
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22年度分冊)

平成23年 1 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. ワークショップ | ----- | 12 |
| 3. ジオパーク | ----- | 17 |
| 4. 天体観望会 | ----- | 18 |
| III. 学生派遣 | ----- | 20 |
| 1. 理科実験観察お助け隊 | ----- | 20 |
| 2. さいたま市青少年宇宙科学館イベント | ----- | 26 |
| 3. 三郷市おもしろ遊学館 | ----- | 39 |
| 4. 川越市小・中・大学連携理科ふれあい事業 | ----- | 46 |
| IV. 化学質問箱に寄せられた質問と回答 | ----- | 49 |
| V. ホームページの開発 | ----- | 95 |
| 1. 理科カレンダー | ----- | 95 |
| 2. 溶液の濃度計算と調製方法の自動サービス | ----- | 107 |
| VI. おわりに | ----- | 162 |
| 謝辞 | ----- | 162 |

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。

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 | | その他 自然、環境 |
| 地震と火山の国 日本 | 実験・観察お助け隊 | |
| 不思議・驚き 理科カレンダー | ビデオライブラリー | 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)

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GP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。このような教員自身が理科好きになって驚きと感動を実感し、授業中になるべく多く実験を行ってもらいたい。児童・生徒の中には、理科の授業内容についていけず(特に高校の受験対策授業では実験・観察が少ないので)、理科の現象や考え方(概念)が十分に理解しきれず、つまらなくなり、そのまま理科嫌いになる者がいる。そうなる前に児童・生徒に理科の現象や考え方を理解して欲しい。

(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22年11月末現在までに688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19種(30薬品)、定量分析シミュレーション5種(61組合せ)、指示薬の色見本11種(RGB値)を公開済みである(ダウンロード可、文献4～15)。しかし、pH緩衝液等の水溶液の作り方およびキレート滴定等の実験シミュレーションが今後発展させるべき内容として残っている。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GP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でも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840(=現在688+60件×2.5年)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GP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

- 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)

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 (予定) | (未定) | (未定) |
| 平成24年度 | 2, 800 (予定) | (未定) | (未定) |
| 総計 | 14, 800 (予定) | (未定) | (未定) |

5. 研究発表

- 1) 日比野拓, ウニ幼生の左右非対称性から後口動物の体軸の進化を考える, 海鞘, 第21号, 3-6頁(2009)
- 2) 金子ひとみ, 津田陽一郎, 片平克弘, 芦田実, 中学校理科「月の満ち欠け」の問題図の改善とその提示に関する研究, 埼玉大学教育学部附属教育実践総合センター紀要, 第9号, 1-10頁(2010)

- 3) 片平克弘, 杉本美穂子, 高間智子, 芦田実, 中学校理科における対話と討論を通じた「気体の性質」に関する授業実践, 埼玉大学紀要教育学部 (教育科学), 第59巻第2号, 1-12頁(2010), URL = <http://sucra.saitama-u.ac.jp/modules/xoonips/detail.php?id=KY-AA12318206-5902-01>

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) 縮小版1 <http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/> (~H22.10初旬)
- 4) 別館1 <http://www.geocities.jp/ashidabk1/> (閲覧のみ)
- 5) 別館2 <http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/> (~H22.10.31)
- 6) 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>

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22年8月26日（木）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（28人、のべ207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22年6月30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。ひみつの水で実験をしたり、
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26日（木）
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
○光の色を調べてみよう!!
○ひみつの水で大実験!!
○試験管の中の雪
○絶滅危惧食虫植物ムジナモの観察
○スケルトン～生物の骨を透視する
○宇宙を見つめる道具～いろいろな望遠鏡～
○ダイラタンシー
○ポンポン蒸気船



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
 - ・校長先生の挨拶
 - ・大学の先生と活動の内容
 - ・活動の説明(日程、グループの変更、ローテーション、流れ解散)
- 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
 - ・校長先生の挨拶
 - ・大学の先生と活動の内容
 - ・活動の説明(日程、グループ、ローテーション)
- ③ 活動 ③ 11:00～11:25 各教室
- ④ 活動 ② 11:30～11:55 各教室

| | ① 9:30～9:55 | ② 10:00～10:25 |
|--------------------------|--|--|
| 3年2組 男子 16 | ① ひみつの水で大実験!! 試験管の中の雪 [多目的ホール] | ④ 絶滅危惧種食虫植物ムジナモの観察 スケルトン～生物の骨を透視する～ [1年2組教室] |
| 3年3組 男子 6年3組 21 | ② ダイラタンシー ポンポン蒸気船 [多目的ホール] | ⑤ 宇宙を見つめる道具～いろいろな望遠鏡～ [1年3組教室] |
| 3年3組 女子 6年2組 21 | ③ 光の色を調べてみよう [1年1組教室] | ① ひみつの水で大実験!! 試験管の中の雪 [多目的ホール] |
| 3年1組 女子 6年1組 22 | ④ 絶滅危惧種食虫植物ムジナモの観察 スケルトン～生物の骨を透視する～ [1年2組教室] | ② ダイラタンシー ポンポン蒸気船 [多目的ホール] |
| 3年1組 男子 3年2組 女22 | ⑤ 宇宙を見つめる道具～いろいろな望遠鏡～ [1年3組教室] | ③ 光の色を調べてみよう [1年1組教室] |
| | 11:00～11:25 | 11:30～11:55 |
| 4年1組 女子 4年2組 男子 23 | ① ひみつの水で大実験!! 試験管の中の雪 [多目的ホール] | ④ 絶滅危惧種食虫植物ムジナモの観察 スケルトン～生物の骨を透視する～ [1年2組教室] |
| 5 年 男子 20 | ② ダイラタンシー ポンポン蒸気船 [多目的ホール] | ⑤ 宇宙を見つめる道具～いろいろな望遠鏡～ [1年3組教室] |
| 4年2組 女子 15 | ③ 光の色を調べてみよう [1年1組教室] | ① ひみつの水で大実験!! 試験管の中の雪 [多目的ホール] |
| 5 年 女子 20 | ④ 絶滅危惧種食虫植物ムジナモの観察 スケルトン～生物の骨を透視する～ [1年2組教室] | ② ダイラタンシー ポンポン蒸気船 [多目的ホール] |
| 4年3組 男子 4年1組 男子 20 | ⑤ 宇宙を見つめる道具～いろいろな望遠鏡～ [1年3組教室] | ③ 光の色を調べてみよう [1年1組教室] |

わくわく観察実験教室の参加者数（平成22年8月26日）

| 班分け（1回目） | 人数 | 班分け（2回目） | 人数 |
|---------------|-----|---------------|----|
| 3年2組男子 | 16 | 4年1組女子+4年2組男子 | 23 |
| 3年3組男子+6年3組 | 21 | 5年男子 | 20 |
| 3年3組女子+6年2組 | 21 | 4年2組女子 | 15 |
| 3年1組女子+6年1組 | 22 | 5年女子 | 20 |
| 3年1組男子+3年2組女子 | 22 | 4年3組男子+4年1組男子 | 20 |
| 合計 | 102 | 合計 | 98 |

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

参加した子供達に校長先生が挨拶しているところです。この後に大学教員と活動内容の紹介がありました。



ダイラタンシー

ダイラタンシーとは異常粘性の一種であり、例えば片栗粉：水＝2：1で混ぜ合わせた混合物が、液体のようにふるまったり、固体のようにふるまったりする性質である。手で力を加えると固体になり、力を加えるのを止めると元の液体に戻るという不思議な感覚に、子どもたちは驚きながらも、楽しそうに取り組んでくれた。



スケルトン～生物の骨を透視する（その1） （その2）



ポンポン蒸気船（その1）

ポンポン蒸気船は、蒸気の力で進む船である。アルミパイプを温めると、アルミパイプ内の水が水蒸気になり、体積が急激に増加することで、アルミパイプ内の水が一気に噴き出て船が進む。続いて、残った水蒸気がアルミ壁を通して外の水で冷やされるので、噴き出した水の分アルミパイプ内が減圧状態となり、今度は水を吸いこむ。この繰り返しによって蒸気船は前に進むことができる。子どもたちは、作製したポンポン蒸気船が動いている様子を見て歓声をあげていた。



ポンポン蒸気船（その2）



光の色を調べてみよう!!（その1）

回折格子と呼ばれる特殊なシートを用いると光の色を分けて調べることが出来る。写真は、この回折格子を用いて「分光器」を製作し、それを用いて太陽光や蛍光灯の光を分光している実験の様子である。



光の色を調べてみよう!!（その2）

今年は新たに「夕焼け」が起こる仕組みを実験で実演し、夕日の赤色が実際にはどんな色から作られているのかを、自分で作った分光器を用いて観察した。



ひみつの水で大実験!! (その1)

紫キャベツ，BTB，フェノールレッド等のpH指示薬は中性のpH7前後で色に変化する．これらの粉末を水道水（イオン交換水や純水ではうまくいかない）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．色の変化を何度でも繰り返すことができる．

ひみつの水で大実験!! (その2)



試験管の中の雪 (その1)

試験管に塩化アンモニウムと水を入れ，お湯に浸けてガラス棒で混ぜる．完全に溶けきらなくてもよい．80℃における塩化アンモニウムの溶解度は66g/水100gである．お湯から出して空気中でゆっくり冷ますと，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．試験管をぬるま湯や水に浸けると，結晶の析出速度を加速することができる．

試験管の中の雪 (その2)



宇宙を見つめる道具—いろいろな望遠鏡—(その1) (その2)

宇宙を見つめる道具である天体望遠鏡には、見る光の波長によっていろいろな種類があります。今回は、日本の観測天文学の研究最前線を走っている、すばる望遠鏡（ハワイ・マウナケア山にある光学赤外線望遠鏡）、ALMA望遠鏡（チリ・アタカマ山に建設中の電波望遠鏡）、はやぶさ（小惑星探査機）、ひので（太陽観測衛星）の4種類について、ペーパークラフト模型を各自で作成しました。



絶滅危惧食虫植物ムジナモとプランクトンの観察(その1) (その2)

ムジナモは、埼玉県羽生市の宝蔵寺沼が日本で最後の自生地となった、めずらしい食虫植物である。水面下に浮遊し、2枚貝のような捕虫葉上にある感覚毛にミジンコなどのえものが触れると、50分の1秒という速さで捕虫葉を閉じてえものを捕まえる。ムジナモの捕虫葉上の腺毛や、ムジナモと水中で共存する様々な形のプランクトンを顕微鏡で観察した。

2. ワークショップ

平成22年2月21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（12:50～13:30）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（25人、のべ154時間）。その時の日程と模様を以下に紹介する。

埼玉・栃木・群馬小中合同理科教育研修会

1 期日 平成22年2月21日（日） 10:00～16:40

2 会場 埼玉大学教育学部附属小学校

3 日程 9:40～10:00 受付
10:00～10:10 開会行事

10:10～11:10 講演1 清水 誠先生（埼玉大学教授）
11:10～12:10 実践発表
さいたま市立岸町小学校：中村 誠先生
さいたま市立岸中学校：矢島 浩一先生
群馬支部：小森谷 順一先生
栃木支部：鈴木 真一先生

12:10～12:50 休憩（昼食）
12:50～13:30 ワークショップ（1F 多目的ホール）

○埼玉大学より

清水 誠先生（理科教育）：大きなシャボン玉、水中シャボン玉、ボンボン蒸気船
近藤 一史先生（物理）：ガウスの加速器、簡易パン焼き機、紙コップロケット 他
芦田 実 先生（化学）：水溶液の作り方、試験管の中の雪、科研費報告書の配布 他
金子 康子先生（生物）：小型電子顕微鏡観察実演：植物のミクロの世界探検
日比野 拓先生（生物）：スケルトンー生物の骨格を透視するー
高橋 忠司先生（地学）：天文分野「さまざまな望遠鏡：光学望遠鏡と電波望遠鏡」
大朝由美子先生 気象分野「雨粒の形：水滴浮遊風洞」

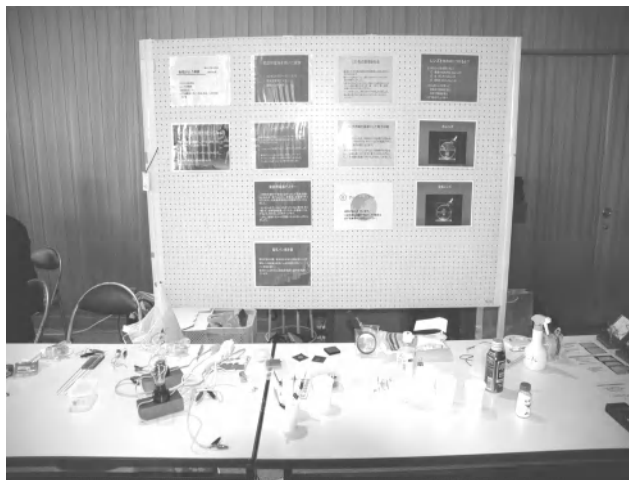
○株式会社ケニス様 ○ナリカ様 ○さいたま市立道祖土小学校 横須賀 篤先生

13:30～14:30 学年部会 活動報告
3年原（大戸小）4年田中（栄和小）5年岩崎（常盤小）6年神田（仲町小）

14:30～15:00 ソニー教育財団より
15:00～15:30 休憩
15:30～16:30 講演2 的川 泰宣先生（宇宙航空研究開発機構 JAXA）
16:30～16:40 閉会行事

17:30～19:30 懇親会

物理分野では「おもしろ物理実験」として、強力なネオジウム磁石球と鉄球を用いたガウスの加速器，時計ガラスを2枚凸型に張り合わせて中に水を入れた水レンズおよび中に何も入れない空気レンズを用いたレンズの実験，紙を使った工作（工作用紙を基板にして半田付けしない電子回路，紙コップロケット），家庭用電源を用いた実験（コンセントのアース，家庭用電源テスター，電気パン焼き器），手回し発電機を使った実験（コンデンサー，発光ダイオード）等を実演・展示した（次の4枚の写真）。



生物分野（植物）では「ミクロの世界の探検」として，ランタナ，ヒャクニチソウ，校庭で見られる花や樹木等について走査電子顕微鏡でみた植物の世界を紹介し，電子顕微鏡による観察を実際に行った（次の4枚の写真）。

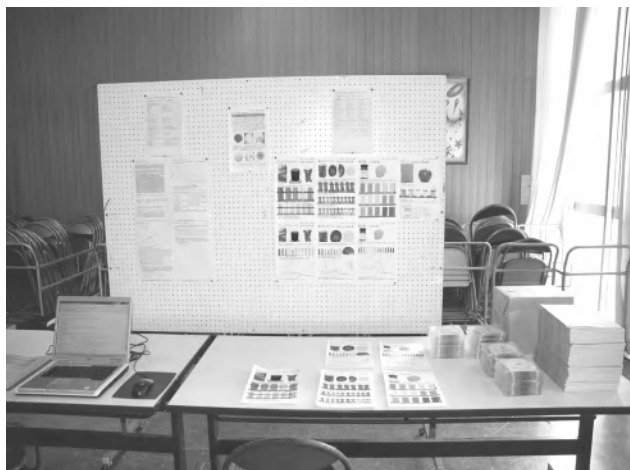




生物分野（動物）では「スケルトン（生物の骨格を透視する）」として、透明骨格標本の展示と製作方法の解説，偏光板による骨格の顕微鏡観察を行った（下の4枚の写真）．透明骨格標本とは，小型の動物の硬骨と軟骨を別々の色素で染め分けて，軟組織を透明化し，透明肉質の中に骨格が生時の立体配置で観察できる標本である．偏光板による骨格の顕微鏡観察は，スライドガラスの下と接眼レンズ上に2枚の偏光板を差し込み，偏光板を回転させることによって，小さな生物（ウニのプルテウス幼生やケイソウなど）の骨格を光らせて観察する方法である．



化学分野では「理科離れの対策」として、塩酸や水酸化ナトリウム水溶液を含めて18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、紫キャベツや赤カブなど7材料14枚の身近なpH指示薬の色見本を展示・配布し、実験を成功させる秘訣（塩酸によるスチールウールの溶解と蒸発乾固）を展示し、科学研究費報告書（平成21年度分冊）を配布した。さらに、これらを含めて化学研究室のホームページコンテンツの主要部分をCD-Rに記録して配布した。また、平成22年1月と2月にさいたま市内の小学校で「特別授業」したときの内容の一部、試験管の中の雪とエコカイロを実演・展示した（次頁の4枚の写真）。

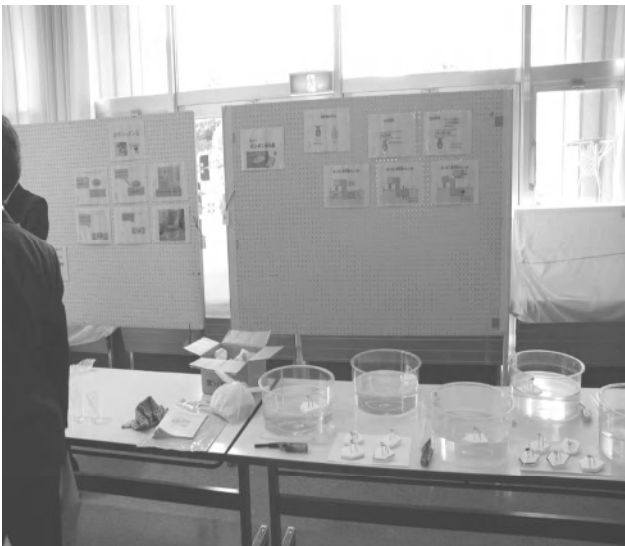


地学分野では、雨滴浮遊装置を用いて雨水の形状を観察し、宇宙に関する種々の写真や資料を展示した（次の4枚の写真）。





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，人が入れるほど大きなシャボン玉，シャボン玉と全く逆に水が空気の膜で包まれている水中シャボン玉等を実演・展示した（次の4枚の写真）。



3. ジオパーク

秩父における野外地質観察教育プログラム

岡本 和明

埼玉県秩父市および周辺地域には、太平洋プレートの沈み込みに伴う付加体、さらに沈み込み帯深部で形成された低温高圧型変成岩が分布しており、日本列島の成立を含めた様々な地学研究教育が行われてきた。明治時代以降日本で開始された地質学研究的の最初の研究成果が長瀨周辺で成された事もあり、天然記念物、文化遺産としても有名な岩石の分布する地域でもある。埼玉県自然史博物館や秩父市は、秩父地域を日本ジオパーク、世界ジオパークに登録すべく教育活動をここ数年活発に行っており、埼玉大学教育学部理科教育講座でも岡本研究室を中心にジオパーク計画に秩父市顧問として関わっている。岡本研究室では、埼玉県内およびさいたま市の小中高理科教育でも積極的に秩父周辺が野外地質教材として活用されるべく野外地質観察および教育活動を重ねてきた。平成22年度は、地球温暖化に関わる二酸化炭素問題の学習に焦点を絞り、石灰岩大露頭と鍾乳洞の観察および見学の野外教材化を試みた。現在教材内容を岡本研究室管理のホームページに掲載準備中である。

観察コース

1. 埼玉県秩父市橋立鍾乳洞。この鍾乳洞は石龍山橋立堂に隣接しており、天然記念物に指定されている。竪穴式であるが、小学校高学年以上であれば教員の引率による観察は可能と考えられる。
2. 鍾乳洞観察の後、石龍山橋立堂にそそり立つ石灰岩の巨壁を観察することで石灰岩の地層が地下水の浸食により鍾乳洞を形成したことが理解できる。さらに鍾乳洞内に形成されていた石筍(洞内の地面から上方に発達している鍾乳石)の形成過程を説明することにより、鍾乳洞内の水滴から沈殿する炭酸カルシウムが年輪のように気候変動の変化に伴い成長することを指導する。人類の発生から現在までに対応する陸域の詳細な気候変動が世界各地の石筍の化学分析から復元されており、現在は国際的な研究競争が行われているさなかである。現在問題となっている地球温暖化と過去100万年から始まっている氷河期、間氷期の気候変動についての学習が可能である。浦和は名前の由来通り気候変動に伴う海水準の変化(海退)により発達した地域であり、秩父の地質と関連付けることで地域の自然学習と全地球規模の環境変化を結びつけた格好の教材となる。
3. 石龍山橋立堂から続く武甲山は石灰岩が分布しており、そのため植生が周りとは異なっている。このことは武甲山資料館で学習可能である。
4. 以上の学習の後、長瀨で沈み込み帯深部で変成作用を受けた三波川変成岩を観察する。海山側面の浅海で形成された石灰岩起源の変成岩が複雑に折り畳まれた褶曲構造を観察した後、埼玉県自然史博物館内で変成岩の形成過程が学習できる。
5. 橋立鍾乳洞、石龍山橋立堂、長瀨の河原から自然史博物館一帯は、紅葉を観察できる有名な観光地になっている。よって11月中の観察は一層高い学習効果をもたらす。

4. 天体観望会

さいたま市桜区住民を対象とした天体観望会

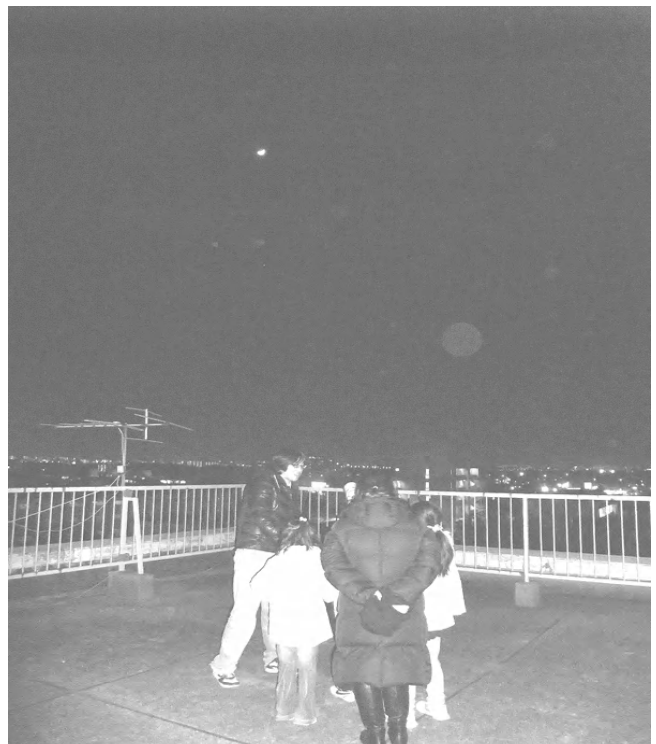
(埼玉大学教育学部H棟屋上)

大朝 由美子

2009年12月22日(金)、及び2010年1月22日(金)の午後17時から20時まで、さいたま市桜区民を対象として、埼玉大学の望遠鏡を用いた天体観望会を実施しました。本観望会は、さいたま市桜区にある5つの公民館と共同で実施し、教育学部理科教育講座から、天文学・気象学研究室の教員2名(高橋, 大朝)、学生6名が、観望会の実施及び補助にあたりました。本観望会においては、当日の観望会実施だけでなく、大学で開催するにあたっての準備として年配者や子供への対応、桜区報への告知、参加募集、参加人員確定、当日の整理案内などさまざまな点において公民館の方々と協力して行ないました。両日あわせての参加者は、桜区住民約200名であり、幼児、小中高高校生からご年配の方々まで幅広い年齢層の参加となりました。

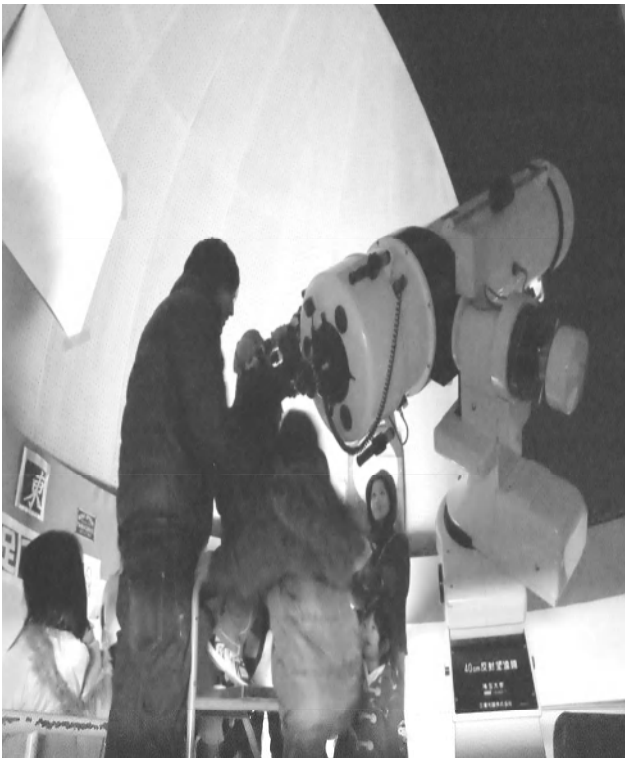
観望会当日は、まず教育学部の教室で受付を行ない、全員集合した後に、本日対応する教員らの簡単な紹介、当日に見える星空や観望対象の天体、望遠鏡等についての講義を行ないました。天体観望に応募してきただけあり、望遠鏡や天体の知識が豊富な小学生の様子も見られ、個別の質問にも対応しました。その後、あらかじめ準備段階で決めてあった5-10人程度の小グループに分かれて、星空観望を行なう屋上、及び天体望遠鏡のある天体観測ドームに順番に移動しました。屋上では口径6cmと7.5cmの小型望遠鏡を3台、双眼鏡とフィールドスコープを設置し、月や木星、火星、プレアデス星団(すばる)などの天体を観望しました。児童たちが天体を観望しやすいように、補助の学生たちが小型望遠鏡への天体導入や観望の支援を行ないました。また、星座早見盤をもとに、星座や星の見つけ方、解説なども行ないました。天体観測ドームでは、40cm反射望遠鏡を用いて、月を観望しました。両日ともに晴天の夜空のもと、児童たちも普段よりもゆっくりと星空を眺めることができました。

望遠鏡で初めて見た天体の姿に「きれい」と感動する児童や、屋上でみた一般市販の小型望遠鏡よりも、40cm望遠鏡ではるかに大きく見える月やクレータの姿に、「すごい」「これがクレータ?」と驚く児童などの姿が見られました。同時に、東京やさいたま新都心の街明かりの「光害」についても考える機会となったようです。小型望遠鏡や双眼鏡、40cm望遠鏡と組み合わせ、多種多様な形で天体観望を実施したことにより、いろいろな天体の姿を観望、学習することができました。天



体観望の性格上、どうしても夜間の実施となるため、普段学校の授業ではできない体験学習ができる半面、事故等の危険性が否めません。今回は両日ともに、参加者全員が事故なく星空を堪能できたことはよかったです。

その他、2010年2月に土合小学校において出張観望会、2010年10月及び11月に埼玉大学学生や地域住民を対象とした観望会を実施しました。2010年12月には、さいたま市桜区小学校を対象とした観望会、地域住民を対象とした観望会を実施する予定です。



Ⅲ. 学生派遣

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」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に活動させることである。それと同時に学生に対して、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学する機会を得させ、教員養成教育の一環として活用することである。平成19～20年度の教員養成G P「驚きと感動をつたえる理科大好き先生の養成」のプロジェクトで試みた取組みの実績と経験を生かして、その流れの中で科研費採択初年度(昨年度)から同様の取組みを継続的に実施することとした。学生派遣に係る具体的な内容としては「理科実験観察お助け隊」、「さいたま市青少年宇宙科学館イベント」、「三郷市おもしろ遊学館」、「川越市小・中・大学連携理科ふれあい事業」等があり、それらについて簡単に紹介する。

「理科実験観察お助け隊」として、昨年度の2月～3月に埼玉大学教育学部附属小学校に3名を、さいたま市立岸町小学校に6名を派遣し、学校現場の実情を体験させた(のべ119時間)。昨年度の科学研究費報告書に間に合わなかったため、この報告書に昨年度分を載せる。さらに本年度も、さいたま市教育委員会と相談し、秋から「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する取組みを実施中である。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、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。

「さいたま市青少年宇宙科学館イベント」として、昨年度の1月30日と31日の「ロボット大会」の運営に学生を10人、のべ76時間派遣し、そこで実施されるイベントの準備、当日の作業補助、後片付けなどに参加させることができた。今年度に派遣済みのイベントは、科学館が主催して平成22年7月から8月の夏休み期間中に実施されたものであり、いずれも小・中学生を対象にした科学啓蒙活動の一環である。7月24日、25日と28日に実施された「夏休みワクワクものづくりコーナー」の運営に学生が8名・のべ69時間参加した。8月25日～27日の「宇宙の日 作文絵画展」の展示準備に学生が7名・のべ152時間従事した。さらに「ペットボトルロケット大会」の試射会7月29日と本大会8月4日の運営に学生が5名・のべ75時間参加した(この謝金は科学館が支給)。その他15時間を含めて現在までに合計で387時間の活動を達成した。上記イベントには未就学児童の参加や予想を上回る多数の参加者があったため、派遣した学生は目の前の仕事に精一杯の様子であったが、普段勉学に励む大学を離れての活動に新鮮な刺激を受け、裏方の仕事の大切さと、科学の内容を伝える重要性を再認識してくれたように思う。受け入れていただいた科学館からの評判も良く、学生は新たな問題意識を持ってその後の勉学に励むことができたので、当初の目的に沿って一定の成果を挙げることができたと考えられる。今後、冬のイベント「光電池ロボット大会」にも学生を派遣する予定である(この謝金は科学館が支給)。

今年度はこの他に「三郷市おもしろ遊学館」(平成22年5月8日、11月7日、11月13日)の補助に学生を14名・のべ97時間派遣した。また「川越市小・中・大学連携理科ふれあい事業」の一部として、「大きなシャボン玉をつくろう」(平成22年10月14日、21日、27日)と「色が変わる」(平成22年9月28日、30日、10月19日)に多数の学生を派遣した(当日の謝金は川越市が支給)。

本取組みに関する資料として、「理科実験観察お助け隊」、「さいたま市青少年宇

宙科学館イベント」,「三郷市おもしろ遊学館」および「川越市小・中・大学連携理科ふれあい事業」等の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

実験観察お助け隊を経験して

教育学部理科専修3年
07PB310 伊藤 悠昭

実験観察お助け隊への参加は, 昨年に引き続き, 今回で2回目となりました. 今回, 私はさいたま市立岸町小学校で活動をさせていただきました. 主に行ったことは, 理科室の実験器具の整理, 授業で使う教材の準備, 学習指導の補助でした.

はじめは, 慣れない環境に戸惑いや緊張がありましたが, 私自身の過去の経験と, 小学校の教職員の方々のお気づかいがあり, 楽しく活動に取り組むことができました. 特に, 授業を通して子どもたちとかかわったことは, とても印象深かったです. また, 授業の様子や, 理科室経営などの教師の仕事の間近で見ることができたことは, 教師を目指す私にとって有意義な経験になりました. 小学校の先生が, 実際の教育現場での教師の仕事について, お忙しい中いろいろとお話ししてくださいました.

実験観察お助け隊の活動を通して感じたことは, 小学校の先生の仕事は本当に激務だということです. とりわけ, すべての教科の学習指導を担当するわけですから, 個々の授業の準備に割く時間はとても限られたものになります. 実際に, 今回活動させていただいた小学校の先生は, その場その場の変化に臨機応変に対応しつつも, 熱心に教務に徹していらっしゃいました. 私は, 実験観察お助け隊として, そのような激務の中の先生を「お助け」することができ, うれしく思いました. さらに, 授業中に子どもたちが整った学習環境の中で, 楽しそうに学習に取り組んでいる姿を見て, やりがいを実感しました. 実験観察お助け隊のような活動が, 理科に限らず多くの小・中学校で今後広がっていけば, 日々の授業がよりよくなっていくと思いました.

また, 実際の教育現場を体感できたことは, 私にとって非常に大きな収穫でした. 大学の机上の授業しか経験していなかったときは, 実際の子どもたちの様子や学校環境を捉えることができず, 苦慮することがしばしばありました. しかし, 実験観察お助け隊の活動を経験した後では, 教育現場の明確なイメージをつかみながら物事を考えることができるようになりました. 教育実習の際は, 授業を計画するときや授業中の子どもたちに応対するときに, 実験観察お助け隊での経験が生きました. 実習校では, 実験観察お助け隊でお世話になった先生に指導を受けたこともありましたし, 子どもたちの中に実験観察お助け隊の活動を行っていた私の姿を覚えてくれていた子どもがいたこともありました. 今後, もし私が教師になることができたなら, 実験観察お助け隊で学んだこと・得たことが大いに生きると思います.

教師を目指す方々には, ぜひ実験観察お助け隊のような活動に積極的に参加してほしいと思います.

理科お助け隊を体験して

教育学部理科専修2年
08PB301 我妻 幹康

自分は掲示板に貼られていた理科お助け隊の募集を見て、友達と一緒にやろうと言われて応募しました。実際に教育の現場を体験する良い機会なのと、教育実習に行く前の予行として丁度いいと感じたことと、春休みに入るのも何もやることなく無為に過ごすよりずっと良いと思ったからです。まだ教育実習に行っていないので、初めて学校に行くまではうまくやれるかどうか、また児童と普通に接することができるか心配していましたが、実際にお助け隊として派遣されて活動してみると先生方は丁寧に教えてくださったし、やることは授業中に児童の様子を見て実験がうまくいっているかどうかを確かめ、おかしいところがあったら指摘するというので、以外と簡単なことばかりでほっとしました。児童は気さくに話しかけてくる子が多くそちらの心配も大丈夫でした。児童たちの実験、この時は5年生の電気の単元で電磁石のところだったのですが、児童がやってしまう間違いは、直列つなぎをするときに電池の向きを間違えてつけてしまい電気が流れないということや、電流形の使い方を忘れてしまって導線のつなげ方が分からないということなど簡単なことが多く、こういう間違いをするのだなと得心しましたし、教師になるなら覚えておく必要があると思いました。今回の体験では自分が予想するよりずっと色々な姿の児童たちを見ることができました。

体験してみたの感想として色々と思うことはありましたが、一番深く感じたことは時間が圧倒的に足りないということでした。授業時間が45分と短い中で先生方はうまくやりくりしていたのですが、予定したより進行具合が遅れて一つの単元を延長して授業を行っていました。実際に自分がお助け隊として行った時の授業でも、予定していた所まで進まずに次回に繰り越すことになってしまいました。他にも自分は授業が無いときには、理科準備室の整理をお願いされたので、整理というかもうほとんど片付けをしていました。ほとんど使われていないものをまとめて捨てるということなのですが、その量がかなりあったので気になって先生の一人に聞いてみると、やはり時間がなくて整理する時間が取れないということでした。わずか6回ばかりの体験でしたが、とても貴重な経験を得られたと思います。また今度募集があったら応募したいほどです。3年になって教育実習に行く時には、今回の経験を活かしてうまくやれるようにしたいと思います。





お助け隊に参加して

教育学部技術専修 1 年
09PB703 石川 莉帆

私がお助け隊に参加したきっかけは、大学の掲示板でした。学校で理科の授業のお手伝いができる、実際に小学校に行くということにとっても興味がわき、参加しました。

当日、とても緊張しました。生徒とどのように接したらよいのだろうか、理科の知識がない私が授業のお手伝いができるのだろうか・・・など不安ばかりでした。どきどきしながら学校に入ると、先生方がお忙しい中温かく私を迎えてくださったので、緊張がほぐれました。また、3年生の先輩が優しくいろいろおしえてくださいました。

理科室の掃除や実験の準備・後片付け、実験に2回参加しました。1回目の実験は「ホウ酸の飽和水溶液の実験」でした。私は生徒の机を見回り、実験のお手伝いをしました。生徒に聞かれたときに私は実験の内容をよく把握しておらず、答えることができなくておどおどしてしまいました。先生として参加しているのだから、ちゃんと実験の内容を聞くべきだったと反省しました。ホウ酸をガラス棒につたわらすところで、生徒にどうやたらいいのか聞かれたので実際に“こうやるんだよ”とやって見せたら、その生徒ができたのでホッとしました。生徒ができなかったことが出来るようになった時に、楽しそうだったので私もうれしくなりました。2回目の実験は「釘にエナメル線をまいた磁石の実験」でした。この実験では、出来ている生徒と出来ていない生徒の差がありました。実験の内容がわかっていない生徒もいたようでした。エナメル線をまいた釘に釘をたくさんつけられた時には、どの生徒にも笑顔がみられました。

今回参加してよかったなと思いました。実験が成功したときの生徒の笑顔を見て、教師という職業はいいなと改めて思いました。しかし、私にはまだまだ足りないことがあるんだなと実感しました。知識や生徒との接し方をこれからの大学生活で身につけたい、学んでいきたいと思います。

お助け隊に参加して

教育学部技術専修1年
09PB705 片野 清夏

今回、この理科お助け隊に応募したのは実際に小学校に行くことで、理科の授業を間近で見て体験できると思ったからです。私はまだ1年生なので、介護実習も教育実習も行っていないです。そのため、実際の現場での活動などについて全く知りません。だから、私はこのお助け隊に参加して少しでも現場での活動について学べたらいいと思いました。

現場では、私はほとんど理科準備室にいて、理科の実験の準備や片付けなどの仕事を任せられました。初日は、児童が登校するのと同じくらいの時間から仕事が始まりました。3年生の先輩と一緒にだったので、いろいろ教えてもらいながら作業をしました。また、2時間目と4時間目には実験の授業がありました。私たちは児童が実験しているのを近くで観察しながらアドバイスをしました。私は初めて現場での体験だったので、最初のうちは、どんなふうに話しかけたらいいのか、どんなアドバイスをすればいいのかなどがわからなくて混乱してしまいました。しかし、先輩や先生の様子を見ながら、真似するようにするとスムーズに出来るようになりました。

そしてお助け隊最後の日、私は2年生の先輩と一緒に仕事をしました。また、その日はフィールドスタディの先輩もいたので、3人で仕事をする事になりました。その日は、2時間目と3時間目に実験がありました。2時間目は3人で同じクラスを担当したので、スムーズに終わることが出来ました。しかし、3時間目は2つのクラスで実験があったため、私は1人で仕事をする事になりました。私の担当したクラスには理科の先生ともう一人先生がいたため3人で授業をしました。実験の内容は2時間目と同じでコイルを100回巻きすることでした。児童にとって意外に難しいらしく、導線が絡まってしまう子が多く出ました。私は導線が絡まないようにアドバイスしたりしました。児童たちが私のことを「先生」と呼んで頼ってくれるのがすごくうれしかったです。

今後、私は今回のお助け隊に参加した経験を生かして、教育実習に行ったときに初日から児童生徒にスムーズな対応が出来るようにしたいです。また、今回お助け隊に参加したことで、私にはまだまだ知識が足りないこともわかりました。大学にいる間にもっと知識をつけて、子どもとの接し方なども学んでいきたいと思っています。

お助け隊に参加して

教育学部理科専修2年
08PB305 江藤 大門

私がお助け隊に応募しようと思ったのは、大学の授業ではなかなか経験できないようなことがたくさん経験できると思ったからです。実際にお助け隊に参加してみると驚きの連続でした。まず驚いたことは、理科室がとても充実していたことです。私は、さいたま市立岸町小学校でお世話になりました。この小学校では、理科室前に理科ロードという展示物があり、子どもたちの興味を引くような展示物がたくさんありました。さらに、実験用具がとてもたくさんあり驚きました。

これは、先生方が子どもたちに理科に興味を持ってもらおうと日々考えているからだと思います。

私がお助け隊の活動を通して感じたことは2つあります。まず1つ目は、先生方の忙しさです。先生はとても忙しいと何度も聞いていましたが、こんなに忙しいとは思いませんでした。先生には見えない仕事というのがたくさんあることを実感しました。実験の準備や片づけにはたくさんの時間がかかり、さらに小学校では他教科の準備も同じように時間を取らなければいけないと思います。そのため時間をうまくやりくりできないと、よりよい授業ができないと感じました。今回の私の活動で少しでも先生方の負担を減らすことができたならばうれしく思います。次に2つ目は、子どもたちとのコミュニケーションの取り方の難しさを感じました。子どもによって反応が全然違うので説明する内容や接し方を変えていかないといけないと思いました。しかし、あまりにも違ってしまうと差別になってしまうかもしれないので、気をつけないといけないと思いました。

今回のお助け隊の活動を通してたくさんの経験を得ることができました。たくさん子どもたちと接することができ、さらに実験の準備・片づけや授業補助といった、大学ではできないことをたくさん体験することができました。今回経験したことはとても貴重なものであり、教育実習に活かしていきたいと思います。



2. さいたま市青少年宇宙科学館イベント

2. 1 ロボット大会

宇宙科学館「科学者の卵コンテスト」を手伝って

教育学部理科専修3年 07PB332 長岡 淳子

コンテストは現役の教員の方々が中心となって行われ、大変多くの小中学生が参加していました。私のような学生は、それぞれ担当を割り振られた後、先生方に混ざってコンテストの運営を行いました。私は1日目に参加し、ネズミ型ロボットとシュートロボット大会の運営の補助をさせて頂きました。

私が最初に行ったことはネズミ型ロボット大会参加者の「車検」でした。車検は、試合で使用するネズミ型ロボットが規定通りに作られているかを確認するための作業です。私が担当したのは、受付をすませた小学生とその保護者の方を整理させ、自作のロボットを係の先生に提出させるという仕事でした。整理する際の線の代わりに先生が用意してくれた椅子に子どもが座ってしまったり、待っている家族が多すぎて部屋が騒がしくなってしまうと小さな問題はいくつか起こりましたが、先生方のご協力もあり無事車検を行うことができました。

大会開会式の後にはネズミ型ロボットの試合が始まり、私は1つのコースに入り審判の先生の補助を行いました。この試合は二台のネズミ型ロボットを同時に走らせ、追いつくか制限時間内に走った距離が長い方を勝ちとするというものでした。私のコースでは2つの試合で問題が起こりました。1つは、審判が勝敗に関する判断を謝ってしまったこと、もう1つは反則した子どもを勝者として扱ってしまった試合があったことでした。1つの試合について議論したり、勝手にやり直しをしたりしてしまうと、全体の試合の進行を止めることになりかねないため、それらの試合についてはすぐに結論をだすことができませんでした。最終的に、全体の進行を務めていた先生がそれぞれの試合についてやり直しの指示を出しました。試合を行った子どもと保護者に対して審判の先生が説明した後、やり直しの試合が行われ、無事に全試合を行うことができました。先生方が試合のやり直しを決定するまで、私は保護者の方のお話を聞いたり審判の先生に話を伝えたりしていました。その中で、参加している人数が多い大会を運営していくことの難しさを実感しました。もしこれが数十人で行われている大会であったならば、審判の先生がその場で試合をやり直すこともできたのですが、今回のような規模になると、個人の先生方がそれぞれ判断することは、全体の進行の妨げになる可能性があります。問題が発生したときにそれを把握し、全体を進行しながら問題に対応しなければならないという点で、このような大会の運営は大変難しいものなのだと感じました。

午後は中学生対象のシュートロボット大会が行われました。この大会は、それぞれのチームで作ったロボットを用いて卓球の球をゴールにいれていき、その点数を競うというものでした。私は、ロボットがシュートする卓球の球のセッティングや、試合後のロボットの回収を手伝いました。小学生の時とは異なり、中学生は自分で判断して動くことができるので、あまり細かい指示をする必要がありませんでした。大会中は大きな問題もなく、決勝が近づきロボットの台数・使うコート数が減ってからは、集計の手伝いやネズミ型ロボット大会で使用した器具の片づけなどを行いました。

1日という短い時間でしたが、コンテストを手伝うことで様々な経験をする事ができました。特に先生方と同じ場所で作業をさせて頂いたことで、子どもや保護者の方への対応の仕方や指示の出し方などを間近で見ることができ、大変勉強になりました。今後、今回の経験を生かしていきたいと思えます。

2. 2 さいたま市青少年宇宙科学館夏休みイベント

さいたま市青少年宇宙科学館で夏休みイベントとして開催された「夏休みワクワクものづくりコーナー」の運営（7月24日（土）、25日（日）、28日（水））、「宇宙の日 作文絵画展」の準備（8月25日（水）～27日（金））および「ペットボトルロケット大会」の試射会と本大会の運営（7月29日（木）、8月4日（水））に学生を派遣した。その時の募集用紙と学生の感想文を以下に紹介する。なお、「ペットボトルロケット大会」の謝金（図書カード）は科学館より支給された。

埼玉大学教育学部

さいたま市青少年宇宙科学館夏休みイベント学生補助員募集

I 「夏休みワクワクものづくりコーナー」の運営

- ・日時 7月24日（土）、25日（日）、28日（水）
- ・時間 午前9時～午後3時
- ・内容 参加者が行う簡単なものづくりの指導（星座プラバンづくり）

II 「宇宙の日 作文絵画展」準備

- ・日時 8月25日（水）、26日（木）、27日（金）
 - ・時間 午前9時～午後5時
 - ・9月4日（土）から開始される企画展「宇宙の日 作文絵画展」も準備（絵画の展示）
- ～I、IIのイベントについて～

- *募集人数 各回5人（3日間通して参加できることが望ましい。）
- *謝金 あり（大学の規定に従い支給。交通費はなし。）
- *昼食 当日の昼食は各自で用意してください。

III 「ペットボトルロケット大会」の本大会及び試射会の運営

- ・試射会 7月29日（木）7:00～14:00（雨天中止 7:30判断）
- ・本大会 8月4日（水）7:00～14:00（雨天中止 小雨決行 7:00判断）
【予備日 8月6日（金）7:00～14:00（雨天中止 7:00判断）】
- ・ロケット打ち上げ確認係やロケット回収係等、及び準備、片付け

- *募集人数 試射会6人、本大会（予備日）6人（3日間通して参加できれば尚可）
- *謝金 あり（一日参加で科学館より図書カード6,000円分を支給。）
- *昼食 当日の昼食は各自で用意してください。

締め切り 7月2日（金）

提出先 B棟3階エレベータ前 理科教育講座物理学教室掲示板に設置してある封筒

*質問などの問い合わせは 理科教育講座 大向 まで

応募者多数の場合には、応募の希望に添えないこともある旨ご了承ください。

-----（きりとり）-----
宇宙科学館学生補助員として、

I（7/24, 25, 28）、II（8/25, 26, 27） III（7/29, 8/4（8/6））

の活動に参加希望します。

（参加希望の日に○をつけてください。午前のみ参加可能な場合その旨記入して提出してください）

学籍番号・専修

名前

所属研究室

連絡先（携帯などの電話番号とメールアドレス）

さいたま市青少年宇宙科学館 報告書

～夏休みワクワクものづくりコーナー～

教育学部理科専修3年
08PB303 井土 大己

H22年7月24日、25日の2日間、私は宇宙科学館のイベント補助をさせていただきました。この派遣業務に応募したきっかけは友人からの誘いもありましたが、教育実習が終わり、これからの大学生活ですべきことを考えた結果でもありました。今後は実際に生徒や児童とふれあう機会をもち、さらに理科に興味を持ってもらえるような教材について学ぶことが必要だと考え、このようなイベントに参加させていただきました。

私たちが行った「夏休みワクワクものづくりコーナー」は、星座の書かれた台紙の上にプラスチック板を置き、水性マジックで星座を描き、オーブントースターで加熱するとプラスチック板が縮み、プレートができるというものでした。参加した子供は、幼稚園くらいの子から小学校中学年の子が多く、保護者の方も付き添って一緒に作業されていることもありました。十数種類の星座の台紙がありましたが、自分の星座を描



いている子は細かいところまでこだわりを持っており、集中して作業している姿が印象的でした。また、反対に全く手が進まない子もおり、改めて子供一人ひとりに対する対応の違いについて勉強することができました。さらに、今回のコーナーで使用したプラスチック板は市販の弁当のふたを使っており、身近で安価なものを使っての実験であることも学ぶことができました。

私がこの作業中最も強く感じて気をつけたことは、プラスチック板を加熱する際、その様子を見せることでした。初めは安全面からトースターから離れさせてい



見せるようにしてきました。やはり、熱を加えて変形するその瞬間に強く興味を示し、楽しんでいるようでした。理科実験でもそうであるように、安全面に気をつけ、なるべく子供達の目にその実験を見せることの大切さを確認することができました。今回の派遣業務で生の子供の反応に接することができ、学ぶことが多く、理科の教師を目指すにあたって、科学館のことも知らないといけないと感じました。今後このような機会があればぜひ参加させていただきたいと思います。



さいたま市青少年宇宙科学館での活動報告

教育学部理科専修 1 年
10PB318 小林 憲治

・応募したきっかけ

今まで小・中・高とイベントには参加するだけだったので、大学生になったという事でイベントを楽しむだけでなく、準備等の裏方の方にも参加してみようと思ひ応募しました。

・気付いた事

一言で準備と言っても、やる事が数多くあり大変でした。小さい子供とその親という組み合わせが多かったです。また、平日であったにもかかわらず、母親だけでなく父親も一緒に来ている家族がいました。子供は小学生ぐらいまでの年の子はいましたが、中学生以上となると少なかったように思いました。

・現場での感想

中学生のボランティアがいて、作品の展示に加えてプラバン作りの際には接客と客引きの方を手伝ってもらい助かりました。中学生にはプラバン作りの方は危ないという事で大学生がやることになりましたが、中学生の小さい子供の面倒見の良さ、接し方や話し方には教育現場で参考になりそうな所が沢山ありました。

個人的にはプラバン作りの際に、プラバンが縮むのを見ている子供達の反応を見て、やっているととても楽しかったのですが、プラバンが縮む時にくっついてしまいそうになる事が多々あり、失敗してはならないという事もあり、見ていてとてもハラハラしました。プラバンにはひもを通す穴があり、そこにひもを通して結んで渡すのですが、時間をあまりかけないように意識しすぎてしまい、焦ってかえって時間がかかる事がありました。不器用なりには頑張れたとは思いますが、大変でした。

プラバンは縮んだ後、カタログ等に挟んで平らにするのですが、挟んだ箇所がすぐ見つからず子供達に指摘されてしまう事もありました。

・現場での作業で注意、工夫した事

作文・絵画の展示では、絵画の大きさがそれぞれ若干異なっていたため、絵画同士が重ならないようにし、また反り返ってしまっていた作品には画鋏を壁に刺

して反らないようにしました。この時に作品自体に画鋲が刺さらないように注意しました。また展示される作品が水平になるように気を付けました。加えて、高さを統一させるために作品展示の前に細い糸を用いて高さを合わせておく事もしました。

プラバン作りでは、小さい子供に出来たばかりのプラバンを渡す際に、まだ余熱が残っているという事を子供とその親御さんに伝え忘れる事が無いように注意しました。



・今回の経験を今後どのように生かすか

今回の経験を通して、小学生ぐらいの子供達が何に関心を持っているのかという事を少しだけ分かったような気がします。これを機に、他にも何に興味を惹かれやすいのかという事を実際に見て、将来教師になった時に役立てられるようにしたいと思いました。



夏休みワクワクものづくりコーナー

教育学部理科専修2年
09PB323 高信 志穂

今回、さいたま市青少年宇宙科学館で行われる夏休みワクワクものづくりコーナーの運営に応募したきっかけは、教育および理科に関連した経験を得る良い機会だと思ったからです。さいたま市青少年宇宙科学館は初めて訪問する場所で緊張しましたが、同じ理科専修の先輩方もいらっしゃり教えていただいたのでとても楽しく行うことが出来ました。当日は、1日に2回行われる星座プラパンの運営と、キットの部品チェックを行いました。星座プラパンづくりではオーブントースターを使用したのもので、子どもたちが火傷などの怪我をしないように充分気を

付けました。星座プラパンの作成は星座の絵を写すという作業でしたが、子どもたちは真剣に取り組んでいました。だけど、周りの絵を描く作業ばかりに気が取られてしまい、星座にあまり注目していないようでした。説明するとき星座のことをきちんと説明しておけばよかったです。また、子どもたちはプラパンが熱で縮んでいく様子を不思議そうに眺めていました。なかには、どうしてなの？と聞いてくる子どももいましたが、理由はわかっているにもかかわらず説明することができませんでした。子どもたちの疑問に対して、子どもがわかるように説明する難しさを改めて体験しました。わたしは、小学校教員を目指しています。今回、たまたまこの応募を見かけて応募したのですが、本当にいい経験が出来ました。またこのような機会があれば是非参加したいです。



星座プラパン作成



キットの部品チェック

わくわくものづくりコーナーを手伝って

教育学部理科専修2年
09PB324 田中 麗

まず今回この仕事に応募したきっかけを述べたい。私は以前から、子どもたちと触れ合える仕事を学生のうちに経験してみたいと思っていた。これには、小学校の教員を目指していることと、学生のうちにいろいろな仕事をやってみたいと思っていることが影響している。実際にこのようなお手伝いに参加したのは今回が初めてであり、自分が役に立てるのかという不安を抱きながら宇宙科学館に行った。

仕事が始ってみると、館の方々は親切であり、さらに経験者がいたためにこの仕事でやるのが分かりやすく、また実際に自分用のプラパン作りを体験させてもらったことで自信を得るとともに、子どもたちの目線になってこの仕事を見られるようになったと思う。また、見本を手にしたことでその後子どもやその親御さんに説明をする際にも非常にやりやすくなったと感じた。

ものづくりコーナーのお手伝いをして、何よりもまずは子どもの真剣な表情と完成した時の笑顔に癒された。また、子どもの発する疑問や相談のレベルの高さに驚いた。私が自分用のプラパンを作らせてもらった時は、例えば使用するペンの色についてもプラパンを熱すると小さく縮むことについても、なんとなく“そ

ういうものだ”とってしまった。そして子どもも初対面の私に質問など投げかけてこないだろうし，またプラパンの完成品にのみ興味を示すものかと思っていた。しかし実際は，作る過程に対しても真剣そのものであり，その集中力には驚くものがあった。そのようにして作り出される作品はとても素敵なものばかりであり，私が数分で作ったプラパンを見本として使うのが恥ずかしくなるほどであった。また，子どもから投げかけられる素直な疑問に対して満身に答えられない自分にも悲しくなった。なんとなくの答えは浮かぶのだが，それを子どもに分かるように答えるのが想像以上に難しく，言葉を濁し，流すように答えることしかできなかった。この感覚を体験できたことが今回この仕事に参加させていただいて最もよかったと思う点である。

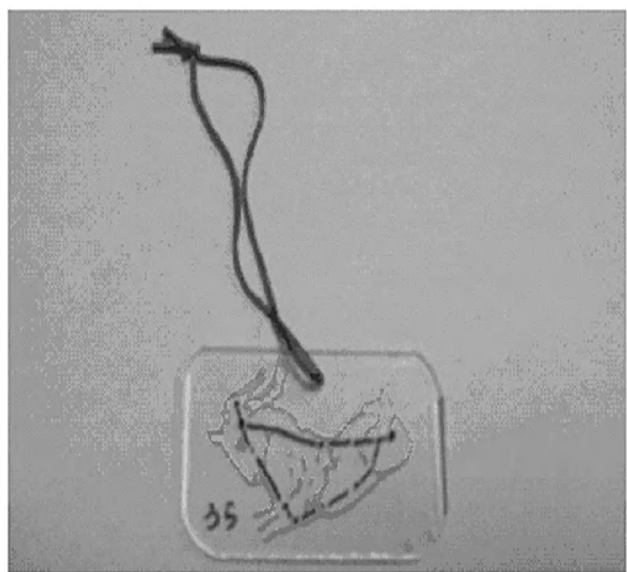
今後，このような経験をもっともっと積んでいきたいと思う。そして，想像ではなく自身の体験から子どもの気持ちや考えを理解できるようになりたいと思う。そのためにも，“学生”というこの時期を有効に活用していこうと思う。その第一歩として，今回宇宙科学館に行ったことは私に非常に大きな意味を持つものとなった。



