

中学2年生の化学学習について

当方は、高校の時、化学に欺瞞を感じ、それ以降は現在に至るまで極力回避をして過ごしてきました。もちろん、指導教官が好きではなかったと言うわけではなく、授業も真面目に聞いていました。参考書や教科書も読んで、自習も行いましたが、点数が取れても何も根本的にわからないという状態に嫌気がさしたのです。

まさに今、化学を回避できず、中学の化学から順を追って考えていますが、若かりし時代の自分が化学結合に存する曖昧さで、つまずいたことが判明しました。化学結合の種類は、おおまかには、分子（共有）結合、イオン結合、金属結合、ファンデルワールス結合（中高では必要ない）があります。高校では材料ごとの個別に話を聞いて、その相関関係をまったく論じなかったという感想ですが、いかにせん昔のことで多少の記憶違いはお許しください。関連性の具体例は、共有結合といえば、当方はSiウェハーやダイヤモンド、グラファイトを思い浮かべますが、分子内部の結合もほぼ共有結合という認識を持つことで、化学が1段階も2段階もフレンドリーに感じられるようになるのです。

次に、化学式ですが、基本的な点では、化学式と化学反応式を勘違いし易いのです。実は、当方も混同して使っていました。また、化学式は物質名の代替えであると理解してもらわないといけません。そして、化学式には何種類かあり、主なものである組成式と分子式を中学では学習することを宣言しないといけません。そして、組成式表示しかできない結合形態と分子式も使える物質の違いを身に付けさせることが大切です。

また、元素記号と化学式の違いが身に付いておらず、元素記号のNを見て窒素ガス（N₂）を想像して化学はドロップアウトという悲劇は、頻繁に起こっていると思います。これ、真面目に勉強している人でも、十分に起こりうることで、こう言った事態は極力避けなくてはなりません。

と言ったわけで、今回は自称物理屋さんの当方が、自分が化学で落ちこぼれた軌跡を辿る辛～い辛～い旅でした。本当に献身的な授業をしてくださる先生も多いのですが、他方では実力不足な教員（理科は分野が広いから致し方ないところもあります。）や悪質な教員による質の低い授業も散見されます。これらを防止するために、指導要領の改良は急務だと思います。なぜ落ちこぼれが出てしまうのか？落ちこぼれた人の意見に耳を傾けていただけたら幸いです。

まずは、中学理科指導要領の化学分野に目を通した感想を次の1～9に列挙します。

1. 1年生では、溶解度と再結晶の学習が移行ではなく無くなっていますが、言葉自体も学習しないことになるようで、非常に問題です。これは是非復活させなければなりません。
2. 1年生では、水溶液から発生する気体の収集等の実験を行い、実験器具の使用を習うのですが、これが化学反応であるという認識だけはきちんと持たせるようにすると、2年生での化学の導入が楽になり、中2では原子構造から授業ができるでしょう。ただし、燃焼が酸化の一種であることを身につけるためには、1年で中途半端に燃焼に深入りを避け、2年で酸化還元と一緒に学ぶことは非常に有益だと思います。
3. **中学2年 理科指導要領の化学分野**の目標と内容に目を通しましたが、羅列された内容に不足が多少あることはさることながら、順序が入り乱れていて、受講した生徒の頭の中にすんなりと入らないといった印象があります。
4. 原子と元素の違いを**中学2年**化学に盛り込んでみた方がいいと思われます。
5. **中学2年**化学では、分子を導入するので、化学式には分子式と組成式があることも盛り込んだ方がいいと思います。
6. 3年生では、イオンを導入し、酸とアルカリの化学反応と電池の原理を学ぶことになっています。ここは、個別に見ておりません。ただし、中学2年のカリキュラムで原子の構造（原子核（陽子+中性子）+軌道電子）が目標と内容に含まれないのは致命的です。軌道電子が化学的性質を決めること、そして原子の集合の種類；結晶と分子とアモルファスについては、物質の特徴として学習内容に盛り込むべきでしょう。
7. 分子を作る原因は原子の軌道電子が混成して安定状態になるという定性的な説明も盛り込みましょう。

8. さらに2年性化学の目標と内容は理解しづらい配置なので、教諭がこれに沿って個別の工夫を凝らさず授業を行なった場合、3年生の酸とアルカリの学習はほぼ理解出来ないでしょう。
9. 今回、中学2年化学分野を記述するにあたり、「中学校理科学習指導要領進級対応表」 (<https://www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/chu/science/point-guidance/pdf/rika.pdf>さんより) を参考にして、変更を推奨したい部分を下線で記し赤字で変更案を記した記述を、下記に載せますので、教育関係者の皆様はぜひご一読いただければ幸いです。

*****中2化学分野（第一分野）、変更推奨部分 p.7（下の方）～p.8改定後の引用を含む。*****

(4) 化学変化と原子・分子 → 「原子・分子から見る化学変化」

化学変化についての観察、実験などを通して、次の事項を身に付けることができるよう指導する。

大極目標

ア. 化学変化を原子や分子のモデルと関連付けながら、次のことを理解するとともに、それらの観察、実験などに関する技能を身に付けること。 → 原子や分子というミクロな立場から化学変化を理解し、原子の構造、原子記号を用いた物質の表記、純物質と混合物と化合物と単体の分類を身につける。さらに化学変化の実験を行い、それらの観察、実験などに関する技能を身に付ける。

(ア) 物質の成り立ち →このままで良いと思います。

{ア} 物質の分解
云々
{イ} 原子・分子
云々

- ・ {ア} 混合物と純粋な物質 (§A-1)
 - ・ {イ} 原子 (§A-2)
原子の導入 (§A-2-1 原子)
原子構造 (§A-2-2 原子構造)
元素記号 (§A-2-3 元素記号)
 - ・ {ウ} 原子の結合 (§A-2)
結晶 (§A-3-1 固体では)
分子 (§A-3-2 分子)
 - ・ {エ} 単体と化合物 (§A-4)
 - ・ {オ} 化学式と物質名 (§A-5)
分子式と組成式
- ()内は本書のセクションを示す。

(イ) 化学変化 (§B-1)

{ア} 化学変化 → 「分解と化合の化学変化」 (§B-1-1)

2種類の物質を化合させる実験と、1種類の物質を化学分解する実験を行い、反応前とは異なる物質が生成することを見いだして理解するとともに、化学変化は原子や分子のモデルで説明できること、化合物の組成は化学式で表されること及び化学変化は化学反応式で表されることを理解すること。

{イ} 化学変化における酸化と還元 → 「酸化と還元」 (§B-1-2)

金属の燃焼実験を行い、反応前とは異なる物質が生成することを見いだして理解するとともに、化学変化は原子や分子のモデルで説明できること、化合物の組成は化学式で表されること及び化学変化は化学反応式で表されることを理解すること。
酸化や還元の実験を行い、酸化や還元は酸素が関係する反応であることを見いだして理解すること。また、これまでに取り上げた実験が、化合になるのか分解になるのか理解すること。

{ウ} 化学変化と熱 → 「化学変化の特徴」 (§B-1-3)

今までの実験から化学変化によって熱が発生する事を認識させ、熱を取り出す実験を行い、化学カイロなどの例を挙げ化学変化には熱の出入りが伴い、生活にも広く利用されていることを見いだして理解すること。

(ウ) 化学変化と物質の質量 → 「化学変化の特徴」 (§B-1-3)

化学変化の前後における物質の質量を測定する実験を行い、反応物の質量の総和と生成物の質量の総和が等しい「質量の保存」を見いだして理解すること。

化学変化に関係する物質の質量を測定する実験を行い、反応する物質の質量の割合は一定の関係があることを見いだして理解すること。

大極目標

イ. 化学変化について、見通しをもって解決する方法を立案して観察、実験などを行い、原子や分子と関連付けてその結果を分析して解釈し、化学変化における物質の変化やその量的な関係を見いだして表現すること。

→ **イ. 化学変化について、見通しをもって解決する方法を立案して観察、実験などを行い、原子や分子と関連付けて、その結果を分析して解釈する力を養う。**

(ア) これまでに挙げた実験以外の実験計画を各グループで調べて、みんなで見通しと結果を立てて発表することができるように、大極目標 ア で立てたカリキュラムで補足を行う。

以上の観点から、以下に参考テキストを記しましょう。

原子・分子から見る化学変化(参考テキスト)

目次

A. 物質の成り立ち

- A-1 混合物と純粋な物質
- A-2 原子
 - A-2-1 原子
 - A-2-2 原子構造
 - A-2-3 元素記号
- A-3 原子の結合
 - A-3-1 固体では
 - A-3-2 分子
- A-4 単体と化合物
- A-5 物質の化学式
- Coffee Break 1

B. 化学変化

- B-1 分解と化合の化学変化
 - B-1-1 酸化銀の加熱実験
 - B-1-2 化学反応と化学反応式
 - B-1-3 過酸化水素水の分解
 - B-1-4 いろいろな分解
 - B-1-5 銅の加熱実験
 - B-1-6 化合
 - B-1-7 鉄と硫黄の化合実験
 - B-1-8 酸素と水素の化合実験(水の合成)
- B-2 酸化と還元
 - B-2-1 燃焼
 - B-2-2 有機物の燃焼
 - B-2-3 酸化
 - B-2-4 還元
- Coffee Break 2
- Coffee Break 3
- B-3 化学変化の特徴
 - B-3-1 発熱反応と吸熱反応
 - B-3-2 化学変化の質量変化

付録1 覚えておきたい化学反応式

付録2 例題

原子・分子から見る化学変化 (参考テキスト)

