
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

(課題番号 14580180)

平成14年度～平成15年度科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))研究成果報告書

平成16年3月

研究代表者 芦 田 実
(埼玉大学 教育学部 教授)

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

- - 目次 - -

.はじめに	-----	1
1 .緒言	-----	1
2 . 研究組織	-----	2
3 . 交付決定額（配分額）	-----	2
4 . 研究発表	-----	2
5 . ホームページのURL（アドレス）	-----	3
. 質問箱に寄せられた質問と回答	-----	3
1 . 平成15年度の質問と回答	-----	3
2 . 平成14年度の質問と回答	-----	56
3 . 平成13年度の質問と回答（参考）	-----	81
. ホームページの開発	-----	90
1 . インターネットを活用した回帰分析と作図の自動サービス	-----	90
2 . 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		109
3 . 化学研究室のホームページの作成	-----	118
4 . その他の自動サービス	-----	128
. おわりに	-----	130
1 . 総括	-----	130
2 . 資料	-----	130
謝辞	-----	130

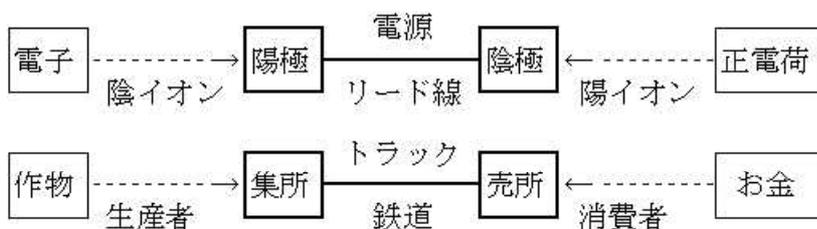
化学の考え方や現象を分かりやすく回答する質問箱の開設

．はじめに

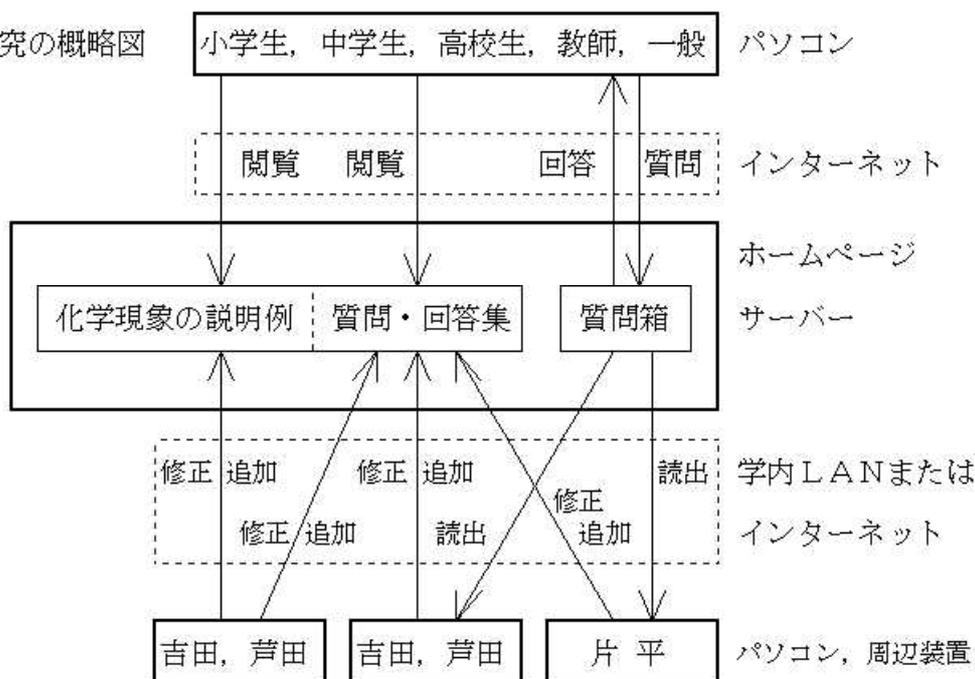
1．緒言

総合的な学習の時間や情報通信技術革命など，学校の授業にインターネットを活用することが益々重要になっている．そこで，理科（特に化学）の考え方や現象を（日常生活に置き換えて）分かり易く説明するため，ホームページを作成し公開する．さらに，小学校～高校程度の質問を受付け，速やかに回答する質問箱をこの中に設ける．回答集も公開する．

日常生活に適当な例えがある場合には，必要に応じて使用する．よく知らない事柄を知っている事柄に当てはめて理解する方法は，メタファー（比喻）やアナロジー（類推）と呼ばれる．このような方法は化学に不要という意見もあるが，経験の乏しい成長過程（特に幼年期）で用いるのは良しと考える．また，人間が普段，ものを考えたり行動したりする際に基づいている概念体系の本質は，根本的にメタファーによって成り立っている（Lakoff & Johnson）とも言われている．例えば，塩化銅などの電気分解の現象は複雑で分かり難いが，次のように生産者と消費者の関係に当てはめると分かりやすく説明できる．



本研究の概略図



新しい学習指導要領にも「事象を日常生活と関連付けて科学的にみる見方や考え方を養うこと」と書かれている．これとは少し目的が違うかもしれない

いが、本研究の目的は「理科に興味がない子供や化学の苦手な小学校教師等にも、化学の考え方や現象の本質を理解してもらう」ことにある。よく解らなくてつまらないため、理科に興味がない子供ができると思われる。すごく簡単なことだと解れば興味があき、その先に進むことができると思われる。

インターネットの利点には、相手と直接対面する必要がないことがある。質問する時に恥ずかしい思いをしなくても済む。また、遠く離れていても、休日でも夜遅くても、相手のことを気にする必要もない。それゆえ、遠隔地教育や現職教育にも適している。このような教育効果や回答者の得手・不得手を考えると、質問を受付けるホームページの数は多いほど望ましい。本研究を開始した頃に、Yahoo, OCN navi, infoseek, goo等で検索してみたが、化学の考え方や現象を教科書的な、普通の書き方で説明したホームページしか見つからなかった。その中で、質問を受け付ける所は約10カ所、回答を公開している所は約4カ所と非常に少なかった。実際にはもっと多いかも知れないが、検索で見つからないようなホームページでは役に立たない。またチャットや掲示板の「誰か教えて方式」では、必要とする期限までに回答が得られる保証がない。このままでは、理科に苦手意識を持った人はなかなか救われないと思われる。

2. 研究組織

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

3. 交付決定額 (配分額)

(金額単位：千円)

	直接経費	間接経費	合計
平成14年度	1,700	0	1,700
平成15年度	800	0	800
総計	2,500	0	2,500

4. 研究発表 (主に研究代表者の資料を記載する)

4.1 学会誌等

- 1) 芦田実, 田口俊之, 五十嵐真由美, 務台ひろみ, 吉田俊久, 「インターネットを活用した回帰分析と作図の自動サービス - Excel形式 - 」, 化学教育ジャーナル(CEJ), 第7巻第1号(通巻12号), 採録番号7-4(2003)
- 2) 芦田実, 五十嵐真由美, 務台ひろみ, 吉田俊久, 「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)
- 3) 芦田実, 「化学研究室のホームページの作成」, 埼玉大学紀要教育学部(数学・自然科学), 53(1), pp.53-61(2004)

4.2 口頭発表

- 1) T. Yoshida, M. Ashida, "Chemical Education in Teacher-Training by using Internet - On the Improvement of the Curriculum and Content -", Proceedings of the 17th IUPAC International Conference on Chemical Education (Beijing, China), p.280(2002, August 6-10)
- 2) 小畑康彦, 吉田俊久, 清水誠, 貫井正納, 「学習指導要領の変遷と教員養成系学部学生との関係(理科学習について)」, 日本科学教育学会第26回年会論文集, pp.327-328(2002)
- 3) 田口俊之, 芦田実, 吉田俊久, 「インターネットを利用した計算・作図の自動サービス」, 日本コンピュータ化学会2002秋季年会講演予稿集, pp.70-71(米沢, 2002年11月2~3日)
- 4) 芦田実, 田口俊之, 五十嵐真由美, 務台ひろみ, 吉田俊久, 「インターネットによる計算・作図の自動サービス」, 日本コンピュータ化学会2003春季年会講演予稿集, 1P04(東京, 2003年5月19~20日)
- 5) 芦田実, 五十嵐真由美, 務台ひろみ, 吉田俊久, 「水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」, 日本コンピュータ化学会2003秋季年会講演予稿集, pp.78-79(東広島, 2003年10月25~26日)

5. ホームページのURL(アドレス)

本研究室のホームページのURL(アドレス)を次に記す。

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

・質問箱に寄せられた質問と回答

1. 平成15年度の質問と回答

教育学部および学外のサーバーから埼玉大学教育学部化学研究室のホームページをインターネットに公開しており, その中に質問箱を設けている。H15年度(2月中旬まで)には47件(29名)の質問があった。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で回答(e-mail)し, 質問の回答も公開した(ホームページ)。質問内容としては平成14年度と同様に, 光の吸収と反射(色と光), 溶解現象と溶解度(沈殿と溶解度積), 電子殻・電子式(化学結合と分子の形), 化学式(分子と結晶水), イオンと酸塩基の中和(濃度とpHの計算), 酸化・還元(電極電位と電池), 気体, 沸騰現象・沸騰石と蒸気, 溶液の調製や再結晶などの小学校~高校程度の素朴な疑問が多い。他に, 大学の講義や実験のレポートに関すると思われる質問もあった。

平成15年度(平成16年2月中旬現在)に質問箱に寄せられた質問とそれに対する回答を, 新しいものから古いものへの順序で次頁から記載する。なお, 質問者のプライバシー等を考慮して, 質問者の電子メールアドレスは本報告には記載しないことにする。また, ワードプロソフトで再編集したので, 実際のホームページとは見た目が若干異なっている。

名前：紀水 日時：2004年02月12日 22時39分31秒

はじめまして，高校生なのですが，一酸化窒素のNO結合について教えてください．分子軌道という単語が出てきてわからなくなりました．分子軌道から，NO結合の説明をお願いします．

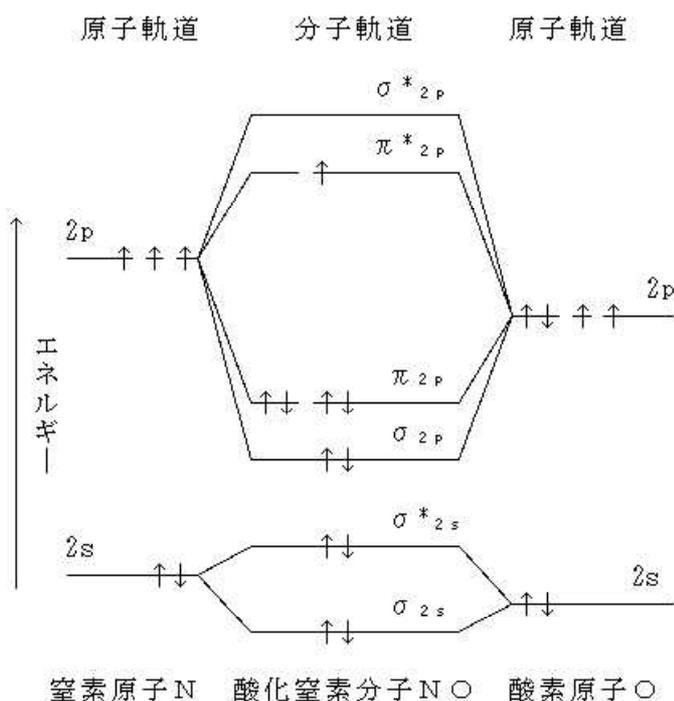
名前：芦田 実 日時：2004年02月24日 00時00分00秒

紀水 様

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

質問78 一酸化窒素のNO結合について教えてください．分子軌道から，NO結合の説明をお願いします．

回答 原子同士が十分に離れているときには，電子は各原子の原子軌道上に



存在しています．原子同士が互いに近づいたとき，最初の原子軌道とは異なる新しい軌道ができて化学結合するというのが，分子軌道法の考え方です．質問14の回答もご覧下さい．

窒素原子の基底状態における電子配置は1sに2個，2sに2個，3つの2pに各1個で，合計7個の電子があります．酸素原子の基底状態における電子配置は1sに2個，2sに2個，3つの2pに2個，1個，1個で，合計8個の電子があります．2つの原子が十分に離れていて化学結合していない場合には，上の電子配置（原子軌道）が2つあるだけです．2つの原子が近付いてきても，内殻の1s軌道はあまり影響を受けないと思います．しか

し、外殻の電子軌道は互いに相互作用して、その形状やエネルギーが変化します(化学結合が起こり、酸化窒素の分子になります)。2つの $2s$ 軌道は、原子のときよりも少しエネルギーの小さい結合性 $2s$ 軌道と少しエネルギーの大きい反結合性 *2s 軌道に分かれます。これらの軌道ではエネルギーの増減が打ち消しあい、エネルギー的には化学結合していないのと同じになります。6つの $2p$ 軌道も同様に分かれます。原子のときよりもかなりエネルギーの小さい結合性 $2p$ 軌道が1つ、少しエネルギーの小さい結合性 $2p$ 軌道が2つ、少しエネルギーの大きい反結合性 *2p 軌道が2つ、かなりエネルギーの大きい反結合性 *2p 軌道が1つできます。原子のときの7個の $2p$ 電子は、 $2p$ に2個、2つの $2p$ に各2個、 *2p に1個入ります。結合性 $2p$ 軌道の電子1個と反結合性 *2p 軌道の電子1個のエネルギーの増減が打ち消しあいます。結局、残った5つの電子のエネルギー減少分が酸化窒素分子の結合エネルギーとなります(2.5重結合)。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：らいくりー 日時：2004年02月04日 18時29分35秒

気温が高いと気圧が低く，逆に低いと気圧が高くなるのはどうしてですか？ボイル - シャルルの法則と関係づけられますか？

名前：芦田 実 日時：2004年02月14日 23時10分00秒

らいくりー 様

このホームページは化学の研究室で作っています．専門が異なり守備範囲を超えています．ボイル - シャルルの法則は化学でも取り扱っていますので，想像を含めて一応回答します．しかし，不正確で誤りを含んでいる可能性があります．もっと正確なことや詳しいことが知りたければ，地学（気象）の専門家に聞いて下さい．教育学部から公開しているホームページの質問箱とQ & A集にも回答（一部）を載せたいと思います．

質問77 気温が高いと気圧が低く，逆に低いと気圧が高くなるのはどうしてですか？ボイル - シャルルの法則と関係づけられますか？

回答 ボイル - シャルルの法則とは関係ないと思います．この法則は閉鎖系（先端を塞いだ注射器や密閉された容器など）で平衡状態で成り立ちます．体積が一定で，温度が高くなれば分子運動が激しくなりますので，圧力は高くなります．逆に，温度が低くなれば，圧力も低くなります．さらに，この法則では地球の重力（万有引力）の高さ方向の変化，すなわち高さによる圧力の変化を考慮していません．地球のサイズと比較したら，容器の高さが非常に小さいため，重力が一定と見なせるからです．

地学の先生に聞いたところ，空気の膨張・収縮は高さ（上下）方向だけ考えればいいそうです．地球の大きさ（半径）に比較すれば空気の厚さがかなり薄いので，さらに水平方向で同じ気圧の地域が広いので，地球のスケールで考えれば水平方向の体積変化（膨張・収縮）が無視できるからだそうです．また，地上の気圧が約1気圧であり，上空に行くほど気圧が低くなり，空気が無くなったら気圧が0になることも事実です．そして，ここで問題にしているのは，地上付近の局所的な気圧（の変化）だと思います．もう1つ，地学の先生に聞いたところ，気圧は空気の重さで考えればいいそうです．したがって，地上付近の，ある高さ以下の空間およびそこに上下に出入りする空気（膨張・収縮）を考えればいいと思います．

ボイル - シャルルの法則や気体の法則 $P V = n R T$ と対比して考えるには，天井に穴のあいた箱を考え，その中の圧力（地上付近の気圧）を考えればいいと思います．外気は開放系で密閉されていませんので，空気の体積は自由に変化します．気温が相対的に高い地域では，空気が膨張し軽く（密度が小さく）なります．箱の体積 V は一定ですので，中の空気が自由に膨張したら，穴から一部の空気が上へ出て行きます．空気の物質 n (mol) が減少する（箱の中の空気の質量が小さくなる）ことにより，気圧 P が減少するのだと思います．なお，圧力（気圧）は，単位面積に単位時間に衝突する分子の数と分子が衝突したときの運動量（の変化）で決まるとおもいます（詳細は気体分子運動論を見て下さい）．温度が上昇すれば分子の運動量も上昇しますが，この場合には箱の中の分子の数が減少する効果のほうが大きく，圧力が減少するのだと思います．

気温が相対的に低い地域では、空気が収縮し重く（密度が大きく）なります。箱の体積 V は一定ですので、中の空気が自由に収縮したら、外の空気が穴から入ってきます。空気の物質量 n が増加する（箱の中の空気の質量が大きくなる）ことにより、気圧 P が増加するのだと思います。

結論として、地上付近の気圧が変化するのは、その空間に存在する空気の密度（質量、物質量 n ）が変化するためだと思います。物質量 n が変化しますので、開放系の外気中ではボイル - シャルルの法則や気体の法則は成立しません。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：ライクリー 日時：2004年02月16日 19時02分07秒

化学分野外にそれた質問だったようですみませんでした。詳しいご回答ありがとうございました。

名前：健康優良児 日時：2004年01月23日 22時26分43秒

大学受験勉強中のものです。pHについて教えて頂きたいのですが、下記の問題が解けません。

「0.1 mol/lの塩化アンモニウム水溶液のpHを、連続する整数値の範囲で示せ。ただし、アンモニア水溶液の電離定数は $K_b = 1.79 \times 10^{-5}$ (1.79掛ける10のマイナス5乗です)とする。(解答例 $1 < \text{pH} < 2$)」

pHは水素イオン濃度、あるいは水酸化物イオン濃度が分かれば出せることは理解しているのですが、塩化アンモニウムは



と、水素イオン、水酸化物イオンのどちらの濃度も分かりません。問題中にアンモニア水溶液の電離定数が記述されているので



が関係するのであろうとまでは分かるのですが、

小さい文字が書けず、読み苦しくて申し訳ございませんが、ご解答頂けましたら助かります。

名前：芦田 実 日時：2004年01月28日 00時45分

健康優良児 様

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

質問75 0.1 mol/lの塩化アンモニウム水溶液のpHを、連続する整数値の範囲で示せ。ただし、アンモニア水溶液の電離定数は $K_b = 1.79 \times 10^{-5}$ とする。
解答例 $1 < \text{pH} < 2$

pHは水素イオン濃度、あるいは水酸化物イオン濃度が分かれば出せることは理解しているのですが、塩化アンモニウムは



と、水素イオン、水酸化物イオンのどちらの濃度も分かりません。問題中にアンモニア水溶液の電離定数が記述されているので

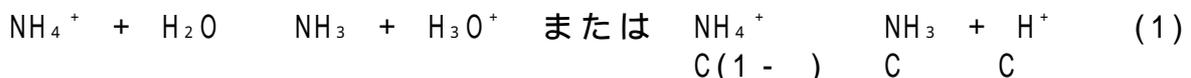


が関係するのであろうとまでは分かるのですが、

回答 塩素イオンが水中で安定なので、塩化アンモニウム(初濃度をCとします)は水中で完全に電離すると仮定します。



生じた塩素イオンは水中で安定なので、ずっとイオンのままで存在します。アンモニウムイオンは水中で不安定なので、その一部(反応した割合をとします)が水と反応(加水分解)し、水中でより安定なアンモニア分子に変化します。



ヒドロニウムイオン(水素イオン)が生じ、それが再びアンモニア分子と結

合しますので，上の反応はごく少ししか起こらず，極端に左に偏った化学平衡（平衡定数を K とします）になります．

$$K = [\text{NH}_3][\text{H}^+] / [\text{NH}_4^+]$$

水はごく一部が電離しています．イオン積を K_w とすると



$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/l)}^2$$

水中にアンモニア分子，アンモニウムイオン，水酸化物イオンが同時に存在すれば，これらの濃度の中に希薄水溶液中では，常に次の電離平衡が成り立ちます．



$$K_b = [\text{NH}_4^+][\text{OH}^-] / [\text{NH}_3] = K_w(1 - \alpha) / C \alpha^2 = 1.79 \times 10^{-5} \quad (4)$$

上の式を (4) について解き，水素イオン濃度を求めると

$$[\text{H}^+] = \frac{\{ (K_w^2 + 4 K_b K_w C)^{1/2} - K_w \}}{2 K_b C}$$

$$[\text{H}^+] = C \alpha = \frac{\{ (K_w^2 + 4 K_b K_w C)^{1/2} - K_w \}}{2 K_b}$$

$$= 7.47 \times 10^{-6} \text{ mol/l}$$

$$\text{pH} = 5.13 \quad \text{解答} \quad 5 < \text{pH} < 6$$

結論として，塩化アンモニウムが水に完全に溶解した後は，温度が一定なら上の式(1)，(2)，(3)の電離平衡が同時に常に成り立ちます．これが化学平衡（電離平衡）の本質です．例えば，式(3)を考えます．外から酸を添加すると，水酸化物イオンが中和されますので，水酸化物イオンの濃度が減少します．この影響で，アンモニア分子の濃度が減少し，アンモニウムイオンの濃度が増加します．ゆえに，式(3)は右方向へ移動し，新しい電離平衡になります．このように，各濃度は変化しますが，それらの濃度の変化量の大小関係がうまく具合になっていて，式(4)の電離定数 K_b は変化しません．言い換えると，アンモニア分子，アンモニウムイオン，水酸化物イオンの間の化学的関係（性質）がそのようになっているからです．自然現象（化学的現象）が先にあるわけですが，後から人間がその現象に気がついて，希薄溶液中の電離平衡という法則にまとめ，電離定数の式に表したにすぎないわけです．化学物質ごとに電離定数の値が違ふのは，その基になる化学的性質が違ふからです．アンモニアにはアンモニア特有の化学的性質があり，それによってアンモニア特有の化学反応を起こし，アンモニア特有の化学平衡に到達する，すなわちアンモニア特有の電離定数に必ずなるわけです．

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：健康優良児 日時：2004年01月29日 21時20分36秒

ご回答どうもありがとうございました．とても助かります．これからゆっくり考えてみます．

名前：健康優良児 日時：2004年02月04日 00時29分24秒

度々すみません．健康優良児です．先日ご回答頂いた pH の件なのですが，

考え方は理解することができました。「pHの解き方」を暗記していたようなもので、その本質が見えていませんでした。詳しいご回答ありがとうございました。

さて、1つ考えても分からないことがございました。ご回答の中で、「

$$K_b = [\text{NH}_4^+][\text{OH}^-] / [\text{NH}_3] = K_w(1 - \alpha) / C \quad (4)$$

上の式を α について解き、水素イオン濃度を求めると

$$\alpha = \{ (K_w^2 + 4 K_b K_w C)^{1/2} - K_w \} / (2 K_b C)$$

」とございました。この、式(4)から α を導く過程が分からないのですが、教えて頂けますでしょうか。化学ではなく、数学ですね。申し訳ございません。

名前：芦田 実 日時：2004年02月04日 15時30分

健康優良児 様

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

質問76 先日ご回答頂いたpHの件なのですが、1つ考えても分からないことがございました。ご回答の中で、

$$K_b = [\text{NH}_4^+][\text{OH}^-] / [\text{NH}_3] = K_w(1 - \alpha) / C \quad (4)$$

上の式を α について解き、水素イオン濃度を求めると

$$\alpha = \{ (K_w^2 + 4 K_b K_w C)^{1/2} - K_w \} / (2 K_b C)$$

とございました。この、式(4)から α を導く過程が分からないのですが、教えて頂けますでしょうか。

回答 単なる2次方程式の根と係数の関係です。式(4)を α について整理すると

$$K_b C \alpha^2 + K_w \alpha - K_w = 0$$

となりますので、2次方程式の根と係数の公式から

$$\alpha = \frac{-K_w \pm \sqrt{K_w^2 + 4 K_b K_w C}}{2 K_b C}$$

の範囲は、論理的に0 α 1 ですので、 α の前の記号は+を採用します。また、前の回答で $(\dots)^{1/2}$ は (\dots) の平方根を表し、これも単なる数学の規則です。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：健康優良児 日時：2004年02月04日 19時43分08秒

ご回答ありがとうございました。

名前：有機 日時：2004年01月04日 22時56分15秒

有機化学について、よくわかりません。わかりやすく教えてください！！
1,3-cyclohexadieneと1 molの塩化水素(HCl)とを反応させると、2種類の物質ができると思います。3-chlorocyclohexaneと4-chlorocyclohexaneです。しかし、マクマリーでは3-chlorocyclohexaneしか答えに載っていませんでした。これは、プロトンの付加してできたカルボカチオンが共鳴して安定なもの生成物である3-chlorocyclohexaneだけが生成するというのでしょうか？そこら辺がよくわからないので、詳しくお願いします。

名前：芦田 実 日時：2004年01月11日 17時20分

有機 様

このホームページは無機化学系（または物理化学系）の研究室で作っています。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。もっと正確なことや詳しいことが知りたければ、有機化学の専門家に質問して下さい。教育学部から公開しているホームページの質問箱とQ & A集にも回答（一部）を載せたいと思います。

質問74 1,3-cyclohexadiene と1 molの塩化水素(HCl)とを反応させると、2種類の物質ができると思います。3-chlorocyclohexane と4-chlorocyclohexane です。しかし、マクマリーでは3-chlorocyclohexane しか答えに載っていませんでした。これは、プロトンの付加してできたカルボカチオンが共鳴して安定なもの生成物である3-chlorocyclohexane だけが生成するというのでしょうか？

回答 その通りだと思います。共役ジエンにハロゲン化水素が付加するときは、最初に1（または4）の炭素位置に水素イオンが結合し（図1）、共鳴が起こり安定化するそうです（図2）。結合は結合力が弱いので、電子が炭素位置3，4間と炭素位置2，3間を行き来することで共鳴が起こると思います。結合は結合力が強いので、電子は移動しないと思います。

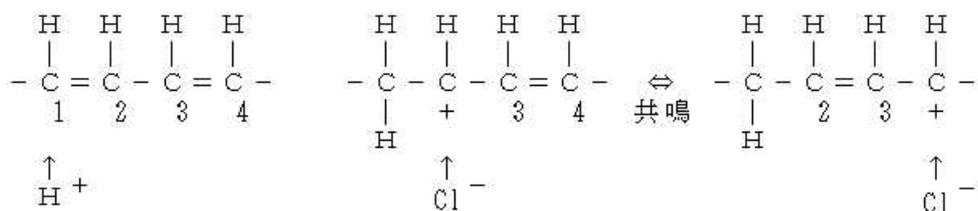


図1

図2

次に、2（または4）の炭素位置に塩素イオンが結合し（1,2付加と1,4付加）、3-chlorocyclohexane が生成するそうです（図3）。命名法は反応前の炭素番号を引き継ぎませんので、生成物はどちらも3-chlorocyclohexane となります。左右に反転すれば、同一の化合物であることが分かります。

共鳴で安定化するということは、中間体の寿命が長くなるということです。すなわち、結合した水素イオンが脱離する速度が遅くなり、塩素イオンが炭

素位置 2（または 4）に結合する速度と比較できる程度になるため，付加反応が進行するのだと思います．

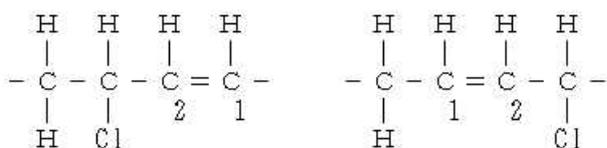


図 3

最初に 2（または 3）の炭素位置に水素イオンが結合（図 4）したと仮定します．この場合には，炭素位置 2（または 3）が電子で満たされていますので，共鳴が起こりません．したがって，中間体の寿命が極端に短いと思います．すなわち，塩素イオンが炭素位置 1（または 4）に結合する速度よりも，水素イオンが脱離して元の塩素イオンと結合する速度のほうが極端に速いと思います．ゆえに，こちらの反応は（分析装置で検出できるほど）起こらないのだと思います．

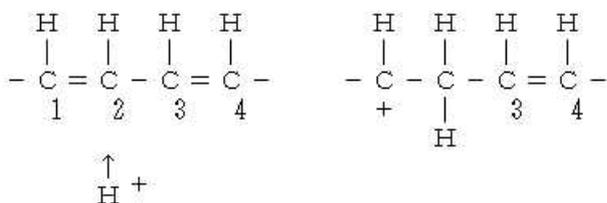


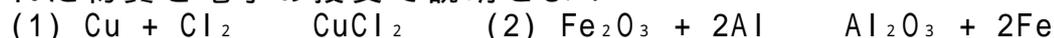
図 4

結論として，1,3-ブタジエンにハロゲン化水素が付加する反応と同様だと思っています．

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：ももか 日時：2004年01月04日 11時32分48秒

こんにちは。高校1年生です。次の反応について、酸化された物質、還元された物質を電子の授受で説明せよ。



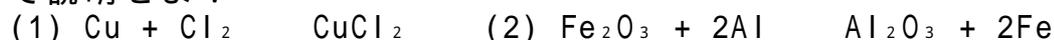
この2つの問題を教えてください。何回考えても電子 e^- の授受がわかりません。今授業で半反応式について習っているのですが電子の授受が理解できていないのでまったくわかりません。お願いします。

名前：芦田 実 日時：2004年01月05日 02時00分

ももか 様

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

質問73 次の反応について、酸化された物質、還元された物質を電子の授受で説明せよ。



この2つの問題を教えてください。何回考えても電子 e^- の授受がわかりません。

回答 原子が外部の電子を奪ったり、引きつける強さを電気陰性度と言います。電気陰性度についての詳細は、質問11、質問44、質問52の回答をご覧ください。また、高校の化学の教科書に電気陰性度の（強さの順序の）表が載っていると思います。

(1) CuとClの電気陰性度を比較するとClのほうがかなり大きいので、塩化銅は $\text{Cu}^{2+}(\text{Cl}^-)_2$ のイオン結合になっていると思います。したがって



銅は塩素により銅イオンに酸化され、塩素を塩素イオンに還元した。逆に、塩素は銅により塩素イオンに還元され、銅を銅イオンに酸化した。要するに、原子が陽イオン（化学結合のプラス気味の原子も同様）になれば、相手に電子を奪われていますので、自分は酸化され、相手を還元しています。原子が陰イオン（化学結合のマイナス気味の原子も同様）になれば、相手から電子を奪っていますので、自分は還元され、相手を酸化しています。

(2) FeとOの電気陰性度を比較するとOのほうがかなり大きいので、酸化鉄は $(\text{Fe}^{3+})_2(\text{O}^{2-})_3$ のイオン結合になっていると思います。同様に、AlとOの電気陰性度を比較するとOのほうがかなり大きいので、酸化アルミニウムも $(\text{Al}^{3+})_2(\text{O}^{2-})_3$ のイオン結合になっていると思います。したがって



鉄イオンはアルミニウムにより鉄に還元され、アルミニウムをアルミニウムイオンに酸化した。アルミニウムは鉄イオンによりアルミニウムイオンに酸化され、鉄イオンを鉄に還元した。酸素イオンはそのままなので、酸化も還元もされていない。要するに、酸化物中の金属元素は陽イオンになっていて、酸素は陰イオンになっていると考えればよいと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：ももか 日時：2004年01月05日 16時36分41秒

どうもありがとうございました。プリントアウトしたので、ゆっくり考えてみます。ありがとうございました！！

名前：まや 日時：2003年12月31日 16時04分18秒

なぜ，透明な物質と透明でない物質があるんですか？？

名前：まや 日時：2003年12月31日 16時08分56秒

sp^3 混成軌道， sp^2 混成軌道ってなんですか

名前：芦田 実 日時：2004年01月05日 02時00分

まや 様

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

質問71 なぜ，透明な物質と透明でない物質があるんですか？？

回答 光の吸収と反射に関する質問4の回答もご覧下さい．

透明な物質には，石英のように無色透明な物質と色付きガラスのように有色透明な物質があります．透明とは，可視光の一部の成分がその物質に吸収されずに残り，物質の中を直進して透過するために，向こう側が透き通って見える物質のことです．色つきガラスでも，その厚さが非常に厚くなったり，色が非常に濃くなったら，光が途中で全て吸収されてしまって向こう側が見えなくなり，そのときにはもはや透明とは言わないと思います．

また，ガラスの表面をヤスリ紙などで傷つけたら，曇りガラスになってしまい透明とは言いません．ガラスの微粒子を焼き固めたら白色の板になります．このときには板の内部が均一ではなく，微粒子や空気が残っていて，境界で乱反射が起こり（光が散乱されるため），透明にはなりません．高温でガラスを一度完全に溶かせば，空気が追い出され，均一になり光が直進します（散乱されません）ので，透明になります．

したがって，透明であるためには，可視光の一部の成分が物質に吸収されないで，直進して透過できる必要があります．さらに，光が乱反射されたり，散乱されたりしないように，物質の表面が平らで滑らかであること，物質の内部が均一であること等が必要だと思います．

質問72 sp^3 混成軌道， sp^2 混成軌道ってなんですか

回答 質問5，質問26，質問58等の回答をご覧下さい．球状のs軌道とラグビーボール状のp軌道が混ざり合って，新しくできた軌道のことです．そのためには，s軌道の2つの電子のうち1つが空のp軌道に移る（せん移）必要があります．電子が1つだけ入っているs軌道と電子が1つだけ入っているp軌道が混ざり合って，同じ形の複数の混成軌道が新しくでき，他の原子と（共有）結合します．混成軌道ができる理由は，s軌道やp軌道のままで他の原子と結合するよりも，原子核間の距離や立体的な配置などの関係でエネルギー的に安定だからだと思います．

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：かな 日時：2003年12月31日 00時23分23秒

ダイヤモンドや水晶のように透明な物質と，それと同じ元素からできている黒鉛やケイ砂のように透明でないものがあるのはなぜですか？

名前：芦田 実 日時：2003年12月31日 12時15分

かな 様

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

質問70 ダイヤモンドや水晶のように透明な物質と，それと同じ元素からできている黒鉛やケイ砂のように透明でないものがあるのはなぜですか？

回答 ダイヤモンドと黒鉛の色の違いについては，質問15の回答をご覧ください．また，光と色，色とその補色の関係については，質問4の回答をご覧ください．

純粋な水晶（石英 SiO_2 ）は無色透明です．したがって，質問4の回答のように，細かく砕いても白色にしかありません．ケイ砂には酸化鉄などの不純物が含まれていますので，これが色が付く主な原因だと思えます．その他，粒子の大きさや表面の形状（凹凸）によっても色が微妙に変化すると思えます．

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：かな 日時：2003年12月31日 15時44分36秒

ありがとうございました！！

名前：東 梨花 日時：2003年12月24日 20時35分56秒

初めましてこんにちは．生活の中での化学に関する身近な質問・・・のつもりです．水を沸騰させてからいったん火力を弱めると湯気が途端に出始めるのは何故ですか？その後，逆に強火にしてみるとだんだん湯気が消えて行きます．私の思い違いでしょうか？高校の化学で気化熱の勉強をしたことを思い出し教科書を読み返したのですが答えは発見できませんでした．何か知ってること，ヒントでもいいので教えてください．

名前：芦田 実 日時：2003年12月30日 00時30分

東 梨花 様

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

質問69 水を沸騰させてからいったん火力を弱めると湯気が途端に出始めるのは何故ですか？その後，逆に強火にしてみるとだんだん湯気が消えて行きます．

回答 水蒸気や湯気の温度が異なるためだと思います．水蒸気や湯気が目に見えるのは，それらが微少な液体の粒子だからです．すなわち，粒子の大きさには目に見える限界があると思います．空気中の湿度がかなり高くても，空気中の水の分子は目には見えません．完全に分子に分かれた気体は，色が付いてない限り，目には見えません．水蒸気が空気中に拡散していくにつれて見えなくなるのは，空気の分子と衝突して分裂し，それを繰り返して，または粒子表面から蒸発したりして，しだいに小さくなっていくためです．ただし，このとき空気の分子に熱を奪われて，温度は下がっていきます．

強火で激しく沸騰しているときには，水蒸気の温度が高く（100 以上），水の分子運動が激しくなります．そのため，最初から非常に小さい粒子ができて，または目に見えるような大きさの粒子はすぐに（自己）分裂してしまっただけで，目に見えにくいのだと思います．弱火で穏やかに沸騰しているときには，水蒸気の温度がそれほど高くなく，水の分子運動も比較的激しくなく，比較的大きい粒子ができて，目に見えやすいのだと思います．ただし，水蒸気の発生量（蒸発速度）は当然ながら，目に見えないだけで，強火のほうが大きいはずですが．

風呂場の湯気は温度が高いほうが多くなります．沸点よりはるかに温度が低い領域では，温度が高いほうが湯気ができやすいからです．湯気や川霧などが長時間存在できるためには，微粒子同士が衝突して合体・分裂を繰り返す平衡状態になっていて，微粒子の大きさが変化しないこと．微粒子の表面からの水分子の蒸発速度と空気中の水分子が表面へ凝縮する速度が等しくて，蒸発・凝縮平衡の状態にあり，微粒子の大きさが変化しないこと等が必要になると思います．

沸点よりはるかに高温で完全に分子に分かれて存在する物体を気体と言います．沸点付近から下の温度で存在する液体の微粒子を蒸気と言いますが，一般に気体と区別しています．蒸発や沸騰現象，沸騰石などに関するということについては，質問51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：かな 日時：2003年12月14日 23時49分32秒

突然の書き込みで申し訳ありませんが、『生理的食塩水』の作り方を教えて下さい。また、生理的食塩水を作るのに必要な材料、器具も併せて教えて下さい。お願いしますm(__)m

名前：芦田 実 日時：2003年12月18日 18時45分

かな 様

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。e - s e n s e i 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68 『生理的食塩水』の作り方を教えて下さい。また、生理的食塩水を作るのに必要な材料、器具も併せて教えて下さい。

回答 「生理食塩水」の使用対象や使用目的・方法によって、調製方法や試薬・器具が異なると思います。中学・高校程度の理科実験などで使用するのでしたら、下の方法で良いと思います。どの方法が良いかはご自分で判断して下さい。もっと高度な実験等に使用するのでしたら、医学・生化学・生物学などの専門家に質問して下さい。

方法1 (カエル等の両生類, 0.65%~0.70%食塩水)

6.5g~7.0gの塩化ナトリウムNaClを(電子/上皿)天秤や計量スプーンではかり取り、メスシリンダーや計量カップ(その他、目盛り付き容器)ではかり取った1000mlの純水(蒸留水、ミネラルウォーター等)に溶かし、ペットボトルやガラスビン等の容器に保存する。塩化ナトリウムは市販の精製塩(99%以上)を使用する。食卓塩にはグルタミン酸ソーダ(味の素)が入っているので使用しない。

必要に応じて、鍋などを用いて数分間煮沸し、滅菌する。冷えてから容器に移す。この場合、ロートや容器も耐熱性のものを使用し、前もって煮沸滅菌してから使用したほうが良いと思います。

方法2 (コイ科, 参考<http://www.kobe-c.ed.jp/shizen/flshfish/medaka/perm/index.pdf>)

4.4gの塩化ナトリウムNaCl, 6.2g(0.62gの間違い?)の塩化カリウムKCl, 0.22gの塩化カルシウムCaCl₂, 0.08gの塩化マグネシウムMgCl₂, 0.20gの炭酸水素ナトリウムNaHCO₃を純水に溶かして1000mlにする。市販の薬品(一級/特級試薬), 市販の純水, 電子天秤(精度1mg/10mg), メスシリンダー等を使用する。必要に応じて煮沸滅菌(方法1)。

方法3 (ヒト等のほ乳類, 0.85%~0.90%食塩水, 参考<http://www.kiharabyouin.jp/yakuzaiibu/jokusoukenshu2.htm>)

8.5g~9.0gの塩化ナトリウムNaClを1000mlの純水(蒸留水, ミネラルウォーター等)に溶かす。塩化ナトリウムは市販の精製塩(99%以上)を使用し、食卓塩は使用しない(方法1)。器具は方法1と同様。必要に応じて煮沸滅菌(方法1)。

なお、うがいや鼻孔の洗浄などに使うのでしたら、コップに水道水を入れて、塩化ナトリウムを少々(痛くない程度)溶かせば充分です。

方法4 (ヒト等のほ乳類, リンゲル液)

8.6gの塩化ナトリウムNaCl, 0.30gの塩化カリウムKCl, 0.33gの塩化カルシウムCaCl₂を純水(作りたての蒸留水)に溶かして1000mlにする。薬の製薬会社が売っている薬品(日本薬局方)や市販の特級試薬, 市販の純水, 電子天秤(精度1mg), メスフラスコやメスシリンダー等を使用する。必要に応じて煮沸滅菌(方法1)。極微量の有機物や無機イオン等の不純物が影響する場合には, 高純度の水や試薬を使用する必要があります。保存容器からこれらの不純物が溶け出すこともあります。

方法5(ヒト等のは乳類, ロック-リング液)