プラパンを描くための道具



プラパンを温めているところ



見本として作ったプラパン



コーナーがない時間帯に仕分けしたパーツ

「宇宙の日 作文絵画展」報告書

教育学部理科専修1年
10PB311 落合 陸

8月25～27日の3日間さいたま市青少年宇宙科学館へボランティアに行った。1日目は中学生のボランティアの方々と小・中学生の宇宙に関する作文や絵画を展示する作業を行った。その中には宇宙のさまざまな利用の仕方があり感心させられた。展示の作業が予定よりかなり早く終わったのでその後、展望室の用具の整理を行った。その時に職員の方に天体望遠鏡の仕組みや現在の形に至るまでの改良の歴史などを聞くことができた。これは教員となった時に授業内でレンズに関したことを教える際に、その日常生活への応用のされ方のネタとして使うことができるので自分にとっていい経験となった。

2, 3日目は主にプラ板によるキーホルダー作りを行った。これはコンビニの弁当の蓋と同じ材質のプラスチックの板に星座の絵を描き、それをオーブンで加熱して収縮させ、それを冷ますとキーホルダーができるというものだ。これは幼稚園や小学生低～中学年ぐらいの年代にもものすごく人気があり、その年代の多くの子供たちと触れ合う機会があり、教師になる上でとても貴重な体験をさせてもらう事が出来た。

また、職員の方に元教員の方や埼玉大のOBの方がいたり、同じくボランティアに同じ専修の先輩がいたりしたので、休憩中や作業の合間に教師を目指す上でのこれからの大学生活で心がけておいた方がいい事などのアドバイスをもらったのでとても有意義なものとなったと感じられた。



キーホルダー作り

学生ボランティア報告書

教育学部 理科専修1年
10PB312 金子 優香

大学生活初めての夏休み、何か今までやれなかったことに挑戦してみたいと思い立ったのが5月ごろ。夏休みに入れば時間があるのだから、学生ボランティアなどで時間を使うのもいいかもしれない。そう思い、今回宇宙科学館で行われる“宇宙の日 作文絵画展”の手伝いに応募しました。

作文絵画展ということで主として掲示が仕事になりましたが、「どうやれば見やすいだろうか」「子供も見るとのだから、あまり高くは張れないなあ」などと、肉体労働よりも頭脳労働の方が大きかった気がします。子供だけでなく、その親御さんにもより快適に見ていただくため照明の位置なども念頭に置き、見やすさといった観点には特に力を入れました。また、ものづくりコーナーという催しにも参加させて頂き、星座を描いたしおり作りを通して多くの子供たちと触れ合うことができました。一日だけだったため目まぐるしく終わりましたが、小学生か、それに満たない子供にどのように物事を伝えれば良いかなどは、同年代と触れ合う

感覚では追い付けないものだという
ことだけは深く身に刻まれました。

そして今回、思いがけずも私は市内
の中学生達と一緒に作業をさせていただ
くことになり、先方からは中学生の
指示をほぼ一任すると言われ、中学教
員志望の私には貴重な体験になったと
感じます。しかし、限られた時間でど
うやれば効率が良いかなどと自分一人
ばかりで考えていて、中学生への指示
が行き届かなかった・おろそかにした
のも反省点と感じています。

今回、ボランティアという社会奉仕に加えて小・中学生と交流できたことは大
変参考になりました。子供には自主性を持つ子もいれば、誰かに引っ張られては
じめてその力を発揮する子もいる。さらに自分とは異なる年代の人との付き合い
方の難しさなど、今回学んだことは、3年次の教育実習の前段階としてだけでな
く、社会に生きる者として大変参考になりました。



「宇宙の日 作文絵画展」展示作業ボランティアの感想

教育学部理科専修1年
10PB328 傳田 晟矢

今回、さいたま市青少年宇宙科学館へ展示作業のお手伝いに行った。作業は中
学生のボランティアの方々が行ったが、教育学部に所属して教員を志望している
自分にとって、中学生とともに作業するのはよい経験になったと感じている。ま
た、科学館の職員の方々には元教員、さらには埼玉大学OBという方もいらっし
ゃり、教員を目指すにあたってのアドバイスや昔の埼玉大学の話などが聞けて、
とても有意義なものとなりました。展示している作品は小・中学生のもので未来
の宇宙の姿を描いたもの、電車や住居など様々であり、それらを見るとどこか感
心させられた。

展示作業は早々に終了してしまったため、ものづくり企画ということで、「プラ
スチック板キーホルダーづくり」というものを行った。コンビニ弁当の蓋などにも
使われている種類のプラスチックにマジックで絵を描き、加熱することで収縮、



冷ますと立派なキーホルダーのできあがりというものである。小学生以下の子ども
たちを主として、そのお母さんなど多くの方が体験してってくれた。また
も、子どもたちと触れ合う機会をただで、中学生との違いを感じ自分にとっ
て素晴らしい体験になった。

また、ロボットコンテストのコースや
ロボットのチェックを行った。科学館で
毎年ロボットコンテストを行っており、
小学生の部や中学生の部があり、そのル
ールなどを聞いた。小学生の頃から、自

分もこういう事をやってみたかったと思った。ネズミロボットを実際に動かしてみたが、ずっと壁伝いに走るようになっていて感心した。

同じ専修の3年と4年の方もこのボランティアに参加していて、講義や研究室、大学生活のことなどいろんなアドバイスをいただいた。職員の方々も空いた時間に望遠鏡の知識なども教えてくださったし、博物館の中も見て回れた。こういうときでもなければ来ることは無かったと思うのでよかったと思う。

今回のボランティアでは、実に幅広い年代の方々と会い、アドバイスを聞いたりすることもできた。また、博物館の仕事自体、もう二度とやることも無いかもしれないのでそれだけでも価値あることだったと思う。機会があればまた参加したいものだ。



学生ボランティア報告書

教育学部理科専修1年
10PB336 松本 実穂

私がボランティアに参加しようと思ったのは、この長い夏休みを大学生としてふさわしい何かに費やしたかったからです。あまりボランティアに縁が無かったけど、一学生として何か役に立つことは無いだろうか、そのような思いから参加してみようと思いました。

今回のボランティアでは偶然にも中学生と共に仕事をしました。私は将来中学（または高校）の教員になれたらいいなと思っていたので、丁度良い機会になりました。絵画をどこに貼るのか等は科学館のスタッフの方々や先輩が率先して指導して下さいましたが、絵画を貼ったりすることは中学生と一緒に楽しく作業できました。この作業を通じて中学生がどんなことを考えているのかを垣間見た気がします。

2日目にもものづくりコーナーがあり、人に説明したり教えたりすることの難しさや大変さを痛感しました。私は話すことが苦手なので、相手にきちんと説明できなかったり、伝えたいことを正確に伝えられませんでした。また、小学生やそ



れ以下の小さなお子様をお客様として迎えていた時、私たち大学生から見たものの視点ではなく、彼らの視点に立つことの大切さを実感しました。これらの事は、教育実習を行う上での教訓にしたいです。

仕事の終了時刻付近ではスタッフの方がいろいろなことを教えて下さいました。望遠鏡の歴史や、アポロ11号の月面着陸の話など、聴いてて興味が湧くものでした。同時に、人にもものを教えるには、「その指導することについてある程度、教える人自身が知識を深めたり理解していないとい

けないよ。」と仰って下さいました。まだまだ私自身ももっと勉学に励まないといけないなと身が引き締まった思いでした。

3日間、長いように思いましたが案外早く過ぎてしまったような気がしました。しかし、このボランティアからたくさんのご縁を得ることができ、実り多いものになりました。中学生は本当にみんな真面目で、一生懸命働いてました。私は、そんな彼らと将来教壇に立って触れ合える時を心から楽しみにしています。

ペットボトルロケット大会 報告書

教育学部理科専修4年
07PB306 池尾 佳夏

1. 応募したきっかけ

埼玉大学の教育学部棟の掲示板を見て応募しました。

2. 試射会の報告（記録係）

私は記録係を担当しました。記録係は4人で、仕事は以下のものでした。

- ①審査系の得点を見る。
- ②発射された台の番号を確認し、得点用紙に記録する。
- ③記録用紙を持って、掲示板に記録しに行く。

やってみて気が付いた問題点は2点ありました。得点用紙が1枚であったこと、発射台の番号が確認できないことでした。得点用紙が一枚だと、記入する人が1人であるため記入漏れや間違いが起きました。「2, 3人で記入し、最後に確認をしたほうがよい」と話していました。また、ロケットが何番の発射台から飛んできたのかを確認するときに、旗を見て確認していました。「旗をもう少し大きく、長く（発射した後まで）回してもらいたい」と話していました。

3. 大会当日の報告（記録係）

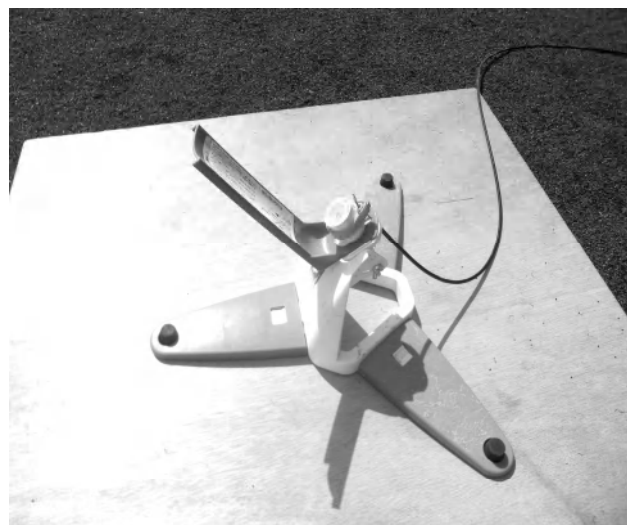
試写会での反省点を踏まえ、得点用紙は3枚になっていました。10人打ち上げ終了後に3人で得点を確認したため、大変スムーズに正確に実行できたと思います。また、『打ち上げ時の「旗」について』というプリントが、全員に朝配布されました。発射前から発射時、発射後までの旗のふり方などの約束事が書かれていました。大変分かりやすく、本番もスムーズに実行できました。

4. 全体的な感想

今大会で、よかったことは競技が大変盛り上がったことだと思います。2回の発射を終えて、12点を得点したチームが、なんと3チーム。3チームでの決勝戦



となりました。決勝戦の1回目、1チームが1得点、そしてなんと2チームが4得点！その後、再び4得点！結局、勝負がついたのは3回目でした。「なんてレベルが高いのだろう！」記録をしながら興奮してしまいました。決勝を見ていた子供たちも、興奮したに違いありません。来年への意欲がさらに湧いてきたのではないのでしょうか。また、惜しくも決勝進出はできませんでしたが、予選で10得点をたたき出したチームがありました。10点が出た瞬間、一気に会場が盛り上がりました。ペットボトルロケット大会は何が起こるかわかりません。来年、さらに進化したロケットを持って、子供たちが意欲を燃やして参加してくれるのではないかと、期待できると思いました。私は、来年から理科の教員になります。子どもたちは理科が大好きです。ペットボトル大会のような、子供たちが自然に一生懸命取り組んでしまうような、楽しんで学べるような、そんな理科の授業をしたいと思いました。今後、イベントにも参加してみたいと思います。



ペットボトル★ロケット
得点表

| ゼン | チーム名 | 1回目 | 2回目 | 合計 | ゼン | チーム名 | 1回目 | 2回目 | 合計 | 善 |
|----|----------|-----|-----|----|----|----------|-----|-----|----|----|
| 51 | チーム谷口 | | | | 76 | アカアトルネード | | | | 善前 |
| 52 | ホウモンアホロ2 | | | | 77 | ライジング | | | | 三原 |
| 53 | シリアNo.1 | | | | 78 | キラロケット | | | | 辰村 |
| 54 | 松藤スターズ | | | | 79 | 大宮ドラゴン | | | | 金村 |
| 55 | うらわスターズ | | | | | | | | | 大野 |



ペットボトルロケット大会

教育学部理科専修4年
07PB316 岡山 江梨子

私は、さいたま市青少年宇宙科学館で行われた「ペットボトルロケット大会」での運営補助を行わせていただきました。私が今回参加しようと思った動機は、以前の2月末に行われているロボット大会の運営補助に参加させていただき、今

回の夏のイベントにも参加したいと思ったからです。

私は、7月下旬に行われた試射会と8月上旬に行われた本大会の両方に参加しました。小学生以下のこども2～3人で1グループとなり、100組のこどもが参加していました。試射会の当日は残念ながら雨となってしまいました。それでもこどもたちが一生懸命ペットボトルロケットを飛ばそうとしている姿を見て、この大会に向けて頑張ってきたこどもたちの熱意が伝わってきました。本大会は快晴となり、大変暑い中で競技が行われました。こどもたちは、何回ポンプを押して空気を入れるべきなのか、風向きからどの方向に打ち上げるべきなのか等、思考錯誤している様子を見ることができました。

私は記録係を担当しました。ペットボトルロケットの着地点によって点数が異なるのですが、その点数を記録し、本部へ知らせたり掲示板に記入したりするものでした。10組ずつ発射するので、どのグループが発射し、何点獲得したのかを間違えずに記録することに気をつけました。また、ペットボトルロケットが暴発することもあり、その行方を予測し、応援している方達の安全にも留意しました。

競技の終わりにこどもたちからアンケートをいただきました。『とても楽しかった』『楽しかった』と答えてくれたこどもたちが多く、この大会に携わり、こどものたちの奮闘する姿や応援する声、そしてたくさんの笑顔を見ることができて本当によかったと感じました。しかし、その中でも『楽しくなかった』と答えたこどももいました。その理由として「うまくいかなかった」という声が多くありました。大会に向けての準備を精一杯おこなってきたが、本番で失敗してしまったそうです。

今回は競技ということで、こちら側からアドバイスを行うことはできませんでした。しかし今後、理科実験をこどもに行わせる際には、できるだけ多くのこどもが実験を成功するよう、教師がしっかりとこどもをサポートすることが大切だということを学びました。そのためにも、理科に対する意識を高く持ち、常に学び続けていこう、と強く思いました。



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22年11月7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およびその補助にあたった。参加者は地元の児童27名であり、小学3年生から中学1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、望遠鏡の製作を選択した。

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、教員が望遠鏡の簡単な紹介、レンズの原理、虫眼鏡を用いた簡単な実験(像の拡大、反転)を行い、そのあと望遠鏡の工作に着手した。教員はひとつひとつ手順を踏みながら、詳しく、十分時間をかけて進行させることを心掛けたが、なかにはスムーズに作業がすすまない児童もあり、そのような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る、実際に景色を観察するときには我先にと窓際へ走っていく姿がみられた。遠くの高速道路や工場の様子を観察できたときには、「あんなに遠くのものが、こんな大きくみえるの」と驚いていた。さらにゲーム感覚で望遠鏡を使ってもらうために、教室の壁にアニメのキャラクターを書いた紙を貼り付け、遠くから望遠鏡で名前をあてるゲームも行った。男の子組と女の子組に分けてチーム形式で競争したが、活発に話し合いながら楽しそうに取り組むことができた。最後に、望遠鏡の使用上の注意(太陽を直接覗き込まないこと)を周知徹底させ、後片付けとともに終わりの挨拶を行った。この実験教室の様子を記録として写真で撮影したので、いくつかの写真を以下で紹介する。

今回は実験教室終了後、受講した児童を対象に任意のアンケート調査を実施した。「任意」としたが、結果的に受講した児童全員が回答してくれた。その結果を後ろに示す。アンケートの結果を見ると、ほぼ全員が「楽しかった」と回答してくれた。回答の結果をみると、教員の説明のスピード、作業の難易度、実験テーマの選定など、今回の実験教室ではすべて適切であったと考えられ、参加児童は概ね満足し、理科に対する興味・関心をひくことができたと判断できる。我々と





しては満足のできる結果であった。ただし、参加した児童の年齢の幅が広がったので、中学生には今回の教員の説明が冗長で少し退屈な印象を与えたようである。多くの理科実験教室では幅広い年齢の児童が参加するケースが想定されるので、参加予定の児童の年齢層を予め把握したうえで個別対応などの対応も今後検討したい。

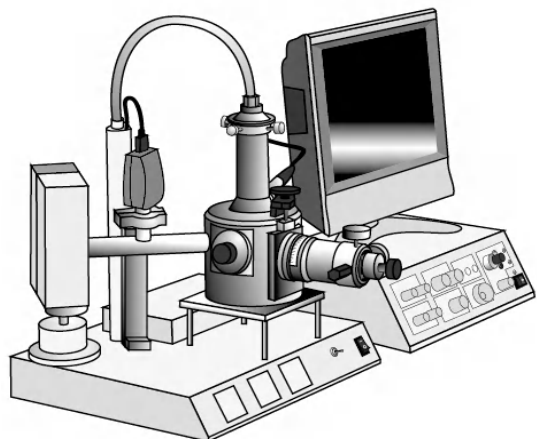
最後に今回の実験教室で印象に残ったことを記したい。今回の実験教室には、特別支援の必要な児童が1名参加していた。その児童は、実験中に発言がほとんど無く作業のスピードや観察の様子もあまりスムーズではなかったが、黙々と実験に取り組み、保護者の助けもあって、ついに最後まで望遠鏡を完成させ、観察作業も行うことができた。保護者に聞くと、通学しているクラスでは人数が少ないので集団のなかで過ごしたことがほとんど無く、物を作る（工作する）という作業に最初から最後まで自分で手を動かしながら従事した経験がなかったそうである。保護者の方は「大変良い経験ができた」と喜んでおられた。今回の実験教室はそもそも理科の学習において物を作る楽しさ、それを使って観察することのできる感動を、望遠鏡という素材を用いて子どもに伝えたかったのが取組みの動機であるが、望遠鏡という身近で適切な素材を選ぶことによって、理科実験や物づくりが理科という限られた教科をこえて児童の学習経験に影響を与えうる点に気付かされたのは大きな感動であった。



おもしろ実験教室「望遠鏡を作ってみよう」アンケート集計結果

| | | | | | | |
|---------------------------------|--|------------------|------------|------------|------------|--|
| 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 | あまり楽しなかった | ぜんぜん楽しなかった | |
| | 23人 | 3人 | 1人 | 0人 | 0人 | |
| 2 | 今日の実験で面白かったところ、また面白くなかったところを書いてください。 | | | | | |
| | 自分で作った望遠鏡が見えたのが嬉しかった。(小4・男) | | | | | |
| | レンズをつけるときが面白かった。(小3・男) | | | | | |
| | 望遠鏡を作ったところ。(小3・男) | | | | | |
| | 逆さまに見えたところ。(小3・男) | | | | | |
| | 外の車などが大きく見えたところが面白かった。(小4・男) | | | | | |
| | 望遠鏡で遠くのところに貼ってある紙を見たりしたところが楽しかったです。(小3・女) | | | | | |
| | 望遠鏡を作って景色をみたところ。(小4・男) | | | | | |
| | 上下逆さまに見えたところ。(小4・女) | | | | | |
| | 望遠鏡の仕組みが面白かった。(小6・男) | | | | | |
| | 虫眼鏡を見たら目が大きくなった。(小3・男) | | | | | |
| | 望遠鏡を使っていろいろなキャラクターを見るのが楽しかった。(小4・男) | | | | | |
| | 最後にキャラクターの名前をあてるのが楽しかった。(小5・女) | | | | | |
| | レンズをのぞいたら、さかさまに見えたのが楽しかった。(小4・女) | | | | | |
| | 始めて作ったので、とても楽しかったです。家でも作りたいです。(小5・男) | | | | | |
| | 望遠鏡で逆さの絵を見たところ。(小5・男) | | | | | |
| | 工作が楽しかった。楽しくないところなかった。(小5・女) | | | | | |
| | 観察したところ。(小4・男) | | | | | |
| | 望遠鏡が簡単に作れたのが面白かった。説明はもう少し短くわかりやすくしたほうがよいと思う。(中1・女) | | | | | |
| | 作ったところ。(小5・女) | | | | | |
| | 反対に見えているのが面白かった。(小5・女) | | | | | |
| | 望遠鏡で絵を当てていくゲームが面白かった。(小4・男) | | | | | |
| のぞいて見たら逆になっていたけどとても楽しかった。(小6・女) | | | | | | |
| 詳しく教えてくれてよかった。(小4・男) | | | | | | |
| 3 | 先生の説明はわかりやすかったですか？ | | | | | |
| | わかりやすかった | どちらかと言えばわかりやすかった | ふつう | わかりにくかった | | |
| | 21人 | 1人 | 3人 | 2人 | | |
| 4 | 今日の実験をすすめる「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 | |
| | 0人 | 2人 | 18人 | 6人 | 1人 | |
| 5 | 工作(望遠鏡)はむずかしかったですか？ | | | | | |
| | かんたんだった | すこしむずかしかった | ふつう | むずかしかった | | |
| | 16人 | 5人 | 5人 | 1人 | | |
| 6 | 望遠鏡を使って、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 | 見にくかった | ぜんぜん見えなかった | | | |
| | 20人 | 7人 | 0人 | | | |
| 7 | もっといろいろな理科の実験に参加したいですか？ | | | | | |
| | 是非参加したい | できれば参加したい | わからない | あまり参加したくない | | |
| | 23人 | 3人 | 1人 | 0人 | | |

携帯可能な小型電子顕微鏡『タイニーSEM』を持ち込み、身のまわりの物や花、葉などの拡大像を観察した。小学生24名と保護者数名が参加した。今回は特に、五感を活用して観察することに留意し、さわった感じの異なる材料や、特有の香りをもつ葉を準備し、触感や香りの秘密を電子顕微鏡で探ることを目指した。参加者は、保護者も含めて皆熱心に観察し、用意したワークシートに記録していた。活発な発言や質問もたくさんあり、実物に触れながら「ミクロの世界探検」を楽しんでいた。



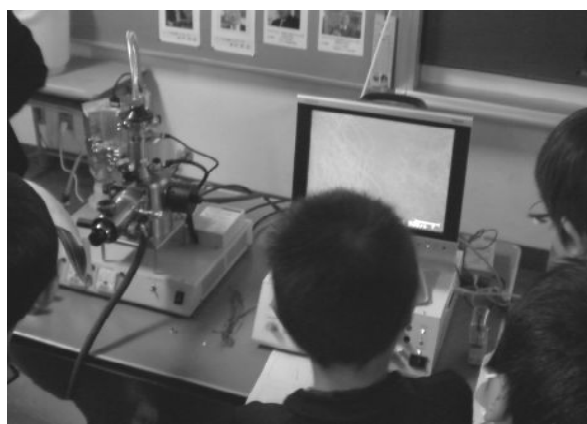
運びこんだ電子顕微鏡『タイニーSEM』



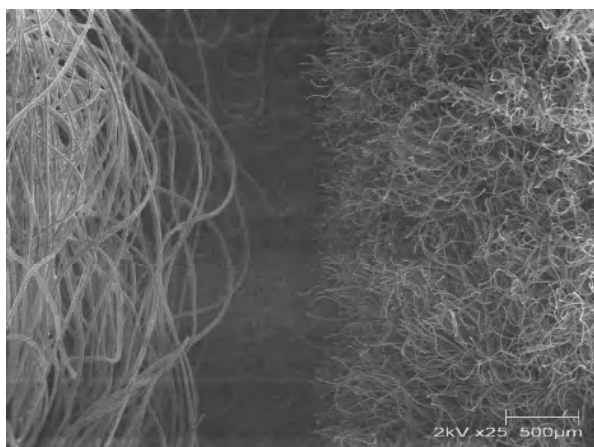
開校式，正面に電子顕微鏡観察用スクリーン



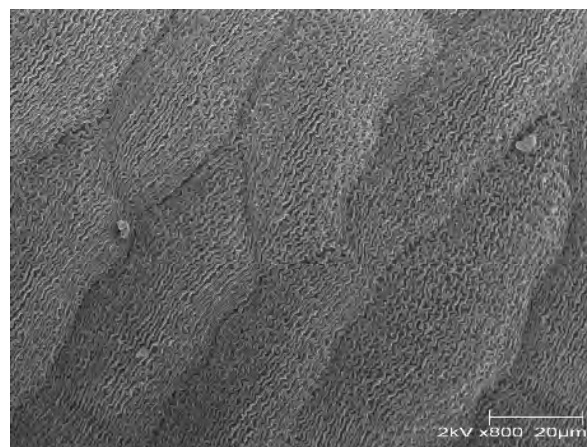
まず虫眼鏡を使って拡大観察



次に，電子顕微鏡でさらに拡大観察



アクリル糸（左）と柔らかいモール糸（右）



柔らかいシクラメン花卉の細胞表面

「三郷遊学館おもしろ実験教室」

指 導 清水 誠
授 業 者 齋藤桃子，土居彩羽
授業補助者 吾妻幹康，窪田智幸，鈴木斐洋，鶴貝昌弘
場 所 三郷遊学館
期 日 平成22年5月8日

1. 内容

(1) 大きなシャボン玉

(ア) 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欠かせないポリビニルアルコールの役割についての説明を行い，実際に大きなシャボン玉を作る．

(イ) 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ういて，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．

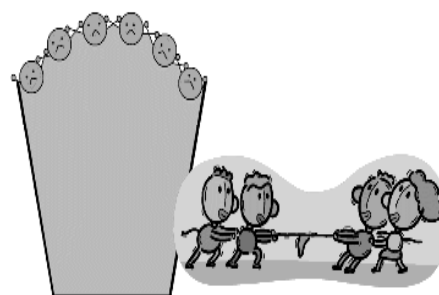
(ウ) 授業の流れ

①表面張力の説明（こぼれない水の実験）

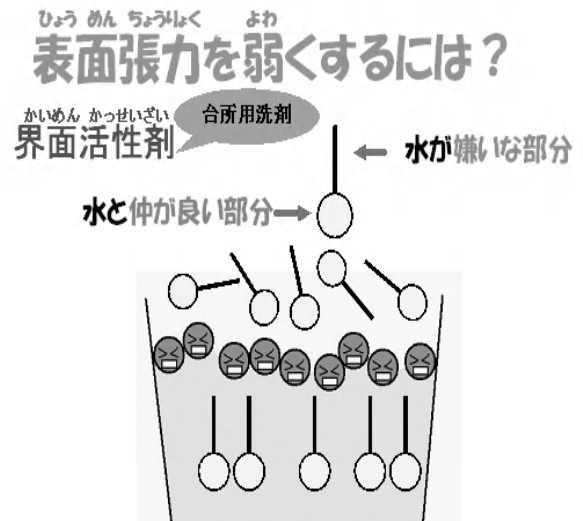
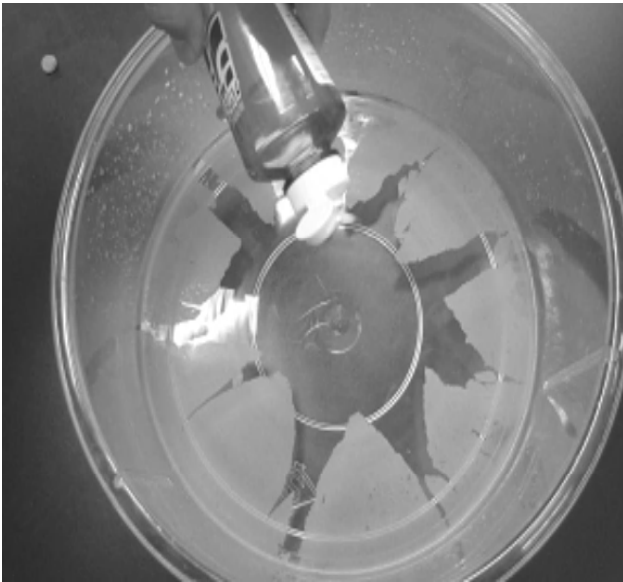


みず ちから
水の力

水には、水どうしがおたがいにひっぱりあ
い、こぼれないように、ささえあっている力
がある



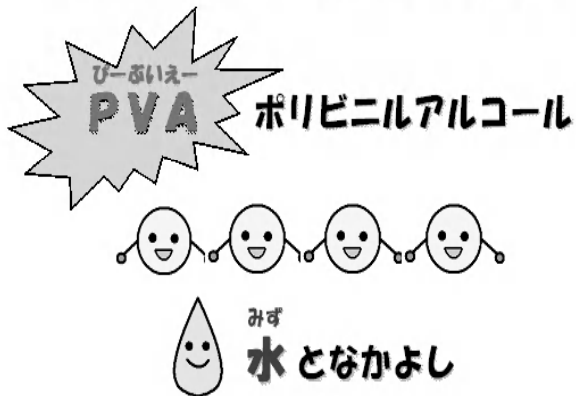
②界面活性剤の説明（チョークの実験）



③ポリビニルアルコールの説明

④大きなシャボン玉の作り方の紹介と実践

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**

シャボン液を作ろう！

水 : せんたくのり : 界面活性剤



10(500ml) : **8**(400ml) : **1**(50ml)

(2) 進め！ポンポン蒸気船

(ア) 内容

ポンポン蒸気船は、蒸気ので進む船である。アルミパイプを温めると、アルミパイプ内の水が温められ、水蒸気になる。これにより、体積が急激に増加し、アルミパイプから水が一気に噴き出て船が進む。続いて、残った水蒸気がアルミ壁を通して外の水で冷やされるので、噴き出した水のみだけアルミパイプ内が減圧状態となり、今度は水を吸いこむ。この繰り返しのよって蒸気船は前に進む。

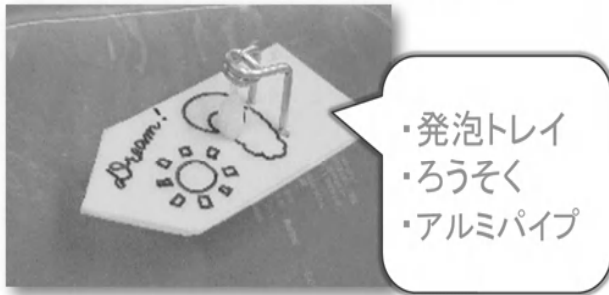
(イ) 方法

発砲トレイやアルミパイプを用いて、以下のような蒸気船を作成し、アルミパイプの中に水を入れ、ろうそくに火をつけ、水の上に浮かべて船を動かす。

(ウ) 授業の流れ

① 蒸気ので進む蒸気船の紹介

ポンポン蒸気船ってなあに？

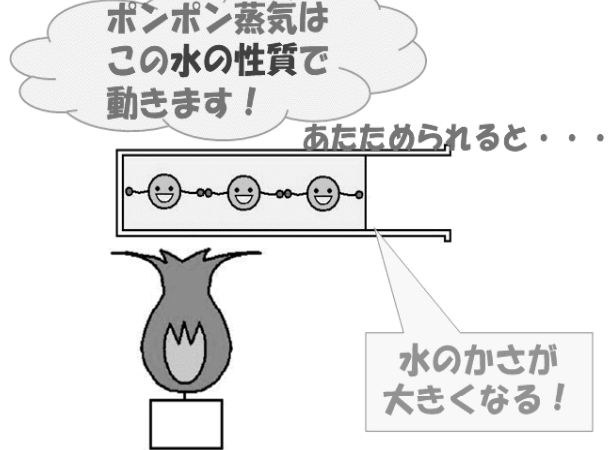


★どんなものでできているかな？

② 水の性質の説明

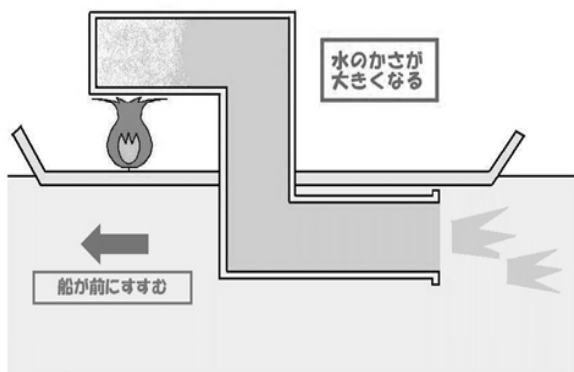
水の性質

ポンポン蒸気はこの水の性質で動きます！



③ 蒸気船が動く仕組みの説明

ポンポン蒸気船のしくみ



④ ポンポン蒸気船の作成



用意するもの

- 1、アルミパイプ
- 2、ろうそく
- 3、たけぐし
- 4、くぎ
- 5、発泡トレイ
- 6、スポイト
- 7、丸底すいそう



(エ) 実験教室の様子



ポンポン蒸気船について説明します。



このようにして蒸気船を造ろうね☆

4. 川越市小・中・大学連携理科ふれあい事業

講座名 色が変わる！？不思議な水 —身近なpH指示薬—

授業者 阿佐見直子，中山直之，長岡淳子，平沢拓馬，村田龍一
場所 川越市立高階南小学校
川越市立仙波小学校
川越市立大東東小学校
期 日 平成22年9月28日，9月30日，10月19日

1. テーマ：色が変わる！？不思議な水

2. 授業内容

(1) 内容

pH指示薬を使って，液性を調べる実験を行う．この実験により，液性について児童の理解を深めると同時に，身近なものを使って液性を調べることができることを説明する．

(2) 方法

pH指示薬には，リンゴの色素，ブドウジュース，紫キャベツ，BTB溶液の4種類を用いる．これらの指示薬を用いて，塩酸とレモン汁，水，炭酸ナトリウム水溶液，水酸化ナトリウム水溶液の液性を調べる．

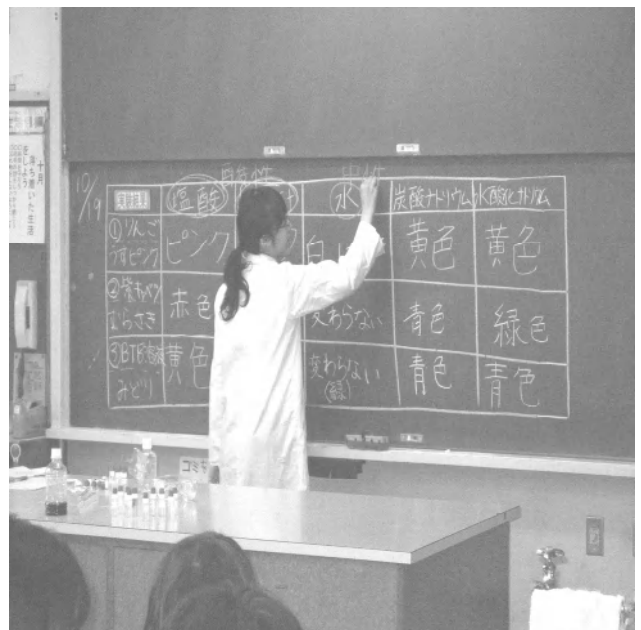
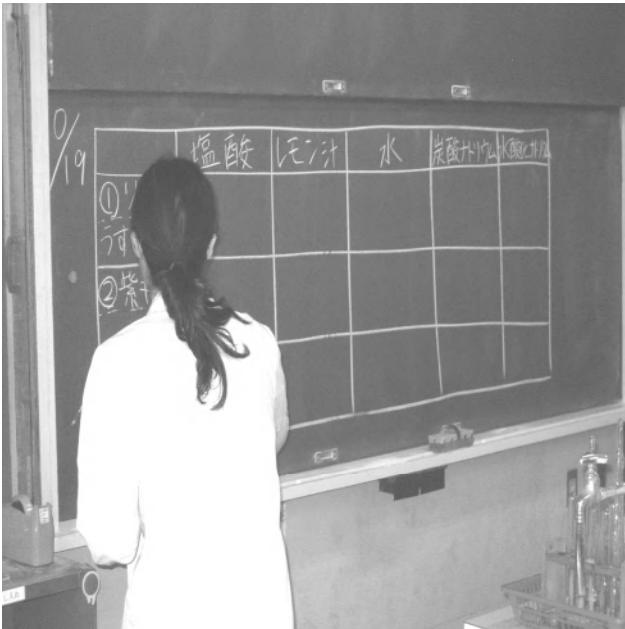
(3) 授業の流れ

- ①液性についての説明
- ②pH指示薬を用いて液性を調べる実験
- ③pH指示薬として使った液体の紹介

(4) 実験教室の様子

劇的に色が変化する様子を見て，児童は大変嬉しそうな声をあげていた．身の周りにあるものを使って，液性を調べることができることを知り，理科のおもしろさを改めて実感できたと考えられる．





講座名「大きなシャボン玉をつくろう」

授業者 齋藤桃子, 我妻幹康, 鶴貝昌弘
授業補助者 土居彩羽, 鈴木斐洋, 高橋佳奈枝
学 校 (1) 川越市立寺尾小学校
(2) 川越市立新宿小学校
(3) 川越市立霞ヶ関北学校

期 日 平成22年10月14日, 10月21日, 10月27日

実験内容, 方法, 授業の内容については, 三郷おもしろ理科実験教室と同様です。

実験教室の様子



どこまで水が入るでしょうか？
(表面張力の実験)



シャボン玉の中から観る世界に感動！！



ながーいシャボン玉を作ることができました。 顔よりも大きなシャボン玉だ！



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である。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。

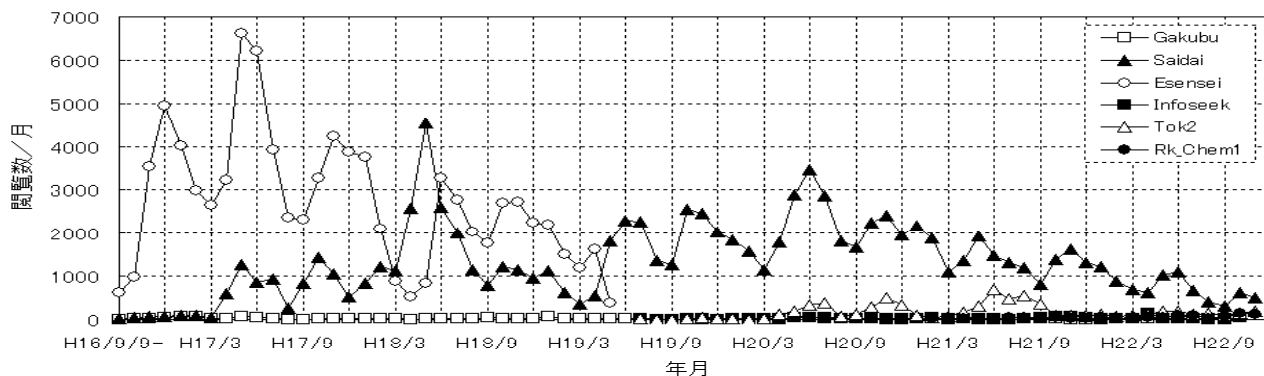


図1 閲覧数の推移（記録開始H16年9月10日）

| | | |
|------|----------|---|
| 本館 | Saidai | http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/ |
| 新館 | Rikasuki | http://rikadaisuki.edu.saitama-u.ac.jp/~chem1/ |
| 縮小版1 | Gakubu | http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/ |
| 別館2 | Infoseek | http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/ |
| 別館3 | Tok2 | http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/ |

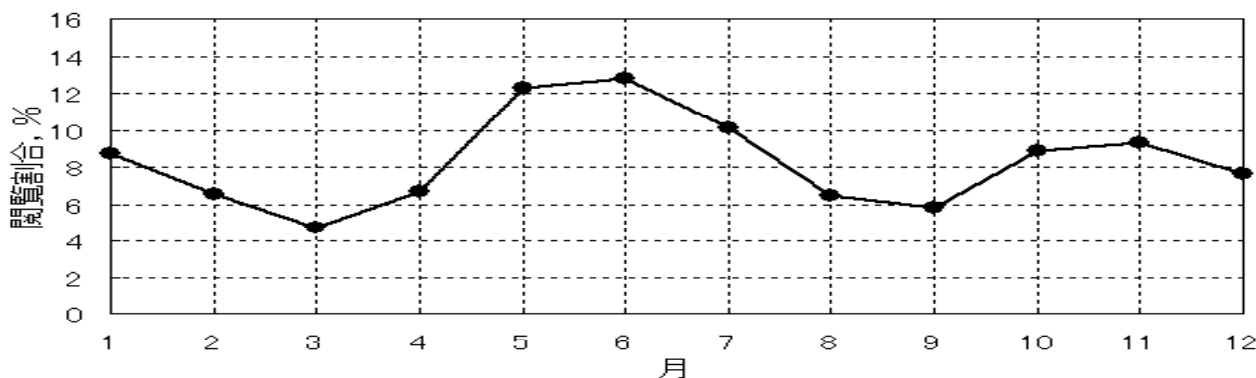


図2 閲覧数の年間変動

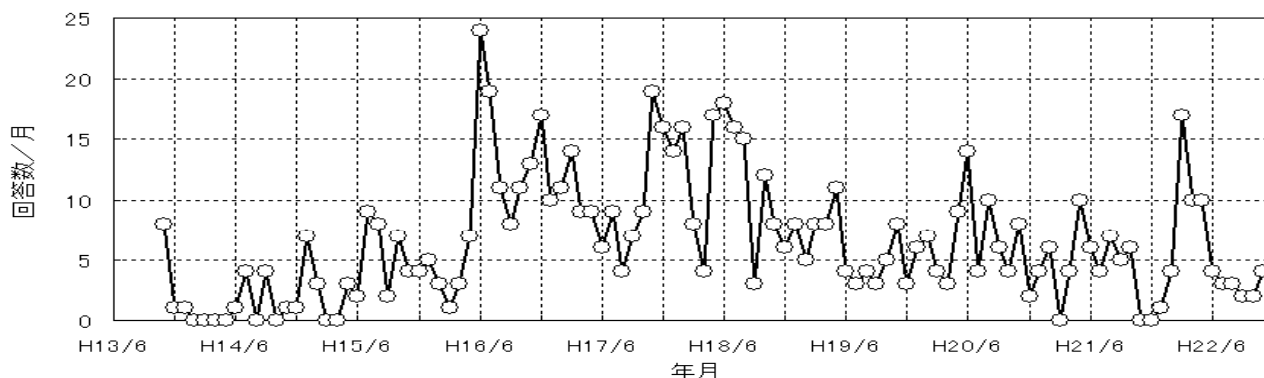


図3 回答数の推移

質問者数の内訳は、質問内容から考えて、多いほうから順に、高校生、大学生 > 企業等 ≧ 教員(小学校～高校教員)、中学生、一般 ≧ 小学生である(表1)。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 |
| 計 | 8 | 37 | 266 | 226 | 41 | 96 | 37 | 711 |
| % | 1.1 | 5.2 | 37.4 | 31.8 | 5.8 | 13.5 | 5.2 | 100 |

平成22年度には11月下旬現在で60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よう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：田部井裕介 日時：2009年12月03日 15時28分23秒

お忙しいところ大変恐縮ですが、ご教授いただきたいことがあり質問させていただきました。12%の次亜塩素酸ナトリウムと8.5%の希塩酸を軟水に希釈混合していくと、pH7では次亜塩素酸HC10 76%と次亜塩素酸イオンC10⁻ 24%の水溶液が得られます。HC10は非常に殺菌力が強く、反応が速いので、食品の殺菌や製造ラインの洗浄に使用されています。この水溶液をボトル詰めした商品を扱っているのですが、紫外線に当てたり長期保存しておくとも、pHがさがり遊離塩素濃度も下がっていきます。文献によれば、このような水溶液では、pHが5.5くらいのときに次亜塩素酸濃度が最も高くなり、ほぼ100%になると記されているのですが、水溶液を放置してpHが下がった状態では、次亜塩素酸濃度も下がっているのではないかと思っています。そこで放置してpHが下がった水溶液中の次亜塩素酸HC10を定量する方法を教えてくださいませんか。よろしく願います。

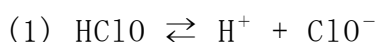
名前：芦田 実 日時：2010年01月03日 14時50分00秒

田部井裕介 様

質問629 お忙しいところ大変恐縮ですが、ご教授いただきたいことがあり質問させていただきました。12%の次亜塩素酸ナトリウムと8.5%の希塩酸を軟水に希釈混合していくと、pH7では次亜塩素酸HC10 76%と次亜塩素酸イオンC10⁻ 24%の水溶液が得られます。HC10は非常に殺菌力が強く、反応が速いので、食品の殺菌や製造ラインの洗浄に使用されています。この水溶液をボトル詰めした商品を扱っているのですが、紫外線に当てたり長期保存しておくとも、pHが下がり遊離塩素濃度も下がっていきます。文献によれば、このような水溶液では、pHが5.5くらいのときに次亜塩素酸濃度が最も高くなり、ほぼ100%になると記されているのですが、水溶液を放置してpHが下がった状態では、次亜塩素酸濃度も下がっているのではないかと思っています。そこで放置してpHが下がった水溶液中の次亜塩素酸HC10を定量する方法を教えてくださいませんか。よろしく願います。

回答 多忙中につき仮の回答をお送り致しましたが、資料を調査し推敲を重ねた正式な回答が遅くなって大変申し訳ありませんでした。

次亜塩素酸HC10と次亜塩素酸イオンC10⁻および水素イオンH⁺の間には水中で化学平衡が存在します。



例えば、何らかの化学反応でHC10が消費されると、式(1)で表す化学平衡が瞬時に左に移動し、濃度関係が異なる別の化学平衡に到達します。さらに、当然ながら次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンの濃度の和が減少します。別の場合として、希塩酸を添加すれば、式(1)で表す化学平衡がやはり瞬時に左に移動し、別の化学平衡に到達します。さらに、希塩酸を添加した分だけ体積が増加しますので、それにより次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンの濃度の和が減少します。この様な理由で、酸化・還元滴定では次亜塩素酸HC10のみを定量することができません。すなわち、次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンの濃度の和Cしか測定できません。さらに、後述の自己分解が起こっている場合には塩素酸HC10₃等の濃度も関係してくる恐れがあります。もしも、化学反応を伴わず、化学平衡に影響を与えない様な分光学的な方

法等があれば、次亜塩素酸のみを定量することができますが、やはりこれについては今のところ思い当たりません。

pH7で次亜塩素酸が76%で、次亜塩素酸イオンが24%と書かれていますが、これらの値は次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンのみの相対的な割合であり、絶対的な濃度としての意味を持ちません(定義が異なります)。最初の濃度が12%と8.5%であり、それらを希釈混合したのですから、濃度が増加する訳がありません。したがって、次亜塩素酸の相対的な割合を定量しようとしているのであれば、測定する意味が全くありません。次亜塩素酸の酸電離定数 K_A とpH(すなわち水素イオン濃度 $[H^+]$)を式(1)の化学平衡に適用すれば、計算で求められると思います。

$$(2) K_A = [H^+][ClO^-] / [HClO] = 2.95 \times 10^{-8} \text{ mol/L}, \quad [H^+] = 10^{-pH} \text{ mol/L},$$

$$C = [HClO] + [ClO^-] \text{ mol/L}$$

$$(3) [HClO] = C[H^+] / (K_A + [H^+]), \quad [ClO^-] = CK_A / (K_A + [H^+])$$

例えば、pH=7のとき $[H^+] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ 、 $[HClO] = 0.772C \text{ mol/L}$ 、 $[ClO^-] = 0.228C \text{ mol/L}$ ですから、次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンのみの相対的な割合は、

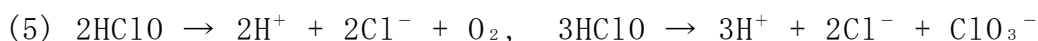
$$(4) 100[HClO] / C = 100[H^+] / (K_A + [H^+]) = 77.2\%,$$

$$100[ClO^-] / C = 100K_A / (K_A + [H^+]) = 22.8\%$$

になります。さらに、pH=5.5のとき $[H^+] = 3.16 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ 、 $[HClO] = 0.991C \text{ mol/L}$ 、 $[ClO^-] = 0.009C \text{ mol/L}$ ですから、次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンのみの相対的な割合は99.1%と0.9%になります。

次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンのモル濃度の和Cを酸化・還元滴定で求めるには普通、次のようなヨウ素滴定を使用します。測定試料に大過剰のヨウ化カリウムKI水溶液と酢酸(または硫酸)を加えて混合します。しばらく放置して、生じた赤褐色のヨウ素 I_2 を濃度既知のチオ硫酸ナトリウム $Na_2S_2O_3$ 水溶液で滴定します。当量点付近で溶液の色が黄色になったら、デンプン溶液を加えて色を濃くして見やすくし、無色透明になる当量点を見極めます。なお、自己分解による塩素酸 $HClO_3$ 等の濃度に注意して下さい。参考として、質問590の回答および私のホームページの「溶液の作り方」の中の「酸化・還元滴定(ヨウ素滴定)」のシミュレーションをご覧ください。

次亜塩素酸 $HClO$ は水溶液中で不安定(殺菌力や反応性が強い)で、自己分解(不均化)するそうです。このとき生じる塩酸 HCl や塩素酸 $HClO_3$ は強酸ですから、水中で完全電離していると仮定できると思います。例えば、



しかし、水素イオンは希釈混合した希塩酸から生じた物と分解で生じた物が区別できませんから、それらを合わせた濃度が式(1)～式(4)に関係します。したがって、分解が進むに連れて当然ながらpH、遊離塩素濃度、次亜塩素酸濃度 $[HClO]$ 、次亜塩素酸イオン濃度 $[ClO^-]$ および次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンのモル濃度の和Cが減少していきます。逆に、水素イオン濃度 $[H^+]$ および次亜塩素酸と次亜塩素酸イオンのみの中で次亜塩素酸の相対的な割合 $100[H^+] / (K_A + [H^+])$ が増加していきます。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：田部井裕介 日時：2010年01月07日 10時22分52秒

芦田先生

ご丁寧な回答，ありがとうございました．大変参考になりました．

名前：秋田 和久 日時：2010年02月23日 13時43分07秒

海水中に含まれるアンモニア態窒素の化学分析を行う際に，海水中のMgとCaのマスクング剤としてEDTA2Na・2H₂O（2 mol/L）を用いているのですが，外気温が低下するとEDTA2Na・2H₂Oが析出してしまいます．そこでEDTA2Na・2H₂Oの溶解量を減らそうと思うのですが，EDTA2Na・2H₂Oの溶解度曲線がわかりません．お忙しいところすみませんが，EDTA2Na・2H₂Oの溶解度曲線もしくは，溶解度曲線の求め方を教えていただけないでしょうか．

名前：芦田 実 日時：2010年02月25日 13時55分00秒

秋田 和久 様

質問630 海水中に含まれるアンモニア態窒素の化学分析を行う際に，海水中のMgとCaのマスクング剤としてEDTA2Na・2H₂O（2 mol/L）を用いているのですが，外気温が低下するとEDTA2Na・2H₂Oが析出してしまいます．そこでEDTA2Na・2H₂Oの溶解量を減らそうと思うのですが，EDTA2Na・2H₂Oの溶解度曲線がわかりません．お忙しいところすみませんが，EDTA2Na・2H₂Oの溶解度曲線もしくは，溶解度曲線の求め方を教えていただけないでしょうか．

回答 質問文中に誤りがあるようで，意味がよく理解できません．この様な質問は本来なら削除対象です．

純水へのEDTA2Naの溶解度は下表の通りです．この値は化学便覧基礎編Ⅱ（丸善）に載っていますので，詳細についてはそちらをご覧ください．純水ではなく，水酸化ナトリウム等を添加してpHを変えた溶液中では，EDTA2Naの溶解度が著しく変化しますので注意して下さい．EDTA2Naは酸性水溶液中ではEDTAに変化して水に溶け難くなり，塩基性水溶液中ではEDTA4Naに変化して水に良く溶けるようになります．室温付近で，下表のEDTA2Naの溶解度をモル濃度に換算すると約0.3mol/Lになり，質問文中の濃度の溶液はとうてい作れません．塩基を添加してEDTA4Naに変えても作れないように思います．さらに，海水中のMgとCaの合計濃度は約0.06 mol/Lだと思えますので，質問文中のような高濃度にする意味が理解できません．質問文中の濃度の溶液が，海水に添加する前のストック溶液の濃度ならば，ストック溶液を作るときの濃度を半分にして，添加量を2倍にすれば良いと思います．

純水へのEDTA2Naの溶解度の温度変化（無水物としての質量百分率）

| 温度，℃ | 0.5 | 10 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 98 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| EDTA2Na, mass% | 10.6 | 10.7 | 11.2 | 11.8 | 12.8 | 14.2 | 15.5 | 17.0 | 22.2 | 27.0 |

埼玉大学教育学部理科教育講座

名前：砂庭 広季 日時：2010年02月13日 16時15分01秒

500L, pH 7 の液体を炭酸水素ナトリウムを用いてpH9.3の溶液にしたいのですが, 計算式を教えてください. よろしくお願いします.

名前：芦田 実 日時：2010年02月25日 23時45分00秒

砂庭 広季 様

質問631 500L, pH 7 の液体を炭酸水素ナトリウムを用いてpH9.3の溶液にしたいのですが, 計算式を教えてください. よろしくお願いします.

回答 この質問には正答が存在しません. 問題点が2つあります. 1つ目の問題点は, 純粋な水を空気中に放置すると, 空気中の二酸化炭素がしだいに溶け込んで, pHが約5.5まで低下していきます. したがって, 質問文中の液体にはpH緩衝作用のある薬品が添加されていると思います. しかし, その濃度が書かれていませんので, 計算しようがありません. 2つ目の問題点は, 炭酸水素ナトリウムが水に溶けて生じる炭酸水素イオンは, 水酸化物イオンを生じる可逆反応と水素イオンを生じる可逆反応の両方に関係します. したがって, この2つの反応が打ち消しあって, 炭酸水素ナトリウムをいくら添加してもpHが約8.3までしか増加しません. 炭酸水素ナトリウムではなく, 炭酸ナトリウムをpHメーターで監視しながら添加していけば, pH9.3に容易に到達できます. ただし, 空気中の二酸化炭素の影響は依然として残ります. pH9.3に保つための最も良い方法は, 適切なpH緩衝液を添加することだと思います.

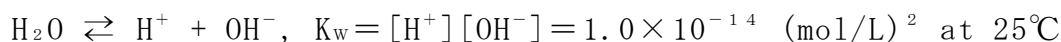
以下は単なる参考です. 空気中の二酸化炭素の影響が全く無い実験条件で, 純粋な水に炭酸ナトリウムを溶かした場合のpHは, 次の式を連立させて求めます. 最初に, 炭酸ナトリウム Na_2CO_3 が完全に電離すると仮定します.



