンが両方とも反応方向が逆向きになるのでうまく反応しません。

鉄(II)イオンとヨウ素が式(4)のように酸化・還元反応すると仮定して、その反応方向をネルンストの式(5)を用いて求めます。各化学種の濃度が全て $0.1\text{mol/L}$ だと仮定すると



$$(5) E = E_0 - (RT/2F) \cdot \ln([\text{Fe}^{3+}]^2 [\text{I}^-]^2 / [\text{Fe}^{2+}]^2 [\text{I}_2]) \\ = (+0.536\text{V}) - (+0.771\text{V}) - 8.31\text{J}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \times 298\text{K} / (2 \times 96500\text{C}/\text{mol}) \\ \cdot \ln([0.1\text{mol/L}]^2 [0.1\text{mol/L}]^2 / [0.1\text{mol/L}]^2 [0.1\text{mol/L}]) \\ = -0.205\text{V} < 0$$

したがって、式(4)の反応は左に進みます。さらに、この反応の平衡定数 $K$ を求めます。 $E=0$ より

$$(6) E_0 = (RT/2F) \cdot \ln(K)$$

$$(7) K = \exp(2FE_0/RT) = \exp(2 \times 96500\text{C}/\text{mol} \times (-0.235\text{V}) / (8.31\text{J}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \times 298\text{K})) \\ = 1.11 \times 10^{-8} \text{mol/L}$$

したがって、式(4)の反応は極端に左に偏っています。ゆえに、酸性水溶液中では鉄(II)イオンとヨウ素は酸化・還元反応しません。

なお、質問466の回答で述べたように、塩基性水溶液中では沈殿を生じるため定量性が損なわれると思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：平野 ひとみ 日時：2007年06月05日 15時40分33秒

難溶解性の塩については溶解度積（25℃）のデータを見つけることができますが、強電解質の塩については溶解度積のデータを探すことができません。文献等ご存知でしたら、教えていただきたいのですが。またある温度における溶解度積を知りたいので、溶解度から溶解度積を求められれば一番良いのですが、（g/100gH<sub>2</sub>O）をモル濃度（mol/L）に変換しないといけないですよ。強電解質の場合、飽和に近い溶液では溶質を溶かした体積を考慮しないといけないので、簡単には計算できないと思いますが、いい方法をご存知であればお教え願います。

---

名前：芦田 実 日時：2007年06月05日 23時10分00秒

平野 ひとみ 様

**質問480** 難溶解性の塩については溶解度積（25℃）のデータを見つけることができますが、強電解質の塩については溶解度積のデータを探すことができません。文献等ご存知でしたら、教えていただきたいのですが。またある温度における溶解度積を知りたいので、溶解度（g/水100g）から溶解度積を求められれば一番良いのですが、溶解度をモル濃度（mol/L）に変換しないといけないですよ。強電解質の場合、飽和に近い溶液では溶質を溶かした体積を考慮しないといけないので、簡単には計算できないと思いますが、いい方法をご存知であればお教え願います。

**回答** 溶解度（g/水100g）の温度による変化は日本化学会編「化学便覧 基礎編Ⅱ」丸善に多数のデータが載っていますから、そちらをご覧ください。ただし、単位が質量%や質量濃度（g/L）になっている場合もありますので注意して下さい。溶解度はどの単位であろうとも、全て濃度の一種です。ゆえに、全ての溶解度とモル濃度（mol/L）は密度（g/mL）を用いて簡単に相互変換できます。密度の温度による変化も「化学便覧 基礎編Ⅱ」等に多数のデータが載っていると思います。なお、飽和に近い溶液では単独のイオンではなく、分子（イオン対）等の状態で溶けているものも考えられますので、注意して下さい。さらに、多価イオンを含む塩のモル濃度Cを溶解度積K<sub>sp</sub>に変換するときは、式が少し複雑になりますので注意して下さい。例えば、塩化カルシウムの場合には $K_{sp}=4C^3$ 、硫酸アルミニウムの場合には $K_{sp}=108C^5$ になります。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：平野 ひとみ 日時：2007年06月06日 17時26分52秒

芦田様

丁寧かつ迅速なご回答ありがとうございます。早速調べて計算してみようと思います。ついでで申し訳ありませんが、この件に関してもう一つ質問があります。今回質問させていただいたのは次のような実験を行った際に沈殿が生じたことで、この沈殿物が何で、どれくらい析出しているかを計算で求めたいと思ったからです。

3.4mol/L-CaCl<sub>2</sub>と2.9mol/L-CaBr<sub>2</sub>の混合溶液50mLに1.7mol/L-NaCl溶液20mLを加えたところ白色沈殿が生じました。共通イオン効果によってNaClが析出したものと推測したので、それぞれの溶解度積を知りたかったのです。ただし、強電解質の塩の場合も溶解度積に従って、溶解・沈殿生成が生じると考えてよろしいので



しょうか？溶解度積のことを調べると難溶解性の物質について成り立つということは書いてありましたが、電離度がほぼ1のものについても同様に考えられるのかと思ったからです。

お忙しいところ申し訳ありませんが、よろしく願いいたします。

平野 ひとみ

---

名前： 芦田 実 日時： 2007年06月09日 13時00分00秒

平野 ひとみ 様

**質問481** 芦田様 丁寧かつ迅速なご回答ありがとうございます。早速調べて計算してみようと思います。ついでで申し訳ありませんが、この件に関してもう一つ質問があります。今回質問させていただいたのは次のような実験を行った際に沈殿が生じたことで、この沈殿物が何で、どれくらい析出しているかを計算で求めたいと思ったからです。

3.4mol/L-CaCl<sub>2</sub>と2.9mol/L-CaBr<sub>2</sub>の混合溶液50mLに1.7mol/L-NaCl溶液20mLを加えたところ白色沈殿が生じました。共通イオン効果によってNaClが析出したものと推測したので、それぞれの溶解度積を知りたかったのです。ただし、強電解質の塩の場合も溶解度積に従って、溶解・沈殿生成が生じると考えてよろしいのでしょうか？溶解度積のことを調べると難溶解性の物質について成り立つということは書いてありましたが、電離度がほぼ1のものについても同様に考えられるのかと思ったからです。

お忙しいところ申し訳ありませんが、よろしく願いいたします。

**回答** 溶解度の大きい強電解質の塩の沈殿現象に溶解度積を適用するのは危険だと思います。難溶性の塩の沈殿現象では多量の水が余っています。ところが、強電解質の塩の沈殿現象ではイオンの水和水や塩の結晶水の奪い合いが起こっている可能性もあります。それゆえ、溶解度で考えたほうが無難だと思います。または、実際に生じた沈殿を分析するべきでしょう。

25℃における単独の水溶液の飽和濃度（溶解度）はそれぞれ、CaCl<sub>2</sub>の場合が4.08mol/L（45.3wt%）で、CaBr<sub>2</sub>が3.08mol/L（60.5wt%）で、NaClが4.52mol/L（26.4wt%）、NaBrが4.72mol/L（48.6wt%）です。最初のCaCl<sub>2</sub>とCaBr<sub>2</sub>の混合溶液中のCaCl<sub>2</sub>の濃度3.4mol/Lは飽和濃度の83%になり、CaBr<sub>2</sub>の濃度2.9mol/Lは飽和濃度の94%になります。各イオンの水和水数は4～6程度と言われていいますので、この混合溶液（カルシウムイオンが共通イオン）が調製できたのか疑問に思います。過飽和になっていて、混合時のショックでCaCl<sub>2</sub>やCaBr<sub>2</sub>が析出した可能性はないですか。

NaCl溶液と混合後の初濃度（見かけの濃度）はそれぞれ、CaCl<sub>2</sub>の場合が2.43mol/L（飽和濃度の60%）で、CaBr<sub>2</sub>が2.07mol/L（飽和濃度の67%）で、NaCl（またはNaBr）が0.49mol/L（飽和濃度の11%）です。塩素イオンの総濃度は5.35mol/Lになり、ナトリウムイオン濃度の11倍になります。しかし、単独のNaCl飽和濃度の1.1倍にしかありません。したがって、実際にNaClが析出したとしても、その主な原因が共通イオン効果だけとは限らないと思います。析出するときの沈殿の結晶水の数、CaCl<sub>2</sub>とCaBr<sub>2</sub>の場合が6で、NaClが0になると考えられます。水和水や結晶水の奪い合いの結果として、エネルギー的に最も安定な状態になったと考えることもできます。何れにしても、楽しんで計算で求めようとせず、実際に析出した沈殿を分析すべきだと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：平野 ひとみ 日時：2007年06月12日 09時57分28秒

芦田様

大変貴重なご意見ありがとうございました。回答いただいた情報をもとに実験によって確かめていきたいと思えます。

平野

---

名前：牛鼻 邦晴 日時：2007年06月09日 21時39分14秒

高压蒸気滅菌器にアルミホイルをいれたところ、アルミホイルの光沢が落ちました。また乾熱滅菌にアルミホイルをいれたところ、光沢はおちずにそのままでした。これはなぜなのでしょう。回答おねがいします。

---

名前：芦田 実 日時：2007年06月09日 22時10分00秒

牛鼻 邦晴 様

**質問482** 高压蒸気滅菌器にアルミホイルをいれたところ、アルミホイルの光沢が落ちました。また乾熱滅菌にアルミホイルをいれたところ、光沢はおちずにそのままでした。これはなぜなのでしょう。回答おねがいします。

**回答** アルミニウムが高温の水蒸気と反応して、水酸化アルミニウムや酸化アルミニウムに変化しただけだと思います。詳細については、高校化学の教科書のイオン化傾向の部分をご覧ください。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：佐藤真理子 日時：2007年07月11日 21時15分03秒

芦田 実 様

エタノールを用いて、カーボンナノチューブをACCVD法（アルコールCVD法）により作っています。作る過程の中で、なかなかエタノールの流量が安定せずに、本来は12Torrに安定化させたいんですが、何度も実験やっても5分ぐらい経つと3～5Torrになってしまいます。そこで試しに、エタノールを入れたビーカーをドライヤーで温めてみたところ、流量が上がっていききました（13～14Torr付近で安定）。ドライヤーが流量を安定化させる原因がなぜだか分かりません。ご返答の程よろしくお願いします。

---

名前：芦田 実 日時：2007年07月13日 00時05分00秒

佐藤真理子 様

**質問483** 芦田 実 様 エタノールを用いて、カーボンナノチューブをACCVD法（アルコールCVD法）により作っています。作る過程の中で、なかなかエタノールの流量が安定しません。本来は12Torrに安定化させたいんですが、何度実験をやっても5分ぐらい経つと3～5Torrになってしまいます。そこで試しに、エタノールを入れたビーカーをドライヤーで温めてみたところ、流量が上がっていききました（13～14Torr付近で安定）。ドライヤーが流量を安定化させる原因がなぜだか分かりません。ご返答の程よろしくお願いします。

**回答** アルコールを皮膚に付けたとき、ヒヤッとした経験はありませんか。この原因はアルコールが蒸発するとき、皮膚から蒸発熱を奪うためです。質問の場合も、エタノールの蒸発熱が原因だと思います。蒸発していくエタノールは、液体で残っているエタノールから熱を奪うしかありません。したがって、液体のエタノールの温度がしだいに下がっていきます。蒸気圧は温度に依存します。温度が下がると蒸発熱を奪い難くなりますので、蒸気圧も下がります。エタノールの場合には、温度25.24℃のとき蒸気圧60Torr、7.52℃のとき20Torr、-2.45℃のとき10Torrと変化します。ただし、質問中のアルコールCVD法（過渡的な現象？）の場合には蒸発－凝縮平衡になっていない可能性がありますので、温度と蒸気圧の数値関係が少しずれているかもしれません。ドライヤーで温めたときに流量が上がった理由は、エタノールの温度が上昇して、蒸気圧が大きくなったためだと思います。ドライヤーでは温度コントロールが正確に行えません。エタノールを入れたビーカーを恒温槽に浸けるか、恒温水を循環させてエタノールの温度を細かくコントロールすれば、エタノールの流量（蒸気圧）をさらに安定化できると思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

**名前：**佐藤真理子      **日時：**2007年07月13日 23時21分26秒

芦田 実 様

わかりやすく説明していただきありがとうございました。今回頂いた意見を基に、実験の精度をより高めていきたいと思ひます。

---

---

**名前：**齊藤 かなみ      **日時：**2007年07月21日 18時14分59秒

シャボン玉の色は変えられますか

---

**名前：**芦田 実      **日時：**2007年07月22日 16時25分00秒

齊藤 かなみ 様

**質問484** シャボン玉の色は変えられますか

**回答** シャボン玉は石けん、ポリビニルアルコールPVAや合成洗剤の水溶液等で作ります。これらは多くの物質を溶かすことができますので、これらに食用色素（食紅）、水彩絵の具、ポスターカラー等を溶かしたらシャボン玉の色を変えられると思います。しかし、シャボン玉が壊れ易くなり、石けん等の濃さを変える必要があるかもしれません。また、シャボン玉の膜は非常に薄いので、それに濃い色を付けるためには工夫がかなり必要だと思います。さらに、シャボン玉が壊れたときに、皮膚や服、その他の周囲の物に色が付いて、それが非常に落ち難いそうです。遊ぶときには汚れてもいい服を着たり、風向きに注意して他人に迷惑をかける様に十分に注意して下さい。その他、参考として下記のホームページもご覧下さい。

<http://www.kanshin.com/keyword/856018>

<http://japanese.engadget.com/2005/11/23/zubbles-coloured-bubbles/>

<http://www.tomoda.ne.jp/color.htm>

<http://www.tomoda.ne.jp/jikken.htm>

<http://www.shinko-keirin.co.jp/seikatsu/jissen/0507/index.htm>

<http://asaitou-web.hp.infoseek.co.jp/r2001/0806/>  
<http://asaitou-web.hp.infoseek.co.jp/r19/990904/000.html>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：矢島健太郎 日時：2007年07月21日 11時39分06秒

セルロースのアルコール発酵を調べてます。しかしセルロースの生成ギブスエネルギー  $\Delta G$  がわかりません。教えていただけませんか？ついでに生成  $\Delta H$  も教えていただければ幸いです。またグルコースの生成  $\Delta G$  と  $\Delta H$  もあれば助かるのですが。

---

名前：芦田 実 日時：2007年07月23日 22時30分00秒

矢島健太郎 様

質問485 セルロースのアルコール発酵を調べてます。しかしセルロースの生成ギブスエネルギー  $\Delta G$  がわかりません。教えていただけませんか？ついでに生成  $\Delta H$  も教えていただければ幸いです。またグルコースの生成  $\Delta G$  と  $\Delta H$  もあれば助かるのですが。

回答 セルロースは高分子化合物であり、数千個のグルコースが1,4'- $\beta$ -グリコシド結合しています。当然ながら重合度に分布があり、1分子中のグルコース単位の数が不定です。したがって、セルロースの生成ギブスエネルギー  $\Delta G$  や生成エンタルピー  $\Delta H$  には意味がありません。また、セルロースだけでなく二糖類のセロビオースでさえも、化学便覧等に  $\Delta G$  と  $\Delta H$  の値が記載されていません。一方、グルコースの標準生成ギブスエネルギーは  $\Delta G = -909.4 \text{ kJ/mol}$ 、標準生成エンタルピーは  $\Delta H = -1273.3 \text{ kJ/mol}$ 、標準燃焼エンタルピーは  $\Delta H = -2803.3 \text{ kJ/mol}$  です。後は、熱化学方程式等を利用して、ご自分で推定して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：かず 日時：2007年08月09日 23時51分48秒

- (1) 濃度未知の塩酸10mLをホールピペットで測り取り、0.1M NaOH標準溶液を用いて中和滴定をしたところ、9.02mLを要した。この中和滴定実験において、水酸化ナトリウム溶液を中和終点より0.03mL過剰に加えた時の、溶液のpHを計算しなさい。
- (2) 0.20M酢酸 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 水溶液100mLと0.10M酢酸ナトリウム $\text{CH}_3\text{COONa}$ 水溶液150mLを混合して調製した緩衝溶液のpHを計算しなさい。
- (3) 10倍希釈した海水を10mLホールピペットで測り取り、0.102Mの $\text{AgNO}_3$ 水溶液を用いて滴定したところ、5.21mLを要した。海水1kgに含まれる塩化物イオンの質量を求めなさい。海水の密度を $1.02 \text{ g/cm}^3$ とする。

---

---

名前：芦田 実 日時：2007年08月21日 23時55分00秒

かず 様

質問486 (1) 濃度未知の塩酸10mLをホールピペットで測り取り、0.1M NaOH標準溶液を用いて中和滴定をしたところ、9.02mLを要した。この中和滴定実験におい

て、水酸化ナトリウム溶液を中和終点より0.03mL過剰に加えた時の、溶液のpHを計算しなさい。

(2) 0.20M酢酸 $\text{CH}_3\text{COOH}$ 水溶液100mLと0.10M酢酸ナトリウム $\text{CH}_3\text{COONa}$ 水溶液150mLを混合して調製した緩衝溶液のpHを計算しなさい。

(3) 10倍希釈した海水を10mLホールピペットで測り取り、0.102Mの $\text{AgNO}_3$ 水溶液を用いて滴定したところ、5.21mLを要した。海水1kgに含まれる塩化物イオンの質量を求めなさい。海水の密度を $1.02\text{g}/\text{cm}^3$ とする。

**回答** (1) 中和によって生じる塩化ナトリウムと過剰に加えた水酸化ナトリウムが水中で完全電離すると仮定できます。したがって、0.1mol/L NaOH標準溶液0.03mLを純水で希釈して、最後の体積を $10.00\text{mL} + 9.02\text{mL} + 0.03\text{mL} = 19.05\text{mL}$ にした場合のpHと同等になります。水酸化物イオンの濃度が

$$[\text{OH}^-] = 0.1\text{mol/L} \times 0.03\text{mL} / 19.05\text{mL} = 1.57 \times 10^{-4}\text{mol/L}$$

に希釈されますので、pHは

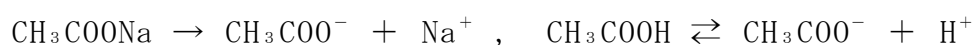
$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] = -\log_{10}(\text{K}_w / [\text{OH}^-]) = 14.0 + \log_{10}[\text{OH}^-] = 10.20$$

フェノールフタレインをpH指示薬に使っていれば、水酸化ナトリウム溶液を0.03mL (1滴) 過剰に加えたことによって、無色から赤紫色に変色しています。

(2) 酢酸 $\text{CH}_3\text{COOH}$ と酢酸ナトリウム $\text{CH}_3\text{COONa}$ の混合水溶液はpH緩衝溶液になります。酢酸ナトリウム(混合後の初濃度 $C_s$ )が完全電離し、生じた酢酸イオンが酢酸(初濃度 $C_A$ )の電離(電離度 $\alpha$ )を押さえます。

$$C_s = 0.10\text{mol/L} \times 150\text{mL} / 250\text{mL} = 0.060\text{mol/L}$$

$$C_A = 0.20\text{mol/L} \times 100\text{mL} / 250\text{mL} = 0.080\text{mol/L}$$



$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = C_s + C_A \alpha, \quad [\text{Na}^+] = C_s, \quad [\text{CH}_3\text{COOH}] = C_A(1 - \alpha)$$

$$[\text{H}^+] = C_A \alpha, \quad K_A = [\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+] / [\text{CH}_3\text{COOH}]$$

$$\therefore [\text{H}^+] = \left[ \{ (C_s + K_A)^2 + 4C_A K_A \}^{1/2} - C_s - K_A \right] / 2$$

通常  $1 \gg \alpha$  および  $C_A, C_s \gg K_A$  なので

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &\doteq K_A C_A / C_s = 2.75 \times 10^{-5}\text{mol/L} \times 0.080\text{mol/L} / 0.060\text{mol/L} \\ &= 3.67 \times 10^{-5}\text{mol/L} \end{aligned}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] = 4.44$$

と近似できます。外から加えた $\text{H}^+$ は $\text{CH}_3\text{COO}^-$ が、外から加えた $\text{OH}^-$ は $\text{CH}_3\text{COOH}$ が中和するので、pHが変化し難くなります(pH緩衝効果)。

(3) 希釈した方法が、体積で10倍なのか、質量で10倍なのか書いてありません。これによって答えが変わります。ここでは、体積で10倍に希釈したと仮定して回答します。10倍に希釈した海水10mLとは、希釈前の海水で $1.0\text{mL} = 1.02\text{g}$ になります。この中に含まれていた塩素イオンの物質量 $m$ は

$$m = 0.102\text{mol/L} \times 0.00521\text{L} = 5.31 \times 10^{-4}\text{mol}$$

したがって、海水1kgに含まれる塩化物イオンの質量 $W$ は

$$W = 5.31 \times 10^{-4}\text{mol} \times 1000\text{g} / 1.02\text{g} \times 35.45\text{g/mol} = 18.5\text{g}$$

になります。

名前：ナーラ 日時：2007年08月11日 15時39分04秒

グラフィイトについて教えてください！お願いします。

---

名前：芦田 実 日時：2007年08月22日 00時40分00秒

ナーラ 様

質問487 グラフィイトについて教えてください！お願いします。

回答 質問が漠然とし過ぎていて、何が聞きたいのか理解できません。グラフィイトの電導性については質問437の回答を、化学結合については質問336の回答を、純物質と混合物の違いについては質問84の回答を、透明と不透明（無色と黒色）の違いについては質問70、15の回答をご覧ください。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：矢島健太郎 日時：2007年08月12日 10時50分53秒

生物内の反応、つまり糖質が体内のエネルギーに変わるとか、脂肪が使われる反応のエネルギーを出したいのですが、体内で進む反応においては $\Delta H$ ではなく $\Delta G$ だと聞きました。言われてみれば反応が直接エネルギーに変わる燃料電池と同じなのか？とも思えるのですが、本当に系のエネルギー、つまり $T\Delta S$ が影響しないのでしょうか？しかし生産ラインでグルコースからアルコールを作る場合は系のエネルギーは関わると思うんですが。

---

名前：芦田 実 日時：2007年08月22日 01時10分00秒

矢島健太郎 様

質問488 生物内の反応、つまり糖質が体内のエネルギーに変わるとか、脂肪が使われる反応のエネルギーを出したいのですが、体内で進む反応においては $\Delta H$ ではなく $\Delta G$ だと聞きました。言われてみれば反応が直接エネルギーに変わる燃料電池と同じなのか？とも思えるのですが、本当に系のエネルギー、つまり $T\Delta S$ が影響しないのでしょうか？しかし生産ラインでグルコースからアルコールを作る場合は系のエネルギーは関わると思うんですが。

回答 何が聞きたいのか理解できません。ギブスの自由エネルギー $\Delta G$ とエンタルピー $\Delta H$ （定圧反応なら反応熱）とエントロピー（複雑さ）に関する項 $T\Delta S$ の間の関係を誤解していませんか。正負は異なりますが、 $\Delta H$ と $T\Delta S$ の項を合わせて $\Delta G$ になるはずです。例えば、質問234の回答をご覧ください。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：いしちゃん 日時：2007年08月20日 13時44分27秒

食塩を水に混ぜると、気圧が下がると聞きましたが、なぜでしょうか？

---

名前：芦田 実 日時：2007年08月23日 01時20分00秒

いしちゃん 様

質問489 食塩を水に混ぜると、気圧が下がると聞きましたが、なぜでしょうか？

回答 食塩を水に混ぜても、当然ながら空気による圧力（約760mmHg）はほとんど変化しません。むしろ、食塩の濃度が濃くなるほど空気中の酸素や窒素が食塩水に溶解し難くなると思います（気圧を上げる効果）。下がるとしたら、蒸気圧降下により水蒸気圧が下がるだけでしょう。18℃における純水の蒸気圧が約15.47mmHgであり、飽和に近い食塩水の表面上の水蒸気圧が約12.18mmHgです。この効果による気圧の減少は  $(15.47\text{mmHg} - 12.18\text{mmHg}) / 760\text{mmHg} \times 100\% \approx 0.4\%$  です。天候（高気圧や低気圧）による気圧の変動の方がずっと大きいと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：後飯塚由香里 日時：2007年09月15日 00時17分37秒

高校の教員です。化学部の生徒研究から自分でも考えたのですが、私の手には負えないので質問させてください。

硫酸ナトリウム10水和物と硝酸アンモニウムを混ぜてあるヒヤロンという製品があります。揉むと結晶水がはずれて硝酸アンモニウムが溶解して溶解熱で冷えるのだと思います。硫酸ナトリウム10水和物のかわりに硫酸銅5水和物、カリウムみょうばんのような水和物と硝酸アンモニウムを揉んでも水は出ませんでした。硫酸ナトリウムの方が水がはずれやすいということなのでしょうか。確かに硫酸ナトリウムは風解という現象が知られていて水がはずれやすいのではないかと考えられます。そのはずれやすさを何か数値であらわしたものが無いかと調べましたら、化学便覧のII-297というところに水和エンタルピーというのが載っています。例えば硫酸ナトリウムは10水あたりで79.58、炭酸ナトリウムは1水で14.14、7水で68.5、10水で91.2という数値です。この数値はどのような実験から導かれたものなのでしょうか。また、91.2と68.5の差÷3が水一つあたりの結合の強さをあらわしていると考えてもいいのでしょうか。また、結晶水のはずれやすさは金属イオンの性質によるものなのでしょうか？ナトリウムは結合力は弱く、アルミニウムや銅は強いのでしょうか？炭酸ナトリウム10水和物を水に溶かした時の溶解熱と炭酸ナトリウム1水和物を水に溶かした時の溶解熱の差は91.2と14.14の差となって現れるのでしょうか。古い化学便覧にはエンタルピーではなく、溶解熱というものが載っています。それでは炭酸ナトリウム1水和物が2.5、7が10.5、10が15.91となっています。単位が違いますが換算するとだいたい溶解熱の差が新しい便覧のエンタルピーの差となっています。

溶解熱はヘスの法則によくある生徒実験のように溶解させて温度変化を測定すれば測定できると思われれます。測定してみましたらだいたい値は出ました。そうすると、たとえば10水和物の溶解熱と1水和物の溶解熱を測定すればその差が9コ分の水の結合力とみなすことができるのでしょうか？その値の小さいものははずれと考えることはできるのでしょうか？溶解熱の差がエンタルピーであると考えてもいいのでしょうか。ギブスの自由エネルギーは保存されるけれども、エントロピーが変化するため保存されないのでしょうか。ヘスの法則ではエントロピーのことなど考えなくてよかったのにとおもうところががってしまいました。

---

名前：芦田 実 日時：2007年09月20日 13時00分00秒

後飯塚由香里 様

**質問490** 高校の教員です。化学部の生徒研究から、自分でも考えたのですが、私の手には負えないので質問させていただきます。

硫酸ナトリウム10水和物と硝酸アンモニウムを混ぜてあるヒヤロンという製品があります。揉むと結晶水がはずれて硝酸アンモニウムが溶解して溶解熱で冷えるのだと思います。硫酸ナトリウム10水和物のかわりに硫酸銅5水和物、カリウムミョウバンのような水和物と硝酸アンモニウムを揉んでも水は出ませんでした。硫酸ナトリウムの方が水がはずれやすいということなのでしょう。確かに硫酸ナトリウムは風解という現象が知られていて水がはずれやすいのではないかと考えられます。そのはずれやすさを何か数値であらわしたものが無いかと調べましたら、化学便覧のII-297というところに水和エンタルピーというのが載っています。例えば硫酸ナトリウムは10水あたりで79.58、炭酸ナトリウムは1水で14.14、7水で68.5、10水で91.2という数値です。この数値はどのような実験から導かれたものなのでしょう。また、91.2と68.5の差÷3が水一つあたりの結合の強さをあらわしていると考えてもいいのでしょうか。また、結晶水のはずれやすさは金属イオンの性質によるものなのでしょう。ナトリウムは結合力は弱く、アルミニウムや銅は強いのでしょうか。炭酸ナトリウム10水和物を水に溶かした時の溶解熱と炭酸ナトリウム1水和物を水に溶かした時の溶解熱の差は91.2と14.14の差となって現れるのでしょうか。古い化学便覧にはエンタルピーではなく、溶解熱というものが載っています。それでは炭酸ナトリウム1水和物が2.5、7が10.5、10が15.91となっています。単位が違いますが換算するとだいたい溶解熱の差が新しい便覧のエンタルピーの差となっています。

溶解熱はヘスの法則によくある生徒実験のように溶解させて温度変化を測定すれば測定できると思われ。測定してみましたらだいたい値は出ました。そうすると、たとえば10水和物の溶解熱と1水和物の溶解熱を測定すればその差が90分の水の結合力とみなすことができるのでしょうか。その値の小さいものははずれと考えることはできるのでしょうか。溶解熱の差がエンタルピーであると考えてもいいのでしょうか。ギブスの自由エネルギーは保存されるけれども、エントロピーが変化するから保存されないのでしょうか。ヘスの法則ではエントロピーのことなど考えなくてよかったのにと、思うところがありました。

**回答** 固体の硫酸ナトリウム10水和物を加熱すると、32.4℃で結晶水を離し、その水に硫酸ナトリウムが溶けます。結晶水を離し易くて、この様な溶解現象を持つ化合物を捜したら良いと思います。硫酸銅5水和物は空气中(?)で102℃で、水中では95.9℃で3水和物に変化します。結晶水を放出する温度が高いので、室温では硫酸ナトリウム10水和物の様な溶解現象が起こらないと思います。カリウムミョウバンは64.5℃で長時間放置すると結晶水に溶けるそうです。やはり結晶水を放出する温度が少し高いので、短時間では溶解現象が起こり難かったのだと思います。その他に、(段階的に)放出される結晶水の数量と溶解度の濃度関係が問題になるかもしれません。硫酸ナトリウム10水和物と硝酸アンモニウムを混ぜると溶解して冷える不思議な現象は、硫酸ナトリウム10水和物の性質だけで決まる訳ではないと思います。溶けた後にできる物は2成分系の混合水溶液であり、この現象が少し複雑なため化学便覧等にデータが載っていません。硝酸アンモニウムと混合することにより結晶水を離す温度が低下するのではないかと想像します。この溶解現象を凝固点(融点)降下や寒剤の現象として説明している例があります。参考として例えば下記のホームページをご覧ください。

固体水和物の結晶水の数と結晶水を放出する温度に関連した値としては、この場合は溶解現象とも関連しますので、化学便覧中の「無機化合物の水に対する溶解度」の温度変化が何らかの参考になると思います。なお、水和エンタルピーは



水和熱と同様な値であり，気体イオンが水に溶けて水溶液になるときのエンタルピー変化（発熱）と定義されていると思います．気体イオンを室温で簡単には作れませんので，実験では直接求めることができません．イオン結晶の格子エネルギーと結晶の水に対する溶解エンタルピー（溶解熱，無限希釈）の差を正負イオンに適当に分けて求めていると思います．すなわち，溶解現象は格子（正負イオン）の結合解離現象（吸熱）と水和現象（発熱）を合わせた現象です．また，結晶水は温度上昇に伴って段階的に外れることがあります．これは結合しているイオン（陽イオン，負イオン）や場所（配位数と立体構造）が異なるためです．水1つあたりの結合の強さは，これらを考慮して求める必要があります．

化学便覧等の溶解エンタルピー（熱）は無限希釈に外挿したときの値だと思えます．水の量が少ないと誤差が大きくなると思いますので注意して下さい．ヘスの法則から後ろの質問には理解しきれない点があります．溶解熱の差が水の結合力に相当するのはほぼ合っていると思います．溶解熱の差がエンタルピーであるというよりは，高校レベルでは溶解熱と溶解エンタルピーが同じものであると考えた方が良いでしょう．ギブスの自由エネルギーは系外とのエネルギー（熱，仕事）の出入りまで考えたときに保存される訳であり，この質問内容ならばそこまで考えなくても，ヘスの法則だけでも良いようにも思います．ただし，溶解現象が吸熱なのに自然に起こる場合は，エンタルピー項よりもエントロピー項の方が大きいからだという言い方はすると思います．

<http://www.osaka-c.ed.jp/kak/rika1/jik-db/jik3-2.htm>

<http://www.center.fks.ed.jp/16kyouka/science/text/ice.pdf>

[http://www.lottekenko.co.jp/products/goods/mechanism\\_01.html](http://www.lottekenko.co.jp/products/goods/mechanism_01.html)

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：後飯塚由香里      日時：2007年09月20日 21時56分00秒

とりあえず，返信に感激お礼申し上げます．中身は印刷して良く読んでみます．結合力にばかり気をとられていましたが，なるほど，結晶水を離す温度が低くて，また，混合によってその温度が下がるということは考えてませんでした．都合の良いところばかり目がいきますが，「溶解熱の差が水の結合力に相当するのはほぼ合っていると思います」というところがうれしいところでした．結晶水を離す温度を便覧でよく見てみようと思います．また，考えてみます．ありがとうございました．風解しやすいもの教科書的には炭酸ナトリウムの水和物と硫酸ナトリウムの水和物なのですが，それらの結晶水が外れやすいということが何か数値的なデータになっていないかとも思います．結晶水を離す温度ですね．調べてみます．重ねてありがとうございました．

---

名前：岡田 博      日時：2007年09月13日 23時01分56秒

はじめまして．ずっと気になっています．どうして標準状態において，どんな気体であっても  $1\text{ mol}=22.4\text{ L}$  になるのはどうしてですか．ブラウン運動が関係しているということまでは何となく今まで調べてわかったのですが，いま一つ理解できません．お願いします．

---

名前：芦田 実      日時：2007年09月21日 16時50分00秒

岡田 博 様

質問491 はじめまして. ずっと気になっています. どうして標準状態において, どんな気体であっても  $1 \text{ mol} = 22.4 \text{ L}$  になるのはどうしてですか. ブラウン運動が関係しているということまでは何となく今まで調べてわかったのですが, いま一つ理解できません. お願いします.

回答 温度が同じですので気体  $1 \text{ mol}$  が持っている運動エネルギーが同じになります. 運動エネルギーには並進運動 (重心の移動), 回転運動, 振動運動等のエネルギーが含まれますが, 簡単のために並進運動エネルギーで説明します. 詳細については, 物理化学の本の気体分子運動論 (気体の圧力) をご覧下さい. 一辺の長さが  $a$  の立方体の中に質量  $m$  の分子が  $N$  個入っているとします. これらの分子はそれぞれ任意の方向に運動しています. 分子の速度にも分布がありますが, 簡単のために平均速度  $c$  を使用します. 直行する 3 軸 ( $x, y, z$ ) に平行な速度成分を  $u, v, w$  とすると

$$c^2 = u^2 + v^2 + w^2$$

分子が立方体の壁に完全弾性衝突すると仮定します. ある 1 つの分子が  $x$  軸に垂直な壁と衝突すると,  $x$  方向の速度成分  $u$  は  $+u$  から  $-u$  に変化し, このときの運動量の変化は  $2mu$  になります. 分子は単位時間に  $x$  方向に距離  $u$  だけ移動しますので,  $x$  軸に垂直な壁の間を往復して壁に  $u/a$  回衝突します. それゆえ, ある 1 つの分子の単位時間の運動量の変化は  $2mu^2/a$  になります.  $y$  方向と  $z$  方向についても同様に  $2mv^2/a$  と  $2mw^2/a$  になります. したがって, 1 分子の単位時間当たりの運動量変化の総和, すなわち 1 つの分子が衝突によって壁に与える力は

$$2m(u^2 + v^2 + w^2)/a = 2mc^2/a$$

立方体の中には  $N$  個の分子が入っていますので, 力の総和は  $2Nmc^2/a$  になります. これが 6 つの壁を押すことにより気体の圧力  $P$  になっていますので, 立方体の体積を  $V$  とすると

$$P = \{2Nmc^2/a\} / \{6a^2\}, \quad PV = Nmc^2/3$$

分子全体の並進運動エネルギーは  $E = Nmc^2/2$  ですから上の式は

$$PV = 2E/3$$

となります. 温度が同じなら同数の気体が持っている運動エネルギーは同じになります. もしも違っていたら, 異なる気体が接触したときにエネルギーの移動 (すなわち熱の移動, 温度変化) が起こってしまいます. ゆえに, ( $N$  がアボガドロ定数のとき) 上の式はボイルの法則を表しています. これを言い換えますと, 同じ温度なら軽い分子ほど速度が速く, 重い分子ほど速度が遅くなります. それによって, 理想気体であってしかも温度と体積が同じなら壁に与える圧力が同じ, すなわち温度と圧力が同じなら同じ体積になります. なお, ブラウン運動は分子同士が衝突して起こります. 完全弾性衝突が起こった場合には, 速度と方向を完全に交換します. したがって, 分子同士が衝突せずにすれ違った (理想気体なので分子の大きさや分子間力の影響がない) として導いた上式と, 結果として同じ式が導かれます.

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前: みか      日時: 2007年09月24日 10時04分47秒

中和適定についてなんですけど, 適定後, 放置しておくと赤色が消失するのはなぜですか? 教えてください. お願いします.

---

名前：芦田 実 日時：2007年09月24日 12時20分00秒

みか 様

**質問492** 中和滴定についてなのですが、滴定後、放置しておくとも赤色が消失するのはなぜですか？教えてください。お願いします。

**回答** 質問文中の漢字が間違っています。「適定」は正しくは「滴定」です。この回答中では修正済みです。pH指示薬にフェノールフタレインを使用して、塩酸等の酸を水酸化ナトリウム水溶液等の塩基で滴定しているものと想像します。滴定終了直後は塩基がわずかに過剰（半滴～1滴）で水溶液が赤紫色（pH9前後）に変化しています。空気中には二酸化炭素がありますので、これがゆっくりと溶け込んで、水溶液が無色（pH8以下）に戻っていきます。pHが最終的にどこまで下がるかは、実験してみないと分かりません。純水を空気中に長時間放置した場合には、やはり二酸化炭素がゆっくり溶け込んで、pH5.5程度まで下がります。なお、フェノールフタレインの変色域はpH8.3（薄桃色）～pH10（赤紫色）です。この領域より小さいpHでは無色、大きいpHでは赤紫色です。ただし、強塩基性ではフェノールフタレインは再び無色になります。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：宮本恵子 日時：2007年10月01日 20時37分44秒

油脂の計算が何度考えても分かりません。解き方を教えてください！ある油脂を加水分解して調べたところ、物質量の比がオレイン酸10%、リノール酸80%、リノレン酸10%の高級脂肪酸の塩が得られた。この油脂は何gのKOHが必要で、理論上石けんは何gできるか？

---

名前：芦田 実 日時：2007年10月05日 01時05分00秒

宮本恵子 様

**質問493** 油脂の計算が何度考えても分かりません。解き方を教えてください！ある油脂を加水分解して調べたところ、物質量の比がオレイン酸10%、リノール酸80%、リノレン酸10%の高級脂肪酸の塩が得られた。この油脂は何gのKOHが必要で、理論上石けんは何gできるか？

**回答** 参考として質問475、469の回答もご覧下さい。回答の大部分が既にこれらに記載されています。今回は若干の補足を付け加えます。油脂1分子には3個の脂肪酸が含まれ、これを3個のKOHでけん化すると、3個の脂肪酸カリウムと1分子のグリセリンが生じます。油脂中の3個の脂肪酸は、例えば表の様に油脂の分子ごとに異なります。これを多数の油脂で平均して脂肪酸の分布を求めると、オレイン酸0.3個/油脂（10%）、リノール酸2.4個/油脂（80%）、リノレン酸0.3個/油脂（10%）となります。けん化後に生じる脂肪酸カリウム（石けん）の分布も同様になります。アボガドロ定数から分かる様に油脂の分子の数は非常に大きいです。また、同一の油脂分子ごとに分離することは不可能です。したがって、平均値を用いて計算するしかありません。けん化前の油脂の平均分子量が878、けん化後に油脂1分子から生じる脂肪酸カリウム3個の合計分子量（質量？）の平均が954と求まります。このとき、けん化に必要な3個のKOHの合計分子量（質量？）は168です。常にこの割合で反応しますので、例えば最初に油脂を1.000g使用すれ

ば,

油脂 : KOH : 石けん = 878g : 168g : 954g = 1.000g : 0.191g : 1.087g

と求まります. なお, 物質質量 (mol) や分子数の割合は当然ながら, 油脂 : KOH : 石けん = 1 : 3 : 3 となります.

けん化前の油脂10分子のデータ例とその平均

原子量 H=1 C=12 O=16 K=39

名前	分子量	化学式	油脂1分子内の各脂肪酸の数										平均	
			分子1	分子2	分子3	分子4	分子5	分子6	分子7	分子8	分子9	分子10		
オレイン酸	282	C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> COOH	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3
リノール酸	280	C <sub>17</sub> H <sub>31</sub> COOH	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2.4	
リルン酸	278	C <sub>17</sub> H <sub>29</sub> COOH	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.3	
残り部分	38	CH-C-CH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
油脂の分子量(モル質量g/mol)			880	880	880	878	878	878	878	876	876	876	878	

水酸化カリウム	分子量	化学式	分子1	分子2	分子3	分子4	分子5	分子6	分子7	分子8	分子9	分子10	平均
	56	KOH	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

オレイン酸, リノール酸, リルン酸が各1個できている油脂は確率的に少ないので無視する 合計質量 1046

上の油脂をけん化した後のデータ例とその平均

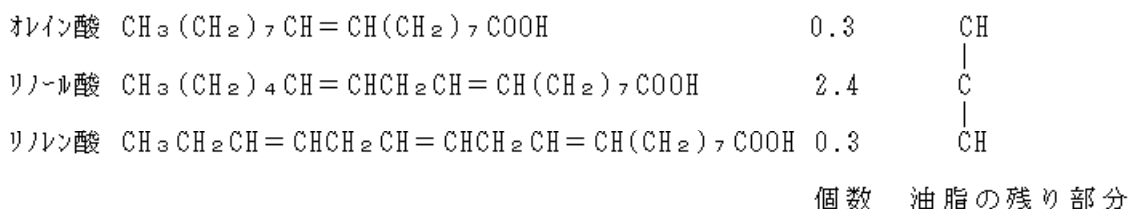
油脂 + 3KOH → 3脂肪酸カリウム + グリセリン

名前	分子量	化学式	油脂1分子から生じた各脂肪酸カリウム(石けん)の数										平均	
			分子1	分子2	分子3	分子4	分子5	分子6	分子7	分子8	分子9	分子10		
オレイン酸カリウム	320	C <sub>17</sub> H <sub>33</sub> COOK	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3
リノール酸カリウム	318	C <sub>17</sub> H <sub>31</sub> COOK	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2.4	
リルン酸カリウム	316	C <sub>17</sub> H <sub>29</sub> COOK	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0.3	
3個の脂肪酸カリウムの合計分子量			956	956	956	954	954	954	954	952	952	952	954	

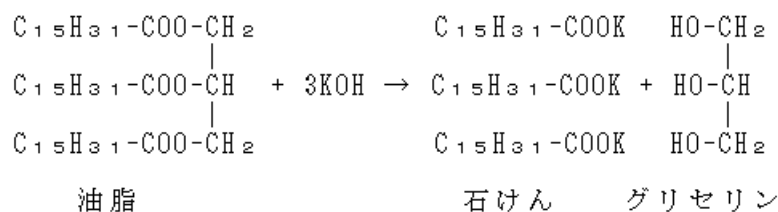
グリセリン	分子量	化学式	分子1	分子2	分子3	分子4	分子5	分子6	分子7	分子8	分子9	分子10	平均
	92	CH <sub>2</sub> OH-CHOH-CH <sub>2</sub> OH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

合計質量 1046

以下に, 以前の回答中の図を再び載せます.



下の反応式では脂肪酸等の分布を無視していますので, 注意して下さい.



埼玉大学教育学部理科教育講座  
 芦田 実

名前 : 宮本恵子 日時 : 2007年10月21日 21時30分17秒

お返事遅れてすみません。パソコンの調子が悪くやっと回復しました。ご回答ありがとうございます。回答を見るといぜん教えていただいた式を使えば解けるとのこと。参考に再度自身で解いてみます！本当にありがとうございました！

---

名前：sasaki masaki 日時：2007年10月04日 18時40分40秒

硝酸ナトリウムの化審法のNoは、また通知対象と成るのでしょうか、危険有害性の分類はどうなるのでしょうか。

---

名前：芦田 実 日時：2007年10月12日 00時20分00秒

sasaki masaki 様

**質問494** 硝酸ナトリウムの化審法のNoは、また通知対象となるのでしょうか、危険有害性の分類はどうなるのでしょうか。

**回答** 硝酸ナトリウムの化審法の番号は1-484です。危険有害性の分類は酸化性物質であり、可燃性物質と混合すると爆発する恐れがあります。労働安全衛生法に基づく通知対象物質にも指定されているようです。その他に、消防法（危険物第1類硝酸塩類第3酸化性固体）等にも指定されていますので注意して下さい。詳細については、例えば下記のホームページをご覧ください。

[http://www3.kanto.co.jp/catalog/msds/J\\_37401.pdf](http://www3.kanto.co.jp/catalog/msds/J_37401.pdf)

<http://www3.kanto.co.jp/catalog/Csearch.aspx>

<http://www.jaish.gr.jp/anzen/gmsds/1396.html>

[http://www.jaish.gr.jp/anzen/gmsds/gmsds\\_02.html](http://www.jaish.gr.jp/anzen/gmsds/gmsds_02.html)

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：橋本 華枝 日時：2007年10月08日 10時15分13秒

タンパク質の定性分析をしました。サンプルとして、(1) 1%トリプトファン溶液、(2) 1%システイン溶液、(3) 1%プロリン溶液、(4) 1%卵白溶液を使用しました。そこで、ビュレット反応の実験をしたのですが、結果として、(1) うす紫色、(2) きいろ、(3) うすい青色、(4) 紫色になりました。ビュレット反応はビュレットおよびトリペプチド結合に由来する反応で、ペプチドが強塩基下で2価の銅イオンと結合し、錯化合物を形成します。(1)、(2)、(3)は遊離のアミノ酸なので反応が起こらないはずなのに、(1)と(3)はうすい青色を呈しました。理由が分からないので、教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2007年10月13日 15時25分00秒

橋本 華枝 様

**質問495** タンパク質の定性分析をしました。サンプルとして、(1) 1%トリプトファン溶液、(2) 1%システイン溶液、(3) 1%プロリン溶液、(4) 1%卵白溶液を使用しました。そこで、ビュレット反応の実験をしたのですが、結果として、(1) うす紫色、(2) きいろ、(3) うすい青色、(4) 紫色になりました。ビュレット反応はビュレットおよびトリペプチド結合に由来する反応で、ペプチドが強塩基下で2価の銅イオンと結合し、錯化合物を形成します。(1)、(2)、(3)は遊離のアミノ酸なので反応が起こらないはずなのに、(1)と(3)はう

すい青色を呈しました。理由が分からないので、教えてください。

**回答** 質問文中に間違いがあります。ビュレット（実験器具）は正しくはビウレット（化学物質）です。両方とも実際に物が存在しますので、この2つをはっきりと区別すべきです。水酸化銅(II)または銅(II)イオンは水色をしています。水酸化銅(II)がアミノ酸の作用でコロイド状化したり、銅(II)イオンにアミノ酸のアミノ基等が配位して安定化したものだと思います。要するに、最初に加えた青色の硫酸銅(II)水溶液に由来する色だと考えられます。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

**名前：鈴木敦子 日時：2007年10月09日 17時33分31秒**

先日、酸アルカリの中和実験をしました。新しい塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を使用した場合は、きちんと「酸性：黄色，中性：緑色，アルカリ性：青」となりました。しかし、薬品庫の中にあった古い塩酸に同じBTB溶液を用いたところ、なんとピンク色（薄い赤紫色）になってしまいました。塩酸も古くなると腐るのでしょうか？いったい、何が原因でピンクに？もしも原因が分かりましたら、ぜひぜひ教えてください。

---

**名前：芦田 実 日時：2007年10月13日 16時10分00秒**

鈴木敦子 様

**質問496** 先日、酸アルカリの中和実験をしました。新しい塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を使用した場合は、きちんと「酸性：黄色，中性：緑色，アルカリ性：青」となりました。しかし、薬品庫の中にあった古い塩酸に同じBTB溶液を用いたところ、なんとピンク色（薄い赤紫色）になってしまいました。塩酸も古くなると腐るのでしょうか？いったい、何が原因でピンクに？もしも原因が分かりましたら、ぜひぜひ教えてください。

**回答** 非常に薄い塩酸でもない限り、古い塩酸が腐ることは考え難いと思います。BTBは酸性で黄色，ほぼ中性で緑色，アルカリ性で青色を呈します。しかし，非常に強い酸性では赤色を，非常に強いアルカリ性では紫色になるそうです。したがって，古い塩酸の希釈が足りず，濃すぎたのが原因だと思います。危険ですから十分に注意して下さい。新しい塩酸でも，古い塩酸と同じ濃度で実験すれば，同じ結果になると考えられます。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

**名前：鈴木敦子 日時：2007年10月15日 16時41分00秒**

芦田様

丁寧な回答，ありがとうございました。大変参考になりました。生徒に早速伝えます。ただ・・・実は，実験室にあった塩酸が非常に薄い可能性があります。これは，以前ここにいらした先生が，市販の塩酸（濃度30%）をさらに薄めたものとのことです。生徒からの情報によると，その先生が授業中に「うん，かなり薄い。大丈夫だな。」と素手で触ったこともあるそうです。ただし，かなり古いらしく，ビンのふたの腐食が始まっていました。新しい質問というのは「塩酸が腐る」というのは，塩酸がどういう状況になることなのでしょう？もしもご存知であれば，

そちらの回答もいただければ嬉しいです。

鈴木敦子

---

名前：芦田 実 日時：2007年10月15日 23時00分00秒

鈴木敦子 様

質問496(追加) 芦田様 丁寧な回答をありがとうございました。大変参考になりました。生徒に早速伝えます。ただ・・・実は、実験室にあった塩酸が非常に薄い可能性があります。これは、以前ここにいらした先生が、市販の塩酸(濃度30%)をさらに薄めたものとのことです。生徒からの情報によると、その先生が授業中に「うん、かなり薄い。大丈夫だな。」と素手で触ったこともあるそうです。ただし、かなり古いらしく、ビンのふたの腐食が始まっていました。新しい質問というのは「塩酸が腐る」というのは、塩酸がどういう状況になることなのでしょう？もしもご存知であれば、そちらの回答もいただければ嬉しいです。

回答 濃塩酸(37%)を純水で100倍に希釈したときpHが約1になります。古い塩酸を使用したときに、濃度がどの程度だったかは疑問です。「塩酸が腐る」というよりは、希釈することによって水が腐ると想像しました。非常に薄い塩酸中ならバクテリア等が生存できるのではないかと思ったからです。例えば、かなり酸っぱいレモン等にカビが生えたり、腐ったりすることから連想しました。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：青柳 泰生 日時：2007年11月01日 12時49分34秒

下記の回答(青文字部分)の件で質問があります。

次式に $(p_2-p_1)$ の項目がありますが、状態方程式 $(PV=nRT)$ で使用できるPは絶対圧力であり、差圧としての意味はないと思うのです(従って、状態方程式から式変更をした場合に差圧力を使用できないと思います)が、次式で使用的是のは何故か教えていただきたいです。

化学の知識はほとんどありませんが、下記の内容を仕事上参考にしたいと思しますので是非教えていただきたいです。よろしくお願いします。

$$W = p \cdot M / (R T) = X (p_2 - p_1) M / (R T) \cdot 1000 \text{mg/g} \\ = 103800 (\text{mg} \cdot \text{K}) / (\text{L} \cdot \text{kgf/cm}^2) \cdot (p_2 - p_1) / (273.15 \text{K} + t \text{ } ^\circ\text{C})$$

---

名前：芦田 実 日時：2004年07月27日 16時30分00秒

長谷川清和 様

質問127(追加) 説明不足の質問文章で申し訳ございません。補足させていただきます。

1. ご指摘の通り、使用しております酸化エチレンガスは二酸化炭素との混合ガスです。割合は、エチレンオキサイドが20%、二酸化炭素が80%です。ということは、モル分率Xは0.20と考えれば良いのでしょうか？
2. 酸化エチレンガスの導入方法は、真空ポンプで $-0.94 \text{kgf/cm}^2$ ( $\text{kg}^{-2}$ 圧)まで減圧した後、 $0.82 \text{kgf/cm}^2$ ( $\text{kg}^{-2}$ 圧)まで、加圧導入します。
3. 求めるのは、質量濃度W(mg/L)です。

回答 モル分率は $X = 0.20$ です。圧力の上昇分 $\Delta p$ のうち $1/5 = 20\%$ が酸化エチレンガスに起因することになります。圧力または気体定数Rの単位を換算する

必要があります。1.0atm=101325Pa (Pa=N/m<sup>2</sup>) より

$$1.0\text{kgf/cm}^2 = 9.80665\text{N/cm}^2 = 9.80665 \times 10^4 \text{N/m}^2 = 0.967841\text{atm}$$

$$\begin{aligned} R &= 1.0\text{atm} \cdot 22.414\text{L} / (1.0\text{mol} \cdot 273.15\text{K}) \\ &= 1.03323\text{kgf/cm}^2 \cdot 22.414\text{L} / (1.0\text{mol} \cdot 273.15\text{K}) \\ &= 0.08478 (\text{kgf/cm}^2 \cdot \text{L}) / (\text{mol} \cdot \text{K}) \end{aligned}$$

質量濃度W (mg/L)を求めるには、モル分率をX=0.20, 減圧値をp<sub>1</sub>=-0.94 kgf/cm<sup>2</sup>, 加圧値をp<sub>2</sub>=0.82kgf/cm<sup>2</sup>, 分子量を44.0g/mol, 器内温度をt (°C) とすると,

$$\begin{aligned} W &= p \cdot M / (R T) = X (p_2 - p_1) M / (R T) \cdot 1000\text{mg/g} \\ &= 103800 (\text{mg} \cdot \text{K}) / (\text{L} \cdot \text{kgf/cm}^2) \cdot (p_2 - p_1) / (273.15\text{K} + t \text{ } ^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

例えば、器内温度がt=30.0°Cのときには,

$$W = 103800 \cdot (0.82 - (-0.94)) / (273.15 + 30.0) = 603\text{mg/L}$$

となります。もし、ガスクロマトグラフィーの測定値と違っているようでしたら、計算が間違っている可能性がありますので、ご連絡下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2007年11月01日 18時45分00秒

青柳 泰生 様

質問497 下記の回答（青文字部分）の件で質問があります。

次式に(p<sub>2</sub>-p<sub>1</sub>)の項目がありますが、状態方程式 (PV=nRT) で使用できるpは絶対圧力であり、差圧としての意味はないと思うのです（従って、状態方程式から式変更をした場合に差圧力を使用できないと思います）が、次式で使用しているのは何故か教えていただきたいです。

化学の知識はほとんどありませんが、下記の内容を仕事上参考にしたいと思えますので是非教えていただきたいです。よろしくお願ひします。

$$\begin{aligned} W &= p \cdot M / (R T) = X (p_2 - p_1) M / (R T) \cdot 1000\text{mg/g} \\ &= 103800 (\text{mg} \cdot \text{K}) / (\text{L} \cdot \text{kgf/cm}^2) \cdot (p_2 - p_1) / (273.15\text{K} + t \text{ } ^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

名前：芦田 実 日時：2004年07月27日 16時30分00秒

長谷川清和 様

質問127(追加) 説明不足の質問文章で申し訳ございません。補足させていただきます。

1. ご指摘の通り、使用しております酸化エチレンガスは二酸化炭素との混合ガスです。割合は、エチレンオキサイトが20%、二酸化炭素が80%です。ということは、モル分率Xは0.20と考えれば良いのでしょうか？
2. 酸化エチレンガスの導入方法は、真空ポンプで-0.94kgf/cm<sup>2</sup>(ゲージ圧)まで減圧した後、0.82kgf/cm<sup>2</sup>(ゲージ圧)まで、加圧導入します。
3. 求めるのは、質量濃度W (mg/L)です。

回答 モル分率はX=0.20です。圧力の上昇分Δpのうち1/5=20%が酸化エチレンガスに起因することになります。圧力または気体定数Rの単位を換算する必要があります。1.0atm=101325Pa (Pa=N/m<sup>2</sup>) より



$$1.0\text{kgf/cm}^2 = 9.80665\text{N/cm}^2 = 9.80665 \times 10^4 \text{N/m}^2 = 0.967841\text{atm}$$

$$\begin{aligned} R &= 1.0\text{atm} \cdot 22.414\text{L} / (1.0\text{mol} \cdot 273.15\text{K}) \\ &= 1.03323\text{kgf/cm}^2 \cdot 22.414\text{L} / (1.0\text{mol} \cdot 273.15\text{K}) \\ &= 0.08478 (\text{kgf/cm}^2 \cdot \text{L}) / (\text{mol} \cdot \text{K}) \end{aligned}$$

質量濃度  $W$  (mg/L) を求めるには、モル分率を  $X = 0.20$ 、減圧値を  $p_1 = -0.94$  kgf/cm<sup>2</sup>、加圧値を  $p_2 = 0.82$  kgf/cm<sup>2</sup>、分子量を  $44.0$  g/mol、器内温度を  $t$  (°C) とすると、

$$\begin{aligned} W &= p \cdot M / (R T) = X (p_2 - p_1) M / (R T) \cdot 1000\text{mg/g} \\ &= 103800 (\text{mg} \cdot \text{K}) / (\text{L} \cdot \text{kgf/cm}^2) \cdot (p_2 - p_1) / (273.15\text{K} + t \text{ } ^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

例えば、器内温度が  $t = 30.0$  °C のときには、

$$W = 103800 \cdot (0.82 - (-0.94)) / (273.15 + 30.0) = 603\text{mg/L}$$

となります。もし、ガスクロマトグラフィーの測定値と違っているようでしたら、計算が間違っている可能性がありますので、ご連絡下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

**回答** 質問127の回答(2004年07月23日)で書きましたように、理想気体の状態方程式やボイル・シャルルの法則は混合気体中の各成分についても成立します。理想気体では分子間の相互作用がありませんので、各分子はそれぞれ独立に運動しています。2種類の理想気体を混合しても、それらの間で化学反応等が起こらない限り、各分子はそれぞれ独立に運動しています。それゆえ、分圧と全圧の関係が成り立つわけです。したがって、混合気体中の成分Aの分圧と物質量(mol)を  $P_A$  と  $N_A$ 、成分Bの分圧と物質量(mol)を  $P_B$  と  $N_B$ 、混合気体の全圧を  $P$ 、体積を  $V$ 、物質量(mol)を  $N$ 、気体定数と絶対温度を  $R$  と  $T$  とすると、次のような式が成立します。

$$P_A V = N_A R T, \quad P_B V = N_B R T, \quad P = P_A + P_B, \quad N = N_A + N_B, \quad P V = N R T$$

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

**名前：青柳 泰生**      **日時：2007年11月05日 11時04分00秒**

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実 様

株式会社湯山製作所開発部の青柳と申します。回答していただきありがとうございました。もう一度、見直しと検討を行い計算してみます。

備考：小生の主業務(機械設計)はCADを使って図面を作成していますので通常は化学の計算はほとんど使用しませんが、現プロジェクトの中では化学の計算が必要になることがしばしばありますのでがんばって勉強しようと思います。また、不明点があれば連絡したいと思いますので、どうぞよろしく願いいたします。

---

**名前：小久保歩美**      **日時：2007年11月04日 01時51分36秒**

ベルトラン法で試料を弱酸性にしてから実験を始めるのはなぜですか？

名前：芦田 実 日時：2007年11月05日 23時05分00秒

小久保歩美 様

質問498 ベルトラン法で試料を弱酸性にしてから実験を始めるのはなぜですか？

回答 説明不足で、何が聞きたいのか全く理解できません。質問256の回答で述べた様に、ベルトラン法の最初のステップはフェーリング液の還元ですから、アルカリ性のはずです。したがって、試料を弱酸性にしてから実験を始める意味が全くありません。

もしも、試料を弱酸性にして2～3時間加熱するならば、非還元糖の二糖類～多糖類（例えばショ糖）を加水分解して、生じた還元糖（二糖類～多糖類中の構造）をベルトラン法で分析するためです。この場合、前処理の加水分解はベルトラン法とは別の意味の実験です。詳細については、質問256の回答および下記のホームページをご覧ください。

[http://gakuen.gifu-net.ed.jp/~contents/kou\\_nougyou/jikken/SubShokuhin/09/](http://gakuen.gifu-net.ed.jp/~contents/kou_nougyou/jikken/SubShokuhin/09/)

<http://www.shinko-keirin.co.jp/kori/science/kagaku/kawai.html>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：チョウ ホウ 日時：2007年11月05日 17時04分52秒

硫酸を水酸化カルシウムで中和するとき、初めにpHが低くなりますが、なぜですか？教えてください。

名前：芦田 実 日時：2007年11月10日 23時25分00秒

チョウ ホウ 様

質問499 硫酸を水酸化カルシウムで中和するとき、初めにpHが低くなりますが、なぜですか？教えてください。

回答 普通では考え難い不思議な現象なので、希硫酸に水酸化カルシウムの粉末を添加して、pHの変化を実際に測定してみました。実験方法や実験条件によっては、始めにpHが少し低下する現象が確かに観測されました。

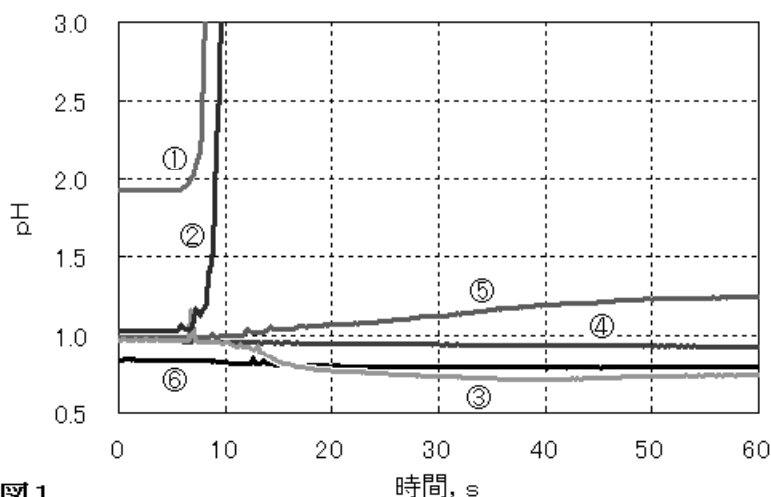


図1

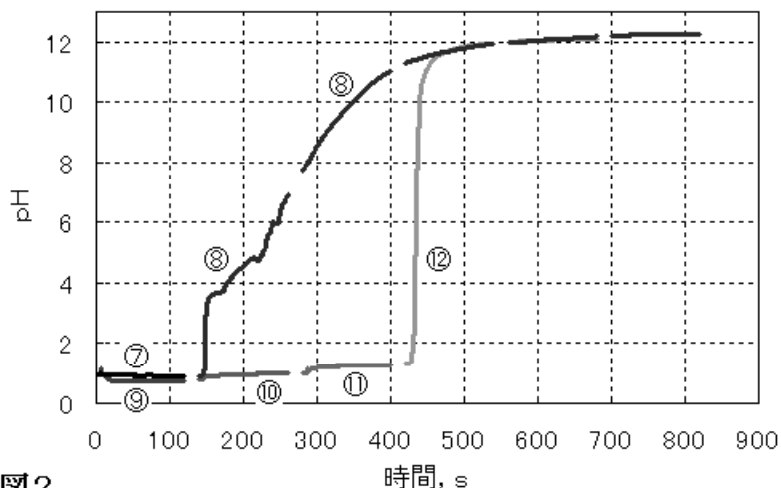
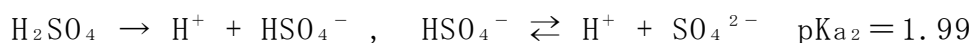


図2

pH=1.9の硫酸50mLに0.5gの水酸化カルシウム（硫酸が完全電離と仮定してpHから硫酸の量を求めたとき、水酸化カルシウムの量が中和量の21倍、以下同様）を一度に加えた場合（図1の橙線①）には、pHが12以上に急上昇し、硫酸が完全に中和されています。ところが、pHが1前後の硫酸の場合には水酸化カルシウムの添加量によってpHが複雑に変化しました。pH=1.0の硫酸50mLに2.5gの水酸化カルシウム（中和量の13倍）を一度に加えた場合（図1の暗緑線②）には、pHが12以上に急上昇しました。しかし、pH=1の硫酸50mLに2.0gの水酸化カルシウム（中和量の11倍）を一度に加えた場合（図1の明緑線③）には、pH低下が起こり、pH=0.77になりました。これでは硫酸の中和が不完全です。pH=1の硫酸50mLに約0.5gの水酸化カルシウム（中和量の2.7倍）を一度に加えた場合（図1の赤線④、桃線⑤）には、pH低下が起こったり、起こらなかったりして、pHは0.9~1.3になりました。さらに、pH=0.84の硫酸50mLに1.0gの水酸化カルシウム（中和量の3.7倍）を一度に加えた場合（図1の青線⑥）には、pH=0.78になりました。

図2では水酸化カルシウムを段階的に添加しています。pH=1の硫酸50mLに0.5gの水酸化カルシウム（中和量の2.7倍）を一度に加えるとpH=0.9に低下しました（図1の赤線④、図2の青線⑦）。この試料に、2.0gの水酸化カルシウム（中和量の11倍）を一度に追加すると、pH=3.6まで急上昇し、その後もしだいに上昇して、最終的にpHが12以上になりました（図2の暗緑線⑧）。別の実験としてpH=1の硫酸50mLに2.0gの水酸化カルシウム（中和量の11倍）を一度に加えるとpH=0.8に低下しました（図2の赤線⑨）。この試料に、30mLの水を追加すると、pH=1と少し上昇しました（図2の桃線⑩）。この試料に、0.5gの水酸化カルシウム（中和量の2.7倍）を一度に追加すると、pH=1.3とさらに少し上昇しました（図2の橙線⑪）。この試料にさらに、0.5gの水酸化カルシウム（中和量の2.7倍）を一度に追加すると、pH=12に急上昇しました（図2の明緑線⑫）。以上の結果より、硫酸を水酸化カルシウムで効率よく中和するためには、水酸化カルシウムの添加方法を工夫する必要があります。例えば、硫酸をできるだけ水で希釈してから加えたり、水酸化カルシウムを水にけん濁（一部溶解）させてから加えたり、上澄み（石灰水）だけを加えることも考えられます。

硫酸は2段階に電離します。1段階目は完全電離と近似できますが、2段階目は電離平衡になります。



反応物の水酸化カルシウムと生成物の硫酸カルシウムは両方とも水に溶解難く、溶解度はそれぞれ0.16mass%と0.21mass%です。中和反応が定量的に進行しないのは、この難溶性が影響しているためと考えられます。生成物等の沈殿を分析して確認した訳ではありませんので、以下は単なる想像で回答します。硫酸に水

酸化カルシウムの粉末を添加すると、水酸化カルシウムの粒子が表面から溶解し、カルシウムイオンと水酸化物イオンが生じる現象が起こります。この溶解の初速度は、粒子の表面積（すなわち粒子濃度や粒径）に比例します。しかし、水中には硫酸イオンが多量に存在しますので、これが水酸化カルシウムの粒子表面に吸着（付着）して硫酸カルシウムの緻密な膜を形成し、それ以降の水酸化カルシウムの溶解を妨害する現象も起こると想像できます。この吸着の初速度は、硫酸イオンの初濃度と粒子の表面積の積に比例します。これら2つの現象が競争して起こり、硫酸イオンの吸着現象の方が優勢なときにpHの低下が起こると考えられます。すなわち、水中の硫酸イオン濃度が減少すると、上の2段階目の電離平衡が右に移動し、pHが低下（水素イオン濃度が増加）すると考えられます。したがって、硫酸の濃度と水酸化カルシウムの添加量が多い方が、pHの低下現象が起こりやすいと考えられます。ただし、水酸化カルシウムの添加量が極端に大きい場合には、粒子表面に吸着（付着）する硫酸イオンが不足して緻密な膜が形成されず、pHが低下し難くなることも予想できます。

これらの現象は複雑であり、水素イオンと水酸化物イオンの中和（水素イオン濃度の減少）も同時に起こっています。不均一系の過渡的な現象ですので、pHが低下するか上昇するかの定量的な予測はできません。pHが低下する定性的な理由としては、以上のことしか思いつきませんので、後はご自分で考えて下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：チョウ ホウ 日時：2007年11月12日 11時28分00秒

芦田先生

ありがとうございました。

---

名前：大槻 隆 日時：2007年11月09日 11時42分03秒

1 Lの水に5ppm/N<sub>2</sub>のSO<sub>2</sub>を500ml/minでバブリングした時、1 Lの水の硫酸濃度が時間と共にどのように変化するかを推定したいのですが、その計算方法を教えてください。水温は20℃程度、バブリングの効率や、亜硫酸が硫酸に変わる効率などは、100%とおくしかないのでしょうか？

---

名前：芦田 実 日時：2007年11月11日 15時45分00秒

大槻 隆 様

**質問500** 1 Lの水に5ppm/N<sub>2</sub>のSO<sub>2</sub>を500mL/minでバブリングした時、1 Lの水の硫酸濃度が時間と共にどのように変化するかを推定したいのですが、その計算方法を教えてください。水温は20℃程度、バブリングの効率や、亜硫酸が硫酸に変わる効率などは、100%とおくしかないのでしょうか？

**回答** 純水中では亜硫酸と反応する物質がないと思います。また、亜硫酸が硫酸とイオウに不均化する時の標準電極電位の差は約0.28Vとかなり小さいので、この反応は非常に遅いと思います。したがって、亜硫酸が硫酸に変わる効率は0%に近く、硫酸濃度の時間的変化を求めても、あまり意味がないと思います。また、水中で二酸化イオウSO<sub>2</sub>は水和したSO<sub>2</sub>分子として存在し、亜硫酸分子H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>は存在しないそうです。ただし、亜硫酸イオンSO<sub>3</sub><sup>2-</sup>や亜硫酸水素イオンHSO<sub>3</sub><sup>-</sup>は存在するそうです。二酸化イオウは水に良く溶けますので、バブリングの効率は100%と近似して差し支えないと思います。SO<sub>2</sub>濃度の単位が体積（mol）基準のppmである

とすると、亜硫酸の増加速度  $V$  は

$$\begin{aligned} V &= 5 \times 10^{-6} \times 0.5 \text{L/min} \div 22.4 \text{L/mol} \times 273 \text{K} \div 293 \text{K} \\ &= 1.04 \times 10^{-7} \text{mol/min} = 6.24 \times 10^{-6} \text{mol/hr} = 1.50 \times 10^{-4} \text{mol/day} \end{aligned}$$

1 時間程度バブリングしても亜硫酸濃度が極端に小さいですから、水中の不純物濃度と比較する必要があります。したがって、亜硫酸のまま存在するのか、不純物を酸化して硫化水素に変わるのか、または不純物を還元して硫酸に変わるのか、全く想像もできません。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：たかぎりまゆ 日時：2007年11月11日 21時10分01秒

標準状態で10Lの空気を0.02mol/Lの水酸化バリウム水溶液25mLとよく振り、生じた沈殿をろ過した。残ったろ液を0.05mol/Lの塩酸で滴定したところ、中和するのに13.6mLを要した。この空気中に含まれる二酸化炭素の体積百分率を答えなさい。という問題です。分からなくて困っています。教えてください。

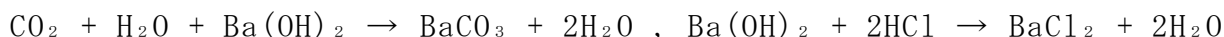
---

名前：芦田 実 日時：2007年11月11日 23時15分00秒

たかぎりまゆ 様

**質問501** 標準状態で10Lの空気を0.02mol/Lの水酸化バリウム水溶液25mLとよく振り、生じた沈殿をろ過した。残ったろ液を0.05mol/Lの塩酸で滴定したところ、中和するのに13.6mLを要した。この空気中に含まれる二酸化炭素の体積百分率(vol%)を答えなさいという問題です。分からなくて困っています。教えてください。

**回答** 二酸化炭素と水酸化バリウムが1:1で反応して炭酸バリウムと水を生じます。残った水酸化バリウムと塩酸が1:2で反応して塩化バリウムと水を生じます。



したがって、最初の水酸化バリウムの物質量(mol) = 二酸化炭素の物質量(mol) + 塩酸の物質量(mol) ÷ 2 という関係があります。

$$\begin{aligned} \text{二酸化炭素の物質量} &= 0.02 \text{mol/L} \times 0.025 \text{L} - 0.05 \text{mol/L} \times 0.0136 \text{L} \div 2 \\ &= 0.00016 \text{mol} \end{aligned}$$

$$\text{標準状態における二酸化炭素の体積} = 0.00016 \text{mol} \times 22.4 \text{L/mol} = 0.00358 \text{L}$$

$$\therefore \text{二酸化炭素の体積百分率} = 0.00358 \text{L} \div 10 \text{L} \times 100 \text{vol}\% = 0.0358 \text{vol}\%$$

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：青柳 日時：2007年11月07日 11時54分43秒

なまえとeメールを入れ忘れちゃったので再書き込みします。すみません。

実務的ですがガスボンベからの流速、流量を求める化学式があれば教えてください。【内容】ガスボンベから配管を通し大気に吐き出す事象、【条件】使用ガス：(液化)二酸化炭素 ボンベ圧力：5MPa一定とする、ボンベから大気開放への配管径：内径10mm変化なし、摩擦なしとする、吐出口：大気圧、【欲しい回答】配管内を通るガスの流速  $v$  [m/s]、配管内を通るガスの流量  $V$  [kg/h]。以上、よ

ろしくお願いします。

---

名前： 芦田 実 日時： 2007年11月13日 00時00分00秒

青柳 様

質問502 実務的ですがガスボンベからの流速、流量を求める化学式があれば教えていただきたいです。【内容】ガスボンベから配管を通し大気に吐き出す事象、【条件】使用ガス：(液化)二酸化炭素 ボンベ圧力  $P_1 = 5\text{MPa}$ 一定とする、ボンベから大気開放への配管径：内径  $2A = 10\text{mm}$ 変化なし、摩擦なしとする、吐出口：大気圧  $P_2$ 、【欲しい回答】配管内を通るガスの流速  $v$  [m/s]、配管内を通るガスの流量  $Q$  [kg/h]。以上、よろしくお願いします。

回答 この現象は単なる物理現象であり、化学ではありませんので、化学式も存在しません。この質問は守備範囲を超えていますので、詳しいことは物理学や流体力学等の専門家に質問して下さい。

配管内が摩擦なしと仮定されていますが、気体には粘性率(粘性係数)  $\eta$  があります。20℃における二酸化炭素は  $\eta = 1.47 \times 10^{-5} \text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$  です。さらに、配管に継ぎ手や弁があったり、配管が途中で曲がっていたりすると思います。ゆえに、実際にはあり得ない仮定だと思います。配管の入り口と出口の圧力勾配によって流体が流れますので、圧力差だけでなく配管の長さ  $L$  が関係します。この値が質問の条件に不足しています。

半径  $A$  で長さ  $L$  の水平な直線状の細い円管に定常流が流れている場合にはポアズイユの法則が成立します。流速  $v$  には分布があり、管の中心が最大で、管壁では停止します ( $v = 0$ )。したがって、質問の流速が何を意味しているのかがあいまいです。中心から管壁方向の距離(変数)を  $R$  とすると、流速  $v$  の変化は

$$v = (P_1 - P_2) (A^2 - R^2) / (4 \eta L)$$

また、このときの流量  $Q$  は

$$Q = \pi A^4 (P_1 - P_2) / (8 \eta L)$$

配管が少し曲がっていたり、水平でない場合には、これらの式は使用できません。使用できるかどうかは、ご自分で判断して下さい。さらに、一般式ですので単位系に注意して下さい。単位をそろえないと計算できません。また、質問で与えられた単位にはなっていません。

その他、流量計を設置してガスの流量を実測した方が確実だと思います。または、ガスを取り扱っている企業や流量計を作っている企業に相談したら、別の式(経験式を含む)を教えてくれるかもしれません。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前： 青柳 日時： 2007年11月13日 09時26分00秒

芦田 様

下記の件、迅速で丁寧な回答ありがとうございました。大変参考になりました。物理的な意味で熱力学内でのベルヌイの方程式を用いた管内のエネルギー式をもとに本件が解決できるか考えてみます。

---

名前： JJ 日時： 2007年11月14日 16時07分42秒

ホウ酸はなぜ弱酸性を示すのですか？

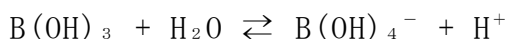
---

名前：芦田 実 日時：2007年11月17日 16時10分00秒

JJ 様

質問503 ホウ酸はなぜ弱酸性を示すのですか？

回答 説明不足で質問の意味が良く理解できません。中性や塩基性の物質には「○○酸」と言う様な名前は付けません。酸性を示すからこそ「ホウ酸」と言う名前を付けているはずです。また、弱酸性～強酸性の違いは、分子と電離したイオンの水中における安定性の相対的な差（電離平衡の偏り・位置）によって決まります。分子の方が自由エネルギー的に安定なら、電離し難いので弱酸性になります。イオンの方が自由エネルギー的に安定なら、電離し易いので強酸性になります。したがって、弱酸性はホウ酸の固有の性質であり、ホウ酸だから弱酸性なのです。なお、ホウ酸の化学式は $H_3BO_3$ または $B(OH)_3$ であり、ホウ素Bがルイス酸として働いて、水 $H_2O$ から水酸化物イオン $OH^-$ を奪うことにより弱酸性を示します。



埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：翔子 日時：2007年11月24日 05時34分17秒