A. 物質の成り立ち

A-1 混合物と純粋な物質

塩は塩化ナトリウムという物質です。お店で売っている塩も塩化ナトリウムだけからなると言えます(*1)。このように単一の物質で構成されているものを**純物質(純粋な物質)**と言います。私たちの生活でよくみかける他の純粋な物質はアルミホイル(*1)などがあります。

では、食塩水を考えましょう。水に塩化ナトリウム(塩)を混ぜればできます(溶け切るかどうかは関係ないです)。このように、複数の純粋な物質からなる(単に混ざっている)物質を**混合物**と言います。塩と砂糖を混ぜたら、混合物が出来上がりです。

(*1)実は、塩は塩化ナトリウム99.6%程度、アルミホイルもアルミ99.6%で、厳密には純物質ではありません。混合物から純物質を取り出す作業を一般に精製と言います。アルミホイルなどの金属の場合、原料から金属を作る過程を製錬と言ひ、その後純度を上げていく最後の過程を精錬と言います。

A-2 原子

A-2-1 原子

アルミホイルを小さく小さく分けていきましょう。そして最後にはこれ以上分割できないものに到達すると言われています。これを一般に**原子**と呼びます。アルミニウムを作る原子はアルミニウム原子と言われます。気体の酸素も同じように分割していくと、最後には分割できない粒の酸素原子に到達します。**原子は、物質を作る最小の粒で、原子の種類によって大きさと質量が異なります。**原子はドルトンが「分割できない、新しく出来たりなくなったり、他の種類に変わらない、種類によって大きさと質量が異なる粒」として考え出したもので、ドルトンの原子モデルと言われています。

A-2-2 原子構造

原子の構造は、図A-2-1に示すように、中心に**原子核**があり、その**外側を電子が動きながら取り囲んでいる**構造をしています。この電子を特に**軌道電子**と呼びます。原子核には+の電気を帯びた陽子と電気を持たない(電氣的に中性な)**中性子**で出来ています。原子核は+の電気を帯びているので、その周りに電氣量が等しくなる**電子**が取り囲むことによって、原子は電気を帯びていない状態となります。そして、**原子の種類により、陽子数と中性子数と電子数が決まりますが、1個の陽子と1個の電子の電氣の量は等しいので、陽子の数と電子の数は等しくなるのが原子の特徴**です。

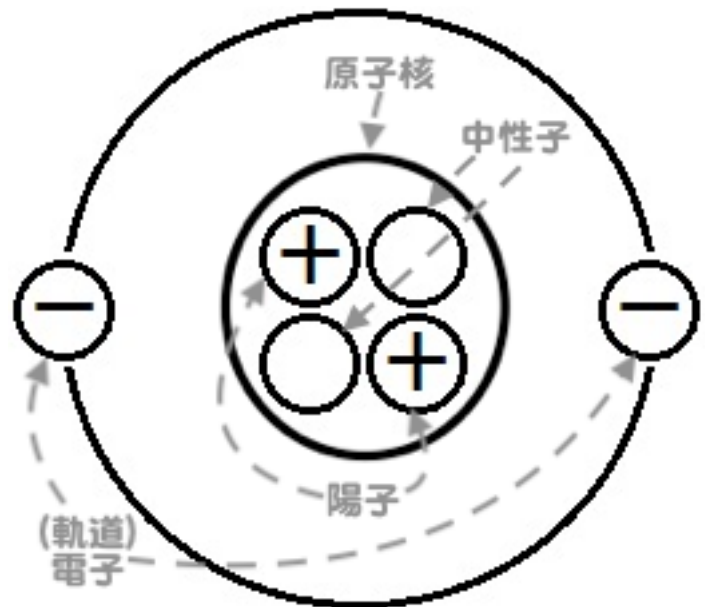


図 A-2-1 原子の構造

原子核の大きさは原子の大きさの数万分の1なので、実際には原子核はとても小さく、電子がいる場所は原子核からすると非常に遠い場所になる。原子核がピンポン球だとしたら原子はおよそ200mトラックくらいになるでしょう。

http://ko-ko-kagaku.net/kagakukiso/3_1_genshinokouzou.html
さんより図の一部を借用

A-2-3 元素記号

原子は日本語の名前もありますが、世界共通の**元素記号**を使って表すことができます。例えば、アルミニウム原子の元素記号は**Al**と表わします。酸素原子の元素記号は**O**です。

原子は種類により陽子と中性子の数が異なりますが、陽子の数は、その原子の化学的性質を決定する大きな要因となっており**原子番号**と呼ばれます。また、同じ陽子の数でも、中性子の数が等しいとはかぎりません。同一原子番号によって、原子を分類したものが**元素**と呼ばれ、元素をあらわすものが、実は **元素記号**なのです。この元素記号とそれに属する原子の原子記号は同じ記号が用いられます。元素記号が原子番号順に並べられた表は元素の周期表と呼ばれます。図A-2-3に示します。原子番号1～20の元素は、日本語名、元素記号、原子番号を揃えて暗記しましょう。

(注) 原子と元素は英語のAtomとElementを訳出したものです。両者の区別を理解しましょう。

参照サイト① <https://longtext.blogspot.com/2021/01/blog-post.html>

② <https://longtext.blogspot.com/2021/01/elementatom.html>



図A-2-3 元素の周期表

https://www.kyoiku-shuppan.co.jp/textbook/chuu/rika/files/WEB_syukihyo2.pdfさんより

答え

原子番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
元素記号	H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
元素名	水素	ヘリウム	リチウム	ベリリウム	ホウ素	炭素	窒素	酸素	フッ素	ネオン
原子番号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
元素記号	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca
元素名	ナトリウム	マグネシウム	アルミニウム	ケイ素	リン	硫黄	塩素	アルゴン	カリウム	カルシウム

問3 原子番号1～20の元素記号と元素名を書け。

原子番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
元素記号										
元素名										
原子番号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
元素記号										
元素名										

A-3 原子の結合

物質を構成する原子は非常に小さく、この一つを肉眼で認識することはできません。また、原子一つで存在することは、ごく稀で、ほぼありません。

A-1で混合物と純物質という物質の状態を分類する方法を学びました。他に、1年生で状態を固体と液体と気体という3つの状態に分ける**状態変化**も学習しました。水は固体の時は氷、液体の時は水、気体の時には水蒸気と呼ばれましたね。これらも状態は異なりますが、すべて原子が集まってできたものです。では、元素がどうやって集まっているのかを学習しましょう。

A-3-1 固体では

A-1で例に出したアルミニウムを考えてみましょう。図A-2-1の周期表で20°C 1気圧でのAlの状態は固体だと調べることができます。この時、Alの原子は図A-3-1に示すような規則性を持ちながら、永遠と並んでできています。永遠と言ったのは、原子はとても小さく、アルミニウム1cmにAl原子が約2500万個並んでいるので、私たちが目で見えるアルミ（ホイール）では、永遠にAl原子が並んでいると考えて支障ないという意味です。塩化ナトリウム（塩）もCl元素とNa元素が、図A-3-1に示したような規則性を持ちながら並んでいます。

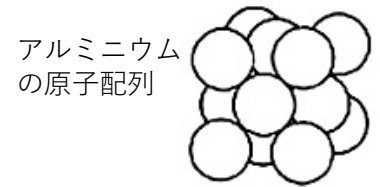
固体では、このように規則性を持ちながら原子が並んでいることが多いのですが、規則性がなく集まっている物質もあります。並び方に規則性がある物質を結晶と言い、ないものをアモルファスと言います。また、結晶性の物質を水に溶かせば（例；塩）結晶は一度崩れます。しかし水が蒸発したり、水温が下がって溶けきれなくなったものが、固体として現れる（析出という）場合、再び結晶のフォーメーションを組むことから、再結晶と呼びます。これはモールの実験で見たことありますね。

A-3-2 分子

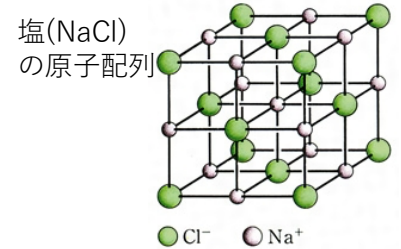
気体について考えてみます。20°C, 1気圧において気体で存在する元素を図A-2-3の周期表で確認しましょう。

§A-2で述べたように、物質は原子の結合（集合）体ですが、水素ガスは、2個の水素原子が結合してできた粒が最小のものなのです。これを水素分子と呼びます（図A-3-2）。ただし、水素分子は2個の水素原子から作られているので、物質は原子の集合体と考えることは、一概に間違えではありませんが、分子を形成する性質のある物質は、最小単位は原子ではなく分子で考えることが重要です。そして、気体や液体の場合、原子が集まった状態ではなく、基本的には分子が集まっていると考えるべきです。もう少し詳しいことをコーヒーブレイクで書きますので、興味のある人は読んでください。

なお、周期表の原子番号1の元素記号はH、元素名は水素で、水素ガスのことではないことに十分注意です。窒素ガスと酸素ガスは、水素ガスと同様に、それぞれ窒素原子と酸素原子が2つ結合してできる窒素分子と酸素分子からできています。気体は分子を作り存在しています（*1）。他に、水は2つの水素原子と1つの酸素原子で分