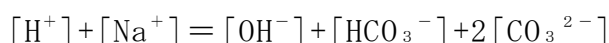
生じた炭酸イオン CO_3^{2-} が次の2つの可逆反応に関係します. 炭酸 H_2CO_3 の電離反応より, その電離定数 K_1 と K_2 は



水の電離反応より, 水のイオン積 K_w は



混合液中の正電荷の総数(濃度)と負電荷の総数(濃度)は等しい(電気的中性)ので,



混合液中で炭酸は分子 H_2CO_3 かイオン HCO_3^- と CO_3^{2-} のどれかの状態で存在するので, それらの濃度の和は炭酸ナトリウムの初濃度 C に等しい.

$$C = [\text{H}_2\text{CO}_3] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{CO}_3^{2-}]$$

ナトリウムイオンは水中で安定なので、初濃度Cの2倍に等しい。

$$2C = [\text{Na}^+]$$

以上の式を連立させて、水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ を求め（複雑な式になるので省略）、その値から水素イオン指数pHを求めます。

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

参考として、私のホームページの「計算と作図&溶液の作り方」内の「酸・塩基滴定（混合滴定）」をご覧ください。炭酸水素ナトリウムと水酸化ナトリウムの濃度と体積を全て0にして数値読込をクリックし、シミュレーションを開始した直後の塩酸滴下前のpHが9.3になるような、炭酸ナトリウムの初濃度を求めれば良いはずですが、この初濃度は $C = 2.2 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ になりますので、純水500Lに炭酸ナトリウム無水物（105.99g/mol）を添加する場合には1.17g、炭酸ナトリウム十水和物（286.14g/mol、風解に注意）を添加する場合には3.15gと計算できます。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：noah 日時：2010年02月07日 12時45分53秒

塩酸で鉄を溶解したときの鉄分の分析方法について教えていただきたいのですがよろしくお願ひします。普通にヨウ素滴定法のように、塩酸にヨウ化カリウムを入れてチオ硫酸ナトリウムで滴定するだけでいいのでしょうか？その前に何か処理をしてから行ったほうがいいのでしょうか？

名前：芦田 実 日時：2010年02月28日 16時45分00秒

noah 様

質問632 塩酸で鉄を溶解したときの鉄分の分析方法について教えていただきたいのですがよろしくお願ひします。普通にヨウ素滴定法のように、塩酸にヨウ化カリウムを入れてチオ硫酸ナトリウムで滴定するだけでいいのでしょうか？その前に何か処理をしてから行ったほうがいいのでしょうか？

回答 鉄(II)イオンとヨウ素イオンおよびチオ硫酸イオンは酸化・還元反応しないと思います。これらを混合した場合には、チオ硫酸イオンが酸性で自己分解し、イオウを生じて白濁すると想像します。通常は、鉄(II)イオンは硫酸酸性で過マンガン酸カリウムで滴定して分析すると思います。しかし、この質問の場合には、鉄を溶解したときの過剰の塩酸と塩素イオンが残っています。これらの中の塩素イオンが過マンガン酸イオンによって、同時にゆっくりと酸化されて塩素ガスを発生し、定量性が損なわれると思います。前処理として、加熱して塩化水素ガスを追い出そうとすると、鉄(II)イオンの一部が水中の溶存酸素で酸化されたり、さらに加水分解して水酸化物等の沈殿を生じると思います。

別の方法として、1,10-フェナントロリンを鉄(II)イオンの3倍モル以上添加し

て錯体を作り、可視スペクトルを測定して、波長510nmにおける吸光度から鉄(II)イオンの濃度を決定したらどうですか。この場合にも、高精度で分析するためには、鉄表面の鉄(III)酸化物や水中の溶存酸素による鉄(II)イオンの酸化の影響を除くために、還元剤(塩酸ヒドロキシルアミン、アスコルビン酸など)で前処理する必要があると思います。詳細については、私のホームページの質問614, 292, 220など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：山本大樹 日時：2010年02月27日 13時51分25秒

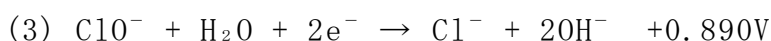
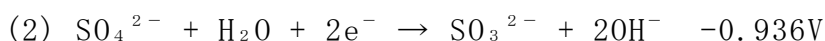
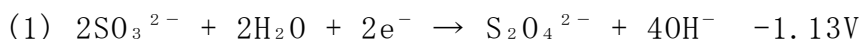
次亜塩素酸ソーダの残留塩素を無水亜硫酸ソーダ或いはヒドロサルファイトで中和処理したいのですが、どちらの方が量が沢山いるのですか？出来ればそれぞれの反応式も教えてください。

名前：芦田 実 日時：2010年02月28日 23時45分00秒

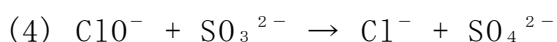
山本大樹 様

質問633 次亜塩素酸ソーダの残留塩素を無水亜硫酸ソーダあるいはヒドロサルファイトで中和処理したいのですが、どちらの方が量が沢山いるのですか？できればそれぞれの反応式も教えてください。

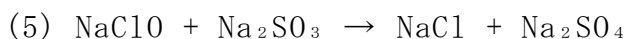
回答 塩基性水溶液中で関係する半反応と標準電極電位は



2つの半反応を組み合わせたとき、より負側のものが左に、より正側のものが右に進みます。そこで、次亜塩素酸ナトリウムを亜硫酸ナトリウムで中和する場合には、式(3)から式(2)を引いて



さらに、反応に無関係なナトリウムイオンを補うと



次亜塩素酸ナトリウムをヒドロサルファイトナトリウム(亜二チオン酸ナトリウム)で中和する場合には、式(3)から式(1)を引いて

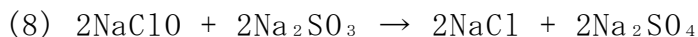


さらに、反応に無関係なナトリウムイオンを補うと



亜二チオン酸イオン1つから亜硫酸イオン2つが生じますので、さらに式(5)を2

倍した反応が続いて起こります。



したがって、1 mol (=126g) の無水亜硫酸ナトリウム (純度97%以上) で中和できる次亜塩素酸ナトリウムは1 mol, 1 mol (=174g) のヒドロサルファイトナトリウム (亜二チオン酸ナトリウム, 純度75%以上) で中和できる次亜塩素酸ナトリウムは3 molになります。ただし、ヒドロサルファイトナトリウムの方が同じ質量当たりの価格が高く、純度も悪いと思います。純度まで考慮すると1 molの次亜塩素酸ナトリウムを中和するのに、約77gのヒドロサルファイトナトリウムが必要になります。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：山本大樹 日時：2010年03月04日 21時32分41秒

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実 殿

ご丁寧に教えていただきありがとうございます。大変よくわかりました。ご教授して頂いた内容を今後活かして生きたいと思います。

名前：芦田 実 日時：2010年03月01日 19時15分00秒

質問634 リトマス紙の簡単な作り方を教えて下さい。

回答 リトマス紙そのものを作るには、化学薬品のリトマスの粉末を水に溶かし、微量の塩酸 (またはアンモニア水) 等を加えて赤色 (または青色) にし、ろ紙 (またはコーヒーのフィルター, キッチンペーパー等) に浸み込ませて乾燥させればできます。

リトマス紙と同様のpH試験紙を作りたいなら、例えば紫キャベツを千切って焼酎や水に浸し (またはお湯で煮て)、ろ紙等に浸み込ませて乾燥させればできます。実験したことはありませんが、赤カブやリンゴの皮、紫イモ等でも紫キャベツと同様の方法で作れる可能性があります。その他に、グレープジュースを薄めて、ろ紙に浸み込ませて乾燥させても作れる可能性があります。ただし、これらは長持ちしないかもしれません。参考として、下記の私のホームページの身近なpH指示薬をご覧ください。

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

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

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

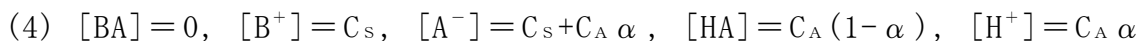
名前：芦田 実 日時：2010年03月04日 13時30分00秒

質問635 特定のpHを持つ緩衝液の設計方法を教えてください。

回答 pH緩衝効果 (H^+ または OH^- の電離平衡)のみで、共存する他の化学物質とそれ以外の化学反応 (例えば酸化・還元反応や錯体形成反応など)をしない必要があります。もしも、化学反応したならば、濃度が減少してpH緩衝効果が小さくなったり、緩衝効果するpH位置がずれる恐れが生じます。ゆえに、pH変化に影響する他の化学物質よりも十分に大きい濃度である必要があります。pH緩衝液は、弱酸とその塩の混合物 (例えば酢酸と酢酸ナトリウム)の水溶液または弱塩基とその塩の混合物 (例えばアンモニア水と塩化アンモニウム)の水溶液になっています。そこで、弱酸HAとその塩BAの混合物の水溶液のpHを考えてみます。酢酸ナトリウムの様な塩BA (初濃度 C_s)は水中で完全電離すると仮定できます。酢酸のような弱酸 (初濃度 C_A)は水中でわずかに電離し、化学平衡 (酸電離定数 K_A)になります。このとき、酸としての水よりも弱酸が十分に強く、水の電離が無視できる ($pH < 6$)と仮定します。



A^- が共通イオンになって区別できませんので、式(1)と式(2)のどちらから生じても、生じてしまえば両方の式に関係します。ゆえに、その濃度 $[A^-]$ は式(1)と式(2)から生じたものの和で扱わなければなりません。したがって、HAが単独で水に溶けている場合と比較して、式(2)の化学平衡は左に偏っています。このときの式(2)の電離度を α ($1 \gg \alpha$ と仮定)とすると、各化学種の濃度は



式(4)を式(3)に代入して α 、 $[H^+]$ とpHを求めます。

$$(5) \alpha = [-C_s - K_A + \{(C_s + K_A)^2 + 4C_A K_A\}^{1/2}] / (2C_A) \doteq K_A / C_s$$

$$(6) [H^+] = [-C_s - K_A + \{(C_s + K_A)^2 + 4C_A K_A\}^{1/2}] / 2 \doteq C_A K_A / C_s$$

$$(7) pH = -\log_{10} [H^+] = -\log_{10} \{[-C_s - K_A + \{(C_s + K_A)^2 + 4C_A K_A\}^{1/2}] / 2\} \\ \doteq -\log_{10} (C_A K_A / C_s) \doteq pK_A - \log_{10} (C_A / C_s)$$

式(7)で $C_A = C_s$ のときpH緩衝効果が最も大きく、そのときのpHは pK_A になります。なお、pH緩衝液でも酸や塩基を添加すると、pHが完全に一定ではなく、添加量が多いほどpHが変化します。また、最初に仮定したように上の計算は $pH < 6$ の範囲で使用できます。pH範囲が $6 < pH < 7$ の計算は式が非常に複雑になりますので省略します。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

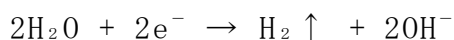
名前：芦田 実 日時：2010年03月05日 00時05分00秒

質問636 水酸化ナトリウム、炭酸ナトリウム、水酸化カルシウムの色、形状、製法 (製法名と反応式)、性質、主な用途を教えてください。

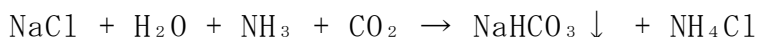
回答 この質問に関する内容は、高校化学の教科書等に記載していますので、詳細についてはそちらをご覧ください。

水酸化ナトリウムは白色粒状 (米粒よりも大きい) で、空気中の水分を吸収し

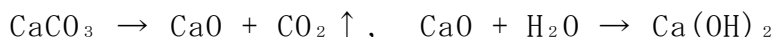
てベトベトになります(潮解性)。水に多量に溶けて強塩基性を示し、二酸化炭素を吸収します。パルプ、染料、石けん等の製造に使用します。塩化ナトリウム水溶液を電気分解し、陰極付近の水溶液を濃縮して水酸化ナトリウムを作ります。電気分解するとき、陽極で発生する塩素と水酸化ナトリウムが反応し易いので、容器を陽イオン交換膜で仕切ります(イオン交換膜法)。



炭酸ナトリウムは白色粉末で、無水物と十水和物があります。炭酸ナトリウム十水和物は34℃で結晶水を放出し、その水に溶けます。また、空气中で結晶水の一部を失い、炭酸ナトリウム一水和物に変化していきます(風解)。水に溶けると、加水分解して強塩基性を示します。さらに、塩酸と反応して二酸化炭素を発生します。ガラス、石けん、水酸化ナトリウム、パルプ、染料等の製造に使用します。塩化ナトリウムの飽和水溶液にアンモニアを十分に溶かし、二酸化炭素を通じると、炭酸水素ナトリウムが沈殿します。さらに、これを熱分解して炭酸ナトリウムを作ります(アンモニアソーダ法またはソルベール法)。



水酸化カルシウムは白色粉末で、少し水に溶けて強塩基性を示し、二酸化炭素を吸収して、炭酸カルシウムの白色沈殿を生じます。建築材料(しっくい、石灰モルタル)や酸性土壌の中和剤、さらし粉の原料等に使用します。炭酸カルシウム(石灰岩や大理石)を強熱して酸化カルシウム(生石灰)を作ります。さらに、これを水と反応させて水酸化カルシウム(消石灰)を作ります。



埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年03月09日 00時15分00秒

質問637 EDTAの合成について少し聞きたいことがあります。クロロ酢酸を水酸化ナトリウムで中和するとき、液温が20℃を超えてはいけないのはなぜですか？EDTAの溶解度がpHに依存するのはなぜですか？EDTAのクロロ酢酸からの合成で、塩酸を入れてpHを2に調整してEDTAを析出させるときに、塩酸を入れ過ぎるとEDTAが析出しないのはなぜですか？

回答 このホームページは無機化学系(または物理化学系)の研究室で作っています。この質問は守備範囲を大きく超えています。想像を含めて一応回答しますが、不正確で誤りを含んでいる可能性があります。詳細については、有機化学や有機合成および分析化学の専門家に質問して下さい。

クロロ酢酸を水酸化ナトリウムで中和するとき液温が20℃を超えてはいけない理由は、酸・塩基の中和反応だけでなく別の反応が起こるためだと思います。例えば、水酸化物イオンが求核置換反応して、塩素イオンと2-ヒドロキシ酢酸(グリコール酸)等が生じることが想像されます。EDTAの溶解度がpHに依存する理由は、カルボキシル基が4つありますので、それらがpHに依存して4段階に電離し、

イオンの価数が変化するためだと思います。塩酸を入れ過ぎるとEDTAが析出しない理由は、水素イオンがEDTA分子の窒素に配位結合して、再びイオンになるためだろうと想像します。

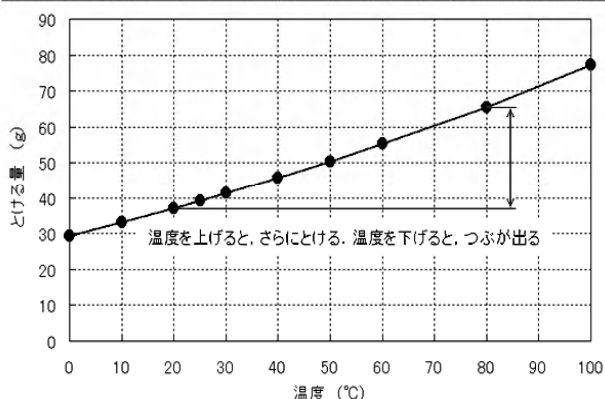
埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年03月09日 14時40分00秒

質問638 学校で塩化アンモニウムの溶解度の実験をしました。実験の内容、特に実験の目的がよく分かりません。できれば実験の方法などを詳しく教えていただけるとありがたいのですが。

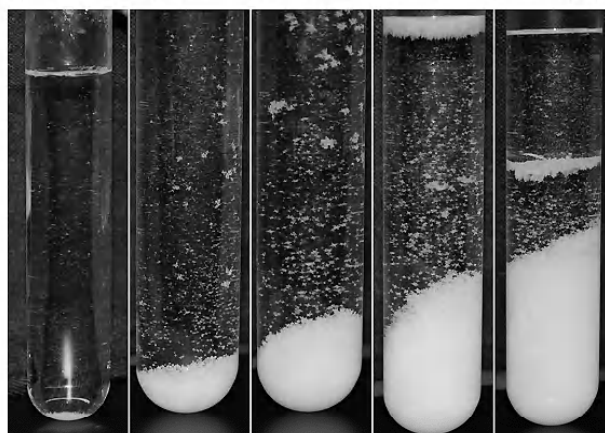
回答 実験の目的は、多くの物質が熱いお湯には良く溶け（溶解度が大きい）、冷たい水にはあまり溶けない（溶解度が小さい）ことを調べることです。塩化アンモニウムの場合には、下の図のように溶解度が増えます（溶解度曲線）。塩化アンモニウムと水の入った容器をお湯で暖めると、塩化アンモニウムがほとんど溶けたと思います（下の写真の左端）。続いて、空気中や水中で冷えるに連れて溶解度が減少し、塩化アンモニウムが溶けきれなくなって固体が析出し、水中で雪が降るように見えたと思います（下の写真の左から右の順序）。実験の方法は、お湯で暖めながら塩化アンモニウムを溶けるだけ溶かし、空気中に出して、冷えるに連れて起こる現象を観察するだけです。

| 温度(°C) | 0 | 10 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 |
|------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 水100gにとける塩化アンモニウムの量(g) | 29 | 33 | 37 | 39 | 41 | 46 | 50 | 55 | 66 | 77 |



水100gにとける塩化アンモニウムの量の温度による変化

高い温度 → さます → 低い温度



例えば、参考として下記のホームページをご覧ください。

<http://www.nagano-c.ed.jp/seiryohs/rika/chem/anmo.html>

<http://www.tnmt.net/chem/snowintt/>

<http://homepage2.nifty.com/seikandai/jikken/snow/snow.html>

<http://www.ichidajuku.co.jp/ichidas/wakuwaku.html>

<http://members.at.infoseek.co.jp/munakatarika/karume/yuki.htm>

<http://www.educ.city.ibaraki.osaka.jp/center/science/2001/crystal/crystal.htm>

http://www.ntv.co.jp/sekaju/old/student/20051217/02_0201.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：2010年03月09日 18時00分00秒

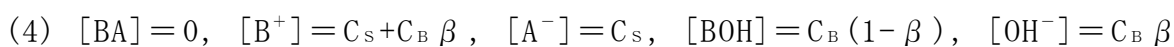
質問639 はじめまして、よろしく申し上げます。pH10の緩衝液を専門書で作製したのですが、実際のpHはどのようになっているのでしょうか？お知恵をお貸しください。また、有効数字は3桁でお願いします。

回答 緩衝液の製法や組成（成分と濃度）が書かれていないため、一般論で回答します。調製時に実験誤差を含むため、さらに緩衝液と試料溶液の混合により緩衝剤の濃度が変化し、それによりpHも少し変化するため、有効数字3桁で目的のpHに調節することは難しいと思います。pHメーターで測定して実際のpHを確認して下さい。または、pHメーターで測定しながら、目的のpHに調節して下さい。参考として、質問635の回答もご覧下さい。

pH緩衝液は、緩衝効果（ H^+ または OH^- の電離平衡）のみで、共存する他の化学物質とそれ以外の化学反応（例えば酸化・還元反応や錯体形成反応など）をしない必要があります。もしも、化学反応したならば、濃度が減少してpH緩衝効果が小さくなったり、緩衝効果するpH位置がずれる恐れが生じます。ゆえに、pH変化に影響する他の化学物質よりも十分に大きい濃度である必要があります。pH緩衝液は、弱酸とその塩の混合物（例えば酢酸と酢酸ナトリウム）の水溶液または弱塩基とその塩の混合物（例えばアンモニアと塩化アンモニウム）の水溶液になっています。そこで、弱塩基BOHとその塩BAの混合物の水溶液のpHを考えてみます。塩化アンモニウムの様な塩BA（初濃度 C_s ）は水中で完全電離すると仮定できます。アンモニアのような弱塩基（初濃度 C_B ）は水中でわずかに電離し、化学平衡（塩基電離定数 K_B ）になります。このとき、塩基としての水よりも弱塩基が十分に強く、水の電離が無視できる（ $pH > 8$ ）と仮定します。



B^+ が共通イオンになって区別できませんので、式(1)と式(2)のどちらから生じて、生じてしまえば両方の式に関係します。ゆえに、その濃度 $[B^+]$ は式(1)と式(2)から生じたものの和で扱わなければなりません。したがって、BOHが単独で水に溶けている場合と比較して、式(2)の化学平衡は左に偏っています。このときの式(2)の電離度を β （ $1 \gg \beta$ と仮定）とすると、各化学種の濃度は



式(4)を式(3)に代入して β と $[OH^-]$ を求めます。

$$(5) \beta = [-C_s - K_B + \{(C_s + K_B)^2 + 4C_B K_B\}^{1/2}] / (2C_B) \doteq K_B / C_s$$

$$(6) [OH^-] = [-C_s - K_B + \{(C_s + K_B)^2 + 4C_B K_B\}^{1/2}] / 2 \doteq C_B K_B / C_s$$

さらに、水が極わずかに電離しますので、水のイオン積 K_w より $[H^+]$ とpHを求めます。

$$(7) K_w = [H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2 \text{ at } 25^\circ\text{C}$$

$$(8) [H^+] = K_w / [OH^-] = 2K_w / [-C_s - K_B + \{(C_s + K_B)^2 + 4C_B K_B\}^{1/2}] \doteq C_s K_w / C_B K_B$$

$$(9) pH = -\log_{10} [H^+] = -\log_{10} \{2K_w / [-C_s - K_B + \{(C_s + K_B)^2 + 4C_B K_B\}^{1/2}]\} \\ \doteq -\log_{10} (C_s K_w / C_B K_B) \doteq pK_w - pK_B - \log_{10} (C_s / C_B)$$

式(9)で $C_B = C_S$ のときpH緩衝効果が最も大きく、そのときのpHは $pK_W - pK_B$ になります。なお、pH緩衝液でも酸や塩基を添加すると、pHが完全に一定ではなく、添加量が多いほどpHが変化します。また、最初に仮定したように上の計算は $pH > 8$ の範囲で使用できます。pH範囲が $8 > pH > 7$ の計算は式が非常に複雑になりますので省略します。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年03月10日 00時35分00秒

質問640 この前フラーレンナノチューブのことを学びました。講義の途中で質問されて、わからない質問があったので教えて下さい。C60フラーレン1個の質量は何グラムか。C60フラーレンの結晶構造は面心立方格子である。隣接するフラーレンの中心間距離がちょうど1 nm(=10Å)の場合、フラーレン1個の占める体積は何立方cmか(フラーレン間距離は実際には湿度に多少依存する)。1gのC60フラーレン結晶の占める体積は何立方cmか。また、水に浮くであろうか。直径1.4nmのナノチューブ1gは地球と太陽間距離の往復距離にほぼ等しい総延長を持つ。では、C60フラーレンと同じ直径(0.7nm)を持つナノチューブの場合、1gの総延長はどの程度であるか。

ナノチューブはナノエレクトロニクス、ナノメカニクス分野での応用に加え、水素を蓄える能力があるという研究結果から燃料電池への応用でも注目を集めている。将来の燃料電池自動車では、現在の車の燃料タンクにあたる水素貯蔵物質が「満タン」のときに、それ自体と貯蔵された水素の総重量の6.5%を水素が占めている程の効率で水素を蓄えることが望ましいとされている。しかし、この基準を満たし、かつ繰り返し用いることのできる水素貯蔵物質はまだ開発されていない。カーボンナノチューブでも水素をどの様に蓄えるか、また実際に上記の基準を満たすことができるのかなど、その詳細はまだわかっていない。もし、カーボンナノチューブが上記の「総重量の6.5%」という基準をちょうど満たす場合、炭素1原子あたり何個の水素分子を貯蔵する必要があるか。

長くてすいません。本当にわからないんです。教えて下さい。

回答 C60フラーレン1個の質量 w は

$$w = 12.01\text{g/mol} \times 60 / 6.02 \times 10^{23} \text{個/mol} = 1.20 \times 10^{-21} \text{g/個}$$

面心立方格子では、面の対角線上にC60フラーレンが隣接して並び、対角線の長さが2 nmなので、単位格子の一辺の長さ(格子定数) L と単位格子の体積 V は

$$L = 2 \times 10^{-7} \text{cm} / 2^{1/2} = 1.41 \times 10^{-7} \text{cm}$$

$$V = (1.41 \times 10^{-7} \text{cm})^3 = 2.80 \times 10^{-21} \text{cm}^3$$

面心立方格子なので単位格子中に4個のC60フラーレンが存在しますので、フラーレン1個の占める体積 v は

$$v = V / 4 = 2.80 \times 10^{-21} \text{cm}^3 / 4 \text{個} = 7.00 \times 10^{-22} \text{cm}^3 / \text{個}$$

C60フラーレンの密度 D が

$$D = w / v = 1.20 \times 10^{-21} \text{ g/個} / 7.00 \times 10^{-22} \text{ cm}^3/\text{個} = 1.71 \text{ g/cm}^3$$

になりますので、C60フラーレンは水中に沈みます。1 gのC60フラーレンの占める体積V'は

$$V' = 1.00 \text{ g} / 1.71 \text{ g/cm}^3 = 0.585 \text{ cm}^3$$

質問文中にナノチューブの密度が書いてありません。C60フラーレンの密度と同じとも書いてありません。さらに、直径が変化しても密度が一定なのかどうかも書いてありませんので、実際の総延長を計算できません。直径が変化しても密度が一定であると仮定できるのであれば、ナノチューブの直径が1/2に減少しますので、断面積が約1/4に減少します。したがって、質量が同一ならば、長さが約4倍に増加すると思います。

カーボンナノチューブに貯えられた水素の量が6.5mass%のとき、炭素1原子当たり貯蔵する水素分子の数Nは

$$N = (6.5 \text{ g} / 2.016 \text{ g/mol 水素分子}) / (93.5 \text{ g} / 12.01 \text{ g/mol 炭素原子}) \\ = 0.414 \text{ 水素分子/炭素原子}$$

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年03月10日 11時35分00秒

質問641 水とエタノールの表面張力が異なるのはなぜか？

回答 表面張力の基になる分子間力が異なるためです。分子間力には水素結合、双極子相互作用やファンデルワールス力等があります。詳細については参考として、質問165の回答および下記のホームページをご覧ください。

<http://subsite.icu.ac.jp/people/yoshino/SurfaceTension.html>

<http://kusuri-jouhou.com/physics/chouryoku.html>

<http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/~masako/exp/jolly/jolly.htm>

<http://www.sponge21.com/product/glossary/hyomen/>

<http://et.mine.utsunomiya-u.ac.jp/et/hpcon/contents/20/8/index.htm>

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：佐藤 日時：2010年03月11日 16時55分03秒

sat. aq. NaClの意味を教えてください。

名前：芦田 実 日時：2010年03月11日 19時20分00秒

佐藤 様

質問642 sat. aq. NaClの意味を教えてください。

回答 飽和食塩水です. sat. はsaturated (飽和の, 飽和した), aq. はaqueous (水の) またはaqueous solution (水溶液) の省略形だと思います.

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前 : 高橋雅夫 日時 : 2010年03月17日 18時44分40秒

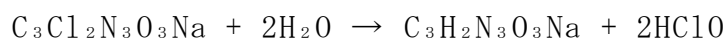
はじめまして. お教え頂きたいことがあり書き込み致しました. ジクロロイソシアヌール酸ナトリウムのアルカリ性, 中性 (水中), 硫酸酸性溶液中での状態 (反応式) をお教え下さい. アルカリ性溶液中に存在するジクロロイソシアヌール酸ナトリウムを硫酸酸性にし, ヨウ化カリウムを用いて0.1mol/L Na₂S₂O₃で酸化還元滴定を行い, 有効塩素量を求めたいのですが. お忙しいところ申し訳ございませんが, 何卒よろしくお願い申し上げます.

名前 : 芦田 実 日時 : 2010年03月23日 17時20分00秒

高橋雅夫 様

質問643 はじめまして. お教え頂きたいことがあり書き込み致しました. ジクロロイソシアヌール酸ナトリウムのアルカリ性, 中性 (水中), 硫酸酸性溶液中での状態 (反応式) をお教え下さい. アルカリ性溶液中に存在するジクロロイソシアヌール酸ナトリウムを硫酸酸性にし, ヨウ化カリウムを用いて0.1mol/L Na₂S₂O₃で酸化還元滴定を行い, 有効塩素量を求めたいのです. お忙しいところ申し訳ございませんが, 何卒よろしくお願い申し上げます.

回答 調べても詳しいことが分かりませんでしたので, 想像を含めて回答します. ジクロロイソシアヌール酸ナトリウムC₃Cl₂N₃O₃Naが水に溶けると, ジクロロイソシアヌール酸イオンとナトリウムイオンに電離する可能性があります. 溶けたジクロロイソシアヌール酸ナトリウムは水と反応してイソシアヌール酸ナトリウムC₃H₂N₃O₃Naと次亜塩素酸HClOに変化していくそうです. このときの反応速度が塩基性, 中性, 酸性水溶液中で異なり, 下記のヨウ素滴定にも影響する可能性があります. しかし, そのpH変化の詳細については調べた範囲で分かりませんでした.



生じたイソシアヌール酸ナトリウムは, 中性水溶液中でイソシアヌール酸イオンC₃H₂N₃O₃⁻とナトリウムイオンに電離する可能性があります. 塩基性水溶液中では, さらに2個のアミノ基の水素が2段階に電離する可能性があります. また, 酸性水溶液中ではナトリウムイオンが電離した後の窒素の負電荷に水素イオンH⁺が結合して, 水にあまり溶けないイソシアヌール酸C₃H₃N₃O₃の沈殿を生ずる可能性があります. さらに, 強酸性水溶液中では3個のカルボニル基に3段階で水素イオンが結合して, 再び溶解する可能性があります.

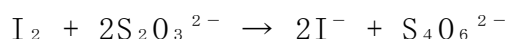
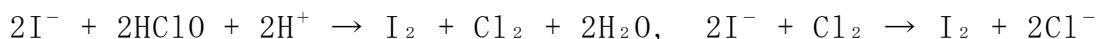
強酸性 C₃H₆N₃O₃³⁺ ⇌ ⇌ ⇌ C₃H₃N₃O₃ ⇌ C₃H₂N₃O₃⁻ ⇌ ⇌ C₃N₃O₃³⁻ 強塩基性

一方, 生じた次亜塩素酸は, 塩基性水溶液中で次亜塩素酸イオンClO⁻に変化し, 酸性と中性の水溶液中で分子状態のまま存在すると思います. なお, 酸性水溶液

中に塩化物イオン Cl^- が存在すると、次亜塩素酸と反応して塩素が生じると思います。



強塩基性水溶液中や強酸性水溶液中でイソシアヌール酸等が安定に存在できるかどうかは、調べた範囲で分かりませんでした。もしも、安定に存在できず、種々の化学物質に分解していくならば、下記のヨウ素滴定に大きく影響する恐れがあります。安定に存在できるならば、ヨウ化カリウムを加え硫酸酸性にして、チオ硫酸ナトリウム標準液でヨウ素滴定を行い、有効塩素量を求めることが可能だと思います。次亜塩素酸は酸性水溶液中の方が酸化力が強いので、硫酸よりも先にヨウ化カリウムを添加・混合する方が望ましいかもしれません。さらに、ジクロロイソシアヌール酸ナトリウムが水と反応してイソシアヌール酸ナトリウムと次亜塩素酸に変化する反応が遅いならば、ヨウ化カリウムと硫酸を添加・混合した後しばらく放置して、反応が完全に終了してからチオ硫酸ナトリウムで滴定すべきかもしれません。



参考として、下記のホームページもご覧下さい。

<http://homepage1.nifty.com/LUXPAGE/Q&A3.htm>

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：高橋雅夫 日時：2010年03月24日 12時38分24秒

芦田 先生

この度はお忙しい中、私の質問に対しご丁寧な回答をして頂き、誠に感謝しております。大変参考になりました。本当に有難うございました。

名前：芦田 実 日時：2010年03月28日 12時50分00秒

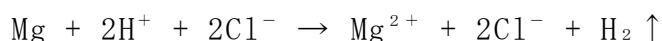
質問644 1 窒素や酸素、水、塩化ナトリウムなどは、それぞれ1種類の物質だけからできている。この物質をなんと言いますか？ 2 生成した高分子をポリマーと言いますがプラスチックの小さい分子（単量体）をなんと言いますか？

回答 1つ目の質問の答えは純物質であり、純粋な物質という意味です。純物質については質問149, 96, 84で回答していますので、詳細についてはそちらをご覧下さい。2つ目の質問の答えは、質問文中に書かれている単量体です。英語ではモノマーと言いますが、単に英訳したに過ぎません。なお、ポリマーのことを日本語では重合体と言います。これらについては、高校化学の教科書に載っていますので、そちらもご覧下さい。

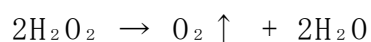
名前：芦田 実 日時：2010年03月28日 14時15分00秒

質問645 マグネシウム＋希塩酸→水素＋塩化マグネシウム と 過酸化水素水→酸素＋水のモデルを教えてください。どうしてもこの2つの問題だけが解けなかったので、お願いします。

回答 質問文中のモデルが化学反応式であると仮定して回答します。希塩酸中では、塩化水素が水素イオンと塩化物イオンにほとんど電離しています。マグネシウムが希塩酸に溶けるときの、塩化物イオンは化学反応に関係していません。



二酸化マンガン等を触媒にすると、過酸化水素水中の過酸化水素が酸素と水に不均化（自己分解）します。



埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：富田 崇寛 日時：2010年03月28日 16時39分54秒

芦田先生

はじめまして。僕は現在中学一年で、昨年卒業した小学校の担任の先生よりこのホームページを紹介していただきました。毎年の自由研究では、生物を研究しています。現在、メダカの体色変化と色素粒についてしらべています。今年は、大好きなグッピーやネオンテトラについても、加えて調べたいと思います。顕微鏡で鱗の色素粒を観察する以外の実験方法がありましたら教えてください。

名前：芦田 実 日時：2010年03月30日 23時45分00秒

富田 崇寛 様

質問646 芦田先生、はじめまして。僕は現在中学一年で、昨年卒業した小学校の担任の先生よりこのホームページを紹介していただきました。毎年の自由研究では、生物を研究しています。現在、メダカの体色変化と色素粒についてしらべています。今年は、大好きなグッピーやネオンテトラについても、加えて調べたいと思います。顕微鏡で鱗の色素粒を観察する以外の実験方法がありましたら教えてください。

回答 このホームページは無機化学系（または物理化学系）の研究室で作っています。この質問は守備範囲を大きく超えています。そこで、私が下調べ・下書きした回答を、同じ理科教育講座の生物学の日比野先生に大幅に追加・修正して頂きました。

メダカの体色は、ひれや鱗にある黒色素胞、黄色素胞、白色素胞と、眼球や腹

部にある虹色素胞の4種類の色素胞の組み合わせによって現れるそうです。体色変化と色素胞に限るなら、顕微鏡で鱗の色素胞を観察する実験方法が、一番簡便でかつもっとも強力な実験方法だと思います。それゆえ、実験・観察条件を様々に変えて色素胞の変化を調べることが良いと思います。もし短期間での体色変化を調べたいのであれば、例えば容器の周りの色を黒色、黄色、白色、虹色（緋色）およびこれらを混ぜた色に変えてメダカを飼育し、体色を顕微鏡で観察して、色素胞の変化を調べることはどうでしょうか。長期間での体色変化を調べたいのであれば、成長過程での色素胞の分布を調べるのはどうでしょうか。ゼブラフィッシュという観賞魚は、成体になるにつれて縞模様ははっきりと現れてきますが、縞模様は色素胞の集合によって現れてきます。グッピーやネオンテトラは模様がきれいなので、成長とともに色素胞の集合がどのように起こり、どのように模様が出るのかを観察することは面白いと思います。

後は、メダカの体色は遺伝するそうですので、体色の異なるメダカを交配させて、違う色のメダカを作り出すという、体色と遺伝の関わりを調べることもできます。なお、メダカの体色変化については、多くの観察・研究があります。参考として、下記のホームページもご覧下さい。

<http://www.edu-ctr.pref.kanagawa.jp/kyouka/seibutu/medaka/medaka.htm>

<http://www1.odn.ne.jp/~cbi66850/aquarium01.html>

<http://www4.ocn.ne.jp/~medayori/sub2.htm>

<http://hccweb6.bai.ne.jp/sanyonroku346/taisyoku.htm>

<http://www.hyogo-c.ed.jp/~rikagaku/jjmanual/jikken/sei/sei30.htm>

http://www.koyogakuin-j.ed.jp/j_/club/bioclub/tform/tform.htm

<http://www.geocities.co.jp/Hollywood/5174/photo3.html>

<http://www.bionara.org/membersite/kyouzai/A/zikkenntyou/pdf/22taisyokuhenka.pdf>

<http://fussy2007.exblog.jp/m2008-05-01/>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年03月31日 00時50分00秒

質問647 0.1N チオ硫酸ナトリウム水溶液を1L作るとき、必要なチオ硫酸ナトリウム試料の量はどの位ですか。0.1N NaOH水溶液を1L作るときの試料量は？希硫酸(1:4)、すなわち水の中に濃硫酸を入れて5倍希釈するとき、1L作る試料量は？96%濃硫酸(mw98, 比重1.8)から1N 硫酸を1L作る試料量は？0.1N ヨウ素液の力価を0.1N Na₂S₂O₃水溶液で滴定して求めるために必要な1L試料量は？1%可溶性デンプン水溶液を、0.05M NaCl(mw58.5)水溶液に溶かして作るとき1L作るには？

回答 普通のチオ硫酸ナトリウムは五水和物Na₂S₂O₃・5H₂Oで、そのモル質量が248.18g/molなので、0.10N(=0.10eq/L=0.10mol/L)チオ硫酸ナトリウム水溶液を1.0L作るとき、必要なチオ硫酸ナトリウムの質量Wは

$$W = 248.18\text{g/mol} \times 0.10\text{mol/L} \times 1.0\text{L} = 24.82\text{g}$$

したがって、チオ硫酸ナトリウム24.82gを純水に溶解して1.0Lに調製します。チオ硫酸ナトリウムは純度があまり良くなく、さらにその水溶液が空気中の酸素で

徐々に酸化されるので、濃度が正確に分かっている標準液で酸化・還元滴定（ヨウ素滴定）してから使用します。

0.10N(=0.10eq/L=0.10mol/L) 水酸化ナトリウムNaOH水溶液を1.0L作るときの試料量Wは、水酸化ナトリウムのモル質量が40.00g/molなので、

$$W = 40.00\text{g/mol} \times 0.10\text{mol/L} \times 1.0\text{L} = 4.00\text{g}$$

したがって、水酸化ナトリウム4.00gを純水に溶解して1.0Lに調製します。水酸化ナトリウムは粒が大きく、潮解性があって空気中の水分を吸収してべとべとになるので、濃度が正確に調製できません。さらに、その水溶液が空気中の二酸化炭素を徐々に吸収して、濃度が減少していきます。それゆえ、直前に酸の標準液で滴定してから使用します。

400mLの純水(密度1.00g/mL)に100mLの濃硫酸(100%, 密度1.826g/mL)を加える(5倍希釈)と、硫酸の濃度Cは

$$\begin{aligned} C &= 100\text{mL} \times 1.826\text{g/mL} / (100\text{mL} \times 1.826\text{g/mL} + 400\text{mL} \times 1.00\text{g/mL}) \\ &= 0.3134 = 31.34\text{mass\%} \end{aligned}$$

になり、そのときの密度は1.226g/mLです。したがって、1.0L作るときの濃硫酸の体積 V_s と純水の体積 V_w はそれぞれ

$$V_s = 1000\text{mL} \times 1.226\text{g/mL} \times 0.3134 / 1.826\text{g/mL} = 210.4\text{mL}$$

$$V_w = 1000\text{mL} \times 1.226\text{g/mL} \times (1 - 0.3134) / 1.0\text{g/mL} = 841.8\text{mL}$$

希釈するとき非常に発熱しますので、必ず水を混ぜながら濃硫酸をゆっくり加えて下さい。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」内の「硫酸」をご覧ください。なお、混合前後の体積変化に注意して下さい。

1.0N(=0.50mol/L) 硫酸の密度は1.028g/mLです。したがって、96%濃硫酸(モル質量98g/mol, 密度1.8g/mL)から1.0N 硫酸を1.0L作るときの濃硫酸の体積 V_s と純水の体積 V_w はそれぞれ

$$V_s = 98\text{g/mol} \times 0.50\text{mol/L} \times 1.0\text{L} / (0.96 \times 1.8\text{g/mL}) = 28.36\text{mL}$$

$$\begin{aligned} V_w &= (1000\text{mL} \times 1.028\text{g/mL} - 98\text{g/mol} \times 0.50\text{mol/L} \times 1.0\text{L} / 0.96) / 1.0\text{g/mL} \\ &= 977.0\text{mL} \end{aligned}$$

0.10N ヨウ素液の力価を0.10N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 水溶液で滴定して求めるために必要な1.0L試料量については、ヨウ素液の調製なのかチオ硫酸ナトリウム水溶液の調製なのか、どちらなのか分かりません。チオ硫酸ナトリウム水溶液ならば、濃度と体積が最初の問題と同じですから、同じ答えになります。ヨウ素液の調製ならば、濃度0.10N(=0.10eq/L=0.050mol/L)のヨウ素液を1.0L作るときのヨウ素 I_2 (モル質量253.8g/mol)の質量 W_I とヨウ化カリウムKI(モル質量166.0g/mol)の質量 W_K はそれぞれ

$$W_I = 253.8\text{g/mol} \times 0.050\text{mol/L} \times 1.0\text{L} = 12.69\text{g}$$

$$W_K = 166.0\text{g/mol} \times 0.10\text{mol/L} \times 1.0\text{L} = 16.6\text{g}$$

ヨウ素は水に溶けにくいので、溶解するとき温める必要があります。このときに水が少し蒸発し、紫色のヨウ素ガスが発生し、ヨウ素に損失が出ます。劇薬です

から、ガスを吸わないように注意して下さい。また、普通はヨウ化カリウムを過剰に加えると思います。

始めに、0.05mol/L NaCl(モル質量58.5g/mol)水溶液を1.0L作るとき、必要な塩化ナトリウムの質量 W_N は

$$W_N = 58.5\text{g/mol} \times 0.05\text{mol/L} \times 1.0\text{L} = 2.925\text{g}$$

塩化ナトリウム2.925gを純水に溶かして1.0Lに調製します。この塩化ナトリウム水溶液の密度は1.001g/mLです。続いて、これに可溶性デンプンを溶かして、デンプン濃度を1.0%にするために必要なデンプンの質量 W_D は

$$W_D = 1000\text{mL} \times 1.001\text{g/mL} \times 0.010 = 10.01\text{g}$$

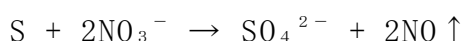
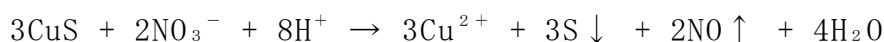
したがって、デンプン10.01gを塩化ナトリウム水溶液に溶解して1.0Lに調製します。ただし、加熱しないとデンプンが溶けません。さらに、溶解による体積変化と加熱による水の蒸発の2つの効果で、塩化ナトリウムの濃度が変化しますので注意して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年03月31日 16時20分00秒

質問648 硫化鉛と硫化銅の入っている溶液に硝酸を加えて加熱する実験をしました。すると沈殿していたものが溶けてなくなりました。どうゆう反応が起きたのか教えてください。できれば化学反応式も教えてください。

回答 硫化銅CuSが硝酸HNO₃に溶け（酸化され）て、銅イオンCu²⁺、イオウSと一酸化窒素NOを生じるそうです。イオウの一部は硫酸イオンSO₄²⁻まで酸化されるそうです。硫化鉛PbSでも同様の反応が起こると思います。



埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年03月31日 17時45分00秒

質問649 動脈血ガスにおいてガス含量（正常値）が、酸素は20vol%、二酸化炭素は40vol%といいますが、ガス含量の単位vol%についてよく知らないためイメージがつかめません。教えてください。宜しくお願い致します。

回答 混合前の気体の割合（体積百分率）です。気体は圧力と温度によって、体積が自由に変化します。そこで、同温・同圧における混合前の気体の体積によって、混合気体中の各成分の割合（相対的な濃度）を表します。質問文中の動脈血ガスの残り40vol%は窒素等だと思います。なお、水蒸気は液体に戻り易いので、これを含めるかどうかは、動脈血ガスの定義によると思います。

名前：芦田 実 日時：2010年03月31日 19時55分00秒

質問650 最近，豆電球に含まれていると言われている「ヨウ素の気体」というものはどのような性質または特徴を持っているのですか。

回答 ハロゲンランプまたはヨウ素ランプの原理を応用して，普通の豆電球より高い電圧をかけて明るくなる様にしたものだと思います。

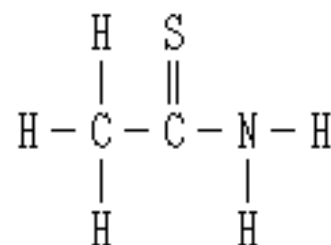
ハロゲンランプは，管球に耐熱性の石英ガラスを使用し，内部に窒素やアルゴン等の不活性ガスと微量のハロゲンガス（ヨウ素や臭素）を封入しています。フィラメントに通電すると白熱して発光し，タングステンが徐々に蒸発し，管球の内壁に蒸着（付着）します。この蒸着したタングステンがヨウ素ガスと反応し，ヨウ化タングステンとなって気化します。これがフィラメント上で熱分解し，いちど蒸発したタングステンが再びフィラメントに戻ってきます（ハロゲンサイクル，自己再生能力）。それゆえ，普通の白熱電球よりも高い電圧をかけることができ，かつ寿命が長くなります。さらに，普通の白熱電球よりも白熱温度が高いので明るくなります。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年04月05日 13時50分00秒

質問651 チオアセトアミドの化学式がわからないので教えてください。

回答 チオアセトアミドの化学式は CH_3CSNH_2 です。この水溶液を加熱すると，加水分解して硫化水素 H_2S とアセトアミド CH_3CONH_2 を生じるので，重金属イオンの定性分析（均一沈殿法）において硫化水素の代わりに使用されます。



埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年04月05日 17時10分00秒

質問652 mEq/Lと言う単位について教えてください。mはミリ（1/1000），Lはリットルというのは分かります。Eqはequivalentということですが，どのような意味を持つのか，何を表すのか分かりません。私が，インターネットで調べた範囲では，1Eq＝物質質量/価数，例えば，塩酸水溶液の濃度が0.1mol/Lのとき，これはイコール0.1Eq/Lである（塩酸は1価の酸なので）というのがありました。ここでも物質質量/価数で，一体何を表すのか分かりませんでした。

回答 Eq (equivalent) は日本語に訳すと当量（または化学当量）です。これを用いて濃度を表したのが規定度（単位Eq/L＝N）であり，酸・塩基滴定や酸化・還元滴定において濃度計算するときには便利なので，現在でも使用している場合が

あります。当量とは、酸素7.999gと化合する他の元素の量に相当します。

酸・塩基反応の場合には、水素イオン1 molまたは水酸化物イオン1 molが1 Eqになります。したがって、塩酸は1価の酸なので（塩酸1個から水素イオン1個を生じるので）1 mol/L=1 Eq/Lになります。同様に、水酸化ナトリウムは1価の塩基なので（水酸化ナトリウム1個から水酸化物イオン1個を生じるので）1 mol/L=1 Eq/Lになります。ところが、硫酸は2価の酸なので（硫酸1個から水素イオン2個を生じるので）1 mol/L=2 Eq/Lになります。要するに酸・塩基反応では、生じる水素イオンまたは水酸化物イオンのモル濃度（mol/L=Eq/L）に相当します。

酸化・還元反応や電気化学反応の場合には、水素原子1 molまたは電子1 molが1 Eqになります。例えば、銅が銅(II)イオンになる半反応では、電子2個が放出されますので1 mol=2 Eqになります。塩素分子が2個の電子を吸収して2個の塩化物イオンを生ずる半反応では、塩素分子について考えると1 mol=2 Eqに、塩化物イオンについて考えると1 mol=1 Eqになります。要するに酸化・還元反応では、生じる電子のモル濃度（mol/L=Eq/L）に相当します。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年04月25日 18時45分00秒

質問653 赤ワインからアルコールを分離する実験をやるのですが、なぜ枝つきフラスコに沸騰石を入れるのですか？

回答 突沸が起こるとアルコール以外の成分（特に水）まで一緒に留出してしまい、純粋なアルコールを得ることができません。例えば、赤ワインを蒸留していて突沸が起これば、留出液が薄い赤色になって、不純物のブドウ色素が混入したことが一目で分かると思います。そこで、突沸を防いで安定した蒸留を続けられる様に沸騰石を入れます。詳細については質問51, 88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：2010年04月25日 19時30分00秒

質問654 ろ紙の種類にはどのようなものがありますか？

回答 ろ紙には大きく分けて分析用ろ紙、メンブレンフィルター等があります。さらに、使用目的、寸法、形状・構造、材質等によってこれらが細かく分けられ、非常に多くの種類があるそうです。

分析用ろ紙には例えば、定性ろ紙、硬質ろ紙、定量ろ紙、分液ろ紙、クロマトグラフィー用ろ紙、ガラスろ紙、シリカろ紙、円筒ろ紙、PTFE(テフロン)ろ紙、採血用ろ紙、吸水用ろ紙、放射性物質測定用ろ紙等があるそうです。メンブレンフィルターには例えば、微生物・微粒子試験用、ポリカーボネートタイプ、蛋白質・核酸研究用、セルロース混合エステルタイプ、セルロースアセテートタイプ、PTFEタイプ、サポータッドPTFEタイプ、親水性PTFEタイプ等があるそうです。その他に、生産用ろ紙、不織布ろ紙、ろ過板・ろ過綿、エアフィルター等もあるそ

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://www.advantec.co.jp/japanese/hinran/contentslist_26.html

http://www.advantec.co.jp/japanese/hinran/contentslist_22.html

http://www.advantec.co.jp/japanese/hinran/contentslist_28.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：2010年04月25日 23時10分00秒

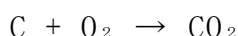
質問655 1 kgの石油を使用したときに、生成するCO₂は何kgかを計算式も含めて教えてほしいです。

回答 石油は主に炭化水素の混合物でできています。それが炭素数10から20の飽和炭化水素だとすると、炭素の割合が84～85mass%になります。そこで、85mass%だと仮定して計算します。

石油 1 kg = 1000g 中の炭素の質量 W_c は

$$W_c = 1000g \times 85\text{mass}\% / 100\text{mass}\% = 850g$$

炭素のモル質量が12.01g/molで、二酸化炭素のモル質量が44.01g/molですから、化学式



より、二酸化炭素ができると、このモル質量の割合で質量が増加します。したがって、生成する二酸化炭素の質量 W_{CO_2} は

$$W_{CO_2} = 850g \times 44.01g/mol / 12.01g/mol = 3115g$$

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年04月29日 11時40分00秒

質問656 硝酸銅にチオアセトアミドを加えたら白っぽくなるのは何故ですか？普通、黒色沈殿ができるのではないのですか？

回答 チオアセトアミドは2つの反応に関係します。1つ目は、金属イオンと錯体を形成する反応です。2つ目は、チオアセトアミド水溶液を加熱すると、加水分解して硫化水素とアセトアミドを生じる反応です。ゆえに、硝酸銅水溶液にチオアセトアミド水溶液を加えただけでは、銅イオンとチオアセトアミドの錯体を生じます。したがって、銅イオンの濃度が高過ぎたため黄白色の錯体が沈殿したものだと思います。これを長時間加熱すれば、チオアセトアミドがしだいに加水分解して、硫化銅の黒色沈殿を生じるとと思います。詳細については、参考として質問651の回答および下記のホームページをご覧ください。

<http://park.itc.u-tokyo.ac.jp/chemistry/exp/xp10.html>

埼玉大学教育学部理科教育講座

名前：芦田 実 日時：2010年04月29日 12時35分00秒

質問657 先日エステル合成についての実験をしたのですが、酢酸と1-ブタノールを混ぜ濃硫酸を加えて加熱した後、水を加えました。なぜここで水を加えるのですか？また、その後でこの溶液に炭酸水素ナトリウムを加えたのですが、それはなぜですか？教えてください。

回答 実験操作が詳しく書かれていません。加熱後に分液ロートを使用したかどうかで、実験操作の意味が異なります。最初に、分液ロートを使用した場合の理由です。水を加えて振るのは、エステルが水に溶解難いので、下の水相に溶解する硫酸や未反応の酢酸等を除去するためだと思います。その後で炭酸水素ナトリウム水溶液を加えて振るのは、有機相に少し残っている酢酸を酢酸ナトリウムに変え、水相に溶出させて除去するためだと思います。

次に、分液ロートを使用しない場合の理由です。水を加えるのは、エステルが水に溶解難く水上に遊離してくるので、その臭いからエステルが生成したことを確認するためだと思います。その後で炭酸水素ナトリウムを加えるのは、硫酸を中和してエステルの加水分解が起こり難くするためだと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年04月29日 13時55分00秒

質問658 フェナントロリン法でヒドロキノンを加える理由を知りたいんですが。

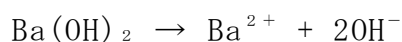
回答 フェナントロリンは鉄(II)イオンや銅(I)イオンと有色錯体を形成します。それらのモル吸光係数が分かっていますので、吸光度を測定すれば鉄(II)イオンや銅(I)イオンの濃度を決定することができます。しかし、鉄(II)イオンや銅(I)イオンは水中の溶存酸素で鉄(III)イオンや銅(II)イオンに酸化され易い性質があります。しかも、これらのフェナントロリン錯体はほとんど無色ですので、フェナントロリン法の実験誤差の原因になります。そこで、鉄(II)イオンや銅(I)イオンが酸化されるのを防ぐために、還元力の強いヒドロキノンを添加しているものと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年04月29日 18時15分00秒

質問659 0.010mol/L水酸化バリウムBa(OH)₂水溶液のpHの求め方を教えてください(log2=0.3)。

回答 水中で水酸化バリウムが完全電離すると仮定するならば、水酸化バリウム1個から水酸化物イオンが2個できますので



水酸化バリウムの初濃度をC(mol/L)とすると、水酸化物イオンの濃度は

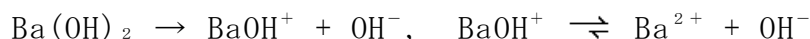
$$[\text{OH}^-] = 2C = 0.020\text{mol/L}$$

したがって、水のイオン積を $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2$ とすると、pHは近似的に

$$\begin{aligned} \text{pH} &\doteq -\log_{10}([\text{H}^+]) = -\log_{10}(K_w/[\text{OH}^-]) = 14.0 + \log_{10}([\text{OH}^-]) \\ &= 14.0 + \log_{10}(0.020\text{mol/L}) \doteq 12.3 \end{aligned}$$

水酸化バリウムの第2段階の電離定数Kが分かっていますので、第1段階が完全電離し、第2段階が化学平衡になると考えて、上よりも正確な値を求めます。

電離定数 $\text{p}K = 0.6 \rightarrow K = 10^{-\text{p}K} = 10^{-0.6} = 0.251$



第2段階の電離度を α とすると、各化学種の濃度は

$$[\text{Ba}^{2+}] = C\alpha, \quad [\text{BaOH}^+] = C(1-\alpha), \quad [\text{OH}^-] = C(1+\alpha)$$

これらを電離定数の式に代入してpHを求めます。

$$K = [\text{Ba}^{2+}][\text{OH}^-]/[\text{BaOH}^+] = C\alpha(1+\alpha)/(1-\alpha)$$

$$\alpha = [-C-K + \{(C+K)^2 + 4CK\}^{1/2}]/2C$$

$$[\text{OH}^-] = [C-K + \{(C+K)^2 + 4CK\}^{1/2}]/2 = 0.0193\text{mol/L}$$

$$\therefore \text{pH} = 14.0 + \log_{10}(0.0193\text{mol/L}) = 12.29$$

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：大西 ユリ 日時：2010年04月30日 10時34分30秒

