

高等学校における教科指導の充実

理 科
《 化学領域 》

学ぶ手応えを実感できる化学を目指して
[酸化還元の指導法]

栃木県総合教育センター
平成21年3月

ま え が き

総合教育センターでは、平成17年度より、「高等学校における教科指導の充実に関する調査研究」に取り組んでいます。この調査研究の目的は、基礎・基本の確実な定着を図るための授業改善を目指して、教科指導の在り方について研究し、その成果を普及することにより、生徒の学力の向上に資することにあります。

教育課程実施状況調査や学力に関する国際的な調査では、日本の児童生徒の学力の状況や学習に対する意識などが明らかにされ、文部科学省等からも学力向上のための様々な対策が打ち出されたり提言がなされたりしています。

平成19年12月に公表された、2006年のOECD生徒の学習到達度調査（PISA）では、科学的リテラシーをはじめ、数学的リテラシー、読解力のそれぞれについて問題点が指摘されています。

また、平成20年12月には、国際数学・理科教育動向調査の2007年調査（TIMSS2007）の結果が公表されました。この調査では、学力低下に歯止めがかかったという分析がある一方で、パターン化された指導の弊害とも見られる結果も一部に見られ、思考力の育成に課題があることも指摘されています。

小学校と中学校の新学習指導要領が平成20年3月に公示されたのに続き、21年3月には、高等学校の新学習指導要領が公示される予定です。高等学校においては、数学と理科が24年度から、国語、地理歴史、公民、外国語が25年度から学年進行で実施されます。小・中学校、高等学校とも、今回の改訂の主な改善事項として、「言語活動の充実」、「理数教育の充実」が示されました。これらは、先に挙げた各種調査で、思考力・判断力・表現力等を問う読解力や記述式の問題、知識・技能を活用する問題に課題が見られたことなどに対する改善策でもあります。

本調査研究においては、今年度、国語科、公民科、数学科、理科、外国語科（英語）の各教科で、各種調査の結果から指摘されている課題と教育界の動向を踏まえ、その解決を図るための授業改善について取り組みました。研究の成果をまとめた本冊子を有効に御活用いただければ幸いです。

最後に、調査研究を進めるにあたり、御協力いただきました研究協力委員の方々に深く感謝申し上げます。

平成21年3月

栃木県総合教育センター所長

鈴木 健 一

目 次

研究の概要	1
実験・観察 テルミット反応	2
実験操作 ポリエチレン袋を使った気体の置換法	5
実験・観察 銅の酸化と水素による還元	6
実験・観察 マグネシウムの燃焼（空气中・二酸化炭素中）	9
実験・観察 水素の燃焼・爆発	12
実験・観察 ダイヤモンドの燃焼	16

※本資料は、栃木県総合教育センターのホームページ「とちぎ学びの杜」内、「調査研究」と「教材研究のひろば」のコーナーにも掲載しています。

「とちぎ学びの杜」 <http://www.tochigi-edu.ed.jp/center/>

研究の概要

平成17年度教育課程実施状況調査（高等学校）の結果によると、「原子、分子、イオン」、「酸・塩基、中和」、「酸化と還元」で、学習内容が十分身に付いていない状況がみられる。これらはすべて従前は中学校で行われていた「イオン」に関する学習内容で、現行の学習指導要領で高等学校化学に統合された内容である。したがって生徒は、高等学校で初めてイオンを学習することになるため、イオンの存在を実感し、その概念が十分に定着し、さらに活用できるような指導の工夫が望まれる。そこで、平成19年度の本調査研究では、次の2点をねらいとし、直接目で見ることのできないイオンを具体的にイメージでき、かつイオンの存在が実感できるような教材・教具及び指導法の研究を行った。

- ①できるだけ身近な素材を扱うこと。
- ②イオンが関係する内容において、常時使えるような教材・教具を作ること。

本年度の調査研究は、昨年度の成果と新学習指導要領で示されている「粒子」を柱とした教育改善の方向性を踏まえ、イオンが電子の授受を経て原子となったり、原子が電子の授受を経てイオンとなる現象、すなわち「酸化と還元」を取り上げ、この分野の指導の充実を目指して、次の4点を中心に研究を進めた。

- ①中学校における指導内容の把握
- ②授業展開例の収集（各先生方の板書事項や授業で配付しているプリント等の収集、聞き取り）
- ③生徒が理解しにくい点、つまづく点等の分析
- ④文献、インターネットでの情報収集

