

「モル」を理解し使いこなすための、実験と対話で進める一連の授業

鳥山由子

I 授業の概要

1. 授業の目標と指導方針

「モル」は基本単位の一つであり、便利な単位であるにも関わらず、日常生活の中では使わないため、生徒にとっては実感が無いものである。本授業では、定義が先行する指導法に原因があると考え、モルの定義を初めから与えるのではなく、系統的な実験・実習と対話を通して、モルを単位として、量の感覚を伴って使いこなす力をつけることを目的にした。

2. 授業の実施期間

1994年6月～7月

授業は毎週2回で、1回の授業は2時間続き（100分）であった。

8回（16授業時間）の連続した授業を行った。

3. 対象生徒

筑波大学附属盲学校高等部1年生10人（点字使用者6人、普通文字使用4人）

4. 指導方針と配慮事項

（1）モルを単位として使いこなすことを第一にする。

- ① 実際に物質をモル単位で扱いながら、量の感覚を養う。
- ② 定義は必要最小限にとどめる。
- ③ モデル実験と実物とを対照させながら、粒子の数の概念を養う。

（2）モルの便利さを実感させる。

- ① 実験の量的関係に興味を持たせ、モルを使うとすっきりと説明ができることを実感させる。
- ② 新しい知識（気体1 molの体積、モル濃度など）の学習に必然性を持たせ、新しい知識の便利さを実感させる。

（3）講義と実験を有機的に組み合わせた授業を行う。

（4）少人数の利点を生かして、対話を大切にし、生徒の気付きを見逃さない。

（5）計算力の低い生徒に配慮し、計算の困難を軽減する工夫をする。

- ① 実験結果の考察の際に計算の負担が少なくなるように、物質とその量を工夫する（例：炭酸カルシウムを使うと、1 molが100 gなので、計算が容易である）。
- ② 原子量の定義として、初めは、「水素の原子量を1とする。」という歴史的定義でイメージ形成を図る。
- ③ 日常生活の感覚で計算できるよう、グラム単位で物質を扱う。

5. 授業の流れ（各時限の配当時間は2授業時間＝100分）

- 第1回目 実験1 炭酸カルシウムから発生する二酸化炭素の質量の測定
- 第2回目 実習1 金属棒の質量の測定
講義 単位としての mol の導入、原子量、分子量
- 第3回目 実習2 mol 単位で、いろいろな単体をはかる。
講義 1 mol の原子の数、
- 第4回目 講義と演習 化学変化に伴う量の関係（実験1の考察を兼ねる）
- 第5回目 モル概念を理解するためのモデル実験（米、小豆、大豆を使って）
- 第6回目 実験2 マグネシウムと塩酸の反応により発生する水素の体積の測定
講義 気体 1 mol の体積、
化学変化に伴う気体の体積（実験2の考察と演習）
- 第7回目 講義と演習 モル濃度（実験2で用いた塩酸中の塩化水素の質量から導入し、定義を与える。）演習・溶液中の溶質の量
実習3 モル濃度溶液の調整（結晶水のないもの）
溶液の濃度と出来上りの量の指示にしたがって、水溶液を作る。
- 第8回目 実験3 硫酸銅の結晶中の結晶水の定量
講義 結晶水の定義、結晶水を持つ結晶の水溶液のモル濃度
実習4 硫酸銅の水溶液を指定されたモル濃度で調整する。

II 授業の具体的展開

第1回目の授業 [実験1] 炭酸カルシウムから発生する二酸化炭素の質量の測定

授業のねらいと配慮

- ① 教師と生徒の対話を通して、実験に対する生徒の主体的な態度を育成する。
- ② 本実験の結果は、「モル」の学習の根幹になるため、生徒実験で良い結果が得るように、実験方法を工夫する。

対話（Tは教師、Sは生徒たち）

T：炭酸カルシウム 2 g がここにあります。これを塩酸と反応させて発生する二酸化炭素の量を調べます。どうすればよいでしょうか？

S：水上置換で集める

T : それも一つの方法ですが、今日、使う器具は、これ（コニカルビーカーを生徒に触らせる）と、これ（塩酸の入ったプラスチックの滴びんに触らせる）です。水上置換法は、今日は使いません。それと、「量」というのは体積とはかぎりません。