$H_2 + S = H_2S$  を加熱・加圧状態で作り出すことはできますか？どうしても解からないので、説明をお願いします！

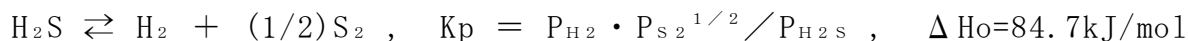
---

名前：芦田 実 日時：2007年11月26日 20時45分00秒

翔子 様

質問504  $H_2 + S = H_2S$  を加熱・加圧状態で作り出すことはできますか？どうしても解からないので、説明をお願いします！

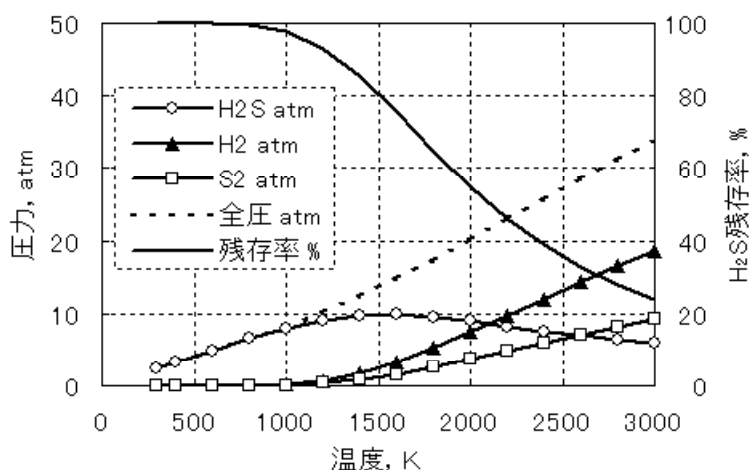
回答 かなり古い本ですが、硫化水素 $H_2S$ の分解については「化学便覧 基礎編Ⅱ 改訂2版」丸善の熱的性質と化学平衡（気相反応の平衡定数）に載っていますので、詳細についてはそちらをご覧ください。この反応の化学式と圧平衡定数 $K_p$ 等は



$H_2S$ の初期の物質量を1 mol,  $H_2$ と $S_2$ （気体）の初期の物質量を0 mol（存在しない）、反応容器（金属）の体積を $V=10L$ （一定）として、圧平衡定数の値から各気体の分圧 $P$ 等を求めてみました。下表では800K未満を省略しています。イオウの沸点が約718Kですから、これより低い温度では液体のイオウに対して気体の $S_2$ の割合が減少し、実用的な意味があまりないと思います。各気体の物質量 $N$ (mol)を分圧 $P$  (atm)に換算するには、理想気体の状態方程式を使用します（ $P = NRT/V$ ）。計算に使用した条件では、温度 $T=1000K$ （727℃）以上において、温度が高くなるほど $H_2S$ が分解することが分かります。質問の意味がはっきりしませんが、もしも $H_2S$ を製造するのが目的なら、この温度よりも低い方が望ましいと思います。ただし、 $H_2$ と $S_2$ から出発した場合には、温度が低くなるほど反応速度が小さくなるので、化学平衡に到達する時間が長くなります（触媒が必要？）。もしも、化学平衡にすることが目的なら、 $T=1500K$ （1227℃）よりも高温にする方が望ましいと思

います。なお、使用した圧平衡定数の値が古いので、ご自分で最新の値を再確認して下さい。また、容器体積（全圧）によって各気体の分圧と化学平衡の位置（ $\text{H}_2\text{S}$ 残存率）が大きく変わると思います。さらに、硫化水素は猛毒であり、特に高温・高圧では金属容器を激しく腐食すると思います（ガス漏れ注意，損失により化学量論が不成立）。また，高温ですので各気体が空気に触れると爆発的に燃焼するかもしれません。もしも実験するならば，設備が十分に整った実験室でないと不可能だと思います。以上，いろいろと注意して下さい。結論として，質問の化学式の状態（特にS）は作り出すことが出来ません。しかし，反応容器の材質（耐食性）や実験条件にもよりますが，似た様な状態（特に $\text{S}_2$ ）なら作り出すことが出来ると思います。

温度, K	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
圧平衡定数	5.13E-04	0.00730	0.0435	0.157	0.413	0.877	1.59	2.60	3.88	5.49	7.41	9.62
$\text{H}_2\text{S}$ , atm	6.53	8.01	9.16	9.80	9.90	9.56	8.98	8.29	7.63	6.99	6.42	5.93
$\text{H}_2$ , atm	0.0282	0.190	0.682	1.68	3.22	5.20	7.42	9.75	12.1	14.3	16.5	18.7
$\text{S}_2$ , atm	0.0141	0.0949	0.341	0.839	1.611	2.600	3.708	4.877	6.027	7.166	8.270	9.335
全圧, atm	6.57	8.29	10.2	12.3	14.7	17.4	20.1	22.9	25.7	28.5	31.2	33.9
$\text{H}_2\text{S}$ 残存率, %	99.6	97.7	93.1	85.4	75.4	64.8	54.8	45.9	38.8	32.8	28.0	24.1



硫化水素の分解反応

埼玉大学教育学部理科教育講座  
 芦田 実

名前：翔子 日時：2007年11月29日 05時22分09秒

お忙しい中わざわざお返事をありがとうございます！硫化水素が自然発生はしにくいものの，加圧加熱を加えることで多少なりともできるということが何とかわかりました。大変見やすいグラフ付きで助かりました。ありがとうございます！



### Ⅲ. ホームページの開発

本研究室ホームページの化学実験のシミュレーションおよび溶液の作り方（濃度計算と調製方法）のメニュー（一部）を下図に示す。

シミュレーション形式(計算・アニメーション)

Flash(定性分析)	Java Applet(定量分析)
沈殿の生成(試薬滴下)	酸・塩基滴定(1価) ダウンロード
沈殿の生成(硫化水素)	酸・塩基滴定(2価, 1価) ダウンロード
沈殿の色見本	酸・塩基滴定(混合滴定)
操作方法(ろ過, 洗浄)	酸化・還元滴定(KMnO <sub>4</sub> )
操作方法(溶解)	酸化・還元滴定(ヨウ素滴定)
操作方法(安全)	キレート滴定(水の硬度)

溶液の作り方(濃度計算と調製方法)

一括ダウンロード 最新Ver. 2007.09.06

うまく計算できないときはブラウザを新しいものに変えて下さい [Download of English Version Ver. 15.03.2006](#)

Java Applet	Java Applet
食塩水(塩化ナトリウム水溶液)	
固体無水物の溶解度 ショ糖, NaCl, KCl, KBr, NaHCO <sub>3</sub> , KHCO <sub>3</sub> , ホウ酸H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> , NaNO <sub>3</sub> , KNO <sub>3</sub>	二酸化炭素と石灰水
酢酸水溶液	アンモニア水
塩酸	炭酸水素ナトリウム水溶液
硝酸	炭酸ナトリウム水溶液
硫酸	水酸化ナトリウム水溶液
シュウ酸水溶液	シュウ酸ナトリウム水溶液

図 化学実験のシミュレーションおよび溶液の作り方のメニュー（一部）

#### 1. 溶液の濃度計算と調製方法の自動サービス

本年度は「シュウ酸水溶液」, 「シュウ酸ナトリウム水溶液」の2つを試作した。これらは定量分析（酸-塩基滴定や酸化-還元滴定）の一次標準試薬として使用される重要な水溶液である。調製方法, 化学的性質, 計算方法も説明している。なお, 使い易い様に今後改良する予定なので詳細については省略する。

### 秤量びん



- 電子天秤や化学天秤で薬品を量りとるときに使用します。
- ガラス製やプラスチック製の容器で, 容量は20mL~400mL程度です。

図 水溶液の調製に使用する器具（秤量びん）

この下に図が見えなかったら Java Applet を有効にして下さい (H19.10.07改訂) [前に戻る](#)

### シュウ酸水溶液の作り方 (調製方法)

芦田 (埼玉大・教育)

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください

Ver. 2007.10.07

<input type="text" value="1.576"/>	<input type="text" value="248.911"/>	<input type="text" value="250.0"/>	<input type="text" value="0.4497"/>	<input type="text" value="0.05"/>	計算値消去
シュウ酸(g)	溶解水体积(ml)	溶液体積(ml)	百分率濃度(%)	モル濃度(mol/l)	全部消去
溶液の質量=250.263 g		溶液の密度=1.001 g/ml			

濃度を換算するときは「百分率濃度(%)」または「モル濃度(mol/l)」のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。溶解度を越えた計算値は信用できません。市販の高純度のシュウ酸は二水和物であり、シュウ酸1分子当たり結晶水2個を含んでいます。

表 25°Cにおけるシュウ酸水溶液の濃度と密度などの関係 (H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>Oの式量(分子量)=126.07)

百分率濃度(%)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	10.4
モル濃度(mol/l)	0.111	0.224	0.338	0.452	0.568	0.685	0.803	0.922	1.042	1.164	1.213
溶液密度(g/ml)	1.004	1.008	1.013	1.018	1.023	1.028	1.033	1.037	1.042	1.048	1.05
溶液体積/溶解水体积	1.01	1.019	1.029	1.04	1.05	1.061	1.073	1.085	1.097	1.109	1.114

#### 計算方法

調製前のシュウ酸二水和物の質量をMa(g)、これを溶解する水の体積と密度をVb(ml)とDb(g/ml)とします。調製後の水溶液の質量をM(g)、体積をV(ml)、密度をD(g/ml)、質量百分率濃度をW(%)、モル濃度をC(mol/l)とします。さらに、溶液体積/溶解水体积をR、シュウ酸二水和物の式量をF(g/mol)、シュウ酸二水和物中の無水物の百分率をQo(%)とすると、次式のような関係があります。

$$W = 100QoMa / M, \quad M = Ma + VbDb = VD, \quad C = 1000Ma / FV, \quad R = V / Vb,$$

$$Qo = 90.03 \text{ g/mol} \div 126.07 \text{ g/mol} \times 100\% = 71.41\%, \quad 1L = 1000 \text{ mL}$$

これらの式と既知の値を用いて未知の値を求めることができます。濃度から密度を求めたり、溶液体積/溶解水体积から濃度を求めるときは上の表を使います。

#### 調製方法(濃度を正確に作る場合)

必要な器具は、前もって洗浄し乾燥しておきます。

- 1 電子天秤を用いて秤量ビン(またはビーカー)にシュウ酸二水和物をはかりとります。
- 2 蒸留水を1の秤量ビン(またはビーカー)に加えて溶かし、溶けた部分をこぼさないように注意してメスフラスコに移します。これを繰り返します。固体が見えなくなっても、3~4回繰り返し、完全にメスフラスコに移します。
- 3 ときどきかき混ぜながら、メスフラスコに蒸留水を加え、メニスカスを標線に合わせてみます。
- 4 必要ならば、試薬ビンに移して保管します。試薬名、濃度、作成日、作成者などを書いたラベルを付けましょう。

#### 注意事項

シュウ酸水溶液が口に入ったら直ぐに吐き出して、うがいをしましょう。また、シュウ酸水溶液が目に入ったり、皮膚についたら直ぐに水で洗い流しましょう。

天秤は慎重に取り扱い、薬品をこぼしたら直ぐに掃除しましょう。はかれる範囲は天秤によって異なります。最大秤量を超過しないように注意しましょう。

メスフラスコは、はかれる容積が固定されています(例えば、100mL, 200mL, 250mL, 500mL, 1000mL, ...)。メニスカスを標線に合わせてときは、オーバーしないように注意しましょう。

### 図 シュウ酸水溶液の作り方 (濃度計算と調製方法)

## 電子てんびん



質量(重さ)測定器具の一つです。

- 物質の質量(重さ)を電氣的に読みとり、デジタルで表示します。

#### 注意点

- 皿に直接、試薬を載せません。
- 固体の試薬を取るときには、乾いた清潔な薬さじを使います。

### 図 水溶液の調製に使用する器具 (電子天秤)

この下に図が見えなかったら Java Applet を有効にして下さい (H19.10.07改訂) [前に戻る](#)

### シュウ酸ナトリウム水溶液の作り方 (調製方法)

芦田 (埼玉大・教育)

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください

Ver. 2007.10.07

1.675	248.977	250.0	0.6683	0.05	計算値/消去
シュウ酸Na質量(g)	水の量(g, ml)	溶液体積(ml)	百分率濃度(%)	モル濃度(mol/l)	全部消去
溶液の質量=250.652 g		溶液の密度=1.003 g/ml			

濃度を換算するときには [百分率濃度(%)] または [モル濃度(mol/l)] のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。溶解度を越えた計算値は信用できません。

表 25℃におけるシュウ酸ナトリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>の式量 (分子量) =134.0)

百分率濃度(%)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.48
モル濃度(mol/l)	0.037	0.075	0.113	0.151	0.19	0.229	0.266
溶液密度(g/ml)	1.001	1.005	1.01	1.014	1.018	1.022	1.026
溶液体積/水量	1.001	1.002	1.003	1.004	1.005	1.006	1.007

#### 計算方法

調製前のシュウ酸ナトリウムの質量をMa(g)、これを溶解する水の量をMb(gまたはmL)とします。調製後の水溶液の質量をM(g)、体積をV(mL)、密度をD(g/mL)、質量百分率濃度をW(%), モル濃度をC(mol/L)とします。さらに、溶液体積/水量をR, シュウ酸ナトリウムの式量をF(g/mol)とすると、次式のような関係があります。

$$W=100Ma/M, \quad M=Ma+Mb=VD, \quad C=1000Ma/FV, \quad R=V/Mb, \quad 1L=1000mL$$

これらの式と既知の値を用いて未知の値を求めることができます。濃度から密度を求めたり、溶液体積/水量から濃度を求めるときは上の表を使います。

#### 調製方法(濃度を正確に作る場合)

必要な器具は、前もって洗浄し乾燥しておきます。

- 1 電子天秤を用いて秤量ビン(またはビーカー)にシュウ酸ナトリウムをはかりとります。
- 2 蒸留水を1の秤量ビン(またはビーカー)に加えて溶かし、溶けた部分をこぼさないように注意してメスフラスコに移します。これを繰り返します。固体が見えなくなっても、3~4回繰り返し、完全にメスフラスコに移します。
- 3 ときどきかき混ぜながら、メスフラスコに蒸留水を加え、メニスカスを標線に合わせます。
- 4 必要ならば、試薬ビンに移して保管します。試薬名、濃度、作成日、作成者などを書いたラベルを付けましょう。

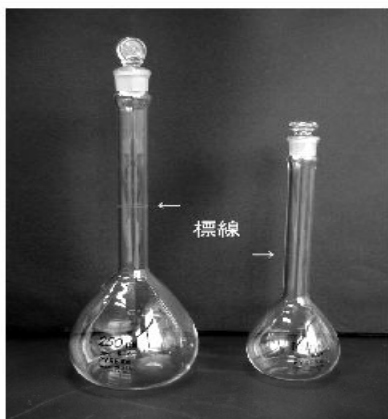
#### 注意事項

シュウ酸ナトリウム水溶液が口に入ったら直ぐに吐き出して、うがいをしましょう。また、シュウ酸ナトリウム水溶液が目に入ったり、皮膚についたら直ぐに水で洗い流しましょう。

天秤は慎重に取り扱い、薬品をこぼしたら直ぐに掃除しましょう。はかれる範囲は天秤によって異なります。最大秤量を超過しないように注意しましょう。メスフラスコは、はかれる容積が固定されています(例えば、..., 100mL, 200mL, 250mL, 500mL, 1000mL, ...)。メニスカスを標線に合わせるときは、オーバーしないように注意しましょう。

## 図 シュウ酸ナトリウム水溶液の作り方 (濃度計算と調製方法)

### メスフラスコ



一定体積の標準溶液を調整するのに使います。

- 固体を直接入れて溶解することはありません。(ビーカーで溶かします)
- 標線より上に水滴がついていると、体積が正確に量れないので注意しましょう。
- 中の溶液をよく混ぜてから、標線に合わせます。

## 図 水溶液の調製に使用する器具 (メスフラスコ)

## IV. 参考資料 (研究発表)

次頁から研究発表3で報告済みの3つの論文を参考として載せる。

## 溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス — 固体無水物の溶解度 —

芦田実\*, 遠藤尊士, 新保佳奈美  
埼玉大学 教育学部  
〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255  
E-mail: ashida@post.saitama-u.ac.jp

### Automatic Services of Calculating Data and for the Preparation of Solutions by Using Internet – Solubilities of Solid Anhydrates –

Minoru Ashida\*, Takashi Endou, and Kanami Shinpo  
Faculty of Education, Saitama University  
255 Shimo-ohkubo, Sakura-ku, Saitama, Saitama, 338-8570 Japan

#### 1. はじめに

本研究室では、インターネットを利用して学外との双方向の交流を目指し、利用者の立場に立ってそのニーズに応えるためのホームページ[文献1]を試作している。そのために、化学の質問箱を開設したり、溶液の濃度計算と調製方法のサービス[文献2~4]などを開始している。質問箱は閲覧数(約 45000 件/年)や質問の回答数(約 120 件/年)が増加したが、その他のサービスは利用者が少ない。そこで、多くの人に知ってもらい、また利用してもらうために、本報告で紹介することにした。

今、小学校では理科離れが進んでいる。理科(化学)の面白さは実験を通して伝えられることが多いと思われる。そこで、理科離れを少しでも減らすために、また小学校で少しでも多く理科(化学)実験を行ってもらうために、化学系実験の一番の基礎である水溶液の作り方(濃度計算と調製方法)[文献2~4]の自動サービスを開始している。コンピュータに弱い人でも何の予備知識もなしに、いつでも必要なときに使用できる。さらにダウンロードサービスも開始するので、圧縮ファイルをダウンロードして解凍すればこのプログラムはパソコンの中だけ(オフライン)でも実行できる。前報[文献2~4]では、塩化ナトリウム水溶液、酢酸水溶液、塩酸、アンモニア水、水酸化ナトリウム水溶液、硝酸、硫酸について報告し、ホームページですでにサービスを開始している。本報告では、新たに開発・公開した9種類の固体無水物の溶解度(溶解度曲線)に関する自動サービスについて述べる。このサービスでは溶液の濃度、溶解量、析出量(沈殿量)を計算できる。さらに、溶液の温度を上げたときの追加溶解量や温度を下げたときの析出量等を計算できる。

#### 2. 固体無水物の溶解度曲線

作成した Java Applet プログラムで計算に使用している固体無水物の溶解度曲線(g/水 100g 単位, 図1)とその数値(表1)を示す[文献5]。さらに、質量%単位の溶解度曲線(図2)とその数値(表2)も示す。

#### 3. 利用者の操作方法

実際のホームページ内の「溶液の作り方(濃度計算と調製方法)」のメニューから「固体無水物の溶解度」をクリックすると、最初の画面(図3)が表示される。プログラム実行画面のテキストボックスに数値を入力するときは全て半角文字で入力する。例えば、5.432E-1 や 1.234e5 のような指数形式での入力も可能である。ただし、半角E(またはe)の後ろに半角空白を入れるとエラーになる。チェックボックスをクリックすることにより9種類(ショ糖, NaCl, KCl, KBr, NaHCO<sub>3</sub>, KHCO<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, NaNO<sub>3</sub>, KNO<sub>3</sub>)の中から薬品を選択する。必要に応じて6つのテキストボックスの数値を変更して温度を設定する。溶質の質量(g)と溶媒の水の量(g, mL)を入力して「計算ボタン」をクリックすると、黒文字の計算値が表示(更新)される。全てのテキストボックスの数値を消すには「消去ボタン」をクリックする。ホウ酸 H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> の計算例を図4に示す。最初の温度が 60℃ のとき、50.0g の水に 7.0g のホウ酸を溶かすと飽和濃度に近い値(約 94%)になることが分かる。さらに、飽和濃度に調節するためには、約 0.44g のホウ酸を追加するか、約 3.0g の水を蒸発させればよいことが分かる。この溶液を 20℃ に冷却すると約 4.6g の固体が析出すること、80℃ に加熱するとさらに約 4.8g のホウ酸を溶かすことができることが分かる。上澄み液の実際の濃度と飽和濃度(溶解度)も表示している。画面の下方にはホウ酸の式量、化学的性質、注意事項等を表示している。硝酸カリウム KNO<sub>3</sub> の計算例を図5に示す。ホウ酸の場合と同様の内容である。

#### 4. 注意事項

Java Applet プログラムを呼び出すための html ファイルに、薬品の取り扱いに関する下記の注意事項を載せている。実験するときは十分に注意して欲しい。

炭酸水素ナトリウム(重曹)NaHCO<sub>3</sub> は少し加水分解して、弱いアルカリ性になる。目に入ったり、手についたりしないように注意する。

炭酸水素カリウム KHCO<sub>3</sub> も少し加水分解して、弱いアルカリ性になる。目に入ったり、手についたりしないように注意する。

ホウ酸 H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> の構成元素であるホウ素 B は有害な物質であり、平成 13 年に「人の健康の保護に関する環境基準」に 1mg/L 以下と規定された。さらに、ホウ素及びその化合物(スライムの材料のホウ砂など)の「一律排水基準」は 10mg/L 以下と規定された。実験後の廃液は必ず専用の容器に保管する。ホウ酸を流しに捨てる場合は水で 0.057g/L 以下に希釈する必要がある。これは、ホウ酸 1g 当たり水 17.5L となり、とうてい希釈できない。

硝酸ナトリウム NaNO<sub>3</sub> は可燃物(有機物、炭、イオウ、赤リン、アルミニウム等)と混合して加熱したり、衝撃を与えると発火や爆発の危険がある。さらに、硝酸ナトリウムを加熱すると有毒な窒素酸化物と助燃性の酸素を生じる。取り扱いには十分に注意する。保管するときは可燃物と隔離して、湿気を避ける。

硝酸カリウムは黒色火薬の原料でもあり、可燃物(有機物、炭、イオウ、赤リン、アルミニウム等)と混合し、加熱したり、衝撃を与えると発火や爆発の危険がある。さらに、硝酸カリウムを加熱すると有毒な窒素酸化物と助燃性の酸素を生じる。取り扱いには十分に注意する。保管するときは可燃物と隔離する。

#### 5. 計算方法

Java Applet プログラムを呼び出すための html ファイルに、下記のような計算方法の解説を載せている。

入力した温度における溶解度(飽和濃度)は上の表(表1, 表2)から内挿法で求める。溶媒(水)の量を Vo(g, mL), 溶質(固体無水物)の全質量を Mt(g), そのうち溶解している質量を My(g), 析出している質量を Ms(g), 上澄み液の濃度を Uh(g/水 100g)および Up(質量%), 溶解度(飽和濃度)を Yh(g/水 100g)および Yp(質量%)とする。さらに、飽和濃度に調節するために必要な溶質の追加・除去質量を Mb(g), または飽和濃度に調節するために必要な溶媒(水)の追加・濃縮量を Va(g, mL)とすると、次式のような関係がある。これらの式と既知の値を用いて未知の値を

求めることができる。

溶解度に達しているとき  $M_t = M_y + M_s$ ,  $Y_h = U_h = 100M_y / V_o$ ,

$Y_p = U_p = 100M_y / (V_o + M_y)$ ,  $Y_h = 100Y_p / (100 - Y_p)$ ,  $Y_p = 100Y_h / (100 + Y_h)$ ,

$M_y = V_o U_h / 100$ ,  $M_b = -M_s$ ,  $V_a = 100M_t / Y_h - V_o$

溶解度未満のとき  $M_t = M_y$ ,  $M_s = 0$ ,  $U_h = 100M_t / V_o$ ,  $U_p = 100M_t / (V_o + M_t)$ ,

$U_h = 100U_p / (100 - U_p)$ ,  $U_p = 100U_h / (100 + U_h)$ ,  $M_t = V_o U_h / 100$ ,

$M_b = (Y_h - U_h) * V_o / 100$ ,  $V_a = 100M_t / Y_h - V_o$

## 6. 使用したソフトウェア

使用した OS は Microsoft 社の Windows 98 Second Edition, 2000 Professional, XP Home Edition, XP Professional である。Java Applet は多くの書籍[文献6~11]を参考にして, Borland 社の JBuilder 2005 Developer で作成し, フリーソフトウェア FFFTP 1.88[文献12]でサーバーにアップロードした。HTML ファイルは IBM 社のホームページビルダー 11[文献13, 14]で編集・作成した。

## 7. おわりに

埼玉大学および教育学部のサーバーだけでなく, 学外のサーバーにも濃度計算と調製方法のプログラムを載せてサービスを開始した[文献1]。学校の授業の準備や自由研究等でも利用できると思われる。今後はさらに, 計算できる(水)溶液の種類を増やし, 少しずつサービスを充実していく。

参考文献など(URL は全て 2007 年 8 月 30 日時点のものです)

[文献1] トップページアドレス 本館 <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/>

縮小版1 <http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/>

縮小版2 <http://www.e-sensei.ne.jp/~ashida/> (サーバー停止中?)

別館1 <http://www.geocities.jp/ashidabk1/> (閲覧のみ)

別館2 <http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/>

別館3 <http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/>

[文献2] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 塩化ナトリウム水溶液 -』化学教育ジャーナル(CEJ), 第7巻第1号(通巻12号), 採録番号7-5(2003)

[文献3] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 酢酸水溶液, 塩酸, アンモニア水, 水酸化ナトリウム水溶液 -』化学教育ジャーナル(CEJ), 第8巻第1号(通巻14号), 採録番号8-3(2004)

[文献4] Minoru Ashida, et al., Automatic Services of Calculating Data and for the Preparation of Solutions by Using Internet: - Nitric Acid Aqueous Solution and Sulfuric Acid Aqueous Solution-, The Chemical Education Journal (CEJ), Vol. 9, No. 2 (Serial No. 17). The date of issue: January 30, 2007./Registration No. 9-14/Received March 7, 2006.

[文献5] 日本化学会編『化学便覧基礎編』丸善(株)

[文献6] 高橋和也ほか『Java 逆引き大全 500 の極意』(株)秀和システム

[文献7] 田中秀治『Jbuilder5 で入門! Java プログラミング』ソーテック社

- [文献8] 松浦健一郎, 司ゆき『はじめての JBuilder6』ソフトバンク(株)  
 [文献9] 赤間世紀『Java2 による数値計算』技報堂出版(株)  
 [文献10] 青野雅樹『Java で学ぶコンピュータグラフィックス』(株)オーム社  
 [文献11] 中山茂『Java2 グラフィックスプログラミング入門』技報堂出版(株)  
 [文献12] <http://www2.biglobe.ne.jp/~sota/>  
 [文献13] 『ホームページ・ビルダー 11 ユーザーズ・ガイド』日本アイ・ビー・エム(株)  
 [文献14] アンク『HTML タグ辞典』翔泳社

[元の本文位置に戻る](#)



[トップへ](#)



[CEJ, v10n1 目次へ](#)

表1 固体無水物の溶解度(g/水 100g)と温度の関係

温度, °C	0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
シヨ糖		189.86	197.62	203.03	216.06	235.23	256.00	286.85	319.82	362.96	417.33	491.72
NaCl	35.69	35.70	35.83	35.92	36.05	36.33	36.67	37.08	37.49	38.01	38.58	39.28
KCl	28.07	31.23	34.23	35.87	37.17	40.06	42.86	45.77	48.54	51.29	53.80	56.25
KBr	53.61	59.49	65.02	67.79	70.65	76.06	80.83	85.53	90.26	94.93	99.64	104.08
NaHCO <sub>3</sub>	6.93	8.13	9.55	10.28	11.06	12.73	14.47	16.41	18.29	20.18	22.00	23.61
KHCO <sub>3</sub>	22.85	27.88	33.33	36.24	39.08	45.56	51.98	60.00				
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2.77	3.65	4.88	5.74	6.77	8.90	11.40	14.89	18.69	23.55	29.87	37.99
NaNO <sub>3</sub>	73.01	80.51	87.97	91.94	96.08	104.92	114.13	124.22	135.57	148.14	160.76	175.48
KNO <sub>3</sub>	13.25	21.95	31.58	37.93	45.56	63.93	85.19	109.21	135.85	168.82	203.03	244.83

70°Cと90°Cの数値は内挿値です.

表2 固体無水物の溶解度(質量%)と温度の関係

温度, °C	0	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
シヨ糖		65.50	66.40	67.00	68.36	70.17	71.91	74.15	76.18	78.40	80.67	83.10
NaCl	26.30	26.31	26.38	26.43	26.50	26.65	26.83	27.05	27.27	27.54	27.84	28.20
KCl	21.92	23.80	25.50	26.40	27.10	28.60	30.00	31.40	32.68	33.90	34.98	36.00
KBr	34.90	37.30	39.40	40.40	41.40	43.20	44.70	46.10	47.44	48.70	49.91	51.00
NaHCO <sub>3</sub>	6.48	7.52	8.72	9.32	9.96	11.29	12.64	14.10	15.46	16.79	18.03	19.10
KHCO <sub>3</sub>	18.60	21.80	25.00	26.60	28.10	31.30	34.20	37.50				
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2.70	3.52	4.65	5.43	6.34	8.17	10.23	12.96	15.75	19.06	23.00	27.53
NaNO <sub>3</sub>	42.20	44.60	46.80	47.90	49.00	51.20	53.30	55.40	57.55	59.70	61.65	63.70
KNO <sub>3</sub>	11.70	18.00	24.00	27.50	31.30	39.00	46.00	52.20	57.60	62.80	67.00	71.00

70°Cと90°Cの数値は内挿値です.

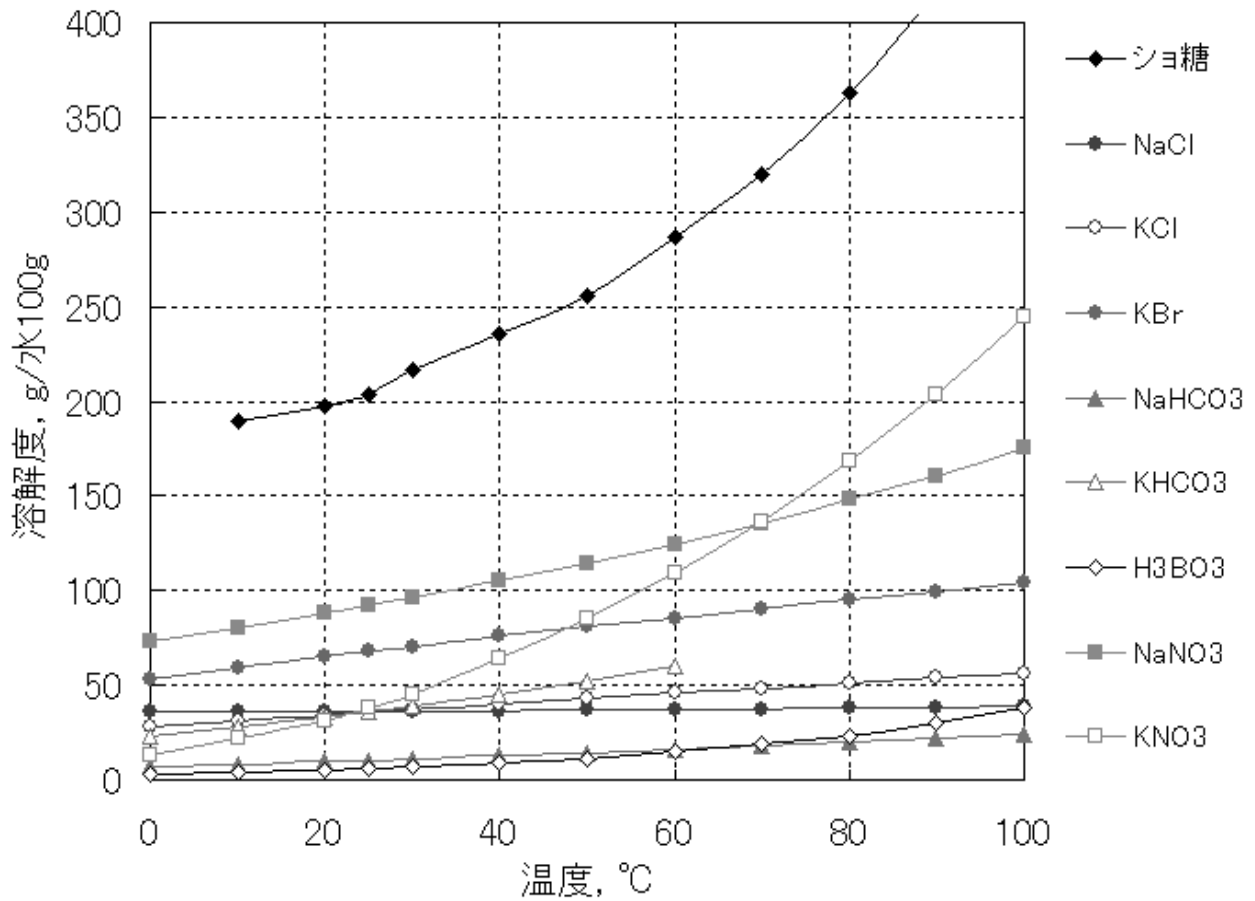


図1 固体無水物の溶解度(g/水 100g)と温度の関係

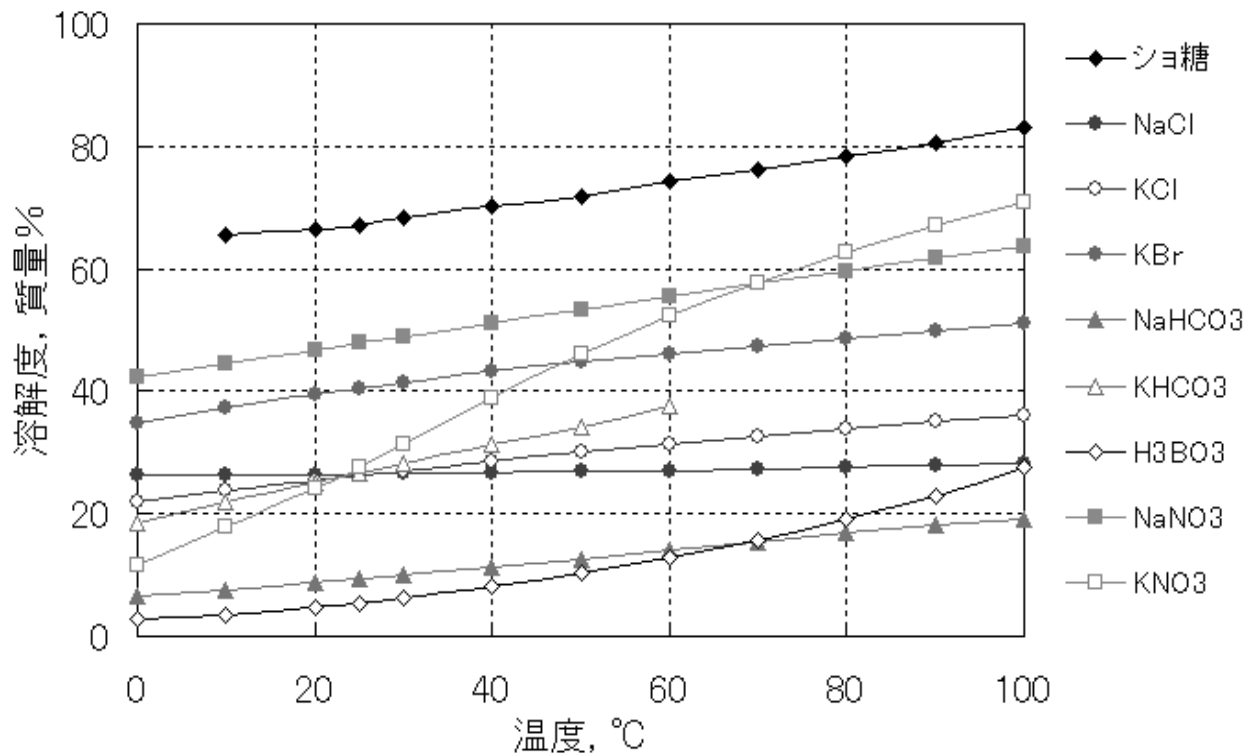


図2 固体無水物の溶解度(質量%)と温度の関係



# 固体無水物の水に対する溶解度と温度の関係（溶解度曲線）

芦田（埼玉大・教育）

Ver. 2007.07.21

下の化学物質を選択し、溶質・溶媒の質量と温度を入力して下さい。

溶質の選択  ショ糖  NaCl  KCl  KBr  NaHCO<sub>3</sub>  KHCO<sub>3</sub>

使用注意  H<sub>3</sub>B<sub>3</sub>O<sub>3</sub>  NaNO<sub>3</sub>  KNO<sub>3</sub> 左の薬品は下の注意事項を熟読下さい。

	最低 0			最初の温度		最高 100
塩化カリウム 温度 °C	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="20.0"/>	<input type="text" value="40.0"/>	<input type="text" value="60.0"/>	<input type="text" value="80.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>
溶質の質量 g				<input type="text" value="50.0"/>		
溶解量 g	28.07	34.23	40.06	45.77	50.0	50.0
析出量 g	21.93	15.77	9.944	4.227	0.0	0.0
溶媒の水の量 g, mL				<input type="text" value="100.0"/>		
上澄み液の濃度 g/水100g	28.07	34.23	40.06	45.77	50.0	50.0
上澄み液の濃度 mass%	21.92	25.5	28.6	31.4	33.33	33.33
飽和濃度 g/水100g	28.07	34.23	40.06	45.77	51.29	56.25
飽和濃度 mass%	21.92	25.5	28.6	31.4	33.9	36.0

最初の温度で溶解し、他の温度に変更したときの状況を計算しています。

飽和濃度に調節

溶質の除去・追加質量 g	-21.93	-15.77	-9.944	-4.227	1.286	6.25
水の追加・濃縮量 g, mL	78.1	46.08	24.83	9.236	-2.507	-11.11

飽和濃度に調節するには、溶質か溶媒のどちらかを増減して下さい。

化学物質 式量g/mol 加水分解 潮解風解 酸化爆発 毒物劇物 危険物 PRTR

**KCl** 74.55 ない ない ない ない ない ない ない

注意事項

PRTR とは化学物質管理促進法のことです。

ない
----

図3 最初の画面(一部)

固体無水物の溶解度用の apadj009.html ファイルから呼び出した Java Applet の実行画面を示す。

# 固体無水物の水に対する溶解度と温度の関係（溶解度曲線）

芦田（埼玉大・教育）

Ver. 2007.07.21

下の化学物質を選択し、溶質・溶媒の質量と温度を入力して下さい。

溶質の選択  ショ糖  NaCl  KCl  KBr  NaHCO<sub>3</sub>  KHCO<sub>3</sub>

使用注意  H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>  NaNO<sub>3</sub>  KNO<sub>3</sub> 左の薬品は下の注意事項を熟読下さい。

	最低 0			最初の温度		最高 100
ホウ酸H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> 温度 °C	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="20.0"/>	<input type="text" value="40.0"/>	<input type="text" value="60.0"/>	<input type="text" value="80.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>
溶質の質量 g				<input type="text" value="7.0"/>		
溶解量 g	1.387	2.438	4.448	7.0	7.0	7.0
析出量 g	5.613	4.562	2.552	0.0	0.0	0.0
溶媒の水の量 g, mL				<input type="text" value="50.0"/>		
上澄み液の濃度 g/水100g	2.775	4.877	8.897	14.0	14.0	14.0
上澄み液の濃度 mass%	2.7	4.65	8.17	12.28	12.28	12.28
飽和濃度 g/水100g	2.775	4.877	8.897	14.89	23.55	37.99
飽和濃度 mass%	2.7	4.65	8.17	12.96	19.06	27.53

最初の温度で溶解し、他の温度に変更したときの状況を計算しています。

飽和濃度に調節

溶質の除去・追加質量 g	-5.613	-4.562	-2.552	0.4449	4.774	11.99
水の追加・濃縮量 g, mL	202.3	93.54	28.68	-2.988	-20.27	-31.57

飽和濃度に調節するには、溶質か溶媒のどちらかを増減して下さい。

化学物質	式量g/mol	加水分解	潮解風解	酸化爆発	毒物劇物	危険物	PRTR
ホウ酸H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	61.83	ない	ない	ない	人の健康	ない	1-304

注意事項

PRTR とは化学物質管理促進法のことです。

ホウ素は有害な物質であり「人の健康の保護に関する環境基準」に1mg/L以下と規定されています。さらに、ホウ素及びその化合物の「一律排水基準」は10mg/L以下と規定されています。実験後の廃液は必ず専用の容器に保管して下さい。ホウ酸を流しに捨てる場合は水で0.057g/L以下に希釈する必要があります。これは、ホウ酸1gあたりに水17.5Lとなり、希釈することがとうていできません。

図4 Java Applet プログラムによる計算例(ホウ酸)

固体無水物の水に対する溶解度と温度の関係（溶解度曲線）

芦田（埼玉大・教育）

Ver. 2007.07.21

下の化学物質を選択し，溶質・溶媒の質量と温度を入力して下さい。

溶質の選択  ショ糖  NaCl  KCl  KBr  NaHCO<sub>3</sub>  KHCO<sub>3</sub>

使用注意  H<sub>3</sub>B<sub>3</sub>O<sub>3</sub>  NaNO<sub>3</sub>  KNO<sub>3</sub> 左の薬品は下の注意事項を熟読下さい。

	最低 0			最初の温度		最高 100
硝酸カリウム 温度 °C	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="20.0"/>	<input type="text" value="40.0"/>	<input type="text" value="60.0"/>	<input type="text" value="80.0"/>	<input type="text" value="100.0"/>
溶質の質量 g				<input type="text" value="100.0"/>		
溶解量 g	13.25	31.58	63.93	100.0	100.0	100.0
析出量 g	86.75	68.42	36.07	0.0	0.0	0.0
溶媒の水の量 g, mL				<input type="text" value="100.0"/>		
上澄み液の濃度 g/水100g	13.25	31.58	63.93	100.0	100.0	100.0
上澄み液の濃度 mass%	11.7	24.0	39.0	50.0	50.0	50.0
飽和濃度 g/水100g	13.25	31.58	63.93	109.2	168.8	244.8
飽和濃度 mass%	11.7	24.0	39.0	52.2	62.8	71.0

最初の温度で溶解し，他の温度に変更したときの状況を計算しています。

飽和濃度に調節

溶質の除去・追加質量 g	-86.75	-68.42	-36.07	9.205	68.82	144.8
水の追加・濃縮量 g, mL	654.7	216.7	56.41	-8.429	-40.76	-59.15

飽和濃度に調節するには，溶質か溶媒のどちらかを増減して下さい。

化学物質	式量g/mol	加水分解	潮解風解	酸化爆発	毒物劇物	危険物	PRTR
KNO <sub>3</sub>	101.1	ない	ない	酸化爆発	ない	1-N-3-Ⅲ	ない

注意事項

PRTR とは化学物質管理促進法のことです。

硝酸カリウムは黒色火薬の原料でもあり，可燃物（有機物，炭，イオウ，赤リン，アルミニウム等）と混合し，加熱したり，衝撃を与えると発火や爆発の危険があります。さらに，硝酸カリウムを加熱すると有毒な窒素酸化物と助燃性の酸素を生じます。取り扱いには十分に注意して下さい。保管するときには可燃物と隔離して下さい。

図5 Java Applet プログラムによる計算例（硝酸カリウム）

## 溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス — 二酸化炭素と石灰水 —

芦田実\*, 深澤晋, 柳沼杏菜  
埼玉大学 教育学部  
〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255  
E-mail: ashida@post.saitama-u.ac.jp

### Automatic Services of Calculating Data and for the Preparation of Solutions by Using Internet – Carbon Dioxide and Lime Water –

Minoru Ashida\*, Susumu Fukasawa, and Anna Yaginuma  
Faculty of Education, Saitama University  
255 Shimo-ohkubo, Sakura-ku, Saitama, Saitama, 338-8570 Japan

#### 1. はじめに

本研究室では、インターネットを利用して学外との双方向の交流を目指し、利用者の立場に立ってそのニーズに応えるためのホームページ[文献1]を試作している。そのために、化学の質問箱を開設したり、溶液の濃度計算と調製方法のサービス[文献2~4]などを開始している。質問箱は、閲覧数(約 45000 件/年)や質問の回答数(約 120 件/年)が増加したが、その他のサービスは利用者が少ない。そこで、多くの人に知ってもらい、また利用してもらうために、本報告で紹介することにした。

今、小学校では理科離れが進んでいる。理科(化学)の面白さは実験を通して伝えられることが多いと思われる。そこで、理科離れを少しでも減らすために、また小学校で少しでも多く理科(化学)実験を行ってもらうために、化学系実験の一番の基礎である水溶液の作り方(濃度計算と調製方法)[文献2~4]の自動サービスを開始している。コンピュータに弱い人でも何の予備知識もなしに、いつでも必要なときに使用できる。さらにダウンロードサービスも開始するので、圧縮ファイルをダウンロードして解凍すればこのプログラムはパソコンの中だけ(オフライン)でも実行できる。前報[文献2~4]では、塩化ナトリウム水溶液、酢酸水溶液、塩酸、アンモニア水、水酸化ナトリウム水溶液、硝酸、硫酸について報告し、ホームページですでにサービスを開始している。本報告では、二酸化炭素の作り方と石灰水との反応に関するプログラムを開発し、ホームページで公開することにした。

#### 2. 利用者の操作方法

実際のホームページ内の「溶液の作り方(濃度計算と調製方法)」のメニューから「二酸化炭素と石灰水」[文献5]をクリックすると、最初の画面(図1)が表示される。プログラム実行画面のテキストボックスに数値を入力するときは全て半角文字で入力する。例えば、 $5.432 \times 10^{-1}$  や  $1.234 \times 10^5$  のような指数形式での入力も可能である。ただし、半角E(またはe)の後ろに半角空白を入れるとエラーになる。

塩酸HClと石灰石CaCO<sub>3</sub>による二酸化炭素CO<sub>2</sub>の発生 (25℃) 奥田 (埼玉大・教職)  
 塩酸の濃度は質量百分率 (優先) またはモル濃度のどちらか1つを入力して下さい Ver. 2007.08.30

化学物質	塩酸 HCl	石灰石 CaCO <sub>3</sub>	二酸化炭素 CO <sub>2</sub> (目安量)
密度 g/mL	1.0457		
質量百分率 %	10.0		0.143
モル濃度 mol/L	2.87		0.0339 飽和
体積 mL	10.0		8.29 236 56.0
質量 g	1.05	1.00	0.0149 0.425 0.101
物質量 mol	0.0287	0.00999	0.000339 0.00965 0.00229
モル質量 g/mol	36.46	100.09	44.01 44.01 44.01

塩酸の作り方 (調製方法) は別のプログラムを見てください。損失係数 1.0 計算  
 二酸化炭素CO<sub>2</sub>の作り方 (調製方法) は下の説明を見てください。容器呼称 mL 200 注入率 0.8

図1

塩酸HClと石灰石CaCO<sub>3</sub>による二酸化炭素CO<sub>2</sub>の発生 (25℃) 奥田 (埼玉大・教職)  
 塩酸の濃度は質量百分率 (優先) またはモル濃度のどちらか1つを入力して下さい Ver. 2007.08.30

化学物質	塩酸 HCl	石灰石 CaCO <sub>3</sub>	二酸化炭素 CO <sub>2</sub> (目安量)
密度 g/mL	1.015		
質量百分率 %	3.59		0.147
モル濃度 mol/L	1.0 採用		0.0339 飽和
体積 mL	80.0		49.7 683.0 493.0
質量 g	2.19	8.0	0.0895 1.23 0.67
物質量 mol	0.06	0.03	0.00203 0.0279 0.0198
モル質量 g/mol	36.46	100.09	44.01 44.01 44.01

塩酸の作り方 (調製方法) は別のプログラムを見てください。損失係数 1.0 計算  
 二酸化炭素CO<sub>2</sub>の作り方 (調製方法) は下の説明を見てください。容器呼称 mL 200.0 注入率 0.8

図2

塩酸HClと石灰石CaCO<sub>3</sub>による二酸化炭素CO<sub>2</sub>の発生 (25℃) 奥田 (埼玉大・教職)  
 塩酸の濃度は質量百分率 (優先) またはモル濃度のどちらか1つを入力して下さい Ver. 2007.08.30

化学物質	塩酸 HCl	石灰石 CaCO <sub>3</sub>	二酸化炭素 CO <sub>2</sub> (目安量)
密度 g/mL	1.015		
質量百分率 %	3.59		0.147
モル濃度 mol/L	1.0 採用		0.0339 飽和
体積 mL	80.0		49.7 683.0 613.0
質量 g	2.19	8.0	0.0895 1.23 1.1
物質量 mol	0.06	0.03	0.00203 0.0279 0.0251
モル質量 g/mol	36.46	100.09	44.01 44.01 44.01

塩酸の作り方 (調製方法) は別のプログラムを見てください。損失係数 1.0 計算  
 二酸化炭素CO<sub>2</sub>の作り方 (調製方法) は下の説明を見てください。容器呼称 mL 100.0 注入率 0.8

図3

## 2.1 塩酸 HCl と石灰石 CaCO<sub>3</sub> による二酸化炭素 CO<sub>2</sub> の発生

塩酸の濃度は質量百分率またはモル濃度のどちらか1つを入力する。両方とも入力されている場合には、質量百分率が優先的に採用される。次に、塩酸の体積(mL)と石灰石の質量(g)を入力して「計算ボタン」をクリックすると、温度 25℃における二酸化炭素の溶解残存量(塩酸中の溶解度が不明なので純水中で代用)、二酸化炭素の発生量、使用可能量(目安量)の計算値(黒文字)が表示(更新)される(図2)。この画面中の注入率とは、反応容器に書かれている目安の容積(容器の呼称, 最大目盛)に対する塩酸の体積の割合である。塩酸を入れたときに振り混ぜることがあるので、その容器に注入できる塩酸の許容率の目安である(後述の4.1参照)。大きめに見積もっているの、混ぜ方や容器の大きさによって注入率を変更して欲しい。特に、容器を激しく振り混ぜる場合には、注入率を 0.3~0.5 に下げるほうが望ましい。注入率を考慮した後で、塩酸体積と比べて容器容積が不足した場合には、プログラムが自動的に容器容積を増加・修正する(図3)。この画面中の損失係数とは、反応容器中の空気などを置換するために生じる二酸化炭素の損失を考慮する係数であり、容器中の塩酸表面より上の空間体積と関係している(後述の4.1参照)。反応容器の実際の体積は目安容積(容器呼称)よりも 30%程度大きい[文献6]。さらに、二酸化炭素の捕集方法や実験のやり方によって損失が異なると考えられるので、実情に合わせて損失係数を変更して欲しい。

## 2.2 石灰水 Ca(OH)<sub>2</sub> と二酸化炭素 CO<sub>2</sub> の反応による炭酸カルシウム CaCO<sub>3</sub> の沈殿と炭酸水素カルシウム Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> の溶解

炭酸カルシウムの沈殿が炭酸水素カルシウムになって全て溶解するところまで実験する場合には、石灰水を薄めて使用するほうが都合の良いことがある。そのような場合には希釈倍率に1より大きい数値を入力する。石灰水と二酸化炭素の体積(mL)を入力して「計算ボタン」をクリックすると、温度 25℃における炭酸カルシウムと炭酸水素カルシウムの計算値(黒文字)が表示(更新)される。石灰水に当量の二酸化炭素を通じた状態を図4に示す。ただし、通じた二酸化炭素が空気中に逃げていかに、化学量論的に全て完全に反応したと仮定して計算している。2倍に希釈した石灰水に2倍当量の二酸化炭素を通じた状態を図5に示す。この場合にも、化学平衡等による途中の化学種を無視して、化学量論的に完全に反応したと仮定して計算している。

石灰水Ca(OH)<sub>2</sub>と二酸化炭素CO<sub>2</sub>の反応による炭酸カルシウムCaCO<sub>3</sub>の沈殿と炭酸水素カルシウムCa(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>の溶解 (25℃) 奥田 (埼玉大・教職)  
 石灰水を薄めて使う場合は希釈倍率に1より大きい数値を入力して下さい Ver. 2007.08.30

化学物質	石灰水Ca(OH) <sub>2</sub>	二酸化炭素	炭酸カルシウム CaCO <sub>3</sub>	炭酸水素カルシウム Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
希釈倍率	1.0	CO <sub>2</sub>	溶解量	沈殿量
質量百分率 %	0.17		0.0821	4.35E-5
モル濃度 mol/L	0.0229		0.0082 飽和	2.68E-6
体積 mL	30.0	16.8	30.0	30.0
質量 g	0.0509	0.0302	0.0246	0.0441
物質量 mol	6.87E-4	6.87E-4	2.46E-4	4.41E-4
モル質量 g/mol	74.09	44.01	100.09	100.09

石灰水Ca(OH)<sub>2</sub>の作り方 (調製方法) は下の説明を見てください。計算

図4

石灰水Ca(OH)<sub>2</sub>と二酸化炭素CO<sub>2</sub>の反応による炭酸カルシウムCaCO<sub>3</sub>の沈殿と炭酸水素カルシウムCa(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>の溶解 (25℃) 奥田 (埼玉大・教職)  
 石灰水を薄めて使う場合は希釈倍率に1より大きい数値を入力して下さい Ver. 2007.08.30

化学物質	石灰水Ca(OH) <sub>2</sub>	二酸化炭素	炭酸カルシウム CaCO <sub>3</sub>	炭酸水素カルシウム Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
希釈倍率	2.0	CO <sub>2</sub>	溶解量	沈殿量
質量百分率 %	0.0848		0.0	0.186
モル濃度 mol/L	0.0115		0.0	0.0115
体積 mL	30.0	16.8	30.0	30.0
質量 g	0.0254	0.0302	0.0	0.057
物質量 mol	3.44E-4	6.87E-4	0.0	0.0
モル質量 g/mol	74.09	44.01	100.09	100.09

石灰水Ca(OH)<sub>2</sub>の作り方 (調製方法) は下の説明を見てください。計算

図5

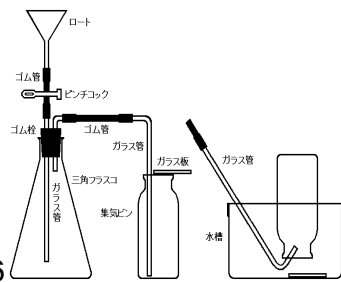


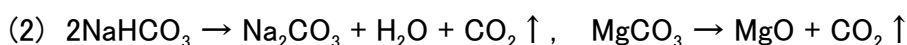
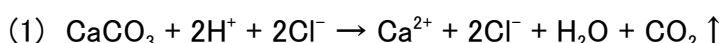
図6

### 3. 二酸化炭素と石灰水の調製方法, 注意事項および化学的性質

Java Applet プログラムを呼び出すための html ファイルに, 下記のような調製方法, 注意事項および化学的性質を載せている.

#### 3. 1 二酸化炭素 CO<sub>2</sub> の作り方 (調製方法)

- 1 実験室で二酸化炭素 CO<sub>2</sub> を作るには, 大理石 (方解石, 石灰石, 炭酸カルシウム CaCO<sub>3</sub>) に希塩酸 HCl を滴下します (図6).
- 2 捕集するときは, 空気と完全に置換するように集気ビンなどの底までガラス管を入れて, 下方置換で捕集します. 捕集量が分かりやすいように, 水上置換で捕集することも考えられます (図6).
- 3 その他, 重曹 (炭酸水素ナトリウム NaHCO<sub>3</sub>), 炭酸マグネシウム MgCO<sub>3</sub> などの固体を加熱しても二酸化炭素 CO<sub>2</sub> が生じます.



#### 3. 2 石灰水 Ca(OH)<sub>2</sub> の作り方 (調製方法)

- 1 石灰水を作るには, 消石灰 (水酸化カルシウム Ca(OH)<sub>2</sub>) を水に加えてかき混ぜます.
- 2 消石灰 (水酸化カルシウム) は水に溶け難いので白く濁ります. そこで, 十分に放置した後に, 透明な上澄み液を使用します.
- 3 必要ならば, 試薬名, 作成日, 作成者などを書いたラベルを付けましょう.

#### 3. 3 注意事項

塩酸 HCl や石灰水 Ca(OH)<sub>2</sub> が目に入ったり, 皮膚についたら直ぐに水で洗い流しましょう.  
石灰水は保存中に空気中の二酸化炭素 CO<sub>2</sub> を吸収するので注意しましょう.

#### 3. 4 二酸化炭素 CO<sub>2</sub> の化学的性質

二酸化炭素 CO<sub>2</sub> は無色・無臭で毒性はありませんが, 高濃度になると酸素不足で窒息死します. 二酸化炭素の圧力が 1atm のとき水 100mL に 0°C で 172mL, 20°C で 94mL, 40°C で 61mL, 60°C で 45mL ほど溶けます. また, 5.2atm で液化します. 固体 (ドライアイス) は -78.5°C で昇華します (融点は -56.6°C).

二酸化炭素は人間の呼気にも含まれており, 石灰水 (水酸化カルシウム Ca(OH)<sub>2</sub> 水溶液) に吹き込むと炭酸カルシウム CaCO<sub>3</sub> を生じて白く濁ります. さらに多量の二酸化炭素を吹き込むと, 水に溶けやすい炭酸水素カルシウム Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> を生じて透明になります. これを煮沸すれば二酸化炭素を放出して, 再び炭酸カルシウムを生じて白く濁ります.



### 4. 濃度などの計算方法

Java Applet プログラムを呼び出すための html ファイルに, 下記のような計算方法の解説を載せている.

#### 4. 1 二酸化炭素 CO<sub>2</sub> の発生の計算方法

反応前の希塩酸 (塩化水素 HCl の水溶液) の密度を D<sub>s1</sub> (g/mL), 質量百分率濃度を W<sub>p1</sub> (%), モ

ル濃度を  $C_{m_1}$ (mol/L), 体積を  $V_{o_1}$ (mL), それに溶けている塩化水素の質量を  $W_{t_1}$ (g), 物質量を  $Mo_1$ (mol), 式量(モル質量)を  $F_{w_1}$ (g/mol)とします. さらに, 反応前の石灰石(炭酸カルシウム  $CaCO_3$ )の質量を  $W_{t_2}$ (g), 物質量を  $Mo_2$ (mol), 式量(モル質量)を  $F_{w_2}$ (g/mol)とすると, 次式のような関係があります. これらの式と既知の値を用いて未知の値を求めることができます.

$$W_{t_1} = V_{o_1} D_{s_1} W_{p_1} / 100, \quad Mo_1 = W_{t_1} / F_{w_1}, \quad C_{m_1} = 1000 Mo_1 / V_{o_1}, \quad Mo_2 = W_{t_2} / F_{w_2}$$

反応後の二酸化炭素  $CO_2$  の溶解残存量(物質 mol)は, 塩酸 HCl の物質量(mol)の  $1/2$ , 石灰石  $CaCO_3$  の物質量(mol), および二酸化炭素の飽和濃度(0.0339mol/L)から求めた物質量(mol)のうち, 最も小さい値を採用します. 二酸化炭素の溶解残存量の質量百分率濃度を  $W_{p_3}$ (%), モル濃度を  $C_{m_3}$ (mol/L), 溶けている二酸化炭素の量を気体の体積に換算した値を  $V_{o_3}$ (mL), 質量を  $W_{t_3}$ (g), 物質量を  $Mo_3$ (mol), 式量(モル質量)を  $F_{w_3}$ (g/mol)とすると, 次式のような関係があります.

$Mo_3 \leq Mo_1 / 2, \quad Mo_3 \leq Mo_2, \quad Mo_3 \leq 0.0339 \text{ mol/L} \cdot V_{o_1} / 1000$  ここで 0.0339mol/L は二酸化炭素(1atm)の水中の飽和濃度

$$C_{m_3} = 1000 Mo_3 / V_{o_1}, \quad W_{t_3} = Mo_3 F_{w_3}, \quad V_{o_3} = Mo_3 \cdot 22400 \cdot 298 / 273, \quad W_{p_3} = 100 W_{t_3} / (V_{o_1} \cdot D_{s_1})$$

二酸化炭素  $CO_2$  の気体発生量(物質 mol)は, 塩酸 HCl の物質量(mol)の  $1/2$  と石灰石  $CaCO_3$  の物質量(mol)のうち小さいほうの値と二酸化炭素の溶解残存量(物質 mol)の差として求めます. 気体として発生する二酸化炭素の体積を  $V_{o_4}$ (mL), 質量を  $W_{t_4}$ (g), 物質量を  $Mo_4$ (mol)とすると, 次式のような関係があります.

$$Mo_4 = Mo_1 / 2 - Mo_3 \geq 0, \quad Mo_4 = Mo_2 - Mo_3 \geq 0, \quad W_{t_4} = Mo_4 F_{w_3}, \quad V_{o_4} = Mo_4 \cdot 22400 \cdot 298 / 273$$

二酸化炭素  $CO_2$  に関する計算値(特に使用可能量)は単なる目安です. 発生に時間がかかり実験中に発生が終了するとは限らないため, 塩酸(石灰石)の容器などの中の空気を置換するために損失がでるためです. 水上置換を想定して, 下の表の方法で二酸化炭素の損失量を見積もっています. しかし, 実験器具などの関係で実際と異なる場合には, 損失係数  $L_s$  と容器呼称(目安容積, 最大目盛)  $V_{o_F}$  および許容注入率(=塩酸の体積/容器呼称)  $P_g$  を変更することによってご自分で見積もり直して下さい. さらに, 二酸化炭素の使用可能量(目安)の体積を  $V_{o_5}$ (mL), 質量を  $W_{t_5}$ (g), 物質量を  $Mo_5$ (mol)とすると, 次式のような関係があります.

表1 二酸化炭素  $CO_2$  の損失量の見積り方法

塩酸(石灰石)の容器呼称 (目安容積, 最大目盛) $V_{o_F}$ (mL)	塩酸の体積 $V_{o_1}$ (mL)	損失量の見積もり $V_{o_L}$ (mL)
100mL	$V_{o_F} \cdot P_g$ (mL)以下 初期値 $P_g = 0.8$	損失係数(1.3・容器呼称－塩酸体積) $V_{o_L} = L_s(1.3V_{o_F} - V_{o_1})$ 損失係数の初期値 $L_s = 1.0$
200mL		
250mL		
300mL		
500mL		
1000mL		

2000mL		
3000mL		
5000mL		

$$V_{o_5} = V_{o_4} - V_{o_L}, \quad Mo_5 = V_{o_5} \cdot 273 / (22400 \cdot 298), \quad Wt_5 = Mo_5 Fw_3$$

#### 4.2 炭酸カルシウム $CaCO_3$ の沈殿と炭酸水素カルシウム $Ca(HCO_3)_2$ の溶解の計算方法

反応前の石灰水(水酸化カルシウム  $Ca(OH)_2$  の水溶液, 密度は  $1.00g/mL$  と仮定)の希釈倍率を  $Dt_6$ , 希釈後の石灰水の質量百分率濃度を  $Wp_6(\%)$ , モル濃度を  $Cm_6(mol/L)$ , 体積を  $Vo_6(mL)$ , それに溶けている水酸化カルシウムの質量を  $Wt_6(g)$ , 物質量を  $Mo_6(mol)$ , 式量(モル質量)を  $Fw_6(g/mol)$  とします. さらに, 反応前の気体の二酸化炭素  $CO_2$  の体積を  $Vo_7(mL)$ , 質量を  $Wt_7(g)$ , 物質量を  $Mo_7(mol)$  とすると, 次式のような関係があります. これらの式と既知の値を用いて未知の値を求めることができます.

$Dt_6 \geq 1$  ここで 1 は希釈しない飽和溶液,  $Cm_6 = 0.0229mol/L / Dt_6$  ここで  $0.0229mol/L$  は水酸化カルシウムの水中の飽和濃度

$$Mo_6 = Cm_6 Vo_6 / 1000, \quad Wt_6 = Mo_6 Fw_6, \quad Wp_6 = 100Wt_6 / Vo_6, \quad Mo_7 = Vo_7 \cdot 273 / (22400 \cdot 298),$$

$$Wt_7 = Mo_7 Fw_3$$

物質量(mol)で比較して, 二酸化炭素  $CO_2$  を水酸化カルシウム  $Ca(OH)_2$  の2倍以上通じれば, 途中で生じた炭酸カルシウム  $CaCO_3$  の沈殿は全て炭酸水素カルシウム  $Ca(HCO_3)_2$  に変化して溶解します. ただし, この場合には二酸化炭素がそのまま空気中に出ていったりせず, 完全に反応すると仮定しています. 炭酸カルシウムも飽和濃度までは水に溶解します. 反応後に水に溶けている炭酸カルシウム(水溶液, 密度は  $1.00g/mL$  と仮定)の質量百分率濃度を  $Wp_8(\%)$ , モル濃度を  $Cm_8(mol/L)$ , 体積を  $Vo_8(mL)$ , それに溶けている炭酸カルシウムの質量を  $Wt_8(g)$ , 物質量を  $Mo_8(mol)$ , 式量(モル質量)を  $Fw_8(g/mol)$  とします. また, 反応後の炭酸カルシウムの沈殿の質量を  $Wt_9(g)$ , 物質量を  $Mo_9(mol)$  とします. さらに, 反応後の炭酸水素カルシウム水溶液(密度は  $1.00g/mL$  と仮定)の質量百分率濃度を  $Wp_{10}(\%)$ , モル濃度を  $Cm_{10}(mol/L)$ , 体積を  $Vo_{10}(mL)$ , それに溶けている炭酸水素カルシウムの質量を  $Wt_{10}(g)$ , 物質量を  $Mo_{10}(mol)$ , 式量(モル質量)を  $Fw_{10}(g/mol)$  とすると, 次式のような関係があります.

$2Mo_6 \leq Mo_7$  のとき

$$Vo_{10} = Vo_6, \quad Mo_{10} = Mo_6, \quad Wt_{10} = Mo_{10} Fw_{10}, \quad Cm_{10} = 1000Mo_{10} / Vo_{10}, \quad Wp_{10} = 100Wt_{10} / Vo_{10}$$

$$Vo_8 = Vo_6, \quad Mo_8 = 0, \quad Wt_8 = 0, \quad Cm_8 = 0, \quad Wp_8 = 0, \quad Mo_9 = 0, \quad Wt_9 = 0$$

物質量(mol)で比較して, 二酸化炭素  $CO_2$  を水酸化カルシウム  $Ca(OH)_2$  の1倍以上~2倍未満通じれば, 途中で生じた炭酸カルシウム  $CaCO_3$  の沈殿の一部が炭酸水素カルシウム  $Ca(HCO_3)_2$  に変化して溶解します. 残った炭酸カルシウムの量が飽和濃度(溶解度)未満ならば, これも溶解しています(沈殿の消滅). 溶解している炭酸カルシウムの物質量(mol)は, 水酸化カルシウムと炭酸水素カルシウムの物質量(mol)の差および炭酸カルシウムの飽和濃度から求めた物質量(mol)のうち小さいほうを採用します.



$Mo_6 \leq Mo_7 < 2Mo_6$  のとき

$$Vo_{10} = Vo_6, \quad Mo_{10} = Mo_7 - Mo_6, \quad Wt_{10} = Mo_{10}Fw_{10}, \quad Cm_{10} = 1000Mo_{10}/Vo_{10}, \quad Wp_{10} = 100Wt_{10}/Vo_{10}$$

$Vo_8 = Vo_6, \quad Mo_8 \leq Mo_6 - Mo_{10}, \quad Mo_8 \leq 0.0082 \text{ mol/L} \cdot Vo_8 / 1000$  ここで 0.0082 mol/L は、二酸化炭素の圧力が 1 atm のときの炭酸カルシウムの水中の飽和濃度

$$Wt_8 = Mo_8Fw_8, \quad Cm_8 = 1000Mo_8/Vo_8, \quad Wp_8 = 100Wt_8/Vo_8, \quad Mo_9 = Mo_6 - Mo_8 - Mo_{10}, \quad Wt_9 = Mo_9Fw_8$$

物質質量(mol)で比較して、二酸化炭素  $CO_2$  を水酸化カルシウム  $Ca(OH)_2$  より少なく通じれば、炭酸水素カルシウム  $Ca(HCO_3)_2$  は生じません。生じた炭酸カルシウムの量が飽和濃度(溶解度)未達ならば、これも溶解しています(沈殿が生じません)。溶解している炭酸カルシウムの物質質量(mol)は、二酸化炭素の物質質量(mol)および炭酸カルシウムの飽和濃度から求めた物質質量(mol)のうち小さいほうを採用します。

$Mo_7 < Mo_6$  のとき

$$Vo_{10} = Vo_6, \quad Mo_{10} = 0, \quad Wt_{10} = 0, \quad Cm_{10} = 0, \quad Wp_{10} = 0$$

$$Vo_8 = Vo_6, \quad Mo_8 \leq Mo_7, \quad Mo_8 \leq 0.0082 \text{ mol/L} \cdot Vo_8 / 1000, \quad Wt_8 = Mo_8Fw_8, \quad Cm_8 = 1000Mo_8/Vo_8,$$

$$Wp_8 = 100Wt_8/Vo_8, \quad Mo_9 = Mo_7 - Mo_8, \quad Wt_9 = Mo_9Fw_8$$

## 5. 使用したソフトウェア

使用した OS は Microsoft 社の Windows 98 Second Edition, 2000 Professional, XP Home Edition, XP Professional である。Java Applet は多くの書籍[文献7~12]を参考にして、Borland 社の JBuilder 2005 Developer で作成し、フリーソフトウェア FFFTP 1.88[文献13]でサーバーにアップロードした。HTML ファイルは IBM 社のホームページ・ビルダー 11[文献14, 15]で編集・作成した。

## 6. おわりに

埼玉大学および教育学部のサーバーだけでなく、学外のサーバーにも濃度計算と調製方法のプログラムを載せてサービスを開始した[文献1]。学校の授業の準備や自由研究等でも利用できると思われる。今後はさらに、計算できる(水)溶液の種類を増やし、少しずつサービスを充実していく。

参考文献など(URL は全て 2007 年 8 月 30 日時点のものです)

[文献1] トップページアドレス 本館 <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/>

縮小版1 <http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/>

縮小版2 <http://www.e-sensei.ne.jp/~ashida/> (サーバー停止中?)

別館1 <http://www.geocities.jp/ashidabk1/> (閲覧のみ)

別館2 <http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/>

別館3 <http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/>

[文献2] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス -塩化ナトリウム水溶液-』化学教育ジャーナル(CEJ),第7巻第1号(通巻12号),採録番号7-5(2003)

[文献3] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス – 酢酸水溶液, 塩酸, アンモニア水, 水酸化ナトリウム水溶液–』化学教育ジャーナル(CEJ),第8巻第1号(通巻14号),採録番号8-3(2004)

[文献4] Minoru Ashida, et al., Automatic Services of Calculating Data and for the Preparation of Solutions by Using Internet: – Nitric Acid Aqueous Solution and Sulfuric Acid Aqueous Solution–, The Chemical Education Journal (CEJ), Vol. 9, No. 2 (Serial No. 17). The date of issue: January 30, 2007./Registration No. 9-14/Received March 7, 2006.

[文献5] <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/calcgrap/apadj008.html>

[文献6] 吉村洋介『炭酸カルシウムの塩酸への溶解 2002~2003年度』

[http://kuchem.kyoto-u.ac.jp/ubung/yyosuke/uebung/caco3\\_0203.htm](http://kuchem.kyoto-u.ac.jp/ubung/yyosuke/uebung/caco3_0203.htm)

[文献7] 高橋和也ほか『Java 逆引き大全 500 の極意』(株)秀和システム

[文献8] 田中秀治『Jbuilder5 で入門! Java プログラミング』ソーテック社

[文献9] 松浦健一郎, 司ゆき『はじめての JBuilder6』ソフトバンク(株)

[文献10] 赤間世紀『Java2 による数値計算』技報堂出版(株)

[文献11] 青野雅樹『Java で学ぶコンピュータグラフィックス』(株)オーム社

[文献12] 中山茂『Java2 グラフィックスプログラミング入門』技報堂出版(株)

[文献13] <http://www2.biglobe.ne.jp/~sota/>

[文献14] 『ホームページビルダー 11 ユーザーズ・ガイド』日本アイ・ビー・エム(株)

[文献15] アンク『HTML タグ辞典』翔泳社

[元の本文位置に戻る](#)



トップへ



CEJ, v10n1 目次へ

塩酸HClと石灰石CaCO<sub>3</sub>による二酸化炭素CO<sub>2</sub>の発生 (25°C) 芦田 (埼玉大・教育)  
 塩酸の濃度は 質量百分率 (優先) または モル濃度 のどちらか1つを入力して下さい Ver. 2007.08.30

化学物質	塩酸 HCl	石灰石	二酸化炭素 CO <sub>2</sub> (目安量)		
密度 g/mL	1.015	CaCO <sub>3</sub>	溶解残存量	気体発生量	使用可能量
質量百分率 %	<input type="text" value="3.59"/>		0.147		
モル濃度mol/L	<input type="text" value="1.0 採用"/>		0.0339 飽和		
体積 mL	<input type="text" value="60.0"/>		49.7	683.0	483.0
質量 g	2.19	<input type="text" value="3.0"/>	0.0895	1.23	0.87
物質質量 mol	0.06	0.03	0.00203	0.0279	0.0198
モル質量g/mol	36.46	100.09	44.01	44.01	44.01
塩酸HClの作り方 (調製方法) は別のプログラムを見て下さい。 二酸化炭素CO <sub>2</sub> の作り方 (調製方法) は下の説明を見て下さい。			損失係数 1.0	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="button" value="計算"/>
			容器呼称 mL	<input type="text" value="200.0"/>	注入率 <input type="text" value="0.8"/>

図2 Java Applet プログラムによる計算例(塩酸と石灰石による二酸化炭素の発生)

塩酸HClと石灰石CaCO<sub>3</sub>による二酸化炭素CO<sub>2</sub>の発生 (25°C) 芦田 (埼玉大・教育)  
 塩酸の濃度は 質量百分率 (優先) または モル濃度 のどちらか1つを入力して下さい Ver. 2007.08.30

化学物質	塩酸 HCl	石灰石	二酸化炭素 CO <sub>2</sub> (目安量)		
密度 g/mL	1.0457	CaCO <sub>3</sub>	溶解残存量	気体発生量	使用可能量
質量百分率 %	<input type="text" value="10.0"/>		0.143		
モル濃度 mol/L	<input type="text" value="2.87"/>		0.0339 飽和		
体積 mL	<input type="text" value="10.0"/>		8.29	236	56.0
質量 g	1.05	<input type="text" value="1.00"/>	0.0149	0.425	0.101
物質質量 mol	0.0287	0.00999	0.000339	0.00965	0.00229
モル質量 g/mol	36.46	100.09	44.01	44.01	44.01

塩酸HClの作り方 (調製方法) は別のプログラムを見て下さい。 損失係数 1.0    
 二酸化炭素CO<sub>2</sub>の作り方 (調製方法) は下の説明を見て下さい。 容器呼称 mL  注入率

石灰水Ca(OH)<sub>2</sub>と二酸化炭素CO<sub>2</sub>の反応による炭酸カルシウムCaCO<sub>3</sub>の沈殿と  
 炭酸水素カルシウムCa(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>の溶解 (25°C) 芦田 (埼玉大・教育)  
 石灰水を薄めて使う場合には 希釈倍率に1より大きい数値を入力して下さい Ver. 2007.08.30

化学物質	石灰水Ca(OH) <sub>2</sub>	二酸化炭素	炭酸カルシウム	CaCO <sub>3</sub>	炭酸水素カルシウム
希釈倍率	<input type="text" value="1.00"/>	CO <sub>2</sub>	溶解量	沈殿量	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
質量百分率 %	0.170		0.0821		0.0000
モル濃度 mol/L	0.0229		0.0082 飽和		0.0000
体積 mL	<input type="text" value="30.0"/>	<input type="text" value="10.0"/>	30.0		30.0
質量 g	0.0509	0.0180	0.0246	0.0163	0.0000
物質質量 mol	0.000687	0.000409	0.000246	0.000163	0.000000
モル質量 g/mol	74.09	44.01	100.09	100.09	162.12

石灰水Ca(OH)<sub>2</sub>の作り方 (調製方法) は下の説明を見て下さい。

図1 最初の画面(一部)

二酸化炭素と石灰水用の apadj008.html ファイルから呼び出した Java Applet の実行画面を示す。上半分は塩酸と石灰石の量から二酸化炭素の発生量を計算するプログラムであり、下半分は石灰水と二酸化炭素の量から炭酸カルシウムの沈殿と炭酸水素カルシウムの溶解を計算するプログラムである。

塩酸HClと石灰石CaCO<sub>3</sub>による二酸化炭素CO<sub>2</sub>の発生 (25°C) 芦田 (埼玉大・教育)

塩酸の濃度は 質量百分率 (優先) または モル濃度 のどちらか 1つを入力して下さい Ver. 2007.08.30

化学物質	塩酸 HCl	石灰石	二酸化炭素 CO <sub>2</sub> (目安量)		
密度 g/mL	1.015	CaCO <sub>3</sub>	溶解残存量	気体発生量	使用可能量
質量百分率 %	<input type="text" value="3.59"/>		0.147		
モル濃度 mol/L	<input type="text" value="1.0 採用"/>		0.0339 飽和		
体積 mL	<input type="text" value="60.0"/>		49.7	683.0	613.0
質量 g	2.19	<input type="text" value="3.0"/>	0.0895	1.23	1.1
物質量 mol	0.06	0.03	0.00203	0.0279	0.0251
モル質量 g/mol	36.46	100.09	44.01	44.01	44.01

塩酸HClの作り方 (調製方法) は別のプログラムを見て下さい. 損失係数 1.0

二酸化炭素CO<sub>2</sub>の作り方 (調製方法) は下の説明を見て下さい. 容器呼称 mL  注入率

図3 Java Applet プログラムによる計算例 (塩酸体積と比べて容器容積が不足した場合の修正)

石灰水Ca(OH)<sub>2</sub>と二酸化炭素CO<sub>2</sub>の反応による炭酸カルシウムCaCO<sub>3</sub>の沈殿と  
炭酸水素カルシウムCa(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>の溶解 (25°C) 芦田 (埼玉大・教育)

石灰水を薄めて使う場合には 希釈倍率に 1より大きい数値を入力して下さい Ver. 2007.08.30

化学物質	石灰水Ca(OH) <sub>2</sub>	二酸化炭素	炭酸カルシウム	CaCO <sub>3</sub>	炭酸水素カルシウム
希釈倍率	<input type="text" value="1.0"/>	CO <sub>2</sub>	溶解量	沈殿量	Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
質量百分率 %	0.17		0.0821		4.35E-5
モル濃度 mol/L	0.0229		0.0082 飽和		2.68E-6
体積 mL	<input type="text" value="30.0"/>	<input type="text" value="16.8"/>	30.0		30.0
質量 g	0.0509	0.0302	0.0246	0.0441	1.31E-5
物質量 mol	6.87E-4	6.87E-4	2.46E-4	4.41E-4	8.05E-8
モル質量 g/mol	74.09	44.01	100.09	100.09	162.12

石灰水Ca(OH)<sub>2</sub>の作り方 (調製方法) は下の説明を見て下さい.