2つの質問があります。①リン酸緩衝液を作製する際に、蒸留水ではなく、水道水を使用した場合、緩衝作用に影響がありますか。②細胞を染色する方法で、パパニコロウ染色という方法があり、染色手順の分別（脱色）操作に塩酸水や塩酸アルコールを使った場合、同じ1%濃度で比較すると塩酸水のほうが脱色作用が強いのですが、それはどうしてですか？よろしくお願ひします。

名前：芦田 実 日時：2010年04月30日 19時15分00秒

大西 ユリ 様

質問660 2つの質問があります。①リン酸緩衝液を調製する際に、蒸留水ではなく水道水を使用した場合、緩衝作用に影響がありますか。②細胞を染色する方法でパパニコロウ染色という方法があり、染色手順の分別（脱色）操作に塩酸水や塩酸アルコールを使った場合、同じ1%濃度で比較すると塩酸水のほうが脱色作用が強いのですが、それはどうしてですか？よろしくお願ひします。

回答 ①水道水には微量の塩基性物質（炭酸塩？）が溶けている様で、中性～非

常に弱い塩基性になります。一方、蒸留水には空気中の二酸化炭素が溶けて、pH 6前後の弱酸性になります。リン酸塩の濃度にもよりますが、普通の濃度（0.1 mol/L程度）の緩衝液ならば、ほとんど影響ないと思います。リン酸塩の濃度がかなり小さく、かつ水道水にカルシウムイオンやマグネシウムイオンが溶けている場合には、水に溶解難いリン酸カルシウムやリン酸マグネシウムを生じて、緩衝効果に影響する恐れがあります。なお、水道水には残留塩素（0.1～1 ppm）が溶けていますので、これの酸化・還元効果にも注意して下さい。

②希塩酸中では塩化水素がほぼ完全に電離しています。一方、塩酸アルコール溶液中では、塩化水素の電離が押さえられ、水素イオン濃度が小さくなっていると考えられます。すなわち、塩化水素が水中では強酸であるが、アルコール中では弱酸になっていると考えられます。したがって、塩酸アルコール溶液は酢酸水溶液と似た様なものだと思います。なお、濃塩酸は約37mass%の塩化水素の水溶液ですから、希塩酸や塩酸アルコール溶液を調製するときに注意して下さい。塩酸アルコール溶液では、アルコールと水の混合溶媒に塩化水素が溶けていることになり、vol%単位の濃度を調製するのは困難です。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：西川 翔 日時：2010年04月30日 21時49分03秒

大学の実験で酢酸と水酸化ナトリウムの中和滴定をやったのですが、pHジャンプをして一気にpHが7.81から9.01ぐらいまで上がったのですが、また一気に下がって、ついには7.3ぐらいまで下がってしまいました。どういった現象なのでしょう？あとpHジャンプって一気に上がるものなのでしょうか？すごいゆっくり地味に上がっていったことがありました（塩酸と水酸化ナトリウムのときpHが4.5から7.5）これもどういった現象なのでしょうか？因みに全部1 mol/Lです。

名前：芦田 実 日時：2010年05月01日 12時40分00秒

西川 翔 様

質問661 大学の実験で酢酸と水酸化ナトリウムの中和滴定をやったのですが、pHジャンプをして一気にpHが7.81から9.01ぐらいまで上がったのですが、また一気に下がって、ついには7.3ぐらいまで下がってしまいました。どういった現象なのでしょう？あとpHジャンプって一気に上がるものなのでしょうか？すごいゆっくり地味に上がっていったことがありました（塩酸と水酸化ナトリウムのときpHが4.5から7.5）これもどういった現象なのでしょうか？因みに全部1 mol/Lです。

回答 酢酸と水酸化ナトリウムの中和滴定の現象は、混合不足で実験を失敗しただけだと思います。pH電極を使用する場合には、普通はマグネチックスターラーを使用して効率よく混合しますが、この実験では使用しなかったのですか。さらに、電極や容器に付着した滴下液が壁を伝わって落ちてきたことも考えられます。pH指示薬を同時に使用していれば、被滴下液の色の部分的な変化から失敗の原因が一目で分かったと思います。塩酸と水酸化ナトリウムの現象は、もはや実験ではありません。全く混合しなかったか、電極表面が非常に汚れていた等が考えら

れます。なお、滴定実験で使用する濃度は0.1mol/L程度であり、1 mol/Lでは濃すぎると思います。

pHジャンプは文字通りpHが急激に変化しますが、普通はpHと滴下量の間滴定曲線の急激な変化を言います。pH指示薬を使用して滴定すれば明白ですが、滴下したとき、その付近のpHは一瞬で変化します。時間的にもpHメーターが応答できない速さです。したがって、被滴定液全体のpHが均一になるのは混合速度に律速されています。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年05月04日 13時50分00秒

質問662 塩素濃度測定で氷酢酸やデンプン液を入れるのはなぜですか？また、暗置をする理由も教えてください。

回答 塩素が塩素ガスを指しているのか、さらし粉や次亜塩素酸ナトリウム等の有効（残留）塩素を指しているのかはっきりしません。この様な質問は本来なら削除対象です。ここでは、有効塩素を指していると仮定して回答します。例えば、次亜塩素酸塩の定量実験では、試料に酢酸と過剰のヨウ化カリウムを添加し、生じた赤褐色のヨウ素を濃度既知のチオ硫酸ナトリウムで滴定し、このときに指示薬としてデンプンを使用します。

さらし粉や次亜塩素酸塩等のヨウ素滴定（酸化－還元滴定の1種）は、弱酸性の条件下で行うことが普通です。強酸性ではヨウ素－デンプン反応の呈色が起こり難くなるためだそうです。そのために弱酸である酢酸を添加しています。暗置する理由は2つ考えられます。1つ目は、次亜塩素酸とヨウ素イオンの反応が少し遅いので、それを完全に終了させるために時間をかけています。2つ目は、生じたヨウ素が暗置中に光で分解するのを防ぐためです。滴定の終点付近ではヨウ素の残量が少なくなり、溶液の色が赤褐色から淡黄色になって、終点における無色との区別が難しくなります。そこで、ヨウ素－デンプン反応を利用して、溶液の淡黄色を濃い紫色～茶色に変えて、終点を見極めやすくします。そのためにデンプン液を添加しています。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年05月04日 14時30分00秒

質問663 KOHの pK_B と K_B の値を教えてください。

回答 KOHやNaOHの塩基電離（解離）定数 K_B は化学便覧等にも載っていません。測定するのが実験的に非常に難しいためだと思います。したがって、完全解離（非常に大きい値）で仮定するしかないと思います。しかし、溶解度（飽和濃度）付近では、固体として析出する直前の形（イオン対）で一部が存在していると想像します。なお、 pK_B と K_B の関係は次式で表されます。

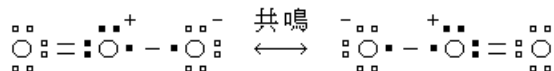
$$pK_B = -\log_{10} K_B, \quad K_B = 10^{-pK_B}$$

名前：芦田 実 日時：2010年05月04日 16時40分00秒

質問664 オゾン分子の形が折れ線形をしているのはどのような理由からなのか？

回答 オゾン分子では3個の酸素原子が折れ線形に結合しており、結合角は約117degです。さらに、次の2つの構造が共鳴していると言われています。

化学結合は電子でできていますので、他の化学結合と電氣的に反発し、これが原因で分子の形が決まります。分子の形を決め



るものは強い方から、1つの原子だけに所属している非共有電子対 > 2つの原子に共有されているσ結合の順です。π結合は弱くて分子の形にほとんど影響しません。中央の酸素原子を見ると1つの非共有電子対と2つのσ結合がありますので、それらになるべく離れた形である三方平面状(sp²混成軌道)になります。ただし、非共有電子対は結合相手の原子がありません(見えません)ので、残り2つのσ結合だけを考えて折れ線形とします。さらに、オゾン分子の結合角が120degピッタリにならないのは、σ結合よりも非共有電子対の方が中央の酸素原子の近くに分布していて、反発力が強いからです。参考として、質問86, 61, 59, 58, 26等の回答もご覧下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：田中 優 日時：2010年05月27日 00時12分26秒

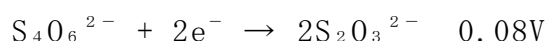
ヨウ素酸カリウム1molはチオ硫酸ナトリウム何molとちょうど反応するかという問題がわからなくて困ってます。

名前：芦田 実 日時：2010年05月29日 14時30分00秒

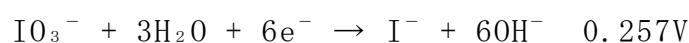
田中 優 様

質問665 ヨウ素酸カリウム1molはチオ硫酸ナトリウム何molとちょうど反応するかという問題がわからなくて困ってます。

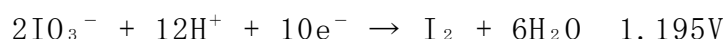
回答 チオ硫酸イオンの半反応と標準電極電位は

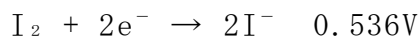


一方、ヨウ素酸イオンの半反応と標準電極電位は、塩基性では

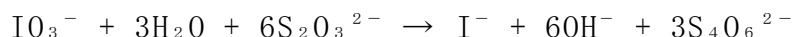


酸性では

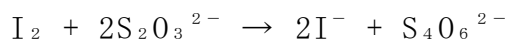
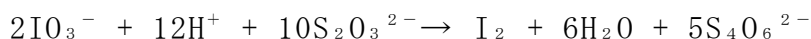




2つの半反応を組み合わせたとき、標準電極電位がより負側の半反応が左へ、より正側の半反応が右へ進行します。ゆえに、塩基性における反応は



同様に、酸性における反応は



したがって、ヨウ素酸イオン 1 mol はチオ硫酸イオン 6 mol とちょうど反応します。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：田中 優 日時：2010年05月30日 14時26分04秒

芦田 実 様

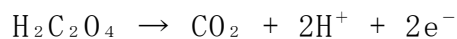
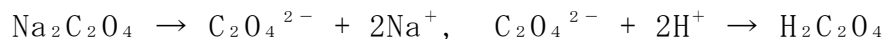
わかりやすい回答ありがとうございます。またわからないことがありましたら、よろしくおねがいします。

田中 優

名前：芦田 実 日時：2010年05月29日 17時35分00秒

質問666 過マンガン酸カリウムによる酸化還元滴定において、シュウ酸ナトリウムが還元剤として働く場合の半反応式が分かりません。教えて下さい。

回答 シュウ酸が弱酸なので、シュウ酸ナトリウムがほぼ完全電離して生じたシュウ酸イオンの大部分が、硫酸による強酸性水溶液中でシュウ酸に変化してしまいます。したがって、シュウ酸の半反応式と同一です。



埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年05月30日 11時30分00秒

質問667 薄い塩酸に石灰石を加えたときの反応の様子はどうなるんですか？それと、薄い硫酸に炭酸水素ナトリウムを加えたときの反応の様子を教えてください。

回答 両方とも固体が酸と反応して溶解し、二酸化炭素の気体が発生して泡が立ちます。希塩酸HClに石灰石（炭酸カルシウム）CaCO₃を加えると、塩化カルシウムCaCl₂と二酸化炭素CO₂が生じます。



希硫酸 H_2SO_4 に炭酸水素ナトリウム（重曹） NaHCO_3 を加えると、硫酸水素ナトリウム NaHSO_4 と二酸化炭素 CO_2 が生じます。



埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年05月30日 12時40分00秒

質問668 化学の実験で、白色沈殿ができる実験をしたのですが、実にいろいろな種類の沈殿ができると興味を持ったのです。そこで、ふと思ったのですが、なんであんないろいろな種類があるのでしょうか？どんな成分が作用してるのでしょうか？一生懸命調べましたが見つからないので。

回答 単純な溶解度の大小の問題だと思います。溶解度以上に加えたから沈殿を生じただけです。食塩や砂糖でも多量に加えれば、溶けきれなくなって沈殿します。2種類の薬品の溶液を混ぜた場合には、そこに存在する成分の組合せの中で、溶解度の小さい物から先に沈殿すると思います。ゆえに、化学物質の種類の数だけ沈殿現象が存在すると思います。また、溶媒の種類によって溶解度が異なります。さらに、水とアルコールを混ぜた様な混合溶媒を用いると、混合割合によって溶解度が連続的に変化すると思います。したがって、沈殿現象は数限りなく存在します。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年05月30日 15時50分00秒

質問669 10mLのブドウ糖溶液を用いて、最終のろ過液を0.1Nの過マンガン酸カリウムで滴定する実験をおこなったのですが、この滴定に使われた砂糖（ショ糖）はどうしてそのまま定量できないのでしょうか？よろしくお願いします。

回答 アルデヒド基やケトン基を持つ糖類には還元性があります。ショ糖にはこれらの官能基がありませんので還元性がなく、酸化剤の過マンガン酸カリウムで直接滴定することができません。しかし、ショ糖を加水分解するとブドウ糖と果糖を生じ、ブドウ糖にはアルデヒド基があり、果糖にはケトン基があるため還元性を示し、過マンガン酸カリウムで滴定できる様になります。もしも、ブドウ糖と果糖を分離した後に滴定しているのであれば、過マンガン酸カリウムを加えた分だけ定量的に完全に反応するかどうか、または反応速度の違い等を考慮しているのだと想像します。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年05月30日 19時25分00秒

質問670 はじめまして．鉄の定量実験をする際に，硝酸鉄九水和物を用いています．この水溶液を作成する際，水和水を除いて鉄水溶液を作りたいのですがどのようにして乾燥させるのが，ベストですか？乾燥機にて100℃程度で乾燥させる方法か，デシケーターにシリカゲルを入れて減圧乾燥させる方法を考えています．また，使う試料の鉄濃度が違うのですが，pHを一定にしたいとき何かいい調製法はありますか？よろしくお願ひします．

回答 弱い条件で加熱したり，シリカゲルと減圧乾燥を併用すると水和水を完全に除去できず，無水物と水和物の混合物になる恐れがあります．強く加熱すると脱水するだけでなく，熱分解して硝酸鉄と酸化鉄等の混合物になる恐れがあります．もしも，純粋な無水物を仮に作れたとしても，水溶液にしたら再び水和水に戻ってしまいます．ゆえに，水和水を除いた硝酸鉄水溶液は作れません．したがって，一度なぜ無水物にしなければならないのか理解できません．市販の硝酸鉄(Ⅲ)九水和物には，純度が99.0%以上の物と99.9%以上の物があり，かなり高純度ですからそのまま使用すべきだと思います．必要なら，水溶液を調製した後で分析して，正確な濃度を決定すれば良いと思います．pHを一定にするにはpH緩衝液を添加します．しかし，pHが同じでも濃度が違うと，水中に存在する鉄の存在状態が違ふと思います．具体的には弱酸性の水中であっても， Fe^{3+} ， FeOH^{2+} ， $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$ ， $\text{Fe}(\text{OH})_3$ の存在割合が温度，pH，濃度等によって変化すると思ひますので注意して下さい．

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：みほち 日時：2010年06月09日 17時42分55秒

電気の問題なのですが，「内部抵抗4Ωの電池を2個並列につないだ回路に48Ωの抵抗をつないだところ，100mA流れた．この電池の起電力と端子電圧を求めよ」という問題なのですが，分かりません．よろしければ解説付きで教えてください！お願ひします．

名前：芦田 実 日時：2010年06月17日 23時35分00秒

みほち 様

質問671 電気の問題なんです．「内部抵抗4Ωの電池を2個並列につないだ回路に，48Ωの抵抗をつないだところ，電流が100mA流れた．この電池の起電力と端子電圧を求めよ」という問題なのですが，分かりません．よろしければ解説付きで教えてください．お願ひします．

回答 この問題の等価回路を図1に示します．Eが電池の起電力，rがその内部抵抗で，それらを合わせたものが内部抵抗を持つ電池全体（点線で囲った部分）です．SWがOFFのときには電流が流れませんので，電圧降下が起こらず，起電力が回路のつながっている端（SWの両端）まで届き（フル充電），電圧計で電池の起電力Eを測定できます．SWがONのときには電流が流れますので，電圧降下が起こり（充

電が間に合わず), 起電力Eが内部抵抗と外付け抵抗Rに分散されてかかり, このときの端子電圧 V_t (外付け抵抗Rにかかっている電圧) を電圧計で測定できます.

最初に, 2個の電池を合成して単純化します. 電池が並列つなぎなので, 電池の寿命が延びるだけで, 起電力の値が変化しません. さらに, Eとrの間の電位が同じですから, これらを接続しても何の問題もありません. そこで, 2個の電池部分の等価回路をより正確で分かり易くすると図2になります. 次に, 2つの内部抵抗rを合成して1つの内部抵抗 r_c に置き換えます.

$$1/r_c = 1/r + 1/r = 2/r$$

$$\therefore r_c = r/2 = 4\Omega / 2 = 2\Omega$$

図1と図2を合わせて単純化した最終的な回路を図3に示します. この回路のSWをONにすると, 内部抵抗 $r_c = 2\Omega$ と外付け抵抗 $R = 48\Omega$ の両方に電流 $I = 0.1A$ が流れます. それゆえ, 起電力Eおよび端子電圧 V_t の値は, それぞれ

$$E = I(r_c + R) = 0.1A \times (2\Omega + 48\Omega) = 5.0V, \quad V_t = IR = 0.1A \times 48\Omega = 4.8V$$

したがって, この場合には電池の起電力 $E = 5.0V$ のうち, $0.2V$ 分が内部抵抗で無駄に消費され, 外付け抵抗Rでは端子電圧 $V_t = 4.8V$ しか有効利用できないことが分かります.

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

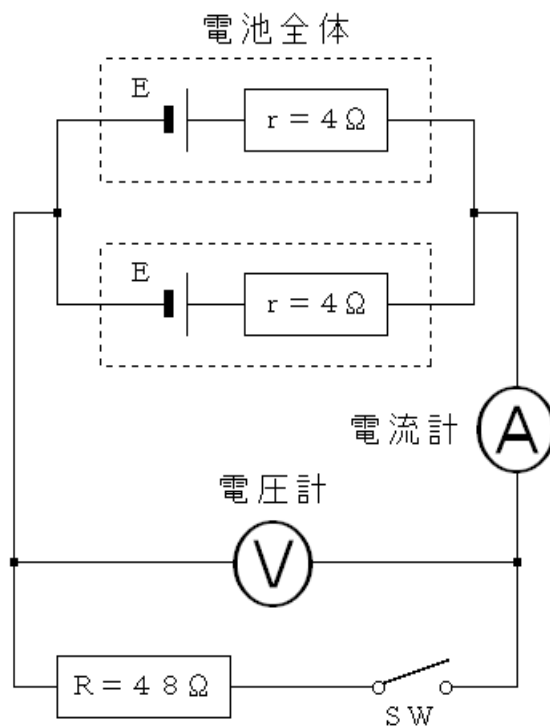


図1 問題の等価回路

それゆえ, 起電力Eおよび端子電圧

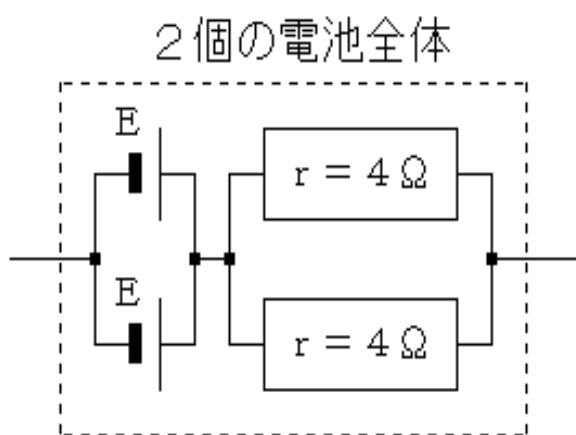


図2 電池の正確な等価回路

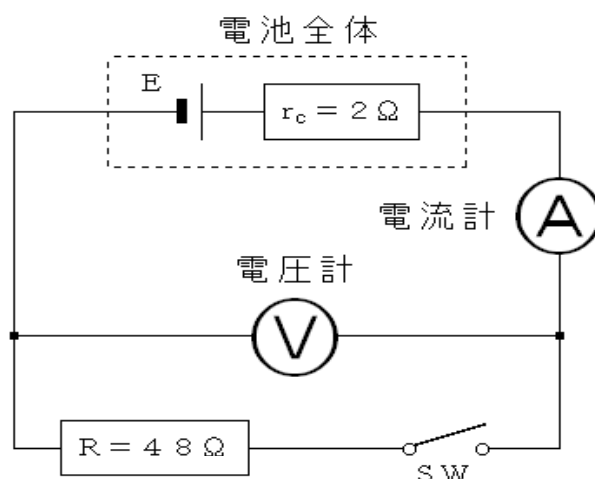


図3 単純化した回路

名前 : 田中 晃二 日時 : 2010年06月14日 19時36分36秒

ここ3～4年で塩素原子の電気陰制度が3.0から3.2に、高校の教科書では変更されました。その根拠を高校生が理解できる程度に教えていただけませんか。

名前：芦田 実 日時：2010年06月23日 19時20分00秒

田中 晃二 様

質問672 ここ3～4年で塩素原子の電気陰制度が3.0から3.2に、高校の教科書では変更されました。その根拠を高校生が理解できる程度に教えていただけませんか。

回答 電気陰性度は、分子内の原子が電子を引き付ける相対的な強さですから、他の原子との相対的な強弱が重要であり、その絶対値はそれほど重要ではない様な気がします。電気陰性度の定義（値の計算方法）は複数あり、次の3つの方法が最も良く知られています。

1つ目は、1932年にポーリングが提唱したものです。異種の2原子A, Bの単結合の結合エネルギー E_{AB} は同種原子の単結合の結合エネルギーの幾何平均 $(E_{AA}E_{BB})^{1/2}$ より大きくなります。この理由は、共有結合がイオン結合性を含んで、より安定化するためであり、この差に基づいて電気陰性度の値を決定しています。ポーリングの電気陰性度の値として、非常に古い本にはフッ素の値が4.0、酸素が3.5、塩素と窒素が3.0等と載っています。新しい本やweb上では、フッ素の値が3.98、酸素が3.44、塩素が3.16、窒素が3.04等と載っていることが多いですが、まだ古い方の数値が載っている場合もあります。逆に、25年程前に出版された少し古い本でも、特に外国人著者の本を和訳したものの場合に、新しい方の数値が載っている場合があります。したがって、古い数値も新しい数値も両方ともポーリングの電気陰性度の値であるならば、結合エネルギー等の測定値の精度が上がったり、測定値のデータが多く集まって、より正確な電気陰性度の値が決定されたためだと思います。

2つ目は、1934年にマリケンが提唱したもので、各原子のイオン化エネルギーと電子親和力の算術平均に基づいて電気陰性度の値を決定しています。この値はポーリングの電気陰性度の値の約3倍になります。3つ目は、1958年にオールレッドおよびロコウが提唱した実測による方法で、電気陰性度が原子表面の電場の強さで決定されるという考え方に基づいています。ポーリングの電気陰性度と似た値になるように係数が選ばれています。

以上のことより、高校の教科書に電気陰性度の新しい正確な値が掲載されるのが遅かっただけだと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：鈴木 まみ 日時：2010年06月15日 20時05分24秒

イオン化エネルギーは、どうしてHeが大きくて、Frが小さくなるんですか？教えて下さい。

名前：芦田 実 日時：2010年06月28日 15時35分00秒

鈴木 まみ 様

質問673 イオン化エネルギーは、どうしてHeが大きくて、Frが小さくなるんですか？教えて下さい。

回答 最外殻電子が原子核からのクーロン引力に打ち勝って、原子から離れていくときに必要なエネルギーが（第1）イオン化エネルギーです。クーロン力は、2つの荷電の積に比例し、2つの荷電間の距離の2乗に反比例します。一般的に、周期表で同一周期の原子なら最外殻が同じで、右に行くほど陽子の数が増えますので、最外殻電子はより強く原子核に引き付けられ、原子半径（荷電間の距離）が小さくなります。ゆえに、右に行くほどクーロン引力がますます強くなり、イオン化エネルギーが大きくなります。ただし、電子同士のクーロン斥力も強くなりますので、クーロン引力とクーロン斥力が釣り合ったところで原子半径が決まります。

同一族の原子なら、下に行くほど内殻の数が増えますので、最外殻が原子核から遠くなり、原子半径が大きくなります。ゆえに、クーロン引力がますます弱くなり、イオン化エネルギーが小さくなります。これらの結果として、イオン化エネルギーはHeが最も大きく、Frが最も小さくなります。イオン化エネルギーや原子半径等については、参考として質問555, 393, 176, 161, 11の回答および下記のホームページもご覧下さい。

<http://hooktail.sub.jp/elemag/coulomb/>

<http://www.buturigaku.net/main01/Electricity/Electricity02.html>

http://www.chem.kit.ac.jp/print/ishikawa/InorgChem09/04_InorgChem_090501.pdf

<http://nkiso.u-tokai.ac.jp/phys/matsuura/lecture/general/presentation/AtomicStructure/AtomicStructure.files/frame.htm>

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：高橋雅夫 日時：2010年06月15日 09時10分17秒

お忙しいところ申し訳ございません。酸化還元反応についてお教え頂きたく質問いたします。

過酸化物の有効酸素を求める際、ヨウ化カリウムと硫酸を入れますが、この入る順番については専門書やJISなどで調べましてもどちらの場合もございませぬ。すなわち順番を気にせず、順次すぐに入れていけば良いような記述です。その後、密栓し、暗所で30分放置後、チオ硫酸ナトリウムで滴定と書かれております。ただ、実際は先にヨウ化カリウムを過氧化物水溶液（過酸化水素）に入れると、泡が発生し、気体が出ていくようです。泡の発生を15秒、30秒と観察した後、それぞれの場合で硫酸を入れ、有効酸素を測定すると時間が経過するにつれて値が下がります。ヨウ化カリウムを過剰に入れなくとも少し入れかけた時から気体は発生します。この気体は酸素なのでしょうか？ヨウ化カリウムが還元剤、過酸化水素が酸化剤として働くと考え、半反応式を解くと、ヨウ素と水が生成し、酸素は出ないので理解に苦しみます。ちなみに硫酸を先に入れた場合は、ヨウ化カリウ

ムを入れるまでの時間が少し経過しても有効酸素値は下がりません。このようなことが起こる理由をお教え頂けると有難いです。よろしくお願い申し上げます。

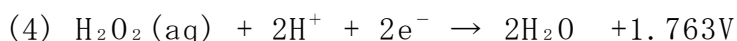
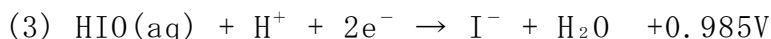
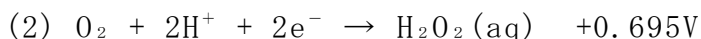
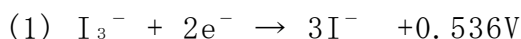
名前：芦田 実 日時：2010年06月30日 19時00分00秒

高橋雅夫 様

質問674 お忙しいところ申し訳ございません。酸化還元反応についてお教え頂きたい質問いたします。過酸化物の有効酸素を求める際、ヨウ化カリウムと硫酸を入れますが、この入れる順番については専門書やJISなどで調べましてもどちらの場合もございます。すなわち順番を気にせず、順次すぐに入れていけば良いような記述です。その後、密栓し、暗所で30分放置後、チオ硫酸ナトリウムで滴定と書かれております。ただ、実際は先にヨウ化カリウムを過酸化水溶液（過酸化水素）に入れると、泡が発生し、気体が出ていくようです。泡の発生を15秒、30秒と観察した後、それぞれの場合で硫酸を入れ、有効酸素を測定すると時間が経過するにつれて値が下がります。ヨウ化カリウムを過剰に入れなくとも少し入れかけた時から気体は発生します。この気体は酸素なのでしょうか？ヨウ化カリウムが還元剤、過酸化水素が酸化剤として働くと考え、半反応式を解くと、ヨウ素と水が生成し、酸素は出ないので理解に苦しみます。ちなみに硫酸を先に入れた場合は、ヨウ化カリウムを入れるまでの時間が少し経過しても有効酸素値は下がりません。このようなことが起こる理由をお教え頂けると有難いです。よろしくお願い申し上げます。

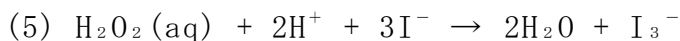
回答 過酸化水素は二酸化マンガンや鉄イオンを触媒として不均化（自己分解）します。さらに、酸性溶液中と中性（または塩基性）溶液中では反応メカニズムが異なると考えられます。ヨウ化カリウムを先に入れた場合には、硫酸を入れるまでは溶液がほぼ中性になりますので、下記の中性（または塩基性）溶液中の様にヨウ化物イオン等が触媒作用をして過酸化水素が分解し、酸素を発生しているものと想像します。また、触媒ですからヨウ化カリウムの量が少なくても、過酸化水素の分解反応が起こります。したがって、この質問の場合には硫酸を先に入れるべきだと思います。また、専門書やJIS等では暗所で30分放置するほど反応が遅いことから、過酸化水素がこんなに速く分解することを想定していないと考えられます。過酸化水素の濃度が濃すぎることはありませんか。

最初に、酸性溶液中で関係する酸化・還元半反応と標準電極電位は



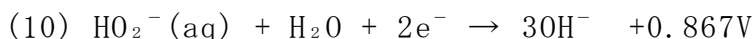
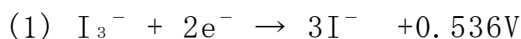
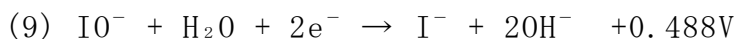
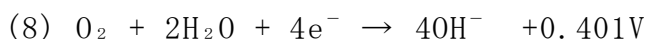
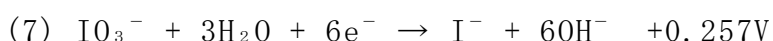
2つの半反応を組み合わせるとき、電極電位がより負側の半反応が左に、より正側の半反応が右に進みます。さらに、電極電位の差が大きい組合せの方が反応が起こり易く、反応速度も速いと思います。したがって、酸性溶液中では、式(4)と式(1)を組み合わせた反応が最も起こり易く、式(4)と式(2)を組み合わせた分解反応や式(4)と式(3)を組み合わせた反応等はほとんど起こらないと思います。もし

も、式(4)と式(2)を組み合わせた反応が起こった場合、生じた酸素は式(2)と式(1)を組み合わせた反応で消費されて、ほとんど気体として発生しないと想像します。もしも、式(4)と式(3)を組み合わせた反応が起こった場合、生じた次亜塩素酸は式(3)と式(1)を組み合わせた反応で消費されていると想像します。ゆえに、酸性溶液中では式(4)と式(1)を組み合わせた反応のみが起こった場合と同じ結果になります。

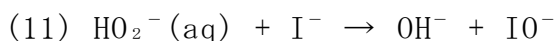


なお、上の酸性溶液中の反応では遊離基（ラジカル、活性酸素等）を含む半反応を省略しています。それゆえ、実際のメカニズムはもっと非常に複雑だと考えられます。

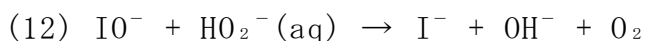
中性（または塩基性）溶液中で関係する酸化・還元半反応と標準電極電位は



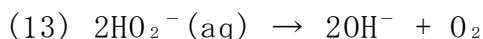
中性（または塩基性）溶液中では、式(1)よりも活性な半反応が存在し、式(10)と式(6)を組み合わせた反応が最も起こりやすく、過酸化水素がゆっくりと自然に分解する恐れがあります。それを防ぐために、過酸化水素水は冷蔵庫中に保管して分解速度を遅くしていると思います。式(7)、式(9)または式(1)が式(10)および式(6)と組み合わせる場合に、ヨウ化物イオン等が触媒作用をする可能性があります。例えば、式(10)と式(9)を組み合わせ



次に、式(9)と式(6)を組み合わせ



式(11)と式(12)を足し合わせると、触媒であるヨウ化物イオンと次亜ヨウ素酸イオンが見かけじょう消えた全体の反応が求まります。



なお、最初の水中に過酸化水素が分解した酸素または空気中からの溶存酸素がある場合には、式(8)が関係する可能性もあります。また、酸性溶液中の反応と同様に、遊離基（ラジカル、活性酸素等）を含む半反応を省略しています。以上、中性（または塩基性）溶液中の反応は非常に複雑であり、式(11)～式(13)は単なる可能性の1つと考えて下さい。その他、参考として質問50の回答もご覧下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：高橋 雅夫 日時：2010年06月30日 22時32分19秒

芦田 実 先生

お忙しいところご回答を頂き、大変恐縮しております。大変わかりやすくご解説頂き、感謝しております。過酸化水素の濃度については、JISに書いてあるような濃度に調製しても、硫酸とヨウ化カリウムの入れる順番を変えると定量誤差は起こります。

どうもありがとうございました。 高橋 雅夫

名前：ちんい 日時：2010年07月01日 00時54分28秒

Ca²⁺とMg²⁺は日本語でどのように言いますか。お願いします。

名前：芦田 実 日時：2010年07月02日 19時00分00秒

ちんい 様

質問675 Ca²⁺とMg²⁺は日本語でどのように言いますか。お願いします。

回答 Ca²⁺とMg²⁺を日本語で声に出して言うときは、「カルシウムイオン」と「マグネシウムイオン」、「カルシウム2プラス」と「マグネシウム2プラス」または「カルシウム2プラスイオン」と「マグネシウム2プラスイオン」等と言います。日本語で文字に書くときは、「Ca²⁺」と「Mg²⁺」、「Ca²⁺イオン」と「Mg²⁺イオン」、「Ca(II)イオン」と「Mg(II)イオン」、「Caイオン」と「Mgイオン」、「カルシウム(II)イオン」と「マグネシウム(II)イオン」または「カルシウムイオン」と「マグネシウムイオン」等と書きます。時と場合によって、適当に使い分ければよいと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：西川 翔 日時：2010年06月19日 22時40分16秒

実験でナトリウム塩の安息香酸をHClを加え酸性にした後、分液ロートにいれ、塩化メチレンでナトリウム塩の安息香酸がはいっていた三角フラスコを共洗いし、その分液ロートに入れ、よく混ぜ分離させ、下層を新しいフラスコに入れる。次にそのフラスコに無水硫酸ナトリウムを入れ、脱水乾燥させ、ろ過し、また新しいフラスコに入れる。次にそのフラスコに空冷管をつけ塩化メチレンをとばし、不純物がある安息香酸の粗結晶ができる。次に純度を上げるため熱水で結晶を溶かし、吸引ろ過をして再結晶をつくった。ここで質問なのですが、不純物とは塩化メチレンのことなのでしょうか？また僕の場合、粗結晶と再結晶のグラム数が同じになってしまいました。不純物を取り除いて再結晶のほうは必ず粗結晶よりグラム数が減るはずなのに为什么呢？

名前：芦田 実 日時：2010年07月04日 15時20分00秒

西川 翔 様

質問676 実験で、ナトリウム塩の安息香酸をHClを加え酸性にした後、分液ロートにいれ、塩化メチレンでナトリウム塩の安息香酸が入っていた三角フラスコを共洗いし、その分液ロートに入れ、よく混ぜ分離させ、下層を新しいフラスコに入れる。次に、そのフラスコに無水硫酸ナトリウムを入れ、脱水乾燥させ、ろ過し、また新しいフラスコに入れる。次に、そのフラスコに空冷管をつけ塩化メチレンをとばし、不純物がある安息香酸の粗結晶ができる。次に、純度を上げるため熱水で結晶を溶かし、吸引ろ過をして再結晶を作った。ここで質問なのですが、不純物とは塩化メチレンのことなのでしょうか？また僕の場合、粗結晶と再結晶のグラム数が同じになってしまいました。不純物を取り除いて再結晶のほうは必ず粗結晶よりグラム数が減るはずなのに为什么呢？

回答 この実験をしたことがないので、想像を含めて回答します。市販の安息香酸ナトリウムの純度が95%~98%以上ですから、不純物は最初の安息香酸ナトリウムに含まれていた物と考えられます。すなわち、安息香酸ナトリウムを製造するとき、除去しきれなかった原料等です。

粗結晶と再結晶のグラム数が同じになったのは、実験操作を間違っていないか。質問文に、熱水で粗結晶を溶かし、吸引ろ過して、再結晶したとあります。しかし、正しい操作順序は、熱水で粗結晶を溶かし、これを自然放冷して再結晶を生じさせ、それを吸引ろ過して、再結晶を乾燥する方法だと思います。熱いうちにろ過したら全て通過してしまっ、安息香酸と不純物を分離できません。次に、ろ過したときにフィルターに付着した再結晶を完全には回収できません。さらに、ろ液中にも溶解度分だけ安息香酸が溶け残っています。したがって、再結晶の方が必ず粗結晶より質量が減るはずで、湿った再結晶を十分に乾燥させて、完全に水分を除去しましたか。その他、質量を測定するとき薬包紙等の質量をキャンセルし忘れたり、電子天秤の数値を読み間違えたりしたことが考えられます。なお、最初に98%以上の高純度の安息香酸ナトリウムを使用したならば、粗結晶と再結晶の質量の差が元々小さいと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：ゆう 日時：2010年07月04日 08時15分09秒

二酸化炭素0.5molの質量はいくらか？原子量は炭素12，酸素16とする。答えが22gになるんですが、どのようにして求めるんでしょうか？

名前：芦田 実 日時：2010年07月04日 16時15分00秒

ゆう 様

質問677 二酸化炭素0.5molの質量はいくらか？原子量は炭素12，酸素16とする。答えが22gになるんですが、どのようにして求めるんでしょうか？

回答 普通は原子量に単位は付けませんが、原子量のことを原子1mol当たりの質量(g/mol)と思ってもあまり差し支えありません。したがって、炭素原子1mol当

たりの質量が12 g/mol, 酸素原子 1 mol当たりの質量が16 g/molです. 最初に, 二酸化炭素CO₂のモル質量 (分子量) Mを求めます. 二酸化炭素の分子 1 mol (1 個) が炭素原子 1 mol (1 個) と酸素原子 2 mol (2 個) からできていますので

$$M = (12 \text{ g/mol} \times 1 \text{ mol} + 16 \text{ g/mol} \times 2 \text{ mol}) / 1 \text{ mol} = 44 \text{ g/mol}$$

ゆえに, 二酸化炭素0.5molの質量Wは

$$W = 44 \text{ g/mol} \times 0.5 \text{ mol} = 22 \text{ g}$$

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前 : ペコ 日時 : 2010年07月04日 10時26分13秒

ニッケル定量の実験のレポートの考察についてなのですが, 溶液が弱アルカリ性になるまでアンモニア水を加える操作は何のためか, 詳しく教えてください. お願いします.

名前 : 芦田 実 日時 : 2010年08月21日 15時45分00秒

ペコ 様

質問678 ニッケル定量実験の考察についてなのですが, 溶液が弱アルカリ性になるまでアンモニア水を加える操作は何のためか, 詳しく教えてください. お願いします.

回答 実験操作が詳しく書かれていません. ニッケルイオンをジメチルグリオキシムで沈殿させ, その質量を測定する重量分析なのか, ニッケルイオンをEDTAで滴定するキレート滴定なのか, またはその他の方法なのか全く分かりません. この様な質問は本来なら削除対象です.

もしも, ジメチルグリオキシムを使用した重量分析ならば, ジメチルグリオキシムから水素イオンを取り除き, 陰イオンにしてニッケルイオンと沈殿 (錯体) を形成し易くするためだと考えられます. なお, ニッケルジメチルグリオキシムの沈殿は, 強塩基性でも, 強酸性でも溶けてしまうので注意が必要だそうです.

もしも, EDTAを使用したキレート滴定ならば, EDTAから水素イオンを取り除き, 陰イオンにしてニッケルイオンと錯体を形成し易くするためだと考えられます.

その他の方法として, 種々のスペクトル (吸光度) から定量する方法があるかもしれませんが, かなり調べましたが, アンモニア水を加える操作が見つかりませんでした. 後はご自分で調べたり, 考えたりして下さい. 参考として, 下記のホームページもご覧下さい.

http://kuchem.kyoto-u.ac.jp/ubung/yyosuke/uebung/nisilver_ni.htm

<http://326.nobody.jp/ouka2/nickel.htm>

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：2010年07月24日 13時17分31秒

お忙しいところ申し訳ありません。高校3年生のものです。質問があります。酸化還元の問題なのですが、シュウ酸と過マンガン酸カリウムの滴定で本来なら硫酸酸性中ならば、 MnO_4^- が Mn^{2+} になるはずですが、過マンガン酸カリウムを大量に加えると二酸化マンガンができてしまうのはなぜですか？

名前：芦田 実 日時：2010年08月21日 17時55分00秒

桐生一馬 様

質問679 お忙しいところ申し訳ありません。高校3年生のものです。質問があります。酸化還元の問題なのですが、シュウ酸と過マンガン酸カリウムの滴定で本来なら硫酸酸性中ならば、過マンガン酸イオン MnO_4^- がマンガン(II)イオン Mn^{2+} になるはずですが、過マンガン酸カリウムを大量に加えると二酸化マンガン MnO_2 ができてしまうのはなぜですか？

回答 過マンガン酸イオン MnO_4^- がマンガン(II)イオン Mn^{2+} に還元される反応は、途中に MnO_4^{2-} 、 MnO_2 、 Mn^{3+} の酸化状態があり、非常に複雑です。さらに、生成した Mn^{2+} が触媒作用して、この反応を加速すると言われています。かなり調べましたが、詳細な反応メカニズムは分かりませんでした。想像を含めて回答します。

MnO_4^- が MnO_2 まで変化する過程（複数過程の連続？）の速度が比較的速く、その後 MnO_2 が Mn^{2+} まで変化する過程（複数過程の連続？）の速度が比較的遅いことが原因だと思います。過マンガン酸カリウムを大量に加えると、速度がより速い過程とシュウ酸が優先的に反応して、大量の MnO_2 が生じてしまいます。 MnO_2 は水に溶けませんが、褐色に濁る程度でしたら、かき混ぜているとシュウ酸と反応して無色の Mn^{2+} になります（かなり時間がかかります）。しかし、大量の MnO_2 が生じ過ぎて、それらが集まって目に見える大きさの固体粒子になってしまうと、いくらかき混ぜてもシュウ酸とほとんど反応しなくなってしまいます（粒子表面が不動態化？）。

要するに、複数の過程が含まれている反応において、反応物が途中の物質まで変化する（前半の）速度が速く、途中の物質から生成物まで変化する（後半の）速度が遅い場合に、途中の物質がたまってしまう現象だと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：笠井 梨花 日時：2010年08月31日 15時06分25秒

表面張力をしているんです。砂糖水と食塩水のコインは何で少ないですか？

名前：芦田 実 日時：2010年08月31日 19時10分00秒

笠井 梨花 様

質問680 表面張力を測定しているんです。砂糖水と食塩水のコインは何で少ないですか？

回答 コップの縁まで砂糖水や食塩水を入れて、それにコインを入れていき、水溶液が縁からこぼれるまでの枚数を調べる実験でしょうか。砂糖水も食塩水も濃いほど表面張力が少し大きくなり、コインの枚数が増えるはずですが、したがって、水だけのときよりもコインの枚数が少なければ、砂糖水、食塩水、コップ、コインやスプーンなどが汚れたのが原因だと思います。表面張力の実験はかなり難しく、石けん・洗剤や油（手や顔の脂、牛乳）などがほんの少し混じっても、表面張力の値（コインの枚数）が減ると思います。表面張力の小さい溶液で先に実験し、使ったコップとコインやスプーンなどを良く洗わずに、続けて砂糖水や食塩水を作って実験しませんでしたか。だとしたら、これらを全てきれいに洗って、砂糖水や食塩水を新しく作り直して、もう一度実験してみてください。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：noah **日時：**2010年09月14日 21時19分10秒

実験でめっきをした後、水道水につけてから乾燥したら、白い色のシミができてしまいました。次にめっきをした後、水道水につけてからエタノールをかけて乾燥したらシミができませんでした。シミができなかった理由として、エタノールと水の揮発性によるものだけなのでしょうか？また、白い色のシミは塩素が原因なのでしょうか？お忙しいところ申し訳ありませんが宜しくお願いします。

名前：芦田 実 **日時：**2010年09月15日 23時45分00秒

noah 様

質問681 実験でめっきをした後、水道水につけてから乾燥したら、白色のシミができてしまいました。別の実験でめっきをした後、水道水につけてからエタノールをかけて乾燥したら、シミができませんでした。シミができなかった理由として、エタノールと水の揮発性によるものだけなのでしょうか？また、白色のシミは塩素が原因なのでしょうか？お忙しいところ申し訳ありませんが宜しくお願いします。

回答 白色のシミができる原因は、エタノールと水の揮発性によるものではなく、水道水に溶解（浮遊）している種々の物質（ケイ酸塩、炭酸塩等の水アカ（ミネラル））が水が蒸発した後に残ったためだと思います。エタノールをかけた後水道水を洗い流してしまいます。エタノールは純度が高いので、蒸発した後に何も残らなかったのだと思います。水道水につけるだけでも、表面を傷つけたり汚したりしない様に注意して、付着している水道水をきれいに拭き取れば、白色のシミができ難いと思います。要するに、乾燥前にメッキ表面に存在する水道水の量の多少によって決まると思います。白色のシミの原因が塩素かどうかはよく分かりません。塩素消毒するために使用した薬品が不明です。それが塩素ガスなのか、次亜塩素酸ナトリウムなのか、クロラミンなのかによっても、シミができるかどうかの結果が変わると思います。また、酸化され難いガラスのコップでも、水道水が付いたまま乾燥すれば、白色のシミが残ります。したがって、塩素による酸化が原因である可能性は低いと思います。

名前：芦田 実 日時：2010年09月16日 23時35分00秒

質問682 お忙しいところすいません。酢酸の初濃度がそれぞれ① $C=1.00 \times 10^{-1}$ mol/L, ② $C=1.00 \times 10^{-3}$ mol/Lのときの、水素イオン濃度 $[H^+]$ の求め方がわかりません。教えてください。酢酸の電離定数は $K=1.75 \times 10^{-5}$ だそうです。もしかしたら問題に間違いがあるかもしれません。その際は間違いを指摘してください。よろしくお願いします。

回答 酸や塩基水溶液中の水素イオン濃度、水酸化物イオン濃度やpHの計算方法については既に多数回答しています。参考として、質問177, 130, 111, 95, 89, 75等の回答を、特に質問95の回答をご覧ください。酢酸水溶液中の水素イオン濃度 $[H^+]$ とpHは、酢酸の電離度（電離する割合） α を変数として求めます。

酢酸の電離平衡、各化学種の濃度および電離定数はそれぞれ



$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} = 1.75 \times 10^{-5}$$

①酢酸の初濃度が $C=1.00 \times 10^{-1}$ mol/Lのとき、上式から $[H^+]$ を求めると、

$$[\text{H}^+] = C\alpha = \frac{\sqrt{K^2 + 4KC} - K}{2} = 1.31 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

したがって、水素イオン指数pHは

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = 2.88$$

②酢酸の初濃度が $C=1.00 \times 10^{-3}$ mol/Lのときも同様に求めることができます。

$$[\text{H}^+] = 1.24 \times 10^{-4} \text{ mol/L}, \quad \text{pH} = 3.91$$

なお、計算を簡単にするために、上で述べた方法は水の電離を無視しています。酢酸の初濃度が 1.00×10^{-5} mol/Lよりも小さくなると、水の電離で生じる水素イオン濃度が酢酸から生じる水素イオン濃度と比較して、無視しきれなくなり計算誤差を生じます。したがって、上で述べた方法には計算できる限界がありますので注意して下さい。

名前：芦田 実 日時：2010年10月11日 17時00分00秒

質問683 イオン化傾向の大小についてなのですが、これについて探しているうちに、グラフに表したのがありました。しかし、具体的な数値が載っていません。

もし、具体的な数値があるのなら教えていただけないでしょうか？お願いします。

回答 水中で金属が電子を放出して陽イオンとなる性質をイオン化傾向といい、陽イオンになり易さの順序をイオン化列といいます。性質や順序ですから定量的な数値はありません。これと類似したものに標準電極電位があり、化学便覧基礎編Ⅱ（丸善）等に数値が掲載されています。ただし、標準状態（25℃，1 atm，濃度＝活量1）における値ですから、実際の水溶液中の値（電極電位）と異なり、しかも反応の進行とともに変化します。したがって、実際の電極電位が必要ならネルンストの式から計算しなければなりません。例えば参考として、質問197，189，179，175(追加)，155，141，57，45の回答や下記のホームページををご覧ください。

<http://www.inv.co.jp/~yoshi/kigou/ionka.html>

http://www.jpo.go.jp/shiryou/s_sonota/map/kagaku05/1/1-5-2.htm

http://www.jpo.go.jp/shiryou/s_sonota/map/kagaku05/1/1-5-3.htm

<http://www.akita-pu.ac.jp/bioresource/dbp/plant-physiol/esuzuki/CHEM/Folder6/r dxpot2a.html>

<http://canz.sci.kagoshima-u.ac.jp/docs/0201.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：2010年10月14日 22時40分00秒

質問684 塩化シアヌルを分析したいのですが、どの機器分析を用いたらよいでしょうか？HPLC？GC？IR？よろしくお願いします。

回答 定性分析なのか、定量分析なのか、混合物の分離・定量なのか、何を分析したいのか理解できません。普通は、高速液体クロマトグラフHPLCで分析しているようです。場合によっては、塩化物基を化学修飾する必要があるかもしれません。詳細については、参考として下記のホームページをご覧ください。

<http://www.ube-ind.co.jp/usal/service/organic/f054a.pdf>

<http://www.j-tokkyo.com/2002/C07D/JP2002-220378.shtml>

<http://www.j-tokkyo.com/2008/D06M/JP2008-063708.shtml>

<http://db-out3.nies.go.jp/emdb/BunsekiText.php?bunsekiID=680>

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年11月25日 23時30分00秒

質問685 メラニンについて日々卒業研究をしています。その中で論文を読んで気になったのですが、 KMnO_4 は溶解すると紫色になりますよね？試料1 mLの1 M H_2SO_4 をホモジナイズし、3%の KMnO_4 を20 μL づつ紫色が消えなくなるまで加える。この紫色が消えるとダメな理由を知りたいです。よろしくお願いします。

回答 濃硫酸 H_2SO_4 の希釈に使用した水に有機物等の還元性不純物が微量含まれて

います。それが過マンガン酸カリウム KMnO_4 とゆっくり反応し、紫色が消失していきます。これは、実験の目的ではない、余計な反応です。それゆえ最初に、この還元性不純物を過マンガン酸カリウムで全て酸化して取り除く必要があります。したがって、紫色が消えるうちは還元性不純物が残っていますので、まだダメで実験に使用できません。詳細については参考として、質問171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：2010年11月28日 16時35分00秒

質問686 お忙しいところ恐れいますが、以下の質問にご解答下さいますようお願いいたします。

AlとMgを成分とする合金がある。これを完全に酸化すると質量が元の合金の1.8倍となった。この合金中のAlとMgの比を求めよ。ただし原子量は $\text{Al}=27.0$ 、 $\text{Mg}=24.3$ とする。よろしくお願いいたします。

回答 簡単な連立方程式の応用問題です。次式のように、純粋なアルミニウムAlを酸化すると、酸化アルミニウム Al_2O_3 を生じて、質量が1.89倍に増加します。さらに、合金中のアルミニウムAlの質量%を Y (mass%)とすると、合金100g中のアルミニウムAlのみの質量は Y (g)、これから生じる酸化アルミニウム Al_2O_3 の質量が $1.89Y$ (g)になります。

化学反応式 $\text{Al} + (3/4)\text{O}_2 \rightarrow (1/2)\text{Al}_2\text{O}_3$
質量の関係 $27.0 + 0.75 \times 16.0 \times 2 = 0.5 \times 102$ (質量増加率 $=0.5 \times 102 / 27.0 = 1.89$)
質量の増加 $Y(\text{g}) \rightarrow 1.89Y(\text{g})$

同様に、純粋なマグネシウムMgを酸化すると、酸化マグネシウム MgO を生じて、質量が1.66倍に増加します。さらに、合金中のマグネシウムMgの質量%が残りの $100 - Y$ (mass%)ですから、合金100g中のマグネシウムMgのみの質量が $100 - Y$ (g)、これから生じる酸化マグネシウム MgO の質量が $1.66(100 - Y)$ (g)になります。

化学反応式 $\text{Mg} + (1/2)\text{O}_2 \rightarrow \text{MgO}$
質量の関係 $24.3 + 0.5 \times 16.0 \times 2 = 40.3$ (質量増加率 $=40.3 / 24.3 = 1.66$)
質量の増加 $100 - Y(\text{g}) \rightarrow 1.66(100 - Y)(\text{g})$

合金全体の質量増加率が1.8ですから、上の質量の増加に関する式から

$$\{Y(\text{g}) + 100 - Y(\text{g})\} \times 1.8 = 1.89Y(\text{g}) + 1.66(100 - Y)(\text{g}),$$

$$\therefore Y = 61\text{mass}\%$$

したがって、合金中のアルミニウムAlとマグネシウムMgの質量比 R は

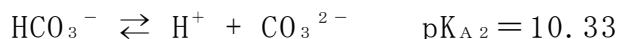
$$R = 61\text{mass}\% / (100\text{mass}\% - 61\text{mass}\%) = 1.56 \div 1.6$$

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年11月28日 18時45分00秒

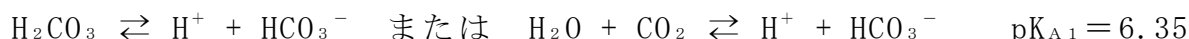
質問687 初めて投稿させていただきます。さっそくですが、炭酸イオンと炭酸水素イオンってどう違うのですか？教えてください。お願いします。

回答 炭酸水素イオンは化学式が HCO_3^- であり、炭酸イオンは化学式が CO_3^{2-} です。水中では、これらの上に次式の様な化学平衡が存在します。



化学平衡に水素イオン H^+ が関係します。pH < 10.33では炭酸水素イオン HCO_3^- の割合が多くなり、10.33 < pHでは炭酸イオン CO_3^{2-} の割合が多くなります。

炭酸 H_2CO_3 にはもう1つ化学平衡が存在します。



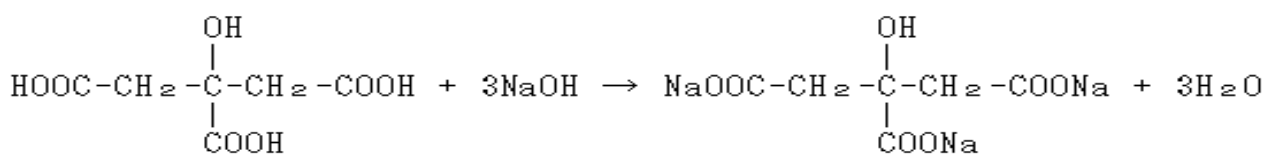
6.35 < pHでは炭酸水素イオン HCO_3^- の割合が多くなり、pH < 6.35になると炭酸 H_2CO_3 （または二酸化炭素 CO_2 ）の割合が多くなります。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：芦田 実 日時：2010年11月28日 23時30分00秒

質問688 クエン酸と水酸化ナトリウムとの中和反応式がさっぱりわかりません。教えてください。

回答 クエン酸1分子中には3個のカルボキシル基があります。それゆえ、クエン酸1個が3個の水酸化ナトリウム NaOH と中和反応し、クエン酸三ナトリウム1個と3個の水ができます。固体のクエン酸三ナトリウムは二水和物が安定です。水中ではナトリウムイオンと3個のクエン酸イオンに電離すると思います。さらに、クエン酸イオンが加水分解して水から水素イオンを奪い、カルボキシラートイオンの一部がカルボキシル基になると思います。