S : 気体の重さが分かればいいわけだ。

（しばらく話し合いの後）

S : はじめの重さを量っておいて後の重さと比べると軽くなるはず。それが、気体の重さ。

S : 気体を集めなくても、逃げた気体の重さを調べることもできるんだな。

T : そう、質量保存の法則を逆に使うわけですね。

T : 反応前の物質の質量と反応後の物質の質量との差を求めればよいわけですね。では、そのための具体的な実験方法を考えましょう。

S : (塩酸の入っている) びんの重さや、ビーカーの重さはどうすればいいかな。

S : はじめの重さを量るときにびんやビーカーの重さを含めておき、実験後の重さを量るときも、初めと同じびんやビーカーの重さが含まれているなら、びんやビーカーの重さを考えなくてよいと思う。

T : 実験の前後で、びんやビーカーの重さ（風袋）を含めて、実験に関わった物質全部の質量を量って、初めの質量に比べて、実験後の質量がどれだけ減少したか、調べればよいわけですね。

実験は、2人1グループで実験し、結果は、6グループとも、0.88g～0.90gの間であった。（本実験は、上皿てんびんの精度でも十分であるが、この時点では、生徒が上皿てんびんの操作に習熟していなかったため、音声付き電子天秤を用いた。）

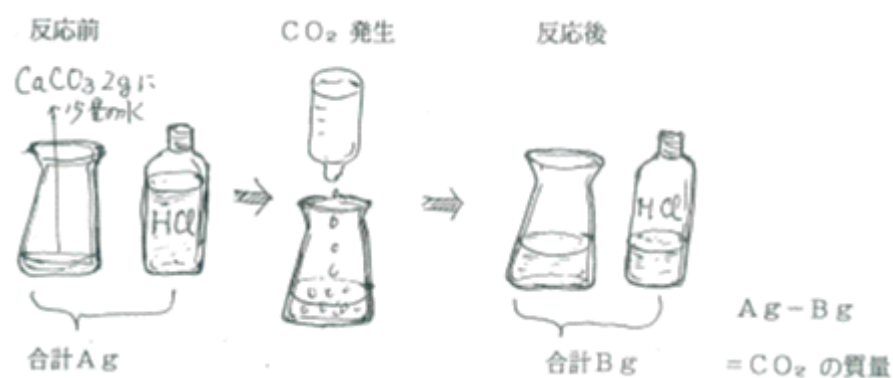


Fig.1 2 g の炭酸カルシウムから発生する二酸化炭素の質量を調べる実験

T : 良い結果がでましたね。でも、どうして、「良い結果」と言えるのかな？

S : 各グループの結果がほとんど同じだから。

T : 確かにそれは大事なことです（ここで、実験の再現性について説明する）。

でも、そのこととは違う理由もあるのです。この実験結果は、計算して求めた理論値にとっても近いのです。理論値は 0.88g g です。

(生徒から感嘆の声)

理論値を求める方法を知りたいと思いませんか？

S：知りたい。知りたい。

T：そのためには、新しい単位を使う必要があります。この単位は、高校で初めて習う単位です。次回からその単位の勉強をしましょう。

第2回目の授業 mol の導入

[実習1] 金属棒の質量の測定

(作業1) 市販の教材(鉄、銅、アルミニウム、炭素の各 1 mol が直径 1.5cm ほどの棒状になっているもの)の質量を上皿天秤で測定する。棒状の塊は単体であることを知らせ、棒を構成している元素名は教えずに、生徒に推定させる。鉄は磁石がつくことから、銅はその色から、アルミニウムは、密度が小さいことから推測できる。炭素は見当がつかないことが多いが、この段階ではそのままにしておく。なお、測定した質量は、鉄が約 56 g、銅が約 64 g、アルミニウムが約 27 g、炭素は約 12 g である。

実習1と実習2では、あえて上皿天秤を使う。中学部で上皿天秤を使っていた生徒もいるが、上皿天秤の操作を一度も経験していない生徒もいるので、二人一組で交代で測定させ、上皿天秤のしくみを理解させる。この体験は、音声電子天秤の仕組みを理解して正しく使うための基礎でもある。