その結果、「酸化と還元」の分野の指導の充実を図るには、教科書や実験で取り上げられる物質それぞれについて、生徒が次の4点を意識できるような指導の工夫が必要であるとの結論に達した。

- ①物質の分類（金属、イオン結晶、分子からなる物質）ができるか。
- ②①の物質は常温では、どんな状態（固体、液体、気体、水溶液等）か。
- ③①がどんな種類の構成粒子（原子、イオン）からできているのか。
- ④反応の前後で、変化した構成粒子はどれか。電子の授受はどのように行われたか。

そこで、今まで行われてきている「酸化と還元」の分野での様々な実験・観察について、上記の①から④を意識できるようなワークシートを工夫し、また、実験方法にも工夫を加えた下記の指導事例を作成した。生徒の状況に合わせて適宜活用していただきたい。

実験・観察	テルミット反応
実験操作	ポリエチレン袋を使った気体の置換法
実験・観察	銅の酸化と水素に還元
実験・観察	マグネシウムの燃焼（空气中・二酸化炭素中）
実験・観察	水素の燃焼・爆発
実験・観察	ダイヤモンドの燃焼

〈研究協力委員〉

栃木県立鹿沼東高等学校	教 諭	高橋 伸輔
-------------	-----	-------

〈研究委員〉

栃木県総合教育センター	研修部	副主幹	阿久津 浩
-------------	-----	-----	-------

実験・観察 テルミット反応

1 実験のねらい・留意点

酸化鉄(Ⅲ) (Fe_2O_3) をアルミニウム (Al) 単体で還元し、鉄 (Fe) の単体を得る反応の観察を通して、反応が起こる際の酸素の授受、さらに電子の授受についての理解を促す。

大変激しい反応であるため、演示実験で行うことが望ましい。実施にあたっては、必ず予備実験を行うこと。また、1度の演示実験では、反応物が十分に得られなかったり、生徒が化学変化の様子を観察できない場合があるので、3回実験ができるように試薬等を準備するとよい。

2 準備

(1) 試薬類

酸化鉄(Ⅲ) (Fe_2O_3) 8g、アルミニウム粉末 (Al) 3g、マグネシウムリボン20cm

※酸化鉄、アルミニウム粉末とも乾燥したものを使用すること。

(2) 器具類

新聞紙、500mLビーカー、電子天秤、ろ紙(直径110mm) 3枚、更紙、薬さじ、三角架、三脚、トーチバーナー、金づち、磁石、マッチ、燃えさし入れ

3 実験方法・留意点等

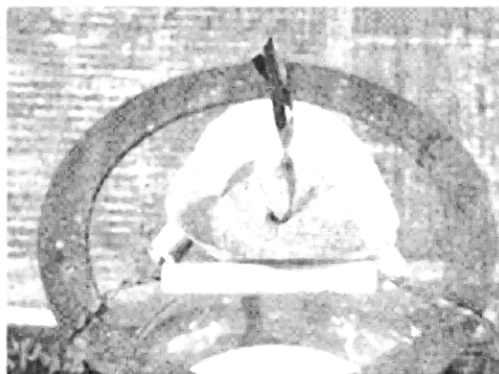
(1) 高温の反応物が飛び散るため、新聞紙2枚を水で濡らし、実験卓の上に広げ、三脚を置く。

(2) 500mLビーカーの底に、ろ紙を2枚重ねて押し込み、水を約400mL入れ、これを三脚の真下に置く。

(3) 酸化鉄8g、アルミニウム粉末3gをそれぞれ計り取り、更紙上で薬さじでよく混ぜる。

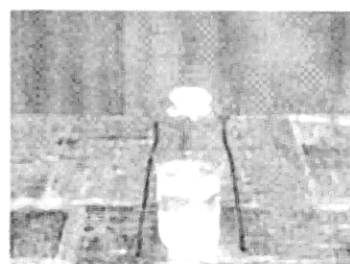
(4) 三脚に三角架をのせ、ろ紙を折って円錐形に開き、水で濡らしてから、水を切り三角架に入れる。