クエン酸

クエン酸三ナトリウム

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

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2010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。



わくわく理科実験教室 風景 [清水 誠]

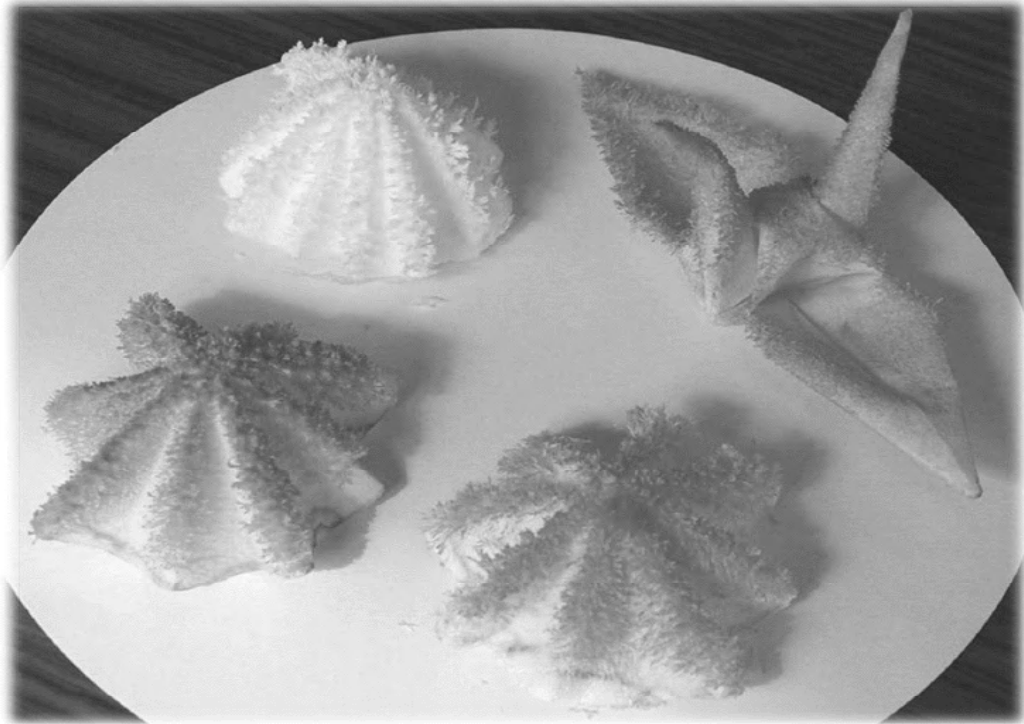
◀ 2010 ▶
04

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

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

2010年4月の理科カレンダー わくわく理科実験教室 風景

「声を出しているだけなのにヘビが動くのはなぜだろう？」と子どもたちは不思議に思いながら、意欲的に取り組んでいます。ダンシング・スネークは、紙コップの上にモールで作ったヘビを乗せ、声を出すことで紙コップが振動し、ヘビが動き回ります。大きい声や高い声では早く回り、小さい声や低い声ではゆっくりと回ります。子どもたちが、「音は振動である」ということを実感することができる実験です。[清水 誠]



尿素の華（結晶） [芦田 実]

◀ 2010 ▶
 ◀ 05 ▶

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

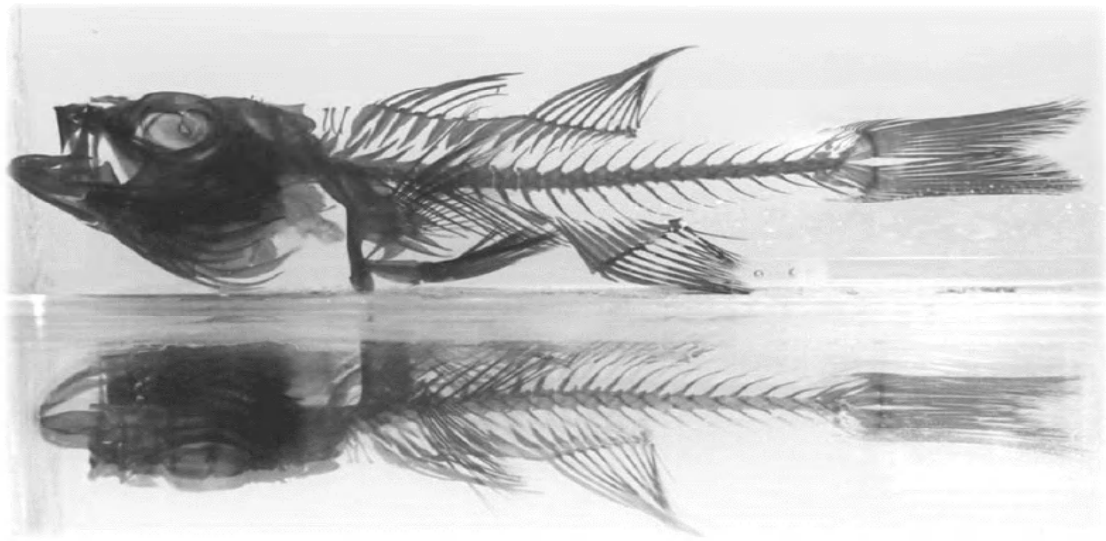
驚きと感動をつたえる

理科大好き先生

小学校の先生を応援します

2010年5月の理科カレンダー 「尿素の華（結晶）」

ろ紙を適当に折り，皿やシャーレに置き，尿素の飽和水溶液をかける．2～3日放置すると，ろ紙の上にきれいな白色の尿素の結晶（左上）を作ることができる．食用色素を混ぜておくと，尿素の結晶に色を付けることができる．さらに，少量の洗濯糊（PVA）や木工用ボンドと1滴の中性洗剤を添加すると結晶が大きくなる．20℃における尿素の溶解度は108g／水100gである．尿素を水に溶かすと冷たくなるので，お湯に浸けて温めながら溶かす．[芦田 実]



透明骨格標本 [日比野 拓]

◀ 2010 ▶
 ◀ 06 ▶

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

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

2010年6月の理科カレンダー 「透明骨格標本」

小型動物の骨格は、主に硬骨と軟骨からできています。試料をホルマリンで固定した後、硬骨を赤に、軟骨を青に別々の薬品で染色します。その後、筋肉を酵素とアルカリの溶液で透明化すると、骨格が透けて見える透明骨格標本が完成します。この標本は、動物の生時の骨格配置が、立体的に観察できるという利点があります。写真は、ネンブツダイ (*Apogon semilineatus*) の透明骨格標本です。ネンブツダイは、中部日本の太平洋沿岸の岩礁帯で普通にみられる種です。大きな口が特徴で、繁殖期にはこの口が仔魚を守る「保育器」の代わりになります。[日比野 拓]



宝蔵寺沼ムジナモ自生地 [金子 康子]

◀ 2010 ▶
 ◀ 07 ▶

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

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

2010年7月の理科カレンダー 「宝蔵寺沼ムジナモ自生地」

埼玉県羽生市宝蔵寺沼は、生物学的にも貴重な水生食虫植物ムジナモの、国内最後の自生地として国の天然記念物に指定されています。羽生市の委託を受けて「宝蔵寺沼における植生の復元とムジナモの増殖を目指した緊急調査」を2009年に開始しました。写真上は2009年10月の宝蔵寺沼ムジナモ自生地。写真下は2009年12月の宝蔵寺沼ムジナモ自生地。写真中は2003年8月埼玉大学で栽培されたムジナモの開花。[金子 康子]



スクール [林 正美]

◀ 2010 ▶
 ◀ 08 ▶

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

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

2010年8月の理科カレンダー 「スクール」

中緯度地帯に降る雨の多くは、雪などの氷粒子が融けて降ってきます。これに対して、熱帯や亜熱帯の海上では大きな雲粒が小さな雲粒と衝突・合併して成長し雨滴になります。この降雨気候を「温かい雨」と呼びます。写真は、海上で20～30分ほどで発達した小積雲の雲底から、局地的に雨がもたらされている例です（石垣港沖，2008年6月30日）。[写真・林 正美 / 文・高橋 忠司]



幸せへのペンダント [真貝 健一]

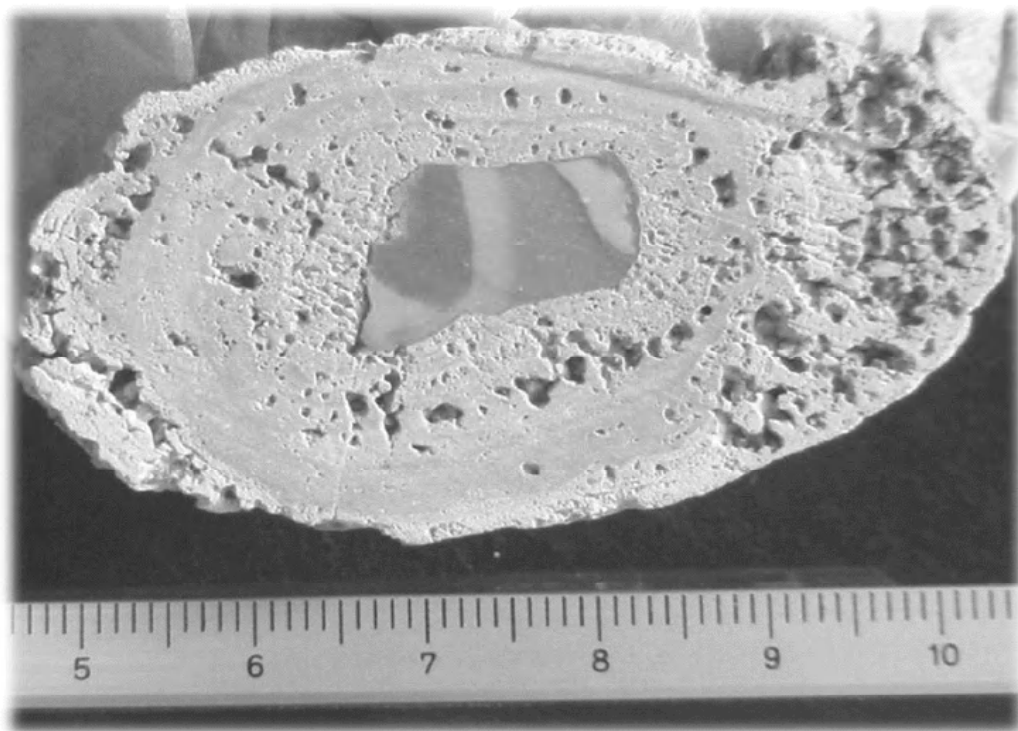
◀ 2010 ▶
 ↓ 09 ↓

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

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

2010年9月の理科カレンダー 「幸せへのペンダントについて」

写真は幸せへのペンダントと名付けられ、真貝の考察によるもので学力、教員の資質のモデルである。化学物質メタン(CH₄)の立体モデルを基にしている。明確に目標を設定し、慎重に計画し、果敢に実行し、冷静に評価するという態度を習慣(Custom)とする。そして、情熱(Heart)の赤、思考(Head)の青、行動(Hands)の緑そして希望(Hope)の黄色をバランスよく育てている人は、幸せな学習者、指導者である。このモデルが作られる道筋では理科教育講座の何人かの学生にヒントをもらった。今後とも、周りの人と良いコミュニケーションをし、お互いに高めあっていきたい。幸せに向かって。[真貝 健一]



オンコイドの断面 [岡本 和明]

◀ 2010 ▶
 ◀ 10 ▶

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

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

2010年10月の理科カレンダー オンコイドの断面

オンコイドは、径が2mm以上の同心球状の構造をもつ炭酸塩堆積物である。写真はシリア、ハブール河のオンコイド。中心に礫岩が存在している（写真提供，児玉太郎，小口千明）。[岡本 和明]



白い光を当てたとき



赤い光を当てたとき



緑の光を当てたとき



青い光を当てたとき

食用色素 【富岡 寛顕】

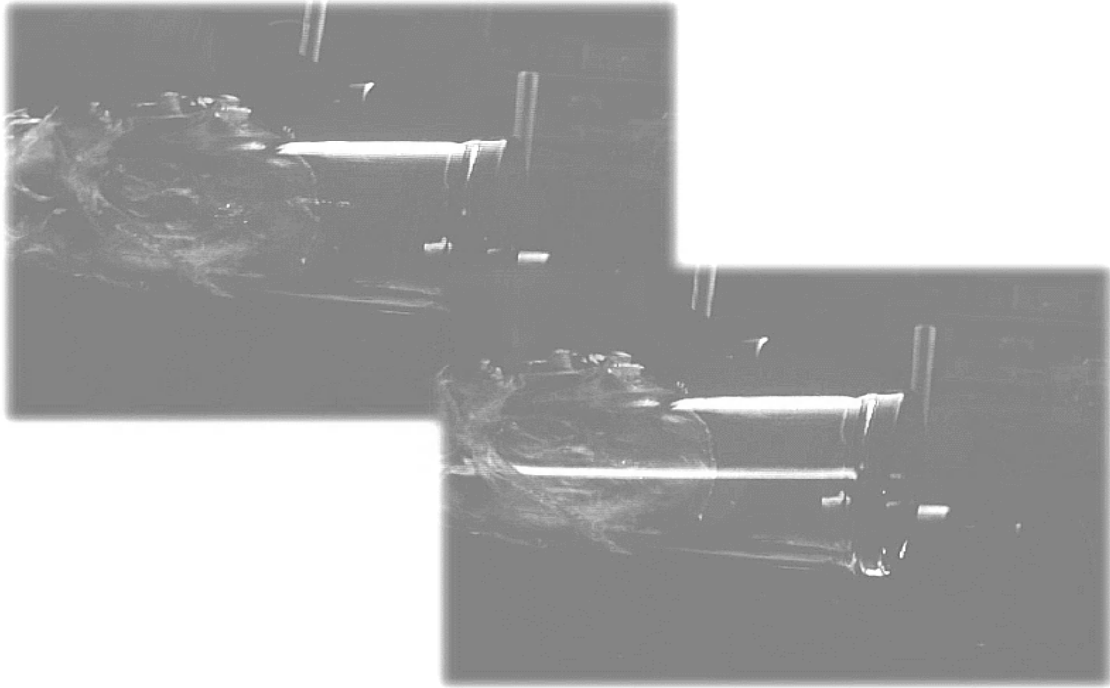
◀ 2010 ▶
 ◀ 11 ▶

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

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

2010年11月の理科カレンダー 「食用色素」

食用色素青を溶かした水溶液（青い水）に4色の光を当てたときの様子。白い光を当てたとき溶液は青く見えます（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見えているかな？ [富岡 寛顕]



レーザー誘起蛍光 [大向 隆三]

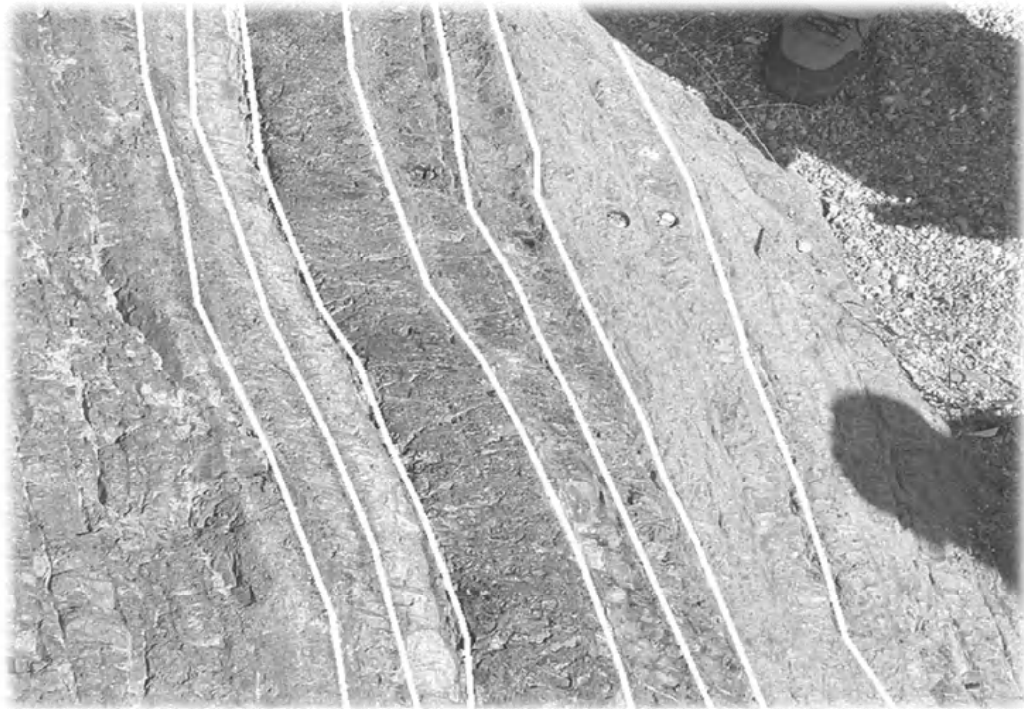
◀ 2010 ▶
 ◀ 12 ▶

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

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

2010年12月の理科カレンダー 「レーザー誘起蛍光」

2つの写真はそれぞれ異なる周波数の光をルビジウム原子の入った容器に入射した様子を示したものです。左側に比べて、右側の写真には中央部横向きに光の帯が現れているのがわかります。原子は量子力学によると不連続なエネルギー準位を持ち、光もその周波数に応じたエネルギーを持つ粒と考えられています。容器に入った光のエネルギーが、容器の中の原子のエネルギーにちょうど一致（共鳴）したとき、光は原子に吸収され、そのあと再び光を放ちます（レーザー誘起蛍光）。右側の写真に写った光の帯は、このレーザー誘起蛍光により生じた光の帯です。[大向 隆三]



生物大量絶滅を記録した地層 【岡本 和明】

◀ 2011 ▶
 ◀ 01 ▶

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

驚きと感動をつたえる

理科大好き先生

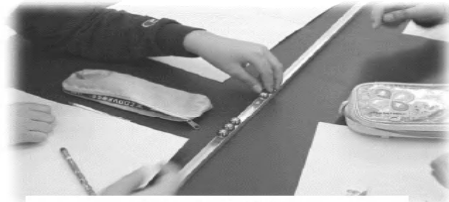
小学校の先生を応援します

2011年1月の理科カレンダー 生物大量絶滅を記録した地層

愛知県犬山市鶴沼木曾川沿いに分布する赤色チャート層は、ペルム紀からジュラ紀にかけて太平洋プレート上に堆積した深海底堆積物である。プレート沈み込みに伴う大陸プレート縁への付加作用で現在陸上に露出している。ペルム紀—ジュラ紀境界のチャート層（2億5千年前の地層）は、黒色である。この境界層は地球史上最大の生物大量絶滅を記録しており、黒色であるのは海水が貧酸素状態になったためだと考えられている。【岡本 和明】



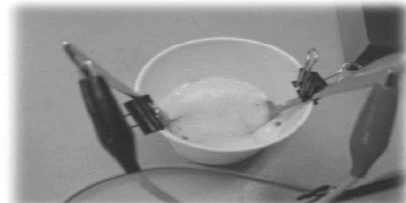
ガウスの加速器 1



ガウスの加速器 2



簡易パン焼き機 1



簡易パン焼き機 2

物理面白実験 [近藤 一史]

◀ 2011 ▶
◀ 02 ▶

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

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

2011年2月の理科カレンダー 「物理面白実験」

物理学教室の近藤研究室では、児童・生徒が興味を持ち、関心を高めるような面白い実験の開発を行っています。TVなどでもこのような取組が良く紹介されていますが、我々の研究室では ①理科や実験が苦手の先生にも簡単にできる。②特別の装置や器具を使わなくても、学校にあつたり、簡単に作ることができる装置を用いるということを考えて開発しています。ここでは小学校の出前授業で行った「ガウスの加速器」、「簡易パン焼き機」の実験を紹介します。「ガウスの加速器」は、高等学校で学習する「運動量の保存則」や「エネルギーの保存則」に関連した実験です。小学校では、これらの法則にはふれず、鉄球の衝突実験を楽しんでもらっています。鉄球の1つを磁石に変えると、予想しなかった振る舞いをするのでみんなに楽しんでもらいました。「ガウスの加速器」は、最初「ガウスのライフル」として米国の物理教育関係の学術雑誌に発表されました。近藤研究室では、平成17年度の卒業研究でとりあげました（たぶん日本では最初だと思います）。今では、教材メーカーのカタログなどに紹介されていますが、実際に実験を行うには、磁石やレールなどの準備が必要です。専門職GPや科学研究補助金に

よって、わずかですがこれらの材料を希望の学校や先生に提供して利用して頂いています。「簡易パン焼き機」は、戦争中から使われていたものだそうです。初めて紹介されたときには、家庭用電源を直接つなぐ方式だったので、大変危険でした。そこで、白熱電灯を直列につなぐことで少しですが危険を回避しています。授業では、最近導入されたLEDの話や、家庭用電源の性質などについて学習した後に、パン焼き機で楽しんでもらいました。残念ながら、実験ですので焼き上がったパンを食べるのはおすすりできません。いいにおいで我慢して下さい。[近藤 一史]



反射望遠鏡を用いた観望会の風景 [大朝 由美子]

◀ 2011 ▶
◀ 03 ▶

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

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

2011年3月の理科カレンダー 反射望遠鏡を用いた観望会の風景

埼玉大学には、口径40cmの反射望遠鏡があります。この望遠鏡を用いて、天文学研究室では定期的に、大学生のほか、小学生、中学生、高校生、地域の市民らを対象とした天体観望会を実施しています。[大朝 由美子]

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溶液の作り方（濃度計算と調製方法）および化学実験のシミュレーションのメニュー（一部）を下図に示す。昨年度に制作した「塩化カリウム水溶液」「塩化アンモニウム水溶液」「炭酸水素ナトリウム水溶液」「炭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」の参考資料を次頁から紹介する。計算方法、調製方法、注意事項、使用方法等も説明している。さらに、本年度は「pH緩衝液」の作り方と「キレート滴定」のシミュレーションを試作する予定である。



あなたは **20345** 人目の訪問者です (H22.09.07 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. 2009.11.11
うまく計算できないときはブラウザを新しいものに変えて下さい。 [Download of English Version](#) Ver. 15.03.2008

| | |
|---|---|
| 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 |
| 硝酸 | 水酸化カリウム水溶液 |
| 硫酸 | |
| シュウ酸水溶液 | |
| | |
| Java Applet(塩) | Java Applet(塩) |
| 食塩水(塩化ナトリウム水溶液, AWTの初期版) | 炭酸水素ナトリウム水溶液 |
| 食塩水(塩化ナトリウム水溶液, Swingの改良版) | |
| 塩化カリウム水溶液 | 炭酸ナトリウム水溶液 |
| 塩化アンモニウム水溶液 | 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, NaHCO ₃ , KHCO ₃ , ホウ酸H ₃ BO ₃ , NaNO ₃ , KNO ₃ | ミョウバンとその関連物質の溶解度 NaAl(SO ₄) ₂ , KAl(SO ₄) ₂ , NH ₄ Al(SO ₄) ₂ , NH ₄ Cr(SO ₄) ₂ , Na ₂ SO ₄ , K ₂ SO ₄ , (NH ₄) ₂ SO ₄ , Al ₂ (SO ₄) 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 |
| | |

参考資料 外に出ます。戻るにはブラウザ(Internet Explorer や Netscape Navigator 等)のボタンを使って下さい。

| | |
|------------------------|--------------------------------|
| 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 | |

シミュレーション形式(計算・アニメーション)

| | |
|--------------|--|
| Flash(定性分析) | Java Applet(定量分析) |
| 沈殿の生成(試薬滴下) | 酸・塩基滴定(1価) ダウンロード |
| 沈殿の生成(硫化水素) | 酸・塩基滴定(2価, 1価) ダウンロード |
| 沈殿の色見本 | 酸・塩基滴定(混合滴定) ダウンロード |
| 操作方法(ろ過, 洗浄) | 酸化・還元滴定(KMnO ₄) ダウンロード |
| 操作方法(溶解) | 酸化・還元滴定(ヨウ素滴定) |
| 操作方法(安全) | キレート滴定(水の硬度) |
| | |

参考資料 外に出ます。戻るにはブラウザ(Internet Explorer や Netscape Navigator 等)のボタンを使って下さい。

| | |
|-----------------------------|------|
| 酸・塩基滴定(2価, 1価) | 混合滴定 |
| 酸化・還元滴定(KMnO ₄) | |
| | |

図 溶液の作り方および化学実験のシミュレーションのメニュー（一部）

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－

芦田実*, 越智晴香, 大澤豪人
埼玉大学 教育学部
〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255
E-mail: ashida@mail.saitama-u.ac.jp

Automatic Services of Calculating Data and for the Preparation of Solutions by Using Internet: – Potassium Chloride Aqueous Solution and Ammonium Chloride Aqueous Solution –

Minoru Ashida*, Haruka Ochi, and Takehito Osawa
Faculty of Education, Saitama University
255 Shimo-ohkubo, Sakura-ku, Saitama, Saitama, 338-8570 Japan

1. はじめに

本研究室では、インターネットを利用して学外との双方向の交流を目指し、利用者の立場に立ってそのニーズに応えるためのホームページ[[文献1](#)]を開発している。そのために、化学の質問箱を開設したり、溶液の濃度計算と調製方法のサービス等[[文献2～10](#)]を開始している。質問箱は閲覧数や質問の回答数が最盛期を過ぎたように思える(閲覧数は最盛期に約 54000 件/年、最近の 2008 年度は約 29500 件/年で、回答数は最盛期に 141 件/年、2008 年度は 70 件/年である)が、その他のサービスは利用者がまだまだ少ない。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、本報告で紹介することにした。今、学校では理科離れが進んでいる。理科(化学)の面白さは実験を通して伝えられることが多いと思われる。そこで、理科離れを少しでも減らすために、また学校で少しでも多く理科(化学)実験を行ってもらうために、化学系実験の基礎である水溶液の作り方(濃度計算と調製方法)[[文献2～7](#)]の自動サービスを行っている。コンピュータに弱い人でも何の予備知識もなしに、いつでも必要なときに使用できる。さらにダウンロードサービスも開始しているので、圧縮ファイルをダウンロードして解凍すればこのプログラムはパソコンの中だけ(オフライン)でも実行できる。

前報では、塩化ナトリウム水溶液[[文献2](#)]、酢酸、塩酸、アンモニア水、水酸化ナトリウム水溶液[以上が[文献3](#)]、硝酸、硫酸[以上が[文献4](#)]、9種類の固体無水物の溶解度[[文献5](#)]、二酸化炭素と石灰水[[文献6](#)]、シュウ酸水溶液、シュウ酸ナトリウム水溶液[以上が[文献7](#)]について報告し、ホームページですでにサービスを開始している。本報告では、次に利用度の高いと思われる塩化カリウム水溶液および塩化アンモニウム水溶液を開発し、ホームページで公開することにした。塩

化カリウム水溶液は電気化学測定等で重要であり、pH 電極の内部液や塩橋の電解質水溶液等に用いられている。塩化アンモニウム水溶液は溶解度の温度変化を利用した結晶析出の観察(例えば、試験管の中の雪[[文献 11](#)])等に使用されている。

2. 利用者の操作方法

ここでは、塩化カリウム水溶液の調製方法を中心に説明する。「[溶液の作り方\(濃度計算と調製方法\)](#)」[[文献 12](#)]のメニューから「[塩化カリウム水溶液](#)」[[文献 13](#)]をクリックすると、最初の画面([図 1](#))が表示される。同様に「[塩化アンモニウム水溶液](#)」[[文献 14](#)]を選択した場合にも、最初の画面([図 2](#))が表示される(操作方法は、以下の塩化カリウム水溶液の場合とほぼ同様である)。塩化カリウム水溶液では、一番上の5つのテキストボックスとその真下のボタンが対応している。塩化カリウムの質量と水の体積から水溶液の濃度を計算する場合や、濃度と水溶液の体積から水溶液を調製するために必要な塩化カリウムの質量と水の体積を求める場合には、2つのテキストボックスに数値(例えば、質量百分率濃度と溶解後の溶液体積)を半角文字で入力する。そして、どれか空のテキストボックスの真下のボタン(例えば、塩化カリウムの質量)を押す。このとき、押したボタンの真上のテキストボックスに数値が入力されていても、入力されていないものとして扱われる。プログラムが自動的に空のテキストボックス全ての数値を計算して、緑色の文字で表示する([図 3](#))。例えば、 $5.432E-1$ や $1.234e5$ のような指数形式での入力も可能である。ただし、半角E(またはe)の後ろに半角空白を入れるとエラーになる。

このプログラムは、濃度の計算方法を全く知らない人が使用することを想定しているので、でたらめに操作しても可能な限り動くように考慮している。その1つとして、上述のように2つのテキストボックスに数値を入力すれば計算できるわけだが、3つ以上のテキストボックスに数値を入力してもプログラムは動くようにしている。ただし、計算は2つの数値を採用して行う。そのときの優先順位を[表 1](#)に示す(塩化アンモニウムでも優先順位は同様である)。3つ以上の数値を入力する場合には、採用されなかった数値が計算により変化しない(すなわち、でたらめな数値ではない)ことが望ましい。再び計算する前に、全部の数値または計算値のみを右端のボタンで消去できる。なお、数値を消去せずに、前回の数値の1つを変更してボタンを押しても、変更した値が採用の優先順位によって元に戻ってしまうことがある。

溶解度(25°Cの飽和濃度)を超過した場合には、赤字で警告を表示する([図 4](#))が、計算はできるようにしている。濃度を換算する場合には、質量百分率濃度かモル濃度のうち、どちらか一方のテキストボックスに数値を入力する。そして、数値を入れなかったほうのテキストボックスの真下のボタンを押す([図 5](#))。その他、操作を間違えて計算できないときは、エラーが表示される([図 6](#))。例えば、質量百分率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。これらの濃度は密度を介して相互に換算できる([図 5](#))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。計算が終了し5つのテキストボックスに数値が入っている状態で、5つのボタンを適当に押すと、数値がわずかに変化する。これは、表示用に数値を四捨五入したときの誤差と採用の優先順位による計算順序・方法の変化による誤差が原因である。

3. 水溶液の調製方法と注意事項([図 1](#), [図 2](#))

ホームページの画面に、Java Applet のプログラムだけでなく、以下のような具体的な調製方法と安全等のための注意事項を載せている。また、主な実験器具の写真と使用方法等も載せている。

必要な器具は、前もって洗浄し乾燥しておく。

塩化カリウムは濃度を正確に調製する人が多いと思うので、電子天秤([図 7](#))を用いて秤量ビン([図 8](#))またはビーカー([図 9](#))に塩化カリウムをはかりとる。蒸留水を秤量ビン([図 8](#))またはビーカー

一(図9)に加えて溶かし、溶けた部分をこぼさないように注意してメスフラスコ(図10)に移す。固体が見えなくなっても、3～4回繰り返し、完全にメスフラスコに移す。ときどきかき混ぜながら、メスフラスコ(図10)に蒸留水を加え、メニスカスを標線に合わせる。

塩化アンモニウムは濃度を正確に調製する場合が少ないと思うので、作成する容量がはかれるメスシリンダー(図11, 例えば500 mL 作成するなら500mL または1000mL)で蒸留水をはかりとる。天秤(図7)を用いてビーカー(図9)に塩化アンモニウムをはかりとり、メスシリンダー(図11)ではかりとった蒸留水を加えてよくかき混ぜる。

必要ならば、試薬ビンに移して保管する。試薬名、濃度、作成日、作成者などを書いたラベルを付ける。

塩化アンモニウム水溶液は加水分解して、水溶液が酸性になる。塩化カリウム(または塩化アンモニウム)水溶液が口に入ったら直ぐに吐き出して、うがいをする。また、塩化カリウム(または塩化アンモニウム)水溶液が目に入ったり、皮膚についたら直ぐに水で洗い流す。天秤を使うときは粉末をこぼしても大丈夫のように、天秤の皿とビーカーなどの間に紙(葉包紙など)を敷く。天秤は慎重に取り扱い、薬品をこぼしたら直ぐに掃除する。はかれる範囲は天秤によって異なる。最大秤量を超過しないように注意する。メスフラスコは、はかれる容積が固定されている(例えば、 $\bullet\bullet$, 100 mL, 200 mL, 250 mL, 500 mL, 1000 mL, $\bullet\bullet$)。メニスカスを標線に合わせるときは、オーバーしないように注意する。

4. 濃度などの計算方法(図1, 図2)

ホームページの画面に、以下のような計算方法の解説を載せている。ただし、4. 2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 飽和濃度以下の場合の計算方法

調製前の塩化カリウム(または塩化アンモニウム)の質量を M_a (g)、これを溶解する水の質量、体積と密度を M_b (g)、 V_b (mL)と D_b (g/mL)とする。調製後の水溶液の質量を M (g)、体積を V (mL)、密度を D (g/mL)、質量百分率濃度を W (%)、モル濃度を C (mol/L)とする。さらに、溶液体積/水体積を R 、塩化カリウム(または塩化アンモニウム)のモル質量を F (g/mol)とすると、次式のような関係がある[文献 15, 16]。

$$W=100M_a/M, \quad M=M_a+M_b=VD, \quad M_b=V_bD_b, \quad C=1000M_a/FV,$$

$$R=V/V_b, \quad 1 \text{ L}=1000 \text{ mL}$$

これらの式と既知の値を用いて未知の値を求めることができる。濃度から密度を求めたり、溶液体積/水体積から濃度を求めるときは表2(または表3)[文献 17]を用いて直線的に内挿する。

4. 2 飽和濃度を超過した場合の計算方法

溶解しなかった固体(無水物)が飽和水溶液中に沈殿していると仮定する。

飽和溶液中の塩化カリウム(または塩化アンモニウム)の質量を M_{a2} (g)、溶解に使用した純水の質量を M_b (g)、体積を V_b (mL)、密度を D_b (g/mL)、飽和溶液の体積を V_2 (mL)、密度を D_2 (g/mL)、質量百分率濃度を W_2 (%)とする。

沈殿している固体塩化カリウム(または塩化アンモニウム)の質量を M_{a3} (g)、体積を V_3 (mL)、密度を D_3 (g/mL)とする。

飽和溶液の質量と固体の質量を足し合わせた見かけの質量をM(g), 体積をV(mL), 密度をD(g/mL), 質量百分率濃度をW(%), モル濃度をC(mol/L), 溶液体積/水体積をRとする。

表4 飽和溶液と固体に関する変数の定義

| 物理量(単位) | 飽和溶液 | 固体 | 飽和溶液と固体を合わせた見かけの値 |
|-------------|-----------------|----------|-----------------------------|
| 試薬の質量(g) | M_{a2} | M_{a3} | $M_a = M_{a2} + M_{a3}$ |
| 水の質量(g) | $M_b = V_b D_b$ | | |
| 質量の合計(g) | $M_{a2} + M_b$ | M_{a3} | $M = M_{a2} + M_{a3} + M_b$ |
| 体積(mL) | V_2 | V_3 | $V = V_2 + V_3$ |
| 密度(g/mL) | D_2 | D_3 | D |
| 質量百分率濃度(%) | W_2 | | W |
| モル濃度(mol/L) | | | C |
| 溶液体積/水体積 | | | R |

飽和溶液の質量百分率濃度 W_2 とその質量は

$$W_2 = 100M_{a2} / (M_{a2} + M_b), \quad M_{a2} + M_b = V_2 D_2$$

沈殿している塩化カリウム(または塩化アンモニウム)の質量 M_{a3} とその体積 V_3 と密度 D_3 の関係は

$$M_{a3} = V_3 D_3$$

使用した塩化カリウム(または塩化アンモニウム)全体の質量 M_a は

$$M_a = M_{a2} + M_{a3}$$

飽和溶液と沈殿している固体を合わせた見かけの体積V, 質量百分率濃度W, 質量M, モル濃度Cは, それぞれ

$$V = V_2 + V_3, \quad W = 100M_a / M, \quad M = M_{a2} + M_{a3} + M_b = VD, \quad C = 1000M_a / FV$$

その他, 溶液体積/水体積Rは

$$R = V / V_b, \quad M_b = V_b D_b$$

以上の式より, 飽和溶液中の塩化カリウム(または塩化アンモニウム)の質量 M_{a2} , 沈殿している塩化カリウム(または塩化アンモニウム)の質量 M_{a3} および溶解に使用した純水の質量 M_b と見かけの質量百分率濃度Wの関係を求める。

$$M_{a2} = MW_2(100 - W) / \{100(100 - W_2)\}, \quad M_{a3} = M(W - W_2) / (100 - W_2),$$

$$M_b = M(100 - W) / 100$$

飽和溶液と固体を合わせた見かけの密度Dと見かけの質量百分率濃度Wの関係は

$$D = P_1 / (P_2 - W)$$

ここで、定数 P_1 と P_2 は簡単のためにそれぞれ、次式で表される量を置き換えている。

$$P_1 = D_2 D_3 (100 - W_2) / (D_3 - D_2), \quad P_2 = (100 D_3 - W_2 D_2) / (D_3 - D_2)$$

また、見かけの質量百分率濃度Wと溶液体積／水体積の比Rの関係は

$$W = P_3 (R - P_4) / (R - P_5)$$

ここで、定数 P_3 , P_4 , P_5 はそれぞれ

$$P_3 = 100, \quad P_4 = P_2 D_b / P_1, \quad P_5 = 100 D_b / P_1$$

さらに、見かけの密度Dと見かけのモル濃度Cの関係は

$$D = P_6 + P_7 C$$

ここで、定数 P_6 と P_7 はそれぞれ

$$P_6 = P_1 / P_2, \quad P_7 = F / (10 P_2)$$

これらの式より、溶液の密度D、塩化カリウムの質量 M_a 、水の質量 M_b 、溶液体積／水体積Rの質量百分率濃度Wによる変化を求めて[図 12](#)に示す。前報のシュウ酸ナトリウム水溶液[[文献7](#)]の場合と飽和濃度が違うだけで、曲線の変化傾向は同様である。飽和濃度 $W = 26.4\%$ を超えた範囲では、溶けきれなくなった固体が沈んでいるので、計算値は全て見かけの値である(画面に赤字で警告を表示)。飽和濃度を超えた水溶液は普通の調製方法ではありえないが、このプログラムは高校以上の化学や濃度計算を全く知らない人が使用することを考慮しているので、このような条件の数値をうっかり入力することもあろうかと考えて、計算(全て見かけの値)だけはできるようにしておいた。塩化アンモニウムの場合を[図 13](#)に示す。曲線の変化傾向は[図 12](#)と同様である。飽和濃度 $W = 28.2\%$ を超えた範囲では、やはり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)。

5. 使用したソフトウェア

開発に使用した OS は Microsoft 社の Windows XP Professional である。さらに、Microsoft 社の Windows 98, 2000 Professional, ME, XP home edition, Vista Home Premium で動作確認を行っている。Java Applet は多くの書籍[[文献 18~23](#)]を参考にして、Borland 社の JBuilder 6 Professional, 2005 Developer で作成し、フリーソフトウェア FFFTP 1.88[[文献 24](#)]でサーバーにアップロードした。HTML ファイルは IBM 社のホームページ・ビルダー 11[[文献 25, 26](#)]、またはマクロメディア(株)の Dreamweaver MX[[文献 27](#)]で編集・作成した。その他、ファイルの構成や

プログラムの開発方法については、前報[[文献4](#)]とほぼ同じなので省略する。

6. おわりに

教育学部のサーバーだけでなく、学外のサーバーにも濃度計算と調製方法のプログラムを載せてサービスを開始した[[文献1](#)]。学校の授業の準備や自由研究等でも利用できると思われる。今後はさらに、計算できる(水)溶液の種類を増やし、少しずつサービスを充実していく。

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。

参考文献など(URLは全て2009年9月8日時点のものである)

[文献1] トップページアドレス 本館 <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/>

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

縮小版1 <http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/>

別館1 <http://www.geocities.jp/ashidabk1/> (質問箱は閲覧のみ)

別館2 <http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/>

別館3 <http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/>

[文献2] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 塩化ナトリウム水溶液 -』化学教育ジャーナル(CEJ), 第7巻第1号(通巻12号), 採録番号7-5(2003)

[文献3] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 酢酸水溶液, 塩酸, アンモニア水, 水酸化ナトリウム水溶液 -』化学教育ジャーナル(CEJ), 第8巻第1号(通巻14号), 採録番号8-3(2004)

[文献4] Minoru Ashida, et al., Automatic Services of Calculating Data and for the Preparation of Solutions by Using Internet: - Nitric Acid Aqueous Solution and Sulfuric Acid Aqueous Solution-, The Chemical Education Journal (CEJ), Vol. 9, No. 2 (Serial No. 17). The date of issue: January 30, 2007./Registration No. 9-14/Received March 7, 2006.

[文献5] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 固体無水物の溶解度 -』化学教育ジャーナル(CEJ), 第10巻第1号(通巻18号), 採録番号10-2(2007)

[文献6] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 二酸化炭素と石灰水 -』化学教育ジャーナル(CEJ), 第10巻第1号(通巻18号), 採録番号10-3(2007)

[文献7] 芦田実ほか『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)

[文献8] 芦田実ほか『定量分析シミュレーションのインターネットによる自動サービス - 酸・塩基滴定 -』化学教育ジャーナル(CEJ), 第10巻第1号(通巻18号), 採録番号10-4(2007)

[文献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 - 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)

[文献10] 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)

[文献11] 『試験管の中の雪』など

<http://homepage2.nifty.com/seikandai/jikken/snow/snow.html>

<http://members.at.infoseek.co.jp/munakatarika/karume/yuki.htm>

<http://www.tnmt.net/chem/snowintt/>

http://www.bunkei.co.jp/natsu/contents/denji_02.html

<http://www.educ.city.ibaraki.osaka.jp/center/science/2001/crystal/crystal.htm>

[文献 12] <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/cgi-bin/calgramc.cgi>

[文献 13] <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/calcgrap/apadj016.html>

[文献 14] <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/calcgrap/apadj018.html>

[文献 15] 中川徹夫『2成分系溶液の濃度の相互変換公式』理科の教育, 通巻 599 号, 51(6), 406(2002)

[文献 16] 中川徹夫『水溶液の調製に有用な式』理科の教育, 通巻 603 号, 51(10), 696(2002)

[文献 17] 日本化学会編『化学便覧基礎編改訂4版』丸善(株)(1993)

[文献 18] 高橋和也ほか『Java 逆引き大全 500 の極意』(株)秀和システム(2002)

[文献 19] 田中秀治『Jbuilder5 で入門! Java プログラミング』ソーテック社(2001)

[文献 20] 松浦健一郎, 司ゆき『はじめての JBuilder6』ソフトバンク(株)(2002)

[文献 21] 赤間世紀『Java2 による数値計算』技報堂出版(株)(1999)

[文献 22] 青野雅樹『Java で学ぶコンピュータグラフィックス』(株)オーム社(2002)

[文献 23] 中山茂『Java2 グラフィックスプログラミング入門』技報堂出版(株)(2000)

[文献 24] <http://www2.biglobe.ne.jp/~sota/>

[文献 25] 『ホームページ・ビルダー2001 ユーザーズ・ガイド』日本アイ・ビー・エム(株)(2006)

[文献 26] アンク『HTML タグ辞典』翔泳社(2000)

[文献 27] 『Dreamweaver MX ファーストステップガイド』マクロメディア(株)(2002)

[元の本文位置に戻る](#)



[トップへ](#)



[CEJ, v12n2 目次へ](#)

表1 テキストボックスに入力した数値を採用するときの優先順位

| 優先順位 | 塩化カリウム質量(g) | 水の体積(mL) | 溶液体積(mL) | 百分率濃度(%) | モル濃度(mol/L) |
|------|-------------|----------|----------|----------|-------------|
| 1 | | | ○ | ○ | |
| 2 | | | ○ | | ○ |
| 3 | ○ | ○ | | | |
| 4 | ○ | | ○ | | |
| 5 | ○ | | | ○ | |
| 6 | ○ | | | | ○ |
| 7 | | ○ | | ○ | |
| 8 | | ○ | | | ○ |
| 9 | | ○ | ○ | | |
| 10 | | | | ○ | |
| 11 | | | | | ○ |

○印のテキストボックスに数値を入力し, その他のボタンを押した場合

表2 25℃の塩化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係

| | | | | | |
|-------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------|--------------|
| 質量百分率濃度(%) | 0.000 | 0.001 | 0.010 | 0.100 | 1.000 |
| 溶液密度(g/mL) | 0.9971230000 | 0.9971292982 | 0.9971859832 | 0.9977529503 | 1.003434593 |
| モル濃度(mol/L) | 0.0000000000000 | 0.0001337530916 | 0.001337606953 | 0.01338367472 | 0.1345988723 |
| 溶液体積/水体積 | 1.0000000000 | 1.000036837 | 1.000036843 | 1.000369000 | 1.003747485 |

(続き)

| | | | | | | |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 質量百分率濃度(%) | 2.000 | 3.000 | 4.000 | 5.000 | 6.000 | 7.000 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.009774192 | 1.016143597 | 1.022544608 | 1.028979026 | 1.035448650 | 1.041955281 |
| モル濃度(mol/L) | 0.2708985089 | 0.4089109042 | 0.5486490184 | 0.6901267779 | 0.8333590746 | 0.9783617665 |
| 溶液体積/水体積 | 1.007623741 | 1.011630501 | 1.015769663 | 1.020043297 | 1.024453650 | 1.029003152 |

(続き)

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 質量百分率濃度(%) | 8.000 | 9.000 | 10.000 | 12.000 | 14.000 | 16.000 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.048500719 | 1.055086765 | 1.061715217 | 1.075106544 | 1.088689102 | 1.102477293 |
| モル濃度(mol/L) | 1.125151677 | 1.273746597 | 1.424165281 | 1.730553794 | 2.044486577 | 2.366148449 |
| 溶液体積/水体積 | 1.033694425 | 1.038530287 | 1.043513766 | 1.053936770 | 1.064992151 | 1.076712598 |

(続き)

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 質量百分率濃度(%) | 18.000 | 20.000 | 22.000 | 24.000 | 26.000 | 26.400 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.116485517 | 1.130728176 | 1.145219671 | 1.159974404 | 1.175006775 | 1.178047833 |
| モル濃度(mol/L) | 2.695739679 | 3.033475992 | 3.379588567 | 3.734324036 | 4.097944487 | 4.171758926 |
| 溶液体積/水体積 | 1.089135184 | 1.102301841 | 1.116259922 | 1.131062843 | 1.146770846 | 1.150026889 |

(続き)

| | |
|-------------|--------------|
| 質量百分率濃度(%) | 100.000 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.992 |
| モル濃度(mol/L) | 27.605606975 |
| 溶液体積/水体積 | 10000 |

表3 25℃の塩化アンモニウム水溶液の濃度と密度などの関係

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|----------|----------|
| 質量百分率濃度(%) | 0.000 | 0.001 | 0.010 | 0.100 | 1.000 | 2.000 |
| 溶液密度(g/mL) | 0.997207 | 0.997210 | 0.997238 | 0.997513 | 1.000259 | 1.003294 |
| モル濃度(mol/L) | 0.000000000 | 0.000186429 | 0.00186434 | 0.0186486 | 0.186999 | 0.375133 |
| 溶液体積/水体積 | 1.000000000 | 1.000006930 | 1.00006931 | 1.0006939 | 1.007019 | 1.014217 |

(続き)

| | | | | | | |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 質量百分率濃度(%) | 3.000 | 4.000 | 5.000 | 6.000 | 7.000 | 8.000 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.006312 | 1.009312 | 1.012294 | 1.015259 | 1.018206 | 1.021135 |
| モル濃度(mol/L) | 0.564392 | 0.754767 | 0.946246 | 1.138821 | 1.332481 | 1.527217 |
| 溶液体積/水体積 | 1.021600 | 1.029174 | 1.036944 | 1.044915 | 1.053093 | 1.061486 |

(続き)

| | | | | | | |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 質量百分率濃度(%) | 9.000 | 10.000 | 12.000 | 14.000 | 16.000 | 18.000 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.024048 | 1.026942 | 1.032679 | 1.038345 | 1.043942 | 1.049468 |
| モル濃度(mol/L) | 1.723019 | 1.919877 | 2.316722 | 2.717673 | 3.122652 | 3.531580 |
| 溶液体積/水体積 | 1.070099 | 1.078939 | 1.097330 | 1.116722 | 1.137181 | 1.158783 |

(続き)

| | | | | | | |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| 質量百分率濃度(%) | 20.000 | 22.000 | 24.000 | 26.000 | 28.200 | 100.000 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.054924 | 1.060310 | 1.065626 | 1.070871 | 1.076561 | 1.5256 |
| モル濃度(mol/L) | 3.944379 | 4.360968 | 4.781271 | 5.205208 | 5.675642 | 22.726738 |
| 溶液体積/水体積 | 1.181610 | 1.205752 | 1.231309 | 1.258393 | 1.290097 | 10000 |

この下に図が見えなかったら Java Applet を有効にして下さい (H21.07.28 改訂) [前に戻る](#)

塩化カリウム水溶液の作り方 (調製方法)

芦田 (埼玉大・教育)

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください

Ver. 2009.07.30

| | | | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 計算値消去 |
| KCl質量(g) | 水の体積(mL) | 溶液体積(mL) | 百分率濃度(%) | モル濃度(mol/L) | 全部消去 |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

濃度を換算するときは [百分率濃度(%)] または [モル濃度(mol/L)] のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。溶解度を越えた計算値は信用できません。

25°Cにおける水の密度 = 0.9971 g/mL

表 25°Cにおける塩化カリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (KClのモル質量 (式量) = 74.55 g/mol)

| | | | | | | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 百分率濃度(%) | 0.1 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 |
| モル濃度(mol/L) | 0.01338 | 0.1346 | 0.2709 | 0.40891 | 0.54865 | 0.69013 | 0.83336 | 0.97836 | 1.12515 | 1.27375 |
| 溶液密度(g/mL) | 0.99775 | 1.00343 | 1.00977 | 1.01614 | 1.02254 | 1.02898 | 1.03545 | 1.04196 | 1.0485 | 1.05509 |
| 溶液体積/水体積 | 1.00037 | 1.00375 | 1.00762 | 1.01163 | 1.01577 | 1.02004 | 1.02445 | 1.029 | 1.03369 | 1.03853 |
| 百分率濃度(%) | 10.0 | 12.0 | 14.0 | 16.0 | 18.0 | 20.0 | 22.0 | 24.0 | 26.0 | 26.4 |
| モル濃度(mol/L) | 1.42417 | 1.73055 | 2.04449 | 2.36615 | 2.69574 | 3.03348 | 3.37959 | 3.73432 | 4.09794 | 4.17176 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.06172 | 1.07511 | 1.08869 | 1.10248 | 1.11649 | 1.13073 | 1.14522 | 1.15997 | 1.17501 | 1.17805 |
| 溶液体積/水体積 | 1.04351 | 1.05394 | 1.06499 | 1.07671 | 1.08914 | 1.1023 | 1.11626 | 1.13106 | 1.14677 | 1.15003 |

計算方法

調製前の塩化カリウムの質量を M_a (g)、これを溶解する水の質量、体積および密度をそれぞれ M_b (g)、 V_b (mL) および D_b (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/水体積を R 、塩化カリウムのモル質量を F (g/mol) とすると、次式のような関係があります。

$$W = 100M_a / M, \quad M = M_a + M_b = VD, \quad M_b = V_b D_b, \quad C = 1000M_a / FV, \quad R = V / V_b, \\ 1 \text{ L} = 1000 \text{ mL}$$

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/水体積から濃度を求めるときは上の表を使います。

調製方法 (濃度を正確に作る場合)

必要な器具は、前もって洗浄し乾燥しておきます。

- 1 電子天秤を用いて秤量ビン (またはビーカー) に塩化カリウムをはかりとります。
- 2 蒸留水を1の秤量ビン (またはビーカー) に加えて溶かし、溶けた部分をこぼさないように注意してメスフラスコに移します。これを繰り返します。固体が見えなくなっても、3~4回繰り返す、完全にメスフラスコに移します。
- 3 ときどきかき混ぜながら、メスフラスコに蒸留水を加え、メニスカスを標線に合わせます。
- 4 必要ならば、試薬ビンに移して保管します。試薬名、濃度、作成日、作成者などを書いたラベルを付けましょう。

注意事項

塩化カリウム水溶液が口に入ったら直ぐに吐き出して、うがいをしましょう。また、塩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。

天秤は慎重に取り扱い、薬品をこぼしたら直ぐに掃除しましょう。(はかれる範囲は天秤によって異なります。最大秤量を超過しないように注意しましょう。)

メスフラスコは、(はかれる容積が固定されています (例えば、**、100 mL、200 mL、250 mL、500 mL、1000 mL、**))。メニスカスを標線に合わせるときは、オーバーしないように注意しましょう。

図1 最初の画面

塩化カリウム水溶液用の apadj016.html ファイル (背景が白色の部分) から Java Applet の実行ファイル (背景が水色の部分) を呼び出したところ

この下に図が見えなかったら Java Applet を有効にして下さい、(H21.07.28 改訂) [前に戻る](#)

塩化アンモニウム水溶液の作り方 (調製方法)

芦田 (埼玉大・教育)

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください

Ver. 2009.07.30

| | | | | | |
|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 計算値消去 |
| NH ₄ Cl質量(g) | 水の体積(mL) | 溶液体積(mL) | 百分率濃度(%) | モル濃度(mol/L) | 全部消去 |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

濃度を換算するときは [百分率濃度(%)] または [モル濃度(mol/L)] のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。溶解度を超えた計算値は信用できません。

25°Cにおける水の密度 = 0.9972 g/mL

表 25°Cにおける塩化アンモニウム水溶液の濃度と密度などの関係 (NH₄Clのモル質量 (式量) = 53.49 g/mol)

| | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 百分率濃度(%) | 0.1 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 |
| モル濃度(mol/L) | 0.0186 | 0.187 | 0.3751 | 0.5644 | 0.7548 | 0.9462 | 1.1388 | 1.3325 | 1.5272 | 1.723 |
| 溶液密度(g/mL) | 0.9975 | 1.0003 | 1.0033 | 1.0063 | 1.0093 | 1.0123 | 1.0153 | 1.0182 | 1.0211 | 1.024 |
| 溶液体積/水体積 | 1.0007 | 1.007 | 1.0142 | 1.0216 | 1.0292 | 1.0369 | 1.0449 | 1.0531 | 1.0615 | 1.0701 |
| 百分率濃度(%) | 10.0 | 12.0 | 14.0 | 16.0 | 18.0 | 20.0 | 22.0 | 24.0 | 26.0 | 28.2 |
| モル濃度(mol/L) | 1.9199 | 2.3167 | 2.7177 | 3.1227 | 3.5316 | 3.9444 | 4.361 | 4.7813 | 5.2052 | 5.6756 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.0269 | 1.0327 | 1.0383 | 1.0439 | 1.0495 | 1.0549 | 1.0603 | 1.0656 | 1.0709 | 1.0766 |
| 溶液体積/水体積 | 1.0789 | 1.0973 | 1.1167 | 1.1372 | 1.1588 | 1.1816 | 1.2058 | 1.2313 | 1.2584 | 1.2901 |