(作業2) 原子量一覧表によって、作業1で推定した元素(鉄、銅、アルミニウム)のデータを調べる。この段階では、生徒は原子量の意味は未習であるが、鉄の原子量が 55.8、銅の原子量が 63.5、アルミニウムの原子量が 27.0 という数字をみつけて、「おや？」という声が上がりはじめ。原子量の数字と、測定した棒の質量の数値が一致しているからである。そのことから、質量 12 g であった黒い棒は炭素ではないかと類推できる。しかし、なぜこの二つの数字が一致しているのかは、この段階では分からない。ただ、ここでの作業のねらいは、生徒自身がこの数字の一致に気づくことである。このことが、次の講義を理解するためのレディネスになる。

[講義]

(1) 原子量の定義

原子量一覧表の数字と棒の重さにはどんな関係があるのかを考える前提として、原子量とは何かを定義する。この授業では、教科書の定義(現代の定義)を用いず、この段階の定義として、「原子量とは、一番軽い水素原子を基準にして、他の原子がそ

の何倍の重さをもっているかを表す数値である。」という歴史的な定義を用いる。このことにより、「原子量 12 の炭素原子は水素原子の 12 倍の重さ、原子量 27 のアルミニウムの原子は水素原子の 27 倍の重さである」ことが容易に理解できる。

(2) 「モルの導入」

上記の定義を用いて、次のような問答によって考えを進める。

「炭素原子 1 個の質量：アルミニウム原子 1 個の質量は？」・・・「12：27」

「炭素原子 10 個の質量：アルミニウム原子 10 個の質量は？」・・・「12：27」

「どちらも 1 万個だったらその比は？」・・・「12：27」

ここまでくると、「同じ数どうしなら 12：27 だ。」という意見が出る。

そして、生徒は炭素棒 (12 g) とアルミニウム棒 (27 g) の質量比が 12：27 であったことを思い出して、

「あの棒は同じ数ずつの原子でできているわけか。」

という意見が出る。このとき、生徒は、不思議に思う気持ちは持ちながらも、[論理的には、そうとしか考えられない] という結論に達することができる。

このようにして、測定した 4 本の棒は同じ数の原子からできていることを生徒自身が理解したことを確認し、「1 mol は、(原子量) [g] である」ことを説明する。生徒は、すでに、原子量の数値と棒の数値とが同じであることに気づいているので、「棒の質量は 原子量 (g)、つまり、棒は 1mol の原子からできている」と、理解することができる。

しかし、この段階では、まだ、すっきりとは理解できない。そこで、「とりあえずは、モルに慣れる」ために、次の時間には実際にモルを使って測定することを告げて、第 2 回目の授業を終える。

第 3 回目の授業 mol に慣れる

[実習 2] mol 単位で、単体・化合物を量る

- ① mol 単位で、いろいろな単体 (炭素、硫黄、亜鉛、スズ、鉛など) 1 mol (スズのように重い金属は 0.1mol) を上皿てんびんで量る。

物質名、元素記号、物質名、質量を書いたカードを作る (点字と墨字並記)

他のグループが量った単体と、そのカードを回覧して観察する。

(①の測定は、各グループ、一つの単体を担当しているため)

- ② 化合物 (塩化ナトリウム、水など) について、指示された mol 数で量りとり、単体のときと同じようにカードを作る。カードと物質を回覧し、他のグループのものを観察する。

物質を指先で触って観察すると、少量の物質が指先に付着するので、一つの物質を観察する度に手を洗うように指示する。

③ 1 mol とは、 6×10^{23} 個の粒子の集合体であることを教える。

①や②で、物質に触って観察したとき、指先に少量の物質が手についた。この少量の物質の原子数・分子数について話し合う。想像を越えた膨大な数であることに驚き、印象深い体験となる。(ここでは、イオン結晶について未習なので、化合物の基本単位は「分子」という用語で扱う。)