9.0gの塩化ナトリウムNaCl, 0.42gの塩化カリウムKCl, 0.24gの塩化カルシウムCaCl₂, 0.20gの塩化マグネシウムMgCl₂, 0.50gの炭酸水素ナトリウムNaHCO₃, 5.0gのブドウ糖を純水(作りたての蒸留水)に溶かして1000mlにする。薬の製薬会社が売っている薬品(日本薬局方)や市販の特級試薬, 市販の純水, 電子天秤(精度1mg), メスフラスコやメスシリンダー等を使用する。必要に応じて煮沸滅菌(方法1)。極微量の有機物や無機イオン等の不純物に注意(方法4)。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前: かな 日時: 2003年12月19日 23時44分34秒

たくさんの方を教えてください、ありがとうございました。とても参考になりました。

名前：新田 文雄 日時：2003年12月06日 15時17分06秒

最近、有機アルカリとして注目されている、TMAH(テトラメチルアンモニウムヒドロキシド)： $N(CH_3)_4OH$ が、空気中の CO_2 を吸収すると、どのような物質になるのでしょうか。

$NaOH + CO_2 \rightarrow NaHCO_3$ のような反応式で教えていただきたいのですが。

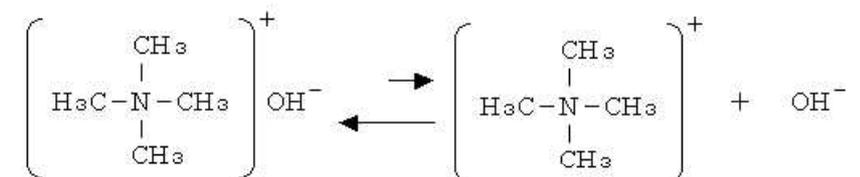
名前：芦田 実 日時：2003年12月12日 16時35分

新田 文雄 様

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

質問67 最近、有機アルカリとして注目されている、TMAH(テトラメチルアンモニウムヒドロキシド)： $N(CH_3)_4OH$ が、空気中の CO_2 を吸収すると、どのような物質になるのでしょうか。

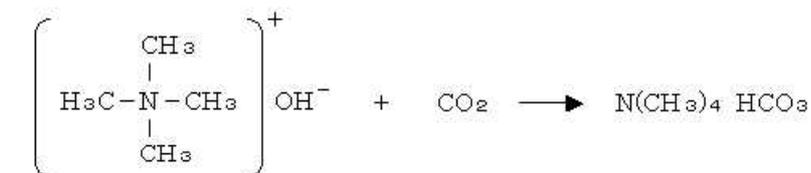
回答 TMAH(水酸化四メチルアンモニウム)は弱いアルカリなので、下記のような平衡状態を保とうとします。



OH^- が存在すると、空気中の CO_2 と反応して



となり、全体として下記の化学反応が進みテトラメチルアンモニウム炭酸水素塩(実際にはイオンに解離していると思われます)が生成します。



TMAHは、水酸化アンモニウム(アンモニア水) NH_4OH のアンモニウムイオン NH_4^+ の水素原子をメチル基で置き換えた構造なので、反応も水酸化アンモニウムとほぼ同様です。ただし、アンモニア水中ではアンモニアはほとんど NH_3 の形で存在すると言われてています。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：新田 文雄 日時：2003年12月23日 22時19分17秒

こんばんは。この度は、ご丁寧なご回答ありがとうございます。参考にさせていただきます。

ご連絡とお礼が遅くなりましたこと深くお詫び致します。また、ご質問させて頂くことがあるかと思いますがその折は宜しくお願い申し上げます。

新田 文雄

名前：kana 日時：2003年11月11日 19時57分42秒

こんにちは。高校1年生です。この間、化学の実験で中和滴定をしました。私は化学がすごく苦手でレポートも完成できていません。1週間教科書を見たり、インターネットで調べたりしているのですが全然分からないので教えてください。

実験の内容は、市販の食酢の酢酸の濃度を中和滴定によって求める。酢酸の濃度を水酸化ナトリウム水溶液によってもとめ、水酸化ナトリウム水溶液の濃度はシュウ酸で標準溶液を作りこれにより求めるというものです。水酸化ナトリウム水溶液の平均値は 9.95ml になり、酢酸の平均値は 7.56ml になりました。水酸化ナトリウムのmol濃度と10倍に薄めた市販の食酢のmol濃度はどのようにして求めればよいのでしょうか？

薄めた食酢の濃度は何mol/lか？また、食酢の密度を 1.04g/cm^3 として、食酢中の酢酸の質量パーセント濃度[%]を求めよ。この問題も教えてください。よろしくお願いします。

名前：芦田 実 日時：2003年11月12日 20時30分

kana 様

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

質問66 実験の内容は、市販の食酢の酢酸の濃度を中和滴定によって求める。酢酸の濃度を水酸化ナトリウム水溶液によってもとめ、水酸化ナトリウム水溶液の濃度はシュウ酸で標準溶液を作りこれにより求めるというものです。水酸化ナトリウム水溶液の平均値は 9.95ml になり、酢酸の平均値は 7.56 ml になりました。水酸化ナトリウムのmol濃度と10倍に薄めた市販の食酢のmol濃度はどのようにして求めればよいのでしょうか？

薄めた食酢の濃度は何mol/lか？また、食酢の密度を 1.04g/cm^3 として、食酢中の酢酸の質量パーセント濃度[%]を求めよ。

回答 物質のモルは化学種(原子、分子、イオンなど)の個数を数えるときの単位です。化学種が非常に小さいため、その数が非常に大きくなるので、個数を数えるときに便利なように導入されました。例えば、何十万円ものお金を数えるときに全て1円玉で1枚2枚と数えたら大変ですが、1万円札で1枚2枚と数えたら簡単です。この例では、化学種1個が1円玉1枚に、1 mol(アボガドロ数個分)が1万円札1枚(1円玉10000枚分)に相当すると思います。

モル濃度[mol/l]は単位体積(1l)中に含まれる化学種の物質[mol]です。例えば、モル濃度 1.0 mol/l の溶液 10 l 中に含まれる化学種の物質量は $1.0\text{ mol/l} \times 10\text{ l} = 10\text{ mol}$ 、モル濃度 0.10 mol/l の溶液 10 ml 中に含まれる化学種の物質量は $0.10\text{ mol/l} \times 0.010\text{ l} = 0.0010\text{ mol}$ となります。これらにアボガドロ数(6.02×10^{23} 個/mol)をかけると化学種の本当の数が求まります。

酸-塩基の中和反応では水素イオン H^+ の数(または物質)と水酸化物イオン OH^- の数(または物質)が等しくなったときに、ちょうど中和します。

シュウ酸 $(\text{COOH})_2$ はカルボキシル基が2つ結合した形なので、1つの分子

から水素イオン H^+ が2つ生じます。水酸化ナトリウム $NaOH$ から水酸化物イオン OH^- が1つ生じます。酢酸 CH_3COOH から水素イオン H^+ が1つ生じます。

滴定前のシュウ酸のモル濃度を C_s , $NaOH$ のモル濃度を C_{NaOH} , 10倍に薄めた後の酢酸のモル濃度を C とします。単位は全て mol/l です。

シュウ酸と $NaOH$ の滴定で、ちょうど中和するために使用したシュウ酸の体積を V_s , $NaOH$ の体積を V_{NaOH} とします。

シュウ酸から生じる水素イオン H^+ の物質量は

$$2 \times C_s [mol/l] \times V_s [l] = 2C_s V_s [mol]$$

となります。これにアボガドロ数をかけると水素イオン H^+ の数が求まります。

$NaOH$ から生じる水酸化物イオン OH^- の物質量は

$$C_{NaOH} [mol/l] \times V_{NaOH} [l] = C_{NaOH} V_{NaOH} [mol]$$

となります。これにアボガドロ数をかけると水酸化物イオン OH^- の数が求まります。

中和に使用した水素イオン H^+ の物質量(または数)と水酸化物イオン OH^- の物質量(または数)が等しくなりますから

$$2C_s V_s = C_{NaOH} V_{NaOH} \quad C_{NaOH} = 2C_s V_s / V_{NaOH}$$

酢酸と $NaOH$ の滴定で、ちょうど中和するために使用した酢酸の体積を V , $NaOH$ の体積を V'_{NaOH} とします。

酢酸から生じる水素イオン H^+ の物質量は

$$C [mol/l] \times V [l] = CV [mol]$$

となります。

$NaOH$ から生じる水酸化物イオン OH^- の物質量は

$$C_{NaOH} [mol/l] \times V'_{NaOH} [l] = C_{NaOH} V'_{NaOH} [mol]$$

となります。

中和したときには水素イオン H^+ の物質量(または数)と水酸化物イオン OH^- の物質量(または数)が等しくなりますから

$$CV = C_{NaOH} V'_{NaOH} \quad C = C_{NaOH} V'_{NaOH} / V$$

実験条件が不足していますので、以下は想像で回答します。この実験では、上のビュレットに $NaOH$ を入れるほうが、ビュレットを交換したり、ビュレットを水で洗って次に入れる水溶液で共洗いする必要がないので、実験が簡単になります。

下のビーカーにモル濃度 $C_s = 0.0500 mol/l$ (仮定)のシュウ酸を $V_s = 10.0 ml$ (仮定)入れ、上のビュレットに $NaOH$ を入れて滴定し、 $NaOH$ を $V_{NaOH} = 9.95 ml$ (仮定)滴下したところでちょうど中和したと仮定します。この場合の $NaOH$ のモル濃度は

$$\begin{aligned} C_{NaOH} &= 2C_s V_s / V_{NaOH} = 2 \times 0.0500 mol/l \times 10.0 ml / 9.95 ml \\ &= 0.1005025 mol/l \quad 0.101 mol/l \end{aligned}$$

上の計算では、本来は体積の単位を ml から l に変換してから計算すべきですが、分子と分母に ml の単位があり、それらが約せ(打ち消しあい)ます

ので、手を抜いて上の様に計算しても同じ結果となります。

下のビーカーに酢酸を $V = 10.0 \text{ ml}$ (仮定) 入れ、上のビュレットに NaOH を入れて滴定し、 NaOH を $V'_{\text{NaOH}} = 7.56 \text{ ml}$ (仮定) 滴下したところでちょうど中和したと仮定します。市販の食酢を10倍に薄めた後の酢酸のモル濃度は

$$\begin{aligned} C &= C_{\text{NaOH}} V'_{\text{NaOH}} / V = 0.101 \text{ mol/l} \times 7.56 \text{ ml} / 10.0 \text{ ml} \\ &= 0.076356 \text{ mol/l} \quad 0.0764 \text{ mol/l} \end{aligned}$$

市販の食酢中の酢酸のモル濃度は

$$10C = 0.764 \text{ mol/l} \quad (\text{10倍に薄める前のモル濃度})$$

酢酸分子中の原子の数と原子量より酢酸のモル質量(分子量)は

$$2 \times 12.01 + 2 \times 16.00 + 4 \times 1.008 \quad 60.1 \text{ g/mol}$$

したがって、食酢 1 l 中の酢酸の質量は

$$0.764 \text{ mol/l} \times 1.00 \text{ l} \times 60.1 \text{ g/mol} \quad 45.9 \text{ g}$$

食酢の密度が 1.04 g/cm^3 1.04 g/ml ですから、食酢 1 l の質量は

$$1000 \text{ ml} \times 1.04 \text{ g/ml} = 1040 \text{ g}$$

となります。したがって、食酢中の酢酸の質量パーセント濃度は

$$45.9 \text{ g} / 1040 \text{ g} \times 100 \% \quad 4.41 \%$$

なお、文献によると25 における 4% の酢酸水溶液の密度は 1.0027 g/cm^3 です。問題文中の酢酸の密度は 1.04 g/cm^3 であっていますか。あっているとすれば、純粋な酢酸の水溶液と不純物を含む食酢では密度が違うものと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前： y o k o 日時：2003年11月03日 11時15分06秒

1．気体定数はなぜRという文字で表すのでしょうか

2．原子は陽子と中性子の塊でできた核の外に，電子が陽子に引かれながら回っているといいます．電子が陽子に引かれるのはわかる気がするのですが，核の中で陽子同士はどうしてかたまっていられるのですか，反発しないのですか

名前： 芦田 実 日時：2003年11月12日 11時30分

y o k o 様

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

質問64 気体定数はなぜRという文字で表すのでしょうか

回答 調べましたが，これについて記述したものが見つかりませんでした．気体定数について初めに言い出した人が，記号にRを使用したものと思います．

質問65 原子は陽子と中性子の塊でできた核の外に，電子が陽子に引かれながら回っているといいます．電子が陽子に引かれるのはわかる気がするのですが，核の中で陽子同士はどうしてかたまっていられるのですか，反発しないのですか

回答 このホームページは化学の研究室で作っています．化学でも原子について全く扱わない訳ではありませんが，原子や原子核そのものを研究対象として扱うと言うよりも，むしろ化学結合や化学反応，物理的・化学的性質等を理解する上での基礎として扱うという意味のほうが強いと思います．守備範囲を大きく超えていますので，詳しいことは物理学（素粒子の分野）の専門家に聞いて下さい．その他，次のホームページ等を参考にして下さい．

<http://www5b.biglobe.ne.jp/~yamachin/gauge/gauge.htm>

<http://www.natsume.co.jp/topics/12topics/ryoshi/ryoshi2.html>

<http://nucl.sci.hokudai.ac.jp/~ohnishi/Sougou/Gif/strong.gif>

<http://www4.ueda.ne.jp/~guoningqiu/dojutaihome/index13.htm>

核を形成している陽子や中性子の間には 中間子を媒介とする相互作用（引力）が働いているそうです．これは，万有引力とも電気力とも違う第3の力であり，核力と呼ぶそうです．核の中で陽子同士は静電的に反発していると思いますが，核力のほうが大きいため，安定に存在していられるのだと思います．なお，核の安定度（核力の大きさ？）は全ての原子が同じという訳ではありません．周期表で言うと鉄原子のあたりが最も安定です（質量欠損が最も大きい）．このため核反応において，小さい原子は核融合が，大きい原子は核分裂が起こり易くなります．また，特に不安定な核は自然に崩壊します（放射能）．

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：まる茶 日時：2003年10月24日 16時32分39秒

一水和物と一水塩の違いはあるのでしょうか？

名前：まる茶 日時：2003年10月24日 16時35分20秒

「包水クロラール」の包水の意味を詳細に教えて頂きたい。

名前：芦田 実 日時：2003年10月29日 15時45分

まる茶 様

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

質問62 一水和物と一水塩の違いはあるのでしょうか？

回答 水和物と含水塩の違いは、はっきりしません。上の例の場合には、組成も一定ですので、ほとんど同じ意味だと考えられます。

含水塩と結晶水が同じ意味かもはっきりしませんが、結晶水の場合には結晶中に組成が一定の割合で含まれる水のことを言うそうです。結晶水には、金属イオンに配位する配位水、水素結合で陰イオンに配位する陰イオン水、配位せず結晶の空所に存在する格子水、 OH^- として存在する構造水（例えば $\text{Ca}(\text{OH})_2$ のように加熱すると脱水する OH^- 、 H_3O^+ として存在する水があるそうです。

水和物には組成が一定でない物もありますので、水和物のほうが意味が広いかもしれません。

質問63 「抱水クロラール」の抱水の意味を詳細に教えて頂きたい。

回答 クロラール CCl_3CHO は刺激臭のある無色の液体で、塩素を含むアルデヒドです。これに当量の水を加えると熱を発生して化合し、抱水クロラール $\text{CCl}_3\text{CH}(\text{OH})_2$ に変化します。クロラールと抱水クロラールは別の化合物であり、アルデヒド類とアルコール類の違いがあると思います。この場合、「抱水」とは「水と化合した」と言うような意味だと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：水 日時：2003年10月16日 00時34分09秒

水はなぜ，OH₂ ではなく，H₂O 为什么呢？

名前：芦田 実 日時：2003年10月22日 13時55分

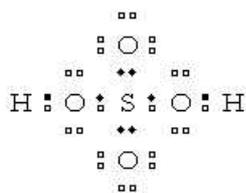
水 様

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

質問61 水はなぜ，OH₂ ではなく，H₂O 为什么呢？

回答 酸の化学式は H が，塩基の化学式は OH が分かり易いように書くという習慣があります．水は酸でも，塩基でもあります，酸を表す式で代表させたものと思います．質問59の回答もご覧下さい．

例えば，代表的な酸の一つである硫酸は H₂SO₄ と書きますが，原子間の結合順序は図に示したよう（H-O-S-O-H および O-S-O）になっています．中心のイオウ S 原子のところは sp³ 混成軌道で，正四面体型です．他の酸素を含む酸（硝酸，リン酸，塩素酸など）でも，分子の形は混成軌道によって変わりますが，原子の結合順序は同様です．



硫酸 H₂SO₄

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：酸素 日時：2003年10月10日 23時32分29秒

はじめまして．酸素などについての質問があります．炭素以外に混成軌道を形成する元素に窒素や酸素があると聞きました．

アンモニアの混成軌道とアンモニウムイオンの混成軌道は異なる軌道でそれぞれ sp^2 と sp^3 と考えられるそうですが，どのように考えたらよいのでしょうか？

また，水分子中の酸素の軌道と二酸化炭素中の酸素の軌道を教え下さい．できれば，考え方も教えてください．

もう1つ質問があります．有機化合物中の酸素原子は sp^2 混成軌道とよく本などには書いてありますが，量子をやっている先生は sp 混成軌道であると言います．やはり，有機化合物中の酸素原子は sp 混成軌道を形成しているのでしょうか？どうして，そうなるのかを教えてください．

抽象的な表現での質問ですみませんがよろしくお願いします．

名前：芦田 実 日時：2003年10月22日 11時40分

酸素 様

このホームページは無機化学系（または物理化学系）の研究室で作っています．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．もっと正確なことや詳しいことが知りたければ，やはり量子化学や有機化学の専門家に質問して下さい．教育学部から公開しているホームページの質問箱とQ & A集にも回答（一部）を載せたいと思います．

質問58 アンモニアの混成軌道とアンモニウムイオンの混成軌道は異なる軌道でそれぞれ sp^2 と sp^3 と考えられるそうですが，どのように考えたらよいのでしょうか？

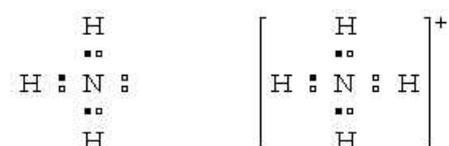
回答 窒素原子の基底状態は $1s$ 軌道， $2s$ 軌道に電子が各2個，3つの $2p$ 軌道に電子が各1個入っています．このままですと3つの $2p$ 軌道が電子各1個を外部から受け入れて，3つの共有結合を作ることになります．ところが， $2s$ 軌道の電子1個が $2p$ 軌道に昇位すると，その $2p$ 軌道は電子が2個になりますので，共有結合することはできなくなります．しかし，電子が各1個の $2s$ 軌道と2つの $2p$ 軌道が混ざり合って3つの等価な sp^2 混成軌道になって，3つの共有結合を作ることができます．

アンモニアの窒素原子は sp^2 混成軌道をしていると思います．しかし，この窒素原子には結合に使われていない非共有電子対が1組あります．これにより軌道中の電子同士の反発で sp^2 混成軌道が三方平面型でいられなくなり，アンモニアの分子は三角錐型（ $H-N-H$ 結合角は約107度）になります．普通は非共有電子対を分子の形には含めません．しかし，仮にこの非共有電子対まで含めて分子の形を考えるならば，分子の形は正四面体に近いものになります．すなわち，アンモニアはもともと sp^3 混成軌道による分子の形に似ています．

なお，最初に書いたようにアンモニアは窒素原子の3つの p 軌道でそれぞれ水素原子と結合しているという考え方もあると思います．この場合，結合角が90度にならない理由は，電気陰性度の大きい窒素原子と結合したために水素原子がプラス気味になり，水素原子同士の反発により結合角が開いたと説明されています．実際には，これら2つの結合方式が混ざったものと考えるべきかもしれません．

アンモニウムイオンは，アンモニアの非共有電子対に水素イオン（プロトン，すなわち水素原子核のみ）が配位結合したものです．共鳴が起こりますので，4つの水素が完全に同等になり，完全な sp^3 混成軌道（正四面体型， $H-N-H$ 結合角は109.5度）になります．ゆえに，アンモニアがアンモニウムイオンに変化しても，混成軌道や分子の形はあまり変わらないという言い方もできると思います．

なお，アンモニアの $H-N-H$ 結合角が正四面体の結合角よりも小さい理由は，1組の非共有電子対があるためです． $N-H$ のように化学結合していれば，結合に使われている電子は両方の原子核（ N と H ）から引力を受け，結合軌道（距離）が伸びます．非共有電子対は一つの原子核（ N ）とのみ結合していますので，その原子核に強く引き寄せられます．ゆえに，3つの混成軌道よりも1組の非共有電子対のほうが中心の窒素原子の近くにあります．すると，窒素原子を中心とする電子同士の反発力（縄張り，勢力）が最も強くなり，混成軌道を押し下げます．したがって，混成軌道の $H-N-H$ 結合角が正四面体の結合角よりも小さくなります．



アンモニア アンモニウムイオン

質問59 水分子中の酸素の軌道と二酸化炭素中の酸素の軌道を教え下さい．

回答 水分子中の酸素の軌道には2つの考え方があると思います．1つ目は，酸素原子の2つの p 軌道（2つの不対電子）を使ってそれぞれ水素原子と結合しているという考え方です．この場合，結合角が90度にならない理由はアンモニアの場合と同様です．電気陰性度の大きい酸素原子と結合したために水素原子がプラス気味になり，水素原子同士の反発により結合角が開くためと説明されています．

2つ目は， sp 混成軌道 + 2組の非共有電子対です（正四面体に近い形）．軌道中の電子同士の反発で sp 混成軌道が直線型でいられなくなり，水の分子は折れ線型（ $H-O-H$ 結合角は104.5度）になります．非共有電子対が2組ありますので， $H-O-H$ 結合角はアンモニアの $H-N-H$ 結合角よりもさらに小さくなります．



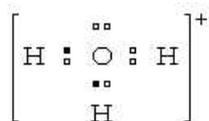
酸素原子は2つの p 軌道に不対電子があります．そのうち1つの不対電子を使って，二酸化炭素中の酸素原子が炭素原子の sp 混成軌道と共有結合（結合）をしていると思います．酸素原子の残りの不対電子は，炭素原子の混成軌道に使われなかった p 軌道の不対電子と π 結合をしていると思います．なお， π 結合は結合力が弱く，炭素原子から少し離れているので，分子の形には影響しません．

質問60 有機化合物中の酸素原子は sp^2 混成軌道とよく本などには書いてありますが，量子をやっている先生は sp 混成軌道であると言います．やはり，

有機化合物中の酸素原子は sp 混成軌道を形成しているのでしょうか？

回答 水分子の水素原子が1つ炭素(アルキル基)で置き換わるとアルコールになります。2つ炭素(アルキル基)で置き換わればエーテルになります。水分子が sp 混成軌道であるということと同じだと思います。カルボニル基 $>C=O$ 中の酸素は、二酸化炭素と同様に2つの p 軌道による二重結合だと思います。

酸素には他の原子等が2つしか結合できませんので、 sp^2 混成軌道にはならないと思います。例外的に、 sp^2 混成軌道になるとしたら水和した水素イオン(ヒドロニウムイオン, H_3O^+)のように、配位結合が起こった場合だと思います。



ヒドロニウムイオン

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：酸素 日時：2003年10月22日 22時04分49秒

どうもありがとうございました。わかり安い説明で理解できました。これからはわからないことがありましたら、質問させていただくと思います。そのときはよろしくお願いします。

名前： M 日時： 2003年09月08日 22時15分54秒

初めまして．僕は北海道の高校に通うMです．化学の授業でどうしても解らなかつた箇所があるので質問させていただきました．スズ(Sn)と鉛(Pb)についてです．

1. 「スズと鉛は共に両性元素」と書いてある一文があつたのですが，両性元素とはどのような元素のことですか？

2. 「鉛は，常温では塩酸や希硫酸に溶けにくい．これは，鉛の表面が冷水には溶けにくい塩化鉛，硫酸鉛で覆われてしまうからである」と書いてある一文があつたのですが，これは，鉛が塩酸や希硫酸に化学反応して，鉛が冷水には溶けにくい塩化鉛や硫化鉛に変化したからと解釈していいのでしょうか？それから，この一文の常温と冷水とは同じ意味ですか？

3. 「スズは Sn^{2+} より Sn^{4+} の方が，鉛は Pb^{4+} より Pb^{2+} の方が安定する．」とあつたのですが，それはどうしてですか？

問題の意味が分かりずらくなってしまって，すいません．回答おまちしています．

名前： 芦田 実 日時： 2003年09月11日 20時10分

M 様

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

質問55 「スズと鉛は共に両性元素」と書いてある一文があつたのですが，両性元素とはどのような元素のことですか？

回答 周期表でいうと左の1族や2族の金属元素とその酸化物は水に溶けて強い塩基性を示します．また，酸と反応します．逆に，右の16族や17族の元素の酸化物は水に溶けて強い酸性を示します．また，塩基と反応します．典型元素の中で周期表を左から右に行くに連れて，元素の最外殻の電子配置の関係で，元素の酸-塩基の性質が少しずつ変化します．すなわち，強い塩基性 弱い塩基性 非常に弱い塩基性と非常に弱い酸性の両方の性質 弱い酸性 強い酸性へと性質が変わっていきます．したがって，典型元素の中で周期表の中央付近の元素が，非常に弱い塩基性と非常に弱い酸性の両方の性質を持っていて，このような性質のことを両性といいます．

相手が強い酸ならば両性元素やその酸化物は塩基として働き，相手が強い塩基ならば両性元素やその酸化物は酸として働きます．このように酸と塩基の両方の性質を持っていることを両性といいます．別のいい方をすれば，陽イオン(例，アルミニウムイオン)にも陰イオン(例，アルミン酸イオン)にもなれる性質とも言えるでしょう．

質問56 「鉛は，常温では塩酸や希硫酸に溶けにくい．これは，鉛の表面が冷水には溶けにくい塩化鉛，硫酸鉛で覆われてしまうからである」と書いてある一文があつたのですが，これは，鉛が塩酸や希硫酸と化学反応して，鉛が冷水には溶けにくい塩化鉛や硫化鉛に変化したからと解釈していいのでしょうか？それから，この一文の常温と冷水とは同じ意味ですか？

回答 金属の鉛の表面が塩化鉛や硫酸鉛に変化します．それらの薄膜が丈夫で，緻密で硬く，しかも水に溶けないため，塩酸や硫酸が膜を通過できず，

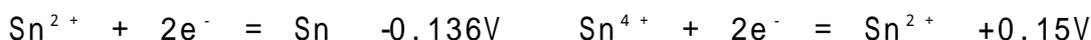
反応がそこで停止してしまうものと思います。なお、硫酸鉛と硫化鉛は別の化学物質です。硫酸と反応しても硫化鉛にはなりません。

常温の水と冷水とはほぼ同じ意味だと思えます。言い換えれば、加熱してない、あるいは反応が発熱しないという意味だと思えます。

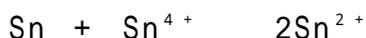
質問57 「スズは Sn^{2+} より Sn^{4+} の方が、鉛は Pb^{4+} より Pb^{2+} の方が安定する。」とあったのですが、それはどうしてですか？

回答 これだけの文であるとするならば、この表現は不正確です。スズについては間違っていると言ったほうがよいと思えます。酸化還元反応ですから、反応の相手によって反応方向が変わります。相手の方がずっと酸化力が強ければ、これらが酸化され（例、 $\text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Sn}^{4+}$ ）、相手を還元します。これらの方がずっと酸化力が強ければ、相手を酸化し、これらは還元されます（例、 $\text{Sn}^{4+} \rightarrow \text{Sn}^{2+}$ ）。酸化力が同じ程度だと、ほとんど反応しないか、反応の速度が非常に遅くなります。なお、酸化と還元、酸化力と還元力は反応方向を逆に言ったもので、裏表の関係にあります（酸化力が強い = 還元力が弱い）。

スズの関係する標準電極電位は



です。2つの半反応を組み合わせた場合、各化学種の濃度（活量）が等しければ、電位が相対的に負側の半反応が左に、電位が相対的に正側の半反応が右に進みます。ゆえに、これらのみの系では Sn^{2+} がもっとも安定です。したがって、塩化スズ()の水溶液に金属スズを入れまると、自発的に反応して塩化スズ()に変化していくはずですが、ただし、2つの半反応の電位が近いですから、反応速度は非常に遅いと思えます。



なお、 Sn^{2+} が自然状態で Sn^{4+} に変化していくとしたら、それは酸素による酸化や水による加水分解など周りの環境の影響だと思えます。

スズはハロゲンとも反応します。塩素は酸化力が強く、標準電極電位は

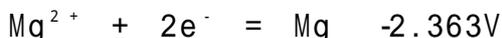


です。したがって、水中に金属スズを入れて塩素ガスを通じれば、塩化スズ()ができると思えます。



ただし、 Sn^{2+} や Sn^{4+} の加水分解も同時に起こると思えますので、実際に反応させたら全て Sn^{4+} になるとは限りません。

マグネシウムは還元力が強く、標準電極電位は

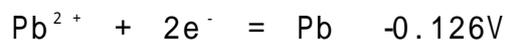


です。したがって、塩化スズ()の水溶液に金属マグネシウムを入れたら、金属スズができると思えます。



このようにスズは相手によって反応方向が変わります。この理由は、半反応の標準電極電位を順番に並べたとき、スズの標準電極電位が中央付近にあるためです。別の言い方をすると、スズは酸化力が真ん中のあたりで、酸化と還元のどちらの方向にも反応しやすいと言えます。

鉛の関係する標準電極電位は



その他複数です。Pb²⁺ イオンと金属鉛の半反応は、標準電極電位が中央付近ですので、左右どちらにも進むと思います。PbO₂ と Pb²⁺ イオンの半反応の標準電極電位は正側のかなり端の方にあります。したがって、他の半反応と組み合わせたとき、この半反応は右に進むことのほうが多いと思います。ゆえに、鉛は PbO₂ より Pb²⁺ イオンのほうが安定であると言うのだと思います。なお、水中では単原子イオン Pb⁴⁺ は非常に不安定で存在しないか、存在しても直ちに加水分解して PbO₂ に変化してしまうと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前： M 日時： 2003年09月11日 22時06分39秒

ありがとうございました。とても参考になりました

名前：とらんく 日時：2003年09月05日 21時21分52秒

こんばんは次の問題がわかりません．教えて下さい．

炭素が不完全燃焼して生じた二酸化炭素と一酸化炭素の混合気体がある．この気体の 27℃, 1.0 atm における密度は 1.4 g/l であった．混合気体中の一酸化炭素の体積百分率を求めよ．

名前：芦田 実 日時：2003年09月10日 15時50分

とらんく 様

必ずしも専門家ではありませんので，不正確な回答もあります．教育学部から公開しているホームページの質問箱とQ & A集にも回答（一部）を載せたいと思います．有効数字（数字を四捨五入するときの桁数）の取り方によって数字がわずかに変化しますが，それは自分で考えて判断して下さい．

質問54 炭素が不完全燃焼して生じた二酸化炭素と一酸化炭素の混合気体がある．この気体の 27℃, 1.0 atm における密度は 1.4 g/l であった．混合気体中の一酸化炭素の体積百分率を求めよ．

回答 この混合気体の体積は勝手に決められますので，二酸化炭素と一酸化炭素があわせて 1.0 mol 含まれている体積とします．アボガドロの法則や全圧と分圧の関係から，気体 1.0 mol の体積は純粋気体でも混合気体でも温度が等しければ同じです．0℃ (= 273 K), 1.0 atm のとき 22.4 l/mol ですから，27℃ (= 300 K), 1.0 atm におけるこの混合気体 1.0 mol の体積 V は，ボイル - シャルルの法則より

$$V = 22.4 \text{ l/mol} \times 300 \text{ K} / 273 \text{ K} = 24.6 \text{ l/mol}$$

この混合気体 1.0 mol の質量 M は

$$M = 24.6 \text{ l/mol} \times 1.4 \text{ g/l} = 34.4 \text{ g/mol}$$

混合前の一酸化炭素の体積百分率を $100A$ としますと，混合前の二酸化炭素の体積百分率は $100(1 - A)$ となります．アボガドロの法則から，混合気体では体積百分率とモル百分率が同じになります．二酸化炭素と一酸化炭素のモル質量（分子量）はそれぞれ 44.0 g/mol と 28.0 g/mol ですから，次式の関係が成立します．

$$28.0 \text{ g/mol} \times A + 44.0 \text{ g/mol} \times (1 - A) = 34.4 \text{ g/mol} \quad A = 0.60$$

したがって，混合気体中の一酸化炭素の体積百分率は60%です．なお，1.0 mol 当たりであることをはっきりさせるため，上の体積や質量の単位に "l/mol" を付けました．高校の化学の教科書では付いていないかもしれませんが，気に入らなかつたら適当に削除して下さい．

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：とらんく 日時：2003年09月11日 22時06分44秒

わかりました！！（ ）ありがとうございました．とってもわかりやすかったです．

名前：ピンチ 日時：2003年08月31日 10時47分

シュウ酸の電離度を教えてください。あと、シュウ酸と水酸化ナトリウムのpH値はいくらぐらい何ですか？

名前：芦田 実 日時：2003年08月31日 17時20分

ピンチ 様

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。e - s e n s e iの私の別のホームページおよび教育学部から公開しているホームページの質問箱とQ & A集にも回答（一部）を載せたいと思います。

質問53 シュウ酸の電離度を教えてください。あと、シュウ酸と水酸化ナトリウムのpH値はいくらぐらい何ですか？

回答 電離度とpHは両方とも濃度によって変化しますので、この質問にはあまり意味がありません。

シュウ酸は二段階に電離します。酸解離定数はそれぞれ約 0.054 と約 0.000054 です。簡単のために、第一段階の電離だけを考えます。濃度が 1 mol/l (飽和に近い)だとすると、電離度は約 0.2 , pH は約 0.7 です。濃度が 0.1 mol/l のときは、電離度が約 0.51 , pH が約 1.3 です。濃度がさらに小さくなるにつれて、電離度は1に、pH は水の pH に近づきます。なお、普通の水には空気中の二酸化炭素が溶けていますので、pH は6前後です。

水酸化ナトリウムは強塩基なので、完全電離に近似します。濃度が 1 mol/l のときpH14 , 濃度が 0.1 mol/l のとき pH13 です。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：ピンチ 日時：2003年08月31日 21時23分

ありがとうございます。参考になりました。

名前：ゆう 日時：2003年08月23日 18時24分55秒

はじめまして．早速質問します．エタノール 50 ml と水 50 ml をたすと 100 ml にならないのはなぜですか？？

名前：芦田 実 日時：2003年08月31日 15時50分

ゆう 様

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

質問52 エタノール 50 ml と水 50 ml をたすと 100 ml にならないのはなぜですか？？

回答 エタノール 50 ml (= 0.86 mol) と水 50 ml (= 2.8 mol) を混合する（分子数による混合比 = 1 : 3.2）と，その体積は約97 ml（44質量%，25℃における比重0.923）になります．なお，混合熱で温度が5℃前後上がります．混合後の体積をはかる場合には，冷めてからのほうがよいと思います．体積が減少する理由の1つは水素結合だと思えます．電気陰性度（電子を引きつける力）の大きい原子（F, O, N, Cl, Sなど）に化学結合した水素は，その化学結合に使われている電子を引っ張られてプラス気味になります．逆に電気陰性度の大きい原子のほうはマイナス気味になります．このプラスとマイナスにより他の分子との間に弱い水素結合が起こります．

純粋な液体の水は，温度にもよりますが水素結合で数個の分子がつながって，集団で動いています．水素結合が完全に切れるのは，水蒸気になったときです．水素結合には方向性があり，O-H...O が直線上になっています．1つの水分子内の酸素原子をみると，酸素原子の2つの非共有電子対に他の2つの水分子の水素原子が水素結合できます．さらに，最初の水分子内に2個の水素原子が化学結合していますので，それらの先に他の水分子中の酸素原子が水素結合できます．したがって，1つの水分子は最大4つの水素結合をすることができます．電子軌道同士の静電的反発でこれらなるべく離れた方向（正四面体の頂点方向）を向きます．このようにして多数の水分子が水素結合すると氷の結晶構造ができあがります．いいかえると，液体の水にも氷の構造が少し残っています．水素結合に方向性がありますので，隙間だらけの構造になります．

純粋なエタノールも水素結合しています．このとき，エチル基の水素原子はプラス気味になっていませんので，水素結合はできません．したがって，水素結合できる数やその立体的な構造および水素結合している割合（1つの集団内の平均的な分子数）が，水の場合とは異なっていると思えます．

エタノールと水を混合すると，純粋な水や純粋なエタノールであったときの水素結合による隙間だらけの構造が壊れます．異なる分子が混ざりますので，もう少し隙間の詰まった構造になるのだと思えます．すなわち，同種の分子間による水素結合だけでなく，異種の分子間の水素結合もできるので，水素結合による立体的な構造（分子の詰まり方）が変わると思えます．さらに，水素結合している割合（1つの集団内の平均的な分子数）も変わると思えます．増えるか減るかは，分かりませんが，同じ温度なら減ったほうが詰まりやすいかと思えます．

体積が減少する別の理由として，分子の大きさの違いが考えられます．同じ大きさですと，なるべく体積が小さくなるように詰め込む方法はだいたい決まってしまう．大きさが極端に違えば，大きい分子を詰めた隙間に小さい分子を入れることができます．水とエタノールでは分子の大きさが少し異なりますので，そのような充填効果も少しは考えられるかもしれません．

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：水 日時：2003年08月20日 22時25分20秒

水の精製などの蒸留で，沸騰石や練ったキャピラリー，上端だけ閉じたキャピラリーなどを使う理由を教えてください．その他，同様の原理のものも教えてください．なぜ，上記のようなものを使うと突沸を防げるのですか？

名前：芦田 実 日時：2003年08月28日 12時00分

水 様

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

質問51 水の精製などの蒸留で，沸騰石や練ったキャピラリー，上端だけ閉じたキャピラリーなどを使う理由を教えてください．その他，同様の原理のものも教えてください．なぜ，上記のようなものを使うと突沸を防げるのですか？

回答 沸騰石などには表面に微小な孔が多数あり，そこに空気の微小な泡が付いています．沸点の近くではその泡の中に水が急速に蒸発し，泡が成長して大きくなります．すると，浮力によって沸騰石から泡がちぎれて離れます．しかし，沸騰石には微小な泡が残り，再び成長します．この繰り返しによって，定常的な沸騰が起こります．

水温が低いときは水の表面からのみ蒸発が起こります．熱源の近く（水底の沸騰石の近く）が最も高温になると思いますが，対流の効果で熱が拡散し，表面の温度が高くなるためだと思います．ところが，沸騰は水の内部で起こります（このとき当然ながら，水の表面からの蒸発も起こっています）．沸点付近では水温がどこもほぼ同じになって，対流による熱の拡散効果が弱くなり，熱源の近く（水底の沸騰石の近く）が最も高温になる（熱がこもる）ためだと思います．

最初の微小な泡を作っていた空気は，沸騰中に大きな泡に含まれて，そのうち沸騰石から全て出て行ってしまいます．したがって，沸騰石に付着している微小な泡の成分は，沸騰中に空気から水蒸気に換わります．それゆえ，加熱を止めて温度が下がると，沸騰石に付着していた水蒸気の微小な泡は液体の水に戻ってしまいます．これが，一度使った沸騰石が二度目には役に立たない理由です．沸騰石を水から取り出して，空気中で強熱してやれば，水を追い出すことができますので，沸騰石の能力が再生します．

水中の泡はその大きさが小さいほど，その内部の圧力が高くなります．表面張力によって押しつぶされないように保つためです．いいかえると，泡が小さいほど，その中に水が蒸発して泡を大きく成長させるためには，水の温度（蒸気圧）が高い必要があります．水温が低いときは蒸気圧が低いので，沸騰石を入れても泡を成長させるパワーが足りなくて，沸騰が起こりません．

最も極端なのが突沸現象です．突沸が起こる前には水中に微小な泡は存在しません．水温が沸点よりも高くなると，なにかのひょうしに最初に非常に微小な水蒸気の泡ができます．その泡が表面張力で押しつぶされてしまえば，突沸は起こりません．水温がさらに高くなって，蒸気圧がさらに高くなると，泡が押しつぶされなくなります．すると，その中に水蒸気が蒸発し，泡が大きくなっていきます．泡が大きくなるほど，内部の水蒸気圧が小さくなりますので，蒸発が起こりやすくなり，泡が加速度的に急激に成長します．これ

が突沸現象です．突沸が起こると蒸発熱を多量に奪いますので，水温が下がり蒸気圧が下がって，突沸がおさまります．加熱を続ければ，水温がまた高くなっていき，しばらくして再び突沸が起こります．

