
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

(課題番号 21300288)

平成21年度～平成24年度科学研究費補助金(基盤研究(B))報告書

(平成24年度分冊)

平成25年 2 月

研究代表者 芦 田 実
(埼玉大学 教育学部 教授)

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

芦田 実(埼玉大学 教育学部 教授)

―― 目次 ――

I. はじめに	----- 1
1. 研究目的	----- 1
2. 研究計画・方法の要旨	----- 4
3. 研究組織	----- 4
4. 交付決定額(配分額)	----- 4
5. 研究発表	----- 4
6. ホームページのURL(アドレス)	----- 5
7. 過去の報告書(pdf版)の配布URL(アドレス)	----- 5
II. 種々のイベント	----- 6
1. わくわく観察実験教室	----- 6
2. 理科おもしろ実験教室(秩父市)	----- 13
3. キッズ・ユニバーシティ・さいたま	----- 23
4. 特別授業「ふしぎな水？」	----- 27
5. ワークショップ	----- 32
6. 特別なオープンキャンパス(秩父高等学校)	----- 39
7. 天体観望会	----- 42
III. 学生派遣	----- 44
1. 理科実験観察お助け隊	----- 44
2. さいたま市青少年宇宙科学館イベント	----- 53
3. 三郷市おもしろ遊学館	----- 56
4. 川越市小・中・大学連携理科ふれあい事業	----- 64
5. おもしろ実験教室(八木崎小学校)	----- 70
IV. 化学質問箱に寄せられた質問と回答	----- 74
V. ホームページの開発	----- 133
1. 理科カレンダー	----- 133
2. 溶液の濃度計算と調製方法の自動サービス	----- 145
VI. おわりに	----- 168
謝辞	----- 168

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

芦田 実(埼玉大学教育学部教授)

I. はじめに

1. 研究目的

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る。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(文献1 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(文献2)。そこで, これらの問題を少しでも軽減することを目指す。

① 研究の学術的背景

(1) 背景および国内・国外の研究動向と位置づけなど

日本国内では小学校教員や高校生・大学生に理科離れが進んでいる。理科嫌いの文系大学生が小学校教員の大部分になるので, 事態は益々深刻化する。また, 欧米等でも理科離れの対策を工夫している(文献3)。なお, もっと広い意味の学習離れであるとも言われているが, 本研究では理科離れの防止のみに絞る。化学分野では2001年からホームページ(<http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/>等, 後述の「6. ホームページのURL」を参照)を公開して理科離れ防止に努力してきた。その成果が, 科学研究費基盤研究(C)平成14～15年度, 芦田(代表)「化学の考え方

驚きと感動をつたえる

理科大好き先生

小学校の先生を応援します



 わくわく教師塾	③ 年生理科の内容	質問箱
 見るみる納得科学の世界	④ 年生理科の内容	 物理学 光、電気、磁石 あたたまり方、てこ、おもり
 不思議の国ミクロとナノの世界	⑤ 年生理科の内容	 化学 水、溶ける 燃える、水溶液
 みんな友達身近な生き物	⑥ 年生理科の内容	 生物学 植物、動物 生命、四季、暮らし
 これならできる実験・観察入門	中 学校理科の内容	 地学 日向と日陰 月と星、天気、川、大地
 実験・観察レシビ・ヒント集	授業への提案	 理科教育学 教え方
 おもしろ物理実験	 実験・観察お助け隊	 その他 自然、環境
 地震と火山の国日本	 ビデオライブラリー	
 不思議・驚き理科カレンダー		 プロジェクトの紹介

図1 教員養成GP「驚きと感動をつたえる理科大好き先生の養成」トップページ(一部)

や現象を分かりやすく回答する質問箱の開設」，平成18～21年度，芦田(代表)「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」および大学改革推進等補助金専門職大学院等教育推進プログラム，平成19～20年度，埼玉大学長(代表)「驚きと感動をつたえる理科大好き先生の養成」(以後，教員養成G Pと呼ぶ)の採択にも繋がっている。

(2) 着想に至った経緯

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)が十分に理解できず，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欲しい。

(3) これまでの研究成果とそれを発展させる内容

化学分野では，平成24年12月末現在までに777の質問に回答した。その約70%が高校生と大学生の質問である。しかし，中学生以下と教員からの質問は各数%で，今後発展させるべき内容として残っている。水溶液の作り方26種(40薬品)，定量分析シミュレーション6種(60組合せ)，指示薬の色見本14種(RGB値)を公開済みである(ダウンロード可，文献4～18)。他の分野のホームページでは学外に対するサービスがまだ不十分であり，化学と類似の内容を作成・公開することが今後発展させるべき内容である。教員養成G Pでは，小学校への学生派遣(お助け隊)，教員研修会(わくわく教師塾)，ワークショップ(おもしろ物理実験，現在7種)等の事業を成功させた。さらに，教材(ミクロの世界(植物編)，実験レシピ(化学，現在16種))を開発し，ホームページ(<http://rikadaisuki.edu.saitama-u.ac.jp/> 閲覧するにはguestでログイン)や理科カレンダーを制作し，平成21年の科学研究費初年度からこれらをできるだけ継続させた。理科離れを未然に防ぐために，これらを今後も長期間に渡って継続する必要がある。さらに今後は，小学校だけでなく中学・高校にまで内容を発展させる必要がある。

② 研究期間内に何をどこまで明らかにしようとするのか

小学校～高校における理科離れ(特に小学校教員と高校生)を未然に防ぐために，理科の実験や学習を支援するホームページをできるだけ充実する。既設の化学の質問箱以外に，物理，生物，地学，理科教育の質問箱を充実し，児童・生徒と教員等の疑問・質問に回答し公開する。研究期間終了時には化学の回答総数は約800(=現在777+23件)になると予想される。さらに，驚きと感動を伝える実験・観察を支援するため，魅力的な教材・教具(実験レシピ・ヒント集，水溶液の作り方，実験シミュレーション，おもしろ物理実験，ミクロとナノの世界，ウニの発生，ミクロの地震破壊組織等)を追加・充実し，ホームページ等で公開・提供する。実験・観察の基礎を習得した学生を小学校へお助け隊として派遣する。必要に応じて，研修会や出前授業等を開催する。

③ 学術的な特色・独創的な点および予想される結果と意義

教員養成G Pは，大学・小学校・地域(さいたま市)の三者の緊密な連携のもと，小学校教員を支援するものであった。教員自身が理科好きになって驚きと感動を実感し，五感を通して納得と自信を蓄え，確かな指導力を身につけて，子どもたちに驚きと感動を伝えることのできる理科実験・観察技能を修得することを目的とした。これをそのまま中学・高校にまで拡張することは，研究経費と人員・時

間的制約等から不可能であるが、小学校にはこれまで通りの支援を出来る限り継続する。中学生・高校生にはホームページを通じた支援を中心として、地元のさいたま市に限らず、埼玉県全域さらには日本全国を支援する。しかし、ホームページが一般に知れ渡らないと利用者数が増加しない。特に、学校教員は忙し過ぎてインターネットを利用する時間が少ない。したがって、教育学部の多数の学生(教員の卵480名)に授業中に本研究を紹介して、卒業後にも活用を勧めたり、研究成果をまとめて印刷・製本し、学校教員等に配布することは非常に重要である。自己満足のホームページにならない様に、化学分野では平成14~15年度の科学研究費報告書の配布から、これらの地道な宣伝活動を毎年続けている。以上の様に、理科離れを一人でも多く防ぎたい。

研究目的に関係する文献

- 1) 国立教育政策研究所プレス発表資料, PISA調査のアンケート項目による中3調査 集計結果(速報)について(H20.6.5)
- 2) 科学技術振興機構・国立教育政策研究所, 平成20年度中学校理科教師実態調査 集計結果(速報)について(H20.9.12)
- 3) 例: 増田貴司, 理科離れ解消のために何が必要か, TBR産業経済の論点, 東レ経営研究所, No.07-06(2007.7.25)
- 4) 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), 7巻1号, 採録番号7-5(2003)
- 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 -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), 8巻1号, 採録番号8-3(2004)
- 6) 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, Registration No.9-14(2007)
- 7) 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), 10巻1号, 採録番号10-2(2007)
- 8) 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), 10巻1号, 採録番号10-3(2007)
- 9) 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), 10巻1号, 採録番号10-4(2007)
- 10) 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 -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), 11巻1号, 採録番号11-4(2008)
- 11) 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 -混合滴定-, 化学教育ジャーナル(CEJ), 11巻1号, 採録番号11-5(2008)
- 12) 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 -酸化・還元滴定-, 化学教育ジャーナル(CEJ), 11巻1号, 採録番号11-6(2008)
- 13) 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 -塩化カリウム水溶液および塩化アンモニウム水溶液-, 化学教育ジャーナル(CEJ), 12巻2号, 採録番号12-8(2009)
- 14) 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 -炭酸水素ナトリウム水溶液および炭酸ナトリウム水溶液-, 化学教育ジャーナル(CEJ), 12巻2号, 採録番号12-9(2009)

- 15) 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 -ミョウバンとその関連物質の溶解度-, 化学教育ジャーナル(CEJ), 12巻2号, 採録番号12-10(2009)
- 16) 芦田実ほか, 過酸化水素水の濃度計算・調製方法と酸素発生に関するWeb自動サービス, 埼玉大学紀要教育学部(数学・自然科学), 60巻2号, 181-191頁(2011)
- 17) 芦田実『水酸化カリウム水溶液の濃度計算・調製方法に関するWeb自動サービス』埼玉大学紀要教育学部(数学・自然科学), 61巻1号, 201-214頁(2012)
- 18) 芦田実ほか『pH緩衝液の濃度計算と調製方法の自動サービス -Webによる理科教員への遠隔支援-』埼玉大学教育学部附属教育実践総合センター紀要, 11号, 79-86頁(2012)

2. 研究計画・方法の要旨

小学校～高校における理科離れを未然に防ぐために, 理科の実験や学習を支援するホームページを充実する. 盛況な化学の質問箱以外に, 物理, 生物, 地学, 理科教育の質問箱をできるだけ活性化し, 児童・生徒と教員等の疑問・質問に回答し公開する. 驚きと感動を伝える実験・観察を支援するため, 魅力的な教材・教具を開発し提供する. 実験・観察の基礎を習得した学生を小学校へお助け隊として派遣する. 必要に応じて, 研修会や出前授業等を開催する.

3. 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: 大向 隆三 (埼玉大学教育学部准教授)
 研究分担者: 日比野 拓 (埼玉大学教育学部准教授)
 研究分担者: 岡本 和明 (埼玉大学教育学部准教授)
 研究分担者: 清水 誠 (埼玉大学教育学部教授)
 連携研究者: 片平 克弘 (筑波大学大学院人間総合科学研究科准教授)
 連携研究者: 谷塚 光典 (信州大学教育学部准教授)
 連携研究者: 芦田 正巳 (山口大学大学院理工学研究科准教授)
 研究協力者: 金子 康子 (埼玉大学教育学部教授)
 研究協力者: 大朝由美子 (埼玉大学教育学部准教授)

4. 交付決定額 (配分額, 単位: 千円)

	直接経費	間接経費	合計
平成21年度	5, 900	1, 770	7, 670
平成22年度	3, 200	960	4, 160
平成23年度	2, 900	870	3, 770
平成24年度	2, 800	840	3, 640
総計	14, 800	4, 440	19, 240

5. 研究発表

- 1) 芦田実『水酸化カリウム水溶液の濃度計算・調製方法に関するWeb自動サービス』埼玉大学紀要教育学部(数学・自然科学), 61巻1号, 201-214頁(2012), 上の文献17と同一, URL=<http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KY-AA12318206-6101-16>
- 2) 芦田実, 長岡淳子, 村田龍一『pH緩衝液の濃度計算と調製方法の自動サービス -Webによる理科教員への遠隔支援-』埼玉大学教育学部附属教育実践総合センター紀要, 11号, 79-86頁(2012)

6. ホームページのURL (アドレス)

「驚きと感動をつたえる理科大好き先生の養成」平成19～20年度大学改革推進等補助金専門職大学院等教育推進プログラムで制作したホームページのURL (アドレス) を次に記す.

<http://rikadaisuki.edu.saitama-u.ac.jp/index.php>

さらに、化学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) 新館 <http://rikadaisuki.edu.saitama-u.ac.jp/~chem1/>
- 3) 新館 2 <http://park.saitama-u.ac.jp/~ashida-sci-edu/>
- 4) 別館 1 <http://www.geocities.jp/ashidabk1/> (閲覧のみ)
- 5) 別館 3 <http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/>

7. 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, 143頁, 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, 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」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, 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」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), 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」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), 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」H18～21年度科学研究費補助金(基盤研究(C))報告書(H20年度分冊), 125頁, <http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KK000468>
- 7) 「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))報告書(合冊), 361頁, <http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KK000470>
- 8) 「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」H21～24年度科学研究費補助金(基盤研究(B))報告書(H21年度分冊), 109頁, <http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KK000501>
- 9) 「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」H21～24年度科学研究費補助金(基盤研究(B))報告書(H22年度分冊), 162頁, <http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KK000502>
- 10) 「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」H21～24年度科学研究費補助金(基盤研究(B))報告書(H23年度分冊), 119頁, <http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KK213003>

Ⅱ. 種々のイベント

1. わくわく観察実験教室

埼玉大学教育学部理科教育講座と埼玉大学教育学部附属小学校が共催して、埼玉大学教育学部附属小学校で平成24年8月8日（水）に「わくわく観察実験教室」を開催した。事前の準備等を含めて、多数の学生の補助を得た（19人、のべ120時間）。以下に、児童・父兄への事前の参加案内、当日の日程と様子等を載せる。

平成24年6月18日

わくわく観察実験教室

埼玉大学教育学部理科教育講座
埼玉大学教育学部附属小学校理科部

夏休みに下記のような観察実験教室をおこないます。ふしぎな水で実験をしたり、図鑑でしか見たことのない生き物を観察したり……。授業ではやらないような観察や実験に、みなさんも参加してみませんか？参加を希望される方は、下記の用紙に必要事項をご記入の上、7月9日までに、担任の先生にご提出下さい。なお応募者多数の場合は、安全を考慮して参加者を調整させていただくことがありますので、ご承知おきください。

記

1. 開催日 8月8日（水）
2. 時 間 9：30～12：00
3. 場 所 附属小学校教室
4. 対 象 小学3年生以上、保護者も同伴可
5. 内 容 ○光と磁石で遊んでみよう！
○ふしぎな水？色が変わる！
○水中のミクロの世界をのぞいてみよう
○大きなシャボン玉をつくろう



連絡先 埼玉大学教育学部附属小学校 理科部
電話 048-833-6291

き り と り

参加申し込み用紙

◎ わくわく観察実験教室に参加いたします。

保護者名 ()
児 童 名 () 年 () 組 ()
() 年 () 組 ()
電 話 ()

わくわく観察実験教室日程について

日 程 3・6年生

- ① 受付 9:00～9:15 多目的ホール
 ② 全体説明 9:15～9:30 多目的ホール
 ・開会の言葉
 ・大学の先生の紹介と話
 ・活動の説明（日程、ローテーション、流れ解散、トイレ、体調管理）
 ③ 活動 ① 9:30～9:55 各教室
 ④ 活動 ② 10:00～10:25 各教室

4・5年生

- ① 受付 10:30～10:45 多目的ホール
 ② 全体説明 10:45～11:00 多目的ホール
 ・開会の言葉
 ・大学の先生の紹介と話
 ・活動の説明（日程、ローテーション、流れ解散、トイレ、体調管理）
 ③ 活動 ③ 11:00～11:25 各教室
 ④ 活動 ② 11:30～11:55 各教室

3年6年	① 9:30～9:55	② 10:00～10:25
3年1組 22	①光と磁石で遊んでみよう！ [1年3組教室]	③ふしぎな水？色が変わる！ [1年1組教室]
6年生 21	②水中のミクロの世界をのぞいてみよう [1年2組教室]	④ 大きなシャボン玉をつくろう [2年1・2組教室]
3年2組 24	③ふしぎな水？色が変わる！ [1年1組教室]	①光と磁石で遊んでみよう！ [1年3組教室]
3年3組 23	④ 大きなシャボン玉をつくろう [2年1・2組教室]	②水中のミクロの世界をのぞいてみよう [1年2組教室]
4年5年	11:00～11:25	11:30～11:55
4年1組 23	①光と磁石で遊んでみよう！ [1年3組教室]	③ふしぎな水？色が変わる！ [1年1組教室]
5年2組 4年3組 23	②水中のミクロの世界をのぞいてみよう [1年2組教室]	①光と磁石で遊んでみよう！ [1年3組教室]
4年2組 17	③ふしぎな水？色が変わる！ [1年1組教室]	④ 大きなシャボン玉をつくろう [2年1・2組教室]
5年1組 5年3組 32	④ 大きなシャボン玉をつくろう [2年1・2組教室]	②水中のミクロの世界をのぞいてみよう [1年2組教室]

わくわく観察実験教室の参加申し込み児童数（平成24年8月8日）

班分け（1回目）	人数	班分け（2回目）	人数
3年1組	22	4年1組	23
3年2組	24	4年2組	17
3年3組	23	4年3組＋5年2組	23
6年生	21	5年1組＋5年3組	32
合計	90	合計	95

※ 父兄の参加者十数人を除く．実際の参加児童数は当日に若干増減している．

わくわく観察実験教室の写真や簡単な内容の説明を下に載せます．子供達の元気なことおよび理科に対する興味・関心などの熱気に圧倒された一日でした．



開会式

参加した子供達に大学教員と補助の学生達が挨拶したり，活動内容を紹介しているところです．



光と磁石で遊んでみよう！

光の実験では、光の分散素子を貼り付けた筒を自分たちで製作し覗き込むことで、身の回りのいろいろな光源から出ている光の色について調べてもらいました。蛍光灯やプロジェクターの光の色が、見た目からは想像もつかない色から出来ていることがわかり、驚いた様子でした。写真はこのときの実験の様子です。

このほかに、磁石の実験では、強力なネオジウム磁石が作る渦電流が磁石の落下を妨げる様子を観察してもらいました。普通の鉄球からは想像もつかないほど、ゆっくりとアルミのアンクル上を回転しながら落下していく様子に、児童は驚きの声をあげていました。



ふしぎな水？色が変わる！

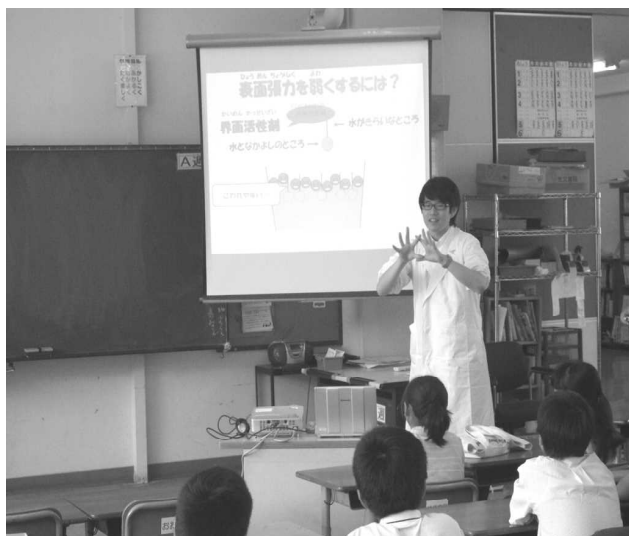
紫キャベツ，BTB，フェノールレッド，ブロモクレゾールパープル，ニュートラルレッド等のpH指示薬は中性のpH7前後で色が変わる．これらの粉末を水道水に溶かすと，中性～弱アルカリ性の色になる．これに息を吹き込むと，二酸化炭素が溶けるため弱酸性の色に変化する．続いて，新鮮な空気を吹き込むと，二酸化炭素が追い出されて中性～弱アルカリ性の色に戻る．

このほかに試験管の中の雪の実験として，試験管に塩化アンモニウムと水を入れ，加熱して溶かし，ゆっくり冷まして，きれいな白色の塩化アンモニウムの結晶が析出し，成長しながら雪が降るように沈殿していく様子を観察した．



水中のミクロの世界をのぞいてみよう

小学校5年理科の授業内容に新たに「水中の小さな生物」が追加された。そこで、淡水性や海水性のさまざまなプランクトンの永久標本を作製し、そのプレパラートを各自に配布して観察実験を行った。ただ観察するだけではなくクイズ形式にした。プランクトンのシルエットや形態の特徴をヒントとして提示し、それに対応する生物が入ったプレパラートを探す。そして、プレパラートの右にラベルされた生物名をプリントに記入する。クイズ形式にすることで、子どもたちはより集中して、顕微鏡観察を行っていた。



大きなシャボン玉をつくろう

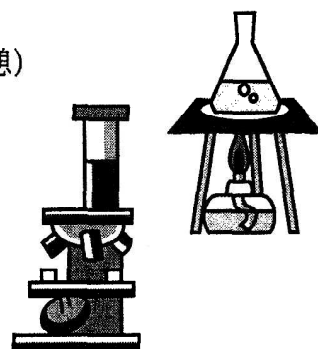
水に界面活性剤を加える通常のシャボン液に、PVA（ポリビニルアルコール）を加えることで、通常よりも大きなシャボン玉を作ることができる。今回は界面活性剤として台所洗剤、PVAとして洗濯ノリを使用し、洗剤：洗濯ノリ：水が1：15：20になるよう配合したものを用いて、シャボン玉を作った。子どもたちは、シャボン玉の性質に興味を持ち、普段よりも大きく作ることができるシャボン玉遊びに夢中になっていた。

2. 理科おもしろ実験教室（秩父市）

秩父市では理科大好き人間を育成するために、数年前から東京理科大学の飯田准教授と研究室の学生を招いて「理科おもしろ実験教室」を開催している。このイベントに、埼玉大学教育学部芦田研究室も今年度から参加して観察実験教室を行った。このとき事前の準備等を含めて、多数の学生の補助を得た（10人、のべ86時間）。以下に、当日の日程、実験内容（案）と児童の様子や感想文等載せる。

「理科おもしろ実験教室」

- 1 期 日 平成24年8月19日（日）
- 2 テーマ 理科おもしろ実験教室
- 3 ねらい 理科嫌い、理科離れの児童が増える中、東京理科大学、並びに埼玉大学の方々の楽しくてワクワクする実験を見たり、自分たちも実際に実験や体験をしたりすることにより、理科の本質や魅力に迫り、「理科大好き人間」を育成する。
- 4 会 場 秩父市立秩父第一中学校 第1～第3理科室（体育館側校舎2階）
- 5 日 程
 - 13:00～13:15 受付（秩父第一中学校 中庭体育館側入口）
 - 13:15～13:30 あいさつ、本日の概要説明、講師紹介
 - 13:30～13:40 実験の説明、準備等
 - 13:40～15:40 実験・体験（途中10分間の休憩）
 - 15:40～15:50 まとめ、片付け
 - 15:50～16:00 閉講式



6 留意事項

- （1）実験は、指導者の注意や指示に従って安全に行ってください。
- （2）気分が悪くなったり、ケガ等をした人は、すぐに近くの職員に連絡してください。
- （3）感想用紙に記入し、提出後お帰りください。

理科おもしろ実験教室

1 時間目 「とける！ にごる！」

芦田 実 H24. 8. 19

準備（1 組分）

ウォーターバス 2 台 最初 7 0℃ 溶け具合を見て温度を変更
試験管 塩化アンモニウム液 1 0 本 授業開始直前から溶かし始める

プラスチックビン アルコール 1 0 m L × 1 0 本 栓をする
プラスチックスポイト 1 0 本
試験管 食塩水 1 5 m L × 1 0 本 ゴム栓をする
固定方法の準備 スタンド／ビーカー

エコカイロ 1 0 個 凍っていないか確認

パソコン プロジェクター 設定

事前配布 安全めがね アルコール スポイト

授業

挨拶＋説明 1 5 分

芦田実と言います。埼玉大学の教育学部で理科の大学生に化学を教えています。
「とののとけかた」に関係した、面白そうな実験を 3 つ
説明の h t m と p p t

実験 1 食塩水とアルコール 1 0 分

内容 食塩水にアルコールを入れるとどうなるかな

注意 食塩水は、壁に付けない様に底に入れる。

アルコールは蒸発しやすい。スポイトの中で蒸発して、スポイトの先からたれる。たれない様にするために、最初に何回かスポイトに入れたり出したりする

操作 試験管の内壁に伝わらせてアルコールをゆっくり入れる。様子を観察する。
最後にゴム栓をして混ぜてみる。

実験 2 エコカイロ 5 分

内容 金属板を押すとどうなるかな

注意 金属板はまだ押さない

配布 エコカイロ

操作 最初にエコカイロが冷たいことを確認する→机に置いて金属板を押して凍る様子を観察する→エコカイロが暖かいことを確認する

実験 3 試験管の中の雪 1 5 分

内容 水溶液が冷えるにつれて雪が降る様子を観察しよう

注意 熱いので触ったり、こぼさない様に注意

配布 試験管で溶かした塩化アンモニウム液

ビデオ 試験管の中の雪 1 0 分 時間に余裕があれば

まとめ（省略？） 1 0 分

実験 1 ～実験 3 の p p t 説明 1 0 分 時間に余裕があれば

2 時間目 「色が変わる！ 身近な pH 指示薬！」

準備（1 組分）

試験管 試験管立て

紫キャベツ，グレープジュース，リンゴ，B T B の各水溶液

班毎に違う水溶液 3 mL × 5 本 / 1 班

滴ビン 塩酸，酢酸，純水，炭酸ナトリウム水溶液，水酸化ナトリウム水溶液

紫キャベツ，フェノールレッド，ブロモクレゾールパープル，ニュートラルレッド，B T B の各水溶液

マローブルー ペットボトルに水と一緒にに入れて，子どもに振らせて抽出させる
ペットボトル，トラップ，ストロー，エアーポンプ等

パソコン プロジェクター 設定

事前配布 安全めがね

授業

挨拶＋説明 1 5 分

「色が変わる」に関係した，面白そうな実験を 2 つ

説明の h t m と p p t

実験 1 身近な pH 指示薬 1 5 分

内容 食べ物の色付き汁に酸やアルカリを入れると，どんな色になるかな？

注意 酸やアルカリが目に入ると痛いので，安全メガネする．

顔や手がヒリヒリしたら，直ぐに水で洗う

配布 紫キャベツ等の水溶液（班毎に違う） 3 mL × 5 本 **時間があれば 3 種類**

塩酸，酢酸，純水，炭酸ナトリウム水溶液，水酸化ナトリウム水溶液

操作 酸性，中性，アルカリ性の液を入れて，色が変わるのを観察する

実験 2 息や空気を吹き込む 1 5 分

内容 色水に息や空気を吹き込むと，どんな色になるかな？

注意 倒れやすいので，ペットボトルを手で持って，息を吹き込む．

ストローを吸ってはいけない．薬品が口に入って，あぶない．

色が変わったら，気持ちが悪くなる前に，息を吹き込むのを止める．

配布 B T B 等の水溶液（班毎に違う） 1 0 0 mL / 本

時間があれば 3 種類 さらに マローブルー＋水 **最大で 1 種類 / 1 人**

操作 息を吹き込むと，二酸化炭素が溶けて弱い酸性の色に変わる．新鮮な空気を吹き込むと，二酸化炭素が追い出されて，弱いアルカリ性の色に戻る．

観察 空気を吹き込んだら色が元に戻る 1 0 分 時間に余裕があれば**まとめ（省略？） 1 0 分**

色見本の色と同じかどうか確認 5 分 時間に余裕があれば

実験 1，実験 2 の p p t 説明 1 0 分 時間に余裕があれば



エコカイロ

酢酸ナトリウムの濃厚水溶液が入っているエコカイロは，室温で容易に過冷却（過飽和）の状態になる．エコカイロの実験では，金属板を押して衝撃を与え，酢酸ナトリウム水溶液が急激に凝固して発熱するところを観察した．

試験管に塩化アンモニウムと水を入れ，お湯に浸けて溶かす．試験管の中の雪の実験では，試験管をお湯から出して空気中でゆっくり冷まし，きれいな白色の塩化アンモニウムの結晶が析出し，成長しながら雪が降るように沈殿していく様子を観察した．



試験管の中の雪



身近な pH 指示薬

身近な pH 指示薬の実験では，紫キャベツ，BTB，グレープジュース，リンゴ等の水溶液に酸やアルカリを入れて色の変化を観察した．

紫キャベツ，BTB，フェノールレッド，ブロモクレゾールパープル，ニュートラルレッド等の pH 指示薬は中性の pH 7 前後で色が変わる．これらの粉末を水道水に溶かすと中性～弱アルカリ性の色になる．不思議な水の実験では，これらの水溶液に息を吹き込んで，二酸化炭素が溶けて弱酸性の色に変化するところを観察した．続いて，新鮮な空気を吹き込むと，二酸化炭素が追い出されて中性～弱アルカリ性の色に戻った．



不思議な水（息や空気を吹き込む）

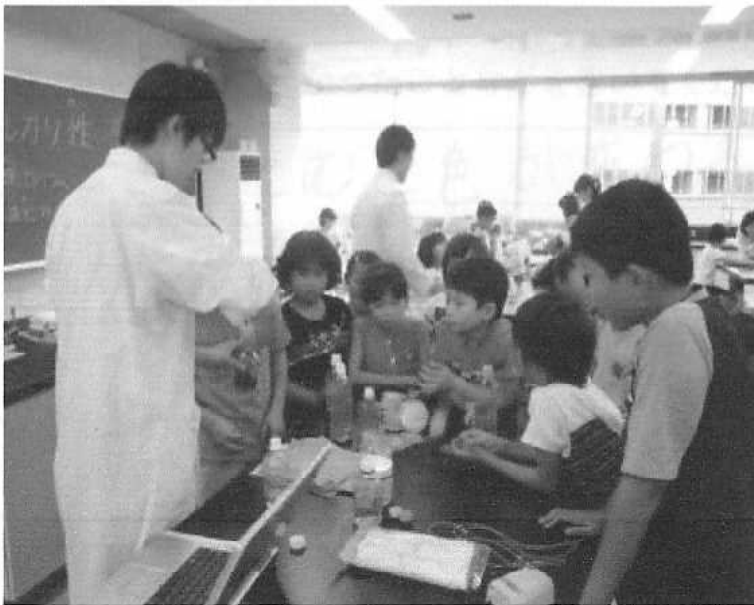
今回秩父市で行われた理科おもしろ実験教室であるが、まず参加していた児童の数に驚いた。今回で第6回目となる理科おもしろ実験は、教室近隣の小学校から120人ほどの児童が集まったという。それも、今回は第5回までの定員40人から定員数が3倍に増えたのにもかかわらず、定員を上回る募集があり抽選をしたということである。「理科離れ」が問題として叫ばれる中、これだけの児童が参加するのはなかなかないことのように思える。

今回、私は化学実験の補助を行った。1時間目は「とける・にごる」と題して小学校で扱う「もののとけかた」に関連した実験、2時間目は「色が変わる」として、酸・アルカリを用いたpH指示薬関係の実験を行った。全体を通して、まず児童に興味関心を持ってもらう難しさを感じた。まず最初に、実験に興味を持ってもらうことが難しい。今回参加していた児童は、イベントの性質上最初のモチベーションが高い児童が多かったので、そういった苦労は少なかったと思う。しかし、実験などを実際に行うことによって、たとうまく興味を持ってもらえても、時間がたち感動が薄れると飽きてしまい、違うことを始める児童が見受けられた。どうしても小学生は集中力が切れてしまいやすい。実際に実験をしているときは、自分から楽しそうに参加していた児童も多かったが、後半の説明の時には飽きてしまっている児童がいた。実際に話を聞いてみると酸・アルカリなどは6年生で学習する内容であり、今回参加した児童の大部分がまだ学習していないということだった。その状態では今回の実験の説明は受けてもわからず、飽きてしまうのかもしれない部分があったのかもしれない。今回は様々な学年、学校の児童が参加していたため、全員にわかる説明をするのはかなり困難であった。そこで、飽きさせずに参加させる工夫が必要であったと感じた。また、興味を引くと一直線に食いついてくれるが、それと同時に興味をひきすぎて次のことに移れなくなってしまうこともあった。しかし1時間目の塩化アンモニウムを用いた試験管内の雪、二時間目の溶液の色変化など、目で見てすぐ変化がわかる実験などでは児童の反応がよく、「すげえ」などの生徒の素直な反応を見ることができたのはうれしかった。

参加していた児童は男子、女子が半々といったように見えた。高校、大学に進むにつれ理系の女性が減る傾向にあることを肌で実感している私にとっては、こういった理科系のイベントに女子が多く参加していることは新鮮に映った。しかし、男女問わず「理科が好き」という児童生徒は中高と進学するにつれ減少し、高校生では「理科が好き」という生徒は3割ほどになる。理科が好きだった児童が、そうではなくなってしまうのは、理科の感動や楽しさが伝わらず、知識を暗記するだけの教科になってしまいがちだからではないだろうか。今回の実験教室のような、理科って楽しいということを実感できる場の提示が大事であると思った。それは今回のようなイベントとしての場の提示だけではなく、普段の学校現場において提示していくことが重要であると思う。

平成24年度

秩父市「理科おもしろ実験教室」 感想録



期日 平成24年8月19日（日）

会場 秩父市立秩父第一中学校

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | 3 | 2 | 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

息をふきこむと色が変わる実験で、みるみる色が変わっていく様子がとてもおもしろかったです。試験管の中で雪が降る実験では、とんとん白いつぶができて、すごいと思いました。私は、この教室で、息をふきこむと色が変わる実験が1番おもしろかったです。家や、学校でもやってみたいです。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | 3 | 2 | 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

試験管の中に雪がふると色が、おどろいて、心に残りました。酸小生、中性、アルカリ酸について、もう詳しくよくわかりました。エコカイロでは、最初は、じょう温で、やわらかかったのに、金属の物をつぶして、やわらかかった所が、だんだん白くかたくなって、あつくなるのが、すごいと思いました。そして、酸素や二酸化炭素で、色の変わる液体、体は、色がきれいでした。

このように、色々な事がわかったので、今回の理学科おもしろ実験教室に、参加できて、とてもよかったと思います。とてもおもしろかったと思います。いいけい人になりました。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | 3 | 2 | 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

わたしは、はじめて、参加しました。はじめは、わいている子もいるけど、ざいしは、ききかかったけど、同じ班のふたちが、しゃべりかけたり、みんなできあがりました。わたしは、実験、もたのしかったけど、ちがう小学校の子となかよくなれてたのしか、たです。わたしが、とくにたのしかった実験は、色が変わったりする実験と、けっしょうの実験です。あと、わからないことがあったり、こしめてみたあーしてみたあーと、ききかかったり、おもしろいようになりました。あと、大学生(?)のみなさん、わたしたちのために、実験教室に来てくれてありがとうございます。また、いっしょに実験したいです。これから、がんばって、くださいね。応援しています。また、実験に来て、ください。まっています。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | 3 | 2 | 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

ぼくが一番楽しかったのは、しけんかんの中に雪がふって、ふりつめる実験です。なぜなら、最初に入っていたものの、上から雪みたいのがふってきて、つもり、本当にもちあげてみると、最初のは、少なかつたのに、ふえていてびっくりしたからです。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | 3 | 2 | 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

わたしは、さんせい、ちゅうせい、アルカリせいのことをあまり知らないけれど、少しわかるようになり、ました。それに、いきをいれるだけで、色がかわる実験は、色がかわったのが、しか、なかつたけれど、ひみょうに色がかわったのは、ありました。雪がふってくる実験は、本物の雪みたいな形のけっしょうが、おちて、山みたいになるのが、おもしろかったです。あと、きんぞくをおして、あたたかくなり、しろくなるのも、おもしろかったです。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | 3 | 2 | 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

ぼくは今日色々な実験して、不思議に思ったことがたくさんありました。特に不思議に思ったのは、エコカイロとお湯につけると雪の結晶みたいなのが出るやつです。エコカイロは、すぐ温まるし、一時間も保つなど、長所がたくさんありました。雪のやつは、とても興味かわきました。そして、いちばん楽しかったのは、息を吹きこむので、息を吹きこんだら、色が変わったので、面白かったです。実験をして、家でもやろうと思いました。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | - 3 | - 2 | - 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | - 3 | - 2 | - 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | - 3 | - 2 | - 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

初めて、やったけどとても楽しかったです。前の日まで、楽しみにしていました。雪がふってくる実験がふしぎに思ってたけれど、教えてくれたので、よくわかりました。あとエコカイロがおもしろかったです。とても楽しかったので来年あれは参加したいと思いました。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | - 3 | - 2 | - 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | - 3 | - 2 | - 1 |
| (3) また、参加したいですか? | 4 | - 3 | - ② | - 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

初めて、この行事にさんかしてとてもたのしかったです。まず、1時間目は、"ける!"にごるして。エコカイロやしけんさんの中の雪ととてもたのしかったです。2時間目は、さえてしまいましたが、息をふいたら、色が変わるという実験はとてもおもしろかったです。家に帰っても、今日やった実験をお家の人に言えて、大層にやってみていいです。今日、修のことは、夏休みのアルバムのページにしまっておきたいです。すごくたのしかったです。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | - 3 | - 2 | - 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | - 3 | - 2 | - 1 |
| (3) また、参加したいですか? | 4 | - ③ | - 2 | - 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

あたしが、一番たのしかったことは、1つあります。1つ目は、雪のふりです。雪みだいのフックがよからず、きて星のたりに、なっておちているのをみてとても感重しました。さらに、雪がどんどんふえてきて、さうは、下かかたまり、上か本雪の雪みだりになりました。これも、とても感重しました。

大学生のみなさん、いろいろおしえていただき、ありがとうございます。

お体に気をつけて、これからがんばってください。また、あたしは実験を作ってください。本当にありがとうございます。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | - 3 | - 2 | - 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | - 3 | - 2 | - 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | - 3 | - 2 | - 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

はしの子ときょうかし合って、とてもいい勉強になりました。大学生の人が、わかりやすく説明してくれて、とてもよかった。一番、楽しかったのは、ほろいそ本のようきにいそいそなやくをいれたの、ポットボトルにストローを息をふきこんで、色が変わった。2つのし、けんが楽しくて、もっとやりたいなと思いました。私はやくざいしを母さしているので、今日は、じっけんのことがいろいろ学べて、とてもためになったと思います。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | - 3 | - 2 | - 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | - 3 | - 2 | - 1 |
| (3) また、参加したいですか? | 4 | - ③ | - 2 | - 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

あたしは、理科が得意ではないけど、楽しかった。初めて、たんだけ、大学生の人たちから、わかりやすく実験を学んでくれたので、実験を楽しみました。あたしが一番楽しかった、実験は、いきをふきかけて、色がある実験です。あたしは、いきをふきかけてないけど、おもしろかったとおもいます。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | - 3 | - 2 | - 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | - 3 | - 2 | - 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | - 3 | - 2 | - 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

私は、理科が得意ではないけど、楽しかった。よかった。また参加したいなと思いました。私が一番すきだなと思った実験は、エコカイロです。冷たい物が少しのことで、温かくなったので、すごいと思いました。一番楽しかった実験は、いきをふきかけるだけで、色が変わる実験です。とても楽しかったです。今日は、夏休みのとてもいい思い出にできました。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | 4 | ③ | 2 | 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | 3 | 2 | 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

不思議だなと思うことがたくさんあってさ
しはよく意味がわからなかったけど、やってい
くうちに理科。てこういうことだったんだと
思いました。
pH指示薬はとくにおもしろかったです。色がかわって
いく所はすごいな!! と思いました。
雪のやつはきれいででした。
理科は、あまり好きじゃないのでこれをやってみて
好きになれるような気がします。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | 3 | 2 | 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

いろいろな色にへんかしたりす
るところが"おもしろかった"です。
なにもないところから雪のようなも
のがふってきたりしてとてもきれ
いでした。グレープジュースがちが
ういろになったりしておもしろか
たです。いきをふきこむだけであ
うがかわるのよかったです。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | 3 | 2 | 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

わたしは、はじめに、き たのび、ど、かな?
と、おもいました。そ、は、いろ、ま、は、で、し、た
いろんな、じ、い、か、で、き、た、の、び、す、ご、う、れ、し
かった、です。いろんな、こ、と、を、し、り、ま、し、た、ら、
いちばん、お、も、し、ろ、う、か、た、の、な、こ、か、い、ろ、で、
ふ、り、に、つ、つ、た、ら、つ、か、う、そ、う、で、す。
た、か、ら、か、よ、て、よ、か、た、な、と、お、も、い
ました。また、また、い、で、す。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | 3 | 2 | 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

この理科、おもしろい、じ、い、か、な、こ、か、い、ろ、で、
た、こ、と、わ、き、の、け、い、し、う、で、あ、な、せ、な、ら、な、い、と、さ
う、か、ら、ゆ、き、の、け、い、し、う、か、い、を、ち、て、き、た、か、ら、い、で、す。
もう、つ、お、も、た、こ、と、か、い、あ、り、ま、す、そ、れ、は、
いろ、み、ず、で、あ、な、せ、な、ら、あ、や、オ、レ、ン、ジ、ッ、か、
う、い、き、を、ふ、き、こ、む、と、い、ろ、か、い、か、わ、る、か、ら、
で、す、そ、れ、に、い、ち、ば、ん、お、も、た、こ、と、は、さ、ん
せ、い、か、い、す、は、く、て、ふ、り、か、り、か、い、か、い、い、
と、を、し、た、こ、と、で、す。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | 3 | 2 | 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

とけるに"ごるで"は、しけんかんの中の雪
のよ、な、も、の、が、し、お、の、ち、し、う、な、の、か
が、き、に、な、り、ま、し、た。
ペーパーの実験で、はえきをいれても
いきをふいても色がかわること
におどろきました。
グレープジュースやリンゴのかわ
のえきなどにいろいろなやくを
いれてもおなじような色に
な、た、も、の、も、あ、つ、た、の、で、な、
く、り、し、ま、し、た。
また来年もさんかしたいです。
そして、いっしょに、う、ん、め、い、し、
たいです。ありがとう、こ、ざ、い、は、し、た

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | 3 | 2 | 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

身じか、pH指示薬でいろいろな物が、
酸性・中性・アルカリ性にわけられるの
かな、と思い理科、ておもしろい、な、
思、た、け、ど、"わたしは、また、3年生なので、
酸性性とかは、なら、わ、ぬ、の、で、早、く、な、ら、い
た、い、で、す。
エコカイロも、おもしろ、う、た、で、す。
わたしは、いきをふくと色がかわる
水、か、た、の、し、え、う、た、た、の、で、わ、た、し、も、
べ、ん、き、う、し、た、い、で、す。
またおしえてください。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | 3 | 2 | 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

わたしはいろいろなことを
できてうれしかったです。水などをい
れていろいろかわるのかたのしかた
です。いきをふいていろいろかわる
のもいっぱいいろいろできてうれ
しいです。わたしは理科が
たのしいと思いました。
いろいろなじけんができました。
しおのなかに水を入れただけ
なのになにもない所から
ほしみたいな雪がでてきたことも
たのしかったです。
わたしは理科にあたって
うれしかったです。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | 3 | 2 | 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

せんがをして、みんなにたのしいなんて
おもいませんでした。これから、すーと
せんがしていきたいとおもい
ます。わたしは、理科のじけん
をしたことなかったのて、
みんなに理科のじけんが
たのしいことをおしえて
わたしは、始め手をあげなかつ
たので、そのとき、手をあげられ
ばとばんせいしています。
みんなとどんなじけんを
するか、とてもたのしみ
しています。今日やったじけん
おもしろかったこととおもしろ
かったです。またおもしろい
じけんをかんがえてきて
ください。わたしにもおもしろい

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | 3 | 2 | 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

よくと色かわるじけんやさんせい、
中せいアルカリせいなどの色かわ
るじけんができたのでまた、さん
がしたいです。大学生はやさしく、
わかりやすく教えてくれたのです
ぐに、わかりました。はじめてさん
がしたのでさんちょうはしたけれど
楽しくできたのでとてもうれし
かったです。さい玉大学の教えてくれた大
学生本当にありがとうございました。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | 3 | 2 | 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

1時間目は、水にアルコールを入れたり、ろうそくの中を雪
さくらせたり、エコカいるのこもじけんしました。
2時間目はさんせい、中せいアルカリせいなどで
色をかえたりしたし、さんかたんえで色をかえした。
私は5分5秒と1時間目の方が速
かったけど2時間目も楽しかったです。
埼玉大学のお兄さんやお姉さんが
やさしく教えてくれたのでとても気持ち
よかったです。
また4年、5年、6年も来たいです。
理科がもっと好きになりました。
みんなの理科はなると理科さうりもこの
理科はむしろ教室でくくく
してもらいたいです。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | 4 | ③ | 2 | 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | 4 | ③ | 2 | 1 |
| (3) また、参加したいですか? | 4 | ③ | 2 | 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

わたしは『理科実験教室』に参加し
てよかったと思いました。始めは、
知らない子と、グループになてきん
ちょうしたけれど、だんだんおもしろ
くなって楽しくなりました。
じけんで一番楽しかったことは、
2時間目の色かわるじけん
でした。なぜいきをふくと色がかわ
ったのか、しぎででした。でもき
いてわかったのてとても勉強に
なりました。また、来年、この教室
にきてじけんをしたいです。大学
のみなさんありがとうございました。

- 1 あてはまる数字に○をつけましょう。
- | | そう思う | ややそう思う | あまり思わない | 思わない |
|----------------------------|------|--------|---------|------|
| (1) 実験は楽しくできましたか? | ④ | 3 | 2 | 1 |
| (2) 大学生は、わかりやすくおしえてくれましたか? | 4 | ③ | 2 | 1 |
| (3) また、参加したいですか? | ④ | 3 | 2 | 1 |

2 感想や参加してよかったことなどを書いてください。

いちばんさいごにやったことが楽しかったで
す。なぜかとやうと色水にいきをふいて色
がだんだんかわってきこととてもおもしろ
かったです。また、あたらいきた
いとおもいます。いきをふきこお
のかたにいへてした。でも楽し
かったです。さんせいや中せいやアルカ
リせいなどのことばをおしえてあた
らしくおぼえることができてうれ
しかったです。

3. キッズ・ユニバーシティ・さいたま

平成23年12月27日(火)と28日(水)に、さいたま市誕生10周年記念事業「キッズ・ユニバーシティ・さいたま」が埼玉大学において開催された。これに参加したときの内容や当日の様子等を以下に載せる。

キッズ・ユニバーシティ・さいたまの講師参加申し込み

①学部名	教育学部
②講座名	わくわく観察実験教室（ふしぎな水）
③職・氏名	教授・芦田 実
④メールアドレス	ashida@mail.saitama-u.ac.jp
⑤連絡先(TEL)	直通048-858-3225 または 内線3801
⑥実施希望日	27日 28日 <input checked="" type="radio"/> どちらでもよい (○を付けてください)
⑦使用教室	G109実習室 または 化学第1実験室
⑧学生補助員	不必要 1名必要 <input checked="" type="radio"/> 2名必要 (○を付けてください)
⑨消耗品の有無	不必要 必要 10000円程度 1講座：実費として最大1万円まで必要な場合は金額を記入してください
⑩準備物	児童が事前に準備するもの なし
⑪講座内容の概要	「ふしぎな水？色が変わる！一瞬でにごる！」 身近なpH指示薬、食塩水とアルコール、エコカイロ、試験管の中の雪などの実験を行う

※ 申込用紙の提出期限は、平成23年7月29日（金）です。

※ 提出先は教育学部事務室の山本（利）のメールボックスです。



身近な pH 指示薬





食塩水とアルコール



エコカイロ



試験管の中の雪



キッズ・ユニバーシティ・さいたまの講師参加申し込み

①学部名	教育学部
②講座名	わくわく観察実験教室（ゲームで知ろう！海の危険な生物）
③職・氏名	准教授・日比野 拓
④メールアドレス	hibino@mail.saitama-u.ac.jp
⑤連絡先(TEL)	直通048-858-3215 または 内線3791
⑥実施希望日	27日 28日 <input checked="" type="radio"/> どちらでもよい (○を付けてください)
⑦使用教室	生物学第1実験室
⑧学生補助員	不必要 1名必要 <input checked="" type="radio"/> 2名必要 (○を付けてください)
⑨消耗品の有無	不必要 必要 10000円程度 1講座：実費として最大1万円まで必要な場合は金額を記入してください
⑩準備物	児童が事前に準備するもの なし
⑪講座内容の概要	「ゲームで知ろう！海の危険な生物」

※ 申込用紙の提出期限は、平成23年7月29日（金）です。

※ 提出先は教育学部事務室の山本（利）のメールボックスです。



ゲームで知ろう！海の危険な生物

キッズ・ユニバーシティ・さいたまの講師参加申し込み

①学部名	教育学部
②講座名	わくわく観察実験教室（大きなシャボン玉をつくろう）
③職・氏名	教授・清水 誠
④メールアドレス	shimizum@mail.saitama-u.ac.jp
⑤連絡先(TEL)	直通048-858-3224 または 内線3800
⑥実施希望日	○27日 28日 どちらでもよい（○を付けてください）
⑦使用教室	机椅子が移動できる大きな教室2室
⑧学生補助員	不必要 1名必要 ○2名必要（○を付けてください）
⑨消耗品の有無	不必要 必要 10000円程度 グラミー洗濯のり（PVA入り）、洗剤ジョイパワープラス、伸縮ほうたい、エナメル線他
⑩準備物	児童が事前に準備するもの 特になし
⑪講座内容の概要	「大きなシャボン玉」 シャボン玉づくりをとおして、表面張力について学習をする

※ 申込用紙の提出期限は、平成23年7月29日（金）です。

※ 提出先は教育学部事務室の山本（利）のメールボックスです。



大きなシャボン玉

4. 特別授業「ふしぎな水？色が変わる！一瞬でにごる！」

平成24年11月14日(水)の県民の日に、埼玉大学教育学部がオープンキャンパス2012(授業公開Day)を開催した。このとき特別授業「ふしぎな水？色が変わる！一瞬でにごる！」を行った。参加者は少なかったが、以下の様に身近なpH指示薬、食塩水とアルコール、エコカイロ、試験管の中の雪等の実験を行った。

教育学部オープンキャンパス2012 授業公開Day

11月14日 10:40~12:10

「ふしぎな水？色が変わる！ 一瞬でにごる！」

エコカイロ、B-Z反応、青いフラスコの実験、
試験管の中の雪、身近なpH指示薬等の実験

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

色が変わる！ 「息や空気を吹き込む」

内容 色水に息や空気を吹き込むと、どんな色になるかな？

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

実験方法と結果

BTBやフェノールレッドは、中性のあたりで色が変わります。

水道水に溶かすと、弱いアルカリ性の色になります。

息を吹き込むと、二酸化炭素 CO_2 が溶けて弱い酸性の色に変わります。

新鮮な空気を吹き込むと、二酸化炭素が追い出されて、弱いアルカリ性の色に戻ります。

注意

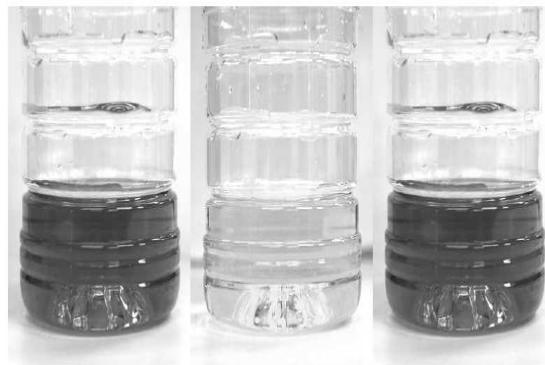
倒れやすいので、ペットボトルを手で
持って、息を吹き込みます。

ストローを吸ってはいけません。
薬品が口に入って、あぶないから。

色が変わったら、息を吹き込むのを止
める。気持ちが悪くなる前に。

フェノールレッド

水道水に溶かす → 息を吹き込む → 空気を吹き込む



もののとけかた かわったもの 「食塩水とアルコール」

内容 食塩水にアルコールを入れて
混ぜると、何がおこるかな？

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

実験方法と結果

試験管の中に食塩水を入れておきます。

試験管の壁を伝わらせてアルコールを静か
に入れると、無色透明なままで上と下に分か
れます。

栓をして振り混ぜると、一瞬で真っ白く濁りま
す。

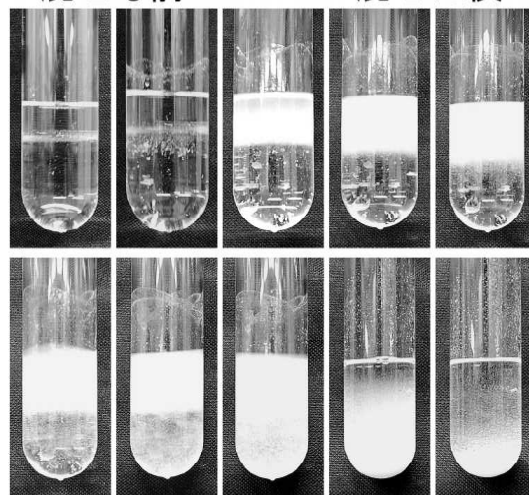
注意

アルコールは蒸発しやすいので、スポイトの中
で蒸発して、スポイトの先からたれます。

たれない様にするため、最初に何回かスポイト
に入れたり出したりします。

食塩水やアルコールが目に入ると痛いので、安
全メガネをします。

混ぜる前 →→→ 混ぜた後



もののとけかた 「エコカイロ」かわったもの

内容 金属板を押すとどうなるかな

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

実験方法と結果

最初に、エコカイロが冷たいことを確かめます。

机に置いて金属板を押し、こおる様子を観察します。

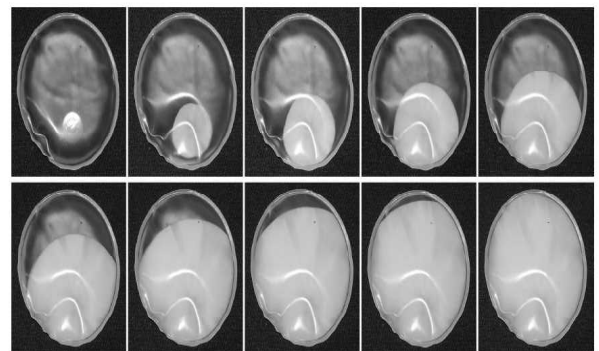
エコカイロが暖かいことを確かめます。

注意

金属板はまだ押さない。

エコカイロが冷たいことを、皆で確かめる。

押す前 →→→ 押した後



ものの溶けかた 「試験管の中の雪」

内容 試験管の中で、雪が降るようすを観察しよう

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

実験方法と結果

水溶液が冷えるにつれて、白色の粒ができます。

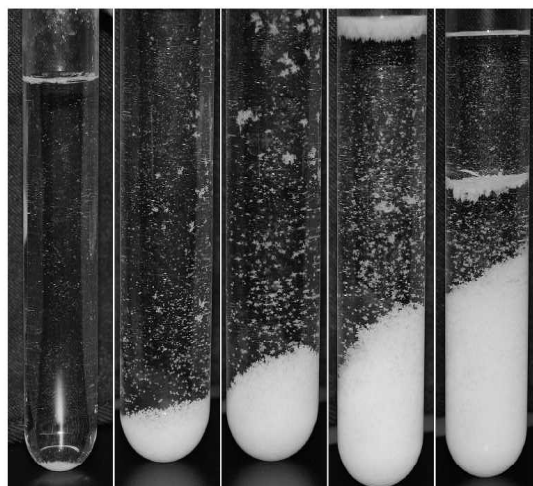
雪が降る様に沈んでいく様子を観察します。

注意

熱いのでさわらない。

こぼさない。

高い温度 → さます → 低い温度



色が変わる！

「Belousov-Zhabotinsky反応」

内容 色が周期的に変わる！不思議な
模様ができる！

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

フェロイン $\text{Fe}(\text{phen})_3^{2+}$

鉄イオンにo-フェナントロリンが3個付
いた錯体

鉄が還元されると赤色 $\text{Fe}(\text{phen})_3^{2+}$

↑

周期的に何回も繰り返す

↓

鉄が酸化されると青色 $\text{Fe}(\text{phen})_3^{3+}$

実験方法と結果

硫酸鉄(Ⅱ)とo-フェナントロリンを水に溶かし、
フェロイン水溶液を作る。

臭素酸ナトリウム水溶液、硫酸、マロン酸水溶
液、臭化カリウム水溶液を混ぜ、生じた臭素の
褐色が消えるまで置いておく。

フェロイン水溶液を加えて混ぜると、赤色と青色
の変化を周期的に繰り返す。

シャーレに少し移すと不思議な模様ができる。

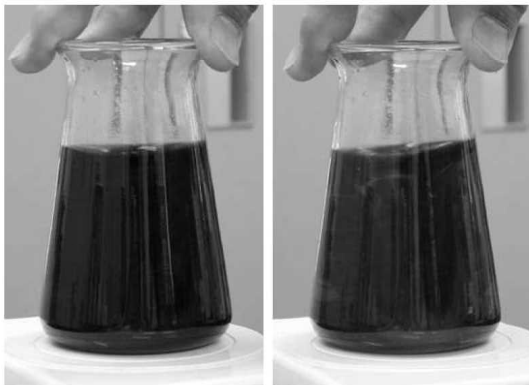
注意

劇薬を使うので、目に入らない様
に注意する。

刺激臭がするので、臭素の気体
を吸わない様に注意する。

B-Z反応

色が赤色 \leftrightarrow 青色 と周期的に変わる



B-Z反応

シャーレに少し移すと不思議な模様ができ、その模様が変化していく。



色が変わる！ 「青いフラスコの実験」

内容 振ったり、置いておくと、どんな色になるかな？

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

実験方法と結果

ぬるま湯に水酸化カリウムとブドウ糖を溶かし、ペットボトルに入れる。

メチレンブルー水溶液を加え、かたく栓をして激しく振り、青色が消えるまで置いておく。

色が消えたら、また激しく振ると青色になる。

繰り返し

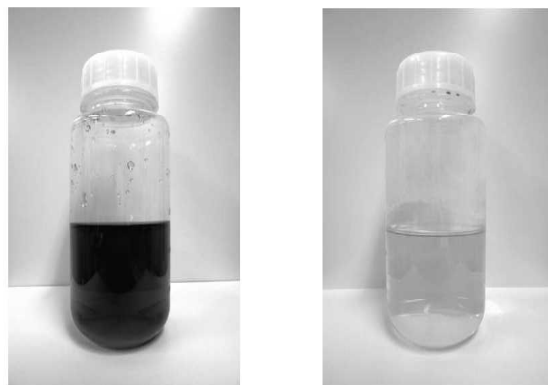
注意

溶液がアルカリ性なので、目に入らない様に安全メガネをする。

青色に変わったら、すぐに振るのを止める。ペットボトルから溶液が飛び出す前に。

メチレンブルー

酸化されると青色 \leftrightarrow 還元されると無色



5. ワークショップ

平成24年2月12日（日）に埼玉大学教育学部附属小学校において、さいたま市理科教育研究会等が主催の「埼玉・栃木・群馬小中合同理科教育研修会」と「ソニー科学教育研究会埼玉支部研修会」が開かれた。当日の昼食休憩時間（11:00～12:30）に同校1階の多目的ホールでワークショップに、多数の大学生の補助を得て参加した（23人、のべ143時間）。その時の日程と模様を以下に紹介する。

平成23年度

小・中合同理科教育研修会

理科好きな児童・生徒の育成をめざし

日時：平成24年2月12日（日） 10:00～16:40

会場：埼玉大学教育学部附属小学校

主催：さいたま市理科教育研究会、埼玉理科の会
ソニー科学教育研究会（埼玉支部、栃木支部、群馬支部・東京支部）
（財）ソニー教育財団

■日程

9:40～10:00	受付
10:00～10:20	開会行事
10:20～11:00	支部活動の紹介(埼玉支部)・栃木支部・群馬支部・東京支部)
11:00～12:30	ワークショップ
12:30～13:00	休憩（昼食）
13:00～13:20	写真撮影
13:20～14:20	演習「興味・関心を高める実験・観察の工夫～科学マジック編～」 ケニス(株) 村田 直之 氏
14:20～14:30	休憩
14:30～15:00	ソニー教育財団より
15:00～16:30	講演「科学的な探究能力をはぐくむこれからの理科教育」 埼玉大学教育学部理科教育講座 小倉 康 先生
16:30～16:40	閉会行事
17:00～19:30	懇親会（附属小より徒歩15分）