(5) (3)の酸化鉄とアルミニウム粉末の混合物をろ紙に入れる。マグネシウムリボンを2つに折ってねじる。それを混合物の中央に深さ2cmに刺し、立てる。

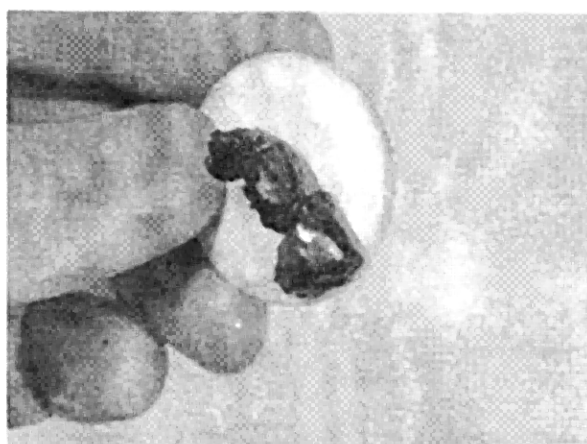
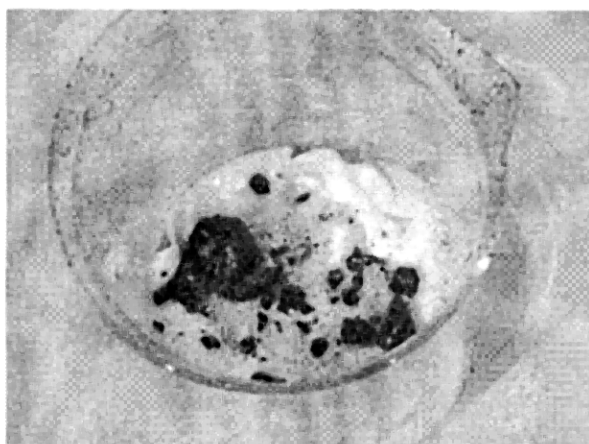


(6) トーチバーナーでマグネシウムリボンに点火し、1mほど離れる。

- (7) 炎や煙を50cmくらいの高さに吹き上げて反応する。反応中に高温になって赤く輝く反応物がろ紙を破って、ビーカーの水中に落下する。落下した後も水中で反応を続け、反応物と接している水が沸騰する。



- (8) 沸騰がおさまったら、水中の塊を取り出し、塊を金づちでたたき、中にある生成した鉄の玉を磁石で取り出す。



4 指導上の工夫等

- (1) チャック付きビニール袋に、酸化鉄、アルミニウム粉末をそれぞれ少量入れたものを用意し、生徒に反応物を観察させ、反応物についてワークシートにまとめさせる。
- (2) 演示実験を行う前に、炎が上方に噴き出すこと、反応物が水の中に落下することを伝える。あらかじめ伝えないと、上方に噴き出す炎のみに着目してしまい、水中に反応物が落下したのに気がつかない場合がある。
- (3) 反応によって得られたものが鉄であることを、生徒に磁石や導通テスターを用いて確認させるとよい。
- (4) 反応物を確認させた後、ワークシートに生成物を記入させ、反応についてまとめる。
- (5) ワークシートの記入後再度実験を行い、原子、イオンの電子の授受を想像させながら、観察させる。

■ワークシート例（ゴシック体は、生徒の記入例）

【テルミット反応】				
	反 応 物		生 成 物	
①物質名	アルミニウム	酸化鉄（Ⅲ）	酸化アルミニウム	鉄
②化学式	Al	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Fe
③物質の分類	金属	イオン結晶	イオン結晶	金属
④物質の状態	固体	固体	固体	固体
⑤構成粒子	Al 原子のみ	Fe ³⁺ 、O ²⁻	Al ³⁺ 、O ²⁻	Fe 原子のみ
⑥変化した物質 の電子の授受、 酸化数の変化等	$ \begin{array}{c} \text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \\ \text{酸化数 } 0 \qquad +3 \\ \qquad \qquad \qquad \downarrow \\ \text{Fe}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Fe} \\ \text{酸化数 } +3 \qquad \qquad 0 \end{array} $			
⑦化学反応式	2 Al + Fe ₂ O ₃ → Al ₂ O ₃ + 2 Fe			
記入上の注意	③物質の分類：金属、イオン結晶、分子からなる物質等を記入しなさい。 ④物質の状態：固体、液体、気体、水溶液のいずれかを記入しなさい。			

5 授業での留意点、生徒の感想等

（１）実施するにあたっての留意点

- ①テルミット反応を行う場所は、熱探知機や蛍光灯の直下をさけ、４ヶ所のみとした。
- ②生徒全員にゴーグルを着用させた。
- ③点火する際には、実験室内の生徒全員に伝え、反応物から十分な距離をとらせた。