沸騰石の役割は，水中に空気や水蒸気の微小な泡を継続的に供給することです．この役割を果たせば何でもよいと思います．容器の内壁の傷やゴミでもよいし，レンガや軽石の破片でもよいし，金魚鉢のように空気を吹き込んでよいと思います．突沸を防げる理由も，微小な泡を人為的に継続的に供給することによって，水温（蒸気圧）が沸点以上に上がらないようにすることにあります．逆に言うと，微小な泡がなければ，水自身がそれを作り出さなければならぬわけですから，沸騰石の泡と比べてずっと小さいものしか作れません．そのため沸点よりも高い温度と1気圧よりも高い蒸気圧が必要になります．したがって，非常に微小な泡が一度できてしまうと，それによって突沸が起こってしまうわけです．

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：化学がわからない人 日時：2003年07月29日 15時04分01秒

過酸化水素分解反応において、触媒として鉄ミョウバンを使用したとき、酸素だけでなく、水素も発生するのでしょうか？

文献を探したのですが、まったく見つからなくてわかりません。お願いします。

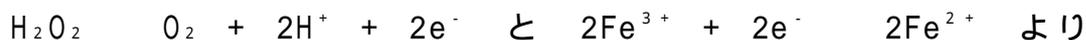
名前：芦田 実 日時：2003年08月01日 11時00分

化学がわからない人 様

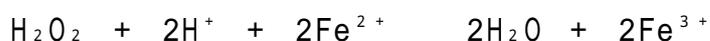
必ずしも専門家ではありませんので、不正確な回答もあります。教育学部から公開しているホームページの質問箱とQ & A集にも回答（一部）を載せたいと思います。

質問50 過酸化水素分解反応において、触媒として鉄ミョウバンを使用したとき、酸素だけでなく、水素も発生するのでしょうか？

回答 過酸化水素からは水素は発生しないと思います。過酸化水素は一般に、酸化剤としても還元剤としても働きます。この場合には、例えば



という反応が起こると想像できます。また、



という反応が起こると想像できます。これら2つの反応を合わせますと、



という過酸化水素の分解反応ができあがります。鉄イオンが見かけじょう反応から消えてしまいます。すなわち、一種の触媒として働いています。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：塾講師 日時：2003年07月24日 03時14分46秒

大学生のバイトなんですけど、生徒への「いじわる」な問題を考えていたら、自分も分からない問題を思いついてしまい、弱りつつ、自分でも気になっております。回答をお願いします。

金属の塩で沈澱を作る物質を分解して別の化合物を取り出せ、という問題を考えたんですが、水酸化物なら酸で溶かしますよね（塩基性水酸化物だから）。炭酸塩・硫化物も強酸で溶かせるはず（弱酸遊離）。では、強酸塩はどうやって分解すればよいのでしょうか。高校化学で強酸塩といったら限定されていて、塩化水銀（ HgCl_2 ）、塩化銀、塩化鉛（ PbCl_2 ）、硫酸カルシウム（セッコウ）、硫酸バリウム、硫酸鉛くらいです。

塩化銀・水銀は硫酸を加え加熱すれば（塩化水素の揮発）硫酸塩が出来て溶解しますよね。塩化銀は日光で銀を沈澱させるという答えでもOKだと思います。では、塩化鉛はどう処理すればよいのでしょうか？（硫酸とは反応しないと思います。熱湯で溶かして亜鉛を入れる、という答も考えましたが正解なのでしょうか。）あと、硫酸鉛はどうですか？（硫酸カルシウムは強酸を加え硫酸水素カルシウムにして溶かし、炭酸ナトリウムを加えて炭酸カルシウムを沈澱させる。硫酸カルシウムはわずかに水に溶けているので、いきなり炭酸ナトリウムを加えても炭酸カルシウム沈澱を作る。というのも考えましたが正解でしょうか？）

参考書で調べていたら硫酸鉛は酢酸ナトリウム水溶液に溶解と書いてありましたが、硫酸鉛沈澱 + 酢酸ナトリウム 酢酸鉛 + 硫酸ナトリウムということなのでしょうか？（そうだとすればなぜこの方向で反応が進むのですか？）

これらの強酸塩も微量ながら水に溶けていることを生かして、アルミニウム or 鉄 or ニッケルを入れれば、硫酸カルシウム以外はイオン化傾向の差のため単体の金属が析出する、というのは正解ですか？

（「硫酸鉛は鉛蓄電池の逆反応で分解」「イオン交換で無理矢理に」というようなやり方も含めて教えて下さい。）

これらの強酸塩が安定だとすれば、カルシウム・鉛などのそれぞれの金属元素の天然産出量のうち、これらの安定な強酸塩の形で産出する比率は高いのでしょうか？

あと、乾燥剤でソーダ石灰（ $\text{NaOH} \cdot \text{CaO}$ ）を使っている問題をよく見かけますが、なんで CaO ではないの？という問題も考えたのですが、これは、塩基性乾燥剤という機能は同じでソーダ石灰のほうが安いから（ Na と Ca を分離する手間が必要）という答でよいのでしょうか？

いろいろ質問しましたが、単なるツメコミではなく興味を育てるようにしたいと思っていますので、是非協力よろしくをお願いします。僕自身も気になってますし。

名前：塾講師 日時：2003年07月24日 03時21分49秒

質問の訂正です。

これらの強酸塩も微量ながら水に溶けていることを生かして、アルミニウム or 鉄 or ニッケルを入れれば、・・・ 亜鉛も
それから硫酸バリウムについても教えて下さい。

名前：芦田 実 日時：2003年07月25日 20時20分

塾講師 様

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

質問45 金属の塩で沈殿を作る物質を分解して別の化合物を取り出せ、という問題を考えたんですが、水酸化物なら酸で溶かしますよね（塩基性水酸化物だから）。炭酸塩・硫化物も強酸で溶かせるはず（弱酸遊離）。では、強酸塩はどうやって分解すればよいでしょうか。高校化学で強酸塩といったら限定されていて、塩化水銀（ ），塩化銀，塩化鉛（ ），硫酸カルシウム（セッコウ），硫酸バリウム，硫酸鉛くらいです。

塩化銀・水銀は硫酸を加え加熱すれば（塩化水素の揮発）硫酸塩が出来て溶解しますよね。塩化銀は日光で銀を沈殿させるという答えでもOKだと思います。では、塩化鉛はどう処理すればよいでしょうか？（硫酸とは反応しないと思います。熱湯で溶かして亜鉛を入れる、という答も考えましたが正解なのでしょうか。）あと、硫酸鉛はどうですか？（硫酸カルシウムは強酸を加え硫酸水素カルシウムにして溶かし、炭酸ナトリウムを加えて炭酸カルシウムを沈殿させる。硫酸カルシウムはわずかに水に溶けているので、いきなり炭酸ナトリウムを加えても炭酸カルシウム沈殿を作る。というのも考えましたが正解でしょうか？）

参考書で調べていたら硫酸鉛は酢酸ナトリウム水溶液に溶解と書いてありましたが、硫酸鉛沈殿 + 酢酸ナトリウム 酢酸鉛 + 硫酸ナトリウムということなのでしょうか？（そうだとすればなぜこの方向で反応が進むのですか？）

これらの強酸塩も微量ながら水に溶けていることを生かして、アルミニウム or 鉄 or ニッケル or 亜鉛を入れれば、硫酸カルシウム以外はイオン化傾向の差のため単体の金属が析出する、というのは正解ですか？それから硫酸バリウムについても教えて下さい。

（「硫酸鉛は鉛蓄電池の逆反応で分解」「イオン交換で無理矢理に」というようなやり方も含めて教えて下さい。）

回答 質問に書かれている方法で、ほぼ正しいと思います。ただし、塩化鉛は硫酸と反応して、硫酸鉛に変わると思いますが。また、硫化物を溶かすときは通常は硝酸で加熱します。硫黄イオンが硫酸イオンに酸化されて除去されるためだと思います。以下、操作が簡単で別の化学物質に変化する反応を表で示します。ただし、取り出す（単離）ことができるかどうかは別問題であり、生成物ごとに違うと思います。通常は、上澄み液を捨ててから薬品を添加すると思います。生成物が錯イオンのときは溶解することを、印が付いているときは別の沈殿に変化することを、空白の欄は反応しないことを表します。これらの反応は化学実験（定性分析）の教科書に載っていると思います。この表以外にも反応があるかも知れませんが、きりがないので省略します。

沈殿が別の沈殿に変化する理由は、そちらのほうが溶解度が小さいからだだと思います。言い換えると、そちらのほうがエネルギー的に安定だからだと思います。沈殿が錯イオンになって溶解する理由も同様に、そちらのほうがエネルギー的に安定だからだと思います。硫酸鉛が酢酸ナトリウム水溶液に溶解する理由も同じだと思います。硫酸バリウムは、バリウムの沈殿の中では最も溶解度が小さく、最も安定です。上の表のような簡単な方法では分解できません。質問に書いてあるようにイオン交換樹脂や電気透析で無理矢理

に分解するか，1200 以上に加熱して熱分解する方法しかないと思います．

添加薬品と操作方法など	Hg ₂ Cl ₂	AgCl	PbCl ₂	PbSO ₄	CaSO ₄	BaSO ₄
過剰のHCl等を加える		[AgCl ₂] ⁻	[PbCl ₄] ²⁻			
H ₂ Sを通じる．またはNa ₂ S等を加える	Hg↓+HgS↓	Ag ₂ S↓	PbS↓	PbS↓		
KCN等を加える	Hg ₂ (CN) ₂ ↓	AgCN↓				
KSCN等を加える	Hg ₂ (SCN) ₂ ↓	AgSCN↓				
K ₂ CrO ₄ 等を加える			PbCrO ₄ ↓	PbCrO ₄ ↓		
H ₂ SO ₄ 等を加える			PbSO ₄ ↓			
K ₄ [Fe(CN) ₆]等を加える			Pb ₂ [Fe(CN) ₆]↓			
NH ₃ 水を加える		[Ag(NH ₃) ₂] ⁺	Pb(OH) ₂ ↓			
NaOHを加える	Hg ₂ O↓		[Pb(OH) ₄] ²⁻			
NaHCO ₃ 等を加える					Ca(HCO ₃) ₂ ↓	
NH ₃ -NH ₄ Cl弱塩基性で(NH ₄) ₂ CO ₃ を加える	Hg ₂ CO ₃ ↓		PbCO ₃ ↓	PbCO ₃ ↓	CaCO ₃ ↓	
NH ₃ 塩基性で(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ を加える	Hg ₂ C ₂ O ₄ ↓		PbC ₂ O ₄ ↓	PbC ₂ O ₄ ↓	CaC ₂ O ₄ ·H ₂ O↓	
Na ₂ HPO ₄ 等を加える			PbHPO ₄ ↓	PbHPO ₄ ↓	CaHPO ₄ ↓	
Na ₃ PO ₄ 等を加える			Pb ₃ (HPO ₄) ₂ ↓	Pb ₃ (HPO ₄) ₂ ↓	Ca ₃ (HPO ₄) ₂ ↓	

質問46 これらの強酸塩が安定だとすれば，カルシウム・鉛などのそれぞれの金属元素の天然産出量のうち，これらの安定な強酸塩の形で産出する比率は高いのでしょうか？

回答 カルシウムは天然には，炭酸塩（方解石，氷州石，アラレ石，大理石，石灰岩など），硫酸塩（セッコウ）として地球上に広く多量に存在し，フッ化物（ホタル石），リン酸塩としても産するそうです．また，地殻を構成する多くのケイ酸塩の成分となっているそうです．鉛は方鉛鉱 PbS，白鉛鉱 PbCO₃，硫酸鉛鉱 PbSO₄，紅鉛鉱 PbCrO₄ などとして単独に，または亜鉛，金，銀，銅鉱などとともに複雑な鉱物として産するそうです．もっと詳しいことが知りたければ，地学の専門家に質問して下さい．

質問47 乾燥剤でソーダ石灰（NaOH·CaO）を使っている問題をよく見かけますが，なんで CaO ではないの？という問題も考えたのですが，これは，塩基性乾燥剤という機能は同じでソーダ石灰のほうが安いから（Na と Ca を分離する手間が必要）という答でよいのでしょうか？

回答 ソーダ石灰は白色粒状で，水と二酸化炭素の吸収剤としてよく使用されます．CaO，NaOH，KOH を単独で使うよりも二酸化炭素の吸収能率が良いそうです．また，NaOH，KOH のように潮解しないので，取り扱いやすいそうです．CaO は堅い大きな塊で取り扱いにくいのだと思います．CaO は水を吸うともろくなり，粉末になるそうです．値段は純度にもよりますが，CaO > ソーダ石灰 > NaOH の順に安くなると思います．

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：塾講師 日時：2003年07月26日 17時39分23秒

ありがとうございました．

たしかに，NaOH は海水の電気分解で生産しているみたいですし，値段が CaO > ソーダ石灰 > NaOH となるのも納得できる気がします．

硫酸鉛の酢酸ナトリウムの溶解についてだけは，生成側が酢酸鉛であれば，

やはり直感的には納得しきれないのですが、疑問点も絞り込めましたので、自分でも引き続き調べていこうと思います。(硫酸鉛 + ナトリウムイオン 硫酸ナトリウム + 鉛イオンの反応性が、酢酸鉛 + 硫酸イオン 硫酸鉛 + 酢酸イオンの反応性より大きいのかもしれません。)

名前：芦田 実 日時：2003年08月01日 10時50分

塾講師 様

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

質問49 ありがとうございます。

たしかに、NaOHは海水の電気分解で生産しているみたいですし、値段がCaO > ソーダ石灰 > NaOH となるのも納得できる気がします。

硫酸鉛の酢酸ナトリウムの溶解についてだけは、生成側が酢酸鉛であれば、やはり直感的には納得しきれないのですが、疑問点も絞り込めましたので、自分でも引き続き調べていこうと思います。(硫酸鉛 + ナトリウムイオン 硫酸ナトリウム + 鉛イオンの反応性が、酢酸鉛 + 硫酸イオン 硫酸鉛 + 酢酸イオンの反応性より大きいのかもしれません。)

回答 値段の順序については、乾燥剤や二酸化炭素の吸収剤に使用されると思われる、最も安い薬品で比較しています。高純度の薬品の値段の順序は別です。また、ソーダ石灰には高価なものはないと思います。

ナトリウムイオンは水中で安定です。硫酸イオンも水中でかなり安定ですので、硫酸ナトリウムは水中では、ナトリウムイオンと硫酸イオンに電離していると思います。したがって、

硫酸鉛 + ナトリウムイオン 硫酸ナトリウム + 鉛イオン

という反応は起こらないと考えられます。

酢酸イオンが水中で不安定であること、酢酸鉛が安定であることから、

硫酸鉛(固体, 沈殿) + 酢酸イオン 酢酸鉛(分子, 錯塩) + 硫酸イオン

という反応が起こったと考えるべきです。すなわち、エネルギー的に安定な方へ反応が移動したと考えるべきです。

あまり良い例ではありませんが、銅イオンの水溶液にアンモニア水を1滴加えると水酸化銅などを沈殿します。しかし、さらに過剰にアンモニア水を加えると銅アンモニウム錯イオンを作って溶解します。上と似たような現象です。沈殿の生成定数(溶解度積)や錯イオンの生成定数は決まっていますので、各化学種の存在量(溶存濃度など)によって化学平衡が移動し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：A c o u s t i c 日時：2003年07月26日 13時52分05秒

埼玉大学教育学部B棟・化学第一実験室で実験器具を洗浄する際に用いている洗剤のメーカー・品名・液性について知りたいのですが...。先日行った実験で洗剤のpHを測定したところ弱酸性になりました。本来、台所用の合成洗剤は中性のはずなのですが、一体なぜなのでしょう？

名前：芦田 実 日時：2003年08月01日 10時40分

A c o u s t i c 様

e - s e n s e i 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48 埼玉大学教育学部B棟・化学第一実験室で実験器具を洗浄する際に用いている洗剤のメーカー・品名・液性について知りたいのですが...。先日行った実験で洗剤のpHを測定したところ弱酸性になりました。本来、台所用の合成洗剤は中性のはずなのですが、一体なぜなのでしょう？

回答 生協のKソフト（つめかえ用）中性です。薄めて使っています。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：A.N 日時：2003年07月17日 15時14分01秒

フェノールの水溶液が酸性を示す理由を教えてください。化学が苦手なのでよくわかりません。よろしくお願いします。

名前：芦田 実 日時：2003年07月21日 10時50分

A.N 様

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

質問44 フェノールの水溶液が酸性を示す理由を教えてください。

回答 電気陰性度とベンゼン環の共鳴の2つの効果だと思います。電気陰性度とは、原子(原子核)が電子を引きつける強さを表したものです。周期表でいうと、希ガスを除いて、右上のFが最も強く、左に行くほど、また下に行くほど弱くなり、左下のFrが最も弱くなります。この順序はクーロン引力の問題ですので、原子核中の陽子の数、最外殻の電子までの距離と、その電子数によって決まります。電気陰性度については、質問11の回答もご覧下さい。電気陰性度の効果で、フェノールのヒドロキシル基(-OH)では、酸素原子Oが水素原子Hから電子を引きつけて、少し電子密度が増加し(マイナスぎみになります)ます。水素原子Hは逆に電子密度が減少し(プラスぎみになります)ます。

ベンゼン環は結合が共鳴していますので、酸素原子Oと結合している炭素原子Cが受ける電子密度の変化の影響を共鳴効果で弱め(非局在化し)ます。すなわち、オルト位とパラ位の電子密度が少し増加します。この2つの相乗効果で、水素原子Hが電離しやすくなり、フェノールの水溶液は酸性を示します。なお、通常のアアルコール性OHでは、共鳴効果のほうがありませんので、水溶液は酸性を示しません。

-OH基と同様に、ベンゼン環のオルト位とパラ位の電子密度が増加する置換基には -OR, -NH₂, -NHR, -NR₂, -F, -Cl, -Br, -I, -R(アルキル基)等があります。逆に、ニトロ基(-NO₂)は窒素原子Nよりも酸素原子Oのほうが電気陰性度が大きいため、窒素原子Nの電子密度が減少し(プラスぎみになります)ます。ベンゼン環の結合が、この電子密度の変化を共鳴効果で弱め(非局在化し)ます。この場合は、オルト位とパラ位の電子密度が少し減少します。-NO₂基と同様に、ベンゼン環のオルト位とパラ位の電子密度が減少する置換基には -CHO, -COR, -COOH, -COOR, -C≡N, -SO₃H等があります。このような置換基の効果で、オルト位、パラ位が反応しやすいか、またはメタ位のほうが反応しやすいかが決まります。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：A.N 日時：2003年07月22日 00時34分54秒

こんなに親切に答えていただいてどうもありがとうございました。とてもわかりやすかったです。

名前：炭素 日時：2003年07月12日 23時33分58秒

バックミンスターフラレン(C_{60})は、炭素間ではどのような結合を形成しているのですか？また、フラレン C_{70} とナノチューブは、 C_{60} 同様の結合を形成しているのですか？バックミンスターフラレン(C_{60})は、 sp^x 混成軌道と表すことができますか？

二酸化炭素の混成軌道について、よくわかりせん。どの様に考えたれらよいのでしょうか？また、 sp 混成軌道でよいのでしょうか？

名前：炭素 日時：2003年07月12日 23時38分27秒

質問がまだありました。 C_{60} と $C_{60}H_{60}$ は異なる物質だと思うのですが、どちらの方が安定なのでしょう？

名前：芦田 実 日時：2003年07月20日 23時55分

炭素 様

このホームページは無機化学系（または物理化学系）の研究室で作っています。しかし、この質問は理工系の大学生以上の高度な内容であり、専門が異なり守備範囲を超えています。一応、想像を含めて回答しますが、不正確で誤りを含んでいる可能性があります。もっと正確なことや詳しいことが知りたければ、フラレン関係の専門家に質問して下さい。教育学部から公開しているホームページの質問箱とQ & A集にも回答（一部）を載せたいと思います。

質問41 バックミンスターフラレン(C_{60})は、炭素間ではどのような結合を形成しているのですか？また、フラレン C_{70} とナノチューブは、 C_{60} 同様の結合を形成しているのですか？バックミンスターフラレン(C_{60})は、 sp^x 混成軌道と表すことができますか？

回答 フラレン C_{60} は炭素原子60個がサッカーボール状（切頭20面体）に結合しているそうです。12個の五員環と20個の六員環から成り、それぞれの五員環には5個の六員環が隣接しているそうです。 sp^2 混成軌道は通常は平面状ですが、この場合にはボール状になるために、平面が少し歪んでいると考えればよいと思います。フラレン C_{70} も同様に五員環と六員環から成り、ラグビーボール状の形をしているそうです。ナノチューブは六員環の網目状構造が丸まってストロー状（円筒状）になっているそうです。さらに、その両端は五員環で閉じられているそうです。また、ナノチューブの内部に小さいナノチューブが入った構造（入れ子構造）になっているそうです。フラレン C_{70} もナノチューブもやはり sp^2 混成軌道の平面が少し歪んでいると考えればよいと思います。

質問42 二酸化炭素の混成軌道について、よくわかりせん。どの様に考えたれらよいのでしょうか？また、 sp 混成軌道でよいのでしょうか？

回答 二酸化炭素 $O=C=O$ は二重結合した直線状の分子です。中央の炭素原子の2個の電子が sp 混成軌道を作ります。酸素原子には電子が1個しかない p 軌道が2つあります。炭素原子の2つの sp 混成軌道と両端の酸素原子の p 軌道（1電子）が2つの強い結合を作ります。炭素原子に残った2個

の電子（2つのp軌道）と両端の酸素原子のp軌道（1電子）が2つの弱い結合を作ります．このようにして，2つの二重結合ができていると思います．

質問43 C_{60} と $C_{60}H_{60}$ は異なる物質だと思うのですが，どちらの方が安定なのでしょうか？

回答 C_{60} は合成方法や生成方法が分かっているように，純度の良いものが作られているようです．市販もされています．ということは， C_{60} はかなり安定な化学物質です． $C_{60}H_{60}$ のほうは，調べた範囲では製造されたという報告が見つかりません． $C_{60}H_{60}$ も計算上は安定であるとされており，その最も安定な形は，50本のC-H結合がサッカーボールの外側を向き，残りの10本のC-H結合がサッカーボールの内側を向いた構造だそうです． $C_{60}H_{60}$ は炭素原子が全て sp^3 混成軌道になりますので， C_{60} の全て sp^2 混成軌道が安定だとすると，これと比較して構造的に少し無理があると思います．すなわち， $C_{60}H_{60}$ のほうが不安定だと思います．なお， C_{60} を水素化する（液体アンモニア中で過剰のリチウムとt-ブタノールを作用させる）と $C_{60}H_{36}$ ができるそうです．また， $C_{60}H_{36}$ は脱水素化試薬（還流トルエン中で2,3-ジクロロ-5,6-ジシアノベンゾキノンを加える）や加熱によって C_{60} に戻るそうです．したがって，途中の $C_{60}H_{36}$ が安定で， $C_{60}H_{60}$ まで水素化できないのだろうとも言われています．結局， $C_{60}H_{60}$ については詳しいことがよくわかりません．

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：炭素 日時：2003年07月21日 16時12分03秒

どうもありがとうございました．わかりやすい説明でした．

名前：沙織 日時：2003年07月06日 02時47分45秒

高校の化学の授業で「液体（純水）の入った試験管4本にナフタレン・サッカロース・塩化ナトリウム・石英トウをそれぞれ入れていく。ほかの液体（エタノール・ケロシン）でも同じことをする」という、物質の溶解性についての実験をしたんですが、実験の目的が、「それぞれの固体が液体に溶けるかどうか？、溶け方と極性の関係は？、極性のタイプは？」という何だかよくわからない実験をしたんです。資料も少なくレポートを7/7（月）までに提出しなきゃいけないのでどうしても、今日中までに返答が欲しいんです。無理だとは思いますが、どうかよろしくお願いします。

知りたいことは、実験の目的の内容と各液体・固体の説明、できれば経過とか、理論的なことを教えてください。本当にお願いします。これを参考にレポートを書きたいと思います。

名前：芦田 実 日時：2003年07月07日 21時40分

沙織 様

必ずしも専門家ではありませんので、不正確な回答もあります。教育学部から公開しているホームページの質問箱とQ & A集にも回答（一部）を載せたいと思います。溶解については質問20～24の回答もご覧下さい。「石英トウ」の意味が不明です。「石英等（など）」と仮定して回答します。なお、日曜日に自宅では、インターネットをあまりやっていません。この質問を見ていませんでした。回答が遅くなって申し訳ありません。しかし、この質問はかなり高度な内容を含んでおり、簡単に自宅から回答できるようなものではありませんでした。また、質問箱の管理・運営は卒業研究生に対する教育という意味も含んでいますので、回答期限を1週間以内（努力目標）と考えています。

質問40 高校の化学の授業で「液体（純水）の入った試験管4本にナフタレン、サッカロース、塩化ナトリウム、石英等をそれぞれ入れていく。ほかの液体（エタノール、ケロシン）でも同じことをする」という、物質の溶解性についての実験をしたんですが、実験の目的が、「それぞれの固体が液体に溶けるかどうか？、溶け方と極性の関係は？、極性のタイプは？」という何だかよくわからない実験をしたんです。

知りたいことは、実験の目的の内容と各液体・固体の説明、できれば経過とか、理論的なことを教えてください。

回答 実験の目的は、固体と液体のどのような組み合わせが溶けて、どのような組み合わせが溶けないかを調べることだと思います。具体的に言うと、固体と液体に両方とも極性が有ればよく溶ける。固体と液体に両方とも極性が無ければよく溶ける。一方に極性が有り、他方に極性が無ければ、溶け難い。これらの関係を確認（発見）する実験だと思います。

表 極性の強さ

化学物質	水	エタノール	ケロシン	塩化ナトリウム	サッカロース	ナフタレン	石英
双極子モーメント	1.85	1.44	0.1以下?	9.00	不明	0.1以下?	不明

双極子モーメントは極性の強さを表します。単位はDebyeです。

1 $D = 3.333 \times 10^{-30}$ Cm (クーロン・メートル)

極性のタイプ (原因)

水は O-H 間の電気陰性度の差が大きく、分子 H-O-H が折れ曲がっているため、大きな極性があります。

エタノールは、エチル基内の H と C の電気陰性度の差が小さく、ここには極性がほとんどありません。しかし、C-O-H 間は電気陰性度の差が大きいため、分子全体として極性があります。

ケロシン (灯油) の主成分は炭化水素と考えられます。H と C の電気陰性度の差が小さく、ほとんど無極性です。

塩化ナトリウムはイオン結合による強い極性があります。

サッカロース (スクロース, ショ糖) は、多数の O-H 基により分子内に局所的な極性があると思いますが、分子全体としての極性は不明です。

ナフタレンは、ケロシンと同様に炭化水素なので、無極性です。

石英 (SiO_2) は Si-O 間に局所的な極性があると思いますが、巨大分子なので全体としての極性は不明です。

極性の大小と溶解度の関係

		極性大	極性大?	無極性	
	溶解度, 質量%	塩化ナトリウム	サッカロース	ナフタレン	石英
極性大	水	26	66	0.0034	0.012
極性小	エタノール	0.18	1%以下?	11	不溶?
無極性	ケロシン	不溶?	不溶?	17%前後?	不溶?

上の表と実験の目的を比較してみてください。極性の有無による似たもの同士が溶けることが分かると思います。

石英は Si-O 間の結合が強く (多分、結晶 (固体) のままのほうはずっと安定)、巨大分子なのでどの溶媒にも溶けません。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：レポート 日時：2003年06月09日 20時35分

1 実験をする前に計算して出した理論値と実測値がずれてしまうのは何故でしょうか？（ちなみに私がやったのは結晶硫酸銅中の結晶水を調べるもので硫酸銅と水の比が1対5になるはずなのにどうしてもずれてしまいました．しかも少なくなってしまうことが多かったです）

一応手順も載せておきます．

るつぼを焼いて恒量化して秤量

結晶硫酸銅 1 gを上記のるつぼに入れた後に直示天秤で秤量

るつぼをホットプレートで加熱．加熱中結晶の塊はさじの先で潰しよくかき混ぜる．全体が白くなったら放冷し直示天秤で秤量

2 1の実験でホットプレートを使用するのは何故でしょうか？

3 1の実験が終了した後るつぼ内の白色になった無水硫酸銅に水を数滴加えるとどんな変化が起こるのでしょうか？

4 硫酸銅の性質を調べるのにアンモニア水と硝酸バリウムを使用するのは何故でしょうか？

一応実験の手順も載せておきます．

試験管に硫酸銅水溶液を 2 mlとりアンモニア水を 1 , 2 滴加える

の沈殿物が溶けるまでアンモニア水を加える

別の試験管に硫酸銅水溶液を 2 mlとり , 硝酸バリウムを 1 , 2 滴加える

名前：芦田 実 日時：2003年06月18日 16時15分

レポート 様

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．教育学部およびe-senseiの別ページ(www.e-sensei.ne.jp/~ashida/)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36 実験をする前に計算して出した理論値と実測値がずれてしまうのは何故でしょうか？（ちなみに私がやったのは結晶硫酸銅中の結晶水を調べるもので硫酸銅と水の比が1対5になるはずなのにどうしてもずれてしまいました．しかも少なくなってしまうことが多かったです）

一応手順も載せておきます．

るつぼを焼いて恒量化して秤量

結晶硫酸銅 1 gを上記のるつぼに入れた後に直示天秤で秤量

るつぼをホットプレートで加熱．加熱中結晶の塊はさじの先で潰しよくかき混ぜる．全体が白くなったら放冷し直示天秤で秤量

回答 硫酸銅と水のうち、どちらが少ないのか書いてありません．一応、水が少ないと想像して回答します．硫酸銅 5 水和物を加熱していくと、文献によって温度が異なりますが、30～45 で結晶水を 2 分子失って硫酸銅 3 水和物に変わり、110～115 でさらに結晶水を 2 分子失って硫酸銅 1 水和物に変わり、最後に218～258 で残りの結晶水 1 分子を失って硫酸銅無水物に変わるそうです．次のように、水が少ない原因が 3 つ考えられます．どれが最も可能性が大きいかは、ご自分で判断して下さい．

原因 1 硫酸銅 5 水和物は空気中で徐々に風解するそうです．また、保管中に室温が30 付近になることもありえます．したがって、長期間保管したも

のは結晶水が少し減少して，一部が硫酸銅 3 水和物に変わっている可能性があります．

原因 2 ホットプレートの性能や加熱した温度が書いてありませんが，加熱温度や加熱時間が不十分で，硫酸銅無水物に完全に変わっていない可能性があります．ホットプレートの最高温度は何度ですか．

原因 3 硫酸銅 1 水和物や硫酸銅無水物は吸湿性が大変強いそうです．したがって，放冷中や秤量中に空気中の水分を吸収している可能性があります．直示天秤で秤量中に質量が増加していきませんか．また，色が薄い水色に変化していませんか．

質問 37 質問 36 の実験でホットプレートを使用するのは何故でしょうか？

回答 ホットプレートには，最高温度が約 250 のものや，350～400 のものなどがあります．硫酸銅 1 水和物や硫酸銅無水物を作るときに，温度コントロールが簡単にできるためだと思います．ブンゼンバーナーでは温度コントロールがうまくできません．高温（600～700）になりすぎて硫酸銅が酸化銅と三酸化イオウに熱分解する恐れがあります．乾燥器では，110 程度には簡単に温度が上がり，温度コントロールできますので硫酸銅 1 水和物は簡単に作れます．しかし，250 まで温度が上がるかどうか疑問です．最も良いのは，電気炉だと思いますが，値段も高いと思います．

質問 38 質問 36 の実験が終了した後，るつぼ内の白色になった無水硫酸銅に水を数滴加えるとどんな変化が起こるのでしょうか？

回答 水を吸収して青色の含水塩に戻ると思います．

質問 39 硫酸銅の性質を調べるのにアンモニア水と硝酸バリウムを使用するのは何故でしょうか？

一応実験の手順も載せておきます．

試験管に硫酸銅水溶液を 2 ml とりアンモニア水を 1，2 滴加える
の沈殿物が溶けるまでアンモニア水を加える

別の試験管に硫酸銅水溶液を 2 ml とり，硝酸バリウムを 1，2 滴加える

回答 銅イオンと硫酸イオンが含まれていること，すなわち硫酸銅であることの確認だと思います．青色？の水酸化銅？などの沈殿を生じます．水酸化銅？などの沈殿が溶解し，濃青色の銅アンモニウム錯イオンを生じます．硫酸バリウムの白色沈殿を生じます．

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：ればーと 日時：2003年06月24日 20時38分

どうもありがとうございました

名前：酸と塩基 日時：2003年05月29日 22時26分03秒

高校化学の酸と塩基なんですけど、硫酸ナトリウムは強酸の塩だと書いてありました。これは、硫酸ナトリウムのナトリウムをHで置換したら硫酸になるから、強酸の塩だと言う意味なんですか？だとしたら、硫酸ナトリウムの硫酸の部分をOHで置換すると、水酸化ナトリウムになるから、強塩基の塩ということにもなりませんか？もしかしたら根本的に間違っているのかもしれませんが、真剣に分からないので教えて下さい。

名前：芦田 実 日時：2003年06月02日 17時25分

酸と塩基 様

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

質問35 高校化学の酸と塩基なんですけど、硫酸ナトリウムは強酸の塩だと書いてありました。これは、硫酸ナトリウムのナトリウムイオンを水素イオンで置換したら硫酸になるから、強酸の塩だと言う意味なんですか？だとしたら、硫酸ナトリウムの硫酸イオンの部分を水酸化物イオンで置換すると、水酸化ナトリウムになるから、強塩基の塩ということにもなりませんか？

回答 質問されているとおりで、合っていると思います。酸と塩基を混合すると水と塩ができるという中和現象からきた言葉だと思います。すなわち、「硫酸ナトリウムは、強酸である硫酸と強塩基である水酸化ナトリウムが中和してできた塩である」という文を縮めたものと考えられます。ゆえに、より正確には「硫酸ナトリウムは強酸強塩基の塩だ」と言うべきでしょう。したがって、言葉の定義や分類の問題だと思います。なお、硫酸ナトリウムの工業的製法は必ずしも、上の中和反応を利用しているとは限りません。

強酸強塩基の塩は、水に溶かすと強酸と強塩基がイオンに分かれますが、両方とも水中で安定で加水分解しませんので、水溶液はほぼ中性のままです。その他、強酸と弱塩基からできたものは強酸弱塩基の塩（例：塩化アンモニウム）と言います。水に溶かすと弱塩基が加水分解して、水素イオンを生じて弱い酸性を示します。弱酸と強塩基からできたものは弱酸強塩基の塩（例：酢酸ナトリウム）と言います。水に溶かすと弱酸が加水分解して、水酸化物イオンを生じて弱い塩基性を示します。弱酸と弱塩基からできたものは弱酸弱塩基の塩（例：酢酸アンモニウム）と言います。水に溶かすと弱酸と弱塩基が両方とも加水分解しますが、生じた水素イオンと水酸化物イオンが中和するので、ほぼ中性のままです。

塩の別の分類方法として、正塩、酸性塩、塩基性塩というものがあります。例えば、硫酸と水酸化ナトリウムをモル数の比で1：2に混合しますと、水素イオンと水酸化物イオンが完全に中和しますので、正塩の硫酸ナトリウムができます。モル数の比で1：1に混合しますと、水素イオンが半分残りますので、酸性塩の硫酸水素ナトリウムができます。例えば、塩酸と水酸化カルシウムをモル数の比で1：1に混合しますと、水酸化物イオンが半分残りますので、塩基性塩の塩化水酸化カルシウムができます。すなわち、この分類方法は塩の組成（中和の程度）に基づく定義であり、その水溶液の性質を示すものではありません。例えば、炭酸水素ナトリウムは酸性塩ですが、弱酸強塩基の塩でもありますので、水溶液は弱い塩基性を示します。硫酸水素

ナトリウムは強酸強塩基の塩なので加水分解は起こりませんが，水素イオンが半分残っていますので，これが電離して酸性を示します．

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：酸と塩基 日時：2003年06月02日 18時03分53秒

質問箱に質問をした者です．よく分かりました．どうもありがとうございます．助かりました．自分で考えても分からない時は，また質問させていただきたいと思います．

名前：原田隆寛 日時：2003年05月26日 20時23分29秒

温度に対する溶解度差を利用しないで再結晶させる方法を教えてください

名前：芦田 実 日時：2003年05月28日 14時00分

原田隆寛 様

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

質問34 温度に対する溶解度差を利用しないで再結晶させる方法を教えてください

回答 次の2つの方法があると思います。

方法1 ゆっくりと濃縮する。煮詰め（溶媒を蒸発させ）れば固体が析出します。例えば、塩化ナトリウムの水に対する飽和溶解度は0℃で26%（質量%）、50℃で27%、100℃で28%です。温度差を利用したのではほんの少ししか固体が得られません。昔から煮詰めて食塩を作っています。また、ゴミやホコリが入らないようにして、塩化ナトリウムの飽和水溶液を何日も放置すれば、しだいに水が蒸発して、立方体の結晶が得られます。熱に弱い物質でしたらエバポレーターを使用したり、凍結乾燥法（フリーズドライ）を利用できるかもしれません。その他、イオン交換法や半透膜を用いた逆浸透法が濃縮に利用できるかもしれません。

方法2 ゆっくりと別の溶媒を添加する。最初の溶媒と良く混ぜり合い、溶質がほとんど溶けず、化学反応が起こらないような溶媒を使用します。例えば、塩化ナトリウムのエタノール（エチルアルコール）に対する飽和溶解度は約0.15%です。したがって、塩化ナトリウムの（飽和）水溶液にエタノールを添加しますと、白濁して塩化ナトリウムの固体が析出します。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

名前：松本 日時：2003年05月14日 00時17分55秒

体積64000立方cmで64kgの箱が水中にあるとき，この箱に衝突する水分子の数はどうやって求めるんですか？

名前：芦田 実 日時：2003年05月16日 20時25分

松本 様

必ずしも専門家ではありませんので，不正確な回答もあります．教育学部から公開しているホームページの質問箱とQ & A集にも回答（一部）を載せたいと思います．衝突の意味があいまいで，よく分かりません．2つの場合に分けて，想像を含めて回答致します．

質問33 体積64000立方cmで64kgの箱が水中にあるとき，この箱に衝突する水分子の数はどうやって求めるんですか？

回答 箱の表面を水分子がびっしりと覆う．1層（単分子膜）中の水分子の数を求める．

水分子を球形と仮定すると，酸素原子が球のほぼ中心にきて，水素原子が球の表面にきます．H-O-Hの角度は104.5度で，折れ曲がっています．1つの水分子中の酸素と水素の原子核間の距離は約0.96Å（オングストローム = 10^{-8} cm）です．酸素には，化学結合に使われていない価電子が4個残っていて，2個ずつ組になって（非共有電子対）H-O-Hの角度の広い方に，H-O-H平面に対して斜めに突き出しています．この長さはO-H間の距離よりも少し短いです．球の半径を求めます．水素の原子半径は約0.30Åですので，これの半分が球の半径に含まれると仮定しますと，半径は約1.1Åになります．したがって，水分子1つが箱の表面で占める面積は約 $a = 3.8 \times 10^{-16}$ cm² になります．一方，箱の表面積は $S = 40\text{cm} \times 40\text{cm} \times 6\text{面} = 9600\text{cm}^2$ です．ゆえに，箱の表面を覆う水分子の数は $N = S / a = 2.5 \times 10^{19}$ 個 = 4.2×10^{-5} mol になります．この数は，化学吸着や水和等で水が締められて，水分子がびっしりと並んだと仮定した場合の数であり，最も大きく見積もった場合の数です．

液体の水や固体の氷は，意外に隙間だらけの構造をしています．水1 molの体積は約18cm³ です．水分子の形を立方体であると仮定すると，水分子1つの体積は 3.0×10^{-23} cm³ に，水分子1つの占める面積は 9.6×10^{-16} cm² になります．ゆえに，箱の表面を覆う水分子の数は $N = S / a = 1.0 \times 10^{19}$ 個 = 1.7×10^{-5} mol になります．

固体の氷は，6角形（完全な平面ではありません）の頂点の位置に酸素原子が存在します．水素原子は辺の中央ではなく，辺の長さをほぼ3等分した位置に，どちらかの酸素に偏って存在します．6角形の1辺の長さは約2.95Åです．6角形を並べると，各頂点は3つの6角形に囲まれますので，そこに存在する水分子は3つの6角形に1/3ずつ含まれることになります．したがって，1つの6角形に含まれる水分子の数は1/3の6倍で，2個になります．これから，水分子1つの占める面積を求めますと約 $a = 11 \times 10^{-16}$ cm² になります．ゆえに，箱の表面を覆う水分子の数は $N = S / a = 8.5 \times 10^{18}$ 個 = 1.4×10^{-5} mol になります．この数は，比較的小さく見積もった場合の数です．以上，計算方法を変えて試みましたが，箱の表面を覆う水分子の数はそれ程変わりません． 10^{19} のオーダーだと考えれば良いと思います．

水分子が移動（拡散）してきて，箱の表面に衝突する．単位時間あたりの衝突回数を求める．

分子の運動や速度から単位時間あたりの衝突回数を求める様なことは気体では良く行われています(気体分子運動論, 理想気体の圧力). しかし, 液体ではこの様な取り扱いは, あまり意味がありません. 完全弾性衝突にはならないと考えたほうがよいと思います. 表面に直接衝突する水の層(1層目)では, 衝突したときに表面に捕まえられて, そこにしばらく滞在してから, 逃げ出していくというイメージです. 比較的滞在時間の長いものには, 化学吸着や水和現象等があると思います. 滞在時間の比較的短いものには, 分子間力による物理吸着等があると思います. これらの現象は箱の材質(化学物質), 表面形状(表面の極微少な凹凸等), 表面状態(さび, 油性の汚れ等)によって大きく変化します. また, イオンの吸着など何らかの原因で表面が帯電(電気二重層)しますと, 電氣的引力や斥力が働き, 表面付近で極性分子の速度そのものが加速されたり, 減速されたりすることがあります.