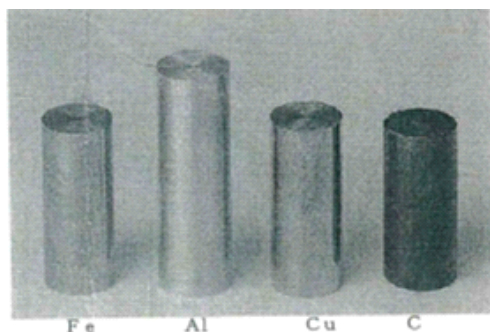


Fig. 2 単体とその1モル (教材)

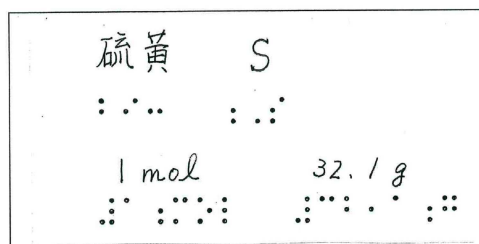


Fig.3 各グループが作るカードの例

第4回目の授業 「実験 1」をモルを使って考察する

化学反応に伴う量の関係をモルを使って考察し、モルの素晴らしさを実感させ、いろいろな化学反応式について応用できるようにするのがこの授業の目的である。

(1) 化学反応式の書き方を指導する。中学校では、ごく限られた化学反応式しか扱っていないので、ていねいに指導するが、この指導の詳細については省略する。

この実験の化学反応式は次のように表される。



T : 化学反応式とは、実験事実をもとにして、反応前の物質と反応後の物質を書いたものですが、物質名だけではなく、他になにか情報が盛り込まれていないでしょうか? (しばらくいろいろ話し合ううちに)

S : 左辺と右辺のそれぞれで、物質の分子量(式量)の和が同じです。

S : 分子量の和が同じであることは、モルを使って考えると、左辺と右辺それぞれの物質の質量の和が等しいということになる。

S : 質量保存の法則というのは、こういうことだったのか。

T : そうです。化学反応式には、反応する物質名が書いてあるだけではなく、反応に関わる物質の量も書いてあります。化学反応式の係数は、モル数を表すわけです。

T : さて、この化学反応式には、炭酸カルシウム 1 mol(100g)から、二酸化炭素が何 mol 発生すると書いてありますか?

S : 1 mol 発生します。

T : 炭酸カルシウム 1 mol(100g)から、二酸化炭素は 1mol(44g)が発生しますね。

では、皆さんが実験に用いた 2g の炭酸カルシウムからは、何 g の二酸化炭素が

発生することになりますか？

S : 2 g の炭酸カルシウムは $1 / 50 \text{ mol}$ だから、発生する二酸化炭素も $1 / 50 \text{ mol}$ 、44 を 50 で割ると・・・0.88g です。

S : 実験の結果は 0.8g から 0.9g だった。先生が「計算した値と近い」と言ったのはこのことだったんだ。

このようにして、生徒達は、モルを使って実験 1 の考察をすることができた。計算が得意でない生徒にも理解できるように、この段階では、方程式を立てずに直感的に比例関係を暗算で計算させる。また、炭酸カルシウム（式量 100）を使うことで、計算を容易にした。

第 5 回目の授業 モル概念を理解するためのモデル実験

(1) 目的

- ①ミクロな原子・分子の世界を扱う前に、「粒を見ることも数えることもできるが、数えるのには小さすぎて面倒なため、普通は質量で扱っている米、小豆、大豆」などを介入させて、「モル」の、質量と粒子数との関係を感覚的に理解する。すなわち、1 個では、はかりで量ることができない小さな粒でも、多くの粒をまとめれば、はかりで質量を量ることができることに気づく。
- ②何種類かの粒のうち、一番軽い粒を 1 としたときの比較の重さを求め、その比較の重さに応じたグラム単位で量ればその中に含まれる粒の数が同じであることを理解する。このことと、原子量とモル（原子量グラム）を結び付けて理解する。

(2) 方法と結果

- ① 米、小豆、大豆、それぞれ一粒の重さを工夫して量る。

(50 粒、100 粒とまとめて量り、平均値をだせばよいことに気づく。また、5 g 10 g を量り、粒の数を数えて一粒あたりの平均値を出してもよい。いずれにせよ、多くの粒を集めて平均値を出すことに気づき、実際に測定することができればよい。)