<http://materialhouse.co.jp/tech/kesshou.html>さんより

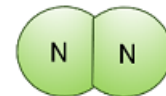


<https://kotobank.jp/word/塩化ナトリウム型構造-1511012>さんより

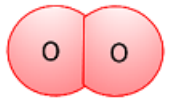
図 A-3-1 固体の規則的原子配置



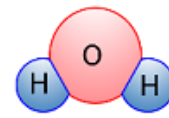
水素分子 H₂



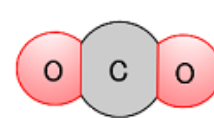
窒素分子 N₂



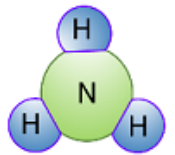
酸素分子 O₂



水分子 H₂O



二酸化炭素分子
CO₂



アンモニア分子
NH₃

図 A-3-2 分子の結合

[https://pigboat-don-guri131.ssl-lollipop.jp/811%20\(2\)%20Molecule.html](https://pigboat-don-guri131.ssl-lollipop.jp/811%20(2)%20Molecule.html)さんより

子を作っています（図A-3-2）。皆さんの大好きな砂糖なども分子として存在していますが、これは固体として存在しています。

なお、窒素ガスなどは一般に窒素と呼ぶのが慣例ですから、原子名か気体名かを取り違えないように気をつけましょう。

☞ 気体が原子モデルでは説明できないので、分子モデルが考案されました。分子を作る物質の最小単位は分子であり、原子と考えると不合理になります。コーヒーブレイク参照

(*1)ただし、周期表の右端のHe, Ne, Ar, Kr, Xe, Rnは原子の持つ性質から、一つの（単）原子で分子になります。コーヒーブレイク参照

A-4 単体と化合物

水素ガス、窒素ガス、酸素ガス、アルミホイルなど、全部同じ元素（原子）でできている物質を**単体**と呼びます。一方、水（酸素原子Oと水素原子H）や二酸化炭素（酸素原子Oと炭素原子C）やアンモニアなど、種類の違う元素が集まって一つの種類の物質を作っているものを**化合物**と呼びます。塩は塩化ナトリウムで、図A-3-1のようにナトリウム原子Naと塩素原子Clが規則正しく配列した化合物です。

化合物の形態ですが、塩化ナトリウムは塩素原子（実際はイオン；中3で習う）Clとナトリウム原子（実際はイオン；中3で習う）Naが、永遠と並んでいる構造で、分子という小さい単位は作りません。金属のAlもアルミニウム原子Alが永遠と図3のように並んでいます。塩化ナトリウムやアルミニウム金属の結合（集合）形態は、図2で示した分子とは結合のメカニズムが異なります。詳しくはコーヒーブレイクで記します。

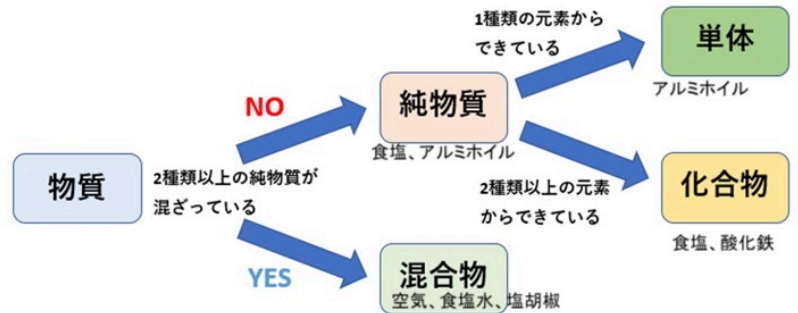


図 A-4 単体、化合物、純物質と混合物の分類図

単体、化合物、純物質と混合物の分類図を図A-4に載せます。

A-5 物質の化学式

水は分子が集まり水という物質を作ることは理解できたと思いますが、その分子は、図A-3-2のように水素原子Hが二つと、酸素原子Oが一つで構成されていますので、 H_2O と表します。このように、元素記号を使って物質の名前としたものが**化学式**です。これは、2つの水素と1つの酸素から成る水分子を表現していて、化学式の中でも分子式と言われる種類の表記法です。

塩化ナトリウムは塩素ClとナトリウムNaの化合物であることはすでに記しました。塩化ナトリウム（塩）は、図A-3-1で示した通り、 $Cl-Na-Cl-Na-\dots$ と塩素とナトリウムが永遠と繰り返し並ぶのですが分子を作る物質ではないので、NaとClが同じ原子数からなる特徴を使って元素記号による化学式は**NaCl**となります。このように構成元素の比を使って表す化学式の表記法を組成式と呼びます。酸化銀の化学式（組成式）は Ag_2O と表されるので、銀原子Agと酸素原子Oが2：1で集まってできた化合物であることがわかります。

また、単体の金属などの化学式は単にAl, Fe, Cu, …と表しますので、原子記号なのか物質名なのかを混同しないように気をつけましょう。

答え

これ、覚えると3年生はゴッツ楽！

物質名	化学式
二酸化炭素	CO ₂
アルミニウム	Al
酸素ガス	O ₂
水素ガス	H ₂
窒素ガス	N ₂
塩素ガス	Cl ₂
酸化マグネシウム	MgO
酸化銅	CuO
硫化鉄	FeS
酸化鉄	Fe ₃ O ₄
二酸化マンガン	MnO ₂
水	H ₂ O
過酸化水素	H ₂ O ₂
塩化バリウム	BaCl ₂
塩化水素	HCl
炭酸水素ナトリウム	NaHCO ₃
金	Au
銀	Ag
銅	Cu
鉄	Fe
硫酸	H ₂ SO ₄
おまけ	
エタノール	C ₂ H ₆ O
ブドウ糖	C ₆ H ₁₂ O ₆

問1 空欄を埋めよ。

物質名	化学式
	CO ₂
	Al
	O ₂
	H ₂
	N ₂
	Cl ₂
	MgO
	CuO
	FeS
	Fe ₃ O ₄
	MnO ₂
	H ₂ O
	H ₂ O ₂
	BaCl ₂
	HCl
	NaHCO ₃
	Au
	Ag
	Cu
	Fe
	H ₂ SO ₄
おまけ) やらなくていいです。	
	C ₂ H ₆ O
	C ₆ H ₁₂ O ₆

問2 空欄を埋めよ。

物質名	化学式
二酸化炭素	
アルミニウム	
酸素ガス	
水素ガス	
窒素ガス	
塩素ガス	
酸化マグネシウム	
酸化銅	
硫化鉄	
酸化鉄	
二酸化マンガン	
水	
過酸化水素	
塩化バリウム	
塩化水素	
炭酸水素ナトリウム	
金	
銀	
銅	
鉄	
硫酸	
おまけ) やらなくていいです。	
エタノール	
ブドウ糖	

Coffee Break 1 (先生用、そして、ちょっと興味のある君たちへ)

ここまで記述したら、先生はお分かりになるけれど、中2の学齢の諸君にはかえって混乱させるかと、非常に迷った末に、書くことに決めました。先生方へのメッセージとして記述した部分なので、中2諸君には厳しい内容であることは承知してもらい、気楽に読んでみてください。

原子は原子核の周囲に電子が取り囲んでいるという説明をしました。これを軌道電子と呼びましたが、これらは、名前の通りある決まった道筋(軌道)を飛んでいるというイメージをもってもらえると良いと思いま

殻	n	電子軌道名 (入れる電子の数)			
K	1	1s (2)			
L	2	2s (2)	2p (6)		
M	3	3s (2)	3p (6)	3d (10)	
N	4	4s (2)	4p (6)	4d (10)	4f (14)
O	5	5s (2)	5p (6)	5d (10)	5f (7/14)
P	6	6s (2)	6p (6)	6d (2/10)	-
Q	7	7s (2)	-	-	-

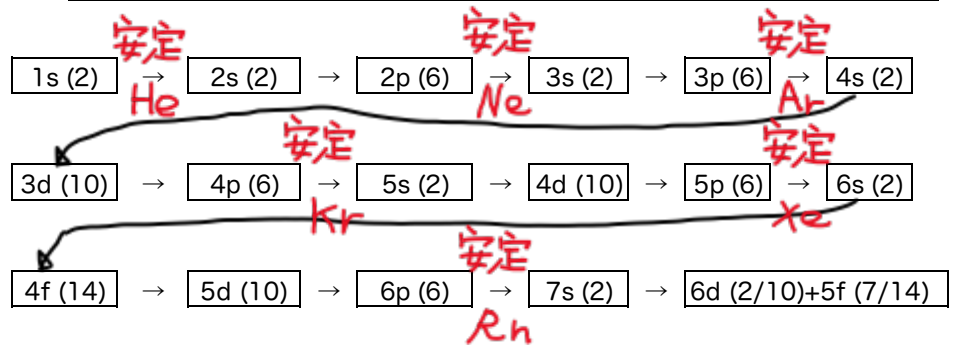


図 C.B. 原子の軌道電子の名前 (上) と電子が配列される順番 (下)

す。そして軌道電子は、原子核からの距離が近い順にK、L、M、N、O、P、Q殻とされ、同じ殻内でも軌道の形の特徴にs, p, d, fを使って識別されます。

各軌道電子の名前の割振は、K殻は1、順次L=2, M=3, N=4, O=5, …と、形の特徴s~f軌道を使います。K殻の電子は2つともs軌道の特徴を持つので、1s電子と呼ばれます。次にL殻に入る8個の軌道電子は、2つはs軌道の特徴を有し、L殻に属しますので2s電子と言われ、残りの6つの軌道の形はp軌道なので、2p電子となります。

例えば、水素原子の軌道電子は1つで、これは原子核に一番近いK殻という軌道に入ります。ヘリウム原子の軌道電子は2つで、これがK殻の軌道に入りますが、これによりK殻の軌道は満杯になります。次のリチウム原子の3つの軌道電子のうち2つはK殻に入るのですが、残り1つはL殻の軌道に入ります。L殻の軌道は全部で8個の軌道電子が入ることができそうですが、L殻が満杯になるとM殻に軌道電子が入り、殻は基本的には原子核から近いところから電子が埋まっていくことが原則です。ただし、M殻からは、この原則から外れる場合が出てくるので、図 C.B.に各軌道に詰まることができる電子の数と順番を示しましたので、参考にしてください。