■ 参加費 会 員（学生含） 無 料 非会員 500 円
弁当代 600 円 懇親会 3000 円

■ 参加申込、問い合わせ：さいたま市立仲町小学校（中山 秀人） 048-831-4781

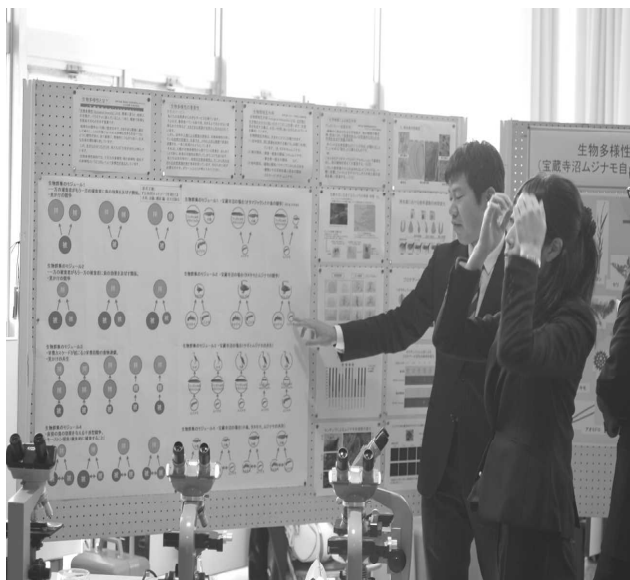
物理分野では「おもしろ物理実験」として、コイルを巻かずに作れるファラデーモーターの実験、凸レンズを水の中に入れると物が小さく見えたり、大きさが変わらなかったりするNegativeレンズの実験、家庭用電源を用いた実験（電気パン焼き器、コンセントのアース、家庭用電源テスター）、発電・蓄電の実験（手回し発電機、圧電素子発電、発電用モーター、LEDの交流発光）、電子レンジを用いた発光実験（オーロラ）等を実演・展示した。



化学分野（無機化学）では「理科離れの対策」として、塩酸などの19種類の水溶液の作り方（濃度計算と調製方法）をパソコンで実演し、紫キャベツなど7材料の身近なpH指示薬の色見本を展示・配布し、実験を成功させる秘訣（塩酸による鉄やアルミの溶解と蒸発乾固、アルミの溶解時間と温度）を展示・配布し、もののとけかた（食塩水とアルコール、エコカイロ、試験管の中の雪）を実演・展示し、科学研究費報告書（平成23年度分冊）と全てを記録したCD-Rを配布した。



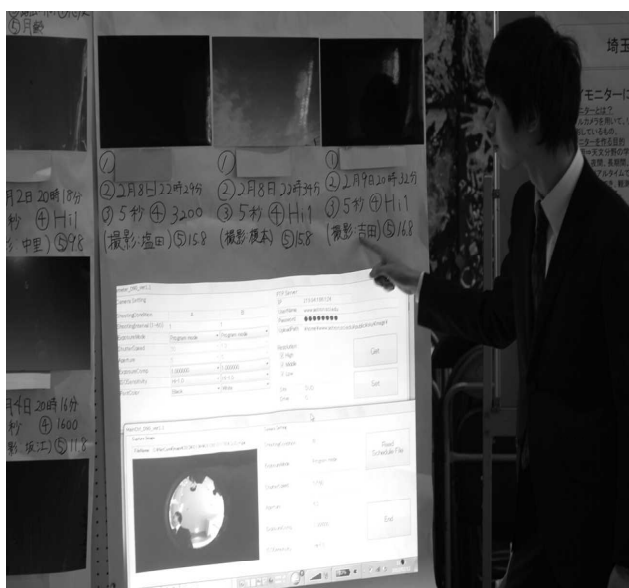
生物分野（植物）では生物多様性に関する「宝蔵寺沼ムジナモの自生地復元を目指した取り組み」について食物連鎖や生物群集のモジュールを展示し、顕微鏡による観察等を行った。



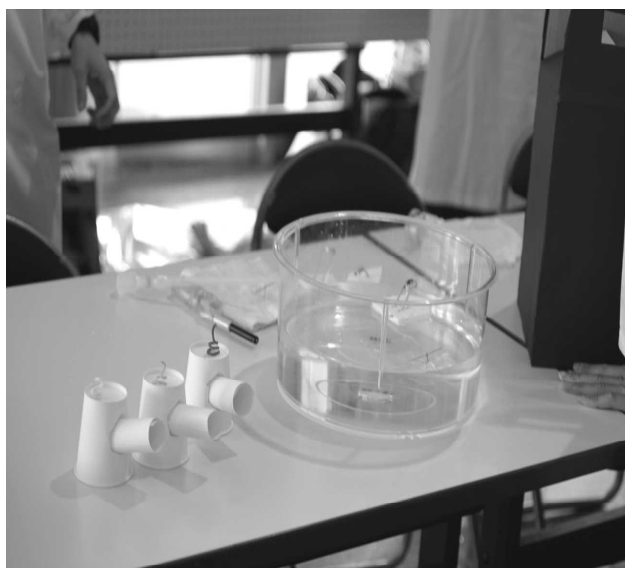
生物分野（動物）では「海の危険な生物」を知らしめるため、触ると危険なカツオノエボシ、ゴンズイ、ヒョウモンダコのゲームを作成して実演した。



地学分野では「埼玉で見える星空と天体の動き」について展示・実演した。スカイモニターについて解説したり、撮影した星空がどこのものか当ててもらった。











理科教育分野では「おもしろ理科実験教室」として、アルミパイプから蒸気を噴き出して進むポンポン蒸気船、霧箱による自然放射能の観察、モールで作ったヘビが紙コップの上で音声振動によって動くダンシングスネーク等を実演・展示した。



6. 特別なオープンキャンパス（秩父高等学校）

埼玉大学で平成24年8月7日（火）に埼玉県立秩父高等学校（研究代表者の出身校）が、大学主催のものとは別のオープンキャンパスを行った。複数の学生の補助を得てキャンパスツアーを実施し、代表者が模擬授業を行った。以下に、当日のスケジュールと様子等を載せる。

 Saitama University	
埼玉県立秩父高等学校大学見学スケジュール	
平成24年8月7日（火） 9:30～15:15 1年生94名、保護者5名、教員4名	
	 配布資料 「大学案内」「教育学部案内」「キャンパスマップ」ほか
9:30	埼玉大学着 バス(2台)は埼玉大学事務局棟東側に駐車(正門横・守衛所誘導)
9:45 ↓ 10:05	 大学概要説明（シアター教室） 大学の魅力をお伝えします！
10:15 ↓	 キャンパスツアー（2班に分かれて） ① 図書館 → 理科教育講座研究室めぐり ② 理科教育講座研究室めぐり → 図書館
11:00 ↓	 施設見学（2班に分かれて施設を見学します）
11:40 ↓	 昼食（生協第二食堂） 安くておいしい学食をご堪能ください！ 昼食後、学内自由散策
12:45	シアター教室集合（時間厳守をお願いします）
13:00 ↓ 14:00	 教育学部模擬授業（シアター教室）
14:15 ↓ 15:00	 卒業生との懇談（シアター教室） 質疑応答
15:15	出発 おつかれさまでした(〇〇)〆



図書館前



物理学研究室の見学



化学研究室の見学



生物学研究室の見学



地学研究室の見学

7. 天体観望会

板橋区立高島第三小学校での出張星空観望会～星空宅急便～

教育学部理科専修天文学研究室

大朝 由美子



平成24年7月14日(土)、埼玉大学教育学部天文学研究室は東京都板橋区立高島第三小学校において、「星空宅急便」と題した出前星空観望会を開催しました。7月14日から15日にかけて小学校のPTA主導で行なわれた「親子で♪夏のイベント2012 校庭キャンプ」の夜のメインイベントです。当日はあいにくの天候となりましたが、小学校の運動場に数多く張られたテントの隣で、小学校4, 5, 6年生約100名の児童と保護者の方30名ほどが参加してくださいました。

教育学部理科専修天文学研究室 4年

09PB302 荒谷 健太

最初に当日の星空の案内を運動場に用意したスクリーンにプロジェクターで投影して行った。その晩の東、南、西の星空の様子と、見ることのできる星座や惑星の説明を行った。夏の大三角、はくちょう座のくちばし部分にある天上の宝石といわれる二重星のアルビレオ、土星などである。

スライドでの案内が終わった後はお待ちかね、実際に自分の目で見てみよう！ということで、大学から持参した小型望遠鏡3台と手作り望遠鏡(コルキット)、双眼鏡、フィールドスコープを使って星を見た。当初は土星、アルビレオ、ケフェウス座の赤色超巨星のガーネットスターを望遠鏡で見てもらう予定だったが、雲も多く、予定通りにはいかなかった。そこで、その時々で雲の合間から見える星を探し、土星やアルビレオ、こと座のベガなど明るい星を臨機応変に望遠鏡に導入し、見てもらった。望遠鏡で星を見るまでの順番待ちの間、子どもたちには星座早見盤を使って星を探してもらった。



子どもたちは望遠鏡で見た星の姿に興味していた。「おお！大きく見えるよ！」や「きれい！」と素直に喜ぶ感想が多く聞かれた。子どもだけでなくお父さんお母さん方も、むしろ子どもたちよりも、興奮して夢中になって望遠鏡を覗いていた。最初の星空案内の甲斐もあり、子どもたちは友達同士で「あれがベガだよ。あの星は何だっけ？」といったように星に興味を持ち、自分達から空を見上げ、星を探していた。研究室的な学生と子どもた



ちの交流も和気あいあいとしていて、楽しい星空観望会を行うことができた。学生たちが星の説明などをそれぞれ付け加えて、より星空に興味をもってもらえるよう嬉しそうに話している場面も印象的だった。

観望会を終えた子どもたちからは「土星の環が見えた！本物を初めて見た。」「もっと望遠鏡で色んな星を見てみたい」などの感想が寄せられた。また、保護者からも「望遠鏡で星を見せてあげることは、子どもたちに良い刺激と喜びが与えられたようです。私たち大人も楽しめました。この楽しさを他の方々にも伝えていってください。来年度も是非来てください。観望会を楽しみに待っています」と、暖かい励ましとアンコールの言葉をいただいた。最後は保護者有志の方々による花火を一緒に楽しんで、星空観望会を終えた。



埼玉大学教育学部天文学研究室では、オープンキャンパスなど様々な行事を含めて、星空観望会を実施している（2012年度は1月現在で16回開催）。写真は、埼玉大学55cm望遠鏡及び小型望遠鏡を用いて太陽や星/星雲を観望している様子。

Ⅲ. 学生派遣

「理科実験観察お助け隊」として、さいたま市立大宮北小学校へ学生を派遣した（平成23年11月～平成24年3月に15人・のべ419時間、平成24年6月～12月に4人・のべ183時間）。さらに「三郷市おもしろ遊学館」の補助に学生を11人・のべ68時間派遣した。その他に「さいたま市青少年宇宙科学館イベント」、「川越市小・中・大学連携理科ふれあい事業」や「おもしろ実験教室（八木崎小学校）」にも学生を派遣している。これらの取組みに関する資料として、活動に参加した学生の体験談や感想文と当日の様子や活動内容等を次から記載する。

1. 理科実験観察お助け隊

実験観察お助け隊大募集

地域の小学校で理科の実験観察授業をサポート

- ・ 実験・観察授業の補助
- ・ 実験室、実験器具の清掃、整備
- ・ その他実験・観察授業に役立つことなんでも・・・

平成24年2月～3月上旬に活動可能な、**学生数名募集！！**
(謝金あり)

1、2年生の参加も歓迎します！！

派遣予定校 さいたま市立大宮北小学校

締め切り 平成24年1月13日（金）

提出先 物理学研究室 大向

※週1回程度、半日だけの参加も可能です。時間の融通についても相談にのります。

その他活動内容や本募集についての質問及び問合せは、大向まで。

実験観察お助け隊の活動に参加希望します。

学年

名前

所属研究室

連絡先（携帯電話のメールアドレスと番号）

可能な時間帯に○を記入してください。

	月	火	水	木	金
午前					
午後					

参加を希望する月を○でかこんでください。

2月・3月

その他希望など

理科実験観察お助け隊報告

大向 隆三

この取組みの目的は、一般的に教員が生徒指導や授業準備に多忙な現状にある小学校に対して、埼玉大学教育学部の大学生で組織する「理科実験観察お助け隊（お助け隊）」を派遣することにより、児童にとって魅力的で感動を与えられる理科実験のお手伝いや理科実験設備の整理と充実を図るための一助として活動すると同時に、学生にとって学校現場の仕事や苦労を理科という観点から専門的に勉強する機会を得て教員養成教育の一環として活用することである。今年度は最終年度の取組みであり、今までの実績と経験をもとに実施することとした。

具体的な取組み内容の一つ目は、さいたま市青少年宇宙科学館へ学生を派遣し、そこで実施される「第15回さいたま市科学者の卵コンテストロボット大会」（平成24年1月19・22日実施）と「ローバーロボット大会」（平成24年8月29日と9月1日に実施）の準備、作業補助、後片付けなどに参加した。これらのイベントは上記科学館が主催する小・中学生を対象にした科学啓蒙活動の一環である。1月のイベントには7名の学生が参加し、従事時間数は64時間、8月のイベントは学生が6名、のべ74時間の活動であった。派遣した学生は目の前の仕事を完了させるのに精一杯であったが、科学館の先生から懇切丁寧な指導を受け、イベントを成功させるのに不可欠な地味な仕事を体験することができ、科学の楽しさや喜びを伝える仕事の大切さを改めて感じてくれたように思う。科学館からの先生からは今回のお助け隊の働き振りを高く評価していただき、実際の運営に少なからず貢献できたことをうかがい知ることができた。

このほかに、理科実験観察お助け隊として学生をさいたま市立大宮北小学校へ派遣する取組みも引き続き行った。派遣の実績は1学期と2学期で、派遣学生数のがのべ4名、従事時間は合計で180時間を超えた。我々としては理科実験室の整備と実験授業の補助、教材開発の補助、小学校内における理科実験イベントの開催など、理科実験観察お助け隊の学生が教育現場で児童と直接接しながら活躍することを期待しているところである。派遣先で行われた研究授業にも実験補助として参加する機会を与えていただき、学生にとって極めて有意義な経験となった。授業後の協議会にも参加し、授業の狙いや構成、実践するうえでの難しさなど、現場教員の声を聞くことができた。児童による理科自由研究の発表にも立ち会う機会を与えていただいたが、指導に当たられた先生や実際に実験に取り組んだ児童の理科に対する熱心さと情熱にお助け隊学生は脱帽の様子であった。この「お助け隊」は取組みを開始してから4年を経過し、お助け隊を引き受けてくれている小学校においても児童からお助け隊学生が親しみを持って迎えられ、先生方からはお助け隊学生の活躍を期待されるまでに成長した。学生も理科の授業のほかに教員の仕事の大変さと働き甲斐を間接的に経験できたと思われる。今後も地域の小学校の協力を得ながら、活躍の場を広げたいと考えている。

上記活動に参加した学生による感想文や、活動の様子などを撮影した写真を資料として添付する。



理科実験お助け隊に参加して

教育学部理科専修 3 年
10PB324 関川 留都

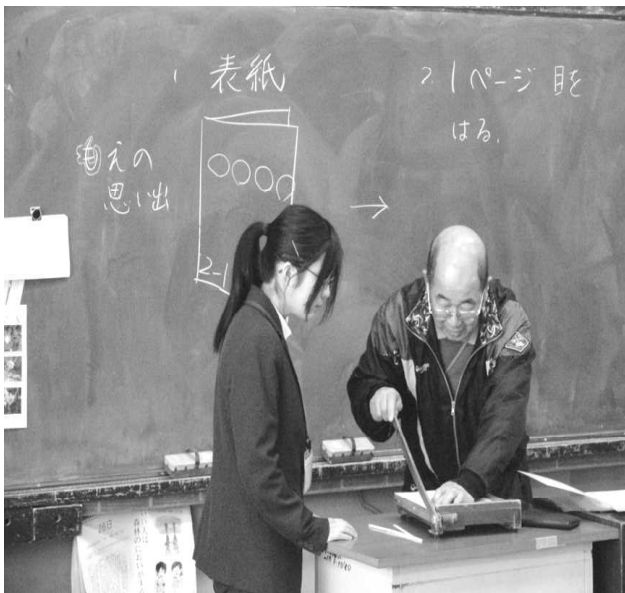
私が理科お助け隊に参加しようと思った動機は、来年度の教育実習を迎える前に実際の現場を見て勉強したいと思ったからです。塾講師のバイトをしたことはありましたが、児童との交流は少なく、勉強を教えることに重点を置いていました。そうではなく、普段の生活の様子を見てみたいと思い、応募しました。

授業に参加させていただいて思ったことは、大宮北小学校の児童は授業にとっても意欲的に取り組んでいるということでした。また、児童に予想させ、実験方法まで考えさせていることがすごく印象的でした。私が小学生だった頃は、教科書にのっている内容や先生が指示したことをただそのとおりに行うだけといった授業が多く、受身で退屈とも感じてしまうことが多かったです。しかし、大宮北小学校の児童は活気にあふれ、積極的に授業に参加しようとしていました。児童の考えを大切にする授業を行おうとする先生方の取り組みが、児童が自ら手を挙げて発言しようとする雰囲気を作り出すことにつながるのだと思いました。

ある先生がおっしゃった「結果よりも、自分で考え予想することが大切」という言葉がすごく心に残っています。私が実際に教師になったらこのことを意識しながら授業づくりをしたいと思いました。

また、理科室の整備も行いました。理科の教師は授業だけでなく、実験器具の管理や製作なども行わなければならないということを改めて気付かされました。

今回大宮北小学校に行き、現場の先生方や児童達から多くのことを学ぶことが出来ました。この経験を通して学んだことを、教育実習や実際の現場に出た時に生かすことが出来たらよいと思います。



2012年 2 月， 3 月お助け隊感想文

教育学部理科専修 3 年
10PB327 坪内 寿朗

昨年度を経験し、今年は自分から理科室整備に参加できていたと思う。とはいえ、道具の取捨選択はやはり先生にしてもらわなくてはいけないため道具を適当な所にしまうか、私目線で不必要と思うものを取りあえずまとめておく程度であ

ったが。

昨年度は理科準備室に常に待機し、理科室での授業にのみ参加するか、道具の準備をする程度の仕事しか割り振られなかったのですが、今年は理科室での授業があまりなかった分、理科以外の授業で各教室に派遣される形が多かったため、去年の倍以上のやりがいを感じた。

各教室での先生の指導や児童の活動は理科室とは非常に異なる。自分の使い慣れた机や普段の席配置の分、児童間の会話もやや多めであり、理科以外の教科ということで、1年生の生活科では近日の発表会の予行演習を拝見した。1年生の教室にはモルモットがおり、先生からは動物介在教育の話の直に聞くこともできた。特に1年生は何度か会うと構ってくれるようになるので和む。最後の日に行ったクラスで前日に校外学習に行けなかった子が、残念なのか皆が書いている感想文（行かなかった子は次回への意気込み等）を突き放すように手をつけていなかったの、その先がどうなったのかが気になる。2年生の算数の授業において、黒板の図の作図の課題に対する子供たちの図は物差しを使っているにも関わらず歪み、そして黒板の図とは確実に異なるものが多々見られた。真剣さを踏まえてもこの模写、イメージ能力には驚いた。

そのような中で最も注目したのは5年生の理科の授業であった。理由は授業参加時間と疲労感が最も高かったためである。授業内容は電池、回路の範囲であり、モーターで動く車のキットを使い、コイルを巻き、回路を組み、車を動かすところまでであるのだが、児童からの質問やエナメル線を扱う際のミスが非常に多い。自分の小学生当時を思い出しても、教科書以外のキットはおもちゃ同然で早く組み立てたくてそわそわしていた。ただ、教師の立場で授業風景を見て新たに気付く点を忘れてはいけない。それは児童の中で説明書の内容を把握しきれていない子がいること、作業が逐一先生に確認を取らないと進まない子などと、一部理解の早い子で気付くと進行速度にかなり差が生まれている場合である。おかげで我々や先生の説明が追いつかない子には、そのような子たちに説明を頼むほどである。お手伝いの私たちでかなりの疲労感を感じたのに、1人で授業を行った時にはどれだけ大変なのか。

もうひとつ注目することがある。先生毎の指導や学校がチャイム無しということや、自分たちのクラスということで緊張感が薄いことを踏まえても、私がお邪魔させてもらったクラスでは授業が始まったあとの児童の立ち歩きが多かった気がする。授業と休み時間の区別が薄い感じがするが、授業が成り立たないところ



までいっていないのは先生の指導が行き届いているからなのだろうか。私が小学生の時も同様の事をよく注意されたことを覚えているが、男子は変わらずギリギリまで遊んでいるのかとしみじみと感じた。

理科実験観察お助け隊に参加して

教育学部理科専修 3 年
10PB328 傳田晟矢

自分は今回理科実験観察お助け隊の活動に参加し、普段出来ない貴重な経験をさせて頂きました。活動の主な内容は授業の補助、特に理科の実験観察であります。算数や生活科の授業にも参加しました。また、学年も低学年から高学年までに及び、短い間に多くの児童生徒とふれあい、先生方にお会いし、時にはアドバイスをいただくことも出来ました。このように様々な学年の、様々な教科の授業を一度に体験することはそうそう出来ることではないと思うので、この活動はとても有意義なものであったと思います。

授業の他にも、給食の時間や掃除の時間、昼休みなどの生活の場にもお邪魔しました。学校では学習をより良くすすめるためにも、授業以外のこと、学級づくりが大切であると思います。特に小学校では学級の結びつきや集団行動が大切なことだとより一層強く思います。実際に色々なクラスをみると学年の違いはもちろん、同じ学年でも違うクラスであれば雰囲気も全く違うこともありました。そして、クラスごとに特有のルールが存在していることが多々ありました。例えば給食の時間のおかわりや、残すことに関することがありました。それだけでなく、教師の性格なども反映されているように自分は感じました。このように教師の与える子供や学級への影響が、いかに大きいものであるか感じる出来事でした。

もう一つ、授業の補助以外に理科で使う備品の整理や、理科準備室の掃除なども行いました。今回訪問した小学校は、どうやら歴史のある学校であるらしく、何十年も前の備品や壊れて使えない備品もたくさんありました。そういったものを整理、あるいは廃棄して整理することがもう一つの活動でした。この理科の備品管理や理科室の管理は、理科を専門とする先生の大切な仕事のようにです。特に小学校では理科を専門とする教職員はあまり多くないようで、この小学校でも一人の先生が担当していらっしゃいました。自分の目指している理科の先生、しかも現職の第一線で働いておられる方の仕事の様子が少しでも分かったことは、とても大きな収穫であると感じました。





最後に、自分はこれまでの大学生活で教員となるための勉強や、理科に関する勉強をしてきました。しかし、今回の活動に参加することにより大学で得た知識がまだ不十分であるばかりか、実践的な経験にいたっては、ほぼ皆無といってもいい段階であると認識しました。具体的には、小学生に関する理解が圧倒的に不足しているために、どのように説明すればいいのか、どこまで分かっているのかと分からないことが多々ありました。低学年の児童においては、まずそもそも勉強に集中出来ない子にはどのように接すればいいのか、わからない事だらけでした。これから教育実習へと赴くこととなるが、その前に自分の中に課題や欠点を見つけることが出来たと思うので、素晴らしい体験となりました。

お助け隊に行って

教育学部理科専修 3 年
10PB336 松本 実穂

私は、3年生になって行う教育実習の前に、先生はどうやって授業を行うのか、また児童はどのように物事を考えているのか、様子を知りたかったためにお助け隊に参加しました。参加したのは5日間でしたが、どの日も私にとって貴重なものでした。

仕事は主に理科準備室の整備や1クラスに行き、机間巡視などの授業の補助を行いました。どのクラスも授業では集中しており、先生の話をしっかり聞いていました。理科の授業で、電磁石の性質について回路を作って調べてみる場面が印象に残りました。たとえば、分からないところは友達と話し合ったりして互いに協力し、検流計の針が振れたことによって電流が流れていることや、コイルの両端に方位磁針を置いてN極・S極があることを見出せました。モーターを利用した車づくりでは、完成した車が何故動かないのかみんなと一緒に考え、そして電極の電池との接触が不十分・棒磁石の極が同じ極になっていたなどを見つけ車が動くようになりました。先生方も、教科書を単に進めるのではなく、どうしてそのようなことがいえるのかを考えさせ、そして児童達自身が答えを導けるよう工夫して授業を展開していました。45分という短い時間だと思いますが、どの先生も時間配分がしっかりしていて要点（その授業で伝えたいこと）をコンパクトに分かりやすく教えていました。現場の先生方の指導を間近で見させて頂いたことは、とてもありがたいことだと思います。私なりに、吸収したものを教育実習に

おいでも活用したいです。

大宮北小の子どもたちはとても素直で明るく、廊下ですれ違うたびに「こんにちは」とあいさつしてくれました。先生方もあいさつして下さりとても気持ち良いと感じました。私はお昼に給食を頂いていたので子ども達と食べていましたが、その時は授業の時とはまた違い、子どもたちなりに学校のことをはじめ、いろいろなことを教えてくれました。給食を残したりする子はいなく、むしろたくさんおかわりする子がいました。後片付けも先生の指導のもと、しっかり行っていました。子どもたちと過ごす時間は、あっという間でした。

お助け隊に参加して、私が補助としてできたことは少なく反省する点が多々ありますが、教師を目指す私にとっては大変ありがたい経験をさせてもらったと思います。参加する前まで、学校では何をすれば良いのか、そもそも学校とは何なのかよく分かりませんでした。が、学校は先生や友達との触れ合いの中、自己をどんどん成長（変容）させ、そして社会に参加していくという大切な場ではないかと思います。そのような場所に携わっていくことの責任の重さを感じますが、同時に誇りも感じます。最後に、北小のみなさん本当にありがとうございました。



理科実験観察お助け隊を通して

教育学部理科専修 4 年

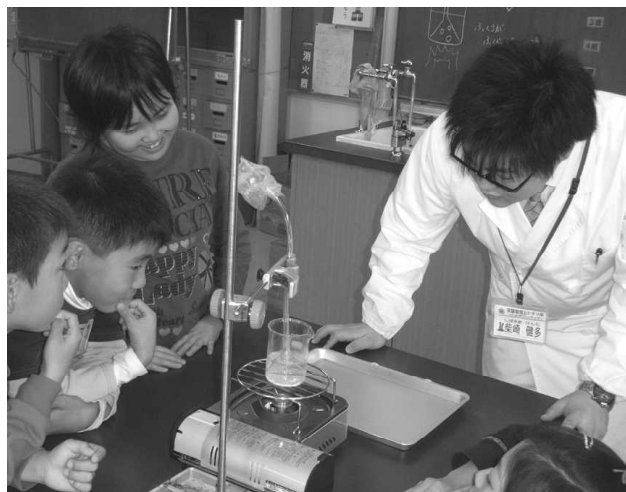
09PB316 柴崎健多

一学期から引き続き，二学期も理科実験観察お助け隊（お助け隊）として大宮北小学校に行かせていただきました．一学期からということもあり，児童の特性や小学校の状況などを理解することができたので，非常に有意義な活動を行うことができました．お助け隊を通し改めて感じたことは，子どもたちの考えや感じ方の豊富さです．例えば「水が沸騰するときの泡の正体は何だろう？」という課題の予想では，児童から「空気」や「水」という予想の他にも「二酸化炭素」や「火が変化したもの」という予想も出されました．「鉄を熱すると大きさはどうなるだろうか？」という課題の場合には，「鉄を火で熱すると溶けてしまう」と考えている子どもたちが多くいるということも分かりました．児童の意見を聞く体験を通じて児童の考えの豊かさを知り，教員になったときには授業の指導案作成や実際の授業を行う段階で児童からの予想される幅広い反応を反映し，汲み取った内容にしなければならないのだと痛感しました．

理科実験の授業では，火などを扱う危険な作業に対して特に注意を払わねばならないことを実感しました．4年生のアルコールランプを初めて使う授業で，担任の先生が使用方法や事故の可能性について非常に厳しく指導をしておられたのが印象的でした．それでも，その授業の中で熱した鉄球に素手で触ろうとした児童がおり，大きな事故につながりそうなヒヤリとする場面も見ました．理科実験の間に児童がどのような行動に出るのかをしっかりと予測することの重要性を再認識しました．

今回は研究授業の補助も行わせていただきました．研究授業では，児童は非常にテキパキと実験をこなしており，私がお手伝いできたことは実質的にほとんどありませんでした．振り子の内容を扱った授業をみさせていただいたのですが，おもりの重さを変えても振り子の周期が変わらないという実験結果について，子どもたちからは驚きがみられました．実験方法について児童がしっかりと理解しており，正しい実験結果を得て，事前の予想との違いに驚きを示すという非常に素晴らしい授業が1時間の中で行われ，私も大変勉強になりました．その後の協議会にも参加させていただきました．先生方の多方面からの議論・検討は，私が気付かなかった点からの指摘も多くあり，教育現場ならではの貴重な内容でした．

授業以外では，自由研究の発表会の練習を見学させていただきました．自分が興味を持ったことを端緒に，先生の助言を受けながら非常に深い内容まで研究を



進めていました。児童自身の努力もさることながら、指導にあたられた先生の熱意と労力も並々ならないものであるとわかりました。私が教員になって同じようなことができるか心もとないですが、そのような指導ができるよう大学での学業を今まで以上に熱心に取り組もうと思いました。児童の発表態度も非常に堂々としていて驚きました。

お助け隊で関わったすべての期間を通じ、子どもたちの素直さが印象的でした。実験で予想外の結果が得られたときには非常に驚いた表情を見せてくれましたし、授業が時間いっぱいになってしまい私が片づけを行うようなときには、全体のあいさつの後児童のほうから「ありがとうございます」と言いに来てくれました。この体験を通じ、将来教師になりたいという思いが一層強まりました。三学期もぜひお助け隊に参加したいと思います。

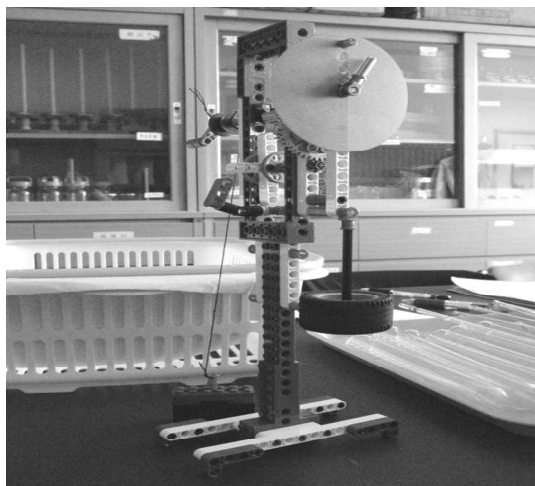
理科実験観察お助け隊に参加して

教育学部理科専修 3 年
10PB336 松本 実穂

私は子どもとのふれ合いを通して、子どもだけでなく自分自身も成長していけることが教員であると考えている。そのような教員を目指しているのだが、子どもたちが何を考えているのか、先生が子どもたちの力をどのように身につけさせていくのか直接見ることは、将来教員として働く時に役に立つのではないかと思います。お助け隊に参加させてもらった。

私は主に 1, 2, 4 年生を補助していたが、どの学年も自分から進んで学習に取り組んでいる子どもたちが多かったのが驚いた。とくに 4 年生は予想や結果を述べる時、「空気は暖まった時に体積が大きくなったのだから水も体積が大きくなるのではないかと」と根拠を述べていた点には感心してしまった。中には中学・高校で学ばないと分からないことも質問としてでてきていて、先生の指導が大変そうにも見えた。私は中学校の教員を目指しているが、この小学校の児童のように、生徒が演繹的に答えることのできる力を身につけられるように、授業展開を構成しなければならないと思った。また、先生も空気鉄砲など面白い教材を使って子どもたちに理科の内容を視覚的に理解させようと工夫していたり、事象を確かめるにはどのような実験を行えばよいのか子どもたちに決めさせるなど、子どもたち主体に授業を進めたりする点は印象的であった。理科が専門でない先生の授業でも先生ごとの創意工夫が随所で見られ、たくさんの良い点を間近に見ることができた。私も教員になって授業を行う時、これらの勉強になったことを活用して「理科を勉強するの、難しいことだらけだけど、なんか面白いよね」と思える子が 1 人でも増えてくれるよう努力して行きたい。

短い期間ではあったが、理科授業における子どもや先生方とのやりとりを通してますます教員になりたいと思う気持ちが強くなった。純粋に、人と人とが触れ合うことはなんて素敵なのだろうと感じさせてくれた。小学校では先生方に迷惑ばかりをかけてしまったが、この場を借りて小学校の先生、子どもたちに心からの感謝を述べたいと思う。本当にありがとうございました。



2. さいたま市青少年宇宙科学館イベント

さいたま市青少年宇宙科学館において平成24年1月20日(金)に『さいたま市科学者の卵コンテスト ロボット大会「キャリアロボット・シューロボット」』が開催された。大会当日の運営および前日19日(木)の会場準備と研修に学生を7人・のべ64時間派遣した。さらに、平成24年9月1日(土)に『若田名誉館長杯 ローバーロボット大会「キャリア・シューロボット大会」』が開催された。大会当日の運営補助および8月29日(水)の会場準備と研修に学生を6人・のべ75時間派遣した。これらのイベントの資料等を以下に載せる。

埼玉大学教育学部

さいたま市青少年宇宙科学館イベント学生補助員募集

事業名：さいたま市科学者の卵コンテスト ロボット大会
「キャリアロボット・シューロボット」

日 時：1月19日(木) 10:00~16:30 (会場準備及び研修)
1月22日(日) 8:45~16:30 (大会の運営)

☆どちらかしか参加できないなど2日間出られなくても構いません。
(2日間参加可能であれば尚可)

内 容：大会の準備、研修及び大会当日の運営補助

*募集人数 7名程

*謝 金 有り

*昼 食 当日の昼食(飲み物)は各自で用意してください。

締め切り 平成24年1月13日(金)

提出先 物理研究室 大向

☆質問などの問い合わせは物理学研究室 大向まで

尚、応募者多数の場合ご希望に添えないこともある旨ご了承ください。

1月 19日 22日

の活動に参加希望します。

(参加可能な日に丸をつけてください。午前のみ参加可能な場合その旨記入の上提出してください)

学年

名前

所属研究室

連絡先(携帯のメールアドレスと電話番号)

さいたま市青少年宇宙科学館イベント学生補助員募集

事業名：若田名誉館長杯 ローバーロボット大会
「キャリア・シューロボット大会」

日 時：8月29日（水）10：00～16：30（会場準備及び研修）
9月 1日（土） 8：30～16：30（大会の運営補助）

☆どちらかしか参加できないなど2日間出られなくても構いません。
（・2日間参加可能であれば尚可 ・29日は半日可）

内 容：大会の準備、研修及び大会当日の運営補助

*募集人数 7名程

*謝 金 有り

*昼 食 当日の昼食（飲み物）は各自で用意してください。

締め切り 平成24年7月31日（火）

提出先 物理研究室 大向

☆質問などの問い合わせは物理学研究室 大向まで
尚、応募者多数の場合ご希望に添えないこともある旨ご了承ください。
申し込み期限を過ぎてからの問い合わせも可能です！

8月29日、9月 1日

の活動に参加希望します。

（参加可能な日に丸をつけてください。午前のみ参加可能な場合その旨記入の上提出してください）

学年 名前 所属研究室

連絡先（携帯のメールアドレスと電話番号）

さいたま市青少年宇宙科学館 “親子の絆” 「ロボット作り教室」を通して

教育学部理科専修 3 年
10PB328 傳田晟矢

先日、さいたま市青少年宇宙科学館にてロボット作り教室の補助をさせていただきました。小学校低学年の子供たち20名と、保護者の方々の参加を頂き、3時間程の短い時間ではありましたが、ロボット作りの補助を行いました。ロボットは壁伝いに走っていくネズミロボットというもので、さいたま市青少年宇宙科学館の主催でレース大会等も開かれているそうです。そのネズミロボットの製作をお手伝いしたわけではありますが、組立作業には複雑な工程も含まれていて子供にはやや難しいものでした。自分もこのロボットとほぼ同等のものを事前に製作しましたが、なかなか苦戦しました。当日は科学館の先生や保護者の方々と協力してロボットの製作のお手伝いを行いました。取り組み方は親子によって様々であり、保護者の方が率先して製作していたり、苦戦しながらも一生懸命取り組む子供を見守っていたりと、どの親子にも強い絆を感じました。宇宙科学館の職員の方や保護者の方の話では、最近の子供は以前ほど模型や工作をしないようで、とのことで、やはり経験のある保護者の方が製作には手慣れている印象を受けました。製作の後は科学館の別のイベントで使われるコースを使い、試走を兼ねたリーグ戦が行われました。参加者は同じキットを使い製作したもので特別な工夫を施すような時間も無かったので、大した差は出ないだろうと予想していましたが、案外ロボットの動く速さには差が現れ、意外でした。試走とはいえ、とても白熱したレースが行われました。イベント終了の際には、参加親子全員が笑顔でいらっしやったので、私としても少しはお役に立てのかなという満足した気持ちで終わることができてよかったです。

自分はこれまでに、教育実習等で子供たちと触れ合い、そこから学ぶ機会は何回かありましたが、今回は保護者の方ともお話する機会を頂き、大変良い経験をさせていただきました。親子で協力して、何か作業をするというのは、あまり多くは無いものだと思います。子供にとってもこの経験は、理科を好きになるひとつの契機となるでしょう。家庭でも自分で製作したロボットを通じて科学や技術に関する話題が増え、理科離れが問題視される現代社会の中で子供たちの理科に対する興味の種となってくれば幸いです。さいたま市青少年宇宙科学館の職員の方のお話では、今回の教室の他にも様々な講演会や学校への出前授業等を行い、子供たちへ理科の楽しさを伝えていらっしやるそうです。また、さいたま市では理科だけでなく、様々な分野において子供たちが得意なことを見つけ、伸ばすことへの手助けとして自分発見パスポートというものがあるそうです。今回のロボット教室もそのパスポートの対象で、他にも音楽のコンクールや、スポーツの大会等が対象となっているようです。このように、学校だけでなく家庭や地域ぐるみで、子供の個性の発達と学習のサポートを行う活動の一環である教室の補助させていただき、私にとって非常に有意義な一日となりました。

3. 三郷市おもしろ遊学館

おもしろ理科実験教室「望遠鏡を作ってみよう」報告

大向 隆三

平成 24 年 10 月 28 日（日）、午後 1 時 30 分より午後 3 時までの 90 分間で標記の理科実験教室を開催した。当日は埼玉大学教育学部理科教育講座物理学教室より、教員 1 名（大向）、学生 3 名が児童の実験指導及びその補助を行った。参加者は地元の児童 36 名であり、小学 1 年生から 6 年生まで幅広い学年からの参加であった。今回取り上げたテーマは、多くの児童が興味を持ち、かつ児童自ら工作を通じて実物を作り上げる過程を大切にしたいと考え、望遠鏡のキットを使った製作と観察の実験を選択した。

実験教室当日は、おもしろ遊学館館長によるご紹介のあと、教員がレンズについての簡単なレクチャーを約 20 分間行い、そのあと望遠鏡の製作に着手した。教員はキットの中身の確認から始まり、ひとつひとつ順序立てて十分な時間を確保しつつ進行させることを心掛けた。実際、キットに添付された組立説明書の内容は小学生が使用するには困難で、今回の説明はスムーズに児童が組み立てるうえで効果的であった。作業でトラブルが生じた児童への対応は補助の学生が個別に指導した。およそ 30 分の製作時間をかけて全ての児童が望遠鏡を完成させることができた。児童たちは自分の作った望遠鏡を覗きこむのを心待ちにしていた、全員の完成を待って実験室のカーテンを開け、戸外の風景を観察させた。最初は望遠鏡で観察された像が実際のものと上下左右がさかさまになっていることに児童が気付く、不思議そうにしていた（中には「失敗したのではないか」と不安がる児童もいた）が、仕組みを繰り返して説明することでその内容を理解し、嬉しそうに次々といろいろな場所へ望遠鏡を向けて観察を続けていた。遊学館フロア内も開放してもらい、20 メートルほど離れた廊下の両端で児童が向かい合って立ち、互いの姿を観察させることも行った。観察の時間はおよそ 30 分間であった。総じて児童たちは手際よく工作を行うことができ、実験にも意欲的に取り組み、「もっと理科の実験に参加したい」と思ってくれたようである。補助にあたった学生も、どのような点に注意してなにをポイントにアドバイスすればよいのかを自分で考え、実際の児童の反応を感じることでできる教育的で有意義な機会となった。

終了後には児童へアンケートを行ったので、その結果も合わせて報告する。非常に好意的に児童が今回の理科実験授業を受け止め、取り組んでくれたことがわかる。我々としても、テーマ内容、実験レベルともに参加児童にマッチしたプログラムを提供できたのではないかと判断している。

理科実験教室(望遠鏡を作ってみよう)アンケート結果

H24. 10. 28

参加者(36名)			
男子	21	女子	15

1	今日の実験は楽しかったですか。				
	楽しかった	少し楽しかった	ふつう	あまり楽しくなかった	ぜんぜん楽しくなかった
	34	2	0	0	0
2	先生の説明はわかりやすかったですか。				
	わかりやすい	ふつう	少しわかりにくい	わかりにくい	
	21	13	2	1	
3	今日の実験を進める「はやさ」はどうでしたか。				
	はやすぎる	すこしはやい	ちょうどよい	すこしおそい	おそすぎる
	22	2	1		
4	工作(望遠鏡を作ること)はむずかしかったですか。				
	かんたんだった	ふつう	少しむずかしい	むずかしすぎる	
	25	11	0	0	
5	自分で作った望遠鏡で、うまく遠くのものを見ることができましたか。				
	よく見ることができた	少し見にくかった	ぜんぜん見えなかった		
	25	11	0		
6	もっといろいろな理科の実験に参加したいと思いますか。				
	ぜひ参加したい	できれば参加したい	わからない	あまり参加したくない	
	25	10	1	0	
7	みなさんの学校では、理科の実験をはしていますか。				
	たくさんする	ときどき	あまりしない	ほとんどしない	マークなし
	9	20	2	4	1
8	理科の実験は好きですか。				
	大好き	どちらかというとき	ふつう	どちらかというとき嫌い	大嫌い
	26	5	5	0	0
9	今日の実験で面白かったところ、または面白くなかったところを書いてください。				
	・ぼうえんきょうのつくるのがたのしかった。 ・工作はかんたんなかんじだったのですが、できたときのたっせいかんがすごかったです。 一番面白かったことは自分で作ったぼうえんきょうをのぞくことです。のぞくとき、どんなふうに見えるかドキドキしたからこれをえらびました。 ・自分で作ったぼうえんきょうで外をみたらよく見えたのでうれしかった。 ・ぼうえんきょうがよく作れてよかったです。 ・望遠鏡のしくみを知れたところがよかったです。 ・今日の実験は作るのと見るのほとんど全部が楽しかったです。面白くないところはひとつもなかったです。 ・私は工作をするのが大好きなので、とっても楽しかったです。 ・じょうずに作れてうれしかったです。先生たちもやさしかったです。 ・みんなといっしょにべんきょうできてよかった。 ・おもしろかったところはぼうえんきょうで町を見たときぎやくだったのでびっくりしました。				

おもしろ理科実験教室「植物の香りの秘密」報告

2012 年 10 月 6 日（土）13:30～15:00

講師：金子 康子

TA：大澤やよい，坪内寿朗，松本実穂

植物はさまざまな香りを作り，蓄えている．身の回りの多くのもの，例えば，はみがき粉や菓子類，料理，飲み物，入浴剤などに植物の香りが用いられている．今回はミント（和名セイヨウハッカ），タイム（タチジャコウソウ），ラベンダー，バジル（メボウキ），セージ（ヤクヨウサルビア），ローズマリー（マンネンロウ）という 6 種類の“ハーブ”の仲間の植物を用意した．携帯型の電子顕微鏡を運び込み，それぞれの葉の表面構造を観察して香りを保持する構造を探した．植物の葉に触れ，さわやかな香りの漂うなかで，電子顕微鏡のポンプの音を聞きながら，虫眼鏡や電子顕微鏡で観察，さらに味わってみる，という五感をフルに活用する企画となった．

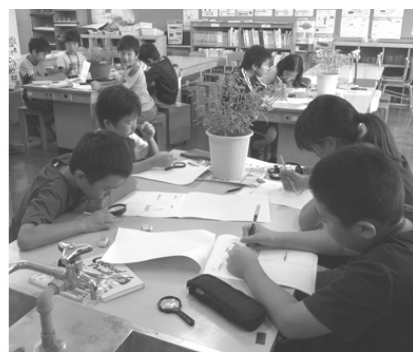
参加者は 3 年生から 5 年生を中心に小学生 24 名．付き添いの保護者と共に各々の興味にしたがい，植物の香りの秘密を探った．数名の児童は電子顕微鏡の操作に大変興味を示し，自分達で操作しながら肉眼では見ることのできないミクロの世界の観察を楽しんでいた．



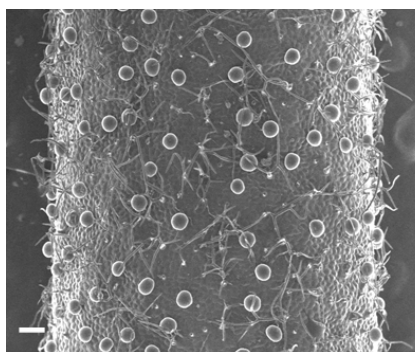
どんな香りかな？



虫めがねで見てみよう

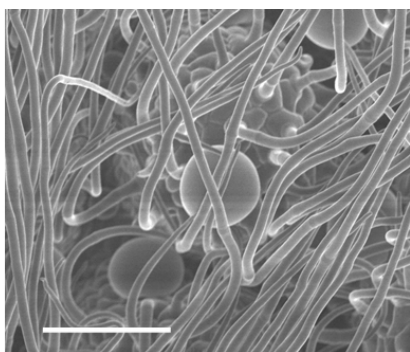


見えたものをスケッチ



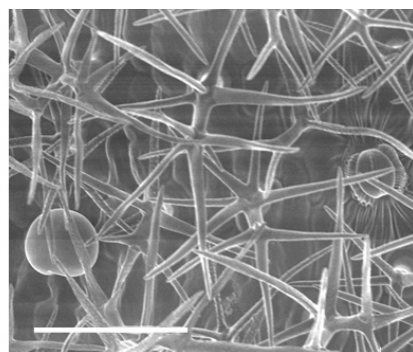
<ローズマリーの葉>

丸いつぶつぶがたくさん



<セージの葉>

細長い毛の間に香りの袋



<ラベンダーの葉>

星型の毛の間に袋(左)と気孔(右)

下段 3 枚は参加児童が撮影した走査電子顕微鏡像．スケールバーはいずれも 0.1 mm．香りを保持する袋（腺毛）は葉の表面にあり，触れると簡単につぶれるが，肉眼では見ることができない．虫めがねで観察するとキラキラ光る粒として見える．香りの袋を見つけ，「だから葉っぱをつぶすとにおいがするんだね．」と納得していた．最後に「植物は何のためにいろいろな香りを作って持っているのかな？」と問いかけると，それぞれの見聞をもとに考えていた．

「三郷遊学館おもしろ実験教室」

指 導 清水誠

授 業 者 学部4年 三浦恭太郎

授業補助者 学部4年 石田卓矢、實川和宏、高信志穂、山崎麻美

場 所 三郷遊学館

期 日 平成24年5月13日

1. テーマ：理科は感動だⅦ～カラフルマジック～

2. 実験教室の概要

(1) フェノールマジック

(ア) 内容

フェノールフタレインと石灰水を反応させる実験を行わせる．そして，アルカリ性の水溶液に入れると色が無色透明から赤紫色に変色するという，フェノールフタレインの性質を体験させる授業を実施した．

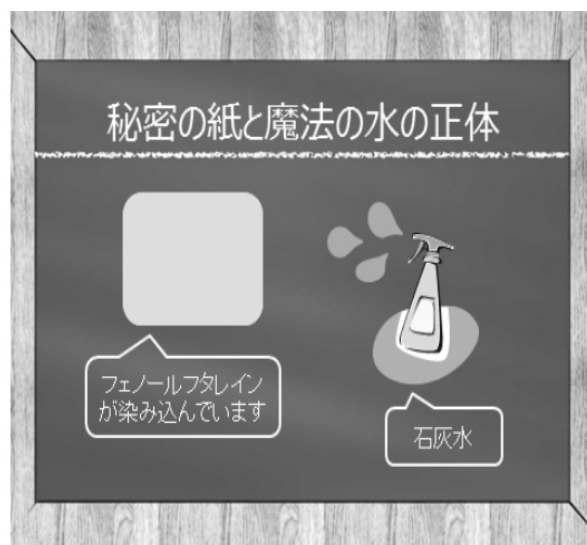
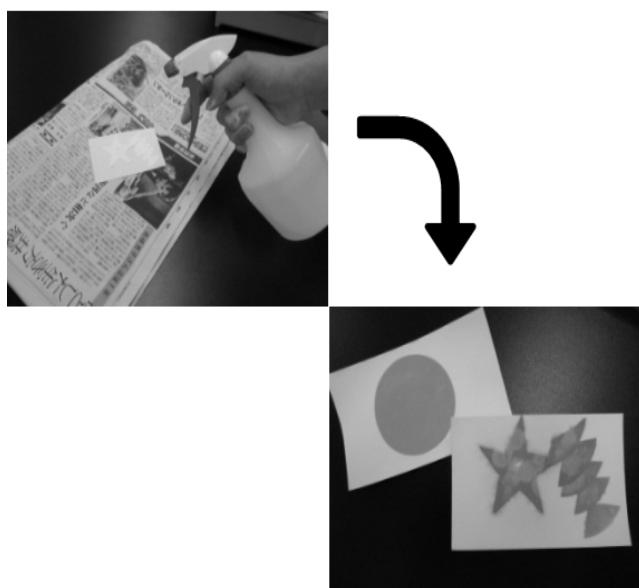
(イ) 方法

フェノールフタレイン溶液を染み込ませた台紙に石灰水を霧吹きによってかける．そして，台紙の色が白色から赤紫色に変化するように観察する．

(ウ) 授業の流れ

①フェノールフタレインを使った実験

②フェノールフタレイン溶液の性質の説明



(2) 世界に一つだけの花をさかせよう♪

(ア) 内容

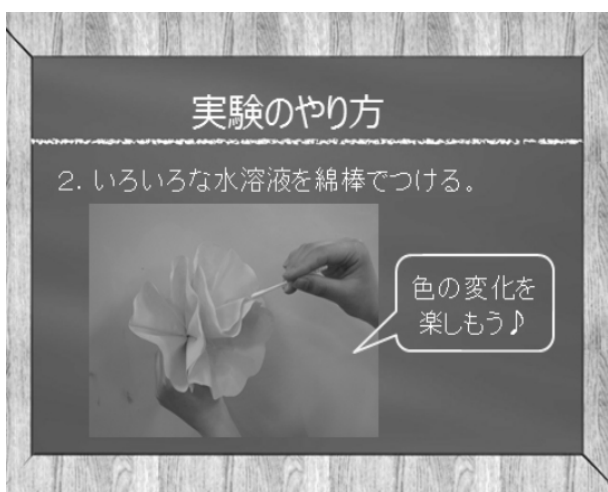
ムラサキキャベツの茹で汁が、水溶液の液性を調べることのできる指示薬であることを体験させる授業を実施した。

(イ) 方法

ムラサキキャベツの茹で汁を染み込ませたコーヒーフィルターを花のように形を整え、そこに酢、レモン水、水、重曹水、石灰水を綿棒で付け、色の変化を観察する。

(ウ) 授業の流れ

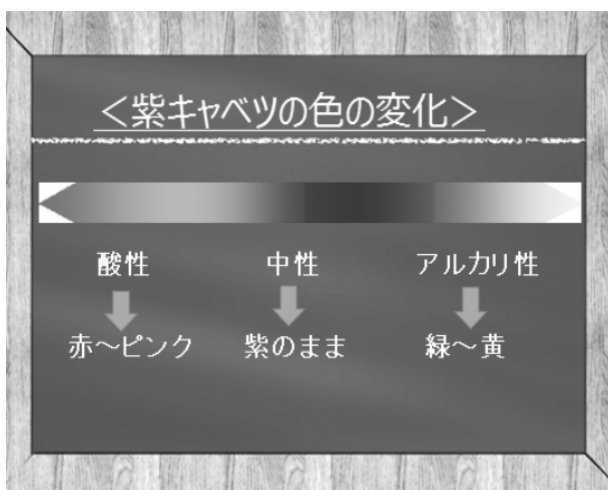
①実験方法の説明



②ムラサキキャベツの実験



③ムラサキキャベツの指示薬としての性質の説明



(3) 色の大分解！

(ア) 内容

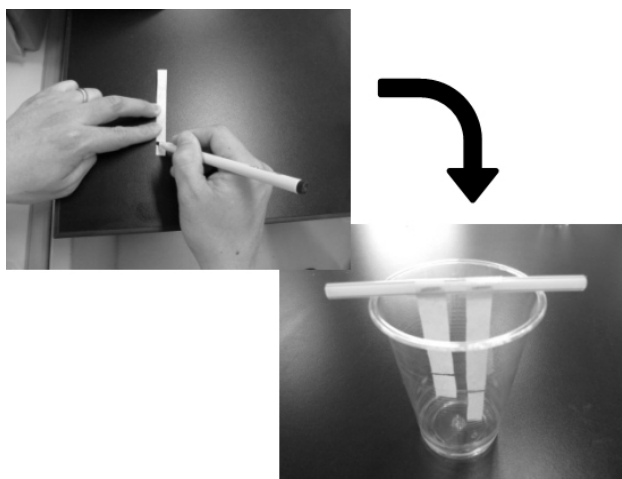
身近にある日用品を利用して、ペーパークロマトグラフィーによる色素の分離を体験させる授業を実施した。

(イ) 方法

短冊状に切ったコーヒーフィルターの端から 2 cm のところに，水性ペンで線を書き込む．そして，コーヒーフィルターの書き込んだ側を下にして，水に浸してしばらく待つ．

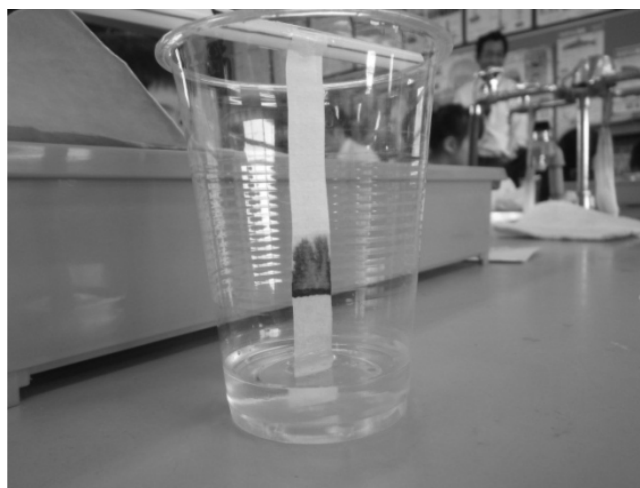
(ウ) 授業の流れ

①実験の方法の説明

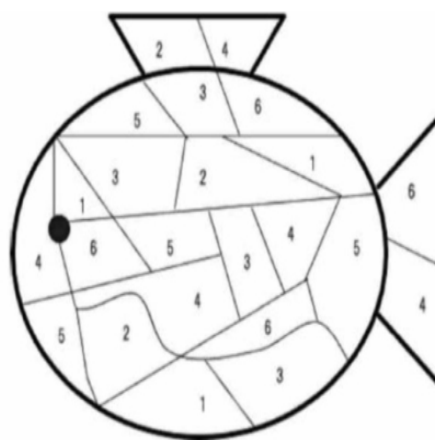
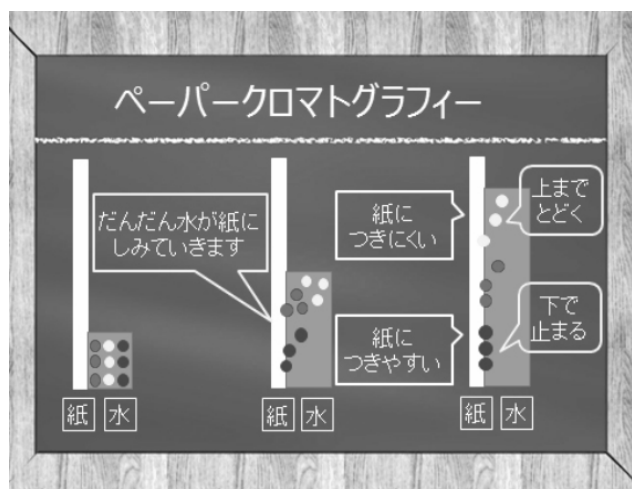


②コーヒーフィルターによる

ペーパークロマトグラフィー



③ペーパークロマトグラフィーの説明



1あお 2みどり 3みずいろ 4あか 5きいろ 6オレンジ

(4) 秘密のメッセージ

(ア) 内容

物の色は光を反射する色と吸収する色によって決まっているということを体験する実験を実施した．

(イ) 方法

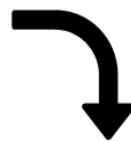
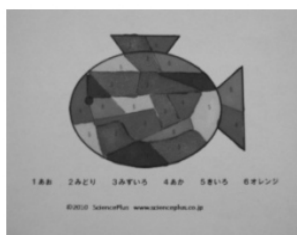
魚の絵を指定された色のペンで塗り，それに赤いセロファンをかぶせて見る．そして浮かび上がった文字を読む．

(ウ) 授業の流れ

① 魚の絵に色を塗る作業



② 魚の絵に赤いセロファンをかぶせる



③ 色の見え方と光の関係の説明



3・実験教室の様子



今日のお約束をみんな守れるかな？



液体の性質をしらべるものを

みんなは知っているかな？



花に色をつけていきましょう♪



溶液の種類によってどんな色がつくかな？



世界で一つだけの花ができましたね♪



色が分離されていく様子を観察しよう！



魚の絵に丁寧に色を塗りましょう♪



色が見えるしくみはわかったかな？

4. 川越市小・中・大学連携理科ふれあい事業

「色が変わる！」

授業者 鈴木崇広、佐々木康地、二川侑一郎、佐藤一星

学校および期日

川越市立高階南小学校 平成24年 9月11日

川越市立川越小学校 平成24年10月10日

川越市立高階北小学校 平成24年11月20日

内容

(1) 色が変わる (酸・アルカリ)

フェノールフタレイン水溶液及びBTB水溶液に、ドライアイスを入れることで液性を変化させ、水溶液の色を変化させる実験

(2) 色が変わる (酸化・還元)

メチレンブルー水溶液の酸化還元反応

(3) 割れないシャボン玉

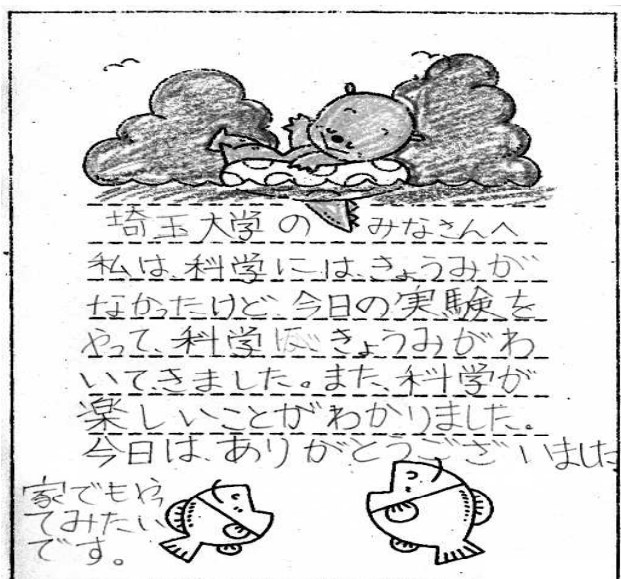
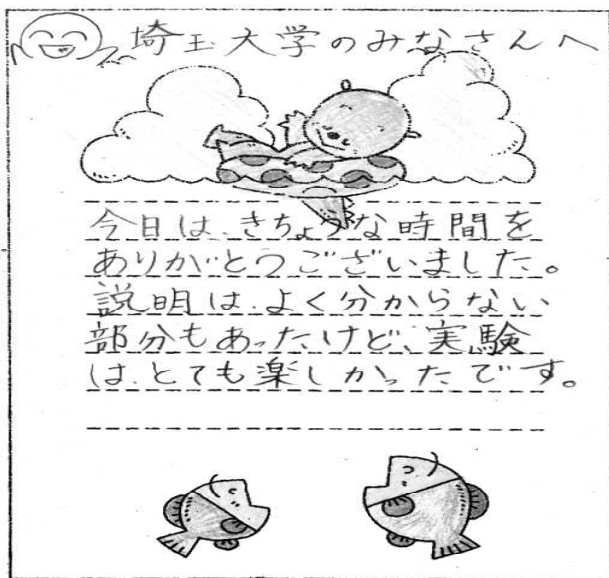
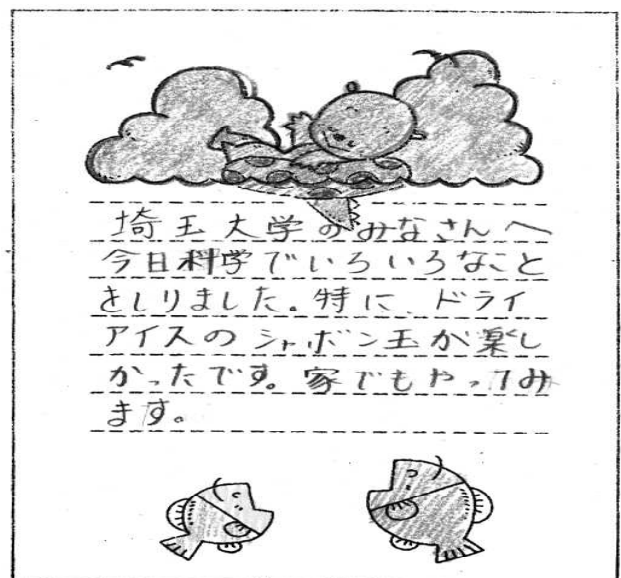
ドライアイスを使いシャボン玉をつくる実験