図4 Java Applet プログラムによる計算例 (石灰水に当量の二酸化炭素を通じた状態)

石灰水 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ と二酸化炭素 $\text{CO}_2$ の反応による炭酸カルシウム $\text{CaCO}_3$ の沈殿と  
炭酸水素カルシウム $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ の溶解 (25°C)

芦田 (埼玉大・教育)

石灰水を薄めて使う場合には 希釈倍率に1より大きい数値を入力して下さい

Ver. 2007.08.30

化学物質	石灰水 $\text{Ca}(\text{OH})_2$	二酸化炭素	炭酸カルシウム	$\text{CaCO}_3$	炭酸水素カルシウム
希釈倍率	<input type="text" value="2.0"/>	$\text{CO}_2$	溶解量	沈殿量	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
質量百分率 %	0.0848		0.0		0.186
モル濃度 mol/L	0.0115		0.0		0.0115
体積 mL	<input type="text" value="30.0"/>	<input type="text" value="16.8"/>	30.0		30.0
質量 g	0.0254	0.0302	0.0	0.0	0.0557
物質量 mol	3.44E-4	6.87E-4	0.0	0.0	3.44E-4
モル質量g/mol	74.09	44.01	100.09	100.09	162.12

石灰水 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の作り方 (調製方法) は下の説明を見て下さい。

図5 Java Applet プログラムによる計算例(2倍に希釈した石灰水に2倍当量の二酸化炭素を通じた状態)

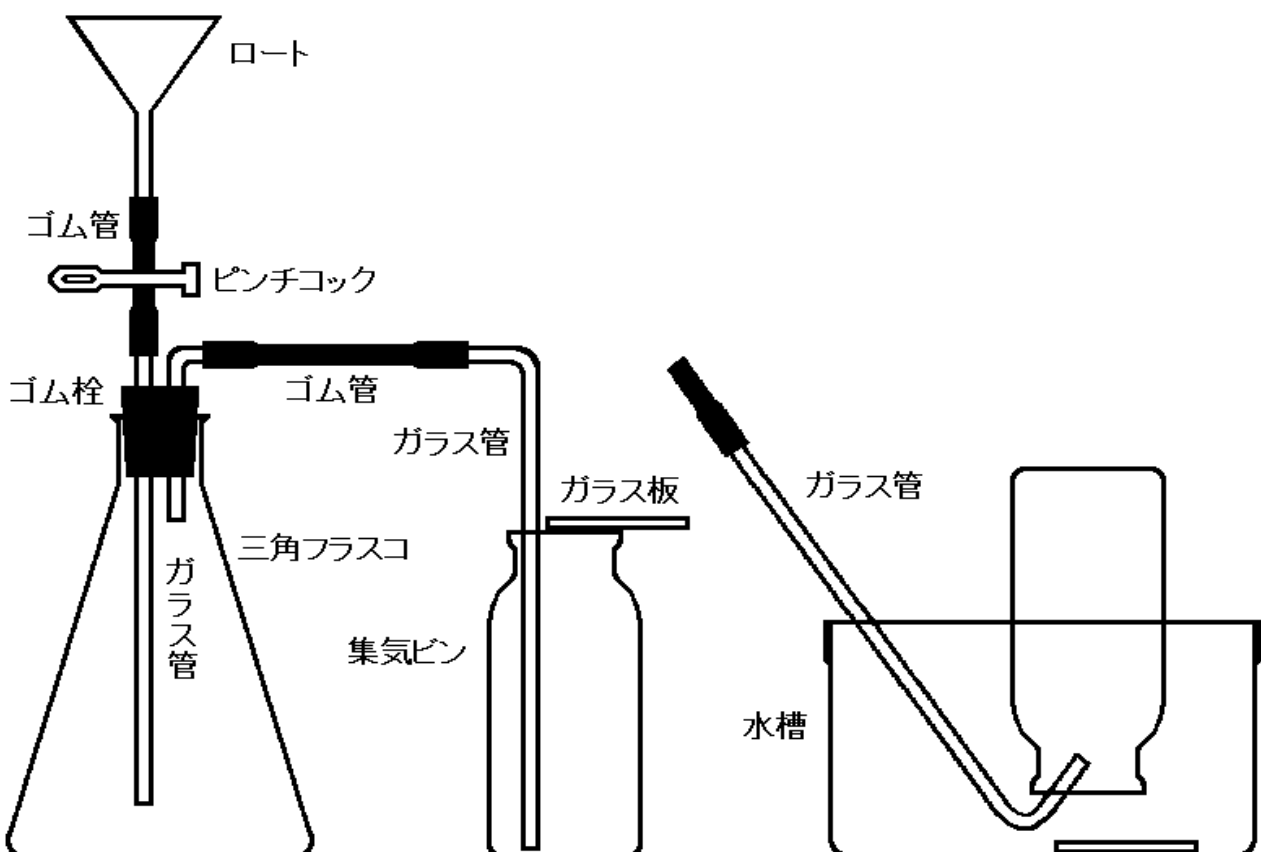


図6 実験装置

二酸化炭素は、大理石(方解石, 石灰石, 炭酸カルシウム)に希塩酸を滴下して作成し, 下方置換または水上置換で捕集する。

## 定量分析シミュレーションのインターネットによる自動サービス - 酸・塩基滴定 -

芦田実\*, 谷津勇太, 新山拓也  
埼玉大学 教育学部  
〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255  
E-mail: ashida@post.saitama-u.ac.jp

### Automatic Service of Simulation of Quantitative Analysis by Using Internet - Acid - Base Titrations -

Minoru Ashida\*, Yuta Tanitsu, and Takuya Niiyama  
Faculty of Education, Saitama University  
255 Shimo-ohkubo, Sakura-ku, Saitama, Saitama, 338-8570 Japan

#### 1. はじめに

本研究室では、インターネットを利用して学外との双方向の交流を目指し、利用者の立場に立ってそのニーズに応えるためのホームページ[文献1]を試作している。そのために、化学の質問箱を開設したり、溶液の濃度計算と調製方法のサービス[文献2~4]などを開始している。質問箱は閲覧数(約 45000 件/年)や質問の回答数(約 120 件/年)が増加したが、その他のサービスは利用者が少ない。そこで、多くの人に知ってもらい、また利用してもらうために、本報告で紹介することにした。今、学校では理科離れが進んでいる。理科(化学)の面白さは実験を通して伝えられることが多いと思われる。そこで、理科離れを少しでも減らすために、また学校で少しでも多く理科(化学)実験を行ってもらうために、化学系実験の基礎である水溶液の作り方(濃度計算と調製方法)[文献2~4]の自動サービスを行っている。

高校生などの中には、酸・塩基滴定中の濃度変化、体積変化やpHジャンプの現象をあまり理解していない者もあり、それらについて質問箱でも複数回答している。そこで、濃度と滴定曲線(pH)の計算方法を解説し、酸・塩基滴定をシミュレートするプログラムを開発し、ホームページで公開した。コンピュータに弱い人でも何の予備知識もなしに、いつでも必要なときに使用できる。さらにダウンロードサービスも開始するので、圧縮ファイルをダウンロードして解凍すればこのプログラムはパソコンの中だけ(オフライン)でも実行できる。

#### 2. 濃度と滴定曲線の計算方法

Java Applet プログラムを呼び出すための html ファイル[文献5]に、下記のような濃度とpH曲線の計算方法の解説を載せている。ここでは要点のみを述べるので、分かり難い場合には実際のホームページ[文献5]を参照されたい。

##### 2.1 酸と塩基の初濃度および水のイオン積

混合前の薄い酸の初濃度と体積を  $C_{A0}$  (mol/L) と  $V_{A0}$  (L) とし、薄い塩基の初濃度と体積を  $C_{B0}$  (mol/L) と  $V_{B0}$  (L) とする。混合直後で中和反応や沈殿反応がまだ起こっていないと仮定したときの仮想的な酸の初濃度  $C_A$  (mol/L) と塩基の初濃度  $C_B$  (mol/L) は

$$(1) \quad C_A = C_{A0} V_{A0} / (V_{A0} + V_{B0}), \quad (2) \quad C_B = C_{B0} V_{B0} / (V_{A0} + V_{B0})$$

水の電離より, 水のイオン積  $K_W$  (mol/L)<sup>2</sup> は

$$(3) \quad K_W = [H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2 \text{ at } 25^\circ\text{C}$$

## 2.2 1価の酸 HA と1価の塩基 BOH を組み合わせたときの計算方法(図1, 図2, 図3, 図4)

電離平衡より, 酸の電離定数  $K_A$  および塩基の電離定数  $K_B$  は

$$(4) \quad K_A = [H^+][A^-] / [HA], \quad (5) \quad K_B = [B^+][OH^-] / [BOH]$$

電気的中性より, 混合液中の正電荷の総数(濃度)と負電荷の総数(濃度)は等しい.

$$(6) \quad [H^+] + [B^+] = [OH^-] + [A^-]$$

混合液中で A は分子 HA かイオン  $A^-$  のどちらかの状態で存在するので, それらの濃度の和は初濃度  $C_A$  に等しい. B についても同様である.

$$(7) \quad C_A = [HA] + [A^-], \quad (8) \quad C_B = [BOH] + [B^+]$$

以上の式(1)~式(8)を連立させて, 水素イオン濃度  $[H^+]$  を求めると

$$(9) \quad \frac{C_A K_A}{[H^+] + K_A} - \frac{C_B K_B [H^+]}{K_W + K_B [H^+]} + \frac{K_W}{[H^+]} - [H^+] = 0$$

さらに, 水素イオン指数 pH と  $[H^+]$  の関係は

$$(10) \quad \text{pH} = -\log [H^+], \quad (11) \quad [H^+] = 10^{-\text{pH}}$$

上の式(9)は強酸~弱酸と強塩基~弱塩基の全ての組み合わせについて使用できる. 実際に計算するときには, 極小値を求める通常の方法を利用する. すなわち, Java Applet プログラムで pH の値を初期値 1 から 0.01 ずつ増加させて, 式(11)より  $[H^+]$  を求める. これらを式(9)に代入し, 左辺の絶対値が極小値(0)を通り過ぎたときの pH を求める. 次に, pH の値を 0.001 ずつ減少させて, 式(9)の左辺の絶対値が極小値にさらに近い点を通り過ぎたときの pH を求める. この様な操作を繰り返して, 許容誤差の範囲で極小値に最も近い  $[H^+]$  と pH を求める(最後は通り過ぎて1点戻る). 通常は pH の変化量で 0.001 のオーダーまで計算すれば充分である.  $[H^+]$  の値が求まったら, その他の化学種の濃度も式(1)~式(8)より計算できる.

## 2.3 2価または1価の酸と2価または1価の塩基を組み合わせたときの計算方法(沈殿しない場合)(図5)

電離平衡より, 酸の電離定数  $K_{A1}$  と  $K_{A2}$  および塩基の電離定数  $K_{B1}$  と  $K_{B2}$  は

$$(12) \quad K_{A1} = [H^+][HA^-] / [H_2A], \quad (13) \quad K_{A2} = [H^+][A^{2-}] / [HA^-]$$

$$(14) \quad K_{B1} = [\text{BOH}^+][\text{OH}^-] / [\text{B(OH)}_2], \quad (15) \quad K_{B2} = [\text{B}^{2+}][\text{OH}^-] / [\text{BOH}^+]$$

電気的中性より

$$(16) \quad [\text{H}^+] + [\text{BOH}^+] + 2[\text{B}^{2+}] = [\text{OH}^-] + [\text{HA}^-] + 2[\text{A}^{2-}]$$

混合液中における A および B の溶存状態より

$$(17) \quad C_A = [\text{H}_2\text{A}] + [\text{HA}^-] + [\text{A}^{2-}], \quad (18) \quad C_B = [\text{B(OH)}_2] + [\text{BOH}^+] + [\text{B}^{2+}]$$

以上の式(1)～式(3)および式(12)～式(18)を連立させて、水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  を求めると

$$(19) \quad \frac{C_A K_{A1} ([\text{H}^+] + 2K_{A2})}{[\text{H}^+]^2 + K_{A1} [\text{H}^+] + K_{A1} K_{A2}} - \frac{C_B K_{B1} [\text{H}^+] (K_W + 2K_{B2} [\text{H}^+])}{K_W^2 + K_W K_{B1} [\text{H}^+] + K_{B1} K_{B2} [\text{H}^+]^2} + \frac{K_W}{[\text{H}^+]} - [\text{H}^+] = 0$$

式(19)は2価または1価の強酸～弱酸と2価または1価の強塩基～弱塩基の全ての組み合わせについて使用できるので、式(9)と同様な方法で、式(19)が成立するときの  $[\text{H}^+]$  と pH を求める。 $[\text{H}^+]$  の値が求まったら、その他の化学種の濃度も計算できる。なお、1価の酸を使用する場合には  $K_{A1} = K_A$ ,  $K_{A2} = 0$  を式(19)に代入する。同様に、1価の塩基を使用する場合には  $K_{B1} = K_B$ ,  $K_{B2} = 0$  を式(19)に代入する。

#### 2.4 2価の酸と2価の塩基を組み合わせたときの計算方法(沈殿する場合)([図5](#), [図6](#))

沈殿が生じる場合にも式(12)～式(16)はそのまま使用できる。沈殿 BA の溶解度積  $K_{sp}$  は

$$(20) \quad K_{sp} = [\text{B}^{2+}][\text{A}^{2-}]$$

混合液中における A および B の溶存状態より

$$(21) \quad C_A = [\text{H}_2\text{A}] + [\text{HA}^-] + [\text{A}^{2-}] + [\text{BA}]$$

$$(22) \quad C_B = [\text{B(OH)}_2] + [\text{BOH}^+] + [\text{B}^{2+}] + [\text{BA}]$$

水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  を求めるときは、複数の極小点による Java Applet プログラムの暴走を防ぐために、最初に沈殿しないと仮定して上の式(19)を使用する。得られた  $[\text{H}^+]$  から  $[\text{A}^{2-}]$  と  $[\text{B}^{2+}]$  の値を求める。次に、それらを式(20)に代入して  $K_{sp} \geq [\text{B}^{2+}][\text{A}^{2-}]$  ならば沈殿を生じないので、 $[\text{H}^+]$ ,  $[\text{A}^{2-}]$  と  $[\text{B}^{2+}]$  の値をそのまま使用できる。しかし、 $K_{sp} < [\text{B}^{2+}][\text{A}^{2-}]$  ならば沈殿を生じるので、式(19)を使用して得られた  $[\text{H}^+]$  を初期値として、 $[\text{H}^+]$ ,  $[\text{A}^{2-}]$  と  $[\text{B}^{2+}]$  を求めなおす必要がある。式(12)～式(16), 式(20)～式(22)より

$$(23) \quad [\text{A}^{2-}] = (\text{WY} - \text{VZ}) / (\text{UY} - \text{VX}), \quad (24) \quad [\text{B}^{2+}] = (\text{WX} - \text{UZ}) / (\text{UY} - \text{VX})$$



$$U \equiv ([H^+]^2 + K_{A1} [H^+] + K_{A1} K_{A2}) / (K_{A1} K_{A2})$$

$$V \equiv (K_W^2 + K_W K_{B1} [H^+] + K_{B1} K_{B2} [H^+]^2) / (K_{B1} K_{B2} [H^+]^2)$$

$$W \equiv C_A - C_B, \quad X \equiv ([H^+] + 2K_{A2}) / K_{A2}$$

$$Y \equiv (K_W + 2K_{B2} [H^+]) / (K_{B2} [H^+]), \quad Z \equiv [H^+] - K_W / [H^+]$$

$$(25) \quad K_{sp} - [B^{2+}][A^{2-}] = 0$$

式(25)は沈殿が生じる場合に使用できるので、初期値は異なるが式(9)と同様な方法で、式(25)が成立するときの  $[H^+]$ 、 $[A^{2-}]$  と  $[B^{2+}]$  を求める。 $[H^+]$  等の値が求まったら、その他の化学種の濃度も計算できる。

### 3. 滴定曲線の計算例

#### 3.1 強酸－強塩基の滴定曲線

塩酸－水酸化ナトリウム水溶液の滴定曲線を図1に示す。上側中央部の赤線は塩酸に水酸化ナトリウムを滴下した場合の pH 変化であり、強酸－強塩基の滴定なので当量点で大きく pH ジャンプしている。上側右端部の赤丸(●)は滴定にともなう水素イオン濃度  $[H^+]$  の減少を、赤四角(□)は水酸化物イオン  $[OH^-]$  の増加を表している。さらに比較のために、滴定液と非滴定液を交換した場合の滴定曲線と  $[H^+]$ 、 $[OH^-]$  を黒色の曲線と記号で表す。2つの結果には、初濃度と最終濃度の違い(滴定方向の違い、体積変化の影響)が見られる。滴定にともなう各化学種の濃度変化を図2に示す。塩素イオン濃度  $[Cl^-]$  (橙色の◇)は体積増加により減少し、ナトリウムイオン濃度  $[Na^+]$  (青色の◆)は滴下量とともに増加している。なお、正確な電離定数の値[文献6]が不明で、非常に大きい値で代用しているため、分子の濃度 ( $[HCl]$ : 紫色の▽,  $[NaOH]$ : 緑色の▼)の絶対値については信用できない。

#### 3.2 弱酸－弱塩基の滴定曲線

酢酸－アンモニア水の滴定曲線および滴定液と非滴定液を交換した滴定曲線を図3に示す。電離定数は化学便覧の値[文献6]を使用した。図1の曲線と比較して、弱酸－弱塩基の滴定なので pH ジャンプが小さくなっている。さらに、各化学種の濃度変化を図4に示す。図2の結果と比較して、分子濃度が増加し、 $[H^+]$  や  $[OH^-]$  の値が小さくなっている。

#### 3.3 沈殿しない場合と沈殿する場合の滴定曲線の比較

シュウ酸－水酸化ナトリウム水溶液の滴定曲線(沈殿しない場合)とシュウ酸－水酸化バリウム水溶液の滴定曲線(沈殿する場合)の比較を図5に示す。窒素ふん囲気中で実際に実験すると(図7)、水酸化バリウムの滴下量が 3.0mL (pH2.4) の付近で白色沈殿が始めて目視でき、その後滴定曲線が上昇 (pH が増加) し難くなった。しかし、溶解度積の文献値[文献6]によれば、この試薬濃度なら1滴落とただけで沈殿が生ずるはずである。実際にその様にならないのは、沈殿の粒子が極端に小さくて、その影響で溶解度が増加したもの(過飽和の現象に類似?)と想像される。そこで、実情に合わせて沈殿発生位置を調整するために、見掛けの溶解度積を入力できるようにした。見掛けの溶解度積を変えて滴定曲線の形を比較した例を図8に示す。溶解度積の文献値[文献6]を使用すると、紫色の滴定曲線になり最初から沈殿を生ずる。しかも、実測した滴定曲線(図7の下図)とは異なり、2段階に電離する階段状の滴定曲線ではなく、硫酸(強酸)の様な滴定曲線に変化する。見掛けの溶解度積を使用したとき、沈殿発生後に溶解度積

が見掛けの値から文献値[文献6]に急激に小さくなるならば、滴定曲線が赤線から紫線にジャンプするはずである。ところが、実測曲線(図7の下図)は少し折れ曲がっているだけである。ただし、計算値(図8の赤線)と完全には一致せず、折れ曲がり方も少し異なっているため、沈殿発生後に見掛けの溶解度積の値が徐々に変化している可能性もある。沈殿発生は不均一系の過渡的な現象(不安定で最終的な溶解平衡の状態ではない)であり、滴定に伴う見掛けの溶解度積の値(変動)には理論的根拠が乏しい。そこで、見掛けの溶解度積は一定であると仮定して、実測曲線(図7の下図)になるべく似る様な値を選んでいる。沈殿する場合(シュウ酸-水酸化バリウム水溶液の滴定)の各化学種の濃度変化を図6に示す。沈殿発生位置と当量点で各化学種の濃度が複雑に変化していて興味深い。沈殿が発生する場合には正確な濃度を計算できないかもしれないが、滴定に伴う各化学種の濃度変化の傾向を理解するには十分であろう。この変化傾向を理解していない高校生等に、これを見てもらうことが重要である。なお、沈殿が発生すると滴定曲線(計算値)が下方(pHの小さい方)に折れ曲がる理由は、 $[A^{2-}]$ と $[B^{2+}]$ の減少により式(12)~式(15)の化学平衡が右に移動し、 $[H^+]$ が増加するためと考えられる。

#### 4. pH指示薬の変色域, 色見本とRGB値

Java Applet プログラムを呼び出すためのhtmlファイル[文献5]に、下記のようなpH指示薬の変色域, 色見本とRGB値(表1)を載せている。表中で中村理科とカッコ書きしているRGB値は、中村理科が市販しているSZK標準管をデジタルカメラ(Nikon D80)で撮影し、画像処理ソフト(Adobe Photoshop 5.0)でその画像の適切な部分を切り取り、単色化(ぼかし)して決定した。その他のRGB値は、以前に報告した16階調の値[文献7]を256階調に換算して使用した。

#### 5. 利用者の操作方法

Java Applet プログラムを呼び出すためのhtmlファイル[文献5]に、下記のような操作方法(コマンドボタンとその内容の説明)を載せている。もしも、実行画面の左上に「0.0」などの異常な数字が表示された場合には、原因は不明だがJavaをアップデート(Ver. 1.5以降)したり、メモリー(1MB以上)を増設すると正常に動作するようになる。

コマンドボタン	内容の説明
Ba(OH) <sub>2</sub> , Ca(OH) <sub>2</sub> , NaOH, NH <sub>4</sub> OH, 硫酸, シュウ酸, 塩酸, 酢酸	酸・塩基は16種類の組み合わせが可能です。
塩基滴下 ⇒ 酸滴下 ⇒	クリックするたびに滴下試薬が切り替わります。
メチルオレンジ MO ⇒ プロモフェノールブルーBPB ⇒ プロモクレゾールグリーン BCG ⇒ プロモチモールブルーBTB ⇒ プロモチモールブルーBTB ⇒ フェノールレッド PR ⇒ チモールブルーTB ⇒ フェノールフタレイン PP ⇒	クリックするたびに指示薬が切り替わります。  pH指示薬の変色域, 色見本とRGB値(表1)
数値読込	数値を入力したら、最後にクリックします。 または入力ごとに[Enter]を押します。
開始	滴定曲線を最初から描きます。

一時停止 ⇒ 再開 ⇒	クリックするたびに命令が切り替わります。
繰り返し ⇒ 目盛付近手動 ⇒ 当量付近手動 ⇒ 最後停止 ⇒	クリックするたびに実行モードが切り替わります。
曲線記憶 ⇒ 曲線消去 ⇒	任意の位置で6本まで記憶できます。

テキストボックス	内容の説明
塩基濃度, 横軸目盛, 酸の濃度, 試料体積, 見掛けの溶解度積, 縦軸の最大濃度	数値を変更するには, TextBox に入力するたびに [Enter] キーを押すか, 最後にまとめて数値読込をクリックします。

チェックボックス	内容の説明
記憶した pH 曲線, $[H^+]$ と $[OH^-]$ を図示するか, 計算中の濃度を図示するかを指定します。	
上段の表には計算中の数値を表示します。下段の表には, 記憶済みの曲線から表示するものを選択できます。	

キーボードの Print Screen キー ( COPY キー) を押した後, 画像処理プログラム ( Photoshop 等) を起動し, 新規ファイルにペースト ( はりつけ) すれば, 画面を取り込めます。編集や保存もできます。その後、ワープロ文章 ( Word, 一太郎等) に画像の必要部分を切り取り ( カット & ペースト) できます。

## 6. 使用したソフトウェア

使用した OS は Microsoft 社の Windows 98 Second Edition, 2000 Professional, XP Home Edition, XP Professional である。Java Applet は多くの書籍 [文献8~13] を参考にして, Borland 社の JBuilder 2005 Developer で作成し, フリーソフトウェア FFFTP 1.88 [文献 14] でサーバーにアップロードした。HTML ファイルは IBM 社のホームページ・ビルダー 11 [文献 15, 16] で編集・作成した。

## 7. おわりに

教育学部のサーバーだけでなく, 学外のサーバーにもシミュレーションプログラムを載せてサービスを開始した [文献1]。学校の授業や自由研究等でも利用できると思われる。今後はさらに, シミュレーションの種類を増やし, 少しずつサービスを充実していく。

参考文献など (URL は全て 2007 年 8 月 30 日時点のものです)

- [文献1] トップページアドレス 本館 <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/>  
 縮小版1 <http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/>  
 縮小版2 <http://www.e-sensei.ne.jp/~ashida/> (サーバー停止中?)  
 別館1 <http://www.geocities.jp/ashidabk1/> (閲覧のみ)  
 別館2 <http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/>  
 別館3 <http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/>

- [文献2] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス -塩化ナトリウム水溶液-』化学教育ジャーナル(CEJ),第7巻第1号(通巻12号),採録番号7-5(2003)
- [文献3] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス -酢酸水溶液, 塩酸, アンモニア水, 水酸化ナトリウム水溶液-』化学教育ジャーナル(CEJ),第8巻第1号(通巻14号),採録番号8-3(2004)
- [文献4] Minoru Ashida, et al., Automatic Services of Calculating Data and for the Preparation of Solutions by Using Internet: - Nitric Acid Aqueous Solution and Sulfuric Acid Aqueous Solution-, The Chemical Education Journal (CEJ), Vol. 9, No. 2 (Serial No. 17). The date of issue: January 30, 2007./Registration No. 9-14/Received March 7, 2006.
- [文献5] <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/calcgrap/AppletT02.htm>
- [文献6] 日本化学会編『化学便覧基礎編』丸善(株)
- [文献7] 芦田実, 吉田俊久, 『カラーグラフィックスによる化学物質の色の表示』化学と教育, 41(1), 17-18(1993)
- [文献8] 高橋和也ほか『Java 逆引き大全 500 の極意』(株)秀和システム
- [文献9] 田中秀治『Jbuilder5 で入門! Java プログラミング』ソーテック社
- [文献10] 松浦健一郎, 司ゆき『はじめての JBuilder6』ソフトバンク(株)
- [文献11] 赤間世紀『Java2 による数値計算』技報堂出版(株)
- [文献12] 青野雅樹『Java で学ぶコンピュータグラフィックス』(株)オーム社
- [文献13] 中山茂『Java2 グラフィックスプログラミング入門』技報堂出版(株)
- [文献14] <http://www2.biglobe.ne.jp/~sota/>
- [文献15] 『ホームページビルダー 11 ユーザーズ・ガイド』日本アイ・ビー・エム(株)
- [文献16] アンク『HTML タグ辞典』翔泳社

[元の本文位置に戻る](#)



[トップへ](#)



[CEJ, v10n1 目次へ](#)

表1 pH指示薬の変色域, 色見本とRGB値

指示薬の変色域, 色見本とRGB値					指示薬の変色域, 色見本とRGB値				
MO	メチルオレンジ				BPB	プロモフェノールブルー(中村理科)			
pH	色見本	R値	G値	B値	pH	色見本	R値	G値	B値
2.6		248	88	88	3.0		254	255	75
3.0		248	104	88	3.2		249	254	104
3.2		248	104	72	3.4		228	234	145
3.4		248	120	72	3.6		207	212	153
3.6		248	120	56	3.8		185	166	144
3.8		248	136	56	4.0		151	127	159
4.0		248	152	56	4.2		148	107	177
4.2		248	152	40	4.4		134	74	182
4.4		248	168	40	4.6		124	57	189
4.6		248	168	24					

BCG	プロモクレゾールグリーン(中村理科)				BTB	プロモチモールブルー(東洋ろ紙)			
pH	色見本	R値	G値	B値	pH	色見本	R値	G値	B値
4.0		214	224	116	5.8		248	200	8
4.2		194	224	149	6.2		248	200	8
4.4		156	216	171	6.4		232	200	8
4.6		127	211	191	6.6		216	184	24
4.8		72	201	202	6.8		200	184	40
5.0		14	188	227	7.0		168	168	56
5.2		1	195	239	7.2		152	168	72
5.4		1	188	248	7.4		136	152	88
5.6		1	177	251	7.6		120	152	104
5.8		0	163	251	7.8		104	152	120
					8.2		104	136	120
BTB	プロモチモールブルー(中村理科)				PR	フェノールレッド(中村理科)			
pH	色見本	R値	G値	B値	pH	色見本	R値	G値	B値
5.8		254	237	88	6.8		254	218	127
6.0		254	243	96	7.0		254	202	123
6.2		242	244	115	7.2		255	194	145
6.4		215	233	121	7.4		255	160	141
6.6		181	217	130	7.6		251	134	142
6.8		128	202	151	7.8		254	119	159
7.0		89	199	177	8.0		254	82	164
7.2		25	187	203	8.2		254	61	177
7.4		1	166	201	8.4		250	37	171
TB	チモールブルー(中村理科)				PP	フェノールフタレイン			
pH	色見本	R値	G値	B値	pH	色見本	R値	G値	B値
8.0		240	230	85	7.8	無色	255	255	255
8.2		231	227	109	8.4		248	216	232
8.4		204	206	134	8.8		248	152	216
8.6		169	179	138	9.0		248	88	216
8.8		134	148	141	9.2		248	24	200
9.0		113	142	189	9.4		232	8	184
9.2		86	115	206	9.6		216	8	168
9.4		53	81	211	10.0		216	8	152
9.6		43	74	224	10.6		200	8	136
9.8		29	56	223					

※ 中村理科は中村理科が市販しているSZK標準管を用いて決定したRGB値である。  
 東洋ろ紙は東洋ろ紙が印刷・配布している色見本を用いて決定したRGB値である[文献6]。  
 無印はpH緩衝液を調製して決定したRGB値である[文献6]。

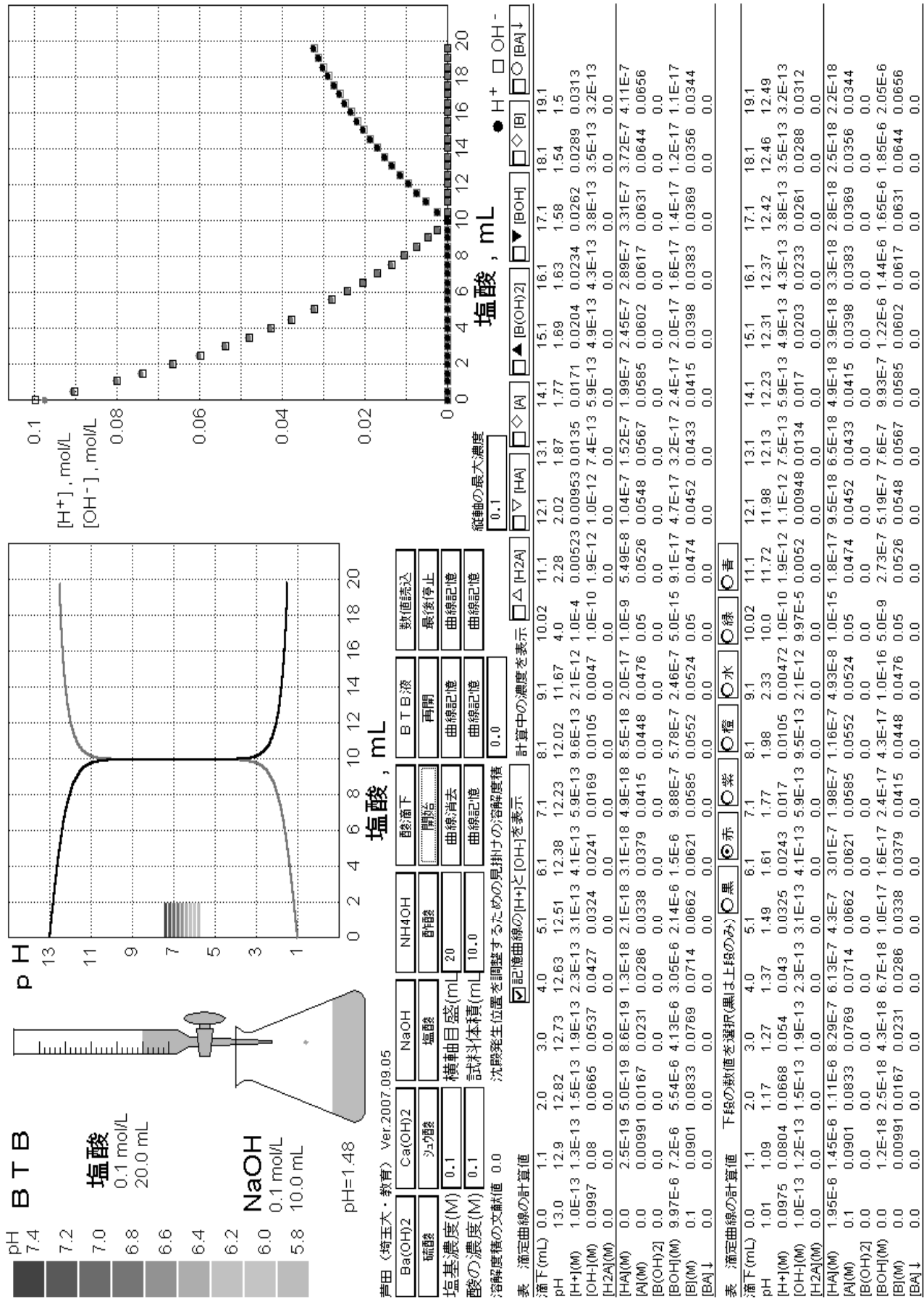


図1 強酸-強塩基の滴定曲線(塩酸-水酸化ナトリウム水溶液)および滴定液と非滴定液を交換した曲線との比較

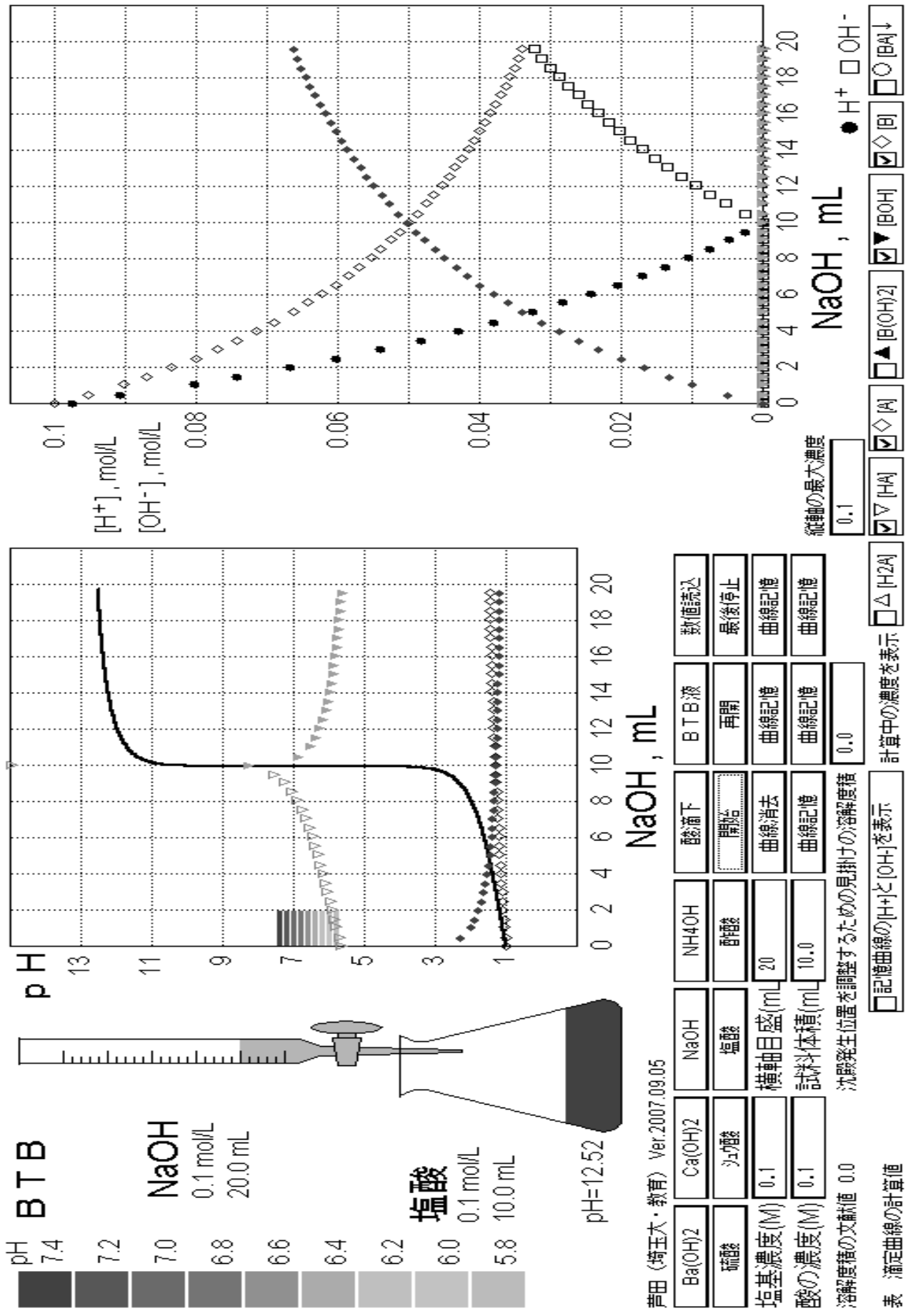


図2 強酸-強塩基の滴定曲線(塩酸-水酸化ナトリウム水溶液)および各化学種の濃度変化

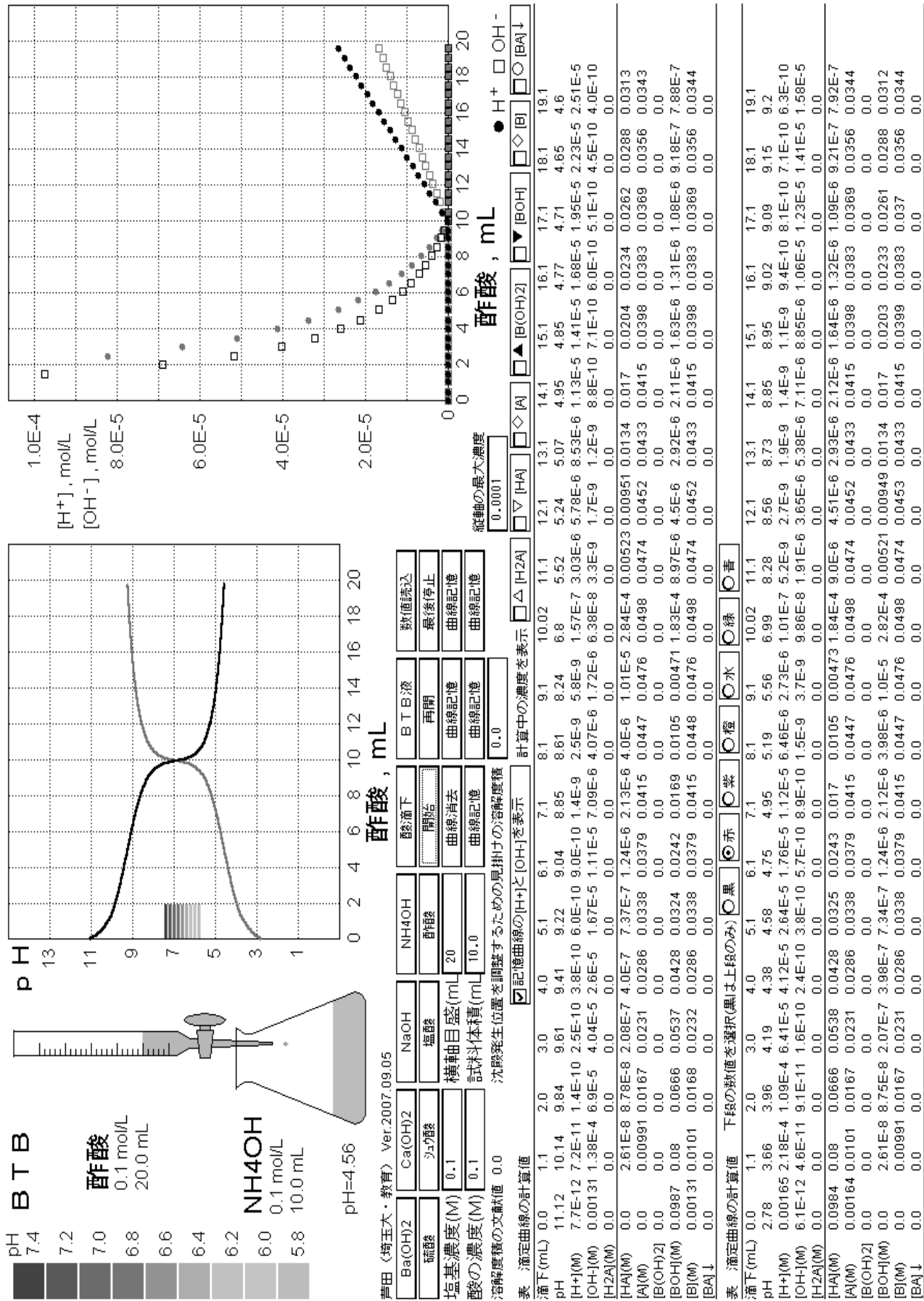


図3 弱酸-弱塩基の滴定曲線(酢酸-アンモニア水)および滴定液と非滴定液を交換した曲線との比較



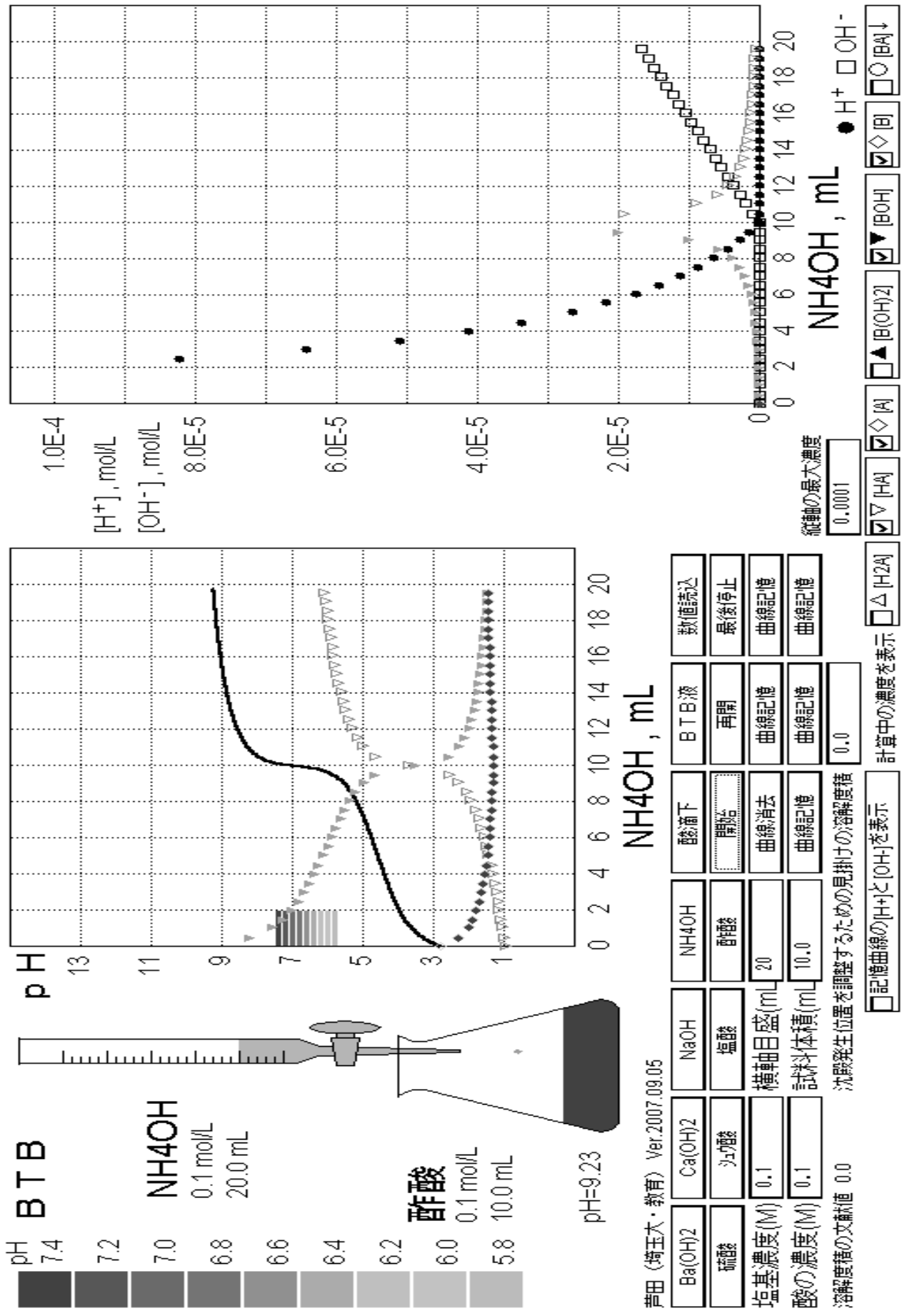


図4 弱酸-弱塩基の滴定曲線(酢酸-アンモニア水)および各化学種の濃度変化

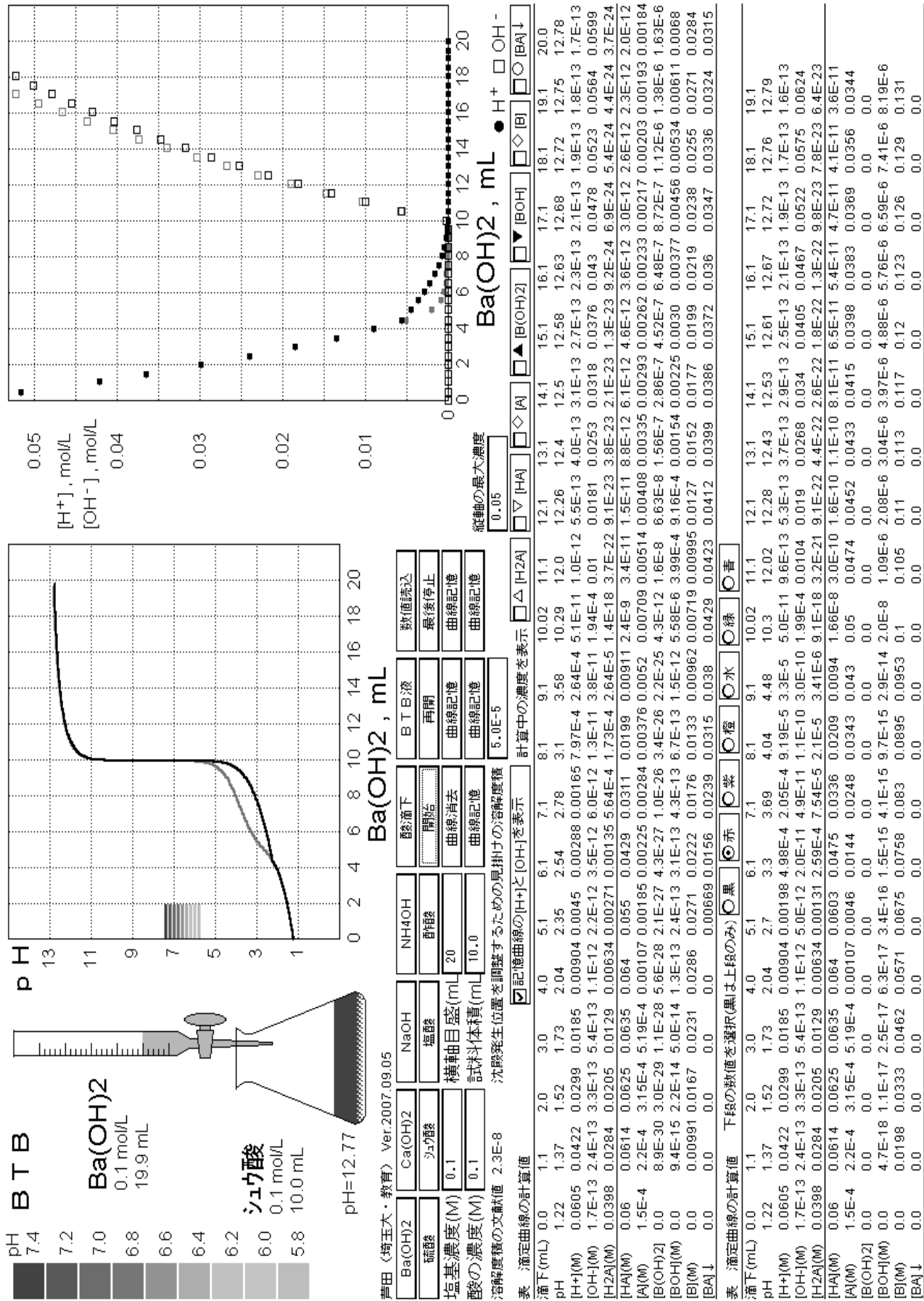


図5 沈殿しない場合と沈殿する場合の滴定曲線の比較(シュウ酸-水酸化ナトリウム水溶液, シュウ酸-水酸化バリウム水溶液)

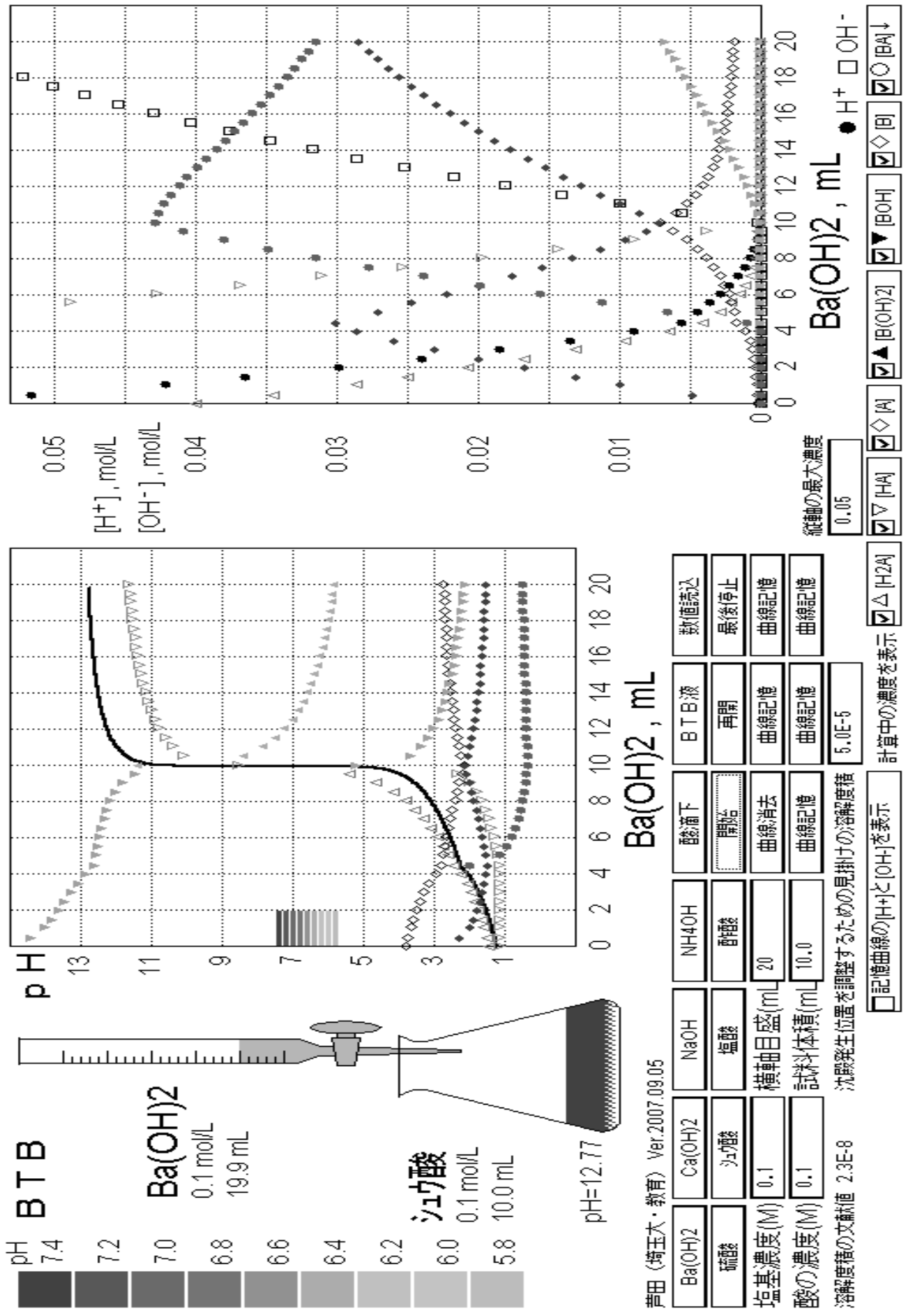


図6 沈殿する場合の滴定曲線(シュウ酸-水酸化バリウム水溶液)および各化学種の濃度変化

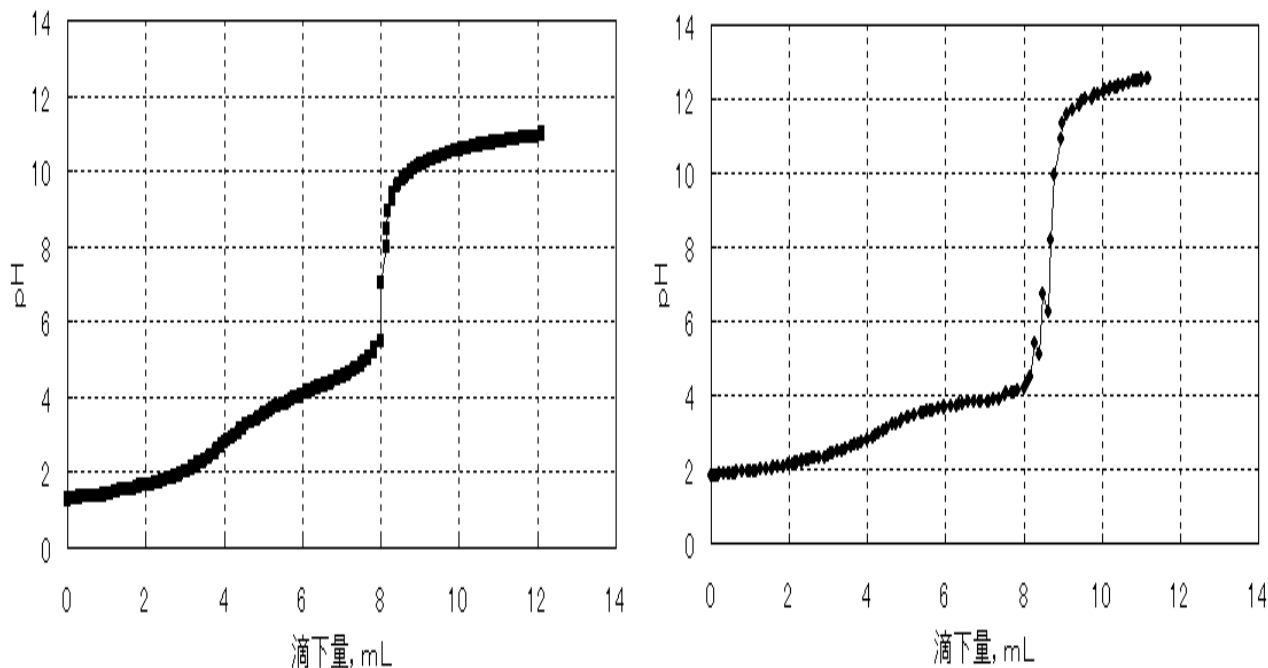


図7 沈殿しない場合と沈殿する場合の滴定曲線の実測値の比較

左図: シュウ酸-NaOH 水溶液系, 窒素ふん囲気中で 0.050mol/L のシュウ酸 25.0mL を約 0.31mol/L の NaOH 水溶液で滴定した.

右図: シュウ酸-Ba(OH)<sub>2</sub> 水溶液系, 窒素ふん囲気中で 0.025mol/L のシュウ酸 31.0mL を約 0.090mol/L の Ba(OH)<sub>2</sub> 水溶液で滴定した. 滴下量 3.0mL (pH2.4) 付近で沈殿が生成し始めた.

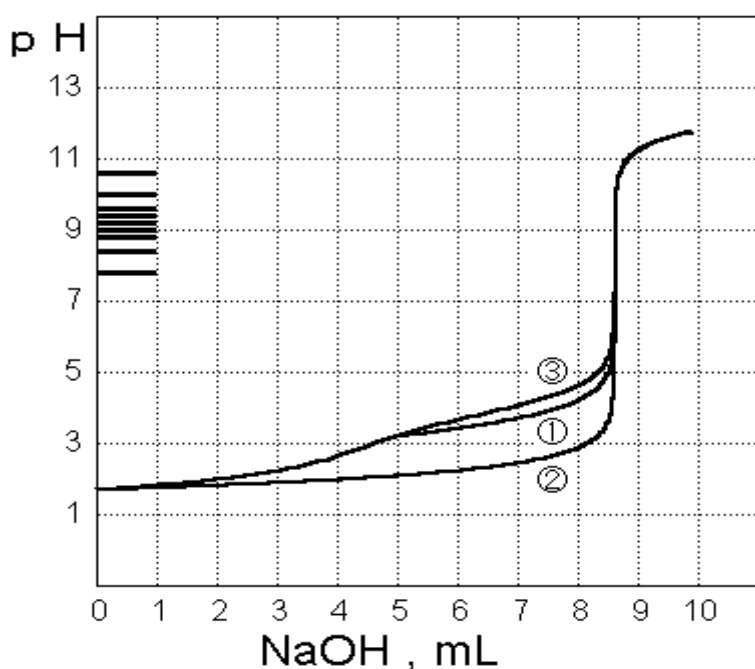


図8 溶解度積の値を変更した場合の滴定曲線の計算値の比較

赤線①:  $K_{sp}=5.0 \times 10^{-5}$  を使用して, 0.025mol/L のシュウ酸 31.0mL を 0.090mol/L の Ba(OH)<sub>2</sub> 水溶液で滴定した場合の計算値(滴定途中で沈殿し始める).

紫線②:  $K_{sp}=2.3 \times 10^{-8}$  (文献値) を使用して, 0.025mol/L のシュウ酸 31.0mL を 0.090mol/L の Ba(OH)<sub>2</sub> 水溶液で滴定した場合の計算値(最初から沈殿する).

黒線③: 比較のために, 0.025mol/L のシュウ酸 31.0mL を 0.18mol/L の NaOH 水溶液で滴定した場合の計算値(沈殿しない).

## V. おわりに

本研究室のホームページに設けた質問箱への質問件数が、平成13年度に10件、平成14年度に21件、平成15年度に48件、平成16年度に141件、平成17年度に123件、平成18年度に116件と推移してきた。最初のうちは年々倍増したが、質問が増えすぎたので平成16年6月下旬より質問受付を制限し、年間120件を目安に回答してきた。学内・学外のサーバーから公開するホームページの数を増やしてきたこと、回答済みの質問が増えてきたことなどにより、利用者がインターネットで検索したとき質問箱が見つかり易くなったものと思われる。しかし、平成19年度は11月下旬現在で45件と例年の3分の1に減少している。質問が最も殺到していたホームページ(縮小版2)のサーバーが平成19年5月初旬より停止している影響が非常に大きい。平成19年7月初旬より別館1～3を新たに開設したが、これらはインターネット上でほとんど知られていないため、質問数の回復にはつながらなかった。なお、小学校～高等学校の教員や指導主事等からの質問は依然として少ない。理科離れを未然に防ぐために、質問箱を世間一般に知らしめる努力をなおいっそう行う必要があり、質問箱は今後も長年にわたって維持するつもりである。さらに、質問と回答を整理して、利用者が閲覧しやすいように改良する予定である。

インターネットを活用した溶液の濃度計算と調製方法について、本年度は「シュウ酸水溶液」、「シュウ酸ナトリウム水溶液」の2つを試作した。定性・定量分析のシミュレーションおよびクイズ形式の化学Q&A集等に関する自動サービスも含めて、これらを今後さらに充実させていく予定である。大学の授業などで利用したり、学生に紹介したので、利用者は少しずつ増加してきた。今後は利用者が益々増加していくと思われる。

## 謝辞

平成18年度～平成21年度 科学研究費補助金(基盤研究(C)(2),平成19年度分)を受けて研究成果が大いにあがったことを、ここに記して謝意を表す。同時に本研究の遂行には、研究分担者を始めとして多くの協力者の協力を得たことも、ここに記して感謝致します。

---

平成18年度～平成21年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))  
研究成果報告書(平成19年度分冊, 課題番号 18500651)

「理科離れを未然に防ぐために理科(化学)の実験  
や学習を支援するホームページの開発」

平成20年1月 発行

発行者

研究代表者 埼玉大学教育学部教授 芦田 実

---

---

# 理科離れを未然に防ぐために理科(化学)の実験 や学習を支援するホームページの開発

---

(課題番号 18500651)

平成18年度～平成21年度科学研究費補助金(基盤研究(C))報告書

(平成20年度分冊)

平成21年3月

研究代表者 芦田 実  
(埼玉大学 教育学部 教授)

# 理科離れを未然に防ぐために理科(化学)の実験 や学習を支援するホームページの開発

芦田 実(埼玉大学 教育学部 教授)

— 目次 —

I. はじめに	-----	1
1. 緒言	-----	1
2. 研究組織	-----	4
3. 交付決定額(配分額)	-----	4
4. 研究発表	-----	4
5. ホームページのURL(アドレス)	-----	5
6. 過去の報告書(pdf版)の配布URL(アドレス)	-----	5
II. 平成20年度に質問箱に寄せられた質問と回答	-----	5
III. ホームページの開発	-----	71
1. 溶液の濃度計算と調製方法の自動サービス	-----	72
2. 化学実験のシミュレーション	-----	72
IV. 参考資料(研究発表)	-----	72
V. おわりに	-----	125
謝辞	-----	125

## 理科離れを未然に防ぐために理科(化学)の実験 や学習を支援するホームページの開発

芦田 実(埼玉大学教育学部教授)

### I. はじめに

#### 1. 緒言

理科(化学)の面白さは実験を通して伝えられることが多い。ところが、特に理科専修以外の出身の小学校教員の中には、化学系実験の一番の基礎である濃度計算や調製方法を修得していない小学校教員が多数おり、実験を嫌うので理科離れの原因の1つになっている。本研究の1つ目の目的は、このような教員にも授業中に、なるべく多くの実験をやってもらうことである。児童・生徒の中には、理科(化学)の授業内容についていけず、理科(化学)の現象や考え方(概念)が十分に理解できず、つまらなくなり、そのまま理科嫌いになる児童・生徒がいる。本研究の2つ目の目的は、そうなる前に児童・生徒に理科(化学)の現象や考え方を理解してもらうことである。そこで、理科離れを少しでも未然に防ぐために、理科(化学)の実験や学習を支援する目的で、化学研究室のホームページを開発し、管理・運営している。図1に研究開始当初の概略を示す。

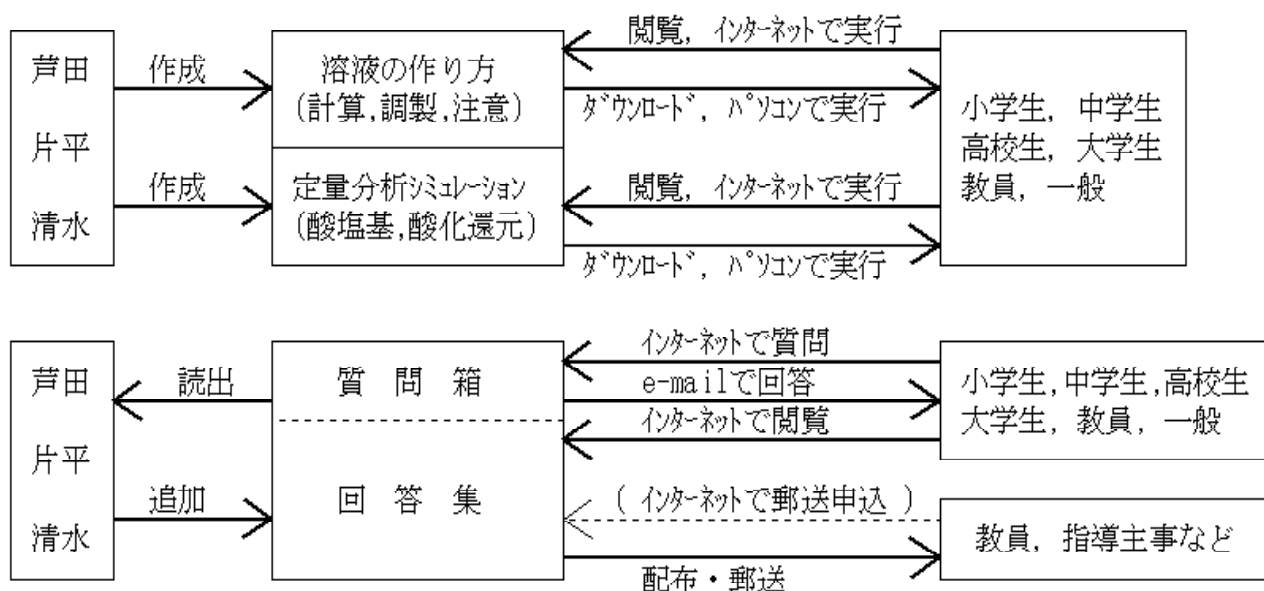


図1 研究開始当初の概略図

「溶液の作り方(濃度計算, 調製方法, 注意事項)」と「酸-塩基滴定のJavaシミュレーション」に関する自動サービスを開始している(インターネット上で実行可能, ダウンロードしてパソコンの中だけでも実行可能, 予備知識が不要)。少しでも多くの人に理科(化学)現象や概念を理解してもらうために、理科(化学)に関する「質問箱」を設け、必要に応じて日常生活に置き換えて(メタファー)分かり易くe-mailで回答し、他の閲覧者のためにホームページにも回答集を公開している。

教育学部の多数の学生(約480名)に授業中にホームページを紹介し、教育実習(特に理科専修生以外)のときや、教員になったときに活用することを勧めている。さらに、質問箱の回答集と溶液の作り方等の紹介をまとめて印刷・製本し、指導主事、化学研究室の卒業生の小学校～高校教員等の教育関係者、大学説明会の参加者に配布し、ホームページで得た成果や知見を教育現場へ還元するとともに、ホームページの活用を呼びかけている(現職教育, 遠隔地教育, 宣伝)。これらのサービスをさらに追加・充実する。



H16年6月から質問箱の閲覧数が急増したので、H16年9月からアクセスログを記録した。質問箱の閲覧数(図2)を分析した結果、平成17, 18, 19年度の閲覧総数は54,012件, 43,235件, 23,633件(各年度とも研究室からの確認用閲覧約200件を含む)にもなり、その必要性や存在意義は益々高まっている。また、平成20年度の閲覧数は11月下旬現在で21,617件になる。平成19年度から閲覧数が減少した理由は、最も盛況だったホームページのサーバー(縮小版2)が平成19年5月初旬から停止したためである。月別の閲覧数には変動があり、学期末が近づくに連れて、試験対策用に増加していると思われる。閲覧数が多いのは5~7月, 10~11月であり、少ないのは2~4月, 8~9月である。また、閲覧数は平日に多く、土日に少ない傾向がある(図省略)。

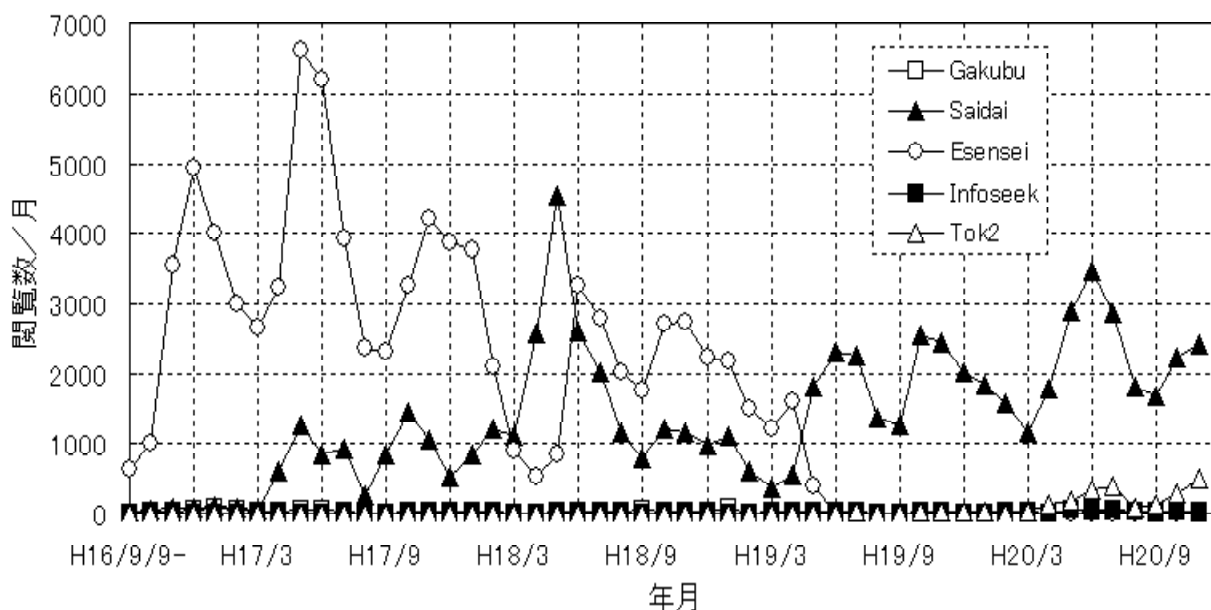


図2 閲覧数の推移(記録開始H16年9月10日)

本館	Saidai	<a href="http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/">http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/</a>
縮小版1	Gakubu	<a href="http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/">http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/</a>
別館2	Infoseek	<a href="http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/">http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/</a>
別館3	Tok2	<a href="http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/">http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/</a>

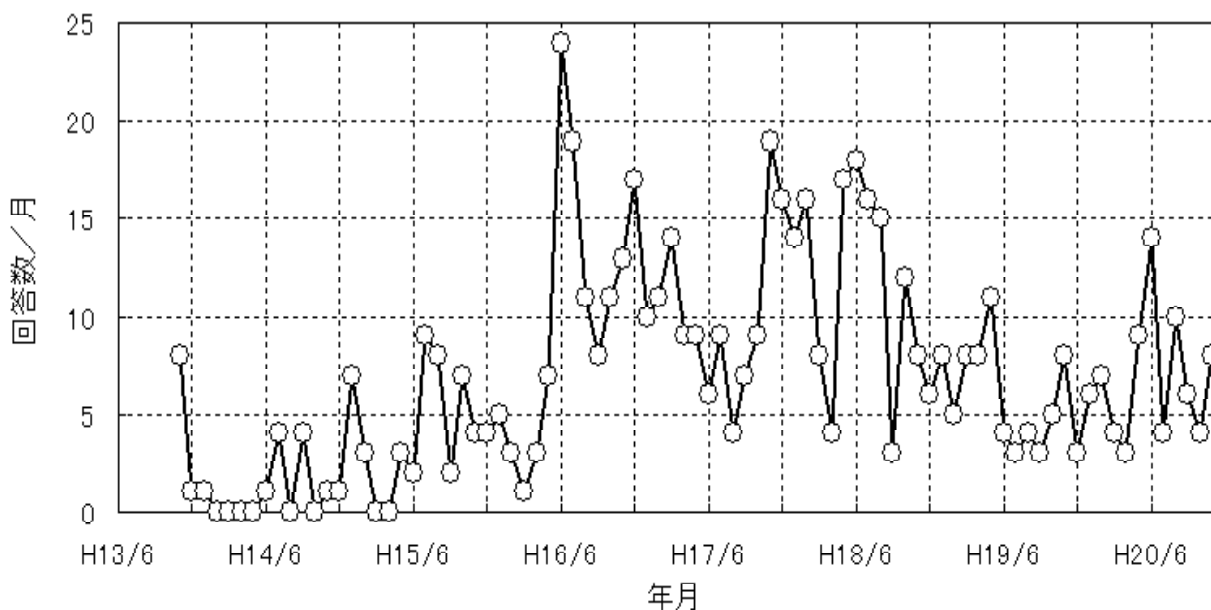


図3 回答数の推移(H16年6月下旬より質問受付を制限)

閲覧数に比例して質問数も増え、H16年度に126件、H17年度に124件の質問に回答している。回答数(図3)の変動にも閲覧数と類似の傾向が見られる。ただし、平成16年6月下旬より質問の受付を少し制限しているため、回答数の推移については必ずしも利用者の質問頻度の実態を反映したものではない。また、閲覧数と同様に回答数にもサーバー1つの停止が大きく影響している。回答総数が増えれば増えるほど、相乗効果で閲覧数も増えるので、児童・生徒が理科嫌いにならないための支援は、それなりの効果を上げられると思われる。質問があまりに多い時期(H16～H18年度)には質問の受付を少し制限し(カウンタ追加)、厳選して回答したことがある。現在は質問がやや減少し、年間70～80件の質問に回答している。姓名とE-mailが書かれていない質問、大学生のレポート用の質問、目的や内容が不正確な質問、急ぎの質問、過去の質問と類似した質問等は一部お断りしたものである。これにより利用者にご迷惑をおかけしたことを、この場でお詫び致します。

表1 質問内容による分類(推定)

年度	小学生	中学生	高校生	大学生	教員等	企業等	一般人	計
13	0	0	1	1	2	0	6	10
14	0	1	3	7	4	0	6	21
15	0	2	24	17	4	0	0	47
16	2	7	56	40	6	7	8	126
17	1	4	48	39	6	23	3	124
18	1	3	40	39	8	21	6	118
19	0	3	25	28	4	13	0	73
20	1	6	28	17	4	17	5	78
計	5	26	225	188	38	81	34	597
%	0.8	4.4	37.7	31.5	6.4	13.6	5.7	100

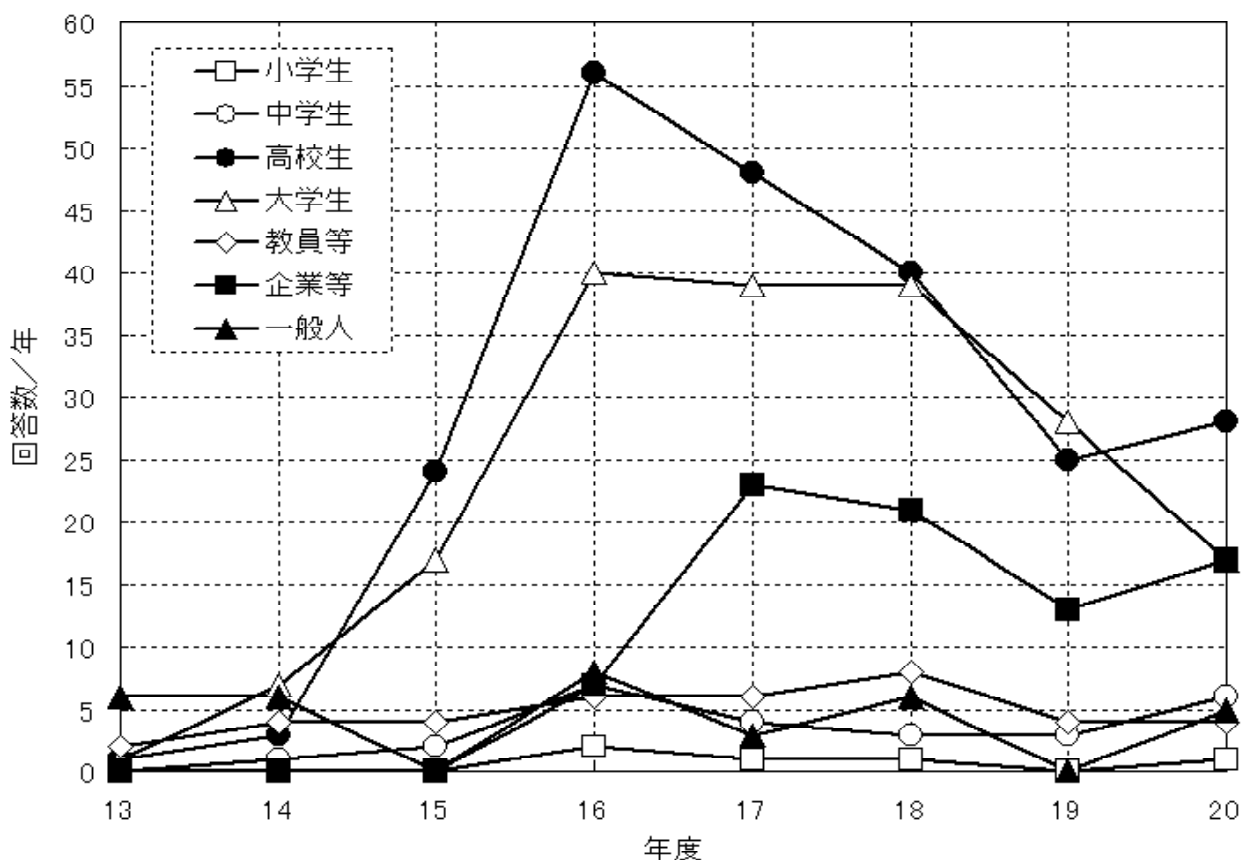


図4 質問内容による分類(推定)

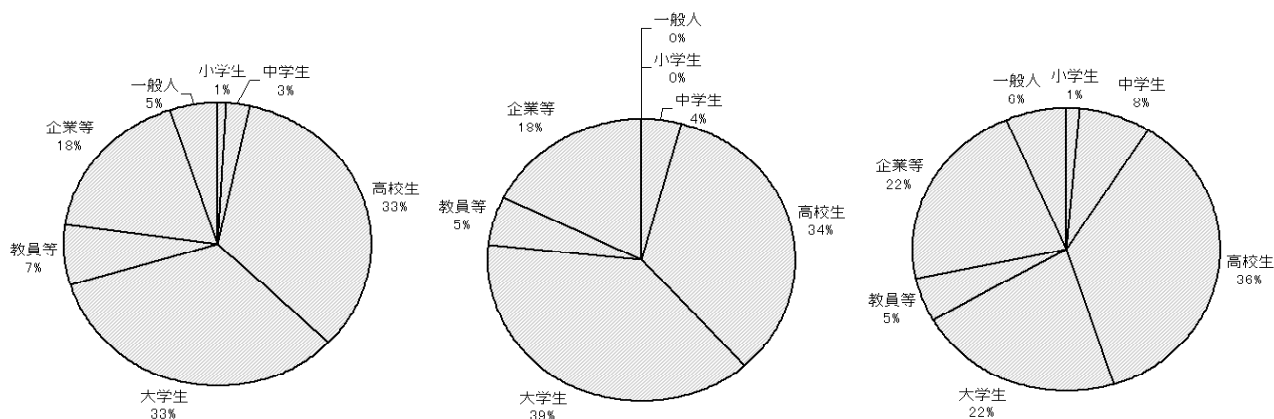


図5 質問内容による分類(推定)

左から平成18年度，平成19年度，平成20年度の回答数の割合(%)

最近2～3年間の質問者数の内訳は，質問内容から考えて，多いほうから順に，高校生，大学生>企業等>教員(小学校～高校教員)，中学生，一般>小学生である(表1，図4，図5)．高校生と大学生からの質問数は減少傾向にあるが，企業からの質問数はあまり増減していない．一方，教員はまだまだ忙し過ぎて，インターネットを利用している時間が少ないと思われる．したがって，本研究室のホームページも一般の教員にはあまり知れわたっていないと考えられる．それゆえ，あらゆる機会を通じて，質問箱の回答集等を印刷・製本したものを教員・指導主事や卒業生および大学説明会の参加者等に配布することは大変重要である．製本したもののほうが，いちいちパソコンを起動しなくて済むので，手軽に読むことができる．また，教育学部の多数の学生(教員の卵)にホームページを紹介して活用を勧めることも大変重要である．理科(化学)が苦手な教員(特に小学校教員)を支援するためには，これらを長年にわたって地道に続けなければ，効果が上がらないと思われる．他のサービス(溶液の作り方，化学実験のシミュレーション)は，全てサーバーにより自動的に実行できる．それゆえ，それらのプログラムの開発には長時間かかるが，完成した後は手間がかからない利点がある．

## 2. 研究組織

研究代表者：芦田 実 (埼玉大学教育学部教授)

連携研究者：片平克弘 (埼玉大学教育学部教授，平成20年10月1日より筑波大学大学院人間総合科学研究科準教授) 平成18～19年度は研究分担者

連携研究者：清水 誠 (埼玉大学教育学部教授) 平成18～19年度は研究分担者

## 3. 交付決定額 (配分額，単位：千円)

	直接経費	間接経費	合計
平成18年度	1,300	0	1,300
平成19年度	1,000	300	1,300
平成20年度	700	210	910
平成21年度	600(予定)	180(予定)	780(予定)
総計	3,600(予定)	690(予定)	4,290(予定)

## 4. 研究発表 (主に研究代表者の資料を記載する)

- 1) 芦田実，遠藤尊士，新保佳奈美，溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス—シュウ酸水溶液およびシュウ酸ナトリウム水溶液—，化学教育ジャーナル(CEJ)，第11巻第1号(通巻20号)発行2008年11月11日/採録番号11-4/2008年6月5日受理(2008)，URL = <http://www.juen.ac.jp/scien/cssj/cejrn.html>
- 2) 芦田実，谷津勇太，新山拓也，定量分析シミュレーションのインターネットに

よる自動サービス－混合滴定－，化学教育ジャーナル(CEJ)，第11巻第1号（通巻20号）発行2008年11月11日／採録番号 11-5／2008年6月11日受理(2008)，URL =<http://www.juen.ac.jp/scien/cssj/cejrn.html>

3) 芦田実，深澤晋，柳沼杏菜，定量分析シミュレーションのインターネットによる自動サービス－酸化・還元滴定－，化学教育ジャーナル(CEJ)，第11巻第1号（通巻20号）発行2008年11月11日／採録番号 11-6／2008年6月18日受理(2008)，URL = <http://www.juen.ac.jp/scien/cssj/cejrn.html>

## 5. ホームページのURL（アドレス）

本研究室のホームページのURL（アドレス）を次に記す。

- 1) 本館 <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/>
- 2) 縮小版 1 <http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/>
- 3) 縮小版 2 <http://www.e-sensei.ne.jp/~ashida/>（サーバー停止中）
- 4) 別館 1 <http://www.geocities.jp/ashidabk1/>（閲覧のみ）
- 5) 別館 2 <http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/>
- 6) 別館 3 <http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/>

## 6. 過去の報告書（pdf版）の配布URL（アドレス）

埼玉大学図書館の学術情報発信システムSUCRAを通じて，過去の科学研究費補助金や学内研究費による研究成果の報告書(pdf版)を配布している。

- 1) 「化学の考え方や現象を分かりやすく回答する質問箱の開設」H14～15年度科学研究費補助金(基盤研究(C))研究成果報告書，URL <http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KK000018>
- 2) 「化学の考え方や現象を分かりやすく回答する質問箱の開設 第2巻」H16年度埼玉大学教育学部学部長裁量経費報告書，<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=A1002102>
- 3) 「化学の考え方や現象を分かりやすく回答する質問箱の開設 第3巻」H17年度埼玉大学総合研究機構研究プロジェクト研究成果報告書，<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=A1002103>
- 4) 「理科離れを未然に防ぐために理科(化学)の実験や学習を支援するホームページの開発」H18～21年度科学研究費補助金(基盤研究(C))研究成果報告書(H18年度分冊)，<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KK000453>
- 5) 「理科離れを未然に防ぐために理科(化学)の実験や学習を支援するホームページの開発」H18～21年度科学研究費補助金(基盤研究(C))研究成果報告書(H19年度分冊)，<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KK000454>

## II. 平成20年度に質問箱に寄せられた質問と回答

平成20年度には11月下旬現在で78件の質問に回答した。必要に応じて日常生活に例えて，できる限り速やかに平易な言葉を用いて質問者にe-mailで回答し，ホームページにも公開した。それらの質問と回答を次頁から記載する。なお，質問者のプライバシー等を考慮して，質問者の電子メールアドレスは本報告には記載しないことにする。また，ワープロソフトで再編集したので，実際のホームページとは見た目が若干異なっている。特に，頁数を節約するために行間を詰めて編集したり，各回答に付けた下記のような前置き（特に，本研究室の守備範囲を越えるときは，専門家に質問して下さいとさらに付け足している）を本報告では全て省略している。読み難い部分が多いと思う。この場で，読者にお詫び致します。

必ずしも専門家ではありませんので，不正確な回答もあります。教育学部や学外の別館から公開しているホームページの質問箱とQ&A集にも回答(一部)を載せたいと思います。

名前：けんたいくん 日時：2007年12月08日 19時36分47秒

はじめまして. どうしてもわからないので, 教えてください. 1%のMnCl(塩化マンガン)を作りたいのです. MnCl・4水和物を使って作るにはどうすればよろしいですか? よろしくお願いします.