今までは原子の話でしたが、気体分子の話に移りましょう。気体分子は原子でいるよりもエネルギー的に安定であるために、二つの原子が結合して分子を作ります。普通の環境（20°C、1気圧）で、気体の状態の単体は、水素ガス（H₂）、窒素ガス（N₂）、酸素ガス（O₂）、塩素ガス（Cl₂）と18族（希ガス、単原子分子）です。水素ガス（H₂）、窒素ガス（N₂）、酸素ガス（O₂）、塩素ガス（Cl₂）は、二つの原子が近づくことにより軌道電子が混合（混成）して新たな電子軌道を作り出すことにより2つの原子が独立で存在するよりも安定するから分子を作ります。どのような電子軌道が生成されるかという、埋まりきらない電子軌道の電子が、もう片方の原子の別の電子の軌道と混ざり合うイメージです。この場合、新しく作られる電子軌道を分子軌道と呼びます。ただし、分子軌道は物質によって様々なので、一概に特徴を上げることは難しく、個別の物質に対する分子軌道の研究は現在でも盛んに行われています。ただし、水素分子は一番内殻のK殻の電子（1s電子）しか存在しないので、混成しづらい1s電子同士が混成し、Heガスに近い状態になります。

他方の18族（希ガス）He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rnのように、最外殻軌道のs, p軌道が満杯になる原子は非常に安定で同種の原子と軌道電子を共有しなくなります。そして原子単体で気体として存在でき、希ガスと呼ばれています。実はこの特徴を表すために配列されたものが元素の周期表で、これにより縦のラインの原子は化学的な性質が近くなります。なぜなら、軌道電子の配列が化学的性質を大きく左右する要因です。さらに、電子軌道の配列は軌道電子の個数により決定され、軌道電子の個数は原子核にある陽子の数（これは原子番号と同じ）で決定されます。すなわち、原子の化学的性質を決める大きな要因は陽子の数とも言えます。

なお、気体分子についての話ばかりでしたが、1800年代初頭に、気体研究で原子モデルでは現象が説明できずに、あらたに導入されたのが分子モデルで、分子の発見は気体でなされたからです。固体でも分子（砂糖）を作ったり液体（水、エタノール）でも分子からなるものがあります。

次に固体の原子の並び方を考えましょう。Alや塩化ナトリウム（塩）は図3のように規則的に原子が並んでいます。しかし、これは分子のような小さな単位には分けられず、分けてしまえば最後には原子に行き着く物質で、このように原子の配列に規則性があるけれど、分子ではないものを結晶と呼びます。原子を結合させる方法は、おおまかには共有結合とイオン結合と金属結合があります。また、砂糖も氷砂糖のように粒になっている場合は、分子結晶と言われています。分子は原子同士は特定の距離と角度で、主に共有結合により結合して形成されています。

また、規則性がない原子配列を持つものをアモルファスと言い、ガラスなどがその代表物質ですが、結合方法さまざまなものが入り乱れていることも多く、非常に複雑で、不安定な物質も多いです。

B. 化学変化

B-1 分解と化合の化学変化

B-1-1 酸化銀の加熱実験

酸化銀は黒色の粉末です。これを図のようにガスバーナーで加熱します。

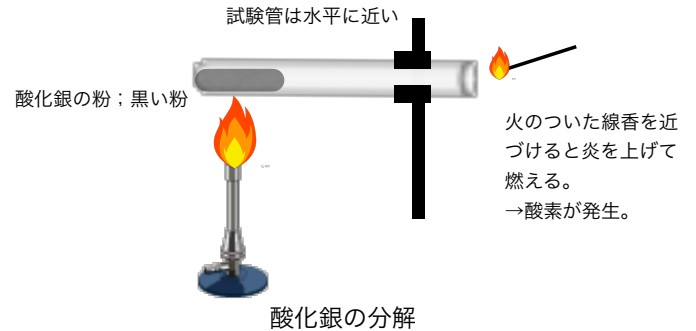
観察結果

- ・ 黒だった粉末が白い塊となった。
- ・ 試験管の口の近くに火のついた線香を近づけると炎を上げて燃えた。
- ・ 白い塊を取り出したら、金属光沢があり、金槌でたたくと延びた。
- ・ 白い塊は電気を通した。等々…

実験技術に関しては、当方では厳しいですので、図のキャプションに示したURLの動画をご覧ください。

考察と結論

- ・ 火をよく燃やす気体が発生したと考えられるので、酸素が発生したと考えられる。
- ・ 白い塊は、よく延び、電気を通し、金属光沢があるため、金属であり、酸化銀の加熱より得られたので、金属の銀であろうと考えられる。
→金属の性質の金属光沢、電気をよく通すこと、展性、延性を確認。



試験管に詰めた粉

取り出した白い塊

図B-1-1 酸化銀の分解

動画：<https://yachimata-kita-jhs.jimdofree.com/2020/04/28/2年生-理科-酸化銀の熱分解/> より引用写真 深謝

以上より、酸化銀は加熱したことにより、酸化銀はなくなり、銀と酸素できたと結論づけられます。

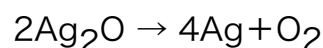
B-1-2 化学反応と化学反応式

§B-1-1の酸化の加熱実験により、酸化銀から酸素と銀ができました。つまり、わかりやすく書くと、



となり、一種類の元の物質（酸化銀 Ag_2O の純物質）が変化して、全く異なる物質の銀 Ag と酸素ガス O_2 が生成されたこととなります。このように、異なる物質に変化することを**化学変化**もしくは**化学反応**と呼びます。また、今回は酸化銀が銀と酸素に分解されたので、化学変化の中でも**分解**と呼ばれます。

上記のような化学変化は**化学反応式**（ $\Delta \rightarrow \circ$ ）により記述されます。酸化銀の分解の化学反応式は、



となります。

化学反応式を作るときの決まり

- ・ 物質は化学式を使う。原子記号ではないので注意。分子は分子の単位で書き、酸素なら O_2 と書く。
- ・ 変化の進む方向を右矢印 \rightarrow で記す。
- ・ 矢印の左側 ($\Delta \rightarrow$) が変化前の物質、矢印の右側 ($\rightarrow \bigcirc$) が変化後の物質
- ・ 登場する原子の種類と、原子ごとの個数が、変化前 (Δ) と変化後 (\bigcirc) で等しくなる
つまり、酸化銀の分解において、発生する酸素は気体だから O_2 にしなくてはならず、それにともない、酸化銀 (AgO) と銀 (Ag) に係数の2が付きます。

Point (生徒さんは不要)

酸化銀が Ag_2O と記述されることは、覚えなくてはならないことです。

化学反応式は、2年生では、まずひたすら覚えることを目標にすると、化学の学習が非常に楽になって来ます。中2では、最後に記した化学反応式の暗記とか、選別が適切かは、非常に曖昧ですが、一応列挙しました。覚えた上で、化学反応式の両辺の原子の数を揃えるテクニックの使い方を学ぶことが大切です。

まず覚えることを推奨すれば、少し思考的な問題が苦手な生徒でも、点数が取れますので、試験でもバカにせず丸暗記の問題も出題していただきたいです。

もちろん、研究となれば、自分で化学反応式を考えなくてはならなくなりますので、そういう学力も必要です。最終目標としてはこの辺りであることも生徒に伝えていけると良いと思います (先生方が頑張ってもらってるのはよくわかっているのですが、門外漢が勝手なことばかり言ってすみません。)

B-1-3 過酸化水素水の分解

過酸化水素水に二酸化マンガンを入れると、酸素を発生させました。このとき、二酸化マンガンは化学変化の前後では変化しません。そして、過酸化水素水は酸素と水になります。これも分解です。そして、二酸化マンガンは化学変化を促進させる働きをする物質で、このような物質を一般に**触媒**と呼びます。過酸化水素水の分解に二酸化マンガンを使用せず、バーナーで加熱しても、同じ分解が起こります (図 B-1-3)。過酸化水素水の分解の化学反応式は、下記のようになります。

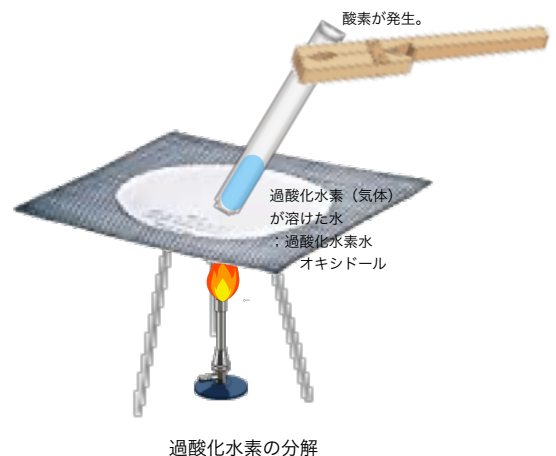
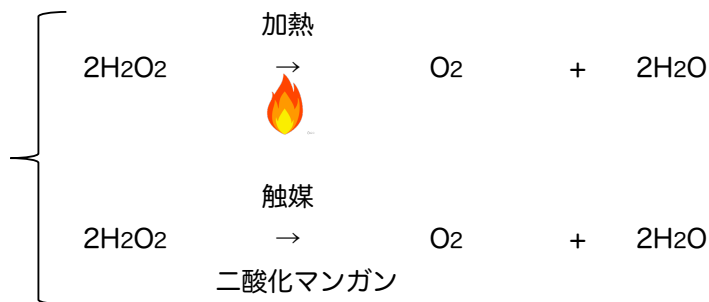