結果の一例

米	100 粒	2.00 g	→	1 粒	0.02 g
小豆	100 粒	19.30 g	→	1 粒	0.19 g
大豆	100 粒	32.05 g	→	1 粒	0.32 g

- ② 米、小豆、大豆の重さの比をとる。さらに、一番軽い、米を 1 とした場合の比を求める。

結果の一例

米	0.02 g	→	1	
小豆	0.19 g	→	9.5	<u>比は 1 : 9.5 : 16 となる。</u>
大豆	0.32 g	→	16	

この作業中、「一番軽い米を1として・・・」という教師の言葉で、「原子量のときと同じだな」という声がでた。これは、原子量の定義を「一番軽い水素原子の質量を1としたときの比較の重さ」と定義したためであろう。

- ③ ②で求めた比をグラム単位にして、米 1 g、小豆 9.5 g、大豆 16 g を量り、その中に何個の粒があるか数える。

結果の一例

米 1 g ・ ・ ・ 50 粒

小豆 9.5 g ・ ・ ・ 49 粒

大豆 16 g ・ ・ ・ 50 粒

生徒の中には、作業をしながら、「なぜ、同じなのかな。・・・でも、同じでいいんだな。」とつぶやく人がある。なんとなく不思議だという気持ちと、計算すればそのとおりだという気持ちの間を行きつ戻りつしながら考えて、次第に納得していくようである。「いつのまにか、mol の授業になっちゃった。」という声が出始める。教師の説明を聞かなくても、モデル実験の意図が分かったのである。

- ④ ①で求めた「1粒当たりの質量」を「原子1個の質量」、
②で求めた「比較の重さ」を「原子量」、
③で求めた「比較の重さの数値を使ってグラム単位ではかったもの」を「mol」、つまり、「きまった数の粒の集まり」と考えて、水素（原子量1）、炭素（原子量12）、アルミニウム（原子量27）について、原子量、1 mol の質量、mol に含まれる原子数について考える。

ここまでくると、同じ mol 数の物質には、同じ数の粒子が含まれていることを実感できるようになり、問答をしても、すらすらと答えが出るようになる。

第6回目の授業 [実験2 化学反応により発生する水素の体積]

(1) 目的

気体 1 mol の体積を導入することで、化学変化により生成する気体の体積を予測できることを知る。なお、温度、圧力による補正の必要性に気付かせるが、その計算は後で学習することを伝えておく（気体の性質の学習への伏線）。

(2) 実験方法を考える

- ① マグネシウム 0.12 g を塩酸と反応させて、出てくる気体の量を調べる方法を考える。（マグネシウム（原子量24）を 0.12 g、すなわち $1/200$ mol 用いることで、計算を容易にする。）
② 発生する気体の質量を計算する。

生徒は①の問いかけに対して、実験1の経験をもとに、反応の前後の質量を調べればよいと考え、「重さを量ればよい」と答える。「では、出てくるはずの気体の

質量を計算してみよう」と、指示する。

そこで、化学反応式を書いて計算をするが、この段階では生徒各自にやらせることはまだ無理であるから、説明をしながら、クラス全体に考えさせていく。その結果、気体の質量が 0.01 g にしかならないことがわかる。このことにより、質量を量る方法では発生する気体の量を調べることができないことが分かる。

③生徒は、質量がだめなら、やはり気体を集めて体積を調べるのがよいと考える。

生徒からは、「体積を考えるとときにも、モルが使えるのか」という疑問が出る。

そこで、次の講義を行う。

(3) 講義 (気体 1mol の体積)

気体 1 mol の体積は、気体の種類に関係なく、22.4 リットル (ただし、0 °C、1 atm) であることを教える。水素の分子模型と、二酸化炭素の分子模型とを与えて、分子の大きさが異なることを理解した後で、分子の大きさが違っても、気体の場合は、同じ数の分子の集まり (1 mol) の体積は同じであることを説明する。