---

名前：芦田 実 日時：2007年12月09日 12時20分00秒

けんたいくん 様

**質問505** はじめまして. どうしてもわからないので, 教えてください. 1%のMnCl(塩化マンガン)を作りたいのです. MnCl・4水和物を使って作るにはどうすればよろしいですか? よろしくお願いします.

**回答** 塩化マンガン(Ⅰ)四水和物MnCl・4H<sub>2</sub>Oは市販されていないので作れません(存在しない?). 塩化マンガン(Ⅱ)四水和物MnCl<sub>2</sub>・4H<sub>2</sub>Oならば市販されています. これのモル質量(式量)は197.91g/molであり, 1mol当たりの質量の内訳はMnCl<sub>2</sub>が125.84g, 4H<sub>2</sub>Oが残りの72.07gです. 濃度1%とは無水物としての濃度であり, 結晶水は溶媒の水の方に含めて考えます. したがって, 1%の水溶液100gを作るときに必要な塩化マンガン(Ⅱ)四水和物の質量W<sub>1</sub>は

$$W_1 = 1.00\text{g} \times 197.91\text{g/mol} \div 125.84\text{g/mol} = 1.57\text{g}$$

これを溶解する水の質量W<sub>2</sub>は

$$W_2 = 100.00\text{g} - 1.57\text{g} = 98.43\text{g}$$

塩化マンガン(Ⅱ)四水和物は労働安全衛生法(安衛法), 化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律(化審法)および化学物質排出把握管理促進法(P R T R 制度/化管法)に指定されていますので, その取り扱いおよび排出等には十分に注意して下さい. 詳細については, 例えば下記のホームページをご覧ください.

<http://www.j-shiyaku.or.jp/home/msds/>

<http://www3.kanto.co.jp/catalog/Csearch.aspx>

<http://www.siyaku.com/>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：宮原 そら 日時：2007年12月06日 18時38分02秒

こんにちは. フォルハルト法の, 逆滴定について質問です. なぜ逆滴定をすると, 値を入れて計算するときにはブランクを引かなくて良いのでしょうか. 回答よろしくお願いします.

---

名前：芦田 実 日時：2007年12月09日 18時00分00秒

宮原 そら 様

**質問506** こんにちは. フォルハルト法の, 逆滴定について質問です. なぜ逆滴定をすると, 値を入れて計算するときにはブランクを引かなくて良いのでしょうか. 回答よろしくお願いします.

**回答** 実験操作が詳しく書かれていないため, 何が聞きたいのか良く理解できません. 想像で回答します. 滴定実験ではブランクテストを行い, 滴定値からブラ

ンク分を補正するのは普通だと思います。ブランクの補正に気づいていないだけではないですか。例えば、チオシアン化カリウム溶液の標定の際に純水とニトロベンゼンも添加して、塩素イオンを含む検液の場合と同一の操作をしませんでしたか。その様な操作をすればブランクが自動的に補正されませんか。後はご自分で考えて下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：ada 日時：2007年12月11日 19時15分51秒

化学の初心者です。全然わからないのでよろしくお願ひします。臭素溶液を作るんですが、臭素酸カリウム2.8g、臭化カリウム15gを1000mLの水に溶かします。この時1000mL中に臭素が7.99g含まれる。この臭素溶液は0.05mol/Lになるんですけど、Brの原子量が79.9だとして、1000mLに7.99g含まれてるなら0.1mol/Lになると思うんですが0.05mol/Lになるそうで、？価によって半分になったり変化すると言われましたがよくわかりませんでした。よろしく指導の方おねがひします。

---

名前：芦田 実 日時：2007年12月14日 18時50分00秒

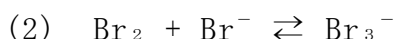
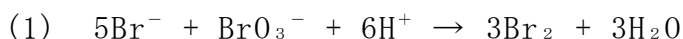
ada 様

**質問507** 化学の初心者です。全然わからないのでよろしくお願ひします。臭素溶液(臭素水)を作るために、臭素酸カリウム2.8g、臭化カリウム15gを1000mLの水に溶かします。このとき1000mL中に臭素が7.99g含まれ、この臭素溶液は0.05mol/Lになります。けれども、Brの原子量が79.9(g/mol)だとして、1000mLに7.99g含まれてるなら0.1mol/Lになると思うんです。？価によって半分になったり変化すると言われましたがよくわかりませんでした。よろしく指導の方おねがひします。

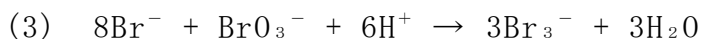
**回答** 物質質量(mol)は単なる数の単位です。それゆえ、数える対象の物が何か、どのような状態の物を数えるのかを、はっきりと認識する必要があります。溶液中に存在する分子Br<sub>2</sub>として7.99gの臭素を数えるならば、分子量が159.8(g/mol)ですから0.0500molになります。存在しない臭素原子Brまたは臭化物イオンBr<sup>-</sup>として数えるならば、原子量が79.9(g/mol)ですから0.100molになります。ただし、質問の溶液中で反応が完全に終了した場合には、余った臭化物イオンBr<sup>-</sup>と臭素分子Br<sub>2</sub>が結合して、水中でもっとも安定な臭素イオンBr<sub>3</sub><sup>-</sup>として大部分が存在すると思います。また、溶解により体積(密度)変化が普通起こりますので、1000mLの水に試薬を溶かした場合、水溶液の体積が1000mLとは限りません。溶かす前の固体の体積も含めて注意して下さい。

身近な例をあげれば、多数の靴を数えるときに普通は左右2個で対になっているものを単位として、1足2足と数えます。これが分子Br<sub>2</sub>として数えることに相当します。左右をバラバラにしてごちゃ混ぜにし、1個2個と数えるのが原子Brとして数えるのに相当します。前の数え方の2倍になりますが、このように数える意味はありません。また、臭素原子Brは不安定であり、臭素分子Br<sub>2</sub>を解離させるには外から大きなエネルギーを与える必要があります。水中ではあまり解離しないと思います。たとえ解離したとしても、直ぐに臭素分子Br<sub>2</sub>に戻ってしまったり、他の化学物質と反応してしまいます。

臭素分子を生じる反応は次の様になります。



式(1) + 式(2) × 3より



したがって、臭化カリウムKBrと臭素酸カリウムKBrO<sub>3</sub>をモル比8 : 1で反応させると、臭素イオンBr<sub>3</sub><sup>-</sup>がモル比3の割合で生じます。ただし、式(1)が酸性水溶液中の式であること、半反応の標準電極電位の差が小さいので、式(1)が完全に反応するかどうかは分かりません。化学平衡になる可能性もあります。ゆえに、7.99gの臭素が得られるかどうかは疑問です。さらに、質問文中の混合比は

$$\text{臭化カリウムKBr} : \text{臭素酸カリウムKBrO}_3 = 15\text{g} : 2.8\text{g} = 0.126\text{mol} : 0.0168\text{mol} = 7.5 : 1$$

ですので、生じた臭素Br<sub>2</sub>が安定な臭素イオンBr<sub>3</sub><sup>-</sup>を作るための臭化物イオンBr<sup>-</sup>が少し不足しています。なお、臭素Br<sub>2</sub>は劇薬であり、毒性・腐食性・爆発性等があります。もしも、実験する場合には十分に注意して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前 : ada      日時 : 2007年12月15日 19時49分24秒

芦田 実 様

詳しく答えてくださってありがとうございます。原子と分子って所ですで見誤ってたようです。化学式まで使って説明していただきありがとうございました。

---

名前 : クリリン      日時 : 2007年12月31日 19時58分57秒

酸化鉄(Ⅲ) + 塩酸の化学反応式がわかりません。教えてください。

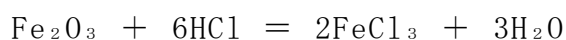
---

名前 : 芦田 実      日時 : 2008年01月08日 00時20分00秒

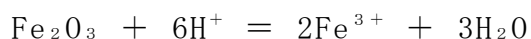
クリリン 様

質問508 酸化鉄(Ⅲ) + 塩酸の化学反応式がわかりません。教えてください。

回答 固体の酸化鉄(Ⅲ)Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と塩酸HClは次式のように反応し、塩化鉄(Ⅲ)FeCl<sub>3</sub>と水H<sub>2</sub>Oができます。



ただし、水中では塩酸HClと塩化鉄(Ⅲ)FeCl<sub>3</sub>は大部分が電離していますので、塩素イオンCl<sup>-</sup>は反応にほとんど関係していません。したがって、より正確な(実質的に意味のある)イオン反応式は次のようになります。



埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前 : 星 肇      日時 : 2008年01月04日 21時17分19秒

集合住宅のベランダでバラを栽培しております。飽和石灰水がバラ鉢のpH調節および肥料の一部として有効という情報(日本バラ園)があります。

問題は消石灰に水を加えて作った飽和石灰水を作成した後に残った、溶け残り

の白い粉の処分方法です。消石灰は水に多くは溶けないと思います。という事は、白い粉も多分多く残る筈です。そこで、(1)一鉢に10L使用という情報では、30鉢を栽培している当方の飽和石灰水作成後の残土(白い土)はかなりの量と推定されます。その量(作成時の温度は25度と仮定して)はどれ位となるのか？集合住宅では捨てる場所もありますが、(2)無害化の方法、(3)どこに捨てれば良いか？

(1)(2)(3)を教えてください。運動場に引く白いライン線と同じ物という認識はありますが、地面に多量に捨ててよいのか、多量とはどの位なのかその辺に？を感じます。大体地面というのが見あたらないのが最近の日本です。よほど遠方に行かないとありません。大きい川の土手等を予想すべきか、また行政のゴミ処理で引き受けてくれるのか？、また、それほど量が発生しないのか？疑問だらけです。Netで調べると最近は中学生が石灰水に関して色々実験し高校でも入試に出るようです。当方化学に弱いのでお伺いします。(3)については答えられないかも知れません。大学で消石灰20L(一袋)から全量で飽和石灰水を作った場合、残土を学内で捨てられるものなのか(穴を掘って?)も教えてください。当方73歳男子

---

名前：芦田 実 日時：2008年01月08日 02時10分00秒

星 肇 様

**質問509** 集合住宅のベランダでバラを栽培しております。飽和石灰水がバラ鉢のpH調節および肥料の一部として有効という情報(日本バラ園)があります。問題は消石灰に水を加えて作った飽和石灰水を作成した後に残った、溶け残りの白い粉の処分方法です。消石灰は水に多くは溶けないと思います。という事は、白い粉も多分多く残るはずです。そこで、(1)一鉢に10L使用という情報では、30鉢を栽培している当方の飽和石灰水作成後の残土(白い土)はかなりの量と推定されます。その量(作成時の温度は25度と仮定して)はどれ位となるのか？集合住宅では捨てる場所もありますが、(2)無害化の方法、(3)どこに捨てれば良いか？(1)(2)(3)を教えてください。運動場に引く白いライン線と同じ物という認識はありますが、地面に多量に捨ててよいのか、多量とはどの位なのかその辺に疑問を感じます。大体地面というのが見あたらないのが最近の日本です。よほど遠方に行かないとありません。大きい川の土手等を予想すべきか、また行政のゴミ処理で引き受けてくれるのか？、また、それほど量が発生しないのか？疑問だらけです。Netで調べると最近は中学生が石灰水に関して色々実験し高校でも入試に出るようです。当方化学に弱いのでお伺いします。(3)については答えられないかも知れません。大学で消石灰20kg(一袋)から全量で飽和石灰水を作った場合、残土を学内で捨てられるものなのか(穴を掘って?)も教えてください。当方73歳男子

**回答** 消石灰(水酸化カルシウム)は20℃の水1Lに約1.6g溶けます。それゆえ、10L/鉢×30鉢=300Lの場合には約480gの消石灰が必要です。したがって、園芸用の小さい袋の消石灰1kgを購入すれば充分だと思います。石灰水を作るには、消石灰を水に入れてかき混ぜます。白濁しますので、しばらく放置した後の上澄みを石灰水として使用します。残った沈殿は消石灰に違いありませんので、再び水を入れてかき混ぜれば何度でも使用できます。それゆえ、(1)の残土はほとんど出ないと思います。ただし、石灰水は空気中の二酸化炭素を徐々に吸収して、水にほとんど溶けない炭酸カルシウムに変化していきます。したがって、石灰水を放置・保存するときには容器に栓をして、新鮮な空気に触れない様にするほうが望ましいです。(3)炭酸カルシウムに変化して水に溶けなくなってしまった少量の残土は、卵の殻と同じ成分ですから肥料にするか、乾かして不燃物としてゴミに出せると思います。(2)石灰水はアルカリ性ですが、水に溶けない炭酸カルシウムはほぼ中性であり、自然に無害化されています。(3)または、炭酸カルシウムは酸に溶けますので、食用のお酢に溶かして、大量の水(風呂の残り湯)と一緒に流すこ



とも不可能ではないと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：星 肇 日時：2008年01月09日 20時45分06秒

芦田 様

質問509に早速のご返事有難うございました。飽和石灰水作成後の白粉が再使用できる事は知りませんでした。しかも中性で廃棄できるようで、質問箱に書き込みしたかがありました。これらをインターネットで何時間も何時間も調べましたが、どこにも記載されておらず、困っていた事柄で、貴質問箱は教育関係のみを扱っていると思いましたが、あえて質問してお世話をかけました。本当に厚く感謝いたします。

ところで、もう一つ質問してよろしいでしょうか？銅線をハンダ付けする時に、銅線が黒く酸化している事があります。こういう時は、通常、酸化部分を紙ヤスリ等で物理的に磨き、酸化部分をキレイにして、ハンダ付けをします。銅の酸化であれば、還元すれば、ヤスリ等で磨くよりはるかにキレイにハンダ付けが出来る筈と思いますが、家庭で出来る簡単な銅の還元方法を教えていただけませんか。「化学の教科書を読め」と言われそうで、不勉強を恥じる次第ですが、ご教授いただければ、幸いです。

---

名前：芦田 実 日時：2008年01月14日 19時35分00秒

星 肇 様

質問511 芦田様、質問509に早速のご返事有難うございました。飽和石灰水作成後の白粉が再使用できる事は知りませんでした。しかも中性で廃棄できるようで、質問箱に書き込みしたかがありました。これらをインターネットで何時間も何時間も調べましたが、どこにも記載されておらず、困っていた事柄で、貴質問箱は教育関係のみを扱っていると思いましたが、あえて質問してお世話をかけました。本当に厚く感謝いたします。

ところで、もう一つ質問してよろしいでしょうか？銅線をハンダ付けするときに、銅線が黒く酸化している事があります。こういうときは通常、酸化部分を紙ヤスリ等で物理的にみがき、酸化部分をキレイにしてハンダ付けをします。銅の酸化であれば、還元すれば、ヤスリ等で磨くよりはるかにキレイにハンダ付けが出来るはずと思いますが、家庭で出来る簡単な銅の還元方法を教えていただけませんか。「化学の教科書を読め」と言われそうで、不勉強を恥じる次第ですが、ご教授いただければ幸いです。

回答 質問509の回答で書き忘れましたが、石灰水はアルカリ性がかなり強いからです、目に入ったり階下の人や物に降りかかったりしないように、十分に注意してください。安全めがね(スキーのゴーグル)をつけるほうが望ましいです。また、1鉢に10Lとは量がかなり多いように思いましたが、一度に使用する量ではないものと解釈しました。

還元剤を使用すれば、酸化銅を還元することは不可能ではありません。しかし、強力な還元剤になればなるほど、劇薬ですから使用後の廃棄処理が大変になります。それよりも、酸化銅を酸に溶かす方が簡単に除去できると思います。例えば、古い10円玉を10mL程度のレモン汁や食酢に20分から1時間ほど漬けておくとかなりきれいになります。この場合には、酸味の強い物ほど有効です。ただし、表面の酸化銅が溶けて、目に見えない極微小の凹凸ができますので、新品の様に光り

輝くことはありません。これらの酸性物質ならば量も少ないので、使用後の廃棄も簡単です。参考として、例えば下記のホームページもご覧ください。なお、紙ヤスリ等でみがいたほうが、短時間で酸化銅を除去できる様にも思います。

[http://www.mizkan.co.jp/contact/faq/q\\_10.htm](http://www.mizkan.co.jp/contact/faq/q_10.htm)

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：星 肇 日時：2008年01月18日 22時48分43秒

質問511のご回答ありがとうございました。酸化銅の還元に使った酸という回答で、本件は解決しました。小生園芸を趣味としてやっておりますので、アルカリとしては硫黄石灰剤の強力なアルカリ(水溶液)を中和するものとしての「酸」を考えておりましたので塩酸、硫酸は手元にはないものの、クエン酸などで中和(塩素発生は充分注意して)しておりました。よって今後は銅線が黒く変色した場合、ライターであぶって赤くさせ、より黒く酸化させて後に、クエン酸に浸して還元させてみる事にします。これでどの位キレイに還元されるかわかりませんが、硫酸、塩酸がない以上はこの位で我慢する以外はありません。多分、紙ヤスリで磨くより、より銅色に輝き、ハンダの接着が上手に付く事と思います。それでダメであれば、硫酸、塩酸を何とかして手に入れる以外ないと存じますが、取り扱いには充分注意(塩素発生・火傷等)致します。ご回答本当に有難うございました。

---

名前：芦田 実 日時：2008年01月22日 00時05分00秒

星 肇 様

質問511(追加) 質問511のご回答ありがとうございました。酸化銅の還元に使った酸という回答で、本件は解決しました。小生園芸を趣味としてやっておりますので、アルカリとしては硫黄石灰剤の強力なアルカリ(水溶液)を中和するものとしての「酸」を考えておりましたので塩酸、硫酸は手元にはないものの、クエン酸などで中和(塩素発生は充分注意して)しておりました。よって今後は銅線が黒く変色した場合、ライターであぶって赤くさせ、より黒く酸化させて後に、クエン酸に浸して還元させてみる事にします。これでどの位キレイに還元されるかわかりませんが、硫酸、塩酸がない以上はこの位で我慢する以外はありません。多分、紙ヤスリで磨くより、より銅色に輝き、ハンダの接着が上手に付く事と思います。それでダメであれば、硫酸、塩酸を何とかして手に入れる以外ないと存じますが、取り扱いには充分注意(塩素発生・火傷等)致します。ご回答本当に有難うございました。

回答 誤解されているといけませんので補足しておきます。質問511の回答でも書きましたが、酸化銅を酸で還元する訳ではありません。酸化銅を酸に溶かして取り除いているだけです。還元の場合には、酸化銅が金属の銅に戻るわけであり、銅の原子はそのまま銅線に残っていて失われません。しかし、溶かす場合には酸化銅がイオンとなって水中に流失します。ゆえに、酸化状態がひどいほど、残った銅線は細くなっていきます。この意味では、紙ヤスリでみがいて酸化銅を削り取るのと同様です。したがって、銅線が太い一本線なら紙ヤスリでみがく方が早く確実にきれいになります。銅線が多数の細かい線をよったものならば、紙ヤスリでは細かい線同士が接触している部分をみがくことができませんので、ハンダはあまりうまく付きません。酸ならばしみこんでいって、そのような部分もきれいにできると思います。ただし、時間が少しよけいにかかります。なお、クエン酸は酢酸(お酢)よりも40倍ぐらい強い酸なので、酢酸よりもきれいにできると期待で

きます。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：清水 巧 日時：2007年12月14日 19時12分45秒

はじめまして。限度まで食塩を溶かした飽和食塩水にホウ酸やミョウバンが溶ける理由を教えてください。また、逆に飽和ホウ酸水や飽和ミョウバン水に食塩は溶けるのでしょうか？教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2008年01月14日 16時40分00秒

清水 巧 様

質問510 はじめまして。限度まで食塩を溶かした飽和食塩水にホウ酸やミョウバンが溶ける理由を教えてください。また、逆に飽和ホウ酸水や飽和ミョウバン水に食塩は溶けるのでしょうか？教えてください。

回答 溶解－析出現象は化学平衡の一種であり、溶液中で複数の溶解－析出の化学平衡が同時に起こっているだけだと思います。これらの系では共通イオン効果もありません。溶解度に影響しあうとしたら水や水や結晶水の奪い合いだと思います。ただし、ミョウバンの固体は式量あたり12個の結晶水を持っています。したがって、原理的には3種類とも同時に溶けますが、2成分系や3成分系になると溶解度の値が変化すると思います。これらの物質は溶解度がかなり大きいので不思議に感じるだけだと思います。溶解度が非常に小さい物質、例えば無機重金属イオンの定性分析で生じる沈殿ならば、複数の物質が同時に沈殿してもあまり不思議には感じないと思います。しかし、言い換えると、そのような沈殿でもそれぞれ溶解度(溶解度積)分は溶けています。要するに程度の問題だと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：ちい 日時：2008年01月19日 11時42分12秒

水酸化ナトリウム水溶液の電気分解で、生成物質が酸素のときの理論値をだす途中式で、 $O_2$ の物質質量を出すのに( )mol $\times 0.25$ とありました。なぜ0.25をかけるんですか？

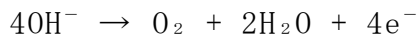
---

名前：芦田 実 日時：2008年01月24日 00時25分00秒

ちい 様

質問512 水酸化ナトリウム水溶液の電気分解で、生成物質が酸素のときの理論値をだす途中式で、 $O_2$ の物質質量を出すのに( )mol $\times 0.25$ とありました。なぜ0.25をかけるんですか？

回答 酸素の理論値をだす途中式が詳しく書いてありませんので、想像で回答します。電気分解では、流れた電気量(C)＝電流(A) $\times$ 時間(s)を電子1個の電気量(電気素量)＝ $1.60 \times 10^{-19}$ C/個とアボガドロ定数＝ $6.02 \times 10^{23}$ 個/molで割って、流れた電子の物質質量(mol)を求めます。さらに、この値を発生する気体の物質質量(mol)に換算して、理論値を求めます。電気分解により酸素が発生する化学式は



ですから、電子 4 mol から酸素 1 mol が生成します。したがって、流れた電子の物質質量 (mol) を 4 で割って (すなわち 0.25 をかけて) 酸素の物質質量 (mol) の理論値を求めます。

同様に、電気分解により水素が発生する化学式は



ですから、電子 2 mol から水素 1 mol が生成します。したがって、流れた電子の物質質量 (mol) を 2 で割って (すなわち 0.5 をかけて) 水素の物質質量 (mol) の理論値を求めます。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

名前：千藤ひな 日時：2008年01月25日 23時16分37秒

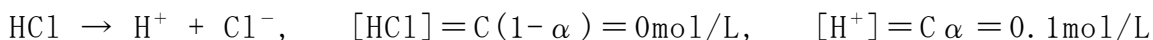
次の各水溶液の水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$ ，および pH を求めよ。酢酸，アンモニア以外の酸，塩基は完全に電離しているものとする。水のイオン積を  $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$  とする。(1) 0.1 mol/L の塩酸，(2) 0.1 mol/L の酢酸 (酢酸の電離度を 0.01 とする)，(3) 0.05 mol/L の硫酸，(4) 水酸化ナトリウム 2g を水に溶かして 500 mL とした水溶液，(5) 0.1 mol/L のアンモニア水溶液 (アンモニアの電離度を 0.01 とする)，(6) pH が 1 の塩酸を 100 倍に希釈した水溶液

名前：芦田 実 日時：2008年02月10日 17時00分00秒

千藤ひな 様

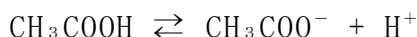
**質問513** 次の各水溶液の水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$ ，および pH を求めよ。酢酸，アンモニア以外の酸，塩基は完全に電離しているものとする。水のイオン積を  $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$  とする。(1) 0.1 mol/L の塩酸，(2) 0.1 mol/L の酢酸 (酢酸の電離度を 0.01 とする)，(3) 0.05 mol/L の硫酸，(4) 水酸化ナトリウム 2g を水に溶かして 500 mL とした水溶液，(5) 0.1 mol/L のアンモニア水溶液 (アンモニアの電離度を 0.01 とする)，(6) pH が 1 の塩酸を 100 倍に希釈した水溶液

**回答** (1) 初濃度 (モル濃度)  $C = 0.1 \text{ mol/L}$  の塩酸  $\text{HCl}$  は完全電離 (電離度  $\alpha = 1$ ) ですから、水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  は塩酸の初濃度  $C$  と同じになります。したがって、



$$[\text{Cl}^-] = C\alpha = 0.1 \text{ mol/L}, \quad \text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (0.1 \text{ mol/L}) = 1.0$$

(2) 初濃度  $C = 0.1 \text{ mol/L}$  の酢酸  $\text{CH}_3\text{COOH}$  は弱酸ですから、その電離度を  $\alpha = 0.01$  として次の様に電離します。



$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = C(1 - \alpha) = 0.1 \text{ mol/L} \times (1 - 0.01) = 0.099 \text{ mol/L}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = C\alpha = 0.1 \text{ mol/L} \times 0.01 = 0.001 \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}^+] = C\alpha = 0.1 \text{ mol/L} \times 0.01 = 0.001 \text{ mol/L}, \quad \text{pH} = -\log_{10} (0.001 \text{ mol/L}) = 3.0$$

(3) 初濃度  $C = 0.05 \text{ mol/L}$  の硫酸  $\text{H}_2\text{SO}_4$  は完全電離 (電離度  $\alpha = 1$ ) であり、硫酸分子 1 個から水素イオン 2 個が生じますから、水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  は硫酸初濃度の 2 倍 ( $2C$ ) になります。したがって、



$$[\text{SO}_4^{2-}] = C\alpha = 0.05 \text{ mol/L}, \quad [\text{H}^+] = 2C\alpha = 0.1 \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(0.1 \text{ mol/L}) = 1.0$$

ただし、硫酸の2段目の電離はあまり強くないので、実際の $[\text{H}^+]$ は上の値より少し小さく、pHは上の値より少し大きくなります。

(4) 水酸化ナトリウムNaOHのモル質量(式量)が $M=40 \text{ g/mol}$ ですから、NaOH 2gを水に溶かして500mLとした水溶液の初濃度Cは

$$C = 2 \text{ g} \div 40 \text{ g/mol} \div 0.5 \text{ L} = 0.1 \text{ mol/L}$$

NaOHは完全電離(電離度 $\alpha=1$ )ですから、水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ はNaOHの初濃度Cと同じになります。したがって、

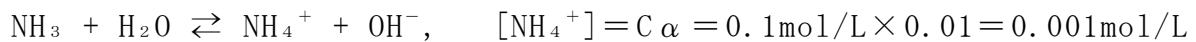


$$[\text{Na}^+] = C\alpha = 0.1 \text{ mol/L}, \quad [\text{OH}^-] = C\alpha = 0.1 \text{ mol/L}$$

$$\therefore [\text{H}^+] = K_w \div [\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2 \div 0.1 \text{ mol/L} = 1.0 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(1.0 \times 10^{-13} \text{ mol/L}) = 13.0$$

(5) 初濃度 $C=0.1 \text{ mol/L}$ のアンモニア $\text{NH}_3$ 水溶液は弱塩基ですから、その電離度を $\alpha=0.01$ として次の様に電離します。



$$[\text{NH}_3] = C(1-\alpha) = 0.1 \text{ mol/L} \times (1-0.01) = 0.099 \text{ mol/L}$$

$$[\text{OH}^-] = C\alpha = 0.1 \text{ mol/L} \times 0.01 = 0.001 \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2 \div 0.001 \text{ mol/L} = 1.0 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(1.0 \times 10^{-11} \text{ mol/L}) = 11.0$$

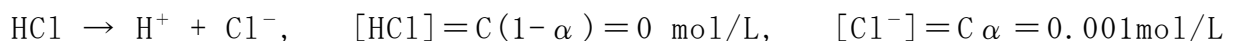
(6) 希釈前のpH<sub>0</sub>が1の塩酸の水素イオン濃度 $[\text{H}^+]_0$ は

$$[\text{H}^+]_0 = 10^{-\text{pH}_0} = 10^{-1} = 0.1 \text{ mol/L}$$

塩酸は強酸で完全電離(電離度 $\alpha=1$ )しますから、希釈前の初濃度 $C_0$ は水素イオン濃度 $[\text{H}^+]_0$ と同じになります。したがって、100倍に希釈した後の初濃度Cは

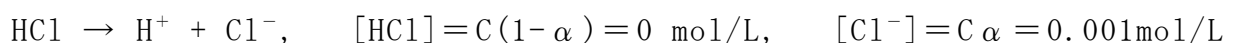
$$C = C_0 \div 100 = [\text{H}^+]_0 \div 100 = 0.1 \text{ mol/L} \div 100 = 0.001 \text{ mol/L}$$

後の解き方は上の(1)と同様になります。完全電離ですから電離度は $\alpha=1$ のまま変化しません。希釈後の水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ は希釈後の塩酸の初濃度Cと同じになります。したがって、



$$[\text{H}^+] = C\alpha = 0.001 \text{ mol/L}, \quad \text{pH} = -\log_{10}(0.001 \text{ mol/L}) = 3.0$$

**別解** pHが1の塩酸を100倍に希釈した水溶液は、上の(1)の塩酸を100倍に希釈すればできます。したがって、初濃度が $C=0.001 \text{ mol/L}$ になり、完全電離ですから電離度は $\alpha=1$ のまま変化しません。水素イオン濃度は塩酸の初濃度Cと同じになります。したがって、



$$[\text{H}^+] = C\alpha = 0.001 \text{ mol/L}, \quad \text{pH} = -\log_{10}(0.001 \text{ mol/L}) = 3.0$$

---

名前：野田 侑樹 日時：2008年02月05日 03時34分28秒

質問をお願いします。酸化還元反応のことで教えていただきたいのですが、次亜塩素酸ナトリウム( $\text{NaClO}$ )とチオ硫酸ナトリウム( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ )の酸化還元反応式がいまいち分かりません。この酸化還元反応式を教えていただけませんか。よろしく願いいたします。

---

名前：芦田 実 日時：2008年02月10日 19時40分00秒

野田 侑樹 様

質問514 質問をお願いします。酸化還元反応のことで教えていただきたいのですが、次亜塩素酸ナトリウム( $\text{NaClO}$ )とチオ硫酸ナトリウム( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ )の酸化還元反応式がいまいち分かりません。この酸化還元反応式を教えていただけませんか。よろしく願いいたします。

回答 次亜塩素酸ナトリウムとチオ硫酸ナトリウム等の酸化還元反応については、既に質問412, 286, 206の回答で詳細に説明しています。したがって、わざわざ4～5時間かけて、改めて回答を作成する必要を認めません。それらの回答をご覧下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：浅野 博一 日時：2008年02月07日 21時38分58秒

1月12日埼大での研修会ありがとうございました。本校の野島先生に「ろ紙の表裏」について相談したところ、野島先生が物理の近藤先生にメールしてくださり、近藤先生が芦田先生にお聞きくださり、返信してくださりました。大変ありがとうございました。公務ご多用の折、大変恐縮ですが、「寒材としての食塩」についてご質問させてください。小学4年の授業で「氷ができる時の温度」を測定する実験で、「氷に食塩水をかける」のですが、食塩の濃度(加える量)は、高い(多い)方が良いのでしょうか。子供によっては、「氷に食塩水でなく、食塩をかけた方が冷える」と考えたり「冷やすためにもっとたくさん食塩をかけてください」とお願いする子もいます。適切な量があるのでしょうか。お手数申し訳ございません。

---

名前：芦田 実 日時：2008年02月11日 13時15分00秒

浅野 博一 様

質問515 1月12日埼玉大学の研修会ありがとうございました。本校の野島先生に「ろ紙の表裏」について相談したところ、野島先生が物理の近藤先生にメールしてくださり、近藤先生が芦田先生にお聞きくださり、返信してくださりました。大変ありがとうございました。

回答 ろ紙の表裏の使用区別についてはあまり意識したことがありませんでした。急に聞かれてその場で答えたため、適当な回答だったかどうか気になっていました。その後調べたところでは、ろ紙の表を上(ろ過前の試料と接するよう)

にして使用したほうが良いそうです。逆にすると、ろ過寿命が短くなることがあるそうです。沈殿等がろ紙に目詰まりしやすくなるのかもしれませんが。参考として、例えば下記のホームページをご覧ください。

[http://www.advantec.co.jp/japanese/hinran/contentlist\\_26.html](http://www.advantec.co.jp/japanese/hinran/contentlist_26.html)

**質問516** 公務ご多用の折、大変恐縮ですが、「寒材としての食塩」についてご質問させていただきます。小学4年の授業で「氷ができる時の温度」を測定する実験で、「氷に食塩水をかける」のですが、食塩の濃度(加える量)は、高い(多い)方が良いでしょうか。子供によっては、「氷に食塩水でなく、食塩をかけた方が冷える」と考えたり「冷やすためにもっとたくさん食塩をかけてください」とお願いする子もいます。適切な量があるのでしょうか。お手数申し訳ございません。

**回答** 結論から先に言うと、食塩(塩化ナトリウム)の固体を22.4質量%(重量%)および氷を77.6質量%の割合(共融混合物や含氷晶の組成)で混合したときに最も低温(-21.2℃、共融点、含氷晶点)になるそうです。飽和食塩水の濃度が約26質量%ですので、上の割合にするには氷を少ししか使用できません。例えば、氷16gに飽和食塩水100gをかけることになります。それよりも、(家庭で氷水を作るときの砕氷器等で)細かく砕いた氷100gに食塩の固体29gをまぶしたほうが効率的だと思います。なお、食塩の代わりに塩化カルシウム(無水物として29.8質量%)を用いれば、もっと低温(-54.9℃)が得られるそうです。

氷と食塩の混合物が寒剤となる理由は融点(凝固点)降下と同様です。氷と食塩を混合すると、氷の表面にわずかに存在する水に食塩が溶解して熱を吸収します。氷が食塩水に接するので氷の融点が降下し、氷がさらに融解して融解熱を吸収します。食塩がその溶けた水にますます溶解して熱を吸収します。これらの相乗効果で温度が低下していきます。このような現象が起こる理由は、氷と水が共存するとき氷の表面に氷の成長と融解の動的平衡が存在するためです。食塩を加えたために氷の成長が抑えられ、氷の融解が優勢になって、共存できる温度が降下(動的平衡が移動)したためです。参考として、例えば下記のホームページ等もご覧ください。

理化学辞典、岩波書店

<http://www.osaka-c.ed.jp/kak/rika1/jik-db/jik3-2.htm>

<http://www.edu.city.hashimoto.wakayama.jp/kagaku/zenki1.html>

<http://www.kyoto-be.ne.jp/n-center/rika-kkm/mizu-hiyasitatoki-henka/mizu-hiyasitatoki-henka.htm>

<http://www.edu-ctr.pref.nagano.jp/kjouhou/rika/chtml/pdf/gyouko.pdf>

<http://www.edu.city.akita.akita.jp/~ksj-s/rika0620.html>

<http://www.water.sannet.ne.jp/masasuma/masa/p6.HTM>

<http://www.onsen-web.org/modules/news/article.php?storyid=560>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：浅野 博一 日時：2008年02月11日 20時24分59秒

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実 先生

公務ご多用の中、温かいご指導をいただき、心より感謝申し上げます。本校、文部科学省「理数大好きスクール」2年目を終えようとしており、来年度は、最終年度です。ソニー科学教育研究会からも、努力校の表彰を受け、これからも、子どもたちのために努力して参りたいと思います。

今週にも、「新しい学習指導要領」の改訂案が公表されようとしています。今後とも、たくさん学ばさせていただき、子どもたちと充実した理科学習を展開していきたいと思えます。今後とも、宜しくご指導のほどお願い申し上げます。

埼玉大学教育学部理科専修 松丸研究室 平成2年卒業  
浅野 博一

---

---

名前：牧野りな 日時：2008年02月11日 10時57分34秒

炭酸飲料水を加熱したり、発泡入浴剤を水に入れたときに発生する気体は何か？

---

名前：芦田 実 日時：2008年02月11日 17時00分00秒

牧野りな 様

質問517 炭酸飲料水を加熱したり、発泡入浴剤を水に入れたときに発生する気体は何か？

回答 主成分は二酸化炭素(炭酸ガス)CO<sub>2</sub>です。水蒸気が少し混ざっていると思えます。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：佐々木舞 日時：2008年01月20日 17時45分16秒

エタノール水溶液の濃度と粘性率との関係で、濃度40%で1番粘性率が高いのはなぜでしょうか？

---

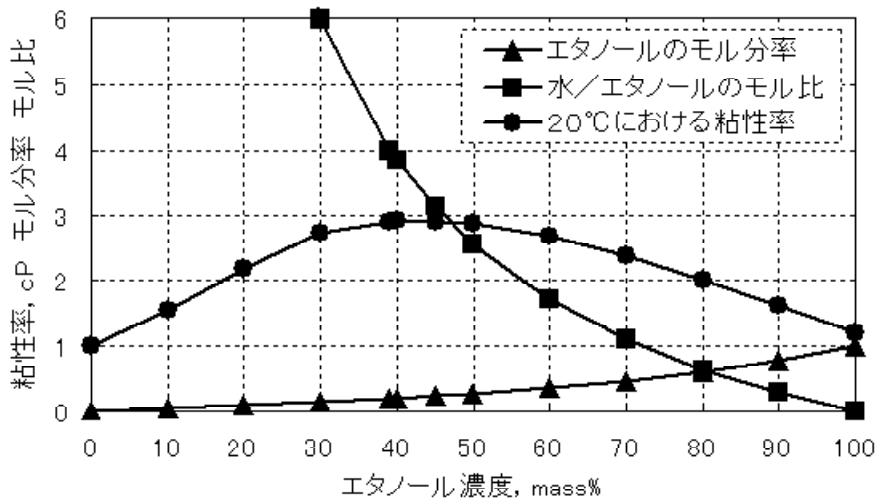
名前：芦田 実 日時：2008年02月11日 19時15分00秒

佐々木舞 様

質問518 エタノール水溶液の濃度と粘性率との関係で、濃度40%で1番粘性率が高いのはなぜでしょうか？

回答 この質問は高度な専門的内容を含んでいます。詳細については、分子動力学等の専門家に質問してください。いろいろと調べましたが、ハッキリしたことは分かりませんでした。想像を含めて回答します。下図に示す様に、エタノール水溶液の粘性率はエタノール濃度が40~50mass%で最大になり、純粋なエタノールや純水の粘性率よりも大きくなります。この領域ではエタノールに対する水のモル比が4~3になっています。したがって、これらのモル比のときにエタノール分子-水分子間、水分子同士間、およびエタノール分子同士間の水素結合が最適化すると想像できます。その結果、エタノール分子と水分子を含むクラスター(集団)のサイズ(分子数)が最大になり、粘性率が最大になると想像できます。粘性は運動している流体がすべる力を加えられたとき、それに対する摩擦抵抗として生じるそうです(詳細については質問444の回答をご覧ください)。それゆえ、水素結合でクラスターのサイズが大きくなったら、クラスターの動きが遅くなり、クラスター同士が接触したときの摩擦抵抗も大きくなると考えられます。





エタノール水溶液の粘性率の濃度変化

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

名前：川上 信吾 日時：2008年02月19日 19時00分41秒

0.5M EDTAとDWが手元にあるんですが、これで0.02%EDTAを作成するにはどうしたらいいんでしょうか？それから、デオキシコール酸powder：25gと10mMのTris-HClが手元にある場合に、0.5%デオキシコール酸を作るには？化学をおろそかにしたせいで、頭が爆発しそうです。

名前：芦田 実 日時：2008年02月26日 19時40分00秒

川上 信吾 様

**質問519** 0.5M EDTAとDWが手元にあるんですが、これで0.02% EDTAを作成するにはどうしたらいいんでしょうか？それから、デオキシコール酸粉末25gと10mMのTris-HClが手元にある場合に、0.5%デオキシコール酸を作るには？化学をおろそかにしたせいで、頭が爆発しそうです。

**回答** 質問文中に誤り、または不正確な表現があり、正しく回答できるかどうか疑問です。まず、エチレンジアミン四酢酸 $C_{10}H_{16}N_2O_8$ はモル質量(分子量)が292.24g/molで、25°Cにおける溶解度が約0.34mass%です。これをモル濃度に換算すると約0.0116mol/Lになり、質問文中の0.5mol/L EDTA原液は作れるはずがありません。例えば、別の化学物質であるエチレンジアミン四酢酸二水素二ナトリウム二水和物から調製した原液ではないですか。この物質の場合には、無水塩 $C_{10}H_{14}N_2O_8Na_2$ (モル質量 $M=336.21g/mol$ )として20°Cで約10mass%溶けますので、この水溶液の密度を1.00g/mLと仮定して、モル濃度に換算すると約0.30mol/Lになります。しかし、まだ質問文中の0.5mol/L原液は作れません。そこで、原液濃度が $C=0.05mol/L$ (市販品があります)の誤りだと仮定して回答します。原液濃度がかなり薄くなりましたので、密度を $D=1.00g/mL$ と仮定して、原液の体積 $V=1.00L$ (すなわち原液の質量が1000g)中のEDTA2Na無水塩の質量 $X$ を求めると

$$X = C V M = 0.05mol/L \cdot 1.00L \cdot 336.21g/mol = 16.8g$$

DWは蒸留水だと解釈します。蒸留水で希釈後の質量百分率濃度 $W=0.02mass\%$ の溶液中に上の $X=16.8g$ の溶質が含まれている訳ですから、希釈後の溶液全体の質量 $Y$ は

$$Y = X / W \cdot 100\text{mass}\% = 16.8\text{g} / 0.02\text{mass}\% \cdot 100\text{mass}\% = 84000\text{g}$$

したがって、希釈水の量Zは

$$Z = Y - VD \cdot 1000\text{mL}/L = 84000\text{g} - 1.00\text{L} \cdot 1.00\text{g}/\text{mL} \cdot 1000\text{mL}/L = 83000\text{g} \doteq 83.0\text{L}$$

結論として、原液体積 $V = 1.00\text{L}$ に対して蒸留水体積 $Z = 83.0\text{L}$ の割合で希釈すれば調製できます。ただし、あくまでも原液がエチレンジアミン四酢酸二水素二ナトリウムの $0.05\text{mol}/\text{L}$ 水溶液の場合です。なお、希釈前の原液密度が $D \doteq 1.00\text{g}/\text{mL}$ に近似できるかどうかは、ご自分で確認してください。

デオキシコール酸は水に溶け難く、デオキシコール酸ナトリウムは良く溶けるそうです。純度も少し違うようです。どちらの薬品なのかは注意する必要があると思います。純度を無視すれば、いずれの薬品でも粉末 $0.5\text{g}$ を $99.5\text{g}$ のトリス(ヒドロキシメチル)アミノメタン塩酸水溶液に溶かせば調製できます。ただし、モル濃度がデオキシコール酸ならば約 $13\text{mM}$ に、デオキシコール酸ナトリウムなら約 $12\text{mM}$ になりますので、pH緩衝用のトリス(ヒドロキシメチル)アミノメタン塩酸の $10\text{mM}$ よりも大きくなります。したがって、pH緩衝試薬がほとんど消費されてしまいますので、pH緩衝効果はもはや期待できず、調製後のpHの値がどのように変化しているかは想像できません。薬品がデオキシコール酸なのか、デオキシコール酸ナトリウムなのかによって両極端に変わります。さらに後からpH緩衝試薬を添加すると、肝心のデオキシコール酸の濃度が変化(減少)しますので注意して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

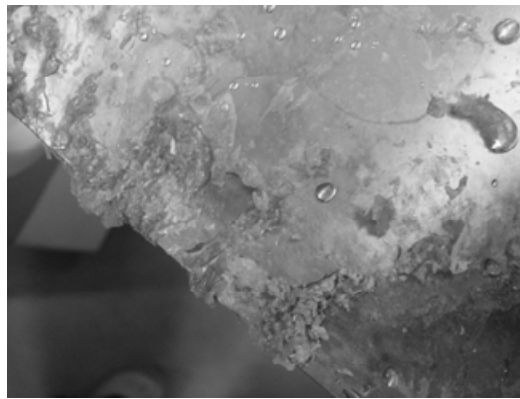
---

名前：浅野 博一      日時：2008年02月23日 10時34分29秒

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実 先生

先日は、公務ご多用の中、ろ紙・寒材としての食塩について温かいご回答、ありがとうございました。早速、子どもたちへの指導に生かすことができました。心より深く感謝申し上げます。

さて、昨日、4年生の実験中、子どもたちが「先生、先生、いったいこれは何ですか」とさわぎだしました。銅板に「ろう」をぬって加熱し、熱の伝わり方を学習していたのですが、加熱中や、実験後に冷却した際、「緑色のもの」が出始めました。私は、「ろくしょう」かもしれないと思い、強烈な毒があると小学校の時に学習したのを思い出し、その場は、「あとで調べてみるね」と言って写真をとる



左図 銅板にろうをぬって加熱、

右図 銅板にろうをぬって加熱後に水で冷却

にとどめました。その時の写真を添付します。教科書にあるとおりの実験をやっただけなので、子どもの健康上、問題はないものと思いますが、よろしくご指導のほどお願い申し上げます。

埼玉大学教育学部理科専修 平成2年卒業  
浅野 博一

---

名前：芦田 実 日時：2008年03月02日 22時15分00秒

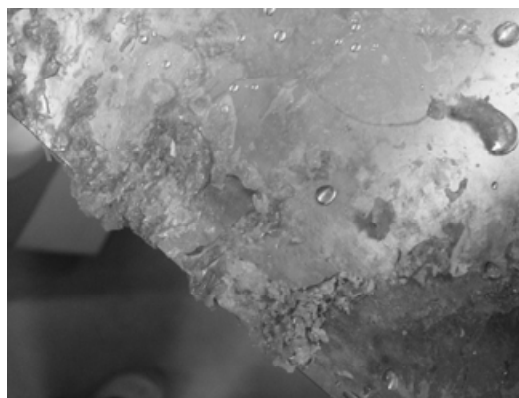
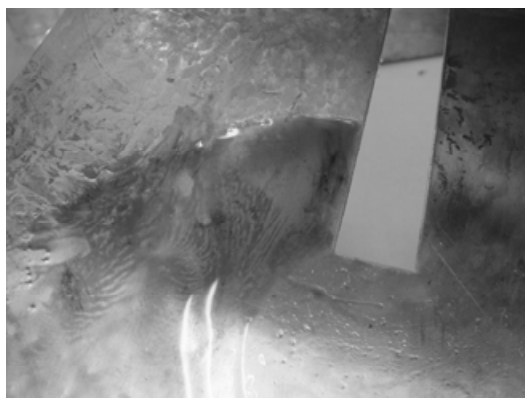
浅野 博一 様

質問520 埼玉大学教育学部理科教育講座 芦田 実 先生

先日は、公務ご多用の中、ろ紙・寒材としての食塩について温かいご回答、ありがとうございます。早速、子どもたちへの指導に生かすことができました。心より深く感謝申し上げます。

さて、昨日、4年生の実験中、子どもたちが「先生、先生、いったいこれは何ですか」とさわぎだしました。銅板に「ろう」をぬって加熱し、熱の伝わり方を学習していたのですが、加熱中や、実験後に冷却した際、「緑色のもの」が出始めました。私は、「ろくしょう」かもしれないと思い、強烈な毒があると小学校の時に学習したのを思い出し、その場は、「あとで調べてみるね」と言って写真をとるにとどめました。その時の写真を添付します。教科書にあるとおりの実験をやっただけなので、子どもの健康上、問題はないものと思いますが、よろしくご指導のほどお願い申し上げます。

埼玉大学教育学部理科専修 平成2年卒業  
浅野 博一



左図 銅板にろうをぬって加熱、 右図 銅板にろうをぬって加熱後に水で冷却

回答 「ロクショウ(緑青)」には数種類の物があるそうです。例えば、銅が空気中の水分と二酸化炭素との反応で生ずる塩基性炭酸銅 $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ (孔雀石と同一組成)、空気中の二酸化イオウまたは硫化水素との反応物が酸化されて生ずる $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$ 等です。製品安全データシート(MSDS)によると塩基性炭酸銅や硫酸銅には急性毒性が少しあるようですが、毒物指定ではなく劇物指定ですので、毒性はかなり弱いと思います。さらに、児童の口に入ったり、手に付いたわけではないと思います。また、現在ではロクショウは毒ではないと言われています。

色々実験してみました。加熱中に短時間で銅板が付着物(酸・塩基・塩類等)やろうと反応して、ロクショウが生じることはなさそうです。ただし、加熱面に酸化銅は生じると思います。したがって、長時間の経時変化でできたロクショウが、銅板表面の褐色になっている部分に隠れていたものと思います。ろうを塗って加熱したときに、融解したろうにそのロクショウが混ざった(溶け出した?)

ものと想像します。さらに、銅板が少し傾いていたために、ロウが流れて一カ所に集まって厚みが増し、色が濃くなって顕著に見える様になったものと思います。なお、2つの写真のロクショウの色が少し違うのは、ロクショウの組成や集合状態(沈殿や粒子?)が微妙に異なるためだと思います。その他、化学物質の毒性や危険性等については、例えば下記のホームページのMSDS等をご覧ください。

<http://www.j-shiyaku.or.jp/home/msds/>  
<http://www3.kanto.co.jp/catalog/Csearch.aspx>  
<http://www.siyaku.com/>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：山下安年 日時：2008年02月25日 09時38分39秒

実験室で保存している溶液が凍ります。濃度が濃すぎるためと思います。お忙しい中申し訳ありませんが、 $\text{Na}_2\text{SO}_3$ の濃度と凝固点の関係を一覧表で教えてください。例えば、1, 5, 10, 15, 20%  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 溶液の凝固点を教えてください。お願い申し上げます。

---

名前：芦田 実 日時：2008年03月05日 00時35分00秒

山下安年 様

質問521 実験室で保存している溶液が凍ります。濃度が濃すぎるためと思います。お忙しい中申し訳ありませんが、 $\text{Na}_2\text{SO}_3$ の濃度と凝固点の関係を一覧表で教えてください。例えば、1, 5, 10, 15, 20%  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 溶液の凝固点を教えてください。お願い申し上げます。

回答 できる限り調べましたが、凝固点の濃度による変化については、化学便覧等にもデータが記載されていませんでした。一般に凝固点降下という現象がありますので、希薄溶液では濃度が濃くなるほど凝固点が下がって、凍り難くなると思います。例えば、溶媒の水のモル凝固点降下は $1.858\text{K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ です。ただし、1個の亜硫酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{SO}_3$ が水に溶けたとき、2個のナトリウムイオンと1個の亜硫酸イオンに電離しますので、亜硫酸ナトリウムの質量モル濃度の3倍で凝固点降下を見積もる必要があると思います。また、モル凝固点降下が適用できるのは希薄溶液に限ります。濃厚溶液では比例関係が成立しなくなりますので、注意してください。

質問文中の濃度が濃すぎるため溶液が凍るという箇所はおかしいと思います。例えば、食塩水が凍る場合には、温度が低下すると最初に純水の氷ができ、さらに温度が低下してから始めて残りの食塩水が凍ります。ゆえに、かなり低温の冷凍庫にでも保存しない限り、凍らないと思います。そうではなく、濃度が濃すぎたため、温度が低下したときに飽和濃度を超過して、亜硫酸ナトリウム七水和物 $\text{Na}_2\text{SO}_3\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ の固体が析出した(温度による溶解度の差を利用して再結晶の実験をした)だけではないでしょうか。凝固点の濃度変化のデータはありませんが、溶解度の温度変化ならば化学便覧等にデータが記載されています。ついでに、類似し水に対する溶解度(無水物のmass%)

温度, °C	0	10	20	25	30	32.4	33	固相
$\text{Na}_2\text{SO}_3$	11.7	15.9	20.9	23.5	26.2	-	27.5	$7\text{H}_2\text{O}$
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	4.31	8.26	16.0	21.9	29.2	33.2	-	$10\text{H}_2\text{O}$

た化合物の硫酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{SO}_4$ のデータも次の表に載せておきます。なお、亜硫酸ナトリウムでは $33^\circ\text{C}$ 以上で、硫酸ナトリウムでは $32.4^\circ\text{C}$ 以上で固相が無水物に変化し、溶解度曲線が下に折れ曲がります(データ省略)。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：山下安年 日時：2008年03月05日 23時41分38秒

芦田 実 様

こんばんは。Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>溶解度の件、御指導大変ありがとうございます。凝固したのは、凝固点よりも飽和点に関係しているとのこと説明は、大変よく理解できます。現状にもあっており大変素晴らしいご指導です。ありがとうございます。また凝固点降下現象は、希薄濃度で成立するとの丁寧なご説明大変参考になりました。お忙しい中大変ありがとうございました。今後とも御指導お願い申し上げます。

山下安年

---

名前：加藤 崇 日時：2008年03月05日 14時28分20秒

以前の質問と重なってしまい申し訳ありません。私もEDTAについてのご質問をいたします。手元に2NA(EDTA・2Na)の試薬で、構造式が $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、分子量が372.24の物があります。これを、50mMのEDTA・2Na水溶液に調製したいのですが、手元にあるEDTA・2Naを1Lの水に何グラム溶解すればよいのでしょうか？私は、水の分子量を除き計算を行った結果、 $1\text{mol/L} : 372.24 \times 372.24 / 336.24 = 0.05\text{mol/L} : x$ として20.60gとなりましたが間違っていますでしょうか？お願いします。

---

名前：芦田 実 日時：2008年03月05日 17時50分00秒

加藤 崇 様

**質問522** 以前の質問と重なってしまい申し訳ありません。私もEDTAについてのご質問をいたします。手元に2NA(EDTA・2Na)の試薬で、構造式が $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、分子量が372.24(g/mol)の物があります。これを、50mMのEDTA・2Na水溶液に調製したいのですが、手元にあるEDTA・2Naを1Lの水に何g溶解すればよいのでしょうか？私は、水の分子量を除き計算を行った結果、 $1\text{mol/L} : 372.24 \times 372.24 / 336.24 = 0.05\text{mol/L} : x$ として $x = 20.60\text{g}$ となりましたが間違っていますでしょうか？お願いします。

**回答** 考え方や計算方法に複数の間違いがあります。最初に、2NA(EDTA・2Na)を秤量する前に、結晶水を取り除いてEDTA・2Naだけを取り出すことができません。したがって、結晶水を含めた質量を秤量する必要があります。次に、溶解する前の水の体積と溶解した後の水溶液の体積が異なります。これには、粉末の2NA(EDTA・2Na)の添加による体積の増加、水和により水の隙間だらけの構造が壊れるための体積の減少等が原因しています。要するに、粉末と純水と水溶液の密度が全部違います。したがって、2NA(EDTA・2Na)を溶解した後に、水を添加して溶液の体積を1Lに調節するしかありません。次に、計算式中の $372.24 \times 372.24 / 336.24$ の部分がいったい何を考えているのか、全く意味が分かりません。さらに、この部分の単位はg/molになりますが、xの単位gとの整合性もありません。計算式の数字1つ1つに必ず単位を付けるべきです。そうすればこの様な間違いは起こりません。

普通は次の様に考えて分取量(質量)を計算します。結晶水を含めた分子量(

372.24g/mol)分の質量を量り取って、水に溶解して1 Lにすれば、濃度1.00mol/Lの溶液が1 Lできます。しかし、実際に必要な濃度は0.05mol/Lなので、分子量に濃度をかけると、0.05mol/Lの溶液を1 L調製するときの分取量が求まります(18.61g/L)。さらに、必要な溶液の体積が1 Lでない場合には、溶液の体積(L)をかけると最終的に必要な分取量が求まります。以上を計算式にまとめると

$$X = 372.24\text{g/mol} \times 0.05\text{mol/L} \times 1\text{L} = 18.61\text{g}$$

上の18.61g中の16.81gがEDTA・2Naだけの質量に、残りの1.80gが結晶水だけの質量に相当します。しかし、最初に述べた様にこれらを分離して秤量することはできません。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：小池博志 日時：2008年03月04日 22時34分14秒

ご多忙の中、下記の件ご教示ください。水をその場で硬度指示薬で軟水であるかどうかを判断(ブルーであれば軟水)しますが、この現場で判断する硬度指示薬を自分で作って見たいと思います。ついては調合方法と、どのような薬品をじゅんぴすれば良いか、ぜひご教示ください。よろしくお願ひします。

---

名前：芦田 実 日時：2008年03月06日 00時05分00秒

小池博志 様

**質問523** ご多忙の中、下記の件ご教示ください。水をその場で硬度指示薬で軟水であるかどうかを判断(ブルーであれば軟水)しますが、この現場で判断する硬度指示薬を自分で作って見たいと思います。ついては調合方法と、どのような薬品を準備すれば良いか、ぜひご教示ください。よろしくお願ひします。

**回答** キレート滴定(水質検査の1種)を簡略化した方法だと思ひます。市販の検査薬の成分と濃度が分かりません。必要な薬品と調製方法はほぼ想像できますが、市販品と異なっている可能性が高いです。さらに、個々の薬品は微量では市販されていません。数百回～千回以上の検査を行わない限り、購入した薬品の大部分が無駄になり、しかもほとんどが劇薬ですので廃棄するのが大変だと思ひます。検査が50回までなら、市販のパックテストを購入したほうが金額的にも安いと思ひます。

必要な薬品としては、エリオクロムブラックT (EBTと略記)、塩酸ヒドロキシルアミン、塩化アンモニウム、アンモニア水(強烈な刺激臭)、メタノールです。EBTと塩酸ヒドロキシルアミンを混合済みの薬品(エリオクロムブラックT希釈粉末、エリオクロムブラックTコンプレックス等)も市販されています。なお、本格的なキレート滴定ではEDTAも使ひますが、ここではEBTの色を見るだけなので、EDTAは使ひません。EBT指示薬は、EBT 0.5gと塩酸ヒドロキシルアミン4.5gをメタノール100mLに溶解して調製します。pH緩衝液(pH10)は、塩化アンモニウム7.0gに濃アンモニア水57mLを加え(溶かし)、さらに純水を加えて100mLにして調製します。溶液等の使用量は実験テキストによって多少異なっています。検査する試料水10～20mLに対して、pH緩衝1～2 mLを加えて振り混ぜた後、EBT指示薬1～3滴を加えて振り混ぜ、色を観察します。慣れないうちは、パックテストと併用して、硬水か軟水かを見極めるべきだと思ひます。なお、キレート滴定等の詳細については、参考として質問18の回答や下記のホームページをご覧下さい。

[http://www.chem.gunma-u.ac.jp/~taiken/T\\_6.pdf](http://www.chem.gunma-u.ac.jp/~taiken/T_6.pdf)

<http://www.kiriya-chem.co.jp/q&a/shijiyaku.html>  
<http://www.shse.u-hyogo.ac.jp/kumagai/eac/224a.htm>  
<http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S32/S32F03101000014.html>  
<http://www.bunseki.ac.jp/naruhodo/jugyou05.html>  
[http://kyoritsu-lab.co.jp/pack/packtest/wak\\_2.html](http://kyoritsu-lab.co.jp/pack/packtest/wak_2.html)  
<http://kyoritsu-lab.co.jp/komoku/k.htm>  
[http://www.endokagaku.co.jp/shop/packtest/packtest/wak-ca\\_mg\\_th.html](http://www.endokagaku.co.jp/shop/packtest/packtest/wak-ca_mg_th.html)

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：小池博志 日時：2008年03月06日 20時26分34秒

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実 様

早速のご回答有難うございます。一度トライして見ます。有難うございました。

小池博志

---

名前：大高 日時：2008年04月07日 13時58分55秒

100mgの5-azacytidineがあるんですが、使用方法をみると、酢酸:DW=1:1の溶液に溶いた場合、5mg/mLの濃度に溶かすらしいんです。5-azacytidineを0.1  $\mu$  Mの濃度で細胞培養に使用したいのですが、1 mLのmediumに入れる5-azacytidineの量が非常に小さくなってしまいます。溶いた溶液を10000倍くらいに希釈しないといけないのですが、これ以外にいい方法ってないですか？

---

名前：芦田 実 日時：2008年04月08日 00時15分00秒

大高 様

**質問524** 100mgの5-azacytidineがあるんですが、使用方法をみると、酢酸:DW=1:1の溶液に溶いた場合、5mg/mLの濃度に溶かすらしいんです。5-azacytidineを0.1  $\mu$  Mの濃度で細胞培養に使用したいのですが、1 mLのmediumに入れる5-azacytidineの量が非常に小さくなってしまいます。溶いた溶液を10000倍くらいに希釈しないといけないのですが、これ以外にいい方法ってないですか？

**回答** 濃度が極端に小さいですから、不純物や汚れの影響の方が大きくなる恐れがあります。培養容器1つ1つの内壁の極微量の汚れ方の違いや容器の壁からしみ出してくる不純物が最後まで問題になると考えられます。容器を使用する以上、これらの影響を完全に排除することは不可能でしょう。

培養容器を同時に多数使用すると思いますので、100mL(=0.1L)調製すると仮定して回答します。1つ目の方法は、0.1  $\mu$  gまで量れるウルトラマイクロ天秤を使用します。例えば、5-azacytidineの分子量が244.2g/molですから0.1  $\mu$  mol/Lの溶液0.1Lを調製するとき分取する質量Wは

$$W = 244.2 \text{ g/mol} \times 0.1 \mu \text{ mol/L} \times 0.1 \text{ L} = 2.4 \mu \text{ g}$$

になります。ウルトラマイクロ天秤については、参考として下記のホームページをご覧ください。

2つ目の方法は、0.1mgまで量れる電子天秤を使用し、2段階に希釈して調製します。例えば、1mM(=1mmol/L)の溶液0.1Lを調製するとき分取する質量Xは

$$X = 244.2 \text{ g/mol} \times 1 \text{ mmol/L} \times 0.1 \text{ L} = 24.4 \text{ mg}$$

になります。例えば、この溶液 1 mL を希釈して 100 mL にすれば、濃度が  $10 \mu\text{M}$  になります。さらに、同様に 100 倍に希釈すれば、濃度が  $0.1 \mu\text{M}$  になります。100 mL の溶液が 3 種類できるだけです。2 種類の濃い溶液を密閉して冷蔵庫に保管しておけば、何時でも使用できますので、無駄にならないと思います。なお、当然のことですが、濃度が狂わない様に、希釈には精度の高いホールピペットとメスフラスコ等を使用します。

<http://www.sartorius.co.jp/html/index.html>

<http://japan.mt.com/home?cnty=JP&als=jp>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：カツ      日時：2008年04月24日 21時59分01秒

こんばんは。初めまして。0.05MのEDTA溶液を作成しました。この溶液のファクターFを求める実験方法、算出が分かりません。キレート滴定の本を読みました。EDTA溶液の作り方は載ってましたがファクターの事まではきちんと書いてありません。全てファクターF=1となっているようです。教えてください。お願いします。

---

名前：芦田 実      日時：2008年04月26日 00時30分00秒

カツ 様

質問525    こんばんは。初めまして。0.05MのEDTA溶液を作成しました。この溶液のファクターFを求める実験方法、算出方法が分かりません。キレート滴定の本を読みました。EDTA溶液の作り方は載ってましたがファクターのことまではきちんと書いてありません。全てファクターF=1.00となっているようです。教えてください。お願いします。

回答    例えば、市販の特級EDTA二水素二ナトリウム二水和物の場合には純度が99.5%以上ありますので、一次標準試薬として使用できます。それゆえ、1mgまたは0.1mgのオーダーまで精密に秤量した質量W(g)を分子量M(=372.24g/mol)とメスフラスコの容積V(L)で除すと、正確な濃度 $C_c$ (mol/L)が求まります。これを調製目的の濃度 $C_o$ (=0.05mol/L)で除せば、ファクターFが求まります。

$$C_c = W / (MV), \quad F = C_c / C_o$$

分子量が大きいですから、ファクターがF=1.00となる質量を比較的容易に秤量できます。したがって、キレート滴定の本では全てファクターがF=1.00となっていると考えられます。なお、純粋な亜鉛や銅の一定量を正確に秤量し、これを酸に溶かして亜鉛や銅の標準液を調製して、標定(滴定)する方法もあるそうです。ただし、亜鉛や銅の表面が通常は酸化していて、これにより誤差を生じますから、注意して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：矢吹 晴彦      日時：2008年04月07日 14時20分23秒



お忙しいところ、素人質問をして誠に申し訳ありません。実は先日、ペットボトル(コカコーラ500mLのもの)に熱湯を入れたところ、急に縮まり350mLクラスになってしまいました。他のペットボトル(清涼飲料水)では、この様な事は起きないのに、なぜコカコーラのボトルでは、この様な事が起きてしまうのでしょうか？

名前： 芦田 実      日時： 2008年04月30日 01時10分00秒

矢吹 晴彦 様

**質問526** お忙しいところ、素人質問をして誠に申し訳ありません。実は先日、ペットボトル(コカ・コーラ500mLのもの)に熱湯を入れたところ、急に縮まり350mLクラスになってしまいました。他のペットボトル(清涼飲料水)では、この様な事は起きないのに、なぜコカ・コーラのボトルでは、この様な事が起きてしまうのでしょうか？

**回答** 11種類(各1本)のペットボトルを約100℃で15分間煮たところ、程度の差はありましたが全て収縮しました。質問文中にコカ・コーラ以外のペットボトルでは熱収縮しないとありますが、微量の収縮に気が付かなかったものと思います。

ペットボトルはポリエチレンテレフタレートという繊維状の熱可塑性樹脂をブロー成型して作るそうです。熱を加えて軟らかくし、風船をふくらませる様にして型に合わせ、直ぐに冷やして硬くし、そのままの形を保たせているそうです。

表 100℃で15分間加熱したときのペットボトルの容積変化

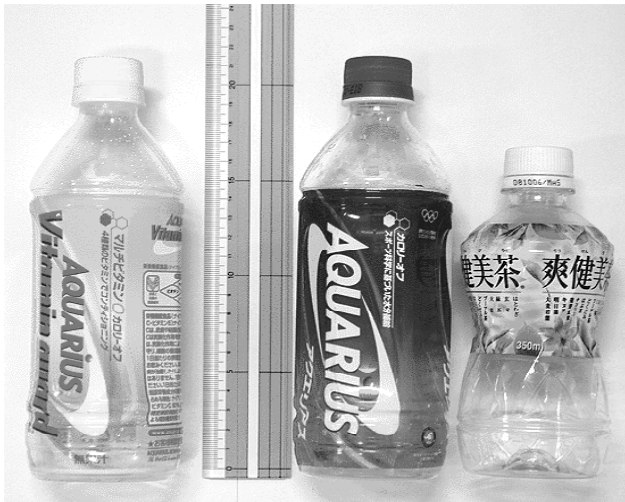
商品名	容器質量	容積 mL		容積残存率 %
	g	加熱前	加熱後	
volvic	20.3	528	297	56
ポカリスエット	23.1	539	322	60
爽健美茶	25.2	362	215	59
小岩井ミルクとコーヒー	27.6	519	240	46
午後の紅茶レモンティー	28.2	517	237	46
生茶	28.8	514	170	33
C1000レモンウォーター	30.9	521	450	86
アクエリアスピタミンガード	31.1	515	492	96
アクエリアス	31.2	517	498	96
コカ・コーラ	34.8	535	295	55
シャバダバ	39.4	473	346	73



左図 加熱前



右図 加熱後



左図 加熱前



右図 加熱後

この方法では、ふくらませたときの影響が残っていて、再び加熱して軟らかくしたときに収縮する可能性があると思います。詳細については、例えば下記のホームページをご覧ください。

ペットボトルの種類によって収縮率(容積残存率)が異なる原因はよく分かりません。樹脂の重合度(繊維の長さ)の違い、成型条件(温度とふくらませる圧力)の違い、ボトル壁の肉厚の違い、同一ボトルでも場所による肉厚の不均一性、ボトルの形状の違い等が考えられます。これら複数の原因が同時に関係している可能性もあります。後はご自分で考えたり調べたりして下さい。

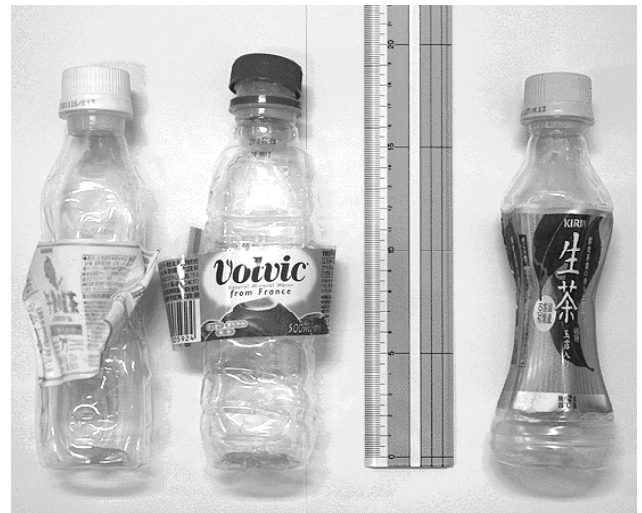


図 加熱後

<http://www.sankei-corp.com/monozukuri.html>

[http://knowledge.yasojima-proceed.com/archives/2007/09/q\\_50.html](http://knowledge.yasojima-proceed.com/archives/2007/09/q_50.html)

[http://www.r-agent.co.jp/glossary/glossaryList/kikai/glo\\_blow.html](http://www.r-agent.co.jp/glossary/glossaryList/kikai/glo_blow.html)