図 B-1-3 過酸化水素水の (熱) 分解

B-1-4 いろいろな分解

- ・木の蒸し焼き（乾留）実験
- ・炭酸水素ナトリウム（重曹）の分解
- ・炭酸アンモニウムの分解
- ・水の電気分解

など、色々あるので、参考書や資料集で調べてみよう。

「木の蒸し焼き（乾留）実験」は、炭を作る方法ですので、<https://ja.wikibooks.org/wiki/中学受験理科/化学/物の燃え方>さんより抜粋させていただいたものを紹介しましょう。

木の蒸し焼き（乾留）実験

試験管の口は、すこし下げる。熱せられた木から、褐色（かっしょく）の液体が出てくるが、この液体で試験管が冷やされるので、口を少し下向きにしないと、液体が加熱部にもどってしまい、加熱部が一気にひやされて、試験管が割れてしまう。

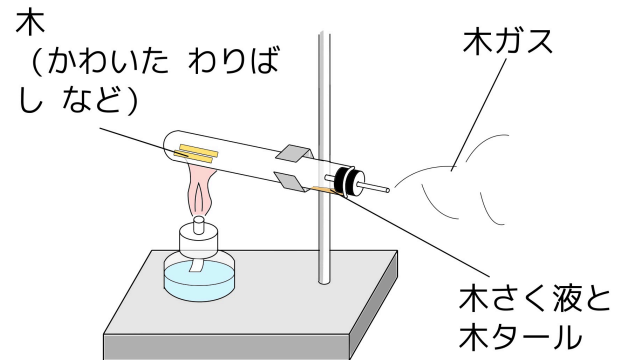
木を、火にはつけずに、試験管などに木を入れ、その試験管を加熱すると、中の木が燃えずに分解する。これを木の蒸し焼き（乾留）という。

木をむし焼きすると、白い気体が出てくる。蒸し焼きされた木から出る白い気体を木（もく）ガスといい、むし焼き実験での試験管の口にマッチをちかづけると燃えることから、この木ガスは燃えることが分かる。つまり、木ガスは燃える。

また、蒸し焼きされた木から、黄色い液体**木酢さく液**と黒い液体**木タール**がたれてきて、試験管の出口のほうに、たまる。

蒸し焼きされた木は、黒い固体となり、木炭になる。木炭のおもな成分は炭素であり、空気中で加熱すると、あまり炎を出さずに、固体のまま、ゆっくり燃える。燃えるときに赤い光を出す。木炭は、バーベキューなどで燃料としても用いられる。

木酢液）入浴剤とか利用。昔は田畑の害虫避けにも使ったようですが、現在は農薬としては売られていない。木タール）殺菌作用があるので、北欧では薬として使用していたことがあるようです。今でも、キャンディーに入れて食べるそうです。



B-1-5 銅の加熱実験

銅の粉を図B-1-5のように、蒸発皿に入れて時々かき混ぜながら加熱した。

観察結果

- ・赤褐色の光沢のある粉末が黒くなった。
- ・加熱前は電気を通したが、加熱後は電気を通さなかった。
- ・加熱後は加熱前より重くなった。（電子天秤？で測定）

実験技術に関しては、当方では厳しいですので、ご容赦ください。

考察と結論

- ・銅粉を加熱したことにより、金属の性質を持たない別のものができたので、化学変化が起こった。
- ・この化学変化により質量が重くなったことから、銅に何か加わった物質ができた。
- ・この実験では、銅の粉の周りに存在するものは空気であり、空気



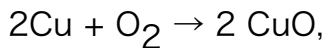
図B-1-5 銅の加熱実験

は主に窒素と酸素と二酸化炭素からなるので、このうちのどれかが銅と結びついたと考えられるが、金属は空気中の酸素によって錆ができることから、酸素と結び付いたと考えられる。

以上より、銅の粉は加熱したことにより、空気中の酸素が加わった別の物質ができた結論づけられません。

B-1-6 化合

B-1-5の銅の加熱実験によりできた物質は酸化銅CuOです。銅の錆です。このように、化学変化によりある物質が別の物質と結びついて別の新しい物質を作る変化を**化合**と言います。化合は分解の逆の化学変化と考えられます。そして化合してできている物質を化合物と言います。酸化銅CuOはCu原子とO原子の化合物です。銅の加熱実験の化学反応式は、



です。ちなみに、酸化銅といっても二種類あり、CuOとCu₂Oがあります。前者は黒で後者は赤茶だそうです。

👉この実験では、CuOができましたが、Cu₂Oはどういう時にできるのか？みんなで調べてみてね。

B-1-7 鉄と硫黄の化合実験

鉄と硫黄の粉末を混ぜ合わせます。均一な灰色がかった黄色い色になるまで、乳鉢を使ってよく混ぜ、2本の試験管a, bに等量に分けます。

実験A：試験管bを、硫黄が熱によって蒸発して出ないように脱脂綿で蓋をして、図B-1-7のようにガスバーナーで加熱しますが、反応がはげしいので注意しましょう。反応が始まったら、図のように火から下ろし、観察します。

実験B：反応をさせない試験管aとさせた試験管bの各物質に対して、磁石の反応と塩酸を加えた反応を観察した。

観察結果

- ・試験管aの物質は磁石にくっついた。試験管bの物質は磁石にはつかなかった。
- ・試験管aに塩酸を入れ、火のついた線香を近づけたら、ポツと軽く爆発して燃えた。
- ・試験管bに塩酸を入れたら、卵の腐ったような匂いのする気体が出てきた。

実験技術に関しては、当方では厳しいですので、ご容赦ください。

考察と結論

- ・磁石の反応が異なることから、化学変化が起こった。
- ・試験管aに塩酸を入れたら発生した気体は、線香の燃え方から水素だと考えられる。
- ・試験管bに塩酸を入れた時に発生した気体は、その匂いの特徴から、硫化水素であると考えられる。

👉当方の記憶では、匂いの特徴から硫化水素と教わったのですが、現在はそんな雑なことはしないのでしょうか？



図B-1-7 鉄と硫黄の化合実験

実験A for 試験管b

以上より、鉄と硫黄の混合粉は加熱したことにより、化学変化により別の物質ができた。これは、鉄と硫黄が化合したものであると考えられ硫化鉄FeSだと考えられる。この化合物に塩酸を入れ発生した気体は硫化水素と考えられます。

なお実験A, Bの化学反応式は、以下のようになります。

実験Aの鉄と硫黄の化合の化学反応式； $\text{Fe} + \text{S} \rightarrow \text{FeS}$

実験Bの硫化鉄と塩酸の化学反応式； $\text{FeS} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2$ (塩化鉄) + H_2S (硫化水素)

化学反応式は、初めは全て丸暗記、ひたすら暗記をしているうちに数字合わせがわかってきます。とにかく前後で同原子の数があることからパズル合わせのように解ける問題も多いですが、できればこのテキスト（最後にまとめてあります。）に掲載した化学反応式などを含めた代表的な化学反応式は目をつぶっていても書けるくらいになると、化学が好きになると思います。

B-1-8 酸素と水素の化合実験（水の合成）

図B-1-8のような装置で、水素と酸素の混合気体に電気火花で点火する。

観察結果

- ・水素と酸素は爆発的に化合する。
- ・管の内側がくもった。
- ・管に水槽の水が上がった。

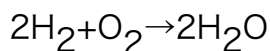
実験技術に関しては、当方では厳しいですので、ご容赦ください。

考察と結論

- ・管の中の混合気体は化合して使われてしまった分だけ減り、減った混合期待の分だけ水槽から水が上がってきたと考えられる。
- ・管の内側の曇りの部分に塩化コバルト紙を付けたら、青から赤に変色した。このことから、水ができたことがわかる。（実際はこの実験では水ができたことを確認するのは、技術的に難しそうなので、ビニール袋を使った実験で確認した方が良い。参考URL <https://www.youtube.com/watch?v=o43ThfGOTOQ> さん 深謝）

以上より、水素と酸素を化合させることにより水ができることがわかった。

塩化コバルトが水を検知する試薬です。また、二種類以上の物質から一種類の物質を作れることを**合成**と言います。つまり、この実験は、**酸素と水素の化合により水を合成した**のです。水の合成の化学反応式は、

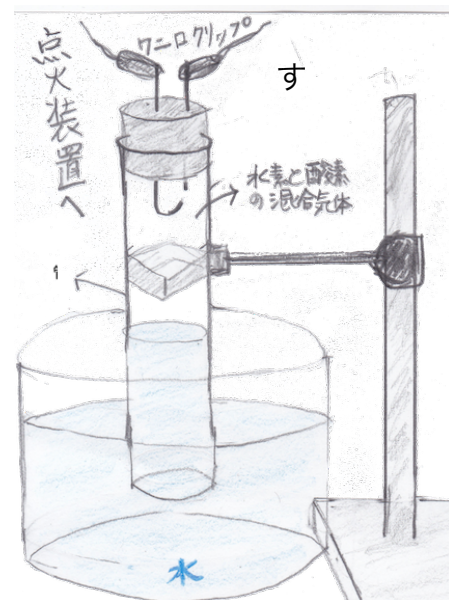
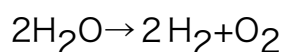


です。

👉実験では、なぜ、水酸化ナトリウムを水に溶かしたのでしょうか？

B-1-9 水を電気分解して、酸素と水素が発生する？ 確認しよう！

図B-1-9のような装置で調べます。みんなで調べてみてね。どうして水酸化ナトリウムを溶かすのかな？水素と酸素が発生し、発生する水素と酸素の気体の体積比は2：1になります。水の電気分解の化学反応式は、