このことを聞いて、生徒は「不思議だ。信じられない。」などと言う。疑問を出す生徒がいることによって、クラス全体が、このことを不思議だと思い、印象が強まる。ただし、なぜ気体がこのような特性をもつかについてはここでは説明せず、「気体の性質」の単元で学習することを予告するだけにする。また、気体 1 mol の体積を具体的にイメージできるよう、容積 22.4 l の箱を各生徒に触らせる。

(4) 実験の具体的な方法を考える

①気体を集めて、その体積を求める装置を考える (気体を逃さないために二又試験管を使うことを話して、その使い方を練習させる)。

②水上置換法でメスシリンダーに気体を集める装置を組み立てる。

発生する気体の体積を予想して、気体を捕集するためのメスシリンダーの大きさを考える。使用するマグネシウムが 0.12 g = $1/200$ mol であるから、発生する水素も $1/200$ mol、すなわち 112 ml であるという概算をする。このことにより、気体を集めるには、100ml のメスシリンダーでは小さく、200 ml のメスシリンダーであれば十分であることがわかる。

[実験 2]

二又試験管にマグネシウムと塩酸 (2 mol/l の塩酸 10ml) を入れて反応させ、出てくる気体を水上置換法でメスシリンダーに集める。

[結果の考察]

①実験で発生した気体は、ほぼ予想したとおりであった。

このようにモルを使って気体の体積を計算することができる。

②実験で出てきた気体の量を詳しく検討する。

どのグループも予想より、1 割ほど多いことがわかる。

これは気体の熱膨張の結果であるが、ここでは深くは扱わず、実験結果に影響を

与えた条件に気づくことを目的とする。すなわち、基準にした「1 mol の気体の体積 = 22.4 リットル」というのは、0℃ のときの体積であったことを思い出させる。ここでは、気体の熱膨張が実験結果に与えた影響を考えると、実験結果は納得できる数値であったことを理解できればよい。



Fig.4 発生する水素の体積を調べる実験（この写真は別の年度のものです）

第7回目の授業 モル濃度水溶液の調整

[講義1]

- ① 問題提起。 実験2の考察では、マグネシウムの量から発生する水素を計算したが、もう一方の反応物質である塩化水素（塩酸）は足りていたのだろうか。反応に使われた塩酸の濃度 2 mol/l とは、1 リットルの水溶液中に塩化水素が 2 mol 含まれているという意味である。まず、モル濃度を理解するために、②の練習問題と実習を行う。）

②モル濃度を理解するための練習問題

- (ア) 1 mol / l の塩化ナトリウム水溶液 1 リットル中の、塩化ナトリウムのモル数と質量
- (イ) 1 mol / l の塩化ナトリウム水溶液 100ml 中の、塩化ナトリウムのモル数と質量
- (ウ) 0.1mol/ l の塩化ナトリウム水溶液 1 リットル中の、塩化ナトリウムのモル数と質量
- (エ) 0.1mol/ l の塩化ナトリウム水溶液 100ml 中の、塩化ナトリウムのモル数と質量

[実習3 モル濃度水溶液の調整]

次の (ア)、(イ) のどちらかの水溶液を作る。(グループで分担)

- (ア) 1 mol/ l の塩化ナトリウムの水溶液 100ml
- (イ) 0.1mol/ l の塩化ナトリウムの水溶液 100ml

操作

- ①必要な塩化ナトリウムを電子天秤で量る。
- ②ビーカーに塩化ナトリウムと、約 50ml の水を入れ、ガラス棒で混ぜて溶かす。
(この操作を盲生徒が行う場合、100ml 用のビーカーの外側の 50ml の目盛りには指を当て、中に水を入れる。指先で感じる冷たさで約 50ml 入れることができる。結晶が融けたことはガラス棒で確認する。)
ビーカー内の水溶液をメスフラスコに入れ、ビーカーを少量の水でゆすいでその水もメスフラスコに加え、最後に標線まで水を入れる。
(標線付近で少しずつ水を入れるには、滴びんまたは駒込ピペットで少量ずつ入れる。盲生徒の場合は、標線を見ながら操作することができないので、1 滴ずつ水を加える役割を担当するか、標線に感光器を当てて水面が標線まできたことを確認する役割のどちらかを担当させる。いずれにせよ、操作を実際に行うことによって、モル濃度の意味を定着させることを目標にする。)