<http://www.aupair.jp/terms/akasa.htm>

[http://detail.chiebukuro.yahoo.co.jp/qa/question\\_detail/q1013302045](http://detail.chiebukuro.yahoo.co.jp/qa/question_detail/q1013302045)

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

名前：矢吹 晴彦 日時：2008年05月08日 16時44分39秒

「質問番号526」でお世話になった矢吹ですが、今回は大変お世話になりました。子供に回答を見せたところ「凄い、ここまでやってくれたんだ。大学って凄いとこだね！」と、大変驚いていました(勿論私自身も)。私の様な知識も無い質問に、本気で答えて下さった大学の方々、誠に有り難う御座いました。今回の事で、自分の子供が「大学」と言う存在に大変な関心を持ってくれた事が何よりの宝です。本当に有り難う御座いました。

名前：佐々木 浩 日時：2008年04月28日 22時17分23秒

中学3年生です。質問なのですが、気温が上がるから気圧が下がるのか、もしくは気圧が下がるから気温があがるのかどちらが正しいのでしょうか。

---

名前： 芦田 実      日時： 2008年05月06日 02時25分00秒

佐々木 浩 様

**質問527** 中学3年生です。質問なのですが、気温が上がるから気圧が下がるのか、もしくは気圧が下がるから気温があがるのかどちらが正しいのでしょうか。

**回答** このホームページは無機化学系(または物理化学系)の研究室で作っています。この質問は守備範囲を超えていますので、下記の回答以上に詳しいことが知りたい場合には、地学(または気象学)の専門家に質問して下さい。この回答も、私が気象学の専門の先生に伺って、そのときの話を参考にして作成しています。

気温と気圧の関係は、次の様に幾つかの場合に分けて考えたほうが良さそうです。1つ目は、地表付近の固定位置で気温と気圧を観測した場合です。質問の意味も、この内容だと判断します。気圧は測定場所より上に存在する空気の重さになります。空気は気温が高くなれば軽くなり(膨張し)、低くなれば重くなり(収縮)しますから、気温の変化(原因)が気圧の変化(結果)をもたらすと、一般的に考えて良いそうです。例えば、夏の日中には、地面付近が熱せられることによって気温が上昇し、内陸部に熱的低気圧が発生するそうです。大きなスケールでは、冬に大陸が冷却することによって空気が重くなり、シベリア高気圧が発生するそうです。これらの場合には、空気の塊が外部(周囲)と熱エネルギーをやり取りしています。結論として、気温が上がるから気圧が下がることになります。ただし、上昇気流や下降気流が発生しますので、固定位置で観測した場合には、同一の空気塊の気温と気圧の関係ではないように思います。

2つ目は、上昇気流中または下降気流中の同一の空気塊について考えた場合です。理想気体の状態方程式(ボイルーシャルルの法則)より一定量(外部との間に分子の出入りがない)の気体の体積は、圧力に反比例し、絶対温度に比例します(圧力×体積 $\propto$ 絶対温度)。温められた空気塊は上昇し、気圧が低くなり、体積が増えます。すなわち、空気塊は周囲に対して圧力×体積の変化量分の仕事をします。このときに、空気の持っていた熱エネルギーが代わりに消費され、温度が低下します(仕事に相当する分量だけ温度が変化)。気流中では、外部(周囲)もほとんど同じ気温なので熱エネルギーの出入りが起こりません(断熱変化)。したがって、気温と気圧の変化は同時に起こり、どちらが先とは言えないように思います。ただし、気流中の(同一の空気塊の)気温と気圧を、気流に何ら影響を与えることなく、気流と同一速度で移動しながら連続的に観測することは、かなり難しいと思います。高度の異なる複数の位置で観測したデータ(異なる空気塊)から推定するほうが簡単だろうと思います。

3つ目は、低気圧や高気圧の移動によって気圧が変化する場合です。他にもいろいろな原因が重なることがあるそうです。これらの場合は現象が複雑であり、気温と気圧の関係を簡単に言い表すことはできないそうです。したがって、上の1つ目で述べた結論はあくまでも一般的な(非常に単純化した)話だそうです。

天気(気温、気圧、台風等)の詳細については、参考として下記のホームページもご覧下さい。

[http://contest.thinkquest.jp/tqj2001/40457/weather/weather\\_qu\\_prmain.html](http://contest.thinkquest.jp/tqj2001/40457/weather/weather_qu_prmain.html)

[http://contest.thinkquest.jp/tqj2001/40457/weather/weather\\_question.html](http://contest.thinkquest.jp/tqj2001/40457/weather/weather_question.html)

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

---

名前：小柳三穂 日時：2008年05月05日 07時33分46秒

塩化ビニル樹脂には可塑剤(軟化剤)が使用されていますが、トリアセチルセルロース用の①可塑剤②溶ける用材を教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2008年05月08日 00時10分00秒

小柳三穂 様

質問528 塩化ビニル樹脂には可塑剤(軟化剤)が使用されていますが、トリアセチルセルロース用の①可塑剤と②溶材を教えてください。

回答 トリアセチルセルロース用の①可塑剤としては、エーテル類、リン酸エステル類、カルボン酸エステル類、スルホン酸系の化合物、およびそれらの混合物等が多数あるそうです。②溶剤としては、塩化メチレンとメタノールの混合溶媒、アセトン等があるそうです。個々の薬剤名をあげたらきりがないので、後はお自分で調べて下さい。また、詳細については例えば下記のホームページをご覧ください。ただし、特許等も含まれていますので、これらの薬剤を使用するときは自由分に注意して下さい。

[http://www.aist.go.jp/aist-idea/cgi-bin/detail\\_data2.cgi?kind=1&seq=3747&no=11](http://www.aist.go.jp/aist-idea/cgi-bin/detail_data2.cgi?kind=1&seq=3747&no=11)

[http://www.daicel.co.jp/cell\\_ac/dai\\_zu8.html](http://www.daicel.co.jp/cell_ac/dai_zu8.html)

<http://www.fujifilm.co.jp/msds/no4/aispdf/AEG20010J.pdf>

<http://www.koeido-sp.co.jp/yogojp/>

<http://www.daihachi-chem.co.jp/seihin/nann.html>

<http://www.weblio.jp/content/%E3%82%A2%E3%82%BB%E3%83%81%E3%83%AB%E3%82%BB%E3%83%AB%E3%83%AD%E3%83%BC%E3%82%B9>

<http://www.j-plus.co.jp/kaso.html>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：椎名美紀 日時：2008年05月09日 00時20分45秒

学校のレポートのことなのですが、いくら探しても出てこなくて困っています。硝酸鉄水溶液とアンモニア水、水酸化ナトリウム水溶液、ヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム、チオシアン酸カリウムのイオン反応式を教えてください。いきなりこんなにたくさん質問してしまい、すみません。どうぞよろしくお願いします。

---

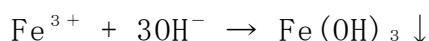
名前：芦田 実 日時：2008年05月12日 22時20分00秒

椎名美紀 様

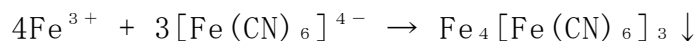
質問529 いくら探しても出てこなくて困っています。硝酸鉄水溶液とアンモニア水、水酸化ナトリウム水溶液、ヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム、チオシアン酸カリウムのイオン反応式を教えてください。いきなりこんなにたくさん質問してしまい、すみません。どうぞよろしくお願いします。

回答 硝酸鉄が硝酸鉄(Ⅲ)であると仮定して回答します。水中で硝酸鉄(Ⅲ)は、鉄(Ⅲ)イオンと硝酸イオンに電離しています。アンモニア水は弱アルカリ性で、水酸化ナトリウム水溶液は強アルカリ性ですから、これらの水溶液と硝酸鉄(Ⅲ)

水溶液を混合すると、鉄(Ⅲ)イオンと水酸化物イオンが結合して水酸化鉄(Ⅲ)の赤褐色沈殿を生じます。さらに、水酸化鉄(Ⅲ)の沈殿はアンモニア水や水酸化ナトリウム水溶液を過剰に加えても溶解しません。



ヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウムと硝酸鉄(Ⅲ)水溶液を混合すると、鉄(Ⅲ)イオンとヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸イオンが結合して紺青色の沈殿を生じます。この沈殿のことをプルシアン青、ベレンス青、紺青、ベルリン青などと呼びます。



チオシアン酸カリウムと硝酸鉄(Ⅲ)水溶液を混合すると、鉄(Ⅲ)イオンとチオシアン酸イオンが結合して血赤色の水溶液になります(沈殿は生じません)。



埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：椎名美紀      日時：2008年05月12日 22時52分08秒

芦田 実 先生

お忙しい中、ご回答をいただきありがとうございました。

調べてもわからなくて、大変困っていたので、とても助かりました。また、今後もわからないことなどがありましたら、いろいろ教えていただきたいと思いますので、どうぞよろしく願いいたします。

本当にどうもありがとうございました。

椎名 美紀

---

名前：中久喜真理      日時：2008年05月11日 17時11分24秒

固体の溶解度の化学実験をしました。試験管に塩化アンモニウム2.0g, 2.2g, 2.4g, 2.6g, 2.8g, 3.0gをとり、これに水5.0cm<sup>3</sup>を加えて、それぞれよく振り、溶解する様子を見ました。問1 溶液の温度はどのように変化するか。また、溶けるかどうか。

私たちのグループは2.2g, 2.6g, 3.0gを実験したところ、どれも完全には溶けきりませんでした。2.2gは0.8cmくらい積もり、2.6gは1.0cm積もり、3.0gは1.3cm積りました。温度は2.2gは13.5℃, 2.6gは15℃, 3.0gは16℃でした。問1には実験結果を書けば良いので答えられるのですが、なぜ冷たくなるのですか？塩化アンモニウムの量が多い試験管の方が、温度が少し高いのはなぜですか？室温は関係しているのですか？教えてください。

---

名前：芦田 実      日時：2008年05月13日 01時15分00秒

中久喜真理 様

質問530 固体の溶解度の化学実験をしました。試験管に塩化アンモニウム2.0g, 2.2g, 2.4g, 2.6g, 2.8g, 3.0gをとり、これに水5.0cm<sup>3</sup>を加えて、それぞれよく振り、溶解する様子を見ました。問1 溶液の温度はどのように変化するか。また、溶けるかどうか。

私たちのグループは2.2g, 2.6g, 3.0gを実験したところ、どれも完全には溶け

きりませんでした。2.2gは0.8cmくらい積もり、2.6gは1.0cm積もり、3.0gは1.3cm積もりました。温度は2.2gは13.5℃、2.6gは15℃、3.0gは16℃でした。問1には実験結果を書けば良いので答えられるのですが、なぜ冷たくなるのですか？塩化アンモニウムの量が多い試験管の方が、温度が少し高いのはなぜですか？室温は関係しているのですか？教えてください。

**回答** 一般に、溶媒と溶質が別々に存在する溶解前の状態と溶解後の溶液の状態を比較して、溶解前の状態の方がエネルギー的に低けれ(安定ならば)、溶解するときに周囲から熱エネルギーを吸収して、エネルギー的に高い(不安定な)状態になります(吸熱)。逆に、溶解前の状態の方がエネルギー的に高けれ(不安定ならば)、溶解するときに余分なエネルギーを熱の形で放出して、エネルギー的に低い(安定な)状態になります(発熱)。要するに、水と塩化アンモニウムの固体が別々に存在する状態の方が水溶液の状態よりもエネルギー的に安定だから、周囲から熱エネルギーを吸収しないと、溶けることができないのです。すなわち、溶解に伴って熱を奪われたために、冷たくなったのです。

塩化アンモニウムの量が多い試験管の方が温度が少し高いのは、トータルの熱量(熱エネルギー)の問題だと思います。水の量が同じですから、塩化アンモニウムが溶解する量も同じになります。それゆえ、溶解に伴って吸収される熱量も同じになります。熱を吸収される物質は水、塩化アンモニウム、試験管、温度計などです。塩化アンモニウムの量が多いほど、溶解前に持っていたトータルの熱量が多くなりますので、それだけ温度が下がり難くなります。冷蔵庫で氷を作るときに、水の量が多いほど冷え難い(時間がかかる)のと似た様な現象です。

温度計について詳しく書かれていませんが、試験管3本の温度を測るときに、1本のアルコール温度計を短時間で使い回した場合には、測る順序が温度の測定値に微妙に影響すると思います。なぜなら、温度計で温度を測るためには、温度計の温度が測定前の温度から測定中の温度に変化しなければなりません。このときに、温度計と溶液の間で熱のやり取りがあり、温かい方は冷やされ、冷たい方は温められ、正しい温度が厳密には測定できません。特に、一番最初に測った温度が、温度計の温度(室温)と液温の差が最も大きく、最も大きな影響を受けると思います。2本目は、温度計の温度(1本目の液温)と2本目の液温の差が小さく、影響が小さいと思います。3本目もほぼ同様です。なお、空気(気体)は固体や液体と比較して、単位体積中の分子数(密度)が少なく、それゆえ持っている熱量が小さいので、短時間の実験なら室温はあまり関係しないと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

**名前：秋生 文昭 日時：2008年03月29日 18時03分44秒**

突然の質問で申し訳ありません。蓄熱材として硫酸ナトリウムがあるみたいですが、融ける温度が変更できたら用途に合わせて活用できると思います。失礼とは思いましたが、教えていただけませんか。硫酸ナトリウム十水和物  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  の凝固点、融点を変更させるには、どうすればいいのですか？よろしく願います。

---

**名前：芦田 実 日時：2008年05月20日 00時35分00秒**

秋生 文昭 様

**質問531** 突然の質問で申し訳ありません。蓄熱材として硫酸ナトリウムがあるみたいですが、融ける温度が変更できたら用途に合わせて活用できると思います。

失礼とは思いましたが，教えていただけませんか．硫酸ナトリウム十水和物 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ の凝固点，融点を変更させるには，どうすればいいのですか？ よろしくお願いします．

**回答** 回答が遅くなって大変申し訳ありませんでした．凝固点や融点はその物質の固有の性質であり，簡単に変更できるものではありません．方法を考えるのに時間がかかりました．さらに，色々実験するのに時間がかかりました．しかしながら，結論から先に言うと，硫酸ナトリウム十水和物の凝固点や融点を変化させる適切な方法は見つかりませんでした．

硫酸ナトリウム十水和物の固体は $32.4^\circ\text{C}$ で結晶水を放出して無水物に変化し，その放出した水に溶けると言われています．熱で融けると言うよりも，むしろ水に溶ける現象です．したがって，凝固点や融点と言うよりも，溶解度曲線(温度による溶解度の変化)の方に関係していると思います．化学便覧基礎編Ⅱ(丸善)等によれば $32.4^\circ\text{C}$ 以下では，温度が下がるほど溶解度も小さくなります．それゆえ(あくまでも)計算上では，硫酸ナトリウム十水和物に水を加えれば加えるほど，凝固点や融点が下がるはずですが(しかし，蓄熱量も減少します)．そこで，硫酸ナトリウム無水物に水を加えて，60%，44%(硫酸ナトリウム十水和物の固体の組成)，33%( $32.4^\circ\text{C}$ における溶解度)，30%，25%，15%，10%等の組成で実験してみました．しかし， $32.4^\circ\text{C}$ よりもかなり低い温度で溶け始めたり，冷蔵庫に入れないと凍らなかつたりして，凝固点や融点の温度変化はうまく測れませんでした．硫酸ナトリウム十水和物の固体と硫酸ナトリウム無水物の固体の間に準安定状態の(結晶水の数が10より小さく，0より大きい)水和物の固体が存在し，固体間の変化が遅いためだと想像します．さらに，凝固点と融点が異なっているかもしれません．なお， $32.4^\circ\text{C}$ 以上では溶解度がほとんど変化しません(温度が上がるほど溶解度がほんの少しずつ減少します)．それゆえ，硫酸ナトリウムの凝固点や融点を $32.4^\circ\text{C}$ 以上にする方法はありません．

硫酸ナトリウム十水和物と似た様な溶解現象が期待でき，しかも比較的安全な物質として，硫酸ニッケル六水和物( $31^\circ\text{C}$ と $53^\circ\text{C}$ の二段階で結晶水を放出)や硫酸マグネシウム七水和物( $48^\circ\text{C}$ と $69^\circ\text{C}$ の二段階で結晶水を放出)等があります．硫酸ナトリウム十水和物とこれらの物質を組み合わせれば，凝固点や融点を $32.4^\circ\text{C}$ 以上にできるかもしれません．そこで，硫酸マグネシウム七水和物の固体を加熱してみました，結晶水を放出する温度が高いために水蒸気になってしまい，うまく溶解しませんでした．容器を密閉する必要がありますが，中の圧力が高くなりますので，容器の破損に注意する必要があります．硫酸ナトリウム十水和物と併用すれば， $32.4^\circ\text{C}$ と $69^\circ\text{C}$ 等の複数の融点を利用できるかもしれません．しかし，これらの物質を混合したら，融点がどのように変化するか想像もつきません．別々の容器に入れて近くに置くほうがよいかもしれません．

硫酸ナトリウム十水和物等の無機物ではなく，石油ワックス(ロウ，パラフィン等)を利用する方法も考えられます．種々の融点の物がありますので，これなら融点を細かく変更できると思います．ただし，可燃性ですので取り扱いには十分に注意する必要があります．なお，オイルヒーターには難燃性のオイルを密封しているそうです．

以上の様に，凝固点や融点を変化させる適切な方法は見つかりませんでした．種々の化学物質を用いて，試行錯誤に調べるしかないと思います．後はご自分で実験してみてください．

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：秋生 文昭      日時：2008年05月21日 16時27分55秒

丁寧に教えていただき、勉強になりました。科学をどこで学んで良いかわからない私には、貴重な回答でした。また、よろしく申し上げます。大変、ありがとうございました。

---

名前：松田 優 日時：2008年05月20日 14時49分04秒

酸化還元滴定にて過マンガン酸カリウムを用いる滴定の際に、硝酸を用いることができないのはなぜですか。教えてください。また、過マンガン酸カリウムを用いて滴定していると、茶色の不溶性固体が生成するのはなぜですか。教えてください。

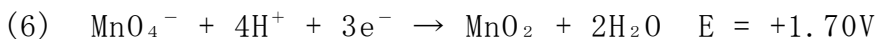
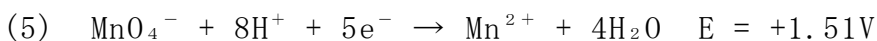
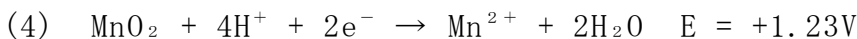
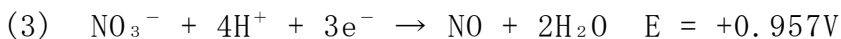
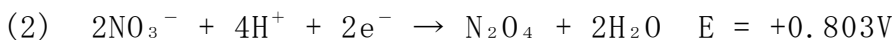
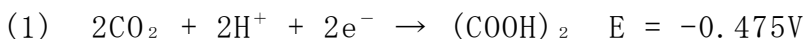
---

名前：芦田 実 日時：2008年05月25日 16時10分00秒

松田 優 様

質問532 酸化・還元滴定にて過マンガン酸カリウムを用いる滴定の際に、硝酸を用いることができないのはなぜですか。教えてください。また、過マンガン酸カリウムを用いて滴定していると、茶色の不溶性固体が生成するのはなぜですか。教えてください。

回答 2つの酸化・還元半反応を組み合わせた場合に、標準電極電位Eがより負側の半反応が左に、より正側の半反応が右に進みます。例えば、シュウ酸(COOH)<sub>2</sub>、硝酸HNO<sub>3</sub>および過マンガン酸カリウムKMnO<sub>4</sub>を混合した場合には、次の様な半反応が関係すると思います。



ここで、式(5)は式(4)と式(6)をまとめた式です。式(1)と式(6)を組み合わせた反応が、標準電極電位Eの差が最も大きいので、最も起こり易く反応速度も速くなります。



酸性溶液中では過マンガン酸イオンMnO<sub>4</sub><sup>-</sup>はマンガニオンMn<sup>2+</sup>にまで還元されますので、式(1)と式(4)を組み合わせた反応も起こります。しかし、反応速度は式(7)よりも遅くなります。



以上をまとめて、式(1)と式(5)を組み合わせた反応、すなわち式(7)と式(8)をまとめた反応が主に起こることになります。

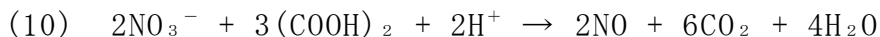


過マンガン酸カリウムKMnO<sub>4</sub>の滴下速度が遅い場合には、式(7)で生じる二酸化マンガニオンMnO<sub>2</sub>は次の式(8)で完全に消費されてしまいます。ところが、KMnO<sub>4</sub>を急激に多量に滴下すると、式(7)と比較して式(8)の速度が遅いため、多量に生じた二



酸化マンガン $MnO_2$ の溶解度が小さいために、その固体微粒子が一時的に析出する  
と考えられます。あるいは、滴下部分でシュウ酸 $(COOH)_2$ が不足して、式(4)と式  
(6)を組み合わせた(遅い)反応が起こる恐れもあります。これらの現象が茶色の不  
溶性固体を生成する主な理由だと考えられます。

硝酸 $HNO_3$ 酸性にすると、硝酸イオン $NO_3^-$ が多量に存在しますので、式(1)と式  
(3)を組み合わせた反応および式(1)と式(2)を組み合わせた反応もゆっくりと進行  
すると考えられます。



さらに、生じた $NO$ や $N_2O_4$ が $MnO_4^-$ と反応する恐れもあります(式省略)。そうする  
と、滴定の定量性が失われ、滴定値が信用できなくなります。結論として、過マ  
ンガン酸カリウムだけでなく、多量の硝酸も酸化作用を持つために、それらが競  
争して還元剤と反応するためです。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：塚橋 祐介      日時：2008年05月21日 10時09分32秒

硫酸銅の5水和物と1水和物ではなぜ結合力が違うのですか？

---

名前：芦田 実      日時：2008年05月25日 17時05分00秒

塚橋 祐介 様

質問533 硫酸銅の5水和物と1水和物ではなぜ結合力が違うのですか？

回答 硫酸銅5水和物の5つの結晶水のうち4つは銅イオンに平面四角形状に結  
合し、残り1つは硫酸イオンに結合しています。温度を上げていくと結合力の弱  
い結晶水から段階的に放出して、硫酸銅5水和物→硫酸銅3水和物→硫酸銅1水  
和物→硫酸銅無水物と変化していきます。すなわち、硫酸銅5水和物と1水和物  
で結合力が違う理由は、結合している場所が異なるためです。詳細については、  
例えば参考として下記のホームページをご覧ください。

<http://www.chem.ous.ac.jp/~gsakane/cuso4.html>

[http://www.siint.com/documents/technology/thermal\\_analysis/application\\_TA\\_063.pdf](http://www.siint.com/documents/technology/thermal_analysis/application_TA_063.pdf)

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：浄水課 小野寺裕司      日時：2008年05月21日 11時03分45秒

失礼致します。小野寺と申します。大変、お忙しい中申し訳ございませんが、  
水道水(残留塩素ppm)を7水和の亜硫酸ナトリウムで中和いたしたいのですが、化学  
式を御教授くださる様お願い申し上げます。一方的な質問に対する非礼お詫び申  
申し上げます。

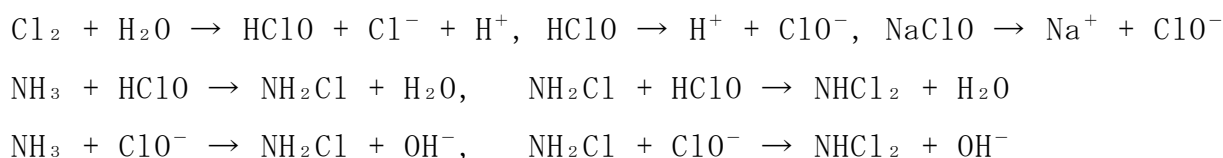
---

名前：芦田 実      日時：2008年05月26日 01時05分00秒

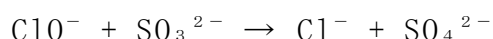
浄水課 小野寺裕司 様

**質問534** 小野寺と申します。大変、お忙しい中申し訳ございませんが、水道水(残留塩素ppm)を7水和の亜硫酸ナトリウムで中和したいのですが、化学式を御教授くださる様お願い申し上げます。一方的な質問に対する非礼お詫び申し上げます。

**回答** 質問中の残留塩素の定義があいまいです。残留塩素には、塩素ガスを水に溶かしたときに生じる次亜塩素酸HClOや次亜塩素酸イオンClO<sup>-</sup>、次亜塩素酸ナトリウムを水に溶かしたときに生じる次亜塩素酸イオンClO<sup>-</sup>、塩素ガスとアンモニアが反応して生じるモノクロロアミンNH<sub>2</sub>ClやジクロロアミンNHC1<sub>2</sub>等があるそうです。



水道水のpHはほぼ中性ですから、これらのうち次亜塩素酸イオンClO<sup>-</sup>、モノクロロアミンNH<sub>2</sub>ClおよびジクロロアミンNHC1<sub>2</sub>の反応を考えれば良いでしょう。次亜塩素酸イオンClO<sup>-</sup>と亜硫酸イオンSO<sub>3</sub><sup>2-</sup>のイオン反応式は



モノクロロアミンNH<sub>2</sub>ClやジクロロアミンNHC1<sub>2</sub>と亜硫酸イオンSO<sub>3</sub><sup>2-</sup>の化学反応式はよく分かりません。これらの反応式と標準電極電位等のデータが見つからないためです。例えば、次の様なイオン反応式が考えられますが、あくまでも推定に過ぎません。後はご自分で文献を調べたり、分析して調べて下さい。



質問中で残留塩素が特定されていませんし、その濃度(ppm)も書かれていません。したがって、中和に必要な亜硫酸ナトリウム七水和物の量を計算する方法は省略します。亜硫酸ナトリウムを分取するときに注意して下さい。亜硫酸ナトリウムと水和水(結晶水)を分けて秤量することはできません。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

**名前：田島 日時：2008年05月24日 15時03分20秒**

第Ⅲ族イオンの定性分析実験において始めにNH<sub>4</sub>Clを滴下するのはなぜですか？

---

**名前：芦田 実 日時：2008年05月28日 09時55分00秒**

田島 様

**質問535** 第3族イオンの定性分析実験において始めにNH<sub>4</sub>Clを滴下するのはなぜですか？

**回答** この理由について詳しいことは、化学実験の本にもほとんど書かれていません。第3族のアルミニウムイオンとクロム(Ⅲ)イオンに強塩基の水酸化ナトリウム水溶液を滴下すると、最初は水酸化物の沈殿を生じますが、水酸化ナトリウムが過剰になると、水酸化物イオンと錯体(錯イオン)を作って溶解します。すなわち、塩基性の原因である水酸化物イオンが過剰になると、この溶解現象が起こります。

アンモニア水は弱塩基ですが、アンモニア水だけを過剰に滴下するとpHが11を超えるほどの塩基性になると予想されます。すると、アルミニウムとクロム(Ⅲ)の水酸化物沈殿がわずかに溶解して、第4族の試料に紛れ込む恐れが生じます。これを防ぐために塩化アンモニウムを滴下しているのだと思います。塩化アンモニウムとアンモニアが混ざるとpH緩衝効果が起こり、塩化アンモニウムの量にもよりますが、pHが10前後に保たれると考えられます。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：ちひろ 日時：2008年06月02日 16時40分20秒

酸化マンガンもカタラーゼも過酸化水素水に入れると同様の分解反応を行うが、この2つを100℃の熱湯で煮沸した後、冷ましてから過酸化水素水に入れたところ片方は分解反応が起こり、片方は反応が起こりませんでした。どちらが分解反応が起こらなかったのか答え、その理由を書きなさい。

---

名前：芦田 実 日時：2008年06月05日 22時10分00秒

ちひろ 様

**質問536** 酸化マンガンもカタラーゼも過酸化水素水に入れると同様の分解反応を行うが、この2つを100℃の熱湯で煮沸した後、冷ましてから過酸化水素水に入れたところ片方は分解反応が起こり、片方は反応が起こりませんでした。どちらが分解反応が起こらなかったのか答え、その理由を書きなさい。

**回答** 酸化マンガンは無機物ですから100℃以上でも安定であり、何の変化も起こさないと考えます。したがって、煮沸した後でも過酸化水素を分解すると考えられます。一方、カタラーゼは酵素(有機物、タンパク質)ですから100℃に加熱すると熱変性(立体的な構造が変化)し、酵素活性を失うと思います。したがって、煮沸した後では過酸化水素を分解できないと考えられます。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：ふじもとやすえ 日時：2008年06月05日 00時02分06秒

化学は初心者の社会人ですが、分析部署に配属されベルトラン法で全糖分析をしています。配属当初からベルトラン換算早見表があつて、たとえば滴定値6.9 mLの時の糖量は17.8mgといったように計算しやすいようになっています。しかし、なぜその糖量になったのか、様々な文献に目を通しましたが、その根拠がわかりません。糖量の求め方、全糖値の求め方の解説をお願いしますでしょうか？

---

名前：ふじもとやすえ 日時：2008年06月05日 07時08分19秒

先ほどの質問の補足説明をいたします。当方の分析で使用している過マンガン酸カリウムは0.08Nです。

---

名前：芦田 実 日時：2008年06月06日 00時20分00秒

ふじもとやすえ 様

**質問537** 化学が初心者の社会人ですが、分析部署に配属されベルトラン法で全糖分析をしています。配属当初からベルトラン換算早見表があって、たとえば滴定値6.9mLのときの糖量は17.8mgといったように計算しやすいようになっています。しかし、なぜその糖量になったのか、様々な文献に目を通しましたが、その根拠がわかりません。糖量の求め方、全糖値の求め方の解説をお願いしますでしょうか？先ほどの質問の補足説明をいたします。当方の分析で使用している過マンガン酸カリウムは0.08Nです。

**回答** ベルトラン法の原理については質問256の回答をご覧ください。ベルトラン法は経験的な方法であり、理論的な根拠は乏しいと思います。その理由は、還元糖と銅イオンの反応が化学量論的に起こらないためだそうです。それゆえ、還元糖と銅イオンの反応条件(温度と時間)をいつも同一にしていると思います。還元糖の量と反応条件が同じなら、いつも同じ程度の酸化銅が生じるそうです。したがって、純粋な糖を用いて、その量(既知量)を変えて多数の予備実験を行い、それらのデータをまとめた校正(換算)表が必要になります。それがベルトラン換算早見表です。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

**名前： ふじもとやすえ 日時： 2008年06月07日 07時44分50秒**

質問537のふじもとです。ご回答ありがとうございました。回答いただいた中に、反応時間と温度がいつも同一とありましたので、ここでまた質問させていただきます。当方では以前より分解は25%塩酸で30分となっております。しかし検体によっては塩酸濃度が高すぎるのでは？といったことから、塩酸濃度を低くしたり、文献に2~3時間反応させるとありましたので2.5時間では？という検討をしているのですが、反応時間をかえてしまえば、今使用しているベルトラン換算早見表は原則として適用できない、ということになるのでしょうか？

---

**名前： 芦田 実 日時： 2008年06月08日 12時25分00秒**

ふじもとやすえ 様

**質問537(追加)** 質問537のふじもとです。ご回答ありがとうございました。回答いただいた中に、反応時間と温度がいつも同一とありましたので、ここでまた質問させていただきます。当方では以前より分解は25%塩酸で30分となっております。しかし検体によっては塩酸濃度が高すぎるのでは？といったことから、塩酸濃度を低くしたり、文献に2~3時間反応させるとありましたので2.5時間では？という検討をしているのですが、反応時間をかえてしまえば、今使用しているベルトラン換算早見表は原則として適用できない、ということになるのでしょうか？

**回答** 質問498の回答で書きました様に、前処理の加水分解はベルトラン法ではありません。前処理として非還元糖の二糖類~多糖類を100%加水分解して還元糖を得ることが、ベルトラン法的前提条件だと思います。反応条件を緩和し過ぎて加水分解が100%起こらなければ、次のベルトラン法による全糖量の値が狂い(小さくなります)。逆に、反応条件を激しくし過ぎて、生じた還元糖がさらに壊れてしまったら、やはり全糖量の値が狂い(小さくなります)。前処理の加水分解がちょうど100%でなければ、ベルトラン法以前の問題により、当然ながら全糖量の値に誤差を生じます。

反応時間と温度をいつも同一と書いたのは、還元糖を含む試料を過剰の硫酸銅(Ⅱ)、ロッシェル塩、アルカリ溶液と共に加熱するベルトラン法の開始部分以降

です。当然ながら硫酸銅(Ⅱ)等の濃度もいつも同一です(保存中の劣化に注意)。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：ふじもとやすえ 日時：2008年06月08日 17時50分59秒

お忙しい中、詳しい説明をありがとうございました。

---

名前：ふじもとやすえ 日時：2008年06月09日 23時00分26秒

質問537のふじもとです。度々申し訳ございません。お返事をいただくたびに、詳しく知りたい事が出てきて、己の無知さに恥じ入るばかりですが、最後に質問させてください。前処理の分解が、どうなったときに100%加水分解できたと判断できるのか、ということです。加水分解が過不足だと全糖値が小さくなる、ということは、一番多い全糖値になった塩酸濃度と分解時間の時が100%加水分解できている、というふうに捉えても良いのでしょうか？

---

名前：芦田 実 日時：2008年06月10日 00時30分00秒

ふじもとやすえ 様

質問537(追加2) 質問537のふじもとです。度々申し訳ございません。お返事をいただくたびに、詳しく知りたい事が出てきて、己の無知さに恥じ入るばかりですが、最後に質問させてください。前処理の分解がどうなったときに100%加水分解できたと判断できるのかということです。加水分解が過不足だと全糖値が小さくなるということは、一番多い全糖値になった塩酸濃度と分解時間の時が100%加水分解できていると捉えても良いのでしょうか？

回答 普通は質問文中のように、全糖値が最大になった塩酸濃度と分解時間のときに100%加水分解したと考えて良いと思います。ただし、生じた還元糖がさらに壊れてしまったとき、その生成物が還元糖と同等以上の還元力を持っているならば話が違います。ベルトラン法について実験したことはありませんので、私にはそこまで詳しいことは分かりません。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：ふじもとやすえ 日時：2008年06月10日 18時44分26秒

何度も丁寧にご回答くださりましてありがとうございました。大変助かりました。

---

名前：前川 恵美 日時：2008年06月06日 17時20分33秒

日本の大学に留学する学生のための過去問題集です。参考書がなく、答えを導くことが出来ないでいます。お忙しいとは思いますが、是非よろしく願います。

気体の燃焼について答えなさい。なお、メタンガスと水素ガスの燃焼熱は、それぞれ891kJ/mol, 286kJ/molである。0℃, 1 atmで合計112Lとなるメタンと水素の混合気体がある。この気体を完全燃焼させたところ、発熱量は3850kJであった。燃焼前の混合気体中に、メタンは体積で何%含まれていたか。

---

名前：芦田 実 日時：2008年06月11日 23時35分00秒

前川 恵美 様

**質問538** 日本の大学に留学する学生のための過去問題集です。参考書がなく、答えを導くことが出来ないでいます。お忙しいとは思いますが、是非よろしくお願ひします。

気体の燃焼について答えなさい。なお、メタンガスと水素ガスの燃焼熱は、それぞれ891kJ/mol、286kJ/molである。0℃、1 atmで合計112Lとなるメタンと水素の混合気体がある。この気体を完全燃焼させたところ、発熱量は3850kJであった。燃焼前の混合気体中に、メタンは体積で何%含まれていたか。

**回答** 標準状態(0℃、1 atm)における気体1.00molの体積22.4Lで混合気体の体積112Lを除すと、混合気体全体の物質質量(mol)が求まります。

$$\text{混合気体全体の物質質量 (mol)} = 112\text{L} \div 22.4\text{L/mol} = 5.00\text{mol}$$

この中のメタンの物質質量をX (mol)とすると、水素の物質質量は(5.00 - X) (mol)になります。これらの気体を完全燃焼させたとき、発熱量の合計が3850kJになったのですから、

$$891\text{kJ/mol} \cdot X (\text{mol}) + 286\text{kJ/mol} \cdot (5.00 - X) (\text{mol}) = 3850\text{kJ}$$

$$\therefore X = 4.00\text{mol}$$

体積百分率(vol%)は混合前の体積の割合です。混合前の気体の温度と圧力が等しければ、体積(L)の割合と物質質量(mol)の割合が等しくなります。したがって、メタンの体積百分率(vol%)は

$$\text{メタンの体積百分率 (vol\%)} = 4.00\text{mol} \div 5.00\text{mol} \cdot 100\% = 80.0\text{vol\%} \quad \text{または}$$

$$\text{メタンの体積百分率 (vol\%)} = 89.6\text{L} \div 112\text{L} \cdot 100\% = 80.0\text{vol\%}$$

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：小柳三穂 日時：2008年06月05日 05時26分45秒

TAC(トリアセチルセルロース)をジアセチルセルロースに変性させる方法として、プラスチックの押出機内で変性する方法をさがしています。水を添加し高温・高圧：280℃×100気圧下で変性出来ますか

---

名前：小柳三穂 日時：2008年06月05日 05時44分29秒

トリアセチルセルロースの可塑剤の質問528に対し回答をいただきありがとうございました。テスト結果「軟化はしましたが押出機250℃では溶けて流れるには至りませんでした。さらに一工夫が必要」と感じています。ジアセチルセルロースは可塑剤添加で押出せる様なので「加水分解でトリをジに出来ないか?」を検討したいと考えています。

---

名前：芦田 実 日時：2008年06月13日 00時25分00秒

小柳三穂 様

**質問539** TAC(トリアセチルセルロース)をジアセチルセルロースに変性させる方法として、プラスチックの押出機内で変性する方法をさがしています。水を添加し高温・高圧：280℃×100気圧下で変性できますか

**回答** 水と高温・高圧だけでは反応しないか、反応しても速度が非常に遅いと想像します。トリアセチルセルロースは高分子のエステルですから、エステル結合の約1/3量の水酸化ナトリウム(水溶液)等のアルカリでけん化(加水分解)すれば、ジアセチルセルロースになると思います。残ったアルカリは酸で中和します。けん化するときの温度・圧力と反応時間に関する最適条件は実験してみないと分かりません。ただし、押出機の内壁等がアルカリや酸で腐食する恐れがあります。さらに、どの段階で中和するか、または中和できるかが分かりません。繊維にするなら、押し出したときに不要な水と酢酸ナトリウムを除去し、残ったアルカリを酸で中和できるかもしれません。射出成型する場合には、不要物を除去したり、中和する操作ができそうにありません。別の方法として、トリアセチルセルロースの重合度を小さくする(高分子1本1本の繊維を切断して短くする)ことは考えられませんか。高分子の特性が変わってしまうのでだめでしょうか。または、アセチルセルロースはセルロースを人工的にアセチル化したものでしょうから、最初からジアセチルセルロースを購入することはできないのですか。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

**名前：小柳三穂**      **日時：2008年06月13日 06時10分44秒**

芦田様

返信ありがとうございました。厚くお礼申し上げます。

混練機で250℃近くまで加熱したら、分解が始まり、加熱溶融は難しい事を確認しました。今後、発想を変えた用途開発を検討します。

小柳三穂

---

**名前：平井和正**      **日時：2008年06月05日 16時33分28秒**

高圧蒸気滅菌器でガラス容器の滅菌を行っているのですが、滅菌室に目一杯ガラス容器を詰め込んだ場合、滅菌不良を引き起こすことは考えられますか？温度と圧力のふん囲気が一定なら滅菌不良は有り得ない？

---

**名前：芦田 実**      **日時：2008年06月13日 01時00分00秒**

平井和正 様

このホームページは無機化学系(または物理化学系)の研究室で作っています。この質問は守備範囲を超えますので、医学、生化学や生物学の専門家に質問して下さい。または、装置のメーカーに問い合わせして下さい。

**質問540** 高圧蒸気滅菌器でガラス容器の滅菌を行っているのですが、滅菌室に目一杯ガラス容器を詰め込んだ場合、滅菌不良を引き起こすことは考えられますか？温度と圧力のふん囲気が一定なら滅菌不良は有り得ないでしょうか？

**回答** ガラス容器を詰め込んだ場合、最初に温度分布(不均一)が生じるかもしれません。すなわち、高温に到達するのに少し時間が延びるかもしれません。それから、ガラス容器が滅菌室の壁や他のガラス容器と接触している部分が、完全に

滅菌されるか気になります。要するに、滅菌時間の長短の問題になると思います。高圧蒸気滅菌器のメーカーが性能を試験していると思いますので、メーカーに問い合わせるのが一番速いと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：omura michiaki 日時：2008年06月06日 12時23分41秒

初めまして、よろしくお願ひします。アルギン酸ナトリウムと塩化カルシウムのゲル化反応でできたアルギン酸カルシウムのゲルを再び、水溶液に戻す方法はあるのでしょうか？人工イクラなら食べてしまえば良いのでしょうか。消化以外に手段を教えて頂きたく思います。

---

名前：芦田 実 日時：2008年06月13日 01時30分00秒

omura michiaki 様

質問541 初めまして、よろしくお願ひします。アルギン酸ナトリウムと塩化カルシウムのゲル化反応でできたアルギン酸カルシウムのゲルを再び、水溶液に戻す方法はあるのでしょうか？人工イクラなら食べてしまえば良いのでしょうか。消化以外に手段を教えて頂きたく思います。

回答 実験した訳ではありませんので、想像で回答します。アルギン酸ナトリウムは、ヒジキやコンブから炭酸ナトリウム水溶液で抽出して作るそうです。そこで、アルギン酸カルシウムと炭酸ナトリウム(水溶液?)を反応させれば、炭酸カルシウムの白色沈殿と水溶性のアルギン酸ナトリウムを生じるのではないかと思います。それから白色沈殿を除去し、アルギン酸ナトリウムの製造方法に準じて残った炭酸ナトリウムを処理すればよいと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：omura michiaki 日時：2008年06月20日 11時09分11秒

芦田 様

解答、ありがとうございました。早速、苛性ソーダでテストしてみました。アルギン酸カルシウムの量と水酸化ナトリウム水溶液の濃度を変えてテストしていきたいと思っています。

---

---

名前：熊田美穂 日時：2008年06月21日 16時26分37秒

糖質の定性実験ではなぜショ糖が使われないのですか？

---

名前：芦田 実 日時：2008年06月22日 17時10分00秒

熊田美穂 様

質問542 糖質の定性実験ではなぜショ糖が使われないのですか？

回答 糖質の定性実験には、フェーリング反応、ベネディクト反応、オサゾンの生成、セリワーノフ反応、ビアル反応、モーリッシュ反応、パーフォード反応、



ヨウ素デンプン反応等があるそうです。さらに、糖質の定量実験(呈色反応)には、アントロン硫酸法、フェノール硫酸法、トリプトファン硫酸法、ネルソンーソモギ法、カルバゾール硫酸法、尿素-塩酸反応、カルバゾール-システイン硫酸反応、塩酸反応、ベルトラン法等があり、定性実験にも応用できるものがあると思います。これらの実験の中には糖質の還元性を利用した方法とそうではない方法があります。試薬の準備、必要な装置・器具や実験に要する時間等を考慮したとき、これらの中で比較的簡単に実験できるものに糖質の還元性を利用した方法が多いのではないかと想像します。ショ糖には還元性がありません。還元性を持たせるためには、加水分解してグルコース(ブドウ糖)とフルクトース(果糖)に変える必要があります、実験に時間がかかります。そのため、ショ糖を使わないだけだと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：熊田美穂 日時：2008年06月23日 16時01分18秒

お答え頂きありがとうございました。今後、参考にさせていただきます。

---

名前：新井裕幸 日時：2008年06月19日 16時25分12秒

水(シュウ酸2000ppm, オゾン水5ppm, 95℃)のpH値をご教示下さい。

---

名前：芦田 実 日時：2008年06月22日 19時00分00秒

新井裕幸 様

質問543 水(シュウ酸2000ppm, オゾン5ppm, 95℃)のpH値をご教示下さい。

回答 この条件のpHは計算で求められるようなものではありません。高温なので、水にあまり溶けないオゾンが空气中に追い出されてしまっているか、シュウ酸や水中の還元性不純物等と反応してしまっている恐れがあります。シュウ酸が部分的に熱分解しているか、水中の不純物等と反応している恐れがあります。ゆえに、シュウ酸とオゾンの濃度が信用できません。さらに、水の電離が室温よりもかなり大きくなり、中性のpHが7より小さくなっています。以上のことより、試料ごとにpHが異なっている可能性があります。したがって、pHメーターを使用してpHを実際に測定するのが最も確実です。温度補償付きのpHメーターはそれ程高価なものではありませんので、後はご自分で測定して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前： 早川容子 日時：2008年06月21日 10時45分59秒

中学生対象に酸性、アルカリ性の水溶液についての実験を行いました。0.1M塩酸、食酢(そのまま)、0.1Mアンモニア水溶液、0.1M水酸化ナトリウム水溶液、飽和食塩水、それぞれにマグネシウムリボンを反応させ、「酸性溶液は反応する」「アルカリ性、中性溶液は反応しない」ということを確認する目的で行いました。しかし、飽和食塩水とマグネシウムリボンの組み合わせで反応が起こり、気体が発生し、難溶性の白色物質が生成しました。BTB液の変化も飽和食塩水のみのは緑色、マグネシウムリボンを加えてからは青色に変化をしました。このことから水酸化マグネシウムが生成しているとは思いますが、飽和食塩水中のどのイオンが、

反応に深く関与しているのか、またどのようなしくみなのか教えていただけないでしょうか。

名前：芦田 実 日時：2008年06月27日 00時45分00秒

早川容子 様

**質問544** 中学生対象に酸性，アルカリ性の水溶液についての実験を行いました。0.1M塩酸，食酢(そのまま)，0.1Mアンモニア水溶液，0.1M水酸化ナトリウム水溶液，飽和食塩水，それぞれにマグネシウムリボンを入れ，「酸性溶液は反応する」「アルカリ性，中性溶液は反応しない」ということを確認する目的で行いました。しかし，飽和食塩水とマグネシウムリボンの組み合わせで反応が起こり，気体が発生し，難溶性の白色物質が生成しました。BTB液の変化も飽和食塩水のみの方は緑色，マグネシウムリボンを加えてからは青色に変化しました。このことから水酸化マグネシウムが生成しているとは思いますが。飽和食塩水中のどのイオンが，反応に深く関与しているのか，またどのようなしくみなのか教えていただけないでしょうか。

**回答** 反応メカニズムを詳しく調べた訳ではありませんので，想像で回答します。マグネシウム粉末(全て約0.03g)を純水，食塩水等に入れて，実際に調べてみました。マグネシウム粉末は表面積が大きいので，マグネシウムリボンよりも反応し易いかもかもしれません。純水の場合には気体がほとんど発生せず，液がほとんど白濁することもなく，pHもほとんど変化しませんでした。食塩水の場合には濃度が1%や2%の場合でも，マグネシウム粉末の表面からゆっくりと気体が発生し，液が少し白濁し，pHが約8になりました。また，濃度が大きくなると，溶解反応が少し活発になりました。その他に，塩化カリウム，硫酸ナトリウム，リン酸水素二ナトリウムの水溶液でも調べましたが，食塩水とほぼ同様にマグネシウムが溶解しました。以上の結果をまとめて，下の表に示します。

表 マグネシウム粉末の塩類水溶液への溶解反応

水溶液	純水	NaCl	NaCl	NaCl	NaCl	KCl	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
濃度, %		1.0	2.0	13	26(飽和)	3.8	7.4	2.6
気体	ほとんどなし	微量発生	微量発生	発生	発生	微量発生	発生	発生
白濁	ほとんどなし	微量白濁	微量白濁	白濁	白濁	微量白濁	白濁	白濁
pH	約7	約8	約8	約9	約9	約9	約9	約10

溶解メカニズムは次の様に想像します。まず，マグネシウム表面が水と反応して，水酸化マグネシウムが生じ，水素が発生すると思います。水酸化マグネシウムは純水にほとんど溶けないため，生じた水酸化マグネシウムが金属表面を覆い(保護膜，不動態膜?)，純水中ではそれ以上に反応が進まないと思います。ところが，食塩水中には塩化物イオンがそれなりに多量に存在します。その塩化物イオンが，表面の水酸化マグネシウムを攻撃してイオン交換反応を起こし，塩化マグネシウムと水酸化物イオンを生じると想像します。塩化マグネシウムも水酸化物イオンも水に良く溶けますので，金属表面から離れます。すると，表面に露出したマグネシウムが水と再び反応し，水酸化マグネシウムと水素を生じます。この様な過程を繰り返してマグネシウムの溶解現象が起こると思います。一方，水中に溶け出した塩化マグネシウムはマグネシウムイオンと塩化物イオンに(一部?)電離します。生じたマグネシウムイオンは，水中で水酸化物イオンと再び出合って水酸化マグネシウムの白色沈殿(白濁)を生じると思います。要するに，最初に水中に存在する陰イオンが触媒的な働きをして，マグネシウムが溶解するの

を助けていると想像します。この現象は、マグネシウム塩の溶解度が大きいほど起こり易く、逆に溶解度が小さいほど起こり難いと期待しました。リン酸マグネシウムは他のマグネシウム塩と比較して溶解度が小さいです。さらに、リン酸水素二ナトリウムが加水分解して最初から弱アルカリ性(約pH9)であることから、リン酸水素二ナトリウムの水溶液ではマグネシウムが溶解しないと期待しました。しかし、実験結果はその様にはなりませんでした。リン酸マグネシウムではなく、リン酸水素マグネシウムができたかもしれません。その他、類似した現象に関する参考として、下記のホームページもご覧下さい。

<http://www.water.sannet.ne.jp/masasuma/alchemst/196-18.htm>

<http://www.water.sannet.ne.jp/masasuma/alchemst/196-20.htm>

<http://www.water.sannet.ne.jp/masasuma/alchemst/196-21.htm>

<http://www.water.sannet.ne.jp/masasuma/alchemst/196-22.htm>

<http://www.water.sannet.ne.jp/masasuma/alchemst/196-23.htm>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：早川容子 日時：2008年06月27日 09時14分34秒

芦田 実 様

ご丁寧な回答ありがとうございました。大変興味深い実験結果です。お手数をおかけしました。ありがとうございました。

\*\*\*\*\*

南山中学校高等学校女子部

早川容子

\*\*\*\*\*

---

名前：山本哲裕 日時：2008年06月27日 16時12分58秒

溶解度と溶解熱の関係について質問です。温度を上げれば、硝酸カリウムの溶解度はぐんぐん増加する。一方で、塩化ナトリウムの溶解度は大して変化はない。それで溶解熱を調べたら、硝酸カリウム： $-34.9\text{kJ/mol}$ 、塩化ナトリウム： $-3.88\text{kJ/mol}$ となっていたのですが、これってなんかおかしくないですか？温度を上げた場合、ルシャトリエの法則にしたがって吸熱方向に平衡は移動しますよね？だから同じ温度変化でも、塩化ナトリウムのほうがたくさん分子が移動して溶けやすくなりそうな気がするのですが。よろしくお願いします。

---

名前：芦田 実 日時：2008年06月28日 15時10分00秒

山本哲裕 様

質問545 溶解度と溶解熱の関係について質問です。温度を上げれば、硝酸カリウムの溶解度はぐんぐん増加する。一方で、塩化ナトリウムの溶解度は大して変化はない。それで溶解エンタルピー $\Delta H$ (溶解熱)を調べたら、硝酸カリウム $\Delta H=34.9\text{kJ/mol}$ (吸熱)、塩化ナトリウム $\Delta H=3.883\text{kJ/mol}$ (吸熱)となっていたのですが、これってなんかおかしくないですか？温度を上げた場合、ルシャトリエの法則にしたがって吸熱方向に平衡は移動しますよね？だから同じ温度変化でも、塩化ナトリウムのほうがたくさん分子が移動して溶けやすくなりそうな気がするのですが。よろしくお願いします。

**回答** 何が聞きたいのか、質問の意味がよく理解できません。ルシャトリエの法則は平衡が移動する方向を単純に示すだけのもので、溶解度や濃度変化等の定量的な扱いはできません。硝酸カリウムの溶解エンタルピー  $\Delta H = 34.9 \text{ kJ/mol}$  (吸熱) と塩化ナトリウムの溶解エンタルピー  $\Delta H = 3.883 \text{ kJ/mol}$  (吸熱) は  $25^\circ\text{C}$  における無限希釈状態の値 (濃度 0 に外挿した極限值) であり、温度や希釈率 (濃度) が変わればこれらの値も変化します。溶解度の方だけ温度変化を考えて、溶解エンタルピー (溶解熱) の方には温度変化や希釈率の変化を考えないのでは、片手落ちだと思います。また、溶解エントロピーや溶解自由エネルギー (の温度変化) も考慮した方が良いと思います。さらに、溶解エンタルピー (溶解熱) が発熱の物質でも、温度を上げると溶解度が増加する物が多数あります。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

**名前：山本哲裕**      **日時：2008年07月10日 19時49分13秒**

芦田様

お返事が遅くなり、すみません。

私の質問に対し、大変丁寧な解説をくださり、ありがとうございます。あれからエンタルピー、エントロピー、ギブスの自由エネルギーなどについていろいろと勉強し、だいたい理解でき (たと思います) ととてもスッキリしました。

本当にありがとうございました。

山本哲裕

---

**名前：小林 紘子**      **日時：2008年06月29日 14時44分40秒**

塩酸とマグネシウムの反応実験で、マグネシウムを塩酸に入れる時何故紙やすりで磨く必要があるのですか？また、その2つが反応するとどうして熱と光が出てくるのですか？教えてください。

---

**名前：芦田 実**      **日時：2008年06月30日 12時10分00秒**

小林 紘子 様

**質問546** 塩酸とマグネシウムの反応実験で、マグネシウムを塩酸に入れるときなぜ紙やすりでみがく必要があるのですか？また、その2つが反応するとどうして熱と光が出てくるのですか？教えてください。

**回答** マグネシウムはかなり活性な金属ですから、空気中で保管していると表面に酸化物や水酸化物等の膜ができます。その状態のまま塩酸に入れると、最初に酸化膜等が酸に溶解する穏やかな反応が起こります (時間が比較的長い)。しかし、これは金属マグネシウムそのものの反応ではありません。続いて、酸化膜等がなくなると、金属マグネシウムそのものが酸に溶解する激しい反応が起こります (時間が比較的短い)。これら2つの反応を比較すると、金属マグネシウムが酸に溶解する反応のほうがはるかに激しく、速度も速いと思います。反応がこの様に2段階で起こると、反応時間の長短や反応の激しさを含めて、結果を整理するとき悩むのではないかと思います。そこで、最初から金属マグネシウムそのものの激しい反応を観察したいために、表面の酸化膜等を除去しているのだと思います。

金属マグネシウムが酸に溶解するとき高熱を発生し、非常に高温になるので発光します。これは、反応前の金属マグネシウムと塩酸の状態よりも、反応後の塩化

マグネシウム水溶液と水素ガスの状態のほうがエネルギー的に非常に安定なため、余分なエネルギーを多量の熱エネルギーとして急激に放出するからです。金属マグネシウムを空气中で燃やしても、非常に激しく反応して発光します(昔のカメラのフラッシュ)。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：柴田貴浩 日時：2008年06月26日 15時33分18秒

10wt%エタノール水溶液が富士山頂(64.82kPa)で示す沸点およびエタノールの平衡蒸気圧組成を、純物質はAntoine式、活量係数はVan Laar式で出すにはどうすればよいのか教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2008年06月30日 16時55分00秒

柴田貴浩 様

質問547 10wt%エタノール水溶液が富士山頂(64.82kPa)で示す沸点およびエタノールの平衡蒸気圧組成を、純物質はAntoine式、活量係数はVan Laar式で出すにはどうすればよいのか教えてください。

回答 Antoine式は純物質(活量=1)の蒸気圧Pの温度t変化に関する経験式です。

$$(1) \log_{10}(P) = A - B / (C + t)$$

ここでA, B, Cは定数です。したがって、2成分系を構成する成分1と成分2が純物質(混合前)であるときの蒸気圧 $P_1$ と $P_2$ はそれぞれ

$$(2) \log_{10}(P_1) = A_1 - B_1 / (C_1 + t), \quad (3) \log_{10}(P_2) = A_2 - B_2 / (C_2 + t)$$

混合後の2成分系における成分1の分圧 $p_1$ は、液相における成分1の活量(=活量係数 $\gamma_1$ ・モル分率 $X_1$ )に比例します。成分2の分圧 $p_2$ についても同様です。

$$(4) p_1 = \gamma_1 X_1 P_1, \quad (5) p_2 = \gamma_2 X_2 P_2 = \gamma_2 (1 - X_1) P_2$$

ここで、活量係数 $\gamma_1$ と $\gamma_2$ はvan Laar式から求めます。

$$(6) \log_{10}(\gamma_1) = D / (1 + X_1 \cdot D / (X_2 \cdot E))^2$$

$$(7) \log_{10}(\gamma_2) = E / (1 + X_2 \cdot E / (X_1 \cdot D))^2$$

ここでD, Eは定数です(詳細は省略)。さらに、気相における成分1と成分2のモル分率を $Y_1$ と $Y_2$ とすると

$$(8) Y_1 = p_1 / (p_1 + p_2), \quad (9) Y_2 = p_2 / (p_1 + p_2)$$

以上の式から、全圧 $P = p_1 + p_2$ が64.82kPaになったときの沸点とエタノールのモル分率 $Y$ (平衡蒸気圧組成)を求めればよいと思います。なお、単位に注意して下さい。さらに、下記のホームページに詳しい説明がありますので、これ以上のことについてはそれらをご覧ください。

<http://members.ld.infoseek.co.jp/okajiman/kieki.htm>

[http://irws.eng.niigata-u.ac.jp/~chem/itou/bce\\_bun9.html](http://irws.eng.niigata-u.ac.jp/~chem/itou/bce_bun9.html)

<http://irws.eng.niigata-u.ac.jp/~chem/itou/cemath/cemath04.html>

<http://irws.eng.niigata-u.ac.jp/~chem/itou/calc/pr01Q.html>

<http://www006.upp.so-net.ne.jp/h-fukui/85VLEquil.html>

---

名前：浅田 奈美 日時：2008年07月01日 19時48分26秒

アクエリアスの緩衝作用について教えてください！

---

名前：芦田 実 日時：2008年07月03日 12時15分00秒

浅田 奈美 様

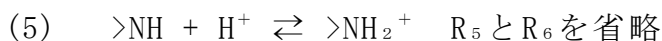
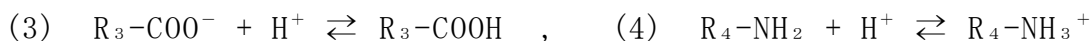
質問548 アクエリアスの緩衝作用について教えてください！

回答 アクエリアスには多数の化学物質が含まれています。その中でpH緩衝作用に関係すると考えられる物質を挙げると、クエン酸、クエン酸ナトリウム、アルギニン、乳酸カルシウム、アスコルビン酸(ビタミンC)、イソロイシン、バリン、ロイシン等があります。さらに、これらの中の主な成分(濃度が大きいもの)が分かりません。これらの物質を全て考慮するとなると、そのpH緩衝作用は非常に複雑です。そこで、一般論に近い形で説明します。

最初に、水素イオン $H^+$ を放出する物質として、カルボキシル基を含む物質(例えば、クエン酸、アルギニン、イソロイシン、バリン、ロイシン)とエノール形水酸化物基を含む物質(例えば、アスコルビン酸)があります。



逆に、水素イオン $H^+$ を受け取る物質として、カルボキシルイオン(カルボン酸塩)を含む物質(例えば、クエン酸ナトリウム、乳酸カルシウム)とアミノ基を含む物質(例えば、アルギニン、イソロイシン、バリン、ロイシン)があります。



以上の水素イオン $H^+$ を放出する反応と水素イオン $H^+$ を受け取る反応が組み合わさってpH緩衝作用が発生します。

1つ目のメカニズムとして、カルボキシル基(例えば、クエン酸)とカルボキシルイオン(例えば、クエン酸ナトリウム)の組み合わせ(混合)によるpH緩衝作用が考えられます。この系には、式(1)または式(3)の化学平衡が存在します。これに酸を添加すると、式(1)の平衡が左に移動し(または式(3)の平衡が右に移動し)、添加した酸の一部を消費します。逆に塩基を添加すると、式(1)の平衡が右に移動し(または式(3)の平衡が左に移動し)、添加した塩基の一部を消費(中和)します。この様な緩衝作用によってpHがあまり変化しません。ただし、pH緩衝作用には限界があり、最初に存在するカルボキシル基やカルボキシルイオンの物質質量以上の酸や塩基を添加したら、カルボキシル基やカルボキシルイオンが全て使われてしまいますので、当然ながらpH緩衝作用が消失します。アクエリアスは清涼飲料水ですから、最初に存在するカルボキシル基やカルボキシルイオンの量は比較的薄いと思います。

2つ目のメカニズムとして、エノール形水酸化物基(例えば、アスコルビン酸)とカルボキシルイオンを組み合わせても、式(2)と式(3)により上の1つ目と同様なpH緩衝作用が考えられます。

3つ目のメカニズムとして、カルボキシル基とアミノ基の組み合わせ、すなわちアミノ酸(アルギニン、イソロイシン、バリン、ロイシン)によるpH緩衝作用が考えられます。この系には、式(1)と式(4)または式(5)を組み合わせた化学平衡が

存在し、pHが中性領域ではアミノ酸は $\text{-COO}^-$ と $\text{-NH}_3^+$ または $\text{>NH}_2^+$ の状態(双性イオン)で存在します。この状態に酸を添加すると、式(1)の平衡が左に移動し、添加した酸の一部を消費します。逆に塩基を添加すると、式(4)または式(5)の平衡が左に移動し、添加した塩基の一部を消費(中和)します。このような緩衝作用によってpHがあまり変化しません。

以上の様に大別して3つのpH緩衝作用のメカニズムが考えられます。アクエリアスに含まれる物質には、1つの分子内に複数のカルボキシル基やアミノ基を持つ物があります。したがって、実際のpH緩衝作用はもっと複雑なメカニズムになると思います。しかしながら、pH緩衝作用に関係すると考えられる主な成分が分かりません。主な成分によって、どのメカニズムが優勢になるかが決まると思います。なお、アクエリアスの最初のpHが約4なので、クエン酸やアスコルビン酸が過剰の可能性があります。これらの物質の濃度が容器に書かれていません。後にご自分で調べたり、考えて下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：小林勇太 日時：2008年07月04日 05時19分11秒

過マンガン酸カリウムについての質問なのですが、溶液の調製時に固体を溶解してから一度加熱して室温で放冷し、一晩置くのはどうしてでしょうか？ご教授ください。

---

名前：芦田 実 日時：2008年07月15日 23時40分00秒

小林勇太 様

質問549 過マンガン酸カリウムについての質問なのですが、溶液の調製時に固体を溶解してから一度加熱して室温で放冷し、一晩置くのはどうしてでしょうか？ご教授ください。

回答 過マンガン酸カリウムを水に溶解するだけですと、水中に溶けている還元性物質が過マンガン酸カリウムと非常に遅い速度で酸化・還元反応して二酸化マンガン等を生じ、保存中に過マンガン酸カリウムの濃度がしだいに減少していきます。そこで、加熱することによって、この酸化・還元反応を加速して、最初に完全に反応させてしまいます。そうすれば光分解を除いて、過マンガン酸カリウムの濃度が保存中に変化し難くなります。一晩放置するのは、生じた二酸化マンガンの微粒子を熟成させて、沈殿させるためだと思います。ただし、ブラウン運動がありますので、二酸化マンガンの微粒子が完全には沈殿しないと思います。それゆえ放置後に、ガラスフィルターを使って上澄み液を吸引ろ過していると思います。それでもフィルターの孔径より小さい粒子が残っている恐れがあります。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：河村 由雄 日時：2008年07月11日 11時53分44秒

天然ガス(LNG)の飽和水蒸気量を教えてください。例えば、1立方メートル中に飽和水蒸気量が発生するか？

---

名前：芦田 実 日時：2008年07月20日 22時30分00秒

河村 由雄 様

**質問550** 天然ガス(LNG)の飽和水蒸気量を教えてください。例えば、1立方メートル中に飽和水蒸気量が発生するか？

**回答** 天然ガスが水にほとんど溶けませんので、天然ガス中の飽和水蒸気圧は空気中や真空中とほとんど同じだと思います。例えば、25℃における飽和水蒸気圧は23.758mmHg=23.758mmHg÷760mmHg/atm=0.031261atmです。蒸気ですから容器内の空間を全て満たしますので、1m<sup>3</sup>中の飽和水蒸気量(体積)は1m<sup>3</sup>=1000Lです。理想気体の状態方程式を利用して、これを水の質量に換算すると

$$\begin{aligned} \text{水の質量} &= 0.031261\text{atm} \times 1000\text{L} \times 18.02\text{g/mol} \div 0.082056\text{L atm/(K mol)} \div 298.15\text{K} \\ &= 23.03\text{g} \end{aligned}$$

になります。ただし、この値はあくまでも飽和した場合であり、実際の天然ガス中の水の量がこの値になっているとは限りません。さらに、飽和水蒸気圧等は温度によって下の表の様に変化します。

温度	飽和水蒸気圧		水の質量	温度	飽和水蒸気圧		水の質量	温度	飽和水蒸気圧		水の質量
℃	mmHg	atm	g/m <sup>3</sup>	℃	mmHg	atm	g/m <sup>3</sup>	℃	mmHg	atm	g/m <sup>3</sup>
0	4.581	0.006028	4.85	20	17.536	0.023074	17.29	40	55.33	0.07280	51.06
5	6.542	0.008608	6.80	25	23.758	0.031261	23.03	45	71.89	0.09459	65.29
10	9.208	0.01212	9.40	30	31.827	0.041878	30.34	50	92.55	0.1218	82.76
15	12.788	0.016826	12.82	35	42.180	0.055500	39.55	55	118.09	0.15538	103.99

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：岡田 邦博 日時：2008年07月13日 08時01分21秒

芦田 実 様

滴定酸度についてご教示下さい。職場の前任者より以下の方法で滴定酸度測定を習いました。弊社ではクエン酸含有を求めます。正確でしょうか。操作方法は次の順序です。①試料5mL(試料S(g))を採取する。②水を10mL加えかくはんする。③指示薬にフェノールフタレインを2, 3滴加え、0.1mol/L水酸化ナトリウム溶液で滴定する。続いて、滴定酸度=A×F×K×100/Sの式を用いて計算する。ここで、Aは0.1mol/L水酸化ナトリウム溶液の滴定量(mL)、Fは0.1mol/L水酸化ナトリウム溶液の力価、Kはクエン酸換算=0.0064です。

---

名前：芦田 実 日時：2008年07月23日 23時05分00秒

岡田 邦博 様

**質問551** 滴定酸度についてご教示下さい。職場の前任者より以下の方法で滴定酸度測定を習いました。弊社ではクエン酸含有を求めます。正確でしょうか。操作方法は次の順序です。①試料5mL(試料S(g))を採取する。②水を10mL加えかくはんする。③指示薬にフェノールフタレインを2, 3滴加え、0.1mol/L水酸化ナトリウム溶液で滴定する。続いて、滴定酸度=A×F×K×100/Sの式を用いて計算する。ここで、Aは0.1mol/L水酸化ナトリウム溶液の滴定量(mL)、Fは0.1mol/L水酸化ナトリウム溶液の力価、Kはクエン酸換算=0.0064です。

**回答** 滴定酸度という言葉は化学ではほとんど使用しないと思います。また、そ



の定義が分野や使用者ごとに微妙に異なっているようです。それゆえ、上の計算式が正確かどうか最終的に判断するためには、貴社で使用している滴定酸度の定義文が必要です。参考として質問212の回答もご覧下さい。

0.1mol/L水酸化ナトリウム溶液の力価Fとは、約0.1mol/Lの水酸化ナトリウムの濃度を真の値に換算するためのファクターでしょうか。そうだとすると、上の計算式中のA×Fは濃度が正確に0.100mol/Lの水酸化ナトリウム溶液を使用したときの滴定量(mL)になります。すなわち、Fは水酸化ナトリウムの滴定量を補正するファクターとも言えます。次に、クエン酸換算K=0.0064についてです。

0.100mol/L水酸化ナトリウムNaOH水溶液1.00mLからは水酸化物イオンOH<sup>-</sup>が0.100mol/L×0.00100L=0.000100mol生じます。一方、クエン酸も恐らく水溶液であり、水中では当然水和していると思います。しかし、水溶液になってしまったら、水和水(結晶水)と溶解に使用した純水が動的に入れ替わり(配位子交換反応等)続けて、区別できなくなります。それゆえ、含有量は無水物と仮定して定義しているはずで、クエン酸無水物のモル質量が192.12g/molであり、クエン酸1分子から3個の水素イオンH<sup>+</sup>を生じますから、0.000100molの水素イオンH<sup>+</sup>に相当するクエン酸無水物の質量は192.12g/mol×0.000100mol÷3=0.00640gになります。ゆえに、水溶液の濃度を換算するときのクエン酸換算K=水酸化ナトリウム0.100mol/L=クエン酸無水物0.00640g/mLとなります。したがって、上の計算式中のA×F×Kは試料5.00mL(試料S(g))中のクエン酸無水物の質量(g)になります。上の計算式中の100/Sは、試料S(g)中のクエン酸無水物の質量(g)を試料100g中のクエン酸無水物の質量(g)、すなわちクエン酸無水物の質量百分率(mass%)に換算していると思います。

以上の説明内容が、貴社で使用している滴定酸度の定義と一致しているかどうかは、ご自分で最終的に判断して下さい。なお、この場合の滴定酸度は試料に含まれている酸があくまでも全てクエン酸だと仮定した場合の値です。実際の試料には、当然ながら他の酸も含まれていると思います。さらに、滴定前の試料中でカルボキシル基の全部および一部が塩になっている物(例えばクエン酸三ナトリウム、クエン酸二水素ナトリウム等)については、塩の部分は滴定できませんから、滴定量Aに含まれていませんので注意して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：蒲田 浩樹 日時：2008年07月22日 14時24分57秒

電気分解についてお尋ねします。電解槽Ⅰに硝酸銀水溶液を、電解槽Ⅱに硫酸ナトリウム水溶液を入れ、電気分解を行った。白金電極A(電解槽Ⅰ)に銀43.2gを析出した。電気分解によって、白金電極C、D(ともに電解槽Ⅱ)で発生した気体の物質量はいくらになるかというとき、解説欄に次のようがありました。電解槽Ⅰの白金電極AではAgが析出、白金電極BではO<sub>2</sub>が発生、電解槽Ⅱの白金電極CではH<sub>2</sub>が発生、白金電極DではO<sub>2</sub>が発生する。どのようにしたら、これが発生・析出するとわかるのでしょうか。教えてください。

---

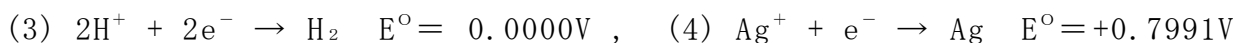
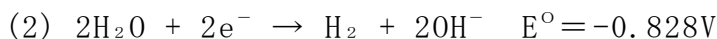
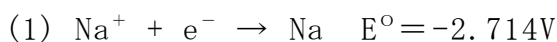
名前：芦田 実 日時：2008年08月01日 16時00分00秒

蒲田 浩樹 様

質問552 電気分解についてお尋ねします。電解槽Ⅰに硝酸銀水溶液を、電解槽Ⅱに硫酸ナトリウム水溶液を入れ、電気分解を行った。白金電極A(電解槽Ⅰ)に銀43.2gを析出した。電気分解によって、白金電極C、D(ともに電解槽Ⅱ)で発生した気体の物質量はいくらになるかというとき、解説欄に次のようがありました。電

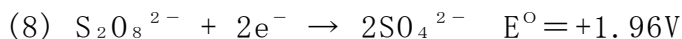
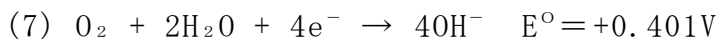
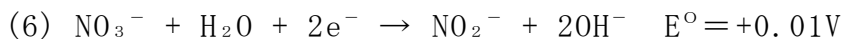
解槽Ⅰの白金電極AではAgが析出，白金電極Bでは $O_2$ が発生，電解槽Ⅱの白金電極Cでは $H_2$ が発生，白金電極Dでは $O_2$ が発生する．どのようにしたら，これが発生・析出するとわかるのでしょうか．教えてください．

**回答** どの反応が起こるか(何が発生・析出するか)に関する考え方は，イオン化傾向やイオン化列と良く似ています．すなわち，起こり易い方の反応が優先的に起こります．酸化・還元反応や電気分解の場合には，イオン化列に含まれない分子やイオン等も多数含まれます．したがって，イオン化列だけでは説明できませんので，正負の付いた電極電位(電極反応の起こり易さ)の順序で考えます．電解槽Ⅰには，主に銀イオン，硝酸イオンが存在します．電解槽Ⅱには，主にナトリウムイオン，硫酸イオンが存在します．その他に，両方ともほぼ中性の水溶液ですから水素イオン，水酸化物イオン，水分子等の電気分解を考える必要があります．白金電極Aおよび白金電極Cは陰極ですから，陽イオンを引き寄せ，これを還元します．ここに関係する半反応の標準電極電位 $E^\circ$ を次に示します．これらの半反応の中で，電極電位がより負側のものほど逆反応が起こり易く(左方向へ反応し易く)，より正側のものほど正反応が起こり易く(右方向へ反応し易く)なります．この順序はイオン化列と同じであり，イオン化列を拡張して論理的にしたものが電極電位であると思います．



白金電極Aでは，式(3)の水素イオンと式(4)の銀イオンが還元される可能性があります．還元反応の場合には電極電位がより正側の反応の方が起こり易いため，式(4)の反応が起こり銀が析出します．このときの考え方はイオン化列と同じです．水素イオンよりも銀イオンの方が反応性が低い(不活性)なので，水素ガスよりも金属の銀が析出し易いためです．同様に，白金電極Cでは，式(1)のナトリウムイオンと式(3)の水素イオンが還元される可能性があります．式(3)の方がより正側なので，こちらの反応が起こり水素が発生します．別の考え方として，白金電極Cに電荷を実際に運ぶ(電流を流す)のはナトリウムイオンであり，白金電極Cで瞬間的に式(1)の反応が起こり，金属ナトリウムを生じるかもしれません．しかし，金属ナトリウムは非常に反応性が高いので，直ちに水と反応して水酸化ナトリウムと水素を生じます．すなわち，式(1)と式(2)を組み合わせた酸化・還元反応が起こっていると考えることもできます．

白金電極Bおよび白金電極Dは陽極ですから，陰イオンを引き寄せ，これを酸化します．ここに関係する半反応の標準電極電位 $E^\circ$ は



白金電極Dでは，式(7)の逆反応により水酸化物イオンを酸化するか，式(8)の逆反応により硫酸イオンを酸化する可能性があります．酸化反応の場合には電極電位がより負側の反応の逆反応が起こり易いため，式(7)の逆反応が起こり，水酸化物イオンが酸化されて酸素が発生します．言い換えると，硫酸イオンが水酸化物イオンよりも酸化され難いためです．白金電極Bでも同様に，硝酸イオンが非常に酸化され難い(標準電極電位は不明)ため，式(7)の逆反応が起こり，水酸化物イオンが酸化されて酸素を発生します．なお，式(5)および式(6)は酸化・還元反応

方向が逆になり、逆反応の生成側(左辺)に硫酸イオンや硝酸イオンがあるため、ここでは使用できません。

以上の説明は、中性およびアルカリ性の水溶液中における電気分解(電極反応)に関するものです。酸性水溶液中では、半反応の化学式および標準電極電位の値が変化することがありますので、十分に注意して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：田中貴 日時：2008年07月29日 23時48分39秒

白金が王水に溶けた時の化学式とその王水液に塩化アンモニウムを加えたときの化学式を教えてください。

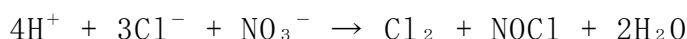
---

名前：芦田 実 日時：2008年08月01日 18時10分00秒

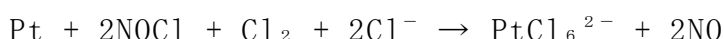
田中貴 様

質問553 白金が王水に溶けたときの化学式とその王水液に塩化アンモニウムを加えたときの化学式を教えてください。

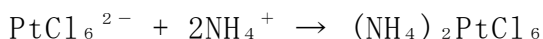
回答 王水中では塩化ニトロシルNOClと塩素Cl<sub>2</sub>が生じると言われています。



生じた塩化ニトロシルと塩素が白金Ptを酸化してヘキサクロロ白金(IV)酸イオンPtCl<sub>6</sub><sup>2-</sup>を生じ、これが溶解するそうです。



この溶液に塩化アンモニウムNH<sub>4</sub>Clを加えると、ヘキサクロロ白金(IV)酸アンモニウム(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub>を沈殿するそうです。



詳細については、参考として下記のホームページをご覧ください。

<http://www.h5.dion.ne.jp/~nspicnic/mine/refine/refinePt.htm>

<http://www005.upp.so-net.ne.jp/barkhorn/home0.htm>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：蒲田 浩樹 日時：2008年08月05日 09時53分51秒

芦田 実 様

先日は、回答をいただき有り難うございました。また、質問をさせて下さい。『電気分解により発生する物質の優先順位』があったら、教えていただけないでしょうか。よろしく申し上げます。

---

名前：芦田 実 日時：2008年08月12日 15時30分00秒

蒲田 浩樹 様

質問554 芦田実様、先日は回答をいただき有り難うございました。また、質問を

させて下さい。

『電気分解により発生する物質の優先順位』があったら、教えていただけないでしょうか。よろしくお願いします。

**回答** 電気分解により発生する物質の優先順位は質問552で既に回答済みです。標準電極電位(または標準酸化還元電位, 標準単極電位等)が正值の半反応ほど, 右辺の物質が優先的に発生します。イオン化列の逆順序と同様です。詳細については, 化学便覧基礎編Ⅱの標準電極電位をご覧ください。そこに, 半反応の標準電極電位が約400記載されています。ただし, この値は標準状態における値であり, 濃度やpHによって実際の順序が変わることがありますので, 十分に注意して下さい。その他, 下記のホームページにもほんの少しだけ標準電極電位の値が載っています。

[http://www.daido-sangyo.co.jp/info\\_401.htm](http://www.daido-sangyo.co.jp/info_401.htm)

<http://www.inv.co.jp/~yoshi/kigou/ionka.html>

<http://www.tmk.or.jp/data/data51.html>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

**名前：北川 孝介**      **日時：2008年08月04日 17時19分49秒**

水素は, なぜ原子の状態ではなくて, 2原子分子の状態で存在するのですか? 教えてください。

---

**名前：芦田 実**      **日時：2008年08月12日 21時50分00秒**

北川 孝介 様

**質問555** 水素は, なぜ原子の状態ではなくて, 2原子分子の状態で存在するのですか? 教えてください。

**回答** 水素原子(ラジカル, 遊離基)は非常に不安定であり, 他の水素原子や化学物質または容器の壁等と高速で反応(連鎖反応, 爆発)して, 安定な状態に変化してしまいます。要するに, そのままでは安定に存在できないためです。逆に言うと, 安定な水素分子(エネルギー的に低い状態)から水素原子(エネルギー的に高い状態)を作るには外から大きなエネルギーを加える必要があります。

水素原子の1s軌道には電子が1個しか存在しません。1つの軌道には電子が2個まで入れますので, 1個の電子では原子核の正電荷をシールドする効果が不十分であり, 正負電荷の偏りを生じて反応性が高くなるのだろうと想像します。一方, 1s軌道に電子が2個存在するヘリウムは原子の状態ですべて安定に存在します。これらの反応性(安定性)の違いは, 価電子の数とその存在状態で決まります。詳細については, 例えば量子化学や分子軌道法等についてご自分で調べてみて下さい。または, 量子化学や量子力学等の専門家に質問して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

**名前：高田**      **日時：2008年08月07日 21時27分13秒**

卵が凍る温度(凝固点)は何度ですか?いくら調べても, ゆで卵しか出てきません。どうか, よろしく申し上げます

---

名前： 芦田 実      日時： 2008年08月12日 23時00分00秒

高田 様

**質問556** 卵が凍る温度(凝固点)は何度ですか？いくら調べても、ゆで卵しか出てきません。どうか、よろしくをお願いします

**回答** 調べた範囲では、卵が凍る正確な温度は分かりませんでした。ご自分で実験して測定して下さい。または、冷凍卵は-18℃以下で保管するそうです。したがって、それよりも高い温度で凍ると思います。例えば、下記の冷凍卵の製造業者に質問して下さい。

[http://www.zensui.jp/anz\\_tr.html](http://www.zensui.jp/anz_tr.html)

<http://www.ifuji.co.jp/product/frozen.html>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前： 福山洋一      日時： 2008年08月13日 01時50分35秒

お忙しい中つまらない質問で恐縮ですが、よろしくをお願いします。塩化銅水溶液についてなのですが、もともとの色は青色ですよね。そこへ硝酸銀水溶液を加えるとどんな色になるのでしょうか。普通は「塩化～の水溶液に硝酸銀水溶液を加えると塩化銀の白い沈殿を生じる」でよいと思うのですがもともと青いだけにどうなるのかなあと思いました。また、塩化銅水溶液(硫酸銅水溶液)は酸性だと聞きましたが、BTB溶液を加えると色の変化はどうなるのでしょうか？お時間のあるときに教えていただければありがたいです。よろしくをお願いします。

---

名前： 芦田 実      日時： 2008年08月15日 21時55分00秒

福山洋一 様

**質問557** お忙しい中つまらない質問で恐縮ですが、よろしくをお願いします。塩化銅水溶液についてなのですが、もともとの色は青色ですよね。そこへ硝酸銀水溶液を加えるとどんな色になるのでしょうか。普通は「塩化～の水溶液に硝酸銀水溶液を加えると塩化銀の白い沈殿を生じる」でよいと思うのですがもともと青いだけにどうなるのかなあと思いました。また、塩化銅水溶液(硫酸銅水溶液)は酸性だと聞きましたが、BTB溶液を加えると色の変化はどうなるのでしょうか？お時間のあるときに教えていただければありがたいです。よろしくをお願いします。

**回答** 水色の塩化銅(Ⅱ)水溶液に無色の硝酸銀水溶液を添加したら、塩化銀の白色沈殿と水色の硝酸銅(Ⅱ)水溶液(上澄み液)を生じました。添加した直後は、これらが混ざった状態の青白色のけん濁液になりましたが、しばらく放置すると白色の塩化銀が底に沈み、上澄み液が水色になりました。ただし、添加により体積が増加しましたので、その分だけ水色が薄くなりました。濃度によりますが、水色の塩化銅(Ⅱ)水溶液のpHは3～4でした。これに紫色のBTB粉末を添加したら、BTBが少し溶けて上澄み液の色が緑色に変化しました。銅(Ⅱ)イオンの水色とBTBの黄色が混ざって、緑色に見えたものと思います。

塩化銅には、淡い緑黄色粉末の塩化銅(Ⅰ)も市販されています。これを水に添加すると、わずかに溶けてpHが約4に、上澄み液がほとんど無色に、溶け残りの沈殿が黄色になりました。硝酸銀水溶液に塩化銅(Ⅰ)水溶液を添加したら、灰色沈殿と白色の濁り(非常に細かい沈殿で沈み難い)を生じました。灰色沈殿は金属銀

で、白色沈殿は塩化銀だと思います。しかし、銅(II)イオンの水色は確認できませんでした。さらに、塩化銅(I)の粉末を添加してみましたが、灰色沈殿と白色の濁りが増加しただけで、やはり銅(II)イオンの水色は確認できませんでした。塩化銅(I)が水に溶解難いため、塩化銅(I)の粒子表面に金属銀が析出しているかもしれません。水にBTB粉末と塩化銅(I)粉末を添加したら、それぞれが少しずつ溶けて、上澄み液が暗い黄色(褐色)になりました。弱酸性溶液中におけるBTBの明るい黄色とは少し異なっています。したがって、銅(I)イオンとBTBが何らかの相互作用(錯体形成?、酸化還元反応?)をしているかもしれませんが、詳細については分かりませんでした。必要なら、ご自分で調べて下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：福山洋一 日時：2008年08月16日 01時15分24秒

芦田 実 様

お忙しい中、これほどまでに丁寧なご回答をいただいたことに深く感謝いたします。ところで、少しわからなかった部分があるので再度質問させてください。紫色のBTB粉末というのはよく知らないのですが、小中学校の理科の実験で用いるBTB溶液を塩化銅(II)に加えるとどうなるのでしょうか。中学生程度の化学の知識では、中性ならば緑色、酸性ならば黄色ということですが、もともと液の色が水色であるため酸性だけれども緑色になるということでしょうか。

福山洋一

---

名前：芦田 実 日時：2008年08月16日 15時25分00秒

福山洋一 様

**質問557(追加)** 芦田実様、お忙しい中、これほどまでに丁寧なご回答をいただいたことに深く感謝いたします。ところで、少しわからなかった部分があるので再度質問させてください。紫色のBTB粉末というのはよく知らないのですが、小中学校の理科の実験で用いるBTB溶液を塩化銅(II)に加えるとどうなるのでしょうか。中学生程度の化学の知識では、中性ならば緑色、酸性ならば黄色ということですが、もともと液の色が水色であるため酸性だけれども緑色になるということでしょうか。

**回答** 質問423の回答もご覧下さい。市販のBTB溶液には2種類あります。1つ目は青色の水溶液であり、BTBが約0.04%、NaOHが約0.006%含まれています。BTBが純水よりも弱アルカリ水に溶解易いため、NaOHが微量添加されているのだと思います。このBTB溶液が手元にないこと、色の変化をはっきりさせるためBTB溶液を多めに添加したときNaOHによりpHが少し変化することを恐れて、使用しませんでした。2つ目は緑色の溶液であり、BTBの約0.1%がエタノール(約40.5%)－水(約59.4%)の混合溶媒に溶解しています。BTBが水よりエタノールに溶解しやすいため、混合溶媒にしているのだと思います。このBTB溶液も手元になく、さらに多めに添加したときエタノールによりpHや塩化銅の溶解状態(溶解度等)が少し変化することを恐れて、使用しませんでした。これら市販のBTB溶液を塩化銅(II)に添加したときの色は、紫色のBTB粉末のときと多分同じで緑色だと思います。その理由は、質問文中にあるとおりで、もともと液の色が水色であるため弱酸性だけれども緑色になるのだと思います。水色(青色)の絵の具と黄色の絵の具を混ぜたときに、緑色になるのと同じ現象(色の減法混色)です。なお、紫色のBTB粉末も市販されてい

て、BTBの純度は80%以上です。この粉末は純水(pH約6)に少し溶けて、薄い黄色の溶液になります。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：福山洋一 日時：2008年08月17日 01時06分10秒

芦田 実 様

よくわかりました。ありがとうございます。 福山洋一

---

名前：寺田 由美 日時：2008年08月16日 17時27分12秒

質問します。氷を水に入れるとひびが入るのはなぜですか？知りたいです。教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2008年08月16日 23時25分00秒

寺田 由美 様

質問558 質問します。氷を水に入れるとひびが入るのはなぜですか？知りたいです。教えてください。

回答 この質問は化学ではありません。詳細については物理学や製氷業者等の専門家に質問して下さい。氷を水に入れると、熱伝導度が悪いために氷の表面と内部で急激に温度差ができます。氷は温度によって膨張率(密度)が異なるため、表面と内部で膨張の程度が異なり、歪みを生じてひび割れるのだと思います。ガラスのコップに熱湯を注いだときにひび割れるのと同様の現象だと思います。氷を室温でゆっくり温めた場合には、表面と内部の温度差が小さいため、膨張の程度がほぼ同じになって、ひび割れ難いと思います。参考として下記のホームページもご覧下さい。

<http://www.icenet.or.jp/arekore02.htm>

[http://www.nichirei.co.jp/kitchen/ice/ice\\_c01.html](http://www.nichirei.co.jp/kitchen/ice/ice_c01.html)

<http://www.5a.biglobe.ne.jp/~imaseki/hyogyo.htm>

<http://www.chu-rei.co.jp/tsukurikata5.html>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：窪田 僚 日時：2008年08月23日 14時54分44秒

「市販のアンモニア水の質量パーセント濃度は28%である。このアンモニア水の密度を $0.90\text{g/cm}^3$ として次の問いに答えよ。0.10mol/Lのアンモニア水を300mL作るには、このアンモニア水が何mL必要か。」この問題はどのような手順で解けばいいのでしょうか。お忙しいのに申し訳ありませんが、お答え願います。

---

名前：芦田 実 日時：2008年08月24日 18時50分00秒

窪田 僚 様

質問559 「市販のアンモニア水の質量パーセント濃度は28%である。このアンモ

ニア水の密度を $0.90\text{g/cm}^3$ として次の問いに答えよ.  $0.10\text{mol/L}$ のアンモニア水を $300\text{mL}$ 作るには, このアンモニア水が何 $\text{mL}$ 必要か.」この問題はどのような手順で解けばいいのでしょうか. お忙しいのに申し訳ありませんが, お答え願います.