計算方法

調製前の塩化アンモニウムの質量をMa(g)、これを溶解する水の質量、体積および密度をそれぞれMb(g)、Vb(mL)および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/水体積をR、塩化アンモニウムのモル質量をF(g/mol)とすると、次式のような関係があります。

$$W = 100M_a / M, \quad M = M_a + M_b = VD, \quad M_b = V_b D_b, \quad C = 1000M_a / FV, \quad R = V / V_b, \\ 1 \text{ L} = 1000 \text{ mL}$$

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/水体積から濃度を求めるとき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。

- 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500mLまたは1000mL) で蒸留水をはかりとります。
- 2 天秤を用いてビーカーに塩化アンモニウムをはかりとり、1ではかりとった蒸留水を加えてよくかき混ぜます。
- 3 必要ならば、試薬ビンに移して保管します。試薬名、濃度、作成日、作成者などを書いたラベルを付けましょう。

注意事項

塩化アンモニウム水溶液は加水分解して、水溶液が酸性になります。目に入ったり、皮膚についたら直ぐに水で洗い流しましょう。

天秤を使うときは粉末を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。

天秤は慎重に取り扱い、薬品をこましたら直ぐに掃除しましょう。はかれる範囲は天秤によって異なります。最大秤量を超過しないように注意しましょう。

図2 最初の画面

塩化アンモニウム水溶液用の apadj018.html ファイル(背景が白色の部分)から Java Applet の実行ファイル(背景が水色の部分)を呼び出したところ

塩化カリウム水溶液の作り方 (調製方法) 芦田 (埼玉大・教育)
 2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください Ver. 2009.07.30

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。
 25°Cにおける水の密度 = 0.9971 g/mL

| | | | | | | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 百分率濃度(%) | 0.1 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 |
| モル濃度(mol/L) | 0.01338 | 0.1346 | 0.2709 | 0.40891 | 0.54865 | 0.69013 | 0.83336 | 0.97836 | 1.12515 | 1.27375 |
| 溶液密度(g/mL) | 0.99775 | 1.00343 | 1.00977 | 1.01614 | 1.02254 | 1.02898 | 1.03545 | 1.04196 | 1.0485 | 1.05509 |
| 溶液体積/水体積 | 1.00037 | 1.00375 | 1.00762 | 1.01163 | 1.01577 | 1.02004 | 1.02445 | 1.029 | 1.03369 | 1.03853 |
| 百分率濃度(%) | 10.0 | 12.0 | 14.0 | 16.0 | 18.0 | 20.0 | 22.0 | 24.0 | 26.0 | 26.4 |
| モル濃度(mol/L) | 1.42417 | 1.73055 | 2.04449 | 2.36615 | 2.69574 | 3.03348 | 3.37959 | 3.73432 | 4.09794 | 4.17176 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.06172 | 1.07511 | 1.08869 | 1.10248 | 1.11649 | 1.13073 | 1.14522 | 1.15997 | 1.17501 | 1.17805 |
| 溶液体積/水体積 | 1.04351 | 1.05394 | 1.06499 | 1.07671 | 1.08914 | 1.1023 | 1.11626 | 1.13106 | 1.14677 | 1.15003 |

図3 Java Applet による塩化カリウム水溶液の調製方法の計算例

塩化カリウム水溶液の作り方 (調製方法) 芦田 (埼玉大・教育)
 2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください Ver. 2009.07.30

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。
 25°Cにおける水の密度 = 0.9971 g/mL

| | | | | | | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 百分率濃度(%) | 0.1 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 |
| モル濃度(mol/L) | 0.01338 | 0.1346 | 0.2709 | 0.40891 | 0.54865 | 0.69013 | 0.83336 | 0.97836 | 1.12515 | 1.27375 |
| 溶液密度(g/mL) | 0.99775 | 1.00343 | 1.00977 | 1.01614 | 1.02254 | 1.02898 | 1.03545 | 1.04196 | 1.0485 | 1.05509 |
| 溶液体積/水体積 | 1.00037 | 1.00375 | 1.00762 | 1.01163 | 1.01577 | 1.02004 | 1.02445 | 1.029 | 1.03369 | 1.03853 |
| 百分率濃度(%) | 10.0 | 12.0 | 14.0 | 16.0 | 18.0 | 20.0 | 22.0 | 24.0 | 26.0 | 26.4 |
| モル濃度(mol/L) | 1.42417 | 1.73055 | 2.04449 | 2.36615 | 2.69574 | 3.03348 | 3.37959 | 3.73432 | 4.09794 | 4.17176 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.06172 | 1.07511 | 1.08869 | 1.10248 | 1.11649 | 1.13073 | 1.14522 | 1.15997 | 1.17501 | 1.17805 |
| 溶液体積/水体積 | 1.04351 | 1.05394 | 1.06499 | 1.07671 | 1.08914 | 1.1023 | 1.11626 | 1.13106 | 1.14677 | 1.15003 |

図4 Java Applet による計算例(塩化カリウムの飽和濃度 26.4%(4.17 mol/L)を超過した場合)

塩化カリウム水溶液の作り方 (調製方法) 芦田 (埼玉大・教育)

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください Ver. 2009.07.30

| | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|-------------|-------|
| 0.0 | 0.0 | 0.0 | 10.0 | 1.4242 | 計算値消去 |
| KCl質量(g) | 水の体積(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=1.06172 g/mL

濃度を換算するときには [百分率濃度(%)] または [モル濃度(mol/L)] のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。溶解度を越えた計算値は信用できません。
25℃における水の密度 = 0.9971 g/mL

| | | | | | | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 百分率濃度(%) | 0.1 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 |
| モル濃度(mol/L) | 0.01338 | 0.1346 | 0.2709 | 0.40891 | 0.54865 | 0.69013 | 0.83336 | 0.97836 | 1.12515 | 1.27375 |
| 溶液密度(g/mL) | 0.99775 | 1.00343 | 1.00977 | 1.01614 | 1.02254 | 1.02898 | 1.03545 | 1.04196 | 1.0485 | 1.05509 |
| 溶液体積/水体積 | 1.00037 | 1.00375 | 1.00762 | 1.01163 | 1.01577 | 1.02004 | 1.02445 | 1.029 | 1.03369 | 1.03853 |
| 百分率濃度(%) | 10.0 | 12.0 | 14.0 | 16.0 | 18.0 | 20.0 | 22.0 | 24.0 | 26.0 | 28.0 |
| モル濃度(mol/L) | 1.42417 | 1.73055 | 2.04449 | 2.36615 | 2.69574 | 3.03348 | 3.37959 | 3.73432 | 4.09794 | 4.47176 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.06172 | 1.07511 | 1.08869 | 1.10248 | 1.11649 | 1.13073 | 1.14522 | 1.15997 | 1.17501 | 1.1805 |
| 溶液体積/水体積 | 1.04351 | 1.05394 | 1.06499 | 1.07671 | 1.08914 | 1.1023 | 1.11626 | 1.13106 | 1.14677 | 1.15003 |

図5 Java Applet による計算例 (塩化カリウムの濃度換算)

塩化カリウム水溶液の作り方 (調製方法) 芦田 (埼玉大・教育)

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください Ver. 2009.07.30

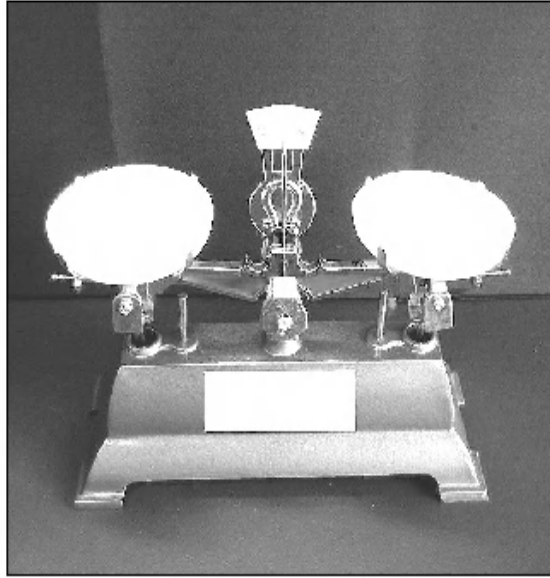
| | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|-------------|-------|
| エラー | | | 10 | | 計算値消去 |
| KCl質量(g) | 水の体積(mL) | 溶液体積(mL) | 百分率濃度(%) | モル濃度(mol/L) | 全部消去 |

濃度を換算するときには [百分率濃度(%)] または [モル濃度(mol/L)] のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。溶解度を越えた計算値は信用できません。
25℃における水の密度 = 0.9971 g/mL

| | | | | | | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 百分率濃度(%) | 0.1 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 9.0 |
| モル濃度(mol/L) | 0.01338 | 0.1346 | 0.2709 | 0.40891 | 0.54865 | 0.69013 | 0.83336 | 0.97836 | 1.12515 | 1.27375 |
| 溶液密度(g/mL) | 0.99775 | 1.00343 | 1.00977 | 1.01614 | 1.02254 | 1.02898 | 1.03545 | 1.04196 | 1.0485 | 1.05509 |
| 溶液体積/水体積 | 1.00037 | 1.00375 | 1.00762 | 1.01163 | 1.01577 | 1.02004 | 1.02445 | 1.029 | 1.03369 | 1.03853 |
| 百分率濃度(%) | 10.0 | 12.0 | 14.0 | 16.0 | 18.0 | 20.0 | 22.0 | 24.0 | 26.0 | 28.0 |
| モル濃度(mol/L) | 1.42417 | 1.73055 | 2.04449 | 2.36615 | 2.69574 | 3.03348 | 3.37959 | 3.73432 | 4.09794 | 4.47176 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.06172 | 1.07511 | 1.08869 | 1.10248 | 1.11649 | 1.13073 | 1.14522 | 1.15997 | 1.17501 | 1.1805 |
| 溶液体積/水体積 | 1.04351 | 1.05394 | 1.06499 | 1.07671 | 1.08914 | 1.1023 | 1.11626 | 1.13106 | 1.14677 | 1.15003 |

図6 Java Applet による計算例 (エラーの表示)

上皿てんびん



質量(重さ)測定器具の一つです。

- ・二つの皿の一方に”おもり”を、もう片方に”試薬”を載せて量ります。
- ・釣り合いを見るときには、針の静止を待つ必要はなく、均等に振れていれば釣り合っています。
- ・使用後は、皿は片方に重ねておきます。

注意点

- ・皿に直接、試薬を載せない(一般的には薬包紙を用います)。
- ・固体の試薬を秤り取るときには、乾いた清潔な薬さじを使います。
- ・潮解性がある薬品(NaOHなど)の場合には、薬包紙ではなく、ビーカーや時計皿などを用います。

電子てんびん



質量(重さ)測定器具の一つです。

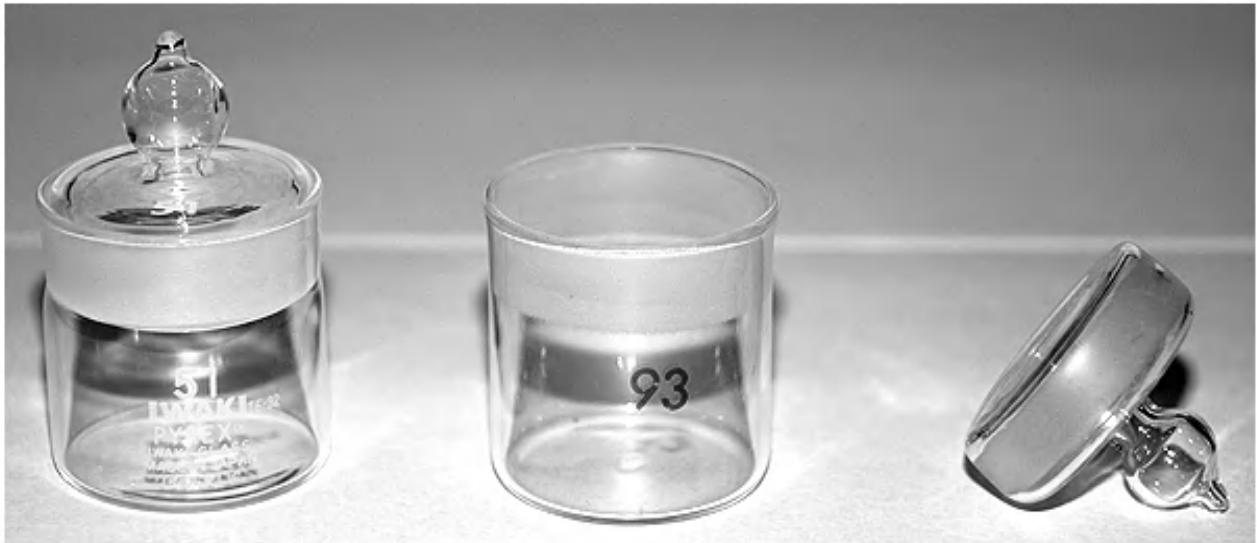
- ・物質の質量(重さ)を電氣的に読みとり、デジタルで表示します。

注意点

- ・皿に直接、試薬を載せません。
- ・固体の試薬を取るときには、乾いた清潔な薬さじを使います。
- ・潮解性がある薬品(NaOHなど)の場合には、薬包紙ではなくビーカーや時計皿などを用います。

図7 天秤

秤量びん



- 電子天秤や化学天秤で薬品を量りとるときに使用します。
- ガラス製やプラスチック製の容器で、容量は20mL～400mL程度です。

図8 秤量びん

ビーカー



実験用容器です。

- ガラス製、プラスチック製がよくあります。磁器製、金属製もあります。
- 側面にはおよその容量を示す目盛りがついています。容量は、10mL～数Lのものまであります。
- 固体を溶解したり、2種類以上の液体を混合したりするのに用います。
 - 注ぎ口がついているので、中の液体をほかの容器に移しやすくなっています。
 - 口が大きく、ガラス棒などで攪拌しやすいが、液が飛び出しやすいので注意が必要です。
 - 外からのほこりが入りやすいので、放置するときには時計皿などでふたをします。
- 小・中学校では、紙コップ・発泡スチロール製コップ・ペットボトルを切ったもの、などで代用することもよく見かけます。

図9 ビーカー

メスフラスコ

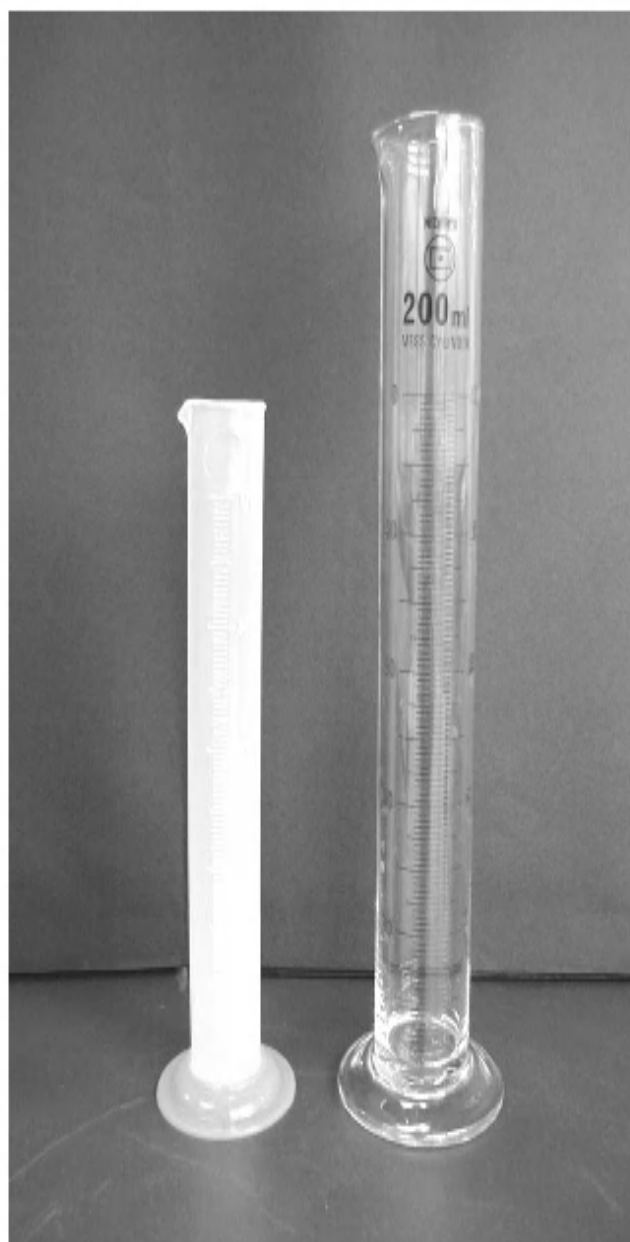


一定体積の標準溶液を調製するのに使います。

- ・固体を直接入れて溶解することはありません(ビーカーで溶かします)。
- ・標線より上に水滴がついていると、体積が正確に量れないので注意しましょう。
- ・中の溶液をよく混ぜてから、標線に合わせます。
- ・標線の目盛りを読むときには、水平方向から読みます。

図10 メスフラスコ

メスシリンダー



- ・メスシリンダーには、各種の容積(100, 200, 250, 500mL～)のものがあり、おおよその液量を量るときに使用します。
- ・水平な場所に置き、液面と水平な位置から目盛りを読みます。
 - ・体積の誤差は1%以上になる可能性が高いため、正確な測定ときにはメスフラスコまたはピペットを用います。

図 11 メスシリンダー

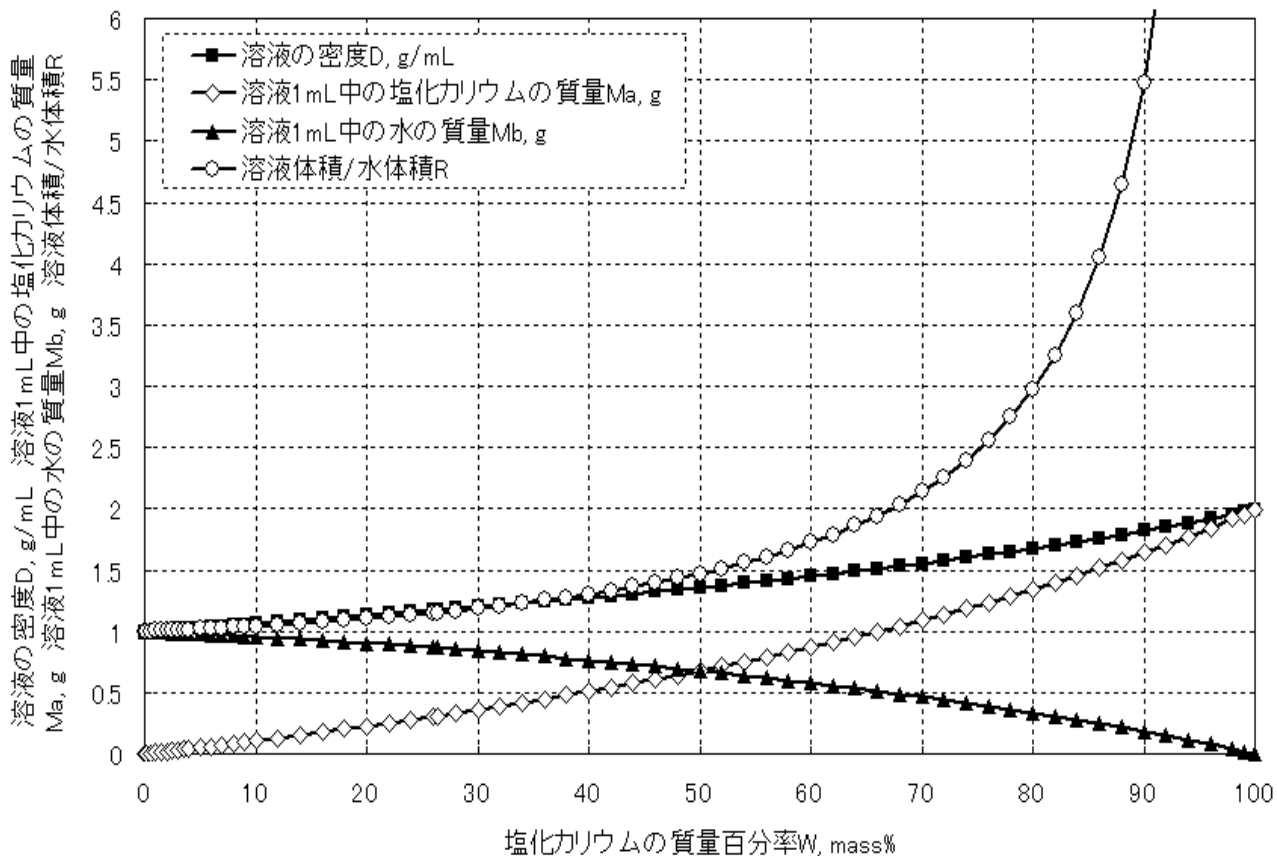


図12 溶液体積／水体積などと質量百分率の関係(塩化カリウム水溶液)
塩化カリウムの質量と水の量は溶液 1mL 中の値でプロットしている。

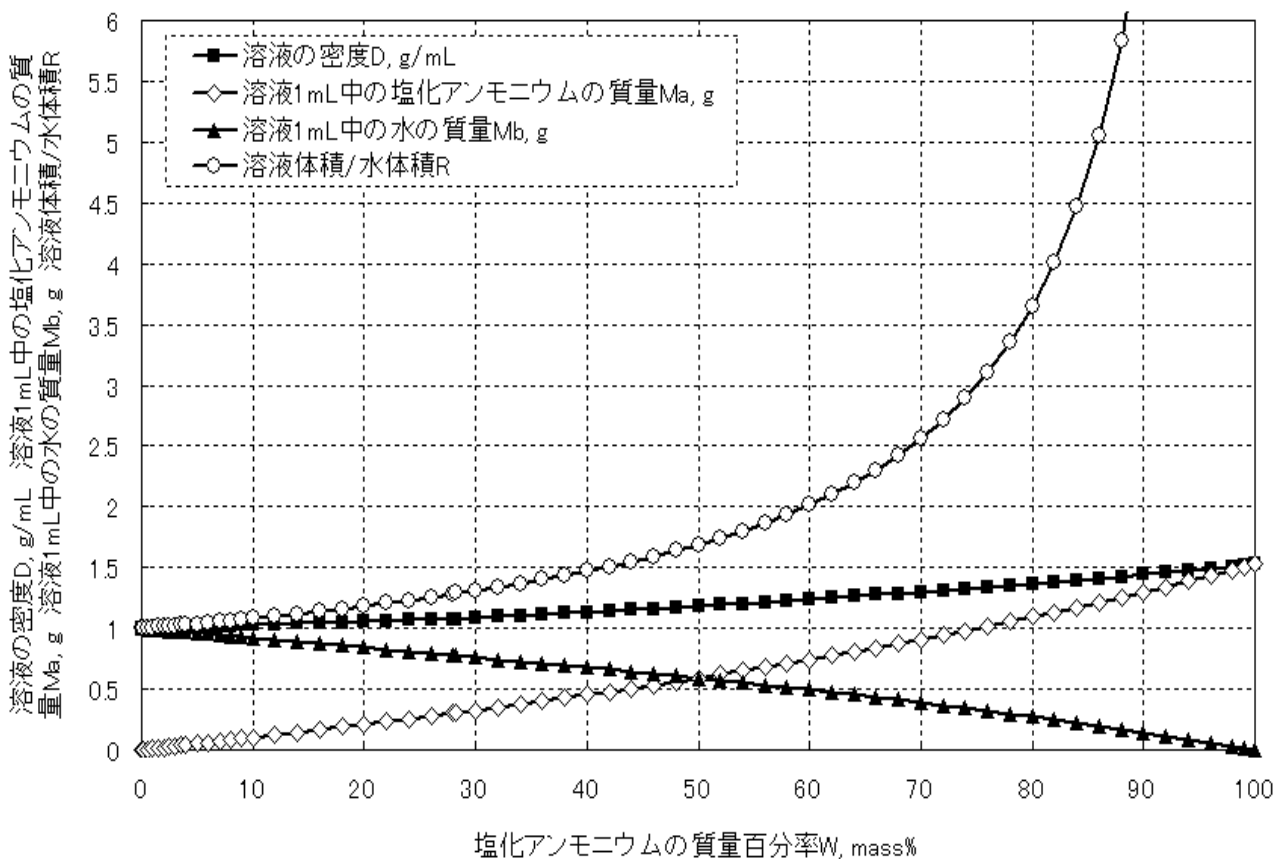


図13 溶液体積／水体積などと質量百分率の関係(塩化アンモニウム水溶液)
塩化アンモニウムの質量と水の量は溶液 1mL 中の値でプロットしている。

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－

芦田実*, 山川侑実, 吉田茂

埼玉大学 教育学部

〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255

E-mail: ashida@mail.saitama-u.ac.jp

Automatic Services of Calculating Data and for the Preparation of Solutions by Using

Internet: – Sodium Hydrogencarbonate Aqueous Solution and Sodium Carbonate

Aqueous Solution –

Minoru Ashida*, Yumi Yamakawa, and Shigeru Yoshida

Faculty of Education, Saitama University

255 Shimo-ohkubo, Sakura-ku, Saitama, Saitama, 338-8570 Japan

1. はじめに

本研究室では、インターネットを利用して学外との双方向の交流を目指し、利用者の立場に立ってそのニーズに応えるためのホームページ[[文献1](#)]を開発している。そのために、化学の質問箱を開設したり、溶液の濃度計算と調製方法のサービス等[[文献2～11](#)]を開始している。質問箱は閲覧数や質問の回答数が最盛期を過ぎたように思える(閲覧数は最盛期に約54000件/年、最近の2008年度は約29500件/年で、回答数は最盛期に141件/年、2008年度は70件/年である)が、その他のサービスは利用者がまだまだ少ない。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、本報告で紹介することにした。今、学校では理科離れが進んでいる。理科(化学)の面白さは実験を通して伝えられることが多いと思われる。そこで、理科離れを少しでも減らすために、また学校で少しでも多く理科(化学)実験を行ってもらうために、化学系実験の基礎である水溶液の作り方(濃度計算と調製方法)[[文献2～8](#)]の自動サービスを行っている。コンピュータに弱い人でも何の予備知識もなしに、いつでも必要なときに使用できる。さらにダウンロードサービスも開始しているので、圧縮ファイルをダウンロードして解凍すればこのプログラムはパソコンの中だけ(オフライン)でも実行できる。

前報では、塩化ナトリウム水溶液[[文献2](#)]、酢酸、塩酸、アンモニア水、水酸化ナトリウム水溶液[以上が[文献3](#)]、硝酸、硫酸[以上が[文献4](#)]、9種類の固体無水物の溶解度[[文献5](#)]、二酸化炭素と石灰水[[文献6](#)]、シュウ酸水溶液、シュウ酸ナトリウム水溶液[以上が[文献7](#)]、塩化カリウム水溶液、塩化アンモニウム水溶液[以上が[文献8](#)]について報告し、ホームページですでにサービスを開始している。本報告では、次に利用度の高いと思われる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を開発し、ホームページで公開することにした。これらの水溶液は弱塩基性を示し、種々の基礎的な実験や強酸の中和等に使用されている。

2. 利用者の操作方法

ここでは、炭酸水素ナトリウム水溶液の調製方法を中心に説明し、炭酸ナトリウム水溶液の調製方法については必要な部分のみを補足的に説明する。

2.1 炭酸水素ナトリウム水溶液

「[溶液の作り方\(濃度計算と調製方法\)](#)」[[文献 12](#)]のメニューから「[炭酸水素ナトリウム水溶液](#)」[[文献 13](#)]をクリックすると、最初の画面([図1](#))が表示される。炭酸水素ナトリウム水溶液では、一番上の5つのテキストボックスとその真下のボタンが対応している。炭酸水素ナトリウムの質量と水の体積から水溶液の濃度を計算する場合や、濃度と水溶液の体積から水溶液を調製するために必要な炭酸水素ナトリウムの質量と水の体積を求める場合には、2つのテキストボックスに数値(例えば、質量百分率濃度と溶解後の溶液体積)を半角文字で入力する。そして、どれか空のテキストボックスの真下のボタン(例えば、炭酸水素ナトリウムの質量)を押す。このとき、押したボタンの真上のテキストボックスに数値が入力されていても、入力されていないものとして扱われる。プログラムが自動的に空のテキストボックス全ての数値を計算して、緑色の文字で表示する([図2](#))。例えば、 $5.432E-1$ や $1.234e5$ のような指数形式での入力も可能である。ただし、半角E(またはe)の後ろに半角空白を入れるとエラーになる。

このプログラムは、濃度の計算方法を全く知らない人が使用することを想定しているので、でたらめに操作しても可能な限り動くように考慮している。その1つとして、上述のように2つのテキストボックスに数値を入力すれば計算できるわけだが、3つ以上のテキストボックスに数値を入力してもプログラムは動くようにしている。ただし、計算は2つの数値を採用して行う。そのときの優先順位を[表1](#)に示す(炭酸ナトリウムでも優先順位は同様である)。3つ以上の数値を入力する場合には、採用されなかった数値が計算により変化しない(すなわち、でたらめな数値ではない)ことが望ましい。再び計算する前に、全部の数値または計算値のみを右端のボタンで消去できる。なお、数値を消去せずに、前回の数値の1つを変更してボタンを押しても、変更した値が採用の優先順位によって元に戻ってしまうことがある。

溶解度(18°Cの飽和濃度)を超過した場合には、赤字で警告を表示する([図3](#))が、計算はできるようにしている。濃度を換算する場合には、質量百分率濃度かモル濃度のうち、どちらか一方のテキストボックスに数値を入力する。そして、数値を入れなかったほうのテキストボックスの真下のボタンを押す([図4](#))。その他、操作を間違えて計算できないときは、エラーが表示される([図5](#))。例えば、質量百分率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。これらの濃度は密度を介して相互に換算できる([図4](#))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。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 炭酸ナトリウム水溶液

「[溶液の作り方\(濃度計算と調製方法\)](#)」[[文献 12](#)]のメニューから「[炭酸ナトリウム水溶液](#)」[[文献 14](#)]を選択すると、最初の画面([図6](#))が表示される。操作方法は、上の炭酸水素ナトリウム水溶液の場合とほぼ同様である。市販の炭酸ナトリウムには無水物と十水和物がある。濃度計算するとき、炭酸ナトリウム十水和物に含まれる結晶水の量と溶解に使用する純水の量を区別する必要が

ある。そこで、炭酸ナトリウム水溶液の調製の場合には、溶解に使用する純水のことを「溶解水」と以後呼ぶことにする。炭酸ナトリウム無水物を用いた計算例を[図7](#)に、炭酸ナトリウム十水和物を用いた計算例を[図8](#)に示す。同一の水溶液を調製するにもかかわらず、量りとする試薬の質量と溶解水の体積が結晶水の有無によって大きく異なっている。溶解度(25℃の飽和濃度)を超過した場合の計算例を[図9](#)と[図10](#)に示す。両方とも、飽和水溶液中に炭酸ナトリウム十水和物が沈殿していると仮定して計算している。固体の炭酸ナトリウム十水和物中の無水物に相当する部分の濃度(37.041%)を超過した場合の計算例を[図11](#)と[図12](#)に示す。両方とも、炭酸ナトリウム無水物と炭酸ナトリウム十水和物の固体同士の混合物のみであると仮定して計算している。

3. 水溶液の調製方法と注意事項([図1](#), [図6](#))

ホームページの画面に、Java Applet のプログラムだけでなく、以下のような具体的な調製方法と安全等のための注意事項を載せている。また、主な実験器具の写真と使用方法等も載せている。

必要な器具は、前もって洗浄し乾燥しておく。作成する容量がはかれるメスシリンダー([図13](#)、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。天秤([図14](#))を用いてビーカーに炭酸水素ナトリウム(炭酸ナトリウム無水物または十水和物)をはかりとり、メスシリンダー([図13](#))ではかりとった蒸留水を加えてよくかき混ぜる。必要ならば、試薬ビンに移して保管する。試薬名、濃度、作成日、作成者などを書いたラベルを付ける。

炭酸ナトリウムは加水分解して、水溶液がアルカリ性になる。炭酸水素ナトリウム水溶液(または炭酸ナトリウム水溶液)が目に入ったり、皮膚についたら直ぐに水で洗い流す。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。炭酸ナトリウム無水物の固体(粉末)には潮解性があり、炭酸ナトリウム十水和物の固体(粉末)には風解性がある。質量をはかるときは手早く行う。残りの固体は、直ぐにビンのふたをしっかりと閉めて保管する。天秤を使うときは粉末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。天秤は慎重に取り扱い、薬品をこぼしたら直ぐに掃除する。はかれる範囲は天秤によって異なる。最大秤量を超過しないように注意する。

4. 濃度などの計算方法([図1](#), [図6](#))

ホームページの画面に、以下のような計算方法の解説を載せている。ただし、4.2および4.4は飽和濃度を超過した場合の計算方法であるため、どこまで意味があるか分からないので、ホームページには載せていない。

4.1 炭酸水素ナトリウム水溶液

調製前の炭酸水素ナトリウムの質量を $M_a(g)$ 、これを溶解する水の質量、体積および密度をそれぞれ $M_b(g)$ 、 $V_b(mL)$ および $D_b(g/mL)$ とする。調製後の水溶液の質量を $M(g)$ 、体積を $V(mL)$ 、密度を $D(g/mL)$ 、質量百分率濃度を $W(\%)$ 、モル濃度を $C(mol/L)$ とする。さらに、溶液体積/水体積を R 、炭酸水素ナトリウムのモル質量を $F(g/mol)$ とすると、次式のような関係がある[[文献15, 16](#)]。

$$W = 100M_a / M, \quad M = M_a + M_b = VD, \quad M_b = V_b D_b, \quad C = 1000M_a / FV, \quad R = V / V_b,$$

$$1 \text{ L} = 1000 \text{ mL}$$

これらの式と既知の値を用いて未知の値を求めることができる。濃度から密度を求めたり、溶液体積/水体積から濃度を求めるときは[表2](#)[[文献17](#)]を用いて直線的に内挿する。

4.2 飽和濃度を超過した場合の計算方法(炭酸水素ナトリウム)

溶解しなかった固体(無水物)が飽和水溶液中に沈殿していると仮定する.

飽和溶液中の炭酸水素ナトリウムの質量を $M_{a2}(g)$, 溶解に使用した純水の質量を $M_b(g)$, 体積を $V_b(mL)$, 密度を $D_b(g/mL)$, 飽和溶液の体積を $V_2(mL)$, 密度を $D_2(g/mL)$, 質量百分率濃度を $W_2(\%)$ とする.

沈殿している固体炭酸水素ナトリウムの質量を $M_{a3}(g)$, 体積を $V_3(mL)$, 密度を $D_3(g/mL)$ とする.

飽和溶液の質量と固体の質量を足し合わせた見かけの質量を $M(g)$, 体積を $V(mL)$, 密度を $D(g/mL)$, 質量百分率濃度を $W(\%)$, モル濃度を $C(mol/L)$, 溶液体積/水体積を R とする.

表3 飽和溶液と固体に関する変数の定義

| 物理量(単位) | 飽和溶液 | 固体 | 飽和溶液と固体を合わせた見かけの値 |
|-------------|-----------------|----------|-----------------------------|
| 試薬の質量(g) | M_{a2} | M_{a3} | $M_a = M_{a2} + M_{a3}$ |
| 水の質量(g) | $M_b = V_b D_b$ | | |
| 質量の合計(g) | $M_{a2} + M_b$ | M_{a3} | $M = M_{a2} + M_{a3} + M_b$ |
| 体積(mL) | V_2 | V_3 | $V = V_2 + V_3$ |
| 密度(g/mL) | D_2 | D_3 | D |
| 質量百分率濃度(%) | W_2 | | W |
| モル濃度(mol/L) | | | C |
| 溶液体積/水体積 | | | R |

飽和溶液の質量百分率濃度 W_2 とその質量は

$$W_2 = 100M_{a2} / (M_{a2} + M_b), \quad M_{a2} + M_b = V_2 D_2$$

沈殿している炭酸水素ナトリウムの質量 M_{a3} とその体積 V_3 と密度 D_3 の関係は

$$M_{a3} = V_3 D_3$$

使用した炭酸水素ナトリウム全体の質量 M_a は

$$M_a = M_{a2} + M_{a3}$$

飽和溶液と沈殿している固体を合わせた見かけの体積 V , 質量百分率濃度 W , 質量 M , モル濃度 C は, それぞれ

$$V = V_2 + V_3, \quad W = 100M_a / M, \quad M = M_{a2} + M_{a3} + M_b = VD, \quad C = 1000M_a / FV$$

その他, 溶液体積/水体積 R は

$$R = V / V_b, \quad M_b = V_b D_b$$

以上の式より、飽和溶液中の炭酸水素ナトリウムの質量 M_{a2} 、沈殿している炭酸水素ナトリウムの質量 M_{a3} および溶解に使用した純水の質量 M_b と見かけの質量百分率濃度 W の関係を求める。

$$M_{a2} = MW_2(100 - W) / \{100(100 - W_2)\}, \quad M_{a3} = M(W - W_2) / (100 - W_2),$$

$$M_b = M(100 - W) / 100$$

飽和溶液と固体を合わせた見かけの密度 D と見かけの質量百分率濃度 W の関係は

$$D = P_1 / (P_2 - W)$$

ここで、定数 P_1 と P_2 は簡単のためにそれぞれ、次式で表される量を置き換えている。

$$P_1 = D_2 D_3 (100 - W_2) / (D_3 - D_2), \quad P_2 = (100 D_3 - W_2 D_2) / (D_3 - D_2)$$

また、見かけの質量百分率濃度 W と溶液体積／水体積の比 R の関係は

$$W = P_3 (R - P_4) / (R - P_5)$$

ここで、定数 P_3, P_4, P_5 はそれぞれ

$$P_3 = 100, \quad P_4 = P_2 D_b / P_1, \quad P_5 = 100 D_b / P_1$$

さらに、見かけの密度 D と見かけのモル濃度 C の関係は

$$D = P_6 + P_7 C$$

ここで、定数 P_6 と P_7 はそれぞれ

$$P_6 = P_1 / P_2, \quad P_7 = F / (10 P_2)$$

これらの式より、溶液の密度 D 、炭酸水素ナトリウムの質量 M_a 、水の質量 M_b 、溶液体積／水体積 R の質量百分率濃度 W による変化を求めて図 15 に示す。前報のシュウ酸ナトリウム水溶液[文献 7]の場合と飽和濃度が違うだけで、曲線の変化傾向は同様である。飽和濃度 $W = 8.48\%$ を超えた範囲では、溶けきれなくなった固体無水物が沈んでいるので、計算値は全て見かけの値である(赤字で警告を表示)。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ろうかと考えて、計算(全て見かけの値)だけはできるようにしておいた。

4.3 炭酸ナトリウム水溶液

調製前の炭酸ナトリウム無水物または十水和物の質量を $M_a(g)$ 、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 $D(g/mL)$ 、無水物としての質量百分率濃度を $W(\%)$ 、モル濃度を $C(mol/L)$ とする。さ

らに、溶液体積／溶解水体積をR、炭酸ナトリウム無水物または十水和物のモル質量をF(g/mol)、炭酸ナトリウム試薬中の無水物に相当する部分の質量百分率をQ_o(%)とすると、次式のような関係がある。

$$W = M_a Q_o / M, \quad M = M_a + M_b = VD, \quad M_b = V_b D_b, \quad C = 1000 M_a / FV, \quad R = V / V_b,$$

$$1 \text{ L} = 1000 \text{ mL}, \quad \text{無水物の } Q_o = 100 \%,$$

$$\text{十水和物の } Q_o = 105.99 \text{ g/mol} \div 286.14 \text{ g/mol} \times 100 \% = 37.041 \%$$

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4[文献17]を用いて直線的に内挿する。

4.4 飽和濃度を超過した場合の計算方法(炭酸ナトリウム)

4.4.1 見かけの濃度が22.7%以上で、37.041%以下の場合(飽和水溶液中に十水和物が沈殿)

炭酸ナトリウム無水物を使用した場合には、溶解しなかった固体が結晶水を取り込んで、炭酸ナトリウム十水和物に変化して飽和水溶液中に沈殿していると仮定する。炭酸ナトリウム十水和物を使用した場合には、溶解しなかった炭酸ナトリウム十水和物の固体がそのまま飽和水溶液中に沈殿していると仮定する。結晶水による沈殿の質量増加率Q_nは

$$\text{無水物の } Q_n = 286.14 \text{ g/mol} \div 105.99 \text{ g/mol} = 2.6997, \quad \text{十水和物の } Q_n = 1$$

飽和溶液中の炭酸ナトリウム無水物または十水和物の質量をM_{a2}(g)、溶解に使用した純水(溶解水)の質量をM_b(g)、体積をV_b(mL)、密度をD_b(g/mL)、飽和溶液中の水の質量をM_{bc}(g)、飽和溶液の体積をV₂(mL)、密度をD₂(g/mL)、炭酸ナトリウム無水物としての質量百分率濃度をW₂(%)とする。

沈殿している炭酸ナトリウム十水和物の質量をM_{a3}Q_n(g)、体積をV₃(mL)、密度をD₃(g/mL)とする。

飽和溶液の質量と固体の質量を足し合わせた見かけの質量をM(g)、体積をV(mL)、密度をD(g/mL)、炭酸ナトリウム無水物としての質量百分率濃度をW(%), モル濃度をC(mol/L), 溶液体積／溶解水体積をRとする。

表5 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 | 十水和物の固体 | 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 _n | M _a = M _{a2} + M _{a3} |
| 溶解水の質量(g) | M _b = V _b D _b | M _{bc} | M _{a3} (Q _n - 1) | M _b = M _{bc} + M _{a3} (Q _n - 1) |
| 質量の合計(g) | M | M _{a2} + M _{bc} | M _{a3} Q _n | M = M _{a2} + M _{a3} + M _b = M _{a2} + M _{a3} Q _n + 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(%) | | W ₂ | | W |
| モル濃度(mol/L) | | | | C |
| 溶液体積／溶解水体積 | | | | R = V / V _b |

飽和溶液の質量百分率濃度 W_2 とその質量は

$$W_2 = M_{a2}Q_o / (M_{a2} + M_{bc}), \quad M_{a2} + M_{bc} = V_2D_2, \quad M_{bc} = M_b - M_{a3}(Q_n - 1), \quad M_b = V_bD_b$$

沈殿している炭酸ナトリウム十水和物の質量 $M_{a3}Q_n$ とその体積 V_3 と密度 D_3 の関係は

$$M_{a3}Q_n = V_3D_3$$

使用した炭酸ナトリウム無水物または十水和物全体の質量 M_a は

$$M_a = M_{a2} + M_{a3}$$

飽和溶液と沈殿している固体を合わせた見かけの体積 V , 質量百分率濃度 W , 質量 M , モル濃度 C は, それぞれ

$$V = V_2 + V_3, \quad W = M_a Q_o / M, \quad M = M_{a2} + M_{a3} + M_b = VD, \quad C = 1000M_a / FV$$

その他, 溶液体積/溶解水体積 R は

$$R = V / V_b, \quad M_b = V_b D_b$$

以上の式より, 飽和溶液中の炭酸ナトリウム無水物または十水和物の質量 M_{a2} , 沈殿している炭酸ナトリウム十水和物の質量 $M_{a3}Q_n$ および溶解に使用した純水(溶解水)の質量 M_b を求める.

$$M_{a2} = MW_2(Q_o - WQ_n) / \{Q_o(Q_o - W_2Q_n)\}, \quad M_{a3}Q_n = M(W - W_2)Q_n / (Q_o - W_2Q_n),$$

$$M_b = M(Q_o - W) / Q_o$$

飽和溶液と固体を合わせた見かけの密度 D と見かけの質量百分率濃度 W の関係は

$$D = P_1 / (P_2 - W)$$

ここで, 定数 P_1 と P_2 は簡単のためにそれぞれ, 次式で表される量を置き換えている.

$$P_1 = D_2D_3(Q_o - W_2Q_n) / (D_3 - D_2)Q_n, \quad P_2 = (Q_oD_3 - W_2D_2Q_n) / (D_3 - D_2)Q_n$$

また, 見かけの質量百分率濃度 W と溶液体積/溶解水体積の比 R の関係は

$$W = P_3(R - P_4) / (R - P_5)$$

ここで, 定数 P_3, P_4, P_5 はそれぞれ

$$P_3 = Q_o, \quad P_4 = P_2D_b / P_1, \quad P_5 = Q_oD_b / P_1$$

さらに、見かけの密度Dと見かけのモル濃度Cの関係は

$$D = P_6 + P_7 C$$

ここで、定数 P_6 と P_7 はそれぞれ

$$P_6 = P_1 / P_2, \quad P_7 = Q_0 F / (1000 P_2)$$

4. 4. 2 見かけの濃度が 37.041 % 以上の場合 (十水和物と無水物の固体混合物)

炭酸ナトリウム十水和物と炭酸ナトリウム無水物の固体同士の混合物のみであると仮定する。

固体混合物中の炭酸ナトリウム十水和物の質量を $M_{a3}(g)$ 、体積を $V_3(mL)$ 、密度を $D_3(=1.46 \text{ g/mL})$ 、質量百分率濃度(炭酸ナトリウム無水物として)を $W_3(=37.041 \%)$ 、モル濃度を $C_3(=5.102 \text{ mol/L})$ とする。

固体混合物中の炭酸ナトリウム無水物の質量を $M_{a4}(g)$ 、体積を $V_4(mL)$ 、密度を $D_4(=2.53 \text{ g/mL})$ 、質量百分率濃度(炭酸ナトリウム無水物として)を $W_4(=100 \%)$ 、モル濃度を $C_4(=23.87 \text{ mol/L})$ とする。使用した溶解水または残存する炭酸ナトリウム十水和物中の結晶水の質量を $M_{b3}(g)$ 、溶解水と仮定したときの体積を $V_b(mL)$ 、密度を $D_b(g/mL)$ とする。

固体同士を足し合わせた見かけの質量を $M(g)$ 、体積を $V(mL)$ 、密度を $D(g/mL)$ 、炭酸ナトリウム無水物としての質量百分率濃度を $W(\%)$ 、モル濃度を $C(\text{mol/L})$ 、固体混合物体積/溶解水体積を R とする。

表6 固体混合物に関する変数の定義

| 物理量(単位) | 十水和物の固体 | 無水物の固体 | 固体同士を合わせた見かけの値 |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 固体の質量(g) | $M_{a3} = V_3 D_3$ | $M_{a4} = V_4 D_4$ | $M = M_{a3} + M_{a4}$ |
| 体積(mL) | V_3 | V_4 | $V = V_3 + V_4$ |
| 密度(g/mL) | $D_3 = 1.46 \text{ g/mL}$ | $D_4 = 2.53 \text{ g/mL}$ | D |
| 質量百分率濃度(%) | $W_3 = 37.041 \%$ | $W_4 = 100 \%$ | W |
| モル濃度(mol/L) | $C_3 = 5.102 \text{ mol/L}$ | $C_4 = 23.87 \text{ mol/L}$ | C |
| 溶解水(または結晶水)の質量(g) | $M_{b3} = V_b D_b$ | | $M_{b3} = V_b D_b$ |
| 固体混合物体積/溶解水体積 | | | $R = V / V_b$ |

炭酸ナトリウム十水和物の質量 M_{a3} とその体積 V_3 と密度 D_3 の関係は

$$M_{a3} = V_3 D_3$$

同様に、炭酸ナトリウム無水物の質量 M_{a4} とその体積 V_4 と密度 D_4 の関係は

$$M_{a4} = V_4 D_4$$

使用した炭酸ナトリウム無水物としての質量の合計 M_a 、炭酸ナトリウム十水和物としての質量の合計 M_a' および使用した溶解水(または残存する結晶水)の質量 M_{b3} は

$$M_a = M_{a3}W_3/W_4 + M_{a4}, \quad M_a' = M_{a3} + M_{a4}W_4/W_3, \quad M_{b3} = V_b D_b$$

固体混合物の見かけの体積 V , 質量 M , 無水物としての質量百分率濃度 W , モル濃度 C は, それぞれ

$$V = V_3 + V_4, \quad M = M_{a3} + M_{a4} = VD, \quad W = 100M_a/M, \quad C = 1000M_a/FV$$

その他, 固体混合物体積/溶解水体積 R は

$$R = V/V_b$$

以上の式より, 固体混合物中の炭酸ナトリウム十水和物の質量 M_{a3} , 炭酸ナトリウム無水物の質量 M_{a4} および溶解水(または結晶水)の質量 M_{b3} を求める.

$$M_{a3} = M(W_4 - W)/(W_4 - W_3), \quad M_{a4} = M(W - W_3)/(W_4 - W_3),$$

$$M_{b3} = (W_4 - W_3)M_{a3}/W_4$$

固体混合物全体の見かけの密度 D と見かけの質量百分率濃度 W の関係は

$$D = P_{10}/(P_{20} - W)$$

ここで, 定数 P_{10} と P_{20} は簡単のためにそれぞれ, 次式で表される量を置き換えている.

$$P_{10} = D_3 D_4 (W_4 - W_3)/(D_4 - D_3), \quad P_{20} = (D_4 W_4 - D_3 W_3)/(D_4 - D_3)$$

また, 見かけの質量百分率濃度 W と固体混合物体積/溶解水体積の比 R の関係は

$$W = P_{30}(R - P_{40})/(R - P_{50})$$

ここで, 定数 P_{30} , P_{40} , P_{50} はそれぞれ

$$P_{30} = 100, \quad P_{40} = P_{20} D_b / P_{10}, \quad P_{50} = 100 D_b / P_{10}$$

さらに, 見かけの密度 D と見かけのモル濃度 C の関係は

$$D = P_{60} + P_{70} C$$

ここで, 定数 P_{60} と P_{70} はそれぞれ

$$P_{60} = P_{10}/P_{20}, \quad P_{70} = F/(10P_{20})$$

これらの式より, 溶液の密度 D , 炭酸ナトリウム無水物の質量 M_a , 溶解水の質量 M_b , 溶液体積/

溶解水体积Rの質量百分率濃度Wによる変化を求めて図16に示す。曲線の変化傾向は炭酸水素ナトリウムの場合(図15)と類似している。なお、炭酸ナトリウム無水物を使用すると、濃度1.384%に溶液体積/溶解水体积の極小値が存在することが分かった(図17)。したがって、溶液体積Vと溶解水体积 V_0 に数値を入力して、その他の数値を計算するときに、前報の水酸化ナトリウム水溶液[文献3]と同様に、この付近では2つの答えが存在する。さらに、直線的に内挿して計算しているので、計算値の正確さが他の部分よりも少し悪くなっている。これを考慮してこの付近では、できるだけ細かい数値(表4)を使用して計算している。炭酸ナトリウム十水和物を使用したときの計算結果を図18に示す。前報のシュウ酸二水和物水溶液[文献7]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だり、固体混合物のみになっているので、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し、上の4.2と同様の理由で計算だけはできるようにしておいた)。特に、炭酸ナトリウム十水和物を使用して濃度 $W=37.041\%$ 以上になったとき、溶解水の質量 M_0 が負の値になっており、炭酸ナトリウム十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。

5. 使用したソフトウェア

開発に使用したOSはMicrosoft社のWindows XP Professionalである。さらに、Microsoft社のWindows 98, 2000 Professional, ME, XP home edition, Vista Home Premiumで動作確認を行っている。Java Appletは多くの書籍[文献18~23]を参考にして、Borland社のJBuilder 6 Professional, 2005 Developerで作成し、フリーソフトウェアFFFTP 1.88[文献24]でサーバーにアップロードした。HTMLファイルはIBM社のホームページビルダー11[文献25, 26]、またはマクロメディア(株)のDreamweaver MX[文献27]で編集・作成した。その他、ファイルの構成やプログラムの開発方法については、前報[文献4]とほぼ同じなので省略する。

6. おわりに

教育学部のサーバーだけでなく、学外のサーバーにも濃度計算と調製方法のプログラムを載せてサービスを開始した[文献1]。学校の授業の準備や自由研究等でも利用できると思われる。今後はさらに、計算できる(水)溶液の種類を増やし、少しずつサービスを充実していく。

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。

参考文献など(URLは全て2009年9月8日時点のものである)

[文献1] トップページアドレス 本館 <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/>

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

縮小版1 <http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/>

別館1 <http://www.geocities.jp/ashidabk1/> (質問箱は閲覧のみ)

別館2 <http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/>

別館3 <http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/>

[文献2] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 塩化ナトリウム水溶液 -』化学教育ジャーナル(CEJ), 第7巻第1号(通巻12号), 採録番号7-5(2003)

[文献3] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 酢酸水溶液, 塩酸, アンモニア水, 水酸化ナトリウム水溶液 -』化学教育ジャーナル(CEJ), 第8巻第1号(通巻14号), 採録番号8-3(2004)

[文献4] Minoru Ashida, et al., Automatic Services of Calculating Data and for the Preparation

of Solutions by Using Internet: - Nitric Acid Aqueous Solution and Sulfuric Acid Aqueous Solution-, The Chemical Education Journal (CEJ), Vol. 9, No. 2 (Serial No. 17). The date of issue: January 30, 2007./Registration No. 9-14/Received March 7, 2006.