[講義 2] 2 mol/l の塩酸の作り方・実験 2 の考察

濃塩酸は 12mol/l の塩化水素の水溶液であることを知らせる。したがって 2 mol/l の塩酸を作るには、濃塩酸を 6 倍に薄めればよい(濃塩酸 1 に対して水が 5 の割合で混ぜる)ことを知らせる。

実験 2 の考察 (実験に用いた塩酸の量)

実験で用いた 2 mol/l の塩酸 10ml 中に含まれる塩化水素のモル数を求める。
計算により、0.02 mol の塩化水素が含まれていたことが分かる。反応に用いたマグネシウムは 0.005 mol であったので、反応式から、塩化水素は 0.01 mol 以上あればよいことが分かる。したがって、この実験で用いた塩酸の量は十分であったことと言える。

第 8 回目の授業 硫酸銅の結晶中に含まれる結晶水を調べる

目的： 実験を通して結晶水のことを理解し、1mol の結晶に含まれる結晶水の mol 数を決めることができることを学ぶ。

[実験 3] 硫酸銅の結晶水の定量・無水硫酸銅の観察

- ①カセロール(柄つき蒸発皿)に硫酸銅の結晶 5.00 g (あらかじめ教師が秤量して配布)を入れ、電子天秤で質量を測定する。
- ②電熱器で加熱する。ガラス棒で混ぜていると、ブツブツと水がはじける音と、ガラス棒に湿った結晶がまつわりつく感触があり、やがてさらさらした粉末の感触になる。このとき、色はコバルトブルーから白色に変化する。
- ③電子天秤でカセロールごと質量を測定する。最初の質量とくらべて質量の減少分は結晶水の質量であることを理解し、結晶 5.00 g 中に含まれていた水の質量を計算する。また、それが結晶全体の何%かを求める。
- ④ カセロール中の粉末(無水硫酸銅)を少量、水でぬらした指先につけ、発熱を

確認する。(大きな発熱は、水が単に混合しているのではなく、化合している証拠でもある。発熱によって、結晶水が、「結晶の成分として化合した水」であることを印象づける。なお、火傷をしないように、水を入れた水槽を用意し、指先はすぐに水で洗う。)

- ⑤ 無水硫酸銅の色(白)と、水が化合した硫酸銅五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (青色)を感光器で比較する。

結果の一例

結晶の質量	反応後の質量	減少分(結晶水の質量と割合)	
5.00 g	3.40 g	1.60 g	32 %
5.00 g	3.33 g	1.67 g	33 %
5.00 g	3.28 g	1.72 g	34 %

結果の考察：

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ なら、 $18 \times 5 / 250 = 0.36$ 36%になる。

$\text{CuSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ なら、 $18 \times 4 / 232 = 0.31$ 31%になる。

実験結果から、結晶水の数はいくつだと思うか。

($\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ の、 x を求める計算は、高1段階では、多くの生徒にとって困難であるため、上記のように、実験結果を理論値と比較する方法をとった。)

[実習4] 指定された mol 濃度の硫酸銅の水溶液を作る。

方法： 結晶水は水溶液中では溶媒となることを理解し、次の水溶液のどちらかを作る。調整方法は、実習3と同じ。

(ア) 0.1mol/l の硫酸銅水溶液

(イ) 0.2mol/l の硫酸銅の水溶液

おわりに

本報告は、筆者の筑波大学附属盲学校における化学の授業記録に基づき、モルの指導の流れをまとめたものである。『JASEB NEWS LETTER No.16』(1997年)に、「実践報告 気体の実験を中心として物質量の学習」として、本報告の軸になる実験については報告した。その後、モル濃度溶液や、モルを理解するモデル実験等の実践記録を加えて指導の流れを再検討し、「実験と講義の連携を重視した授業の構成に関する研究 ―モルを理解し使いこなすための、実験と対話で進める一連の授業―」として、下記論文の第5章に収めた。本稿は、2013年のJASEB第33回大会において紹介した実験を中心に、実践者に役立つことを第一に考えてまとめたものである。

引用文献：鳥山由子(2003) 視覚障害生徒に対する実験と観察を中心にした理科の指導に関する研究. p103-130.