吸着水や水和水に衝突する2層目およびそれ以降では, 表面から離れるにつれて表面の影響が急激に小さくなり, 比較的単純な衝突現象になっていくと思います. しかし, 表面に直接衝突していないので, 衝突回数にカウントするかどうかは別問題です. 要するに衝突の定義がどうなっているか, どこまでミクロに考えるかで話が変わります. ご質問の様な, 単なる一般論では話ができなくなります.

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：高木 真弥 日時：2003年05月10日 21時23分41秒

硫黄と鉄を混ぜて、加熱しても磁石によって分離しにくいのは何故ですか？

名前：芦田 実 日時：2003年05月16日 11時00分

高木 真弥 様

必ずしも専門家ではありませんし、実験して確かめたわけでもありませんので、不正確な回答もあります。教育学部から公開しているホームページの質問箱とQ & A集にも回答（一部）を載せたいと思います。何と何を分離したいのか、その目的物質が書いてありませんので、質問の意味がよく分かりません。いくつかの場合に分けて、想像で回答致します。

質問32 イオウと鉄を混ぜて、加熱しても磁石によって分離しにくいのは何故ですか？

回答 最初に混ぜたイオウと鉄を分離したい場合

イオウと鉄を混ぜただけなら、鉄（強磁性）が磁石に付き、イオウ（反磁性？）は磁石に付きませんので、分離できると思います。しかし、加熱しますと、イオウ（白色～黄色）と鉄（金属光沢）が化学反応（合体変身）して硫化鉄（黒色）ができます。新しい1つの化学物質（化合物）になりますので、磁石で分離（分解）することはできません。イオウ原子と鉄原子の化合割合（Fe：S）によって、硫化鉄（ FeS ）の磁性（磁石に対する性質）は反強磁性（1：1～0.9：1、磁石に付かない）～フェリ磁性（0.9：1～0.86：1、強磁性よりも弱い、磁石に付く）と変化するそうです。硫化鉄（ FeS ）Fe：S=2：3（黒色粉末）の磁性はよく分かりませんが、たぶん磁石に付かないと思います。なお、この反応は固体同士の反応でもあり時間がかかりますので、粒子表面は硫化鉄になっても、内部にまだ鉄（またはイオウ）が残っている可能性もあります。鉄が残っていれば強磁性を示し、磁石に付くと思います。さらに、この反応は粒子同士の接触部分（表面）で起こりますので、生成した硫化鉄によってイオウ粒子と鉄粒子がくっつけられる様な効果も考えられます。いずれにしても、イオウと鉄を分離することは難しいと思います。

反応物のイオウや鉄と生成物の硫化鉄を分離したい場合

上で述べましたように、反応が完全に終わらずに、粒子内部に反応物のイオウ（磁石に付かない）や鉄（磁石に付く）が残っている可能性があります。また、最初にイオウと鉄を混合する割合が悪くて、どちらか一方が余って残っている可能性があります。やはり、上で述べましたように、硫化鉄の磁性はFeとSの割合によって変化し、磁石に付く場合と付かない場合があります。さらに、FeとSの割合が様々の硫化鉄が混ざって生成している可能性があります。幾つかのケースが考えられますが、反応物と生成物を磁石で完全に分離することは難しいと思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座

芦田 実

2. 平成14年度の質問と回答

教育学部のサーバーを利用してH14年4月より、埼玉大学教育学部化学研究室のホームページをインターネットに公開し、その中に質問箱を設けた。また、H15年3月始めより学外のサーバーからも、自分で管理・編集できるホームページを公開できることになり、今後は学内のホームページと同様に充実させていく。H14年度(2月末まで)に21件(12名)の質問があった(H13年度は10件(5名))。できる限り速やかに平易な言葉で回答(e-mail)し、質問の回答も公開した(ホームページ)。質問内容としては、光の吸収と反射(色と光)、溶解現象と溶解度、電子殻・電子式と分子の形、イオン化エネルギー(電子親和力)、イオンと酸塩基の中和などの小学校～高校程度の素朴な疑問が多い。他に、局部電池など高校までの知識では説明できない現象、大学の講義や実験に関すると思われる質問もあった。

平成14年度に質問箱に寄せられた質問とそれに対する回答を、新しいものから古いものへの順序で以下に記載する。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。

名前：時枝 純司 日時：2003年02月08日 03時50分

こんにちは、化学の質問をしたいのですがよろしいでしょうか？
benzylethyl etherを合成したいのですが、

benzyl chloride(chloromethylbenzene) + potassium ethoxide in EtOH
iodoethane + potassium phenylmethoxide in benzyl alcohol
の2つの合成方法のうち、より優れている方を教えてください。

あと、同じ常温程度の条件で、2-butanolに対し、potassium methoxideないしpotassium tert-butoxideを反応させたところ、前者ではS_N2反応が、後者ではE₂反応が優先した理由を教えてください。解答お願いします。

名前：芦田 実 日時：2003年02月13日 13時31分

時枝 純司 様

このホームページは無機化学系(または物理化学系)の研究室で作っています。この質問は理工系の大学生程度の高度な内容であり、守備範囲をかなり超えています。一応、想像を含めて回答しますが、不正確で誤りを含んでいる可能性があります。もっと正確なことや詳しいことが知りたければ、有機化学の専門家に質問して下さい。なお、質問の原文中に英語のスペルミスや空白を入れるべき箇所が多数みられます(このホームページの質問と回答では修正済みです)。

教育学部やe-sensei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30 benzylethyl etherを合成したいのですが、

benzyl chloride + potassium ethoxide in ethanol
iodoethane + potassium phenylmethoxide in benzyl alcohol
の2つの合成方法のうち、より優れている方を教えてください。

回答 これらの化学物質の市販品の性質、純度、沸点は

benzyl chloride 毒性、純度不明、179
potassium ethoxide 粉末、95%

ethanol 99% , 78

iodoethane 98% , 72

potassium phenylmethoxide 市販品はないが , 金属 K を使えば簡単に作れる

benzyl alcohol 有害 , 99% , 205

と でbenzylethyl etherの収率がどちらが良いかは , 実験してみないと分かりません . 溶媒の効果も違うと思います .

iodoethaneよりもbenzyl chlorideのほうが反応性に富んでいるそうなので , 反応時間 (速度) を重視するなら だ と思います .

benzyl chlorideは市販されていますが , 純度が不明です . トルエンを塩素化して作るようですが , 混合物であるか , 不安定で反応性が大きい (劣化しやすい) か , どちらかだ と思います . ゆえに , 純度を重視するなら だ と思います .

dibenzyl etherの沸点は296 でdiethyl etherの沸点は35 ですから , benzylethyl etherの沸点はそれらの中間あたりになると思います . アルコキシドは固体なので , その沸点はかなり高いと考えられます . ゆえに , 生成物の単離を重視するなら , 分留が可能で , 早い だ と思います .

廃液処理を重視するなら , 比較的 안전한 potassium ethoxideとethanolが残る だ と思います .

比較的少量の反応物benzyl chlorideの毒性と多量の溶媒benzyl alcoholの有害性 (毒性より弱い) は , 安全性の面からどちらが良いか判断が難しいところです .

どちらが優れているかとの質問ですが , その重視する基準が不明です . 以上のことより自分で判断して下さい .

質問31 同じ常温程度の条件で , 2-butanolに対し , potassium methoxideないしpotassium tert-butoxideを反応させたところ , 前者ではS_N2反応が , 後者ではE₂反応が優先した理由を教えてください .

回答 この求核置換反応S_N2では , 2-butanolのOH基の裏側 (メチル基 , エチル基 , 水素のある方) から置換基が近づくと考えられます . methoxideは比較的小さいので , その酸素が , 2-butanolのOH基の結合している炭素まで近づけると考えられます . しかし , tert-butoxideは比較的大きいので , 近づけなかったものと考えられます . すなわち , 2-butanolのメチル基 , エチル基 , 水素とtert-butoxideの3つのメチル基の間の立体障害が大きいことが原因と思います . そこで , 位の水素 (OH基の結合している炭素の隣の炭素に結合している水素) に脱離反応E₂したものと思います .

S_N2反応やE₂反応は , 有機化学の本ならどれにでも図解入りで載っていると思いますので , 詳細はそれらをご覧ください .

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：鳩ヶ谷市立辻小学校《木下》 日時：2003年01月09日 17時08分27秒

芦田 先生

お久しぶりです。卒研究生の木下です。突然ですが、子ども達から（小学生）磁石の学習で素朴な質問がありましたので、送らせて頂きます。

質問1．なぜ、磁石は鉄に反応するの？

質問2．なぜ磁石の磁力は弱くなってしまふの？

質問3．磁石はどうやって人に発見されたのか？

以上の3問です。少し化学とは離れるかもしれませんが回答をお待ちしています！よろしくお願いします。

名前：芦田 実 日時：2003年01月14日 18時10分

木下 様

小学校の先生はどうか。元気にやっていることと思います。木下さんが卒業された後、少し教員採用状況が良くなりました。私の研究室では、ここ2年間、卒業生を含めて5人と6人、計11人合格しています。今回初めて、不合格になった人のほうが少なくなりました。

質問の件ですが専門家ではありませんので、不正確な回答もあります。e-senseiから公開しているホームページ（近いうちに改訂する予定）の掲示板にも回答（一部）を載せたいと思います。

質問27 なぜ、磁石は鉄に反応するの？

回答 鉄（強磁性体）を磁石に近づけると、鉄が磁石になる（磁化が誘起される、変身）ためだと思います。2つの磁石を近づけると、N極とS極が引き合う現象と同じだと思います。すぐに磁石から離せば、鉄は再び磁石ではなくなります（可逆的な磁化）。なお、鉄を長時間磁石につけたままにしたり、強力な磁場の中に入れば、永久磁石になります（磁化が残ります）。

鉄は小さな磁石（0.01～0.1mm程度の磁区）の集まりだそうです。しかし、全体として磁力がでない理由は、隣り合う磁区が反対方向を向いていて、磁化を互いに打ち消し合っているためだそうです。磁場をかけると磁場と同方向に磁化した磁区が反対方向の磁区を食って成長し（磁区の境界である磁壁が移動する）、磁石になるそうです（磁区の整列。休み時間中に子供は勝手な方向を向いていますが、授業中は先生の方を向かされています。少し似てるかも。）

質問28 なぜ磁石の磁力は弱くなってしまふの？

回答 磁石の力がエネルギーの一種だと考えれば良いのではないのでしょうか。磁石が鉄を磁化するためにエネルギーを使ったので弱くなった（仕事をしたので疲れた）ものと考えられます。人間がご飯を食べるように、磁石が自然に（自分で）エネルギーを補給することはありません。磁石の使い方によってエネルギーが減少する速度は異なるでしょうが、エネルギーは減る一方だと思います。

何もしなくても、ゆっくりと自然に弱くなっていくと思われそうです。外部からの磁場がないとき、強磁性体結晶が磁区に分かれるのは、そうなった方がエネルギー的に低くなる（安定）からだそうです。大きな1つの磁区からできている場合には、表面に生じた磁荷のため磁性体内部で磁場と磁化の方向が逆になり、これらの相互作用のエネルギーがかなり大きいのだそうです。

反対方向に磁化した磁区に分かれると、表面での磁荷の影響が互いに打ち消し合うため、内部の磁場がずっと弱くなり、磁場と磁化の相互作用のエネルギーも小さくなるそうです。磁石をしまうとき、磁石同士をくっつけたり、鉄片をつけたりするのも、弱くなることを少しでも防ぐためだと思います。自然界で自発的に起こる変化の方向は、全体としてエネルギーの低くなる方向だけです。しかし、磁区に分かれるためにも余分のエネルギーが少しありますので、磁石の力は非常にゆっくり弱くなっていく（磁区に分かれていく）のだと思います。

磁石の力は温度によっても変わるそうです。温度が高くなる（キュリー点に近づく）ほど、弱まる速度が大きくなると思います。

質問29 磁石はどうやって人に発見されたのか？

回答 単なる偶然だと思います。磁鉄鉱 Fe_3O_4 が鉄を引きつけるということは、すでに紀元前800年にギリシャの書物に記されているそうです。想像ですが、人間が鉄を使い始めたころに発見されたのではないかと思います。そんな昔のことは、調べる方法がありません。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：無機化学 日時：2003年01月09日 13時59分

どのような化学構造の分子が可視光線を吸収するか，理由も含めて系統的に教えてもらいたいのですが・・・

名前：無機化学 日時：2003年01月09日 14時10分

先ほど書き込んだ「無機化学」ですけど後一つ，どうしてもわからないので教えてもらいたいのですが，二酸化炭素が直鎖状分子になる理由を教えてください．できれば今日中に 2302010@sjg.gr.jp の方に返事お願いいたします．難しければ，始めに聞いた方だけでもいいのでお願いいたします．

名前：芦田 実 日時：2003年01月11日 17時11分

無機化学 様

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

質問25 どのような化学構造の分子が可視光線を吸収するか，理由も含めて系統的に教えてもらいたいのですが・・・

回答 光と吸収，色と補色（余色）についての詳細は質問15，5，4の回答をご覧ください．また，分光学的な理論等の詳細については，たとえば下記をご覧ください．

<http://eac01.hept.himeji-tech.ac.jp/eac/ea/photometry/photometry.htm>

せん移元素の化合物（錯体）には有色のものが多くあります．これは可視光の一部を吸収していることを意味します．dせん移金属では，5つのd軌道（ d_{xy} ， d_{xz} ， d_{yz} ， $d_{x^2-y^2}$ ， d_{z^2} ）のエネルギー準位（大きさ）は元々はどれも同じです．しかし，他の化学物質が配位結合して錯体ができると，配位子の影響によって金属のd軌道が，エネルギーの異なる2つの軌道に分かれます（配位子場分裂，d軌道分裂）．エネルギーの低い方のd軌道にいる電子は，比較的小さなエネルギーの光，すなわち可視光を吸収して，空いている高い方のd*軌道に移ることができます（d-d*せん移）．そして，吸収されなかった波長の光が透過または反射して，人はその光を色として見ることとなります．この場合には，中心の金属イオンと配位子の種類によって色が変わります．

有機化合物の中にも有色のものがああります．色素・染料といわれるもの，共役2重結合をもつ大きな分子，アゾ基-N=N-をもつ化合物などです．これらの化学物質でも可視光を吸収して，電子がせん移できます．たとえば，結合性の軌道から反結合性の*軌道への - *せん移などです．

その他に，光の吸収の原因として電荷移動スペクトルというものがあるそうです．たとえば，ヨウ素は4塩化炭素のような電子をもたない溶媒に溶かしたときは紫色で，ヨウ素蒸気の色と同じで，溶媒と相互作用をしていますが，電子をもつベンゼンにヨウ素を溶かすと褐色になります．相互作用（極弱い結合）をしたために電子のエネルギー状態が変わって - *せん移のような現象が起こるのだそうです．

質問26 どうしてもわからないので教えてもらいたいのですが，二酸化炭素が直鎖状分子になる理由を教えてください．

回答 電子軌道等については質問14, 13, 11, 5の回答もご覧下さい。質問に直鎖状とありますが, 二酸化炭素の分子は $O = C = O$ が直線上になっており, 炭化水素の直鎖のように約109度の角度で(ジグザグに, 連続的に)結合したものではありません。

酸素原子Oは, 基底状態で外側の2s軌道に2個の電子, 3つの2p軌道に4個(2個, 1個, 1個, 電子が1つずつ入ったほうが安定)の電子を持っています。1つの軌道に電子が2個まで入れますので, 2つの2p軌道に空きがあります。ここを利用して他の原子等と最大2つの化学結合(共有結合)を作ることができます。共有結合では互いに電子を1つずつ出し合っただけで化学結合を作りますので, 1つの化学結合に使われている2個の電子は両方の原子に属することになります。

炭素原子Cは, 基底状態で外側の2s軌道に2個の電子, 3つの2p軌道に2個(1個, 1個, 0個)の電子を持っています。

二酸化炭素 $O = C = O$ はsp混成軌道で結合しています。最初に3つの原子がバラバラのところから説明します。炭素原子の2s軌道の電子1つが, 電子が入っていない2p軌道に移ります(昇位)。なお, 話が複雑になりますので, エネルギーの吸収や放出については省略します。2s軌道に1つの空き, 2p軌道に3つの空きができ, 他の原子等と最大4つの化学結合を作ることができるようになります。

炭素原子の2s軌道と1つの2p軌道が混ざり合い, 新しい等価な2つの混成軌道ができます。この2つの混成軌道が2つの酸素原子と互いに電子を出し合っただけで化学結合を作ります。この結合は結合力の強い結合です。さらに, 炭素原子に残った2つの電子と2つの酸素原子に残った1つずつの電子が弱い結合を2つ作ります(2重結合)。

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ます。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, 主に化学結合に使われていない孤立電子対と強い結合です。中央の炭素原子を見ると2つの結合だけがありますので, それらが最も離れた形, すなわち直線状になります。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：James Spader 日時：2002年11月23日 18時07分

とても単純な疑問です．溶けるというのはどういうことでしょうか？例えば水に砂糖を溶かすと砂糖は見えなくなるのですが，どういう変化がおきているのでしょうか？また，砂糖はお湯には溶けやすいのに，水には溶けにくいというのはどうしてでしょうか？ヨーグルトについてくる砂糖はどうしてすぐ溶けるのでしょうか？何かを何かを溶かすと別の何かができたり，できなかつたりするのですが，この違いは为什么呢？わかりません．教えてください．

名前：芦田 実 日時：2002年12月01日 13時32分

James Spader 様

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

質問21 溶けるというのはどういうことでしょうか？例えば水に砂糖を溶かすと砂糖は見えなくなるのですが，どういう変化がおきているのでしょうか？

回答 水中に分子のレベルで砂糖が均一に分散しています．分子は非常に小さいので目には見えなくなります．砂糖の分子内には水酸化物基（OH基）が多数存在します．水分子内の水酸化物基（OH基）と物理的性質や化学的性質が似たところがあります．両方とも極性を持っています（似たもの同士）ので，砂糖は水に良く溶けます．すなわち，水の分子が砂糖の分子を取り囲んだ水和現象や水素結合（分子間の水素原子と酸素原子の間の弱い結合）が起こって安定化していると思います．

白色粉末の砂糖が水に溶けると無色透明になるのは，白色はもともと色ではないからです．氷砂糖は無色透明です．粉砂糖も顕微鏡で拡大すれば，無色透明の粒が見えます（詳細は以前の質問4の回答をご覧ください）．

質問22 砂糖はお湯には溶けやすいのに，水には溶けにくいというのはどうしてでしょうか？

回答 温度が上がるということは，分子の持つエネルギーが増えるということです．分子運動などが激しくなり，拡散・分散しやすくなりますので，お湯のほうが溶解速度が大きくなります．また，分子運動などが激しくなるほど固体が析出しにくくなりますので，砂糖の水に対する飽和溶解度が大きくなります．実際の濃度が飽和溶解度よりも小さければ小さいほど，溶解速度が大きくなります．これら2つの効果でお湯のほうが溶かしやすくなります．

質問23 ヨーグルトについてくる砂糖はどうしてすぐ溶けるのでしょうか？

回答 想像ですが，グラニュー糖（高純度の粒状の砂糖）を砕いて粉末にしたもの，またはその粉末をさらに顆粒状に固めたもの（顆粒状糖？）と思います．一般に砂糖といっても，原料や製法により多種類に分かれるようです．これらの分類や製造方法の詳細は専門外なのでよく分かりません．インターネット等で調べてみて下さい．

顆粒状糖は多孔質（粉末の微粒子と微粒子をくっつけた形なので1つの粒を拡大して見ると，小さい孔や隙間がいっぱいある）なので孔や隙間に水が浸み込み易くなっています．少し溶けると，顆粒がバラバラに分かれ再び微粒子になりますので，さらに溶けやすくなるものと思います．

溶解現象は固体の表面で起こりますので、固体を砕いて表面積を増加させれば、溶解速度が大きくなります。また、かき混ぜたほうが速く溶けます。かき混ぜないと、表面付近の砂糖の局部的な濃度が大きくなり、一度溶けた分子が表面に再び析出する現象も少し起こると思います。ゆえに、かき混ぜることによって、溶解した砂糖分子が表面付近から離れる拡散現象を促進させてやれば、さらに溶解速度が大きくなります。

質問24 何かを何かを溶かすと別の何かができたり、できなかつたりするのですが、この違いは为什么呢？

回答 溶解現象には2種類あります。化学反応を伴う場合と伴わない場合です。例えば、塩化ナトリウム（イオン性の結晶）を水に溶かす場合には、化学反応を伴いません。イオンの周りを水分子が取り囲む水和現象が起こり、水和したイオンが安定なため塩化ナトリウムの固体が水に溶けます。したがって、水を蒸発させれば再び塩化ナトリウムの固体が析出します。鉄粉を水に入れても、溶けません（化学反応が起こりません）。ろ過などで水を取り除けば、鉄粉が回収できます。鉄粉を希塩酸に入れると、溶けて塩化鉄ができ、水素が発生します。この場合には化学反応が起こって、別の物質に変化しています。したがって、希塩酸（水と塩化水素）を蒸発させても、金属の鉄は得られません。塩化鉄が残るか、またはそれがさらに加水分解した水酸化鉄や酸化鉄が残ると思います。

化学反応が自発的に起こるか起こらないかは、反応物と反応中間体（活性体）の間のエネルギー差および反応中間体（活性体）と生成物の間のエネルギー差の大小の問題だと思います。エネルギー差が2つとも大きい場合には反応が起こり難くなります。2つのエネルギー差に大小がある場合には、生成物のエネルギー差の方が大きい場合に反応が進みます。反応熱や自由エネルギー準位図など難しい話になりますので、詳しいことは省略します。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：masaya.makita 日時：2002年11月19日 16時22分

はじめまして，大阪の牧田と申します．理科・希釈・実験・薬品等で色々検索しました結果，こちらのページにヒット致しましたのでメール致しました．お忙しいところ宜しくお願い致します．趣旨が少し違うかも知れませんが，ご存じでしたらお教えてください．

青森ヒバ油を利用した除菌・抗菌液を自身で作りたいと思いますが，どうしても白く濁り困っています…(-_-;) 無色透明度を出すにはどうしたらよいでしょうか？何か良い方法は無いでしょうか？現在，私が試している方法は以下の通りです．

無水エタノールで青森ヒバ油をまず希釈致します．無水エタノールが5 m l に対しまして青森ヒバ油が1 m l の割合です．(この時点では無色透明です)その後，精製水を無水エタノールの94 m l 加えています．(合計100 m l) 精製水を入れた瞬間から白濁してしまいます．かき混ぜても，かき混ぜても白く濁ってしまいます…

何せ素人なのでさっぱり分からず悪戦苦闘している次第です．化学薬品は一切使わず作りたいと思います．是非共，アドバイス宜しくお願い致します．

牧田

名前：芦田 実 日時：2002年11月22日 18時52分

牧田 様

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．e - s e n s e i および教育学部から公開しているホームページの質問箱とQ & A 集にも回答(一部)を載せたいと思います．

質問20 青森ヒバ油を利用した除菌・抗菌液を自身で作りたいと思いますが，どうしても白く濁り困っています…(-_-;) 無色透明度を出すにはどうしたらよいでしょうか？何か良い方法は無いでしょうか？現在，私が試している方法は以下の通りです．

無水エタノールで青森ヒバ油をまず希釈致します．無水エタノールが5 m l に対しまして青森ヒバ油が1 m l の割合です．(この時点では無色透明です)その後，精製水を無水エタノールの94 m l 加えています．(合計100 m l) 精製水を入れた瞬間から白濁してしまいます．かき混ぜても，かき混ぜても白く濁ってしまいます…

回答 水と油というたとえがあるように，これらは溶け合いません(混ざりません)．化学薬品を一切使わずに除菌・抗菌液を作りたいということですが，私の感覚ではエタノールも精製水もりっぱな化学薬品です．また，それらの純度に依じて不純物が含まれています．

油1 m l とエタノール5 m l の場合には無色透明になることから，油がエタノールに溶けているようです．これに精製水94 m l を加えると白く濁ると言うことですが，少量のためエタノールの溶媒効果がなくなって，油の微粒子が水中に分散したためだと思います．飽和溶解度以上の油が含まれているためです．いくらかき混ぜても溶けないと思います．このまま放置すれば，水と油が2層に分離すると思います．

原理的に言って，ほとんど方法がないと思います．強いて言えば，次のような方法が考えられます．しかし，いずれの方法も使用目的にあうかどうかは分かりません．

方法1 他の薬品を加えない場合には、水に対するエタノールの割合を増やしていく方法が考えられます。エタノールと水の混合溶媒にすれば、油が溶けるようになると思います。エタノールの殺菌効果のほうが強くなって、意味がなくなるかも知れません。

方法2 界面活性剤を添加する方法が考えられます。エタノールは不要になると思います。界面活性剤は多くの種類があり、陽イオン性界面活性剤、陰イオン性界面活性剤、非イオン性界面活性剤に分類されます。不純物に注意して下さい。何がよいかは実験してみないと分かりません。塩析を考慮するならば、非イオン性界面活性剤が良いと思います。

方法3 上の方法2と似ていますが、ポリビニルアルコール（例：和光純薬工業製、重合度2000、ケン化率80%）などを添加する方法が考えられます。エタノールは不要になると思います。少し粘つくようになるかも知れません。ポリビニルアルコールは精製（例：円筒口紙に入れソックスレー抽出装置を使ってメタノール中に不純物を除去、105で乾燥）する必要があるかも知れません。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：masaya.makita 日時：2002年11月22日 23時37分

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実 様

突然のメールに対し速やかな対応に感謝致します。早速本題ですが、白濁が無色透明になるというのは厳しそうです(-_-;)様々の方からアドバイスを頂きましたが今のところは解決法は見当たりません。かき混ぜても、かき混ぜても白く濁ってしまいます・・・何せ素人なのでさっぱり分からず悪戦苦闘している次第です。やはり見た目は溶け込んでいても実際は分離しているのですね。どこかのタイミングで界面活性剤を活用しなくてはいけないとメーカーに問い合わせを致しました。しかし、界面活性剤の種類が無限大に有ることを知り尚更分からなくなりました。

エタノールも精製水もりっぱな化学薬品です。冷静に考えますとその通りだと私も思います。

e - s e n s e i および教育学部から公開しているホームページの質問箱とQ & A集にも回答（一部）を載せたいと思います。アドレスが見当たりませんので、宜しければ送って頂けますでしょうか？度々申し訳ございません。

牧田

名前：くんじゅあん 日時：2002年09月30日 15時12分

娘に聞かれているのですが判りません．もし差し支えなければ教えていただけませんか．よろしくお願いします．

NaとClがイオン結合によってできる化合物について次の問いに答えよ．ただし気体定数を $0.082 \text{ atm}\cdot\text{l}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ としこの物質は希釈水溶液中で完全に電離しているとする．(1)ヒトの血液の浸透圧は37℃で 7.5 atm である．この血液中の溶解モル濃度はいくらか．(2)血液と同じ浸透圧を示すこの物質の水溶液のモル濃度はいくらか．

という問題です！問題を写すだけで私の頭は限界です！よろしくお願いします！

名前：芦田 実 日時：2002年09月30日 20時15分

くんじゅあん 様

必ずしも専門家ではありませんので，不正確な回答もあります．教育学部から公開しているホームページの質問箱とQ & A集にも回答（一部）を載せたいと思います．質問の(1)と(2)の違いが良く分かりませんので，想像を含めて回答します．

質問19 NaとClがイオン結合によってできる化合物について次の問いに答えよ．ただし気体定数を $0.082 \text{ atm}\cdot\text{l}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ としこの物質は希釈水溶液中で完全に電離しているとする．(1)ヒトの血液の浸透圧は37℃で 7.5 atm である．この血液中の溶解モル濃度はいくらか．(2)血液と同じ浸透圧を示すこの物質の水溶液のモル濃度はいくらか．

回答 希薄溶液に関する幾つかの法則の中に，浸透圧についてのファントホッフの法則というものがあります．純粋な溶媒（水）と（水）溶液を半透膜で仕切った場合に，半透膜を通して溶媒（水）が溶液中へ浸透するのを防ぐには，溶液の方に余分の圧力を加えなければなりません．この圧力を浸透圧といいます．ファントホッフの法則より溶液の浸透圧 π と体積 V ，溶質（NaCl）の全モル数 n ，気体定数 R ，絶対温度 T の間には，気体の法則と類似した関係式が成立します．

$$V = n R T \quad \text{モル濃度 } C = n / V = \pi / (R T)$$

(1) 溶解モル濃度の定義が良く分かりません．無機の陽イオン，陰イオン，その他の有機物のモル濃度の総和だと仮定しますと，

$$C = \pi / (RT) = 7.5 \text{ atm} \div 0.082 \text{ atm}\cdot\text{l}/(\text{mol}\cdot\text{K}) \div (273+37) \text{ K} = 0.30 \text{ mol/l}$$

(2) NaClが希薄水溶液中で完全に電離していると仮定できます．NaイオンもClイオンも両方とも浸透圧に寄与します．言い換えると，NaClとしてのモル濃度 $[\text{NaCl}]$ の2倍（Naイオンのモル濃度 $[\text{Na}^+]$ とClイオンのモル濃度 $[\text{Cl}^-]$ の和）が浸透圧と関係します．

$$C = [\text{Na}^+] + [\text{Cl}^-] = 2[\text{NaCl}] \quad \text{NaClのモル濃度 } [\text{NaCl}] = C / 2 = 0.15 \text{ mol/l}$$

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：くんじゅあん 日時：2002年10月01日 08時48分

芦田さま

早速にお答えくださり，本当にありがとうございました．助かりました．まずはお礼のみにて失礼します．

吉村 拝

名前：岸本 博文 日時：2002年09月14日 22時49分

恐縮ですが、化学が苦手なので教えて頂きたいのですが、電解水をよう素滴定法を用いて分析するのですが、原理が解りません。分析操作は、試料(電解水)によう化カリウムと酢酸を加え暗所に放置後、チオ硫酸ナトリウムにて滴定し黄色くなったらでんぷんを数滴加えてさらに滴定し、無色になったら終点。お願いします。

名前：芦田 実 日時：2002年09月19日 11時38分

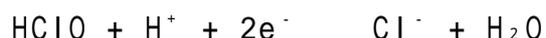
岸本 博文 様

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

質問17 電解水をよう素滴定法を用いて分析するのですが、原理が解りません。分析操作は、試料(電解水)によう化カリウムと酢酸を加え暗所に放置後、チオ硫酸ナトリウムにて滴定し黄色くなったらでんぷんを数滴加えてさらに滴定し、無色になったら終点。

回答(修正済み) 電解水の意味や成分がはっきりしません。健康飲料水(例：アルカリイオン水)や金属材料の電解研磨用の電解液なども考えられます。しかし、厚生労働省のホームページ(<http://www.mhlw.go.jp/houdou/0111/h1106-2.html>)の別紙2に記載されている酸性電解水であると仮定して回答します。主成分(最も多量にある成分)とは限りませんが、分析目的の成分は次亜塩素酸HClOです。

無色の酢酸はpHの調節や反応速度の調節のために加えられていて、他の薬品とは化学反応しないと考えられます。無色の次亜塩素酸HClOに無色のヨウ化カリウムKIを大過剰に加えますので、次亜塩素酸HClOが全部完全に無色の塩素イオンCl⁻に変化し、その2倍の数のヨウ素イオンI⁻が褐色のヨウ素分子I₂に変化します。すなわち、酸化還元反応による電子e⁻の放出数と受け取り数が等しくなります。



ここで、上の反応は必ず同時に起こりますので、両辺をそれぞれたして、反応に関係しない化学種を補いますと



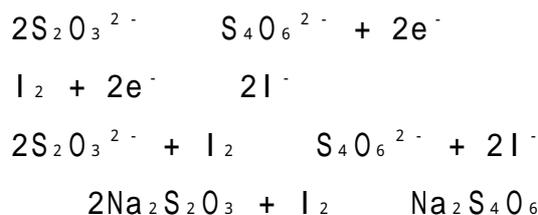
なお、酢酸CH₃COOHとヨウ化カリウムKIは過剰にありましたので、多量に残っています。また、厳密にはヨウ素分子I₂は残存しているヨウ素イオンI⁻と結合してI₃⁻の形で水中に安定に溶けています。



暗所に放置するのは、生成したヨウ素分子が光エネルギーを吸収して反応したり、分解するのを防ぐためだと、ヨウ素分子が生成する反応が少し遅いため、完全に反応が終わるのを待つためだと思います。

続いて、褐色のヨウ素分子I₂と無色のチオ硫酸ナトリウムNa₂S₂O₃を反応させますと、ヨウ素分子I₂が無色のヨウ素イオンI⁻に還元されます。ヨウ素分

子の濃度が小さくなっていきますので，溶液の色が褐色から黄色に薄くなっていきます．



ちょうど反応が終了した点で完全に無色になるはずですが，しかし，淡黄色から無色の変化は判別し難いので，指示薬としてデンプンを加えます（上の反応には直接関係しません）．ヨウ素 - デンプン反応は非常に鋭敏ですので，淡黄色のような微量のヨウ素でも濃い紫色になり，紫色から無色の変化として上の反応の終点がはっきり分かるようになります．なお，ヨウ素 - デンプン反応は普通の化学反応ではありません．デンプンの分子の中にヨウ素分子が高速に出入りしているだけです．入り込んだときに黄色から濃い紫色に変色します．

以上をまとめますと，次亜塩素酸とチオ硫酸ナトリウムは直接には定量的にうまく反応しないため，ヨウ化カリウムを媒介させて逆滴定しています（ヨウ素滴定）．デンプンは指示薬として，酢酸はpH調節のため添加していると思います．

反応に関与する電子数より，次亜塩素酸 1 分子とチオ硫酸ナトリウム 2 分子の割合で反応することになります．滴定に使用した既知濃度のチオ硫酸ナトリウムの体積とモル濃度を V (ml) と C (mol/l) とします．最初に分取した未知濃度の次亜塩素酸の体積とモル濃度を V' (ml) と C' (mol/l) すると

$$2C'V' = CV \quad C' = CV / (2V')$$

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：岸本 博文 日時：2002年09月21日 01時29分

先日はよう素滴定の分析の解説をして頂きありがとうございました．事細かく解説していただいたので，よく解りました(^o^). つきましては，また新たに教えて頂きたいのですが，キレート滴定法で行う硬度分析なのですが．

< 全硬度 > 分析操作

試料に塩化アンモニウム - アンモニア緩衝液にてpH10になるまで添加し，その後エリオクロムブラック T 指示薬を数滴入れ，EDTAにて溶液が赤紫色から青色になるまで滴定する．

< Ca 硬度 > 分析操作

試料に水酸化カリウムにてpH12になるまで添加し，その後NN粉末指示薬を少量入れ，EDTAにて溶液が赤紫色から青色になるまで滴定する．

以上，上記分析について教えてもらえますか．お願いします m(__)m .

名前：芦田 実 日時：2002年09月22日 14時50分

岸本 博文 様

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

質問18 キレート滴定法で行う硬度分析なのですが。

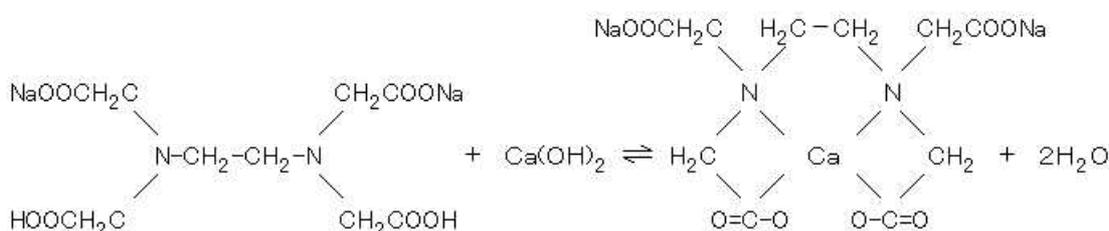
<全硬度>分析操作

試料に塩化アンモニウム - アンモニア緩衝液をpH10になるまで添加し，その後エリオクロムブラックT指示薬を数滴入れ，EDTAにて溶液が赤紫色から青色になるまで滴定する。

<Ca硬度>分析操作

試料に水酸化カリウムをpH12になるまで添加し，その後NN粉末指示薬を少量入れ，EDTAにて溶液が赤紫色から青色になるまで滴定する。

回答 エチレンジアミン四酢酸(ethylenediaminetetraacetic acid)は水にあまり溶けませんので，普通はこれの2ナトリウム塩(下式の最も左の分子)を使用します。名前が長くなりますので，略してEDTAと呼んでいると思います。ここでも2ナトリウム塩のことをEDTAと呼ぶことにします。EDTAは塩基性溶液中で金属イオンと1:1で結合し，環状構造の錯化合物(キレート，蟹が餌を捕まえたイメージ)を生成します。



上の反応式をもっと正確に言うことにします。ビュレット中ではpH10よりもっと中性に近いので，EDTAは上式の最左の分子のような構造をしています。しかし，上側の塩の部分2つはナトリウムイオン Na^+ とカルボキシルイオン COO^- に電離していると考えられます。pH10やpH12の溶液に滴下されると，下側のカルボキシル基 COOH の部分2つも水素イオン H^+ とカルボキシルイオン COO^- に電離します。水素イオンは直ちに水酸化物イオン OH^- によって中和されます。逆に言うと，平衡反応なのでpHにもよりますが酸性溶液中では，上側のカルボキシルイオン2つもカルボキシル基になり，4つとも電離しないようになりますので，キレートを生成しないと考えられます。

pH10の溶液中ではカルシウムもマグネシウムもイオンの状態(Ca^{2+} と Mg^{2+})で存在しますので，両方ともキレートを生成します(全硬度)。pH12ではマグネシウムは水酸化物 Mg(OH)_2 になり，キレートを生成しないと考えられます(Ca硬度)。さらに強い塩基性ではカルシウムも水酸化物 Ca(OH)_2 になり，キレートを生成しないと予想されます。しかし，EDTAや指示薬がそのような強い塩基にそのまま耐えられるかどうか，そこまでは知りません。

陽イオン(Ca^{2+} や Mg^{2+})の一部がキレートになりきらずに残存している間は，それらが指示薬と結合しますので，赤紫色に呈色します。指示薬がEDTAに陽イオンを全て奪われると，指示薬本来の青色に変わります。滴定の終点の前には，陽イオンと結合した指示薬とフリーな指示薬の両方が存在するため，赤紫色と青色の混合色になります。エリオクロムブラックTとNN粉末を替えるのは，これら指示薬も酸塩基の一種であり，先ほどのEDTAと同様にpHによって陽イオンと結合する強さが変わるからだと思います。

モル濃度の計算方法

陽イオンの価数に関係なく1:1で反応します。滴定に使用した既知濃度のEDTAの体積とモル濃度を $V(\text{ml})$ と $C(\text{mol/l})$ とします。最初に分取した未知濃度の試料の体積とモル濃度を $V'(\text{ml})$ と $C'(\text{mol/l})$ すると

$$C'V' = CV \quad C' = CV/V'$$

水の硬度 (ppm)

水1000 ml (=1000 g)中に存在する Ca^{2+} と Mg^{2+} のモル数の和が、それと同じモル数の炭酸カルシウム CaCO_3 式量100 (g/mol)に換算して1 mg含まれているとき、硬度1度 (CaCO_3 単位で1 ppm)とい言います。モル濃度を硬度に換算すると

$$\text{硬度 (度, mg/kg, ppm)} = C' (\text{mol/kg}) \cdot 100 (\text{g/mol}) \cdot 1000 (\text{mg/g})$$

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：岸本 博文 日時：2002年9月25日 2時22分

回答ありがとうございましたm(_ _)m.よう素滴定およびキレート滴定について教えて頂きありがとうございました。分析手順とかはすぐに覚えられますが、なぜこの薬品が必要なのか？どうしてこんな反応をするのか？原理になるとチンプンカンプンで全然理解できないんです(>_<)。こんなことやったら、学生時代にもっと勉強をしといたらなあって後悔しています(^_^;)。覚えている事は少なく、忘れることは多くなる一方です(*_*)。これからも芦田先生のお力をお借りすると思いますが、どうぞよろしく願いしますm(_ _)m.