**回答** 詳細については, 私のホームページの溶液の作り方(濃度計算と調製方法)をご覧ください. インターネット上で計算することも可能ですし, 説明と計算のプログラムをダウンロードすることも可能です.

市販の濃アンモニア水を分取する体積が $X(\text{mL})$ だとすると, その質量は $X(\text{mL}) \times 0.90\text{g/mL}$ になり, その中に含まれるアンモニアの質量は $X(\text{mL}) \times 0.90\text{g/mL} \times 0.28$ になります. さらに, アンモニアのモル質量が $17\text{g/mol}$ ですから, アンモニアの物質量は $X(\text{mL}) \times 0.90\text{g/mL} \times 0.28 \div 17\text{g/mol}$ になります.

調製後の希アンモニア水中に含まれるアンモニアの物質量は $0.10\text{mol/L} \times 0.30\text{L}$ になり, これが調製前の濃アンモニア水中の値と等しくなります.

$$X(\text{mL}) \times 0.90\text{g/mL} \times 0.28 \div 17\text{g/mol} = 0.10\text{mol/L} \times 0.30\text{L}$$

$$\therefore X = 0.10\text{mol/L} \times 0.30\text{L} \times 17\text{g/mol} / (0.90\text{g/mL} \times 0.28) = 2.0\text{mL}$$

したがって, 市販の濃アンモニア水 $2.0\text{mL}$ を純水で希釈して体積を $300\text{mL}$ にすれば(または純水 $298.2\text{mL}$ で希釈すれば)調製できます.

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：佐藤真理子      日時：2008年08月23日 17時08分07秒

芦田 実 様

現在, ナノチューブに内包するために, 前段階として, 熱処理して両端を開環させた未精製ナノチューブを超純水中に分散させた上で内包に取り組もうと考えています. そのため, まずナノチューブを超純水中に分散させた上で, ナノチューブの直径が伸縮するか確認するために, 乾燥させてラマン散乱測定を行いました. 今回未精製なのでDバンドおよびGバンドは確認出来ました. また, TEMでも, バンドルが確認されましたが, ナノチューブの伸縮モードを表すRBMの確認に至らず, 曲線が得られました. チューブ直径の伸縮を阻害している要因として, 乾燥させているので, 水の影響ではないと思うのですが, この原因がどうしても分かりません. また熱処理によって両端開環だけでなく, 欠陥も出来ると思いましたが, 熱処理の欠点についても教えていただけたらありがたいです. よろしくお願います.

---

名前：芦田 実      日時：2008年08月26日 12時25分00秒

佐藤真理子 様

**質問560** 芦田実様, 現在ナノチューブに内包するために, 前段階として, 熱処理して両端を開環させた未精製ナノチューブを超純水中に分散させた上で内包に取り組もうと考えています. そのため, まずナノチューブを超純水中に分散させた上で, ナノチューブの直径が伸縮するか確認するために, 乾燥させてラマン散乱測定を行いました. 今回未精製なのでDバンドおよびGバンドは確認出来ました. また, TEMでも, バンドルが確認されましたが, ナノチューブの伸縮モードを表すRBMの確認に至らず, 曲線が得られました. チューブ直径の伸縮を阻害している要因として, 乾燥させているので, 水の影響ではないと思うのですが, この原因がどうしても分かりません. また熱処理によって両端開環だけでなく, 欠陥も出来



ると思いますが、熱処理の欠点についても教えていただけたらありがたいです。よろしくお願ひします。

**回答** このような実験を行ったことがありませんので、想像を含めて一般論で回答します。想像できる第1の原因は水が残っている影響です。対象物と水の相互作用が比較的弱いときに、水を蒸発させて乾燥するためには、一般に105℃～120℃の温度で1時間～2時間ほど加熱すると思います。または、もう少し温度を下げて減圧乾燥する方法もあると思います。ナノチューブの場合には毛細管現象等が強いでしょうから、適当な乾燥条件が分かりません。第2の原因として、反応性が比較的強い開環端が水と反応して、C-H、C-OHやC=O等に変化していることが想像できます。第3の原因として、熱処理して両端を開環させたとき等に生じたゴミがナノチューブ内に詰まっていることが想像できます。第4の原因として、ナノチューブが精製されていないため、不純物との相互作用が想像できます。第5の原因として、上の第1～第4の影響で伸縮周期が少し変化したことが想像できます。以上、考えられる原因を全てあげましたが、これらのうち複数が同時に関係しているかもしれません。後はご自分で考えて解決して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：パニ・ハム・ハサムニダ 日時：2008年08月20日 11時29分59秒

なにがこおりにとけるのが早いかを調べたいけど、なにをかければ良いか？

---

名前：芦田 実 日時：2008年09月04日 11時25分00秒

パニ・ハム・ハサムニダ 様

**質問561** なにが氷にとけるのが早いかを調べたいけど、なにをかければ良いか？

**回答** 説明不足で質問文の意味がよく理解できません。氷に塩分などを溶かすには非常に低温にする必要があります。海水のような塩水でも最初のうちは、塩分を押し出して真水の状態で凍るからです(北極の氷)。

0℃よりも低い温度を得るために寒剤を捜しているならば、質問516の回答をご覧下さい。食塩(塩化ナトリウム)の固体を22.4質量%および氷を77.6質量%の割合(共融混合物や含氷晶の組成)で混合したときに最も低温(-21.2℃、共融点、含氷晶点)になります。当然ながら、混ぜる割合を変えれば温度(0℃～-21.2℃)が変わります。また、かき混ぜ方によって温度が変化する速さが変わります。塩化カルシウム(無水物として29.8質量%)を用いれば、もっと低温(-54.9℃)が得られます。

熱で氷を融かすものを捜しているならば、熱湯が適当だと思います。ただし、熱湯の量と温度によって氷が融ける速さが変わり、氷が融けきった後の温度も違います。また、かき混ぜ方によって氷が融ける速さが変わります。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：鉞 日時：2008年09月09日 21時04分54秒

B T B 溶液は、弱アルカリ性だと、何色になるのですか？

---

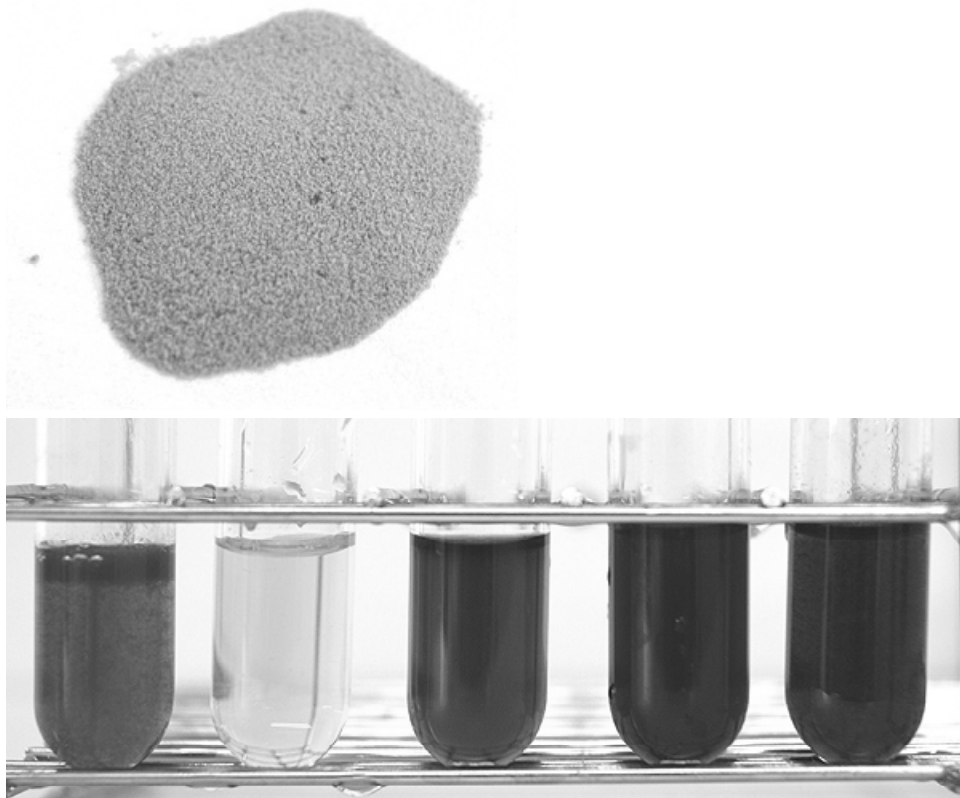
名前：芦田 実 日時：2008年09月10日 16時45分00秒

鉞 様

質問562 BTB溶液は、弱アルカリ性だと何色になるのですか

回答 純度の良いBTBの粉末は淡紫色～淡黄色です。水溶液中でBTBは、強酸性で赤色，酸性で黄色，中性で緑色，アルカリ性で青色，強アルカリ性で紫色になります。詳細については，例えば私のホームページの「驚きと感動をつたえる理科大好き先生の養成(化学研究室分のリンク先)」の下記アドレスをご覧ください。

<http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/rikasuki/rikasuki.htm>



黄色～緑色～青色と色が変わるメカニズムについて簡単に説明します。それ程強くない酸性においてBTBはほとんど黄色い状態で存在します。pHが中性に近づくにつれて、BTBの一部に青色の状態のものが現れ、水溶液は緑色がかかった黄色に見えるようになります。この理由は、BTBが酸・塩基の一種であるため、水素イオンや水酸化物イオンと化学平衡の状態になるためです。pHが大きくなるにつれて、青色の状態のものが増加し、中性付近の水溶液は黄色と青色が混ざった緑色に見えます。弱アルカリ性になると、さらに黄色のものが減少し、青色のものが増加していきます。それ程強くないアルカリ性において、BTBはほとんど青色の状態だけで存在するようになります。したがって、pHによって変化しますが、弱アルカリ性ではBTBは青みがかかった緑色～緑がかかった青色だと思います。赤色～黄色および青色～紫色の変化も類似した現象だと思います。詳細については、例えば下記のホームページをご覧ください。

<http://www.komaba-s.tsukuba.ac.jp/ssh2/report/32b2.htm>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：木村 日時：2008年09月10日 15時39分26秒

お忙しい中申し訳ありませんが、以下の質問についてご解答下さい。油の自動酸化で過酸化物価の測定を0.005mol/Lチオ硫酸ナトリウムに濃度を変えて滴定した際の、過酸化物価(meq/kg)の計算方法を教えて下さい。0.01mol/Lで滴定した際の結果と相関が取れません。宜しくお願い致します。

---

名前： 芦田 実 日時： 2008年09月10日 23時45分00秒

木村 様

**質問563** お忙しい中申し訳ありませんが、以下の質問についてご解答下さい。油の自動酸化で過酸化物価の測定を0.005mol/Lチオ硫酸ナトリウムに濃度を変えて滴定した際の、過酸化物価(meq/kg)の計算方法を教えて下さい。0.01mol/Lで滴定した際の結果と相関が取れません。宜しくお願い致します。

**回答** 説明不足で、何が聞きたいのか全く理解できません。同じ試料を滴定したとき、原理的には0.005mol/Lチオ硫酸ナトリウムの滴定値が0.01mol/Lチオ硫酸ナトリウムの滴定値の2倍になるだけのはずですが、したがって、0.005mol/Lチオ硫酸ナトリウムのファクター(真の濃度への補正係数)および滴定値の1/2の値を用いて0.01mol/Lチオ硫酸ナトリウムの式で計算すれば、同じ過酸化物価になるはずですが。詳細については質問465の回答をご覧ください。もしも、2つの過酸化物価が一致しないならば、試薬調製時のミス、滴定実験における種々のミス、空試験(ブランクテスト)による滴定値の補正を実行していない等が考えられます。何れにしても、0.01mol/Lチオ硫酸ナトリウムの過酸化物価も信用できません。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前： 富澤秀夫 日時： 2008年09月18日 18時27分38秒

チオ尿素の溶解熱を調べています。硝酸アンモニウムは出て来るのですが、チオ尿素の値は出てきません。チオ尿素の溶解熱を教えてください。

---

名前： 芦田 実 日時： 2008年09月20日 12時25分00秒

富澤秀夫 様

**質問564** チオ尿素の溶解熱を調べています。硝酸アンモニウムは出て来るのですが、チオ尿素の値は出てきません。チオ尿素の溶解熱を教えてください。

**回答** チオ尿素の標準溶解エンタルピーは $\Delta H = +23.0 \text{ kJ/mol}$  (25°C, 水100molに溶解)です。参考として、尿素の標準溶解エンタルピーは $\Delta H = +15.4 \text{ kJ/mol}$  (25°C, 無限希釈)です。これらは実測値を外挿して求めた値だと思いますので、取り扱いに注意して下さい。水の量によって吸熱量が変わると思います。種々の物質の標準溶解エンタルピー等は化学便覧基礎編Ⅱ(丸善)に詳しく載っていますので、今後はそちらをご覧ください。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前： 富澤 秀夫 日時： 2008年09月21日 15時21分14秒

色々お世話になり有難うございます。主題の件、チオ尿素の標準溶解エンタルピー

ーは吸熱ですからーではないでしょうか。確認致したく。

---

名前：芦田 実 日時：2008年09月21日 21時08分00秒

富澤 秀夫 様

質問564(追加) 色々お世話になり有難うございます。主題の件，チオ尿素の標準溶解エンタルピーは吸熱ですからーではないでしょうか。確認致したく。

回答 熱化学方程式で書いた訳ではありません。吸熱だから標準溶解エンタルピー  $\Delta H$  が+なのです。化学便覧などで確認して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：宮平 正子 日時：2008年09月07日 15時38分05秒

はじめまして。海水中のアミノ態窒素を定量したいのですが、壁にぶつかっています。海水がもともとpH8くらいなので、フェノールフタレインを数滴加えた瞬間にすでに淡桃色になってしまいます。その後、中性ホルマリン溶液を加えると若干無色に近づくのですが、ビュレットでN/10水酸化ナトリウム1滴加えただけで、また淡桃色に戻ってしまい、厳密な定量ができていない気がしません。このことを解決するにはどうしたらいいでしょうか。もしくは、ホルモール法以外に海水中のアミノ態窒素を定量できる良い方法はありますか？よろしくお願ひします。

---

名前：芦田 実 日時：2008年09月20日 15時55分00秒

宮平 正子 様

質問565 はじめまして。海水中のアミノ態窒素を定量したいのですが、壁にぶつかっています。海水がもともとpH8くらいなので、フェノールフタレインを数滴加えた瞬間にすでに淡桃色になってしまいます。その後、中性ホルマリン溶液を加えると若干無色に近づくのですが、ビュレットで0.1N水酸化ナトリウムを1滴加えただけで、また淡桃色に戻ってしまい、厳密な定量ができていない気がしません。このことを解決するにはどうしたらいいでしょうか。もしくは、ホルモール法以外に海水中のアミノ態窒素を定量できる良い方法はありますか？よろしくお願ひします。

回答 このホームページは無機化学系(または物理化学系)の研究室で作っています。この質問は守備範囲を超えていますので、分析化学、機器分析、有機化学や生化学の専門家に質問して下さい。または、分析機器の製造業者や食品関係の分析業者に問い合わせして下さい。ホルモール法で海水中のアミノ態窒素を定量するのは難しいのではないかと想像します。海水中に多量に存在するマグネシウムイオンやカルシウムイオン等が分析を妨害することはありませんか。また、ホルモール法で定量できるほど海水中にアミノ態窒素が含まれているのでしょうか。アミノ態窒素を定量する方法には、アミノ酸全自動分析法、蛍光分析法、ホルモール法(電位差自動滴定装置)、バンスライク法等があるそうです。

アミノ酸全自動分析装置では、イオン交換クロマトグラフィーや液体クロマトグラフィーにより試料中の種々のアミノ酸を分離し、ニンヒドリン法やo-フタルアルデヒド法等によって検出・定量しているそうです。極微量のアミノ酸も検出できるそうです。ただし、タンパク質やペプチド等については、分析の前処理と

して加水分解する必要があるそうです。できる限り調べましたが、海水中の無機イオン等を前処理として除去する必要があるかどうかは分かりませんでした。詳細については、やはり分析機器や食品関係の専門家に問い合わせして下さい。その他、参考として下記のホームページもご覧下さい。

<http://www.jeol.co.jp/science/lc/principle.html>

<http://www.j-shiyaku.or.jp/home/reagents/s3-4.html>

<http://www.chem-station.com/yukitopics/aminoacid.htm>

<http://133.50.99.65/amino/aaa.html>

<http://www.jftrl.or.jp/modules/contents2/content/index.php?id=29#a07>

<http://www.jftrl.or.jp/modules/contents2/content/fpdf/013.pdf>

<http://www.jftrl.or.jp/modules/contents2/content/fpdf/014.pdf>

<http://www.jftrl.or.jp/modules/contents2/content/fpdf/063.pdf>

[http://www.geocities.jp/choji\\_kashima/FoodsChem/FoodsChem6.pdf](http://www.geocities.jp/choji_kashima/FoodsChem/FoodsChem6.pdf)

<http://www.kyoto-kem.com/ja/pdf/industry/food/TIF-99306.pdf>

<http://www.kyoto-kem.com/ja/pdf/industry/food/TIF-99350.pdf>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：りょうた 日時：2008年10月02日 20時20分29秒

ホウ酸と石灰水を中和させてでてくる物

---

名前：芦田 実 日時：2008年10月05日 22時45分00秒

りょうた 様

質問566 ホウ酸と石灰水を中和させて出てくる物は何ですか。

回答 ホウ酸 $B(OH)_3$ と石灰水(水酸化カルシウム水溶液) $Ca(OH)_2$ を中和させたとき生じる物質はホウ酸カルシウムだと思います。化学式としては $Ca[B_3O_4(OH)_3]$ や $Ca(BO_2)_2$ が考えられますが、どちらが主に生じるかは良く分かりませんでした。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：まゆ 日時：2008年10月06日 17時52分00秒

酸化ロジウム( $Rh_2O_3$ )の黒色粉末を塩化ロジウム(Ⅲ)や硝酸ロジウム(Ⅲ)に変えたいのですが、辞書によっては「酸、王水に不溶」や「HClと反応して $RhCl_3$ になる」などと書いてあります。温度条件などは何も記載されていません。”酸に溶けないが反応する”とはどういうことなのでしょう、HClガスを使用するという事なのでしょう。現在、5日間室温で濃塩酸中でかくはんしていますが、溶ける気配がありません。このままかくはんし続ければ溶けるのでしょうか。ここに記載した方法の詳細や他の方法、参考に出来るような反応でも構いませんので詳しくご存知でしたら教えてください。よろしくお願い致します。

---

名前：芦田 実 日時：2008年10月08日 14時45分00秒

まゆ 様

質問567 酸化ロジウム( $Rh_2O_3$ )の黒色粉末を塩化ロジウム(Ⅲ)や硝酸ロジウム

(Ⅲ)に変えたいのですが、辞書によっては「酸、王水に不溶」や「HClと反応してRhCl<sub>3</sub>になる」などと書いてあります。温度条件などは何も記載されていません。”酸に溶けないが反応する”とはどういうことなのでしょう、HClガスを使用することなのでしょう。現在、5日間室温で濃塩酸中でかくはんしていますが、溶ける気配がありません。このままかくはんし続ければ溶けるのでしょうか。ここに記載した方法の詳細や他の方法、参考に出来るような反応でも構いませんので詳しくご存知でしたら教えてください。よろしくお願い致します。

**回答** 5日間も経っているのですから、濃塩酸には溶解しないと思います。「理化学辞典 第5版」岩波には王水のみで溶解すると記載されています。しかし、王水は酸化して溶解しますので、ロジウム(Ⅳ)またはロジウム(Ⅵ)の塩に変化すると考えられます。さらに、王水から分離するときに水酸化物や酸化物に戻る恐れがあります。それよりも、市販の塩化ロジウム(Ⅲ)または硝酸ロジウム(Ⅲ)を購入するほうが早くて確実です。高純度の物が1g当たり2～3万円で購入できると思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

**名前：まゆ**      **日時：2008年10月09日 13時10分03秒**

芦田 実 様

回答ありがとうございます。参考にさせていただきます。酸化ロジウムをすでに購入してしまいましたのでその反応を調べているところです。王水にも浸して1ヶ月近くなりますが変化した様子はあまりないようです。酸化ロジウムからの反応で、他にも何か出てきましたら、そのときは是非また教えてください。

---

**名前：ゆい**      **日時：2008年10月12日 17時04分37秒**

赤錆や黒錆は酸化鉄の成分なんですか？

---

**名前：芦田 実**      **日時：2008年10月12日 20時10分00秒**

ゆい 様

**質問568** 赤錆や黒錆は酸化鉄の成分なんですか？

**回答** 赤錆(赤鉄鉱、ヘマタイト等)は水酸化鉄(Ⅲ)Fe(OH)<sub>3</sub>やオキシ水酸化鉄(Ⅲ)FeO(OH)または三酸化二鉄Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等だと言われています。これらは似た様な化合物であり、含水量(加熱状態)が違うだけです。実際の赤錆には、これらの化合物が混ざっている可能性があります。黒錆(磁鉄鉱、マグネタイト等)は水酸化鉄(Ⅱ)鉄(Ⅲ)Fe(OH)<sub>2</sub>・Fe(OH)<sub>3</sub>または四酸化三鉄Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>等だと言われています。やはり、これらは似た様な化合物であり、含水量が違うだけです。また、実際の黒錆には、これらの化合物が混ざっている可能性があります。以上の様に、赤錆や黒錆が酸化鉄の成分と言うよりは、むしろ逆の包含関係になっています。水酸化鉄や酸化鉄が赤錆や黒錆の成分です。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

**名前：mayu**      **日時：2008年10月15日 16時16分34秒**

ヨウ素液が反応し、青紫色になるときの化学反応式を教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2008年10月30日 00時20分00秒

mayu 様

質問569 ヨウ素液が反応し、青紫色になるときの化学反応式を教えてください

回答 質問文中にヨウ素液の反応相手が書かれていません。質問箱の注意書きに書いてあるように、このような質問は本来なら削除対象です。褐色のヨウ素液が化学反応しても、無色のヨウ化物イオン、無色の次亜ヨウ素酸イオン、無色のヨウ素酸イオンおよびそれらの化合物等になるだけです。したがって、青紫色になるときの化学反応式はほとんど考えられません。

ヨウ素は黒紫色の固体であり、昇華し易く紫色の蒸気を生じます。二硫化炭素、クロロホルム、四塩化炭素やヘキサンに溶けて赤紫色を呈し、ベンゼン、アルコールやエーテルに溶けて褐色を呈します。これらの色の違いは化学反応によるものではなく、有機溶媒(疎水環境)中におけるヨウ素の存在状態が少し違うためだと思います。また、アミロース(デンプンの一種)と作用して青色を、アミロペクチン(デンプンの一種)とは赤色を、デンプンと似た化合物であるグリコーゲンとは褐色を呈します。これらの呈色も化学反応によるものではありません。例えば、ヨウ素デンプン反応の呈色メカニズムは、デンプンの鎖状分子がらせん構造をとり、そのらせんの内部に三ヨウ化物イオンや五ヨウ化物イオンが入り込む(包接化合物)ためと考えられています。ヨウ素デンプン反応の詳細については、例えば下記のホームページをご覧ください。

<http://www.chem.tokushima-u.ac.jp/info/WakuwakuH15/Wakuwaku14.pdf>

<http://www8.plala.or.jp/grasia/denpun/denpun2007.pdf>

[http://www.toray.co.jp/tsf/rika/pdf/rik\\_073.pdf](http://www.toray.co.jp/tsf/rika/pdf/rik_073.pdf)

<http://www8.plala.or.jp/grasia/bunshi/bunsi0705.pdf>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

---

名前：たけだて 日時：2008年10月31日 17時14分08秒

中性リン酸塩pH標準液とフタル酸塩pH標準液の取り扱い上の注意点が知りたいのですが。

---

名前：芦田 実 日時：2008年11月05日 23時50分00秒

たけだて 様

質問570 中性リン酸塩pH標準液とフタル酸塩pH標準液の取り扱い上の注意点を教えてください。

回答 これらの水溶液は毒物・劇物や有害物質または危険物等には該当しませんので、一般的な点を注意すれば良いと思います。例えば、必要に応じて保護手袋や保護眼鏡を使用する。もしも、眼に入った場合や皮膚に付いた場合には流水で十分に洗い流す。吸入した場合には鼻をかみ、うがいをする。飲み込んだ場合には多量の水を飲ませて吐かせる。中性リン酸塩pH標準液を廃棄するときは大量の水で希釈して下水に流す。このとき、リンの排出基準(栄養塩類による富栄養化の問題等)に注意する。フタル酸塩pH標準液を廃棄するときはアルカリで中和した

後、大量の水で希釈して下水に流す。参考として、例えば下記のホームページの製品安全データシートMSDS等もご覧下さい。

<http://www.j-shiyaku.or.jp/home/msds/>  
<http://www3.kanto.co.jp/catalog/Csearch.aspx>  
<http://www.siyaku.com/>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：閑野 孝之 日時：2008年11月06日 20時52分03秒

SO<sub>2</sub>の濃度70m<sup>3</sup>Nをppmで表現するための単位換算式を教えてください。

---

名前：芦田 実 日時：2008年11月08日 11時35分00秒

閑野 孝之 様

質問571 SO<sub>2</sub>の濃度70m<sup>3</sup>Nをppmで表現するための単位換算式を教えてください。

回答 質問中のSO<sub>2</sub> 70m<sup>3</sup>Nは、標準状態(0°C, 1 atm)におけるSO<sub>2</sub>の体積が70m<sup>3</sup>であることを意味しているだけであり、体積であって濃度ではありません。したがって、データがこれだけでは、濃度の単位の一つであるppm(体積百万分率)に換算することは不可能です。一般論としては、目的のガスの体積(m<sup>3</sup>N)を、それを含む全てのガスの体積(m<sup>3</sup>N, 排気ガスの総体積?)で割って、百万倍すればppmが求まります。なお、水蒸気等を除去するかどうかは、ご自分で判断して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：閑野 孝之 日時：2008年11月08日 14時44分57秒

芦田 様

参考になりました。ありがとうございました。

---

---

名前：白木康一 日時：2008年10月17日 21時08分00秒

過酸化水素測定の際に用いる溶媒にクロロホルム及び氷酢酸を用いる理由と混液として用いる理由をお教え下さい。よろしく願いいたします。

---

名前：芦田 実 日時：2008年11月08日 17時10分00秒

白木康一 様

質問572 過酸化水素測定の際に用いる溶媒にクロロホルムおよび氷酢酸を用いる理由と混液として用いる理由をお教え下さい。よろしく願いいたします。

回答 このホームページは無機化学系(または物理化学系)の研究室で作っています。この質問は守備範囲を超えていますので、食品化学や有機化学の専門家に質問して下さい。または、食品関係の分析業者に問い合わせして下さい。できる限り調べましたが、明確な回答が分かりませんでしたので、想像で回答します。

溶媒にクロロホルムと氷酢酸の混合物を用いる理由は、まず第1に試料の油脂を溶かすためだと思います。油脂が溶けなければ、実験がうまくいきません。実



験では次にヨウ化カリウムを加え、生じたヨウ素をチオ硫酸ナトリウムで滴定していると思います。これらの薬品は水溶液になっていませんか。油脂を溶かした溶液とヨウ化カリウムを溶かした溶液およびチオ硫酸ナトリウムを溶かした溶液が混ざらないと、実験がうまくいきません。さらに、油脂を溶かす溶媒がクロロホルム単独ですと、水との相互溶解度が小さく、2相に分かれてしまうと思います。一方、酢酸はどんな割合でも水と自由に混合します。そこで、第2の理由として水溶液と混合させるために、極性の混合溶媒を使用していると思います。

水中で反応させると、酸性とアルカリ性でチオ硫酸イオンの酸化・還元反応が変わります。酸性では1段階で定量的に反応しますが、アルカリ性では例えばチオ硫酸イオン→亜硫酸イオン→硫酸イオンの様に多段階で反応すると想像します。このとき、定量的に反応するかどうかは、実験したことがないので分かりません。さらに、アルカリ性ではヨウ素が水と反応してヨウ素イオンと次亜ヨウ素酸イオンに不均化(平衡反応)し、指示薬のデンプンとの間のヨウ素デンプン反応による発色が起こり難く(薄く)なると思います。過酸化剤の測定は完全な水中で行うわけではありませので、以上の様な反応が水中と全く同じに起こるとは限りませんが、第3の理由としてこれらのことが考えられます。その他に第4の理由として、油脂、ヨウ化カリウム、ヨウ素、チオ硫酸ナトリウム等と混合溶媒が化学反応しないことが考えられます。これらが反応するならば、実験がうまくいきません。後はご自分で考えて下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：白木康一 日時：2008年11月09日 10時24分00秒

芦田 実 様

大変参考になりました。ありがとうございました。

---

名前：尾関有香 日時：2008年11月11日 20時34分05秒

すみません、先ほど姓名とアドレスを入れずに書き込んでしまったのもう一度書き込みをさせて頂きました。シュウ酸と過マンガン酸イオンの酸化還元滴定の実験で、希硫酸を加えるのはなぜですか？塩酸で代用はできないかとかいう以前に、そもそもなぜ硫酸を加えるのか分かりません。参考書で調べたのですが載っていなかったのを教えてもらえるとありがたいです。

---

名前：芦田 実 日時：2008年11月12日 19時45分00秒

尾関有香 様

**質問573** シュウ酸と過マンガン酸イオンの酸化・還元滴定の実験で、希硫酸を加えるのはなぜですか？塩酸で代用はできないかとかいう以前に、そもそもなぜ硫酸を加えるのか分かりません。参考書で調べたのですが載っていなかったのを教えてもらえるとありがたいです。

**回答** 過マンガン酸イオンの酸化・還元反応は、酸性と塩基性や中性で反応メカニズムが変化します。酸性では紫色の過マンガン酸イオンがほとんど無色のマンガニオンにまで還元されます。一方、塩基性や中性では過マンガン酸イオンが黒色～褐色の二酸化マンガンに変化したところで、反応が止まってしまいます。二酸化マンガンが水に溶けず濁りを生じますので、滴定がうまくいかないと思います。硫酸酸性でも最初から大量の過マンガン酸カリウムを滴下すると、二酸化

マンガンができて褐色の濁りを生じます。硫酸の代わりに塩酸を使用すると、塩素イオンが酸化されて塩素ガスを生じる余計な反応がゆっくりと起こります。それゆえ、滴定値が信用できなくなります。なお、硫酸の代わりに硝酸を使用すると、還元剤によっては硝酸が酸化作用を起こし、滴定がうまくいかないことがあります。詳細については、質問532, 381, 189, 171, 117の回答をご覧ください。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：尾関有香 日時：2008年11月13日 20時06分40秒

芦田様

お返事ありがとうございました。詳しく説明して頂きとても参考になりました。高校で、実験をしたはいいものの、一つ一つの操作の意味が分からずにとまどっていました。あと、すみません、まだこの実験に関して気になることがあるのですが、実験の際ビーカーの過マンガン酸カリウム水溶液をお湯で温めながら反応を見たのですが、高温にするのは何故ですか？もしよろしければ教えて頂けると有難いです。

尾関有香

---

名前：芦田 実 日時：2008年11月14日 17時25分00秒

尾関有香 様

質問573(追加) 芦田様、お返事ありがとうございました。詳しく説明して頂きとても参考になりました。高校で、実験をしたはいいものの、一つ一つの操作の意味が分からずにとまどっていました。あと、すみません、まだこの実験に関して気になることがあるのですが、実験の際ビーカーの過マンガン酸カリウム水溶液をお湯で温めながら反応を見たのですが、高温にするのは何故ですか？もしよろしければ教えて頂けると有難いです。

回答 高温にする理由は、シュウ酸と過マンガン酸イオンの酸化還元反応の速度が遅いので、温度を上げて反応速度を大きくするためです。温度が低いと、実験に長い時間がかかったり、二酸化マンガンができて実験がうまくいかない恐れがあります。しかし、加熱し過ぎると、シュウ酸や過マンガン酸イオンが熱分解する恐れがあります。さらに、湯気が出たり飛沫が飛び散って、シュウ酸の物質量(mol)が減少する恐れがあります。詳細については、質問171の回答(過去の質問と回答 頁1)をご覧ください。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

---

名前：天野 精二 日時：2008年10月09日 09時23分48秒

芦田先生

おはようございます。6月まで教育学部の総務係でお世話になりました天野です。改修した新しい校舎には、慣れてきた頃でしょうか。実は、子供の理科の勉強を見ていて、以下の3つの疑問があります。お忙しいところ申し訳ございませんが、ご教授願いますでしょうか。

1. 原子の大きさのうち半径(電子殻の半径)は、原子核の約 $10^5$ 乗倍と聞き

ましたが、どの原子も同じなのでしょう。ビー玉（原子核のイメージ）の1 km先を電子が回っているイメージと聞きました。もし、原子の大きさが違うとすると、原子核の約10の5乗倍ほどの原子が基準なのでしょう。

2. 上の1に類似しますが、水素の原子の大きさを1とすると、他の原子の大きさは、2～4倍という話も聞きました。同じK殻だけのヘリウムも原子の大きさが水素の2倍になっていると聞きましたが、どうしてでしょうか。

3. ネオンやアルゴンに高電圧をかけると、光る（ネオンサインなど）のは、どのような仕組みなのでしょう。希ガスは、反応しない元素というイメージがありますが、希ガスが光るのに、向いている特性があるのでしょうか。

よろしく願います。子供と勉強を一緒にしながら、日常生活に化学がとても関連していることに気づき、化学の楽しさが少しずつわかってきました。

天野 精二

---

名前：芦田 実 日時：2008年11月17日 00時15分00秒

天野 精二 様

質問574 芦田先生、おはようございます。6月まで教育学部の総務係でお世話になりました天野です。改修した新しい校舎には、慣れてきた頃でしょうか。実は、子供の理科の勉強を見ていて、以下の3つの疑問があります。お忙しいところ申し訳ございませんが、ご教授願いますでしょうか。

1. 原子の大きさのうち半径（電子殻の半径）は、原子核の約10の5乗倍と聞きましたが、どの原子も同じなのでしょう。ビー玉（原子核のイメージ）の1 km先を電子が回っているイメージと聞きました。もし、原子の大きさが違うとすると、原子核の約10の5乗倍ほどの原子が基準なのでしょう。

2. 上の1に類似しますが、水素の原子の大きさを1とすると、他の原子の大きさは、2～4倍という話も聞きました。同じK殻だけのヘリウムも原子の大きさが水素の2倍になっていると聞きましたが、どうしてでしょうか。

3. ネオンやアルゴンに高電圧をかけると、光る（ネオンサイン等）のは、どのような仕組みなのでしょう。希ガスは、反応しない元素というイメージがありますが、希ガスが光るのに、向いている特性があるのでしょうか。

よろしく願います。子供と勉強を一緒にしながら、日常生活に化学がとても関連していることに気づき、化学の楽しさが少しずつわかってきました。

回答 回答が遅くなってしまって、大変申し訳ありません。この質問は高度な専門的内容を含んでいます。詳細については、核物理学、量子物理学や量子化学等の専門家に質問してください。想像を含めて回答しますが、不正確な点や誤りを含んでいる恐れがあります。

1番目の質問について、原子半径は最外殻の電子軌道の半径（電子が確率的に多く存在する空間的位置）で定義すると思います。原子によって原子核の大きさ（陽子や中性子の数、小さなビー玉の集まり？）が違い、電子殻の数（K殻、L殻、M殻等）や軌道の数と形（s軌道、p軌道、d軌道等）も違いますので、単純には比較できないかもしれませんが、多少の違いはあっても、質問文中のイメージはほぼ合っていると思います。10の5乗倍の違いに比べれば、原子核の大きさや最外殻の電子軌道半径が数倍程度違って問題にならないと思います。2番目の質問について、電子殻の大きさ（軌道半径）は固定されている訳ではなく、陽子や電子の数が変わるとフレキシブルに膨張・収縮します。ある1つの電子（負電荷）が存在する位置（軌道半径）は、原子核の陽子（正電荷）から引きつけられる力と他の電子から反発される力が釣り合った位置になります。したがって、同一周期ならば希ガスを除いて周期表を右に行くほど原子の大きさが小さくなり

ます。この理由は、電子が存在する最外殻が変わらないのに、陽子の数が増えるために原子核からの引力が強くなり、全ての電子殻が収縮するためだと思います。同一周期でも希ガスになると原子半径が少し大きくなるのは、最外殻が満員になって、電子同士の反発が強くなるためだと思います。例えば別の現象として、最外殻が変わらなくても、原子が陽イオンになると半径が小さくなり、陰イオンになると半径が大きくなります。3番目の質問は、希ガスを封入した管に高電圧をかけたために放電現象が起こった（電気が流れた）ためだと思います。原子に外からエネルギー（放電、光等）を与えると、（外殻の）電子がそのエネルギーを吸収し、外側の空の軌道にせん移し（飛び移り）ます。電子が再び元の軌道にせん移す（戻）るときに、先ほど吸収した余分なエネルギーを光の形で放出します。これがネオンサイン等が発光する原理であり、化学反応ではありません。花火の種々の色（炎色反応）も同じ原理です。希ガスがネオンサインに向いているのは、まさに反応しないガスだからネオンサインの寿命が長くなるためだと思います。反応し易いガスならば、放電の高エネルギーによって管壁や電極等と反応して、直ぐに寿命が尽きてしまいます。液体や固体の物質を封入した場合には、気体の様に均一に分散し難いので、発光効率が悪く発光ムラができると思います。さらに、放電による熱膨張と破損の問題も起こりそうです。以上の1～3の参考として、質問393, 176, 166, 83, 79, 11, 5の回答もご覧下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

---

名前：天野 精二 日時：2008年11月17日 12時06分22秒

芦田先生

ありがとうございました。メールの送信時間を見て、びっくりしました。

最近、子供も化学に少しずつ興味をもってきたので、今回の大きさ等についても難しいかも知れませんが、子供に説明したいと思います。

先週、埼玉大学に行く機会がありましたが、やはりきれいな校舎はいいですね。今後よろしく願います。

---

名前：山本 太一 日時：2008年11月17日 02時06分17秒

多忙のところ申し訳ありません。芦田様が過去に回答された、189番についての質問です。式(5)、式(6)にそれぞれ0.158V、1.96Vとありますが、なぜこの二つだけ符号がないのでしょうか。回答お願いいたします。

---

名前：芦田 実 日時：2008年11月17日 12時05分00秒

山本 太一 様

質問575 多忙のところ申し訳ありません。芦田様が過去に回答された、189番についての質問です。式(5)、式(6)にそれぞれ0.158V、1.96Vとありますが、なぜこの二つだけ符号がないのでしょうか。回答お願いいたします。

回答 ご指摘有り難うございました。質問189の回答を修正しておきました。通常の規則では、正符号(+)は省略しても良いことになっています。また、省略するほうが普通です。私は強調するために、あえて正符号(+)を付けているだけです。当たり前すぎて、式(5)、式(6)の付け忘れに気づかなかっただけです。

埼玉大学教育学部理科教育講座

---

名前：村田 由香 日時：2008年11月15日 16時08分03秒

下記の質問は、質問243と類似していて回答する意味がないので一度削除しましたが、2008年11月17日に再度の問い合わせがあり、さらに2008年11月17日に別の人から同じ質問あったために復活させました。

シュウ酸と過マンガン酸イオンの酸化還元滴定の実験で、滴定の最初に反応が進行しがたいのはどうしてでしょうか？教えていただけると幸いです。

---

名前：村田 由香 日時：2008年11月17日 13時08分26秒

すみません。先日、質問した者なのですが、質問243に書いてあると言われたのですがそれは、どこに書いてあるのですか？「質問回答一覧」には最高質問213までしか書いてませんし、「過去の質問と回答 頁1」には質問344～575しかありません。「過去の質問と回答 頁2」はクリックできません。教えていただけると幸いです。お願いします。

---

名前：水野 真巳子 日時：2008年11月17日 15時36分13秒

先日学校で酸化還元滴定の実験をしたんですが、シュウ酸水溶液に過マンガン酸カリウム水溶液を滴下すると、はじめは反応がおきにくいですが、滴下が多くなると反応が進みやすくなるのはなぜでしょうか。色々調べてみたんですが、よくわかりません。教えていただけないでしょうか。宜しくお願いします。

---

名前：芦田 実 日時：2008年11月17日 17時55分00秒

水野 真巳子 様、 村田 由香 様

削除していた2008年11月15日付の質問も復活させました。

**質問576** 先日学校で酸化還元滴定の実験をしたんですが、シュウ酸水溶液に過マンガン酸カリウム水溶液を滴下すると、はじめは反応がおきにくいですが、滴下が多くなると反応が進みやすくなるのはなぜでしょうか。色々調べてみたんですが、よくわかりません。教えていただけないでしょうか。宜しくお願いします。

シュウ酸と過マンガン酸イオンの酸化還元滴定の実験で、滴定の最初に反応が進行しがたいのはどうしてでしょうか？教えていただけると幸いです。

すみません。先日、質問した者なのですが、質問243に書いてあると言われたのですがそれは、どこに書いてあるのですか？「質問回答一覧」には最高質問213までしか書いてませんし、「過去の質問と回答 頁1」には質問344～575しかありません。「過去の質問と回答 頁2」はクリックできません。教えていただけると幸いです。お願いします。

**回答** この反応では、マンガン(II)イオンが一度できると、その触媒作用により反応速度が促進されると言われています。しかし、その反応メカニズムは良く分かりません。詳細については、質問243の回答をご覧ください。質問記入ボックスの下には、最近の質問576～質問344(上が新しく、下が古い)が表示されています。

「過去の質問と回答 頁1」をクリックすると、質問記入ボックスが消えて、質

問343～質問1(上が新しく,下が古い)が表示されます. また,参考として下記のホームページもご覧下さい.

[http://kuchem.kyoto-u.ac.jp/ubung/yyosuke/uebung/mohr\\_note01.htm](http://kuchem.kyoto-u.ac.jp/ubung/yyosuke/uebung/mohr_note01.htm)

<http://kuchem.kyoto-u.ac.jp/ubung/yyosuke/uebung/inorgsyn/kmno4syn.htm>

埼玉大学教育学部理科教育講座  
芦田 実

名前: 水野 真巳子 日時: 2008年11月19日 16時11分44秒

お忙しいところ, どうもありがとうございました. 参考になりました.

### Ⅲ. ホームページの開発

本研究室ホームページの溶液の作り方(濃度計算と調製方法)および化学実験のシミュレーションのメニュー(一部)を下図に示す.

あなたは  人目の訪問者です (H20.09.19 改訂) [戻る](#)

溶液の作り方(濃度計算と調製方法) [一括ダウンロード](#) 最新Ver. 2008.07.19  
うまく計算できないときはブラウザを新しいものに変えて下さい [Download of English Version](#) Ver. 15.03.2006

Java Applet	Java Applet
<a href="#">食塩水(塩化ナトリウム水溶液)</a>	<a href="#">過酸化水素水(試行版)</a>
固体無水物の溶解度 ショ糖, NaCl, KCl, KBr, NaHCO <sub>3</sub> , KHCO <sub>3</sub> , ホウ酸 H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> , NaNO <sub>3</sub> , KNO <sub>3</sub>	<a href="#">二酸化炭素と石灰水</a>
<a href="#">酢酸水溶液</a>	<a href="#">アンモニア水</a>
<a href="#">塩酸</a>	<a href="#">炭酸水素ナトリウム水溶液</a>
<a href="#">硝酸</a>	<a href="#">炭酸ナトリウム水溶液</a>
<a href="#">硫酸</a>	<a href="#">水酸化ナトリウム水溶液</a>
<a href="#">シュウ酸水溶液</a>	<a href="#">シュウ酸ナトリウム水溶液</a>

参考資料 外に出ます. 戻るにはブラウザ(Internet Explorer や Netscape Navigator 等)のボタンを使って下さい.	
<a href="#">塩化ナトリウム水溶液</a>	<a href="#">酢酸水溶液, 塩酸, アンモニア水, 水酸化ナトリウム水溶液</a>
<a href="#">硝酸, 硫酸(英文)</a>	<a href="#">二酸化炭素と石灰水</a>
<a href="#">固体無水物の溶解度</a>	

シミュレーション形式(計算・アニメーション)

Flash(定性分析)	Java Applet(定量分析)
<a href="#">沈殿の生成(試薬滴下)</a>	<a href="#">酸・塩基滴定(1価) ダウンロード</a>
<a href="#">沈殿の生成(硫化水素)</a>	<a href="#">酸・塩基滴定(2価, 1価) ダウンロード</a>
<a href="#">沈殿の色見本</a>	<a href="#">酸・塩基滴定(混合滴定) ダウンロード</a>
<a href="#">操作方法(ろ過, 洗浄)</a>	<a href="#">酸化・還元滴定(KMnO<sub>4</sub>) ダウンロード</a>
<a href="#">操作方法(溶解)</a>	<a href="#">酸化・還元滴定(ヨウ素滴定)</a>
<a href="#">操作方法(安全)</a>	<a href="#">キレート滴定(水の硬度)</a>

参考資料 外に出ます. 戻るにはブラウザ(Internet Explorer や Netscape Navigator 等)のボタンを使って下さい.	
<a href="#">酸・塩基滴定(2価, 1価)</a>	

図 溶液の作り方および化学実験のシミュレーションのメニュー(一部)

# 1. 溶液の濃度計算と調製方法の自動サービス

本年度は下図の「過酸化水素水」を試作した。さらに、「ミョウバンとその関連物質の溶解度と温度の関係（溶解度曲線）」を試作中である（図省略）。これらは小・中学校における理科実験の準備等に活用できよう。化学的性質（酸素発生量）、計算方法、調製方法、注意事項も説明している。なお、使い易い様に今後改良する予定なので詳細については省略する。

過酸化水素水の作り方 **H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** **H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** 芦田（埼玉大・教育）

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください Ver. 2008.09.18

76.35	423.75	500.0	5.0	1.495	計算値消去
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 体積(mL)	希釈水体積(mL)	溶液体積(mL)	百分率濃度(%)	モル濃度(mol/L)	全部消去

溶液の質量=508.5 g    溶液の密度=1.017 g/mL

濃度を換算するときは [百分率濃度(%)] か [モル濃度(mol/L)] のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。    市販品等の百分率濃度(%)

市販品濃度はチェックするか、数値入力して下さい。     30%    35%    45%    60%    100%    他

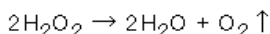
百分率濃度(%)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	27.5	30.0販	32.5
モル濃度(mol/L)	0.295	0.592	0.891	1.192	1.495	3.04	4.639	6.295	8.01	8.891	9.788	10.702
溶液密度(g/mL)	1.003	1.007	1.01	1.013	1.017	1.034	1.052	1.07	1.09	1.1	1.11	1.12
溶液/希釈水	1.031	1.064	1.1	1.139	1.18	1.451	1.902	2.803	5.506	10.913	9000.0	-10.715
百分率濃度(%)	35.0	37.5	40.0	42.5	45.0	47.5	50.0	55.0	57.5	60.0	62.5	65.0
モル濃度(mol/L)	11.632	12.579	13.544	14.527	15.528	16.548	17.587	19.723	20.821	21.939	23.079	24.24
溶液密度(g/mL)	1.13	1.141	1.152	1.163	1.174	1.185	1.196	1.22	1.232	1.244	1.256	1.268
溶液/希釈水	-5.308	-3.506	-2.605	-2.064	-1.704	-1.447	-1.254	-0.984	-0.886	-0.804	-0.735	-0.676
百分率濃度(%)	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0	95.0	97.5	100.0				
モル濃度(mol/L)	26.626	29.102	31.671	34.335	37.097	39.961	41.431	42.929				
溶液密度(g/mL)	1.294	1.32	1.346	1.374	1.402	1.431	1.445	1.46				
溶液/希釈水	-0.58	-0.505	-0.446	-0.397	-0.357	-0.323	-0.307	-0.293				

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>    H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

※ 溶液密度は計算値です。

## 酸素の発生量

二酸化マンガン MnO<sub>2</sub> 等を触媒にして、過酸化水素 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> を分解すると酸素 O<sub>2</sub> を発生します。



過酸化水素水の体積を V<sub>A</sub> (mL)、濃度を W<sub>C</sub> (mass%)、密度を D<sub>C</sub> (g/mL)とします。過酸化水素のモル質量(分子量)を F (= 34.01 g/mol)、標準状態における気体1 molの体積を V<sub>S</sub> (= 22400 mL/mol)とすると、発生する酸素の体積 V<sub>O</sub> (mL)は次式で計算できます。

$$V_O = V_A D_C W_C V_S / (200 F)$$

酸素発生量の計算値 V<sub>O</sub> を下表に示します。実測した体積(約25℃)は表の値の95%~100%になりました。酸素を捕集するときの損失を考慮すると、使用できる量はさらに少なくなります。

表1 酸素発生量の計算値 V<sub>O</sub> (mL)

H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 濃度 W <sub>C</sub> (mass%)	密度D <sub>C</sub> (g/mL)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 体積V <sub>A</sub> (mL)												
		5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
3.00	1.01	49.9	99.8	150	200	249	299	399	499	599	698	798	898	998
5.00	1.02	84.0	168	252	336	420	504	672	840	1008	1176	1344	1512	1680
10.0	1.03	170	339	509	678	848	1018	1357	1696	2035	2374	2714	3053	3392

図 過酸化水素水の作り方（濃度計算と調製方法、一部）

## 2. 化学実験のシミュレーション

本年度は「酸・塩基滴定(混合滴定)」と「酸化・還元滴定(KMnO<sub>4</sub>)」の2つを制作した。これらは定量分析の重要な実験であり、次の参考資料に詳細を載せる。

## IV. 参考資料（研究発表）

次頁から研究発表で報告済みの3つの論文を参考として載せる。

## 溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス

### ーシュウ酸水溶液およびシュウ酸ナトリウム水溶液ー

芦田実\*, 遠藤尊士, 新保佳奈美

埼玉大学 教育学部

〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255

E-mail: [ashida@mail.saitama-u.ac.jp](mailto:ashida@mail.saitama-u.ac.jp)

### Automatic Services of Calculating Data and for the Preparation of Solutions by Using Internet: - Oxalic Acid Aqueous Solution and Sodium Oxalate Aqueous Solution -

Minoru Ashida\*, Takashi Endou, and Kanami Shinpo

Faculty of Education, Saitama University

255 Shimo-ohkubo, Sakura-ku, Saitama, Saitama, 338-8570 Japan

#### 1. はじめに

本研究室では、インターネットを利用して学外との双方向の交流を目指し、利用者の立場に立ってそのニーズに応えるためのホームページ[文献1]を試作している。そのために、化学の質問箱を開設したり、溶液の濃度計算と調製方法のサービスなど[文献2~7]を開始している。質問箱は閲覧数や質問の回答数が最盛期を過ぎたように思える(閲覧数は最盛期に約 54000 件/年、最近は約 27000 件/年で、回答数は最盛期に 141 件/年、最近は 64 件/年である)が、その他のサービスは利用者が少ない。そこで、多くの人に知ってもらい、また利用してもらうために、本報告で紹介することにした。今、学校では理科離れが進んでいる。理科(化学)の面白さは実験を通して伝えられることが多いと思われる。そこで、理科離れを少しでも減らすために、また学校で少しでも多く理科(化学)実験を行ってもらうために、化学系実験の基礎である水溶液の作り方(濃度計算と調製方法)[文献2~6]の自動サービスを行っている。コンピュータに弱い人でも何の予備知識もなしに、いつでも必要なときに使用できる。さらにダウンロードサービスも開始しているので、圧縮ファイルをダウンロードして解凍すればこのプログラムはパソコンの中だけ(オフライン)でも実行できる。

前報では、塩化ナトリウム水溶液[文献2]、酢酸、塩酸、アンモニア水、水酸化ナトリウム水溶液[以上が文献3]、硝酸、硫酸[以上が文献4]、固体無水物の溶解度[文献5]、二酸化炭素と石灰水[文献6]について報告し、ホームページですでにサービスを開始している。本報告では、次に利用度の高いと思われるシュウ酸水溶液およびシュウ酸ナトリウム水溶液を開発し、ホームページで公開することにした。これらの水溶液は酸・塩基滴定や酸化・還元滴定の一次標準試薬として重要であり、特に高等学校や大学等の化学実験の準備に役立つと考えられる。

#### 2. 利用者の操作方法



ここでは、シュウ酸水溶液の調製方法を中心に説明する。「溶液の作り方(濃度計算と調製方法)」[文献8]のメニューから「シュウ酸水溶液」[文献9]をクリックすると、最初の画面(図1)が表示される。同様に「シュウ酸ナトリウム水溶液」[文献10]を選択した場合にも、最初の画面(図2)が表示される(操作方法は、以下のシュウ酸水溶液の場合とほぼ同様である)。シュウ酸水溶液では、一番上の5つのテキストボックスとその真下のボタンが対応している。市販の高純度シュウ酸は二水和物なので濃度計算するとき、これに含まれる結晶水の量と溶解に使用する純水の量を区別する必要がある。そこで、溶解に使用する純水のことを「溶解水」と以後呼ぶことにする。シュウ酸二水和物の質量と溶解水の体積から水溶液の濃度を計算する場合や、濃度と水溶液の体積から水溶液を調製するために必要なシュウ酸二水和物の質量と溶解水の体積を求める場合には、2つのテキストボックスに数値(例えば、質量百分率濃度と溶解後の溶液体積)を半角文字で入力する。そして、どれか空のテキストボックスの真下のボタン(例えば、シュウ酸の質量)を押す。このとき、押したボタンの真上のテキストボックスに数値が入力されていても、入力されていないものとして扱われる。プログラムが自動的に空のテキストボックス全ての数値を計算して、緑色の文字で表示する(図3)。例えば、5.432E-1 や 1.234e5 のような指数形式での入力も可能である。ただし、半角E(またはe)の後ろに半角空白を入れるとエラーになる。

このプログラムは、濃度の計算方法を全く知らない人が使用することを想定しているので、でたらめに操作しても可能な限り動くように考慮している。その1つとして、上述のように2つのテキストボックスに数値を入力すれば計算できるわけだが、3つ以上のテキストボックスに数値を入力してもプログラムは動くようにしている。ただし、計算は2つの数値を採用して行う。そのときの優先順位を表1に示す(シュウ酸ナトリウムでも優先順位は同様である)。3つ以上の数値を入力する場合には、採用されなかった数値が計算により変化しない(すなわち、でたらめな数値ではない)ことが望ましい。再び計算する前に、全部の数値または計算値のみを右端のボタンで消去できる。なお、数値を消去せずに、前回の数値の1つを変更してボタンを押しても、変更した値が採用の優先順位によって元に戻ってしまうことがある。

溶解度(25°Cの飽和濃度)を超過した場合には、赤字で警告を表示する(図4)が、計算はできるようにしている。濃度を換算する場合には、質量百分率濃度かモル濃度のうち、どちらか一方のテキストボックスに数値を入力する。そして、数値を入れなかったほうのテキストボックスの真下のボタンを押す(図5)。その他、操作を間違えて計算できないときは、エラーが表示される(図6)。計算が終了し5つのテキストボックスに数値が入っている状態で、5つのボタンを適当に押すと、数値がわずかに変化する。これは、表示用に数値を四捨五入したときの誤差と採用の優先順位による計算順序・方法の変化による誤差が原因である。

### 3. 水溶液の調製方法と注意事項(図1, 図2)

ホームページの画面に、Java Applet のプログラムだけでなく、以下のような具体的な調製方法と安全等のための注意事項を載せている。また、主な実験器具の写真と使用方法等も載せている。

必要な器具は、前もって洗浄し乾燥しておく。電子天秤(図7)を用いて秤量ビン(図8)またはビーカー(図9)にシュウ酸二水和物(またはシュウ酸ナトリウム)をはかりとる。蒸留水を秤量ビン(図8)またはビーカー(図9)に加えて溶かし、溶けた部分をこぼさないように注意してメスフラスコ(図10)に移す。固体が見えなくなっても、3~4回繰り返し、完全にメスフラスコに移す。ときどきかき混ぜながら、メスフラスコ(図10)に蒸留水を加え、メニスカスを標線に合わせる。必要ならば、試薬ビンに移して保管する。試薬名、濃度、作成日、作成者などを書いたラベルを付ける。

シュウ酸(またはシュウ酸ナトリウム)水溶液が口に入ったら直ぐに吐き出して、うがいをする。また、シュウ酸(またはシュウ酸ナトリウム)水溶液が目に入ったり、皮膚についたら直ぐに水で

洗い流す。天秤は慎重に取り扱い、薬品をこぼしたら直ぐに掃除する。はかれる範囲は天秤によって異なる。最大秤量を超過しないように注意する。メスフラスコは、はかれる容積が固定されている(例えば、 $\dots$ , 100 mL, 200 mL, 250 mL, 500 mL, 1000 mL,  $\dots$ )。メニスカスを標線に合わせるときは、オーバーしないように注意する。

#### 4. 濃度などの計算方法(図1, 図2)

ホームページの画面に、以下のような計算方法の解説を載せている。ただし、4. 2および4. 4は飽和濃度を超過した場合の計算方法であるため、どこまで意味があるか分からないので、ホームページには載せていない。

##### 4. 1 シュウ酸水溶液

調製前のシュウ酸二水和物の質量を $M_a(g)$ , これを溶解する純水(溶解水)の質量, 体積と密度を $M_b(g)$ ,  $V_b(mL)$ と $D_b(g/mL)$ とする。調製後の水溶液の質量を $M(g)$ , 体積を $V(mL)$ , 密度を $D(g/mL)$ , 質量百分率濃度を $W(\%)$ , モル濃度を $C(mol/L)$ とする。さらに, 溶液体積/溶解水体積を $R$ , シュウ酸二水和物のモル質量を $F(g/mol)$ , シュウ酸二水和物中の無水物の質量百分率を $Q_0(\%)$ とすると, 次式のような関係がある[文献 11, 12]。

$$W = M_a Q_0 / M, \quad M = M_a + M_b = VD, \quad M_b = V_b D_b, \quad C = 1000 M_a / FV,$$

$$R = V / V_b, \quad Q_0 = 90.03 \text{ g/mol} \div 126.07 \text{ g/mol} \times 100 \% = 71.41 \%, \quad 1 \text{ L} = 1000 \text{ mL}$$

これらの式と既知の値を用いて未知の値を求めることができる。濃度から密度を求めたり, 溶液体積/溶解水体積から濃度を求めるときは表2[文献 13]を用いて直線的に内挿する。

##### 4. 2 飽和濃度を超過した場合の計算方法(シュウ酸)

溶解しなかった固体水和物が飽和水溶液中に沈殿していると仮定する。

飽和溶液中のシュウ酸二水和物の質量を $M_{a2}(g)$ , 溶解に使用した純水(溶解水)の質量を $M_b(g)$ , 飽和溶液の体積を $V_2(mL)$ , 密度を $D_2(g/mL)$ , シュウ酸無水物としての質量百分率濃度を $W_2(\%)$ とする。

沈殿しているシュウ酸二水和物の質量を $M_{a3}(g)$ , 体積を $V_3(mL)$ , 密度を $D_3(g/mL)$ とする。

飽和溶液の質量と固体の質量を足し合わせた見かけの質量を $M(g)$ , 体積を $V(mL)$ , 密度を $D(g/mL)$ , シュウ酸無水物としての質量百分率濃度を $W(\%)$ , モル濃度を $C(mol/L)$ , 溶液体積/溶解水体積を $R$ とする。

表3 飽和溶液と固体に関する変数の定義

物理量(単位)	飽和溶液	固体	飽和溶液と固体を合わせた見かけの値
試薬水和物の質量(g)	$M_{a2}$	$M_{a3}$	$M_a = M_{a2} + M_{a3}$
溶解水の質量(g)	$M_b = V_b D_b$		
質量の合計(g)	$M_{a2} + M_b$		$M = M_{a2} + M_{a3} + M_b$
体積(mL)	$V_2$	$V_3$	$V = V_2 + V_3$
密度(g/mL)	$D_2$	$D_3$	$D$
質量百分率濃度(%)	$W_2$		$W$

モル濃度(mol/L)		C
溶液体積／溶解水体積		$R=V/V_b$

飽和溶液の質量百分率濃度 $W_2$ とその質量は

$$W_2 = M_{a2}Q_o / (M_{a2} + M_b), \quad M_{a2} + M_b = V_2D_2$$

沈殿しているシュウ酸二水和物の質量 $M_{a3}$ とその体積 $V_3$ と密度 $D_3$ の関係は

$$M_{a3} = V_3D_3$$

使用したシュウ酸二水和物全体の質量 $M_a$ は

$$M_a = M_{a2} + M_{a3}$$

飽和溶液と沈殿している固体を合わせた見かけの体積 $V$ , 質量百分率濃度 $W$ , 質量 $M$ , モル濃度 $C$ は, それぞれ

$$V = V_2 + V_3, \quad W = M_aQ_o / M, \quad M = M_{a2} + M_{a3} + M_b = VD, \quad C = 1000M_a / FV$$

その他, 溶液体積／溶解水体積 $R$ は

$$R = V / V_b$$

以上の式より, 飽和溶液中のシュウ酸二水和物の質量 $M_{a2}$ , 沈殿しているシュウ酸二水和物の質量 $M_{a3}$ および溶解に使用した純水(溶解水)の質量 $M_b$ を求める.

$$M_{a2} = MW_2(Q_o - W) / \{Q_o(Q_o - W_2)\}, \quad M_{a3} = M(W - W_2) / (Q_o - W_2),$$

$$M_b = M(Q_o - W) / Q_o.$$

飽和溶液と固体を合わせた見かけの密度 $D$ と見かけの質量百分率濃度 $W$ の関係は

$$D = P_1 / (P_2 - W)$$

ここで, 定数 $P_1$ と $P_2$ は簡単のためにそれぞれ, 次式で表される量を置き換えている.

$$P_1 = D_2D_3(Q_o - W_2) / (D_3 - D_2), \quad P_2 = (Q_oD_3 - W_2D_2) / (D_3 - D_2)$$

また, 見かけの質量百分率濃度 $W$ と溶液体積／溶解水体積の比 $R$ の関係は

$$W = P_3(R - P_4) / (R - P_5)$$

ここで、定数 $P_3$ ,  $P_4$ ,  $P_5$ はそれぞれ

$$P_3=Q_0, \quad P_4=P_2D_b/P_1, \quad P_5=Q_0D_b/P_1$$

さらに、見かけの密度 $D$ と見かけのモル濃度 $C$ の関係は

$$D=P_6+P_7C$$

ここで、定数 $P_6$ と $P_7$ はそれぞれ

$$P_6=P_1/P_2, \quad P_7=Q_0F/(1000P_2)$$

これらの式より、溶液の密度 $D$ 、シュウ酸二水和物の質量 $M_a$ 、溶解水の質量 $M_b$ 、溶液体積／溶解水体積 $R$ の質量百分率濃度 $W$ による変化を求めて図 11 に示す。曲線の変化傾向が前報の塩酸[文献3]の場合と類似している。飽和濃度 $W=10.4\%$ を超えた範囲では、溶けきれなくなった固体が沈んでいるので、計算値は全て見かけの値である(画面に赤字で警告を表示)。特に、濃度 $W=71.41\%$ 以上では溶解水の質量 $M_b$ が負の値になっており、シュウ酸二水和物を脱水しない限りこのような状態は作れないことを表している。飽和濃度 $W=10.4\%$ を超えた水溶液は普通の調製方法ではありえないが、このプログラムは高校以上の化学や濃度計算を全く知らない人が使用することを考慮しているので、このような条件の数値をうっかり入力することもあろうかと考えて、計算(全て見かけの値)だけはできるようにしておいた。

#### 4. 3 シュウ酸ナトリウム水溶液

調製前のシュウ酸ナトリウムの質量を $M_a(g)$ 、これを溶解する水の量を $M_b(g)$ または  $mL$ とする。調製後の水溶液の質量を $M(g)$ 、体積を $V(mL)$ 、密度を $D(g/mL)$ 、質量百分率濃度を $W(\%)$ 、モル濃度を $C(mol/L)$ とする。さらに、溶液体積／水量を $R$ 、シュウ酸ナトリウムのモル質量を $F(g/mol)$ とすると、次式のような関係がある。

$$W=100M_a/M, \quad M=M_a+M_b=VD, \quad C=1000M_a/FV, \quad R=V/M_b, \quad 1L=1000mL$$

これらの式と既知の値を用いて未知の値を求めることができる。濃度から密度を求めたり、溶液体積／水量から濃度を求めるときは表4[文献 13]を用いて直線的に内挿する。

#### 4. 4 飽和濃度を超過した場合の計算方法(シュウ酸ナトリウム)

溶解しなかった固体(無水物)が飽和水溶液中に沈殿していると仮定する。

飽和溶液中のシュウ酸ナトリウムの質量を $M_{a2}(g)$ 、溶解に使用した純水の量を $M_b(g)$ または  $mL$ 、飽和溶液の体積を $V_2(mL)$ 、密度を $D_2(g/mL)$ 、質量百分率濃度を $W_2(\%)$ とする。

沈殿している固体シュウ酸ナトリウムの質量を $M_{a3}(g)$ 、体積を $V_3(mL)$ 、密度を $D_3(g/mL)$ とする。

飽和溶液の質量と固体の質量を足し合わせた見かけの質量を $M(g)$ 、体積を $V(mL)$ 、密度を $D(g/mL)$ 、質量百分率濃度を $W(\%)$ 、モル濃度を $C(mol/L)$ 、溶液体積／水量を $R$ とする。

表5 飽和溶液と固体に関する変数の定義

物理量(単位)	飽和溶液	固体	飽和溶液と固体を合わせた見かけの値
---------	------	----	-------------------

試薬の質量(g)	$M_{a2}$	$M_{a3}$	$M_a = M_{a2} + M_{a3}$
水の量(g, mL)	$M_b$		
質量の合計(g)	$M_{a2} + M_b$	$M_{a3}$	$M = M_{a2} + M_{a3} + M_b$
体積(mL)	$V_2$	$V_3$	$V = V_2 + V_3$
密度(g/mL)	$D_2$	$D_3$	$D$
質量百分率濃度(%)	$W_2$		$W$
モル濃度(mol/L)			$C$
溶液体積/水量			$R$

飽和溶液の質量百分率濃度 $W_2$ とその質量は

$$W_2 = 100M_{a2} / (M_{a2} + M_b), \quad M_{a2} + M_b = V_2 D_2$$

沈殿しているシュウ酸ナトリウムの質量 $M_{a3}$ とその体積 $V_3$ と密度 $D_3$ の関係は

$$M_{a3} = V_3 D_3$$

使用したシュウ酸ナトリウム全体の質量 $M_a$ は

$$M_a = M_{a2} + M_{a3}$$

飽和溶液と沈殿している固体を合わせた見かけの体積 $V$ , 質量百分率濃度 $W$ , 質量 $M$ , モル濃度 $C$ は, それぞれ

$$V = V_2 + V_3, \quad W = 100M_a / M, \quad M = M_{a2} + M_{a3} + M_b = VD, \quad C = 1000M_a / FV$$

その他, 溶液体積/水量 $R$ は

$$R = V / M_b$$

以上の式より, 飽和溶液中のシュウ酸ナトリウムの質量 $M_{a2}$ , 沈殿しているシュウ酸ナトリウムの質量 $M_{a3}$ および溶解に使用した純水の量 $M_b$ を求める.

$$M_{a2} = MW_2(100 - W) / \{100(100 - W_2)\}, \quad M_{a3} = M(W - W_2) / (100 - W_2),$$

$$M_b = M(100 - W) / 100$$

飽和溶液と固体を合わせた見かけの密度 $D$ と見かけの質量百分率濃度 $W$ の関係は

$$D = P_1 / (P_2 - W)$$

ここで, 定数 $P_1$ と $P_2$ は簡単のためにそれぞれ, 次式で表される量を置き換えている.

$$P_1 = D_2 D_3 (100 - W_2) / (D_3 - D_2), \quad P_2 = (100 D_3 - W_2 D_2) / (D_3 - D_2)$$

また、見かけの質量百分率濃度  $W$  と溶液体積 / 水量の比  $R$  の関係は

$$W = P_3 (R - P_4) / (R - P_5)$$

ここで、定数  $P_3$ ,  $P_4$ ,  $P_5$  はそれぞれ

$$P_3 = 100, \quad P_4 = P_2 / P_1, \quad P_5 = 100 / P_1$$

さらに、見かけの密度  $D$  と見かけのモル濃度  $C$  の関係は

$$D = P_6 + P_7 C$$

ここで、定数  $P_6$  と  $P_7$  はそれぞれ

$$P_6 = 1 / P_4, \quad P_7 = F / (10 P_2)$$

これらの式より、溶液の密度  $D$ 、シュウ酸ナトリウムの質量  $M_a$ 、水の量  $M_b$ 、溶液体積 / 水量  $R$  の質量百分率濃度  $W$  による変化を求めて図 12 に示す。前報の水酸化ナトリウム水溶液 [文献 3] の場合と飽和濃度が違うだけで、曲線の変化傾向は同様である。飽和濃度  $W = 3.48\%$  を超えた範囲では、溶けきれなくなった固体が沈んでいるので、計算値は全て見かけの値である (赤字で警告を表示し、上の 4. 2 と同様の理由で計算だけはできるようにしておいた)。

## 5. 使用したソフトウェア

開発に使用した OS は Microsoft 社の Windows XP Professional である。さらに、Microsoft 社の Windows 98, 2000 Professional, ME, XP home edition, Vista Home Premium で動作確認を行っている。Java Applet は多くの書籍 [文献 14~19] を参考にして、Borland 社の JBuilder 6 Professional, 2005 Developer で作成し、フリーソフトウェア FFFTP 1.88 [文献 20] でサーバーにアップロードした。HTML ファイルは IBM 社のホームページビルダー 11 [文献 21, 22]、またはマクロメディア (株) の Dreamweaver MX [文献 23] で編集・作成した。その他、ファイルの構成やプログラムの開発方法については、前報 [文献 4] とほぼ同じなので省略する。

## 6. おわりに

教育学部のサーバーだけでなく、学外のサーバーにも濃度計算と調製方法のプログラムを載せてサービスを開始した [文献 1]。学校の授業の準備や自由研究等でも利用できると思われる。今後はさらに、計算できる (水) 溶液の種類を増やし、少しずつサービスを充実していく。

参考文献など (URL は全て 2008 年 6 月 5 日時点のものです)

- [文献 1] トップページアドレス 本館 <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/>  
 縮小版 1 <http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/>  
 別館 1 <http://www.geocities.jp/ashidabk1/> (閲覧のみ)  
 別館 2 <http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/>

別館3 <http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/>

[文献2] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス – 塩化ナトリウム水溶液 –』化学教育ジャーナル(CEJ),第 7 巻第 1 号(通巻 12 号),採録番号 7-5 (2003)

[文献3] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス – 酢酸水溶液, 塩酸, アンモニア水, 水酸化ナトリウム水溶液 –』化学教育ジャーナル(CEJ),第 8 巻第 1 号(通巻 14 号),採録番号 8-3(2004)

[文献4] Minoru Ashida, et al., Automatic Services of Calculating Data and for the Preparation of Solutions by Using Internet: – Nitric Acid Aqueous Solution and Sulfuric Acid Aqueous Solution–, The Chemical Education Journal (CEJ), Vol. 9, No. 2 (Serial No. 17). The date of issue: January 30, 2007./Registration No. 9-14/Received March 7, 2006.

