

「化学変化と原子・分子」(中学校第2学年)  
**定比例の法則**

MIYAUCHI Takuya

**宮内 卓也**

東京学芸大学教育学部附属世田谷中学校

**実験のねらい**

本実験では、金属が酸化する化学変化において、金属の質量と結びつく酸素の質量とのあいだには比例関係があること、すなわち、金属と酸素が反応する質量比が一定であることを実験結果から見いだすことをねらいとしている。

この実験でマグネシウムを用いると、燃焼にともなって、熱や光を出すので生徒の興味・関心を高めるが、質量の変化では誤差が生じる要因が多く、比例関係が見いだすにくい。データをひとつの班でそろえるには授業時間の制約があり、複数の班で分担したデータを集約するという点も比例関係を導きにくい大きな要因となっている。

そこで、量的な実験を行う際の操作的な技能に関わる指導を徹底し、誤差の生じる要因を実験者がよく理解して、実験操作を行う必要がある。

**準備**

**器具：**ステンレス皿、三角架、三脚、ガスバーナー、電子てんびん(0.01 g 単位で測定できるもの)<sup>\*1</sup>、葉さじ、るつぼばさみ、スタンドの台、ぬれぞうきん等(冷却用)、ステンレス製の金網

**試薬：**マグネシウム末またはマグネシウム(削状)

<sup>\*1</sup> 高価だが、データの精度を高めるために、できれば用意したい。  
 例：Nakamura SC2020(秤量 200 g 最小表示 0.01 g) 61,000 円

**実験操作**

役割分担をする。10 班に分けた場合、0.30, 0.60, 0.90, 1.20, 1.50 g をそれぞれ2班で分担するなどの方法が考えられる。

ステンレス皿を電子てんびんの上にのせ、決められた量のマグネシウム末の質量をはかりとり、ステンレス皿とマグネシウム末とステンレス金網を合わせた質量を測定する。

ガスバーナーで強熱する。最初の激しい燃焼がおさまったらステンレス金網をとっておく<sup>\*2</sup>。



スタンド台などにステンレス皿をおき、よくさます<sup>\*3</sup>。もう一度ステンレス皿とマグネシウム末とステンレス金網をあわせた質量を測定する。

質量が変化しなくなるまで ~ をくり返す<sup>\*4</sup>。

<sup>\*2</sup> マグネシウムが激しく燃焼する際、白煙を生じ、酸化したマグネシウムが逃げる。これによる誤差を最小限にとどめるため、ステンレス製の金網をかぶせる。激しい燃焼がおさまったあとは金網をはずしておくと、残っているマグネシウム末が酸素と反応しやすい。

<sup>\*3</sup> 皿は高温になっているので、るつぼばさみで扱い、やけどには十分注意する。また、電子てんびんをいためるおそれがあるので、十分に冷却するように注意する。

<sup>\*4</sup> 通常、1 ~ 2 回くりかえせば質量は増加しなくなる。

**結果とまとめ**

表1はマグネシウムから酸化マグネシウムが生成したと考え、マグネシウムの質量と生成した酸化マグネシウムの質量との関係を表で表したものである。

表1 マグネシウムと酸化マグネシウムとの質量の関係

マグネシウム (g)	0.30	0.60	0.90	1.20	1.50
酸化マグネシウム (g)	0.50	0.97	1.45	1.95	2.44
質量増加率	1.66	1.62	1.61	1.63	1.63

注：マグネシウム(削状)、60メッシュのステンレス金網を使用

質量の増加率は1.61 ~ 1.66 となり、理論値(1.66)に近い値を示す。白煙となって逃げた酸化マグネシウム、水分の吸収、窒化マグネシウムの生成<sup>\*5</sup>など、誤差を生じる要因はいくつか考えられるが、それぞれの誤差が打ち消しあい、結果的に理論値に近い結果が得られたと考えられる。指導上、誤差に深入りする必要はないが、誤差の要因は把握しておきたい。

<sup>\*5</sup> 化学式は  $Mg_3N_2$ 。酸素が十分に存在する条件下でよく加熱すると、窒化マグネシウムは分解し、酸化マグネシウムが生成する。

**成功のコツ**

正確でいいいな実験操作を徹底する

量的な関係を調べる実験では、操作の意味と誤差が生じる要因を理解し、正確でいいいな実験操作を行うことが求められる。中学生はこのような厳密さが求められる操作になれていないが、数少ない指導の機会を生かしたいところである。

ひとつの班ですべてのデータを得ることが授業時間の制

約から難しいため、複数の班のデータを集約する 경우가多いが、データのばらつきは想像以上に大きい。全体の指導、机間指導の徹底をはかることはもちろん、時間のゆるすかぎり、同じ条件の複数データをもとに授業を展開したい。

定量実験にふさわしい条件を整備する

定量的な実験では、その実験にふさわしい教材を提供する必要がある。具体的には、薬品の純度、粒度、保管方法を検討し、必ず予備実験を行い、事前にデータをそろえておくべきである。