名前：富樫 龍治 日時：2002年07月12日 21時36分

電子殻は何故K殻から始まるのですか？教えてください．お願いします．

名前：芦田 実 日時：2002年07月19日 19時31分

富樫 龍治 様

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．近いうちに，教育学部からホームページを公開したときに，回答の一部をQ & A集に載せたいと思います．

質問13 電子殻は何故K殻から始まるのですか？

回答 電子殻は内側からK殻，L殻，M殻，～，Q殻と呼ばれています．なぜK殻から始まるかですが，あまり深い意味はないようです．他の先生から聞いた話ですが，名前を付けるときに，K殻よりも内側にまだ何かあるかどうか分かっていなかったのだそうです．そこで，後から発見されたときに困らないように，アルファベットの中央付近から始めたのだそうです．

余談ですが，K殻には電子が2個だけ入れます．原子核に最も近く，エネルギーが最も小さい軌道なので，球状のs軌道しか許されないためです．次の，L殻はエネルギーが少し大きくなりますので，s軌道が1つと，球を少し押しつぶした（だ円の）ようなp軌道が3つあり，電子が8個まで入れます．p軌道が3つある理由は，球対称でなくなったので方向性が出てきて，x y zのような3方向が立体的に許されるためです．言い換えると，電子軌道はそこに存在する電子の負電荷のために互いに反発しあって，なるべく離れた方向を向こうとしています．バラバラに分解しないのは，原子核の正電荷がクーロン力でつなぎ止めているためです．原子やイオンの電子配置などにご興味がおありならば，関連した内容の参考として，質問11と質問5の回答などもご覧下さい．

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：富樫 龍治 日時：2002年07月28日 12時29分

以前なぜK殻から始まるかという質問をさせて頂いたのですが，ではなぜKなのですか．Jから始まってもいい気がするのですが．教えてください．お願いします．

名前：芦田 実 日時：2002年07月29日 18時17分

富樫 龍治 様

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．

質問16 以前なぜK殻から始まるかという質問をさせて頂いたのですが，ではなぜKなのですか．Jから始まってもいい気がするのですが．

（再掲 質問13 電子殻は何故K殻から始まるのですか？）

回答 7月19日に回答した通りです．たんなる名前ですから，K殻でもJ殻でも何でもよかったのです．それ以上の意味はありません．

しいていえば，これについて最初に学会で発表した人が，あるいは最初に

論文を書いた人が、自分勝手に好きな名前をK殻から始まるように付けたのです。このような場合、一番最初に言った人が勝ちです。その理論などが間違っていない限りは、後の人はその名前を使わざるをえないのです。

人やペットに名前を付けるときも同じです。最初に名前を決めて、その名前で通じるようになったら、たとえその名前が気に入らなくても、後から名前を変えることはほとんどありません。したがって今さら、J殻から始まってもいい気がするといっても、誰も相手にしてくれません。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：吉田卓二 日時：2002年07月19日 09時21分

黒鉛はなぜ黒いのか教えてください．お願いします．

名前：芦田 実 日時：2002年07月20日 12時22分

吉田 卓二 様

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．近いうちに，教育学部からホームページを公開したときに，回答の一部をQ & A集に載せたいと思います．

質問15 黒鉛はなぜ黒いのか教えてください．お願いします．

回答 純粋なダイヤモンドは無色透明です．各炭素原子は4個の炭素原子により正四面体的に取り囲まれた sp^3 混成軌道により結合しています．外殻電子は全て強い共有結合に固定されています．このためにダイヤモンドは硬く，融点が高くなります．

同素体の黒鉛では各炭素原子はまず，3つの電子を使った sp^2 混成軌道により，六角形を連結した（亀の甲羅状の）平面を作ります．この結合は共有結合であり，電子はそこに固定されています．すなわち，ダイヤモンドと同様なので，ここに使われた電子は黒色の原因にはならないと思います．

黒鉛では各炭素原子にまだ電子が1つ残っていますので，これを使って平面を層状に積み上げます．この結合は弱い結合で，結合距離も長く，電子はある程度自由に動き回っています．このために黒鉛は柔らかく，薄くはがれやすく，電気を通しやすくなります．自由であるがために，この電子は種々のエネルギー状態になることが可能だと思います．すなわち，可視領域の波長の光を全て吸収することができるため，黒鉛が黒色になるのだと思います．吸収された光エネルギーは電子の運動エネルギーに変わり，最終的には熱エネルギーに変わって拡散すると思います．

光と色，色とその補色の関係については，質問4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：時沢 吠子 日時：2002年07月14日 18時58分

O_2^- (オーツーマイナス)イオンの0-0結合の強さと O_2^+ (オーツープラス)イオンの0-0結合の強さと O_2 (オーツー)分子の0-0結合の強さについて、それぞれの結合の強さの違いを分子軌道法を使って説明してください。お願いします。

名前：芦田 実 日時：2002年07月19日 22時46分

時沢 吠子 様

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。近いうちに、教育学部からホームページを公開したときに、回答の一部をQ & A集に載せたいと思います。

質問14 O_2^- (オーツーマイナス)イオンの0-0結合の強さと O_2^+ (オーツープラス)イオンの0-0結合の強さと O_2 (オーツー)分子の0-0結合の強さについて、それぞれの結合の強さの違いを分子軌道法を使って説明してください。

回答 (注 下の図1を参照しながら読んで下さい) 酸素原子の基底状態における電子配置は1sに2個, 2sに2個, 2pxに2個, 2pyに1個, 2pzに1個で、合計8個の電子があります。この場合3つの2p軌道はエネルギーが等しいので、2pyまたは2pzに電子2個でも同じことです。

2つの酸素原子が十分に離れていて化学結合していない場合には、上の電子配置が2組あるだけです(合計16個の電子)。2つの酸素原子が近付いてきても、内殻の1s軌道はあまり影響を受けませんので、そのまま残っていると考えてもよいと思います。

2つの酸素原子が近付いてくると、外殻の電子軌道は互いに相互作用して、その形状やエネルギーが変化します(化学結合が起こり、酸素分子になります)。2つの2s軌道は、酸素原子のときよりも少しエネルギーの小さい結合性 $2s$ 軌道と少しエネルギーの大きい反結合性 *2s 軌道に分かれます。4つの電子が2つの酸素原子核に共有される形になりますので、軌道の形とエネルギーが同じだと電子同士が衝突してしまうためです。結合性 $2s$ 軌道と反結合性 *2s 軌道でエネルギーの増減が打ち消しあい、2つの酸素原子の2s電子のときと同じになりますので、これらはエネルギー的には化学結合していないのと同じことになります。

6つの2p軌道も上と同様に分かれます。酸素原子のときの2px軌道の方向で化学結合したと考えますと、酸素原子のときよりもかなりエネルギーの小さい結合性軌道が1つ($2p_x$)、少しエネルギーの小さい結合性軌道が2つ($2p_y$, $2p_z$)、少しエネルギーの大きい反結合性 * 軌道が2つ(*2p_y , *2p_z)、かなりエネルギーの大きい反結合性 * 軌道が1つ(*2p_x)できます。酸素原子のときの8個の2p電子は、 $2p_x$ に2個、 $2p_y$ に2個、 $2p_z$ に2個、 *2p_y に1個、 *2p_z に1個入ります(反結合性 * 軌道に不対電子が2個でき、強い常磁性を示します)。1つの結合性軌道の電子2個と2つの反結合性 * 軌道の電子2個のエネルギーの増減が打ち消しあいます。結局、残った1つの結合性軌道と1つの結合性軌道の合計エネルギーと酸素原子のときの2つの2p軌道の合計エネルギーの差の分だけエネルギーが減少しています。これが酸素分子の結合エネルギーであり、0-0結合が2重結合といわれる理由です。

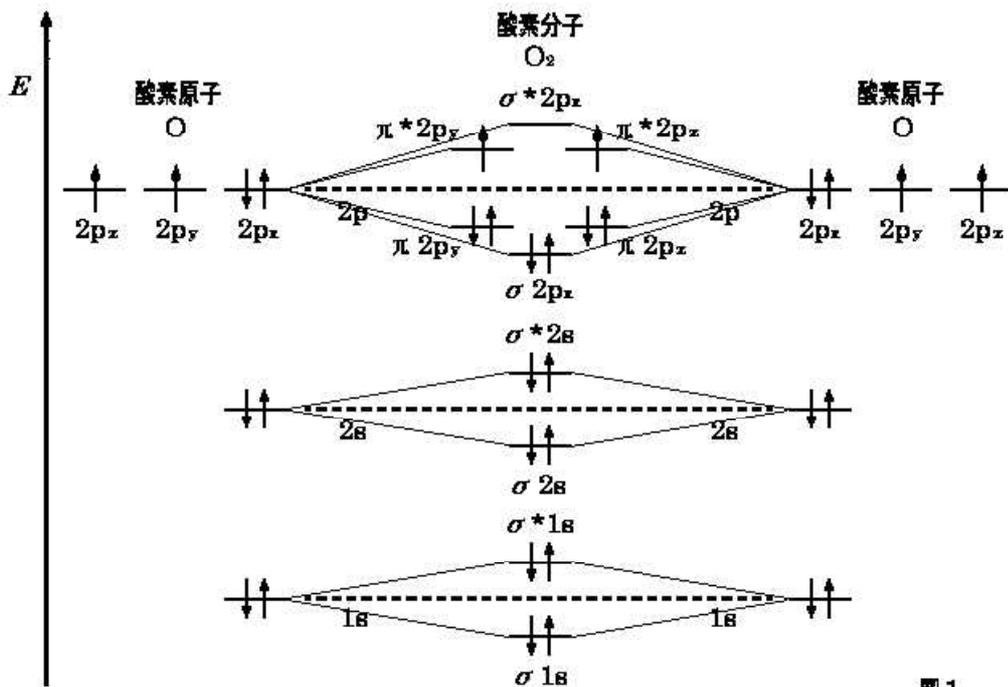


図1

(注 下の図2を参照しながら読んでください) O_2^- (オーツーマイナス) イオンは、酸素分子よりも反結合性*軌道に電子が1つ増えますので、打ち消しあった残りが1.5重結合になります。酸素分子よりも0-0結合が弱くなり、不安定に(反応性が大きく、電子1個を放出しやすく)なります。このスーパーオキシドが活性酸素の一種だといわれる理由です。なお、一般に原子が陰イオンになるとその半径が大きくなります。この場合も同様に、原子核が電子を引きつける力が弱まりますので、原子核の間の距離が酸素分子のときよりも長くなると思います。

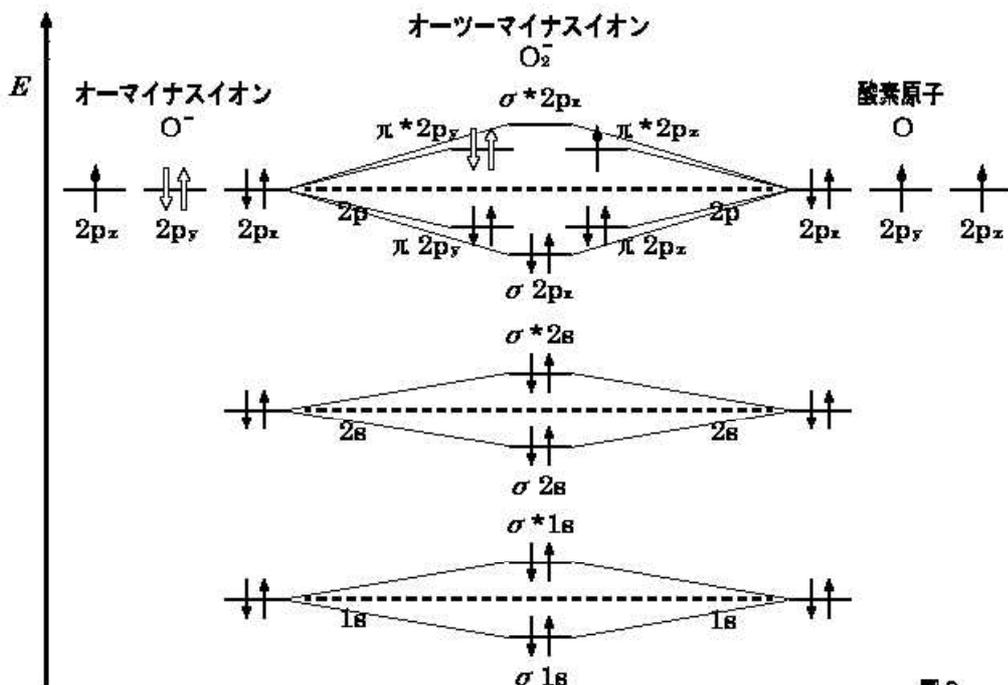


図2

(注 下の図3を参照しながら読んでください) O_2^+ (オーツープラス) イ

オンは、酸素分子よりも反結合性*軌道の電子が1つ減りますので、打ち消しあった残りが2.5重結合になります。単独ならば酸素分子よりも0-0結合が強くなります。ただし、外から電子1つを奪いやすくなると思いますので、やはり自然界においては酸素分子よりも不安定になると思います。言い換えますと、酸素分子から O_2^+ （オーツープラス）イオンを作るには外からエネルギーを加えて、電子1つを放出させなければなりません。加えたエネルギーは自由になった電子が持っています。酸素分子に戻るときには、その余分なエネルギーを放出します。すなわち、 O_2^+ （オーツープラス）イオンと自由電子のエネルギーの合計と酸素分子の持つエネルギーを比較したら、酸素分子のほうが安定であることが分かります。なお、一般に原子が陽イオンになるとその半径が小さくなります。この場合も同様に、原子核が電子を引きつける力が強まりますので、原子核の間の距離が酸素分子のときよりも短くなると思います。

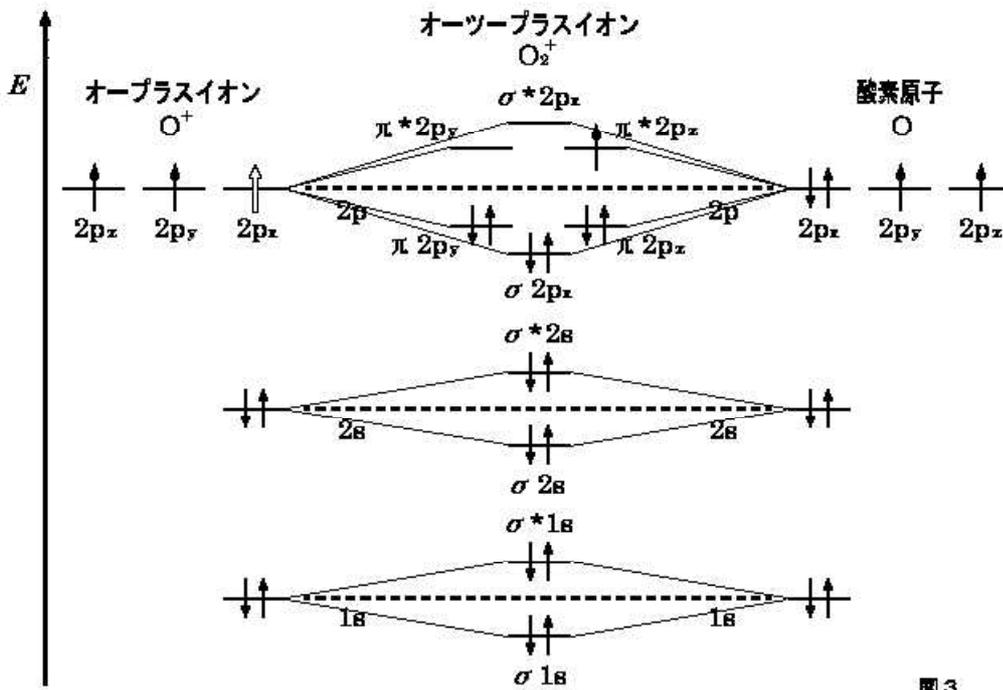


図3

埼玉大学教育学部理科教育講座
 芦田 実

名前：関口 睦美 日時：2002年07月03日 12時13分59秒

主人が中学校の教員です．先日このHPを見て言っていたことがあるので代わりに質問します．

イオンが中学校の指導要領から消えてしまったために，今までのように中和反応の説明ができなくなってしまいました．酸性の物質とアルカリ性の物質が互いの性質をうち消しあうことと言っても，説明が抽象的すぎて生徒にはわかりづらいのではないかと思っています．中和反応の説明はどの様にしたら生徒にわかりやすいでしょうか．

名前：芦田 実 日時：2002年07月09日 16時12分07秒

関口 睦美 様

この質問に答えるのはかなり難しく，ベストと言えるような，満足できる回答は見つかりませんでした．近いうちに，教育学部からホームページを公開したときに，回答の一部をQ & A集に載せたいと思います．

質問12 イオンが中学校の指導要領から消えてしまったために，今までのように中和反応の説明ができなくなってしまいました．酸性の物質とアルカリ性の物質が互いの性質をうち消しあうことと言っても，説明が抽象的すぎて生徒にはわかりづらいのではないかと思っています．中和反応の説明はどの様にしたら生徒にわかりやすいでしょうか．

回答 指導要領の改訂後の小学校・中学校の教科書が手元に無いのであまり詳しく言えません．イオンを使わずに説明しようとしたら，改訂前の小学6年生の教科書に書かれている程度，あるいはそれより少しだけ高度なことしか，言えないのではないのでしょうか．例えば，平成8年の東京図書の「新編 新しい理科6下」には「酸性の水溶液とアルカリ性の水溶液を混ぜ合わせると，混ぜ合わせる量によって，その水溶液は酸性になったりアルカリ性になったりする．適当な量を混ぜ合わせると中性になり，もとの水溶液にあったにおいや金属をとかすはたらきがなくなる．また，酸性とアルカリ性の水溶液を混ぜ合わせると別のものができ，蒸発させるとつぶが残る．」とあります．なお，酸とアルカリの組み合わせによっては，もともと臭いがしなかったり，固体が残らないこともあると思います．

視覚的に理解させるのも1つの方法だと思います．リトマス紙やpH指示薬が利用できると思います．大学院生が，色を使って現象だけ理解させたらどうかと言っていました．「例えば，酸を黄色とする．アルカリを青色とする．混ぜたら，緑色になるだろ．だから，違う物になるんだよ．」これを演示実験しようとして，強酸(HCl)と強アルカリ(NaOH)を混合して中性，すなわちBTB指示薬の緑色にすることはほとんど不可能です．極微量の過不足で，酸性かアルカリ性になってしまいます．黄色と青色の水彩絵の具の水溶液を使えば，簡単に緑色になるでしょう．ただし，この場合には廃液を化学薬品と同様に処理して下さい．水彩絵の具にはヒ素，カドミウム，クロム，鉛，水銀その他の有害物質が25～90ppm含まれている恐れがあります(JIS S 6028)．むしろ，食用色素(食紅)を使った方が何も気にする必要がないので楽だと思います．

臭いを利用するのも1つの方法だと思います．酢酸やアンモニア水は強烈な臭いがしますが，それらを中和した酢酸アンモニウムはそれほど臭いがしません．別の物質になったことが分かるかと思っています．さらに，これらは弱酸と弱アルカリなので中和点付近のpH変化が小さく，BTB指示薬の緑色が比較的に見えやすいと思います．ただし，水を蒸発させて固体を析出させる

のは難しいと思います。酢酸アンモニウムの融点が114 と低いこと、潮解性があることから、なかなか液体が無くなりません。加熱しすぎると全部蒸発してしまうと思います。液体が残っているうちに冷やして、注意深く観察すれば小さな粒が見えると思います。固体を確認したいのなら、塩酸とアンモニア水を中和して、塩化アンモニウム（あまり臭いがしない）を析出させたほうが簡単です。乾いた後に白く残ります。

水はもともと一部が水素イオンと水酸化物イオンに電離しています。ただその量が同数で、ごく少数なので、見かけじょう酸性もアルカリ性も示さなだけで、相手が変わったために、豹変して酸性やアルカリ性の性質が現れたと考えるのはどうでしょうか。酸とアルカリを混合すれば、元に戻って中性になると考えるわけです。酸性の水素イオンもアルカリ性の水酸化物イオンも、両方とも水を構成する化学種に違いないのですから。

文部科学省は指導要領は最低基準であって、これ以上のことを教えてもよいと言っているようです。指導要領に電池や電気分解はまだ残っています。物理の電気・電流と関連があるからでしょう。金属や導体中を流れている電流の正体は電子ですが、水溶液中の電流の正体は電子ではなく正負のイオンです。水中では電子は単独で存在できないため、イオンに変身して生き延びます。雷のように高電圧・大電流なら瞬間的には別でしょうが、物理における「電流の正体はなにか」という項目は無くなったのでしょうか。電流という（実在しない？架空？の）概念だけで教えてもよいのか疑問に思います。気体が発生したり、金属が溶解・析出する化学反応が起こりますので、水溶液中を電流が金属や導体中と同様にそのまま流れていると誤解する子供は少ないと思います。しかし、もしいたらどの様に説明したらよいのでしょうか。金属や導体中でも発熱という物理現象は起こります。化学反応と物理現象の違いを詳しく説明するとなると、もっと大変なことになると思います。さらに、電池から電子（電流）が発生するメカニズムを説明するときにはイオンを使わずに説明できるでしょうか。水を電気分解するとき、純粋な水は電気を通さないのです。水酸化ナトリウムや硫酸などの電解質を加えます。電気分解のメカニズムや電解質の役割をイオンを使わずに説明できるでしょうか。やはり、必要最低限のことは、イオンについて少しは教えてもよいのではないのでしょうか。

結論として、どこまで教えるかによって方法が変わると思います。うわべの現象論だけですすのならば、イオンを使わずに教えられたいと思います。内容やメカニズムについて深く説明しようとするほど、イオンについて教えなければならなくなると思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：飯谷 慎平 日時：2002年06月10日 20時08分

大阪の高校生ですが，教科書を読んでふと疑問に思ったのが，アルカリ金属の元素はイオン化エネルギーが小さく，容易に1価の陽イオンになるのはなぜですか？各元素の電子配置に関係があるのでしょうか？

あとハロゲンの元素は，電子親和力が大きく，容易に1価の陰イオンになると書いてありましたが，なぜでしょうか？これも各元素の電子配置が関係あるのでしょうか？どうしても気になります！！教えて下さい．お願いします．

名前：芦田 実 日時：2002年06月14日 20時11分

飯谷 慎平 様

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．近いうちに，教育学部からホームページを公開したときに，回答の一部をQ & A集に載せたいと思います．

質問11 アルカリ金属の元素はイオン化エネルギーが小さく，容易に1価の陽イオンになるのはなぜですか？各元素の電子配置に関係があるのでしょうか？あとハロゲンの元素は，電子親和力が大きく，容易に1価の陰イオンになると書いてありましたが，なぜでしょうか？これも各元素の電子配置が関係あるのでしょうか？

回答 負の電荷を帯びた電子は正の電荷を帯びた原子核から静電的な引力を受けています．クーロンの法則によれば2つの点電荷 q ， q' の間に働く静電気力 F は，電荷の積 qq' に比例し，その距離 r の2乗に反比例します．

量子力学や波動関数などの難しい話は省略しますが，電子軌道は，太陽を回る地球の軌道のような一定のものではありません．球形のs軌道，細長いp軌道，その他複雑な形をしたd軌道，f軌道があります．内殻の電子によって原子核の正電荷がシールド（正負電荷の打ち消し）されますが，それは完全なものではありません．最外殻の電子でも原子核からの（時間的な）平均距離が最も長いというだけで，ある瞬間には原子のずっと内部まで入り込むことがあるからです．したがって，最外殻の電子に有効に働く原子核の正電荷は $+e$ よりも少し大きくなります（例えば， $+(1+\epsilon)e$ ）．

アルカリ金属の原子は最外殻に1つの電子があります．他の内殻電子と比較して原子核からの平均距離が長いので，原子核からの静電引力が他より相対的に弱くなっています．外からイオン化エネルギーに相当する分のエネルギーを吸収すると，これが（例えば， $+(1+\epsilon)e$ の正電荷と $-e$ の負電荷の間の静電引力に打ち勝って）原子の外に飛び出し，残りが1価の陽イオンになります．すると，最外殻の電子軌道がなくなった分だけ大きさが小さくなるはずですが．さらに，原子核の陽子が1つ余分になりますので，残りの電子を引きつける静電引力が強まり，残りの電子軌道が縮んで，さらに大きさ（半径＝距離 r ）が小さくなります．2つ目の電子が（例えば， $+(2+\epsilon)e$ の正電荷と $-e$ の負電荷の間の静電引力に打ち勝って）飛び出すためには，非常に大きな第2イオン化エネルギーが必要となります．したがって，そういうことはほとんど起こりません．結果的に希ガスの電子配置がもっとも安定ということになります．

第2族のアルカリ土類金属になりますと，最外殻に2つの電子があり，これらは原子核からの静電引力が内殻電子よりも相対的に弱く，外に飛び出しやすい性質があります．しかし，原子核の陽子の数も1つ増えていますので，アルカリ金属よりも原子核からの静電引力が少し大きくなり，アルカリ金属

より少しイオン化し難く（イオン化エネルギーが大きく）なっています。言い換えますと、アルカリ金属より原子やイオンの大きさ（原子半径，共有結合半径，イオン半径）が少し小さくなっています。すなわち，同一周期なら周期表を右に行くにつれて大きさが小さくなります。

ハロゲンでは最外殻に電子の空席が1つあり，空間的な電子のシールドに弱点があります。同一周期では原子核からの静電引力が最も大きくなりますので，弱点（空席）を通して外から電子1つを引き寄せ（電気陰性度）て取り込み，1価の陰イオンになります。このとき外からの電子が持っていたエネルギーのうち電子親和力に相当する分のエネルギーを放出させないと，捕まえられません。今度は電子が1つ余分になりますので，電子を引きつける原子核の静電引力が弱まり，電子軌道が膨らみ，大きさ（半径 = 距離 r ）が大きくなります。したがって，2つ目の電子を取り込む余力はほとんどありません。結果的に希ガスの電子配置がもっとも安定ということになります。

希ガスでは最外殻に電子の空席がありませんので，そのままの状態が最も安定になります。

なお，水中では水が極性分子なので，イオンとの間に静電引力が働き，イオンを取り囲むようにして結合します。この現象を水和と言います。これにより局在化していたイオンの電荷の分布が拡がって，さらに安定化します。

結論として，正電荷を持つ原子核と負電荷を持つ電子の間の静電的な引力（クーロンの法則）が主に関係しています。それゆえ，最外殻の電子の数（電子配置），原子核の陽子の数（原子番号），イオンの価数，原子核と最外殻の電子の平均距離（原子半径，イオン半径，周期）などが複雑に関係しています。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

3 . 平成13年度の質問と回答 (参考)

本研究の研究期間外ではあるが、平成13年度に質問箱に寄せられた質問とそれに対する回答を、新しいものから古いものへの順序で以下に記載する。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若干見た目が異なっている。

名前：山内一徳 日時：2002年01月09日 09時21分00秒

高校の教員です。6モル/リットルの塩化亜鉛溶液に塩酸を少量加えた液に亜鉛板と銅板をたがいに接触させながら入れて50度から70度に保つ。しばらくして、銅の上に亜鉛が析出します。これは高校化学の知識ではうまく説明できません。なぜでしょうか。インターネットでこのページをみつけました。よろしくお教えください。

名前：芦田 実 日時：2002年01月10日 19時51分00秒

山内 一徳 様

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。将来、教育学部からホームページを公開したときに、回答の一部をQ & A集に載せたいと思います。

質問10 濃度6モル/リットルの塩化亜鉛水溶液に塩酸を少量加えます。この液に亜鉛板と銅板を互いに接触させながら入れて50度から70度に保ちます。しばらくすると、銅の上に亜鉛が析出します。これは高校化学の知識ではうまく説明できません。なぜでしょうか。

回答 1つの金属を電解質溶液に入れる場合でも、その金属表面が(結晶構造レベルで)不均一であると、陽極と陰極の作用をする部分ができ、微小領域で電流が流れます。これを局部電池といいます。この場合には金属の溶解と析出が、近い位置で同時に起こりますが、同じ金属なので見た目には分かり難いと思います。

2つの異なる金属を接触させますと、それらの表面がたとえ均一であっても、接触電位差を生じます。普通の金属の表面は、顕微鏡で拡大して見れば微小な凹凸が多数あります。ゆえに、2つの金属を接触させますと複数の極微小な真実接触点ができます。さらに、普通の金属の表面は不均一(格子欠陥、結晶粒界、その他)ですから、真実接触点における接触電位差の値がばらつきます。2つの真実接触点により異なる金属間に閉回路ができますので、それらの点の接触電位差が異なればその回路に電流が流れます。

このような局部的な電流により金属の溶解や析出が起こります。銅の上に亜鉛が析出することも起こりえると思います。その原因は金属表面に微小な凹凸があり、多結晶で不均一だからです。表面に極薄い酸化膜などがあれば、さらに複雑な現象になると思います。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：K.Labo 日時：2001年12月06日 13時48分00秒

ものによって溶解度が違うのは何が原因なのですか？例えば，砂糖と塩で溶ける量がちがうのは，何が違うからなのですか？物質によって溶解度が違うから，溶ける量が違うということはわかるのですが，溶解度を決定するのが何なのかよくわかりません．砂糖と塩の例で教えてください．よろしくおねがいします．

名前：芦田 実 日時：2001年12月17日 11時24分00秒

K.Labo 様

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．溶解度の本質に関する質問ですので，この質問に簡単に分かりやすく回答することは，かなり難しいと思います．将来，教育学部からホームページを公開したときに，回答の一部をQ & A集に載せたいと思います

質問9 ものによって溶解度が違うのは何が原因なのですか．溶解度を決定するのが何なのかよくわかりません．

回答 速度論的に言えば，固体表面から水溶液中への溶解速度と水溶液中から固体表面への析出速度が等しくなったところで，溶解 - 析出の動的平衡に到達し，このときの溶液中の濃度が（飽和）溶解度です．溶解度を化学平衡の一種と考えれば，固体状態と水溶液の状態を比較して，水溶液の状態がエネルギー的に安定であればあるほど，溶解度が大きくなります．

反応物Aが生成物Bになる反応を考えます．熱力学では，化学反応の平衡定数Kとギブスの自由エネルギー G の間に，反応の途中で

$$G = G_m + R T \cdot \ln([B] / [A]) \quad , \quad G_m = - R T \cdot \ln(K)$$

のような関係があると言われていています．ここで G_m は標準モル自由エネルギーです．自由エネルギーの変化が0になったとき ($G = 0$) 化学平衡に到達します．すなわち，固体状態と水溶液の状態の自由エネルギーが等しくなったところが溶解 - 析出平衡です．ただし，理論的取り扱いをしようとするとき，かなり複雑になります．溶解 - 析出現象は固体表面で起こりますので，固体の内部は関係なく，固体の全モル数は意味がありません（すなわち，溶解度は固体の残存量に依存しません）．また，溶解度が大きい場合には，そのモル濃度も使用できません．両方とも活量や化学ポテンシャルのようなものを用いる必要があります．その他に，溶解に伴うエントロピー（無秩序さ）変化，エンタルピー（熱）変化，結晶の分解エネルギー，水和，容積変化，温度，圧力などが関係すると思います．

上の熱力学的な話は非常に簡略化してあります．溶解現象の厳密な理論的取り扱いは例えば，篠田耕三「溶液と溶解度」丸善（株）などをご覧ください．ただし，理科系の大学生以上の知識が必要になると思います．

結論として，砂糖と塩で溶解度が異なるのは，固体状態と水溶液の状態の自由エネルギーの差が異なるためです．自由エネルギーの差が大きいほど，溶解度の温度変化が大きくなります．

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：小野川和秀 日時：2001年11月26日 23時51分00秒

みなさん，難しい質問をしてるたくさんしているので驚きました．

名前：小野川和秀 日時：2001年11月26日 23時56分00秒

NO₂の電子式はどう書けばよいのですか？友達と考えたんですけど，お手上げです．．．

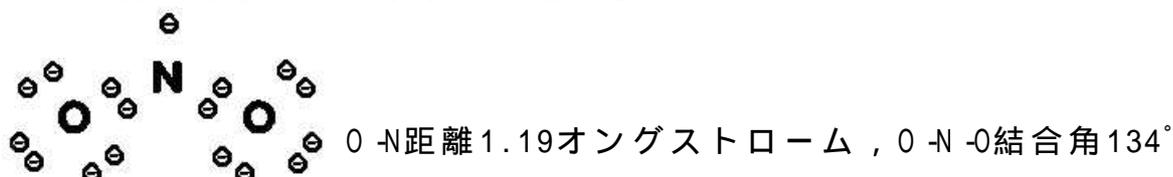
名前：芦田 実 日時：2001年11月29日 12時01分00秒

小野川和秀 様

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．将来，教育学部からホームページを公開したときに，回答の一部をQ & A集に載せたいと思います

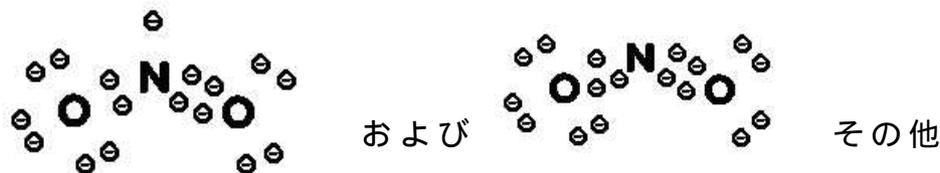
質問 8 二酸化窒素NO₂の電子式はどう書けばよいのですか？

回答 比較的新しい無機化学の本や化学便覧には，O-N-Oのように一重結合の形で書かれています．窒素の5個の電子のうち，2個ずつを用いて酸素と結合し，残り1個の電子が窒素に残っている（不対電子）ものと思います．酸素の6個の電子はそのままだと思います．



上の構造を，高校の電子式で表すと

$:\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{N}}:\ddot{\text{O}}:$ 少し古い無機化学の本には，O-N=Oのように一重結合と二重結合の組み合わせ等で書かれたものもあります．



これらの構造が共鳴していて，瞬間的に入れ替わっている可能性があります．その場合には，時間的な確率で一番長く存在しているのが最初の構造かと思えます．

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：小野川和秀 日時：2001年11月29日 23時19分00秒

詳しい説明ありがとうございました．疑問を解消できて大変嬉しいです．

名前：sono 日時：2001年11月09日 23時04分00秒

私事ではありますが，硫酸銅から硫酸亜鉛七水和物の製造について質問したいと思います．硫酸銅の飽和水溶液に亜鉛粉末を加えるのですが，ここで亜鉛粉末を過剰に加えてはいけないのは何故でしょうか？

名前：芦田 実 日時：2001年11月15日 11時58分00秒

sono 様

精密な分析実験をしたわけではありませんので，想像を含めて回答します．将来，教育学部からホームページを公開したときに，回答の一部をQ & A集に載せたいと思います．

質問7 硫酸銅から硫酸亜鉛七水和物を製造することに関して質問したいと思います．硫酸銅の飽和水溶液に亜鉛粉末を加えるのですが，ここで亜鉛粉末を過剰に加えてはいけないのは何故でしょうか？

回答 亜鉛粉末の量が少なく，銅イオンの青色が残っているときは，亜鉛が全て溶解し，その分だけ銅が析出するようです．



pH試験紙で上澄み液のpHを簡易的に調べるとpH3～4で，1日放置してもそのpHはあまり変わりませんでした．したがって，残存する銅イオンが加水分解して水酸化銅と水素イオンが微量できているようです．



亜鉛粉末が過剰で，銅イオンの青色が消失した直後は，上澄み液のpHが約3になりましたが，数分でpHが約5に変化しました．これに伴い少量の気体が発生しました．1日放置後のpHは約5で，それ以上変化しませんでした．したがって，気体の発生はまだ続いています．したがって，遅い反応が継続していると考えられます．発生した気体が何か調べたわけではありませんので想像ですが，溶解した亜鉛イオンが加水分解して水酸化亜鉛と水素イオンが微量でき，さらにこの水素イオンが亜鉛を溶解しているのではないかと思います．



気体は発生しませんが，上の反応以外にも種々の反応が起こっているかも知れません．例えば，弱酸性～中性なら



中性～弱塩基性なら



生じた亜硫酸や亜硫酸イオンがさらに金属亜鉛を溶解しているかも知れません。このようにイオンと酸素を含む化学物質の酸化還元反応は多種多様で、簡単には調べられません。

結論として、亜鉛粉末を過剰に加えてはいけない理由は、硫酸亜鉛七水和物の他にも何か不純物が少しできるためと思われる。おそらく水酸化亜鉛だと思いますが、実験して確認したわけではありません。

なお質問には、製造した硫酸亜鉛七水和物を固体として取り出すとは書いてありません。しかし、取り出すために何らかの実験操作をしたら、また別の問題が起こるかも知れません。例えば、加熱濃縮したら遅い反応が加速されて不純物（水酸化亜鉛？）が多量にできたり、再結晶しようとしても不純物（水酸化亜鉛？）のほうが溶解度が小さくてうまく分離できないこと等が考えられます。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：sono 日時：2001年11月17日 08時40分00秒

ありがとうございます。とても分かりやすく、大変参考になりました。

名前：田中 優子 日時：2001年11月04日 23時27分00秒

初めまして．最近疑問に思ったことがあるので，皆さんに教えていただきたいです．とても初歩的な疑問ですが，本人は真剣なので優しく教えて下さい．

なぜ油は燃えやすいの？油の火に水をかけるとますます燃えるのはなぜ？また，ふつうの火に水をかけるとなぜ消えるの？それから，虹の暗線ですったのですが，光の吸収と反射とはどういうことが起こること？

なんとなく見過ごしてたことがとっても気になりました．お願いします．教えて下さい．

名前：芦田 実 日時：2001年11月06日 16時58分00秒

田中 優子 様

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．将来，教育学部からホームページを公開したときに，Q & A 集に載せたいと思います．

質問 1 なぜ油は燃えやすいの？

回答 燃焼には，燃える物，空気（酸素），燃え続けるために十分な高温の3つが必要です．一般に，固体（ロウソク）は熱で溶けて液体になり，さらにその液体が熱で蒸発して気体（ロウガス）になってから燃えます．融解と蒸発に必要な熱は，炎の中で起こっている燃焼（酸化）による発熱から供給されますので，炎の温度を下げる効果があります．液体（灯油）は熱で蒸発して気体になってから燃えます．蒸発のために熱を吸収します．気体（プロパンガス）はそのまま燃えます．また，融解や蒸発が起こるために時間もかかりますので，それだけ燃えにくくなります．したがって一般に，固体よりも液体のほうが燃えやすく，液体よりも気体のほうが燃えやすくなります．同じ液体同士なら，蒸発に必要な熱が少ないほうが，速く蒸発しますので，燃えやすくなります．例えば，灯油よりもガソリンのほうが燃えやすいのは，ガソリンのほうが蒸発（気化，揮発）しやすい（蒸発熱が小さい）ためです．ゆえに，油が燃えやすいのは，蒸発熱が小さいためです．

質問 2 油の火に水をかけるとますます燃えるのはなぜ？

回答 想像で回答します．水は油よりも密度が大きいので，油の上からかけると油の下に沈み込もうとします．油の上を水で覆って，空気（酸素）を遮断することができません．水の沸点は100 ですが，燃えているときの油の温度は200 よりも高いと思います．高温の油で加熱されるので，水が突沸し，瞬時に気体になり，体積が膨張し飛び散ります．このとき油滴も飛び散るので，それが非常に高温（1000 前後？）の炎の中で瞬時に気体になって膨張し，燃え上がるのだと思います．油の霧を火に吹きかけたときと同様の現象が起こっていると思います．水が沸騰するときに液体の油から蒸発熱を奪いますが，高温の炎の温度を下げる効果はあまりないのだと思います．また，水が気体になって膨張するときに，炎から空気（酸素）を遮断する効果も小さいのだと思います．

質問 3 ふつうの火に水をかけるとなぜ消えるの？

回答 水が蒸発するとき熱を奪うので，温度を下げるためです．同時に，燃えている物を液体の水で濡らす（覆う）ことで，空気（酸素）を遮断するためです．蒸発して膨張する水蒸気が空気（酸素）を遮断することも考えられます．これらの効果で，火に水をかけると消えます．その他，火を消すのに

水がよい理由に，水の蒸発熱が大きい（冷やす効果が大きい）こと水が燃えないこと等があります．

質問 4 光の吸収と反射とはどういうことが起こること？

回答 光と色の違い，色とその補色が関係しています．虹の色やプリズムによる分光で分かるように，可視光線には種々の波長（色）の成分があります．赤い電灯の光も赤色の物体の色も，どちらも赤く見えるのは，それらから赤い成分の光がやって来て目に入るからです．自ら発光していない物体（鏡，アルミホイル）が光って見えるのは，（物体の表面で）光を反射しているからです．白色と黒色は色ではない，という人もいます．無色透明のガラスを細かく砕いていくと，最後に白色の粉末になります．逆に，白色のチョコレートの粉や小麦粉を顕微鏡で観察すると，無色透明の粒子が見えます．白色の紙や布を顕微鏡で観察しても，無色透明の繊維が見えます．白色は全ての成分の可視光線を反射しています．暗室で白紙に赤い電灯の光を当てたら，赤色に見えるはずですが．逆に，黒色は全ての成分の可視光線を吸収しています．吸収された光のエネルギーは，振動エネルギーや運動エネルギー等に変わり，最後に熱エネルギーに変わります．しかし，黒光りしているという表現があるように，黒色の物体を見ることができるとは，完全に100%吸収している訳ではなく，わずかに反射していて，そのわずかな光が目に入るからです．同様に，白色物体は可視光線を完全に100%反射しているとは限りません．例えば，少し赤みをおびた白色物体は，RGB（赤，緑，青）で言うと，緑領域の光や青領域の光をわずかに吸収しています．白色と黒色の中間の灰色の物体は全ての成分の可視光線を吸収もするし，反射もしています．有色の物体は可視光線のうち，ある波長領域の光を反射し，残りの領域の光を吸収しています．この場合の反射も吸収も100%完全とは限りません．例えば，緑色の木の葉は緑の光を反射し，赤など残りの光を吸収しています．したがって，光合成の実験をするときには，緑の光を当てても効率が悪いと思います．例えば，青色のセロハン紙を白色電灯にかざして見たとき，セロハン紙は青領域の光を透過し，青以外の領域の光を吸収しています．この場合も透過や吸収が不完全であることは，セロハン紙を2枚重ねたら色が濃くなる（暗くなる）ことで分かると思います．