図B-1-8 酸素と水素の化合（水の合成）実験

です。

この実験では、線香を近づけたときの燃え方の違いがよくわかるよ！線香の燃え方の特徴は、水素は音を立てて燃えるし、酸素は炎を上げて燃えるっていう言い方をよく使います。

水を合成するにも水素と酸素が必要で、水を分解しても水素と酸素が出てくるのが大切です。

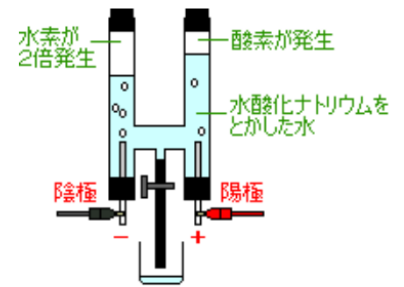


図 B-1-8 水を電気分解

B-2 酸化と還元

B-2-1 燃焼

中学一年で、物が燃える時に必要な気体が**酸素**であることは学びました。この性質を助燃性と呼ぶこともあります。他方、水素はそれ自身が燃える気体であることも学び、この性質は可燃性と呼ばれます。

ここでは、燃えるという現象が化学的にどのようなメカニズムであるかを学びます。まず、私たちが普段目にする燃えるという現象は、化学では**燃焼**と呼びます。

ここで、スチールウール（鉄のたわし）の燃焼実験を紹介します。

実験：スチールウール（鉄のたわし）をビーカーに入れて、ガスバーナーにかけ、さらにビーカー内のスチールウールに直火をあてる。

👉直火をあてる方法として、竹串に火をつけてスチールウールに近づけてみた。他にもあるかな？

観察結果

- ・しばらくすると、一挙に赤くなるので、火からおろすが、赤く光った状況はしばらく続き収まる。これを何度か繰り返し、赤く光る状況がおこらなくなるまで行う。
- ・燃焼させないスチールウールを塩酸を入れたら、泡が発生し、火のついた線香を近づけたら、ポツと軽く爆発して燃えた。
- ・燃焼後の物質は、前の物質より重くなった。
- ・燃焼させたスチールウールを塩酸を入れても、何も起こらなかった。
- ・燃焼前のスチールウールは電気を通すが、燃焼させたスチールウールは電気を通さない。

実験技術に関しては、当方では厳しいですので、ご容赦ください。

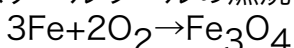
考察と結論

- ・燃焼により性質の違う物質へ変化したので化学変化が起こった。

以上より、鉄と空気が熱により化学変化し、別の黒い物質ができたと考えられる。また、一度、反応が起これば、その後の加熱しなくても変化が持続する。

空気中に最も多く存在する窒素（80%の割合）は、助燃性も可燃性もないので、空気中の約20%を占める酸素を使ってスチールウールが燃焼したと考えることができ、酸化鉄 Fe_3O_4 が出来たと考えられる。そして、結びついた酸素の分だけ、質量が重くなった。

スチールウールの燃焼の化学反応式は、



となる。ただし、酸化鉄には Fe_2O_3 、 FeO 等の別の結合形態もあります（Coffee Break 2 参照）。

別の実験例)

マグネシウムの燃焼（これは火花が派手に出て面白いです。ちょっと危ないかな？）

マグネシウムの燃焼の化学反応式； $2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO}$

実験から、厳密に燃焼についてまとめると、**燃焼とは、物質が空気中の酸素と結び付き激しく熱や光を出す化学変化**です。

また、余談ではありますが、ビーカー内でスチールウールを熱し、繰り返し直火で化学変化を起こすことを行わないと、質量の変化を正しく観察できません。これは鉄を完全燃焼させるために必要な手順です。

B-2-2 有機物の燃焼

今までは、鉄などの無機物の燃焼を取り扱いましたが、有機物の燃焼について紹介しましょう。有機物の蝋燭の口は燃焼を利用して灯りとして利用され、石油ストーブも有機物の灯油を燃焼させて熱を得ます。では、有機物の燃焼は無機物のそれとどの点が違うのでしょうか？

有機物の構成元素は炭素と水素であるところが、無機物とは決定的に異なります。ですから、有機物を (C, H) と記述して考えていきましょう（有機物は複雑な構造なので、このように簡単に記述しました。）。蝋燭の燃焼の化学反応式は、

有機物の口 (C, H) + O₂ (空気中) → CO₂ + H₂O + (光と熱の発生)

有機物が燃焼すると、主な構成元素がCとHなので、二酸化炭素CO₂と水H₂Oを発生させるのが特徴です。スチールウールの燃焼は、酸化鉄ができるのみでした。また、蝋燭は、マッチによる点火を一度行ってしまうと、化学反応が連続的に継続しやすく、口か芯がなくなるまで燃焼が続くのです。

また、無機物の燃焼は無機物と酸素が化合して酸化物が生成される化学変化でしたが、有機物の燃焼は有機物が分解して二酸化炭素CO₂と水H₂Oになる化学変化と言えます。

追記1) 一酸化炭素中毒について調べてみよう！

追記2) 中学の時に大好きな理科の先生がパラジクロロベンゼンだったと思うのですが、それをパラパラと燃やすデモ実験をしてくださって、なんだか夢のような燃え方で面白かったです。でも、もしかしたら、ナフタレンだったかもしれないし、この辺りの記憶が曖昧です。

B-2-3 酸化

B-1-5銅の加熱実験やB-2-1スチールウールの燃焼実験では、金属に空気中の酸素が結合した物質CuO, Fe₃O₄ができました。このように、酸素と化合することを**酸化**と言い、その化合物を一般に**酸化物**と言います。

鉄が長い年月かけて錆びるのは、空気中の酸素と結びついて化合する、つまり酸化するのですが、**穏やかな酸化**なのです。燃焼は空気中の酸素と激しく化学変化を起こし光と熱を放出する現象を言いますが、燃焼も一種の酸化で**燃焼は激しい酸化**をあらわします。また、化学カイロも、鉄が錆びる時に発生させる熱を利用していますが、大体20時間続くようおだやかな酸化をする工夫が施されています。

また、水素ガスは燃える（可燃性）というのは、空気中の酸素と結合し燃焼するからで、水の化学式H₂Oは酸化水素であることを表しています。

B-2-4 還元

酸化物から酸素を取り除くことを還元と言います。B-1-5で作られた酸化銅を銅に戻す実験を紹介しましょう。

実験：炭素の粉と酸化銅の粉の混合物を図B-2-4のように試験管にセットして、ガスバーナーで加熱する。試験管の口は下げる。試験管から管を出しゴム間に繋ぎ、そのゴム管の先は石灰水を入れた試験管に入れ、気体の発生状況を観察する。

👉なぜ、試験管の口を下げるのでしょうか？

観察結果

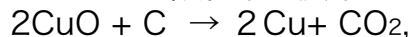
- ・加熱を続けると、徐々に黒い粉末が赤褐色に変化した。
- ・気体が発生し、石灰水が白く濁った。
- ・混合粉末は、加熱の前後で軽くなった。

実験技術に関しては、当方では厳しいですので、ご容赦ください。

考察と結論

- ・銅の色になったことから、酸化銅が銅になる化学変化が起きたと考えられる。
- ・石灰水が白濁した結果、二酸化炭素が発生したことがわかる。

以上より、混ぜた炭素粉末と酸化銅の酸素が結びつき、二酸化炭素を発生させて、酸化銅が分解され銅になった。酸化銅の炭素による還元実験の化学反応式は、



です。

この還元の化学変化では、酸化銅が分解されて銅になり、炭素が酸素と化合（酸化）されて二酸化炭素になったと言えます。

👉他にも、「水素による酸化銅と酸化鉄の還元」という実験がありますので、調べてみてください。

Coffee Break 2(先生用、そして、ちょっと興味のある君たちへ)

自然界では、空気が存在しますので、多くのものが酸化物として存在します。酸化物から酸素を取り除く方法として、鉄鉱石（酸化鉄 Fe_2O_3 右写真）の還元を[https:// www.asaichuzo.com/ imono/fe3.htm](https://www.asaichuzo.com/imonofe3.htm) さんより（深謝）紹介しましょう。

現在広く用いられている製鉄法は溶鉱炉(高炉)を用いる方法です。概略図を下に示します。

その溶解炉の中に上から鉄鉱石、コークス(炭素)、石灰石を交互に入

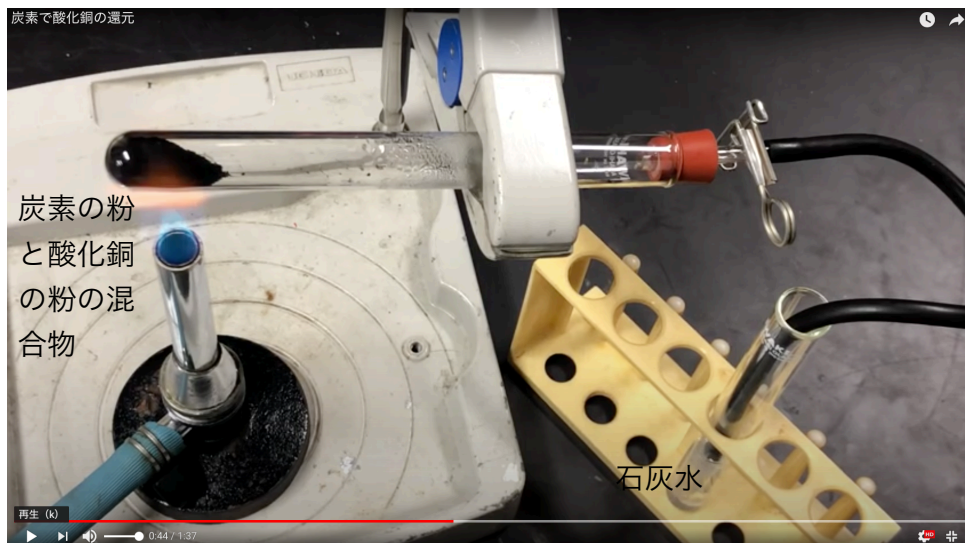


図 B-2-4 酸化銅の還元実験

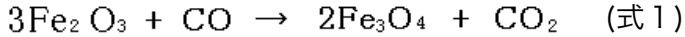
<https://www.youtube.com/watch?v=16AtD1XcVyE>さんより引用深謝