ふれあい事業を振り返って

今回の実験は「理科に興味をもってもらう」ことが目的であり、そのため視覚的にインパクトのある実験を選択して行った。加えて、行った実験の全てが身近なものを利用していたり、日常に即している物であることを説明することで、より興味をもたせることをねらった。特に、フェノールフタレインの実験で赤色が一瞬で透明に変化する様子や、ドライアイスを使ってつくったシャボン玉が割れずに弾む様子はインパクトがあり、多くの児童が関心を持って実験を観察してくれた。私達も実際の現場で授業を経験できたため、児童の反応をもとに、より興味をもたせる授業をするためには、どのようにすれば良いのか参考になった。なにより、児童の多くが、目の前で起きている現象に対して関心を示し、「どうしてこうなるのだろう」「自分でもできるのだろうか」等と、多数の質問を私達に投げかけてくれた。そのことが今後の理科教育を考える上で一番参考になったと感じる。今回の授業の経験が今後、子ども達が理科を学習するうえで良い影響になってくれると幸いである。最後に、お忙しい中、私達のために時間を割いていただ



いた各小学校の先生方，川越市教育委員会の皆様．私達がこのような貴重な経験
 ができたのも，皆様方のご支援・ご協力あつてのことと心より感謝しておりま
 す．ありがとうございました．



色が変わる！！

・なぜ色が変わるのか？

⇒ 水溶液が酸性やアルカリ性になることで色が変わる。

・化学変化① 酸性とアルカリ性

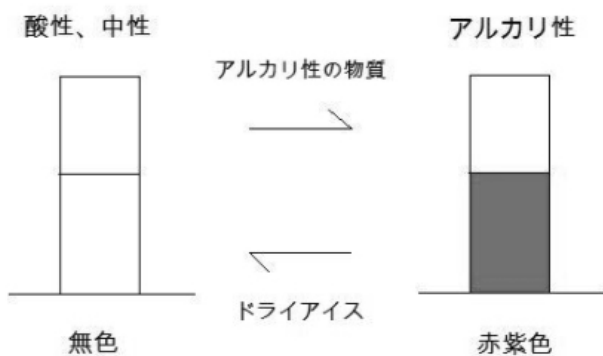
→ 酸性、アルカリ性の物質を加えることで変化が起こる。

・酸性：塩酸、酢、炭酸水、レモン汁 など。

・中性：水

・アルカリ性：アンモニア水、洗剤、重曹 など

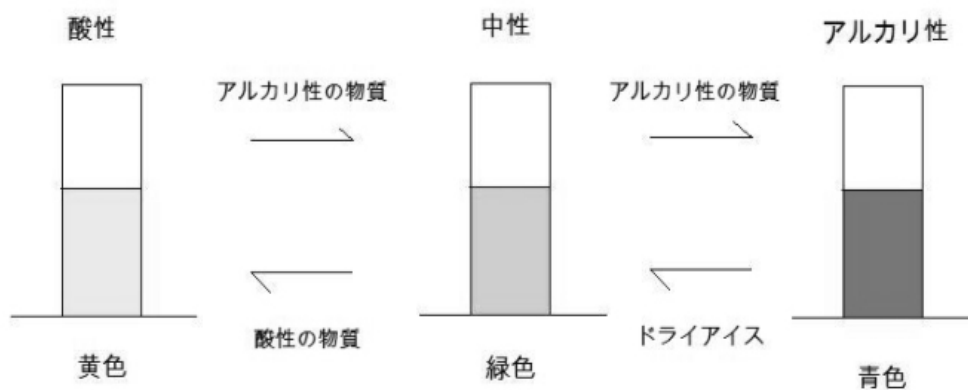
○フェノールフタレイン



色を見れば、酸性かアルカリ性がすぐわかるね！

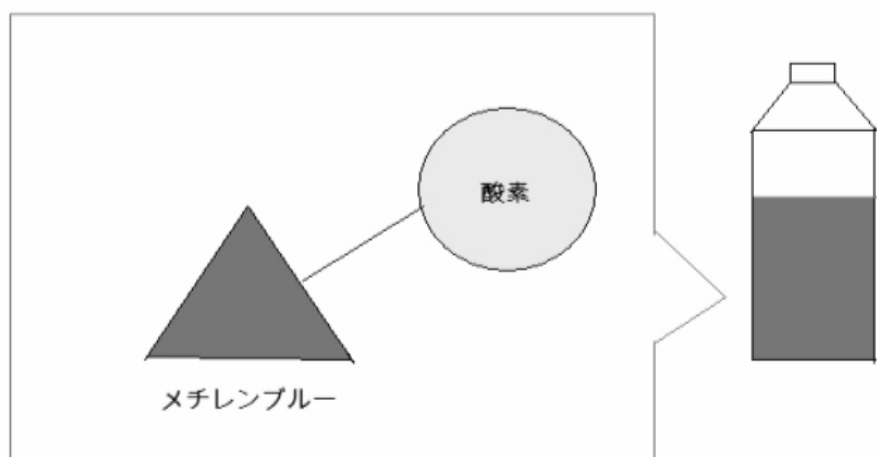


○BTB

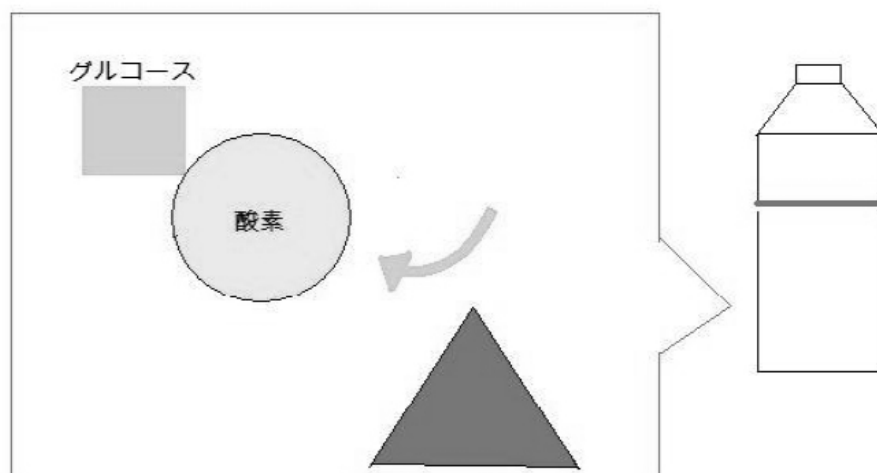


○メチレンブルー＋グルコース（ブドウ糖）、アルカリ

・最初は、酸素が水溶液に溶けていて青色をしている。



・グルコースが酸素を取り除き、水溶液の色は無色になる。



・容器を振ることで、酸素が再び水溶液に溶けて青色になる。

空気中の酸素
が反応に関係し
ていたんだね。ゝ



講座名 大きなシャボン玉を作ろう

指 導 清水誠

授業者 学部4年 實川和宏，高信志穂，三浦恭太郎，山崎麻美

学 校 (1) 川越市立中央小学校

(2) 川越市立霞ヶ関西小学校

(3) 川越市立霞ヶ関南小学校

期 日 平成24年10月10日，16日，24日

1. テーマ：わくわく理科実験教室

2. 内容

表面張力や界面活性剤についての実験を通して，シャボン玉ができる仕組みや，大きなシャボン玉を作るために必要なものとしてポリビニルアルコールの説明を行い，実際に大きなシャボン玉を作る授業を実施した．

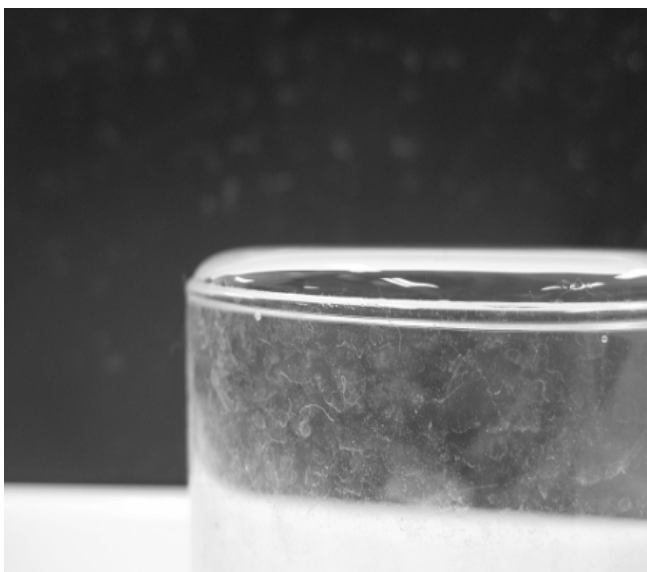
3. 方法

大きなシャボン玉が作れるシャボン液として，洗剤：洗濯ノリ（PVA 入り）：水が1：8：10になるよう配合したものを用いて，シャボン玉を作る．洗剤は，界面活性剤が多く含まれているものを使用する．

4. 授業の流れ

(1) シャボン玉ができる仕組み

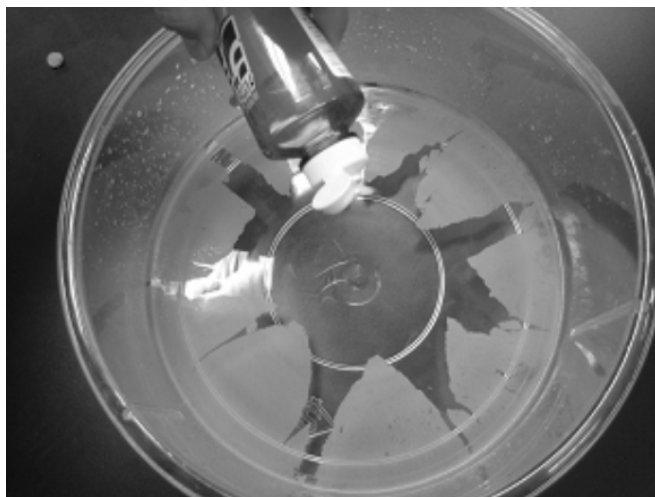
①コップの中の水がこぼれない様子



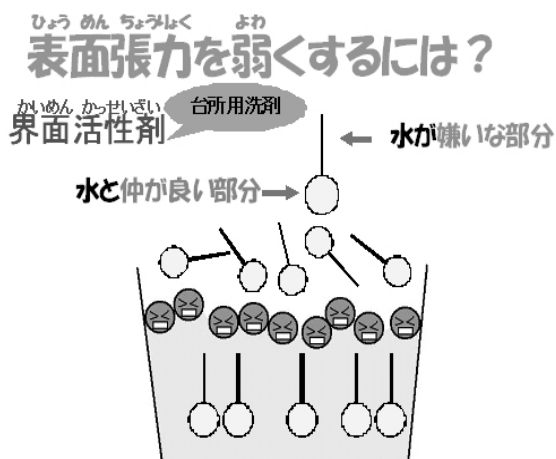
②表面張力のはたらき



③界面活性剤によって表面張力を弱める実験



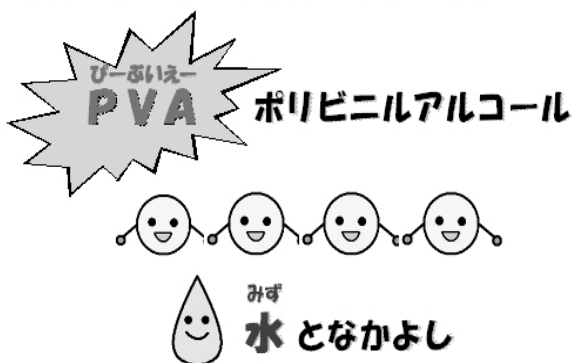
④界面活性剤の働き



(2) 大きなシャボン玉を作るポイント

①ポリビニルアルコールのはたらき

大きなシャボン玉にするためには？



⇒ せっちゃんくざいやせんたくのり など

②シャボン液の作り方

シャボン液を作ろう！



(3) 大きなシャボン玉作りの実践



シャボン玉を上手につくることができるかな？



シャボン玉の中から見える世界はどうか？

「八木崎小学校おもしろ実験教室」

指 導 清水誠
授 業 者 学部4年 實川和宏
授業補助者 学部4年 高信志穂，三浦恭太郎，山崎麻美
場 所 春日部市立八木崎小学校
期 日 平成24年12月11日

1. テーマ：理科は感動だ！—ふしぎな音の世界—

2. 実験教室の概要

（1）耳をふさいで不思議な音をきいてみよう♪

（ア）内容

ベートーヴェンの難聴の話題を踏まえて，骨伝導によって音を聞く仕組みを理解させる授業を実施した．

（イ）方法

- ①歯で割り箸をくわえる．耳をふさいで音が鳴っているオルゴールに割り箸を当てる．
- ②スプーンに糸を巻き付ける．その糸を指に巻き付け，その指を耳に入れる．
そしてスプーンをペンでたたいてもらう．

（ウ）授業の流れ

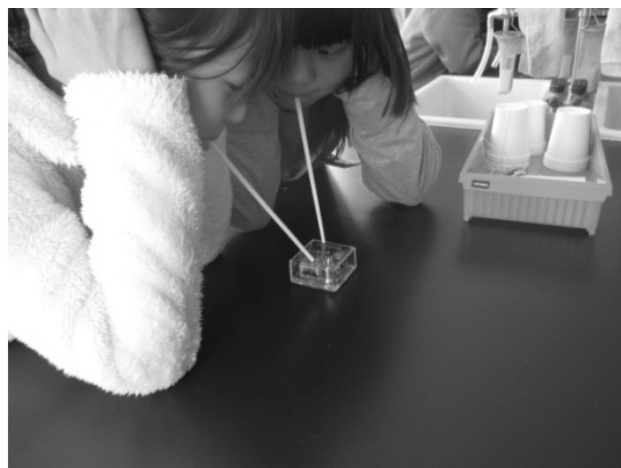
①割り箸を使った実験方法の説明

②割り箸を使ってオルゴールを聞く体験

遊び方

**1. わりばしを口に
くわえ両耳をふさぐ**

**2. オルゴールにわ
りばしをあてる**



③スプーンを使った実験方法の説明



④スプーンを使って音を聞く体験



(2) 糸電話、風船電話で遊ぼう♪

(ア) 内容

糸電話や風船電話で遊ぶことを通して、音が紙コップや糸、風船や空気をふるわせることで伝わることを体験させる授業を実施した。

(イ) 方法

紙コップに穴を開け、糸を通す。紙コップの中の糸を爪楊枝に結びつけ、テープで留める。もう1つの紙コップも同様に行う。また、糸のかわりに風船で紙コップをつなげたものも用意する。

(ウ) 授業の流れ

①糸電話の実験



②風船電話の実験



(3) ダンシング・スネーク

(ア) 内容

音の振動を利用したおもちゃ作りを行い、音の大きさや高さの違いによってモールで作ったヘビの動き方がかわることを体験させる授業を実施した。

(イ) 方法

紙コップに丸めた厚紙を差し込む。モールで作ったヘビを紙コップの上に乗せる。そして、丸めた厚紙に向かって様々な声を出す。高い声や低い声を出すことでヘビの動きが変わることを確認する。

(ウ) 授業の流れ

①実験方法の説明

**コップの上にヘビをのせて、
まるめたつつにむかって声を出す**

つくえの上で
やろう！



いろいろな声を
だしてみよう！

②ダンシングスネークの実験



③ヘビがおどる仕組みの説明

ダンシング・スネーク

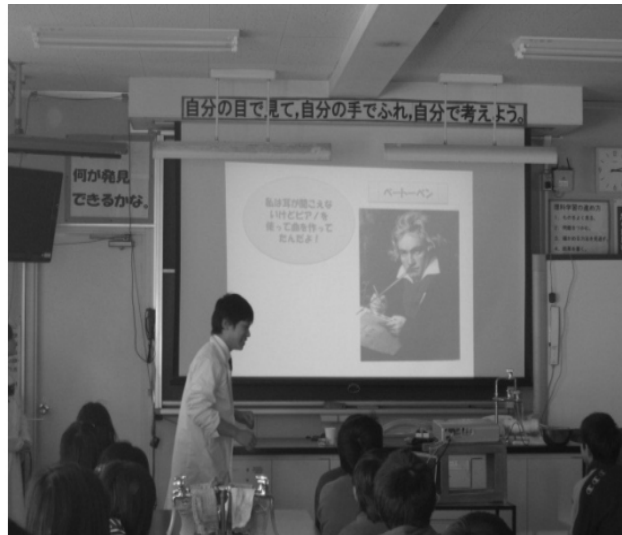


紙コップがふるえてヘビがおどります！

3. 実験教室の様子



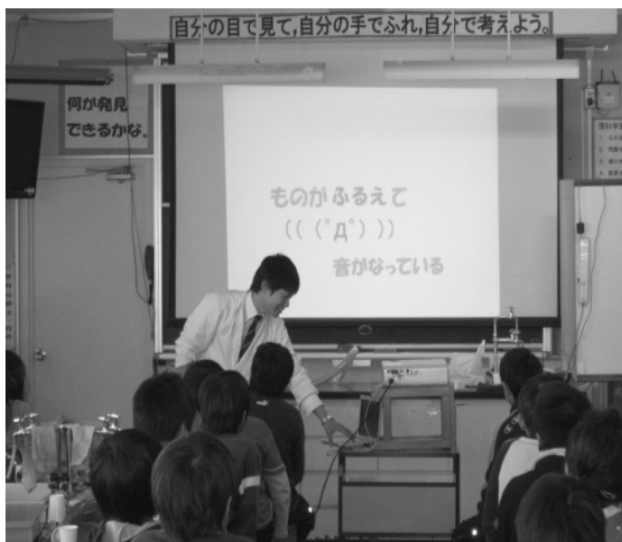
さあ、これから授業をはじめるよ♪



みんなはこの作曲家を知っているかな？



もしもし～聞こえますか～！



ものがふるえて音になっているんだね！



ダンシングスネークで遊んでみよう♪



机がふるえて音が聞こえているんだね！

IV. 化学質問箱に寄せられた質問と回答

化学質問箱の閲覧数の推移を図1に、年間変動を図2に、回答数の推移を図3に示す。閲覧数は6月と11月頃に多く、これに連動して回答数も変動する傾向がある。ただし、質問があまりに多い時期(H16～H18年度)にはカウンタで質問の受付を少し制限し、厳選して回答したことがある。さらに、質問頻度が減少してきたため、過去に削除した質問をH22年3月から復活させつつあるので、回答数の推移と年間変動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ていると思われる。大学生のレポート用の質問、目的や内容が不正確な質問等は一部お断りしたものがあ。これにより利用者にご迷惑をおかけしたことをお詫び致します。

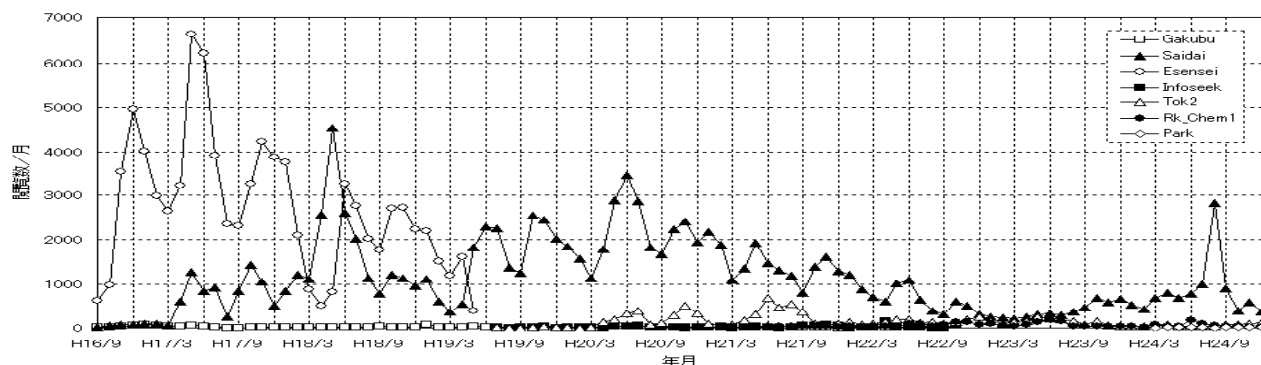


図1 閲覧数の推移（記録開始H16年9月10日）

本館	Saidai	http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/
新館	Rikasuki	http://rikadaisuki.edu.saitama-u.ac.jp/~chem1/
新館2	Park	http://park.saitama-u.ac.jp/~ashida-sci-edu/
縮小版1	Gakubu	http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/ （～H22.10初旬）
別館2	Infoseek	http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/ （～H22.10.31）
別館3	Tok2	http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/

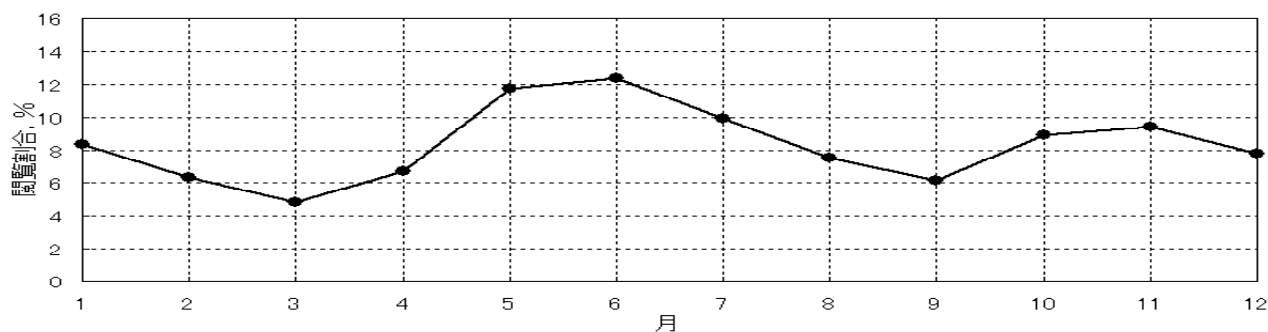


図2 閲覧数の年間変動

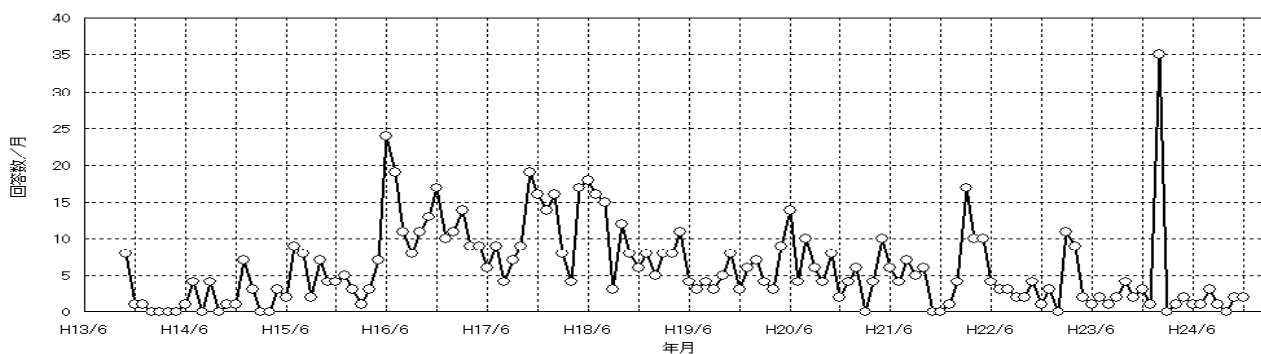


図3 回答数の推移（H24年3月は、過去に削除した質問を多数復活した）

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)、一般、中学生≫小学生である(表1)。高校生、大学生、企業からの質問数は減少傾向にある。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。

表1 質問内容による分類(推定、追加質問をカウント)

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
21	2	7	16	17	2	8	2	54
22	1	4	25	21	1	7	1	60
23	1	2	12	11	9	3	3	41
24	0	1	20	18	1	8	1	49
計	9	40	298	255	51	107	41	801
%	1.1	5.0	37.0	31.8	6.4	13.4	5.1	100

平成24年度には12月末現在で49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、各回答に付けた下記の様な前置きを本報告では全て省略している。さらに、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。

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。

質問頻度が減少してきたため、種々の理由で過去に削除した質問の中から、内容的に良い質問を選んで質問文のみを復活させました。これについては、質問者への直接的な回答を行いません。

名前：鳴島 美智子 日時：2012年02月23日 02時55分07秒

半透膜を隔てた液面の差が $h(\text{cm})$ 、スクロース液の密度を $d(\text{g}/\text{cm}^3)$ とすると、浸透圧はいくらになるかという問題なのですが、参考書の中略ありの説明ではよく分からないので、分かりやすい説明をお願い致します。

名前：芦田 実 日時：2012年02月28日 19時00分00秒

鳴島 美智子 様

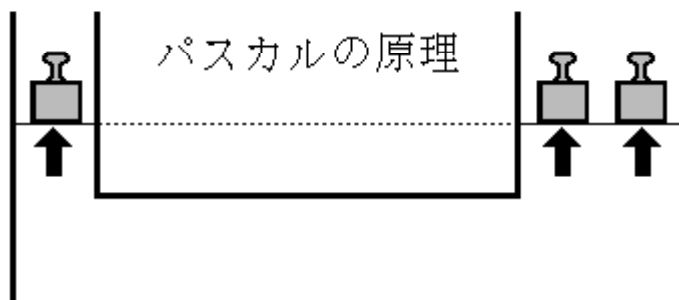
質問729 半透膜を隔てた液面の差が $h(\text{cm})$ 、スクロース液の密度を $d(\text{g}/\text{cm}^3)$ とすると、浸透圧はいくらになるかという問題なのですが、参考書の中略ありの説明ではよく分からないので、分かりやすい説明をお願い致します。

回答 圧力 $Q(\text{N}/\text{m}^2$ または $\text{dyn}/\text{cm}^2)$ は、単位面積 $S(\text{m}^2$ または $\text{cm}^2)$ あたりに作用している力 $F(\text{N}$ または $\text{dyn})$ です。それゆえ、面積が2倍になると、圧力を同一にするために力が2倍必要になります。逆に、面積が $1/10$ になると、圧力を同一にするために力も $1/10$ ですみます。これが圧力に関するパスカルの原理(下図では大気圧 P を省略)です。

$$Q = F / S = 2F / 2S \\ = 0.1F / 0.1S$$

重力加速度を $G(=9.8 \text{ m}/\text{s}^2 = 980 \text{ cm}/\text{s}^2)$ とすると、質量 $M(\text{kg}$ または $\text{g})$ の物体によって生じる重力 $F(\text{N}$ または $\text{dyn})$ は

$$F = MG$$



下図の最初の状態(次頁の左上)の様に、半透膜を隔てて左に純水、右にスクロース水溶液を液面の高さが同一になる様に入れます。半透膜を下に行くにつれて、水深により水圧がわずかに増加します。さらに、半透膜の左右において、密度の違いにより水圧がわずかに違います。しかし、これらを見捨て話を簡単にする、半透膜に左から作用している圧力と右から作用している圧力は最初の状態では同一(大気圧 P)です。

溶質のスクロースは分子が大きいので、半透膜の孔を通過することができません。ところが、水は分子が小さいので、半透膜の孔を自由に通過することができます。すなわち、ミクロ的に見ると水分子は左(純水)から右(スクロース水溶液)にも、右から左にも半透膜を通過しています。ところが、溶質のスクロースが右(スクロース水溶液)から左(純水)に半透膜を通過しようとする水分子を妨害します。結果として、単位時間あたりに左(純水)から右(スクロース水溶液)に半透膜を通過する水分子の数の方が多くなり、純水の液面が下降し、スクロース水溶液の液面が上昇していきます。

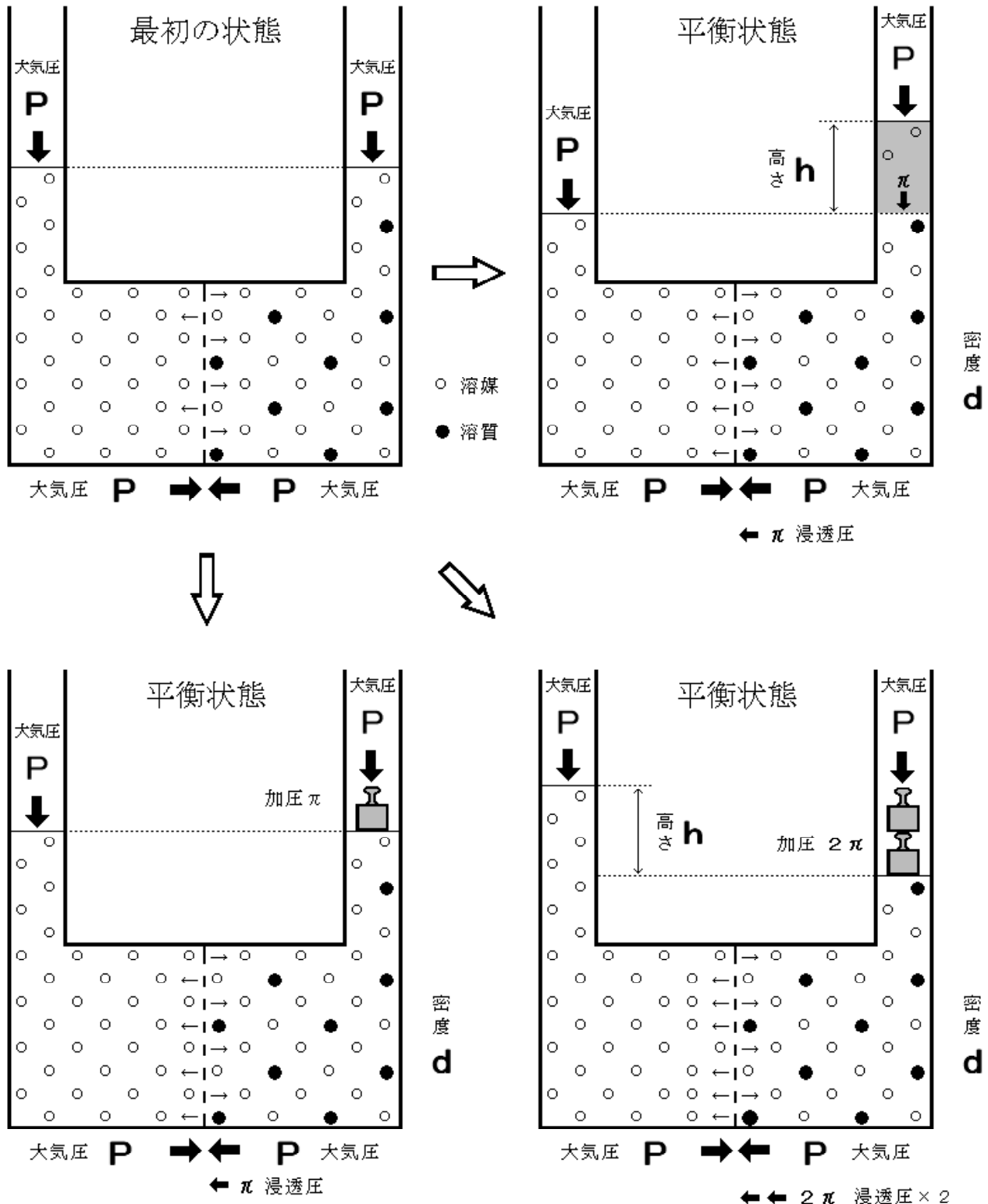
液面の高さの差 $h(\text{cm})$ ができると、この水溶液柱の質量 $M(\text{g})$ による圧力 $Q(\text{dyn}/\text{cm}^2)$ がスクロース水溶液に余分に作用します。水溶液柱の横の断面積を $S(\text{cm}^2)$ 、密度を $d(\text{g}/\text{cm}^3)$ とすると、質量＝体積×密度より

$$M(\text{g}) = h(\text{cm}) \cdot S(\text{cm}^2) \cdot d(\text{g}/\text{cm}^3)$$

$$F \text{ (dyn)} = M \text{ (g)} \cdot G \text{ (cm/s}^2\text{)} = h \text{ (cm)} \cdot S \text{ (cm}^2\text{)} \cdot d \text{ (g/cm}^3\text{)} \cdot G \text{ (cm/s}^2\text{)}$$

$$\therefore Q \text{ (dyn/cm}^2\text{)} = F \text{ (dyn)} / S \text{ (cm}^2\text{)} = h \text{ (cm)} \cdot d \text{ (g/cm}^3\text{)} \cdot G \text{ (cm/s}^2\text{)}$$

液中で圧力が生じる原因は、分子が壁等に衝突を繰り返すためです。分子が壁等の単位面積に単位時間当たり衝突する回数が2倍になれば、圧力も2倍になります。それゆえ、圧力Qが増加した分だけ、半透膜の右側の圧力が増加します。結果として、単位時間当たり右(スクロース水溶液)から左(純水)に半透膜を通過する水分子の数が増加していきます。



最終的に、単位時間当たり左から右に半透膜を通過する水分子の数と、逆に右から左に通過する水分子の数が等しくなり、液面の高さの差 h が一定になります。このときの圧力 Q のことを浸透圧 π (dyn/cm^2) と言います。

$$\pi (\text{dyn}/\text{cm}^2) = h (\text{cm}) \cdot d (\text{g}/\text{cm}^3) \cdot G (\text{cm}/\text{s}^2)$$

なお、断面積 S を小さく(毛細管現象を無視)しても、高さの差 h が変わらない限り、パスカルの原理より浸透圧 π は変化しません。その様な場合には、水分子の浸透による密度 d の変化は無視して差し支えありません。

下図の左下の様に、浸透圧 π に等しい圧力をスクロース水溶液に最初から余分に加えれば、液面の高さは同一のまま変化しません。下図の右下の様に、浸透圧 π より大きい圧力をスクロース水溶液に余分に加えれば、右(スクロース水溶液)から左(純水)に半透膜を通過する水分子の数の方が多くなり、純水の液面の方が高くなります。これが、海水を淡水化する逆浸透圧法の原理です。

浸透圧 π (dyn/cm^2) が求まりましたので、後は必要に応じて圧力の単位を換算します。

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg m}/\text{s}^2 = 10^5 \text{ g cm}/\text{s}^2 = 10^5 \text{ dyn}$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}/\text{m}^2 = 10 \text{ dyn}/\text{cm}^2, \quad 1 \text{ dyn}/\text{cm}^2 = 0.1 \text{ Pa}$$

$$\text{大気圧 } P = 1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1.013 \text{ bar} = 760 \text{ Torr} = 760 \text{ mmHg}$$

水銀の密度を $13.6 \text{ g}/\text{cm}^3$ 、純水の密度を $1.00 \text{ g}/\text{cm}^3$ とすると

$$\text{大気圧 } P = 10.3 \text{ m純水柱} = 10.3/d \text{ m水溶液柱}$$

埼玉大学教育学部理科教育講座

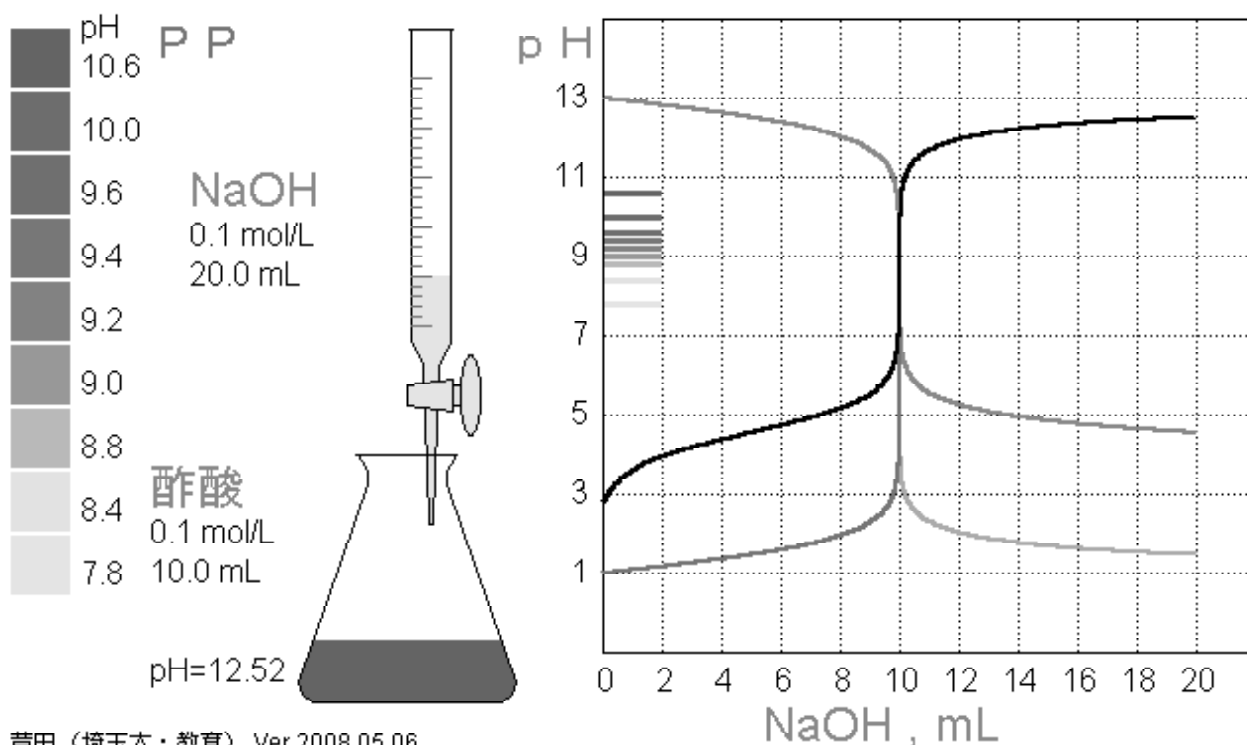
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年03月06日 13時55分00秒

質問730 フェノールフタレインを pH 指示薬として強酸または弱酸と強アルカリの中和測定をおこなってもいい理由は何ですか？

回答 下の図と表から明らかな様に、強酸と強塩基または弱酸と強塩基の中和滴定では、当量点付近で pH が急激に変化(pH ジャンプ)する領域とフェノールフタレインの変色領域が重なっています。滴定実験では、種々の原因で実験誤差が $\pm 1\%$ 程度になります。しかし、フェノールフタレインの変色による誤差は $\pm 0.2\%$ (半滴 0.02mL) \sim $\pm 0.4\%$ (1滴 0.04 mL) の小さな値です。それゆえ、フェノールフタレインを pH 指示薬として使用することができます。

強酸と弱塩基または弱酸と弱塩基の中和滴定では、 pH が変化する領域とフェノールフタレインの変色領域がずれています。さらに、弱酸と弱塩基の中和滴定では pH ジャンプがあまり起こりません。この様な場合には、フェノールフタレインを pH 指示薬として使用することができません。詳細については、質問435, 278, 237, 225, 193等の回答をご覧ください。さらに、私のホームページの計算と作図・溶液の作り方の「酸・塩基滴定(2価, 1価)」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。アドレスを下に記載しておきます。



芦田（埼玉大・教育）Ver.2008.05.06

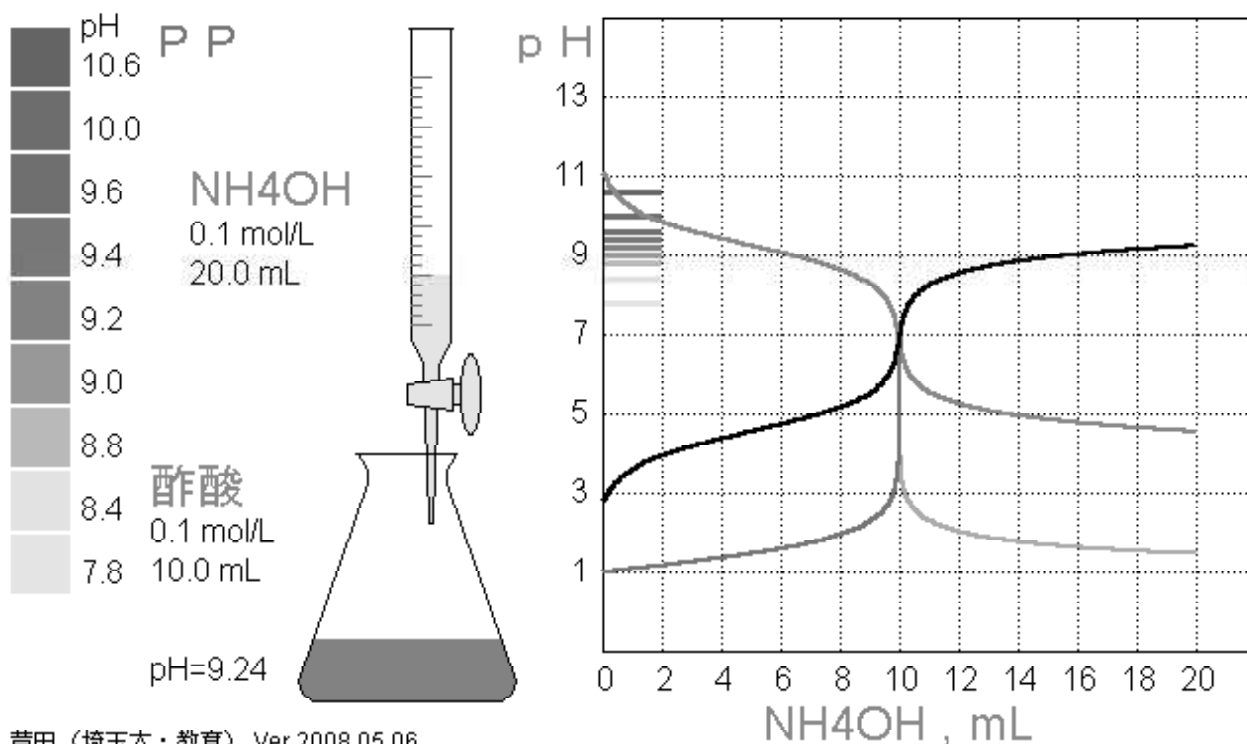
Ba(OH) ₂	Ca(OH) ₂	NaOH	NH ₄ OH	塩基滴下	フェノールフタレイン	数値読込
硫酸	シュウ酸	塩酸	酢酸	開始	再開	最後停止
塩基濃度(M)	0.10	横軸目盛(mL)	20	曲線消去	曲線消去	曲線記憶
酸の濃度(M)	0.10	試料体積(mL)	10	曲線消去	曲線記憶	曲線記憶
溶解度積の文献値 0.0		沈殿発生位置を調整するための見掛けの溶解度積		0.0		

図 強酸－強塩基および弱酸－強塩基の滴定曲線とフェノールフタレインの変色域の関係

赤色の線（左下）：HClをNaOHで滴定，水色の線（左上→右下）：NaOHをHClで滴定，黒色の線（左中）：酢酸をNaOHで滴定，紫色の線（左上→右中）：NaOHを酢酸で滴定

表 酸－強塩基の滴定における体積とその誤差，pH，指示薬の色等の関係

強酸－強塩基	体積, mL					体積, mL				
0.1 mol/L HCl	9.96	9.98	10.00	10.02	10.04	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
0.1 mol/L NaOH	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.96	9.98	10.00	10.02	10.04
体積の誤差, %	-0.4	-0.2	0	+0.2	+0.4	-0.4	-0.2	0	+0.2	+0.4
pH	10.30	10.00	7.00	4.00	3.70	3.70	4.00	7.00	10.00	10.30
フェノールフタレイン	赤紫色		無色			無色			赤紫色	
弱酸－強塩基	体積, mL					体積, mL				
0.1 mol/L 酢酸	9.96	9.98	10.00	10.02	10.04	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
0.1 mol/L NaOH	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.96	9.98	10.00	10.02	10.04
体積の誤差, %	-0.4	-0.2	0	+0.2	+0.4	-0.4	-0.2	0	+0.2	+0.4
pH	10.30	10.00	8.63	7.26	6.96	6.96	7.26	8.63	10.00	10.30
フェノールフタレイン	赤紫色		桃色	無色		無色		桃色	赤紫色	



芦田（埼玉大・教育）Ver.2008.05.06

Ba(OH) ₂	Ca(OH) ₂	NaOH	NH ₄ OH	塩基滴下	フェノールフタレイン	数値読込
硫酸	シュウ酸	塩酸	酢酸	開始	再開	最後停止
塩基濃度(M)	0.10	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	曲線消去	曲線記憶	曲線記憶
溶解度積の文献値	0.0	沈殿発生位置を調整するための見掛けの溶解度積	0.0			

図 強酸－弱塩基および弱酸－弱塩基の滴定曲線とフェノールフタレインの変色域の関係

赤色の線（左下）：HClをNH₃で滴定，水色の線（左上→右下）：NH₃をHClで滴定，黒色の線（左中）：酢酸をNH₃で滴定，紫色の線（左上→右中）：NH₃を酢酸で滴定

表 酸－弱塩基の滴定における体積とその誤差，pH，指示薬の色等の関係

強酸－弱塩基	体積, mL					体積, mL				
0.1 mol/L HCl	9.92	9.96	10.00	10.04	10.08	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
0.1 mol/L NH ₃	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.92	9.96	10.00	10.04	10.08
体積の誤差, %	-0.8	-0.4	0	+0.4	+0.8	-0.8	-0.4	0	+0.4	+0.8
pH	7.15	6.84	5.27	3.70	3.40	3.39	3.70	5.27	6.84	7.14
フェノールフタレイン	無色					無色				
弱酸－弱塩基	体積, mL					体積, mL				
0.1 mol/L 酢酸	9.92	9.96	10.00	10.04	10.08	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
0.1 mol/L NH ₃	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.92	9.96	10.00	10.04	10.08
体積の誤差, %	-0.8	-0.4	0	+0.4	+0.8	-0.8	-0.4	0	+0.4	+0.8
pH	6.55	6.71	6.90	7.08	7.24	7.25	7.08	6.90	6.71	6.56
フェノールフタレイン	無色					無色				

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年03月06日 15時15分00秒

質問731 1,10-フェナントロリンの反応について教えてください.

回答 1,10-フェナントロリン(phen)は鉄(II)イオンと1:3の錯体 Fe(phen)_3^{2+} を作り赤色に呈色します. この錯体のモル吸光係数が波長510 nmにおいて $\epsilon = 11100 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ と大きいので, 鉄の検出・比色定量等に利用されています. 酸化されると淡青色(ほとんど無色)の Fe(phen)_3^{3+} に変わります. 銅(I)イオンとも1:2の有色の錯体 Cu(phen)_2^+ を作ります(波長435 nmにおけるモル吸光係数 $\epsilon = 7000 \text{ L mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$). その他に, ニッケル, コバルト, ルテニウム等と有色の, カドミウム, 亜鉛等と無色の錯体を作ります. 詳細については, 質問658, 632, 614, 292, 273, 232, 220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

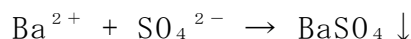
名前：芦田 実 日時：2012年03月06日 16時25分00秒

質問732 授業の復習をしていたところ, 実験の硫酸銅水溶液に硝酸バリウム水溶液を混ぜるという事に関して, 反応式が全く分からず, ここまでまいりました. 初歩的な質問で申し訳ありませんが, よろしくお願い致します.

回答 硫酸銅 CuSO_4 と硝酸バリウム $\text{Ba(NO}_3)_2$ は, 溶解度が大きく水溶液中で安定なので大部分がイオンに電離しています. 電離したイオンの極一部が加水分解しているかもしれませんが, これを無視します.



これらの水溶液を混合すると, 溶解度の非常に小さい硫酸バリウム BaSO_4 が沈殿(白色)します. ただし, 硫酸イオンとバリウムイオンのどちらか一方の物質質量(mol)が過剰ならば, 過剰の分が溶けたまま残ります. 溶解度が大きく水溶液中で安定な銅イオンと硝酸イオンは溶けたまま残ります.



その他, 参考として質問322, 289, 284, 39等の回答もご覧ください.

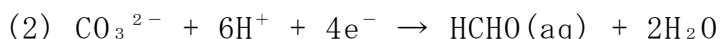
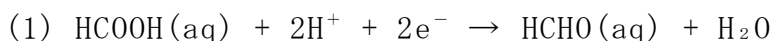
埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年03月06日 18時50分00秒

質問733 酸化還元反応の当量について説明して頂きたいです. また, ホルムアルデヒド, ヨウ素, チオ硫酸ナトリウムの1グラム当量の求め方も教えてください.

回答 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、注意して下さい。

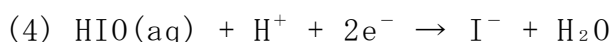
ホルムアルデヒド HCHO (30.0 g/mol) は、条件によって次の 2 つの反応をするようです。式 (1) で反応する場合には $1 \text{ mol} = 2 \text{ 当量}$ ですから 1 グラム当量 = 15.0 g であり、式 (2) の場合には $1 \text{ mol} = 4 \text{ 当量}$ ですから 1 グラム当量 = 7.5 g です。ただし、市販のホルムアルデヒドは水溶液で、その純度は約 37 % です。上の 1 グラム当量は 100 % のときの値ですから注意して下さい。



ヨウ素には種々の酸化状態があります。例えば、式 (3) でヨウ素分子 I_2 (253.8 g/mol) がヨウ化物イオンに変化する場合なら、ヨウ素分子で考えると $1 \text{ mol} = 2 \text{ 当量}$ ですから 1 グラム当量 = 126.9 g です。一方、ヨウ化物イオンで考えると $1 \text{ mol} = 1 \text{ 当量}$ ですから、やはり 1 グラム当量 = 126.9 g です。



例えば、式 (4) で次亜ヨウ素酸 HIO (143.9 g/mol) がヨウ化物イオンに変化する場合なら、次亜ヨウ素酸またはヨウ化物イオンのどちらで考えても $1 \text{ mol} = 2 \text{ 当量}$ ですから 1 グラム当量 = 71.95 g です。



チオ硫酸ナトリウム無水物 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (158.1 g/mol) またはチオ硫酸ナトリウム五水和物 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (248.2 g/mol) は次の様に反応します。



$1 \text{ mol} = 1 \text{ 当量}$ ですから、チオ硫酸ナトリウム無水物の場合は 1 グラム当量 = 158.1 g、チオ硫酸ナトリウム五水和物の場合は 1 グラム当量 = 248.2 g です。

その他、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。参考として、質問 367 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：芦田 実 日時：2012年03月07日 13時20分00秒

質問734 周期表において、原子の大きさはどう変化するのかという問いに対して、最外殻の量子数が大きくなるから下へ行くほど大きくなるというのはなんとなくわかるのですが、原子核のプラス電荷が増えるから右へ行くほど小さくなるというのがよく理解できません。教えてください。お願いします。

回答 原子核と電子がクーロン引力で引き合い、電子同士がクーロン斥力で反発しあって原子の大きさが決まります。2 つの点電荷の大きさを q と q' 、その距離

を r とすると、クーロン力 F は

$$F \propto q q' / r^2$$

周期表を左から右に行っても最外殻は変わりません。この効果だけなら、原子核と最外殻の電子の距離 r がほとんど変化しないことになります。ところが、原子核のプラス電荷 q (陽子数)が増えますので、原子核と最外殻の電子のクーロン引力 F が大きくなります。こちらの効果の方が大きく、原子核と最外殻の電子の距離 r が小さくなります。したがって、周期表を右へ行くほど原子の大きさ(ファンデルワールス半径)は小さくなります。ただし、希ガスを除きます。詳細については、参考として質問176, 161, 79, 11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：芦田 実 日時：2012年03月07日 17時40分00秒

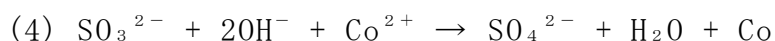
質問735 水 H_2O の中に亜硫酸ナトリウム Na_2SO_3 を入れ溶存酸素 O_2 を減らす際に、触媒として塩化コバルト $CoCl_2$ を入れたとき、どのような反応が起きるのか教えてください。お願いします。

回答 原著論文を調べたり、実験して確かめたわけではありませんので、想像を含めて回答します。関係する化学反応式が多く、この反応はかなり複雑な様です。関係しそうな半反応とその標準電極電位として、中性および塩基性水溶液中では例えば

表 関係しそうな半反応と標準電極電位

No	半反応	電位 (V)
(1)	$SO_4^{2-} + H_2O + 2e^- = SO_3^{2-} + 2OH^-$	-0.936
(2)	$Co(OH)_2 + 2e^- = Co + 2OH^-$	-0.733
(3)	$Co^{2+} + 2e^- = Co$	-0.277
(4)	$Co(OH)_3 + e^- = Co(OH)_2 + OH^-$	+0.17
(5)	$O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$	+0.401

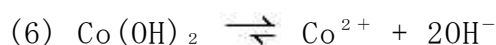
2つの半反応を組み合わせたとき、電極電位がより負側のものが左に、より正側のものが右に進みます。最初に、例えば式(1)と式(3)を組み合わせると



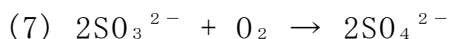
上式で金属のコバルト Co が生じたので、式(2)と式(5)を組み合わせて



上式で生じた水酸化コバルト $Co(OH)_2$ とコバルトイオン Co^{2+} の間には電離平衡があるので



以上の式(4)～式(6)がメカニズムの一例として想像できます。さらに、式(4)と式(6)を2倍して式(5)と足し合わせると、全体の反応式が求まります。



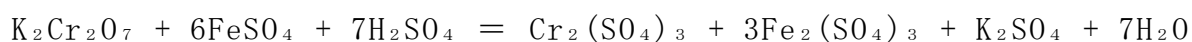
コバルトイオン Co^{2+} が全体の反応式から消えましたので、これは触媒として作用しています。しかし、式(1)と式(5)が触媒なしでなぜ直接反応し難いのかは不明です。静電的な反発や水和水の妨害が想像できますが、詳しいことはよく分かりません。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年03月07日 18時10分00秒

質問736 この化学反応式を教えてください。 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 6\text{FeSO}_4 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow ?$

回答 クロムが還元されて、その酸化数が+6から+3に変わります。同時に、鉄が酸化されて、その酸化数が+2から+3に変わります。化学反応式は下の様になります。詳細については、質問263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：芦田 実 日時：2012年03月08日 15時50分00秒

質問737 モル濃度で1 mol/Lの KMnO_4 溶液が重量濃度では158.03 g/Lであるとき、0.05 g/Lは何mol/Lとなるか教えてください。よろしくお願いします。

回答 単純な比例計算です。

モル濃度 1.00mol/L : Xmol/L = 重量濃度 158.03g/L : 0.0500g/L

$$\begin{aligned}\therefore X &= 1.00\text{mol/L} \cdot 0.0500\text{g/L} / 158.03\text{g/L} = 0.000316 \text{ mol/L} \\ &= 3.16 \times 10^{-4} \text{ mol/L}\end{aligned}$$

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年03月08日 16時45分00秒

質問738 お忙しいところ申し訳ありません。早速ですが、ベルトラン法を教えてください。

回答 ベルトラン法は還元糖の定量方法の1つです。還元糖を含む試料を過剰の硫酸銅(Ⅱ)、ロッシェル塩(酒石酸カリウムナトリウム)、アルカリ溶液と共に加熱すると、銅(Ⅱ)イオンが酸化銅(Ⅰ)に還元されます。このとき、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、反応条件(温度と時間等)をいつも同一にして、還元糖に対していつも同じ割合の酸化銅を生じさせる必要があります。次に、生じた酸化銅(Ⅰ)の沈殿をろ過・洗浄し、硫酸鉄(Ⅲ)の酸性溶液で酸化して溶解すると、還元糖と当量の銅(Ⅱ)イオンに戻ります。このとき生成した鉄

(Ⅱ)イオンを過マンガン酸カリウムで滴定し、還元糖の量を求めます．なお，出発物質として非還元糖(二糖類～多糖類)を使用する場合には，前処理としてそれを加水分解して還元糖に変える必要があります．詳細については，参考として質問706，542，537(追加)，537，498，256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：芦田 実 日時：2012年03月08日 17時55分00秒

質問739 鉄と硫黄を反応させて硫化鉄を実験室で作りました．これは磁石に付くのでしょうか．

回答 反応物の鉄は強磁性で磁石に付き，イオウは反磁性(?)で磁石に付きません．これらが反応した硫化鉄には，鉄原子とイオウ原子の化合割合(Fe:S)によって種々のものができます．硫化鉄(Ⅱ)FeSには，反強磁性(1:1～0.9:1)で磁石に付かないものと，フェリ磁性(0.9:1～0.86:1)で強磁性よりも弱い磁石に付くものがあります．四硫化三鉄Fe₃S₄はフェリ磁性で磁石に付きます．硫化鉄(Ⅲ)Fe₂S₃は強磁性で磁石に付くと言われています．二硫化鉄FeS₂は反磁性で磁石に付きません．なお，この反応は固体同士の反応で時間がかかり，粒子表面は硫化鉄になっても，内部にまだ鉄が残っていて，磁石に付く恐れがあります．さらに，最初にイオウと鉄を混合する割合が悪くて，鉄が残っている恐れもあります．結論として，実験条件や実験方法によって磁石に付いたり付かなかったり，微妙に変化するのではないのでしょうか．参考として，質問32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：芦田 実 日時：2012年03月10日 15時05分00秒

質問740 シュウ酸と水酸化ナトリウムの中和滴定と，食酢と水酸化ナトリウムの中和滴定なんですが，その実験がどんな理論や既知の事実に基づいているのかが分かりません．もしよろしければ教えてください．

回答 この実験の目的は，食酢の成分である酢酸の濃度を決定することだと思います．固体の水酸化ナトリウムは，保存中に空気中で二酸化炭素と水(潮解性)を吸収しますので，水に溶解しただけでは正確な濃度を決められません．一方，シュウ酸は高純度で安定なので，質量を精秤してメスフラスコ中に溶解すれば，正確な濃度を決定できます．このシュウ酸水溶液を用いて水酸化ナトリウム水溶液を滴定すれば，水酸化ナトリウムの正確な濃度を決められます．続いて，この水酸化ナトリウム水溶液を用いて食酢(希釈済み)を滴定すれば，食酢中の酢酸の正確な濃度を決定することができます．

シュウ酸(COOH)₂は2価の酸で，水酸化ナトリウムNaOHは1価の塩基ですから，それらは次式で中和反応します．



滴定前のシュウ酸の濃度(既知)をC_s(mol/L)，水酸化ナトリウムの濃度(未知)を

C_B (mol/L) とします。滴定の当量点で、体積 V_S (L) のシュウ酸と体積 V_{B1} (L) の水酸化ナトリウムを混合したとき、シュウ酸の物質量 M_S (mol) と水酸化ナトリウムの物質量 M_{B1} (mol) の割合が式(1)より 1 : 2 になります。

$$(2) M_S = C_S V_S, \quad (3) M_{B1} = C_B V_{B1}, \quad (4) 2M_S = M_{B1}$$

上の式(2)～式(4)より、水酸化ナトリウムの濃度 C_B を決定することができます。

$$(5) C_B = 2C_S V_S / V_{B1}$$

シュウ酸を水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したときの実験シミュレーションを下図に示します。水酸化ナトリウム水溶液をビュレットに入れれば、ビュレットを洗って薬品を入れ替えることなしに、そのまま次の酢酸を滴定することができます。

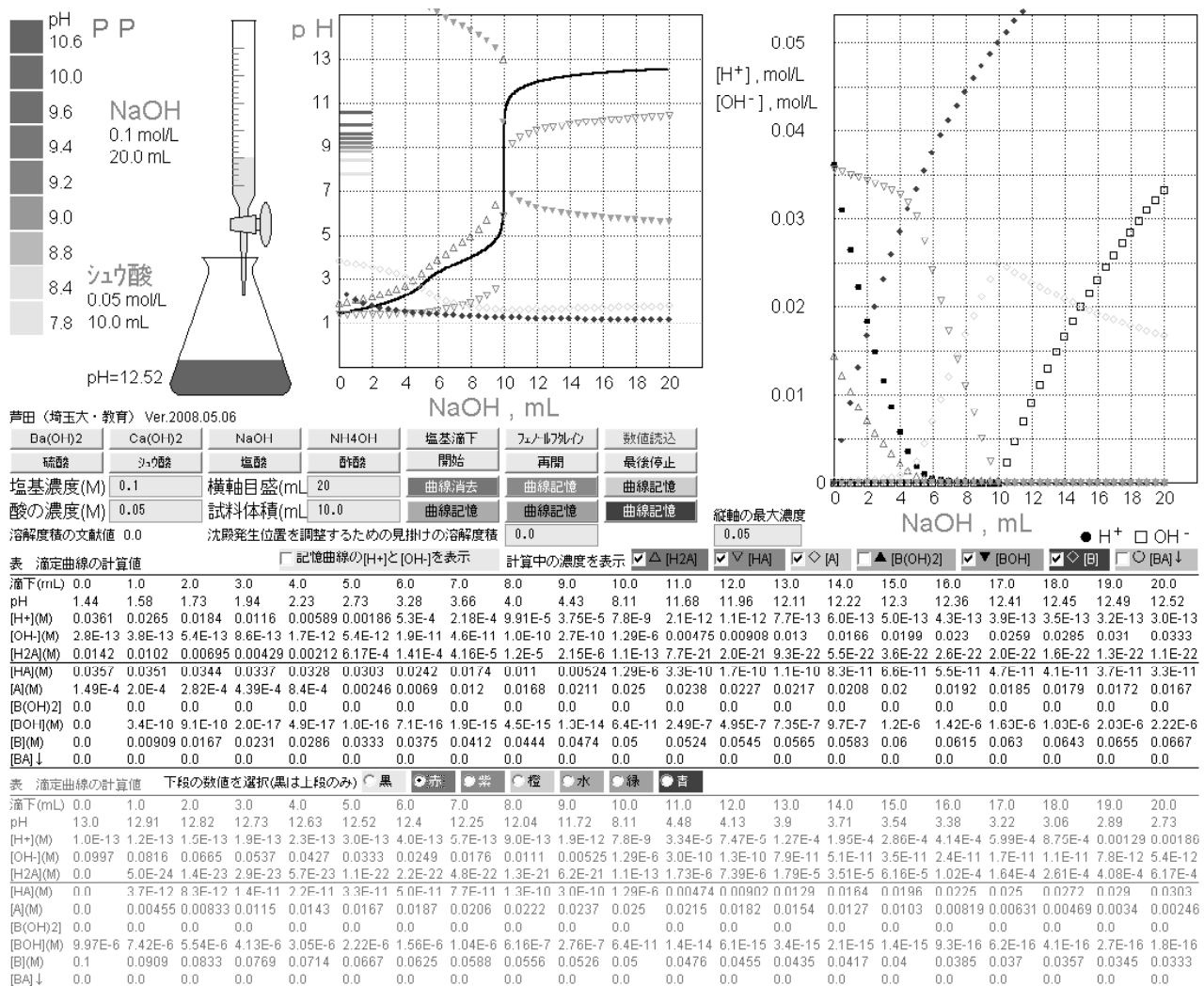


図 シュウ酸－水酸化ナトリウム水溶液の中和滴定シミュレーション

シュウ酸 $C_S = 0.0500$ mol/L, $V_S = 10.0$ mL, 水酸化ナトリウム水溶液 $C_B = 0.100$ mol/L, pH指示薬 フェノールフタレイン

図中の下段の表(赤文字)は逆に水酸化ナトリウム水溶液をシュウ酸で滴定したときの計算値です。

酢酸 CH_3COOH は 1 価の酸ですから、次式で水酸化ナトリウムと中和反応します。



滴定前の酢酸の濃度(未知)を C_A (mol/L)とします. 滴定の当量点で, 体積 V_A (L)の酢酸と体積 V_{B2} (L)の水酸化ナトリウムを混合したとき, 酢酸の物質質量 M_A (mol)と水酸化ナトリウムの物質質量 M_{B2} (mol)が式(6)より等しくなり, 上と同様に酢酸の濃度 C_A を決定することができます.

$$(7) M_{B2} = C_B V_{B2}, \quad (8) M_A = C_A V_A, \quad (9) M_{B2} = M_A, \quad (10) C_A = C_B V_{B2} / V_A$$

酢酸を水酸化ナトリウム水溶液中で中和滴定したときの実験シミュレーションを下図に示します. 食酢中に酢酸が4.5 mass%含まれると仮定しました. 食酢の密度を1.0 g/mLと仮定すると, 酢酸(60 g/mol)のモル濃度は

$$(11) 4.5 \text{ mass\% 酢酸のモル濃度} = 1000\text{mL} \cdot 1.0\text{g/mL} \cdot 0.045 / (60\text{g/mol} \cdot 1.0\text{L}) = 0.75 \text{ mol/L}$$

になります. これを10倍希釈したと考えてシミュレーションしています.