[文献5] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス – 固体無水物の溶解度 –』化学教育ジャーナル(CEJ),第 10 巻第 1 号(通巻 18 号),採録番号 10-2 (2007)

[文献6] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス – 二酸化炭素と石灰水 –』化学教育ジャーナル(CEJ),第 10 巻第 1 号(通巻 18 号),採録番号 10-3 (2007)

[文献7] 芦田実ほか『定量分析シミュレーションのインターネットによる自動サービス – 酸・塩基滴定 –』化学教育ジャーナル(CEJ),第 10 巻第 1 号(通巻 18 号),採録番号 10-4(2007)

[文献8] <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/cgi-bin/calgramc.cgi>

[文献9] <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/calcgrap/apadj010.html>

[文献 10] <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/calcgrap/apadj011.html>

[文献 11] 中川徹夫『2成分系溶液の濃度の相互変換公式』理科の教育, 通巻 599 号, 51(6), 406(2002)

[文献 12] 中川徹夫『水溶液の調製に有用な式』理科の教育, 通巻 603 号, 51(10), 696(2002)

[文献 13] 日本化学会編『化学便覧基礎編改訂4版』丸善(株)(1993)

[文献 14] 高橋和也ほか『Java 逆引き大全 500 の極意』(株)秀和システム(2002)

[文献 15] 田中秀治『Jbuilder5 で入門! Java プログラミング』ソーテック社(2001)

[文献 16] 松浦健一郎, 司ゆき『はじめての JBuilder6』ソフトバンク(株)(2002)

[文献 17] 赤間世紀『Java2 による数値計算』技報堂出版(株)(1999)

[文献 18] 青野雅樹『Java で学ぶコンピュータグラフィックス』(株)オーム社(2002)

[文献 19] 中山茂『Java2 グラフィックスプログラミング入門』技報堂出版(株)(2000)

[文献 20] <http://www2.biglobe.ne.jp/~sota/>

[文献 21] 『ホームページ・ビルダー2001 ユーザーズ・ガイド』日本アイ・ビー・エム(株)(2006)

[文献 22] アンク『HTML タグ辞典』翔泳社(2000)

[文献 23] 『Dreamweaver MX ファーストステップガイド』マクロメディア(株)(2002)

[元の本文位置に戻る](#)



[トップへ](#)



[CEJ, v11n1 目次へ](#)

表1 テキストボックスに入力した数値を採用するときの優先順位

優先順位	シュウ酸質量(g)	溶解水体积(ml)	溶液体积(ml)	百分率濃度(%)	モル濃度(mol/l)
1			○	○	
2			○		○
3	○	○			
4	○		○		
5	○			○	
6	○				○
7		○		○	
8		○			○
9		○	○		
10				○	
11					○

○印のテキストボックスに数値を入力し、その他のボタンを押した場合

表2 25℃のシュウ酸水溶液の濃度と密度などの関係

質量百分率濃度(%)	0.000	0.001	0.010	0.100	1.000	2.000	3.000	4.000
溶液密度(g/mL)	0.9991	0.9991	0.9991	0.9995	1.0035	1.0082	1.0132	1.0181
モル濃度(mol/L)	0.000	0.00011	0.00111	0.01110	0.11146	0.22398	0.33761	0.45235
溶液体積/水量	1.000	1.00001	1.00010	1.00099	1.00977	1.01949	1.02936	1.03954

(続き)

質量百分率濃度(%)	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000	10.400
溶液密度(g/mL)	1.0230	1.0279	1.0326	1.0374	1.0424	1.0478	1.0501
モル濃度(mol/L)	0.56816	0.68501	0.80289	0.92186	1.04207	1.16380	1.21300
溶液体積/水量	1.05014	1.06118	1.07268	1.08454	1.09666	1.10883	1.11366

表4 25℃におけるシュウ酸ナトリウムの濃度と密度などの関係

質量百分率濃度(%)	0.000	0.001	0.010	0.100	0.500	1.000
溶液密度(g/mL)	0.99703	0.99704	0.99712	0.99787	1.0012	1.0054
モル濃度(mol/L)	0.000	0.0000744	0.000744	0.007447	0.03736	0.07503
溶液体積/水量	1.000	1.0000016	1.000016	1.00016	1.00083	1.00171

(続き)

質量百分率濃度(%)	1.500	2.000	2.500	3.000	3.480
溶液密度(g/mL)	1.0096	1.0137	1.0179	1.0221	1.0261
モル濃度(mol/L)	0.11301	0.15130	0.18991	0.22882	0.26648
溶液体積/水量	1.00263	1.00360	1.00461	1.00566	1.00671



この下に図が見えなかったら Java Applet を有効にして下さい (H20.07.12改訂) [前に戻る](#)

## シュウ酸水溶液の作り方 (調製方法)

芦田 (埼玉大・教育)

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください

Ver. 2008.07.12

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	計算値消去
シュウ酸(g)	溶解水体积(mL)	溶液体積(mL)	百分率濃度(%)	モル濃度(mol/L)	全部消去
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

濃度を換算するときは [百分率濃度(%)] または [モル濃度(mol/L)] のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。溶解度を越えた計算値は信用できません。市販の高純度のシュウ酸は二水和物であり、シュウ酸1分子当たり結晶水2個を含んでいます。

表 25℃におけるシュウ酸水溶液の濃度と密度などの関係 (H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>Oの式量(分子量)=126.07)

百分率濃度(%)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	10.4
モル濃度(mol/L)	0.111	0.224	0.338	0.452	0.568	0.685	0.803	0.922	1.042	1.164	1.213
溶液密度(g/mL)	1.004	1.008	1.013	1.018	1.023	1.028	1.033	1.037	1.042	1.048	1.05
溶液体積/溶解水体积	1.01	1.019	1.029	1.04	1.05	1.061	1.073	1.085	1.097	1.109	1.114

### 計算方法

調製前のシュウ酸二水和物の質量をMa(g), これを溶解する水(溶解水)の質量, 体積と密度をMb(g), Vb(mL)とDb(g/mL)とします。調製後の水溶液の質量をM(g), 体積をV(mL), 密度をD(g/mL), 質量百分率濃度をW(%), モル濃度をC(mol/L)とします。さらに, 溶液体積/溶解水体积をR, シュウ酸二水和物のモル質量をF(g/mol), シュウ酸二水和物中の無水物の百分率をQo(%)とすると, 次式のような関係があります。

$$W = MaQ_o / M, \quad M = Ma + Mb = VD, \quad Mb = VbDb, \quad C = 1000Ma / FV,$$

$$R = V / Vb, \quad Q_o = 90.03 \text{ g/mol} \div 126.07 \text{ g/mol} \times 100 \% = 71.41 \%, \quad 1 \text{ L} = 1000 \text{ mL}$$

これらの式と既知の値を用いて未知の値を求めることができます。濃度から密度を求めたり, 溶液体積/溶解水体积から濃度を求めるときは上の表を使います。

### 調製方法(濃度を正確に作る場合)

必要な器具は, 前もって洗浄し乾燥しておきます。

- 1 電子天秤を用いて秤量ビン(またはビーカー)にシュウ酸二水和物をはかりとります。
- 2 蒸留水を1の秤量ビン(またはビーカー)に加えて溶かし, 溶けた部分をこぼさないように注意してメスフラスコに移します。これを繰り返します。固体が見えなくなっても, 3~4回繰り返し, 完全にメスフラスコに移します。
- 3 ときどきかき混ぜながら, メスフラスコに蒸留水を加え, メニスカスを標線に合わせます。
- 4 必要ならば, 試薬ビンに移して保管します。試薬名, 濃度, 作成日, 作成者などを書いたラベルを付けましょう。

### 注意事項

シュウ酸水溶液が口に入ったら直ぐに吐き出して, うがいをしましょう。また, シュウ酸水溶液が目に入ったり, 皮膚についたら直ぐに水で洗い流しましょう。

天秤は慎重に取り扱い, 薬品をこぼしたら直ぐに掃除しましょう。はかれる範囲は天秤によって異なります。最大秤量を超過しないように注意しましょう。

メスフラスコは, はかれる容積が固定されています(例えば, \*\*, 100 mL, 200 mL, 250 mL, 500 mL, 1000 mL, \*\*). メニスカスを標線に合わせるときは, オーバーしないように注意しましょう。

図1 最初の画面

シュウ酸用の apadj010.html ファイルから Java Applet の実行ファイル(背景が水色の部分)を呼び出したところ

この下に図が見えなかったら Java Applet を有効にして下さい (H20.07.12改訂) [前に戻る](#)

## シュウ酸ナトリウム水溶液の作り方 (調製方法)

芦田 (埼玉大・教育)

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください

Ver. 2008.07.12

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	計算値消去
シュウ酸Na質量(g)	水の量(g, mL)	溶液体積(mL)	百分率濃度(%)	モル濃度(mol/L)	全部消去
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

濃度を換算するときは [百分率濃度(%)] または [モル濃度(mol/L)] のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。溶解度を超えた計算値は信用できません。

表 25℃におけるシュウ酸ナトリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (Na<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>の式量 (分子量) = 134.0)

百分率濃度(%)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.48
モル濃度(mol/L)	0.037	0.075	0.113	0.151	0.19	0.229	0.266
溶液密度(g/mL)	1.001	1.005	1.01	1.014	1.018	1.022	1.026
溶液体積/水量	1.001	1.002	1.003	1.004	1.005	1.006	1.007

### 計算方法

調製前のシュウ酸ナトリウムの質量をMa(g), これを溶解する水の量をMb(gまたはmL)とします。調製後の水溶液の質量をM(g), 体積をV(mL), 密度をD(g/mL), 質量百分率濃度をW(%), モル濃度をC(mol/L)とします。さらに, 溶液体積/水量をR, シュウ酸ナトリウムのモル質量をF(g/mol)とすると, 次式のような関係があります。

$$W = 100M_a / M, \quad M = M_a + M_b = VD, \quad C = 1000M_a / FV, \quad R = V / M_b, \quad 1 \text{ L} = 1000 \text{ mL}$$

これらの式と既知の値を用いて未知の値を求めることができます。濃度から密度を求めたり, 溶液体積/水量から濃度を求めるときは上の表を使います。

### 調製方法(濃度を正確に作る場合)

必要な器具は, 前もって洗淨し乾燥しておきます。

- 1 電子天秤を用いて秤量ビン(またはビーカー)にシュウ酸ナトリウムをはかりとります。
- 2 蒸留水を1の秤量ビン(またはビーカー)に加えて溶かし, 溶けた部分をこぼさないように注意してメスフラスコに移します。これを繰り返します。固体が見えなくなっても, 3~4回繰り返して, 完全にメスフラスコに移します。
- 3 ときどきかき混ぜながら, メスフラスコに蒸留水を加え, メニスカスを標線に合わせます。
- 4 必要ならば, 試薬ビンに移して保管します。試薬名, 濃度, 作成日, 作成者などを書いたラベルを付けましょう。

### 注意事項

シュウ酸ナトリウム水溶液が口に入ったら直ぐに吐き出して, うがいをしましょう。また, シュウ酸ナトリウム水溶液が目に入ったり, 皮膚についたら直ぐに水で洗い流しましょう。

天秤は慎重に取り扱い, 薬品をこぼしたら直ぐに掃除しましょう。はかれる範囲は天秤によって異なります。最大秤量を超過しないように注意しましょう。

メスフラスコは, はかれる容積が固定されています(例えば, \*\*, 100 mL, 200 mL, 250 mL, 500 mL, 1000 mL, \*\*). メニスカスを標線に合わせるときは, オーバーしないように注意しましょう。

図2 最初の画面

シュウ酸ナトリウム用の apadj011.html ファイルから Java Applet の実行ファイル(背景が水色の部分)を呼び出したところ

### シュウ酸水溶液の作り方 (調製方法)

芦田 (埼玉大・教育)

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください

Ver. 2008.07.12

1.576	248.911	250.0	0.4497	0.05	計算値消去
シュウ酸(g)	溶解水体积(mL)	溶液体積(mL)	百分率濃度(%)	モル濃度(mol/L)	全部消去
溶液の質量=250.263 g		溶液の密度=1.001 g/mL			

濃度を換算するときは [百分率濃度(%)] または [モル濃度(mol/L)] のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。溶解度を越えた計算値は信用できません。市販の高純度のシュウ酸は二水和物であり、シュウ酸1分子当たり結晶水2個を含んでいます。

表 25°Cにおけるシュウ酸水溶液の濃度と密度などの関係 (H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>Oの式量 (分子量) =126.07)

百分率濃度(%)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	10.4
モル濃度(mol/L)	0.111	0.224	0.338	0.452	0.568	0.685	0.803	0.922	1.042	1.164	1.213
溶液密度(g/mL)	1.004	1.008	1.013	1.018	1.023	1.028	1.033	1.037	1.042	1.048	1.05
溶液体積/溶解水体积	1.01	1.019	1.029	1.04	1.05	1.061	1.073	1.085	1.097	1.109	1.114

図3 Java Applet によるシュウ酸の調製方法の計算例

### シュウ酸水溶液の作り方 (調製方法)

芦田 (埼玉大・教育)

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください

Ver. 2008.07.12

50.0	217.44	250.0	13.36	1.586	計算値消去
シュウ酸(g)	溶解水体积(mL)	溶液体積(mL)	百分率濃度(%)	モル濃度(mol/L)	全部消去
溶液の質量=267.24 g		溶液の密度=1.069 g/mL		25°Cの溶解度(10.4%)を超過	

濃度を換算するときは [百分率濃度(%)] または [モル濃度(mol/L)] のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。溶解度を越えた計算値は信用できません。市販の高純度のシュウ酸は二水和物であり、シュウ酸1分子当たり結晶水2個を含んでいます。

表 25°Cにおけるシュウ酸水溶液の濃度と密度などの関係 (H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>Oの式量 (分子量) =126.07)

百分率濃度(%)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	10.4
モル濃度(mol/L)	0.111	0.224	0.338	0.452	0.568	0.685	0.803	0.922	1.042	1.164	1.213
溶液密度(g/mL)	1.004	1.008	1.013	1.018	1.023	1.028	1.033	1.037	1.042	1.048	1.05
溶液体積/溶解水体积	1.01	1.019	1.029	1.04	1.05	1.061	1.073	1.085	1.097	1.109	1.114

図4 Java Applet による計算例(シュウ酸の飽和濃度 10.4%(1.21 mol/L)を超過した場合)

シュウ酸水溶液の作り方 (調製方法) 芦田 (埼玉大・教育)  
 2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください Ver. 2008.07.12

0.0    0.0    0.0    0.4497    0.05    計算値消去

シュウ酸(g)    溶解水体积(mL)    溶液体積(mL)    百分率濃度(%)    モル濃度(mol/L)    全部消去

溶液の質量=0.0 g    溶液の密度=1.001 g/mL   

濃度を換算するときは [百分率濃度(%)] または [モル濃度(mol/L)] のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。溶解度を超えた計算値は信用できません。市販の高純度のシュウ酸は二水和物であり、シュウ酸1分子当たり結晶水2個を含んでいます。

---

表 25°Cにおけるシュウ酸水溶液の濃度と密度などの関係 (H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>Oの式量 (分子量) =126.07)

百分率濃度(%)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	10.4
モル濃度(mol/L)	0.111	0.224	0.338	0.452	0.568	0.685	0.803	0.922	1.042	1.164	1.213
溶液密度(g/mL)	1.004	1.008	1.013	1.018	1.023	1.028	1.033	1.037	1.042	1.048	1.05
溶液体積/溶解水体积	1.01	1.019	1.029	1.04	1.05	1.061	1.073	1.085	1.097	1.109	1.114

図5 Java Applet による計算例(シュウ酸の濃度換算)

シュウ酸水溶液の作り方 (調製方法) 芦田 (埼玉大・教育)  
 2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください Ver. 2008.07.12

エラー          5       計算値消去

シュウ酸(g)    溶解水体积(mL)    溶液体積(mL)    百分率濃度(%)    モル濃度(mol/L)    全部消去

濃度を換算するときは [百分率濃度(%)] または [モル濃度(mol/L)] のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。溶解度を超えた計算値は信用できません。市販の高純度のシュウ酸は二水和物であり、シュウ酸1分子当たり結晶水2個を含んでいます。

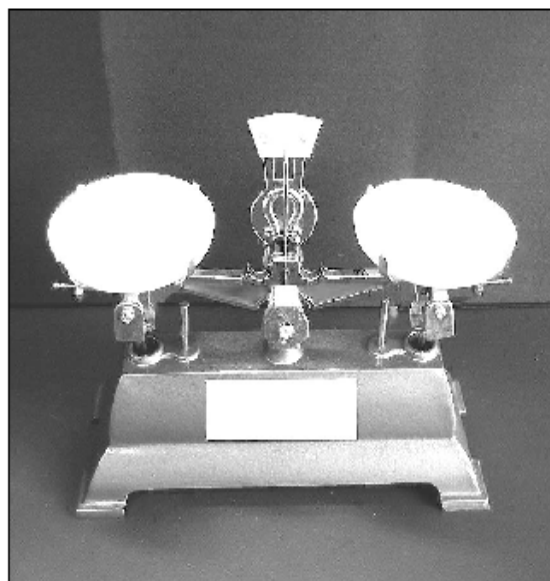
---

表 25°Cにおけるシュウ酸水溶液の濃度と密度などの関係 (H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>Oの式量 (分子量) =126.07)

百分率濃度(%)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	10.4
モル濃度(mol/L)	0.111	0.224	0.338	0.452	0.568	0.685	0.803	0.922	1.042	1.164	1.213
溶液密度(g/mL)	1.004	1.008	1.013	1.018	1.023	1.028	1.033	1.037	1.042	1.048	1.05
溶液体積/溶解水体积	1.01	1.019	1.029	1.04	1.05	1.061	1.073	1.085	1.097	1.109	1.114

図6 Java Applet による計算例(エラーの表示)

## 上皿てんびん



質量(重さ)測定器具の一つです。

- ・二つの皿の一方に”おもり”を、もう片方に”試薬”を載せて量ります。
- ・釣り合いを見るときには、針の静止を待つ必要はなく、均等に振れていれば釣り合っています。
- ・使用後は、皿は片方に重ねておきます。

注意点

- ・皿に直接、試薬を載せない(一般的には薬包紙を用います)。
- ・固体の試薬を秤り取るときには、乾いた清潔な薬さじを使います。
- ・潮解性がある薬品(NaOHなど)の場合には、薬包紙ではなく、ビーカーや時計皿などを用います。

## 電子てんびん



質量(重さ)測定器具の一つです。

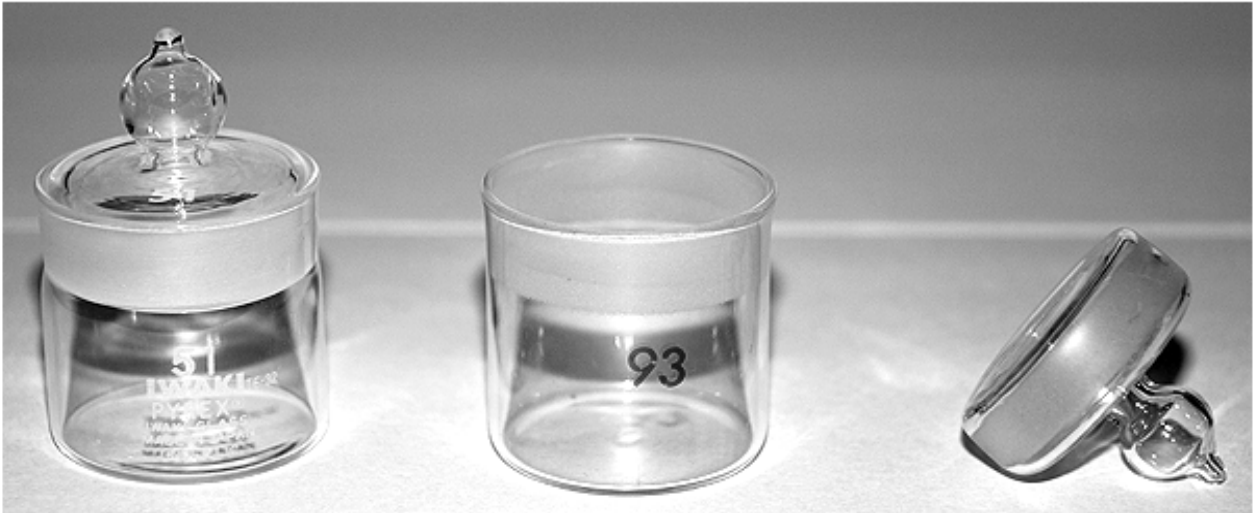
- ・物質の質量(重さ)を電氣的に読みとり、デジタルで表示します。

注意点

- ・皿に直接、試薬を載せません。
- ・固体の試薬を取るときには、乾いた清潔な薬さじを使います。
- ・潮解性がある薬品(NaOHなど)の場合には、薬包紙ではなくビーカーや時計皿などを用います。

図7 天秤

## 秤量びん



- 電子天秤や化学天秤で薬品を量りとるときに使用します。
- ガラス製やプラスチック製の容器で、容量は20mL～400mL程度です。

図8 秤量びん

## ビーカー



実験用容器です。

- ガラス製、プラスチック製がよくあります。磁器製、金属製もあります。
- 側面にはおよその容量を示す目盛りがついています。容量は、10mL～数Lのものまであります。
- 固体を溶解したり、2種類以上の液体を混合したりするのに用います。
  - ・注ぎ口がついているので、中の液体をほかの容器に移しやすくなっています。
  - ・口が大きく、ガラス棒などで攪拌しやすいが、液が飛び出しやすいので注意が必要です。
  - ・外からのほこりが入りやすいので、放置するときには時計皿などでふたをします。
- 小・中学校では、紙コップ・発泡スチロール製コップ・ペットボトルを切ったもの、などで代用することもよく見かけます。

図9 ビーカー



一定体積の標準溶液を調製するのに使います。

- ・固体を直接入れて溶解することはしません(ビーカーで溶かします)。
- ・標線より上に水滴がついていると、体積が正確に量れないので注意しましょう。
- ・中の溶液をよく混ぜてから、標線に合わせます。
- ・標線の目盛りを読むときには、水平方向から読みます。

図10 メスフラスコ

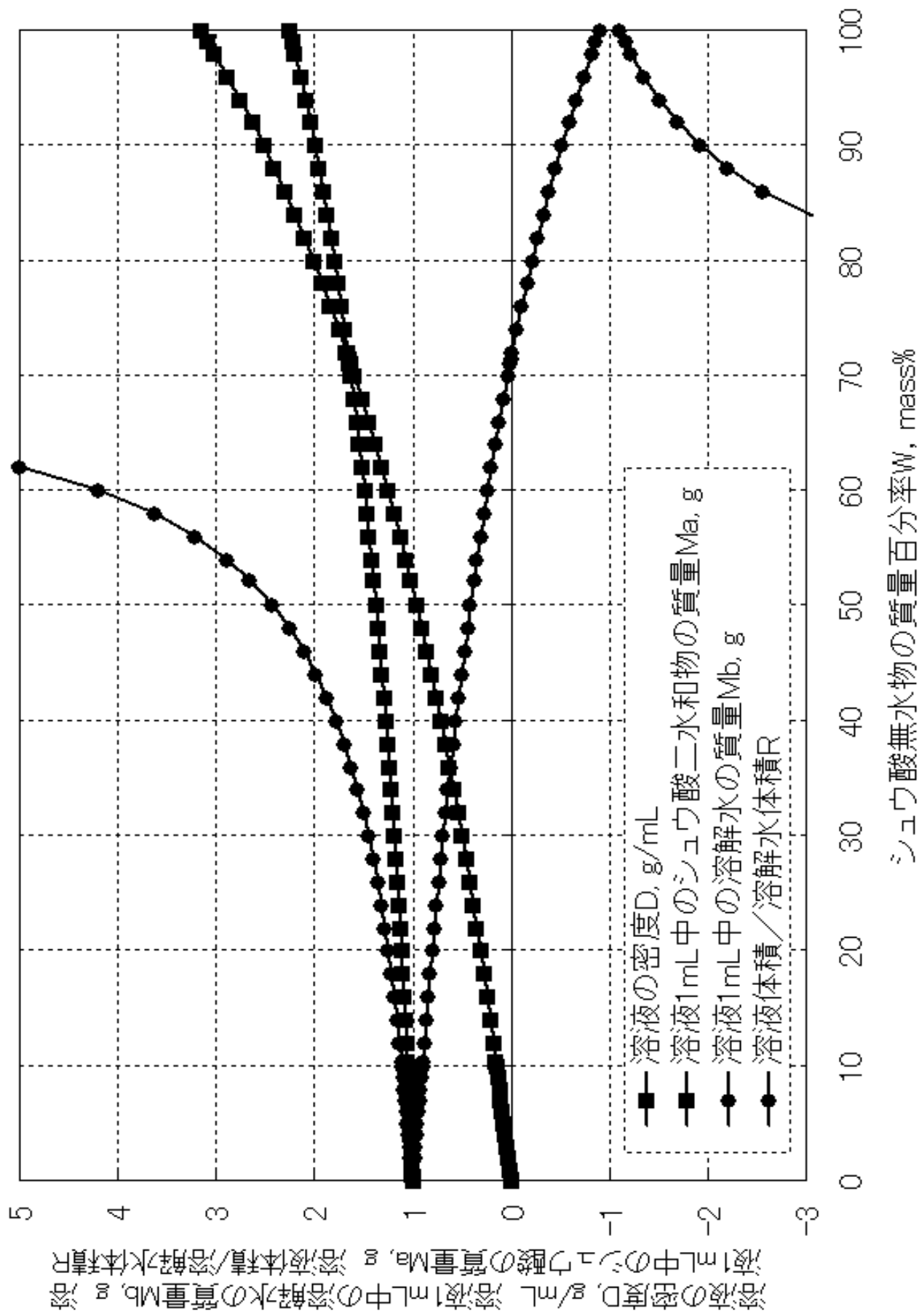


図11 溶液体積 / 溶解水体積などと質量百分率の関係(シュウ酸水溶液)  
 シュウ酸二水和物の質量と溶解水の質量は溶液 1mL 中の値でプロットしている。



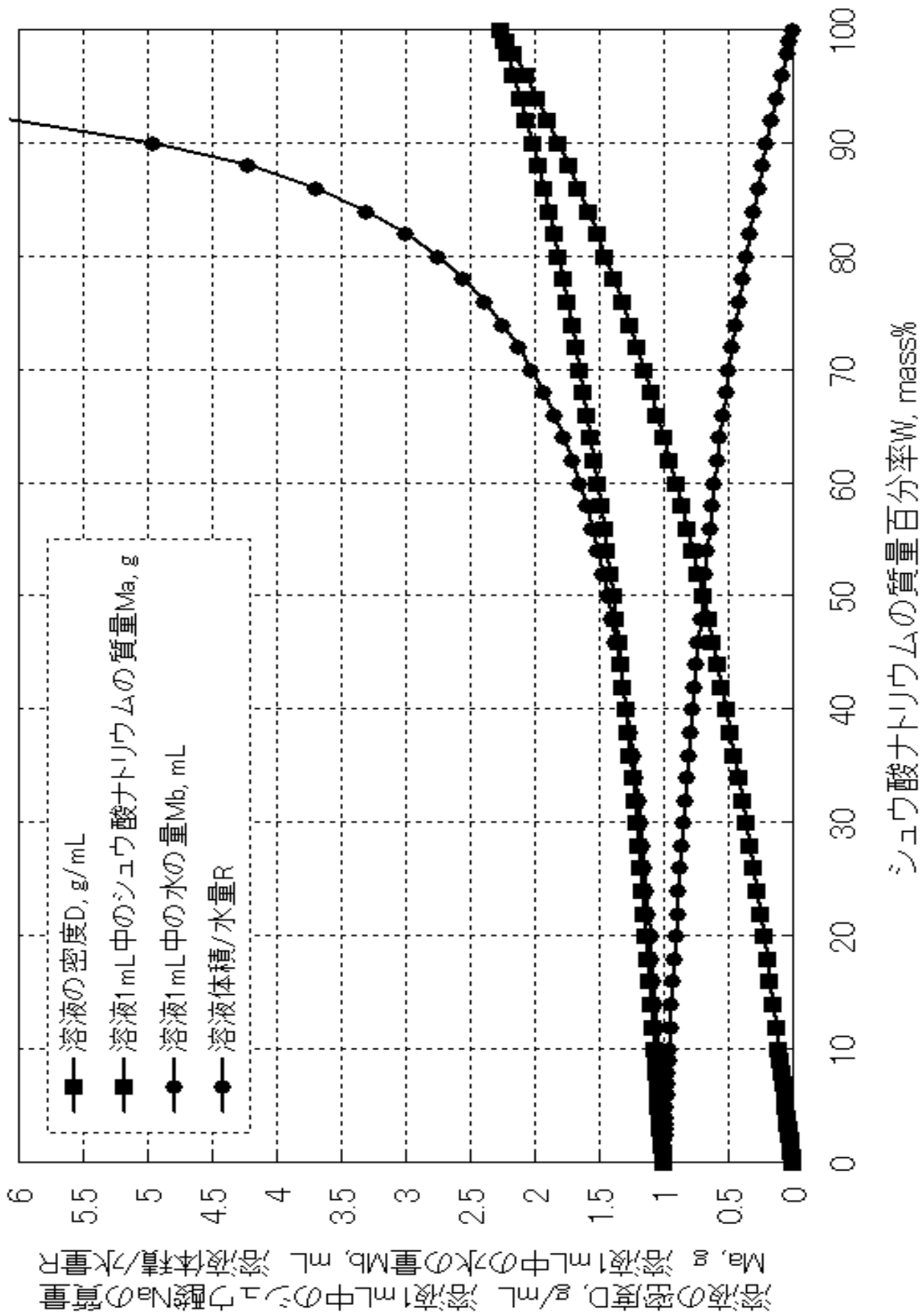


図12 溶液体積／水量などと質量百分率の関係(シュウ酸ナトリウム水溶液)  
 シュウ酸ナトリウムの質量と水の量は溶液 1mL 中の値でプロットしている。

## 定量分析シミュレーションのインターネットによる自動サービス –混合滴定–

芦田実\*, 谷津勇太, 新山拓也  
埼玉大学 教育学部  
〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255  
E-mail: [ashida@post.saitama-u.ac.jp](mailto:ashida@post.saitama-u.ac.jp)

### Automatic Service of Simulation of Quantitative Analysis by Using Internet – Titrations for Base Mixture –

Minoru Ashida\*, Yuta Tanitsu, and Takuya Niiyama  
Faculty of Education, Saitama University  
255 Shimo-ohkubo, Sakura-ku, Saitama, Saitama, 338-8570 Japan

#### 1. はじめに

本研究室では、インターネットを利用して学外との双方向の交流を目指し、利用者の立場に立ってそのニーズに応えるためのホームページ[文献1]を試作している。そのために、化学の質問箱を開設したり、溶液の濃度計算と調製方法のサービスなど[文献2~7]を開始している。質問箱は閲覧数や質問の回答数が最盛期を過ぎたように思える(閲覧数は最盛期に約 54000 件/年、最近では約 27000 件/年で、回答数は最盛期に 141 件/年、最近では 64 件/年である)が、その他のサービスは利用者が少ない。そこで、多くの人に知ってもらい、また利用してもらうために、本報告で紹介することにした。今、学校では理科離れが進んでいる。理科(化学)の面白さは実験を通して伝えられることが多いと思われる。そこで、理科離れを少しでも減らすために、また学校で少しでも多く理科(化学)実験を行ってもらうために、化学系実験の基礎である水溶液の作り方(濃度計算と調製方法)[文献2~6]の自動サービスを行っている。

高校生などの中には、酸・塩基滴定中の濃度変化、体積変化やpHジャンプの現象をあまり理解していない者もあり、それらについて質問箱でも複数回答している。そこで、前報[文献7]では濃度と滴定曲線(pH)の計算方法を解説し、酸・塩基滴定をシミュレートするプログラムを開発し、ホームページで公開した。本報告では、次に利用度の高いと思われる混合滴定をシミュレートするプログラムを開発し、ホームページで公開することにした。本報告でいう混合滴定とは塩基の混合物を酸を用いた一連の滴定で分別的に定量することであり、同時滴定と言われることもある。本プログラムはコンピュータに弱い人でも何の予備知識もなしに、いつでも必要なときに使用できる。さらにダウンロードサービスも開始しているので、圧縮ファイルをダウンロードして解凍すればこのプログラムはパソコンの中だけ(オフライン)でも実行できる。

#### 2. 濃度と滴定曲線の計算方法

「[溶液の作り方\(濃度計算と調製方法\)](#)」[文献8]のメニューから「[酸・塩基滴定\(混合滴定\)](#)」[文献9]をクリックすると「[Java Applet プログラムを呼び出すための html ファイル](#)」[文献9]が呼

び出される. そこに, 下記のような濃度とpH曲線の計算方法の解説を載せている. シミュレーションプログラム上では混合前の濃度と体積が全て分かっているので, 塩基については水酸化ナトリウム NaOH, 炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 炭酸水素ナトリウム  $\text{NaHCO}_3$  の各水溶液の中から1つ~3つを選択して混合できる. しかし, 実際の滴定実験ではこれらの水溶液のうち2つまでの混合(同時滴定)しかできない.

混合前の薄い塩酸 HCl の初濃度と体積を  $C_{A0}$  (mol/L) と  $V_A$  (L) とし, 薄い水酸化ナトリウム NaOH, 炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  と炭酸水素ナトリウム  $\text{NaHCO}_3$  の初濃度と体積をそれぞれ  $C_{B0}$  (mol/L),  $V_B$  (L),  $C_{C0}$  (mol/L),  $V_C$  (L) と  $C_{D0}$  (mol/L),  $V_D$  (L) とする. 混合後の体積  $V$  (L) は

$$(1) \quad V = V_A + V_B + V_C + V_D$$

混合直後で中和反応がまだ起こっていないと仮定したときの仮想的な塩酸 HCl の初濃度  $C_A$  (mol/L) と水酸化ナトリウム NaOH, 炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  と炭酸水素ナトリウム  $\text{NaHCO}_3$  の初濃度  $C_B$  (mol/L),  $C_C$  (mol/L) と  $C_D$  (mol/L) は

$$(2) \quad C_A = C_{A0} V_A / V, \quad (3) \quad C_B = C_{B0} V_B / V$$

$$(4) \quad C_C = C_{C0} V_C / V, \quad (5) \quad C_D = C_{D0} V_D / V$$

水の電離反応より, 水のイオン積  $K_w$  (mol/L)<sup>2</sup> は

$$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-, \quad (6) \quad K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2 \text{ at } 25^\circ\text{C}$$

炭酸  $\text{H}_2\text{CO}_3$  の電離反応より, その電離定数  $K_{C1}$  と  $K_{C2}$  は

$$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-, \quad (7) \quad K_{C1} = [\text{H}^+][\text{HCO}_3^-] / [\text{H}_2\text{CO}_3]$$

$$\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}, \quad (8) \quad K_{C2} = [\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}] / [\text{HCO}_3^-]$$

混合液中の正電荷の総数(濃度)と負電荷の総数(濃度)は等しい(電気的中性)ので,

$$(9) \quad [\text{H}^+] + [\text{Na}^+] = [\text{Cl}^-] + [\text{OH}^-] + [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}]$$

混合液中で炭酸は分子  $\text{H}_2\text{CO}_3$  かイオン  $\text{HCO}_3^-$  と  $\text{CO}_3^{2-}$  のどれかの状態で存在するので, それらの濃度の和は初濃度の和  $C_C + C_D$  に等しい.

$$(10) \quad C_C + C_D = [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$$

以上の式(1)~式(10)を連立させて, 水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  を求めると

$$(11) \quad \{ [\text{H}^+]^2 + (C_B + 2C_C + C_D - C_A) [\text{H}^+] - K_w \} ( [\text{H}^+]^2 + K_{C1} [\text{H}^+] + K_{C1} K_{C2} ) - K_{C1} ( C_C + C_D ) [\text{H}^+] ( [\text{H}^+] + 2K_{C2} ) = 0$$

さらに, 求めた  $[\text{H}^+]$  より水素イオン指数 pH は

$$(12) \quad \text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad \text{または} \quad [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

上の式(11)は全ての塩基混合溶液について使用できる。実際に計算するときは、極小値を求める通常の方法を利用する[文献7]。すなわち、Java Applet プログラムで pH の値を初期値 1 から 0.01 ずつ増加させて、式(12)より  $[\text{H}^+]$  を求める。これらを式(11)に代入し、左辺の絶対値が極小値(0)を通り過ぎたときの pH を求める。次に、pH の値を 0.001 ずつ減少させて、式(11)の左辺の絶対値が極小値にさらに近い点を通り過ぎたときの pH を求める。この様な操作を繰り返して、許容誤差の範囲で極小値に最も近い  $[\text{H}^+]$  と pH を求める(最後は通り過ぎて1点戻る)。高分解能のデジタル pH メーターの分解能が 0.001 であること、さらに本プログラムの画面で表示できる限界が 0.05 (pH変化量で 13 が 260 ドットに相当)であることから、pH の変化量で 0.001 のオーダーまで計算すれば充分である。 $[\text{H}^+]$  の値が求まったら、その他の化学種の濃度も計算できる。

$$(13) \quad [\text{OH}^-] = K_w / [\text{H}^+] , \quad (14) \quad [\text{Na}^+] = C_B + 2C_C + C_D , \quad (15) \quad [\text{Cl}^-] = C_A$$

$$(16) \quad [\text{H}_2\text{CO}_3] = (C_C + C_D)[\text{H}^+]^2 / ([\text{H}^+]^2 + K_{C1}[\text{H}^+] + K_{C1}K_{C2})$$

$$(17) \quad [\text{HCO}_3^-] = K_{C1}[\text{H}_2\text{CO}_3] / [\text{H}^+] , \quad (18) \quad [\text{CO}_3^{2-}] = K_{C1}K_{C2}[\text{H}_2\text{CO}_3] / [\text{H}^+]^2$$

### 3. 滴定曲線の計算例

#### 3. 1 水酸化ナトリウム NaOH と炭酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{CO}_3$ の混合溶液の塩酸 HCl による滴定

水酸化ナトリウム NaOH と炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  の混合溶液の塩酸 HCl による滴定曲線を図1に示す。電離定数は化学便覧の値[文献 10]を使用した。滴定にともなって pH が3段階で変化しており、上から水酸化ナトリウムから生じた水酸化物イオン  $\text{OH}^-$  の中和、炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  から生じた炭酸イオン  $\text{CO}_3^{2-}$  の炭酸水素イオン  $\text{HCO}_3^-$  への変化(中和)、炭酸水素イオン  $\text{HCO}_3^-$  の炭酸  $\text{H}_2\text{CO}_3$  への変化(中和)を表している。pH 指示薬はフェノールフタレイン PP が赤紫色から無色に変化したところ(第2段回終了)で、メチルオレンジ MO を追加している。上側右端部の黒丸(●)は滴定にともなう水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  の増加を、四角(□)は水酸化物イオン  $[\text{OH}^-]$  の減少を表している。また、下側の表には滴定にともなう各化学種の濃度変化を示している。さらに、図2にそれらの濃度変化を図示する。塩化物イオン濃度  $[\text{Cl}^-]$  (紫色の▽)は滴下量とともに増加し、ナトリウムイオン濃度  $[\text{Na}^+]$  (赤色の△)は体積増加により減少している。炭酸イオン  $\text{CO}_3^{2-}$  (青色の◆)、炭酸水素イオン  $\text{HCO}_3^-$  (水色の▼)、炭酸  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (緑色の▲)は式(7)と式(8)の2つの電離平衡によって、2段階に変化している。

#### 3. 2 水酸化ナトリウム NaOH と炭酸水素ナトリウム $\text{NaHCO}_3$ の混合溶液の塩酸 HCl による滴定

水酸化ナトリウム NaOH と炭酸水素ナトリウム  $\text{NaHCO}_3$  の混合溶液の塩酸 HCl による滴定曲線を図3に示す。NaOH と  $\text{NaHCO}_3$  を当モル混合したため、後述の炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  のみと同じ滴定曲線(図8)になり、pH が2段階で変化している。

#### 3. 3 炭酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{CO}_3$ と炭酸水素ナトリウム $\text{NaHCO}_3$ の混合溶液の塩酸 HCl による滴定曲線

炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  と炭酸水素ナトリウム  $\text{NaHCO}_3$  の混合溶液の塩酸 HCl による滴定曲

線を図4に示す。メチルオレンジ MO とブロモフェノールブルーBPB の変色域がほぼ同じ(後述の表1)なので、この図ではpH指示薬にフェノールフタレイン PP→ブロモフェノールブルーBPB を使用した。比較しやすい様に、上の図2～図4をまとめて図5に示す。このプログラムでは4本の滴定曲線を記憶でき、実行中の滴定曲線と合わせて、同時に5本を表示(比較)することができる。

### 3.4 3種混合溶液の塩酸 HCl による滴定曲線

水酸化ナトリウム NaOH, 炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  および炭酸水素ナトリウム  $\text{NaHCO}_3$  の3種混合溶液の塩酸 HCl による滴定曲線を図6に示す。実際の滴定実験ではこれらの水溶液のうち2つまでしか混合(同時滴定)できないが、プログラム上は3つの水溶液の混合(シミュレーション)が可能である。

### 3.5 普通の酸・塩基滴定

このプログラムでは、1種類の塩基を塩酸 HCl で滴定する場合(普通の酸・塩基滴定)もシミュレートできる。図7に水酸化ナトリウム水溶液 NaOH の塩酸 HCl による滴定曲線、図8に炭酸ナトリウム水溶液  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  の塩酸 HCl による滴定曲線、図9に炭酸水素ナトリウム水溶液  $\text{NaHCO}_3$  の塩酸 HCl による滴定曲線をそれぞれ示す。さらに、比較しやすい様に、これらの図をまとめて図10に示す。

## 4. pH指示薬の変色域, 色見本とRGB値

Java Applet プログラムを呼び出すための html ファイル[文献9]に、pH指示薬の変色域, 色見本とRGB値(表1)を載せている。表中で中村理科とカッコ書きしている RGB 値は、中村理科が市販しているSZK標準管を用いて決定した。まず、SZK標準管の後ろにプラスチックの白色箱に入った蛍光灯(FUJICOLOR LIGHT BOX 5000, 100V 10W×2)を置き、約 50 cm の距離からデジタルカメラ(本体 Nikon D80, レンズ 18-70 mm 1:3.5-4.5G, auto モード)で撮影した。これをパソコンに読み込み、画像処理ソフト(Adobe Photoshop 5.0)で明るさと色相が肉眼と同じに見える様に微調整した。さらに、SZK標準管が無色透明の円筒状アンプルなので、画像にはどうしても明暗の縦縞ができる。そこで、縦縞がほとんどない中央付近の画像の一部を画像処理ソフトで切り取り、単色化(ぼかし)してRGB値を決定した。その他のRGB値は、以前に報告した16階調の値[文献11]を256階調に換算して使用した。なお、このプログラムで使用していないpH指示薬についても参考として表に載せている。

## 5. 利用者の操作方法

Java Applet プログラムを呼び出すための html ファイル[文献9]に、下記のような操作方法(コマンドボタンとその内容の説明)を載せている。

コマンドボタン	内容の説明
フェノールフタレイン PP → メチルオレンジ MO フェノールフタレイン PP → ブロモフェノールブルーBPB	クリックするたびに2段目の指示薬が切り替わります。 pH指示薬の変色域, 色見本とRGB値(表1)
数値読込	数値を入力したら、最後にクリックします。 または入力ごとに[Enter]を押します。

開始	滴定曲線を最初から描きます。
一時停止 ⇒ 再開 ⇒	クリックするたびに命令が切り替わります。
繰り返し ⇒ 目盛付近手動 ⇒ 当量付近手動 ⇒ 最後停止 ⇒	クリックするたびに実行モードが切り替わります。
曲線記憶 ⇒ 曲線消去 ⇒	任意の位置で4本まで記憶できます。

テキストボックス	内容の説明
試料濃度, 試料体積, 横軸目盛, 縦軸の最大濃度	数値を変更するには, TextBox に入力するたびに [Enter] キーを押すか, 最後にまとめて数値読込をクリックします。
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , NaHCO <sub>3</sub> , NaOH	実際の滴定実験では左の水溶液のうち2つの混合が可能です。

チェックボックス	内容の説明
記憶した pH 曲線, [H <sup>+</sup> ]と[OH <sup>-</sup> ]を図示するか, 計算中の濃度を図示するかを指定します。	
上段の表には計算中の数値を表示します。下段の表には, 記憶済みの曲線から表示するものを選択できます。	

キーボードの Print Screen キー (COPY キー) を押した後, 画像処理プログラム (Photoshop 等) を起動し, 新規ファイルにペースト (はりつけ) すれば, 画面を取り込めます。編集や保存もできます。その後にはワープロ文章 (Word, 一太郎等) に画像の必要部分を切り取り (カット & ペースト) できます。

## 6. 使用したソフトウェア

開発に使用した OS は Microsoft 社の Windows XP Professional である。さらに, Microsoft 社の Windows 98, 2000 Professional, ME, XP home edition, Vista Home Premium で動作確認を行っている。Java Applet は多くの書籍 [文献 12~17] を参考にして, Borland 社の JBuilder 6 Professional, 2005 Developer で作成し, フリーソフトウェア FFFTP 1.88 [文献 18] でサーバーにアップロードした。HTML ファイルは IBM 社のホームページビルダー 11 [文献 19, 20], またはマクロメディア (株) の Dreamweaver MX [文献 21] で編集・作成した。

## 7. おわりに

教育学部のサーバーだけでなく, 学外のサーバーにもシミュレーションプログラムを載せてサービスを開始した [文献 1]。学校の授業や自由研究等でも利用できると思われる。今後はさらに, シミュレーションの種類を増やし, 少しずつサービスを充実していく。

参考文献など (URL は全て 2008 年 6 月 10 日時点のものです)

- [文献 1] トップページアドレス 本館 <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/>  
 縮小版 1 <http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/>  
 別館 1 <http://www.geocities.jp/ashidabk1/> (閲覧のみ)

別館2 <http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/>

別館3 <http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/>

[文献2] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 塩化ナトリウム水溶液 -』化学教育ジャーナル(CEJ),第 7 巻第 1 号(通巻 12 号),採録番号 7-5 (2003)

[文献3] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 酢酸水溶液, 塩酸, アンモニア水, 水酸化ナトリウム水溶液 -』化学教育ジャーナル(CEJ),第 8 巻第 1 号(通巻 14 号),採録番号 8-3(2004)

[文献4] Minoru Ashida, et al., Automatic Services of Calculating Data and for the Preparation of Solutions by Using Internet: - Nitric Acid Aqueous Solution and Sulfuric Acid Aqueous Solution-, The Chemical Education Journal (CEJ), Vol. 9, No. 2 (Serial No. 17). The date of issue: January 30, 2007./Registration No. 9-14/Received March 7, 2006.

[文献5] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 固体無水物の溶解度 -』化学教育ジャーナル(CEJ),第 10 巻第 1 号(通巻 18 号),採録番号 10-2 (2007)

[文献6] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 二酸化炭素と石灰水 -』化学教育ジャーナル(CEJ),第 10 巻第 1 号(通巻 18 号),採録番号 10-3 (2007)

[文献7] 芦田実ほか『定量分析シミュレーションのインターネットによる自動サービス - 酸・塩基滴定 -』化学教育ジャーナル(CEJ),第 10 巻第 1 号(通巻 18 号),採録番号 10-4(2007)

[文献8] <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/cgi-bin/calgramc.cgi>

[文献9] <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/calcgrap/AppletT03.htm>

[文献 10] 日本化学会編『化学便覧基礎編改訂4版』丸善(株)(1993)

[文献 11] 芦田実, 吉田俊久, 『カラーグラフィックスによる化学物質の色の表示』化学と教育, 41(1), 17-18(1993)

[文献 12] 高橋和也ほか『Java 逆引き大全 500 の極意』(株)秀和システム(2002)

[文献 13] 田中秀治『Jbuilder5 で入門! Java プログラミング』ソーテック社(2001)

[文献 14] 松浦健一郎, 司ゆき『はじめての JBuilder6』ソフトバンク(株)(2002)

[文献 15] 赤間世紀『Java2 による数値計算』技報堂出版(株)(1999)

[文献 16] 青野雅樹『Java で学ぶコンピュータグラフィックス』(株)オーム社(2002)

[文献 17] 中山茂『Java2 グラフィックスプログラミング入門』技報堂出版(株)(2000)

[文献 18] <http://www2.biglobe.ne.jp/~sota/>

[文献 19] 『ホームページ・ビルダー 11 ユーザーズ・ガイド』日本アイ・ビー・エム(株)(2006)

[文献 20] アンク『HTML タグ辞典』翔泳社(2000)

[文献 21] 『Dreamweaver MX ファーストステップガイド』マクロメディア(株)(2002)

[元の本文位置に戻る](#)



[トップへ](#)



[CEJ, v11n1 目次へ](#)

表1 pH指示薬の変色域, 色見本とRGB値

指示薬の変色域, 色見本とRGB値					指示薬の変色域, 色見本とRGB値				
MO	メチルオレンジ				BPB	プロモフェノールブルー(中村理科)			
pH	色見本	R値	G値	B値	pH	色見本	R値	G値	B値
2.6		248	88	88	3.0		254	255	75
3.0		248	104	88	3.2		249	254	104
3.2		248	104	72	3.4		228	234	145
3.4		248	120	72	3.6		207	212	153
3.6		248	120	56	3.8		185	166	144
3.8		248	136	56	4.0		151	127	159
4.0		248	152	56	4.2		148	107	177
4.2		248	152	40	4.4		134	74	182
4.4		248	168	40	4.6		124	57	189
4.6		248	168	24					
BCG	プロモクレゾールグリーン(中村理科)				BTB	プロモチモールブルー(東洋ろ紙)			
pH	色見本	R値	G値	B値	pH	色見本	R値	G値	B値
4.0		214	224	116	5.8		248	200	8
4.2		194	224	149	6.2		248	200	8
4.4		156	216	171	6.4		232	200	8
4.6		127	211	191	6.6		216	184	24
4.8		72	201	202	6.8		200	184	40
5.0		14	188	227	7.0		168	168	56
5.2		1	195	239	7.2		152	168	72
5.4		1	188	248	7.4		136	152	88
5.6		1	177	251	7.6		120	152	104
5.8		0	163	251	7.8		104	152	120
					8.2		104	136	120
BTB	プロモチモールブルー(中村理科)				PR	フェノールレッド(中村理科)			
pH	色見本	R値	G値	B値	pH	色見本	R値	G値	B値
5.8		254	237	88	6.8		254	218	127
6.0		254	243	96	7.0		254	202	123
6.2		242	244	115	7.2		255	194	145
6.4		215	233	121	7.4		255	160	141
6.6		181	217	130	7.6		251	134	142
6.8		128	202	151	7.8		254	119	159
7.0		89	199	177	8.0		254	82	164
7.2		25	187	203	8.2		254	61	177
7.4		1	166	201	8.4		250	37	171
TB	チモールブルー(中村理科)				PP	フェノールフタレイン			
pH	色見本	R値	G値	B値	pH	色見本	R値	G値	B値
8.0		240	230	85	7.8	無色	255	255	255
8.2		231	227	109	8.4		248	216	232
8.4		204	206	134	8.8		248	152	216
8.6		169	179	138	9.0		248	88	216
8.8		134	148	141	9.2		248	24	200
9.0		113	142	189	9.4		232	8	184
9.2		86	115	206	9.6		216	8	168
9.4		53	81	211	10.0		216	8	152
9.6		43	74	224	10.6		200	8	136
9.8		29	56	223					

※ 中村理科は中村理科が市販しているSZK標準管を用いて決定したRGB値である。  
 東洋ろ紙は東洋ろ紙が印刷・配布している色見本を用いて決定したRGB値である[文献11]。  
 無印はpH緩衝液を調製して決定したRGB値である[文献11]。



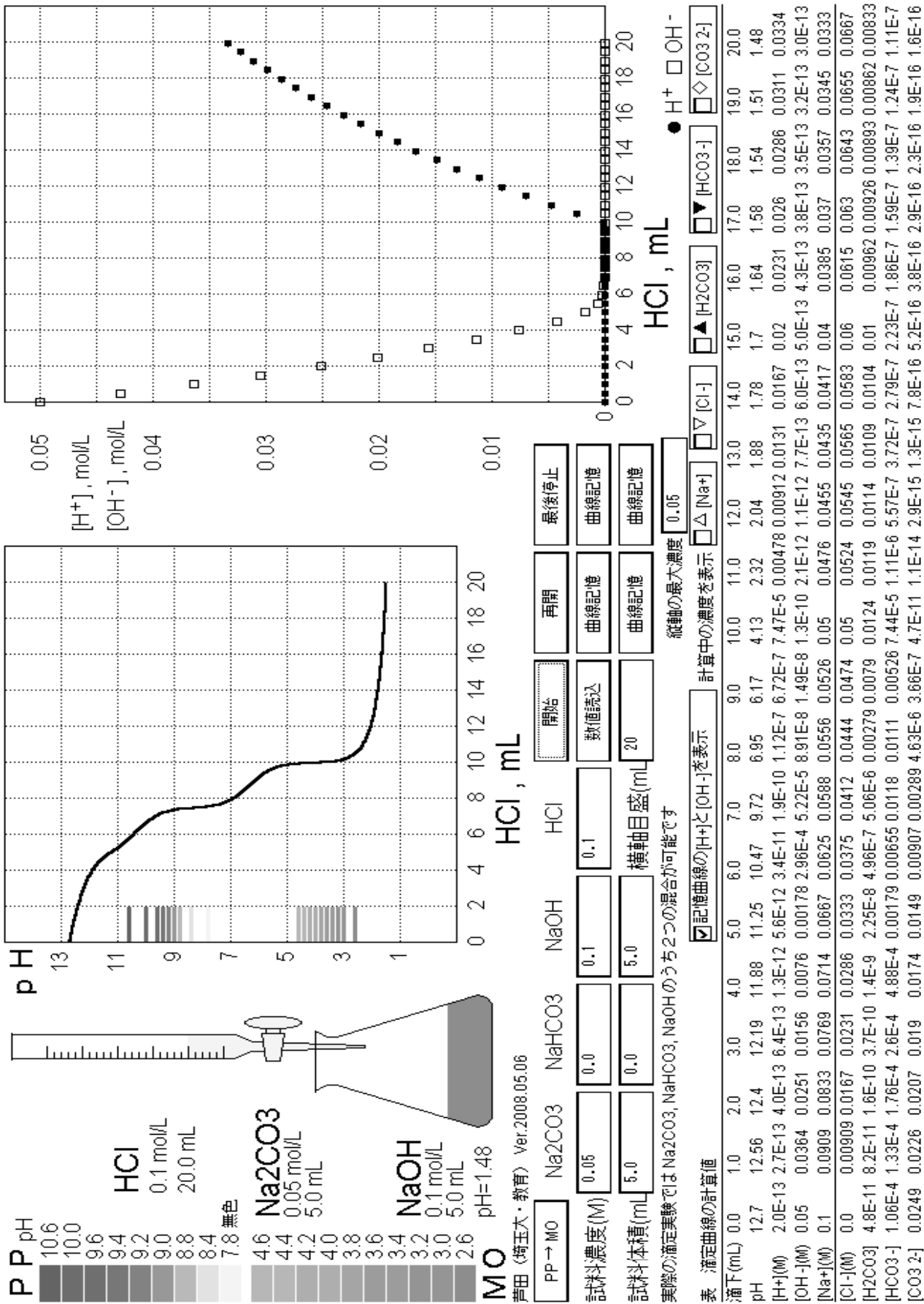


図1 水酸化ナトリウム NaOH と炭酸ナトリウム Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> の混合溶液の塩酸 HCl による滴定曲線  
 pH指示薬はフェノールフタレイン PP→メチルオレンジ MO である。

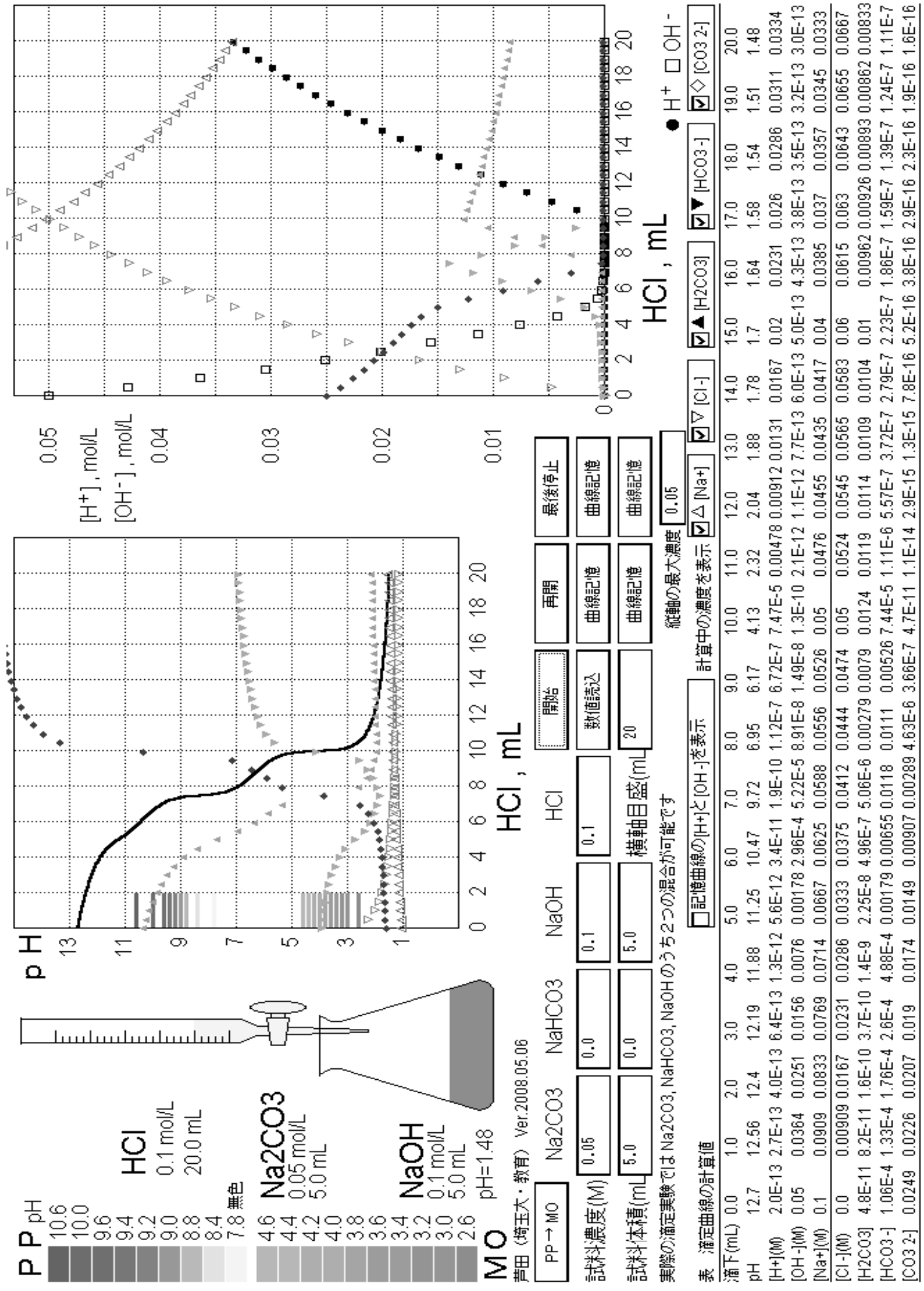


図2 水酸化ナトリウム NaOH と炭酸ナトリウム Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> の混合溶液の塩酸 HCl による滴定曲線および各化学種の濃度変化

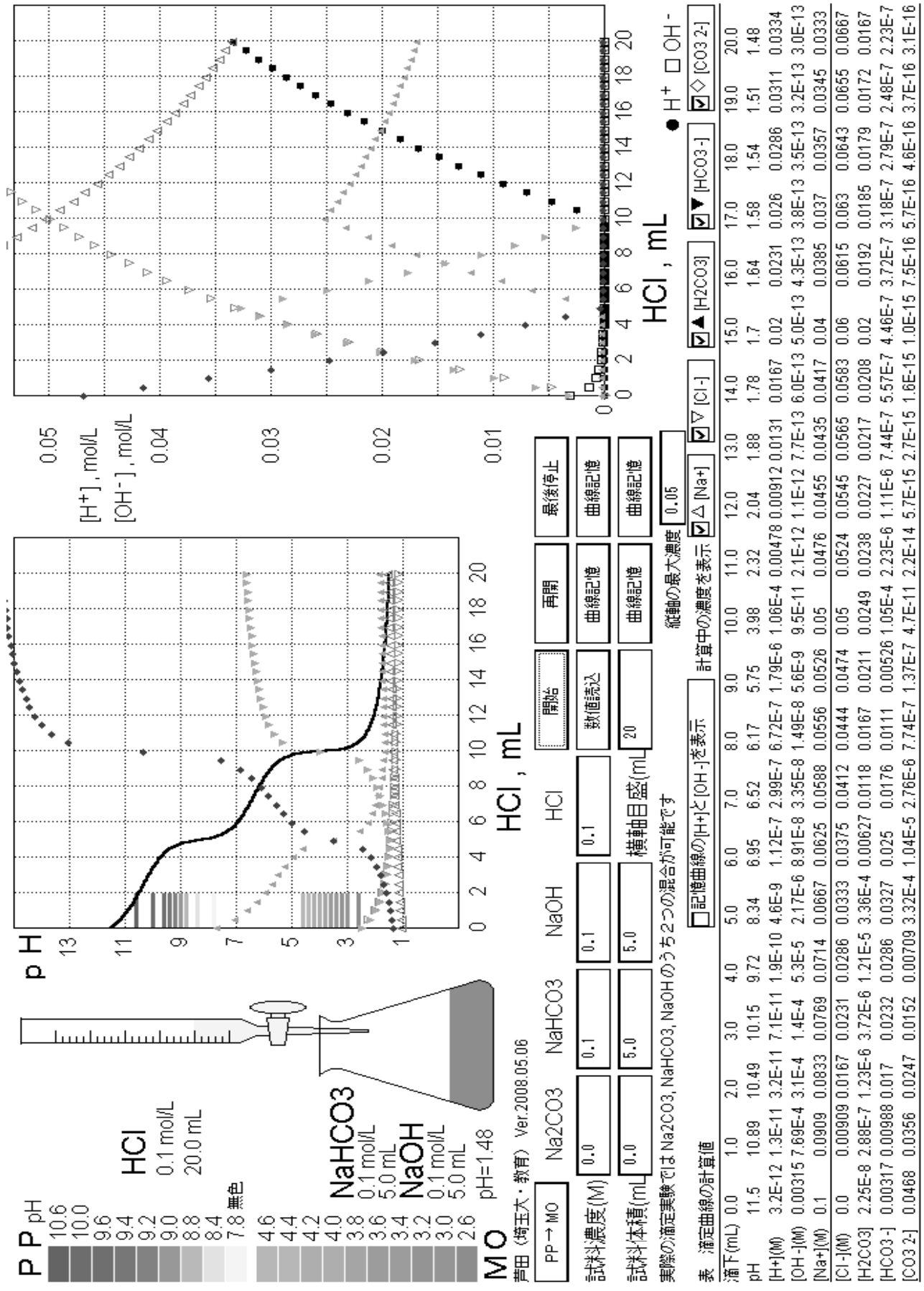


図3 水酸化ナトリウム NaOH と炭酸水素ナトリウム NaHCO<sub>3</sub> の混合溶液の塩酸 HCl による滴定曲線および各化学種の濃度変化

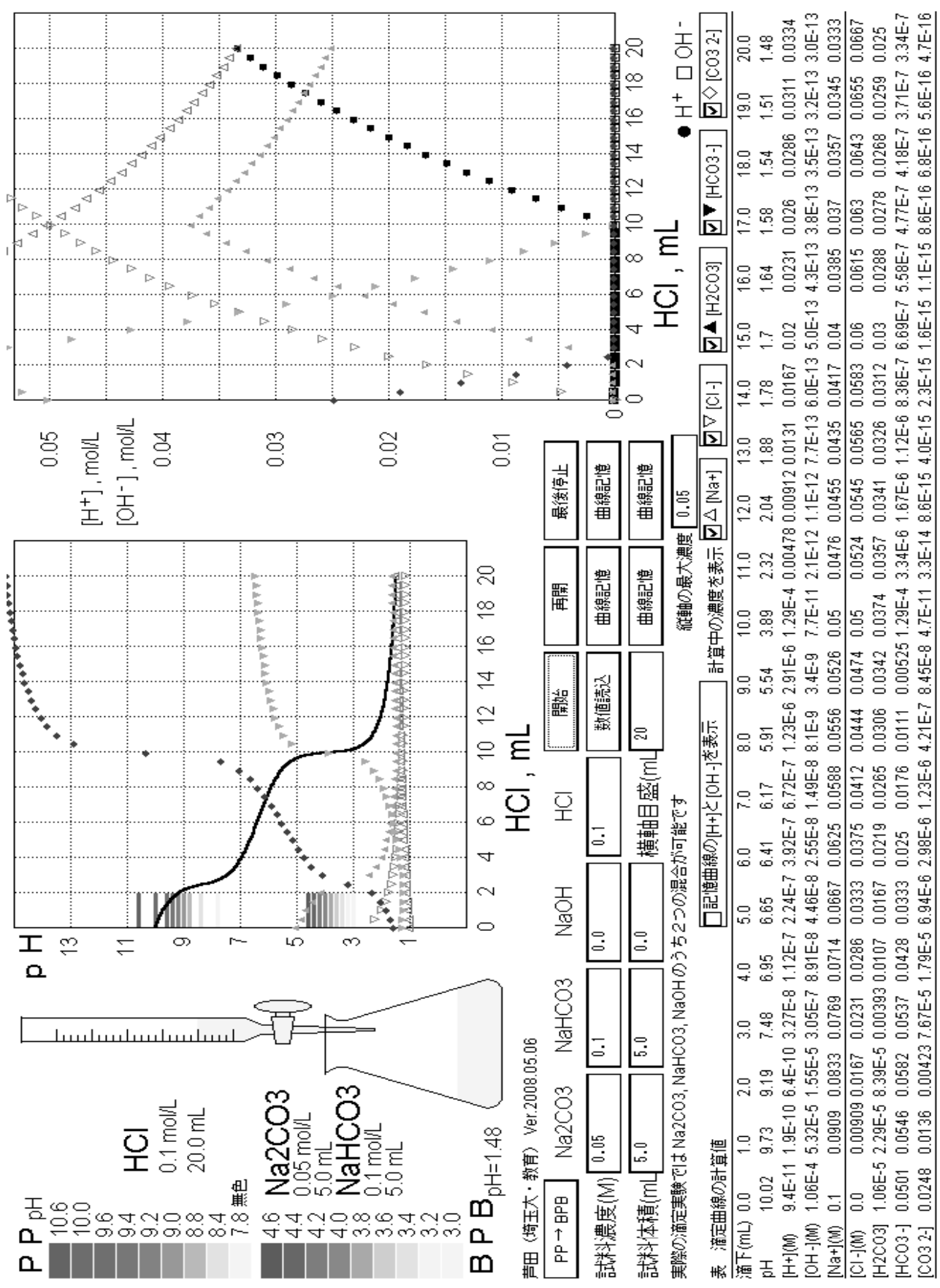


図4 炭酸ナトリウム Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> と炭酸水素ナトリウム NaHCO<sub>3</sub> の混合溶液の塩酸 HCl による滴定曲線および各化学種の濃度変化  
 pH指示薬はフェノールフタレイン PP→プロモフェノールブルーBPB である。



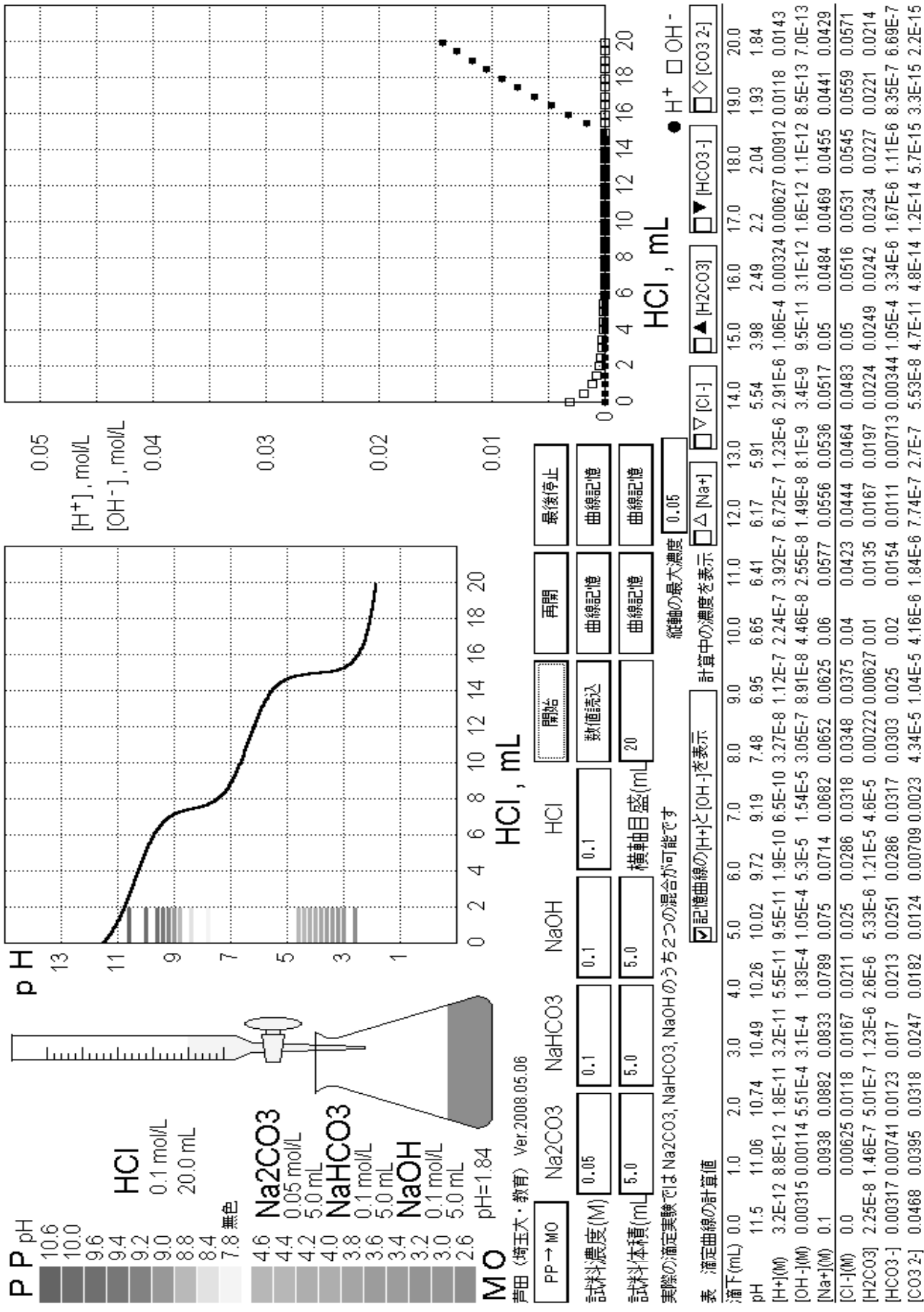


図6 水酸化ナトリウム NaOH, 炭酸ナトリウム Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> および炭酸水素ナトリウム NaHCO<sub>3</sub> の3種混合溶液の塩酸 HCl による滴定曲線および各化学種の濃度変化