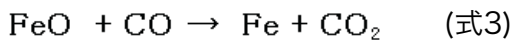
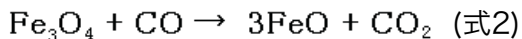
鉄鉱石

れ、熱風炉で熱した空気を吹き込むと、次の化学式で示されるような反応が起こります。

コークス(C)が燃えて1500度の高温になり、一酸化炭素(CO)ができ、炉内を上昇します。そのときにその一酸化炭素が鉄鉱石を還元し、四酸化三鉄 Fe_3O_4 を作ります。(式1)



このように一酸化炭素と鉄の酸化物がどんどん反応してゆき(還元反応)、次の2式の反応を起こして鉄(銑鉄)ができあがります。(式2, 式3)

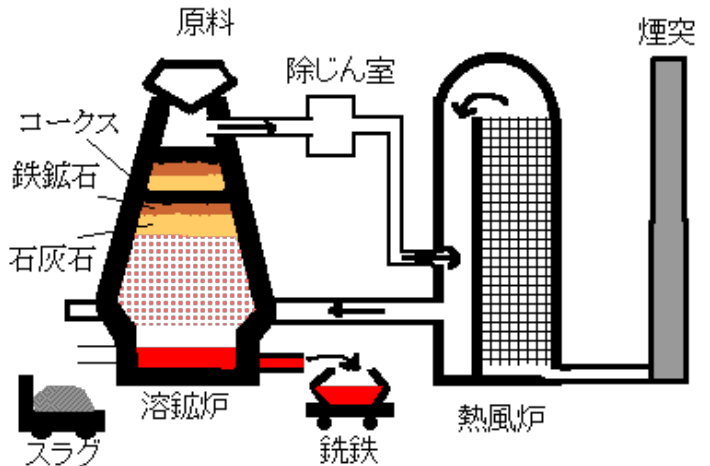


以上の工程でできあがった鉄は"銑鉄"と呼ばれるもので、炭素等の不純物の量により鋳物の原料と鋼の原料とに分けられます。

また、その銑鉄を転炉などにより炭素量を減らしたものが"鋼"であり、普通、"鉄"と呼ばれるものはこの"鑛(ハガネ)"を指します。

"鋼"は大変いろいろな用途があります。圧延して鉄板にし、特殊な方法により処理すると自動車用の鋼板になります。またビルや工場の鉄骨材料になりますし、メッキ等の処理を施せば缶詰などの缶になります。

あまり上手に説明することができませんが、鉄の世界は広く、大変細かいものです。世界で最も多く使われている金属"鉄"をもっとみなさんに知っていただけたらと思います。(終わり)



Coffee Break 3(先生用、そして、ちょっと興味のある君たちへ)

§B-1-1の酸化銀は熱しただけで、還元して銀に戻ったのに、§B-2-4の酸化銅やコーヒブレイク2で紹介した酸化鉄は炭素や水素などを入れないと還元できないです。これは、酸素との結びつきやすさが、元素によって異なるからです。酸素と結びつきやすいメジャーな金属の順番は、Mg, Al, Fe, Cu, Ag (銀), Au (金) です。銀や金は酸化物でいるよりも単体でいる方が安定だから、加熱しただけで酸素として放出されてしまうのです。しかし、鉄や銅は、自分たちより酸素と結びつきやすい炭素や水素の力を借りないと酸素を引き剥がすことができないというイメージです。還元を促す物質を還元材(この場合は炭素や水素)と呼びます。

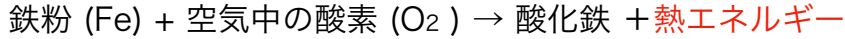
B-3 化学変化の特徴

B-3-1 発熱反応と吸熱反応

化学変化は、“物質を加熱する”や“物質同士を混ぜる”といった作用により起こります。§B-1-1 酸化銀の加熱や§B-1-5の銅の加熱実験は、加熱を続けなければ化学変化が持続しません。実際は、銅の酸化は加熱をやめてもしばらくは反応が続きます。他方、§B-2-1や§B-2-2の燃焼では、はじめに反応を起こすための加熱が必要でしたが、一度、発熱や発光が起これば加熱を止めても化学変化が持続する場合も

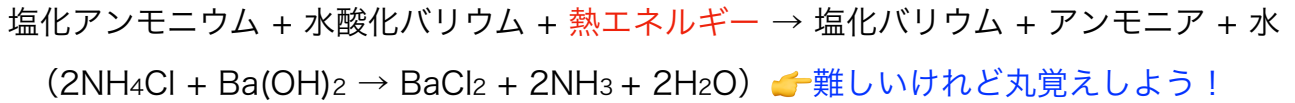
あります。化学反応することによって、熱を出す反応を**発熱反応**と言い、周りの熱を吸収して周りを冷やす反応を**吸熱反応**と呼びます。

発熱反応による化学カイロの原理実験は、活性炭に濃い塩水を染み込ませて、それを鉄粉と合わせて発熱させる実験です。この場合、塩は酸化を速める役割を果たし、活性炭は塩と酸素を保持する役割を担います。簡単な化学反応式で、発熱を確認すると、



(※ビニール袋に入れて酸素を止めてみたりして、色々観察してみると面白いよ！)

吸熱反応の実験例は、塩化アンモニウムと水酸化バリウムを混ぜる実験で観察できます。この化学反応式は、熱の出入りを含めて記述すると、



発熱反応は矢印の右側に熱エネルギー項があり、熱を得られる化学反応です。吸熱反応は矢印の左側に熱エネルギー項があり熱を与えないと起こらない反応です。塩化アンモニウムと水酸化バリウムを混ぜる吸熱反応実験は 極低温では化学変化が起こらないのです。

酸化反応は発熱反応です。ただし、銅の加熱実験では、銅自体は酸素と結びつきやすいほうではないので、加熱を止めるとどうしても反応が止まってしまうことが多いのです。

B-3-2 化学変化の質量変化

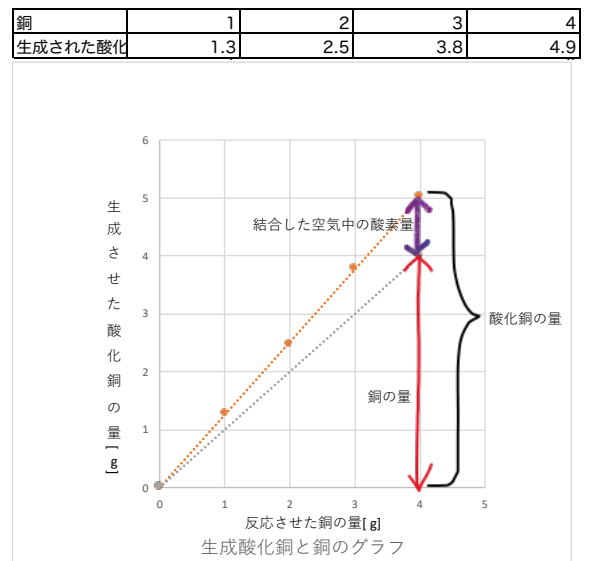
薄い硫酸と水酸化バリウム水溶液の重さをそれぞれ測り、その後、混ぜ合わせると、白い沈殿物ができます。この白い沈殿物は硫酸バリウムと言います。この混ぜ合わせた液体の重さを測ると、混ぜ合わせる前の両方の水溶液を合わせた質量と同じです。この化学変化において、二つの水溶液以外に他の出入物がなかったため、当然の結果です。

一方、銅の粉 1、2、3、4 グラムを加熱して酸化銅を作った時、できた酸化銅の重さを計測する実験を行います。結果を下表と下図にまとめる。空気中から酸素が化学反応に提供されるため、酸素と結合する銅がなくなるまで、酸素が結合する結果、**銅と酸素の結合割合は一定である**ことがわかります。銅の燃焼による銅と酸素の結合の割合は、**質量**で表すと銅：酸素=1：4になることがこの実験からわかりました。

👉これは、完全燃焼させるのがとても難しく工夫が必要な実験になるでしょう。

👉ちなみにマグネシウムの燃焼によるマグネシウムと酸素の結合の割合は、**質量**で表すとマグネシウム：酸素=3：2になります。

上記の例は、燃焼実験でしたが、化合物をつくる物質の割合は常に一定であり、それは化学式から読み取れました。つまり、酸化銀ならば化学式はAg₂Oとなるので、銀の原子2つに対して酸素が一つ結合



してできるのです。そして、各原子の重さは、原子の特徴として決まっています（周期表の一番下の数字が質量を表す数字で原子量と言われるものです。）。ですから、結合の個数の割合が決まれば、重さが決まってきます。