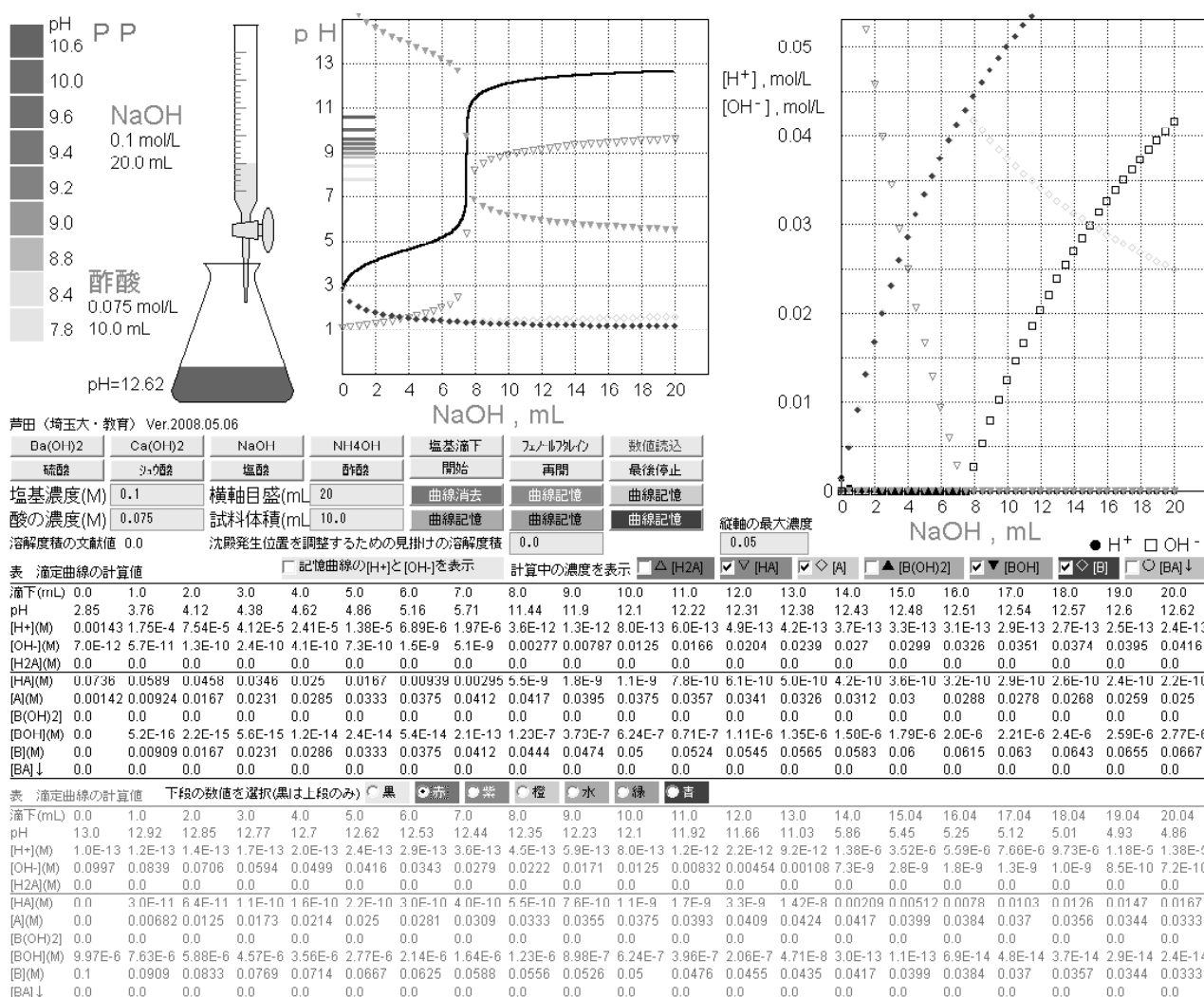


図 酢酸-水酸化ナトリウム水溶液の中和滴定シミュレーション

酢酸 $C_A = 0.0750 \text{ mol/L}$, $V_A = 10.0 \text{ mL}$, 水酸化ナトリウム水溶液 $C_B = 0.100 \text{ mol/L}$, pH指示薬 フェノールフタレイン

図中の下段の表(赤字)は逆に水酸化ナトリウム水溶液を酢酸で滴定したときの計算値です.

詳細については、私のホームページの計算と作図・溶液の作り方の「シミュレーション形式」やその中の「酸・塩基滴定(2価, 1価)」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。アドレスを下に記載しておきます。

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

<http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/calcgrap/AppletT02.htm>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年03月10日 17時40分00秒

質問741 1. 濃硫酸と水による発熱反応および2. 塩化アンモニウムと水による吸熱反応の実験をしました。そこで、自然現象(エネルギーは減少する方向に進む)による1の反応に対して、どうして2のような自然現象に逆らった反応がおこるのかという問題が出されたのですが分かりません。熱力学と塩化アンモニウムの性質を使って説明するようなのですが、教えていただけませんか？

回答 問題の文章が本質的に間違っています。エネルギーは熱ではありません。例えば、等圧変化に関するGibbsの自由エネルギーGにはエンタルピーH(熱)の項とエントロピーS(乱雑さ)の項が含まれます。絶対温度をTとすると

$$G = H - TS \quad \text{または} \quad \Delta G = \Delta H - T \Delta S$$

冷たくなって溶ける物質では、エンタルピー変化 ΔH よりもエントロピー変化 $T \Delta S$ のほうが大きく、全体のエネルギーGはやはり減少しています。逆に、温かくなって溶ける物質では、エントロピー変化よりもエンタルピー変化のほうが大きいだけで、全体のエネルギーはやはり減少しています。すなわち、熱の出入りだけではエネルギー変化として片手落ちなのです。詳細については、参考として質問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：芦田 実 日時：2012年03月11日 10時45分00秒

質問742 ビウレット反応の原理って何ですか

回答 ビウレット反応とは、タンパク質の溶液に水酸化ナトリウム水溶液と水色の硫酸銅(II)水溶液を加えると、青紫色～赤紫色になる反応です。水分子が配位結合した銅-アクア錯体からペプチド結合-CO-NH-の窒素が配位結合した錯体に変化するためです。ただし、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のみが反応するそうです。詳細については、参考として質問607, 495, 389, 160の回答もご覧ください。

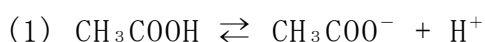
埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前： 芦田 実 日時： 2012年03月12日 00時25分00秒

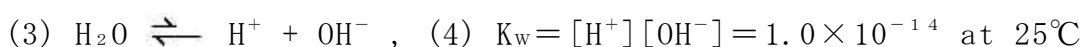
質問743 次の問題の解き方と解答を教えてください. 0.01 mol/Lの酢酸水溶液の水素イオン濃度を答えよ. ただし, この温度での酢酸の電離定数は 1.8×10^{-5} とする. よろしくをお願いします.

回答 空気中の二酸化炭素の溶解や水中の不純物による影響等を全て無視します. 最初に, 1 価の強酸から弱酸まで全てに適用できる解き方を説明します. 酢酸 CH_3COOH の電離平衡と電離定数 K_A は



$$(2) K_A = [\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+] / [\text{CH}_3\text{COOH}] = 1.8 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

水の電離平衡と水のイオン積 K_w は



酢酸は分子かイオンのどちらかの状態で存在するので, それらの濃度の和が物質収支の均衡から酢酸の初濃度 C に等しくなります.

$$(5) C = [\text{CH}_3\text{COOH}] + [\text{CH}_3\text{COO}^-]$$

水溶液全体は電氣的に中性なので

$$(6) [\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{CH}_3\text{COO}^-]$$

式(4), 式(5)および式(6)を式(2)に代入して, 水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ に関する式を求めます.

$$(7) K_A = [\text{H}^+] ([\text{H}^+]^2 - K_w) / (C[\text{H}^+] - [\text{H}^+]^2 + K_w)$$

$$(8) \therefore [\text{H}^+]^3 + K_A [\text{H}^+]^2 - (K_A C + K_w) [\text{H}^+] - K_A K_w = 0$$

式(8)を3次式の解法に関するCardanoの公式を用いて解けば, $[\text{H}^+]$ の値が数学的に求まります(複雑なので省略). または, $[\text{H}^+]$ の値を適当に変えながら式(8)に代入し, 試行錯誤に計算して, 式(8)が成立するときの $[\text{H}^+]$ の値を求めます. 最近ではExcel等の表計算ソフトが活用できますので, 試行錯誤に計算した方が速くて手軽だと思います.

次に, 電離度を用いて近似的に解く方法を説明します. 式(3)の水の電離平衡と式(4)の水のイオン積が無視できる($K_w = [\text{OH}^-] = 0$)と近似します. すると, 式(1)の各化学種の平衡濃度が電離度 α を用いて次の様に表せます.

$$(9) [\text{CH}_3\text{COOH}] = C(1 - \alpha), \quad (10) [\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}^+] = C\alpha$$

式(9)と式(10)を式(2)に代入して α について解き, さらに水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ を求めます.

$$(11) K_A = C\alpha^2 / (1 - \alpha), \quad (12) \alpha = \{-K_A + (K_A^2 + 4K_A C)^{1/2}\} / 2C$$

$$(13) [\text{H}^+] = \{-K_A + (K_A^2 + 4K_A C)^{1/2}\} / 2$$

電離度 α が 1 に対して無視できる ($1 \gg \alpha$) 場合には, さらに近似できます.

$$(14) K_A \doteq C \alpha^2, \quad (15) \alpha = (K_A / C)^{1/2}, \quad (16) [H^+] = (K_A C)^{1/2}$$

式(8)による水素イオン濃度 $[H^+]$ の正確な計算値に対して, 式(16)と式(13)による $[H^+]$ の近似値がどの程度信用できるか調べた結果を下表に示します. $\Delta [H^+]$ は正確な値に対する相対誤差であり, この値が 1 % 以下の場合に近似値が信用できることにします.

表 酢酸中の水素イオン濃度 $[H^+]$ の正確な計算値(式(8))に対する近似値(式(16)と式(13))とその誤差 $\Delta [H^+]$

初濃度	式(8)による正確な値		式(16)による近似計算		式(13)による近似計算	
C, mol/L	$[H^+]$, mol/L	pH	$[H^+]$, mol/L	$\Delta [H^+]$, %	$[H^+]$, mol/L	$\Delta [H^+]$, %
1.0	4.2337×10^{-3}	2.37	4.2426×10^{-3}	0.21	4.2337×10^{-3}	-2.8×10^{-8}
0.10	1.3327×10^{-3}	2.88	1.3416×10^{-3}	0.67	1.3327×10^{-3}	-2.8×10^{-7}
0.050	9.3973×10^{-4}	3.03	9.4868×10^{-4}	0.95	9.3973×10^{-4}	-5.7×10^{-7}
0.010	4.1536×10^{-4}	3.38	4.2426×10^{-4}	2.1	4.1536×10^{-4}	-3.0×10^{-6}
0.0010	1.2547×10^{-4}	3.90	1.3416×10^{-4}	6.9	1.2547×10^{-4}	-3.4×10^{-5}
1.0×10^{-4}	3.4371×10^{-5}	4.46	4.2426×10^{-5}	23	3.4370×10^{-5}	-5.1×10^{-4}
1.0×10^{-5}	7.1566×10^{-6}	5.15	1.3416×10^{-5}	87	7.1555×10^{-6}	-0.015
1.0×10^{-6}	9.5980×10^{-7}	6.02	4.2426×10^{-6}	342	9.4987×10^{-7}	-1.0
1.0×10^{-7}	1.6116×10^{-7}	6.79	1.3416×10^{-6}	732	9.9451×10^{-8}	-38

上表の計算値と誤差から, 式(16)による近似計算は初濃度が約 0.05 mol/L 以上でないと信用できないこと, 式(13)による近似計算は初濃度が 1.0×10^{-6} mol/L 以上のほとんど全ての範囲で信用できることが分かります. それゆえ, 質問文中の問題の解答は, 式(16)による近似計算値 $[H^+] \doteq 4.24 \times 10^{-4}$ mol/L ではなく, 式(13)による近似計算値 $[H^+] \doteq 4.15 \times 10^{-4}$ mol/L の方を採用すべきだと思います. ただし, 解答が有効数字 2 桁で良いのであれば, たまたま同じ数値になります.

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年3月12日 15時50分00秒

質問744 アルコール50mLと水50mLを混合すると, なぜ100mLにならないのですか.

回答 アルコール50 mLと水50 mLを混合すると, 混合熱による温度が冷めた後に体積が約96.6 mLになります. 言い換えると, 混合前の純粋なアルコールの密度および純水の密度と混合後の溶液の密度は異なっています. 混合割合を変えたときの詳細(混合前の体積の和=100 mL)については下の図をご覧ください. 混合後の溶液の体積や密度が混合割合によって連続的に変化しています.

体積が減少する理由の 1 つは水素結合だと思います. 純粋な液体の水は水素結合で数個の分子がつながった集団(クラスター)で動いています. すなわち, 液体の水にも氷のときの隙間だらけの構造が少し残っています. 純粋なエタノールも水素結合していますが, 立体的な構造等が水とは異なっています. エタノールと

水を混合すると、純粋な水や純粋なエタノールであったときの水素結合による隙間だらけの構造が壊れ、少し隙間が詰まった構造になるのだと思います。

体積が減少する別の理由として、水とエタノールでは分子の大きさが少し異なりますので、なるべく体積が小さくなるような詰め込み方が変わることも考えられます。

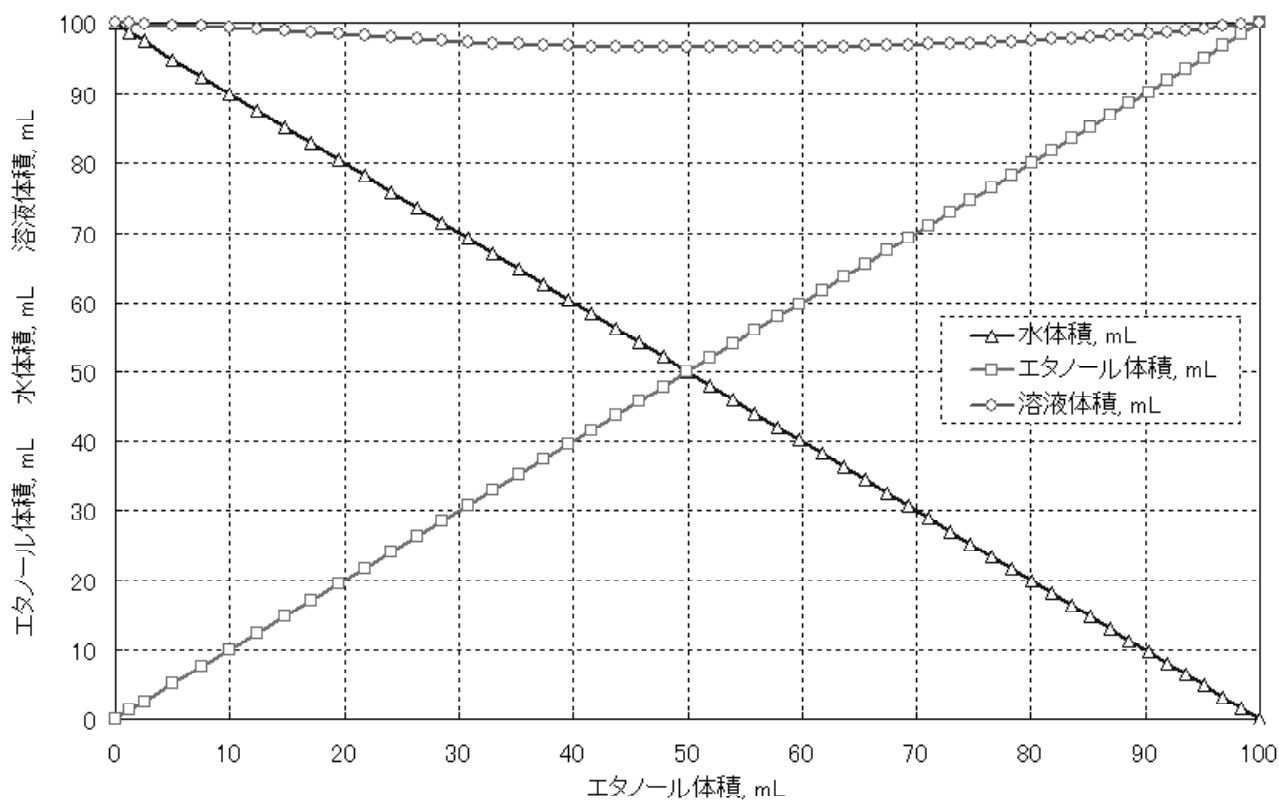


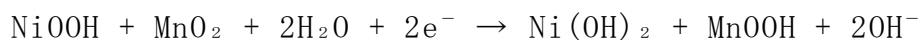
図 エタノールと水の混合による体積の減少

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

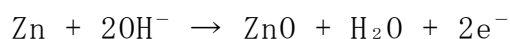
名前：芦田 実 日時：2012年03月12日 21時45分00秒

質問745 オキシライド乾電池の化学反応式を教えてください。よろしくお願い致します。

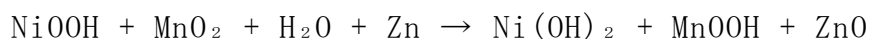
回答 オキシライド乾電池はニッケルマンガン乾電池とも言い、正極にオキシ水酸化ニッケルNiOOHと二酸化マンガンMnO₂，負極に亜鉛Zn，電解液に水酸化カリウムKOH水溶液と酸化亜鉛ZnOを用いているそうです。正極での反応は



負極での反応は



これらを合わせた全体の反応は



化学電池については、参考として下記のホームページもご覧下さい。ただし、化学反応式が正しいとは限りませんので注意して下さい。

http://avalonbreeze.web.fc2.com/35_03_10_chemicalbattery.html

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年03月14日 13時50分00秒

質問746 はじめまして。早速質問なのですが、界面化学の実験でステアリン酸の断面積および長さの計算値を求める方法が分かりません。1. ステアリン酸の長さと言うのは疎水基までなのか親水基まで含んでいるのか。2. 断面積とはカルボキシル基に関係していることまでは自力で分かったのですが、カルボキシル基の断面積の求め方が分かりません。

回答 1については、疎水基の炭化水素基も親水基のカルボキシル基もステアリン酸の一部ですから、ステアリン酸の長さは当然ながら親水基まで含んでいると思います。2については、水面上のステアリン酸単分子膜の面積を測定し、これからステアリン酸の断面積と長さを計算する実験だと想像して回答します。さらに、炭化水素基の断面積よりもカルボキシル基の断面積の方が大きいと思いますが、この大小関係を見捨て、ステアリン酸が直方体の形状をしていると仮定して計算します。

最初に、精密天秤とメスフラスコ(体積 $V_F(\text{cm}^3)$)を用いて、濃度が正確に分かったステアリン酸のエタノール溶液を調製します。このとき秤量したステアリン酸の質量 W (例えば 0.043 g)とステアリン酸の固体の密度 $D(=0.84\text{ g/cm}^3)$ から、秤量したステアリン酸の固体の体積 $V(\text{cm}^3)$ を求めます。

$$(1) \quad V = W(\text{g}) / D(\text{g/cm}^3) = 0.043\text{g} / 0.84\text{g/cm}^3 = 0.051\text{ cm}^3$$

さらに、ステアリン酸の分子量 $M(=284.48\text{ g/mol})$ とアボガドロ定数 $N_A(=6.02 \times 10^{23}\text{ 個/mol})$ を用いて、秤量したステアリン酸の分子数 $N(\text{個})$ と分子1個当たりの体積 $V_M(\text{cm}^3/\text{個})$ を求めます。

$$(2) \quad N = W(\text{g}) N_A(\text{個/mol}) / M(\text{g/mol}) \\ = 0.043\text{g} \times 6.02 \times 10^{23}\text{ 個/mol} / 284.48\text{g/mol} = 9.1 \times 10^{19}\text{ 個}$$

$$(3) \quad V_M = V(\text{cm}^3) / N(\text{個}) = 0.051\text{cm}^3 / 9.1 \times 10^{19}\text{ 個} = 5.6 \times 10^{-22}\text{ cm}^3/\text{個}$$

次に、駒込ピペットとメスシリンダー等を用いて、ステアリン酸エタノール溶液の1滴当たりの体積 V_D (例えば $0.040\text{ cm}^3/\text{滴}$)を測定します。この値とメスフラスコの体積 V_F (例えば 100 cm^3)を用いて、1滴あたりに含まれるステアリン酸の分子数 $N_D(\text{個/滴})$ を求めます。

$$(4) \quad N_D = N(\text{個}) V_D(\text{cm}^3/\text{滴}) / V_F(\text{cm}^3) = 9.1 \times 10^{19}\text{ 個} \times 0.040\text{cm}^3/\text{滴} / 100\text{cm}^3 \\ = 3.6 \times 10^{16}\text{ 個/滴}$$

続いて、水面上に駒込ピペットから1滴を静かに滴下し、ステアリン酸単分子膜の面積 S_D (例えば $80\text{ cm}^2/\text{滴}$)を測定します。この値と1滴中のステアリン酸の分子数 $N_D(\text{個/滴})$ からステアリン酸分子1個当たりの断面積 $S_M(\text{cm}^2/\text{個})$ を求めま

す.

$$(5) \quad S_M = S_D (\text{cm}^2/\text{滴}) / N_D (\text{個}/\text{滴}) = 80 \text{cm}^2/\text{滴} / 3.6 \times 10^{16} \text{個}/\text{滴} \\ = 2.2 \times 10^{-15} \text{cm}^2/\text{個}$$

この実験や計算では、比較的自由に展開したステアリン酸単分子膜を仮定しています. しかし、単分子膜を水平方向に圧縮した場合には、断面積が $S_M = 2.05 \times 10^{-15} \text{cm}^2/\text{個}$ 程度に圧縮されると言われています.

最後に、ステアリン酸分子 1 個当たりの体積 $V_M (\text{cm}^3/\text{個})$ と断面積 $S_M (\text{cm}^2/\text{個})$ からステアリン酸分子 1 個当たりの長さ $L_M (\text{cm})$ を求めます.

$$(6) \quad L_M = V_M (\text{cm}^3/\text{個}) / S_M (\text{cm}^2/\text{個}) = 5.6 \times 10^{-22} \text{cm}^3/\text{個} / 2.2 \times 10^{-15} \text{cm}^2/\text{個} \\ = 2.5 \times 10^{-7} \text{cm}$$

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://ks001.kj.utsunomiya-u.ac.jp/~minami/SPP/17/bunshi/minami.pdf>

<https://soar-ir.shinshu-u.ac.jp/dspace/bitstream/10091/3232/1/CERT09-015.pdf>

<http://www.water.sannet.ne.jp/masasuma/masa/w6.htm>

http://ir.lib.osaka-kyoiku.ac.jp/dspace/bitstream/123456789/11710/1/rikkykn_20_023.pdf

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年03月14日 23時20分00秒

質問747 ある物質をNaF水溶液を用いてF置換し、そのF含有量を2mass%以上にしたいのですが、NaFの濃度を最大にしても達成できませんでした. 何か溶解度を越える状態で合成する方法はありますか? くるしまぎれで、その物質とNaF粉末を混ぜてから水溶液を滴下しようかなとは思っていますが、おそらく効果は望めないと考えています. 良き策がございましたらお教えいただきたく思います.

回答 ある物質が何か、置換後のFの存在状態(対イオン、錯イオン、化学結合等)、最大置換可能%等が書かれていません. これらによって置換方法が異なる恐れがあります. 置換後の存在状態がフッ化物イオンのままであると考えて回答します. フッ化ナトリウムNaFの水に対する溶解度は4.15g/水100gです. これでF置換が不足ならば、もっと溶解度の大きいフッ化物を使用したらいかがでしょうか. 例えば、フッ化カリウムKFの水に対する溶解度は101.6g/水100gであり、モル質量の違いを考慮してもNaFの溶解度よりも18倍程度大きいです. カリウムイオンが問題ならば、フッ化アンモニウム NH_4F (溶解度84.8g/水100g)等も考えられます. なお、NaFもKFも有毒ですから、それらの取り扱いには十分に注意して下さい. 例えば、化学的性質や製品安全データシートMSDS等に関しては、参考として下記のホームページをご覧下さい.

<http://www.stella-chemifa.co.jp/products/chemical/category07/post-31.html>

<http://www.stella-chemifa.co.jp/products/chemical/%E3%83%95%E3%83%83%E5%8C%96%E3%83%8A%E3%83%88%E3%83%AA%E3%82%A6%E3%83%A0.pdf>

<http://www.stella-chemifa.co.jp/products/chemical/category07/post-32.html>

<http://www.stella-chemifa.co.jp/products/chemical/%E3%83%95%E3%83%83%E5%8C%96%E3%83%8A%E3%83%88%E3%83%AA%E3%82%A6%E3%83%A0.pdf>

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年03月15日 13時55分00秒

質問748 ファントホッフの法則について教えてください。

回答 水等の小さな溶媒の分子は自由に通し，他の大きな分子やイオン等を通さない半透膜でU字管を仕切ります．水等の純溶媒をU字管の一方へ入れ，他方へショ糖水溶液等の溶液を入れると，溶媒が半透膜を通り抜けて溶液の方へ移動し，純溶媒の液面が下降し，溶液の液面が上昇して，液面に差が生じます．最終的な液面の高さの差だけ溶液側に余分な圧力(浸透圧)がかかっており，溶媒がこれ以上浸透するのを防いでいます．ファントホッフの法則とは，浸透圧 π が溶質の実効的なモル濃度 C と絶対温度 T の積に比例するというものです．気体定数を R ，溶質の実効的な物質量を n ，溶液の体積を V とすると，

$$\pi = C R T = (n / V) R T$$

溶質が電解質の場合，溶質が電離して生じた正イオン，負イオン，電離してない溶質分子の全てが浸透圧に寄与しますので，それらの和が実効的なモル濃度 C になります．詳細については，参考として質問729，148，19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：芦田 実 日時：2012年03月17日 12時45分00秒

質問749 ONPGが β -ガラクトシダーゼにより分解されたとき，黄色になる理由を教えてください．

回答 ONPGと通常は略記する o -ニトロフェニル- β -D-ガラクトピラノシド(o -Nitrophenyl- β -D-galactopyranoside)が乳糖やガラクトースの配糖体を加水分解する酵素の β -ガラクトシダーゼ(β -Galactosidase)で分解されると，無色(固体粉末は白色)の β -D-ガラクトピラノース(β -D-galactopyranose)と黄色の o -ニトロフェノール(o -Nitrophenol)になります．それゆえ，生じた o -ニトロフェノールの色だと思います．詳細については，参考として下記のホームページや質問137の回答をご覧ください．

<http://park18.wakwak.com/~narimasu/else/chemical/kouso/koso.htm>

<http://www.busitu.numazu-ct.ac.jp/suzuki/tshp/btheme5.html>

<http://www2s.biglobe.ne.jp/~gakuyaku/kensa01/saikin1.pdf>

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

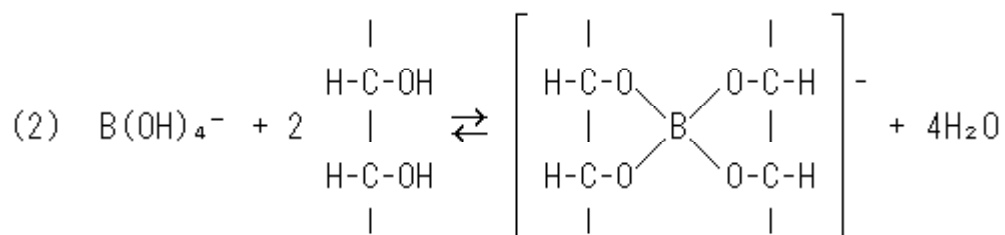
名前：芦田 実 日時：2012年03月18日 13時10分00秒

質問750 はじめまして．ある溶液中のホウ素濃度を測定したいのですが，水酸化ナトリウムや糖アルコール等の使用する試薬はわかっているのですが，肝心のホウ素濃度が算出できません．詳しく教えていただけませんか．

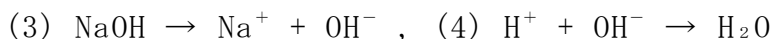
回答 ホウ素B(モル質量 $M_{A1}=10.81$ g/mol)が最初にホウ酸 $B(OH)_3$ (モル質量 $M_{A2}=61.83$ g/mol)の状態が存在すると仮定して回答します．弱酸であるホウ酸 $B(OH)_3$ は水中で次の様にわずかに電離します．



次に，ソルビトール等の糖アルコール(多価アルコール)と錯イオンを形成するそうです．このときの反応割合がはっきり分かりませんが，例えば1：2の割合で反応すると仮定した場合には



式(2)が加わると，糖アルコールなし(式(1)だけ)のときと比較してフリーな $B(OH)_4^-$ 濃度が減少します．すると，式(1)の化学平衡が右に移動して水素イオン H^+ 濃度が増加し，塩基で滴定できるようになります．増加した H^+ を，濃度が正確に分かった水酸化ナトリウム $NaOH$ (モル質量 $M_B=40.00$ g/mol)水溶液で滴定します． $NaOH$ を滴下すると水素イオンが消費され，式(1)の化学平衡がさらに右に移動し，滴定の当量点でほとんど全ての $B(OH)_3$ が $B(OH)_4^-$ に変わります．



結論として，ホウ酸 $B(OH)_3$ と水酸化ナトリウム $NaOH$ が1：1のモル比で反応します．混合前のホウ酸の初濃度と体積を C_A (mol/L)と V_A (L)，水酸化ナトリウムの初濃度と体積を C_B (mol/L)と V_B (L)とすると，混合後の滴定の当量点においてそれらの物質量(mol)が等しくなり，この関係からホウ酸の初濃度 C_A (mol/L)が求まります．

$$(5) \text{物質量} = C_A(\text{mol/L}) \cdot V_A(\text{L}) = C_B(\text{mol/L}) \cdot V_B(\text{L})$$

$$(6) \therefore C_A(\text{mol/L}) = C_B(\text{mol/L}) \cdot V_B(\text{L}) / V_A(\text{L})$$

ホウ酸の質量濃度 W_2 (g/L)やホウ素の質量濃度 W_1 (g/L)および水酸化ナトリウムの質量濃度 W_B (g/L)が必要ならば次式で換算します．

$$(7) W_2(\text{g/L}) = M_{A2}(\text{g/mol}) \cdot C_A(\text{mol/L}) = 61.83 \cdot C_A(\text{g/L})$$

$$(8) W_1(\text{g/L}) = M_{A1}(\text{g/mol}) \cdot C_A(\text{mol/L}) = 10.81 \cdot C_A(\text{g/L}) \\ = W_2(\text{g/L}) \cdot M_{A1}(\text{g/mol}) / M_{A2}(\text{g/mol})$$

$$(9) W_B(\text{g/L}) = M_B(\text{g/mol}) \cdot C_B(\text{mol/L}) = 40.00 \cdot C_B(\text{g/L})$$

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://fumi-theory.com/pdf/2/10b.pdf>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年03月18日 18時10分00秒

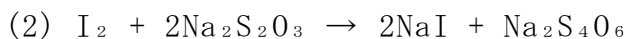
質問751 ベンジルアルコール $C_6H_5-CH_2-OH$ が空気中の酸素等で酸化されると過酸化物 $C_6H_5-CH_2-OOH$ を生じます。試料1 kg中の過酸化物により、ヨウ化カリウムKIから遊離されるヨウ素 I_2 をミリ当量数(meq)であらわした値を過酸化物価(POVまたはPV)と言います。この過酸化物価を測定するには、試料を酢酸／クロロホルム混液で溶かし、ヨウ化カリウム飽和溶液を加え、正確に1分間振り混ぜます。その後、水30 mLを加え、0.01 mol/Lチオ硫酸ナトリウム $Na_2S_2O_3$ 標準溶液で滴定します。滴定の終点においてデンプン指示薬10 mLを加え、生じた青色が脱色するまで滴定します。操作手順が原因なのか、うまく変色しません。反応は黄色になったときなのでしょうか。滴定量を増加させても変化が現れません。ご教授お願いします。

回答 実験結果(色の変化)が全く書かれておらず、どの操作段階でうまくいかないのか理解できません。操作手順は以下の様な2段階になります。最初に、過酸化物 $C_6H_5-CH_2-OOH$ を含む試料をヨウ化カリウムKIと反応させます。



過酸化物が存在してヨウ素 I_2 が生じれば、溶液の色が赤褐色(うがい薬のイソジンの色)か紫色(疎水性の環境中)になります。ヨウ素の発生量が少なければ、橙色～黄色か薄紫色になります。この操作段階で全く色が付かなければ、過酸化物が存在しないか、または試料や薬品の使用量が少な過ぎることになります。次に、実験していないので分かりませんが、水30 mLを加えたときに溶液が2相に分離しているならば、良くかき混ぜて水相にヨウ素を溶かし出さなければなりません。次の滴定中も同様で、水相に常にヨウ素を溶かし出して、チオ硫酸ナトリウムと全て反応させなければなりません。

続いて、振り混ぜながら、生じたヨウ素 I_2 をチオ硫酸ナトリウム $Na_2S_2O_3$ 標準溶液で滴定します。



溶液の色が赤褐色～橙色の間はデンプン指示薬を加えません。ヨウ素－デンプン反応の発色は、デンプンのらせん構造中にヨウ素が入り込んで起こります。しかし、らせん構造中に入り込んだヨウ素がチオ硫酸ナトリウムと反応し難くなり、指示薬としての変色速度がかなり遅くなるためです。溶液の色が黄色になったらデンプン指示薬を加えます。この操作段階でヨウ素－デンプン反応の青紫色(デンプンの種類によっては黒紫色～黒茶色)が付かなければ、デンプン指示薬がおかしいことになります。デンプンを全く煮ていないか、加熱が不十分で半透明のコロイド溶液になっていないか、デンプンの濃度が小さ過ぎることになります。ヨウ素－デンプン反応の発色が起こるのに、チオ硫酸ナトリウムを大量に添加しても

色が消えないならば，デンプン指示薬を加える時期が早過ぎたか，チオ硫酸ナトリウムの濃度が小さ過ぎることになります．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://www.tcn.zaq.ne.jp/kanno/public_html/oil.htm

<http://memspedia.mmc.or.jp/finemems/index.php/%E9%81%8E%E9%85%B8%E5%8C%96%E7%89%A9%E4%BE%A1>

<http://www.kyoto-kem.com/ja/pdf/industry/petroleum/TIA-06017.pdf>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：わぁ 日時：2012年03月17日 13時48分52秒

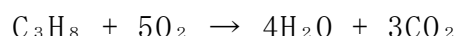
化学反応式を教えてください．プロパン C_3H_8 を完全燃焼させると，水と二酸化炭素が生じた．アルミニウムを燃焼させると，酸化アルミニウム Al_2O_3 が生じた．

名前：芦田 実 日時：2012年03月19日 10時40分00秒

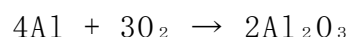
わぁ 様

質問752 化学反応式を教えてください．プロパン C_3H_8 を完全燃焼させると，水 H_2O と二酸化炭素 CO_2 が生じた．アルミニウム Al を燃焼させると，酸化アルミニウム Al_2O_3 が生じた．

回答 最初に反応物と生成物の化学式を書きます．次に，質量保存則が成り立ちますので，化学反応式の両辺のそれぞれの原子の数が同じになる様に係数を決めます．プロパン C_3H_8 を完全燃焼させて，水 H_2O と二酸化炭素 CO_2 が生じたときの化学反応式は



アルミニウム Al を燃焼させて酸化アルミニウム Al_2O_3 が生じたときの化学反応式は



埼玉大学教育学部理科教育講座

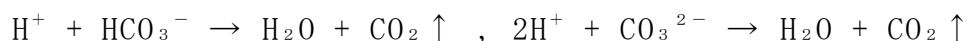
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年03月19日 18時50分00秒

質問753 還元糖の定量法(ソモジーネルソン法)で除たんぱく処理された血糖の定量をしたのですが，その除タンパク処理された検体にソモジー銅試薬を加え，よく混合する過程で泡立ちました．その理由がわかりません．教えてください．よろしくお願いします．

回答 除たんぱく処理とSomogyi-Nelson法について実験したことがないので，想像を含めて回答します．除たんぱく処理をトリクロロ酢酸，過塩素酸や硫酸等の酸性溶液で行いましたか．そうだとすると，その処理に用いた酸が試料から完全

に除去されていないことが考えられます。次のSomogyi銅試薬を加えると、銅試薬中の炭酸水素ナトリウムや炭酸ナトリウム等の塩基と中和反応して、濃度にもよりますが、二酸化炭素の気体(泡)を発生すると思います。



埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年03月21日 14時30分00秒

質問754 尿素→炭酸アンモニウムの製造方法と反応条件および二酸化炭素+アンモニア+水→炭酸アンモニウムの反応条件について教えてください。

回答 尿素を炭酸アンモニウムに変えるには、水溶液中で酵素ウレアーゼを使って室温～40℃以下で加水分解し、炭酸アンモニウム水溶液に変える方法があります。反応条件がおだやかなので、この方法が良いと思います。ただし、純粋な炭酸アンモニウム一水和物 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ の固体を取り出す方法は難しいようです。市販品は炭酸水素アンモニウム NH_4HCO_3 とカルバミン酸アンモニウム $\text{NH}_4\text{CO}_2\text{NH}_2$ の1：1混合物だそうです。この原因は二酸化炭素 CO_2 とアンモニア NH_3 が気化し安いためだと思います。その他に、尿素の水溶液を70℃以上に加熱して加水分解したり、触媒として酸またはアルカリを加えて加熱し、加水分解する方法もあります。ただし、温度を上げるほど二酸化炭素とアンモニアが気化します。

二酸化炭素とアンモニアから炭酸アンモニウムを作るには、室温で水に二酸化炭素とアンモニアの気体を吹き込むか、二酸化炭素：アンモニア：水を22g：17g：18gの割合で混ぜ(加圧?)れば良いと思います。なお、純粋な炭酸アンモニウム一水和物の取り出しについては上と同様です。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://www3.kanto.co.jp/catalog/msds/J_01286.PDF

<http://www.aist.go.jp/NIRE/publica/news-95/95-01.htm>

<http://ci.nii.ac.jp/els/110001824861.pdf>

<http://www.nikkan.co.jp/news/nkx0720110228eaae.html>

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年03月21日 23時35分00秒

質問755 硫酸イオン、遊離炭酸が高い。意味を教えてください。お願い致します。

回答 水質関係の質問だと想像して回答します。硫酸イオンの化学式は当然ながら SO_4^{2-} です。硫酸 H_2SO_4 は強酸ですが、2段目の電離定数はそれほど大きくないので、自然界の弱酸性の水中では硫酸水素イオン HSO_4^- も存在する可能性があります。重晶石 BaSO_4 やセッコウ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 等の硫酸塩が多い地域では、それらが溶け出して水中の硫酸イオンの濃度が高くなると思います。また、火山地域ではイオウが酸化されて硫酸イオンが生じるので、やはり濃度が高くなると思います。

遊離炭酸とは、水に溶けている二酸化炭素 CO_2 (炭酸ガス)のことです。中性に近

い水中で二酸化炭素はほとんど分子の状態で存在すると言われています。ただし、水和は起こっているかもしれません。そして、極一部が炭酸 H_2CO_3 、炭酸水素イオン HCO_3^- 、炭酸イオン CO_3^{2-} の状態で存在します。石灰岩 CaCO_3 等の炭酸塩が多い地域では、それらが溶け出した地下水等で遊離炭酸の濃度が高くなると思います。詳細については、参考として下記のホームページもご覧ください。

<http://www.city.sakura.lg.jp/suido/sisetu/original/suisitu/exp.htm>

<http://www.weblio.jp/content/%E7%A1%AB%E9%85%B8%E3%82%A4%E3%82%AA%E3%83%B3>

<http://phi.med.gunma-u.ac.jp/humeco/labometh.htm>

<http://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&serial=2614>

<http://www005.upp.so-net.ne.jp/wanatra/Nw3/21Stalactite.htm>

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年03月25日 15時25分00秒

質問756 ノーザンブロット法とウエスタンブロット法とは、どのようなものなの
でしょうか？

回答 除タンパク処理し、制限酵素で種々の長さの断片に切断したDNA(またはRNAやタンパク質)をアガロースゲルやポリアクリルアミドゲルの電気泳動等で分離し、ニトロセルロース膜(フィルター)等に転写(移し取る)操作をブロッティングと言ひ、転写されたものをプローブ(検出試薬や抗体等)を用いて検査・分析する方法をブロッティング法と言うそうです。ノーザンブロット法は特定の塩基配列をもつRNAを検出する方法で、ウエスタンブロット法は抗体によりタンパク質を検出する方法だそうです。なお、特定の塩基配列をもつDNAを検出する方法をサザンブロット法と言ひ、ゲル内で抗原抗体反応させてから膜に転写する方法をイースタンブロット法と呼ぶことがあるそうです。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。

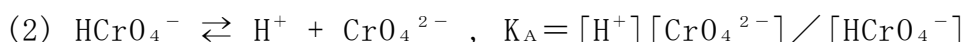
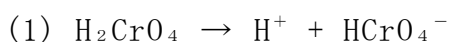
<http://133.100.212.50/~bc1/Biochem/technic.htm>

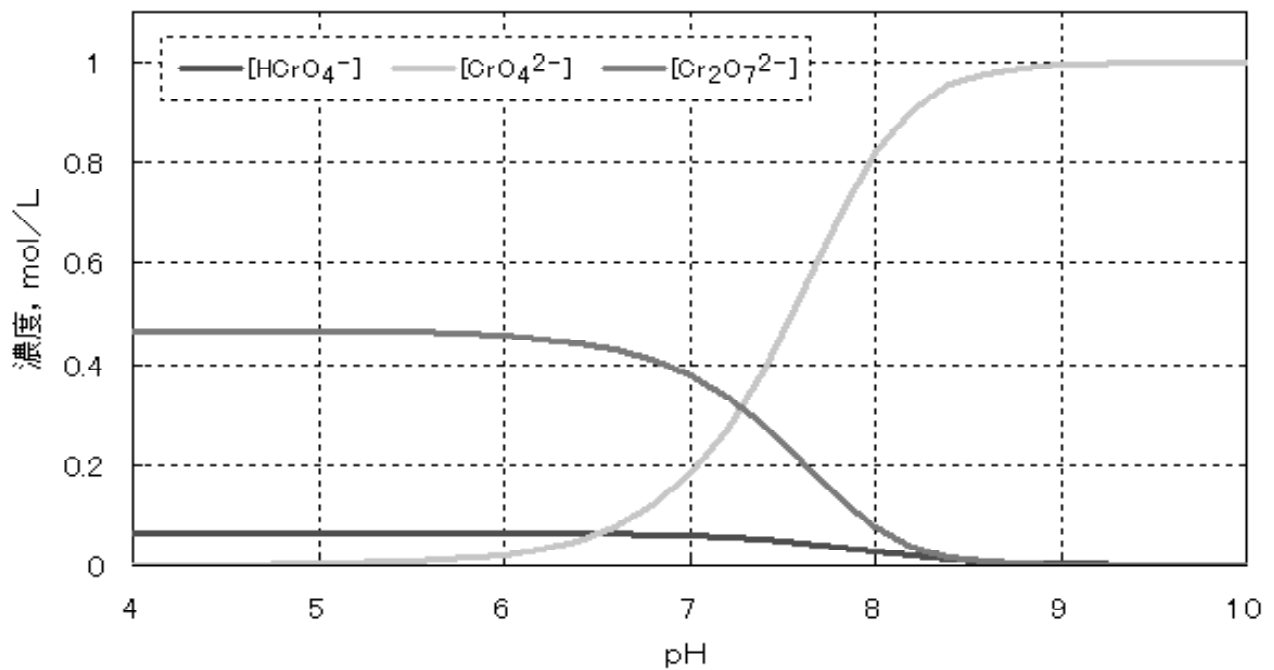
埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年03月28日 16時05分00秒

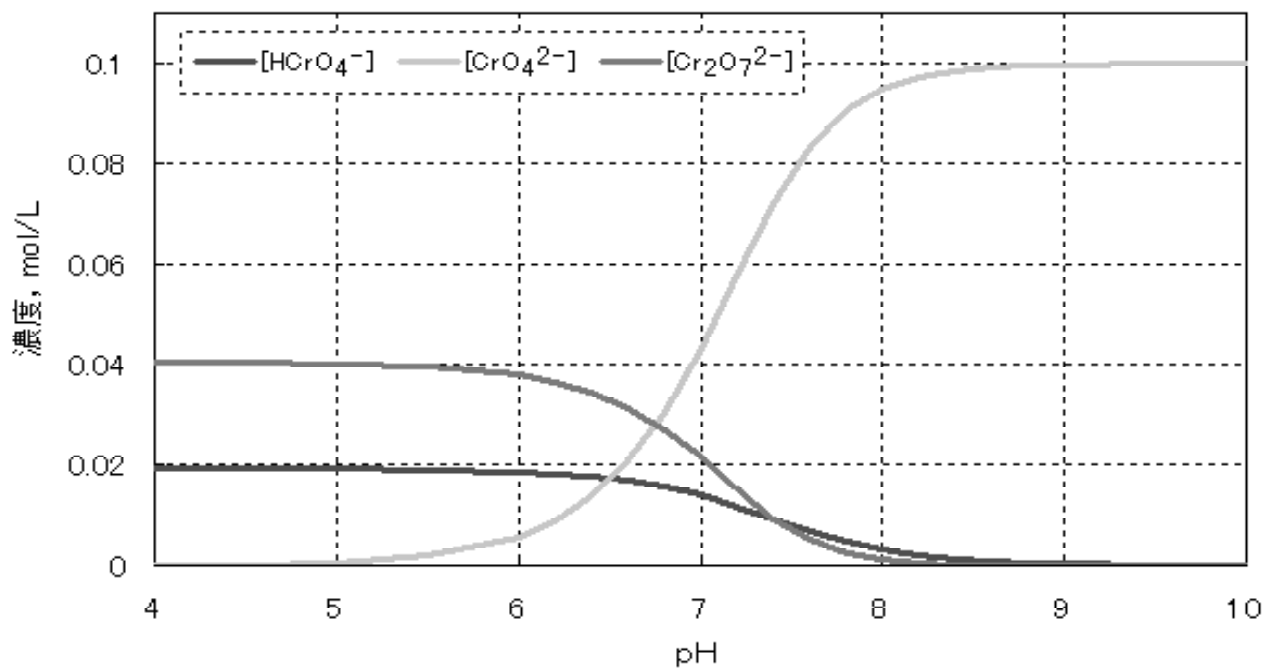
質問757 クロムはpHによって存在状態が変わりますよね。例えば、クロム酸から重クロム酸みたいに。しかし、具体的にどのpHでどのような割合で存在しているのか分かりません。例えば、pH4ではどのような割合で存在しているのですか。

回答 六価のクロムはpHと濃度の両方で存在状態が変化する様です。計算する範囲をpH=4~10に制限して簡単化します。クロム酸 H_2CrO_4 は2段階に電離しますが、1段目を完全解離と仮定します。



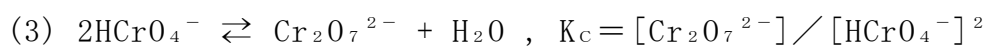


クロム酸イオンや二クロム酸イオンの濃度のpH変化 $C_T = 1 \text{ mol/L}$



クロム酸イオンや二クロム酸イオンの濃度のpH変化 $C_T = 0.1 \text{ mol/L}$

さらにクロム酸水素イオン HCrO_4^- が二クロム酸イオン $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ に脱水縮合します。



六価クロムは3種類のイオンのどれかの状態で必ず存在しますので、クロム酸の全濃度(初濃度)を C_T とすると、

$$(4) \quad C_T = [\text{HCrO}_4^-] + [\text{CrO}_4^{2-}] + 2[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}]$$

pHと水素イオン H^+ 濃度の関係より

$$(5) \quad \text{pH} = -\log_{10}([\text{H}^+]), \quad [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

以上の式から、各イオン濃度のpH変化(水素イオン濃度 $[H^+]$ 変化)を求めると

$$(6) [HCrO_4^-] = [\{(1+K_A/[H^+])^2 + 8K_C C_T\}^{1/2} - 1 - K_A/[H^+]] / 4K_C$$

$$(7) [CrO_4^{2-}] = K_A [HCrO_4^-] / [H^+], \quad (8) [Cr_2O_7^{2-}] = K_C [HCrO_4^-]^2$$

正確な平衡定数の値がはっきり分かりませんが、 $K_A \div 3.1 \times 10^{-7}$ 、 $K_C \div 1.1 \times 10^2$ だと仮定して計算すると、式(6)～式(8)の各イオン濃度がpHと C_T によって(前頁の)上図の様に变化します。これらの図は、あくまでも近似計算ですから、濃度の変化の傾向だけを見て下さい。pH4ではクロム酸イオンがほとんど存在しないこと、pH7の付近で二クロム酸イオンとクロム酸イオンの存在割合が逆転すること、 C_T が小さくなると二クロム酸イオンができ難くなること等が分かります。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年03月28日 18時20分00秒

質問758 人の体の密度を計算する方法を教えてください。

回答 見かけの密度の概算値(人の体の全体)で良ければ、比較的簡単に求められると思います。例えば、体重計を利用すれば人の質量を測定することができます。人の体積は、風呂を利用すれば測定できると思います。内側の空間の形なるべく直方体に近い風呂を選び、水平方向の空間の断面積を測定しておきます。お湯を入れて水面の位置に印を付けます。次に、人が湯に潜ったときに上昇した水面の位置に印を付け、水面が上昇した高さで断面積から人の体積を求めます。最後に、密度の式(密度=質量/体積)に代入すれば、人の体の密度(g/cm^3)を計算できます。ただし、単位の換算に注意して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年03月28日 20時35分00秒

質問759 Fe^{2+} とphenが反応すると510 nmで吸収する理由はなんですか？

回答 1,10-フェナントロリンphenは、鉄(II)イオン Fe^{2+} と1:3の錯体 $Fe(phen)_3^{2+}$ を作り赤色に呈色します。この錯体は、波長510 nmにおけるモル吸光係数が大きいので、鉄の検出・比色定量等に利用されています。なぜ510 nm付近の光を吸収するかですが、d軌道と配位結合の相互作用を考える必要があります。d軌道が全部で5つあるため、x, y, z軸方向に存在するものと、そうでないものがあります。それゆえ、配位子のphenが結合したとき、d軌道によって配位結合との反発が異なり、d軌道のエネルギーが高いものと低いものに分かれるそうです。これらのd軌道間を電子がせん移するときに、光の吸収等が起こって発色するそうです。したがって、 $Fe(phen)_3^{2+}$ 錯体が光を吸収するときに、510 nm付近の光がエネルギー的にちょうど都合が良かったのだと思います。詳しくは、ご自分で配位子場の理論を調べてみて下さい。さらに、 $Fe(phen)_3^{2+}$ に関する実験や分析等については、質問731, 658, 632, 614, 292, 273, 232, 220, 25等の回答をご

覧下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年03月28日 21時35分00秒

質問760 ジュース等の単糖の量をキレート滴定で求める実験をしました。加水分解，フェーリング反応等より，銅イオンを作って滴定したのですが，単糖がどのような比率で酸化銅になるかわかりません。ご指導よろしくお願いいたします。

回答 ヘキソース(六炭糖) 1 分子から約 5 個の酸化銅(I)が生じるそうです。しかし，このベルトラン法の反応は定量的(化学量論的)には進まないと言われていいます。それゆえ，反応条件(濃度，温度，時間等)をいつも同一にして，還元糖に対していつも同じ割合の酸化銅(I)を生じさせる必要があります。詳細については質問738, 706, 537(追加2)，537(追加)，537, 498, 256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：芦田 実 日時：2012年03月31日 23時30分00秒

ここの回答では，濃度の求め方や濃度の相互換算等に関する質問をまとめてみました。濃度には種々の定義があります。その理由は，昔から人間が手持ちの器具を使って簡単に実験できる様に，また便利な様に勝手に決めてきたためだと思います。しかし，溶液の密度 D_s が分かれば，濃度は相互に換算できます。

質問761 水溶液の百分率(パーセント)濃度の求め方が分かりません。詳しく教えてください。

回答 百分率(パーセント)濃度には，質量を基準にした定義と混合前の体積を基準にした定義があります。

1. 質量百分率(パーセント)濃度 W_c (mass%または%)

溶液100g中の溶質の質量(g)で定義します。昔は重量百分率(パーセント)濃度(wt%またはweight%)と言いました。溶媒(溶かす物，例えば水 H_2O)の質量を W_1 (例えば90 g)，溶質(溶かされる物，例えば塩化ナトリウム $NaCl$)の質量を W_2 (例えば10 g)とすると，質量百分率濃度は

$$W_c = W_2 / (W_1 + W_2) \times 100\text{mass\%} = 10\text{g} / (90\text{g} + 10\text{g}) \times 100\text{mass\%} = 10\text{mass\%}$$

(または%, wt%, weight%)

ちなみに，この10mass%塩化ナトリウム水溶液の密度は $D_s = 1.07 \text{ g/mL at } 25^\circ\text{C}$ なので，その体積 V_s は

$$V_s = (W_1 + W_2) / D_s = (90\text{g} + 10\text{g}) / 1.07\text{g/mL} = 93.5\text{mL at } 25^\circ\text{C}$$

2. 容量(体積)百分率(パーセント)濃度 V_c (vol%, v/vまたはvol/vol%)

液体同士や気体同士を混合すると体積が変化することがあるため，これらの場合には混合前の体積を用いて定義します。溶媒の体積を V_1 (例えば水70 mL， $D_1 =$

0.997 g/mL at 25 °C, $W_1=69.8$ g), 溶質の体積を V_2 (例えばエタノール30 mL, $D_2=0.786$ g/mL at 25 °C, $W_2=23.6$ g)とすると, 混合後の溶液全体の体積は $V_s \doteq 97.4$ mLになります. このときの容量百分率濃度 V_c は

$$V_c = V_2 / (V_1 + V_2) \times 100\text{vol}\% = 30\text{mL} / (70\text{mL} + 30\text{mL}) \times 100\text{vol}\% = 30\text{vol}\% \\ (\text{または } v/v\%, \text{ vol/vol}\%)$$

ちなみに, この30vol%エタノール水溶液の密度 D_s と質量百分率濃度 W_c は

$$D_s = (W_1 + W_2) / V_s = (69.8\text{g} + 23.6\text{g}) / 97.4\text{mL} = 0.959\text{g/mL at } 25^\circ\text{C}$$

$$W_c = 23.6\text{g} / (69.8\text{g} + 23.6\text{g}) \times 100\text{mass}\% = 25.3\text{mass}\%$$

なお, 液体同士や気体同士の混合物の濃度単位が単に%だけの場合には, 普通はそれがvol%であることを意味します. 例えば, 空気中の酸素 O_2 濃度は20.9%ですが, これは20.9vol%のことです. 窒素 N_2 濃度を78.1vol%, アルゴンAr濃度を0.9vol%として計算すると, 空気中の酸素の質量百分率濃度は

$$W_c = \frac{32.00\text{g/mol} \times 0.209 \times 100\text{mass}\%}{32.00\text{g/mol} \times 0.209 + 28.02\text{g/mol} \times 0.781 + 39.95\text{g/mol} \times 0.009} \\ = 23.1\text{mass}\%$$

この様に濃度の値が違う理由は, 酸素の分子量が窒素より大きいからです.

3. 類似した濃度の定義

質量千分率 W_T (‰またはmass‰)は, 溶液1000g中の溶質の質量(g)で定義します.

$$W_T = W_2 / (W_1 + W_2) \times 1000\text{‰} \quad (\text{または mass}\text{‰})$$

質量百万分率 W_M (ppm)は, 溶液1000kg中の溶質の質量(g)または溶液1000g中の溶質の質量(mg), すなわち溶液全体の質量の100万分の1を基準として定義します.

$$W_M = W_2 / (W_1 + W_2) \times 10^6\text{ppm}$$

その他に, 溶液全体の質量の10億分の1を基準とした質量十億分率(ppb), 溶液全体の質量の1兆分の1を基準とした質量兆分率(ppt)等があります. 数式は省略しますが, これらは上と同様な形になります.

質問762 水溶液のモル濃度や規定度の求め方が分かりません. 詳しく教えて下さい.

回答 モル濃度には, 溶液の質量を基準にした定義と溶液の体積を基準にした定義があります.