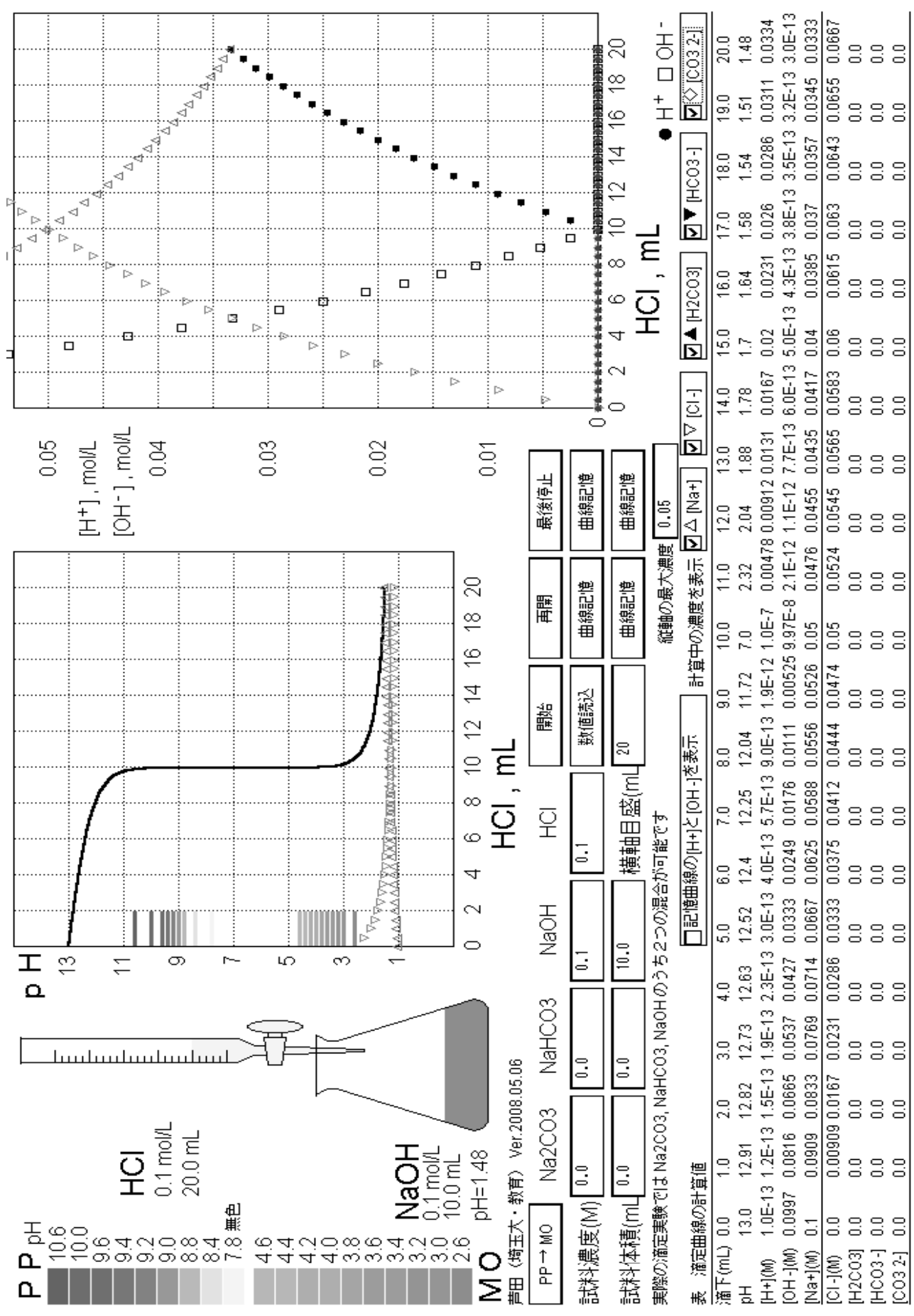


図7 水酸化ナトリウム水溶液 NaOH の塩酸 HCl による滴定曲線および各化学種の濃度変化

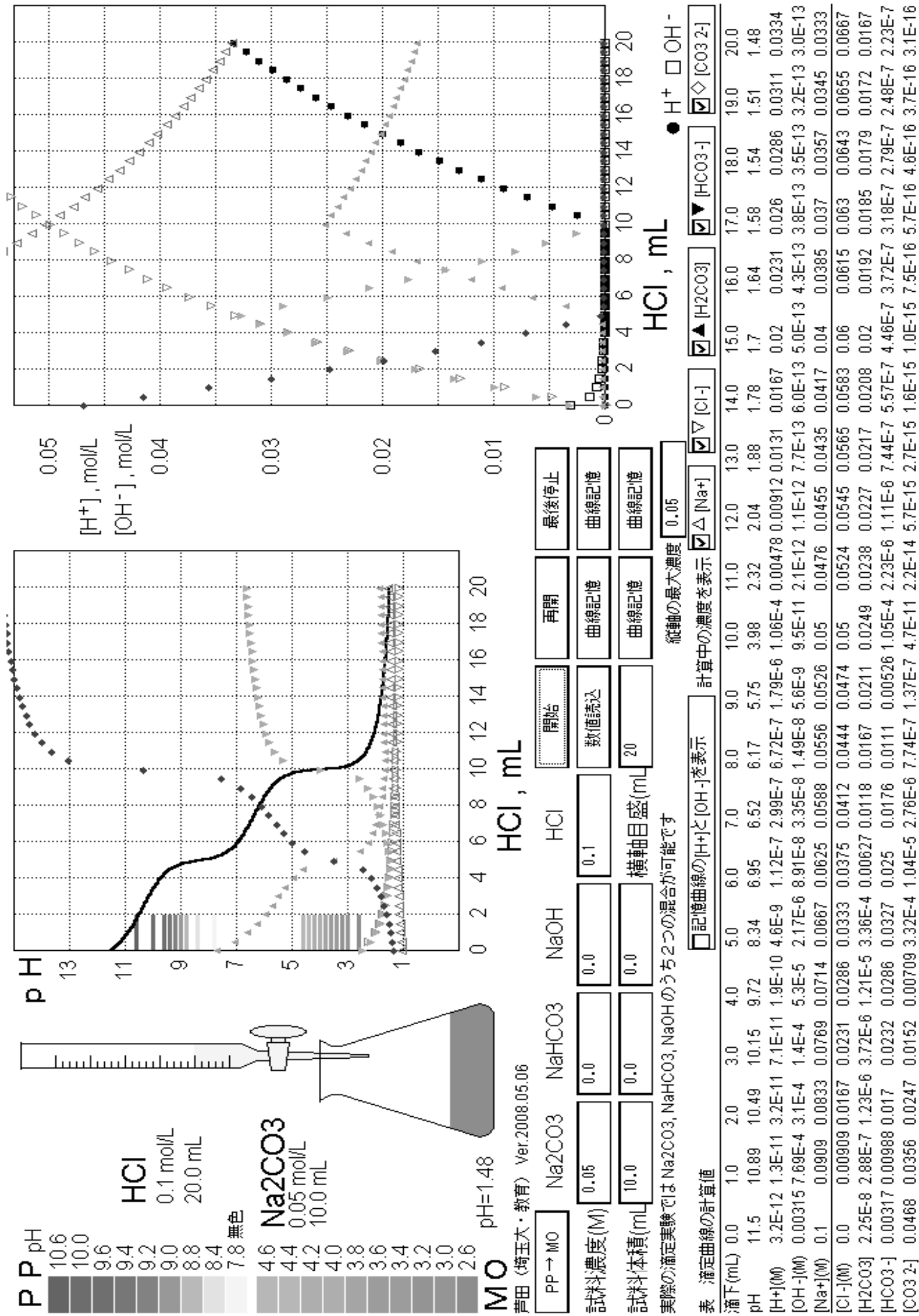


図8 炭酸ナトリウム水溶液 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> の塩酸 HCl による滴定曲線および各化学種の濃度変化



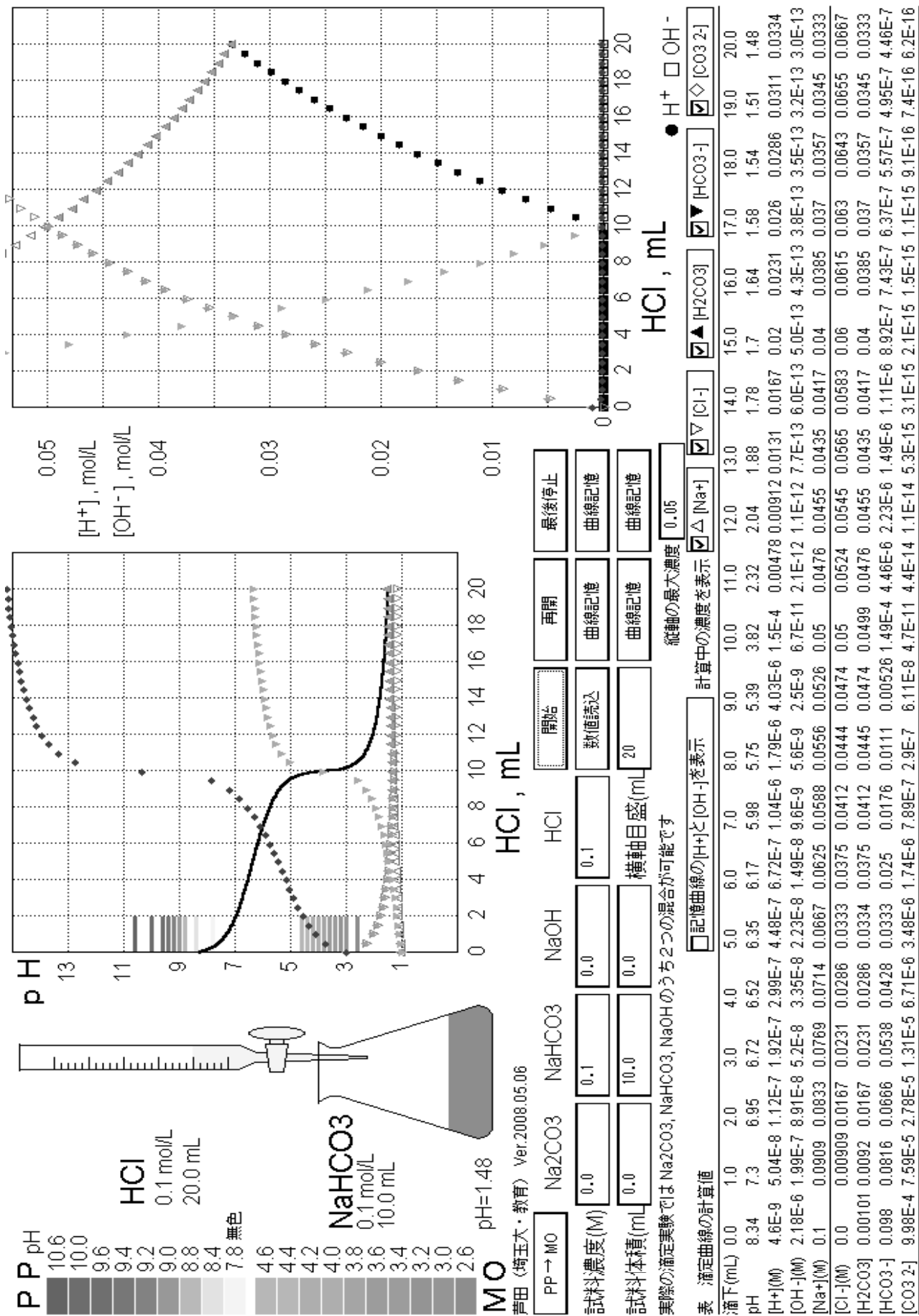


図9 炭酸水素ナトリウム水溶液 NaHCO<sub>3</sub> の塩酸 HCl による滴定曲線および各化学種の濃度変化

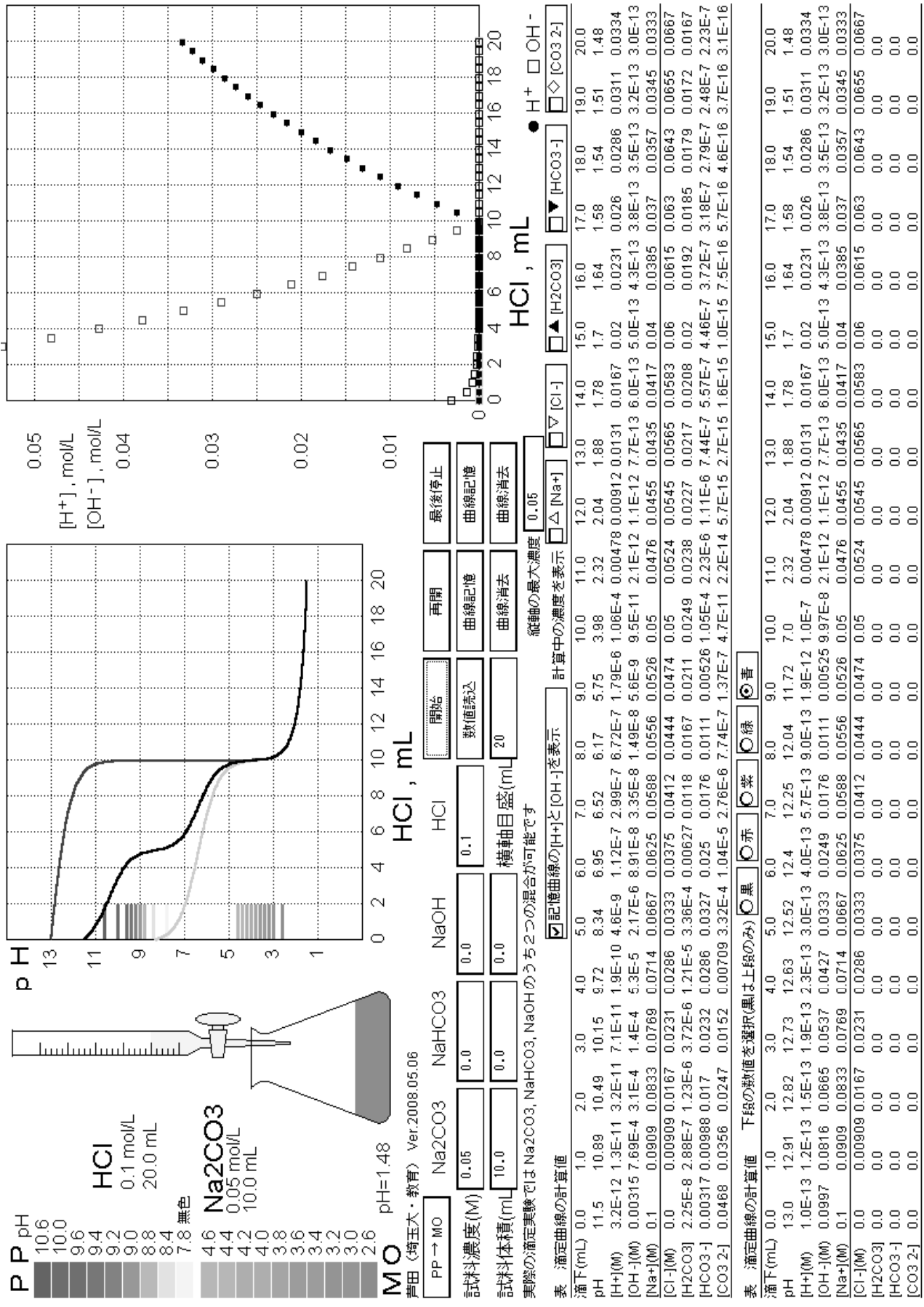


図 10 3種類の塩基水溶液の滴定曲線の比較  
 青曲線(上): NaOH, 黒曲線(中): Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 緑曲線(下): NaHCO<sub>3</sub>

## 定量分析シミュレーションのインターネットによる自動サービス —酸化・還元滴定—

芦田実\*, 深澤晋, 柳沼杏菜

埼玉大学 教育学部

〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255

E-mail: [ashida@post.saitama-u.ac.jp](mailto:ashida@post.saitama-u.ac.jp)

### Automatic Service of Simulation of Quantitative Analysis by Using Internet – Redox Titrations –

Minoru Ashida\*, Susumu Fukasawa, and Anna Yaginuma

Faculty of Education, Saitama University

255 Shimo-ohkubo, Sakura-ku, Saitama, Saitama, 338-8570 Japan

#### 1. はじめに

本研究室では、インターネットを利用して学外との双方向の交流を目指し、利用者の立場に立ってそのニーズに応えるためのホームページ[文献1]を試作している。そのために、化学の質問箱を開設したり、溶液の濃度計算と調製方法のサービスなど[文献2~7]を開始している。質問箱は閲覧数や質問の回答数が最盛期を過ぎたように思える(閲覧数は最盛期に約 54000 件/年、最近では約 27000 件/年で、回答数は最盛期に 141 件/年、最近では 64 件/年である)が、その他のサービスは利用者が少ない。そこで、多くの人に知ってもらい、また利用してもらうために、本報告で紹介することにした。今、学校では理科離れが進んでいる。理科(化学)の面白さは実験を通して伝えられることが多いと思われる。そこで、理科離れを少しでも減らすために、また学校で少しでも多く理科(化学)実験を行ってもらうために、化学系実験の基礎である水溶液の作り方(濃度計算と調製方法)[文献2~6]の自動サービスを行っている。

高校生などの中には、酸・塩基滴定中の濃度変化、体積変化やpHジャンプの現象をあまり理解していない者もあり、それらについて質問箱でも複数回答している。そこで、前報[文献7]では濃度と滴定曲線(pH)の計算方法を解説し、酸・塩基滴定をシミュレートするプログラムを開発し、ホームページで公開した。本報告では、次に利用度の高いと思われる酸化・還元滴定をシミュレートするプログラムを開発し、ホームページで公開することにした。コンピュータに弱い人でも何の予備知識もなしに、いつでも必要なときに使用できる。さらにダウンロードサービスも開始しているので、圧縮ファイルをダウンロードして解凍すればこのプログラムはパソコンの中だけ(オフライン)でも実行できる。

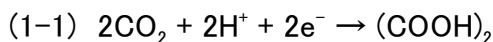
#### 2. 滴定曲線(電極電位)の計算方法[文献8]

「溶液の作り方(濃度計算と調製方法)」[文献9]のメニューから「酸化・還元滴定」[文献10]をクリックすると「Java Applet プログラムを呼び出すための html ファイル[文献10]」が呼び出される。そこに、下記のような滴定曲線(電極電位)の計算方法の解説を載せている。なお、濃度と電

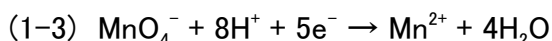
極電位から求めた反応の平衡定数がかなり大きいので、当量点以外では簡単のために全て完全に反応すると仮定して、滴定曲線を計算している。

## 2.1 シュウ酸 (COOH)<sub>2</sub> - 過マンガン酸カリウム KMnO<sub>4</sub> 系

硫酸 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 酸性でシュウ酸 (COOH)<sub>2</sub> を過マンガン酸カリウム KMnO<sub>4</sub> 標準溶液で滴定する場合に關係する半反応、標準電極電位 E° [文献 11] および電極電位 E は

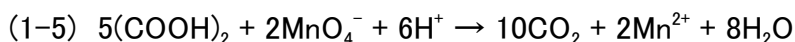


$$(1-2) \quad E_1^\circ = -0.475\text{V} \quad , \quad E_1 = -0.475 + (0.059/2) \log ([\text{H}^+]^2[\text{CO}_2]^2 / [(\text{COOH})_2])$$

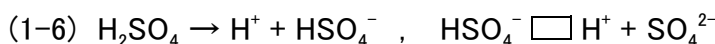


$$(1-4) \quad E_2^\circ = +1.51\text{V} \quad , \quad E_2 = +1.51 + (0.059/5) \log ([\text{H}^+]^8[\text{MnO}_4^-] / [\text{Mn}^{2+}])$$

式(1-1)の左右を反転して5倍し、式(1-3)を2倍して加えると、イオン反応式が求まる。



当量点より前では、式(1-3)の過マンガン酸イオンの濃度がほぼ  $[\text{MnO}_4^-] = 0$  になるため、式(1-2)を用いて電極電位 E を計算する[文献8]。このとき、式中の各化学種の濃度は次のような方法で求める。 $[\text{H}^+]$  については硫酸の電離平衡が關係する。硫酸が強酸なので、第1段階が完全に電離すると仮定すると、



第2段階の電離定数を K<sub>2</sub> とすると

$$(1-7) \quad K_2 = [\text{H}^+][\text{SO}_4^{2-}] / [\text{HSO}_4^-]$$

滴定途中のある点において、混合後の硫酸の初濃度を C、第2段階の電離度を α、式(1-5)による  $[\text{H}^+]$  の減少量を B とすると、

$$(1-8) \quad [\text{HSO}_4^-] = C(1-\alpha) \quad , \quad [\text{H}^+] = C(1+\alpha) - B \quad , \quad [\text{SO}_4^{2-}] = C\alpha$$

式(1-7)と式(1-8)より

$$(1-9) \quad [\text{H}^+] = [C - B - K_2 + \{(C - B + K_2)^2 + 4K_2C\}^{0.5}] / 2$$

混合前のシュウ酸の濃度と分取した体積を C<sub>R</sub> と V<sub>R</sub>、混合前の硫酸の濃度と分取した体積を C<sub>H</sub> と V<sub>H</sub>、純水の添加した体積を V<sub>W</sub>、過マンガン酸カリウム標準溶液の滴下前の濃度と滴下した体積を C<sub>O</sub> と V<sub>O</sub> とする。混合後の溶液の全体積 V は

$$(1-10) \quad V = V_R + V_H + V_W + V_O$$

したがって、式(1-5)で完全に酸化・還元反応すると仮定したとき、当量点より前の各化学種の濃度は

$$(1-11) \quad [\text{MnO}_4^-] = 0, \quad [\text{Mn}^{2+}] = C_0 V_0 / V$$

$$(1-12) \quad [(\text{COOH})_2] = C_R V_R / V - 5C_0 V_0 / 2V, \quad [\text{CO}_2] = 5C_0 V_0 / 2V$$

さらに、式(1-8)および式(1-9)中の C と B は、それぞれ次のように置き換えられる。

$$(1-13) \quad C = C_H V_H / V, \quad B = 3[\text{Mn}^{2+}] = 3C_0 V_0 / V$$

以上の式(1-9)、式(1-12)および式(1-13)から求めた濃度と式(1-2)を用いて電極電位 E を計算する。

当量点以外では式(1-5)が完全に反応すると仮定して、電極電位 E を近似的に求めた。しかし、当量点で完全反応を仮定すると  $[(\text{COOH})_2] = 0$  となり、式(1-2)が使用できない。式(1-5)は原理的に平衡反応なので、平衡到達後にも  $(\text{COOH})_2$  と  $\text{MnO}_4^-$  がわずかに残っている。しかも、当量点では残存する  $(\text{COOH})_2$  と  $\text{MnO}_4^-$  の酸化・還元当量が等しい。さらに、生成した  $\text{CO}_2$  と  $\text{Mn}^{2+}$  の酸化・還元当量も等しい。したがって、当量点においては次の濃度関係が成り立つ[文献8]。

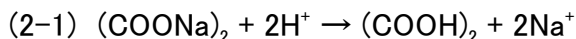
$$(1-14) \quad 2[(\text{COOH})_2] = 5[\text{MnO}_4^-], \quad [\text{CO}_2] = 5[\text{Mn}^{2+}]$$

式(1-2)を2倍し、式(1-4)を5倍して加え、式(1-14)を代入して整理すると、当量点における電極電位 E が求まる。

$$(1-15) \quad E = (2E^\circ_1 + 5E^\circ_2) / 7 + (0.059 / 7) \log \left( [\text{H}^+]^{10} [\text{CO}_2]^2 [\text{MnO}_4^-] / [(\text{COOH})_2] [\text{Mn}^{2+}] \right) \\ = +0.943 + (0.059 / 7) \log \left( 2[\text{H}^+]^{10} [\text{CO}_2] \right) = +0.943 + (0.059 / 7) \log \left( 10[\text{H}^+]^{10} [\text{Mn}^{2+}] \right)$$

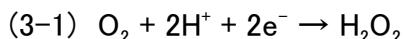
## 2.2 シュウ酸ナトリウム $(\text{COONa})_2$ - 過マンガン酸カリウム $\text{KMnO}_4$ 系

硫酸  $\text{H}_2\text{SO}_4$  酸性中では、シュウ酸ナトリウム  $(\text{COONa})_2$  がシュウ酸  $(\text{COOH})_2$  に変化し、その分だけ水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  が減少する。水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  が異なることに注意すれば、上のシュウ酸の式(1-1)～式(1-15)が使用できるので、具体的な計算方法等は省略する。



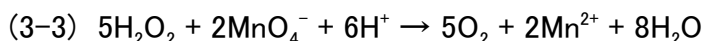
## 2.3 過酸化水素 $\text{H}_2\text{O}_2$ - 過マンガン酸カリウム $\text{KMnO}_4$ 系

硫酸  $\text{H}_2\text{SO}_4$  酸性で過酸化水素  $\text{H}_2\text{O}_2$  を過マンガン酸カリウム  $\text{KMnO}_4$  標準溶液で滴定する場合に関係する半反応、標準電極電位  $E^\circ$  および電極電位 E は

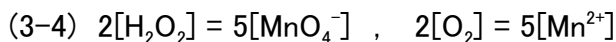


$$(3-2) \quad E^\circ_3 = +0.695\text{V}, \quad E_3 = +0.695 + (0.059 / 2) \log \left( [\text{H}^+]^2 [\text{O}_2] / [\text{H}_2\text{O}_2] \right)$$

式(3-1)の左右を反転して5倍し、式(1-3)を2倍して加えると、イオン反応式が求まる。



当量点より前では、上の2. 1と同様に式(3-2)を用いて電極電位 E を計算する。当量点においては、上の2. 1と同様に次の濃度関係が成り立つ。

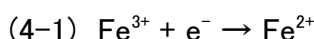


当量点における電極電位 E は式(3-2)を2倍し、式(1-4)を5倍して加え、式(3-4)を代入して求める。

$$(3-5) \quad E = (2E_3^\circ + 5E_2^\circ)/7 + (0.059/7) \log \left( [\text{H}^+]^{10} [\text{O}_2] [\text{MnO}_4^-] / [\text{H}_2\text{O}_2] [\text{Mn}^{2+}] \right) \\ = +1.277 + (0.059/7) \log \left( [\text{H}^+]^{10} \right)$$

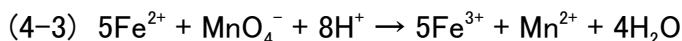
## 2. 4 硫酸鉄(Ⅱ) FeSO<sub>4</sub> - 過マンガン酸カリウム KMnO<sub>4</sub> 系

硫酸 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 酸性で硫酸鉄(Ⅱ) FeSO<sub>4</sub> を過マンガン酸カリウム KMnO<sub>4</sub> 標準溶液で滴定する場合に関係する半反応、標準電極電位 E° および電極電位 E は

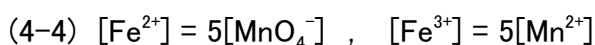


$$(4-2) \quad E_4^\circ = +0.771\text{V} \quad , \quad E_4 = +0.771 + 0.059 \log \left( [\text{Fe}^{3+}] / [\text{Fe}^{2+}] \right)$$

式(4-1)の左右を反転して5倍し、式(1-3)を加えると、イオン反応式が求まる。



当量点より前では、上の2. 1と同様に式(4-2)を用いて電極電位 E を計算する。当量点においては、上の2. 1と同様に次の濃度関係が成り立つ。



当量点における電極電位 E は式(1-4)を5倍して式(4-2)に加え、式(4-4)を代入して求める。

$$(4-5) \quad E = (E_4^\circ + 5E_2^\circ)/6 + (0.059/6) \log \left( [\text{H}^+]^8 [\text{Fe}^{3+}] [\text{MnO}_4^-] / [\text{Fe}^{2+}] [\text{Mn}^{2+}] \right) \\ = +1.387 + (0.059/6) \log \left( [\text{H}^+]^8 \right)$$

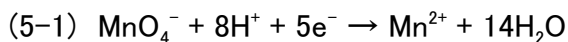
## 2. 5 当量点を通過した後の電極電位

MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> と Mn<sup>2+</sup> の間には中間の酸化数のイオンが存在する[文献8]。当量点を通過した後に MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> の滴下を続けると、しばらくしてから遅い酸化・還元反応が起こり、二酸化マンガン MnO<sub>2</sub> 等を生じることがあった。これは過渡的な現象(?)であり、酸化・還元平衡に到達していない恐れがある。次の3つの場合について電極電位の計算方法を述べるが、単なる参考であり、その

値(滴定曲線)についてはあまり信用できない. 計算方法等の詳細は省略するが, 上の2. 1とほぼ同様である.

### 2. 5. 1 $\text{Mn}^{2+}$ と $\text{MnO}_4^-$ が反応しない場合 ( $\text{Mn}^{2+}$ のまま)

$\text{Mn}^{2+}$  と  $\text{MnO}_4^-$  の反応が遅くて無視できる場合には, これらのイオンが水溶液中に共存する. 電極電位  $E$  は次式から計算できる.

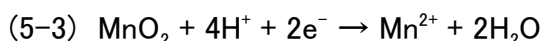


$$(5-2) E_5^\circ = +1.51\text{V} \quad , \quad E_5 = +1.51 + (0.059/5) \log ([\text{H}^+]^8[\text{MnO}_4^-] / [\text{Mn}^{2+}])$$

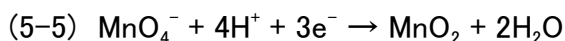
### 2. 5. 2 $\text{Mn}^{2+}$ と $\text{MnO}_4^-$ が反応して $\text{MnO}_2$ を生じる場合 ( $\text{MnO}_2$ 生成)

$\text{Mn}^{2+}$  と  $\text{MnO}_4^-$  が反応して  $\text{MnO}_2$  を生じる場合を考える.  $\text{MnO}_2$  は固体であるから, 電極電位を計算するとき, 那の見かけのモル濃度を用いるか, あるいは活量=1とするかで, 結果が少し異なる.  $\text{MnO}_2$  濃度がかかなり小さいので, 最初に見かけのモル濃度を用いて計算する方法を述べる.

硫酸  $\text{H}_2\text{SO}_4$  酸性で  $\text{Mn}^{2+}$  と  $\text{MnO}_4^-$  が反応する場合に關係する半反応, 標準電極電位  $E^\circ$  および電極電位  $E$  は

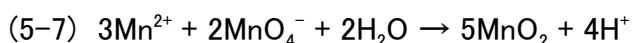


$$(5-4) E_6^\circ = +1.23\text{V} \quad , \quad E_6 = +1.23 + (0.059/2) \log ([\text{H}^+]^4[\text{MnO}_2] / [\text{Mn}^{2+}])$$



$$(5-6) E_7^\circ = +1.70\text{V} \quad , \quad E_7 = +1.70 + (0.059/3) \log ([\text{H}^+]^4[\text{MnO}_4^-] / [\text{MnO}_2])$$

式(5-3)の左右を反転して3倍し, 式(5-5)を2倍して加えると, イオン反応式が求まる.



$\text{Mn}^{2+}$  と  $\text{MnO}_4^-$  の反応の当量点より前では, 式(5-5)の過マンガン酸イオンの濃度がほぼ  $[\text{MnO}_4^-] = 0$  になるため, 式(5-4)を用いて電極電位  $E$  を計算する.  $\text{Mn}^{2+}$  と  $\text{MnO}_4^-$  の反応の当量点より後では, 式(5-3)のマンガンイオンの濃度がほぼ  $[\text{Mn}^{2+}] = 0$  になるため, 式(5-6)を用いて電極電位  $E$  を計算する.  $\text{Mn}^{2+}$  と  $\text{MnO}_4^-$  の反応の当量点においては次の濃度關係が成り立つ.

$$(5-8) 2[\text{Mn}^{2+}] = 3[\text{MnO}_4^-]$$

$\text{Mn}^{2+}$  と  $\text{MnO}_4^-$  の反応の当量点における電極電位  $E$  は式(5-4)を2倍し, 式(5-6)を3倍して加え, 式(5-8)を代入して求める.

$$(5-9) E = (2E_6^\circ + 3E_7^\circ) / 5 + (0.059/5) \log ([\text{H}^+]^8[\text{MnO}_4^-] / [\text{Mn}^{2+}])$$

$$= +1.512 + (0.059/5) \log (2[\text{H}^+]^8 / 3)$$

### 2. 5. 3 $\text{MnO}_2$ の活量が1の場合 ( $[\text{MnO}_2] = 1$ )

$[\text{MnO}_2] = 1$  として, 上の2. 5. 2の式(5-4)や式(5-6)等を用いて電極電位を計算する.

## 3. 滴定曲線の計算例

### 3. 1 当量点で停止

シュウ酸  $(\text{COOH})_2$  の過マンガン酸カリウム  $\text{KMnO}_4$  による滴定曲線(当量点で停止)を図1に示す. 標準電極電位は化学便覧の値[文献 11]を使用した. 当量点以降の電極電位があまり信用できないので, このプログラムでは当量点で停止する設定をデフォルトにしている. 上側右端部では, 滴定にともなうシュウ酸濃度  $[(\text{COOH})_2]$  (緑色の●)の減少, 二酸化炭素濃度  $[\text{CO}_2]$  (青色の○)とマンガンイオン濃度  $\text{Mn}^{2+}$  (紫色の□)の増加を示している. また, 下側の表には滴定にともなう各化学種の濃度変化を示している. シュウ酸ナトリウム  $(\text{COONa})_2$  の過マンガン酸カリウム  $\text{KMnO}_4$  による滴定曲線(当量点で停止)を図2に示す. 試薬濃度を同じにしたため, 水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  (pH)が少し異なるだけで, 滴定曲線は図1とほとんど同じである. 過酸化水素  $\text{H}_2\text{O}_2$  の過マンガン酸カリウム  $\text{KMnO}_4$  による滴定曲線(当量点で停止)を図3に, 硫酸鉄(II)  $\text{FeSO}_4$  の過マンガン酸カリウム  $\text{KMnO}_4$  による滴定曲線(当量点で停止)を図4に示す. 当量点以前の電極電位が上の図1や図2と異なっているが, 曲線の形状は似通っている. 比較しやすい様に, 上の図1~図4をまとめて図5に示す. このプログラムでは4本の滴定曲線を記憶でき, 実行中の滴定曲線と合わせて, 同時に5本を表示(比較)することができる.

### 3. 2 当量点以後の滴定曲線

シュウ酸  $(\text{COOH})_2$  と過マンガン酸イオン  $\text{MnO}_4^-$  の反応の当量点以後に過マンガン酸イオン  $\text{MnO}_4^-$  とマンガン(II)イオン  $\text{Mn}^{2+}$  が遅い反応を起こさず, マンガン(II)イオン  $\text{Mn}^{2+}$  のまま存在すると仮定した場合のシュウ酸  $(\text{COOH})_2$  の過マンガン酸カリウム  $\text{KMnO}_4$  による滴定曲線を図6に示す. 過マンガン酸イオン濃度  $[\text{MnO}_4^-]$  (赤色の■)は滴下量にともなって増加するが, 二酸化炭素濃度  $[\text{CO}_2]$  (青色の○)とマンガンイオン濃度  $\text{Mn}^{2+}$  (紫色の□)は体積の増加にともなって減少している. シュウ酸  $(\text{COOH})_2$  と過マンガン酸イオン  $\text{MnO}_4^-$  の反応の当量点以後に過マンガン酸イオン  $\text{MnO}_4^-$  とマンガン(II)イオン  $\text{Mn}^{2+}$  が遅い反応を起こし, 二酸化マンガン  $\text{MnO}_2$  を生じると仮定した場合のシュウ酸  $(\text{COOH})_2$  の過マンガン酸カリウム  $\text{KMnO}_4$  による滴定曲線を図7および図8に示す. 二酸化マンガン  $\text{MnO}_2$  の濃度がかなり小さいので, 見かけのモル濃度を使用して計算した場合が図7である. 二酸化マンガン  $\text{MnO}_2$  が固体なので, その濃度を活量=1と仮定して計算した場合が図8である. 両方の図ともマンガン(II)イオン  $\text{Mn}^{2+}$  が無くなったところ, すなわち  $\text{Mn}^{2+}$  と  $\text{MnO}_4^-$  の反応の当量点で, 計算式が式(5-4)から式(5-6)に変わり, 電極電位が階段状に変化している. さらに, 比較しやすい様に, これらの図をまとめて図9に示す.

## 4. 色見本とRGB値

Java Applet プログラムを呼び出すための html ファイル[文献 10]に, 過マンガン酸イオン  $\text{MnO}_4^-$  と二酸化マンガン  $\text{MnO}_2$  の色見本とRGB値(表1)を載せている. 時計皿に入れた試料(最深部の厚さ約 5mm)の後ろから光を当ててデジタルカメラで撮影し, 画像処理して決定した. 滴定にともなって, 非滴定液の色が過マンガン酸イオン  $\text{MnO}_4^-$  の非常に濃い紫色からマンガン(II)イオン  $\text{Mn}^{2+}$  の無色へ変化するのをシミュレートするために, 色の違いを区別できる場所の色とRGB値を適当に採用している. すなわち, 過マンガン酸イオン  $\text{MnO}_4^-$  の色が濃すぎて, 濃度とRGB値の正確な関係が調べられないので, 表中の濃度は単なる参考である.



## 5. 利用者の操作方法

Java Applet プログラムを呼び出すための html ファイル[文献 10]に、下記のような操作方法(コマンドボタンとその内容の説明)を載せている。

コマンドボタン	内容の説明
数値読込	数値を入力したら、最後にクリックします。 または入力ごとに[Enter]を押します。
開始	滴定曲線を最初から描きます。
一時停止 ⇒ 再開 ⇒	クリックするたびに命令が切り替わります。
繰り返し ⇒ 目盛付近手動 ⇒ 当量付近手動 ⇒ 最後停止 ⇒	クリックするたびに実行モードが切り替わります。
当量点で停止 ⇒ $Mn^{2+}$ のまま ⇒ $MnO_2$ を生成 ⇒ $MnO_2$ 活量=1	クリックするたびに計算方法が切り替わります。
曲線記憶 ⇒ 曲線消去 ⇒	任意の位置で4本まで記憶できます。

テキストボックス	内容の説明
試料濃度, 試料体積, 横軸目盛, 縦軸の最大濃度	数値を変更するには, TextBox に入力するたびに [Enter] キーを押すか, 最後にまとめて数値読込をクリックします。
$(COOH)_2$ , $(COONa)_2$ , $H_2O_2$ , $FeSO_4$	還元剤は左の水溶液のうちから1つを選択します。

チェックボックス	内容の説明
記憶曲線の還元剤濃度を図示するか, 計算中の化学種の濃度を図示するかを指定します。	
上段の表には計算中の数値を表示します。下段の表には, 記憶済みの曲線から表示するものを選択できます。	

キーボードの Print Screen キー(COPY キー)を押した後, 画像処理プログラム(Photoshop 等)を起動し, 新規ファイルにペースト(はりつけ)すれば, 画面を取り込めます。編集や保存もできます。その後にワープロ文章(Word, 一太郎等)に画像の必要部分を切り取り(カット&ペースト)できます。

## 6. 使用したソフトウェア

開発に使用した OS は Microsoft 社の Windows XP Professional である。さらに, Microsoft 社の Windows 98 Second Edition, 2000 Professional, XP home edition, Vista Home Premium で動作確認を行っている。Java Applet は多くの書籍[文献 12~17]を参考にして, Borland 社の JBuilder 6 Professional, 2005 Developer で作成し, フリーソフトウェア FFFTP 1.88[文献 18]でサーバーにアップロードした。HTML ファイルは IBM 社のホームページ・ビルダー 11[文献 19],

20], またはマクロメディア(株)の Dreamweaver MX[文献 21]で編集・作成した.

## 7. おわりに

教育学部のサーバーだけでなく, 学外のサーバーにもシミュレーションプログラムを載せてサービスを開始した[文献1]. 学校の授業や自由研究等でも利用できると思われる. 今後はさらに, シミュレーションの種類を増やし, 少しずつサービスを充実していく.

参考文献など(URL は全て 2008 年 6 月 15 日時点のものです)

[文献1] トップページアドレス 本館 <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/>

縮小版1 <http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/>

別館1 <http://www.geocities.jp/ashidabk1/> (質問箱は閲覧のみ)

別館2 <http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/>

別館3 <http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/>

[文献2] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス – 塩化ナトリウム水溶液 –』化学教育ジャーナル(CEJ),第 7 巻第 1 号(通巻 12 号),採録番号 7-5 (2003)

[文献3] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス – 酢酸水溶液, 塩酸, アンモニア水, 水酸化ナトリウム水溶液 –』化学教育ジャーナル(CEJ),第 8 巻第 1 号(通巻 14 号),採録番号 8-3(2004)

[文献4] Minoru Ashida, et al., Automatic Services of Calculating Data and for the Preparation of Solutions by Using Internet: – Nitric Acid Aqueous Solution and Sulfuric Acid Aqueous Solution–, The Chemical Education Journal (CEJ), Vol. 9, No. 2 (Serial No. 17). The date of issue: January 30, 2007./Registration No. 9-14/Received March 7, 2006.

[文献5] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス – 固体無水物の溶解度 –』化学教育ジャーナル(CEJ),第 10 巻第 1 号(通巻 18 号),採録番号 10-2 (2007)

[文献6] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス – 二酸化炭素と石灰水 –』化学教育ジャーナル(CEJ),第 10 巻第 1 号(通巻 18 号),採録番号 10-3 (2007)

[文献7] 芦田実ほか『定量分析シミュレーションのインターネットによる自動サービス – 酸・塩基滴定 –』化学教育ジャーナル(CEJ),第 10 巻第 1 号(通巻 18 号),採録番号 10-4(2007)

[文献8] 分析化学研究会編著『分析化学の理論と計算 修正版』廣川書店(1998)

[文献9] <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/cgi-bin/calgramc.cgi>

[文献 10] <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/calcgap/AppletT04.htm>

[文献 11] 日本化学会編『化学便覧基礎編改訂4版』丸善(株)(1993)

[文献 12] 高橋和也ほか『Java 逆引き大全 500 の極意』(株)秀和システム(2002)

[文献 13] 田中秀治『Jbuilder5 で入門! Java プログラミング』ソーテック社(2001)

[文献 14] 松浦健一郎, 司ゆき『はじめての JBuilder6』ソフトバンク(株)(2002)

[文献 15] 赤間世紀『Java2 による数値計算』技報堂出版(株)(1999)

[文献 16] 青野雅樹『Java で学ぶコンピュータグラフィックス』(株)オーム社(2002)

[文献 17] 中山茂『Java2 グラフィックスプログラミング入門』技報堂出版(株)(2000)

[文献 18] <http://www2.biglobe.ne.jp/~sota/>

[文献 19] 『ホームページ・ビルダー 11 ユーザーズ・ガイド』日本アイ・ビー・エム(株)(2006)

[文献 20] アンク『HTML タグ辞典』翔泳社(2000)

[文献 21] 『Dreamweaver MX ファーストステップガイド』マクロメディア(株)(2002)

[元の本文位置に戻る](#)



[トップへ](#)



[CEJ, v11n1 目次へ](#)

表1 過マンガン酸カリウムの色見本とRGB値

KMnO <sub>4</sub>	色見本	R値	G値	B値
約20mM		73	0	94
		80	0	100
		101	0	111
		120	0	122
		156	0	147
		205	0	192
		255	10	255
		255	25	255
		255	66	255
		255	118	255
		255	167	255
約0.1mM		255	217	255

試料(厚さ約 5mm)の後ろから光を当ててデジタルカメラで撮影し、画像処理して決定した。

MnO <sub>2</sub>	色見本	R値	G値	B値
沈殿		70	50	56

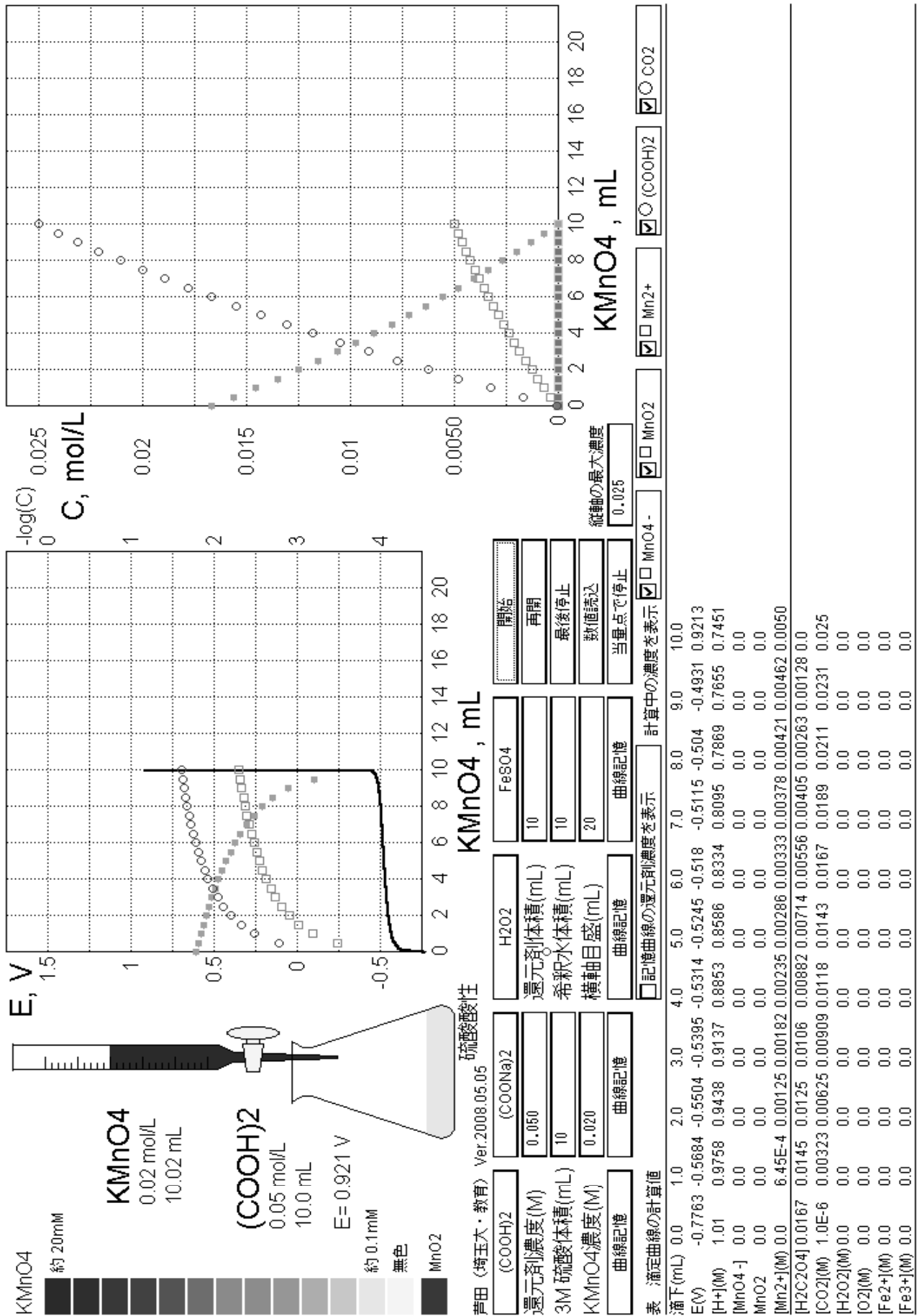


図1 シュウ酸(COOH)<sub>2</sub>の過マンガン酸カリウム KMnO<sub>4</sub>による滴定曲線(当量点で停止)

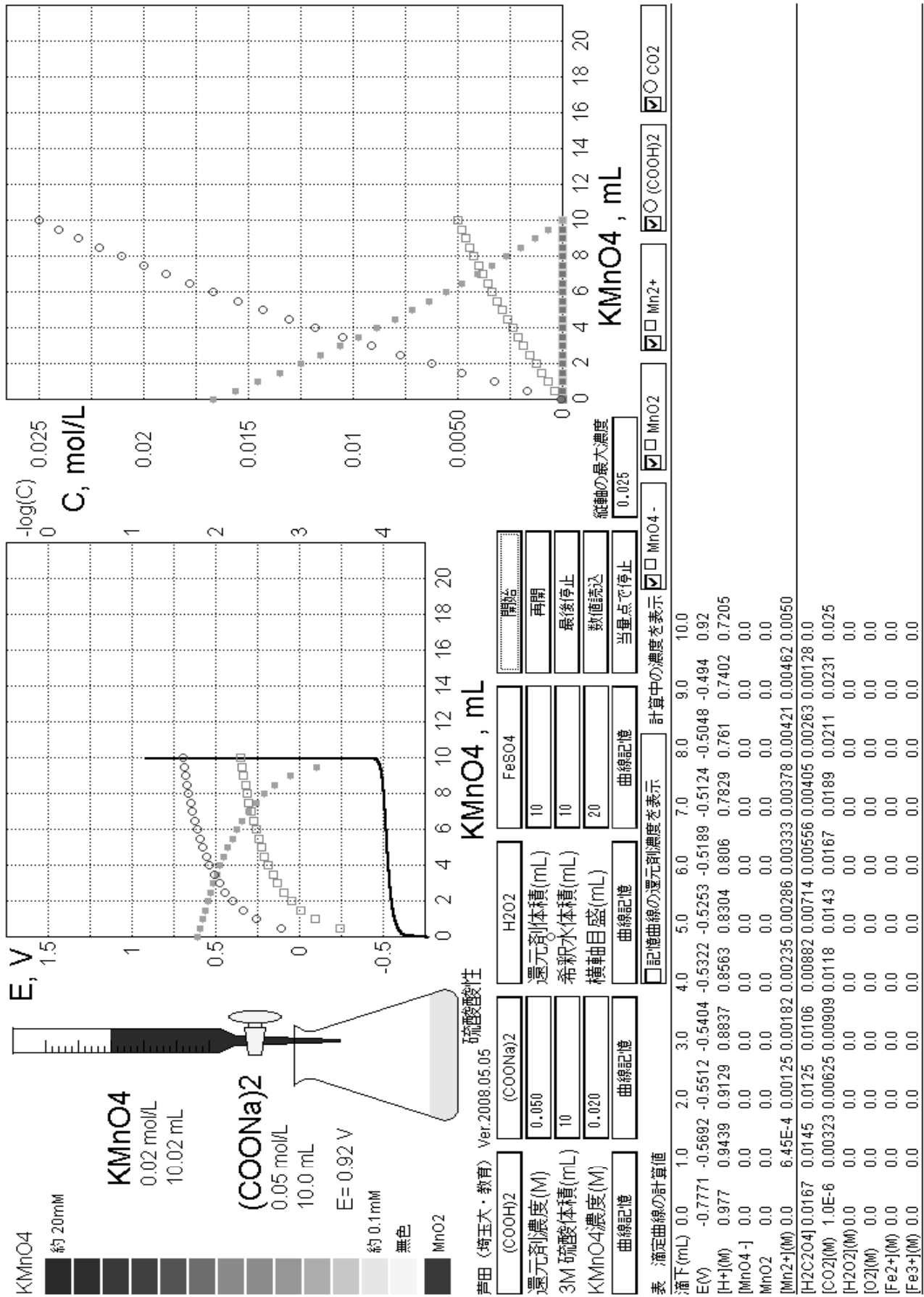


図2 シュウ酸ナトリウム(COONa)<sub>2</sub>の過マンガン酸カリウム KMnO<sub>4</sub>による滴定曲線(当量点で停止)

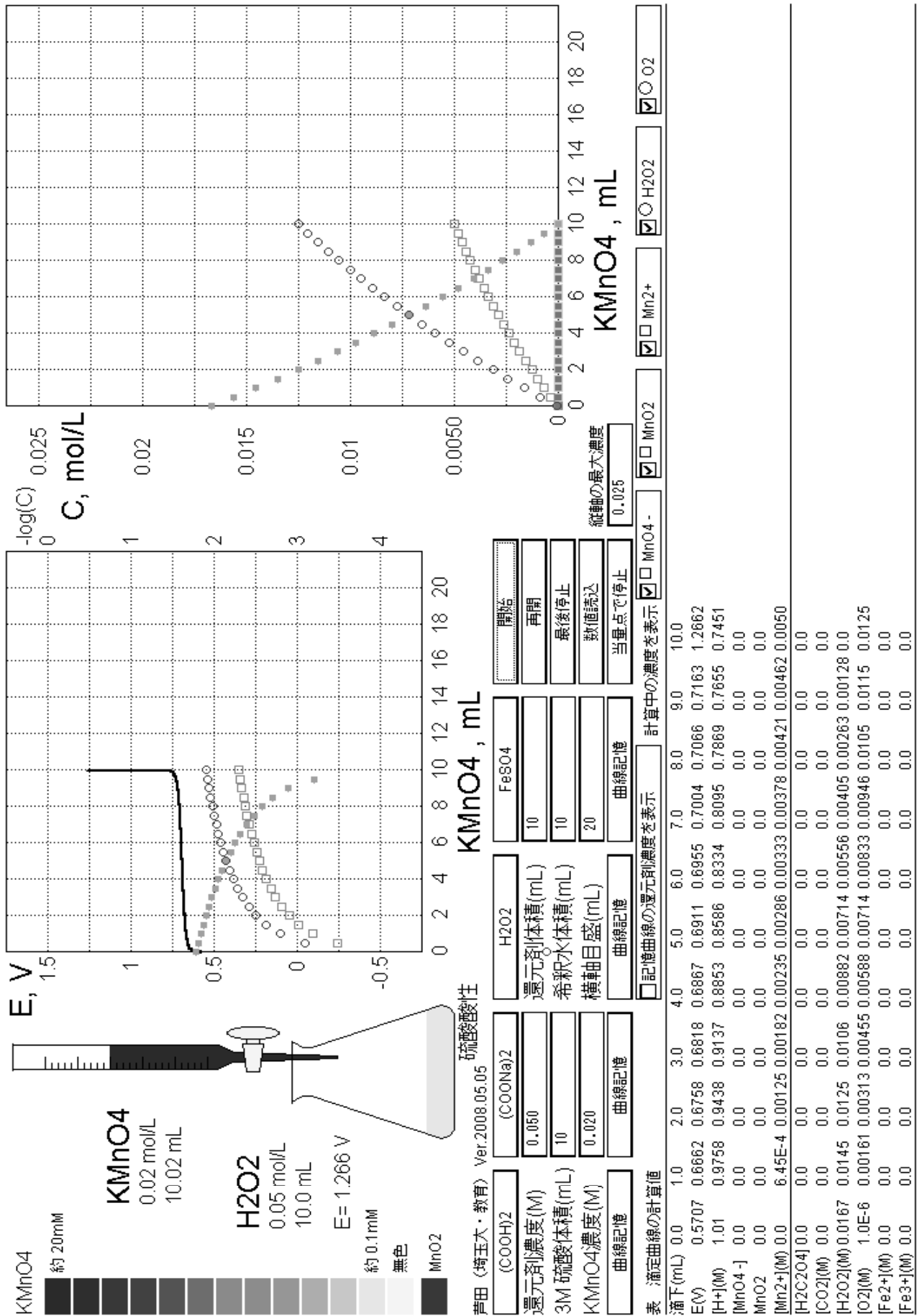


図3 過酸化水素 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> の過マンガン酸カリウム KMnO<sub>4</sub> による滴定曲線(当量点で停止)

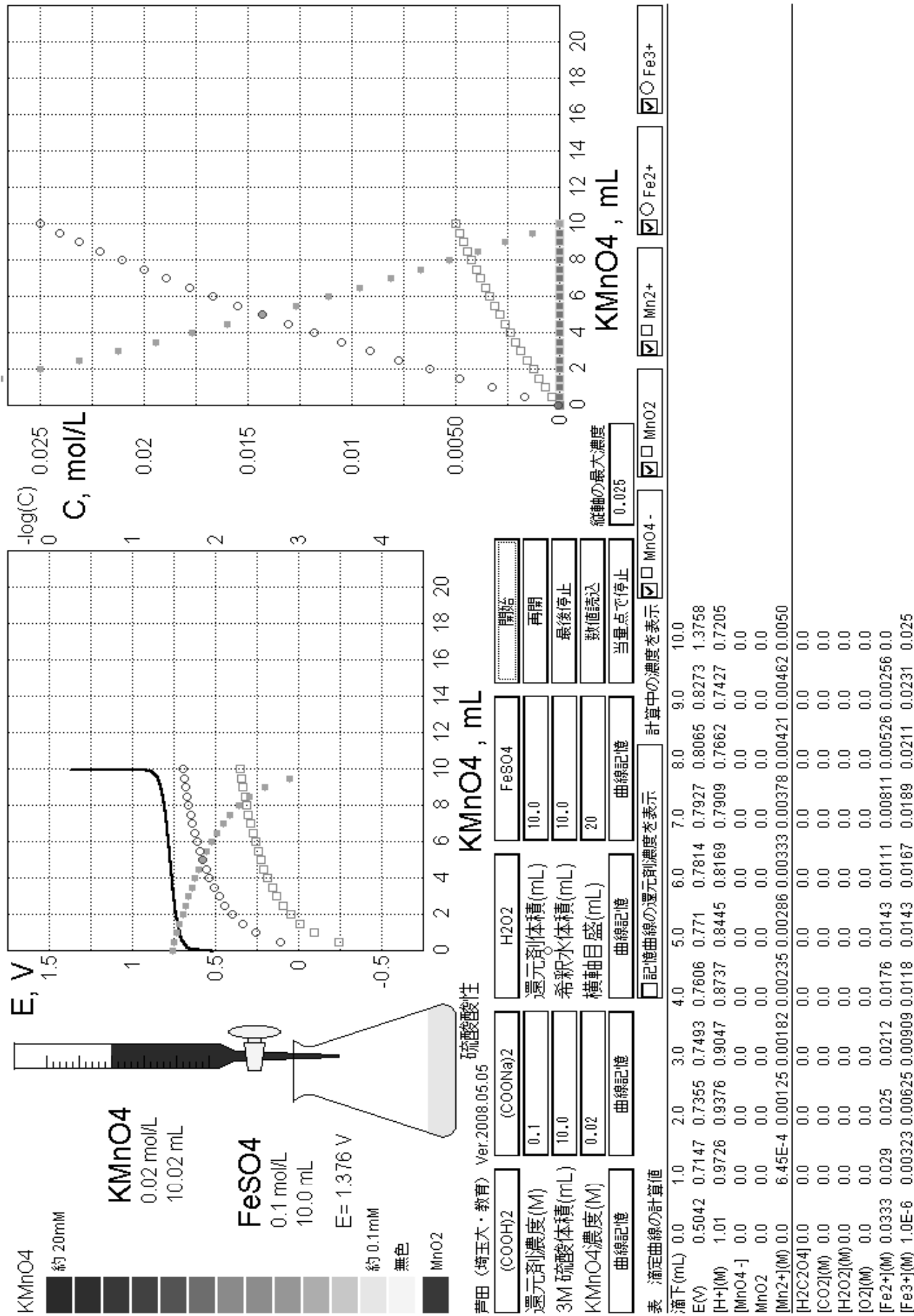


図4 硫酸鉄(II) FeSO<sub>4</sub> の過マンガン酸カリウム KMnO<sub>4</sub> による滴定曲線(当量点で停止)

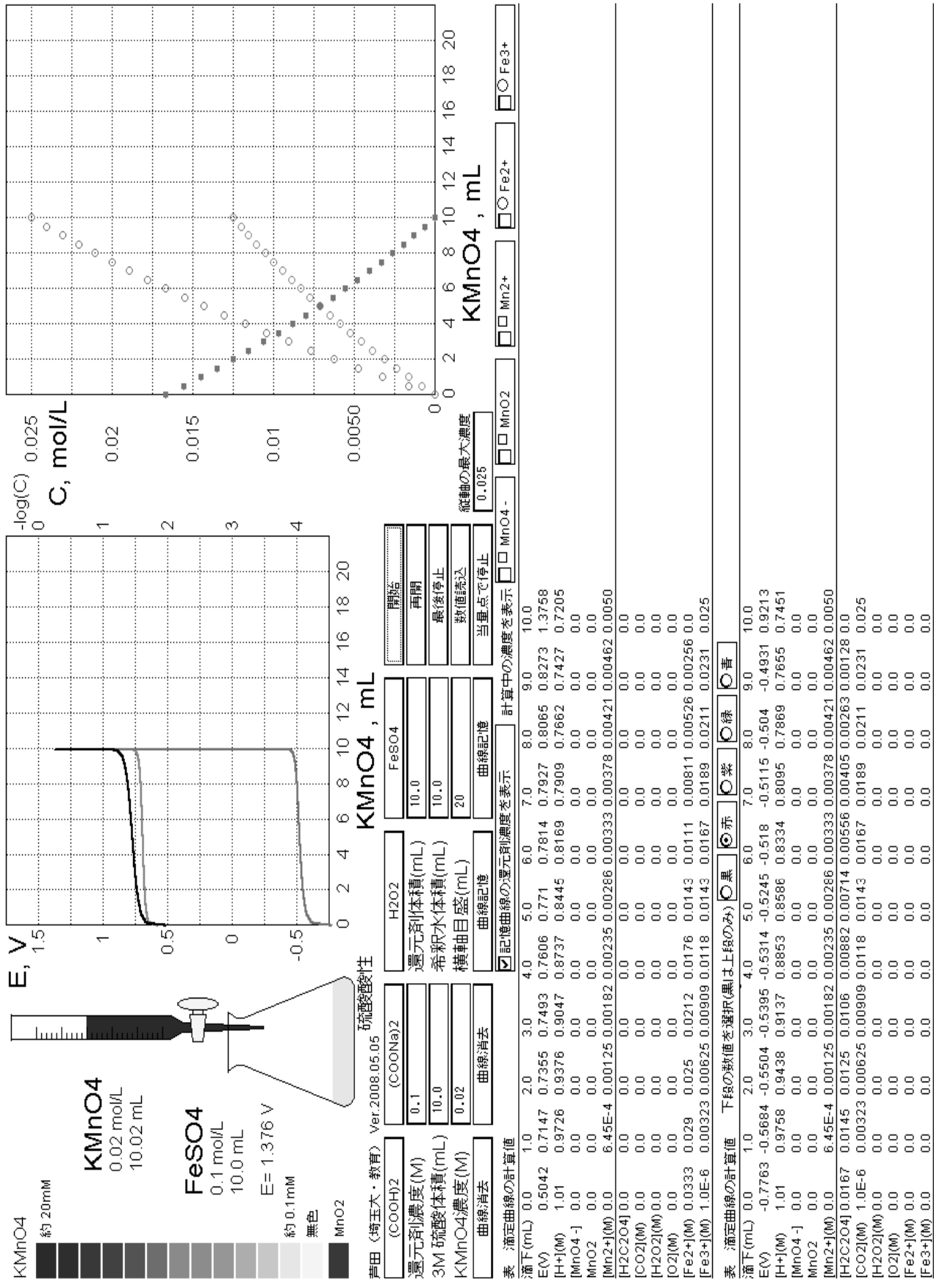


図5 3種類の滴定曲線の比較  
 赤曲線(下): シュウ酸(COOH)<sub>2</sub>, 紫曲線(中): 過酸化水素 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 黒曲線(上): 硫酸鉄(II) FeSO<sub>4</sub>  
 シュウ酸ナトリウム(COONa)<sub>2</sub> は赤曲線のシュウ酸(COOH)<sub>2</sub> とほぼ重なるので省略した。



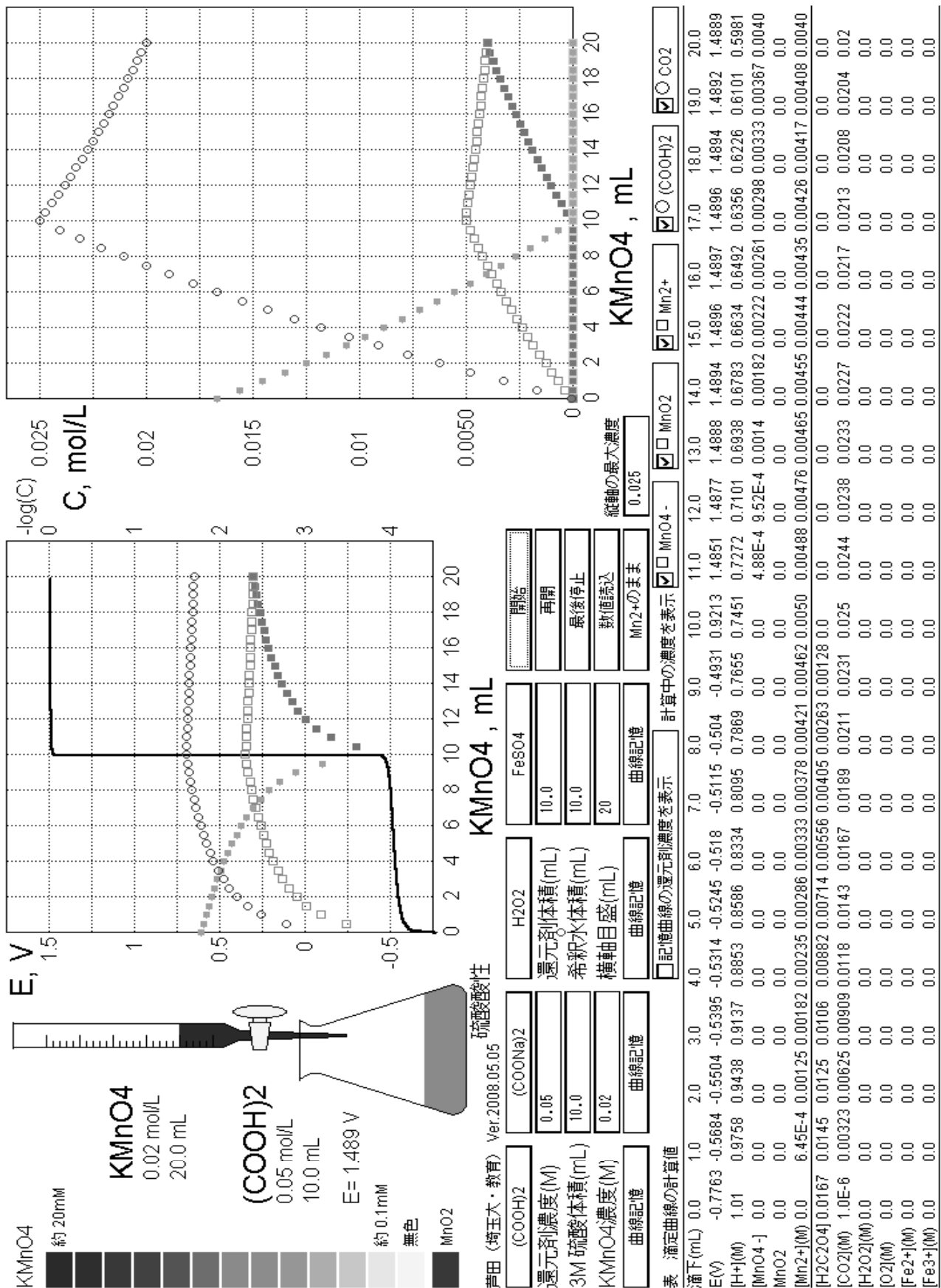


図6 シュウ酸(COOH)<sub>2</sub>の過マンガン酸カリウム KMnO<sub>4</sub>による滴定曲線

当量点以後に過マンガン酸イオン MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>とマンガン(II)イオン Mn<sup>2+</sup>が遅い反応を起こさず、マンガン(II)イオン Mn<sup>2+</sup>のまま存在すると仮定した場合

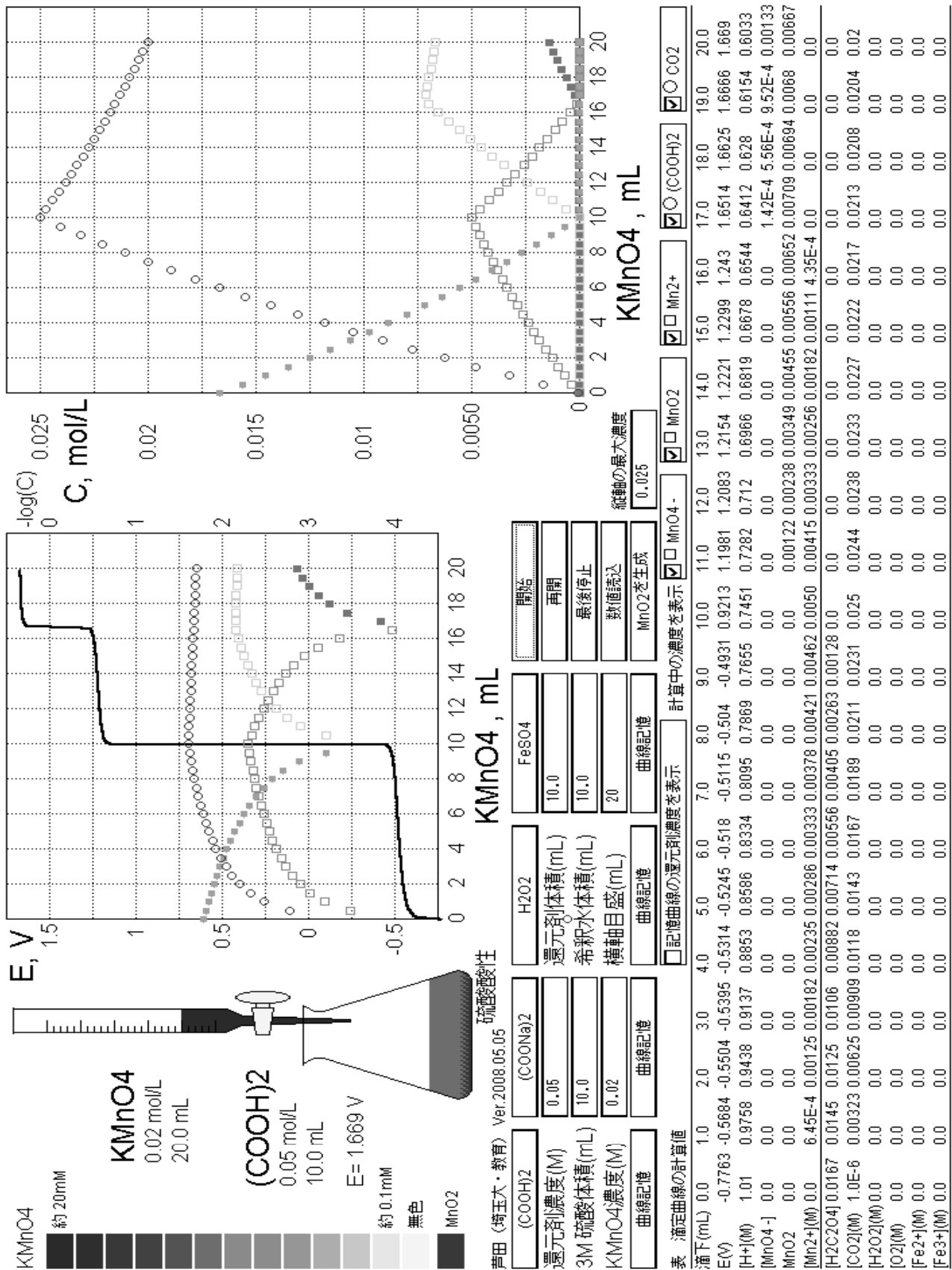


図7 シュウ酸(COOH)<sub>2</sub>の過マンガン酸カリウム KMnO<sub>4</sub>による滴定曲線

当量点以後に過マンガン酸イオン  $\text{MnO}_4^-$ とマンガン(II)イオン  $\text{Mn}^{2+}$ が遅い反応を起こし、二酸化マンガン  $\text{MnO}_2$ を生じると仮定した場合、二酸化マンガン  $\text{MnO}_2$ の濃度は見かけのモル濃度を使用。

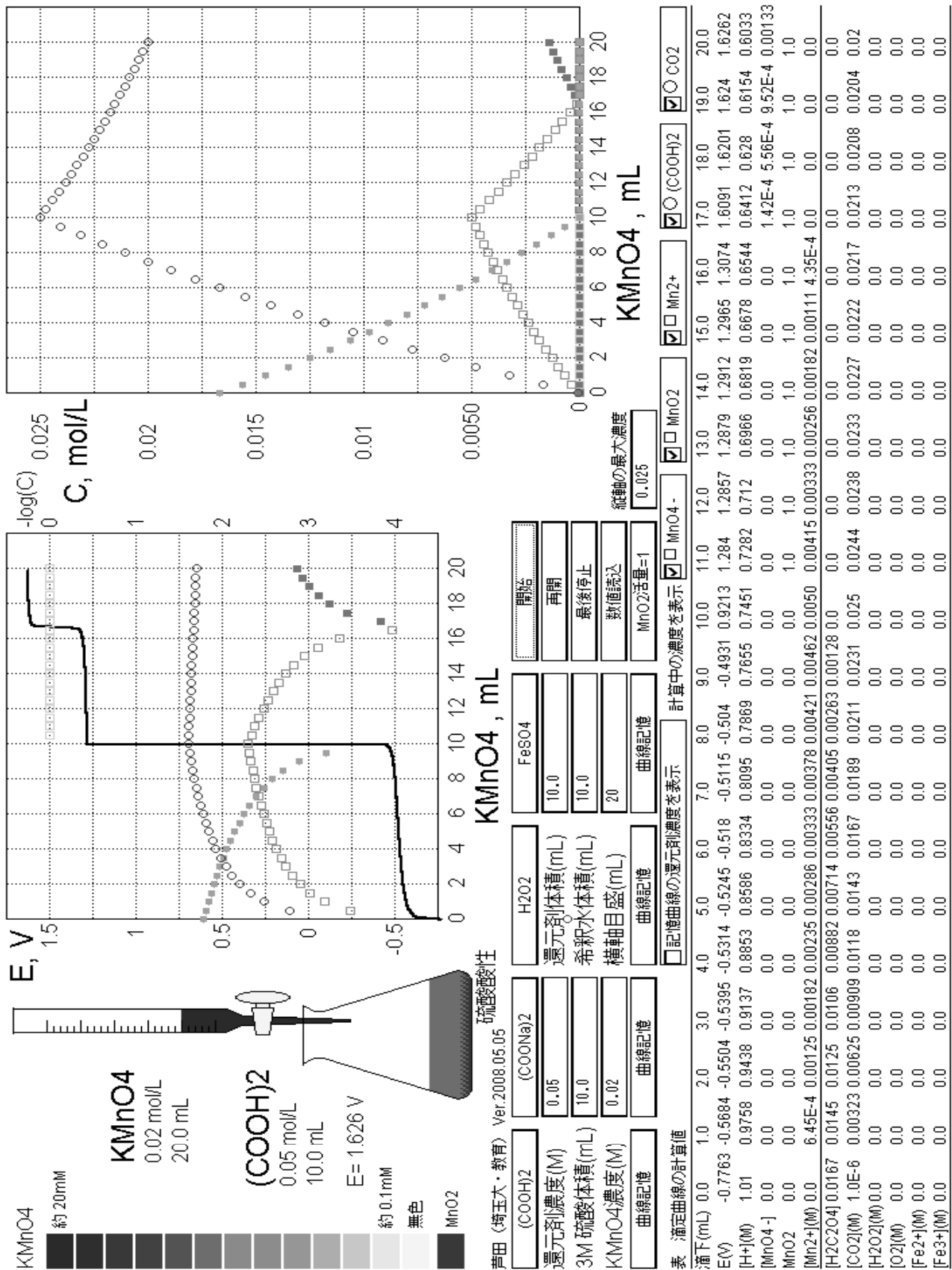


図8 シュウ酸(COOH)<sub>2</sub>の過マンガン酸カリウム KMnO<sub>4</sub>による滴定曲線

当量点以後に過マンガン酸イオン MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>とマンガン(II)イオン Mn<sup>2+</sup>が遅い反応を起こし、二酸化マンガン MnO<sub>2</sub>を生じると仮定した場合、二酸化マンガン MnO<sub>2</sub>は固体なので、濃度を活量=1と仮定。

## V. おわりに

本研究室のホームページに設けた質問箱への質問件数が、平成13年度から10件、21件、47件、126件、124件、118件、…と推移してきた。最初のうちは年々倍増したが、質問が増えすぎたので平成16年6月下旬より質問受付を制限し、年間120件を目安に回答してきた。学内・学外のサーバーから公開するホームページの数を増やしてきたこと、回答済みの質問が増えてきたことなどにより、利用者がインターネットで検索したとき質問箱が見つかり易くなったものと思われる。しかし、平成19年度は73件、平成20年度は11月下旬現在で78件と例年の3分の2に減少している。質問が最も殺到していたホームページ(縮小版2)のサーバーが平成19年5月初旬より停止している影響が大きい。平成19年7月初旬より別館1～3を新たに開設したが、これらはインターネット上でほとんど知られていないため、質問数の回復にはつながらなかった。または、高校生と大学生からの質問がほぼ出そろって最盛期を過ぎた様にも感じられる。なお、小学校～高等学校の教員や指導主事等からの質問は依然として少ない。理科離れを未然に防ぐために、質問箱を世間一般に知らしめる努力をなおいっそう行う必要があり、質問箱は今後も長年にわたって維持するつもりである。さらに、質問と回答を整理して、利用者が閲覧しやすいように改良する予定である。

インターネットを活用した溶液の濃度計算と調製方法について、本年度は「過酸化水素水」を試作した。化学実験のシミュレーションについて「酸・塩基滴定(混合滴定)」と「酸化・還元滴定( $\text{KMnO}_4$ )」の2つを制作した。クイズ形式の化学Q&A集等に関する自動サービスも含めて、これらを今後さらに充実させていく予定である。大学の授業などで利用したり、学生に紹介したので、利用者は少しずつ増加してきた。今後は利用者が益々増加していくと思われる。

## 謝辞

平成18年度～平成21年度 科学研究費補助金(基盤研究(C),平成20年度分)を受けて研究成果が大いにあがったことを、ここに記して謝意を表す。同時に本研究の遂行には、連携研究者を始めとして多くの協力者の協力を得たことも、ここに記して感謝致します。

---

平成18年度～平成21年度科学研究費補助金(基盤研究(C))報告書  
(平成20年度分冊, 課題番号 18500651)

「理科離れを未然に防ぐために理科(化学)の実験  
や学習を支援するホームページの開発」

平成21年3月 発行

発行者

研究代表者 埼玉大学 教育学部 教授 芦田 実

---