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

名前：田中 優子 日時：2001年11月06日 23時47分00秒

さっそく回答をいただき本当にありがとうございます．ゆっくりかみしめて読んだらわかってきました．とても詳しくてわかりやすく感動しました．でも素人ですので，たぶん浅くしかわからないでいると思いますが，本人はとても満足してます．

そこでまたしても質問です．虹の中のNaの暗線と，Naの炎色反応の暗線の位置が同じだと，先日NHKスペシャルでやってました．ということは虹の暗線の位置を視覚的に並べれば，炎色反応の色がみんなわかって覚えられるということなのでしょう？うーん，よくわからなくなりました．

また，母親と血液型が違う子供が生まれますが，胎内ではなぜ母親の血液と胎児の血液が混ざらないのですか？最後に，白血病の治療などに骨髄移植があります．血液型の違う姉から移植して助かった女の子の話が，やはりNHKスペシャルに出てました．そしてその子は元の血液型から姉の血液型に変わりました．とてもびっくりしました．そんなことになって，どうして

大丈夫なのですか？

あの、またまたわからなくなったので、宜しくお願いします。

名前： 芦田 実 日時： 2001年11月10日 14時51分00秒

田中 優子 様

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。将来、教育学部からホームページを公開したときに、回答の一部をQ & A集に載せたいと思います。

質問5 虹の中のNaの暗線と、Naの炎色反応の暗線の位置は同じなのですか？虹の暗線の位置を視覚的に並べれば、炎色反応の色がみんなわかって覚えられるということなのでしょうか？

回答 虹の暗線について詳しく知りたければ、地学(特に、天文学や気象学)の専門家に質問して下さい。炎色反応は化学に入り、虹の暗線と関連がありますので、想像を含めて回答します。

光には波の性質と粒子の性質があります。また、光はエネルギーの一種でもあります。「粒子の性質」を言い換えると、「エネルギーには、それ以上分割できない最小単位がある」ということです。一般に原子は、中心に原子核があり、その周りを複数の電子が飛び回っています。それらの電子が持っている(運動?)エネルギーは全部異なっていて、エネルギーの小さいものほど内側の電子軌道を回っています(注)。エネルギーに最小単位がありますので、電子軌道のエネルギーは必ず最小単位の整数倍になります。軌道間のエネルギーの差も必ず最小単位の整数倍になります。電子の持っているエネルギーの総和が最小のとき、基底状態にあるといいます。原子の外からエネルギーが与えられなければ、基底状態のままです。外からのエネルギーを(特に、外側の)電子が吸収(暗線)すると、その電子が持っているエネルギーが増加しますので、さらに外側の空の軌道に飛び移ります(せん移)。このとき軌道間のエネルギー差に等しいエネルギーを吸収します。軌道間のエネルギー差よりも少しだけ大きいエネルギーが与えられた場合には、軌道間のエネルギー差に相当する分だけ吸収し、残りは捨てます。基底状態のときより電子の持っているエネルギーの総和が大きいとき、励起状態にあるといいます。エネルギーの大きい軌道に移っていた電子は、そのうち吸収したエネルギーと同量のエネルギーを自発的(自然)に光として放出(炎色)して、元の軌道に飛び移ります。

暗線とは、光のエネルギー量(縦軸)と波長(横軸)の関係を図示した(特に、横軸を拡大して見た)ときに現れる暗黒な線をいい、フラウンホーファー(Fraunhofer)線はこの一例だそうです。フラウンホーファー線は太陽スペクトルに現れる吸収線で、数万本あるそうです。全部を覚えることは不可能です。フラウンホーファー線は輝線になって現れることもあるそうです。現れる理由は、上で説明した電子せん移に伴う光の吸収(暗線)と放出(輝線)です。現れる原因となる物質が、太陽表面に存在する場合と地球大気に存在する場合があるそうです。特に顕著な線としては、酸素(地球大気)のB線、水素のC線、NaのD1線、D2線、CaのH線、K線などがあるそうです。したがって、虹の中のNaの暗線は、虹が太陽光を分光して波長を細かく分けたために、フラウンホーファー線が現れたものと思います。暗線として見えるのは、その波長に限るとNaによる光の吸収のほうに優勢が起こっているためです。炎色反応では明るく光って見えますので、暗線ではなく輝線というと思います。ただし、炎色反応で目に見える輝線(波

長)の数は特定の極めて少数に限られます。輝線として見えるのは、その波長に限ると炎からエネルギーを吸収する過程より、エネルギーを光として放出する過程のほうが優勢に起こっているためです。結論として、虹の中のNaの暗線と、Naの炎色反応の輝線の位置(波長やエネルギーの大きさ)は同じです。

注：厳密にいうと、1つの軌道には2個の電子が入れます。しかし、それらの電子のスピン(回転方向)が異なっていて、原子核のスピンと同方向と逆方向があります。それゆえ、正負電荷の相互作用が異なり、わずかにエネルギーが違います。すなわち、ニアミスはあるかも知れませんが、同じ軌道内の電子が衝突することはありません。

質問6 母親と血液型が違う子供が生まれますが、胎内ではなぜ母親の血液と胎児の血液が混ざらないのですか？白血病の治療などに骨髄移植がありますが、血液型の違う姉から移植して助かった女の子の話が出てました。そしてその子は元の血液型から姉の血液型に変わりました。

回答 このホームページは化学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ますので、医学や生物学の専門家に質問して下さい。

埼玉大学教育学部理科教育講座
芦田 実

・ホームページの開発

1. インターネットを活用した回帰分析と作図の自動サービス

質問箱とは別に、CGI/Excel形式とCGI/Java Applet形式の計算・作図(直線の回帰分析)に関する自動サービスを開始した。利用者がデータを入力する形式には、個別のテキストフィールドにデータを1つ1つ入力する表形式および大きなテキストエリアにデータをコンマで区切って入力するCSV形式がある。図や縦軸・横軸の名前に表形式では半角文字のみを、CSV形式では全角文字のみを入力するようにした。データ系列(直線の本数)は表形式、CSV形式とも1~3本のものを作成した。さらに、複数の横軸を独立させて縦軸と対(組)にしたCSV形式のものを現在作成中である。CGI/Excel形式ではパソコンに読み込んだ(ダウンロード)ファイルをExcelで使用できる(編集, 保存, 再利用)。CGI/Java Applet形式では現在はサーバーがないと実行できないが、圧縮されたプログラムを利用者がダウンロードして解凍し、パソコンの中だけ(オフライン)で実行する方式を検討中である。

これらのプログラムの利点としては、迅速に作図できること、データの入力さえ間違えなければ実験点の打ち間違いがないこと、何度でも描き直しができることなどである。教育実習を含めた学校の授業(実験中のデータチェック, 実験後の整理, 予習・復習)や自由研究など種々の目的で使用できよう。次の頁から、インターネット上の雑誌に報告した論文(4. 研究発表の4. 1 学会誌等の1))を記載する。

表の枠にデータを1つずつ入力する形式(Table, 計算・作図)

cgi/Excel(回帰分析, 最小二乗法)	cgi/Java Applet(回帰分析, 最小二乗法)
$y=cx+d$	$y=cx+d$
$y=cx+d$ $z=ex+f$	$y=cx+d$ $z=ex+f$
$w=ax+b$ $y=cx+d$ $z=ex+f$	$w=ax+b$ $y=cx+d$ $z=ex+f$
$w=ax^2+bx+c$ $y=dx^2+ex+f$ $z=gx^2+hx+i$	$w=ax^2+bx+c$ $y=dx^2+ex+f$ $z=gx^2+hx+i$
n次式 $w=ax^n+\dots$ $y=bx^n+\dots$ $z=cx^n+\dots$	n次式 $w=ax^n+\dots$ $y=bx^n+\dots$ $z=cx^n+\dots$

データをコンマで区切って入力する形式(CSV, 計算・作図)

cgi/Excel(回帰分析, 最小二乗法)	cgi/Java Applet(回帰分析, 最小二乗法)
$y=cx+d$	$y=cx+d$
$y=cx+d$ $z=ex+f$	$y=cx+d$ $z=ex+f$
$w=ax+b$ $y=cx+d$ $z=ex+f$	$w=ax+b$ $y=cx+d$ $z=ex+f$
$w=ax^2+bx+c$ $y=dx^2+ex+f$ $z=gx^2+hx+i$	$w=ax^2+bx+c$ $y=dx^2+ex+f$ $z=gx^2+hx+i$
n次式 $w=ax^n+\dots$ $y=bx^n+\dots$ $z=cx^n+\dots$	n次式 $w=ax^n+\dots$ $y=bx^n+\dots$ $z=cx^n+\dots$
	直線回帰 6データ 縦横軸独立 ダウンロード専用

図 計算・作図のメニュー画面(回帰分析の部分)

インターネットを活用した回帰分析と作図の自動サービス - Excel形式 -

芦田実* , 田口俊之 , 五十嵐真由美 , 務台ひろみ , 吉田俊久
埼玉大学 教育学部
〒338 -8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255
E-mail: ashida@post.saitama-u.ac.jp

Automatic Services of Regression Analysis and Drawing by Using Internet - Excel Type File -

Minoru Ashida*, Toshiyuki Taguchi, Mayumi Igarashi,
Hiromi Mutai, and Toshihisa 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
試作している . その目的の 1 つとして , ホームページの中に質問箱 (掲示板)
を開設している . しかし , 難しい質問がくると調査や回答の作成に時間がか
かる . また , 質問がくるたびに回答しなければならないので , 質問箱の維持
にはかなりの労力と忍耐を要する . そこで質問箱とは別に , もっと簡単にで
きるサービス方法を考えた . それは , ホームページを載せているサーバーに
自動的に実行させる方法である .

理科の実験 (小学校 ~ 大学) では , 時間的に変化する現象を測定すること
がある . このような場合 , 実験中に測定値が変化する様子をできるだけ早く
図にして見たいことが多い . また , 測定値が正しいか否か , 図にして確認し
たいことがある . しかし , リアルタイムに図を描いたり , 目盛が足りなくな
って図を描き直すには時間が足りないことが多い . このような場合に , イン
ターネットを利用して瞬時に作図できれば非常に便利である . そこで , CGI
(perl) を使用して , 自動的に直線の回帰分析を行い , 作図 (Excel形式のフ
ァイル) するプログラムを開発した . 忙しい現場教師やコンピュータに弱い
人でも何の予備知識もなしに使用できる . また , Excelの使い方を知らなく
ても , それを意識する必要もなく使用でき , データを送れば直ちに図が返送さ
れる . また , 実験後の計算と作図 , 夏休みの自由研究などにも , いつでも (夜
中でも) 必要なときに使用できる .

インターネットから一度パソコンに読み込んだ後は , Excelのファイルとし
てデータや軸名等を編集したり , ディスクに保存することも可能である . ま
た , 保存したファイルをExcelに読み込めば , 2 度目からはパソコンの中だけ
(オフライン) でもExcelファイルとして使用できる . さらに , ここで紹介す
るような方法は , Excelだけでなく , Java言語で作成されたアプリケーション
等にも応用できる . それゆえ , 応用範囲が広く , 回帰分析以外にも様々な利
用方法があると考えられる .

本研究室のホームページ [文献 1] で , このサービスをすでに開始してい

る。しかし、あまり知られていないためか、利用者は少ない。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。なお、インターネットで検索したが、ここで紹介するような自動サービスは他には見つからなかった。

2. 利用者の操作方法

データの入力形式には、数値を1つずつ枠内に入力する表形式と数値を半角コンマで区切って入力するCSV形式(切り貼り可)がある。一連の実験点(データ系列)を結んだ線は1枚の図中に1本、2本または3本描くことができる。なお、これらの詳細については後述の3.3以降を参照されたい。表形式かCSV形式か、データ系列は何組(何本線)かについて、Excel用の計算メニュー(図1)を選択する。初期値(図2, 図3)が表示されるので、修正・削除して送信する。表形式を選択した場合、数値は負号、整数部1桁、小数点、小数点以下4桁(全部で7文字)まで半角英数字(- 0~9 E e 空白)で入力できる。例えば、-6.543E-21や1.234e5のような指数形式での入力も可能である。ただし、10の?乗用の半角E(またはe)の直後に半角空白を入れるとエラーになる。数値がない枠は初期値を削除(DEL)する。図の名前、軸名は16文字まで半角文字(- 0~9 A~Z a~z 空白など)で入力できる。

CSV形式を選択した場合、数値は半角コンマで区切って入力する。コンマを除いて半角英数字で10文字×50値まで入力できる(指数形式可)。実験点が図枠からはみ出すような場合には、目盛を手動設定で変更できる。目盛の手動設定を選んだときは、最小目盛、最大目盛および目盛間隔を半角5文字以内で入力する。入力した数値が目盛や数値オーダーと合っていない場合には、数値の補正倍率とゼロ調整を半角8文字以内で入力する。補正後の数値=入力数値×補正倍率+ゼロ調整となる。例えば、温度をセルシウス温度()で入力して、絶対温度(K)に変換してから計算・作図したい場合には、補正倍率に1、ゼロ調整に273(または273.15)を入力する。図の名前は全角文字で30文字まで入力できる。縦軸と横軸の名前(記号、数値オーダー、単位を含む)は全角文字で20文字まで入力できる。凡例(実験点の説明であり、変数名を含む)は全角文字で12文字まで入力できる。なお、図の名前、軸の名前、凡例の書き方は利用者の自由である。

データを入力した後に、送信ボタンをクリックすると、操作メニュー(図4)が表示される。Internet ExplorerとExcelが両方ともインストールされている場合には、「ファイル(読込/ダウンロード)」を左クリックすると、Internet Explorer上にExcel形式の作図画面(図5, 図6)が自動的に表示される(文字化けする場合は、次のInternet Explorerのみの場合を実行する)。ここでは、Excelの命令がそのまま使用できる。例えば、Excelのファイルメニューから印刷や保存ができる。編集メニューも使用できる。必要なら、縦軸・横軸の名前、タイトルや凡例をクリックすれば、全角文字(日本語、英数字)に変更できる。縦軸・横軸の目盛の値もクリックすれば変更できる。また、ドラッグ・ドロップすれば凡例の位置も変更できる。何か変更したら必要に応じて保存する。なお、ブラウザのボタン[]で入力画面に戻れば、一度入力した値を再利用できる。

Internet Explorerのみの(文字化けする)場合には、「ファイル(読込/ダウンロード)」を「右クリック」する。次に、表示されたメニューの中から「対象をファイルに保存(リンクをディスクにダウンロード)」をクリックする。この場合は、後からExcelを入手すれば(起動して読み込めば)、Excelのファイルとして使用できる。

Netscape NavigatorとExcelが両方ともインストールされている場合には、

「ファイル（読込／ダウンロード）」を「右クリック」する．次に，「リンク（ターゲット）に名前を付けて保存」をクリックする．その後 Netscape Navigator の「ファイル」から Excel を使用して開けば（または Excel を起動して読み込めば），Excel のファイルとして使用できる．

Netscape Navigator のみの場合には上と同様に，「ファイル（読込／ダウンロード）」を「右クリック」する．次に，「リンク（ターゲット）に名前を付けて保存」をクリックする．後から Excel を入手すれば，Excel のファイルとして使用できる．

作図画面はブラウザのメニューコマンドから印刷が可能である．また，キーボードの Print Screen (COPY) キーを押せば，画面を作業用のクリップボードにコピーできる．画像処理ソフトを起動すれば，それを貼り付け，編集（拡大・縮小），保存できる．さらに，ワープロ文章にも挿入できる．

再生ファイルはサーバーで複数のものをローテーションして使用（上書き保存）している．自動サービスを多数回使用していると，再生ファイルの名前が同じになって，新しい図が見えないことがある．これは利用者のパソコンのハードディスクに同名の古いファイルが保存されているためである．このようなときは，ツール インターネットオプション ファイルを削除（編集 設定 キッシュをクリア）して再読み込みする必要がある．

普通の使い方では他人の計算・作図画面を読めないようにしている．しかし，パソコンやインターネットに少し詳しい人なら，簡単に他人の Excel ファイルを読めると思われる．そこで，重要なデータを計算・作図する場合には，パソコンに読み込んだ（ダウンロードした）Excel ファイルをパソコンの中（オフライン）だけで再利用することを，利用者にお願する．

3．プログラムの開発方法

以下，本報告と類似のプログラムを作成するときに参考になりそうなことを述べる．ただし，ソースリストが載せられないので，極端に詳しいことは省略する．主に作成の方法（考え方）について述べる．本報告に述べられている以上に詳しいことを知りたい人は E-mail で連絡されたい．できるだけ相談に応じるつもりである．

3．1 プログラムの概要

最初に，プログラム（CGI）の作成方法，サーバーによる実行内容と利用者の操作方法の関係について簡単に述べる（図 7）．ここで使われた用語や作成方法等の詳細については，後述を参照されたい．

パソコンで Excel ファイルを作成する（基本ファイルと呼ぶ）．基本ファイル中のデータは，半角文字がアスキーコード，数値が IEEE 後退コード，漢字等の全角文字が UTF-16 後退コードになっていると推定される．これらを解読し，データを特殊タグ（半角文字）に置換する（ダミーファイルと呼ぶ）．別に，漢字コード辞書ファイルと CGI プログラムを作成し，ダミーファイルとともにサーバーにアップロードする．サーバー上で CGI プログラムが，利用者のブラウザ（Internet Explorer や Netscape Navigator）からデータを文字として受信する．これを数字に変換して回帰分析し，その結果や数字を IEEE コードに変換する．また，図の名前や縦軸・横軸の名前が全角文字ならば，漢字コード辞書を用いてそれを UTF-16 後退コードに変換する．さらに，ダミーファイルを読み込み，特殊タグをデータで再置換する．これにより再生した Excel ファイルをサーバーのハードディスクに保存する．利用者のブラウザの違いと Excel ソフトウェアの有無によって異なる操作メニューをブラウザに送信する．メニューが選択されたら Excel 再生ファイルをブラウザに返信する．

3.2 使用したソフトウェア

使用したOSはMicrosoft社のWindows 98, 2000 Professional, ME, XP home editionである。Excelの基本ファイルはMicrosoft社のExcel 2000で作成した。基本ファイル(バイナリファイル)の解読・編集にはフリーソフトウェアStirling 1.31[文献2]を使用した。CGI(perl)プログラムは種々の書籍[文献3~5]を参考にして開発した。(株)ジャストシステムの一太郎12やWindowsに付属のメモ帳で作成し、フリーソフトウェアFFFTP 1.88[文献6]でサーバーにアップロードした。日本語の処理にはフリーソフトウェアjcode.pl 2.13[文献7]と漢字コード変換用の辞書ファイル[文献8]を使用した。HTMLファイルはIBM社のホームページ・ビルダー2001で作成した[文献9, 10]。富士通(株)のF-BASIC6.3[文献11]を使用してIEEE後退コード表を作成した。

3.3 数値データの入力形式(CGIプログラム)

最初は、利用者が数値データを1つずつ枠内に入力する表形式で作成した(図2)。多数のデータを入力するのは大変なので、データ数を19組までとした。さらに、横軸を共通として、縦軸に異なるデータ系列を2本または3本入力できるプログラムも作成した。なお、サーバー上のCGIプログラムは、利用者のブラウザから数値データを半角文字(アスキーコード)として受け取る。そして、CGIプログラム中で数字(倍精度実数や整数)に変換している(次のCSV形式も同様)。

次に、数値データを半角コンマで区切って(CSV形式)、切り貼りで入力できるように改良した(図3)。ディスクに保存した多数のデータも容易に入力できる。コンマを除いて、半角数字で10文字×50値×3本線まで可能である。また、数値の補正倍率とゼロ調整の入力欄を追加した。入力した数値が目盛や数値オーダーと合っていない場合に、これらを半角数字で入力する。補正後の数値=入力数値×補正倍率+ゼロ調整の式で補正できる。これにより、回帰分析の前に圧力や温度等の単位の変換、AD変換値の物理量への換算等を可能にした。さらに、縦軸・横軸の目盛を自動か、手動で設定できるように改良した。自動は初期値のままExcelファイルを再生する。必要ならば利用者が、インターネットから読み込んだ後にExcelソフトウェアを操作して、縦軸・横軸の目盛を変更する。またはブラウザのボタン[]で戻って指定し直す。手動では最小目盛、最大目盛および目盛間隔を指定できる。これにより実験点の分布する範囲を縮小したり、一部分を拡大することができる。

3.4 文字データの入力形式(CGIプログラム)

表形式のプログラムでは、利用者が図名や軸名等の文字を半角英数字(アスキーコード)のみで入力するように作成した。CSV形式のプログラムでは、全角文字(JIS第1, 第2水準, NEC特殊文字, NECとIBMの拡張文字)のみを使用するように変更した。利用者が種々の文字コード(JIS, シフトJIS, EUC等)で入力する可能性がある。そこで、受け取った全角文字コードを、CGIプログラムにインクルードしたjcode.pl[文献7]で最初にシフトJISコードに統一(変換)する。その後、漢字コード辞書ファイル(表1[文献8])を使用してExcelファイルの保存形式(2バイトのUTF-16後退コード)に変換した。すなわち、Excelファイルと表1ではUTF-16コードの上下バイトが逆転している。数千個の全角文字コードの中から目的の文字コードを短時間で捜せるように、辞書ファイルを2つに分けた。最初に使用する辞書には記号, 英数字, ひらがな, カタカナ, ギリシャ文字, 良く使用する物理・化学量に関する漢字が含まれている。見つからない場合、次に使用する辞書にはMS IME 2000やATOK 15から入力できる全ての漢字コードが含まれている。さらに、

見つかった漢字を最初の辞書に自動的にコピー（自己学習機能）して、処理速度を向上させた。なお、日本語の漢字コードにない全角文字（自作の外字やUnicodeの外国文字）は図中で中点（・）に変わる。また、1つの入力場所に全角文字と半角文字を混ぜて入力するとエラーを生じる。この原因は、全て全角文字と見なして2バイトずつ処理するためである。特に、奇数個の半角文字を挿入すると、その後ろの全角文字まで中点（・）に変わってしまう。しかし、これを処理するサブルーチンはまだ作成していない。

3.5 数値データの処理（CGIプログラム/Excelファイル）

Excelの基本ファイル中では数値がIEEE後退コードになっているため、解読が難しい。そこで、F-BASIC 6.3[文献11]を使用（MKDV\$関数、HEX\$関数等）して、Excelに入力した数値とIEEE後退コードの変換表を作成した（表2）。これを用いて、Stirling[文献2]で検索し、特殊タグで置換（バイナリー編集）してダミーファイルを作成した（図8）。ここでいう特殊タグとは、CGIプログラムが利用者から受け取ったデータや計算値等で再置換するときの目印となる記号（半角文字を半角<>で囲んだもの）である。例えば、ダミーファイル中で<X0* -00>は横軸の数値用の特殊タグである（ここで、*印は0～9の数字を表す）。<M0* -00>は、後ろのバイト数、Excelの表の行位置、列位置等のデータを含むと思われる（表3）。実際の実験では実験点に欠落が生じることがある。例えば、縦軸の系列が複数の場合に、測定ミスや測定の時間的ズレによって生ずる。実験点が1個欠落するか、連続して複数個欠落するかによって、Excelのファイル構造とサイズが異なる変化をする。したがって、これに対処する必要がある（後述の3.7参照）。その他、縦軸・横軸を拡大・縮小するための目盛用の特殊タグを図9に示す。

回帰分析の方法（ $y = a x + b$ 形式の最小二乗法で傾き a と切片 b を決定する）は、多くの書籍[文献12, 13]に詳しく載っているため、本報告では説明を省略する。回帰分析はCGIプログラムで行っている。さらに、利用者のブラウザ（Internet Explorer）上でExcelファイルの数値データが変更されても正常に動く必要がある。そこで、Excelのワークシート関数のSLOPEとINTERCEPTおよび四則計算を使用して、Excelファイルでも回帰分析を行っている。

3.6 文字データの処理（CGIプログラム/Excelファイル）

表形式の場合には、文字データが半角英数字（アスキーコード）である。そこで、ブラウザから受け取った文字数が不足していれば半角空白を追加してから、特殊タグを置換する。CSV形式の場合には、文字データを最初にシフトJISコードに統一（変換）する。ここで、文字数が不足していれば全角空白を追加する。次に、UTF-16後退コードに変換する。さらに、縦軸・横軸の名前用の特殊タグ（図9）、図の名前や凡例用の特殊タグ（図10）を置換する。

3.7 Excelファイルのサイズ変更処理

Excelは512バイト単位でファイルサイズを管理していると推定される。実験点が多数欠落した場合には、ファイルの途中が抜ける形で、512バイト単位でファイルサイズが小さくなる。そこで、ダミーファイルを2つに分割して、これに対処した。前半のダミーファイル中の特殊タグを文字データ（アスキーコード、UTF-16後退コード）と数字データ（IEEE後退コード）で再置換する。次に、実験点の欠落を処理する。その後、ファイルサイズ（バイト数）を512で除した余りを求める。余りが0でない場合は、512になるようにヌルコード（00）を追加してから、後半のダミーファイルを連結する。さらに、ファイルサイズ等に関する多数の特殊タグ（図11）がファイルの最初と最後

にあるので、これらを置換する。これでExcelファイルとして再生する。再生したファイルは実用上は使用可能である。しかし、動いているだけで、サイズ管理方法を完全に解読できたわけではない。したがって、これらの特殊タグに関する詳細な説明は差し控える。

4. 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計算・作図プログラムを載せてサービスを開始した[文献1]。学校の授業や自由研究等でも利用できよう。今後は、利用者の希望を調査し、それに基づいたサービスも提供する予定である。なお、インターネットなので多数の人が利用する場合を考慮し、同時に利用できる人数を制限している。しかし、簡単に設定を変更できるので、利用者が増加すればそれに対処する予定である。

本研究で行ったことは、Excelソフトウェアを使用して自作したExcelの文書ファイル(基本ファイル)の中身を少し部分的に解読しただけである。決してExcelソフトウェア(アプリケーション)そのものを解読したわけではない。また、それは素人には不可能である。自作した基本ファイルと中身の文章(データ)が少し異なる文書ファイル(再生ファイル)を複製し、それを無料で他人(利用者)に提供するだけである。サーバーで自動的に実行するので極短時間で作成できる。しかし、パソコンを使用して手動でExcelの文書ファイルを作成して、それを提供することと、実質的には何ら変わらない。利用者のパソコンにExcelソフトウェアがインストールされていなければ、提供した文書ファイルを再利用(編集)することはできない。ただし、Microsoft社から無料配布されているExcel Viewer[文献14]を入手すれば、ファイルを開いて図を見たり、印刷することはできる。

以上、サーバーによる自動サービスの方法(Excel形式)を簡単に紹介した。今後、このようなサービスを行うホームページが増加することを期待する。

参考文献など (URLは全て2003年7月15日時点のものです)

- [文献1] トップページ <http://www.e-sensei.ne.jp/~ashida/index.htm>
および <http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/index.htm>
- [文献2] <http://www.vector.co.jp/soft/win95/util/se079072.html>
- [文献3] 藤田郁, 三島俊司 『CGI & Perl ポケットリファレンス』(株)技術評論社
- [文献4] 結城浩 『Perlで作るCGI入門応用編』ソフトバンク(株) <http://www.hyuki.com/>
- [文献5] 笹木望, 藤崎真美 『最新HTML & CGI入門』エーアイ出版(株)
- [文献6] <http://www2.biglobe.ne.jp/~sota/>
- [文献7] <ftp://ftp.iij.ad.jp/pub/IIJ/dist/utashiro/perl/>
- [文献8] [http://ash.jp/ash/src/codetbl/\(unitbl21.htm,unitbl22.htm\)](http://ash.jp/ash/src/codetbl/(unitbl21.htm,unitbl22.htm))
- [文献9] 『ホームページ・ビルダー2001ユーザーズ・ガイド』日本アイ・ピー・エム(株)
- [文献10] アンク 『HTMLタグ辞典』翔泳社
- [文献11] 『F-BASIC 6.3ヘルプ』富士通(株)
- [文献12] 国井利康ほか 『FORTRAN数値計算とプログラミング』共立出版(株)
- [文献13] 中村明子, 伊藤文子 『詳解BASIC演習』共立出版(株)
- [文献14] <http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?FamilyID=4eb83149-91da-4110-8595-4a960d3e1c7c&DisplayLang=ja>

JIS第一水準漢字・文字コード表(16進数)

区点	JIS	SJIS	EUC	UTF-8	UTF-16	文字
0101	2121	8140	A1A1	E38080	3000	空白
0102	2122	8141	A1A2	E38081	3001	、
0103	2123	8142	A1A3	E38082	3002	。
0104	2124	8143	A1A4	EFBC8C	FF0C	、
0105	2125	8144	A1A5	EFBC8E	FF0E	、
0160	215C	817B	A1DC	EFBC8B	FF0B	+
0161	215D	817C	A1DD	E28892	2212	-
0162	215E	817D	A1DE	C2B1	00B1	±
0163	215F	817E	A1DF	C397	00D7	×
0164	2160	8180	A1E0	C3B7	00F7	÷
0324	2338	8257	A3B8	EFBC98	FF18	8
0325	2339	8258	A3B9	EFBC99	FF19	9
0333	2341	8260	A3C1	EFBCA1	FF21	A
0334	2342	8261	A3C2	EFBCA2	FF22	B
0335	2343	8262	A3C3	EFBCA3	FF23	C
0389	2379	8299	A3F9	EFBD99	FF59	y
0390	237A	829A	A3FA	EFBD9A	FF5A	z
0401	2421	829F	A4A1	E38181	3041	あ
0402	2422	82A0	A4A2	E38182	3042	あ
0403	2423	82A1	A4A3	E38183	3043	い
0482	2472	82F0	A4F2	E38292	3092	を
0483	2473	82F1	A4F3	E38293	3093	ん
0501	2521	8340	A5A1	E382A1	30A1	ア
0502	2522	8341	A5A2	E382A2	30A2	ア
0503	2523	8342	A5A3	E382A3	30A3	イ
0585	2575	8395	A5F5	E383B5	30F5	カ
0586	2576	8396	A5F6	E383B6	30F6	ケ
0601	2621	839F	A6A1	CE91	0391	A
0602	2622	83A0	A6A2	CE92	0392	B
0603	2623	83A1	A6A3	CE93	0393	Γ
0623	2637	83B5	A6B7	CEA8	03A8	Π
0624	2638	83B6	A6B8	CEA9	03A9	Ω
0633	2641	83BF	A6C1	CEB1	03B1	α
0634	2642	83C0	A6C2	CEB2	03B2	β
0655	2657	83D5	A6D7	CF88	03C8	ψ
0656	2658	83D6	A6D8	CF89	03C9	ω
1621	3035	88B3	B0B5	E59CA7	5727	圧
1825	3239	89B7	B2B9	E6B8A9	6E29	温
1828	323C	89BA	B2BC	E4B88B	4E0B	下
2054	3456	8AD4	B4D6	E99693	9593	間
2237	3645	8BC3	B6C5	E5879D	51DD	凝
2439	3847	8CC5	B8C7	E59BBA	56FA	固
2487	3877	8CF5	B8F7	E58589	5149	光
2519	3933	8D52	B9B3	E68A97	6297	抗

表1 漢字コード辞書ファイル(一部抜粋)

Excel用の内部コードはUTF-16の上下バイトを逆転し、16進数に変換して作成する。

倍精度実数	IEEE後退コード
0.0000	00 00 00 00 00 00 00 00
1.0000	00 00 00 00 00 00 F0 3F
3.0000	00 00 00 00 00 00 08 40
5.0000	00 00 00 00 00 00 14 40
7.0000	00 00 00 00 00 00 1C 40
9.0000	00 00 00 00 00 00 22 40
0.0001	2D 43 1C EB E2 36 1A 3F
2.0001	38 D6 C5 6D 34 00 00 40
4.0001	1C EB E2 36 1A 00 10 40
6.0001	1C EB E2 36 1A 00 18 40
8.0001	8E 75 71 1B 0D 00 20 40

表2 倍精度実数とIEEE後退コードの変換(一例)

通常の数値データ

ダミーファイル	< M	0 0	- 0	0 >	19 00	< X 0 0 - 0 0 >
再生ファイル	03 02	0E 00	01 00	01 00	19 00	2D 43 1C EB E2 36 1A 3F
意味	? ?	バイト数	行位置	列位置	? ?	数値データ IEEEコード 0.0001

データが1個欠落

ダミーファイル	< N	0 2	- 0	3 >	19 00	< Y02-03 >
再生ファイル	01 02	06 00	05 00	03 00	19 00	
意味	? ?	バイト数	行位置	列位置	? ?	欠落

データが連続3個欠落

ダミーファイル	< N	0 2	- 0	4 >	19 00	< Y02-04 >	< N03-04 >	19 00
再生ファイル	BE 00	0C 00	06 00	03 00	19 00			19 00
意味	? ?	バイト数	行位置	列位置	? ?	欠落	欠落	? ?

(続き) データが連続3個欠落

ダミーファイル	< Y03-04 >	< N04-04 >	19 00	< Y04-04 >		< N05-04 >
再生ファイル			19 00		05 00	03 02 0E 00 06 00 06 00
意味	欠落	欠落	? ?	欠落	列位置の追加	後続の特殊タグ

表3 Excelのファイル構造の変化

連続欠落で追加された列位置は、後続の特殊タグに連結する。
必要な部分しか解読していきいので、?印の部分はまだ不明である。

表の枠にデータを1つずつ入力する形式(Table, 計算・作図)

cgi/Excel(回帰分析, 最小二乗法)	cgi/Java Applet(回帰分析, 最小二乗法)
$y=cx+d$	$y=cx+d$
$y=cx+d$ $z=ex+f$	$y=cx+d$ $z=ex+f$
$w=ax+b$ $y=cx+d$ $z=ex+f$	$w=ax+b$ $y=cx+d$ $z=ex+f$
$w=ax^2+bx+c$ $y=dx^2+ex+f$ $z=gx^2+hx+i$	$w=ax^2+bx+c$ $y=dx^2+ex+f$ $z=gx^2+hx+i$
n次式 $w=ax^n+\dots$ $y=bx^n+\dots$ $z=cx^n+\dots$	n次式 $w=ax^n+\dots$ $y=bx^n+\dots$ $z=cx^n+\dots$

データをコンマで区切って入力する形式(CSV, 計算・作図)

cgi/Excel(回帰分析, 最小二乗法)	cgi/Java Applet(回帰分析, 最小二乗法)
$y=cx+d$	$y=cx+d$
$y=cx+d$ $z=ex+f$	$y=cx+d$ $z=ex+f$
$w=ax+b$ $y=cx+d$ $z=ex+f$	$w=ax+b$ $y=cx+d$ $z=ex+f$
$w=ax^2+bx+c$ $y=dx^2+ex+f$ $z=gx^2+hx+i$	$w=ax^2+bx+c$ $y=dx^2+ex+f$ $z=gx^2+hx+i$
n次式 $w=ax^n+\dots$ $y=bx^n+\dots$ $z=cx^n+\dots$	n次式 $w=ax^n+\dots$ $y=bx^n+\dots$ $z=cx^n+\dots$

図 1 計算・作図の選択メニュー(一部分)

Data Input

回帰分析 $y = cx + d$

下の初期値を半角文字(- 0~9 A~Z a~z 空白)で修正して送信して下さい。
 左端の名前は16文字まで入力できます。数字は負号, 整数部1桁, 小数点
 以下4桁(全7文字)まで入力できます。指数部は左端に文字として入力し
 たほうが作図に好都合です。数値がない枠は初期値を削除(DEL)して下さい。

X value and unit	0.0001	0.5001	1.0001	1.5001	2.0001	2.5001	3.0001	3.5001	4.0001
Y value and unit	3.0001	3.2501	3.5001	3.7501	4.0001	4.2501	4.5001	4.7501	5.0001

X value	4.5001	5.0001	5.5001	6.0001	6.5001	7.0001	7.5001	8.0001	8.5001	9.0001
Y value	5.2501	5.5001	5.7501	6.0001	6.2501	6.5001	6.7501	7.0001	7.2501	7.5001

Title	XY Curve	送信
-------	----------	----

図 2 表形式の入力画面(1本線)

Data Input

回帰分析 $y = cx + d$

図の名前は全角文字で30文字まで入力できます。目盛の手動指定を選んだときは、最小値、最大値および間隔を半角5文字以内で入力して下さい。縦Y軸と横X軸の名前、記号、数値オーダ、単位を入力して下さい。全角文字で20文字まで入力できます。

凡例(実験点の説明)とテーブルの変数名は全角文字で12文字まで入力できます。数値は半角コンマで区切って(CSV形式)、半角数字で10文字×50値まで入力できます。指数部は縦Y軸と横X軸の数値オーダに文字として入力したほうが作図に好都合です。

入力した数値が目盛や数値オーダと合っていない場合には、数値の補正倍率とゼロ調整を半角文字で入力して下さい。補正後の数値=入力数値×補正倍率+ゼロ調整となります。

1つの入力場所に全角文字(SJIS, JIS, EUC)と半角文字(ASCII)を混ぜて入力するとエラーになります。日本語の漢字コード(第1水準, 第2水準, NEC特殊文字, NECとIBMの拡張文字)にない全角文字(自作外字やUnicodeの外国文字)は図中で中点(・)に変わります。

図の名前(全角30字) <input type="text" value="温度の時間的な変化"/>	
目盛の設定方法 <input type="radio"/> 自動 <input checked="" type="radio"/> 手動(下の最小値, 最大値と間隔を入力して下さい)	
横X軸 最小目盛 <input type="text" value="0"/>	最大目盛 <input type="text" value="10"/> 目盛間隔 <input type="text" value="2"/>
縦Y軸 最小目盛 <input type="text" value="0"/>	最大目盛 <input type="text" value="100"/> 目盛間隔 <input type="text" value="10"/>
横X軸の名前, 記号, 数値オーダ, 単位(全角20字) <input type="text" value="時間t, min"/> 凡例と変数名(全角12字) <input type="text" value="時間t"/>	
横X軸の数値(半角10数字×50値, CSV形式) 補正倍率 <input type="text" value="1"/> ゼロ調整 <input type="text" value="0"/>	
<input type="text" value="0.0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0"/>	
縦Y軸の名前, 記号, 数値オーダ, 単位(全角20字) <input type="text" value="温度Y, °C"/> 凡例と変数名(全角12字) <input type="text" value="温度Y"/>	
縦Y軸の数値(半角10数字×50値, CSV形式) 補正倍率 <input type="text" value="1"/> ゼロ調整 <input type="text" value="0"/>	
<input type="text" value="10.0, 20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0"/>	
<input type="button" value="送信"/>	

図3 CSV形式の入力画面(1本線)

ファイル(読込/ダウンロード)

- Internet Explorer + Excel の場合, 上のファイル(読込/ダウンロード)を左クリックすれば, IE上でExcel形式で編集, 印刷, 保存できます.
縦横の軸名, タイトルや凡例を全角文字や半角文字で変更できます.
縦軸・横軸の目盛りの値や凡例の位置も変更できます.
- Internet Explorerのみの場合, 上のファイル(読込/ダウンロード)を「右クリック」すれば「対象をファイルに保存」できます.
後からExcelを入手すれば読込, 編集, 印刷, 保存できます.
縦横の軸名, タイトルや凡例を全角文字や半角文字で変更できます.
縦軸・横軸の目盛りの値や凡例の位置も変更できます.
急ぐときは, 別のプログラム(Java Applet形式)を実行して下さい.
- Netscape Navigator + Excel の場合, 上のファイル(読込/ダウンロード)を「右クリック」すれば「リンク(ターゲット)に名前を付けて保存」できます.
その後にNNのファイルからExcelを使用して開けば(またはExcelを起動すれば読込,)編集, 印刷, 保存できます.
縦横の軸名, タイトルや凡例を全角文字や半角文字で変更できます.
縦軸・横軸の目盛りの値や凡例の位置も変更できます.
- Netscape Navigatorのみの場合, 別のプログラム(Java Applet形式)を実行して下さい.

ブラウザのボタン[←]で戻れば, 今回の入力値を再び利用できます.

※ 新しい図が見えないときは, ツール→インターネットオプション→ファイルを削除(編集→設定→キャッシュをクリア)して再実行して下さい.

キーボードのPrint Screenキー(COPYキー)を押した後, 画像処理プログラム(Photoshop等)を起動し, 新規ファイルにペースト(はりつけ)すれば, 画面を取り込めます. 編集や保存もできます. その後にワープロ文章(Word, 一太郎等)に画像の必要部分を切り取り(カット&ペースト)できます.