4. 質量モル濃度 C_M (mol/kg)

溶媒1kg中の溶質の物質量(mol)で定義します. 溶質の分子量(モル質量)を M_2 (例えば塩化ナトリウムNaClなら58.44 g/mol)とします. 溶媒の質量 W_1 をg単位からkg単位の数値 W_{1K} に換算して, 上の10 mass%塩化ナトリウム水溶液の質量モル濃度 C_M を求めると

$$W_{1K}(\text{kg}) = W_1(\text{g}) / 1000\text{g/kg} = 90\text{g} / 1000\text{g/kg} = 0.090\text{kg}$$

$$C_M = W_2 / M_2 W_{1K} = 10\text{g} / (58.44\text{g/mol} \times 0.090\text{kg}) = 1.90\text{mol/kg}$$

質量モル濃度 C_M (mol/kg)と質量百分率濃度 W_c (mass%)の換算式を求めるには、最初に W_c の式の逆数をとって変形します.

$$100/W_c = (W_1 + W_2)/W_2 = W_1/W_2 + 1, \quad W_1/W_2 = (100 - W_c)/W_c$$

$$W_2/W_1 = W_c/(100 - W_c), \quad W_2/W_{1K} = 1000W_c/(100 - W_c)$$

$$\therefore C_M = 1000W_c/\{M_2(100 - W_c)\}, \quad W_c = 100M_2C_M/(1000 + M_2C_M)$$

5. (容量, 体積)モル濃度 C_v (mol/L)

溶液 1 L中の溶質の物質質量(mol)で定義します. 単にモル濃度と言えば、普通は容量モル濃度のことを指します. 溶液の体積 V_s をmL単位からL単位の数値 V_{sL} に換算して、上の塩化ナトリウム水溶液の容量モル濃度を求めると

$$V_{sL}(\text{L}) = V_s(\text{mL})/1000\text{mL/L} = 93.5\text{mL}/1000\text{mL/L} = 0.0935\text{L}$$

$$C_v = W_2/M_2V_{sL} = 10\text{g}/(58.44\text{g/mol} \times 0.0935\text{L}) = 1.83\text{mol/L}$$

容量モル濃度 C_v (mol/L)と質量百分率濃度 W_c (mass%)の換算式を求めるには、最初に密度 D_s の式を変形します.

$$D_s = (W_1 + W_2)/1000V_{sL}, \quad V_{sL} = (W_1 + W_2)/1000D_s$$

$$\therefore C_v = 1000D_sW_2/\{M_2(W_1 + W_2)\} = 10D_sW_c/M_2, \quad W_c = M_2C_v/10D_s$$

6. 規定度 C_N (Nまたはeq/L)

溶液 1 L中に溶質が何グラム当量含まれているかで(1グラム当量を単位(eq)として)定義します. 酸や塩基の場合、1グラム当量とは1molの水素イオン H^+ または水酸化物イオン OH^- と反応する質量(g)です. すなわち、酸や塩基の1molの質量を酸や塩基の価数 N_v (eq/mol, 1molが何グラム当量か)で割った値になります. 言い換えると、規定度とは水素イオンや水酸化物イオンで考えたときのモル濃度に相当します. したがって、塩酸 HCl や水酸化ナトリウム $NaOH$ 水溶液の様に1価の酸や塩基の場合には、規定度 C_N (N)と容量モル濃度 C_v (mol/L)が同じ数字になります. 硫酸 H_2SO_4 や水酸化バリウム $Ba(OH)_2$ 水溶液の様に2価の酸や塩基の場合には、規定度 C_N (N)が容量モル濃度 C_v (mol/L)の2倍の数字になります. 例えば、塩酸の場合には $3\text{mol/L } HCl = 3N \text{ } HCl$, 硫酸の場合には $3\text{mol/L } H_2SO_4 = 6N \text{ } H_2SO_4$ のようになります.

酸化・還元反応の場合、1グラム当量とは1molの電子の授受に相当する(0.5molの水素 H_2 や0.25molの酸素 O_2 と酸化・還元反応する)質量(g)です. したがって、硫酸酸性中における過マンガン酸カリウム $KMnO_4$ は5価の酸化剤なので、規定度 C_N (N)が容量モル濃度 C_v (mol/L)の5倍の数字になります. 例えば、 $0.02\text{mol/L } KMnO_4 = 0.1N \text{ } KMnO_4$ のようになります.

$$C_N(\text{eq/L}) = N_v(\text{eq/mol}) \times C_v(\text{mol/L}) = 10N_vD_sW_c/M_2, \quad W_c = M_2C_v/10N_vD_s$$

質問763 モル分率や分圧等の求め方が分かりません. 詳しく教えて下さい.

回答 モル分率は物質質量(mol)の割合、すなわち数の割合であり、溶液でも混合気体でも使用します. 単位時間あたりに容器の壁に衝突する分子数に圧力が比例するため、混合気体では分圧/全圧=モル分率の関係があります.

7. モル分率 X

溶液や混合気体の全体の物質量(mol)に対する溶媒や溶質の物質量(mol)の割合で定義します． 3成分以上の系でも下式と同様な関係が成立します． 溶媒の分子量(モル質量)を M_1 (g/mol)，その物質量を B_1 (mol)，溶質の物質量を B_2 (mol)とすると， 溶媒のモル分率 X_1 および溶質のモル分率 X_2 は

$$B_1 = W_1 / M_1 \quad , \quad B_2 = W_2 / M_2 \quad , \quad X_1 = B_1 / (B_1 + B_2) \quad , \quad X_2 = B_2 / (B_1 + B_2)$$

$$X_1 + X_2 = 1$$

例えば， 上の10mass%塩化ナトリウム水溶液の場合には， 水の $M_1 = 18.02$ g/molですから，

$$B_1 = W_1 / M_1 = 90\text{g} / 18.02\text{g/mol} = 4.994 \text{ mol}$$

$$B_2 = W_2 / M_2 = 10\text{g} / 58.44\text{g/mol} = 0.171 \text{ mol}$$

$$X_1 = 4.994\text{mol} / (4.994\text{mol} + 0.171\text{mol}) = 0.967$$

$$X_2 = 0.171\text{mol} / (4.994\text{mol} + 0.171\text{mol}) = 0.033$$

モル分率 X と質量百分率濃度 W_c (mass%) の換算式を求めると

$$1/X_1 = (W_1/M_1 + W_2/M_2) / (W_1/M_1) = 1 + M_1 W_2 / M_2 W_1 = 1 + M_1 W_c / M_2 (100 - W_c)$$

$$X_1 = M_2 (100 - W_c) / \{100 M_2 + (M_1 - M_2) W_c\}$$

$$1/X_2 = (W_1/M_1 + W_2/M_2) / (W_2/M_2) = M_2 W_1 / M_1 W_2 + 1 = M_2 (100 - W_c) / M_1 W_c + 1$$

$$X_2 = M_1 W_c / \{100 M_2 + (M_1 - M_2) W_c\} \quad , \quad W_c = 100 M_2 X_2 / (M_1 X_1 + M_2 X_2)$$

混合気体の全圧 P と成分1の分圧 P_1 ，成分2の分圧 P_2 およびモル分率 X_1 と X_2 の間には次の様な関係があります． 3成分以上の系でも同様です．

$$P = P_1 + P_2 \quad , \quad P_1 = P X_1 \quad , \quad P_2 = P X_2$$

質問764 溶解度と溶解度積の求め方やそれらの違いが分かりません． 詳しく教えてください．

回答 溶解度も溶解度積も溶質濃度が飽和状態に達したときの値です． 溶解度積の方が広い概念であり， 溶解度は特殊な場合として溶解度の中に含まれます．

8. 溶解度 C_Y (g/水hgまたはg/水100g)

溶媒(水)100 gに最大限溶解する溶質の質量(g)で定義します． 例えば， 25 ℃において水 $W_1 = 20$ gに塩化ナトリウムが最大限 $W_2 = 7.17$ g溶解します． 溶媒の質量 W_1 をg単位からhg単位の数値 W_{1H} に換算して， 溶解度を求めると

$$W_{1H}(\text{hg}) = W_1(\text{g}) / 100\text{g/水hg} = 20\text{g} / 100\text{g/水hg} = 0.20\text{水hg}$$

$$C_Y = W_2 / W_{1H} = 7.17\text{g} / 0.20\text{水hg} = 35.9\text{g/水hg} \quad \text{または} \quad C_Y = 35.9\text{g/水100g}$$

溶解度 C_Y (g/水hg)と質量百分率濃度 W_c (mass%) の換算式を求めると

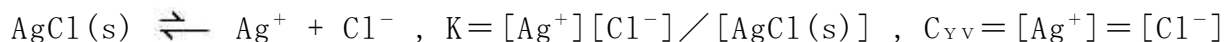
$$C_Y = 100 W_2 / W_1 = 100 W_c / (100 - W_c) \quad , \quad W_c = 100 C_Y / (100 + C_Y)$$

9. 溶解度積 K_{SP}

溶媒(水)に溶け難い溶質(沈殿， 例えば塩化銀 AgCl)を水に入れてかき混ぜ， 充

分に時間をおいて溶け残りが沈殿した状態を考えます。上澄み液では溶質濃度が溶解度(飽和濃度)になっています。さらに、沈殿の微粒子表面では、溶質の水中への溶解と表面への析出の動的な平衡が成立しています。例えば、塩化銀AgClの溶解・析出平衡を式で表し、溶解度を容量モル濃度の単位に換算した値 C_{YV} を用いると

$$C_{YV} = 1000D_s C_Y / \{M_2 (100 + C_Y)\}$$

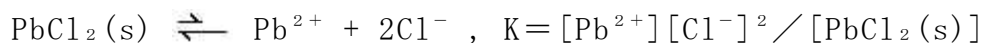


上式で $[\text{AgCl(s)}]$ は沈殿の見かけのモル濃度ですが、溶解反応は粒子の表面だけで起こり、粒子の内部は関係しませんので、 $[\text{AgCl(s)}]$ にあまり意味がありません。そこで普通は、これを平衡定数 K の中に含ませてしまうか、実際に有効な濃度である活量(実効濃度)を考えて $[\text{AgCl(s)}] = 1$ としてしまいます。このときの定数を溶解度積 K_{SP} と言います。なお、無機重金属イオンの分析(AgCl沈殿の生成)のときの様に、上澄み液中の銀イオン濃度と塩化物イオン濃度が等しくなくても、等しくても両方の場合で溶解度積の式は成立します。さらに、溶解度と溶解度積の関係を求めると

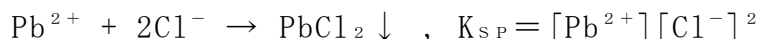


$$C_{YV} = [\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] \quad \text{または} \quad [\text{Ag}^+] \neq [\text{Cl}^-]$$

溶解度積は物質によって単位が変わる(例えば、上の塩化銀の場合はモル濃度の2乗、下の塩化鉛の場合はモル濃度の3乗)ため、普通は単位をつけません。しかし、式に含まれるイオン等の濃度はモル濃度です。例えば塩化鉛 PbCl_2 の場合には



$$C_{YV} = [\text{Pb}^{2+}] = [\text{Cl}^-] / 2$$



$$C_{YV} = [\text{Pb}^{2+}] = [\text{Cl}^-] / 2 \quad \text{または} \quad [\text{Pb}^{2+}] \neq [\text{Cl}^-] / 2$$

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年04月02日 21時55分00秒

質問765 アルカリ性ホスファターゼ測定では、100 mLの血清から30 min間に遊離されるフェノール(分子量, モル質量 $M = 94 \text{ g/mol}$)のmg数として酵素単位を定義します。V=0.3 mLの血清を用いてT=45 min間インクベートしてW=0.0564 mgのフェノールが遊離されたとき、酵素単位、国際単位(IU)およびKatalで酵素活性を求めたいのですが、解き方が分かりません。詳しい説明をお願いします。

回答 酵素単位の単位記号をEUとします。100 mLの血清から30 minにフェノール1 mgが遊離されると1 EUになりますので

$$1 \text{ EU} = 1 \text{ mg} / (100 \text{ mL} \times 30 \text{ min}) , \therefore 3000 \text{ EU} = 1 \text{ mg} / (\text{mL min})$$

mg/(mL min)単位からEU単位への換算係数 K_{EU} を求めると

$$K_{EU} = 3000 \text{ EU mL min/mg} = 3000 \text{ EU L min/g}$$

したがって、EU単位での酵素活性(EU)は

$$\begin{aligned} \text{酵素活性 (EU)} &= K_{EU} W(\text{mg}) / \{V(\text{mL}) T(\text{min})\} \\ &= 3000 \text{ EU mL min/mg} \times 0.0564 \text{ mg} / (0.3 \text{ mL} \times 45 \text{ min}) = 12.5 \text{ EU} \end{aligned}$$

フェノールのモル質量 $M = 94 \text{ g/mol}$ から遊離された物質質量 $B(\text{mol})$ を求めると

$$B = W(\text{g}) / M(\text{g/mol}) = 5.64 \times 10^{-5} \text{ g} / 94 \text{ g/mol} = 6.0 \times 10^{-7} \text{ mol} = 0.60 \text{ } \mu\text{mol}$$

国際単位(IU)の定義では、1 min間に1 μmol の基質を分解や合成すると1 IUです。上と同様に、 $\mu\text{mol/min}$ 単位からIU単位への換算係数 K_{IU} と国際単位(IU)での酵素活性(IU)を求めると

$$1 \text{ IU} = 1 \text{ } \mu\text{mol} / 1 \text{ min}, \quad K_{IU} = 1 \text{ IU min/} \mu\text{mol}$$

$$\begin{aligned} \text{酵素活性 (IU)} &= K_{IU} B(\text{ } \mu\text{mol}) / T(\text{min}) \\ &= 1 \text{ IU min/} \mu\text{mol} \times 0.60 \text{ } \mu\text{mol} / 45 \text{ min} = 0.0133 \text{ IU} \end{aligned}$$

ただし、上の値は試料溶液の体積が $V = 0.3 \text{ mL}$ の場合です。もしも、体積が $V = 1 \text{ L}$ の場合の値が必要なら、下の様に変更する必要があります。

$$1 \text{ IU/L} = 1 \text{ } \mu\text{mol} / (1 \text{ min} \times 1 \text{ L}), \quad K_{IU/L} = 1 \text{ IU min L/} \mu\text{mol}$$

$$\begin{aligned} \text{酵素活性 (IU/L)} &= K_{IU/L} B(\text{ } \mu\text{mol}) / \{T(\text{min}) V(\text{L})\} \\ &= 1 \text{ IU min L/} \mu\text{mol} \times 0.60 \text{ } \mu\text{mol} / (45 \text{ min} \times 0.0003 \text{ L}) = 44.4 \text{ IU/L} \end{aligned}$$

新しい国際単位であるカタールKatalの定義では、1 s間に1 molの基質を分解や合成すると1 katです。上と同様に、 mol/s 単位からkat単位への換算係数 K_{KAT} と国際単位(kat)での酵素活性(kat)を求めると

$$1 \text{ kat} = 1 \text{ mol} / 1 \text{ s}, \quad K_{KAT} = 1 \text{ kat s/mol}$$

$$\begin{aligned} \text{酵素活性 (kat)} &= K_{KAT} B(\text{mol}) / T(\text{s}) \\ &= 1 \text{ kat s/mol} \times 6.0 \times 10^{-7} \text{ mol} / (45 \text{ min} \times 60 \text{ s/min}) = 2.22 \times 10^{-10} \text{ kat} \\ &= 2.22 \times 10^{-4} \text{ } \mu\text{kat} \end{aligned}$$

ただし、上の値は試料溶液の体積が $V = 0.3 \text{ mL}$ の場合です。もしも、体積が $V = 1 \text{ L}$ の場合の値が必要なら、やはり下の様に変更する必要があります。

$$1 \text{ kat/L} = 1 \text{ mol} / (1 \text{ s} \times 1 \text{ L}), \quad K_{KAT/L} = 1 \text{ kat s L/mol}$$

$$\begin{aligned} \text{酵素活性 (kat/L)} &= K_{KAT/L} B(\text{mol}) / \{T(\text{s}) V(\text{L})\} \\ &= 1 \text{ kat s L/mol} \times 6.0 \times 10^{-7} \text{ mol} / (45 \text{ min} \times 60 \text{ s/min} \times 0.0003 \text{ L}) \\ &= 7.41 \times 10^{-7} \text{ kat/L} = 0.741 \text{ } \mu\text{kat/L} \end{aligned}$$

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：ひと 日時：2012年05月02日 18時25分42秒

高校2年生です。学校でイオン結合を勉強をしています。しかし、恥ずかしながら共有結合とイオン結合の違いが分かりません。また、それらから共有結晶、分子結晶、イオン結晶、金属結晶になるときに、どのように分類すればいいのかわからないです。覚えるしかないのでしょうか？お手数ですが、1から説明をお願いします。もし、分かりやすい図や資料などありましたら、一緒におねがいします。

名前：芦田 実 日時：2012年05月13日 23時55分00秒

ひと様

質問766 高校2年生です。学校でイオン結合を勉強をしています。しかし、共有結合とイオン結合の違いが分かりません。また、それらから共有結晶、分子結晶、イオン結晶、金属結晶になるときに、どのように分類すればいいのかわからないです。覚えるしかないのでしょうか？お手数ですが、1から説明をお願いします。もし、分かりやすい図や資料等ありましたら、一緒をお願いします。

回答 結合している原子が、相手の電子を引き付ける強さを電気陰性度と言います。18族の希ガスを除く周期表を考えたとき、周期表の左下(例えばフランシウムFr)ほど電気陰性度が弱く、周期表の右上(例えばフッ素F)ほど電気陰性度が強くなります。原子核の正電荷 q^+ と電子の負電荷 q^- の距離(原子やイオンの半径)を r とすると、クーロンの法則より原子核と電子の間に働くクーロン引力 F は

$$F \propto q^+ q^- / r^2$$

となります。周期表の下に行くほど電気陰性度が弱くなる理由は、内殻の数が増えて原子半径 r が大きくなり、クーロン引力 F が小さくなるためです。周期表の右に行くほど電気陰性度が強くなる理由は、原子核中の陽子の数が増えて正電荷 q^+ が大きくなり、クーロン引力 F が大きくなるためです。

周期表の左側の金属元素と右側の非金属元素の原子間では、周期表における位置が遠くて電気陰性度の差が大きく、イオン結合が起こり易くなります。イオン結合では、陽性の強い(左側の)原子から陰性の強い(右側の)原子に最外殻の電子が完全に移動します(閉殻)。イオン結晶(例えば塩化ナトリウムNaCl, 塩化カルシウムCaCl₂等)は、陽イオンの周りを陰イオンが取り囲み、陰イオンの周りを陽イオンが取り囲んで、陽イオンと陰イオンが互いに引っ張り合って集合している状態で存在します(強いクーロン引力)。すなわち、どの陽イオンとどの陰イオンが結合しているということが決まっていません。したがって、水に入れると溶解(水和)して電離するものが多くあります。

希ガスを除いた非金属元素の原子間では、周期表における位置が比較的近くて電気陰性度の差が小さく、共有結合が起こり易くなります。共有結合では、電子を1個ずつ出し合って、それらの電子が両方の原子に所属する形(閉殻)で結合します。結合する相手が決まっていますので分子を作ります。ただし、異なる原子間の共有結合では電気陰性度の差が大きくなるほど、共有結合がイオン性を帯びて分極します。分子結晶(例えばヨウ素I₂, ドライアイスCO₂, ナフタレンC₁₀H₈等)では、非常に弱い分子間力(ファン・デル・ワールス力)で分子同士が集合しています。したがって、融点や沸点が低く、加熱すると容易に昇華したり液化・気化

して分子ごとにバラバラに別れます．共有結合結晶(例えばダイヤモンドC，炭化ケイ素SiC等)では，全ての原子が共有結合で連続的に強く結合して，巨大な1つの分子になっています．したがって，硬くて融点や沸点が高く，溶媒に入れたり加熱しても，分子や原子がバラバラに分かれることはほとんどありません．

金属原子は陽性が強く，原子核からの弱いクーロン引力に逆らって最外殻電子が容易に離れていきます．金属結晶(例えば金，銀，銅，アルミニウム等)中では原子から離れた電子が自由に動き回っていて(自由電子)，電気伝導性があります．正電荷と負電荷に分かれているという意味では，イオン結合と似ているところがあります．イオン結合では，負電荷が大きな陰イオンなので，自由に動き回ることができません．金属結合では，負電荷が非常に小さい電子なので，陽イオンの隙間を自由に動き回ることができます．

以上の様に，ある物質がどの結晶になるかを分類するときには，周期表と電気陰性度が何らかのヒントになると思います．さらに，それぞれの結晶の図や資料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://www.buturigaku.net/main01/Electricity/Electricity02.html>

<http://www.buturigaku.net/main01/Semiconductor/Semiconductor02.html>

<http://www2.yamamura.ac.jp/chemistry/chapter1/lecture10/lect1101.html>

<http://www2.yamamura.ac.jp/chemistry/chapter1/lecture11/lect1111.html>

http://www.geocities.jp/amy_chemistry/chemistry9.html

http://www.geocities.jp/amy_chemistry/chemistry15.html

http://www.geocities.jp/amy_chemistry/chemistry16.html

http://www.geocities.jp/amy_chemistry/chemistry17.html

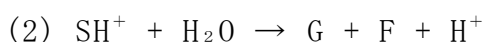
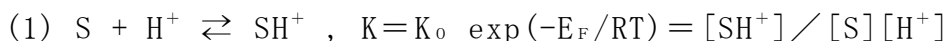
埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：芦田 実 日時：2012年05月17日 00時20分00秒

質問767 酸触媒(HCl)下，35℃でのショ糖の加水分解反応の速度定数はいくらですか？文献値がほしいですが探せません．もし文献値をさがすコツなどあれば教えてください．化学便覧なども見たんですが．

回答 物理化学実験の本を見れば，速度定数自体は比較的簡単に見つかると思います．ただし，本や文献等によって速度定数の値がかなりばらついています．この原因は，水素イオン濃度と温度の実験条件が異なっているためだと思います．すなわち，報告されている速度定数kが見かけの値であり，その中に水素イオン濃度[H⁺]と絶対温度Tのパラメーターを含んでいるためだと考えられます．例えば酸触媒下の加水分解が，ショ糖Sに水素イオンH⁺が付加・脱離する速い反応(平衡定数K)および複合体SH⁺がブドウ糖Gと果糖Fに加水分解する遅い反応の2段階で進行すると仮定すると，反応速度-d[S]/dtおよび見かけの速度定数kは次の様に表されるとおもいます．



$$-d[S]/dt = k[SH^+] = k_0 \exp(-E_S/RT) [SH^+] = k_0 K_0 \exp\{-(E_S+E_F)/RT\} [H^+][S]$$

$$(3) \therefore k = k_0 K_0 \exp\{-(E_s + E_f)/RT\} [H^+] = k' \exp(-E/RT) [H^+]$$

速度定数 k を水素イオン濃度 $[H^+]$ で除して対数をとって整理すると

$$(4) \log(k/[H^+]) = \log(k') - E/(2.303RT)$$

上の反応機構が正しければ、 $k/[H^+]$ の対数と絶対温度 T の逆数が直線関係になるはずです。物理化学実験の本やWeb上の文献等のデータをまとめた結果を下の図に示します。ばらつきはありますが、ほぼ直線関係が得られました。この直線の傾きと切片の値を用いて、式(3)の形に戻せば見かけの速度定数 k の値を逆算することができます。ただし、質問文中では塩酸濃度が指定されていないので、速度定数 k が決まりません。詳細については、参考として下記の本やホームページ等をご覧ください。

鮫島實三郎「物理化学実験法増補版」裳華房(1999)

後藤廉平編「物理化学実験法改訂版」共立出版(1987)

http://schnapper.cocolog-nifty.com/osaka/pdf/chem_kinetics.pdf

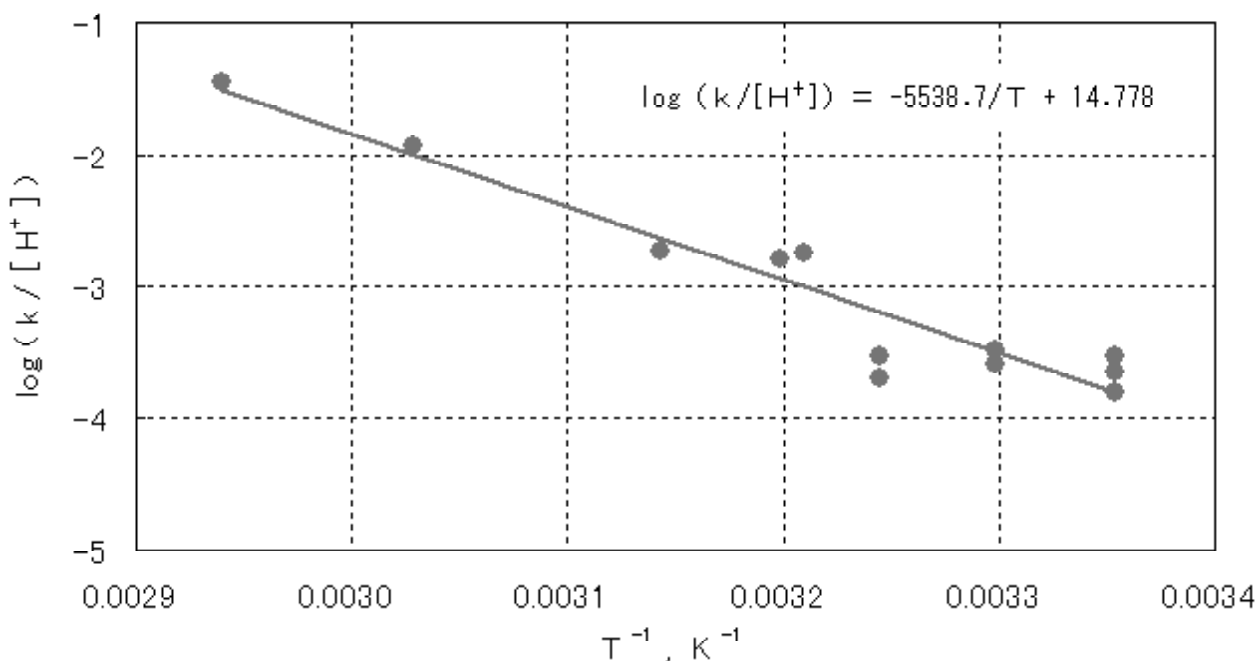
http://www.geocities.co.jp/Technopolis-Mars/8845/buturi/syotou_kasuibunkai.html

<http://www.geocities.co.jp/NeverLand-Mirai/2956/2nd/chm11.png>

<http://www.fish-u.ac.jp/kenkyu/sangakukou/kenkyuhoukoku/21/21-2-2.pdf>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実



ショ糖の塩酸触媒による加水分解の速度定数

名前：なり 日時：2012年05月27日 14時23分11秒

水素と酸素の物質質量不明で、水素を燃焼させる場合に酸素の分圧のグラフはどうなるのでしょうか。x軸に温度、Y軸に圧力をとったときのグラフの概形がわか

りません．生成した水がすべて気体になってからは全圧のグラフと比例すると思うのですが，気液平衡のとき，酸素の分圧はどうなるのでしょうか．この分野がどうしても苦手で参考書をいろいろ読んでみましたが，わかりませんでした．

名前： 芦田 実 日時： 2012年06月04日 14時05分00秒

なり 様

質問768 水素と酸素の物質量が不明の条件で，水素を燃焼させた場合に酸素の分圧のグラフはどうなるのでしょうか．X軸に温度，Y軸に圧力をとったときのグラフの概形がわかりません．生成した水が全て気体になってからは全圧のグラフと比例すると思うのですが，気液平衡のとき酸素の分圧はどうなるのでしょうか．この分野がどうしても苦手で参考書をいろいろ読んでみましたが，分かりませんでした．

回答 反応容器について何も書かれていません．注射器の様に容積が可変で，圧力が一定(定圧条件)なのか，または容積が一定で(変更できず)，圧力が変化する(定容条件，定積条件)かで，酸素分圧等の曲線形状が大きく変わります．水素が過剰で，それが残った場合には，水素分圧等は酸素分圧等と同様の曲線になります．

最初に，使用する記号と単位を定義し，それらの一般的な関係式について述べます．燃焼後に残った酸素の物質量を N_o (mol)とします．酸素は非常に低温(-183°C)でないと液化しませんので，常に気体であると仮定します．生成した水全体の物質量を N_w (mol)とし，そのうち N_{wg} (mol)が水蒸気で， N_{wl} (mol)が液体の水で存在するとします．酸素の分圧を P_o (atm)，水の分圧(水蒸気圧)を P_{wg} (atm)，全圧を P_t (atm)とします(圧力の単位をmmHgやPaに変えても，温度に対する分圧の曲線形状は変化しません)．気体(酸素+水蒸気)の体積を V_g (L)，液体の水の体積を V_{wl} (L)，全体積(容器の容積)を V_t (L)とします．液体の水の体積 V_{wl} (L)が非常に小さく($V_t \gg V_{wl} \approx 0$)，かつ酸素の分圧 P_o (atm)が低いので，水に対する酸素の溶解を無視します．液体の水の密度を D_{wl} (g/L)，水のモル質量(分子量)を M_w (g/mol)，気体定数を R (atm L/(mol K))，絶対温度を T (K)とします．さらに，気体(酸素+水蒸気)に理想気体の状態方程式が適用できると仮定すると，次の様な関係式が成立します．なお，液体の水が残っている場合(気液平衡)には，水蒸気圧 P_{wg} (atm)は温度のみに依存(仮に関数 $\text{funP}(T)$)します．これについては化学便覧等に数値表が記載されています．他の気体が共存しても，真空中でも水蒸気圧の値は変わりません．液体の水の密度 D_{wl} の温度による変化(仮に関数 $\text{funD}(T)$)も，同様に化学便覧等に数値表が記載されています．

$$(1) N_w = N_{wg} + N_{wl} \quad , \quad (2) P_o = N_o RT / V_g = P_t N_o / (N_o + N_{wg})$$

$$(3) P_{wg} = N_{wg} RT / V_g = P_t N_{wg} / (N_o + N_{wg}) \quad , \quad (4) P_t = P_o + P_{wg} = (N_o + N_{wg}) RT / V_g$$

$$(5) V_t = V_g + V_{wl} \quad , \quad (6) M_w = 18 \text{ g/mol} \quad , \quad (7) R = 0.082 \text{ atm L/(mol K)}$$

$$(8) V_{wl} = N_{wl} M_w / D_{wl} \quad , \quad (9) P_{wg} = \text{funP}(T) \text{ 数値表} \quad , \quad (10) D_{wl} = \text{funD}(T) \text{ 数値表}$$

液体の水が無くなった領域では，次の様な条件が成立し，これにより上の式を修正できます．

(11) $N_{wl} = V_{wl} = 0$, (12) $N_{wg} = N_w$, (13) $V_g = V_t$

表 記号と単位等の定義

物質(単位)等	酸素	水			全体(酸素+水)
状態	気体	水蒸気	液体	水全体(水蒸気+液体)	
物質質量(mol)	N_o	N_{wg}	N_{wl}	$N_w = N_{wg} + N_{wl}$	
圧力(atm)	P_o	P_{wg}			$P_t = P_o + P_{wg}$
体積(L)	V_g		V_{wl}		$V_t = V_g + V_{wl}$
密度(g/L)			D_{wl}		
モル質量(g/mol)		$M_w = 18 \text{ g/mol}$			
気体定数(atm L/(mol K))	$R = 0.082 \text{ atm L/(mol K)}$				
絶対温度(K)	T				

次に、定圧条件(容積が可変で、圧力が一定)の場合を計算します。酸素と水全体の物質質量および全圧をそれぞれ仮定する必要があります。例えば、

(14) $N_o = 0.020 \text{ mol}$, (15) $N_w = 0.020 \text{ mol}$, (16) $P_t = 1.0 \text{ atm}$

液体の水が無くなる点は、上の式(11)～式(13)の条件で式(9)と式(3)の水蒸気圧が等しくなる点 $P_{wg,P}$ として、数値計算して試行錯誤に求めます。

(17) $P_{wg,P} = \text{funP}(T) = P_t N_w / (N_o + N_w)$ (例えば $= 0.50 \text{ atm}$) 定圧

液体の水が残っている気液平衡の領域では、まず数値表(式(9))から水蒸気圧 P_{wg} と絶対温度 T の関係を決めます。全圧 P_t が一定ですから、次に式(4)より酸素分圧 P_o を求めます。続いて、式(2)より気体体積 V_g を、式(3)より気体の水の物質質量 N_{wg} を、式(1)より液体の水の物質質量 N_{wl} を、式(8)より液体体積 V_{wl} を、式(5)より全体積 V_t を芋蔓式に計算します。

(18) $P_{wg} = \text{funP}(T) \rightarrow P_o = P_t - P_{wg} \rightarrow V_g = N_o RT / P_o \rightarrow N_{wg} = P_{wg} V_g / RT \rightarrow$

$N_{wl} = N_w - N_{wg} \rightarrow V_{wl} = N_{wl} M_w / D_{wl} \rightarrow V_t = V_g + V_{wl}$ 定圧、気液平衡

液体の水が無くなった領域では、式(11)～式(13)の条件を適用して、例えば式(3)より水蒸気圧 P_{wg} を求めます。続いて、式(4)より酸素分圧 P_o を、式(2)より全体積 V_t を芋蔓式に計算します。別の方法として、式(2)より酸素分圧 $P_o \rightarrow$ 式(4)より水蒸気圧 $P_{wg} \rightarrow$ 式(3)より全体積 V_t の順に計算することもできます。

(19) $P_{wg} = P_t N_w / (N_o + N_w) \rightarrow P_o = P_t - P_{wg} \rightarrow V_t = N_o RT / P_o$ 定圧、液体なし

図1に定圧条件における計算例を示します(図の横軸の温度 T は、分かり易い様に $^{\circ}\text{C}$ 単位に換算しています)。気液平衡の領域では水蒸気圧 P_{wg} が温度 T だけで決まりますので、全圧 P_t を一定にするために容器が膨張-収縮します。したがって、温度 T とともに水蒸気圧 P_{wg} が増加していくと、酸素分圧 P_o は逆に減少していきます。

最後に、定容条件(容積が一定、圧力が変化)の場合を計算します。定圧の場合と同様に、酸素と水全体の物質質量および全体積(容器の容積)をそれぞれ仮定する

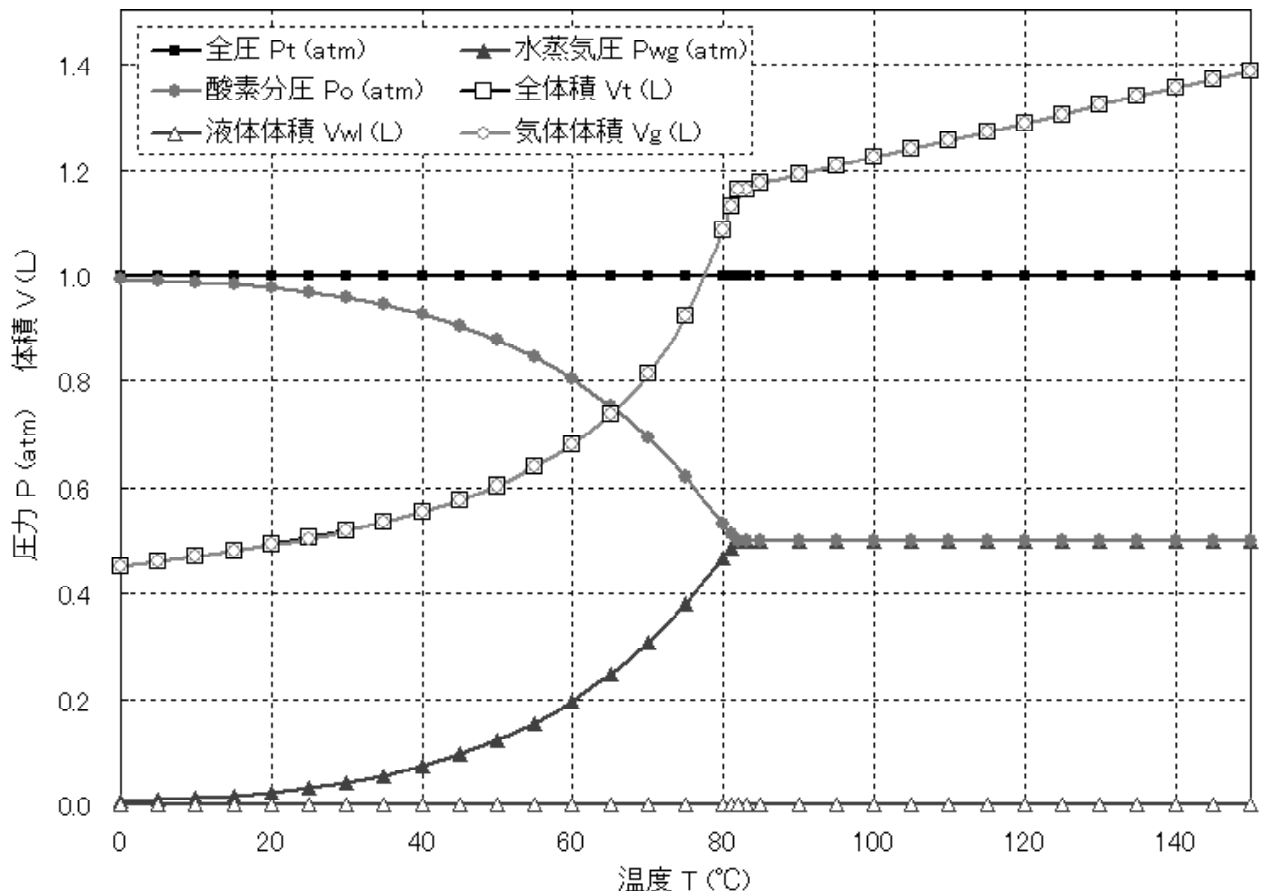


図1 酸素と水の圧力と体積の温度変化(定圧条件)

全圧 $P_t = 1.0 \text{ atm}$ 一定, 酸素 $N_o = 0.020 \text{ mol}$, 水 $N_w = 0.020 \text{ mol}$

必要があります。例えば,

(20) $N_o = 0.020 \text{ mol}$, (21) $N_w = 0.020 \text{ mol}$, (22) $V_t = 1.0 \text{ L}$

液体の水が無くなる点は, 上の式(11)～式(13)の条件で式(9)と式(3)の水蒸気圧が等しくなる点 $P_{wg,v}$ として, 数値計算して試行錯誤に求めます。

(23) $P_{wg,v} = \text{funP}(T) = N_w RT / V_t$ (例えば $= 0.50 \text{ atm}$) 定圧

液体の水が残っている気液平衡の領域では, 定圧条件の場合と同様に, まず数値表(式(9))から水蒸気圧 P_{wg} と絶対温度 T の関係を決めます。全体積 V_t が一定ですから, 次に式(1), 式(3), 式(8)より気体体積 V_g を求めます。続いて, 式(2)より酸素分圧 P_o を, 式(3)より気体の水の物質量 N_{wg} を, 式(1)より液体の水の物質量 N_{wl} を, 式(8)より液体体積 V_{wl} を, 式(4)より全圧 P_t を芋蔓式に計算します。

(24) $P_{wg} = \text{funP}(T) \rightarrow V_g = RT(M_w N_w - D_w V_t) / (M_w P_{wg} - D_w RT) \rightarrow P_o = N_o RT / V_g \rightarrow$

$N_{wg} = P_{wg} V_g / RT \rightarrow N_{wl} = N_w - N_{wg} \rightarrow V_{wl} = N_{wl} M_w / D_{wl} \rightarrow P_t = P_o + P_{wg}$

定容, 気液平衡

液体の水が無くなった領域では, 式(11)～式(13)の条件を適用して, 例えば式(3)より水蒸気圧 P_{wg} を, 式(2)より酸素分圧 P_o を, 式(4)より全圧 P_t を計算します。

(25) $P_{wg} = N_w RT / V_t \rightarrow P_o = N_o RT / V_t \rightarrow P_t = P_o + P_{wg}$ 定圧, 液体なし

図2に定容条件における計算例を示します。気液平衡の領域では水蒸気圧 P_{wg} が温度 T だけで決まります。しかし、全体積 V_t が一定ですので、酸素分圧 P_o は水蒸気圧 P_{wg} とは無関係になり、絶対温度 T に比例しています。

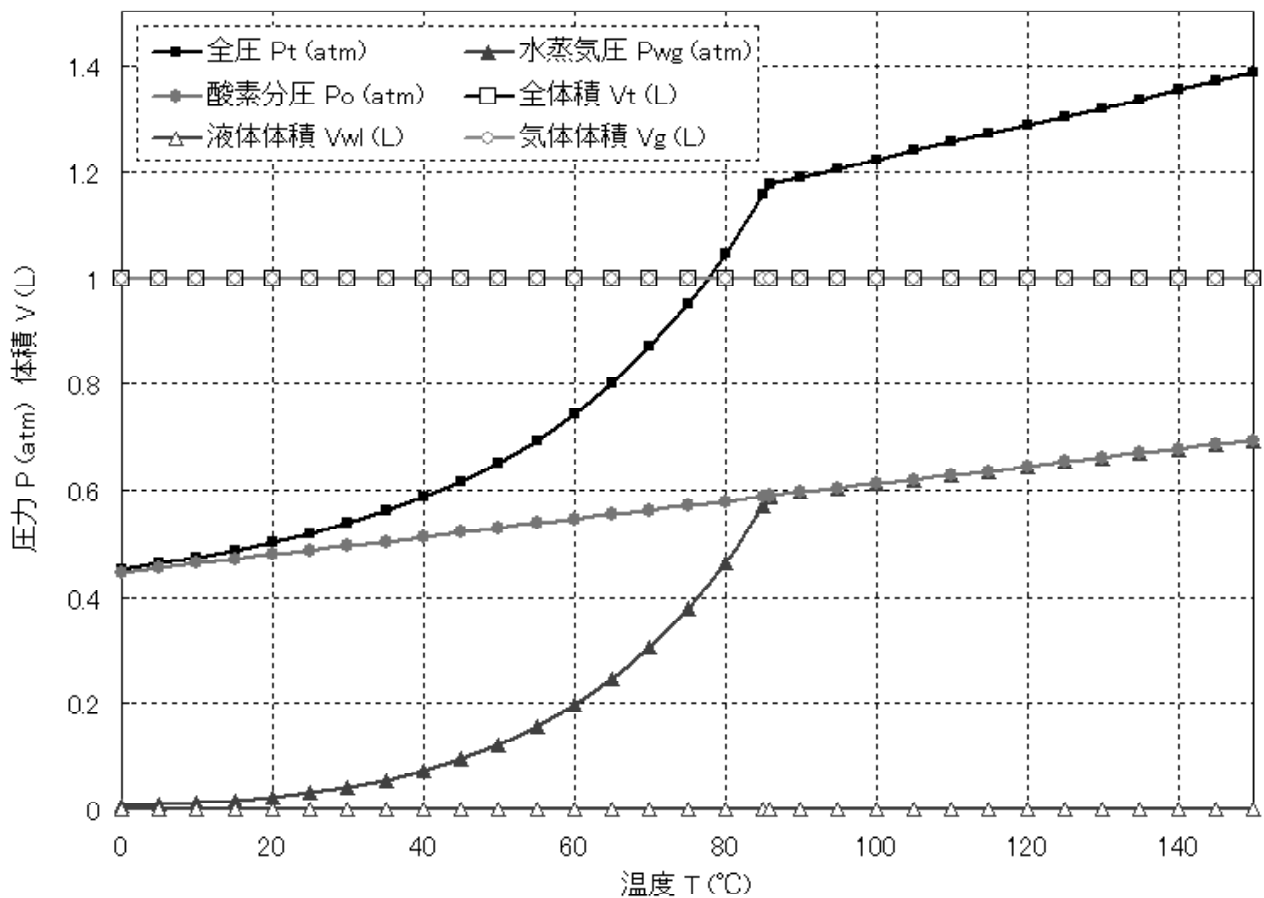


図2 酸素と水の圧力と体積の温度変化(定容条件)
全体積 $V_t = 1.0$ L 一定, 酸素 $N_o = 0.020$ mol, 水 $N_w = 0.020$ mol

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：なり 日時：2012年06月08日 17時45分00秒

わざわざメールくださってありがとうございました！お礼が遅くなってすみません。酸素はどの温度においても気体だから普通にきれいな直線を描くんですね？すごくわかりやすいグラフでした!!ほんとうにありがとうございました。

名前：翔子 日時：2012年06月03日 01時02分45秒

BOD測定実験において、希釈水に含まれるリン酸緩衝液(pH7.2)，硫酸マグネシウム溶液，塩化カルシウム溶液，塩化鉄(Ⅲ)溶液はどのような役割を果たしているのですか？

名前：芦田 実 日時：2012年07月26日 22時55分00秒

翔子 様

質問769 BOD測定実験において、希釈水に含まれるリン酸緩衝液(pH7.2)、硫酸マグネシウム溶液、塩化カルシウム溶液、塩化鉄(Ⅲ)溶液はどのような役割を果たしているのですか？

回答 質問文中に実験方法の詳細が書かれていません。調べるのに長い時間をかけましたが、調べた範囲で良く分かりませんでした。この様な質問は本来なら削除対象です。詳細については、水質関係の専門家に質問して下さい。

生物化学的酸素消費量BODは、水中の好気性微生物によって消費される溶存酸素の量です。試料を希釈水で希釈し、20℃で5日間放置(培養)したとき消費された溶存酸素の量で表します。実際には、試料を希釈水で希釈した直後の溶存酸素濃度と5日間培養した後の溶存酸素濃度の差を用いて計算します。溶存酸素の測定方法には、JISで規定されたウィンクラー・アジ化ナトリウム変法、ミラー変法や隔膜電極法等があります。ウィンクラー・アジ化ナトリウム変法では、硫酸マンガンとアルカリ性ヨウ化カリウムを加え、生じた水酸化マンガン(Ⅲ)の沈殿を硫酸で溶かし、遊離したヨウ素をチオ硫酸ナトリウム溶液で滴定し、溶存酸素濃度に換算します。ミラー変法では、流動パラフィンで試料と空気を遮断し、酒石酸ナトリウムカリウム-水酸化ナトリウム溶液とメチレンブルー溶液を加え、硫酸アンモニウム鉄(Ⅱ)溶液で滴定し、溶存酸素濃度に換算します。その他、簡便法のパックテストでは酸性インジゴカルミン非色法で溶存酸素濃度を測定しているそうです。

以上の方法には、質問文中のリン酸緩衝液(pH7.2)、硫酸マグネシウム溶液、塩化カルシウム溶液、塩化鉄(Ⅲ)溶液が関係していません。したがって、水中の好気性微生物を培養するときに必要な無機栄養塩類の可能性が高いと思います。なお、リン酸緩衝液にはpH調節の役割もあると思います。その他、参考として下記のホームページもご覧下さい。植物については、無機栄養塩類の役割が詳細に解説されている様です。しかし、それをそのまま水中の好気性微生物に当てはめることができるかどうか良く分かりません。

http://www2.teu.ac.jp/urase/lecture/bc_ea_exp.pdf

<http://kyoritsu-lab.co.jp/seihin/seihin/pdf/p25.pdf>

<http://www.osaka-c.ed.jp/kate/rika2/biology/kenkyu/kankyou.pdf>

http://pub.nikkan.co.jp/uploads/book/pdf_file4cc4f0063bf12.pdf

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：久巳 隆敏 日時：2012年06月07日 19時50分15秒

突然の書き込み失礼致します。お忙しいところ大変申し訳ありません。久巳と申します。

クエン酸緩衝液(pH4.7)を使って、次亜塩素酸ナトリウム(アサヒラックなどの商品)の効果を上げたいと考えております。http://www.takasugi-seiyaku.co.jp/prdt/04_01.html によりますと、pHによって OCl^- と HOCl の存在比率が変わり、pH5近辺で最大の割合で HOCl が存在するとのこと。そこで、クエン酸緩衝液を

使って次亜塩素酸ナトリウム水溶液のpHを下げたいと考えているのですが、たとえば最終的に遊離塩素120 ppmの水溶液1 Lを作りたい場合、どの程度のクエン酸およびクエン酸ナトリウムを加えればpHを5～5.5に出来ますでしょうか。また、この時に起きる化学反応式はどのようになりますでしょうか(クエン酸緩衝液の成分と反応して、遊離塩素が分解されてなくなってしまうようなことはありませんでしょうか)。

名前：久巳 隆敏 日時：2012年06月11日 02時14分50秒

2012年06月07日 19時50分15秒の質問に対する追加なのですが、クエン酸緩衝液ではなく酢酸緩衝液の場合はどうなりますでしょうか。また、クエン酸緩衝液と酢酸緩衝液のどちらを使う方が安全性・安定性が優れているでしょうか。

名前：芦田 実 日時：2012年08月01日 16時55分00秒

久巳 隆敏 様

質問770 突然の書き込み失礼致します。お忙しいところ大変申し訳ありません。久巳と申します。

クエン酸緩衝液(pH4.7)を使って、次亜塩素酸ナトリウム(アサヒラックなどの商品)の効果を上げたいと考えております。http://www.takasugi-seiyaku.co.jp/prdt/04_01.html によりますと、pHによって OCl^- と HOCl の存在比率が変わり、pH5近辺で最大の割合で HOCl が存在するとのこと。そこで、クエン酸緩衝液を使って次亜塩素酸ナトリウム水溶液のpHを下げたいと考えているのですが、たとえば最終的に遊離塩素120 ppmの水溶液1 Lを作りたい場合、どの程度のクエン酸およびクエン酸ナトリウムを加えればpHを5～5.5に出来ますでしょうか。また、このときに起きる化学反応式はどのようになりますでしょうか(クエン酸緩衝液の成分と反応して、遊離塩素が分解されてなくなってしまうようなことはありませんでしょうか)。

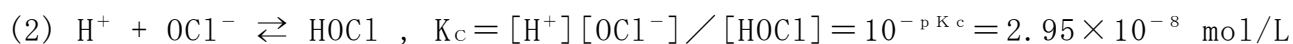
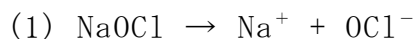
追加なのですが、クエン酸緩衝液ではなく酢酸緩衝液の場合はどうなりますでしょうか。また、クエン酸緩衝液と酢酸緩衝液のどちらを使う方が安全性・安定性が優れているでしょうか。

回答 回答が遅くなって大変申し訳ありませんでした。クエン酸緩衝液や酢酸緩衝液と次亜塩素酸の反応についてかなり調べましたが、調べた範囲で分かりませんでした。詳細については、有機化学や水質関係の専門家等に質問して下さい。

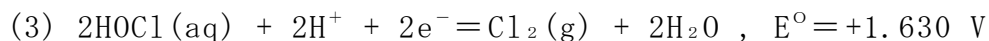
緩衝液の成分と次亜塩素酸が反応するかについては、クエン酸にはアルコール性ヒドロキシル基-OHがありますが、第三級アルコール(α 位に水素原子を持たない)なので、通常は酸化剤(次亜塩素酸など)と反応しないそうです。また、クエン酸には3個のカルボキシル基-COOHがあり、酢酸には1個のカルボキシル基がありますが、これらも通常は酸化され難いそうです。しかし、次亜塩素酸はかなり強力な酸化剤ですので、全く反応しないのかどうかは、実験して調べてみないと分かりません。

pH=5.0～5.5の範囲では次亜塩素酸ナトリウム NaOCl は水中で完全電離し、生じた次亜塩素酸イオン OCl^- が水素イオン H^+ と結合・解離し、次亜塩素酸 HOCl との間で電離平衡の状態になると考えられます。また、文献値 $\text{pK}_c = -\log_{10} K_c = 7.53$ より

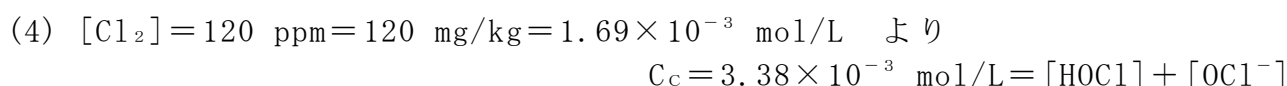
電離定数 K_c は



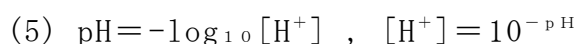
次亜塩素酸は酸化剤であり，酸性水溶液中における酸化・還元（反応相手を除く）と標準電極電位 E° は



水溶液の密度を 1.00 g/mL と仮定すると，必要な遊離塩素濃度 120 ppm から次亜塩素酸ナトリウムの初濃度 C_c （次亜塩素酸濃度と次亜塩素酸イオン濃度の和）が決まります．なお，保管中に自然に起こる自己分解や不均化に注意して下さい．



一方， pH と水素イオン濃度の関係は



式(2)，式(4)と式(5)より次亜塩素酸濃度と次亜塩素酸イオン濃度の水素イオン濃度(pH)による変化を求めると

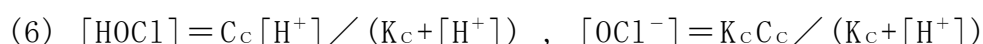


表 次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンの電離平衡の pH による変化

pH	[H ⁺], mol/L	モル濃度		モル%	
		[HOCl], mol/L	[OCl ⁻], mol/L	[HOCl], mol%	[OCl ⁻], mol%
4.50	3.16E-05	3.38E-03	3.15E-06	99.9	0.09
4.60	2.51E-05	3.38E-03	3.96E-06	99.9	0.12
4.70	2.00E-05	3.38E-03	4.99E-06	99.9	0.15
4.80	1.58E-05	3.37E-03	6.28E-06	99.8	0.19
4.90	1.26E-05	3.37E-03	7.90E-06	99.8	0.23
5.00	1.00E-05	3.37E-03	9.94E-06	99.7	0.29
5.10	7.94E-06	3.37E-03	1.25E-05	99.6	0.37
5.20	6.31E-06	3.36E-03	1.57E-05	99.5	0.47
5.30	5.01E-06	3.36E-03	1.98E-05	99.4	0.59
5.40	3.98E-06	3.36E-03	2.49E-05	99.3	0.74
5.50	3.16E-06	3.35E-03	3.12E-05	99.1	0.92
5.60	2.51E-06	3.34E-03	3.92E-05	98.8	1.16
5.70	2.00E-06	3.33E-03	4.92E-05	98.5	1.46
5.80	1.58E-06	3.32E-03	6.18E-05	98.2	1.83
5.90	1.26E-06	3.30E-03	7.74E-05	97.7	2.29
6.00	1.00E-06	3.28E-03	9.69E-05	97.1	2.87

※ 遊離塩素 $[\text{Cl}_2] = 120 \text{ ppm} = 1.69 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$
 次亜塩素酸ナトリウムの初濃度 $C_c = 3.38 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$
 次亜塩素酸の電離定数 $K_c = 2.95 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$

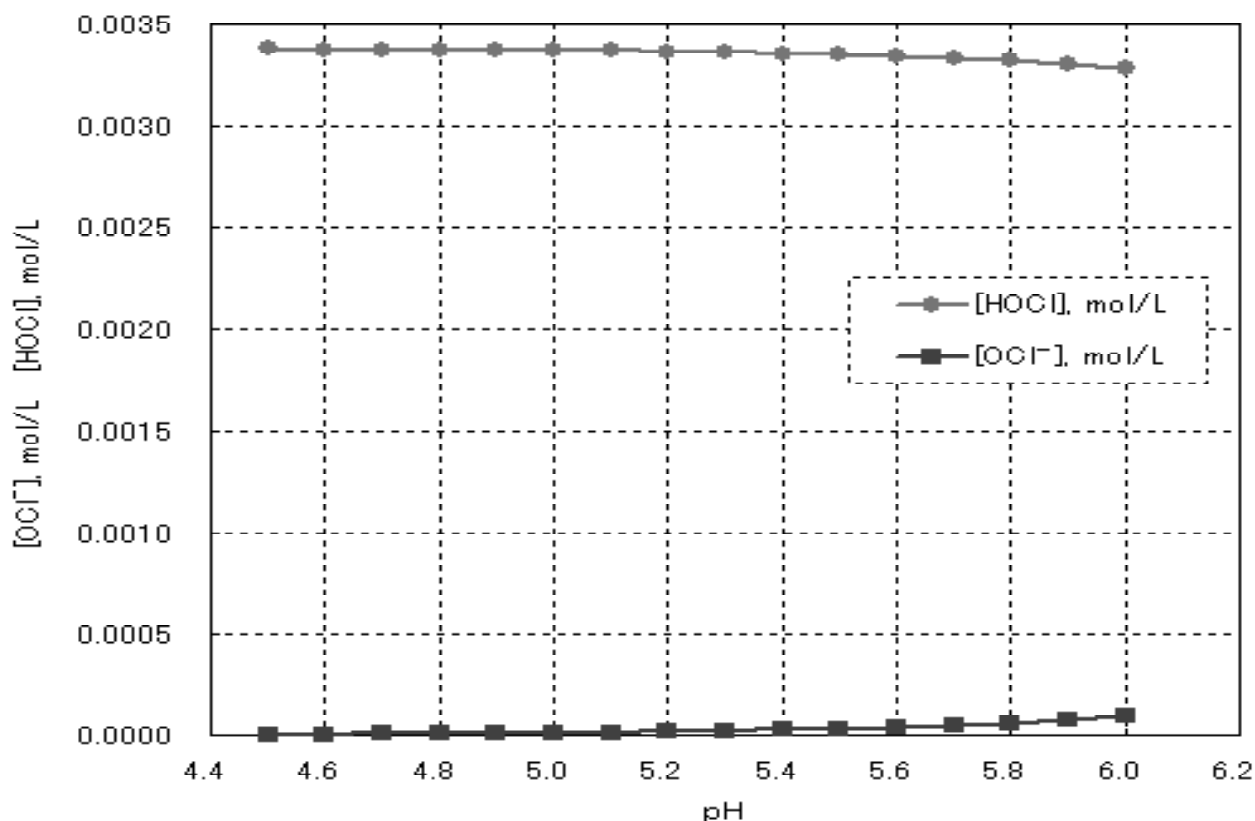
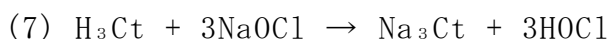
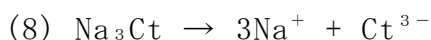


図 次亜塩素酸 $[\text{HOCl}] + [\text{OCl}^-] = 0.00338 \text{ mol/L}$

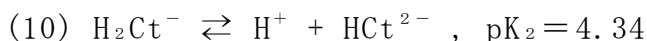
上の表と図から明らかな様に， $\text{pH} = 5.0 \sim 5.5$ の範囲で次亜塩素酸ナトリウムはクエン酸により，ほとんど次亜塩素酸に変わっています．次亜塩素酸ナトリウムよりも次亜塩素酸の方が反応性が大きく，速く反応しますので注意して下さい．



クエン酸 H_3Ct には3個のカルボキシル基 $-\text{COOH}$ があり，それらが水中で3段階に電離します(電離定数 K_1 , K_2 , K_3)． $\text{pH} = 5.0 \sim 5.5$ の範囲では，第1段階は完全電離していると仮定できます．さらに，クエン酸三ナトリウム Na_3Ct も水中で完全電離していると仮定できます．



$$K_1 = [\text{H}^+][\text{H}_2\text{Ct}^-] / [\text{H}_3\text{Ct}] = 1.26 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$



$$K_2 = [\text{H}^+][\text{HCt}^{2-}] / [\text{H}_2\text{Ct}^-] = 4.57 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$



$$K_3 = [\text{H}^+][\text{Ct}^{3-}] / [\text{HCt}^{2-}] = 2.19 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

クエン酸の初濃度を C_A ，クエン酸三ナトリウムの初濃度を C_S とします．それらが C_C より過剰でないと pH 緩衝効果が発揮できません．そこで，次の様に初濃度の和 C_T の値(一定)を仮定します．

$$(12) \quad C_A + C_S = C_T = 0.100 \text{ mol/L} \gg C_C = 0.00338 \text{ mol/L}$$

クエン酸と次亜塩素酸が酸化・還元反応しないと仮定すれば、クエン酸はpH=5.0～5.5の範囲では3種類のイオンの状態でのみ存在しますので、それらの濃度の和は初濃度の和に等しくなります。

$$(13) \quad C_T = [H_2Ct^-] + [HCt^{2-}] + [Ct^{3-}]$$

電気的中性より、正電荷の和と負電荷の和が等しくなります。

$$(14) \quad [H^+] + [Na^+] = [H_2Ct^-] + 2[HCt^{2-}] + 3[Ct^{3-}]$$

ナトリウムイオンは水中で安定ですので、イオンの状態だけで存在します。

$$(15) \quad [Na^+] = 3C_S + C_C$$

以上の関係が同時に成立しますので、これらを連立させて、所定のpH(水素イオン濃度)に調製するための C_A と C_S の式を求めると

$$(16) \quad C_S = C_T ([H^+]^2 + 2K_2[H^+] + 3K_2K_3) / \{3([H^+]^2 + K_2[H^+] + K_2K_3)\} - ([H^+] + C_C) / 3$$

$$(17) \quad C_A = C_T - C_S = C_T [H^+] (2[H^+] + K_2) / \{3([H^+]^2 + K_2[H^+] + K_2K_3)\} + ([H^+] + C_C) / 3$$

下の表と図から明らかな様に、クエン酸三ナトリウム二水和物 $Na_3Ct \cdot 2H_2O = 21 \text{ g}$ 、クエン酸一水和物 $H_3Ct \cdot H_2O = 6 \text{ g}$ および12 mass%次亜塩素酸ナトリウム水溶液1 g(=約1 mL)または6 mass%次亜塩素酸ナトリウム水溶液2 g(=約2 mL)を水に溶かして1.0 Lにすると、pH約5.2に調節できます。なお、クエン酸とクエン酸三ナトリウムの初濃度の和を $C_T = 0.030 \text{ mol/L}$ 程度までは薄めることができます。この場合には、クエン酸の割合が少し増えて、クエン酸三ナトリウム $C_S = 6 \text{ g}$ 、クエン酸 $C_A = 2 \text{ g}$ になります。クエン酸が次亜塩素酸ナトリウムの中和(式(7))にも使用されるためです。また、次亜塩素酸ナトリウムで酸化する反応物や生じる生成物が酸や塩基の場合には、pHが少し変化しますので注意して下さい。