薬品を減量し、加熱中にかきまぜない

マグネシウム末や銅粉を加熱中によくかき混ぜるように指示をしている実験を多く見かける。0.1 g までしか測定できない電子てんびんの場合、使用する金属粉が多くなり、十分に酸化させるためには、加熱の途中でよくかきまぜ、空気とよくふれさせる操作が必要になる。しかし、中学生の実態を考えると、かき混ぜることによる薬品の飛散を原因とする誤差は無視できない。できれば、0.01 g まで測定可能な電子てんびんを用意し、少量の金属粉で実験を行った方が、薬品の減量という点でものぞましい。少量の金属粉をステンレス皿にうすく広げ、空気によくふれる状態で強熱すれば、特に加熱中に金属粉をかきまぜる必要はない。かき混ぜによる飛散から生じる誤差を防止することができる。

ステンレス金網をかぶせる

マグネシウムは激しく燃焼し、生成物が白煙となって空气中に逃げるが、ステンレス金網をかぶせることにより、誤差を少なくすることができる。そのまま金網をかぶせたままにしておくと、未反応のマグネシウムが反応しにくいので、激しい反応がおさまったら金網ははずしておく。

### 内容の取扱いについて

学習指導要領解説<sup>1)</sup>の記述では、「互いに反応する物質の質量の比が一定であることを見いださせるが、質量の比の値を化合物の原子の数の比と関連付けて考察させることはしない」という、いわゆる歯止め規定がある。したがって、検定教科書では原子の質量比まで扱うことは求められていないが、この実験の意味するところを考えれば、原子の個数、原子量との関係についても、発展的な学習の課題としたいところである。

### 参考文献

1) 「中学校学習指導要領(平成10年12月)解説 理科編」文部省。

連絡先：158 0081 東京都世田谷区深沢4-3-1(勤務先)

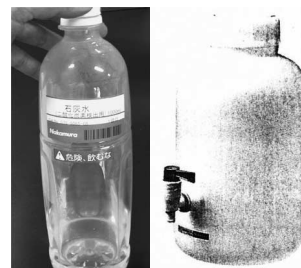
この「定番！化学実験」は、下記のメンバーが、運営を担当しています。

梶山 正明, 城戸 律雄, 小森 栄治, 荘司 隆一,  
高梨 賢英, 平賀 伸夫, 前川 哲也, 牧野 順子,  
宮内 卓也, 山口 晃弘, 山口 舞子

## ☆☆ あると便利！ ☆☆

### 石灰水採水びん

PET ボトルに石灰水をつけて売っている教材会社がある。「石灰水(二酸化炭素検出用)<sup>\*1)</sup>(右図の左側)」という商品名である。石灰水は専用の「石灰水採水びん<sup>\*2)</sup>(右図の右側)」で作って使うのが当たり前だと思っていた筆者には、少々、驚きである。



数リットル以下の石灰水しか使わないのであれば、PET ボトルの石灰水の方が安価である。しかし、それ以上になると石灰水採水びんで作って使った方が安い。言うまでもないが、多くの学校では1年間に10リットル以上の石灰水を使うであろう。PET ボトル入りではなく、石灰水採水びんで作った石灰水を実験に使うことをおすすめする。

*1	石灰水(二酸化炭素検出用)	1リットル	850円
*2	石灰水採水びん	5リットル用	2,400円
		10リットル用	3,300円
		20リットル用	5,000円
*3	水酸化カルシウム	500g	1,400円

### 石灰水の作り方

石灰水採水びんで石灰水を作るには、まず、水道水を入れた石灰水採水びんに水酸化カルシウム<sup>\*3)</sup>を入れてよく攪拌する。全体が白濁するが数時間から1日放置すれば溶けきれない水酸化カルシウムは沈殿する。透明な上澄みが実験に使用する「石灰水」である。使っているうちに石灰水が少なくなったら、水道水を追加し同じ手順で作ることができる。

なお、PET ボトルに石灰水を入れておくとPET樹脂がアルカリに侵され、やがてぼろぼろになってしまうという情報があり、現在、実験をして確認中である。半年程度は何ともない。しかし、PET ボトルは飲料を入れておくのが一般的な使用方法であるため、実験室で試薬を入れるのは好ましくない。

山口晃弘(品川区立日野中学校)

「定番！化学実験」では、ふだんの授業で行われる「定番」の化学実験を、簡単、安全、确实、効果的なものにしていくための工夫を、実践例をもとに紹介していきます。このため、必ずしも実験のオリジナリティーにはこだわりませんが、もとにしたアイデア等については文献等を明記します。

また、実験を安全・确实に成功させるための「成功のコツ」や、実験に役立つ書籍や便利な器具とその入手方法などワンポイントアドバイスを随時掲載していきます。

実験を行う際は、注意事項をお守りいただき、安全確認のため必ず予備実験を行った上で実施してください。