図 4 操作メニュー画面(CSV形式)
表形式もほぼ同じである.

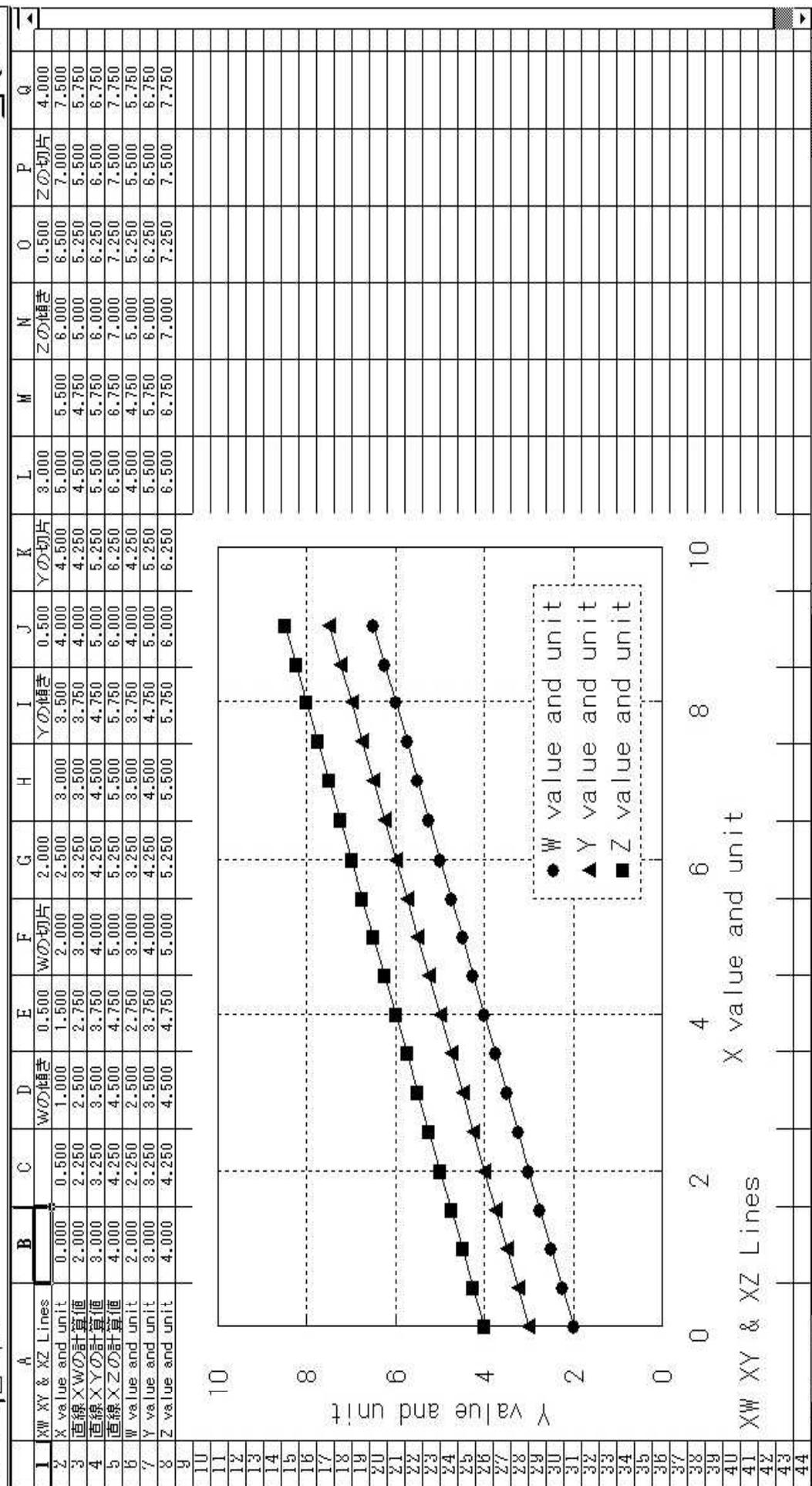


図 5 返送された作図画面 (表形式, 3本線)

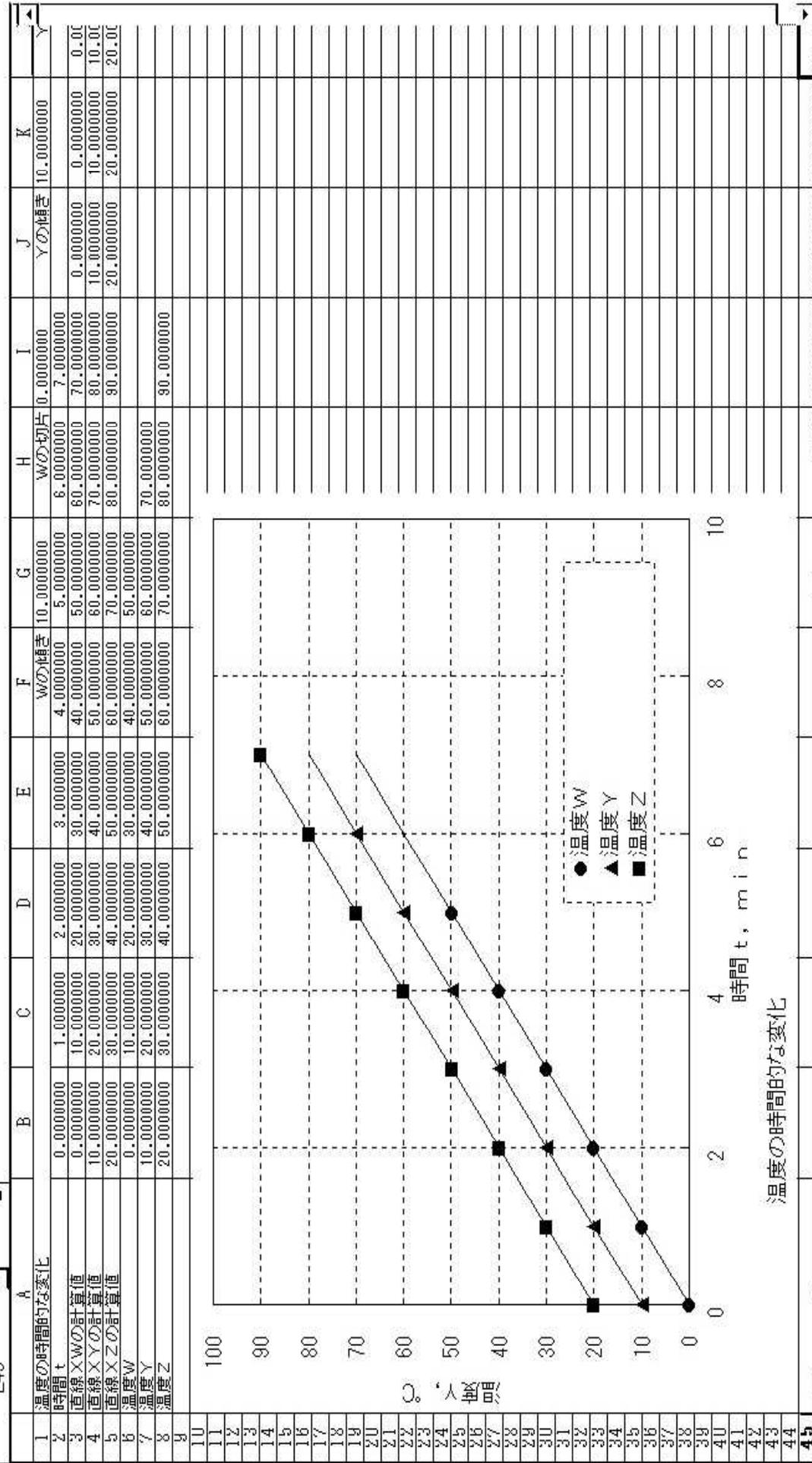


図6 返送された作図画面 (C S V形式, 3本線)

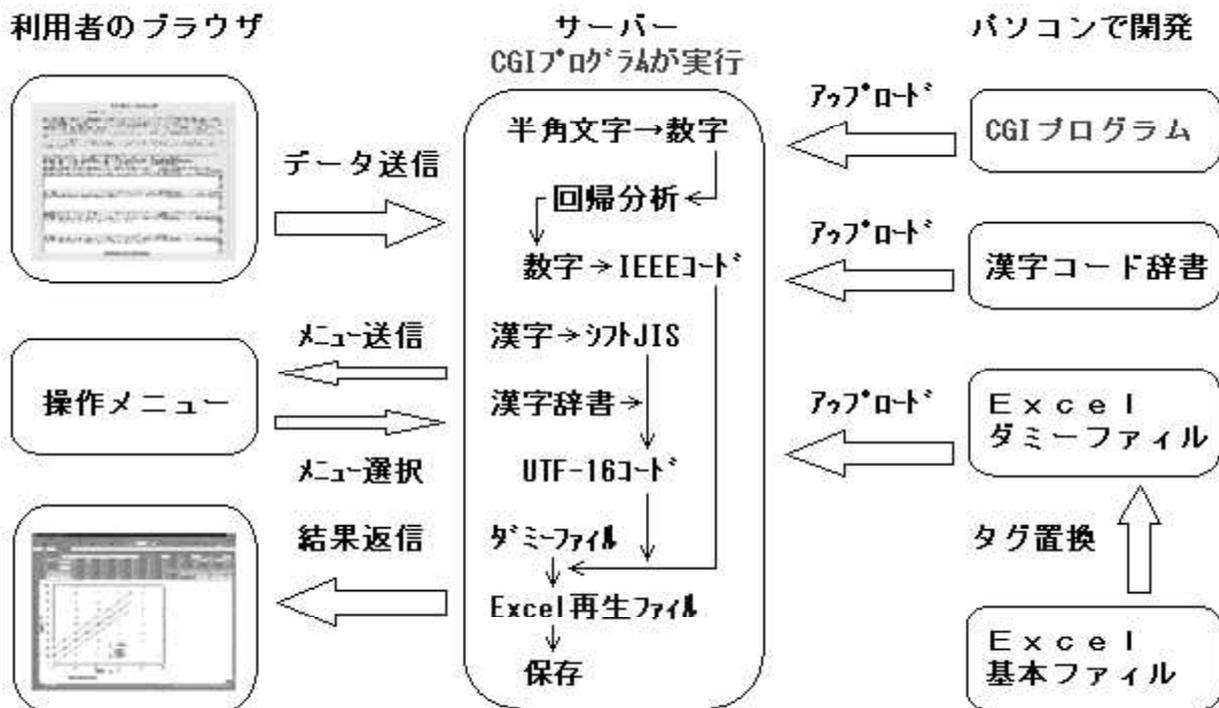


図7 プログラムの概要

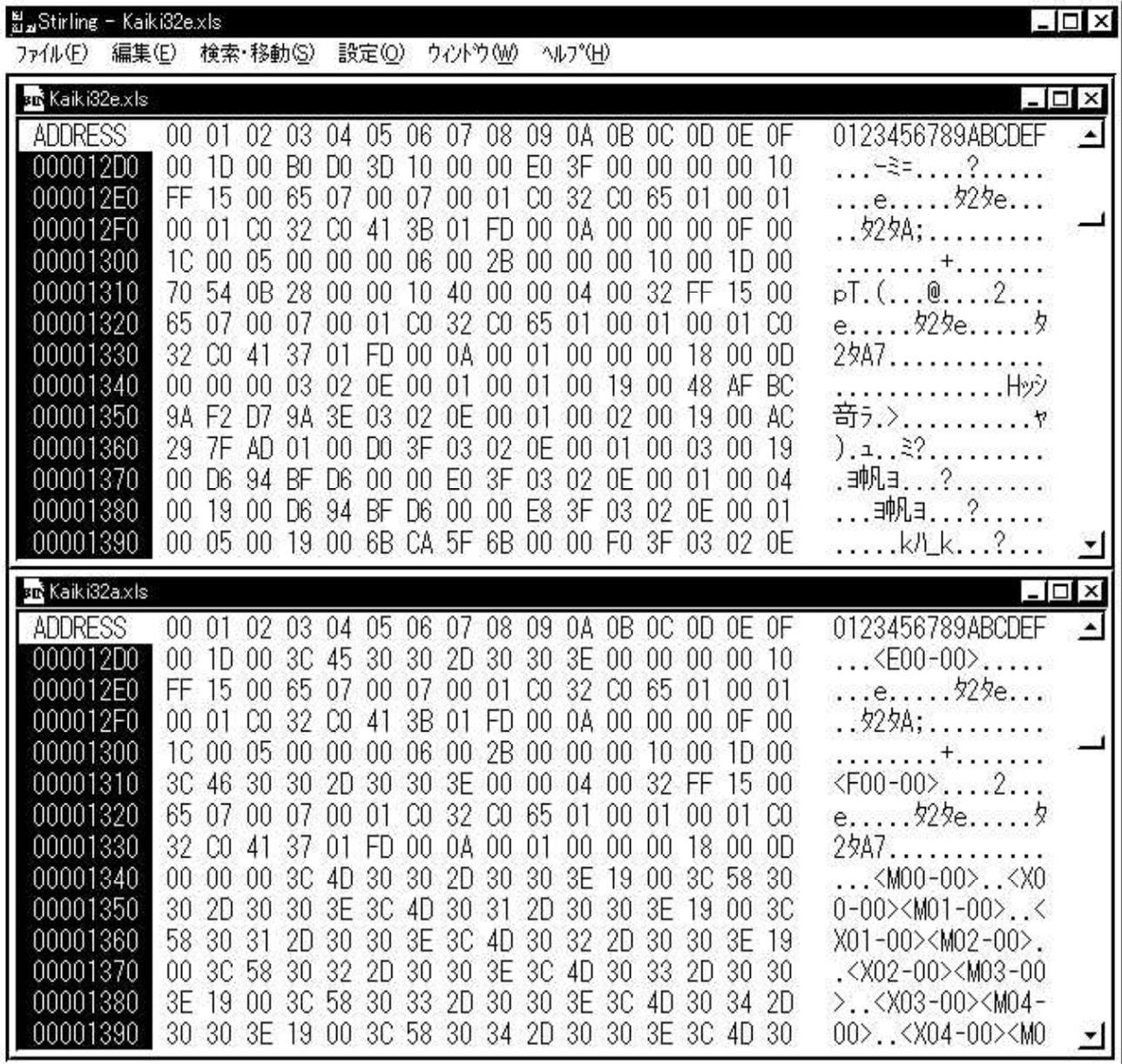


図8 数値データに関する基本ファイル（上）とダミーファイル（下）の比較（一部分）

<E00-00>は傾き，<F00-00>は切片，<M0*-00>はバイト数や行列位置等，<X0*-00>は横軸値を表す．ここで，*印は0～9の数字を表す．

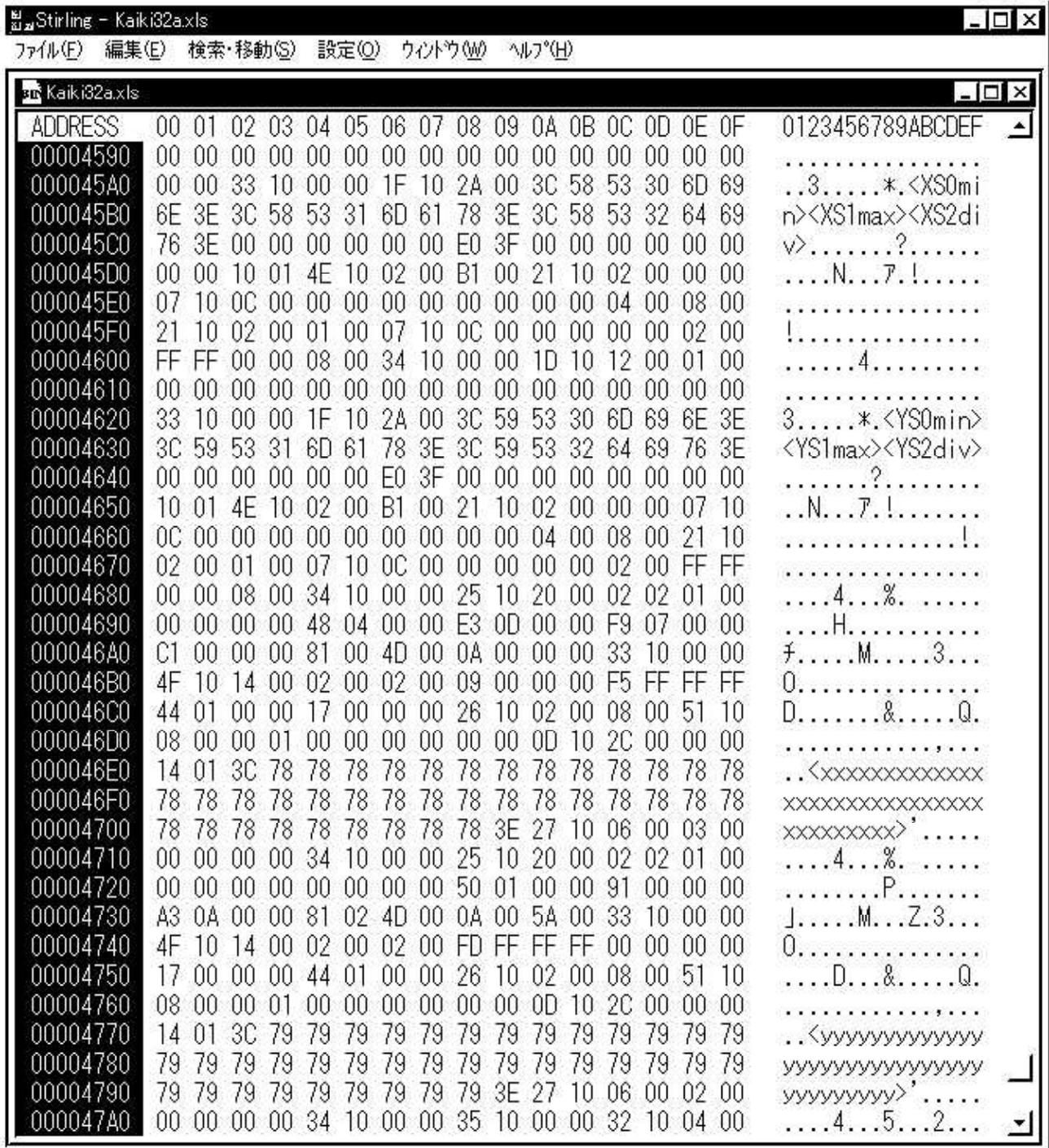


図 9 縦軸・横軸データに関する特殊タグ（CSV形式）
 ダミーファイル中の最小目盛，最大目盛，目盛間隔および軸名を表す。

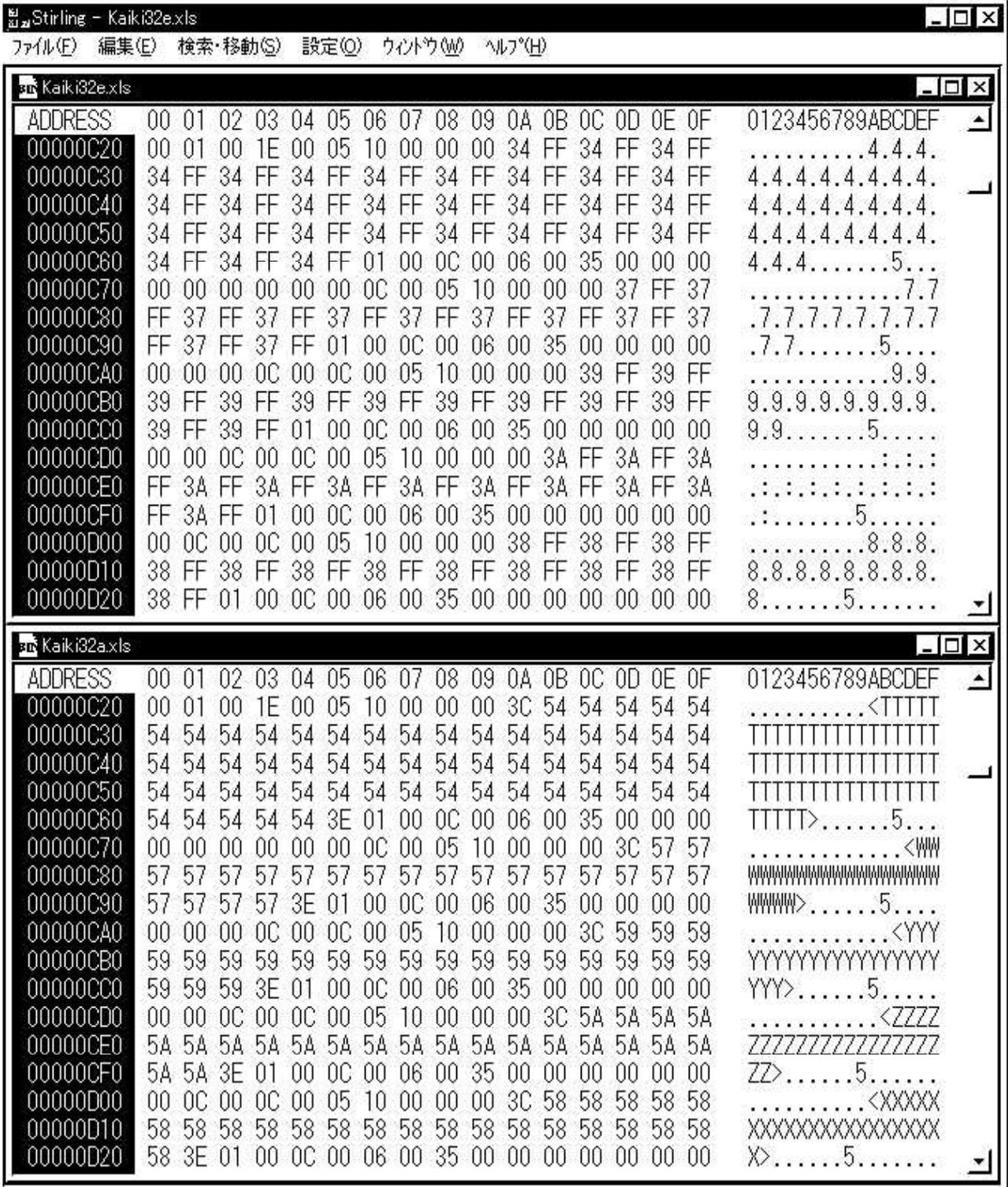


図 1 0 文字データに関する基本ファイル（上）とダミーファイル（下）の比較（C S V 形式，一部分）

<T··>は図の名前を，<W··>~<Z··>は凡例を表す。

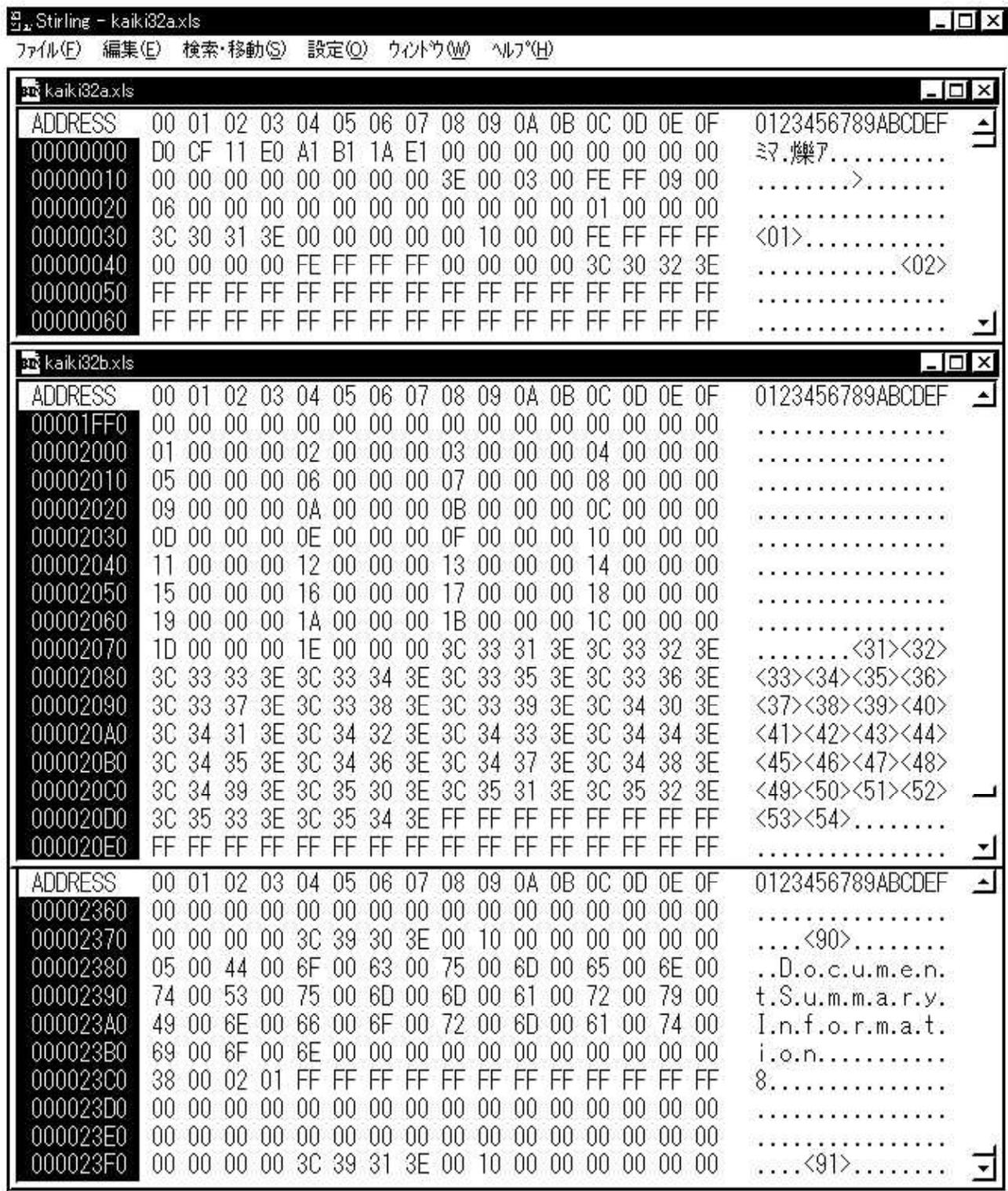


図 1 1 ファイルサイズ等に関する特殊タグ（一部分）
 上の図は前半のダミーファイル，中央と下の図は後半のダミーファイル（分割後のアドレス）である。

2. 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

小中学校理科で化学系実験の一番の基礎は、実験に使用する水溶液をまず調製することである。ところが、溶液の濃度計算や調製方法を完全には修得していない学生もいる。このような人のために、インターネットを利用して簡単に濃度を計算し、調製方法や注意事項を知らせる自動サービスを開始した。現在は食塩水、酢酸水溶液、塩酸、アンモニア水、水酸化ナトリウム水溶液について利用できる。計算方法もプログラム中で説明しているので、何の予備知識もなしに、いつでも必要なときに利用できる。さらに、このプログラムはパソコンの中だけ（オフライン）でも実行できるので、一括ダウンロードのサービスも開始した。教育実習を含めた学校の授業（実験の準備）や自由研究など種々の目的で使用できよう。以下に、インターネット上の雑誌に報告した論文（4. 研究発表の4.1 学会誌等の2））を記載する。

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. 2004.01.24

うまく計算できないときはブラウザを新しいものに変えて下さい

Java Applet	Java Applet
食塩水(塩化ナトリウム水溶液)	
ホウ酸水溶液	石灰水
酢酸水溶液	アンモニア水
塩酸	炭酸水素ナトリウム水溶液
硝酸	炭酸ナトリウム水溶液
硫酸	水酸化ナトリウム水溶液
シュウ酸水溶液	

図 水溶液の作り方（濃度計算と調製方法）のメニュー画面

「化学教育ジャーナル（CEJ）」第7巻第1号（通巻12号）
発行2003年9月20日 / 採録番号7-5 / 2003年7月29日受理
URL = <http://www.juen.ac.jp/scien/cssj/cejrnl.htm>

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 -

芦田実*，五十嵐真由美，務台ひろみ，吉田俊久
埼玉大学 教育学部
〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255
E-mail: ashida@post.saitama-u.ac.jp

Automatic Services of Calculated Data and Preparation of Solutions by Using Internet - Sodium Chloride Aqueous Solution -

Minoru Ashida*, Mayumi Igarashi, Hiromi Mutai, and Toshihisa 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] を試作している。その目的の1つとして、ホームページの中に質問箱 (掲示板) を開設している。2つ目として、ホームページを載せているサーバーによって自動的に実行させる計算・作図サービス (回帰分析など) [文献 2] を開始している。

小学校では理科離れが進んでいる。以下、本学部の場合を例に述べると、教育学部の理科専修の学生が小学校に教育実習に行き、最後にまとめとして研究授業を公開する。しかし、この授業の内容に理科を選ばない学生が6割を超えている。教育実習生を直接指導している小学校の先生にも、理科離れが進んでいる (あまり理科が得意ではない) ものと思われる。理科以外の科目全ての専修生は、高等学校では理科の科目 (物理学、化学、生物学、地学等) を1~2科目履修するが、大学では理科関係の授業をほんの少し (理科概説、理科指導法と一般教養自然系の1科目の最低6単位) しか受けずに、教育実習に行ったり、小学校の先生になっていく。したがって、理科の中で苦手な科目ができる。理科専修生の人数 (40) よりも理科以外の科目全ての専修生の人数の和 (370) のほうが圧倒的に多いので、理科離れがますます深刻化する。

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、小学校で少しでも多く理科 (化学) 実験を行ってもらうために、本研究室のホームページに載せる目的の3つ目として本報告の自動サービスを考えた。小中学校理科で化学系実験の一番の基礎は、実験に使用する (水) 溶液をまず調製することであり、これができなければ何も始まらない。ところが、特に理科以外の専修生は溶液の濃度計算や調製方法を修得していないことが多い。また、小学校の先生の中にも濃度計算や調製方法を完全には修得していない人がいるかもしれない。このような人のために、インターネットを利用して簡単に濃度を計算し、調製方法や注意事項を知らせるプログラム (Java Applet) を開発した。忙しい現場教師やコンピュータに弱い人でも何の予備知識もなしに、計算方法もプログラム中で説明しているので、いつでも (夜中でも) 必要なときに使用できる。さらに、このプログラムはパソコンの中だけ (オフライン) でも実行できるので、近いうちにダウンロードサービスも開始する予定である。なお、ここで紹介するような方法は応用範囲が広く、様々な利用方法があると考えられる。

本研究室のホームページ [文献 1] で、このサービスをすでに開始している。本学部の理科以外の専修生には、授業中にURLを知らせて利用を呼びかけている。しかし、あまり知られていないためか、一般の利用者は少ない。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。なお、インターネットで検索したが、ここで紹介するような自動サービスは他には見つからなかった。

2. 利用者の操作方法

「溶液の作り方 (濃度計算と調製方法)」のメニュー (追加・修正する予定なので図は省略する) から「食塩水 (塩化ナトリウム水溶液)」をクリックすると、最初の画面 (図 1) が表示される。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。塩化ナトリウムの質量と水の量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ナトリウムと水の量を求める場合には、2つのテキストボックスに数値 (例えば、百分率濃度と溶液体積) 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、NaCl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。

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。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。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）。濃度を換算する場合には、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）。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。今後できるだけ改善していく予定である。

3．水溶液の調製方法

塩化ナトリウム水溶液を調製するには、天秤を用いて塩化ナトリウムをはかり取り、蒸留水に溶解する。このとき、溶かす前の水の量をはかるにはメスシリンダーや天秤を使用する。また、溶かした後の溶液の体積を調製するときはメスシリンダーやメスフラスコを使用する。

天秤は精密機械で壊れやすいので、慎重に取り扱う。はかれる範囲は天秤により異なるので、最大秤量を超過しないように注意する。また、天秤内に薬品をこぼしたらすぐに掃除する。メスフラスコは、はかれる容積が固定されている（例えば、 $\cdot\cdot$ 、100m ℓ 、200m ℓ 、250m ℓ 、500m ℓ 、1000m ℓ 、 $\cdot\cdot$ ）。その他、塩化ナトリウムは安全な薬品なので取り扱う上で特に注意する事項はない。

4．濃度の計算方法

塩化ナトリウムの質量を M_a (g)、水の量を M_b (gまたはm ℓ)、溶液の質量と体積を M (g)と V (m ℓ)、溶液の密度を d (g/m ℓ)、質量百分率濃度を W (%)、モル濃度を C (mol/ ℓ)、溶液体積/水量の比を R 、塩化ナトリウムの式量を F (g/mol)とする。これらの間に、次式のような関係が成立する[文献3, 4]。

$$W = 100M_a / M, \quad M = M_a + M_b = Vd, \quad C = 1000M_a / FV, \\ R = V / M_b, \quad 1\ell = 1000m\ell$$

既知の値から未知の値を求めるには、これらの式を連立させて解く。濃度から密度を求めたり、溶液体積/水量の比から濃度を求めるときは表2[文献5]を用いて直線的に内挿・外挿する。

5．プログラムの概要

以下，Java Appletプログラムを作成するときに，参考になりそうなことを述べる．

5.1 使用したソフトウェア

使用したOSはMicrosoft社のWindows 98，2000 Professional，ME，XP home editionである．Java Appletは多くの書籍 [文献 6 ~ 11] を参考にして，Borland社のJBuilder 6 Professionalで作成し，フリーソフトウェアFFFTP 1.88 [文献12] でサーバーにアップロードした．HTMLファイルはIBM社のホームページ・ビルダー2001で編集・作成した [文献13，14]．実行形式のバイナリーファイルの編集にはフリーソフトウェアStirling 1.31 [文献15] を使用した．

5.2 ファイルの構成

作成したプログラム (Java Applet) のディレクトリ (フォルダ) とファイルの構成を表3に示す．apadj001.htmlはJBuilderによって作成されるHTMLファイルで，実行ファイルと呼び出すためのものである (図1)．JBuilderで作成した時点では，最上行の文字「この下に図が見えなかったらJava Appletを有効にして下さい」とJava Applet (背景が水色の部分) しか存在しない．その他の部分 (計算方法，調製方法，注意事項等) は後からホームページ・ビルダー2001 [文献13，14] で追加・編集した．なお，Java AppletをHTMLファイルから呼び出す部分 (表4) はJBuilderが自動的に作成してくれるので，通常は変更する必要がない．

ajnacl01.jpjはプロジェクト (プログラム) を管理するファイルであり，プログラムに含まれるファイル名やパス，Applet画面のサイズ，その他が記述されている．apadj001.javaはJava Appletの命令を記述したソースファイル (テキスト形式) である．これをJBuilderでコンパイルするとメインの実行ファイルapadj001.classとテキストボックスやボタン用の実行ファイルapadj001\$1.class ~ adj001\$14.classが，プロジェクトディレクトリajnacl01に作成される．テキストボックスとボタンの実行ファイルの名前に半角記号\$が含まれている．サーバーによっては，この文字がファイル名として許されない場合がある (アップロード不可能)．そのときは，この文字を半角英字 (例えばs) に変更する必要がある．さらに，ファイルの内部にも実行ファイルの名前が2ヶ所含まれているので，Stirling [文献15] を用いて変更する (バイナリー編集)．また，メインの実行ファイルapadj001.classの内部にもテキストボックスとボタンの数だけ含まれているので，同様に変更する．

その他，近いうちに溶液の濃度計算と調製方法のプログラムを一括ダウンロードできるようにする予定である．なお，Internet Explorerで一度実行した後はTemporary Internet FilesフォルダにHTMLファイルと実行ファイルが保存されている．そこで，任意名の計算・作図用ディレクトリを作成し，その下にajnacl01 (プロジェクトディレクトリ) を作成する．さらに，HTMLファイルと実行ファイルをコピーし，ファイル名に付加する不要な [1] 等を削除し，表3と同一に再構成すれば今すぐにでもパソコンの中だけ (オフライン) で使用できる．

5.3 プログラムの開発方法

計算を開始するためのボタンはjava.awtのButtonを使用して作成した．また，数値を入力するためのテキストボックスはjava.awtのTextFieldを使用して作成した．ボタンが押された (ボタン用のactionPerformed) ととき，最初に全ての数値データを半角文字 (アスキーコード) として受け取る (getText) ．

次に，Math命令（Double.valueOf().doubleValue）を使用して倍精度実数に変換する．なお，テキストボックスに数値を入力した後にEnterキーを押せば，プログラムがその数値を受け取る（テキストボックス用のactionPerformed）．しかし，テキストボックスごとにEnterキーを押さなければならないので，このサブルーチンは使用していない．ただし，このサブルーチンがないと，コンパイル時にエラーになる．

倍精度実数に変換した後に，表1の優先順位の低いほうから，2つつテキストボックスを組み合わせて，両方に数値が入力されているか調べる．両方に入力されていた組み合わせのうち，最後に見つけたものの数値を使用して他の数値を計算する．したがって，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．なお，百分率濃度かモル濃度のうち，どちらか一方のボタンが押されたときには，他方のテキストボックスに数値が入力されているかどうかを最初に調べる（濃度換算の準備）．

倍精度実数は，そのままテキストボックスに表示するには桁数が多すぎる．例えば， $M_a = 12.345678901234$ のときは， $M_a n > 1000$ の条件を満たす数字 n （ $n = 1, 10, 100, 1000, \dots$ ）を捜す．この場合は $n = 100$ となる．そして，積 $M_a n$ を四捨五入（round）し，次にそれを n で除す．すると，最初の M_a を小数点以下第3位で四捨五入したのと同じ結果になる．続いて，実数を文字に変換（String.valueOf）し，テキストボックスに表示する（setText）．

その他，paintサブルーチン中でGraphics命令を使用し，テキストボックスとボタン以外の文字を表示（setFont，setColor，drawString）し，直線を描いた（drawLine）．

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，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予定である．

参考文献など（URLは全て2003年7月15日時点のものです）

[文献1] トップページ <http://www.e-sensei.ne.jp/~ashida/index.htm>

および <http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/index.htm>

[文献2] 芦田実ほか『インターネットを活用した回帰分析と作図の自動サービス - Excel形式 - 』化学教育ジャーナル（CEJ）（投稿中）

[文献3] 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4] 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5] 日本化学会編『化学便覧基礎編』丸善（株）

[文献6] 高橋和也ほか『Java逆引き大全500の極意』（株）秀和システム

[文献7] 田中秀治『Jbuilder5で入門！Javaの「ラミング」』ソーテック社

[文献8] 松浦健一郎，司ゆき『はじめてのJBuilder6』ソフトバンク（株）

[文献9] 赤間世紀『Java2による数値計算』技報堂出版（株）

[文献10] 青野雅樹『Javaで学ぶコンピュータグラフィックス』（株）オーム社

[文献11] 中山茂『Java2グラフィックスの「ラミング」入門』技報堂出版（株）

[文献12] <http://www2.biglobe.ne.jp/~sota/>

[文献13]『ホームページ・ビルダー2001ユーザーズ・ガイド』日本アイ・ピー・エム（株）

[文献14] アンク『HTMLタグ辞典』翔泳社

[文献15] <http://www.vector.co.jp/soft/win95/util/se079072.html>

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	NaCl質量(g)	水の量(g, 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°Cにおける食塩水の濃度と密度などの関係

質量百分率濃度(%)	0	0.001	0.01	0.1	1	2	4	6	8
溶液密度(g/mL)	1	1.00000409	1.0000409	1.000409	1.00409	1.01112	1.02530	1.03963	1.05412
モル濃度(mol/L)	0	0.00017111	0.0017111	0.0171177	0.171807	0.346019	0.701744	1.06733	1.44294
溶液体積/水量	1	1.00000591	1.0000591	1.000592	1.00599	1.00919	1.01596	1.02328	1.03115

(続き)

質量百分率濃度(%)	10	12	14	16	18	20	22	24	26	26.4
溶液密度(g/mL)	1.06879	1.08365	1.09872	1.11401	1.12954	1.14533	1.1614	1.17776	1.19443	1.19776
モル濃度(mol/L)	1.82877	2.22504	2.63198	3.04984	3.47890	3.91948	4.37192	4.83655	5.31376	5.41055
溶液体積/水量	1.03960	1.04864	1.05831	1.06864	1.07965	1.09139	1.10388	1.11720	1.13138	1.13436

NaClの式量(分子量) = 58.44 (g/mol)

質量百分率濃度が0~0.1%の範囲の数値は直線的に内挿した推定値である。

表3 Java Appletプログラムのディレクトリ(フォルダ)とファイルの構成(主要ファイルのみ)

(計算・作図用 ディレクトリ)	apadj001.html(実行ファイルの呼出)
	ajnacl01.jpz(プロジェクトファイル)
	apadj001.java(ソースファイル)
	apadj001.class(実行ファイル)
ajnacl01 (プロジェクトディレクトリ)	apadj001\$1.class ~ apadj001\$14.class (テキストボックスとボタンの実行ファイル)

青字のディレクトリとファイルがJava Applet実行時に必要である。

ディレクトリは開発時の最初の設定によって異なると思われる。

表4 Java Appletの呼び出し方法

```
<applet codebase="." code="ajnacl01.apadj001.class" name="TestApplet"
width="650" height="370" hspace="0" vspace="0" align="middle">
<param name="back" value="back"></applet>
```

HTMLファイルの中に半角文字で記述する。

この下に図が見えなかったら Java Applet を有効にして下さい (H15.07.29改訂) [前に戻る](#)

食塩水の作り方 (塩化ナトリウム水溶液の調製方法)

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. 2003.08.12

<input type="text"/>	計算値消去				
NaCl質量(g)	水の量(g, ml)	溶液体積(ml)	百分率濃度(%)	モル濃度(mol/l)	全部消去
<input type="text"/>					

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

表 25℃における食塩水の濃度と密度などの関係 (NaClの式量 (分子量) = 58.443)

百分率濃度(%)	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	26.4
モル濃度(mol/l)	0.172	0.346	0.702	1.067	1.443	1.829	2.225	2.632	3.05	3.479	3.919	4.372	4.837	5.314	5.411
溶液密度(g/ml)	1.004	1.011	1.025	1.04	1.054	1.069	1.084	1.099	1.114	1.13	1.145	1.161	1.178	1.194	1.198
溶液体積/水量	1.006	1.009	1.016	1.023	1.031	1.04	1.049	1.058	1.069	1.08	1.091	1.104	1.117	1.131	1.134

計算方法

塩化ナトリウムの質量をMa(g), 水の量をMb(gまたはml), 溶液の質量と体積をM(g)とV(ml), 溶液の密度をd(g/ml), 質量百分率濃度をW(%), モル濃度をC(mol/l), 溶液体積/水量をR, 塩化ナトリウムの式量をF(g/mol)とすると, 次式のような関係があります。

$$W=100Ma/M, \quad M=Ma+Mb=Vd, \quad C=1000Ma/FV, \quad R=V/Mb, \quad 1L=1000mL$$

これらの式と既知の値を用いて未知の値を求めることができます。濃度から密度を求めたり, 溶液体積/水量から濃度を求めるときは上の表を使います。

調製方法

天秤を用いて塩化ナトリウムをはかり取り, 蒸留水に溶かします。このとき, 溶かす前の水の量をはかるにはメスシリンダーや天秤を使います。また, 溶かした後の溶液の体積を調製するにはメスシリンダーやメスフラスコを使います。

注意事項

天秤は慎重に取り扱い, 薬品をこぼしたらすぐに掃除しましょう。はかれる範囲は天秤によって異なります。最大秤量を超過しないように注意しましょう。メスフラスコは, はかれる容積が固定されています(例えば, **, 100ml, 200ml, 250ml, 500ml, 1000ml, **).