[文献5] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 固体無水物の溶解度 -』化学教育ジャーナル(CEJ),第10巻第1号(通巻18号),採録番号10-2(2007)

[文献6] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 二酸化炭素と石灰水 -』化学教育ジャーナル(CEJ),第10巻第1号(通巻18号),採録番号10-3(2007)

[文献7] 芦田実ほか『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)

[文献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 - 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),投稿中

[文献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),第10巻第1号(通巻18号),採録番号10-4(2007)

[文献10] 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)

[文献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 - 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)

[文献12] <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/cgi-bin/calgramc.cgi>

[文献13] <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/calcgrap/apadj014.html>

[文献14] <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/calcgrap/apadj015.html>

[文献15] 中川徹夫『2成分系溶液の濃度の相互変換公式』理科の教育, 通巻599号, 51(6), 406(2002)

[文献16] 中川徹夫『水溶液の調製に有用な式』理科の教育, 通巻603号, 51(10), 696(2002)

[文献17] 日本化学会編『化学便覧基礎編改訂4版』丸善(株)(1993)

[文献18] 高橋和也ほか『Java 逆引き大全 500の極意』(株)秀和システム(2002)

[文献19] 田中秀治『Jbuilder5で入門! Javaプログラミング』ソーテック社(2001)

[文献20] 松浦健一郎, 司ゆき『はじめてのJBuilder6』ソフトバンク(株)(2002)

[文献21] 赤間世紀『Java2による数値計算』技報堂出版(株)(1999)

[文献22] 青野雅樹『Javaで学ぶコンピュータグラフィックス』(株)オーム社(2002)

[文献23] 中山茂『Java2グラフィックスプログラミング入門』技報堂出版(株)(2000)

[文献24] <http://www2.biglobe.ne.jp/~sota/>

[文献25] 『ホームページビルダー2001 ユーザーズ・ガイド』日本アイ・ビー・エム(株)(2006)

[文献26] アンク『HTMLタグ辞典』翔泳社(2000)

[文献27] 『Dreamweaver MX ファーストステップガイド』マクロメディア(株)(2002)

[元の本文位置に戻る](#)



[トップへ](#)



[CEJ, v12n2 目次へ](#)

表1 テキストボックスに入力した数値を採用するときの優先順位

| 優先順位 | 炭酸水素ナトリウム質量(g) | 水の体積(ml) | 溶液体積(ml) | 百分率濃度(%) | モル濃度(mol/l) |
|------|----------------|----------|----------|----------|-------------|
| 1 | | | ○ | ○ | |
| 2 | | | ○ | | ○ |
| 3 | ○ | ○ | | | |
| 4 | ○ | | ○ | | |
| 5 | ○ | | | ○ | |
| 6 | ○ | | | | ○ |
| 7 | | ○ | | ○ | |
| 8 | | ○ | | | ○ |
| 9 | | ○ | ○ | | |
| 10 | | | | ○ | |
| 11 | | | | | ○ |

○印のテキストボックスに数値を入力し、その他のボタンを押した場合

表2 18℃の炭酸水素ナトリウム水溶液の濃度と密度などの関係

| | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 質量百分率濃度(%) | 0.000 | 0.001 | 0.010 | 0.100 | 1.000 |
| 溶液密度(g/mL) | 0.998598000 | 0.998605274 | 0.998670738 | 0.999325545 | 1.005890059 |
| モル濃度(mol/L) | 0.000000000 | 0.000118867 | 0.001188752 | 0.011895317 | 0.119734562 |
| 溶液体積/水体積 | 1.000000000 | 1.000002716 | 1.000027168 | 1.000272236 | 1.002778424 |

(続き)

| | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 質量百分率濃度(%) | 2.000 | 3.000 | 4.000 | 5.000 | 6.000 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.013219016 | 1.020584872 | 1.027987626 | 1.035427278 | 1.042903828 |
| モル濃度(mol/L) | 0.241213907 | 0.36445121 | 0.489459648 | 0.616252397 | 0.744842634 |
| 溶液体積/水体積 | 1.005683406 | 1.008718141 | 1.011885964 | 1.015190359 | 1.018634959 |

(続き)

| | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|
| 質量百分率濃度(%) | 7.000 | 8.000 | 8.480 | 100.000 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.050417276 | 1.057967622 | 1.061604895 | 2.2000 |
| モル濃度(mol/L) | 0.875243534 | 1.007468275 | 1.071587848 | 26.190 |
| 溶液体積/水体積 | 1.022223563 | 1.025960139 | 1.027807466 | 10000 |

表4 25℃の炭酸ナトリウム水溶液の濃度と密度などの関係

| | | | | | | |
|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 質量百分率濃度(%) | 0.000000 | 0.001 | 0.010 | 0.100 | 0.250 | 0.500 |
| 溶液密度(g/mL) | 0.997061 | 0.997071255 | 0.997163546 | 0.998086429 | 0.999624469 | 1.002187674 |
| モル濃度(mol/L) | 0.000000 | 9.40722E-05 | 0.000940809 | 0.009416798 | 0.023578273 | 0.047277464 |
| 溶液体積/溶解水体積 | 1.000000 | 0.999999715 | 0.999997162 | 0.999972578 | 0.999935406 | 0.999883937 |
| 溶液体積/溶解水体積 | 1.000000 | 1.000016713 | 1.000167179 | 1.001676843 | 1.004213282 | 1.008497781 |

青色文字(溶液体積/溶解水体積の上段)は炭酸ナトリウム無水物を使用して調製する場合の値であり、
 紫色文字(溶液体積/溶解水体積の下段)は炭酸ナトリウム十水和物を使用して調製する場合の値である。
 (続き)

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 質量百分率濃度(%) | 0.750 | 0.800 | 0.900 | 1.000 | 1.100 | 1.200 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.004750757 | 1.005263372 | 1.006288609 | 1.007313864 | 1.008339145 | 1.009364462 |
| モル濃度(mol/L) | 0.071097563 | 0.075876092 | 0.085447660 | 0.095038576 | 0.104648840 | 0.114278456 |
| 溶液体積/溶解水体積 | 0.999845443 | 0.999839288 | 0.999828514 | 0.999819778 | 0.999813071 | 0.999808385 |
| 溶液体積/溶解水体積 | 1.012854716 | 1.013734905 | 1.015504168 | 1.017285346 | 1.019078521 | 1.020883780 |

(続き)

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 質量百分率濃度(%) | 1.300 | 1.38368 | 1.400 | 1.500 | 1.600 | 1.700 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.010389824 | 1.011247889 | 1.011415241 | 1.012440721 | 1.013466274 | 1.014491909 |
| モル濃度(mol/L) | 0.123927424 | 0.132016556 | 0.133595748 | 0.143283431 | 0.152990474 | 0.162716883 |
| 溶液体積/溶解水体積 | 0.999805710 | 0.999805011 | 極小 | 0.999805038 | 0.999806358 | 0.999809663 |
| 溶液体積/溶解水体積 | 1.022701208 | 1.024231447 | 1.024530891 | 1.026372919 | 1.028227379 | 1.030094363 |

(続き)

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 質量百分率濃度(%) | 1.800 | 1.900 | 2.000 | 2.250 | 2.500 | 2.750 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.015517635 | 1.016543461 | 1.017569398 | 1.020134778 | 1.022701046 | 1.025268344 |
| モル濃度(mol/L) | 0.172462661 | 0.182227812 | 0.192012340 | 0.216558473 | 0.241225834 | 0.266014525 |
| 溶液体積/溶解水体積 | 0.999822192 | 0.999831397 | 0.999842552 | 0.999878913 | 0.999927272 | 0.999987499 |
| 溶液体積/溶解水体積 | 1.031973961 | 1.033866266 | 1.035771371 | 1.040590763 | 1.045492268 | 1.050477448 |

(続き)

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 質量百分率濃度(%) | 3.000 | 3.500 | 4.000 | 5.000 | 6.000 | 7.000 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.027836817 | 1.032977864 | 1.038125338 | 1.048444176 | 1.058802545 | 1.069209661 |
| モル濃度(mol/L) | 0.290924658 | 0.341109777 | 0.391782371 | 0.494595799 | 0.599378740 | 0.706148469 |
| 溶液体積/溶解水体積 | 1.000059465 | 1.000238117 | 1.000462247 | 1.001043183 | 1.001795091 | 1.002711294 |
| 溶液体積/溶解水体積 | 1.055547915 | 1.065951415 | 1.076716721 | 1.099393231 | 1.123708722 | 1.149812889 |

(続き)

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 質量百分率濃度(%) | 8.000 | 10.000 | 12.000 | 14.000 | 16.000 | 18.000 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.079674739 | 1.100815643 | 1.122298979 | 1.144198470 | 1.166587838 | 1.189540804 |
| モル濃度(mol/L) | 0.814925739 | 1.038603305 | 1.270647019 | 1.511348107 | 1.761053439 | 2.020165532 |
| 溶液体積/溶解水体積 | 1.003785601 | 1.006386094 | 1.009556174 | 1.013262372 | 1.017477932 | 1.022182715 |
| 溶液体積/溶解水体積 | 1.177876955 | 1.240700883 | 1.314147750 | 1.400882614 | 1.504598454 | 1.630554559 |

(続き)

| | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|----------|--------|------------|
| 質量百分率濃度(%) | 20.000 | 22.000 | 22.700 | 水和物が沈殿 | 37.041 | 固体の混合物 | 100.000 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.213131092 | 1.237432423 | 1.246119516 | | 1.46 | | 2.53 |
| モル濃度(mol/L) | 2.289142546 | 2.568498284 | 2.668828476 | | 5.10235 | | 23.8702 |
| 溶液体積/溶解水体積 | 1.027363208 | 1.033012639 | 1.035100545 | | 1.084703 | | 1.000 |
| 溶液体積/溶解水体積 | 1.786494247 | 1.984294961 | 2.066642224 | | 1.00000 | | -0.0990354 |

青色文字(溶液体積/溶解水体積の上段)は炭酸ナトリウム無水物を使用して調製する場合の値であり、
 紫色文字(溶液体積/溶解水体積の下段)は炭酸ナトリウム十水和物を使用して調製する場合の値である。

この下に図が見えなかったら Java Applet を有効にして下さい (H21.07.28 改訂) [前に戻る](#)

炭酸水素ナトリウム水溶液の作り方 (調製方法)

芦田 (埼玉大・教育)

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください

Ver. 2009.07.30

| | | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 計算値消去 |
| NaHCO ₃ 質量(g) | 水の体積(mL) | 溶液体積(mL) | 百分率濃度(%) | モル濃度(mol/L) | 全部消去 |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

濃度を換算するときは [百分率濃度(%)] または [モル濃度(mol/L)] のうち、どちらか一方だけに数字を入れて下さい。有効数字は自分で判断して下さい。溶解度を超えた計算値は信用できません。

18°Cにおける水の密度 = 0.9986 g/mL

表 18°Cにおける炭酸水素ナトリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (NaHCO₃のモル質量 (式量) = 84.01 g/mol)

| | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 百分率濃度(%) | 0.1 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 8.48 |
| モル濃度(mol/L) | 0.0119 | 0.1197 | 0.2412 | 0.3645 | 0.4895 | 0.6163 | 0.7448 | 0.8752 | 1.0075 | 1.0716 |
| 溶液密度(g/mL) | 0.9993 | 1.0059 | 1.0132 | 1.0206 | 1.028 | 1.0354 | 1.0429 | 1.0504 | 1.058 | 1.0616 |
| 溶液体積/水体積 | 1.0003 | 1.0028 | 1.0057 | 1.0087 | 1.0119 | 1.0152 | 1.0186 | 1.0222 | 1.026 | 1.0278 |

計算方法

調製前の炭酸水素ナトリウムの質量を M_a (g)、これを溶解する水の質量、体積および密度をそれぞれ M_b (g)、 V_b (mL)および D_b (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/水体積を R 、炭酸水素ナトリウムのモル質量を F (g/mol)とすると、次式のような関係があります。

$$W = 100M_a / M, \quad M = M_a + M_b = VD, \quad M_b = V_b D_b, \quad C = 1000M_a / FV, \\ R = V / V_b, \quad 1 \text{ L} = 1000 \text{ mL}$$

これらの式と既知の値を用いて未知の値を求めることができます。濃度から密度を求めたり、溶液体積/水体積から濃度を求めるとき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。

- 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) で蒸留水をはかりとります。
- 2 天秤を用いてビーカーに炭酸水素ナトリウムをはかりとり、1ではかりとった蒸留水を加えてよくかき混ぜます。
- 3 必要ならば、試薬ビンに移して保管します。試薬名、濃度、作成日、作成者などを書いたラベルを付けましょう。

注意事項

炭酸水素ナトリウム水溶液が目に入ったり、皮膚についたら直ぐに水で洗い流しましょう。

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、正確な濃度を決定しましょう。

天秤を使うときは粉末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)を敷きましょう。

天秤は慎重に取り扱い、薬品をこぼしたら直ぐに掃除しましょう。はかれる範囲は天秤によって異なります。最大秤量を超過しないように注意しましょう。

図1 最初の画面

炭酸水素ナトリウム水溶液用の apadj014.html ファイル (背景が白色の部分) から Java Applet の実行ファイル (背景が水色の部分) を呼び出したところ

炭酸水素ナトリウム水溶液の作り方 (調製方法)

芦田 (埼玉大・教育)

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください

Ver. 2009.07.30

| | | | | | |
|--------------------------|----------|-------------------|----------|-------------|-------|
| 25.89 | 492.52 | 500.0 | 5.0 | 0.6163 | 計算値消去 |
| NaHCO ₃ 質量(g) | 水の体積(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=517.71 g | | 溶液の密度=1.0354 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。

18°Cにおける水の密度 = 0.9986 g/mL

表 18°Cにおける炭酸水素ナトリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (NaHCO₃のモル質量 (式量) = 84.01 g/mol)

| | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 百分率濃度(%) | 0.1 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 8.48 |
| モル濃度(mol/L) | 0.0119 | 0.1197 | 0.2412 | 0.3645 | 0.4895 | 0.6163 | 0.7448 | 0.8752 | 1.0075 | 1.0716 |
| 溶液密度(g/mL) | 0.9993 | 1.0059 | 1.0132 | 1.0206 | 1.028 | 1.0354 | 1.0429 | 1.0504 | 1.058 | 1.0616 |
| 溶液体積/水体積 | 1.0003 | 1.0028 | 1.0057 | 1.0087 | 1.0119 | 1.0152 | 1.0186 | 1.0222 | 1.026 | 1.0278 |

図2 Java Applet による炭酸水素ナトリウム水溶液の調製方法の計算例

炭酸水素ナトリウム水溶液の作り方 (調製方法)

芦田 (埼玉大・教育)

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください

Ver. 2009.07.30

| | | | | | |
|--------------------------|----------|-------------------|----------|--------------------|-------|
| 53.54 | 482.54 | 500.0 | 10.0 | 1.275 | 計算値消去 |
| NaHCO ₃ 質量(g) | 水の体積(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=535.4 g | | 溶液の密度=1.0708 g/mL | | 18°Cの溶解度(8.48%)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。

18°Cにおける水の密度 = 0.9986 g/mL

表 18°Cにおける炭酸水素ナトリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (NaHCO₃のモル質量 (式量) = 84.01 g/mol)

| | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 百分率濃度(%) | 0.1 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 | 8.48 |
| モル濃度(mol/L) | 0.0119 | 0.1197 | 0.2412 | 0.3645 | 0.4895 | 0.6163 | 0.7448 | 0.8752 | 1.0075 | 1.0716 |
| 溶液密度(g/mL) | 0.9993 | 1.0059 | 1.0132 | 1.0206 | 1.028 | 1.0354 | 1.0429 | 1.0504 | 1.058 | 1.0616 |
| 溶液体積/水体積 | 1.0003 | 1.0028 | 1.0057 | 1.0087 | 1.0119 | 1.0152 | 1.0186 | 1.0222 | 1.026 | 1.0278 |

図3 Java Applet による計算例 (炭酸水素ナトリウムの飽和濃度 8.48% (1.07 mol/L) を超過した場合)

この下に図が見えなかったら Java Applet を有効にして下さい (H21.08.16 改訂) [前に戻る](#)

炭酸ナトリウム水溶液の作り方 (調製方法)

芦田 (埼玉大・教育)

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください。

Ver. 2009.08.18

| | | | | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 計算値消去 |
| 試薬の質量(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 |
| <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | |

炭酸ナトリウムの試薬を右から選んで下さい。 Na₂CO₃ Na₂CO₃ · 10H₂O

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。溶解度(22.7%)を超えると十水和物 Na₂CO₃ · 10H₂O が沈殿し、十水和物の百分率濃度(37.04%)を超えると十水和物 Na₂CO₃ · 10H₂O と無水物 Na₂CO₃ の固体のみの混合物になります。

25°Cにおける水の密度 = 0.9971 g/mL

表 25°Cにおける炭酸ナトリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (試薬のモル質量 (式量) = 105.99 g/mol)

| | | | | | | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 百分率濃度(%) | 0.5 | 1.0 | 1.3837 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 |
| モル濃度(mol/L) | 0.0473 | 0.095 | 0.132 | 0.1433 | 0.192 | 0.2412 | 0.2909 | 0.3918 | 0.4946 | 0.5994 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.0022 | 1.0073 | 1.0112 | 1.0124 | 1.0176 | 1.0227 | 1.0278 | 1.0381 | 1.0484 | 1.0588 |
| 溶液体積/溶解水体積 | 0.99988 | 0.99982 | 0.99981 | 0.99981 | 0.99984 | 0.99993 | 1.00006 | 1.00046 | 1.00104 | 1.0018 |
| 百分率濃度(%) | 7.0 | 8.0 | 10.0 | 12.0 | 14.0 | 16.0 | 18.0 | 20.0 | 22.0 | 22.7 |
| モル濃度(mol/L) | 0.7061 | 0.8149 | 1.0386 | 1.2706 | 1.5113 | 1.7611 | 2.0202 | 2.2891 | 2.5685 | 2.6688 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.0692 | 1.0797 | 1.1008 | 1.1223 | 1.1442 | 1.1666 | 1.1895 | 1.2131 | 1.2374 | 1.2461 |
| 溶液体積/溶解水体積 | 1.00271 | 1.00379 | 1.00639 | 1.00956 | 1.01326 | 1.01748 | 1.02218 | 1.02736 | 1.03301 | 1.0351 |

計算方法

調製前の炭酸ナトリウム無水物または十水和物の質量をMa(g)、これを溶解する水(溶解水)の質量、体積と密度をMb(g)、Vb(mL)とDb(g/mL)とします。調製後の水溶液の質量をM(g)、体積をV(mL)、密度をD(g/mL)、質量百分率濃度をW(%), モル濃度をC(mol/L)とします。さらに、溶液体積/溶解水体積をR、炭酸ナトリウム無水物または十水和物のモル質量をF(g/mol)、炭酸ナトリウム試薬中の無水物の百分率をQ_o(%)とすると、次式のような関係があります。

$$W = MaQ_o / M, \quad M = Ma + Mb = VD, \quad Mb = VbDb, \quad C = 1000Ma / FV, \\ R = V / Vb, \quad 1 \text{ L} = 1000 \text{ mL},$$

$$\text{無水物の } Q_o = 100 \%, \quad \text{十水和物の } Q_o = 105.99 \text{ g/mol} \div 286.14 \text{ g/mol} \times 100 \% = 37.041 \%$$

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。

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。

- 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)で蒸留水をはかりとります。
- 2 天秤を用いてビーカーに炭酸ナトリウム無水物または十水和物をはかりとり、1ではかりとった蒸留水を加えてよくかき混ぜます。
- 3 必要ならば、試薬ビンに移して保管します。試薬名、濃度、作成日、作成者などを書いたラベルを付けましょう。

注意事項

炭酸ナトリウムは加水分解して、水溶液がアルカリ性になります。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。

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、正確な濃度を決定しましょう。

炭酸ナトリウム無水物の固体(粉末)には潮解性があり、炭酸ナトリウム十水和物の固体(粉末)には風解性があります。質量をはかるときは手早く行いましょう。残りの固体は、直ぐにビンのふたをしっかりと閉めて保管しましょう。

天秤を使うときは粉末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)を敷きましょう。

天秤は慎重に取り扱い、薬品をこぼしたら直ぐに掃除しましょう。はかれる範囲は天秤によって異なります。最大秤量を超過しないように注意しましょう。

図6 最初の画面

炭酸ナトリウム水溶液用の apadj015.html ファイル(背景が白色の部分)から Java Applet の実行ファイル(背景が水色の部分)を呼び出したところ

炭酸ナトリウム水溶液の作り方（調製方法）

芦田（埼玉大・教育）

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください。

Ver. 2009.08.18

| | | | | | |
|------------------|-----------|--------------------|----------|-------------|-------|
| 55.0408 | 496.8272 | 500.0 | 10.0 | 1.0386 | 計算値消去 |
| 試薬の質量(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=550.4078 g | | 溶液の密度=1.10082 g/mL | | | |

炭酸ナトリウムの試薬を右から選んで下さい。◎ Na_2CO_3 ○ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

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。溶解度(22.7%)を超えると十水和物 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ が沈殿し、十水和物の百分率濃度(37.04%)を超えると十水和物 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ と無水物 Na_2CO_3 の固体のみの混合物になります。

25°Cにおける水の密度 = 0.9971 g/mL

表 25°Cにおける炭酸ナトリウム水溶液の濃度と密度などの関係（試薬のモル質量（式量）= 105.99 g/mol）

| | | | | | | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 百分率濃度(%) | 0.5 | 1.0 | 1.3837 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 |
| モル濃度(mol/L) | 0.0473 | 0.095 | 0.132 | 0.1433 | 0.192 | 0.2412 | 0.2909 | 0.3918 | 0.4946 | 0.5994 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.0022 | 1.0073 | 1.0112 | 1.0124 | 1.0176 | 1.0227 | 1.0278 | 1.0381 | 1.0484 | 1.0588 |
| 溶液体積/溶解水体积 | 0.99988 | 0.99982 | 0.99981 | 0.99981 | 0.99984 | 0.99993 | 1.00006 | 1.00046 | 1.00104 | 1.0018 |
| 百分率濃度(%) | 7.0 | 8.0 | 10.0 | 12.0 | 14.0 | 16.0 | 18.0 | 20.0 | 22.0 | 22.7 |
| モル濃度(mol/L) | 0.7061 | 0.8149 | 1.0386 | 1.2706 | 1.5113 | 1.7611 | 2.0202 | 2.2891 | 2.5685 | 2.6688 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.0692 | 1.0797 | 1.1008 | 1.1223 | 1.1442 | 1.1666 | 1.1895 | 1.2131 | 1.2374 | 1.2461 |
| 溶液体積/溶解水体积 | 1.00271 | 1.00379 | 1.00639 | 1.00956 | 1.01326 | 1.01748 | 1.02218 | 1.02736 | 1.03301 | 1.0351 |

図7 Java Applet による水溶液の調製方法の計算例(炭酸ナトリウム無水物を使用した場合)

炭酸ナトリウム水溶液の作り方（調製方法）

芦田（埼玉大・教育）

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください。

Ver. 2009.08.18

| | | | | | |
|-----------------|-----------|--------------------|----------|-------------|-------|
| 148.594 | 402.998 | 500.0 | 10.0 | 1.03861 | 計算値消去 |
| 試薬の質量(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=550.408 g | | 溶液の密度=1.10082 g/mL | | | |

炭酸ナトリウムの試薬を右から選んで下さい。○ Na_2CO_3 ◎ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

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。溶解度(22.7%)を超えると十水和物 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ が沈殿し、十水和物の百分率濃度(37.04%)を超えると十水和物 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ と無水物 Na_2CO_3 の固体のみの混合物になります。

25°Cにおける水の密度 = 0.9971 g/mL

表 25°Cにおける炭酸ナトリウム水溶液の濃度と密度などの関係（試薬のモル質量（式量）= 286.14 g/mol）

| | | | | | | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 百分率濃度(%) | 0.5 | 1.0 | 1.3837 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 |
| モル濃度(mol/L) | 0.0473 | 0.095 | 0.132 | 0.1433 | 0.192 | 0.2412 | 0.2909 | 0.3918 | 0.4946 | 0.5994 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.0022 | 1.0073 | 1.0112 | 1.0124 | 1.0176 | 1.0227 | 1.0278 | 1.0381 | 1.0484 | 1.0588 |
| 溶液体積/溶解水体积 | 1.0085 | 1.01729 | 1.02423 | 1.02637 | 1.03577 | 1.04549 | 1.05555 | 1.07672 | 1.09939 | 1.12371 |
| 百分率濃度(%) | 7.0 | 8.0 | 10.0 | 12.0 | 14.0 | 16.0 | 18.0 | 20.0 | 22.0 | 22.7 |
| モル濃度(mol/L) | 0.7061 | 0.8149 | 1.0386 | 1.2706 | 1.5113 | 1.7611 | 2.0202 | 2.2891 | 2.5685 | 2.6688 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.0692 | 1.0797 | 1.1008 | 1.1223 | 1.1442 | 1.1666 | 1.1895 | 1.2131 | 1.2374 | 1.2461 |
| 溶液体積/溶解水体积 | 1.14981 | 1.17788 | 1.2407 | 1.31415 | 1.40088 | 1.5046 | 1.63055 | 1.78649 | 1.98429 | 2.06664 |

図8 Java Applet による水溶液の調製方法の計算例(炭酸ナトリウム十水和物を使用した場合)

炭酸ナトリウム水溶液の作り方 (調製方法)

芦田 (埼玉大・教育)

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください。

Ver. 2009.08.18

| | | | | | |
|-----------------|--------------------|--------------------|----------|-------------|-------|
| 201.979 | 472.674 | 500.0 | 30.0 | 3.81129 | 計算値消去 |
| 試薬の質量(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=673.264 g | 溶液の密度=1.34653 g/mL | 25°Cの溶解度(22.7%)を超過 | | | |

炭酸ナトリウムの試薬を右から選んで下さい。◎Na₂CO₃ ○Na₂CO₃・10H₂O

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。溶解度(22.7%)を超えると十水和物 Na₂CO₃・10H₂O が沈殿し、十水和物の百分率濃度(37.04%)を超えると十水和物 Na₂CO₃・10H₂O と無水物 Na₂CO₃ の固体のみの混合物になります。

25°Cにおける水の密度 = 0.9971 g/mL

表 25°Cにおける炭酸ナトリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (試薬のモル質量 (式量) = 105.99 g/mol)

| | | | | | | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 百分率濃度(%) | 0.5 | 1.0 | 1.3837 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 |
| モル濃度(mol/L) | 0.0473 | 0.095 | 0.132 | 0.1433 | 0.192 | 0.2412 | 0.2909 | 0.3918 | 0.4946 | 0.5994 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.0022 | 1.0073 | 1.0112 | 1.0124 | 1.0176 | 1.0227 | 1.0278 | 1.0381 | 1.0484 | 1.0588 |
| 溶液体積/溶解水体积 | 0.99988 | 0.99982 | 0.99981 | 0.99981 | 0.99984 | 0.99993 | 1.00006 | 1.00046 | 1.00104 | 1.0018 |
| 百分率濃度(%) | 7.0 | 8.0 | 10.0 | 12.0 | 14.0 | 16.0 | 18.0 | 20.0 | 22.0 | 22.7 |
| モル濃度(mol/L) | 0.7061 | 0.8149 | 1.0386 | 1.2706 | 1.5113 | 1.7611 | 2.0202 | 2.2891 | 2.5685 | 2.6688 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.0692 | 1.0797 | 1.1008 | 1.1223 | 1.1442 | 1.1666 | 1.1895 | 1.2131 | 1.2374 | 1.2461 |
| 溶液体積/溶解水体积 | 1.00271 | 1.00379 | 1.00639 | 1.00956 | 1.01326 | 1.01748 | 1.02218 | 1.02736 | 1.03301 | 1.0351 |

図9 Java Applet による計算例(炭酸ナトリウム無水物を使用して、飽和濃度 22.7% (2.67 mol/L)を超過した場合)

炭酸ナトリウム水溶液の作り方 (調製方法)

芦田 (埼玉大・教育)

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください。

Ver. 2009.08.18

| | | | | | |
|-----------------|--------------------|--------------------|----------|-------------|-------|
| 545.286 | 128.356 | 500.0 | 30.0 | 3.81132 | 計算値消去 |
| 試薬の質量(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=673.265 g | 溶液の密度=1.34653 g/mL | 25°Cの溶解度(22.7%)を超過 | | | |

炭酸ナトリウムの試薬を右から選んで下さい。○Na₂CO₃ ◎Na₂CO₃・10H₂O

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。溶解度(22.7%)を超えると十水和物 Na₂CO₃・10H₂O が沈殿し、十水和物の百分率濃度(37.04%)を超えると十水和物 Na₂CO₃・10H₂O と無水物 Na₂CO₃ の固体のみの混合物になります。

25°Cにおける水の密度 = 0.9971 g/mL

表 25°Cにおける炭酸ナトリウム水溶液の濃度と密度などの関係 (試薬のモル質量 (式量) = 286.14 g/mol)

| | | | | | | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 百分率濃度(%) | 0.5 | 1.0 | 1.3837 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 |
| モル濃度(mol/L) | 0.0473 | 0.095 | 0.132 | 0.1433 | 0.192 | 0.2412 | 0.2909 | 0.3918 | 0.4946 | 0.5994 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.0022 | 1.0073 | 1.0112 | 1.0124 | 1.0176 | 1.0227 | 1.0278 | 1.0381 | 1.0484 | 1.0588 |
| 溶液体積/溶解水体积 | 1.0085 | 1.01729 | 1.02423 | 1.02637 | 1.03577 | 1.04549 | 1.05555 | 1.07672 | 1.09939 | 1.12371 |
| 百分率濃度(%) | 7.0 | 8.0 | 10.0 | 12.0 | 14.0 | 16.0 | 18.0 | 20.0 | 22.0 | 22.7 |
| モル濃度(mol/L) | 0.7061 | 0.8149 | 1.0386 | 1.2706 | 1.5113 | 1.7611 | 2.0202 | 2.2891 | 2.5685 | 2.6688 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.0692 | 1.0797 | 1.1008 | 1.1223 | 1.1442 | 1.1666 | 1.1895 | 1.2131 | 1.2374 | 1.2461 |
| 溶液体積/溶解水体积 | 1.14981 | 1.17788 | 1.2407 | 1.31415 | 1.40088 | 1.5046 | 1.63055 | 1.78649 | 1.98429 | 2.06664 |

図10 Java Applet による計算例(炭酸ナトリウム十水和物を使用して、飽和濃度 22.7% (2.67 mol/L)を超過した場合)

炭酸ナトリウム水溶液の作り方 (調製方法) 芦田 (埼玉大・教育)

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください。 Ver. 2009.08.18

炭酸ナトリウムの試薬を右から選んで下さい。 Na_2CO_3 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

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。溶解度(22.7%)を超えると十水和物 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ が沈殿し、十水和物の百分率濃度(37.04%)を超えると十水和物 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ と無水物 Na_2CO_3 の固体のみの混合物になります。

25°Cにおける水の密度 = 0.9971 g/mL

| | | | | | | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 百分率濃度(%) | 0.5 | 1.0 | 1.3837 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 |
| モル濃度(mol/L) | 0.0473 | 0.095 | 0.132 | 0.1433 | 0.192 | 0.2412 | 0.2909 | 0.3918 | 0.4946 | 0.5994 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.0022 | 1.0073 | 1.0112 | 1.0124 | 1.0176 | 1.0227 | 1.0278 | 1.0381 | 1.0484 | 1.0588 |
| 溶液体積/溶解水体积 | 0.99988 | 0.99982 | 0.99981 | 0.99981 | 0.99984 | 0.99993 | 1.00006 | 1.00046 | 1.00104 | 1.0018 |
| 百分率濃度(%) | 7.0 | 8.0 | 10.0 | 12.0 | 14.0 | 16.0 | 18.0 | 20.0 | 22.0 | 22.7 |
| モル濃度(mol/L) | 0.7061 | 0.8149 | 1.0386 | 1.2706 | 1.5113 | 1.7611 | 2.0202 | 2.2891 | 2.5685 | 2.6688 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.0692 | 1.0797 | 1.1008 | 1.1223 | 1.1442 | 1.1666 | 1.1895 | 1.2131 | 1.2374 | 1.2461 |
| 溶液体積/溶解水体积 | 1.00271 | 1.00379 | 1.00639 | 1.00956 | 1.01326 | 1.01748 | 1.02218 | 1.02736 | 1.03301 | 1.0351 |

図 11 Java Applet による計算例

炭酸ナトリウム十水和物中の炭酸ナトリウムのみの濃度 37.0%を超過して、固体のみの混合物(炭酸ナトリウム無水物と炭酸ナトリウム十水和物)になった場合(調製には炭酸ナトリウム無水物を使用)

炭酸ナトリウム水溶液の作り方 (調製方法) 芦田 (埼玉大・教育)

2つの数字をテキストボックスに入れ、計算するボタンを押してください。 Ver. 2009.08.18

炭酸ナトリウムの試薬を右から選んで下さい。 Na_2CO_3 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

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。溶解度(22.7%)を超えると十水和物 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ が沈殿し、十水和物の百分率濃度(37.04%)を超えると十水和物 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ と無水物 Na_2CO_3 の固体のみの混合物になります。

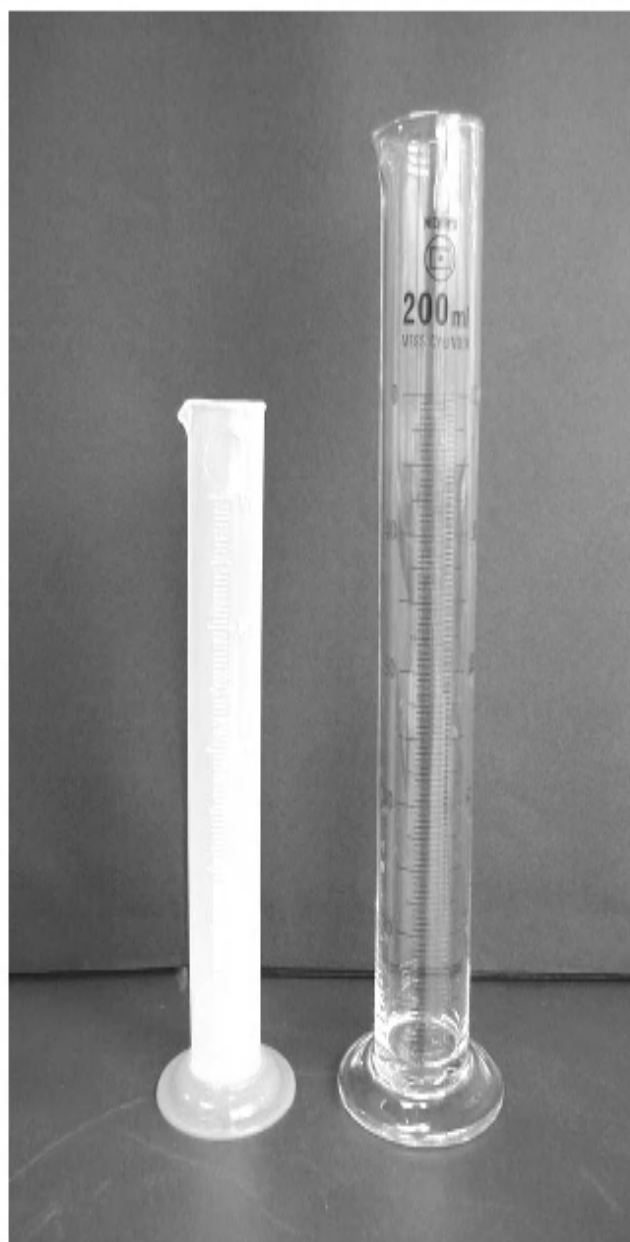
25°Cにおける水の密度 = 0.9971 g/mL

| | | | | | | | | | | |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 百分率濃度(%) | 0.5 | 1.0 | 1.3837 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 6.0 |
| モル濃度(mol/L) | 0.0473 | 0.095 | 0.132 | 0.1433 | 0.192 | 0.2412 | 0.2909 | 0.3918 | 0.4946 | 0.5994 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.0022 | 1.0073 | 1.0112 | 1.0124 | 1.0176 | 1.0227 | 1.0278 | 1.0381 | 1.0484 | 1.0588 |
| 溶液体積/溶解水体积 | 1.0085 | 1.01729 | 1.02423 | 1.02637 | 1.03577 | 1.04549 | 1.05555 | 1.07672 | 1.09939 | 1.12371 |
| 百分率濃度(%) | 7.0 | 8.0 | 10.0 | 12.0 | 14.0 | 16.0 | 18.0 | 20.0 | 22.0 | 22.7 |
| モル濃度(mol/L) | 0.7061 | 0.8149 | 1.0386 | 1.2706 | 1.5113 | 1.7611 | 2.0202 | 2.2891 | 2.5685 | 2.6688 |
| 溶液密度(g/mL) | 1.0692 | 1.0797 | 1.1008 | 1.1223 | 1.1442 | 1.1666 | 1.1895 | 1.2131 | 1.2374 | 1.2461 |
| 溶液体積/溶解水体积 | 1.14981 | 1.17788 | 1.2407 | 1.31415 | 1.40088 | 1.5046 | 1.63055 | 1.78649 | 1.98429 | 2.06664 |

図 12 Java Applet による計算例

炭酸ナトリウム十水和物中の炭酸ナトリウムのみの濃度 37.0%を超過して、固体のみの混合物(炭酸ナトリウム無水物と炭酸ナトリウム十水和物)になった場合(調製には炭酸ナトリウム十水和物を使用)

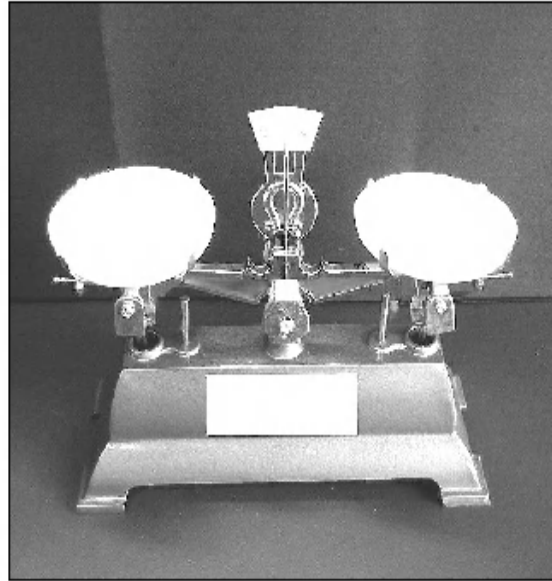
メスシリンダー



- ・メスシリンダーには、各種の容積(100, 200, 250, 500mL～)のものがあり、おおよその液量を量るときに使用します。
- ・水平な場所に置き、液面と水平な位置から目盛りを読みます。
 - ・体積の誤差は1%以上になる可能性が高いため、正確な測定ときにはメスフラスコまたはピペットを用います。

図 13 メスシリンダー

上皿てんびん



質量(重さ)測定器具の一つです。

- ・二つの皿の一方に”おもり”を、もう片方に”試薬”を載せて量ります。
- ・釣り合いを見るときには、針の静止を待つ必要はなく、均等に振れていれば釣り合っています。
- ・使用後は、皿は片方に重ねておきます。

注意点

- ・皿に直接、試薬を載せない(一般的には薬包紙を用います)。
- ・固体の試薬を秤り取るときには、乾いた清潔な薬さじを使います。
- ・潮解性がある薬品(NaOHなど)の場合には、薬包紙ではなく、ビーカーや時計皿などを用います。

電子てんびん



質量(重さ)測定器具の一つです。

- ・物質の質量(重さ)を電氣的に読みとり、デジタルで表示します。

注意点

- ・皿に直接、試薬を載せません。
- ・固体の試薬を取るときには、乾いた清潔な薬さじを使います。
- ・潮解性がある薬品(NaOHなど)の場合には、薬包紙ではなくビーカーや時計皿などを用います。

図 14 天秤

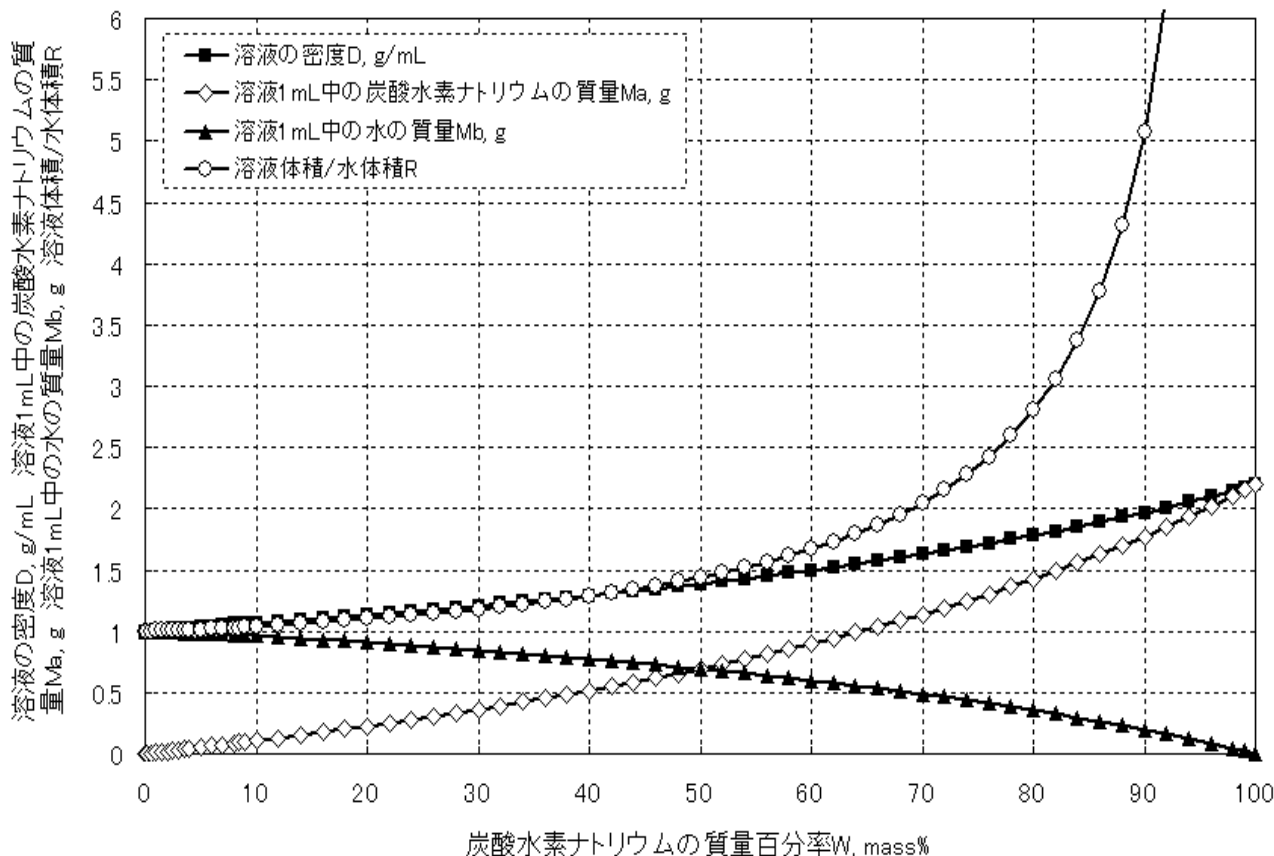


図15 溶液体積／水体积などと質量百分率の関係(炭酸水素ナトリウム水溶液)
炭酸水素ナトリウムと水の質量は溶液 1mL 中の値でプロットしている。

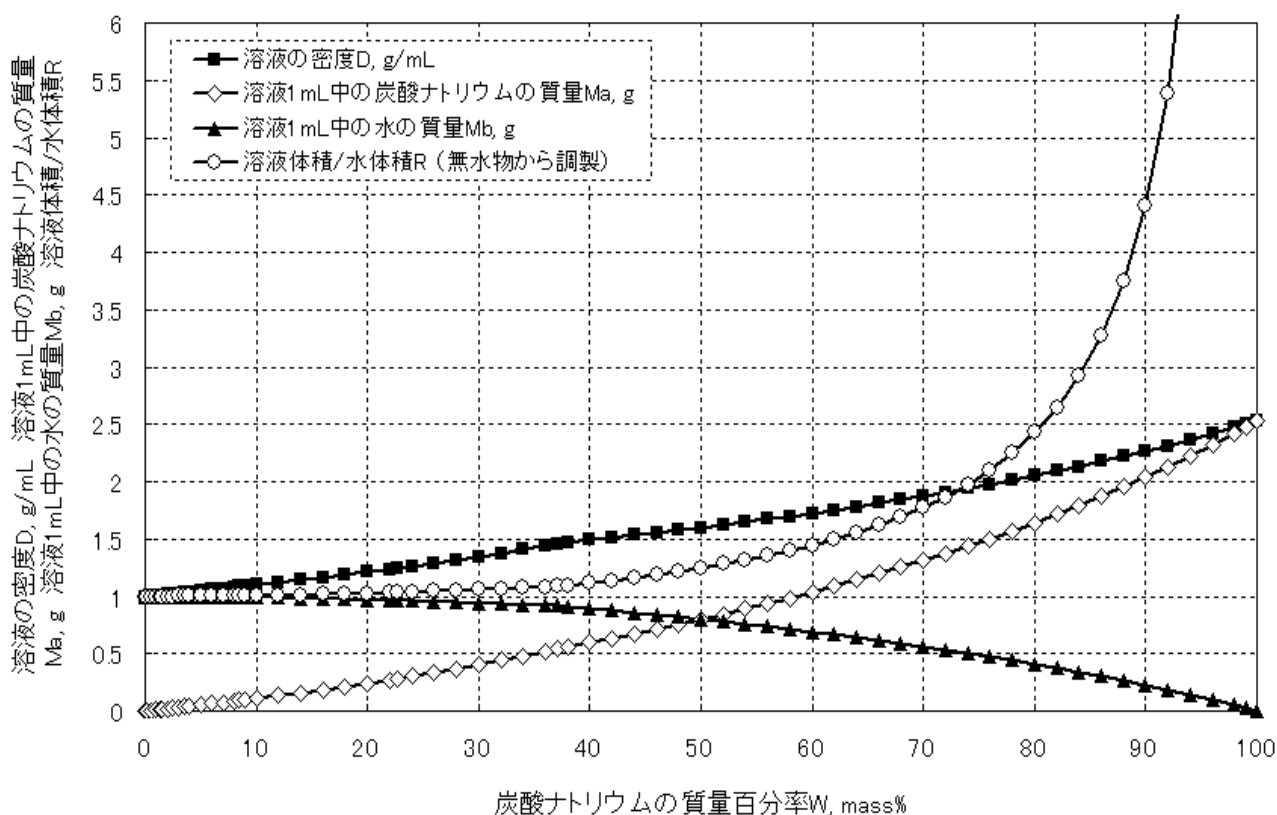


図16 溶液体積／水体积などと質量百分率の関係(炭酸ナトリウム水溶液)
炭酸ナトリウム無水物を使用して調製した場合を示す。
炭酸ナトリウムと水の質量は溶液 1mL 中の値でプロットしている。

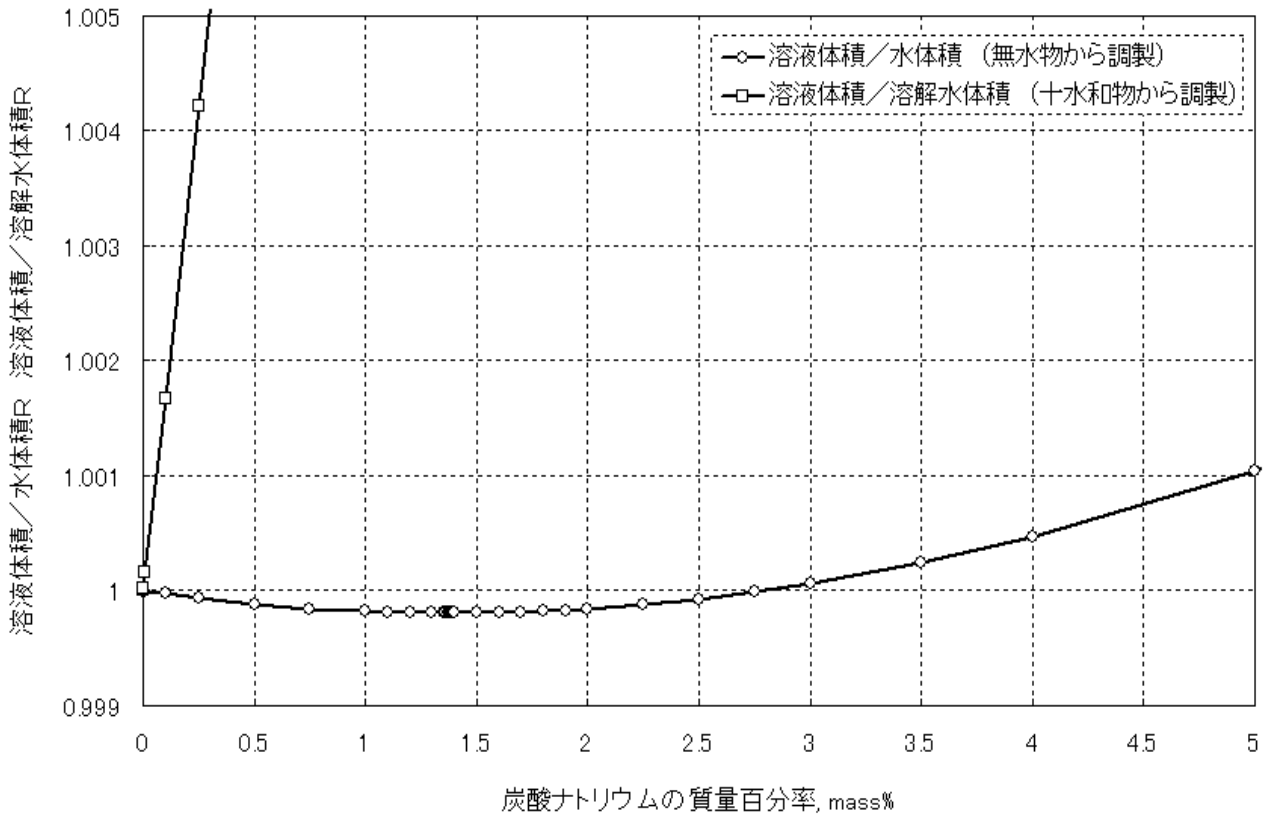


図17 溶液体積／水体積などと質量百分率の関係(炭酸ナトリウム水溶液)
 炭酸ナトリウム無水物を使用すると、濃度 1.384 %に溶液体積／水体積の極小値が存在する。

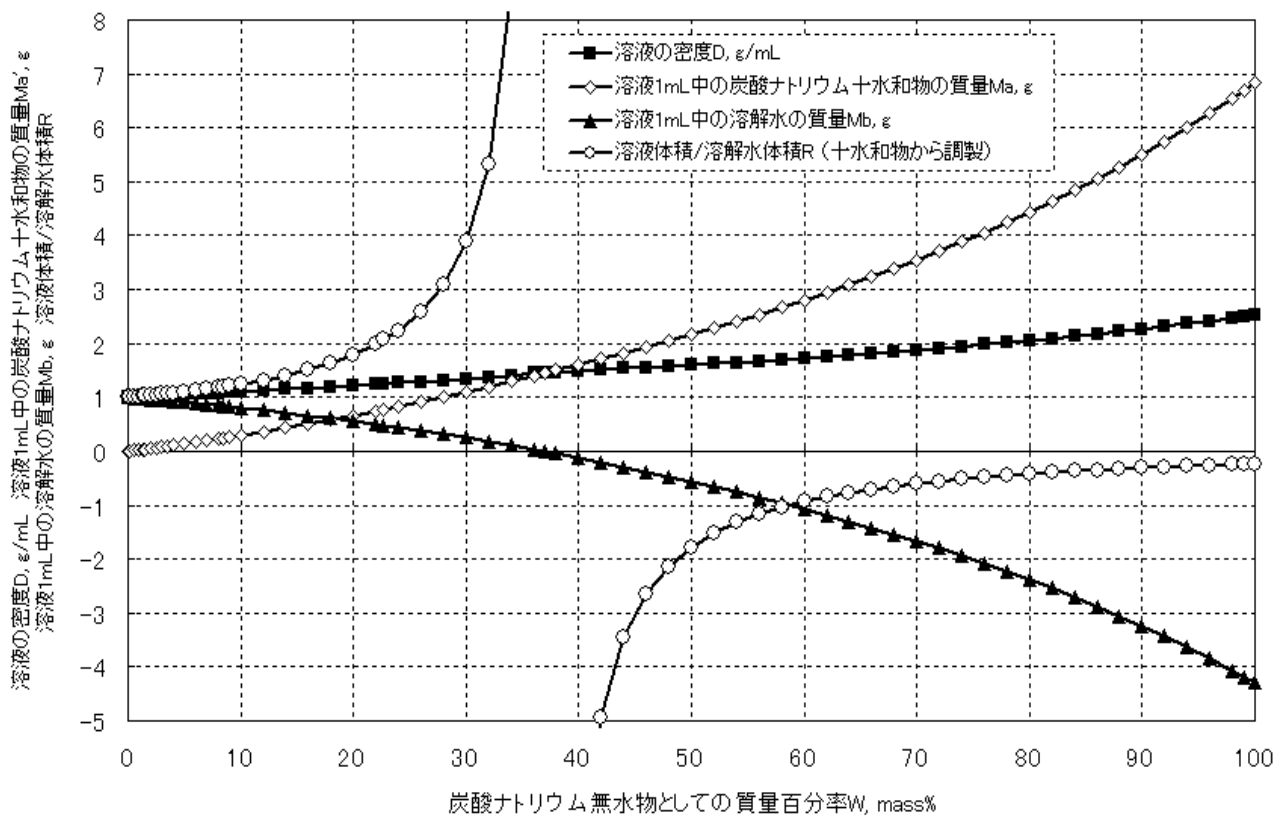


図18 溶液体積／水体積などと質量百分率の関係(炭酸ナトリウム水溶液)
 炭酸ナトリウム十水和物を使用して調製した場合を示す。
 炭酸ナトリウムと溶解水の質量は溶液 1mL 中の値でプロットしている。

溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス

—ミョウバンとその関連物質の溶解度—

芦田実*, 吉田茂, 越智晴香

埼玉大学 教育学部

〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255

E-mail: ashida@mail.saitama-u.ac.jp

Automatic Services of Calculating Data and for the Preparation of Solutions

by Using Internet - Solubilities of Alums and Related Substances -

Minoru Ashida*, Shigeru Yoshida, and Haruka Ochi

Faculty of Education, Saitama University

255 Shimo-ohkubo, Sakura-ku, Saitama, Saitama, 338-8570 Japan

1. はじめに

本研究室では、インターネットを利用して学外との双方向の交流を目指し、利用者の立場に立ってそのニーズに応えるためのホームページ[[文献1](#)]を開発している。そのために、化学の質問箱を開設したり、溶液の濃度計算と調製方法のサービス等[[文献2~12](#)]を開始している。質問箱は閲覧数や質問の回答数が最盛期を過ぎたように思える(閲覧数は最盛期に約54000件/年、最近の2008年度は約29500件/年で、回答数は最盛期に141件/年、2008年度は70件/年である)が、その他のサービスは利用者がまだまだ少ない。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、本報告で紹介することにした。今、学校では理科離れが進んでいる。理科(化学)の面白さは実験を通して伝えられることが多いと思われる。そこで、理科離れを少しでも減らすために、また学校で少しでも多く理科(化学)実験を行ってもらうために、化学系実験の基礎である水溶液の作り方(濃度計算と調製方法)[[文献2~9](#)]の自動サービスを行っている。コンピュータに弱い人でも何の予備知識もなしに、いつでも必要なときに使用できる。さらにダウンロードサービスも開始しているので、圧縮ファイルをダウンロードして解凍すればこのプログラムはパソコンの中だけ(オフライン)でも実行できる。

前報では、塩化ナトリウム水溶液[[文献2](#)]、酢酸、塩酸、アンモニア水、水酸化ナトリウム水溶液[以上が[文献3](#)]、硝酸、硫酸[以上が[文献4](#)]、9種類の固体無水物の溶解度[[文献5](#)]、二酸化炭素と石灰水[[文献6](#)]、シュウ酸水溶液、シュウ酸ナトリウム水溶液[以上が[文献7](#)]、塩化カリウム水溶液、塩化アンモニウム水溶液[以上が[文献8](#)]、炭酸水素ナトリウム水溶液、炭酸ナトリウム水溶液[以上が[文献9](#)]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、ミョウバン(4種類)とその関連物質(4種類)の溶解度(溶解度曲線)に関する自動サービスについて述べる。ミョウバンは小学校の理科実験「ものの溶け方」でホウ酸の代わりに使用されつつ

ある. このサービスでは溶液の濃度, 溶解量, 析出量(沈殿量)を計算できる. さらに, 溶液の温度を上げたときの追加溶解量や温度を下げたときの析出量等を計算できる.

2. 溶解度(濃度)の定義

Java Applet プログラムを呼び出すための html ファイルに, 下記の溶解度(濃度)の定義を載せている. 実験操作に都合のいいような, 通常使用しないような定義も含めているので, それらの違いに注意してほしい.