また、化学変化において、紹介した燃焼のように外の空気と化学変化を行わなければ、化学変化の前後では全体の質量は保たれたままになります。したがって、スチールウールも閉ざされたフラスコの中で燃焼させた場合、フラスコを含めた全体の重さに変化が生じません。

最後に、気体が発生する水の分解について、発生する水素と酸素の量を考えましょう。水の化学式は H_2O ですから、水素原子が2個に対して酸素原子が1つです。これが、 H_2 と O_2 となって発生するので、発生する分子の比は水素ガス：酸素ガスで2：1になります。気体の場合、空間に分子が存在できる数は気体の種類によらず一定であるという決まりがあります。その結果、水を分解した時に発生する水素ガスと酸素ガスの体積比は2：1になります。しかし、原子の質量は周期表を見ればわかるように、水素原子質量：酸素原子質量=1：16ですから、水を分解した時に発生する水素ガスと酸素ガスの質量比は1：4になります。（終わり）

付録1 覚えておきたい化学反応式（足りないと思いますので、補足してくださいね。）

番号	反応の特徴	化学反応式	章番号
[1]	(銀の分解)	$2\text{Ag}_2\text{O} \xrightarrow{\text{加熱}} 4\text{Ag} + \text{O}_2$	(B-1-2)
[2]	(過酸化水素水の分解)	$2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{加熱 or 触媒: 二酸化マンガンMnO}_2} \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	(B-1-3)
[3]	(銅の加熱、酸化銅の合成)	$2\text{Cu} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{加熱}} 2\text{CuO}$	(B-1-6)
[4]	(硫化鉄の合成)	$\text{Fe} + \text{S} \xrightarrow{\text{加熱}} \text{FeS}$	(B-1-7)
[5]	(硫化鉄の塩酸の化学反応)	$\text{FeS} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$	(B-1-7)
[6]	(水の合成)	$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{電気}} 2\text{H}_2\text{O}$	(B-1-8)
[7]	(水の分解)	$2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{電気}} \text{O}_2 + 2\text{H}_2$	(B-1-8)
[8]	(スチールウールの燃焼)	$3\text{Fe} + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{加熱}} \text{Fe}_3\text{O}_4$	(B-2-1)
[9]	(マグネシウムの燃焼)	$2\text{Mg} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{加熱}} 2\text{MgO}$	(B-2-1)
[10]	(酸化銅の還元)	$2\text{CuO} + \text{C} \xrightarrow{\text{加熱}} 2\text{Cu} + \text{CO}_2$	(B-2-4)
[11]	(酸化銅の還元)	$\text{CuO} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{加熱}} \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$	(B-2-4) 付記
[12]	(吸熱反応) 沈澱物発生	$2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{BaCl}_2 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ 塩化アンモニウム + 水酸化バリウム	(B-3-1)
[13]	(石灰石と薄い塩酸) 二酸化炭素発生	$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ 石灰石 + 塩酸	一年生 塩化カルシウム+水+二酸化炭素

付録2 例題（問題集は各自しっかりやってください。）

問題 下の文章の（ ）内の適語を答えてください。⑩は選択です。

物質は、原子が集まって作られています。原子が物質を構成する最小の単位です。原子は（ ① ）と（ ② ）で構成されています。原子は元素とも呼ばれ、（ ③ ）を使って表され、（ ① ）の内部にある陽子の数がそれぞれの元素に（ ④ ）として割り当てられています。水素の元素記号は（ ⑤ ）で、原子番号は（ ⑥ ）番、アルミニウムの元素記号は（ ⑦ ）で原子番号は（ ⑧ ）番です。

物質を分ける方法として、純物質と（ ⑨ ）に分類する方法があります。塩は純物質、塩水は（ ⑨ ）です。さらに、純物質を分ける方法として、（ ⑩ ）と化合物に分類する方法があります。（ ⑪ ）は（ ⑩ ）、（ ⑫ ）は化合物です。（ ⑩ ）とは、一種類の元素からなる純物質です。化合物は複数の元素から

成る純物質です。純物質は名前も付けられていますが、構成している元素記号を使って (⑬) で表すことができます。

ここで、化合物の酸化銅を考えてみましょう。酸化銅は (⑬) を使ってCuOと表すことができ、銅元素 (原子) Cuと酸素元素 (原子) Oの個数の比が (⑭ :) で結合している物質であることがわかります。他方、銅元素と酸素元素の重さの比は4 : 1です。したがって、15gの酸化銅は (⑮) gの銅元素と (⑯) gの酸素元素から構成されています。§B-1-5の銅の酸化実験で、4gの銅を完全に酸化させた場合、 (⑰) gの酸化銅が出来ます。

化合物として、酸化銀を考えてみましょう。酸化銀は (⑬) を使ってAg₂Oと表すことができ、銀元素Agと酸素元素Oの個数が (⑱ :) で結合している物質であることがわかります。他方、銀元素と酸素元素の重さの比は27 : 2です。§B-1-1の酸化銀の加熱実験で、1gの酸化銀を加熱して発生する酸素の量は (⑲ 0.074, 0.926, 0.069)gとなります。

水の化学式は (⑳) で、2つの水素元素Hと1つの酸素元素Oが結びついて分子を作り、この分子が集まっています。水を電気分解することにより、水素ガスH₂と酸素ガスO₂が発生しますが、発生する分子数の比は、水分子の構成元素数の比と同じになりますから、水素ガス : 酸素ガス = (㉑ :) になり、体積比も水素ガス : 酸素ガスO₂ = (㉒ :) になります。他方、水素元素と酸素元素の重さの比は1 : 16ですから、発生する気体の質量比は水素ガス : 酸素ガス = (㉓ :) になります。

解答

物質は、原子が集まって作られています。原子が物質を構成する最小の単位です。原子は (① 原子核) と (② 軌道電子) で構成されています。原子は元素とも呼ばれ、 (③ 元素 (原子) 記号) を使って表され、 (① 原子核) の内部にある陽子の数がそれぞれの元素に (④ 原子番号) として割り当てられています。水素の元素記号は (⑤ H) で、原子番号は (⑥ 1) 番、アルミニウムの元素記号は (⑦ Al) で原子番号は (⑧ 13) 番です。

物質を分ける方法として、純物質と (⑨ 混合物) に分類する方法があります。塩は純物質、塩水は (⑨ 混合物) です。さらに、純物質を分ける方法として、 (⑩ 単体) と化合物に分類する方法があります。 (⑪ アルミニウムなど) は (⑩ 単体) 、 (⑫ 塩など) は化合物です。 (⑩ 単体) とは、一種類の元素からなる純物質です。化合物は複数の元素から成る純物質です。純物質は名前も付けられていますが、構成している元素記号を使って (⑬ 化学式) でも表すことができます。

ここで、化合物の酸化銅を考えてみましょう。酸化銅は (⑬ 化学式) を使ってCuOと表すことができ、銅元素 (原子) Cuと酸素元素 (原子) Oの個数の比が (⑭ 1 : 1) で結合している物質であることがわかります。他方、銅元素と酸素元素の重さの比は4 : 1です。したがって、15gの酸化銅は (⑮ 12) gの銅元素と (⑯ 3) gの酸素元素から構成されています。§B-1-5の銅の酸化実験で、4gの銅を完全に酸化させた場合、 (⑰ 5) gの酸化銅が出来ます。👉⑮⑯⑰文末に解説あり

2021

化合物として、酸化銀を考えてみましょう。酸化銀は (⑬ 化学式) を使ってAg₂Oと表すことができ、銀元素Agと酸素元素Oの個数が (⑱ 2 : 1) で結合している物質であることがわかります。他方、銀元素と酸素元素の重さの比は27 : 2です。§B-1-1の酸化銀の加熱実験で、1gの酸化銀を加熱して発生する酸素の量は (⑲ 0.074, 0.926, 0.069)gとなります。👉⑲文末に解説あり

水の化学式は (⑳ H₂O) で、2つの水素元素Hと1つの酸素元素Oが結びついて分子を作り、この分子が集まっています。水を電気分解することにより、水素ガスH₂と酸素ガスO₂が発生しますが、発生する気体の分子数の比は、水分子の構成元素数の比と同じになりますから、水素ガス : 酸素ガス = (㉑ 2 : 1) になり、体積比も水素ガス : 酸素ガスO₂ = (㉒ 2 : 1) になります。他方、水素元素と酸素元素の重さの比は1 : 16ですから、発生する気体の重量比は水素ガス : 酸素ガス = (㉓ 1 : 8) になります。👉㉓文末に解説あり

⑮⑯ 比例配分を使う。酸化銅は 銅と酸素の重さの比が 4:1 なので、全体を 4+1=5 と見た時に 銅の重さが 4、酸素の重さが 1 とする。👉

銅 4
酸化銅
: 問題 = 15g の酸化銅

銅: $5 \times \frac{4}{4+1} = 15 \times \frac{4}{5} = 12 \text{ (g)} \rightarrow \text{⑮}$
 酸素: $5 \times \frac{1}{4+1} = 15 \times \frac{1}{5} = 3 \text{ (g)} \rightarrow \text{⑯}$

⑰ 酸化銅の質量組成は 銅 : 酸素 = 4 : 1 だと 4gの銅から、酸化銅を作るのに必要な酸素 2g) だと
 $4:1 = 4:x \Rightarrow 4x=4$
 $x=1 \text{ (g)} \rightarrow \text{⑰}$

⑲ $1 \text{ (g)} \times \frac{2}{27+2} = 1 \times \frac{2}{29} = 0.06896... \text{ (g)} \rightarrow \text{⑲}$

⑳

分子数比	H ₂ : O ₂
分子の質量比	2 : 16
発生する気体の質量比	2x1 : 1x16 → 1:8 → ㉓