クエン酸緩衝液と酢酸緩衝液のどちらを使う方が安全性に優れているかについては、クエン酸とクエン酸三ナトリウムの方が固体の一般薬品(可燃性)なので取り扱い易いと思います。酢酸は液体(可燃性)の危険物で強烈な刺激臭がありますので、換気設備が必要だと思います。さらに、手に付いたときに放置すると皮膚を侵し、手の厚い皮が1枚むけます。さらに、酢酸-酢酸ナトリウム系ではなく、酢酸-水酸化ナトリウム系を使用するならば、酢酸の一部を中和して酢酸ナトリウムに変えるための水酸化ナトリウムが劇薬で潮解生があり、手に付くと皮膚を溶かしますので十分な注意が必要です。

クエン酸緩衝液と酢酸緩衝液のどちらを使う方が安定性に優れているかについては、目的のpH範囲(pH=5.0～5.5)とクエン酸緩衝液が制御できるpH範囲の方が良く一致していますので、酢酸緩衝液よりもクエン酸緩衝液の方が少しだけ緩衝効果が大きいと思います。その他に、薬品の価格の問題が残っていると思います。

酢酸緩衝液の詳細については、私のホームページの計算と作図・溶液の作り方の「pH緩衝液」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。アドレスを下に記載しておきます。さらに、参考としてその他のホームページもご覧ください。

表 クエン酸緩衝液による次亜塩素酸ナトリウム水溶液の pH 調節

pH	[H ⁺], mol/L	モル濃度		水和水を含む質量濃度		モル比	水和水を含む質量比
		C _S , mol/L	C _A , mol/L	Na ₃ Ct・2H ₂ O, g/L	H ₃ Ct・H ₂ O, g/L		
4.50	3.16E-05	5.37E-02	4.63E-02	15.81	9.72	1.16	1.63
4.60	2.51E-05	5.61E-02	4.39E-02	16.50	9.22	1.28	1.79
4.70	2.00E-05	5.85E-02	4.15E-02	17.20	8.72	1.41	1.97
4.80	1.58E-05	6.09E-02	3.91E-02	17.90	8.23	1.55	2.18
4.90	1.26E-05	6.32E-02	3.68E-02	18.59	7.73	1.72	2.40
5.00	1.00E-05	6.55E-02	3.45E-02	19.28	7.24	1.90	2.66
5.10	7.94E-06	6.79E-02	3.21E-02	19.96	6.75	2.11	2.96
5.20	6.31E-06	7.02E-02	2.98E-02	20.65	6.26	2.36	3.30
5.30	5.01E-06	7.26E-02	2.74E-02	21.35	5.76	2.65	3.71
5.40	3.98E-06	7.50E-02	2.50E-02	22.05	5.26	2.99	4.19
5.50	3.16E-06	7.73E-02	2.27E-02	22.74	4.76	3.41	4.77
5.60	2.51E-06	7.97E-02	2.03E-02	23.43	4.27	3.92	5.48
5.70	2.00E-06	8.19E-02	1.81E-02	24.10	3.79	4.54	6.35
5.80	1.58E-06	8.41E-02	1.59E-02	24.74	3.34	5.30	7.41
5.90	1.26E-06	8.62E-02	1.38E-02	25.34	2.91	6.23	8.71
6.00	1.00E-06	8.80E-02	1.20E-02	25.89	2.51	7.36	10.30

- ※ 遊離塩素 [Cl₂] = 120 ppm = 1.69×10^{-3} mol/L
 次亜塩素酸ナトリウムの初濃度 C_c = 3.38×10^{-3} mol/L
 クエン酸一水合物 H₃Ct・H₂O の分子量 210.14 g/mol
 クエン酸三ナトリウム二水合物 Na₃Ct・2H₂O の分子量 294.10 g/mol
 クエン酸とクエン酸三ナトリウムの初濃度の和 C_T = 0.100 mol/L
 クエン酸の電離定数 K₂ = 4.57×10^{-5} mol/L, K₃ = 2.19×10^{-6} mol/L

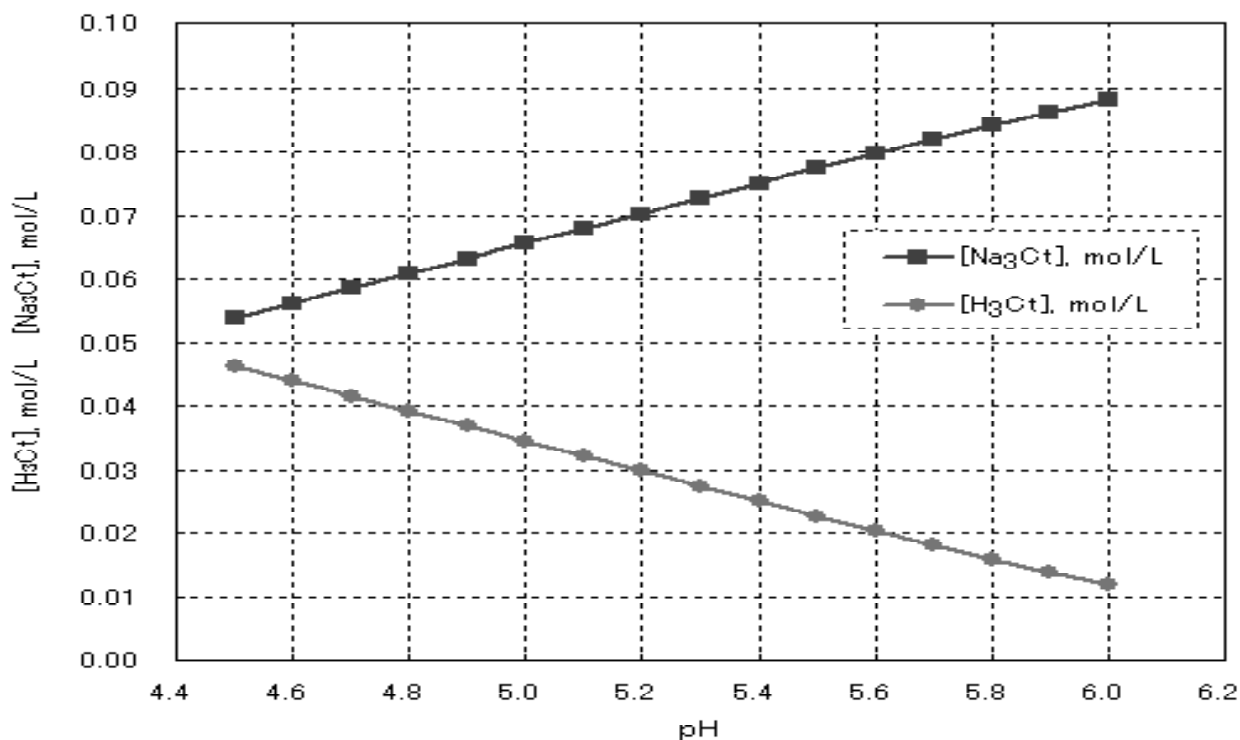


図 クエン酸緩衝液 [H₃Ct] + [Na₃Ct] = 0.100 mol/L

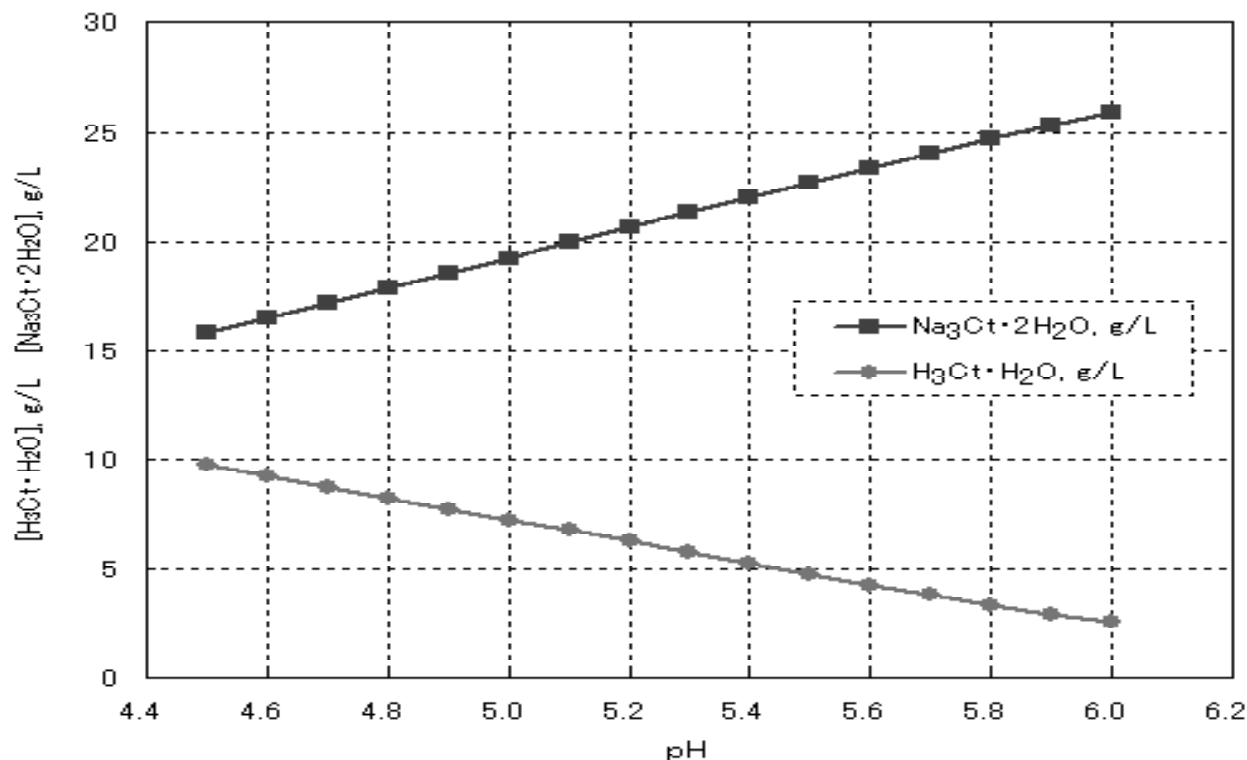


図 クエン酸緩衝液

Na₃Ct·2H₂O=294.10g/mol, H₃Ct·H₂O=210.14g/mol

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

<http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/calcggrap/apadj019.html>

<http://www.ekouhou.net/%E6%AC%A1%E4%BA%9C%E5%A1%A9%E7%B4%A0%E9%85%B8%E5%90%AB%E6%9C%89%E6%AE%BA%E8%8F%8C%E6%B0%B4%E5%8F%8A%E3%81%B3%E3%81%9D%E3%81%AE%E8%A3%BD%E9%80%A0%E6%96%B9%E6%B3%95%E3%80%81%E4%B8%A6%E3%81%B3%E3%81%AB%E6%AC%A1%E4%BA%9C%E5%A1%A9%E7%B4%A0%E9%85%B8%E5%90%AB%E6%9C%89%E6%AE%BA%E8%8F%8C%E3%82%B7%E3%83%BC%E3%83%88/dis-A,2011-56377.html>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：久巳 隆敏 日時：2012年08月02日 05時10分08秒

非常に丁寧なご回答を頂き、ありがとうございました。

名前：パッチ 日時：2012年08月21日 22時46分36秒

鉄鋼中の微量元素の分析を行っているパッチと申します。わからないことがあるので質問させていただきます。

鉄(Ⅲ)の標準液を調製したいのですが、調製法がわかりません。市販で売られている製品は、硝酸鉄(Ⅲ)を水に溶かして、0.1 mol/Lの硝酸酸性にしているようです。和光純薬工業株式会社のHP(http://www.wako-chem.co.jp/siyaku/product/analysis/jcss_23/index.htm)。このHPで100～1000 ppmの鉄標準液では「Fe(NO₃)₃ in 0.1 mol/L HNO₃」となっています。0.1 mol/L硝酸酸性にしているのは、加水

分解によるコロイドの生成や容器内壁への吸着が原因で濃度が減少しないようにするためです。

私が今回調製するのは、鉄鋼中の不純物の微量金属を定量する際に、高濃度の鉄(Ⅲ)がどのように妨害するのか検討するために、12.5 (w/v)% (=125000 ppm)程度またはそれ以上の高濃度鉄(Ⅲ)標準液を調製します(正確な濃度は、今現在決まっていのですが、数10 %になると思います)。この場合、硝酸鉄(Ⅲ)九水和物をどのようにして溶かすのでしょうか。0.1 mol/L硝酸酸性では、高濃度の場合は、溶けないような気がします。実は、塩化鉄(Ⅲ)六水和物を用いて、高濃度の鉄(Ⅲ)標準液を調製する際、塩酸(1+1) (≒6 mol/L)を用いて溶かし、塩酸(1+1)を用いて定溶するからです。しかし、今回は、塩化鉄(Ⅲ)六水和物、塩酸を用いると、還元性の塩化物イオンCl⁻が含まれて困るので、硝酸鉄(Ⅲ)九水和物を用います。ご教授願えないでしょうか。

名前： 芦田 実 日時： 2012年08月25日 17時00分00秒

パッチ 様

質問771 鉄鋼中の微量金属の分析を行っているパッチと申します。わからないことがあるので質問させていただきます。

鉄(Ⅲ)の標準液を調製したいのですが、調製法がわかりません。市販で売られている製品は、硝酸鉄(Ⅲ)を水に溶かして、0.1 mol/Lの硝酸酸性にしています。和光純薬工業株式会社のHP(http://www.wako-chem.co.jp/siyaku/product/analysis/jcss_23/index.htm)。このHPで100～1000 ppmの鉄標準液では「Fe(NO₃)₃ in 0.1 mol/L HNO₃」となっています。0.1 mol/L硝酸酸性にしているのは、加水分解によるコロイドの生成や容器内壁への吸着が原因で濃度が減少しないようにするためです。

私が今回調製するのは、鉄鋼中の不純物の微量金属を定量する際に、高濃度の鉄(Ⅲ)がどのように妨害するのか検討するために、12.5 (w/v)% (=125000 ppm)程度またはそれ以上の高濃度鉄(Ⅲ)標準液を調製します(正確な濃度は、今現在決まっていのですが、数10 %になると思います)。この場合、硝酸鉄(Ⅲ)九水和物をどのようにして溶かすのでしょうか。0.1 mol/L硝酸酸性では、高濃度の場合は、溶けないような気がします。実は、塩化鉄(Ⅲ)六水和物を用いて、高濃度の鉄(Ⅲ)標準液を調製する際、塩酸(1+1) (≒6 mol/L)を用いて溶かし、塩酸(1+1)を用いて定溶するからです。しかし、今回は、塩化鉄(Ⅲ)六水和物、塩酸を用いると、還元性の塩化物イオンCl⁻が含まれて困るので、硝酸鉄(Ⅲ)九水和物を用います。ご教授願えないでしょうか。

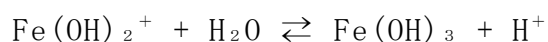
回答 質問文中の濃度の定義に矛盾があり、何を聞きたいのか良く分かりません。第1に鉄(Ⅲ)標準溶液の濃度は、鉄(Ⅲ)イオンFe³⁺のみの濃度(ppm=mg/kg溶液)です。硝酸イオンNO₃⁻や結晶水は含みません。硝酸鉄(Ⅲ)の純水に対する溶解度が、25℃で無水物Fe(NO₃)₃として約46.6 mass%です。これを鉄(Ⅲ)イオンのみの濃度Cに換算すると、

$$\begin{aligned} C &= 1000 \text{ g/kg溶液} \times 0.466 \times 55.85 \text{ g/mol} / 241.88 \text{ g/mol} \\ &= 108 \text{ g/kg溶液} = 108000 \text{ ppm} \end{aligned}$$

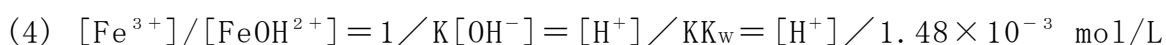
となり、質問文中の濃度125000 ppmが調製できるかどうか分かりません。硝酸鉄

(Ⅲ)無水物としての濃度(通常のmass%の定義)の間違いではありませんか. 第2に, 非常に濃い溶液ですから, 密度が1.0 g/mLよりもかなり大きくなります(恐らく, 1.3 g/mLを超えと思います). したがって, 質問文中の12.5 w/v%=125000 ppmが誤りで, 正しくは12.5 w/w%=12.5 mass%=125000 ppmになると思います.

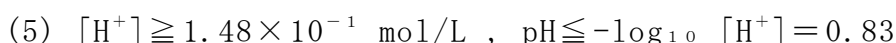
鉄(Ⅲ)イオンは水中で段階的に加水分解し, これを防ぐために酸を添加します. 例えば,



鉄(Ⅲ)イオンと水酸化物イオン OH^- の反応の平衡定数 K および水のイオン積 K_w を用いて, 式(1)の最初の段階の Fe^{3+} と FeOH^{2+} の濃度比を求めると



式(4)の濃度比が100以上ならば式(1)の加水分解が起こらないと仮定すると, そのときの水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ とpHは



したがって, pHメーターを使って1より小さくなる様にpHを調製すれば良いと思います. 式(1)の加水分解がどこまで進か分かりません(非常に濃い溶液で, 系が複雑なので計算できません). ゆえに, 硝酸の濃度をいくらにしたら良いかも, 実験してみないと分かりません. なお, 硝酸にはかなり酸化力がありますので, 不純物の微量金属や分析試薬の酸化に注意して下さい.

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前: パッチ 日時: 2012年08月25日 18時14分36秒

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実 様

ご回答ありがとうございます. こちらが書いた内容に間違いがあったようです. 精査してみます. この度は, ありがとうございました.

パッチ

名前: 保田康健 日時: 2012年08月23日 13時06分29秒

芦田先生, 質問770(2012年08月01日 16時55分00秒)の回答について質問があります. 私は <http://www7.plala.or.jp/organicrose/bleach.htm> というホームページを見て, クエン酸を次亜塩素酸ナトリウム水溶液に加えて使っています. 先生の回答ではクエン酸だけではなく, クエン酸ナトリウムも加えるということなのですが, これはどのような意味があるのでしょうか? 加えるクエン酸の量を間

違えるとpHが下がりすぎて危険ということ以外に、クエン酸だけを加えてpHを5～6まで下げて使っていて、何か問題がありましたら教えて下さい。

名前：保田康健 日時：2012年08月23日 13時11分11秒

クエン酸だけにした方が、クエン酸ナトリウムが不要なのはもちろん、クエン酸も加える量を少なくして済ませられると思います。次亜塩素酸ナトリウム水溶液に加えるものが減るので、無用な反応もなくなり、安定すると思うのですが、クエン酸ナトリウムを加えた方がメリットがあるのでしょうか？

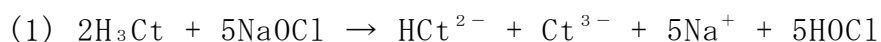
名前：芦田 実 日時：2012年08月26日 15時45分00秒

保田康健 様

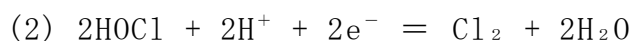
質問772 芦田先生、質問770(2012年08月01日 16時55分00秒)の回答について質問があります。私は <http://www7.plala.or.jp/organicrose/bleach.htm> というホームページを見て、クエン酸を次亜塩素酸ナトリウム水溶液に加えて使っています。先生の回答ではクエン酸だけではなく、クエン酸ナトリウムも加えるということなのですが、これはどのような意味があるのでしょうか？加えるクエン酸の量を間違えるとpHが下がりすぎて危険ということ以外に、クエン酸だけを加えてpHを5～6まで下げて使っていて、何か問題がありましたら教えて下さい。

クエン酸だけにした方が、クエン酸ナトリウムが不要なのはもちろん、クエン酸も加える量を少なくして済ませられると思います。次亜塩素酸ナトリウム水溶液に加えるものが減るので、無用な反応もなくなり、安定すると思うのですが、クエン酸ナトリウムを加えた方がメリットがあるのでしょうか？

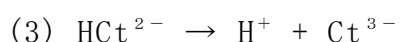
回答 クエン酸だけでもpHを5～6に下げることが可能です。クエン酸を加える量や無用な反応も減りますが、pHが不安定になると思います。上記アドレスの様に、散布してから乾くまでの短時間だけなら、それでも問題ないかもしれません。しかし、長時間そのpHで一定に保つためのpH緩衝効果が期待できません。例えば、クエン酸 H_3Ct と次亜塩素酸ナトリウム NaOCl をモル比2：5で混ぜれば、下の様な反応が起こって、クエン酸ナトリウムが生じ(水中でナトリウムイオン Na^+ とクエン酸イオン Ct^{3-} に電離)、pHが5～6になると想像できます。



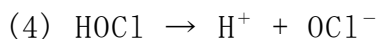
しかし、生じた次亜塩素酸 HOCl が酸化還元反応(殺菌・消毒作用)するときに、水素イオン H^+ を余分に消費します。



このときの水素イオンがクエン酸一水素イオン HCt^{2-} から最初に供給されますので、先にクエン酸が無くなって、クエン酸ナトリウムに変わってしまいます。



続いて、水素イオンが次亜塩素酸から供給されますので、次亜塩素酸が無くなって、次亜塩素酸ナトリウム(水中でナトリウムイオン Na^+ と次亜塩素酸イオン OCl^- に電離)に戻ってしまいます。



結果として、遊離塩素(次亜塩素酸ナトリウム)がまだ残っているうちに、pHが大きくなり次亜塩素酸の強力な酸化力が失われてしまう恐れがあります。これを防ぐためには、遊離塩素よりもpHの方を短周期的にチェックする必要があります。再びpHを下げようとする、今度はクエン酸ナトリウムが生じていますので、クエン酸を最初よりも多量に追加する必要があります。結論として、調製方法が殺菌・消毒液の使い方に依存すると思います。質問770の回答では、クエン酸とクエン酸ナトリウムを過剰(10倍前後)に入れてpHが変化し難い様にして、次亜塩素酸ナトリウムを注ぎ足しながら長時間使用することを想定しました。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：小俣裕子 日時：2012年09月15日 16時27分47秒

備長炭電池の仕組みについて教えてください。負極がアルミイオンを作り、正極が酸素と水で水酸化物イオンを生じる言わば空気電池だとすると、電解質の種類が何であっても生じる電圧や流れる電流の違いは無いように思うのですが、電解質として使うものによって起電力が違うのはどうしてでしょうか。

名前：芦田 実 日時：2012年09月22日 11時10分00秒

小俣裕子 様

質問773 備長炭電池の仕組みについて教えてください。負極がアルミイオンを作り、正極が酸素と水で水酸化物イオンを生じる言わば空気電池だとすると、電解質の種類が何であっても生じる電圧や流れる電流の違いは無いように思うのですが、電解質として使うものによって起電力が違うのはどうしてでしょうか。

回答 備長炭電池の起電力を正しく測定したのでしょうか。起電力は電流が0のときの開回路電圧に近いと思います。電池に電圧計等を接続した閉回路では、電流が流れて電池の内部抵抗による電圧降下が電池の中で起こります。したがって、電圧計の両端の電圧しか測れません。使用する電解質によって内部抵抗が異なりますので、取り出せる電圧・電流も当然ながら変わります。

電解質によって内部抵抗が変わる理由は、モル濃度(溶解度、単位体積中で電荷を運ぶ電解質の数)の違い、電離度(イオンに解離している割合)の違い、イオンの価数(一度に運べる電荷の数)の違い、水中でのイオンの移動度(移動速度)の違い等です。その他に、負極表面のアルミニウムイオンが水中へ移動するのを陰イオンが手助けする効果も電解質によって異なると思います。例えば、水酸化アルミニウムは水にほとんど溶けませんので電極に付着しますが、塩化アルミニウムは水に良く溶けます。後は、備長炭が全て全く同じ性能だとは思えないと思います。参考として、下記のホームページもご覧下さい。

<http://www.nararika.com/butsuri/jikken/denki/naibuteikou.htm>

http://www.geocities.jp/amy_chemistry/lab02.html

<http://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/ronnbunshu/072089.pdf>

<http://www15.tok2.com/home/belldandy/aircell/>

<http://www2e.biglobe.ne.jp/shinzo/jikken/binchotan/binchotan.html>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：古澤徹史 日時：2012年11月01日 20時06分46秒

初めてです． よろしくお願ひいたします． 0.40 mol/Lのアンモニア水溶液が250 mLある． この水溶液の溶質の物質質量，質量，標準状態に換算したときの気体の体積をそれぞれ求めなさいという問題です． 教えてください．

名前：芦田 実 日時：2012年11月03日 00時50分00秒

古澤徹史 様

質問774 初めてです． よろしくお願ひいたします． 0.40 mol/Lのアンモニア水溶液が250 mLある． この水溶液の溶質の物質質量，質量，標準状態に換算したときの気体の体積をそれぞれ求めなさいという問題です． 教えてください．

回答 濃度(mol/L) = 物質質量(mol) / 体積(L) ですから，溶質のアンモニアNH₃の物質質量(mol)は

$$(1) \text{ 物質質量} = \text{濃度 (mol/L)} \times \text{体積 (L)} = 0.40 \text{ mol/L} \times 0.250 \text{ L} = 0.10 \text{ mol}$$

アンモニアNH₃のモル質量(=質量(g) / 物質質量(mol) ÷ 分子量)が17.0 g/molですから，その質量(g)は

$$(2) \text{ 質量} = \text{モル質量 (g/mol)} \times \text{物質質量 (mol)} = 17.0 \text{ g/mol} \times 0.10 \text{ mol} = 1.70 \text{ g}$$

標準状態(0℃, 1atm)の気体の体積が22.4L/molですから，物質質量0.10 molのアンモニアNH₃の体積を標準状態に換算すると

$$(3) \text{ 体積} = 22.4 \text{ L/mol} \times 0.10 \text{ mol} = 2.24 \text{ L}$$

となります．

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：緒方力也 日時：2012年11月25日 22時56分42秒

グルコース0.10 molを水に溶かして，全体を200 mLとした溶液は何mol/Lか？

名前：芦田 実 日時：2012年11月29日 23時05分00秒

緒方力也 様

質問775 グルコース0.10 molを水に溶かして，全体を200 mLとした溶液のモル濃度は何mol/L ですか？

回答 水溶液の体積が200 mL=0.20 Lですから、グルコースのモル濃度は次の様になります。

$$\begin{aligned}\text{グルコースのモル濃度 (mol/L)} &= \text{グルコースの物質質量 (mol)} / \text{水溶液の体積 (L)} \\ &= 0.10 \text{ mol} / 0.20 \text{ L} = 0.50 \text{ mol/L}\end{aligned}$$

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：桐生一馬 日時：2012年11月17日 12時57分07秒

阻害定数についての質問ですが、 $K=25 \mu\text{M}$ とは具体的にどのようなことになるのでしょうか。よろしくお願いします。

名前：桐生一馬 日時：2012年11月17日 13時19分58秒

先ほどの質問に不備がありました。大変申し訳ありません。

拮抗阻害に関することで、 $K_{is}=25 \mu\text{M}$ とありました。25 μM というのは、阻害剤がその濃度に存在すれば生成物がなくなるということでしょうか。よろしくお願いします。

名前：芦田 実 日時：2012年12月02日 22時00分00秒

桐生一馬 様

質問776 拮抗阻害に関することで、 $K_{is}=25 \mu\text{M}$ とありました。25 μM というのは、阻害剤がその濃度だけ存在すれば生成物がなくなるということでしょうか。よろしくお願いします。

回答 拮抗阻害(競争的阻害)がないとき、酵素反応は2段階の過程で反応します。第1段階で酵素Eと基質Sが酵素-基質複合体ESを形成し、第2段階でこの複合体ESが酵素Eと生成物Pに変化します。

$$\text{E} + \text{S} \xrightleftharpoons[k_{-1}]{k_1} \text{ES} \xrightarrow{k_2} \text{E} + \text{P}$$

この反応の律速段階は第2段階であり、通常は複合体ESについて定常状態(濃度が一定)が近似できます。

$$(1) \quad d[\text{ES}]/dt = k_1[\text{E}][\text{S}] - k_{-1}[\text{ES}] - k_2[\text{ES}] = 0$$

第1段階の平衡定数 K_1 を、通常の平衡定数とは逆数の形の次式で定義します。

$$(2) \quad K_1 = k_{-1}/k_1 = [\text{E}][\text{S}]/[\text{ES}]$$

また、酵素の全濃度 $[\text{E}]_0$ は一定ですから

$$(3) \quad [\text{E}]_0 = [\text{E}] + [\text{ES}]$$

酵素反応の速度Vは、生成物Pが増加する速度になります。

$$(4) \quad V = d[P]/dt = k_2 [ES]$$

以上の式より [E] を消去して、酵素反応の速度 V を求めると

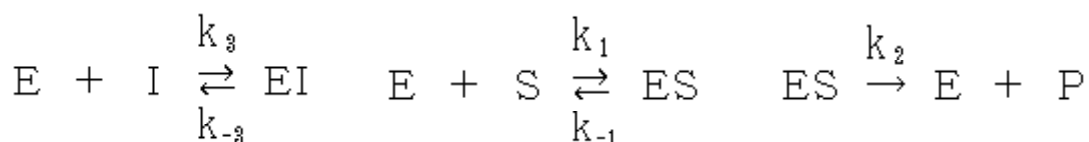
$$k_1 ([E]_0 - [ES]) [S] - (k_{-1} + k_2) [ES] = 0, \quad [ES] = [E]_0 [S] / (K_M + [S])$$

$$(5) \quad V = V_{MAX} [S] / (K_M + [S]), \quad V_{MAX} \equiv k_2 [E]_0, \quad K_M \equiv (k_{-1} + k_2) / k_1$$

ここで、 V_{MAX} は最大速度、 K_M はミカエリス定数と言います。さらに、式を簡単化するために、第2段階と比較して第1段階が非常に速く、常に平衡状態になっていると仮定すると

$$(1') \quad d[ES]/dt = k_1 [E] [S] - k_{-1} [ES] \doteq 0, \quad k_1, k_{-1} \gg k_2, \quad \therefore K_M \doteq k_{-1} / k_1 = K_1$$

拮抗阻害(競争的阻害)があるときは、酵素Eに対して阻害剤Iと基質Sが競争的に複合体を形成します。それゆえ、拮抗阻害がないときの2段階の過程に、拮抗阻害の過程が加わります。酵素-阻害剤複合体EIが形成されるので、拮抗阻害がないときと酵素Eの全濃度と基質Sの初濃度が同じならば、拮抗阻害がないときよりもフリーな酵素Eと酵素-基質複合体ESの濃度が減少します。



阻害過程の平衡定数 K_3 を、通常平衡定数とは逆数の形で定義します。

$$(6) \quad K_3 = k_{-3} / k_3 = [E] [I] / [EI]$$

さらに、式(3)に酵素-阻害剤複合体EIの濃度が加わります。

$$(3') \quad [E]_0 = [E] + [ES] + [EI]$$

式(1'), 式(2), 式(4), 式(6), 式(3') を連立させて、上と同様に酵素反応の速度 V を求めると

$$(7) \quad V = V_{MAX} [S] / \{K_M (1 + [I] / K_3) + [S]\}$$

酵素Eの全濃度と基質Sの初濃度が同じならば、上の式(7)より拮抗阻害がないときと比較して、拮抗阻害があるときは酵素反応の速度 V が小さくなります。質問文中の K_{is} とは式(6)や式(7)中の K_3 だと考えられます。そこで、式(6)を変形して、

$$(8) \quad K_3 / [I] = [E] / [EI] = 25 \mu M / [I]$$

すなわち式(8)は、フリーな阻害剤の濃度が $25 \mu M$ のとき、フリーな酵素Eの濃度と酵素-阻害剤複合体EIの濃度が等しいことを意味しています。

$$(9) \quad [I] = 25 \mu M \quad \text{のとき} \quad [E] = [EI]$$

言い換えると、 $K_{is} = 25 \mu M$ は拮抗阻害作用の強さを表していると思います。もちろん、酵素Eと基質Sが酵素-基質複合体ESを形成するときの平衡定数 K_1 の値との大小関係の問題が残っていますので、 K_{is} の値だけで拮抗阻害作用の強弱を簡単に言えるわけではないと思います。

名前：タッカー 日時：2012年11月22日 18時36分55秒

芦田 実 様 Eメールアドレスの入力が必要とのことでしたので、再度掲載させて頂きました。お手数をおかけしまして、申し訳ございません。

はじめまして。受験勉強をしている学生です。化学の問題を解いていて、疑問がどうしても解決できずサイトを渡り歩いてこちらに伺いました。以下がその問題となります。電気分解の分野です。宜しくお願いいたします。

【問題】 電解槽を二つ直列につないで、電気分解を行った。電解層Aには硫酸銅の水溶液が、電解槽Bには陽イオン交換膜をはさんで陽極側に1 mol/Lの塩化ナトリウム水溶液が1 L(リットル)、陰極側には0.1 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液が1 L入っている。電解槽Aの電極は銅製、電解槽Bの電極は白金製である。ある一定の電流で1時間電解したところ、電解層Aの陰極側で、陰極の重量が6.35 g増加した。このときの電解槽Bの陰極側の水酸化ナトリウムの濃度(mol/L)はいくらになるか。ここでいう陽イオン交換膜とは Na^+ のみが移動できるものとする。必要ならば、ファラデー定数=96500 C, Cuの原子量を63.5とせよ。計算結果は小数第2位を四捨五入し、また、発生した気体は溶液に溶けず、溶液の体積は変化しないものとする。また、電解槽Aでは気体は発生しないものとする。

【答え】 電解槽Bの陰極側の水酸化ナトリウム濃度0.3 mol/L

【疑問に思ったところ】 この問題を解いていく過程で、電解槽Bにおいて、ナトリウムイオンがイオン交換膜を通して、陽極側から陰極側に移動する際、0.2 mol移動すると計算上でてくるのですが、0.2 mol分ナトリウムイオンが移動しているということは、0.2 mol分陰極側の水酸化ナトリウム水溶液が重くなっていると思うのです。しかし、答えの方では、電解槽Bに初めから存在した0.1 molのナトリウムイオンと移動した0.2 molとを足し合わせて、1 Lで割ることによって、モル濃度を算出しているしているのはどうしてなのでしょう。僕なりに推測したのですが、電解槽Bに初めから存在した水酸化ナトリウム水溶液1 Lの中に0.2 molのナトリウムイオンが移動してきたところで、体積に大きな変動はあまりないから、電解槽Bの陰極側の1 L+ α の体積で0.3 molを割ることはしていないのではないかとということです。ですが、またここで疑問が生じます。ならば、いったい何mol以上の物質の移動であれば体積の変化を考慮して計算しなければならないのでしょうか。もう一つ、答えが出せない理由の一つとして考えられるのは、問題文の、“また、発生した気体は溶液に溶けず、溶液の体積は変化しないものとする。”といった記述があるので、この内容から、電解槽Bの陰極側に移動した0.2 mol分のナトリウムイオンの質量を考慮せず、1 Lで計算しているということになっているのでしょうか。

以上が質問の内容になります。この問題は1998年度東京理科大の試験問題です。念のために記述させて頂きます。長く稚拙な文章となりましたが、宜しくお願いいたします。

名前：芦田 実 日時：2012年12月08日 14時30分00秒

タッカー 様

質問777 はじめまして．受験勉強をしている学生です．化学の問題を解いていて，疑問がどうしても解決できずサイトを渡り歩いてこちらに伺いました．以下がその問題となります．電気分解の分野です．宜しくお願いいたします．

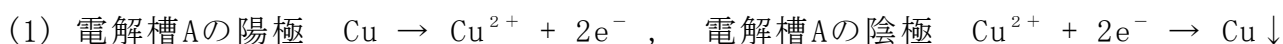
問題 電解槽を二つ直列につないで，電気分解を行った．電解槽Aには硫酸銅の水溶液が，電解槽Bには陽イオン交換膜をはさんで陽極側に 1 mol/Lの塩化ナトリウム水溶液が 1 L(リットル)，陰極側には0.1mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液が 1 L入っている．電解槽Aの電極は銅製，電解槽Bの電極は白金製である．ある一定の電流で 1 時間電解したところ，電解槽Aの陰極側で，陰極の重量が6.35g増加した．このときの電解槽Bの陰極側の水酸化ナトリウムの濃度(mol/L)はいくらになるか．ここでいう陽イオン交換膜とは Na^+ のみが移動できるものとする．必要ならば，ファラデー定数=96500C，Cuの原子量を63.5とせよ．計算結果は小数第2位を四捨五入し，また，発生した気体は溶液に溶けず，溶液の体積は変化しないものとする．また，電解槽Aでは気体は発生しないものとする．答えは，電解槽Bの陰極側の水酸化ナトリウム濃度が0.3mol/Lです．

疑問に思ったところは，この問題を解いていく過程で，電解槽Bにおいて，ナトリウムイオンがイオン交換膜を通過して，陽極側から陰極側に移動する際，0.2mol移動すると計算上でくるのですが，0.2mol分ナトリウムイオンが移動しているということは，0.2mol分陰極側の水酸化ナトリウム水溶液が重くなっていると思うのです．しかし，答えの方では，電解槽Bに初めから存在した0.1molのナトリウムイオンと移動した0.2molとを足し合わせて，1 Lで割ることによって，モル濃度を算出しているのはどうしてなのでしょう．僕なりに推測したのですが，電解槽Bに初めから存在した水酸化ナトリウム水溶液 1 Lの中に0.2molのナトリウムイオンが移動してきたところで，体積に大きな変動はあまりないから，電解槽Bの陰極側の 1 L + α の体積で0.3molを割ることはしていないのではないかと思います．ですが，またここで疑問が生じます．ならば，いったい何mol以上の物質の移動であれば体積の変化を考慮して計算しなければならないのでしょうか．もう一つ，答えが出せない理由の一つとして考えられるのは，問題文の，”また，発生した気体は溶液に溶けず，溶液の体積は変化しないものとする．”といった記述があるので，この内容から，電解槽Bの陰極側に移動した0.2mol分のナトリウムイオンの質量を考慮せず，1 Lで計算しているということになっているのでしょうか．

以上が質問の内容になります．長く稚拙な文章となりましたが，宜しくお願いいたします．

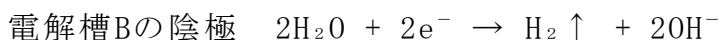
回答 問題中の仮定により，発生した気体の溶液への溶解および浸透圧等によるイオンや水の陽イオン交換膜の通過等を見做します．さらに，電気分解中の水の蒸発，発生したガスに含まれる水蒸気，電気分解による温度上昇も見做します．なお，質問中の疑問点で，濃度による密度の変化，すなわち体積の変化が考慮されていません．反応等によって質量は保存しますが，体積は変化しますので注意して下さい．

電解槽Aの陽極で物質0.1 molの銅Cuが溶解して陽極の質量が6.35 g減少し，陰極で物質0.1 molの銅Cuが析出して陰極の質量が6.35 g増加します．



また，電解槽Bの陽極で物質0.1 molの塩素ガス Cl_2 が発生して溶液の質量が

7.09 g減少し、陰極で0.1 molの水素ガス H_2 が発生して溶液の質量が0.20 g減少します。さらに、陽イオン交換膜を通して電荷を運ぶ(電流が流れる)ために、電解槽Bの陽極側から陰極側へ物質量0.2 molのナトリウムイオン Na^+ が移動し溶液の質量が4.60 g増加します。したがって、陰極側の質量は合計4.40g増加します。



(3) 電解槽Bの陽極側の溶液 $\text{Na}^+ \Rightarrow$ 陽イオン交換膜を通過 $\Rightarrow \text{Na}^+$ 陰極側の溶液

水酸化ナトリウムの非常に薄い水溶液の密度は化学便覧等にも記載されていません。1 mass%以上の水酸化ナトリウム水溶液の密度と純水の密度を用いて4次式で近似計算(詳細は省略)して求めると、温度20℃において濃度0.3 mol/L=1.186 mass%のとき密度1.012 g/mL、濃度0.1 mol/L=0.3988 mass%のとき密度1.003 g/mL、濃度0.0 mol/L=0.0 mass%のとき密度0.9985 g/mLになります。電解前における電解槽Bの陰極側の溶液の質量、その中に溶解している水酸化ナトリウムの質量、溶解に使用した水の質量を求めると

(4) 電解前の溶液質量 = $1.000\text{L} \times 1.003\text{g/mL} \times 1000\text{mL/L} = 1003 \text{ g}$

(5) 電解前の水酸化ナトリウムの質量 = $40.00\text{g/mol} \times 0.1000\text{mol/L} \times 1.000\text{L}$
= 4.000 g

(6) 電解前の水の質量 = $1003\text{g} - 4.000\text{g} = 999.0 \text{ g}$

電解後における電解槽Bの陰極側の溶液では、ナトリウムイオンが0.2000 mol増加し、水素ガスが0.1000 mol発生し、水酸化物イオン OH^- が0.2000 mol生じたので、水酸化ナトリウムが0.2000 mol増加し、水が0.2000 mol減少したことで同じになります。

(7) 電解後の水酸化ナトリウムの質量 = $4.000\text{g} + 40.00\text{g/mol} \times 0.2000\text{mol}$
= 12.00 g

(8) 電解後の水の質量 = $999.0\text{g} - 18.02\text{g/mol} \times 0.2000\text{mol} = 995.40 \text{ g}$

(9) 電解後の溶液質量 = $12.00\text{g} + 995.40\text{g} = 1007.4 \text{ g}$

(10) 電解後の溶液体積 = $1007.4\text{g} / (1.012\text{g/mL} \times 1000\text{mL/L}) = 0.9955 \text{ L}$

したがって、電解槽B中の溶液の体積は電解に伴って増加するのではなく、むしろ逆に減少しています。さらに電解後の水酸化ナトリウム水溶液の濃度を求めると

(11) 電解後の水酸化ナトリウム水溶液の濃度 = $0.3000\text{mol} / 0.9955\text{L}$
= 0.3014 mol/L

質問文中の答えとの誤差は0.5 %程度ですから、問題文の様に電解に伴って体積が変化しないと仮定して差し支えないと思います。この仮定は、溶液の濃度が小さいこと、電解量(ナトリウムイオンの移動量)が比較的小さい場合に成立します。疑問点については推測の通りで、電解槽Bに0.2 molのナトリウムイオンが移動しても体積に大きな変動はありません。ただし、溶液の質量は、ナトリウムイオンが移動しただけ増加する訳ではなく、水素ガスが発生した分だけ減少していますので注意して下さい。何mol以上の物質量の移動であれば体積の変化を考慮しなけ

ればならないのかは一概に言えません．実験や計算の目的から要求される精度および出題者の意図等によると思います．通常の化学実験では1%程度の実験誤差が入りますので、これ以下なら問題ないと思います．なお、大学以上の標準溶液の調製では、有効数字3桁以上(誤差0.1%以下?)を要求されることもあります．小学校や中学校の理科実験では、5%や10%くるっても問題ないことがあります．

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：タッカー 日時：2012年12月12日 13時51分19秒

芦田 実 様

こんにちは、お世話になっております．この度は、僕の質問に丁寧にお答え頂きありがとうございました．とても細かく解説して下さいだったので、感動しています．これを機に、さらに勉学に励みたいと思います．ありがとうございました．

日々寒くなってきておりますので、お身体に気をつけてお過ごし下さい．では、失礼いたします．

タッカー

あなたは  人目の訪問者です

[メニューに戻る](#)

質問箱

化学に関して、何かわからないことがありましたら、質問して下さい．このホームページの中で回答を見られるようにしていきます．また、E-mailアドレスを入力していただければ、そちらにも回答を送らせていただきます．ただし、質問の内容によってはこちらの専門でない場合もあり、回答が遅れたり、または回答できないこともあります．(このページへのご意見、ご感想については [掲示板](#) の方に書き込みをお願いします．)

質問箱の回答集の配布(よく) 高校生、小学校～高等学校の先生および指導主事等を対象とします．

物理学, 化学, 生物学, 地学, 理科教育学の質問箱

私の別のホームページでも質問を受け付けています．トップページから移動できます．

お名前:

E-mail:
(E-mail が間違っている質問は削除することもあります．E-mail を入力しても、下欄には書き込まれません)

URL:

質問: (別ページ「受付けた質問」に書き込まれます)

書き込む

クリア

[化学研究室に戻る](#)

[質問回答一覧](#)

[受付けた質問](#)

[削除した質問](#)

[過去の質問と回答 頁1](#)

[過去の質問と回答 頁2](#)

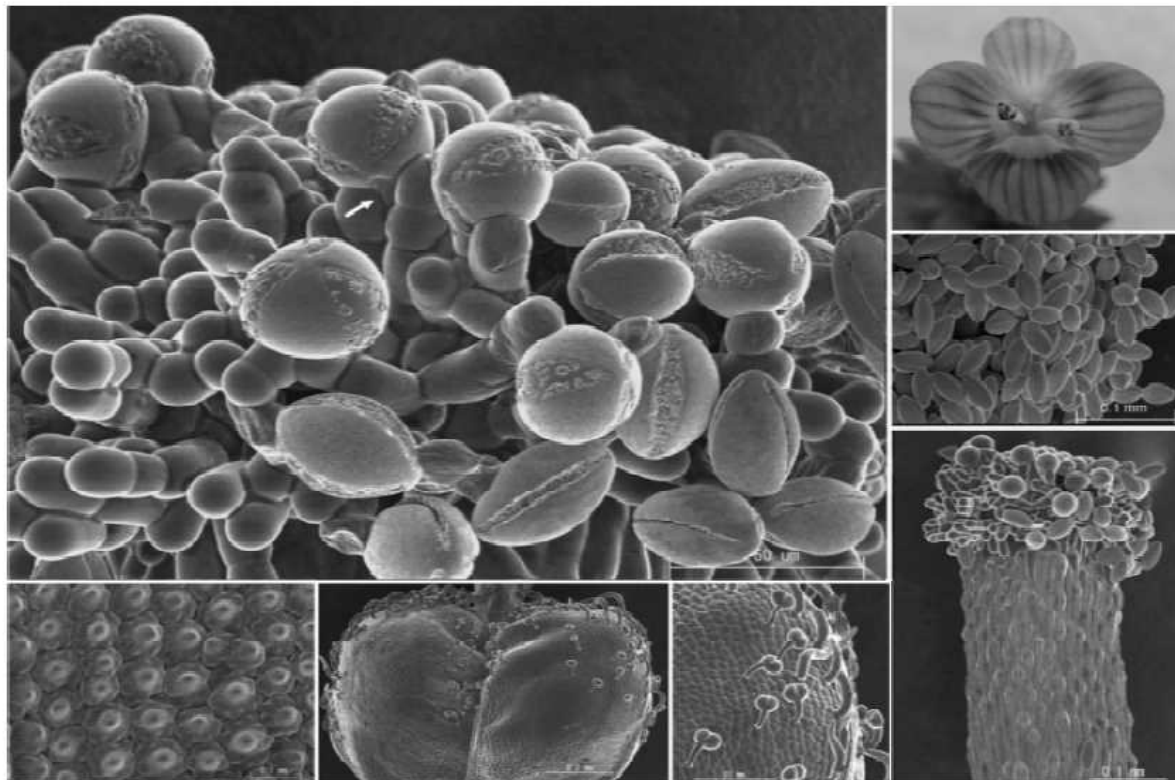
[過去の質問と回答 頁3](#)

図 化学質問箱の入力画面（一部、本館）

V. ホームページの開発

1. 理科カレンダー

理科教育講座教員の協力を得て制作した2012年度版理科カレンダーを以下に載せる。「驚きと感動をつたえる理科大好き先生の養成」のホームページ（アドレス <http://rikadaisuki.edu.saitama-u.ac.jp/index.php>）からこれらのpdf版をダウンロードすることができる。



早春の花オオイヌノフグリの受粉

2012年

4月

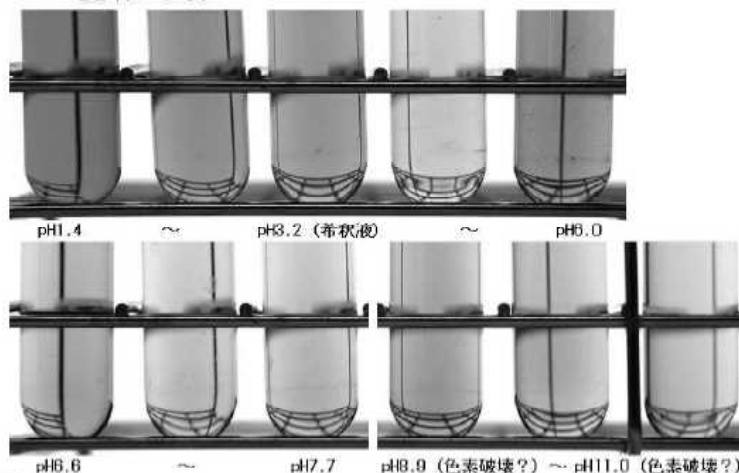
左上: めしべの柱頭がキャッチした花粉が吸水してふくらみ花粉管(矢印)を伸ばし始めたところ。
以下時計回りに、右上: オオイヌノフグリの花、右中: おしべ葯の米粒型の花粉、右下: めしべ花柱と柱頭、
受粉した吸水前後の花粉、下中2枚: めしべハート型の子房とハート型の腺毛、下左: 花卉の細胞も花の形。
(生物学研究室/金子康子)

1 日	エイプリルフール	16 月	
2 月		17 火	
3 火		18 水	
4 水		19 木	
5 木		20 金	
6 金		21 土	
7 土		22 日	
8 日		23 月	
9 月		24 火	
10 火		25 水	
11 水		26 木	
12 木		27 金	
13 金		28 土	
14 土		29 日	昭和の日
15 日		30 月	振替休日

グレープジュース（身近なpH指示薬）



本物のブドウは単なるイメージです



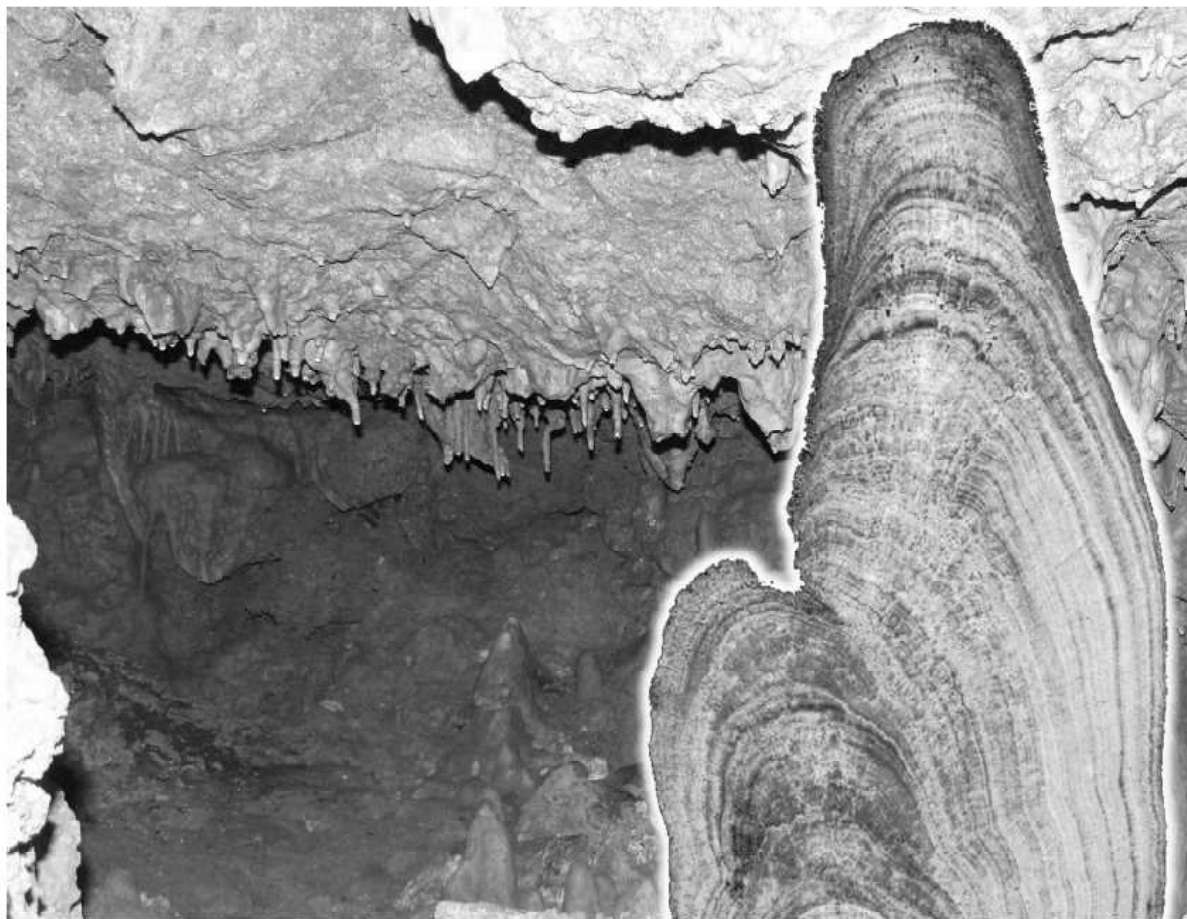
グレープフルーツジュース(身近なpH指示薬)

2012年

5月

市販のグレープジュースは季節に無関係に入手でき、水で希釈（約6倍）するだけで実験に使用できます。ただし、防腐剤として酸が入っているため希釈後でもpHが弱酸性になります。pH6以上では、時間がたつにつれて色素が破壊されて(?)黄色に変化します。(化学研究室/芦田 実)

1	火	メーデー	16	水	
2	水		17	木	
3	木	憲法記念日	18	金	
4	金	みどりの日	19	土	
5	土	こどもの日	20	日	
6	日		21	月	
7	月		22	火	
8	火		23	水	
9	水		24	木	
10	木		25	金	
11	金		26	土	
12	土		27	日	
13	日	母の日	28	月	
14	月		29	火	
15	火		30	水	
			31	木	



石垣島の鍾乳洞と、石筍の断面

2012年
6月

石垣島は日本の南西に位置する亜熱帯気候の島である。石灰岩質の地質を持っているため、鍾乳洞が多く見られる。写真は、新石垣空港建設予定地で見つかった鍾乳洞である。上から落ちてくる水から炭酸カルシウム成分が析出し成長していく石筍は、内部に年輪のような一年ごとの縞がみられる。この縞にそって同位体分析を進めていくと、細かな過去の気候変動を分析できるので、石筍は古気候の復元材料として研究に使われている。(地学研究室／岡本研究室)

1	金	16	土	
2	土	17	日	父の日
3	日	18	月	
4	月	19	火	
5	火	20	水	
6	水	21	木	
7	木	22	金	
8	金	23	土	
9	土	24	日	
10	日	25	月	
11	月	26	火	
12	火	27	水	
13	水	28	木	
14	木	29	金	
15	金	30	土	

食用色素赤を溶かした水溶液（赤色の色水）に4色の光を当てた時の様子



(a) 光源：白



(b) 光源：赤



(c) 光源：緑



(d) 光源：青

食用色素赤の1%溶液に各種の光を照射したときの結果

光源による色の見え方の変化

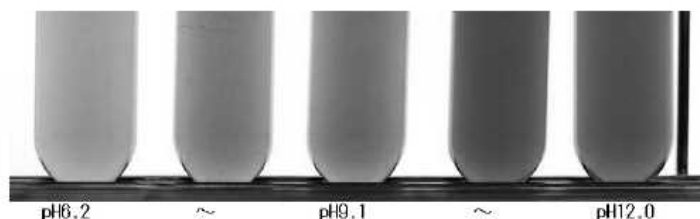
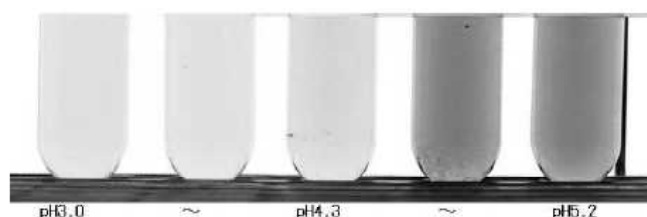
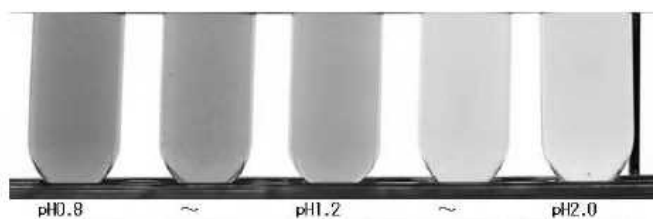
2012年
7月

☆白い光を当てたとき溶液は赤色に見える(左上)
☆赤い光、緑の光、青い光を当てたとき、溶液はそれぞれどのようにみえているかな？

(化学研究室/富岡寛顕)

1 日		16 月	海の日
2 月		17 火	
3 火		18 水	
4 水		19 木	
5 木		20 金	
6 金		21 土	
7 土		22 日	
8 日		23 月	
9 月		24 火	
10 火		25 水	
11 水		26 木	
12 木		27 金	
13 金		28 土	
14 土		29 日	
15 日		30 月	
		31 火	

BTB (pH指示薬)



BTB試薬

2012年

8月

BTBは淡紫色～淡黄色の粉末の形で市販されています。BTB0.04%+水酸化ナトリウム0.006%の緑色の水溶液およびBTB0.1%の赤色のエタノールと水の混合溶液（エタノール約40%+水約60%）でも市販されています。BTBは強い酸性では赤色、非常に強いアルカリ性では紫色（省略）に呈色します。（化学研究室/芦田 実）

1	水		16	木	
2	木		17	金	
3	金		18	土	
4	土		19	日	
5	日		20	月	
6	月		21	火	
7	火		22	水	
8	水		23	木	
9	木		24	金	
10	金		25	土	
11	土		26	日	
12	日		27	月	
13	月		28	火	
14	火		29	水	
15	水	終戦記念日	30	木	
			31	金	



アカボシゴマダラ

2012年

9月

アカボシゴマダラは日本では奄美大島と徳之島だけに分布するタテハチョウ科の1種であるが、近年になって埼玉県南部と神奈川県中部で見つかった。しかも、奄美諸島の個体群ではなく、中国大陸産の特徴がある。後に、ある非常識な蝶マニアが故意に持ち込んだ移入種であることが判明した。幼虫の食草(エノキ)が同じ在来種ゴマダラチョウとの競合が心配されたが、利用部位が全く異なることからか、幸いにも目立った悪影響が現れていない。学内でも7～9月にクスギ林(生協の森)の林縁で2種の飛ぶ姿を観ることができる。(生物学研究室/林 正美)

1	土		16	日	
2	日		17	月	敬老の日
3	月		18	火	
4	火		19	水	
5	水		20	木	
6	木		21	金	
7	金		22	土	秋分の日
8	土		23	日	
9	日		24	月	
10	月		25	火	
11	火		26	水	
12	水		27	木	
13	木		28	金	
14	金		29	土	
15	土		30	日	



ニッポンウミシダの産卵

2012年

10月

ニッポンウミシダはシダによく似た形をしているが、ウニやヒトデと同じグループの動物であり、海に生息している。10月の上弦月あるいは下弦月の日に産卵を行う。中央から伸びた腕には無数の羽枝をもつ。産卵時にはこの羽枝に入っているピンク色の卵を一斉に海に放出する。(生物学研究室/日比野拓)

1	月		16	火	
2	火		17	水	
3	水		18	木	
4	木		19	金	
5	金		20	土	
6	土		21	日	
7	日		22	月	
8	月	体育の日	23	火	
9	火		24	水	
10	水		25	木	
11	木		26	金	
12	金		27	土	
13	土		28	日	
14	日		29	月	
15	月		30	火	
			31	水	ハロウィン

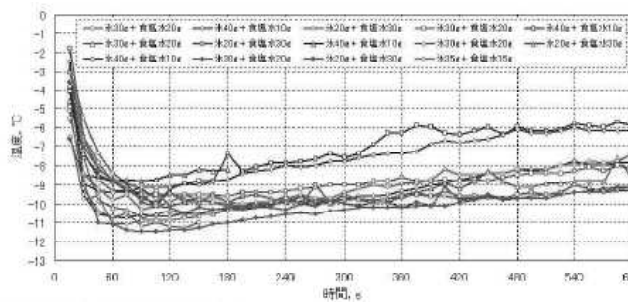
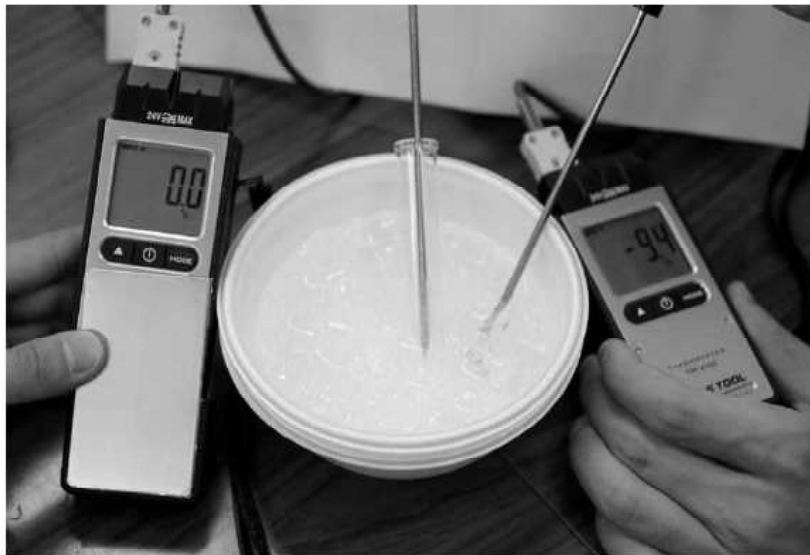