溶解に使用した純水の量を M_b (g, mL), 溶質(含水物)の全質量を M_t (g), その中の無水物としての質量を M_a (g), 結晶水の質量を M_c (g)とする. さらに, 溶質の無水物としての質量と溶質(含水物)の全質量の比を R , 水溶液の密度を D (g/mL)とする. 溶液全体に対する無水物としての溶質(ミョウバン等)の質量% W (mass%), 溶解用の純水と結晶水を合わせた全ての水 100g に対する無水物としての溶質の質量 X (g 無水/100g 全水), 溶解用の純水(溶解水と呼ぶ) 100g に対する水和物としての溶質の質量 Y (g 含水/100g 溶解水), 溶液 100mL に対する水和物としての溶質の質量 Z (g 含水/100mL 溶液)はそれぞれ

$$W = 100M_a / (M_a + M_c + M_b), \quad X = 100M_a / (M_c + M_b), \quad Y = 100(M_a + M_c) / M_b,$$

$$Z = 100D(M_a + M_c) / (M_a + M_c + M_b)$$

さらに, これらの溶解度等の中の換算式は

$$X = 100W / (100 - W), \quad Y = 100W / (100R - W), \quad Z = DW / R, \quad R = M_a / M_t, \quad M_t = M_a + M_c$$

3. ミョウバンとその関連物質の溶解度曲線

作成した Java Applet プログラムで計算に使用しているミョウバン(4種類)の溶解度曲線を [図1](#) (g 無水/100g 全水単位), [図2](#) (質量%単位), [図3](#) (g 含水/100g 溶解水単位)に示す[[文献 13](#)]. これらの溶解度曲線は見かけの形や値が違うが, 同温・同物質なら本質的に同一の溶液である. さらに, それらの数値を [表1](#) (g 無水/100g 全水単位), [表2](#) (質量%単位), [表3](#) (g 含水/100g 溶解水単位)に示す.

ミョウバンの関連物質(4種類)の溶解度曲線を [図4](#) (g 無水/100g 全水単位), [図5](#) (質量%単位), [図6](#) (g 含水/100g 溶解水単位)に示す[[文献 13](#)]. さらに, それらの数値を [表4](#) (g 無水/100g 全水単位), [表5](#) (質量%単位), [表6](#) (g 含水/100g 溶解水単位)に示す.

4. 利用者の操作方法

実際のホームページ内の「[溶液の作り方\(濃度計算と調製方法\)](#)」[[文献 14](#)]のメニューから「[ミョウバンとその関連物質の溶解度](#)」[[文献 15](#)]をクリックすると, 最初の画面([図7](#))が表示される. プログラム実行画面のテキストボックスに数値を入力するときは全て半角文字で入力する. 例えば, 5.432E-1 や 1.234e5 のような指数形式での入力も可能である. ただし, 半角E(またはe)の後ろに半角空白を入れるとエラーになる. チェックボックスをクリックすることにより8種類(ナトリウムミョウバン $\text{NaAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, ミョウバン $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, アンモニウムミョウバン $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, アンモニウムクロムミョウバン $\text{NH}_4\text{Cr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, 硫酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \rightarrow 0\text{H}_2\text{O}$, 硫酸カリウム $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 1 \rightarrow 0\text{H}_2\text{O}$, 硫酸アンモニウム $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 硫酸アルミニウム $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$)の中から薬品を選択する. 硫酸ナトリウムは 32.4°C で, 硫酸カリウムは 9.7°C で水和水を放出して無水塩に変化する. 市販の硫酸アルミニウムは十四~十八水和物 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{--}18\text{H}_2\text{O}$ となってい

るので、十六水和物と仮定して計算している。必要に応じて6つのテキストボックスの数値を変更して温度を設定する。溶質の質量(含水, g)と溶解用の純水の量(g, mL)を入力して「計算ボタン」をクリックすると、黒文字の計算値が表示(更新)される。全てのテキストボックスの数値を消すには「消去ボタン」をクリックする。アンモニウムクロムミョウバン $\text{NH}_4\text{Cr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ の計算例を[図8](#)に示す。最初の温度が 25℃ のとき、溶解に使用する純水 50.0g に 100.0g のアンモニウムクロムミョウバン十二水和物を加えると、約 16.0g のアンモニウムクロムミョウバン十二水和物が溶解し、残りの約 84.0g が沈殿することが分かる。さらに、飽和濃度に調節するためには、沈殿した約 84.0g のアンモニウムクロムミョウバン十二水和物を除去するか、約 262.1g の純水を追加すればよいことが分かる。この溶液を 10℃ に冷却すると固体の析出量が約 93.4g になること、35℃ に加熱すると溶解量が約 29.0g になることが分かる。設定温度における上澄み液の実際の濃度と飽和濃度(溶解度)も種々の単位で表示している。画面の下方にはアンモニウムクロムミョウバン十二水和物の式量、化学的性質、注意事項等を表示している。硫酸ナトリウム Na_2SO_4 の計算例を[図9](#)に示す。32.4℃ で水和水を放出して無水塩に変化することに注意する必要がある。それ以外は、アンモニウムクロムミョウバンの場合と同様である。

5. 注意事項

Java Applet プログラムを呼び出すための html ファイルに、薬品の取り扱いに関する下記の注意事項を載せている。実験するときには十分に注意して欲しい。

ナトリウムミョウバン(硫酸ナトリウムアルミニウム)水溶液、ミョウバン(カリウムミョウバン、硫酸カリウムアルミニウム)水溶液およびアンモニウムミョウバン(硫酸アンモニウムアルミニウム)水溶液は加水分解して酸性になる。目に入ったり、皮膚に付いたりしないように注意する。

アンモニウムクロムミョウバン(硫酸アンモニウムクロム)水溶液は加水分解して酸性になる。目に入ったり、皮膚に付いたりしないように注意する。自然界で一部が酸化されて六価クロムになる恐れがあるので、実験廃液を流しに捨ててはいけな。再利用するか、保管しておいて廃液処理を専門業者に依頼する。

硫酸ナトリウム水溶液が目に入らないように注意する。固体の十水和物は 32.4℃ で結晶水を放出し、その水に溶解する(温度標準の1つ)。水中で固体が析出するときに、32.4℃ より低温では十水和物(結晶芒硝、グラウバー塩)が、32.4℃ より高温では無水塩(無水芒硝)が析出する。

硫酸カリウム水溶液が目に入らないように注意する。

硫酸アンモニウム水溶液は少し加水分解して弱酸性になる。目に入ったり、皮膚に付いたりしないように注意する。また、加熱するとアンモニアを一部失って、酸性が強くなる。

硫酸アルミニウム水溶液は加水分解して酸性になる。目に入ったり、皮膚に付いたりしないように注意する。市販品には 14~18 水和物および無水物がある。

6. 計算方法

Java Applet プログラムを呼び出すための html ファイルに、下記のような計算方法の解説を載せている。

最初に上のプログラムで、入力した温度における溶解度(飽和濃度, 質量%) W を上の表([表1](#), [表2](#), [表3](#), [表4](#), [表5](#), [表6](#))から内挿法で求め、これから他の溶解度 X , Y , Z を換算する。実際に使用した溶質のうち溶解している含水物としての質量を $Myg(g)$, 溶解している無水物としての質量を $Mym(g)$, 析出している含水物としての質量を $Msg(g)$, 析出している無水物としての質量を $Msm(g)$, 上澄み液の濃度を $Uw(\text{mass}\%)$, $Ux(g \text{ 無水}/100g \text{ 全水})$, $Uy(g \text{ 含水}/100g \text{ 溶解水})$ および $Uz(g \text{ 含水}/100mL \text{ 溶液})$ とする。さらに、飽和濃度に調節するために必要な溶質(含水物)の追加・除去質量を $Mo(g)$, または飽和濃度に調節するために必要な純水の追加・濃縮量を $Vo(g, mL)$ と

すると、次式のような関係がある。これらの式と既知の値を用いて未知の値を求めることができる。

溶解度に達しているとき $U_w=W$, $U_x=X$, $U_y=Y$, $U_z=Z$, $Myg=U_yM_b/100$,

$Mym=RMyg$, $Msg=M_t-Myg$, $Msm=RMsg$, $Mo=-Msg$, $Vo=100M_t/U_y-M_b$

溶解度未満のとき $U_w=100RM_t/(M_t+M_b)$, $U_x=100U_w/(100-U_w)$,

$U_y=100U_w/(100R-U_w)$, $U_z=DU_w/R$, $Myg=M_t$, $Mym=RMyg$, $Msg=0$,

$Msm=0$, $Mo=M_b(Y-U_y)/100$, $Vo=100M_t/U_y-M_b$

7. 使用したソフトウェア

開発に使用した OS は Microsoft 社の Windows XP Professional である。さらに、Microsoft 社の Windows 98, 2000 Professional, ME, XP home edition, Vista Home Premium で動作確認を行っている。Java Applet は多くの書籍[文献 16~21]を参考にして、Borland 社の JBuilder 6 Professional, 2005 Developer で作成し、フリーソフトウェア FFFTP 1.88[文献 22]でサーバーにアップロードした。HTML ファイルは IBM 社のホームページ・ビルダー 11[文献 23, 24], またはマクロメディア(株)の Dreamweaver MX[文献 25]で編集・作成した。

8. おわりに

埼玉大学および教育学部のサーバーだけでなく、学外のサーバーにも濃度計算と調製方法のプログラムを載せてサービスを開始した[文献1]。学校の授業の準備や自由研究等でも利用できると思われる。今後はさらに、計算できる(水)溶液の種類を増やし、少しずつサービスを充実していく。

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。

参考文献など(URL は全て 2009 年 10 月 23 日時点のものである)

[文献1] トップページアドレス 本館 <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/>

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

縮小版1 <http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/>

別館1 <http://www.geocities.jp/ashidabk1/> (質問箱は閲覧のみ)

別館2 <http://ashidabk2.hp.infoseek.co.jp/>

別館3 <http://www7.tok2.com/home/ashidabk3/>

[文献2] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 塩化ナトリウム水溶液-』化学教育ジャーナル(CEJ), 第7巻第1号(通巻12号), 採録番号7-5(2003)

[文献3] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス - 酢酸水溶液, 塩酸, アンモニア水, 水酸化ナトリウム水溶液-』化学教育ジャーナル(CEJ), 第8巻第1号(通巻14号), 採録番号8-3(2004)

[文献4] Minoru Ashida, et al., Automatic Services of Calculating Data and for the Preparation of Solutions by Using Internet: - Nitric Acid Aqueous Solution and Sulfuric Acid Aqueous Solution-, The Chemical Education Journal (CEJ), Vol. 9, No. 2 (Serial No. 17). The date of

issue: January 30, 2007./Registration No. 9-14/Received March 7, 2006.

[文献5] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス – 固体無水物の溶解度 –』化学教育ジャーナル(CEJ),第 10 巻第 1 号(通巻 18 号),採録番号 10-2 (2007)

[文献6] 芦田実ほか『溶液の濃度計算と調製方法のインターネットによる自動サービス – 二酸化炭素と石灰水 –』化学教育ジャーナル(CEJ),第 10 巻第 1 号(通巻 18 号),採録番号 10-3 (2007)

[文献7] 芦田実ほか『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)

[文献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 – 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),投稿中

[文献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 – 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),投稿中

[文献 10] 芦田実ほか『定量分析シミュレーションのインターネットによる自動サービス – 酸・塩基滴定 –』化学教育ジャーナル(CEJ),第 10 巻第 1 号(通巻 18 号),採録番号 10-4(2007)

[文献 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),第 11 巻第 1 号(通巻 20 号),採録番号 11-5(2008)

[文献 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),第 11 巻第 1 号(通巻 20 号),採録番号 11-6(2008)

[文献 13] 日本化学会編『化学便覧基礎編改訂4版』丸善(株)(1993)

[文献 14] <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/cgi-bin/calgramc.cgi>

[文献 15] <http://www.saitama-u.ac.jp/ashida/calgrap/apadj013.html>

[文献 16] 高橋和也ほか『Java 逆引き大全 500 の極意』(株)秀和システム(2002)

[文献 17] 田中秀治『Jbuilder5 で入門! Java プログラミング』ソーテック社(2001)

[文献 18] 松浦健一郎, 司ゆき『はじめての JBuilder6』ソフトバンク(株)(2002)

[文献 19] 赤間世紀『Java2 による数値計算』技報堂出版(株)(1999)

[文献 20] 青野雅樹『Java で学ぶコンピュータグラフィックス』(株)オーム社(2002)

[文献 21] 中山茂『Java2 グラフィックスプログラミング入門』技報堂出版(株)(2000)

[文献 22] <http://www2.biglobe.ne.jp/~sota/>

[文献 23] 『ホームページ・ビルダー2001 ユーザーズ・ガイド』日本アイ・ビー・エム(株)(2006)

[文献 24] アンク『HTML タグ辞典』翔泳社(2000)

[文献 25] 『Dreamweaver MX ファーストステップガイド』マクロメディア(株)(2002)

[元の本文位置に戻る](#)



[トップへ](#)



[CEJ, v12n2 目次へ](#)

表1 ミョウバンの溶解度(g無水/100g全水)と温度の関係

溶解用の純水と結晶水を合わせた全ての水100gに対する無水物としてのミョウバンの質量(g)

| 温度, °C | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| NaAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | 37.44 | 38.22 | 39.33 | 39.53 | 39.72 | 40.77 | 41.74 | | | |
| KAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | 3.00 | 3.41 | 3.99 | 4.83 | 5.90 | 7.23 | 8.39 | 9.97 | 11.69 | 14.03 |
| NH ₄ Al(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | 2.97 | 3.50 | 4.13 | 4.93 | 5.91 | 7.07 | 8.46 | 9.95 | 11.86 | 14.56 |
| NH ₄ CrAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | 3.95 | 5.19 | 6.83 | 8.98 | 11.79 | 15.34 | 19.47 | 25.16 | 32.80 | |
| 温度, °C | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | |
| NaAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | | | | | | | | | | |
| KAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | 17.00 | 20.35 | 24.75 | 31.23 | 40.00 | 53.19 | 71.00 | 89.39 | 108.99 | |
| NH ₄ Al(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | 17.92 | 21.86 | 26.90 | 33.19 | 41.64 | 54.80 | 75.44 | | | |
| NH ₄ CrAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | | | | | | | | | | |

青色の数値(5°C, 15°C, 35°C, 45°C, 55°C, 65°C, 75°C, 85°C)は内挿値です。

表2 ミョウバンの溶解度(質量%)と温度の関係

溶液全体に対する無水物としてのミョウバンの質量%

| 温度, °C | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| NaAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | 27.24 | 27.65 | 28.23 | 28.33 | 28.43 | 28.96 | 29.45 | | | |
| KAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | 2.91 | 3.30 | 3.84 | 4.61 | 5.57 | 6.74 | 7.74 | 9.07 | 10.47 | 12.30 |
| NH ₄ Al(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | 2.88 | 3.38 | 3.97 | 4.7 | 5.58 | 6.60 | 7.80 | 9.05 | 10.60 | 12.71 |
| NH ₄ CrAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | 3.80 | 4.93 | 6.39 | 8.24 | 10.55 | 13.30 | 16.30 | 20.10 | 24.70 | |
| 温度, °C | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | |
| NaAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | | | | | | | | | | |
| KAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | 14.53 | 16.91 | 19.84 | 23.8 | 28.57 | 34.72 | 41.52 | 47.20 | 52.15 | |
| NH ₄ Al(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | 15.20 | 17.94 | 21.20 | 24.92 | 29.40 | 35.40 | 43.00 | | | |
| NH ₄ CrAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | | | | | | | | | | |

青色の数値(5°C, 15°C, 35°C, 45°C, 55°C, 65°C, 75°C, 85°C)は内挿値です。

表3 ミョウバンの溶解度(g含水/100g溶解水)と温度の関係

溶解用の純水100gに対する水和物としてのミョウバンの質量(g)

| 温度, °C | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| NaAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | 106.46 | 109.82 | 114.77 | 115.64 | 116.53 | 121.33 | 125.97 | | | |
| KAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | 5.65 | 6.45 | 7.59 | 9.25 | 11.40 | 14.13 | 16.58 | 20.00 | 23.82 | 29.20 |
| NH ₄ Al(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | 5.83 | 6.91 | 8.21 | 9.87 | 11.94 | 14.44 | 17.52 | 20.92 | 25.41 | 32.09 |
| NH ₄ CrAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | 7.45 | 9.88 | 13.20 | 17.70 | 23.84 | 32.04 | 42.33 | 57.92 | 82.04 | |
| 温度, °C | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | |
| NaAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | | | | | | | | | | |
| KAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | 36.42 | 45.07 | 57.36 | 77.70 | 110.48 | 176.15 | 321.61 | 652.84 | 2287.3 | |
| NH ₄ Al(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | 40.96 | 52.19 | 68.14 | 90.97 | 128.31 | 209.31 | 461.72 | | | |
| NH ₄ CrAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O | | | | | | | | | | |

青色の数値(5°C, 15°C, 35°C, 45°C, 55°C, 65°C, 75°C, 85°C)は内挿値です。

表4 硫酸塩の溶解度(g無水/100g全水)と温度の関係

溶解用の純水と結晶水を含めた全ての水100gに対する無水物としての硫酸塩の質量(g)

| | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 温度, °C | 0 | 5 | 9.7 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 32.4 | 35 | 40 | 45 |
| Na ₂ SO ₄ ・10H ₂ O→無水塩 | 4.50 | 6.38 | | 9.00 | 13.16 | 19.05 | 28.04 | 41.24 | 49.70 | 49.12 | 48.15 | 47.23 |
| K ₂ SO ₄ ・H ₂ O→無水塩 | 7.76 | 8.55 | 9.27 | 9.29 | 10.22 | 11.11 | 12.04 | 12.99 | | 13.88 | 14.81 | 15.69 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 70.50 | 71.38 | | 72.56 | 73.79 | 74.98 | 76.37 | 77.78 | | 79.31 | 80.83 | 82.55 |
| Al ₂ (SO ₄) ₃ ・16H ₂ O | 37.93 | 38.03 | | 38.12 | 38.29 | 38.31 | 38.50 | 38.89 | | 39.65 | 40.45 | 41.48 |
| 温度, °C | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | |
| Na ₂ SO ₄ 無水塩 | 46.41 | 45.75 | 45.14 | 44.59 | 44.09 | 43.66 | 43.27 | 43.00 | 42.76 | 42.49 | 42.25 | |
| K ₂ SO ₄ 無水塩 | 16.55 | 17.38 | 18.20 | 19.06 | 19.90 | 20.66 | 21.36 | 22.06 | 22.70 | 23.41 | 24.07 | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 84.50 | 85.94 | 87.41 | 89.07 | 90.48 | 92.46 | 94.06 | 95.96 | 97.82 | 99.68 | 101.69 | |
| Al ₂ (SO ₄) ₃ ・16H ₂ O | 42.65 | 43.88 | 44.93 | 46.63 | 48.81 | 51.70 | 55.28 | 59.16 | 63.93 | 70.62 | 80.51 | |

青色の数値(5°C, 15°C, 35°C, 45°C, 55°C, 65°C, 75°C, 85°C, 95°C)は内挿値です。

表5 硫酸塩の溶解度(質量%)と温度の関係

| | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 温度, °C | 0 | 5 | 9.7 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 32.4 | 35 | 40 | 45 |
| Na ₂ SO ₄ ・10H ₂ O→無水塩 | 4.31 | 6.00 | | 8.26 | 11.63 | 16.00 | 21.90 | 29.20 | 33.20 | 32.94 | 32.50 | 32.08 |
| K ₂ SO ₄ ・H ₂ O→無水塩 | 7.20 | 7.88 | 8.48 | 8.50 | 9.27 | 10.00 | 10.75 | 11.50 | | 12.19 | 12.90 | 13.56 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 41.35 | 41.65 | | 42.05 | 42.46 | 42.85 | 43.30 | 43.75 | | 44.23 | 44.70 | 45.22 |
| Al ₂ (SO ₄) ₃ ・16H ₂ O | 27.50 | 27.55 | | 27.60 | 27.69 | 27.70 | 27.80 | 28.00 | | 28.39 | 28.80 | 29.32 |
| 温度, °C | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | |
| Na ₂ SO ₄ 無水塩 | 31.70 | 31.39 | 31.10 | 30.84 | 30.60 | 30.39 | 30.20 | 30.07 | 29.95 | 29.82 | 29.70 | |
| K ₂ SO ₄ 無水塩 | 14.20 | 14.81 | 15.40 | 16.01 | 16.60 | 17.12 | 17.60 | 18.07 | 18.50 | 18.97 | 19.40 | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 45.80 | 46.22 | 46.64 | 47.11 | 47.50 | 48.04 | 48.47 | 48.97 | 49.45 | 49.92 | 50.42 | |
| Al ₂ (SO ₄) ₃ ・16H ₂ O | 29.90 | 30.50 | 31.00 | 31.80 | 32.80 | 34.08 | 35.60 | 37.17 | 39.00 | 41.39 | 44.60 | |

青色の数値(5°C, 15°C, 35°C, 45°C, 55°C, 65°C, 75°C, 85°C, 95°C)は内挿値です。

表6 硫酸塩の溶解度(g含水/100g溶解水)と温度の関係

溶解用の純水100gに対する水和物としての硫酸塩の質量(g)

| | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|--------|--------|--------|
| 温度, °C | 0 | 5 | 9.7 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 32.4 | 35 | 40 | 45 |
| Na ₂ SO ₄ ・10H ₂ O→無水塩 | 10.84 | 15.75 | | 23.06 | 35.83 | 56.97 | 98.71 | 196.16 | 304.98 49.70 | 49.12 | 48.15 | 47.23 |
| K ₂ SO ₄ ・H ₂ O→無水塩 | 8.63 | 9.52 | 10.32 | 9.29 | 10.22 | 11.11 | 12.04 | 12.99 | | 13.88 | 14.81 | 15.69 |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 70.50 | 71.38 | | 72.56 | 73.79 | 74.98 | 76.37 | 77.78 | | 79.31 | 80.83 | 82.55 |
| Al ₂ (SO ₄) ₃ ・16H ₂ O | 102.70 | 103.08 | | 103.46 | 104.15 | 104.23 | 105.00 | 106.56 | | 109.67 | 113.05 | 117.49 |
| 温度, °C | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 | |
| Na ₂ SO ₄ 無水塩 | 46.41 | 45.75 | 45.14 | 44.59 | 44.09 | 43.66 | 43.27 | 43.00 | 42.76 | 42.49 | 42.25 | |
| K ₂ SO ₄ 無水塩 | 16.55 | 17.38 | 18.20 | 19.06 | 19.90 | 20.66 | 21.36 | 22.06 | 22.70 | 23.41 | 24.07 | |
| (NH ₄) ₂ SO ₄ | 84.50 | 85.94 | 87.41 | 89.07 | 90.48 | 92.46 | 94.06 | 95.96 | 97.82 | 99.68 | 101.69 | |
| Al ₂ (SO ₄) ₃ ・16H ₂ O | 122.66 | 128.28 | 133.18 | 141.48 | 152.73 | 168.75 | 190.62 | 217.29 | 255.30 | 321.20 | 460.93 | |

青色の数値(5°C, 15°C, 35°C, 45°C, 55°C, 65°C, 75°C, 85°C, 95°C)は内挿値です。

橙色の数値(太字)は、無水塩なので表4の値と同一になります。

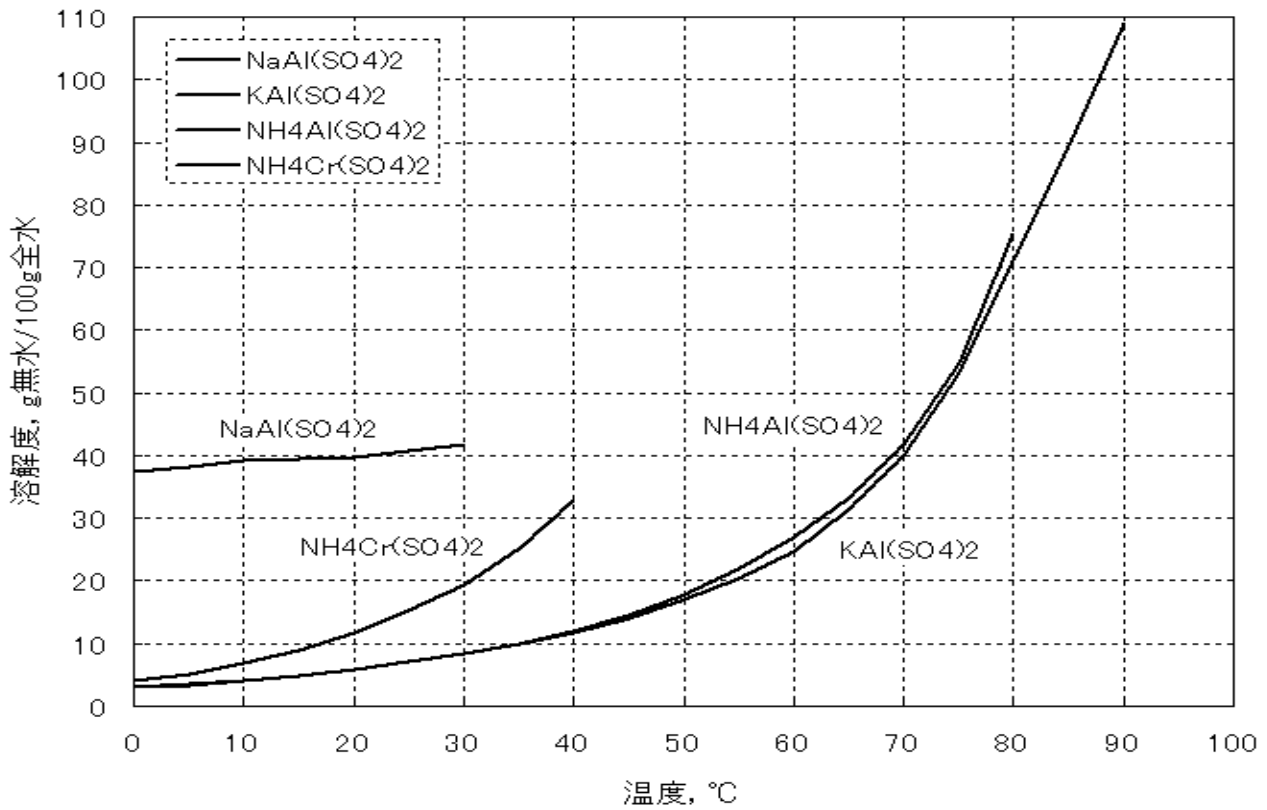


図1 ミョウバンの溶解度(g 無水/100g 全水)と温度の関係

溶解用の純水と結晶水を合わせた全ての水 100g に対する無水物としてのミョウバンの質量 (g)

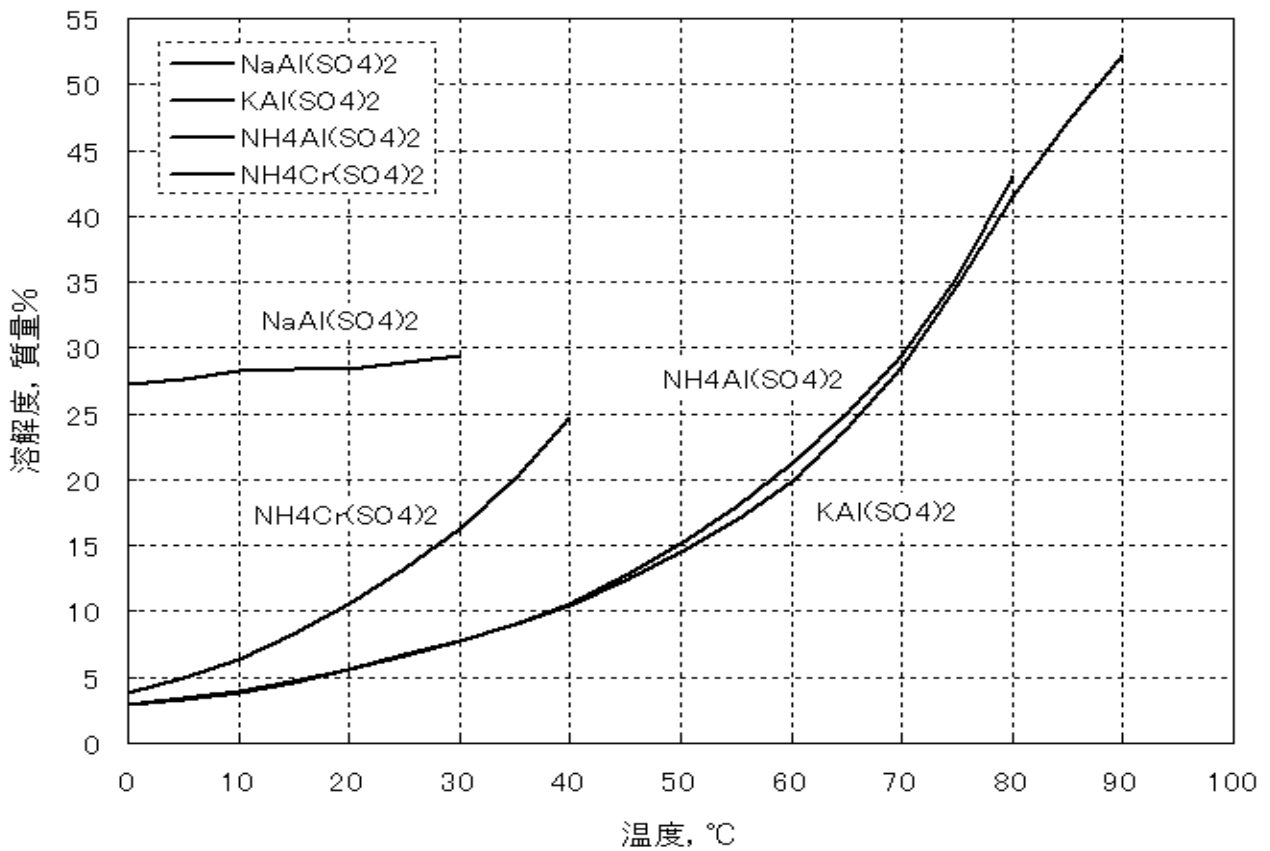


図2 ミョウバンの溶解度(質量%)と温度の関係

溶液全体に対する無水物としてのミョウバンの質量%

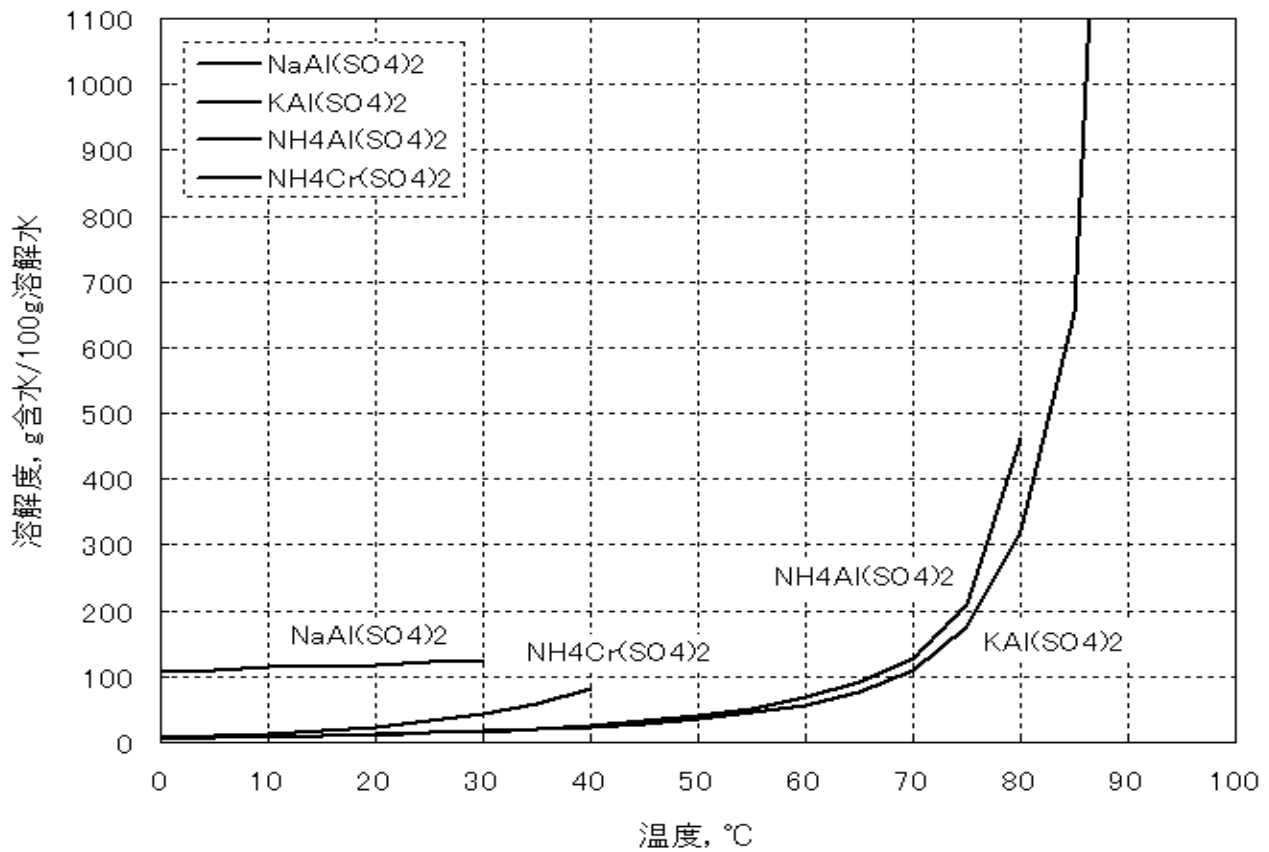


図3 ミョウバンの溶解度(g 含水/100g 溶解水)と温度の関係
 溶解用の純水 100g に対する水和物としてのミョウバンの質量(g)

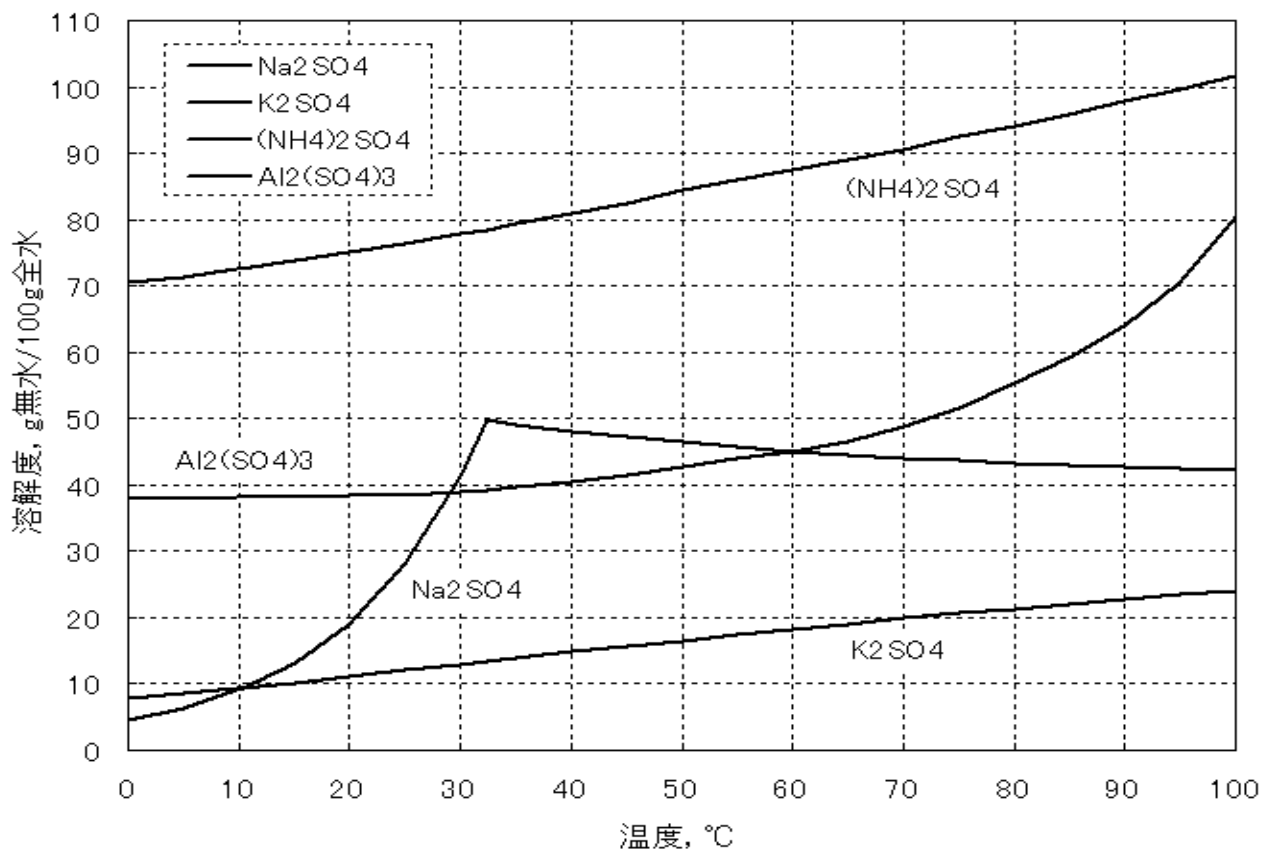


図4 硫酸塩の溶解度(g 無水/100g 全水)と温度の関係
 溶解用の純水と結晶水を合わせた全ての水 100g に対する無水物としての硫酸塩の質量(g)

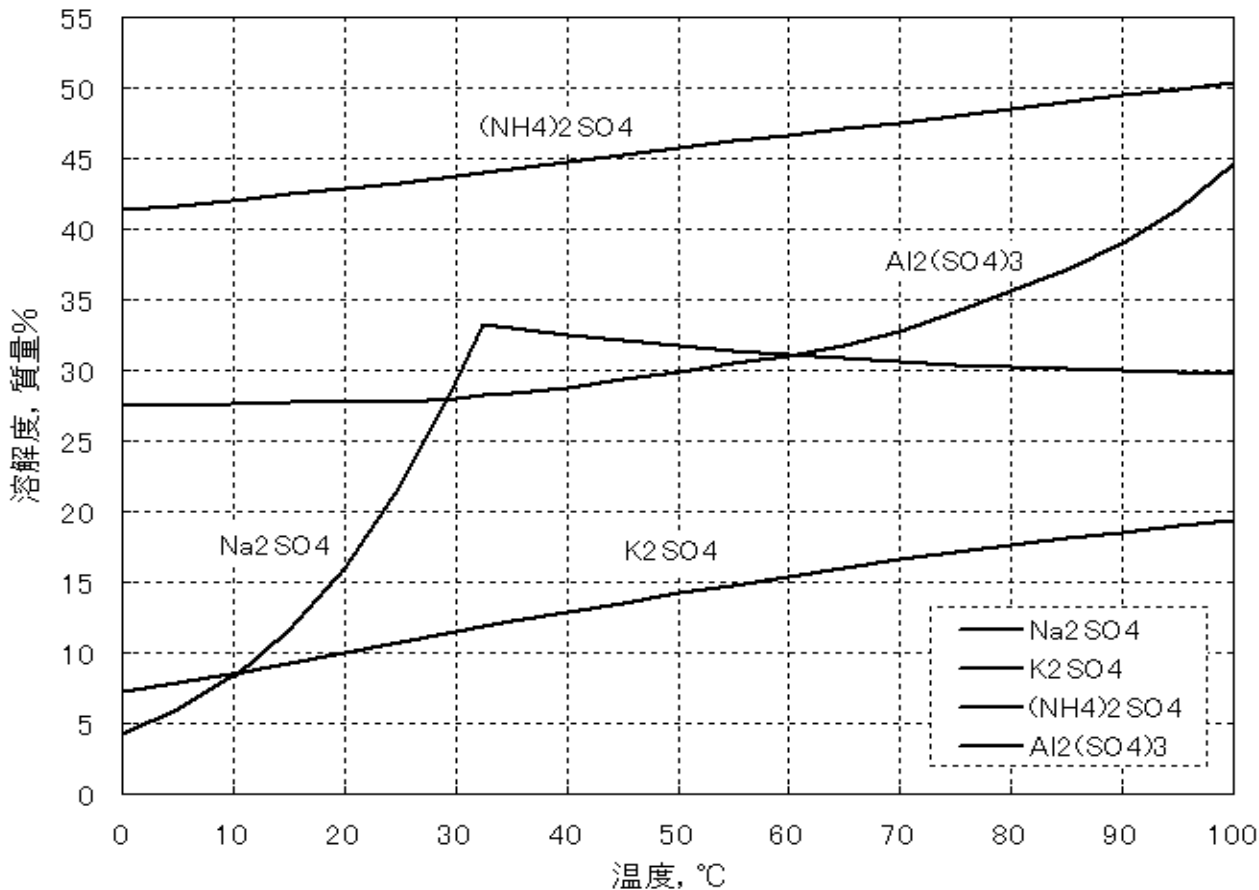


図5 硫酸塩の溶解度曲線(質量%)と温度の関係

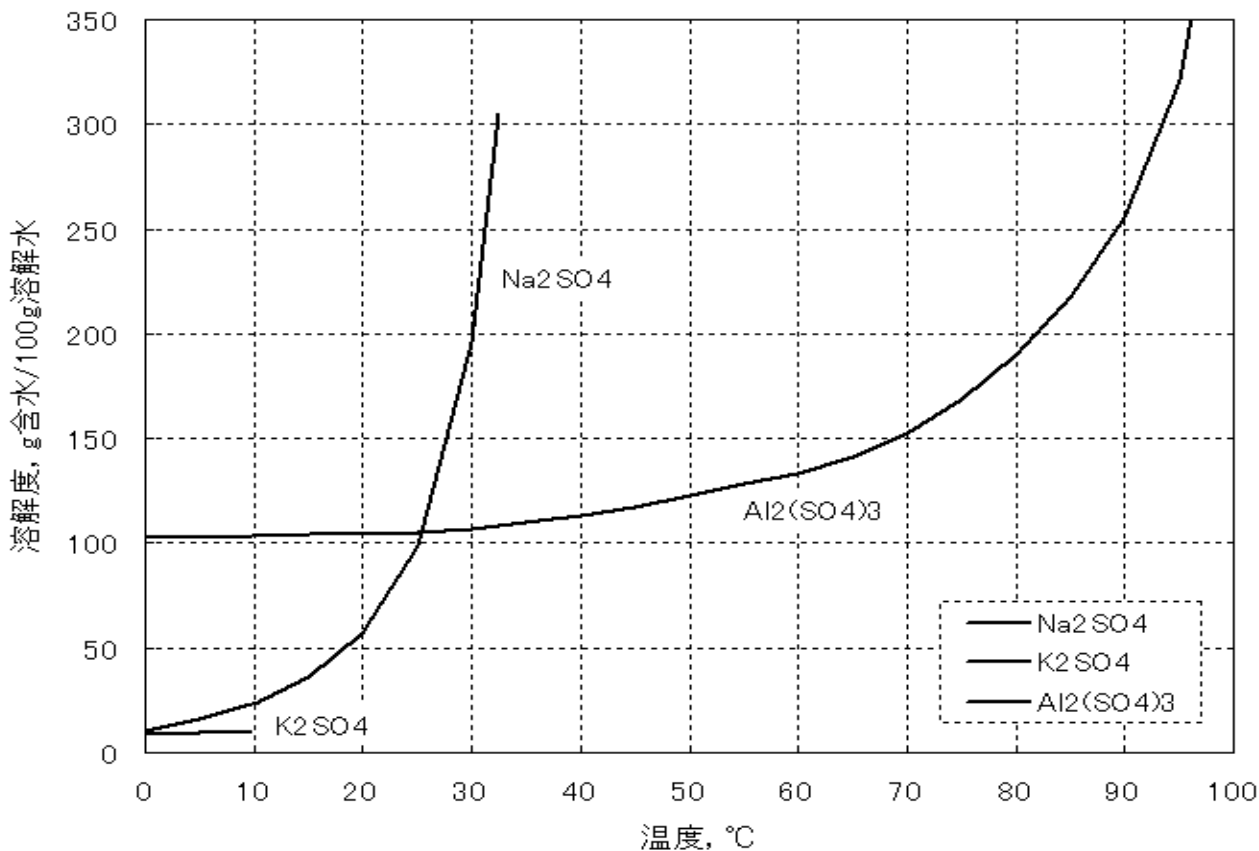


図6 硫酸塩の溶解度(g 含水/100g 溶解水)と温度の関係
溶解用の純水 100g に対する水和物としての硫酸塩の質量(g)

ミョウバンとその関連物質の溶解度と温度の関係（溶解度曲線） 芦田（埼玉大・教育）

Ver. 2009.02.01

下の化学物質を選択し，溶質・溶媒の質量と温度を入力して下さい。

溶質の選択 NaAl(SO₄)₂ KAl(SO₄)₂ NH₄Al(SO₄)₂ NH₄Cr(SO₄)₂ 使用注意
 Na₂SO₄ K₂SO₄ (NH₄)₂SO₄ Al₂(SO₄)₃

| ミョウバン | 最低 g | 最初の温度 | | | | | 最高 g |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| KAl(SO₄)₂·12H₂O 温度℃ | <input type="text" value="10.0"/> | <input type="text" value="20.0"/> | <input type="text" value="30.0"/> | <input type="text" value="40.0"/> | <input type="text" value="50.0"/> | <input type="text" value="60.0"/> | |
| 溶質の質量(含水) g | | | | <input type="text" value="100.0"/> | | | |
| 溶解量(含水) g | 3.795 | 5.7 | 8.289 | 11.91 | 18.21 | 28.68 | |
| 溶解量(無水) g | | | | | | | |
| 析出量(含水) g | 96.2 | 94.3 | 91.71 | 88.09 | 81.79 | 71.32 | |
| 析出量(無水) g | | | | | | | |
| 溶解用の純水の量 g, mL | | | | <input type="text" value="50.0"/> | | | |
| 上澄濃度(含水) g/溶液100mL | 7.337 | 10.64 | 14.93 | 20.58 | 29.1 | 40.1 | |
| 上澄濃度(含水) g/溶解水100g | 7.59 | 11.4 | 16.58 | 23.82 | 36.42 | 57.36 | |
| 上澄濃度(無水) g/全水100g | 3.993 | 5.899 | 8.389 | 11.69 | 17.0 | 24.75 | |
| 上澄濃度(無水) mass% | 3.84 | 5.57 | 7.74 | 10.47 | 14.53 | 19.84 | |
| 密度 g/mL | 1.04 | 1.04 | 1.05 | 1.07 | 1.09 | 1.1 | |
| 飽和濃度(含水) g/溶液100mL | 7.337 | 10.64 | 14.93 | 20.58 | 29.1 | 40.1 | |
| 飽和濃度(含水) g/溶解水100g | 7.59 | 11.4 | 16.58 | 23.82 | 36.42 | 57.36 | |
| 飽和濃度(無水) g/全水100g | 3.993 | 5.899 | 8.389 | 11.69 | 17.0 | 24.75 | |
| 飽和濃度(無水) mass% | 3.84 | 5.57 | 7.74 | 10.47 | 14.53 | 19.84 | |
| 最初の温度で溶解し，他の温度に変更したときの計算値です。 | | | | | | | |
| 飽和濃度に調節 | | | | | | | |
| 溶質の除去・追加量(含水) g | -96.2 | -94.3 | -91.71 | -88.09 | -81.79 | -71.32 | |
| 純水の追加・濃縮量 g, mL | 1267.0 | 827.2 | 553.2 | 369.9 | 224.6 | 124.3 | |
| 飽和濃度に調節するには，溶質か溶媒のどちらかを増減して下さい。 | | | | | | | |
| | | | | | | <input type="button" value="消去"/> | <input type="button" value="計算"/> |

| 化学物質 | 式量g/mol | 融点℃ | 潮解 | 風解 | PRTR | 化審法 | 安衛法 | 海汚法 |
|---|-------------|------|------------------------|----|------|-------------|-----|-----|
| KAl(SO₄)₂·12H₂O | 474.39 | 92.5 | | 風解 | ない | 1-25, 1-454 | ない | ない |
| 注意事項 | 無水式量 258.21 | | PRTR とは化学物質管理促進法のことです。 | | | | | |

目に入ったり，皮膚に付いたりしないように注意して下さい。水溶液は加水分解して酸性になります。

図7 最初の画面（一部）

ミョウバンの溶解度用の apadj013.html ファイルから呼び出した Java Applet の実行画面を示す。

ミョウバンとその関連物質の溶解度と温度の関係（溶解度曲線） 芦田（埼玉大・教育）

Ver. 2009.02.01

下の化学物質を選択し，溶質・溶媒の質量と温度を入力して下さい。

溶質の選択 NaAl(SO₄)₂ KAl(SO₄)₂ NH₄Al(SO₄)₂ NH₄Cr(SO₄)₂ 使用注意
 Na₂SO₄ K₂SO₄ (NH₄)₂SO₄ Al₂(SO₄)₃

アンモニウムクロムミョウバン 最低 0 最初の温度 最高 40
NH₄Cr(SO₄)₂·12H₂O 温度 °C

溶質の質量(含水) g
 溶解量(含水) g 6.599 8.848 11.92 16.02 21.17 28.96
 溶解量(無水) g
 析出量(含水) g 93.4 91.15 88.08 83.98 78.83 71.04
 析出量(無水) g

溶解用の純水の量 g, mL

| | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 上澄濃度(含水) g/溶液100mL | 12.24 | 15.79 | 20.4 | 25.97 | 32.42 | 40.71 |
| 上澄濃度(含水) g/溶解水100g | 13.2 | 17.7 | 23.84 | 32.04 | 42.33 | 57.91 |
| 上澄濃度(無水) g/全水100g | 6.826 | 8.98 | 11.79 | 15.34 | 19.47 | 25.16 |
| 上澄濃度(無水) mass% | 6.39 | 8.24 | 10.55 | 13.3 | 16.3 | 20.1 |

| | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 密度 g/mL | 1.05 | 1.05 | 1.06 | 1.07 | 1.09 | 1.11 |
| 飽和濃度(含水) g/溶液100mL | 12.24 | 15.79 | 20.4 | 25.97 | 32.42 | 40.71 |
| 飽和濃度(含水) g/溶解水100g | 13.2 | 17.7 | 23.84 | 32.04 | 42.33 | 57.91 |
| 飽和濃度(無水) g/全水100g | 6.826 | 8.98 | 11.79 | 15.34 | 19.47 | 25.16 |
| 飽和濃度(無水) mass% | 6.39 | 8.24 | 10.55 | 13.3 | 16.3 | 20.1 |

最初の温度で溶解し，他の温度に変更したときの計算値です。

飽和濃度に調節

| | | | | | | |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 溶質の除去・追加量(含水) g | -93.4 | -91.15 | -88.08 | -83.98 | -78.83 | -71.04 |
| 純水の追加・濃縮量 g, mL | 707.7 | 515.1 | 369.5 | 262.1 | 186.2 | 122.7 |

飽和濃度に調節するには，溶質か溶媒のどちらかを増減して下さい。

| | | | | | | | |
|--|---------|------|------|------|--------------|------|-----|
| 化学物質 | 式量g/mol | 融点°C | 潮解風解 | PRTR | 化審法 | 安衛法 | 海汚法 |
| NH₄Cr(SO₄)₂·12H₂O | 478.34 | 94 | 風解 | 1-68 | 1-278, 1-400 | 18-2 | ない |

注意事項 無水式量 262.16

PRTR とは化学物質管理促進法のことです。

目に入ったり，皮膚に付いたりしないように注意して下さい。水溶液は加水分解して酸性になります。自然界で一部が酸化されて六価クロムになる恐れがありますので，実験廃液を流しに捨ててはいけません。再利用するか，保管しておいて廃液処理を専門業者に依頼して下さい。

図8 Java Applet プログラムによる計算例(アンモニウムクロムミョウバン)

ミョウバンとその関連物質の溶解度と温度の関係（溶解度曲線） 芦田（埼玉大・教育）

Ver. 2009.02.01

下の化学物質を選択し，溶質・溶媒の質量と温度を入力して下さい。

溶質の選択 ○NaAl(SO₄)₂ ○KAl(SO₄)₂ ○NH₄Al(SO₄)₂ ○NH₄Cr(SO₄)₂ 使用注意
 ◎Na₂SO₄ ○K₂SO₄ ○(NH₄)₂SO₄ ○Al₂(SO₄)₃

| 硫酸ナトリウム | 最低 0 | 最初の温度 | | | | 最高 100 |
|---|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Na ₂ SO ₄ ·10→0H ₂ O 温度℃ | <input type="text" value="0.0"/> | <input type="text" value="20.0"/> | <input type="text" value="32.4"/> | <input type="text" value="40.0"/> | <input type="text" value="60.0"/> | <input type="text" value="80.0"/> |
| 溶質の質量(含水) g | <input type="text" value="100.0"/> | | | | | |
| 溶解量(含水) g | 5.418 | 28.48 | 100.0 | | | |
| 溶解量(無水) g | | | 44.09 | 44.09 | 44.09 | 44.09 |
| 析出量(含水) g | 94.58 | 71.52 | 0.0 | | | |
| 析出量(無水) g | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 溶解用の純水の量 g, mL | <input type="text" value="50.0"/> | | | | | |
| 上澄濃度(含水) g/溶液100mL | 12.12 | 46.09 | 87.33 | 88.0 | 88.0 | 88.67 |
| 上澄濃度(含水) g/溶解水100g | 10.84 | 56.97 | 200.0 | 200.0 | 200.0 | 200.0 |
| 上澄濃度(無水) g/全水100g | 4.504 | 19.05 | 41.62 | 41.62 | 41.62 | 41.62 |
| 上澄濃度(無水) mass% | 4.31 | 16.0 | 29.39 | 29.39 | 29.39 | 29.39 |
| 密度 g/mL | 1.24 | 1.27 | 1.31 | 1.32 | 1.32 | 1.33 |
| 飽和濃度(含水) g/溶液100mL | 12.12 | 46.09 | 98.65 | 97.31 | 93.12 | 91.11 |
| 飽和濃度(含水) g/溶解水100g | 10.84 | 56.97 | 305.0 | 280.5 | 239.5 | 217.5 |
| 飽和濃度(無水) g/全水100g | 4.504 | 19.05 | 49.7 | 48.15 | 45.14 | 43.27 |
| 飽和濃度(無水) mass% | 4.31 | 16.0 | 33.2 | 32.5 | 31.1 | 30.2 |

最初の温度で溶解し，他の温度に変更したときの計算値です。

飽和濃度に調節

溶質の除去・追加量(含水) g -94.58 -71.52 52.49 40.26 19.75 8.744
 純水の追加・濃縮量 g, mL 872.9 125.5 -17.21 -14.35 -8.245 -4.021

飽和濃度に調節するには，溶質か溶媒のどちらかを増減して下さい。

化学物質 式量g/mol 融点℃ 潮解風解 PRTR 化審法 安衛法 海汚法
Na₂SO₄·10→0H₂O 322.19 32.4 884 風解 ない 1-501 ない ない

注意事項 無水式量 142.04

PRTR とは化学物質管理促進法のことです。

目に入らないように注意して下さい。固体の十水和物は32.4℃で結晶水を放出し，その水に溶解します（温度標準の1つ）。水中で固体が析出するときに，32.4℃より低温では十水和物（結晶芒硝，グラウバー塩）が，32.4℃より高温では無水塩（無水芒硝）が析出します。

図9 Java Applet プログラムによる計算例(硫酸ナトリウム)

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200人と非常に多く、光の色を調べてみよう等の8テーマを盛況のうちに実施できたと思う。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（7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。学生派遣関係では昨年度の2月～3月に「理科実験観察お助け隊」をさいたま市立岸町小学校と埼玉大学教育学部附属小学校に派遣した。本年度も秋から、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数が、平成21年12月からの1年間で60件にとどまり、最盛期の約5割に減少している。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22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22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23年1月 発行

発行者 研究代表者 埼玉大学 教育学部 教授 芦田 実