図1 最初の画面 apadj001.htmlファイルからJava Appletの実行ファイル(背景が水色の部分)を呼び出したところ

食塩水の作り方（塩化ナトリウム水溶液の調製方法）

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. 2003.08.12

53.44	480.96	500.0	10.0	1.829	計算値消去
NaCl質量(g)	水の量(g, ml)	溶液体積(ml)	百分率濃度(%)	モル濃度(mol/l)	全部消去
溶液の質量=534.4 g		溶液の密度=1.069 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。

表 25°Cにおける食塩水の濃度と密度などの関係 (NaClの式量 (分子量) = 58.443)

百分率濃度(%)	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	26.4
モル濃度(mol/l)	0.172	0.346	0.702	1.067	1.443	1.829	2.225	2.632	3.05	3.479	3.919	4.372	4.837	5.314	5.411
溶液密度(g/ml)	1.004	1.011	1.025	1.04	1.054	1.069	1.084	1.099	1.114	1.13	1.145	1.161	1.178	1.194	1.198
溶液体積/水量	1.006	1.009	1.016	1.023	1.031	1.04	1.049	1.058	1.069	1.08	1.091	1.104	1.117	1.131	1.134

図2 Java Appletによる計算例

食塩水の作り方（塩化ナトリウム水溶液の調製方法）

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. 2003.08.12

36.83	85.94	100.0	30.0	6.302	計算値消去
NaCl質量(g)	水の量(g, ml)	溶液体積(ml)	百分率濃度(%)	モル濃度(mol/l)	全部消去
溶液の質量=122.77 g		溶液の密度=1.228 g/ml		25°Cの溶解度(26.4%)を超過	

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

表 25°Cにおける食塩水の濃度と密度などの関係 (NaClの式量 (分子量) = 58.443)

百分率濃度(%)	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	26.4
モル濃度(mol/l)	0.172	0.346	0.702	1.067	1.443	1.829	2.225	2.632	3.05	3.479	3.919	4.372	4.837	5.314	5.411
溶液密度(g/ml)	1.004	1.011	1.025	1.04	1.054	1.069	1.084	1.099	1.114	1.13	1.145	1.161	1.178	1.194	1.198
溶液体積/水量	1.006	1.009	1.016	1.023	1.031	1.04	1.049	1.058	1.069	1.08	1.091	1.104	1.117	1.131	1.134

図3 Java Appletによる計算例（溶解度を超過した場合）

食塩水の作り方 (塩化ナトリウム水溶液の調製方法)

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. 2003.08.12

0.0	0.0	0.0	15.0	2.84	計算値消去
NaCl質量(g)	水の量(g, ml)	溶液体積(ml)	百分率濃度(%)	モル濃度(mol/l)	全部消去
溶液の質量=0.0 g		溶液の密度=1.106 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.

表 25°Cにおける食塩水の濃度と密度などの関係 (NaClの式量 (分子量) = 58.443)

百分率濃度(%)	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	26.4
モル濃度(mol/l)	0.172	0.346	0.702	1.067	1.443	1.829	2.225	2.632	3.05	3.479	3.919	4.372	4.837	5.314	5.411
溶液密度(g/ml)	1.004	1.011	1.025	1.04	1.054	1.069	1.084	1.099	1.114	1.13	1.145	1.161	1.178	1.194	1.198
溶液体積/水量	1.006	1.009	1.016	1.023	1.031	1.04	1.049	1.058	1.069	1.08	1.091	1.104	1.117	1.131	1.134

図4 Java Appletによる計算例 (濃度の換算)

食塩水の作り方 (塩化ナトリウム水溶液の調製方法)

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. 2003.08.12

エラー			5.0		計算値消去
NaCl質量(g)	水の量(g, ml)	溶液体積(ml)	百分率濃度(%)	モル濃度(mol/l)	全部消去

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.

表 25°Cにおける食塩水の濃度と密度などの関係 (NaClの式量 (分子量) = 58.443)

百分率濃度(%)	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	26.4
モル濃度(mol/l)	0.172	0.346	0.702	1.067	1.443	1.829	2.225	2.632	3.05	3.479	3.919	4.372	4.837	5.314	5.411
溶液密度(g/ml)	1.004	1.011	1.025	1.04	1.054	1.069	1.084	1.099	1.114	1.13	1.145	1.161	1.178	1.194	1.198
溶液体積/水量	1.006	1.009	1.016	1.023	1.031	1.04	1.049	1.058	1.069	1.08	1.091	1.104	1.117	1.131	1.134

図5 Java Appletによる計算例 (エラーの表示)

3. 化学研究室のホームページの作成

埼玉大学教育学部理科教育講座化学研究室におけるホームページの開発経過をまとめ、教育学部の紀要に報告した(4. 研究発表の4.1 学会誌等の3)。以下に、その論文を記載する。

化学研究室のホームページの作成

芦田 実*

Keywords: Home Page, Internet, CAI, Q&A

はじめに

コンピュータが発達して情報化社会となり、大学においてもインターネットを活用した現職教員教育や地域に対するサービスが求められるようになった。そこで本研究室でも、インターネットを利用して学外一般と、あるいは本学本学部化学研究室卒業生(現職小・中学校教員など)との双方向の交流を目指し、利用者の立場に立ってそのニーズに応えるためのホームページ¹⁻³⁾を試作し一般公開している。さらに、研究室のサーバーに学部外には非公開のホームページを作り、これを主にホームページの試作・改良などの作業用に使用している。

平成13年7月に最初のホームページ¹⁾を学部外のサーバー(東洋館)から一般公開した。これは、研究室のサーバーで試作したものを縮小した紹介版である。本格的なホームページとして、平成14年2月に教育学部のサーバーから2番目のホームページ²⁾を、平成15年3月に学部外のサーバー(東洋館)から3番目のホームページ³⁾を一般公開した。なお、一般公開している3つのホームページ¹⁻³⁾ともハードディスクの容量(各10MB)が小さいので、全ての内容を掲載している訳ではなく、ホームページの目的を分けて、後述の内容を取捨選択したり、縮小化して掲載してきた。以下、ホームページの内容と開発の経過について述べる。

ホームページの内容

教育学部のサーバーから公開しているホームページ²⁾のメニュー画面を図1に示す。画面の上部の数字はアクセスカウンター(訪問者の人数)、その下は化学第1実験室の写真である。中央部の各メニューにもカウンターを付けて、閲覧数の統計(需要の程度)を調べている。「吉田研究室」と「芦田研究室」には教官の自己紹介を載せている。「理科と総合学習について」で参考および学習支援となる文献⁴⁻⁷⁾とその内容を詳しく紹介している(図2の紹介版¹⁾を参照)。

「化学の相談室」では、小・中学校レベルの化学の疑問にクイズ形式で答える「化学Q & A」を作成している。また「質問箱」(図3)を設け、化学に関する質問に分かり易く回答している。さらに、酸・塩基滴定のシミュレーション、実験値の整理や「溶液の作り方」(図4)に関する「計算と作図」を自動的にサービスしている。

* 埼玉大学教育学部理科教育講座

「化学実験の広場」には「小・中学校の理科」向けの安全実験支援教材(図5の紹介版¹⁾)を参照,パスワード不要)と「高校の化学」向けのマルチメディア教材(図6の紹介版¹⁾)を参照,パスワード不要)を置いている。「授業の資料集」は学部内の理科専修生向けであり,「化学演習」や「化学実験」の資料を置いている。その他,「掲示板」と「Mail」でホームページに関する意見や感想を受け付けている。

ホームページの開発経過

1. 教材の準備とホームページの試作

埼玉大学教育学部は平成13年度末までは,ホームページを一般公開する制度や準備が整っておらず,学部から一般公開ができなかった。そのような事情で,平成9年度から平成12年度までは,化学研究室においてパソコン内で教材を開発した。平成11年度からは学部外に接続されていないサーバーを研究室に設置して,ホームページ(学部内でのみ閲覧可能)の試験的な開発を始めた。

小・中学校では理科離れが進んでおり,理科(化学)実験の実施率も次第に低下している。この原因として,理科実験では実験を失敗したり,事故が起こる危険性があること,学校の先生も理科の科目(物理,化学,生物,地学)全てが必ずしも得意という訳ではないこと等が考えられる。理科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ので,理科離れを少しでも減らすために,また小中学校で少しでも多く理科実験を行ってもらうために,平成9年度に化学系実験を安全に行うことを支援する教材⁸⁾を開発した。

平成10年度にWindows95ヘルプファイルを活用して高校の化学のマルチメディア教材⁶⁾も作成した。なお,現在ではこの教材をホームページ化しているが,容量が非常に大きい(965ファイル,463MB)ので,そのごく一部を「化学実験の広場」中の高校の化学(縮小版)^{1,2)}として一般公開している(図6)。また,平成10年度から種々の教材⁹⁾をHTML(Hyper Text Markup Language)ファイルとJPG画像(Joint Photographic Experts Group)ファイルやGIF画像(CompuServe Graphics Interchange Format)ファイルを用いて試作することを開始した。

平成11年度には,HTMLファイルと画像(JPG, GIF)ファイルを用いて安全教育に関するマルチメディア教材のホームページ¹⁰⁾を作成した。これは,平成9年度から開発を始めた安全実験支援教材をホームページに組み込んだものである。ただしこれはまだ,パソコン内および研究室のサーバー内でのみ閲覧できる試作品である。平成11年度のホームページを改良・充実し,平成12年度に小・中学校を中心にした理科実験に関するマルチメディア教材のホームページ¹¹⁾を作成した。なお,容量が大きい(数10MB)ので,現在ではこの教材のごく一部を「化学実験の広場」中の小・中学校の理科(紹介版,縮小版)^{1,2)}として一般公開している(図5)。

平成12年度に掲示板をホームページに組み込んだ¹¹⁾。CGI(Common Gateway Interface)方式でPerl言語を用いて作成したプログラムで,利用者の意見や感想を受け付け,掲示板用のファイルを読み書きして表示・記録している。これは,その後に改良されたが,現在のホームページ¹⁾でも掲示板として残っている(図7)。さらに,この掲示板は現在のホームページ^{2,3)}の質問箱(図3)の基礎にもなっている。

ホームページの利用頻度を調査するために,アクセスカウンターのプログラムをSSI(Server Side Include)方式でPerl言語を用いて作成し,その当時の最初のメニューページに組み込んだ¹¹⁾。ただし,このカウンターはメニューページの閲覧総数を表示するだけのものであった。また,SSI方式はセキュリティが弱く,研究室のサーバーでも保証の対象外であり,公開用のホーム

ページには使用できなかった。それゆえ現在では、アクセスカウンターのプログラムをCGI方式で作り直している。さらに、メニューページの前にトップページ(図8)を追加している。この方法によって、メニューページをCGIプログラムで操作し、メニューごとの利用数を詳しく調査できる(図1)。

平成12年度に、小・中学校レベルでの化学系分野の子供の疑問にクイズ形式で答える化学Q & A^{1,2)}を作成した。現在ではそれを「化学の相談室」の中に組み込んで、その一部¹⁾または全部^{2,3)}を一般公開している(図省略)。

2. ホームページの公開と充実

現職の小・中学校教員のリカレント教育を目指して、平成13年度にも研究室のサーバー内のホームページを改良・充実^{13,14)}している。これを縮小して、学部外のサーバー(東洋館)でホームページの紹介版¹⁾として、平成13年7月に最初に一般公開した(図1と類似)。

平成13年度に研究室のサーバーを利用して、アクセスカウンター(訪問者の人数・統計)、アクセスログ(訪問者の情報・アドレス)、パスワード(アクセス制限)等のCGI方式のプログラム¹⁴⁾を作成した(図1)。また、掲示板を改良し、掲示板と質問箱に分けた(図3)。さらに、教育学部理科専修生向けに授業の資料集を作成して、平成14年2月に教育学部のサーバーから2番目のホームページ²⁾として一般公開した(図1)。同時に開発・確認用として、研究室のサーバーにも同一内容のホームページを載せている。

本研究室では平成元年からBASICを用いて化学実験の定性・定量分析のシミュレーションプログラムを作成し、「化学実験」の授業でも利用してきた。しかし、これはあくまでローカルな範囲に過ぎず、学外の人には利用し難かった。平成14年度に、インターネット上で公開可能なJava Appletを用いて、酸・塩基滴定のシミュレーションプログラム^{2,3,15)}を作り直した(図省略)。Java Appletプログラムはパソコンの中だけでも実行可能なので、ダウンロードサービスも開始している。

平成14年度に教育学部のサーバーから2番目のホームページ²⁾を一般公開した。このホームページは自分達で管理できるので、これを契機に質問箱の内容を充実した^{2,16)}。最初のホームページ¹⁾の質問箱(図7の掲示板を参照)は文字のみで、分かり難かった。そこで、必要に応じて図・表などの画像を挿入した。さらに、HTMLタグを付けて化学式の上付き・下付き文字を処理した(図省略)。また、クイズ形式の化学Q & A集に項目を追加した^{2,16)}。

Excelは計算・作図ソフトとして多くの人々が使用している。しかし、コンピュータに弱い人や子供の中にはExcelを使えない人もいると思われる。そこで、Excelの使い方を知らない人でも、Excelであることを意識する必要もなく、サーバーに自動的に作図させるCGI方式のプログラム¹⁷⁻¹⁹⁾を作成した(図省略)。さらに、パソコンにExcelがインストールされていない場合を考慮して、同様の働きをするJava Appletプログラム^{17,18)}も作成した。

教育学部のサーバーから2番目に公開したホームページ²⁾は、Yahoo等の検索で見つけれない。これでは一般の人からの利用が見込めず、ホームページとしての価値が半減するので、平成15年3月に学部外のサーバーから3番目のホームページ³⁾を一般公開した(図1, 図8と類似)。このホームページは自分達で管理できるものである。また、一般の利用者向けに内容を「化学の相談室」にほぼ限定している。

理科(化学)の面白さは実験を通してのみ伝えられることが多い。そこで、小学校で少しでも多く理科(化学)実験を行ってもらうために、水溶液の濃度計算と調整方法の自動サービスを考えた。小・中学校理科で化学系実験の一番の基礎は、実験に使用する水溶液をまず調製することである。ところが、特に理科以外の専修生は水溶液の濃度計算や調製方法を修得していないこと

が多い。また、小学校の先生の中にも濃度計算や調製方法を完全には修得していない人がいるかもしれない。このような人のために、インターネットを利用して簡単に濃度を計算し、調製方法や注意事項を知らせるJava Appletプログラム^{20, 21)}を平成15年度に開発した(図4)。忙しい現場教師や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。平成15年9月現在、食塩水²⁰⁾、塩酸、アンモニア水、水酸化ナトリウム水溶液について一般公開^{2, 3)}している。また、一括ダウンロードサービスも開始している。

おわりに

コンピュータは今後ますます発達し、情報化社会はさらに便利なものになっていくと思われる。ここで紹介した化学研究室のホームページはまだ完全にできあがったものではなく、作成中の部分も多々ある。それゆえ、コンピュータの発達に合わせて、このホームページを今後も作成・充実させていくつもりである。

謝辞

森一華氏、岩田雅弘氏、斎藤飛鳥氏、高橋拓也氏、清水諭氏、大柳恵美氏、小森雅子氏、鈴木真理氏、大塚友意氏、滝島智和氏、田口俊之氏、五十嵐真由美氏、務台ひろみ氏にはホームページの作成に協力していただきました。皆様に心から感謝致します。

参考文献など

- 1) <http://www.e-sensei.ne.jp/community/skk/>
- 2) <http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/>
- 3) <http://www.e-sensei.ne.jp/~ashida/>
- 4) 吉田俊久『理科と「総合的な学習の時間」、その支援』理科の教育, 49 (574), 292-295(2000)
- 5) 吉田俊久『理科における簡便分析手法』理科の教育, 50(587), 402-403 (2001)
- 6) 岩田雅弘, 『Windowsヘルプファイルを活用したマルチメディア教材表示ソフトの開発』化学と教育, 48(5), 332-333(2000)
- 7) 芦田実ほか『簡単にできるパソコン計測実験』理科の教育, 50(591), 688-689(2001)
- 8) 森一華, 平成9年度卒業研究『化学教育としての安全教育 - 特に, 化学系実験教育を中心に - 』
- 9) 斎藤飛鳥, 平成11年度修士論文『理科教育実践支援のネットワークに乗せたマルチメディア教材開発 ~ 特に化学領域を中心に ~ 』
- 10) 高橋拓也, 平成11年度卒業研究『安全教育に関するマルチメディア教材の作成』
- 11) 清水諭, 平成12年度卒業研究『理科実験に関するマルチメディア教材の作成(小・中学校を中心に)』
- 12) 大柳恵美, 平成12年度卒業研究『化学Q & Aのホームページの作成』
- 13) 小森雅子ほか『インターネットを利用した現職教員教育』化学ソフトウェア化学会2001研究討論会講演要旨集, pp.138-139
- 14) 鈴木真理, 平成13年度卒業研究『化学研究室のホームページの作成(CGIプログラムの組み込み)』
- 15) 大塚友意, 平成14年度卒業研究『インターネットを利用した化学実験のシミュレーション』

- 16) 滝島智和, 平成14年度卒業研究『化学研究室のホームページ作成 - 化学Q & A集および質問箱の充実 - 』
- 17) 田口俊之ほか『インターネットを利用した計算・作図の自動サービス』日本コンピュータ化学会2002秋季年会講演予稿集, pp.70 -71
- 18) 芦田実ほか『インターネットによる計算・作図の自動サービス』日本コンピュータ化学会2003春季年会講演予稿集, 1P04
- 19) 芦田実ほか『インターネットを活用した回帰分析と作図の自動サービス - Excel形式 - 』化学教育ジャーナル(CEJ), 7(12), 採録番号7 -4(2003)
- 20) 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(12), 採録番号7 -5(2003)
- 21) 芦田実ほか『水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』日本コンピュータ化学会2003秋季年会講演予稿集, pp.78 -79
(2003年 9月26日提出)
(2003年10月15日受理)

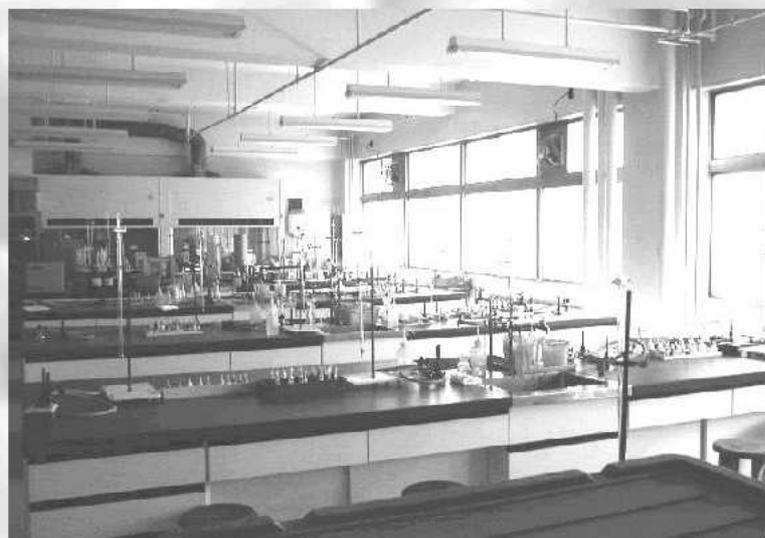
Development of Home Page in Internet of Chemical Laboratory in Faculty of Education of Saitama University

Minoru ASHIDA

Home page of our laboratory has been developed for science (chemical) education. This paper describes its object, contents, and progress of the home page. The main contents are composed of multimedia teaching materials, information of literatures, questionnaire, and automatic server side services.

ようこそ！ 埼玉大学教育学部化学研究室へ

あなたは **1275** 人目の訪問者です



化学研究室

・吉田研究室 141 ・芦田研究室 250

理科と総合学習について

- ・理科と総合学習 64
- ・簡便分析手法 51
- ・マルチメディア 39
- ・コンピュータ実験手法 63

化学の相談室

- ・化学Q&A(質問・回答)のページ 78
- ・質問箱 264
- ・計算と作図(データ処理とグラフィック) 582
- ・溶液の作り方(濃度計算と調製方法)
- ・掲示板(ご意見、ご感想など) 130

化学実験の広場

(化学教材資料集)

パスワードが必要です。

小・中学校の理科(縮小版)15
高校の化学(縮小版)5

授業の資料集

(教育学部理科専修生向け)
パスワードが必要です。

化学0
化学演習64
化学実験385
enter

Mail

ホームページに関するご意見等お寄せください

・[埼玉大学のホームページに戻る](#)

・[入り口へ戻る](#)

図 1 ホームページのメニュー画面
<http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/>

総合学習について

文献として紹介します。

理科と「総合的な学習の時間」, その支援 吉田 俊久
「理科の教育」49巻(5月号), 292(2000)

理科における簡便分析手法 吉田 俊久
「理科の教育」50巻(6月号), 402(2001)

Windowsヘルプファイルを活用したマルチメディア教材表示ソフトの開発
岩田雅弘(埼玉県立春日部高等学校), 吉田俊久(埼玉大学)
「化学と教育」 vol.48(5), pp332-333(2000)

簡単になるパソコン計測実験
芦田 実・吉田 俊久
「理科の教育」 掲載予定(2001)

[化学研究室 トップページへ](#)

図 2 理科と総合学習について
<http://www.e-sensei.ne.jp/community/skk/>

あなたは 269 人目の訪問者です

[前に戻る](#)

質問箱

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

お名前:

E-mail:
(E-mail を入力しても、下欄には書き込まれません)

URL:

質問:

[化学研究室に戻る](#)

図 3 質問箱 (入力部分)
実際の画面では、この下に質問と回答(図7参照)をつなげて表示している。

食塩水の作り方（塩化ナトリウム水溶液の調製方法） 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. 2003.08.27

53.44	480.96	500.0	10.0	1.829	計算値/消去
NaCl質量(g)	水の量(g, ml)	溶液体積(ml)	百分率濃度(%)	モル濃度(mol/l)	全部消去
溶液の質量=534.4 g		溶液の密度=1.069 g/ml			

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

表 25℃における食塩水の濃度と密度などの関係 (NaClの式量 (分子量) = 58.443)

百分率濃度(%)	1.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	26.4
モル濃度(mol/l)	0.172	0.346	0.702	1.067	1.443	1.829	2.225	2.632	3.05	3.479	3.919	4.372	4.837	5.314	5.411
溶液密度(g/ml)	1.004	1.011	1.025	1.04	1.054	1.069	1.084	1.099	1.114	1.13	1.145	1.161	1.178	1.194	1.198
溶液体積/水量	1.006	1.009	1.016	1.023	1.031	1.04	1.049	1.058	1.069	1.08	1.091	1.104	1.117	1.131	1.134

計算方法

塩化ナトリウムの質量をMa(g), 水の量をMb(gまたはml), 溶液の質量と体積をM(g)とV(ml), 溶液の密度をd(g/ml), 質量百分率濃度をW(%), モル濃度をC(mol/l), 溶液体積/水量をR, 塩化ナトリウムの式量をF(g/mol)とすると, 次式のような関係があります。

$$W=100Ma/M, M=Ma+Mb=Vd, C=1000Ma/FV, R=V/Mb, 1L=1000ml$$

これらの式と既知の値を用いて未知の値を求めることができます。濃度から密度を求めたり, 溶液体積/水量から濃度を求めるときは上の表を使います。

調製方法

天秤を用いて塩化ナトリウムをはかり取り, 蒸留水に溶かします。このとき, 溶かす前の水の量をはかるにはメスシリンダーや天秤を使います。また, 溶かした後の溶液の体積を調製するにはメスシリンダーやメスフラスコを使います。

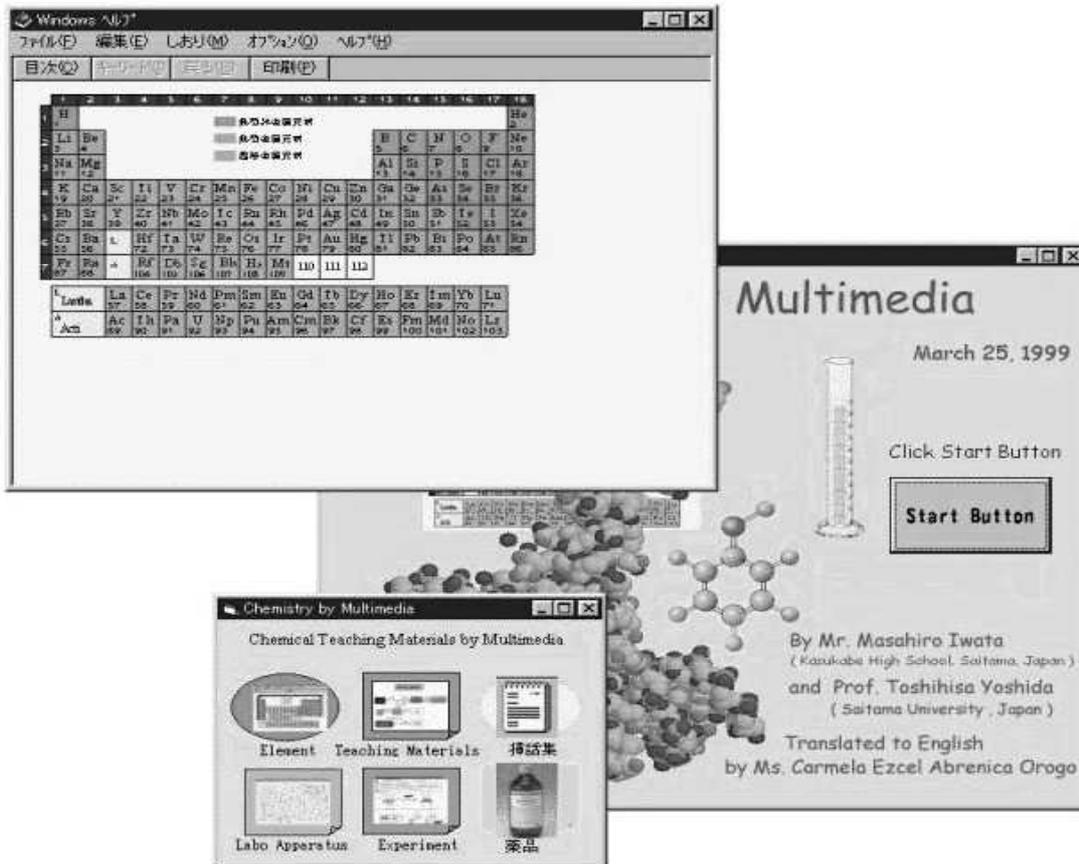
注意事項

天秤は慎重に取り扱い, 薬品をこぼしたらすぐに掃除しましょう。はかれる範囲は天秤によって異なります。最大秤量を超過しないように注意しましょう。メスフラスコは, はかれる容積が固定されています(例えば, **, 100ml, 200ml, 250ml, 500ml, 1000ml, **).

図 4 濃度計算と調整方法 (食塩水)



図 5 小・中学校の理科 (紹介版)



< Elementのクリックで、左上画面がでる >
 < その左上画面中のQのクリックで次頁へ >

図6 高校の化学(縮小版)

掲示板

何かご意見・ご感想などありましたら、書き込みをお願いします。

名前 :

E-mail:

URL :

意見・感想:

名前: ピンチ
 日時: 03年08月31日21時23分

ありがとうございます。参考になりました。

名前: 芦田 実
 日時: 03年08月31日17時16分

ピンチ 様

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。e-senseiの私の別のホームページおよび教育学部から公開しているホームページの質問箱とQ&A集にも回答(一部)を載せたいと思います。

質問53 シュウ酸の電離度を教えてください。あと、シュウ酸と水酸化ナトリウムのpH値はいくらぐらい何ですか？

回答 電離度とpHは両方とも濃度によって変化しますので、この質問にはあまり意味がありません。シュウ酸は二段階に電離します。酸解離定数はそれぞれ約0.054と約0.00054です。簡単のために、第一段階の電離だけを考えます。濃度が1mol/L(飽和に近い)だとすると、電離度は約0.2、pHは約0.7です。濃度が0.1mol/Lのときは、電離度が約0.51、pHが約1.3です。濃度がさらに小さくなるにつれて、電離度は1に、pHは水のpHに近づきます。なお、普通の水には空気中の二酸化炭素が溶けていますので、pHは6前後です。水酸化ナトリウムは強塩基なので、完全電離に近似します。濃度が1mol/LのときpH14、濃度が0.1mol/LのときpH13です。

埼玉大学教育学部理科教育講座
 芦田 実

図7 掲示板



図 8 ホームページのトップ画面
<http://www1.edu.saitama-u.ac.jp/users/ashida/>

4. その他の自動サービス

その他の自動サービスとして、化学の考え方や現象を分かりやすく解説する目的で、クイズ形式の化学Q & A集を自作している。以前に制作したもの

C-Q5.電気陰性度の差から電子が移動してイオンができます。その現象を日常生活に例えると下のどれかな？

- ★1 綱引き
- ★2 リレー
- ★3 玉入れ

正しいと思う答えの番号をえらんで、クリックしてみよう！

戻る

図 クイズ形式の化学Q & A集 (クイズの例)

◎正解！

C-Q5.電気陰性度の差から、プラスやマイナスのイオンができます。その現象を日常生活に例えると下のどれかな？

★1 綱引き

電気陰性度とは、電子を引きつける強さのことで、強いと陰イオン(マイナスイオン)になりやすく、弱いと陽イオン(プラスイオン)になりやすいです。

プラスイオンやマイナスイオンが電気陰性度の差によってできますが、その現象が綱引きに似ています。

綱引きでは綱を引っ張る力が強いと、弱い方から綱を奪い取れます。

例として塩化水素の分子を考えると、H(水素)原子1つとCl(塩素)原子1つでできています。

原子は、プラスの電気を帯びた原子核のまわりを、マイナスの電気を帯びた電子が回っています。

そして、電子を綱の代わりにして、Hの原子核とClの原子核が綱引きをします(下の左図参照)。

ここで、HとClの電気陰性度の強さを比べると、Hが弱く、Clが強いです。

すると、H原子から電子(綱)が1つCl原子に奪われます。

こうして、Hは電子を1つ奪われ陽イオンのH⁺(水素イオン)になり、Clは電子が1つ多い陰イオンのCl⁻(塩化物イオン)になります(下の右図参照)。

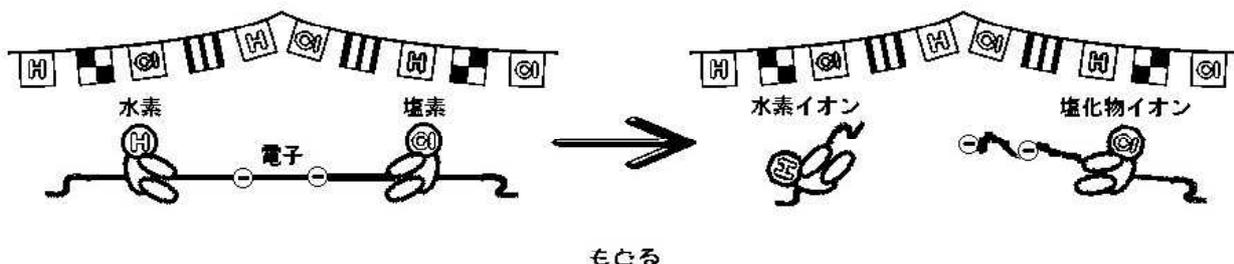
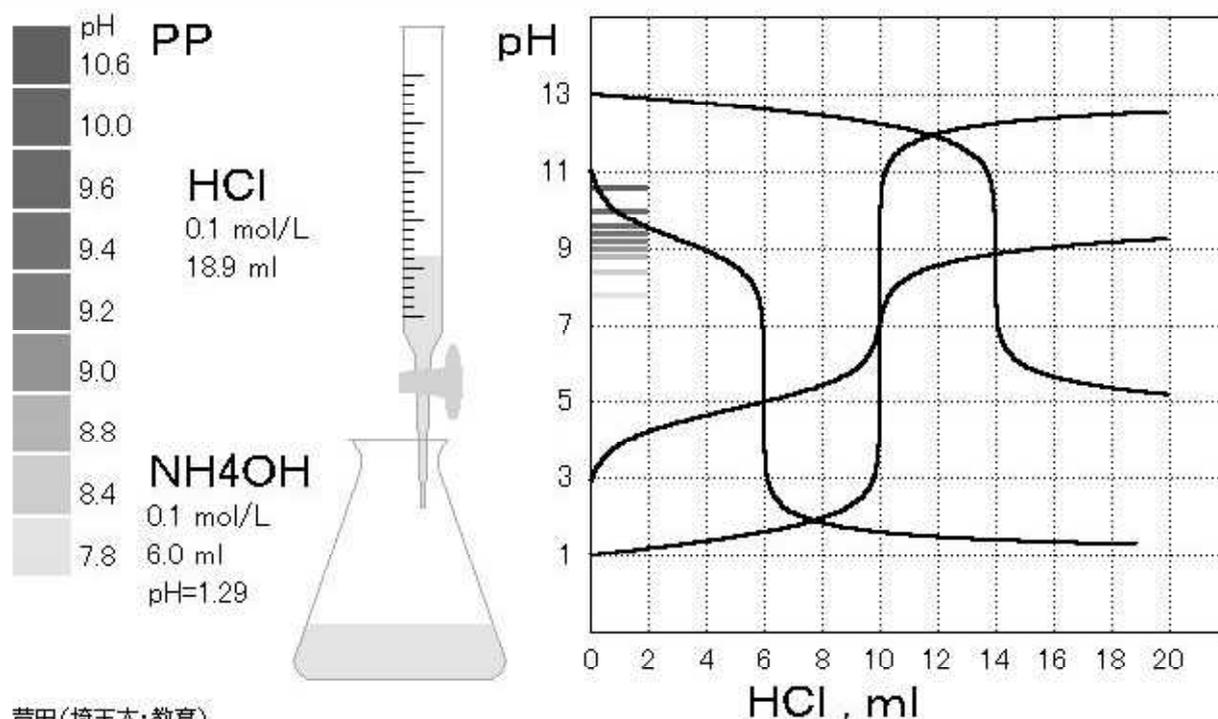


図 クイズ形式の化学Q & A集 (解説の例)

に画像を追加して分かり易くした。さらに、イオン(電気陰性度)、乾燥剤、花火(炎色反応)などの項目を新しく制作した。必要に応じて日常生活に例えて説明したり、家庭でできる簡単な実験を紹介した。

酸 - 塩基滴定のシミュレーションに関する自動サービスおよびダウンロードサービスを開始した。酸は塩酸と酢酸から、塩基は水酸化ナトリウム水溶液とアンモニア水から選択でき、これらの中から4種類の組み合わせが可能である。利用者の便宜を考えて、上のビュレットに入れる滴定液と下のコニカルビーカーに入れる被滴定液を交換できるようにした。また、酸と塩基の濃度、横軸の目盛(滴定液の滴下量)、試料(被滴定液)の体積を入力できるようにした。さらに、任意の位置、横軸の目盛位置、当量点付近、横軸の最後の位置で滴定を一時停止でき、そのときの滴下量とpHを読めるようにした。pH指示薬はプロモチモールブルー、フェノールフタレイン、メチルオレンジから選択することができ、それぞれの変色域を図に示し、そのpHで被滴定液の色が変化するようにした。教育実習を含めた学校の授業(実験中のデータチェック、実験後の整理、予習・復習)や自由研究など種々の目的で使用できよう。



芦田(埼玉大・教育)

開始	一時停止	フェノールフタレイン	曲線記憶消去	曲線記憶消去	曲線記憶消去	最後停止
NaOH	NH4OH	塩基濃度(M)	0.10	横軸目盛(ml)	20	数値読込
HCl	酢酸	酸の濃度(M)	0.10	試料体積(ml)	6	酸滴下

この上に図が見えなかったら Java Applet を有効にして下さい。
別ページ(Netscapeで図が見えない場合)

[前に戻る](#)

図 酸 - 塩基滴定のシミュレーションの画面(一部)

その他、cgiプログラム(アクセスカウンタ、アクセスログ、パスワード認証、質問箱、掲示板)をさらに改良し使い易くした。

．おわりに

1．総括

本研究室のホームページに設けた質問箱への質問件数が，平成13年度に10件，平成14年度に21件，平成15年度には47件と年々倍増している．学内・学外のサーバーから公開するホームページの数を増やしてきたこと，回答済みの質問が増えてきたことなどにより，利用者がインターネットで検索したとき質問箱が見つかり易くなったものと思われる．今後も多数の質問が寄せられると考えられるので，質問箱は長年にわたって維持するつもりである．さらに，質問と回答を整理して，利用者が閲覧しやすいように改良する予定である．

インターネットを活用した計算と作図，溶液の濃度計算と調製方法，クイズ形式の化学Q & A集，定性・定量分析などのシミュレーションに関する自動サービスも，今後さらに充実させていく予定である．大学の授業などで利用したり，学生に紹介したので，利用者は少しずつ増加してきた．今後は利用者が益々増加していくと思われる．

2．資料

以下に，平成14年度と平成15年度の学会における口頭発表のリストを再び記載する．

- 1) T. Yoshida, M. Ashida, "Chemical Education in Teacher-Training by using Internet - On the Improvement of the Curriculum and Content -", Proceedings of the 17th IUPAC International Conference on Chemical Education (Beijing, China), p.280(2002, August 6-10)
- 2) 小畑康彦，吉田俊久，清水誠，貫井正納，「学習指導要領の変遷と教員養成系学部学生との関係（理科学習について）」，日本科学教育学会第26回年会論文集，pp.327-328(2002)
- 3) 田口俊之，芦田実，吉田俊久，「インターネットを利用した計算・作図の自動サービス」，日本コンピュータ化学会2002秋季年会講演予稿集，pp.70-71(米沢，2002年11月2～3日)
- 4) 芦田実，田口俊之，五十嵐真由美，務台ひろみ，吉田俊久，「インターネットによる計算・作図の自動サービス」，日本コンピュータ化学会2003春季年会講演予稿集，1P04(東京，2003年5月19～20日)
- 5) 芦田実，五十嵐真由美，務台ひろみ，吉田俊久，「水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」，日本コンピュータ化学会2003秋季年会講演予稿集，pp.78-79(東広島，2003年10月25～26日)

さらに，これらの予稿集の表紙と掲載された原稿を次頁から記載する．

謝辞

平成14年度～平成15年度 科学研究費補助金(基盤研究(C)(2))を受けて研究成果が大いにあがったことを，ここに記して謝意を表す．同時に本研究の遂行には，研究分担者を始めとして多くの協力者の協力を得たことも，ここに記して感謝致します．

本資料には，平成14年度と平成15年度の学会発表における予稿集の原稿等（報告書の131頁～143頁）を記載しないことにする．