図 氷に2%食塩水をかけたときの温度変化

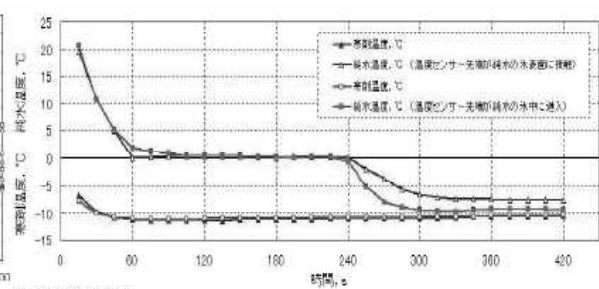


図 水の状態変化(凝固)
薬用 (水90g+25%食塩水60g) で純水2gを冷却, 室温20°C

水の姿と行方(凝固)

2012年
11月

氷に食塩水をかけたもの(寒剤)を使って水が凍る温度を測る実験で, 氷と食塩水を混ぜる割合を変えても, 到達する最低温度(約 -10°C)や温度の時間的な変化はほとんど変わりません. 低温を10分以上保つことができ, 水は数分で凍ります. (化学研究室/芦田 実)

1 木		16 金	
2 金		17 土	
3 土	文化の日	18 日	
4 日		19 月	
5 月		20 火	
6 火		21 水	
7 水		22 木	
8 木		23 金	勤労感謝の日
9 金		24 土	
10 土		25 日	
11 日		26 月	
12 月		27 火	
13 火		28 水	
14 水		29 木	
15 木		30 金	

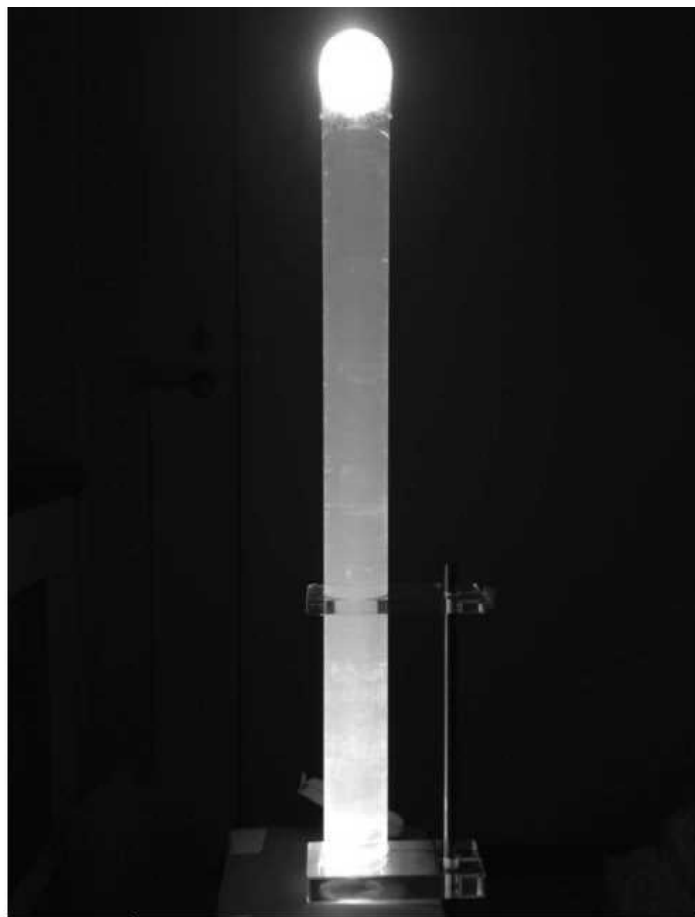


皆既月食

2012年
12月

埼玉大学望遠鏡を用いて撮影した皆既月食(2012年12月10日)。
月の欠け始めから赤銅色の月、月食終わりまでが捉えられている。
(地学研究室/大朝由美子)

1	土		16	日	
2	日		17	月	
3	月		18	火	
4	火		19	水	
5	水		20	木	
6	木		21	金	
7	金		22	土	
8	土		23	日	天皇誕生日
9	日		24	月	振替休日 クリスマスイブ
10	月		25	火	クリスマス
11	火		26	水	
12	水		27	木	
13	木		28	金	
14	金		29	土	
15	土		30	日	
			31	月	大晦日



レイリーの散乱

2013年

1月

夕焼けは普段私たちがよく目にすることができますが、これは「レイリー散乱」と呼ばれる物理現象により生じています。この写真は、白熱灯を太陽に見立て、水に溶かしたアクリルエマルジョンを空気の分子や空気中の微小な塵に見立てて、夕焼けを実験室で再現した様子です。(物理学実験室/大向隆三)

1	火	元日	16	水	
2	水		17	木	
3	木		18	金	
4	金		19	土	
5	土		20	日	
6	日		21	月	
7	月		22	火	
8	火		23	水	
9	水		24	木	
10	木		25	金	
11	金		26	土	
12	土		27	日	
13	日		28	月	
14	月	成人の日	29	火	
15	火		30	水	
			31	木	

食塩水の作り方（塩化ナトリウム水溶液の調製方法） Cl^- 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 Na^+ Ver. 2010.07.27
 濃度を換算するときは【質量% (mass%)】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。 モル濃度 (mol/L) と規定度 (N) は同じ数字です。

53.44	482.37	500.0	10.0	1.829
NaCl質量(g)	溶解水の量	溶液の量	質量% (mass%)	濃度 (mol/L, N)

☐ 99.5 mass% ☐ 質量(g) ☐ 質量(g)
☐ 99.0 mass% ☒ 体積(mL) ☒ 体積(mL) 計算値消去 全部消去
☒ その他 (mass%) Cl^- 溶液の質量 = 534.4 g
 100 Na^+ 溶液の体積 = 500.0 mL
 試薬純度の指定（不純物は水と仮定） 溶液の密度 = 1.069 g/mL

$\text{Na}^+ \text{Cl}^-$

表 25℃における食塩水の濃度と密度などの関係（NaClのモル質量（式量）= 58.443 g/mol）

質量% (mass%)	0.0010	0.01	0.1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
濃度 (mol/L, N)	2.0E-4	0.0017	0.0171	0.1718	0.346	0.5227	0.7017	0.8833	1.0673	1.2539	1.4429	1.6346
溶液密度 (g/mL)	0.9971	0.9971	0.9978	1.0041	1.0111	1.0182	1.0253	1.0324	1.0396	1.0469	1.0541	1.0614
溶液体積/溶解水	1.0	1.0	1.0003	1.003	1.0062	1.0095	1.013	1.0166	1.0203	1.0241	1.0281	1.0323

表 25℃における食塩水の濃度と密度などの関係（続）

質量% (mass%)	9.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.4
濃度 (mol/L, N)	1.6346	1.8288	2.225	2.6319	3.0498	3.4789	3.9195	4.3719	4.8365	5.3137	5.4107
溶液密度 (g/mL)	1.0614	1.0688	1.0836	1.0987	1.114	1.1295	1.1453	1.1614	1.1778	1.1944	1.1978
溶液体積/溶解水	1.0323	1.0386	1.0466	1.0562	1.0665	1.0765	1.0892	1.1006	1.1139	1.1281	1.131

計算方法

調製前の塩化ナトリウムの質量と純度を $M_a(g)$ と $Q_o(\%)$ とします。塩化ナトリウムは微量の不純物を含み、乾燥減量より不純物は全て水だと仮定します。塩化ナトリウムを溶解する純水（溶解水）の質量、体積と密度を $M_b(g)$ 、 $V_b(\text{mL})$ と $D_b(\text{g/mL})$ とします。調製後の水溶液の質量を $M(g)$ 、体積を $V(\text{mL})$ 、密度を $D(\text{g/mL})$ 、質量%濃度を $W(\text{mass}\%)$ 、モル濃度を $C(\text{mol/L})$ とします。なお、塩化ナトリウムの場合にはモル濃度 (mol/L) と規定度 (N) は同じ数字になります。さらに、溶液体積/溶解水体積を R 、純粋な塩化ナトリウムの式量を $F(\text{g/mol})$ とすると、次式のような関係があります。

$$W = M_a Q_o / M, \quad M = M_a + M_b = V D, \quad M_b = V_b D_b, \quad C = 10 M_a Q_o / F V,$$

$$R = V / V_b, \quad Q_o \approx 99.0 \sim 100 \%, \quad 1L = 1000 \text{ mL}$$

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/溶解水体積から濃度を求めるときは上の表を使います。

食塩水（塩化ナトリウム水溶液）の作り方

2013年
2月

食塩水の濃度 (mass% または mol/L = N) と調製後の体積 (g または mL) から必要な食塩の質量 (g) と水の量 (g または mL) を計算したり、食塩の質量と水の量から水溶液の濃度を計算したり、質量百分率 (mass%) とモル濃度 (mol/L = N) を換算することができます。上の図では省略していますが、調製方法と注意事項も説明しています。（化学研究室/芦田 実）

1	金	16	土
2	土	17	日
3	日	18	月
4	月	19	火
5	火	20	水
6	水	21	木
7	木	22	金
8	金	23	土
9	土	24	日
10	日	25	月
11	月 憲法記念日	26	火
12	火	27	水
13	水	28	木
14	木 バレンタインデー		
15	金		



放射線に関する実験

2013年
3月

福島第一原子力発電所の事故以後、大人も子どもも「放射線」に関して正しく理解したいと強く思うようになりました。放射線と放射能、放射性物質の違い、 γ 線とその測定、ベクレルとシーベルト、自然放射線と人工放射線、内部被ばくと外部被ばく、放射線の遮へいと除染、放射性同位体セシウム137とその半減期、低線量放射線の健康リスクなど、義務教育の学習指導要領で想定されていた基礎的・基本的な水準を遙かに超えるものです。これからの学校には、子どもたちに放射線を正しく理解して自ら判断し行動するための教育が期待されます。写真は、国が学校向けに貸し出しをしている放射線測定器「はかるくん」を4台使用して、中央の放射線源から出ている放射線に対する、4種類の物質（アク

1	金	16	土
2	土	17	日
3	日	18	月
4	月	19	火
5	火	20	水 春分の日
6	水	21	木
7	木	22	金
8	金	23	土
9	土	24	日
10	日	25	月
11	月	26	火
12	火	27	水
13	水	28	木
14	木 ホワイトデー	29	金
15	金	30	土
		31	日

2. 溶液の濃度計算と調製方法の自動サービス

本研究室ホームページのメニュー（一部）を下図に示す．本年度は，溶液の作り方（濃度計算と調製方法）の「食塩水（塩化ナトリウム水溶液）」，「水酸化ナトリウム水溶液」，「炭酸水素ナトリウム水溶液」，「塩化カリウム水溶液」，「塩化アンモニウム水溶液」等を改良して使い易くした（Swingの改良版，次頁の参考資料を参照）．計算方法，調製方法，注意事項，使用方法等も説明している．また，ヨウ素滴定の詳細な色見本を制作した．さらに，「水酸化カリウム水溶液」と「pH緩衝液」の参考資料を次頁から紹介する．

あなたは  人目の訪問者です (H24.05.05 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. 2011.03.25
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. 18.05.2011

Java Applet(酸)	Java Applet(塩基)
酢酸水溶液	アンモニア水
塩酸	水酸化ナトリウム水溶液 NaOH AWTの初期版 Swingの改良版
硝酸	水酸化カリウム水溶液 KOH AWTの初期版 Swingの改良版
硫酸	
シュウ酸水溶液	
Java Applet(pH緩衝液)	
グリシン系(pH1.0~3.7, 8.5~12.9), フタル酸系(pH2.2~5.9), 酢酸系(pH3.6~5.6), リン酸系(pH5.3~8.0), トリス系(pH7.0~9.0), アンモニア系(pH8.0~11.0)	
Java Applet(塩)	Java Applet(塩)
食塩水(塩化ナトリウム水溶液) NaCl AWTの初期版 Swingの改良版	炭酸水素ナトリウム水溶液 NaHCO₃ AWTの初期版 Swingの改良版
塩化カリウム水溶液 KCl AWTの初期版 Swingの改良版	炭酸ナトリウム水溶液
塩化アンモニウム水溶液 NH₄Cl AWTの初期版 Swingの改良版	シュウ酸ナトリウム水溶液
Java Applet(溶解度曲線)	Java Applet(溶解度曲線)
固体無水物の溶解度 ショ糖, NaCl, KCl, KBr, NaHCO₃, KHCO₃, ホウ酸H₃BO₃, NaN₃, KNO₃	ミョウバンとその関連物質の溶解度 NaAl(SO₄)₂, KAl(SO₄)₂, NH₄Al(SO₄)₂, NH₄Cr(SO₄)₂, Na₂SO₄, K₂SO₄, (NH₄)₂SO₄, Al₂(SO₄)₃
Java Applet(気体発生)	Java Applet(気体発生)
二酸化炭素と石灰水	過酸化水素水

溶液の調製, 溶解, 希釈, 濃縮

Java Applet(酸)	Java Applet(塩基)
Java Applet(塩)	Java Applet(塩)
食塩水(塩化ナトリウム水溶液) 試行版	

参考資料 外に出ます. 戻るはブラウザ(Internet Explorer や Netscape Navigator 等)のボタンを使って下さい.	
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(英文)	二酸化炭素と石灰水
固体無水物の溶解度	シュウ酸水溶液, シュウ酸ナトリウム水溶液
ミョウバンとその関連物質の溶解度	炭酸水素ナトリウム水溶液, 炭酸ナトリウム水溶液
塩化カリウム水溶液, 塩化アンモニウム水溶液	過酸化水素水と酸素発生
pH緩衝液	水酸化カリウム水溶液

図 溶液の作り方等のメニュー（一部）

水酸化カリウム水溶液の濃度計算・調製方法に関するWeb自動サービス

芦田 実 埼玉大学教育学部理科教育講座

キーワード：水酸化カリウム、濃度計算、調製、希釈・濃縮、注意事項

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^{1~4)}を開発している。そのために、化学の質問箱⁵⁾の開設や溶液の濃度計算と調製方法のサービス等^{6~18)}を開始している。質問箱は閲覧数や質問回数が最盛期を過ぎたが、その他のサービスは利用者がまだ少ない。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。

今、学校では理科離れ¹⁹⁾が進んでいる。その要因として、幼いときの理科的な感動体験が失われつつあること、学校における理科実験の減少により児童・生徒が薬品や器具に触れる体験が減少していること等が挙げられる。さらに、ゆとり教育による授業時間の削減によって理科実験を行う時間の確保が困難になっている現状もある。理科離れを解決するためには、児童・生徒に理科に対する興味・関心をもってもらいが必要であり、教員は理科の面白さが子供達に伝わるような授業をつくっていく必要がある。しかし、現在は児童・生徒だけでなく、教員の理科離れも進んでいると言われている。中学校や高校は専科教員がいるので、教員の理科離れは主に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・片付けの時間不足、備品や消耗品の不足(自費購入の経験のある教員が7割)、授業時間の不足等の問題を抱えている²⁰⁾。

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。そこで、理科離れを少しでも減らすために、学校で少しでも多く理科(化学)実

験を行ってもらうことが肝要である。本研究室で開発しているホームページでは、理科を苦手にしてしている教員の手助けとなるように、また水溶液の調製時間の軽減や効率的な実験準備を可能とするために、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)等^{6~15)}の自動サービスを行っている。コンピュータが苦手な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⁶⁾、酢酸、塩酸、アンモニア水と水酸化ナトリウム水溶液⁷⁾、硝酸と硫酸⁸⁾、9種類の固体無水物の溶解度⁹⁾、二酸化炭素と石灰水¹⁰⁾、シュウ酸水溶液とシュウ酸ナトリウム水溶液¹¹⁾、塩化カリウム水溶液と塩化アンモニウム水溶液¹²⁾、炭酸水素ナトリウム水溶液と炭酸ナトリウム水溶液¹³⁾、ミョウバンとその関連物質の溶解度¹⁴⁾、過酸化水素水と酸素発生¹⁵⁾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、水酸化カリウム水溶液の濃度計算、調製方法および注意事項に関するサービスについて報告する。前報中のJava AppletプログラムはほとんどAWTを用いて開発した。AWTはプラットフォーム(OS等)のグラフィック部品(ボタン等)を利用するため、それに依存して見た目が少し変わる。さらに、部品の性能等に制限があり、あまり高度なことはできなかった。本報告の水酸化カリウム水溶液のプログラムでも最初はAWTを用いて開発したが、その後にSwingを用いて改良した。Swingはプラットフォームに依存せず、Javaソフトウェアのみで開発

でき、便利で高度な機能を備えている。本報告では、これら2つのプログラムの相違や改良点等について述べる。

2. 利用者の操作方法

2-1 AWT版のJava Appletプログラム

トップページ「埼玉大学教育学部化学研究室」^{1~4)}からメインメニュー^{2 1)}の「溶液の作り方(濃度計算と調製方法)」^{2 2)}へ入り、さらにサブメニュー「塩基」中の「水酸化カリウム水溶液、AWTの初期版」^{2 3)}をクリックすると、htmlファイル(図1)が表示される。この中の最上部が

この下に図が見えなかったら Java Applet を有効にして下さい(H23.05.07改訂) [前に戻る](#) [English Version](#)

水酸化カリウム水溶液の作り方 (調製方法) 声田 (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. 2009.05.21

30.38 492.46 500.0 5.0 0.9313 計算値/消去

KOH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) 全部消去

溶液の質量=522.53 g 溶液の密度=1.045 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。市販の水酸化カリウムの純度は86.0%以上であり、不純物が全て水であると仮定して計算しています。

表 15℃における水酸化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (KOH含水物の式量(分子量)=65.244)																
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	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	
モル濃度(mol/L)	0.18	0.363	0.549	0.736	0.931	1.127	1.327	1.53	1.736	1.946	2.375	2.819	3.277	3.749	4.236	
溶液密度(g/mL)	1.008	1.018	1.027	1.036	1.045	1.054	1.064	1.073	1.082	1.092	1.111	1.13	1.149	1.169	1.189	
溶液体積/溶解水	1.003	1.006	1.009	1.012	1.015	1.019	1.023	1.027	1.031	1.036	1.046	1.056	1.068	1.081	1.096	
百分率濃度(%)	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0	
モル濃度(mol/L)	4.738	5.255	5.788	6.336	6.9	7.481	8.078	8.692	9.324	9.973	10.64	11.33	12.03	12.75	13.5	
溶液密度(g/mL)	1.208	1.229	1.249	1.27	1.291	1.312	1.333	1.355	1.377	1.399	1.421	1.444	1.467	1.491	1.514	
溶液体積/溶解水	1.111	1.128	1.147	1.167	1.189	1.213	1.24	1.269	1.301	1.336	1.374	1.417	1.464	1.517	1.576	

計算方法
調製前の水酸化カリウム含水物の質量を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/溶解水質量を、水酸化カリウム含水物のモル質量をG(mol)、水酸化カリウム含水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。
$$W = MaGo / M, \quad M = Ma + Mb = VD, \quad Mb = VbDb, \quad C = 1000Ma / VV,$$
$$R = V / Vb, \quad Qo = 56, 11 \text{ g/mol} = 65.244 \text{ g/mol} \times 100 \times 86.0\%, \quad 1 \text{ L} = 1000 \text{ mL}$$
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表は上の表を依ります。
調製方法
必要な器具は、前もって洗淨し乾燥しておきます。
◆少量の溶液(約500mL以上)を作る場合
1 作成する容量がはかれるメスシリンダー(例えば、500 mL作成するなら500mLまたは1000mL)で蒸留水をかりとり、半分は大きなビーカーに移し、残りをメスシリンダーに移して置きます。
2 左皿を用いて約めビーカーに水酸化カリウムをかりとり、すぐに1のビーカーの蒸留水に加えてよくかき混ぜます。2のビーカーの底に付着した水酸化カリウムは、メスシリンダーの蒸留水を加えて溶かした後で1のビーカーに移します。
◆少量の溶液(約500mL未満)を作る場合
3 メスシリンダー(例えば、100mL作成するなら100mLまたは200mL)で蒸留水をかりとりします。
4 左皿を用いてビーカーに水酸化カリウムをかりとり、すぐに3ではかりとった蒸留水を加えてよくかき混ぜます。
5 必要ならば、試験ビンを移して保管します。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
水酸化カリウムの固形(粒)には強酸性があり、空気中の湿気を吸収してべたべたになります。天秤を使うときは乾きこましても大丈夫なように、天秤の皿とビーカーの間に紙(薬包紙など)を敷きましょう。質量をはかるときは手早く行いましょう。残りの水酸化カリウムの固形は、直ぐにビンのふたをしっかりと閉めて保管しましょう。
水酸化カリウムを水で溶かするときは、非加熱で溶解して清液が出るので注意しましょう。清液(水酸化カリウム水溶液)には毒性があり、刺激臭があります。清液を吸い込むように換気の良い所で取り扱ひましょう。溶液の体積を調製する場合には、沸えてから行いましょう。
水酸化カ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。
水酸化カリウムの固形は粒が大きいので、計算値の質量をひたたりはかり取ることはできません。正確な濃度が必要な場合には、濃度がわかっている試薬を測定して、正確な濃度を決定しましょう。
天秤は慎重に取り扱い、薬品をこぼしたらずいぐに掃除しましょう。はかりの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。

図1 AWT版のJava Appletによる計算例

水酸化カリウムKOH水溶液用のapadj017.htmlファイル(背景が白色の部分)からAWT版のJava Appletの実行プログラム(背景が水色の部分)を呼び出し、質量百分率濃度5 mass%の溶液500 mLを調製

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

htmlファイルから呼び出したJava Appletによる計算プログラムである。一番上の5つのテキストボックスとそれらの真下のボタンが対応している。調製後の水酸化カリウムKOHの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水酸化カリウムの質量と溶解水の体積を求める場合(図1)や、調製前の水酸化カリウムKOH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(図2)には、2つのテキストボックスに数値(例えば、水酸化カリウムの質量と溶解水の体積)を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。続いて、どれか空のテキストボックスの真下のボタン(例えば、質量百分率濃度)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。溶解度(15℃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2)が、計算はできるようにしている。

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、でたために操作しても可能な限り動くように考

水酸化カリウム水溶液の作り方 (調製方法) 声田 (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. 2009.05.21

550.0 250.0 490.7 59.14 17.18 計算値/消去

KOH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) 全部消去

溶液の質量=799.8 g 溶液の密度=1.63 g/mL 15℃の溶解度(51.8%)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。市販の水酸化カリウムの純度は86.0%以上であり、不純物が全て水であると仮定して計算しています。

表 15℃における水酸化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (KOH含水物の式量(分子量)=65.244)																
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	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	
モル濃度(mol/L)	0.18	0.363	0.549	0.736	0.931	1.127	1.327	1.53	1.736	1.946	2.375	2.819	3.277	3.749	4.236	
溶液密度(g/mL)	1.008	1.018	1.027	1.036	1.045	1.054	1.064	1.073	1.082	1.092	1.111	1.13	1.149	1.169	1.189	
溶液体積/溶解水	1.003	1.006	1.009	1.012	1.015	1.019	1.023	1.027	1.031	1.036	1.046	1.056	1.068	1.081	1.096	
百分率濃度(%)	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0	
モル濃度(mol/L)	4.738	5.255	5.788	6.336	6.9	7.481	8.078	8.692	9.324	9.973	10.64	11.33	12.03	12.75	13.5	
溶液密度(g/mL)	1.208	1.229	1.249	1.27	1.291	1.312	1.333	1.355	1.377	1.399	1.421	1.444	1.467	1.491	1.514	
溶液体積/溶解水	1.111	1.128	1.147	1.167	1.189	1.213	1.24	1.269	1.301	1.336	1.374	1.417	1.464	1.517	1.576	

図2 AWT版のJava Appletによる計算例

水酸化カリウム550 gを溶解水250 mLに溶かそうとすると、飽和濃度51.8%(14.2 mol/L)を超過

優先順位	KOH質量(g)	溶解水体積(mL)	溶液体積(mL)	百分率濃度(mass%)	モル濃度(mol/L)
1			○	○	
2			○		○
3	○	○			
4	○		○		
5	○			○	
6	○				○
7		○		○	
8		○			○
9		○	○		
1 0				○	
1 1					○

○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

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(Swing版のプログラ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

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。

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3)。実用的な意味はあまり無いが、溶解水と溶液の体積に数値を入力してもプログラムは動く(図4)。ただし、溶解水の体積に負

水酸化カリウム水溶液の作り方 (調製方法)

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

0.0

0.0

0.0

5.0

0.9313

計算値/消去

KOH質量(g)

溶解水体積(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=0.0 g

溶液の密度=1.045 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。市販の水酸化カリウムの純度は86.0%以上であり、不純物が全て水であると仮定して計算しています。

表 15℃における水酸化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (KOH含水分の式量(分子量) = 65.244)															
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	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0
モル濃度(mol/L)	0.18	0.363	0.549	0.738	0.931	1.127	1.327	1.53	1.736	1.946	2.375	2.819	3.277	3.749	4.236
溶液密度(g/mL)	1.008	1.018	1.027	1.036	1.045	1.054	1.064	1.073	1.082	1.092	1.111	1.13	1.149	1.169	1.188
溶解体積/溶解水	1.003	1.006	1.009	1.012	1.015	1.019	1.023	1.027	1.031	1.036	1.046	1.056	1.068	1.081	1.096
百分率濃度(%)	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0
モル濃度(mol/L)	4.738	5.255	5.788	6.336	6.9	7.481	8.078	8.692	9.324	9.973	10.64	11.33	12.03	12.75	13.5
溶液密度(g/mL)	1.208	1.229	1.249	1.27	1.291	1.312	1.333	1.355	1.377	1.399	1.421	1.444	1.467	1.491	1.514
溶解体積/溶解水	1.111	1.128	1.147	1.167	1.189	1.213	1.24	1.269	1.301	1.336	1.374	1.417	1.464	1.517	1.576

図3 AWT版のJava Appletによる計算例
質量百分率濃度5 mass%をモル濃度0.9313 mol/Lに換算
みを右端のボタンで消去できる。なお、数値を

水酸化カリウム水溶液の作り方 (調製方法)

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

30.39

492.46

500.0

5.002

0.9316

計算値/消去

KOH質量(g)

溶解水体積(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=522.54 g

溶液の密度=1.045 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。市販の水酸化カリウムの純度は86.0%以上であり、不純物が全て水であると仮定して計算しています。

表 15℃における水酸化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (KOH含水分の式量(分子量) = 65.244)															
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	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0
モル濃度(mol/L)	0.18	0.363	0.549	0.738	0.931	1.127	1.327	1.53	1.736	1.946	2.375	2.819	3.277	3.749	4.236
溶液密度(g/mL)	1.008	1.018	1.027	1.036	1.045	1.054	1.064	1.073	1.082	1.092	1.111	1.13	1.149	1.169	1.188
溶解体積/溶解水	1.003	1.006	1.009	1.012	1.015	1.019	1.023	1.027	1.031	1.036	1.046	1.056	1.068	1.081	1.096
百分率濃度(%)	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0
モル濃度(mol/L)	4.738	5.255	5.788	6.336	6.9	7.481	8.078	8.692	9.324	9.973	10.64	11.33	12.03	12.75	13.5
溶液密度(g/mL)	1.208	1.229	1.249	1.27	1.291	1.312	1.333	1.355	1.377	1.399	1.421	1.444	1.467	1.491	1.514
溶解体積/溶解水	1.111	1.128	1.147	1.167	1.189	1.213	1.24	1.269	1.301	1.336	1.374	1.417	1.464	1.517	1.576

図4 AWT版のJava Appletによる計算例
溶解水の体積492.5 mLと溶液の体積500 mLから濃度5 mass%等を計算

水酸化カリウム水溶液の作り方 (調製方法) 芦田 (埼玉大・教育) Ver. 2009.05.21

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

エラー 5

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。市販の水酸化カリウムの純度は86.0%以上であり、不純物が全て水であると仮定して計算しています。

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	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0
モル濃度(mol/L)	0.18	0.363	0.549	0.738	0.931	1.127	1.327	1.53	1.736	1.946	2.375	2.819	3.277	3.749	4.236
溶液密度(g/mL)	1.008	1.018	1.027	1.036	1.045	1.054	1.064	1.073	1.082	1.092	1.111	1.13	1.149	1.169	1.188
溶液体積/溶解水	1.003	1.006	1.009	1.012	1.015	1.019	1.023	1.027	1.031	1.036	1.046	1.056	1.068	1.081	1.096
百分率濃度(%)	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0
モル濃度(mol/L)	4.738	5.255	5.788	6.336	6.9	7.481	8.078	8.692	9.324	9.973	10.64	11.33	12.03	12.75	13.5
溶液密度(g/mL)	1.208	1.229	1.249	1.27	1.291	1.312	1.333	1.355	1.377	1.399	1.421	1.444	1.467	1.491	1.514
溶液体積/溶解水	1.111	1.128	1.147	1.167	1.189	1.213	1.24	1.269	1.301	1.336	1.374	1.417	1.464	1.517	1.576

図5 AWT版のJava Appletによる計算例

エラーの表示(数値が1つだけで計算不能)

の値を入れるとエラーが表示される。負の値が市販の水酸化カリウム試薬(純度85~86mass%)の脱水・乾燥を意味し、通常の実験操作では不可能なためである(Swing版のプログラムでは、水溶液の濃縮や水和物の乾燥および濃厚溶液の希釈も計算できる様に改良した)。その他、操作を間違えて計算できないときも、エラーが表示される(図5)。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。

2-2 Swing版のJava Appletプログラム

サブメニュー「塩基」中の「水酸化カリウム水溶液、Swingの改良版」^{2,4)}をクリックすると、htmlファイル(図6)が表示される。AWT版プログラムからの改良点として、市販品の水酸化カリウムの純度をチェックボックスで指定(または実際の純度をテキストボックスに入力)でき、水和物の脱水・乾燥も計算できる様に追加した。このテキストボックスに水酸化カリウム水溶液の濃度を入力すれば、その水溶液を希釈および濃縮する計算もできる。また、水酸化カリウムの量を、溶解水の量および溶液の量の単位として、質量(g)または体積(mL)をチェックボッ

この下に図が見えなかったら Java Applet を有効にして下さい。 (H28.03.21 改訂) [前に戻る](#)
下の図が乱れたら、ブラウザを拡大レベル100%(ズームリセット)で使用して下さい。

水酸化カリウム水溶液の調製 (希釈・濃縮) OH^- 芦田 (埼玉大・教育) Ver. 2011.08.21

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 K^+ Ver. 2011.08.21

濃度を換算するときは【質量%(mass%)】または【濃度(mol/L, N)】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。モル濃度(mol/L)と規定度(N)は同じ数字です。

32.622 491.841 500.0 5.3524 1.0

☐ 質量(g) ☐ 質量(g) ☐ 質量(g)

☐ 体積(mL) ☐ 体積(mL) ☐ 体積(mL)

☐ その他(mass%) 86.0 溶液の質量 = 0.0 g

☐ 85.5 mass% ☐ 85.0 mass% 溶液の体積 = 0.0 mL

KOH純度 (溶液濃度) を指定して下さい。 溶液の密度 = 0.0 g/ml

市販の水酸化カリウムKOHの純度は85.0%以上です。不純物が全て水であると仮定して計算しています。

表 15℃における水酸化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (KOH無水物のモル質量 (式量) = 56.11 g/mol)

質量%(mass%)	0.0	0.0010	0.01	0.1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
濃度(mol/L, N)	0.0	2.0E-4	0.0018	0.0178	0.1797	0.3627	0.5489	0.7384	0.9313	1.1274	1.3269	1.5298
溶液密度(g/mL)	0.9994	0.9994	0.9995	1.0003	1.0084	1.0175	1.0267	1.0359	1.0451	1.0543	1.0636	1.0729
溶液体積/溶解水	1.0	1.0	1.0	1.0003	1.0027	1.0055	1.0086	1.0118	1.0153	1.019	1.0229	1.027

表 15℃における水酸化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (続)

質量%(mass%)	9.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0
濃度(mol/L, N)	1.736	1.9457	2.3754	2.8191	3.277	3.7493	4.2363	4.7382	5.2553	5.7878	6.336	6.9003
溶液密度(g/mL)	1.0823	1.0917	1.1107	1.1299	1.1492	1.1687	1.1885	1.2085	1.2286	1.249	1.2697	1.2906
溶液体積/溶解水	1.0313	1.0358	1.0457	1.0565	1.0684	1.0814	1.0957	1.1113	1.1283	1.1468	1.1671	1.1892

表 15℃における水酸化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (続)

質量%(mass%)	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0	51.8
濃度(mol/L, N)	7.4809	8.0781	8.6922	9.3237	9.9728	10.6399	11.3254	12.0296	12.7529	13.4958	14.1814
溶液密度(g/mL)	1.3117	1.3331	1.3548	1.3767	1.3989	1.4214	1.4442	1.4674	1.4909	1.5145	1.5361
溶液体積/溶解水	1.2134	1.2398	1.2688	1.3006	1.3356	1.3742	1.4169	1.4643	1.5172	1.5764	1.6359

計算方法
調製前の水酸化カリウム無水物 $\text{KOH} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ の質量、体積と密度を $M_A(\text{g})$ 、 $V_A(\text{mL})$ と $D_A(\text{g/mL})$ とします。これを溶解する水(溶解水)の質量、体積と密度を $M_B(\text{g})$ 、 $V_B(\text{mL})$ と $D_B(\text{g/mL})$ とします。調製後の水溶液の質量を $M(\text{g})$ 、体積を $V(\text{mL})$ 、密度を $D(\text{g/mL})$ 、無水物KOHとしての質量百分率濃度を $W(\text{mass}\%)$ 、モル濃度を $C(\text{mol/L})$ とします。さらに、溶液体積/溶解水体積を R 、水酸化カリウム無水物のモル質量を $F(=56.11 \text{ g/mol})$ 、水酸化カリウム試薬中の無水物の比率を Q_0 とすると、次式のような関係があります。

$$W = 100 M_A Q_0 / M, \quad M = M_A + M_B = VD, \quad M_A = V_A D_A, \quad M_B = V_B D_B,$$

$$C = 1000 M_A Q_0 / FV, \quad R = V / V_B, \quad Q_0 \approx 0.850 \sim 0.860, \quad 1 \text{ L} = 1000 \text{ mL}$$

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たり等は上の表を使います。

調製方法
必要な器具は、前もって洗浄し乾燥しておきます。上のプログラムで式では希釈・濃縮も計算できますが、それらの操作方の説明は省略します。

◆多量の溶液(約500 mL以上)を作る場合
1 作成する容量がはかれるメスリンダー(例えば、500 mL作成するなら500 mLまたは1000 mL)で薬液を注ぎます。半分は水で満たし、残りを別のビーカーに移し、残りをメスリンダーに移しておきます。
2 天秤を用いて別のビーカーに水酸化カリウムを注ぎ、すぐに1のビーカーの薬液水に加えてよく混ぜます。2のビーカーの面倒に付いた水酸化カリウムは、メスリンダーの薬液水を加えて溶かした後で1のビーカーに移します。

◆少量の溶液(約500 mL未満)を作る場合
1 メスリンダー(例えば、100 mL作成するなら100 mL)または200 mL)で薬液を注ぎます。
2 天秤を用いて別のビーカーに水酸化カリウムを注ぎ、すぐに3で注ぎ加えてよく混ぜます。
3 天秤を用いて別のビーカーに水酸化カリウムを注ぎ、すぐに3で注ぎ加えてよく混ぜます。

◆必要な試薬、試薬の純度、濃度、作成日、作成者などを記入する欄を付けましょう。

注意事項
水酸化カリウムの固相(粒状)には溶解性が低く、空気中の湿気を吸ってべたべたになります。天秤を使うときは乾き乾きと必ず大気中に置いて、天秤の皿とビーカーの間に紙(薬品袋など)を置き、質量をはかるときは早く行いましょう。残りの水酸化カリウムの固相は、直ぐにビーカーのふちをしっかりと叩いて保管しましょう。
水酸化カリウムを水で溶かすときは、非常に発熱して湯気が出るので注意しましょう。湯気(水酸化カリウム水溶液)には毒性があり、刺激臭があります。湯気を吸わないように換気の良い所で取り扱しましょう。溶液の体積を調製する場合には、沸えてから行いましょう。
水酸化カ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。
水酸化カリウムの固相は粉が細かいので、計算値の質量をばり取り取ることはできません。正確な濃度が必要な場合には、濃度をわかっている酸で滴定して、正確な濃度を決定しましょう。
天秤は慎重に取り扱い、薬品をこぼしたらす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。最大秤量を超えないように注意しましょう。

図6 Swing版のJava Appletによる計算例

水酸化カリウムKOH水溶液用のapads117.htmlファイル(背景が白色の部分)からSwing版のJava Appletの実行プログラム(背景が水色の部分)を呼び出し、溶解水と溶液の量に体積(mL)を指定して、モル濃度1 mol/Lの溶液500 mLを調製

クスで指定できる様に追加した。さらに、モル濃度(mol/L)と規定度(N)の関係を説明した。

AWT版プログラムと同様に、5つのテキストボックスのいずれか2つに数値を入力し、それら以外の真下のボタンを押せば、水酸化カリウム水溶液の調製(希釈・濃縮)を計算することができる。例えば、モル濃度の水溶液を調製した

水酸化カリウム水溶液の調製 (希釈・濃縮) OH^- 声田 (埼玉大・教育) Ver. 2011.08.21

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 K^+

濃度を換算するときは【質量%(mass%)】または【濃度(mol/L, N)】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。モル濃度(mol/L)と規定度(N)は同じ数字です。

29.07 470.93 500.0 5.0 0.93126

KOH(固休, 溶液) 溶解水の量 溶液の量 質量%(mass%) 濃度(mol/L, N)

● 質量(g) ● 質量(g) ● 質量(g)

○ 体積(mL) ○ 体積(mL) ○ 体積(mL)

● その他 (mass%) 86.0 溶液の質量 = 500.0 g

○ 85.5 mass% ○ 85.0 mass% 溶液の体積 = 478.4 mL

KOH純度 (溶液濃度) を指定して下さい。 溶液の密度 = 1.045 g/ml

市販の水酸化カリウムKOHの純度は85.0%以上です。不純物が全て水であると仮定して計算しています。

表 15℃における水酸化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (KOH無水物のモル質量 (式量) = 56.11 g/mol)

質量%(mass%)	0.0	0.0010	0.01	0.1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
濃度(mol/L, N)	0.0	2.0E-4	0.0018	0.0178	0.1797	0.3627	0.5489	0.7384	0.9313	1.1274	1.3269	1.5298
溶液密度(g/mL)	0.9994	0.9994	0.9995	1.0003	1.0084	1.0175	1.0267	1.0359	1.0451	1.0543	1.0636	1.0729
溶液体積/溶解水	1.0	1.0	1.0	1.0003	1.0027	1.0055	1.0086	1.0118	1.0153	1.019	1.0229	1.027

表 15℃における水酸化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (続)

質量%(mass%)	9.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0
濃度(mol/L, N)	1.736	1.9457	2.3754	2.8191	3.277	3.7493	4.2363	4.7382	5.2553	5.7878	6.336	6.9003
溶液密度(g/mL)	1.0823	1.0917	1.1107	1.1299	1.1492	1.1687	1.1885	1.2085	1.2286	1.249	1.2697	1.2906
溶液体積/溶解水	1.0313	1.0358	1.0457	1.0565	1.0684	1.0814	1.0957	1.1113	1.1283	1.1468	1.1671	1.1892

表 15℃における水酸化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (続)

質量%(mass%)	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0	51.8
濃度(mol/L, N)	7.4809	8.0781	8.6922	9.3237	9.9728	10.6399	11.3254	12.0296	12.7529	13.4958	14.1814
溶液密度(g/mL)	1.3117	1.3331	1.3548	1.3767	1.3989	1.4214	1.4442	1.4674	1.4908	1.5145	1.5361
溶液体積/溶解水	1.2134	1.2398	1.2688	1.3006	1.3356	1.3742	1.4169	1.4643	1.5172	1.5764	1.6359

図7 Swing版のJava Appletによる計算例

溶解水と溶液の量に質量(g)を指定して、質量%濃度5 mass%の溶液500 gを調製

い場合には、質量%濃度(mass%)の代わりにモル濃度(mol/L)に数値を入力してボタン(KOH等)を押す。溶解水と溶液の量に質量(g)を指定して計算することもできる(図7)。また、水酸化カリウムの質量(g)と溶解水の量(質量(g)または体積(mL))に数値を入力してボタン(質量%

水酸化カリウム水溶液の調製 (希釈・濃縮) OH^- 声田 (埼玉大・教育) Ver. 2011.08.21

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 K^+

濃度を換算するときは【質量%(mass%)】または【濃度(mol/L, N)】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。モル濃度(mol/L)と規定度(N)は同じ数字です。

67.48 435.718 500.0 5.0 0.93126

KOH(固休, 溶液) 溶解水の量 溶液の量 質量%(mass%) 濃度(mol/L, N)

○ 質量(g) ○ 質量(g) ○ 質量(g)

● 体積(mL) ● 体積(mL) ● 体積(mL)

● その他 (mass%) 30 溶液の質量 = 522.5 g

○ 85.5 mass% ○ 85.0 mass% 溶液の体積 = 500.0 mL

KOH純度 (溶液濃度) を指定して下さい。 溶液の密度 = 1.045 g/ml

市販の水酸化カリウムKOHの純度は85.0%以上です。不純物が全て水であると仮定して計算しています。

表 15℃における水酸化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (KOH無水物のモル質量 (式量) = 56.11 g/mol)

質量%(mass%)	0.0	0.0010	0.01	0.1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
濃度(mol/L, N)	0.0	2.0E-4	0.0018	0.0178	0.1797	0.3627	0.5489	0.7384	0.9313	1.1274	1.3269	1.5298
溶液密度(g/mL)	0.9994	0.9994	0.9995	1.0003	1.0084	1.0175	1.0267	1.0359	1.0451	1.0543	1.0636	1.0729
溶液体積/溶解水	1.0	1.0	1.0	1.0003	1.0027	1.0055	1.0086	1.0118	1.0153	1.019	1.0229	1.027

表 15℃における水酸化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (続)

質量%(mass%)	9.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0
濃度(mol/L, N)	1.736	1.9457	2.3754	2.8191	3.277	3.7493	4.2363	4.7382	5.2553	5.7878	6.336	6.9003
溶液密度(g/mL)	1.0823	1.0917	1.1107	1.1299	1.1492	1.1687	1.1885	1.2085	1.2286	1.249	1.2697	1.2906
溶液体積/溶解水	1.0313	1.0358	1.0457	1.0565	1.0684	1.0814	1.0957	1.1113	1.1283	1.1468	1.1671	1.1892

表 15℃における水酸化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (続)

質量%(mass%)	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0	51.8
濃度(mol/L, N)	7.4809	8.0781	8.6922	9.3237	9.9728	10.6399	11.3254	12.0296	12.7529	13.4958	14.1814
溶液密度(g/mL)	1.3117	1.3331	1.3548	1.3767	1.3989	1.4214	1.4442	1.4674	1.4908	1.5145	1.5361
溶液体積/溶解水	1.2134	1.2398	1.2688	1.3006	1.3356	1.3742	1.4169	1.4643	1.5172	1.5764	1.6359

図9 Swing版のJava Appletによる計算例

濃度30 mass%の水酸化カリウム水溶液を希釈して濃度5 mass%の溶液500 gを調製

等)を押すと、図6や図7とは逆に、水酸化カリウムを純水に溶解した後の濃度を計算することができる(図8)。純度の入力ボックスに濃厚溶液の濃度を指定すると、濃厚溶液の希釈を計算することができる(図9)。

溶解度(15℃の飽和濃度)を超過した場合には

水酸化カリウム水溶液の調製 (希釈・濃縮) OH^- 声田 (埼玉大・教育) Ver. 2011.08.21

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 K^+

濃度を換算するときは【質量%(mass%)】または【濃度(mol/L, N)】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。モル濃度(mol/L)と規定度(N)は同じ数字です。

60.0 440.0 500.0 10.32 2.0135

KOH(固休, 溶液) 溶解水の量 溶液の量 質量%(mass%) 濃度(mol/L, N)

● 質量(g) ● 質量(g) ● 質量(g)

○ 体積(mL) ○ 体積(mL) ○ 体積(mL)

● その他 (mass%) 86.0 溶液の質量 = 500.0 g

○ 85.5 mass% ○ 85.0 mass% 溶液の体積 = 456.7 mL

KOH純度 (溶液濃度) を指定して下さい。 溶液の密度 = 1.090 g/ml

市販の水酸化カリウムKOHの純度は85.0%以上です。不純物が全て水であると仮定して計算しています。

表 15℃における水酸化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (KOH無水物のモル質量 (式量) = 56.11 g/mol)

質量%(mass%)	0.0	0.0010	0.01	0.1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
濃度(mol/L, N)	0.0	2.0E-4	0.0018	0.0178	0.1797	0.3627	0.5489	0.7384	0.9313	1.1274	1.3269	1.5298
溶液密度(g/mL)	0.9994	0.9994	0.9995	1.0003	1.0084	1.0175	1.0267	1.0359	1.0451	1.0543	1.0636	1.0729
溶液体積/溶解水	1.0	1.0	1.0	1.0003	1.0027	1.0055	1.0086	1.0118	1.0153	1.019	1.0229	1.027

表 15℃における水酸化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (続)

質量%(mass%)	9.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0
濃度(mol/L, N)	1.736	1.9457	2.3754	2.8191	3.277	3.7493	4.2363	4.7382	5.2553	5.7878	6.336	6.9003
溶液密度(g/mL)	1.0823	1.0917	1.1107	1.1299	1.1492	1.1687	1.1885	1.2085	1.2286	1.249	1.2697	1.2906
溶液体積/溶解水	1.0313	1.0358	1.0457	1.0565	1.0684	1.0814	1.0957	1.1113	1.1283	1.1468	1.1671	1.1892

表 15℃における水酸化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (続)

質量%(mass%)	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0	51.8
濃度(mol/L, N)	7.4809	8.0781	8.6922	9.3237	9.9728	10.6399	11.3254	12.0296	12.7529	13.4958	14.1814
溶液密度(g/mL)	1.3117	1.3331	1.3548	1.3767	1.3989	1.4214	1.4442	1.4674	1.4908	1.5145	1.5361
溶液体積/溶解水	1.2134	1.2398	1.2688	1.3006	1.3356	1.3742	1.4169	1.4643	1.5172	1.5764	1.6359

図8 Swing版のJava Appletによる計算例

水酸化カリウム60 gを純水440 gに溶解した後の濃度を計算

水酸化カリウム水溶液の調製 (希釈・濃縮) OH^- 声田 (埼玉大・教育) Ver. 2011.08.21

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 K^+

濃度を換算するときは【質量%(mass%)】または【濃度(mol/L, N)】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。モル濃度(mol/L)と規定度(N)は同じ数字です。

1000.0 -500.0 500.0 60.0 17.477

KOH(固休, 溶液) 溶解水の量 溶液の量 質量%(mass%) 濃度(mol/L, N)

● 質量(g) ● 質量(g) ● 質量(g)

○ 体積(mL) ○ 体積(mL) ○ 体積(mL)

● その他 (mass%) 30 溶液の質量 = 500.0 g

○ 85.5 mass% ○ 85.0 mass% 溶液の体積 = 305.9 mL

KOH純度 (溶液濃度) を指定して下さい。 溶液の密度 = 1.634 g/ml

市販の水酸化カリウムKOHの純度は85.0%以上です。不純物が全て水であると仮定して計算しています。

表 15℃における水酸化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (KOH無水物のモル質量 (式量) = 56.11 g/mol)

質量%(mass%)	0.0	0.0010	0.01	0.1	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
濃度(mol/L, N)	0.0	2.0E-4	0.0018	0.0178	0.1797	0.3627	0.5489	0.7384	0.9313	1.1274	1.3269	1.5298
溶液密度(g/mL)	0.9994	0.9994	0.9995	1.0003	1.0084	1.0175	1.0267	1.0359	1.0451	1.0543	1.0636	1.0729
溶液体積/溶解水	1.0	1.0	1.0	1.0003	1.0027	1.0055	1.0086	1.0118	1.0153	1.019	1.0229	1.027

表 15℃における水酸化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (続)

質量%(mass%)	9.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0	30.0
濃度(mol/L, N)	1.736	1.9457	2.3754	2.8191	3.277	3.7493	4.2363	4.7382	5.2553	5.7878	6.336	6.9003
溶液密度(g/mL)	1.0823	1.0917	1.1107	1.1299	1.1492	1.1687	1.1885	1.2085	1.2286	1.249	1.2697	1.2906
溶液体積/溶解水	1.0313	1.0358	1.0457	1.0565	1.0684	1.0814	1.0957	1.1113	1.1283	1.1468	1.1671	1.1892

表 15℃における水酸化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (続)

質量%(mass%)	32.0	34.0	36.0	38.0	40.0	42.0	44.0	46.0	48.0	50.0	51.8
濃度(mol/L, N)	7.4809	8.0781	8.6922	9.3237	9.9728	10.6399	11.3254	12.0296	12.7529	13.4958	14.1814
溶液密度(g/mL)	1.3117	1.3331	1.3548	1.3767	1.3989	1.4214	1.4442	1.4674	1.4908	1.5145	1.5361
溶液体積/溶解水	1.2134	1.2398	1.2688	1.3006	1.3356	1.3742	1.4169	1.4643	1.5172	1.5764	1.6359

図10 Swing版のJava Appletによる計算例

濃度30 %の水酸化カリウム水溶液を濃縮して、飽和濃度51.8% (14.2 mol/L)を超過した場合

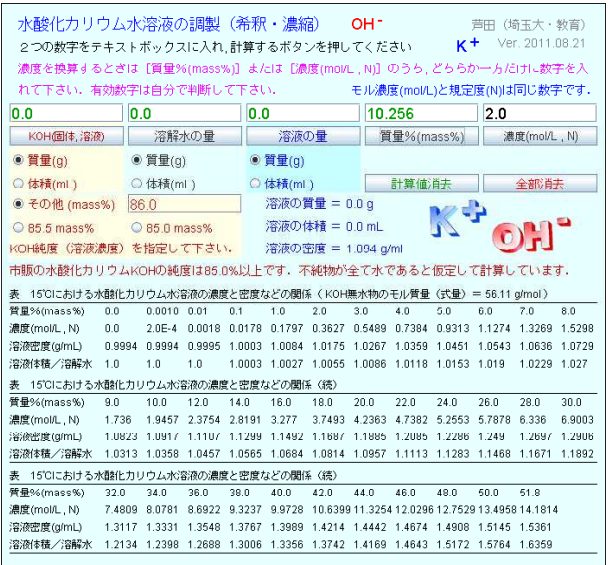


図 1 1 Swing版のJava Appletによる計算例

モル濃度2 mol/Lを質量%濃度10.26 mass%に換算

赤字で警告を表示するが、計算はできるようにしている(図 1 0)。この図では、溶解水体積が負の値になり、溶液の濃縮を表している。濃度を換算する場合には、質量%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

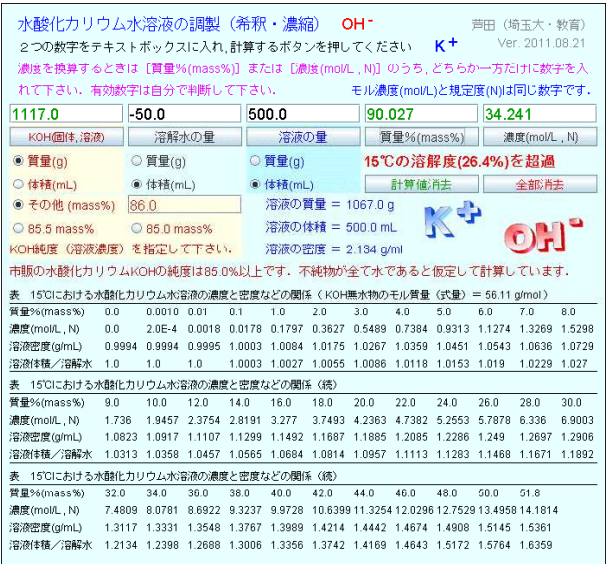


図 1 2 Swing版のJava Appletによる計算例

溶解水の体積に負の値を入力して水和物の脱水・乾燥を計算

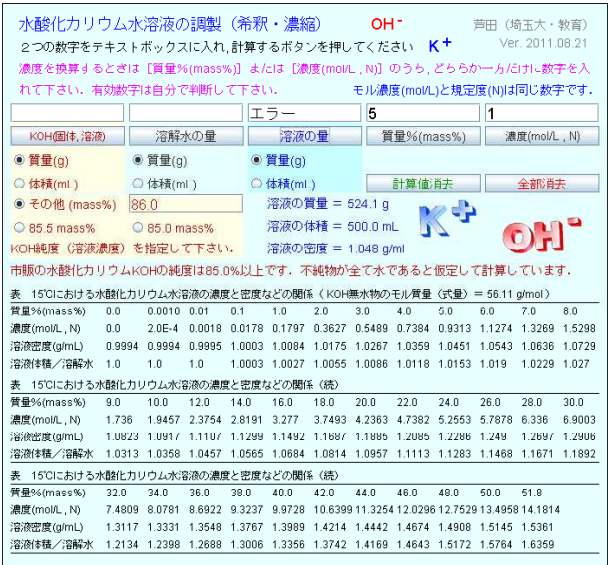


図 1 3 Java Appletによる計算例

エラーの表示(濃度を2つ入力しても計算不能)

1 1)。実用的な意味はあまり無いが、溶解水と溶液の体積に数値を入力してもプログラムは動く。2つのテキストボックスに数値を入力すればプログラムがなるべく動く様に工夫した結果である。溶解水の体積に負の値を入れてもプログラムは動く(図 1 2)。この図では、市販品の濃度(純度85~86mass%)を超過しているので、水和物の脱水・乾燥を表している(ただし、水酸化カリウムは吸湿性・潮解性が大いので、通常の操作では実現不可能である)。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。例えば、質量%濃度とモル濃度の両方のテキストボックスに数値を入力し、その他のテキストボックスの真下のボタンを押してもエラーが表示される(図 1 3)。これらの濃度は密度を介して相互に換算できるため、本質的に同じ物理量(独立変数と従属変数の関係)だからである。

3. 水溶液の調製方法と注意事項

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。



図 1 4 メスシリンダー

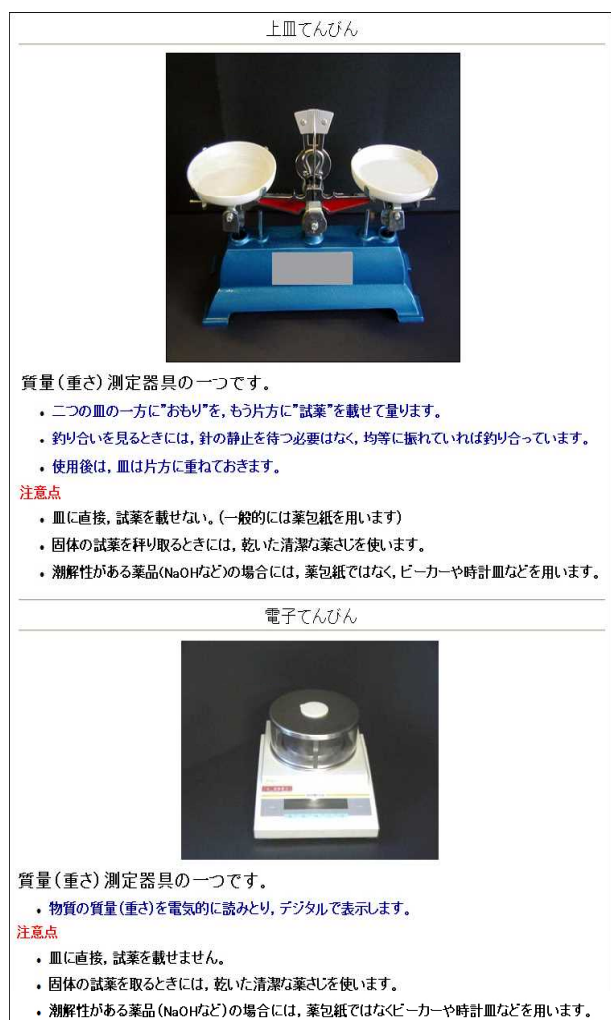


図 1 5 天秤

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。

◆多量の溶液(約500mL以上)を作る場合

1 作成する容量がはかれるメスシリンダー(図 1 4、例えば、500 mL作成するなら500 mLまたは1000 mL)で蒸留水をはかりとり、半分は大きめのビーカーに移し、残りはメスシリンダーに残しておく。

2 天秤(図 1 5)を用いて別のビーカーに水酸化カリウムをはかりとり、すぐに1のビーカーの蒸留水に加えてよくかき混ぜる。2のビーカーの底に付着した水酸化カリウムは、メスシリンダーの蒸留水を加えて溶かした後で1のビーカーに移す。

◆少量の溶液(約500 mL未満)を作る場合

3 メスシリンダー(図 1 4、例えば100 mL作成するなら100 mLまたは200 mL)で蒸留水をはかりとる。

4 天秤(図 1 5)を用いてビーカーに水酸化カリウムをはかりとり、すぐに3ではかりとった蒸留水を加えてよくかき混ぜる。

5 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。

水酸化カリウムの固体(粒)には潮解性があり、空気中の湿気を吸収してベトベトになる。天秤を使うときは粒をこぼしても大丈夫のように、天秤の皿とビーカーの間に紙(薬包紙など)を敷く。質量をはかるときは手早く行う。残りの水酸化カリウムの固体は、直ぐにビンのふたをしっかりと閉めて保管する。

水酸化カリウムを水で溶かすときは、非常に発熱して湯気が出るので注意する。湯気(水酸化カリウム水溶液)には毒性があり、刺激臭がある。湯気を吸わないように換気の良い所で取り扱う。溶液の体積を調製する場合には、冷えてから行う。

水酸化カ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。

水酸化カリウムの固体は粒が大きいので、計算値の質量をぴったりはかり取ることはできない。正確な濃度が必要な場合には、濃度がわかっている酸で滴定して、正確な濃度を決定する。

天秤は慎重に取り扱い、薬品をこぼしたらすぐに掃除する。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。

4. 濃度などの計算方法

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 飽和濃度未満の計算方法

使用する水酸化カリウム n 水和物 $\text{KOH} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ の試薬純度を 86.0 mass% と仮定すると、水和水の数は $n = 0.507$ となり、市販の水酸化カリウムは一水和物と無水物の約 1 : 1 混合物になっていると考えられる。調製前の水酸化カリウム n 水和物の質量、体積と密度を M_A (g)、 V_A (mL) と D_A (g/mL) とする。これを溶解する水 (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)、無水物 KOH としての質量%濃度を W (mass%)、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 、水酸化カリウム無水物のモル質量を $F = 56.11$ g/mol、水酸化カリウム試薬中の無水物の比率 (純度) を Q_0 とすると、次式のような関係がある。

- (1) $W = 100M_A Q_0 / M$ 、 $M = M_A + M_B = VD$ 、
- (2) $M_A = V_A D_A$ 、 $M_B = V_B D_B$ 、 $C = 1000M_A Q_0 / FV$ 、
- (3) $R = V / V_B$ 、 $Q_0 \doteq 0.850 \sim 0.860$ 、
- (4) 1 L = 1000 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 2²⁵⁾ を用いて直線的に内挿する。なお、AWT 初期版では計算を簡単にするため、水酸化カリウム n 水和物 $\text{KOH} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 中の無水物の百分率 (純度) を $Q_n = 86.0$ mass%、 n 水和物の見かけの式量を $F_n = 65.244$ g/mol とおいている。さらに水酸化カリウム n 水和物の体積 V_A (mL) と密度 D_A (g/mL) を使用していない。これにより式の一部が次の様に変化するが、本質的には同じ式である。

$$(5) W = M_A Q_n / M, \quad C = 1000 M_A / F_n V \quad (\text{AWT 版})$$

4-2 飽和濃度以上の計算方法

溶解度 51.8 mass% を超過すると、溶解しなかった水酸化カリウム n 水和物の固体が結晶水を取り込んで、水酸化カリウム二水和物 $\text{KOH} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (32.5°C 以下の水中で安定) に変化して飽和水溶液中に沈殿すると考えられる。続いて、濃度が増加するに連れて飽和溶液の量が減少し、60.9 mass% で水酸化カリウム二水和物の固体のみになる。濃度がさらに増加すると、60.9 mass% ~ 75.7 mass% で水酸化カリウム二水和物と一水和物 $\text{KOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ (32.5°C 以上の水中で安定) の固体混合物、75.7 mass% で水酸化カリウム一水和物の固体のみ、75.7 mass% ~ 100 mass% で水酸化カリウム一水和物と無水物の固体混合物になると考えられる。ところが、二水和物と一水和物の固体の密度が不明であり、濃度等の正確な計算ができない。密度がほぼ分かっているのは飽和水溶液²⁵⁾ (1.536 g/mL at 51.8 mass%) および市販品²⁶⁾ (2.05 g/mL at 86.0 mass%) のみである。この理由は、水酸化カリウムは潮解性が大きく、結晶水の数をはっきり分かった純粋な物を作り難いからである。一方、これらの多段階の濃度と密度の関係式は全て同じ形になる。密度 D は質量%濃度 W と共に増加し、下に凸の折れ曲線になると予想される (後述の式 (16) 参照、折れ位置で段階が変化)。

表2 15℃における水酸化カリウムKOHの濃度と密度等の関係

百分率濃度(mass%)	0.0	0.0010	0.010	0.10	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
モル濃度(mol/L)	0.0	0.000178	0.00178	0.0178	0.1797	0.3627	0.5489	0.7384	0.9313
溶液密度(g/mL)	0.999369	0.999378	0.99946	1.0003	1.0084	1.0175	1.0267	1.0359	1.0451
溶液／溶解水(86.0%)	1.0	1.000003	1.00003	1.0003	1.0027	1.0055	1.0086	1.0118	1.0153
溶液／溶解水(85.5%)	1.0	1.000003	1.00003	1.0003	1.0027	1.0057	1.0088	1.0121	1.0157
溶液／溶解水(85.0%)	1.0	1.000003	1.00003	1.0003	1.0028	1.0058	1.0090	1.0124	1.0160
百分率濃度(mass%)	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
モル濃度(mol/L)	1.1274	1.3269	1.5298	1.7360	1.9457	2.1588	2.3754	2.5955	2.8191
溶液密度(g/mL)	1.0543	1.0636	1.0729	1.0823	1.0917	1.1012	1.1107	1.1203	1.1299
溶液／溶解水(86.0%)	1.0190	1.0229	1.0270	1.0313	1.0358	1.0406	1.0457	1.0510	1.0565
溶液／溶解水(85.5%)	1.0194	1.0234	1.0276	1.0320	1.0366	1.0415	1.0467	1.0520	1.0577
溶液／溶解水(85.0%)	1.0199	1.0239	1.0282	1.0327	1.0374	1.0424	1.0477	1.0532	1.0589
百分率濃度(mass%)	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0
モル濃度(mol/L)	3.0463	3.2770	3.5113	3.7493	3.9910	4.2363	4.4854	4.7382	4.9948
溶液密度(g/mL)	1.1395	1.1492	1.1590	1.1687	1.1786	1.1885	1.1984	1.2085	1.2185
溶液／溶解水(86.0%)	1.0623	1.0684	1.0748	1.0814	1.0884	1.0957	1.1033	1.1113	1.1196
溶液／溶解水(85.5%)	1.0636	1.0698	1.0763	1.0831	1.0902	1.0976	1.1054	1.1135	1.1220
溶液／溶解水(85.0%)	1.0649	1.0713	1.0779	1.0848	1.0920	1.0996	1.1075	1.1158	1.1244
百分率濃度(mass%)	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0	31.0	32.0
モル濃度(mol/L)	5.2553	5.5196	5.7878	6.0599	6.3360	6.6161	6.9003	7.1885	7.4809
溶液密度(g/mL)	1.2286	1.2388	1.2490	1.2593	1.2697	1.2801	1.2906	1.3011	1.3117
溶液／溶解水(86.0%)	1.1283	1.1373	1.1468	1.1567	1.1671	1.1779	1.1892	1.2010	1.2134
溶液／溶解水(85.5%)	1.1308	1.1401	1.1497	1.1598	1.1704	1.1814	1.1929	1.2050	1.2176
溶液／溶解水(85.0%)	1.1334	1.1428	1.1527	1.1630	1.1737	1.1850	1.1967	1.2090	1.2219
百分率濃度(mass%)	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0	40.0	41.0
モル濃度(mol/L)	7.7774	8.0781	8.3830	8.6922	9.0058	9.3237	9.6460	9.9728	10.3041
溶液密度(g/mL)	1.3224	1.3331	1.3439	1.3548	1.3657	1.3767	1.3878	1.3989	1.4102
溶液／溶解水(86.0%)	1.2263	1.2398	1.2540	1.2688	1.2843	1.3006	1.3177	1.3356	1.3544
溶液／溶解水(85.5%)	1.2308	1.2446	1.2590	1.2741	1.2900	1.3066	1.3241	1.3424	1.3617
溶液／溶解水(85.0%)	1.2353	1.2494	1.2642	1.2796	1.2958	1.3128	1.3306	1.3494	1.3691
百分率濃度(mass%)	42.0	43.0	44.0	45.0	46.0	47.0	48.0	49.0	50.0
モル濃度(mol/L)	10.6399	10.9803	11.3254	11.6751	12.0296	12.3889	12.7529	13.1219	13.4958
溶液密度(g/mL)	1.4214	1.4328	1.4442	1.4558	1.4674	1.4790	1.4908	1.5026	1.5145
溶液／溶解水(86.0%)	1.3742	1.3950	1.4169	1.4400	1.4643	1.4900	1.5172	1.5459	1.5764
溶液／溶解水(85.5%)	1.3819	1.4032	1.4256	1.4493	1.4742	1.5006	1.5285	1.5580	1.5893
溶液／溶解水(85.0%)	1.3898	1.4116	1.4346	1.4588	1.4844	1.5114	1.5400	1.5704	1.6025
百分率濃度(mass%)	51.8	85.0	85.0	85.5	85.5	86.0	86.0	100.0	
モル濃度(mol/L)	14.1814	30.7543	30.7543	31.0857	31.0857	31.4204	31.4204	42.3322	
溶液密度(g/mL)	1.5361	2.0301	2.0301	2.0400	2.0400	2.0500	2.0500	2.3753	
溶液／溶解水(86.0%)	1.6359	42.3348	42.3348	84.2596	84.2596	10000	-10000	-2.5846	
溶液／溶解水(85.5%)	1.6506	84.1774	84.1774	10000	-10000	-83.3620	-83.3620	-2.4809	
溶液／溶解水(85.0%)	1.6656	10000	-10000	-83.2798	-83.2798	-41.4372	-41.4372	-2.3842	

溶液／溶解水欄の()中の値は試薬純度を表す

飽和水溶液と市販品の密度を使用して、飽和水溶液中に無水物が沈殿すると仮定すると、一段階で濃度と密度の関係を計算できる。しかも式の形は多段階のときと同一になる。密度Dは質量%濃度Wと共に増加し、下に凸の滑らかな曲線になる(後述の式(16)と図16参照)。曲線

の形が似ているので、密度の値があまりずれず、計算の上で大きな問題は起こらないと考えられる。それゆえ、以後の計算は飽和水溶液中に無水物が沈殿すると仮定して一段階で行う。

飽和溶液中の水酸化カリウムn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

表3 飽和溶液と固体に関する変数の定義

物理量(単位)	調製前	飽和溶液	無水物固体	飽和溶液と固体を合わせた見かけの値
試薬の質量(g)	M_A	M_{A2}	$M_{A3}Q_O$	$M_A = M_{A2} + M_{A3}$
溶解水の質量(g)	$M_B = V_B D_B$	M_{BC}		$M_{BC} = M_B + M_{A3}(1 - Q_O)$
質量の合計(g)	M	$M_{A2} + M_{BC}$	$M_{A3}Q_O$	$M = M_{A2} + M_{A3} + M_B = M_{A2} + M_{A3}Q_O + M_{BC}$
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(mass%)		W_2		W
モル濃度(mol/L)				C
溶液体積／溶解水体積				$R = V / V_B$

を M_B (g)、体積を V_B (mL)、密度を D_B (g/mL)、沈殿から飽和溶液中に遊離した水と溶解水の質量の和を M_{BC} (g)、飽和溶液の体積を V_2 (mL)、密度を D_2 (g/mL)、水酸化カリウム無水物としての質量%濃度を W_2 (mass%)とする(表3)。沈殿している水酸化カリウム無水物の質量 $M_{A3}Q_O$ (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 M (g)、体積を V (mL)、密度を D (g/mL)、水酸化カリウム無水物としての質量%濃度を W (mass%)、モル濃度を C (mol/L)、溶液体積／溶解水体積を R とする。飽和溶液の質量%濃度 W_2 とその質量は

$$(6) \quad W_2 = 100M_{A2}Q_O / (M_{A2} + M_{BC}), \quad M_B = V_B D_B,$$

$$(7) \quad M_{A2} + M_{BC} = V_2 D_2, \quad M_{BC} = M_B + M_{A3}(1 - Q_O)$$

沈殿している水酸化カリウム無水物の質量 $M_{A3}Q_O$ とその体積 V_3 と密度 D_3 の関係は

$$(8) \quad M_{A3}Q_O = V_3 D_3$$

用いた水酸化カリウム n 水和物全体の質量 M_A は

$$(9) \quad M_A = M_{A2} + M_{A3}$$

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 M 、質量%濃度 W 、モル濃度 C は、

それぞれ

$$(10) \quad V = V_2 + V_3, \quad M = M_{A2} + M_{A3} + M_B = VD,$$

$$(11) \quad W = 100M_{A3}Q_O / M, \quad C = 1000M_{A3}Q_O / FV$$

その他、溶液体積／溶解水体積 R は

$$(12) \quad R = V / V_B$$

以上の式より、飽和溶液中の水酸化カリウム n 水和物の質量 M_{A2} 、沈殿している水酸化カリウム無水物の質量 $M_{A3}Q_O$ および溶解に使用した純水(溶解水)の質量 M_B を求める。

$$(13) \quad M_{A2} = MW_2(100 - W) / \{100Q_O(100 - W_2)\},$$

$$(14) \quad M_{A3}Q_O = M(W - W_2) / (100 - W_2),$$

$$(15) \quad M_B = M(100Q_O - W) / 100Q_O$$

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%濃度 W の関係は

$$(16) \quad D = P_1 / (P_2 - W)$$

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。

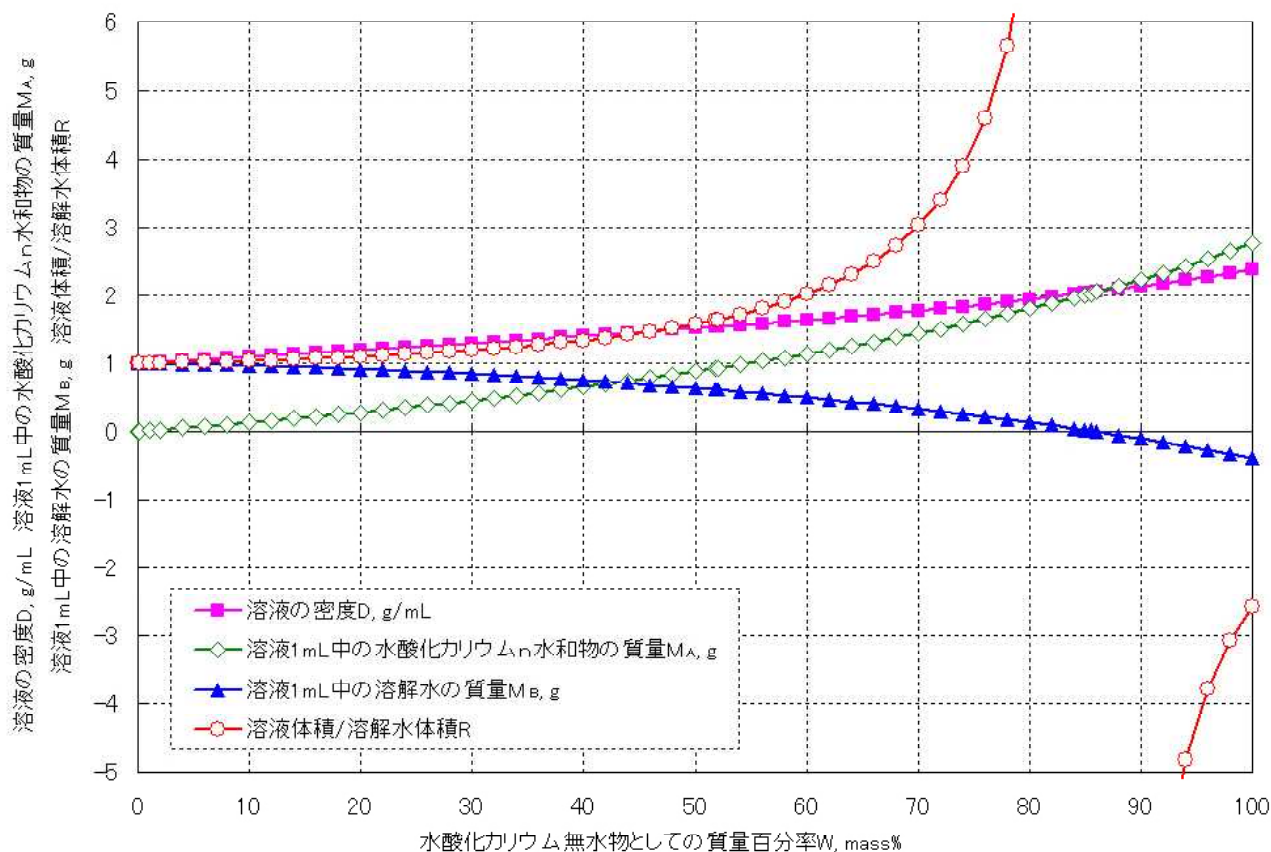


図 1 6 溶液体積／水体積などと質量百分率の関係

水酸化カリウム n 水和物(純度86.0 mass%)を使用して調製した場合を示す．純度の横軸位置で溶液体積/溶解水体積 R の値が無限大になる．水酸化カリウムと溶解水の質量は溶液1 mL中の値でプロットしている．

$$(17) P_1 = D_2 D_3 (100 - W_2) / (D_3 - D_2),$$

さらに、見かけの密度 D と見かけのモル濃度 C は

$$(18) P_2 = (100D_3 - W_2 D_2) / (D_3 - D_2)$$

$$(22) D = P_6 + P_7 C$$

また、見かけの質量%濃度 W と溶液体積／溶解水体積の比 R の関係は

ここで、定数 P_6 と P_7 はそれぞれ

$$(19) W = P_3 (R - P_4) / (R - P_5)$$

$$(23) P_6 = P_1 / P_2, \quad P_7 = F / (10P_2)$$

ここで、定数 P_3 、 P_4 、 P_5 はそれぞれ

$$(20) P_3 = 100Q_0, \quad P_4 = P_2 D_B / P_1,$$

$$(21) P_5 = 100Q_0 D_B / P_1$$

これらの式より、溶液の密度 D 、水酸化カリウム n 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 1 6 に示す．前報のシュウ酸二水和物水溶液¹¹⁾ 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．飽和濃度を越えた範囲では、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、水酸化カリウム n 水和物を使用して濃度 $W=86.0 \text{ mass\%}$ 以上になったとき、溶解水の質量 M_B が負の値になっており、水酸化カリウム n 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。このような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るかと考えて、計算(全て見かけの値)だけはできるようにしておいた。

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^{27~32)}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 1.88³³⁾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^{34、35)}、またはマクロメディア(株)のDreamweaver MX³⁶⁾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^{1~4)}。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。今後もさらに、計算できる水溶液の種類を増やし、サービスを充実していく。

謝辞

本研究は科学研究費(基盤研究(B)、課題番号

21300288)の助成を受けたものである。

参考文献等(URLは全て2011年9月23日時点)

- 1) <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/>
- 2) <http://rikadaisuki.edu.saitama-u.ac.jp/~chem1/>
- 3) <http://www.geocities.jp/ashidabk1/>
- 4) <http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/>
- 5) 例えば、<http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/cgi-bin/ques-box.cgi>
- 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－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)。URL <http://chem.sci.utsunomiya-u.ac.jp/cejrn1.html>(以下同様)
- 7) 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)
- 8) 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), Registration No. 9-14(2007)
- 9) 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)
- 10) 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)

- 11) 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ーシュウ酸水溶液およびシュウ酸ナトリウム水溶液ー』化学教育ジャーナル(CEJ)、第11巻第1号(通巻20号)、採録番号11-4(2008)
- 12) 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ー塩化カリウム水溶液および塩化アンモニウム水溶液ー』化学教育ジャーナル(CEJ)、第12巻第2号(通巻23号)、採録番号12-8(2009)
- 13) 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ー炭酸水素ナトリウム水溶液および炭酸ナトリウム水溶液ー』化学教育ジャーナル(CEJ)、第12巻第2号(通巻23号)、採録番号12-9(2009)
- 14) 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ーミョウバンとその関連物質の溶解度ー』化学教育ジャーナル(CEJ)、第12巻第2号(通巻23号)、採録番号12-10(2009)
- 15) 芦田実ほか『過酸化水素水の濃度計算・調製方法と酸素発生に関するWeb自動サービス』埼玉大学紀要教育学部、第60巻第2号、181-191頁(2011)
- 16) 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ー酸・塩基滴定ー』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)
- 17) 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ー混合滴定ー』化学教育ジャーナル(CEJ)、第11巻第1号(通巻20号)、採録番号11-5(2008)
- 18) 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ー酸化・還元滴定ー』化学教育ジャーナル(CEJ)、第11巻第1号(通巻20号)、採録番号11-6(2008)
- 19) 増田貴司『「理科離れ」解消のために何が必要か』TBR産業経済の論点、東レ経営研究所(2007)
- 20) 『平成20年度中学校理科教師実態調査集計結果』科学技術振興機構理科教育支援センター・国立教育政策研究所教育課程研究センター(2008)
- 21) 例えば <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/cgi-bin/ascentlog.cgi>
- 22) 例えば <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/cgi-bin/calgramc.cgi>
- 23) 例えば <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/calcgrap/apadj017.html>
- 24) 例えば <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/calcgrap/apads117.html>
- 25) 日本化学会編「改訂4版化学便覧基礎編Ⅱ」6頁、丸善(株)(1993)
- 26) 例えば、和光純薬工業(株)、MSDS NO. JW160386、関東化学(株)、MSDS NO. 32344
- 27) 高橋和也ほか『Java逆引き大全500の極意』(株)秀和システム(2002)
- 28) 田中秀治『Jbuilder5で入門! Javaプログラミング』ソーテック社(2001)
- 29) 松浦健一郎、司ゆき『はじめてのJBuilder 6』ソフトバンク(株)(2002)
- 30) 赤間世紀『Java2による数値計算』技報堂出版(株)(1999)
- 31) 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)
- 32) 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)
- 33) <http://www2.biglobe.ne.jp/~sota/>
- 34) 『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)
- 35) アンク『HTMLタグ辞典』翔泳社(2000)
- 36) 『Dreamweaver MXファーストステップガイド』マクロメディア(株)(2002)

Web Automatic Service of Calculating Data and for the Preparation of Potassium Hydroxide Solution

ASHIDA, Minoru

Faculty of Education, Saitama University

Abstract

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 on how to prepare aqueous solutions (calculating concentrations and preparation methods) 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, we discussed about sodium chloride aqueous solution, sodium hydroxide aqueous solution, hydrochloric acid, ammonia water, acetic acid aqueous solution, nitric acid aqueous solution, sulfuric acid aqueous solution, solubilities of solid anhydrides, carbon dioxide and lime water, oxalic acid aqueous solution, sodium oxalate aqueous solution, potassium chloride aqueous solution, ammonium chloride aqueous solution, sodium hydrogencarbonate aqueous solution, sodium carbonate aqueous solution, solubilities of alums and related substances, hydrogen peroxide aqueous solution and production of oxygen, and already started service in the homepage. In this report, we have developed the program for the preparation of potassium hydroxide aqueous solution.

Key Words : Potassium hydroxide, Calculating concentration, Preparation, Dilution and/or dehydration, Precaution

pH緩衝液の濃度計算と調製方法の自動サービス

— Webによる理科教員への遠隔支援 —

Automatic Service of Calculating Data and for the Preparation
of pH-Buffer Solutions

- Remote Support to Science Teachers by Using Internet -

芦田 実*

長岡淳子**

村田龍一***

Minoru ASHIDA

Atsuko NAGAOKA

Ryuichi MURATA

Abstract

We have developed the program for calculating data and preparation of 9 kinds of pH-buffer solutions and already started service in our homepage. This program is useful for many experiments required to keep a constant pH because of wide pH range of 1 to 13.

キーワード：pH緩衝液，濃度計算，調製方法，注意事項，遠隔支援

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、様々な利用者を想定したホームページおよびプログラムの開発に取り組んでいる^{1~4)}。そのために、化学の質問箱による質問の受付とその回答⁵⁾の掲載、水溶液の調製方法と濃度計算の自動サービス^{6~15)}、化学実験のシミュレーションの自動サービス^{16~18)}等を提供し、様々な形で利用者を遠隔的に支援している。質問箱は最盛期を過ぎたが、その他のサービスは利用者がまだ少ない。そこで、多くの人に周知し、利用してもらうために本報告で紹介する。

今、学校では理科離れ¹⁹⁾が進んでおり、これを解決するために教員は理科の驚き・感動と面白さを児童・生徒に伝える様な授業をつくっていく必要がある。しかし、現在は児童・生徒だけでなく、小学校教員の理科離れも進んでいると言われている。特に、経験10年未満の教員で理科の指導が苦手、やや苦手と感じる者が6割を超えている²⁰⁾。ただし、中学校の理科教員も授業前後の準備・片付けの時間不足、備品や消耗品の不足（自費購入の経験のある教員が7割）、授業時間の不足等の問題を抱えている²¹⁾。

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、学校で少しでも多く理科（化学）実験を行ってもらうことが肝要である。本研究室で開発しているホームページでは、理科を苦手になっている教員の手助けとなるように、また水溶液の調製時間の軽減や効率的な実験準備を可能とするために、化学系実験の基礎である水溶液の調製方法等^{6~15)}のサービスを行っている。これら

のプログラムで利用者は、数値を入力するだけでサービスを受けることができる。また、コンピュータが苦手な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行っているため、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⁶⁾、酢酸、塩酸、アンモニア水と水酸化ナトリウム水溶液⁷⁾、硝酸と硫酸⁸⁾、9種類の固体無水物の溶解度⁹⁾、二酸化炭素と石灰水¹⁰⁾、シュウ酸水溶液とシュウ酸ナトリウム水溶液¹¹⁾、塩化カリウム水溶液と塩化アンモニウム水溶液¹²⁾、炭酸水素ナトリウム水溶液と炭酸ナトリウム水溶液¹³⁾、ミョウバンとその関連物質の溶解度¹⁴⁾、過酸化水素水と酸素発生¹⁵⁾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。本研究では、pH緩衝液に関する自動サービスについて報告する。pH緩衝液は、最初に設定したpHからの変動を小さく抑えることを可能にするため、溶液中の反応がpHの影響を受ける可能性がある場合や反応中のpH変化を防ぎたい場合等に用いられる。それゆえ、中学校・高校以上の授業・クラブ活動や自由研究等における実験準備の時間短縮に幅広く役立つと思われる。本サービスでは、以下の9種類のpH緩衝液（pH1~13）の濃度を計算し、調製方法について調べることができる。グリシン $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$ +塩化ナトリウム NaCl -塩酸 HCl 緩衝液、グリシン $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$ +塩化ナトリウム NaCl -水酸化ナトリウム NaOH 緩衝液、フタル酸水素カリウム $\text{KOOCC}_6\text{H}_4\text{COOH}$ -塩酸 HCl 緩衝液、フタル酸水素カリウム $\text{KOOCC}_6\text{H}_4\text{COOH}$ -水酸化ナトリウム NaOH 緩衝液、酢酸 CH_3COOH -酢酸ナトリウム CH_3COONa 緩衝液、リ

* 埼玉大学教育学部理科教育講座

** 首都大学東京大学院社会科学部法曹養成専攻

*** 埼玉大学教育学部学校教育教員養成課程理科専修

ン酸二水素カリウム KH_2PO_4 －水酸化ナトリウム NaOH 緩衝液, リン酸二水素カリウム KH_2PO_4 －リン酸水素二ナトリウム Na_2HPO_4 緩衝液, トリス（ヒドロキシメチル）アミノメタン $(\text{HOCH}_2)_3\text{CNH}_2$ －塩酸 HCl 緩衝液, 塩化アンモニウム NH_4Cl －アンモニア水 NH_3 緩衝液。

2. 利用者の操作方法

トップページ「埼玉大学教育学部化学研究室」^{1~4)} からメインメニュー²²⁾ の「溶液の作り方（濃度計算と調製方法）」²³⁾ へ入り、さらにサブメニューJava Applet (pH緩衝液) 「グリシン系(pH1.0~3.7, 8.5~12.9), フタル酸系(pH2.2~5.9), 酢酸系(pH3.6~5.6), リン酸系(pH5.3~8.0), トリス系(pH7.0~9.0), アンモニア系(pH8.0~11.0)」²⁴⁾ をクリックすると、最初の画面（図1）が表示される。

最初に、利用者は実験条件のpHに合わせて、表示されている9種類のpH緩衝液の中から濃度計算を行うpH緩衝液を選択してクリックする。次に、調製したいpHと調製後の体積(mL)をテキストボックスに入力して、「計算」ボタンをクリックすることにより、pH緩衝液を調製するために必要な溶液（混合前）の濃度(mol/L)と体積(mL)を算出することができる。なお、テキストボックスに数値を入力する際は、全て半角文字で入力する必要がある。また、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。

3. pH緩衝液の定義

過剰の弱酸と強塩基または強酸と過剰の弱塩基を混

この下に図が見えなかったら Java Applet を有効にしてください (H23.02.24 改訂) 前に戻る

pH緩衝液の作り方 声田, 村田, 長岡 (埼玉大・教育) Ver. 2011.02.13

pH 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

グリシン-HCl 酢酸-酢酸Na Tris-HCl グリシン-NaOH

フタル酸-HCl フタル酸-NaOH KH_2PO_4 -NaOH KH_2PO_4 - Na_2HPO_4 NH_4Cl - NH_3

KH_2PO_4 -NaOH 混合前の溶液 濃度 mol/L 体積 ml

調製したい pH 7.0 KH_2PO_4 0.1 50.0

調製後の体積 ml 100 NaOH 0.1 29.1

消去 計算 純水 H_2O 0.0 20.9

pH緩衝液 KH_2PO_4 -NaOH [KH_2PO_4]=0.10mol/L [NaOH]=0.10mol/L 体積=100.0ml 25℃

pH	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1
KH_2PO_4 (mL)	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
NaOH(mL)	3.6	4.6	5.6	6.8	8.1	9.7	11.6	13.9	16.4	19.3	22.4	25.9	29.1	32.1

pH 7.2 7.3 7.4 7.5 7.6 7.7 7.8 7.9 8.0

KH_2PO_4 (mL)	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
NaOH(mL)	34.7	37.0	39.1	40.9	42.4	43.5	44.5	45.3	46.1

計算方法
下の計算には改訂4版～改訂2版「化学便覧基礎編Ⅱ」(丸善)中のデータを使用しています。表の範囲外はpH緩衝効果が小さいですが、pHが近い部分については計算だけできるようにしました。このとき、表の値とあらかじめつながるようにしたため、計算に使用した酸-塩基電離定数は最新の値と必ずしも一致していませんので注意して下さい。また、緩衝液を添加した試料の正確なpHを知りたい場合には、pH標準液で校正済みのpHメーターで測定して下さい。

1. グリシン + 塩化ナトリウムNaCl - 塩酸HCl緩衝液
入力したpHと下表の値を用いて直線80%以内挿し、緩衝液を V_{HCl} =10mL調製する場合の混合前の体積($V_{\text{グリ}}, V_{\text{HCl}}$)を計算します。さらに、入力した体積($V_{\text{グリ}}$)の値を用いて、実際に必要な体積($V_{\text{グリ,k}}, V_{\text{HCl,k}}$)に換算します(同様のことで、下の2以降では省略することがあります)。

図1 最初の画面（一部）

合した水溶液は、酸または塩基を外部から加えても弱酸または弱塩基の電離平衡に基づいて、pHの変動を抑制する効果を持っている。この効果をpH緩衝効果と呼び、そのような混合物の水溶液をpH緩衝液または単に緩衝液と呼ぶ。酸と塩基の組み合わせによって、緩衝効果の現れるpH領域が異なっているため、目的に応じて様々な緩衝液が使われる。

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た。

濃塩酸、酢酸や濃アンモニア水のビンの中にはそれらのガスが充満していて、フタを開けるときにガスが噴き出すことがある。ガスや飛沫が目に入らないように注意する。また、ガスには毒性や強烈な刺激臭があるため、ガスを吸わないように換気の良い所で取り扱う。薬品が目に入ったり、皮膚についたらすぐに水で洗い流す。

濃塩酸と濃アンモニア水の市販品濃度は推定値で、飽和に近い濃度である。また、酢酸の市販品濃度は100%に近い値である。正確な濃度が必要な場合は、濃度がわかっている酸や塩基で滴定して、正確な濃度を決定する。

濃硫酸を水で希釈するときは、非常に発熱するので注意する。水酸化ナトリウムを水で溶かすときは、非常に発熱して湯気が出る。その湯気（水酸化ナトリウム水溶液）には毒性があり、刺激臭があるため、湯気を吸わないように換気の良い所で取り扱う。これらの溶液の体積を調製する場合には、冷えてから行う。

水酸化ナトリウムの固体（粒）には潮解性があり、空気中の湿気を吸収してベトベトになる。天秤を使うときは粒をこぼしても大丈夫なように、天秤の皿とビーカーの間に紙（薬包紙など）を敷く。質量をはかるときは手早く行う。残りの水酸化ナトリウムの固体は、すぐにビンのふたをしっかりと閉めて保管する。水酸化ナトリウムの固体は粒が大きいので、計算値の質量をぴったりに取り取ることはできない。

天秤は慎重に取り扱い、薬品をこぼしたらすぐに掃除する。はかれる範囲は天秤によって異なるため、最大秤量を超過しないように注意する。

5. 計算方法

本プログラムの計算には改訂4版～改訂2版「化学便覧基礎編Ⅱ」^{25~27)} 中のデータを使用している。表の範囲外はpH緩衝効果が小さいが、pHが近い部分について計算はできるようにした。この際、表の値となめらかにつながるようにしたため、計算に使用した酸-塩基電離定数は最新の値と必ずしも一致していない。

5-1 グリシン $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH}$ +塩化ナトリウム NaCl －塩酸

HCl緩衝液

入力したpHと表1の値を用いて直線的に内挿し(図2, 方法等の詳細は省略する), 緩衝液を $V_t=10$ mL調製する場合の混合前の体積($V_{gly, i}$, $V_{HCl, i}$)を計算した。さらに, 入力した体積(V_{tk})の値を用いて, 実際に必要な体積($V_{gly, k}$, $V_{HCl, k}$)に換算した(同様のため, 下の5-2以降では省略する)。

$$V_{gly, k} = V_{gly, i} V_{tk} / V_t, \quad V_{HCl, k} = V_{HCl, i} V_{tk} / V_t$$

表1の範囲外の計算値は異常な値になるため, 左の範囲外では $V_{gly, i}=0$ mL, $V_{HCl, i}=10$ mLとして, 右の範囲外では $V_{gly, i}=10$ mL, $V_{HCl, i}=0$ mLとして処理し, 赤字で警告を表示した。

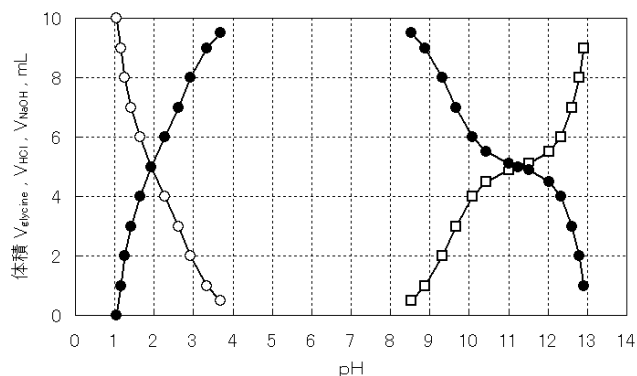
5-2 グリシン H_2NCH_2COOH +塩化ナトリウムNaCl-水酸

図2 グリシン+塩化ナトリウム-塩酸緩衝液およびグリシン+塩化ナトリウム-水酸化ナトリウム緩衝液

● : 0.1M グリシン+0.1M NaCl体積 (mL), ○ : 0.1M HCl体積 (mL), □ : 0.1M NaOH体積 (mL)

表1 グリシン H_2NCH_2COOH +塩化ナトリウムNaCl-塩酸HCl緩衝液

pH (18℃)	1.04	1.15	1.25	1.42	1.65	1.93	2.28	2.61	2.92	3.34	3.68
0.1M グリシン + 0.1M NaCl (mL)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	9.5
0.1M HCl (mL)	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	2.0	1.0	0.5

表2 グリシン H_2NCH_2COOH +塩化ナトリウムNaCl-水酸化ナトリウムNaOH緩衝液

pH (20℃)	8.53	8.88	9.31	9.66	10.09	10.42	11.01	11.25	11.51	12.04	12.33	12.60	12.79	12.90
0.1M グリシン + 0.1M NaCl (mL)	9.5	9.0	8.0	7.0	6.0	5.5	5.1	5.0	4.9	4.5	4.0	3.0	2.0	1.0
0.1M NaOH (mL)	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	4.5	4.9	5.0	5.1	5.5	6.0	7.0	8.0	9.0

表3 フタル酸水素カリウム $KOOC_6H_4COOH$ -塩酸HCl緩衝液

pH (25℃)	2.20	2.30	2.40	2.50	2.60	2.70	2.80	2.90	3.00	3.10
0.1M フタル酸水素カリウム (mL)	50.0									
0.1M HCl (mL)	49.5	45.8	42.2	38.8	35.4	32.1	28.9	25.7	22.3	18.8
pH (25℃)	3.10	3.20	3.30	3.40	3.50	3.60	3.70	3.80	3.90	4.00
0.1M フタル酸水素カリウム (mL)	50.0									
0.1M HCl (mL)	18.8	15.7	12.9	10.4	8.2	6.3	4.5	2.9	1.4	0.1

0.1Mフタル酸水素カリウム水溶液50 mLに, 上の0.1M塩酸の体積を加えて水 H_2O で100 mLに希釈する。

化ナトリウムNaOH緩衝液

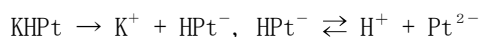
上記5-1の場合と同様な内挿法で計算した(表2, 図2)。表2の範囲外の計算値は異常な値になるため, 左の範囲外では $V_{gly, i}=10$ mL, $V_{NaOH, i}=0$ mLとして, 右の範囲外では $V_{gly, i}=0$ mL, $V_{NaOH, i}=10$ mLとして処理し, 赤字で警告を表示した。

5-3 フタル酸水素カリウム $KOOC_6H_4COOH$ -塩酸HCl緩衝液

上記5-1の場合と同様な内挿法で計算した(表3, 図3)。表3の範囲外の計算値は異常な値になるため, 左の範囲外では $V_{KHPt, i}=50$ mL, $V_{HCl, i}=50$ mLとして, 右の範囲外では $V_{KHPt, i}=50$ mL, $V_{HCl, i}=0$ mLとして処理し, 赤字で警告を表示した。

5-4 フタル酸水素カリウム $KOOC_6H_4COOH$ -水酸化ナトリウムNaOH緩衝液

上記5-1の場合と同様な内挿法で計算した(表4, 図3)。表4の左の範囲外は上の5-3(フタル酸水素カリウム-塩酸緩衝液)で計算すれば良いため, $V_{KHPt, i}=50$ mL, $V_{NaOH, i}=0$ mLとして処理し, 赤字で警告を表示した。右の範囲外は, 下の電離平衡や体積の関係等から計算した。さらに, $7.0 < pH$ は緩衝効果が無いため赤字で警告を表示した。



$$V_t = V_{KHPt, i} + V_{NaOH, i} + V_{H_2O, i}$$

表4 フタル酸水素カリウムK00CC₆H₄COOH－水酸化ナトリウムNaOH緩衝液

pH (25℃)	(4.00)	4.10	4.20	4.30	4.40	4.50	4.60	4.70	4.80	4.90
0.1M フタル酸水素カリウム (mL)	50.0									
0.1M NaOH (mL)	(0.0)	1.3	3.0	4.7	6.6	8.7	11.1	13.6	16.5	19.4
pH (25℃)	5.00	5.10	5.20	5.30	5.40	5.50	5.60	5.70	5.80	5.90
0.1M フタル酸水素カリウム (mL)	50.0									
0.1M NaOH (mL)	22.6	25.5	28.8	31.6	34.1	36.6	38.8	40.6	42.3	43.7

0.1Mフタル酸水素カリウム水溶液50 mLに、上の0.1M水酸化ナトリウム水溶液の体積を加えて水H₂Oで100 mLに希釈する。
右の範囲外で使用した電離定数K_A=8.73×10⁻⁶

表5 酢酸CH₃COOH－酢酸ナトリウムCH₃COONa緩衝液

pH (18℃)	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6
0.2M 酢酸 (mL)	18.5	17.6	16.4	14.7	12.6	10.2	8.0	5.9	4.2	2.9	1.9
0.2M 酢酸ナトリウム (mL)	1.5	2.4	3.6	5.3	7.4	9.8	12.0	14.1	15.8	17.1	18.1

左の範囲外で使用した電離定数K_A=2.07×10⁻⁵ 右の範囲外で使用した電離定数K_A=2.39×10⁻⁵

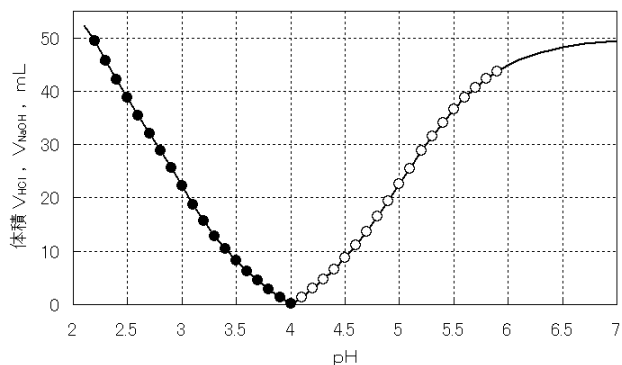


図3 フタル酸水素カリウム－塩酸緩衝液およびフタル酸水素カリウム－水酸化ナトリウム緩衝液

右の範囲外で使用した電離定数K_A=8.73×10⁻⁶

● : 0.1M HCl体積 (mL) , ○ : 0.1M NaOH体積 (mL)

$$V_{\text{KHPt}, i} = 50 \text{ mL}, [\text{KHPt}] = [\text{KHPt}]_i V_{\text{KHPt}, i} / V_t$$

$$V_{\text{NaOH}, i} = \frac{V_t \{K_w / [\text{H}^+] + K_A [\text{KHPt}] / (K_A + [\text{H}^+]) - [\text{H}^+]\}}{[\text{NaOH}]_i}$$

さらに、入力した体積 (V_{tk}) の値を用いて、実際に必要な体積 (V_{KHPt, k}, V_{NaOH, k}) に換算した。

$$V_{\text{KHPt}, k} = V_{\text{KHPt}, i} V_{tk} / V_t, V_{\text{NaOH}, k} = V_{\text{NaOH}, i} V_{tk} / V_t$$

5-5 酢酸CH₃COOH－酢酸ナトリウムCH₃COONa緩衝液

上記5-1の場合と同様な内挿法で計算した (表5, 図4)。表5の範囲外は、下の電離平衡や体積の関係等から計算した。さらに、pH<3.0および6.5<pHは緩衝効果が無いため、赤字で警告を表示した。

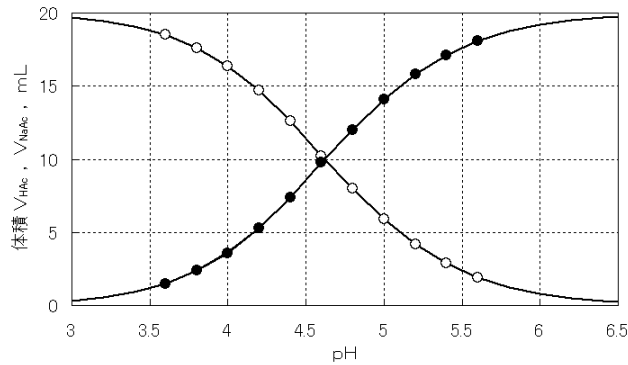
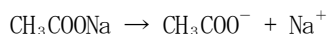
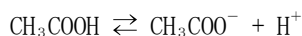


図4 酢酸CH₃COOH－酢酸ナトリウムCH₃COONa緩衝液

左の範囲外で使用した電離定数K_A=2.07×10⁻⁵

右の範囲外で使用した電離定数K_A=2.39×10⁻⁵

○ : 0.2M 酢酸体積 (mL) , ● : 0.2M 酢酸ナトリウム体積 (mL)

$$K_A = [\text{CH}_3\text{COO}^-] [\text{H}^+] / [\text{CH}_3\text{COOH}]$$

$$V_t = V_{\text{CH}_3\text{COONa}, i} + V_{\text{CH}_3\text{COOH}, i}$$

$$V_{\text{CH}_3\text{COOH}, i} = \frac{V_t [\text{H}^+] ([\text{H}^+] + [\text{CH}_3\text{COONa}]_i + K_A)}{K_A [\text{CH}_3\text{COOH}]_i + [\text{CH}_3\text{COONa}]_i [\text{H}^+]}$$

$$V_{\text{CH}_3\text{COONa}, i} = \frac{V_t (K_A [\text{CH}_3\text{COOH}]_i - [\text{H}^+]^2 - K_A [\text{H}^+])}{K_A [\text{CH}_3\text{COOH}]_i + [\text{CH}_3\text{COONa}]_i [\text{H}^+]}$$

5-6 リン酸二水素カリウムKH₂PO₄－水酸化ナトリウムNaOH緩衝液

上記5-1の場合と同様な内挿法で計算した (表6, 図5)。表6の範囲外は、上記5-4 (フタル酸水素カリウム－水酸化ナトリウム緩衝液) と同様の方法で計算した。さらに、pH<5.0および8.5<pHは緩衝効果が無いため、赤字で警告を表示した。

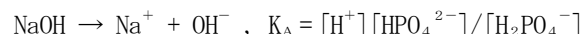
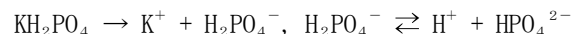


表6 リン酸二水素カリウム KH_2PO_4 －水酸化ナトリウム NaOH 緩衝液

pH (25℃)	5.80	5.90	6.00	6.10	6.20	6.30	6.40	6.50	6.60	6.70	6.80	6.90
0.1M KH_2PO_4 (mL)	50.0											
0.1M NaOH (mL)	3.6	4.6	5.6	6.8	8.1	9.7	11.6	13.9	16.4	19.3	22.4	25.9
pH (25℃)	6.90	7.00	7.10	7.20	7.30	7.40	7.50	7.60	7.70	7.80	7.90	8.00
0.1M KH_2PO_4 (mL)	50.0											
0.1M NaOH (mL)	25.9	29.1	32.1	34.7	37.0	39.1	40.9	42.4	43.5	44.5	45.3	46.1

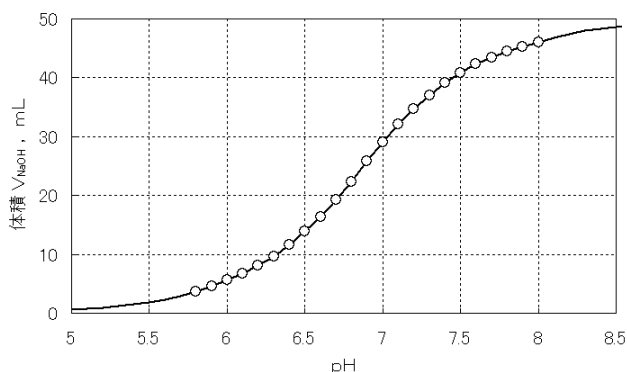
0.1Mリン酸二水素カリウム水溶液50 mLに、上の0.1M水酸化ナトリウム水溶液の体積を加えて水 H_2O で100 mLに希釈する。

左の範囲外で使した電離定数 $K_A=1.23 \times 10^{-7}$ 右の範囲外で使した電離定数 $K_A=1.18 \times 10^{-7}$

表7 リン酸二水素カリウム KH_2PO_4 －リン酸水素二ナトリウム Na_2HPO_4 緩衝液

pH (18℃)	4.49	5.29	5.59	5.91	6.24	6.47	6.64	6.81	6.98	7.17	7.38	7.73	8.04	9.18
0.0667M KH_2PO_4 (mL)	100	97.5	95	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5	0
0.0667M Na_2HPO_4 (mL)	0	2.5	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100

pH6.8以降は代表的な値 左の範囲外で使した電離定数 $K_A=1.32 \times 10^{-7}$ 右の範囲外で使した電離定数 $K_A=1.73 \times 10^{-7}$

図5 リン酸二水素カリウム KH_2PO_4 －水酸化ナトリウム NaOH 緩衝液

左の範囲外で使した電離定数 $K_A=1.23 \times 10^{-7}$

右の範囲外で使した電離定数 $K_A=1.18 \times 10^{-7}$

○ : 0.1M NaOH 体積 (mL)

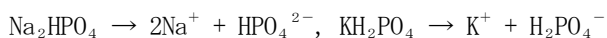
$$V_t = V_{\text{KH}_2\text{PO}_4, i} + V_{\text{NaOH}, i} + V_{\text{H}_2\text{O}, i}, \quad V_{\text{KH}_2\text{PO}_4, i} = 50 \text{ mL}$$

$$[\text{KH}_2\text{PO}_4] = [\text{KH}_2\text{PO}_4]_i V_{\text{KH}_2\text{PO}_4, i} / V_t$$

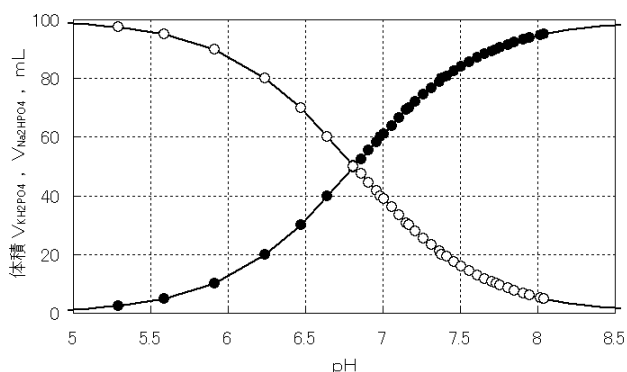
$$V_{\text{NaOH}, i} = \frac{V_t \{K_w / [\text{H}^+] + K_A [\text{KH}_2\text{PO}_4] / (K_A + [\text{H}^+]) - [\text{H}^+]\}}{[\text{NaOH}]_i}$$

5-7 リン酸二水素カリウム KH_2PO_4 －リン酸水素二ナトリウム Na_2HPO_4 緩衝液

上記5-1の場合と同様な内挿法で計算した(表7, 図6)。表7の範囲外は、上記5-5(酢酸－酢酸ナトリウム緩衝液)と同様の方法で計算した。さらに、 $\text{pH} < 5.0$ および $8.5 < \text{pH}$ は緩衝効果が無いので、赤字で警告を表示した。



$$V_t = V_{\text{KH}_2\text{PO}_4, i} + V_{\text{Na}_2\text{HPO}_4, i}$$

図6 リン酸二水素カリウム KH_2PO_4 －リン酸水素二ナトリウム Na_2HPO_4 緩衝液

左の範囲外で使した電離定数 $K_A=1.32 \times 10^{-7}$

右の範囲外で使した電離定数 $K_A=1.73 \times 10^{-7}$

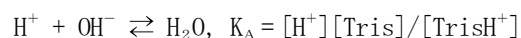
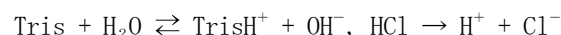
○ : KH_2PO_4 体積 (mL), ● : Na_2HPO_4 体積 (mL)

$$V_{\text{KH}_2\text{PO}_4, i} = \frac{V_t [\text{H}^+] ([\text{H}^+] + [\text{Na}_2\text{HPO}_4]_i + K_A)}{K_A [\text{KH}_2\text{PO}_4]_i + [\text{Na}_2\text{HPO}_4]_i [\text{H}^+]}$$

$$V_{\text{Na}_2\text{HPO}_4, i} = \frac{V_t (K_A [\text{KH}_2\text{PO}_4]_i - [\text{H}^+]^2 - K_A [\text{H}^+])}{K_A [\text{KH}_2\text{PO}_4]_i + [\text{Na}_2\text{HPO}_4]_i [\text{H}^+]}$$

5-8 トリス(ヒドロキシメチル)アミノメタン($\text{HOCH}_2)_3\text{CNH}_2$ －塩酸 HCl 緩衝液

上記5-1の場合と同様な内挿法で計算した(表8, 図7)。表8の範囲外は、上記5-4(フタル酸水素カリウム－水酸化ナトリウム緩衝液)と類似の方法で計算した。さらに、 $\text{pH} < 6.0$ および $10.0 < \text{pH}$ は緩衝効果が無いので、赤字で警告を表示した。



$$V_t = V_{\text{Tris}, i} + V_{\text{HCl}, i} + V_{\text{H}_2\text{O}, i}$$

表8 トリス (ヒドロキシメチル) アミノメタン($(\text{HOCH}_2)_3\text{CNH}_2$)—塩酸HCl緩衝液

pH (25℃)	7.00	7.10	7.20	7.30	7.40	7.50	7.60	7.70	7.80	7.90	8.00
0.1M Tris (mL)	50.0										
0.1M HCl (mL)	46.6	45.7	44.7	43.4	42.0	40.3	38.5	36.6	34.5	32.0	29.2
pH (25℃)	8.00	8.10	8.20	8.30	8.40	8.50	8.60	8.70	8.80	8.90	9.00
0.1M Tris (mL)	50.0										
0.1M HCl (mL)	29.2	26.2	22.9	19.9	17.2	14.7	12.4	10.3	8.5	7.0	5.7

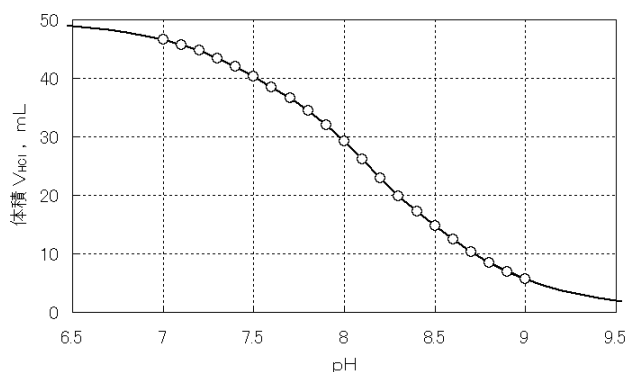
0.1Mトリス (ヒドロキシメチル) アミノメタン水溶液50 mLに, 上の0.1M塩酸の体積を加えて水 H_2O で100 mLに希釈する。

左の範囲外で使用した電離定数 $K_A=7.30 \times 10^{-9}$ 右の範囲外で使用した電離定数 $K_A=7.76 \times 10^{-9}$

表9 塩化アンモニウム NH_4Cl —アンモニア水 NH_3 緩衝液

pH (室温)	8.0	8.3	8.58	8.89	9.19	9.5	9.8	10.1	10.4	10.7	11.0
0.1M NH_4Cl (mL)	97.0	94.1	88.9	80.0	66.7	50.0	33.3	20.0	11.1	5.9	3.0
0.1M NH_3 (mL)	3.0	5.9	11.1	20.0	33.3	50.0	66.7	80.0	88.9	94.1	97.0

合計100 mLに換算した値 左の範囲外で使用した電離定数 $K_B=3.23 \times 10^{-5}$ 右の範囲外で使用した電離定数 $K_B=4.17 \times 10^{-5}$

図7 トリス (ヒドロキシメチル) アミノメタン ($(\text{HOCH}_2)_3\text{CNH}_2$)—塩酸HCl緩衝液

左の範囲外で使用した電離定数 $K_A=7.30 \times 10^{-9}$

右の範囲外で使用した電離定数 $K_A=7.76 \times 10^{-9}$

○ : 0.1M HCl体積 (mL)

$$V_{\text{Tris}, i} = 50 \text{ mL}, [\text{Tris}] = [\text{Tris}]_i V_{\text{Tris}, i} / V_t$$

$$V_{\text{HCl}, i} = \frac{V_t \{ [\text{H}^+] + [\text{H}^+] [\text{Tris}] / (K_A + [\text{H}^+]) - K_w / [\text{H}^+] \}}{[\text{HCl}]_i}$$

5-9 塩化アンモニウム NH_4Cl —アンモニア水 NH_3 緩衝液

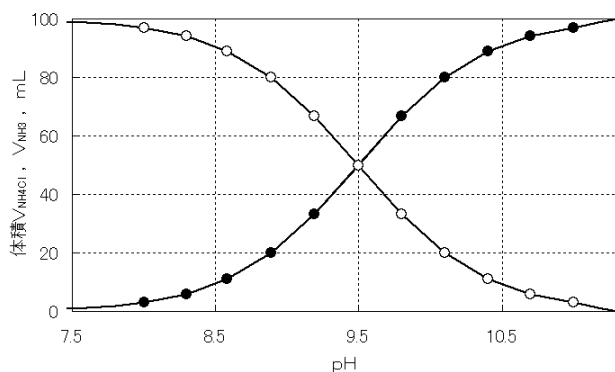
上記5-1の場合と同様な内挿法で計算した (表9, 図8)。表9の範囲外は, 上記5-5 (酢酸—酢酸ナトリウム緩衝液) と類似の方法で計算した。さらに, $\text{pH} < 7.2$ および $11.3 < \text{pH}$ は緩衝効果が無いので, 赤字で警告を表示した。



$$K_B = [\text{NH}_4^+][\text{OH}^-] / [\text{NH}_3], V_t = V_{\text{NH}_4\text{Cl}, i} + V_{\text{NH}_3, i}$$

$$V_{\text{NH}_4\text{Cl}, i} = \frac{V_t (K_B [\text{NH}_3]_i - [\text{OH}^-]^2 - K_B [\text{OH}^-])}{K_B [\text{NH}_3]_i + [\text{NH}_4\text{Cl}]_i [\text{OH}^-]}$$

$$V_{\text{NH}_3, i} = \frac{V_t [\text{OH}^-] ([\text{OH}^-] + [\text{NH}_4\text{Cl}]_i + K_B)}{K_B [\text{NH}_3]_i + [\text{NH}_4\text{Cl}]_i [\text{OH}^-]}$$

図8 塩化アンモニウム NH_4Cl —アンモニア水 NH_3 緩衝液

左の範囲外で使用した電離定数 $K_B=3.23 \times 10^{-5}$

右の範囲外で使用した電離定数 $K_B=4.17 \times 10^{-5}$

○ : NH_4Cl 体積 (mL), ● : NH_3 体積 (mL)

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 XP home edition, Vista Home Premium, 7 Home Premiumで動作確認を行っている。Java Appletは文献^{28~33)}を参考にし, Borland社のJBuilder 6 Professional, 2005 Developerで作成し, フリーソフトウェアFFFTP 1.88³⁴⁾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^{35, 36)}, またはマクロメディア (株) のDreamweaver MX³⁷⁾で編集・作成した。

7. おわりに

本研究室は, 埼玉大学および教育学部のサーバーだけでなく, 学外のサーバーでも濃度計算と調製方法等のサービスを提供している。これらは, 学校の授業の準備だけでなく, 自由研究等でも利用できると思われる。現在はまだ計算できる溶液の種類が限られているが, より多

くの方に利用してもらうため、今後さらに計算できる溶液の種類を増やすなど、サービスを充実させていく必要がある。

謝辞

本研究は科学研究費（基盤研究（B）, 課題番号21300288）の助成を受けたものである。

参考文献等（URLは全て2011年10月24日時点）

- 1) <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/>
- 2) <http://rikadaisuki.edu.saitama-u.ac.jp/~chem1/>
- 3) <http://www.geocities.jp/ashidabk1/>
- 4) <http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/>
- 5) 例えば, <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/cgi-bin/ques-box.cgi>
- 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－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)
URL <http://chem.sci.utsunomiya-u.ac.jp/cejrn1.html> (以下同様)
- 7) 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)
- 8) 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), Registration No. 9-14 (2006)
- 9) 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)
- 10) 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)
- 11) 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－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), 採録番号11-4(2008)
- 12) 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－塩化カリウム水溶液および塩化アンモニウム水溶液－』化学教育ジャーナル(CEJ), 第12巻第2号(通巻23号), 採録番号12-8(2009)
- 13) 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－炭酸水素ナトリウム水溶液および炭酸ナトリウム水溶液－』化学教育ジャーナル(CEJ), 第12巻第2号(通巻23号), 採録番号12-9(2009)
- 14) 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－ミョウバンとその関連物質の溶解度－』化学教育ジャーナル(CEJ), 第12巻第2号(通巻23号), 採録番号12-10(2009)
- 15) 芦田実ほか『過酸化水素水の濃度計算・調製方法と酸素発生に関するWeb自動サービス』埼玉大学紀要教育学部, 60巻2号, 181-191頁(2011)
- 16) 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)
- 17) 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－混合滴定－』化学教育ジャーナル(CEJ), 第11巻第1号(通巻20号), 採録番号11-5(2008)
- 18) 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), 採録番号11-6(2008)
- 19) 増田貴司『「理科離れ」解消のために何が必要か』TBR産業経済の論点, 東レ経営研究所(2007)
- 20) 第3期科学技術基本計画のフォローアップ「理数教育部分」に係る調査研究「理数教員に関する調査結果報告」国立教育政策研究所(2009)
- 21) 『平成20年度中学校理科教師実態調査集計結果』科学技術振興機構理科教育支援センター・国立教育政策研究所教育課程研究センター(2008)
- 22) 例えば, <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/cgi-bin/ascentlog.cgi>
- 23) 例えば, <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/cgi-bin/calgramc.cgi>
- 24) 例えば, <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/calcgrap/apadj019.html>
- 25) 日本化学会編「改訂4版化学便覧基礎編Ⅱ」丸善(株)(1993)
- 26) 日本化学会編「改訂3版化学便覧基礎編Ⅱ」丸善(株)(1984)
- 27) 日本化学会編「改訂2版化学便覧基礎編Ⅱ」丸善(株)(1975)
- 28) 高橋和也ほか『Java逆引き大全500の極意』(株)秀和システム(2002)
- 29) 田中秀治『JBuilder5で入門! Javaプログラミング』ソーテック社(2001)
- 30) 松浦健一郎, 司ゆき『はじめてのJBuilder6』ソフトバンク(株)(2002)
- 31) 赤間世紀『Java2による数値計算』技報堂出版(株)

(1999)

- 32) 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)
- 33) 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)
- 34) <http://www2.biglobe.ne.jp/~sota/>
- 35) 『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)
- 36) アンク『HTMLタグ辞典』翔泳社(2000)
- 37) 『Dreamweaver MXファーストステップガイド』マクロメディア(株)(2002)

VI. おわりに

化学研究室では平成13年度より、長年にわたって理科離れの防止に努力してきた。化学の考え方や現象を分かりやすく回答する質問箱を開設（平成14～15年度科学研究費基盤研究(C)）し、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を開発（平成18～21年度科学研究費基盤研究(C)）してきた。平成19～20年度には理科教育講座全体が中心になって教員養成GP「驚きと感動をつたえる理科大好き先生の養成」の事業を実施した。本研究は、これらの継続を目指したものである。教員養成GPとは予算規模が比較にもならないが、限られた予算と時間の中で出来る限りのことを実施したつもりである。

出前授業に関連したイベントとして、研究分担者や研究協力者と共に、夏休みに附属小学校で「わくわく観察実験教室」を開催した。参加者数が185人と非常に多く、「光と磁石で遊んでみよう！」等の4テーマを盛況のうちに実施できたと思う。秩父市では理科大好き人間を育成するために、数年前から「理科おもしろ実験教室」を開催している。このイベントにも参加して観察実験教室を行った。また、昨年度2月に附属小学校で開かれた「埼玉・栃木・群馬小中合同理科教育研修会」兼「ソニー科学教育研究会埼玉支部研修会」の昼食休憩時間のワークショップに参加し（6店）、参加された小・中学校の先生方に本研究の活動等を紹介した。学生派遣関係では平成22年秋から、さいたま市立大宮北小学校へ「理科実験観察お助け隊」の派遣を実施中である。さらに、「さいたま市青少年宇宙科学館イベント」の運営補助に学生を派遣し、「三郷市おもしろ遊学館」では学生に授業者の補助を依頼し、「川越市小・中・大学連携理科ふれあい事業」では事前の準備を依頼した。いずれの企画でも、教育現場で子供達とふれあう事が出来て、学生は貴重な経験を積む事が出来た。

化学の質問箱に寄せられた質問の回答数が、平成23年12月からの1年間で49件にとどまり、最盛期の1/3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。または、高校生と大学生からの質問がほぼ出そろった様にも感じられる。質問者の大部分は相変わらず高校生と大学生であり、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る。

謝辞

平成21年度～平成24年度 科学研究費補助金（基盤研究(B)，平成24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、連携研究者、研究協力者、大学院生、学部生、教育委員会や小学校・中学校の先生方、さいたま市青少年宇宙科学館や三郷市おもしろ遊学館の職員の方など多くの人々の協力を得たことも、ここに記して感謝致します。

平成21年度～平成24年度科学研究費補助金(基盤研究(B))報告書
(平成24年度分冊, 課題番号 21300288)

「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」

平成25年2月 発行

発行者

研究代表者 埼玉大学 教育学部 教授 芦田 実