（２）生徒の感想

- ・すべての金属が磁石につくわけではないことが分かった。（金属かどうかは磁石では判別できないことが分かった）。また、単体の鉄と異なり酸化鉄は磁石と引き合わないことが分かった。
- ・激しい反応で、びっくりした。（多数）
- ・還元された鉄が下に落ちて、水の中でも真っ赤になっていたのはすごかった。
- ・ビーカーが割れるかと心配した。
- ・マグネシウムを深く差し込まなかったため、上手く点火しなかった。
- ・空襲の怖さを実感した。テルミット焼夷弾の話を知ったことがあるので。
- ・反応後、鉄の固まりができていたのは驚いた。
- ・マグネシウムの光線を見過ぎて、残像がしばらく残った。

6 注意点

テルミット法とは、アルミニウムが酸化されると多量の熱が発生するのを利用して、金属酸化物から金属単体を取り出す方法である。鉄だけでなく、クロムやコバルトなどの酸化物にアルミニウム粉末を混合して点火すると、激しく反応し、金属酸化物が還元され、融解した単体を得られる。酸化銅をテルミット法で還元した場合、爆発に近い激しい反応が起き、大変危険である。実験においては、鉄の酸化物の還元のみを扱うこと。

7 引用文献等

引用文献：『安全な実験・観察ハンドブック（高等学校編）』佐賀県教育センター

「テルミット」の語源：英語では、themrite process と呼ばれ、ギリシャ語の「熱=therm」に由来する。

実験操作 ポリエチレン袋を使った気体の置換法

1 概要

通常、気体の置換は、置換する気体の性質に合わせて、上方置換、下方置換、水上置換のいずれかの方法で行っている。上方置換、下方置換の欠点としては、無色の気体の場合、容器内がどのくらい置換されたかが把握しにくい点があげられる。また、水上置換の場合には、水を使うため、容器以外の水槽、水を用意しなければならず、また、少量ではあるが、容器内に水が混入する。

ポリエチレンの袋とチューブ等で簡単な道具を作り、それを用いて容器内の気体を置換すると、操作が簡便にできるばかりでなく、置換した気体の量が目で確認できる。

この方法は、13ページの「実験・観察 水素の燃焼・爆発」で開発した傘袋を用いた気体の置換法を湯澤光男氏（宇都宮市立雀宮中学校）が応用し、開発したものである。

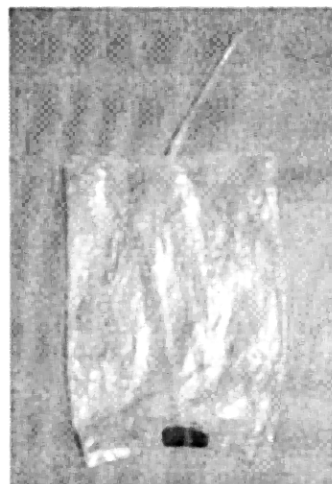
2 加工および置換の方法（500mL集気瓶用）

使用する材料、道具類

250mm×350mm、厚さ0.01mmのポリエチレン袋、内径5mmのシリコンチューブ40cm、ビニルテープ、外径5mmのストロー、輪ゴム（14号）、500mLの集気瓶、集気瓶のフタ（円形のガラス板）、各種気体のボンベ

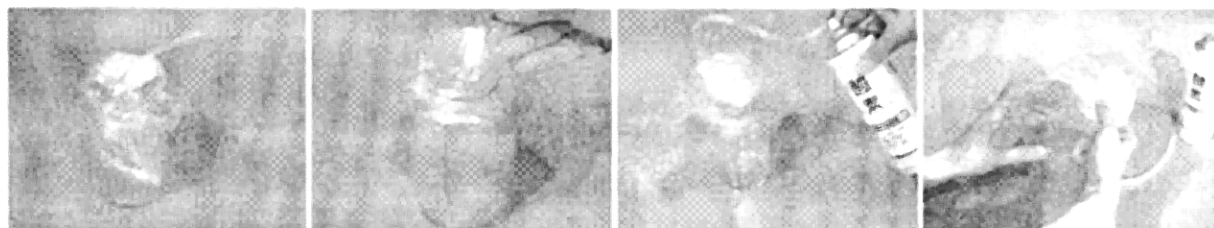
加工法

- （1）シリコンチューブが入るように、ポリエチレン袋の底に穴をあける。
- （2）シリコンチューブを入れ、空気が漏れないようにビニルテープでとめる。
- （3）シリコンチューブ管にストローを差し込む。



置換法

- （1）加工したポリエチレンの袋を集気瓶の中に入れ、輪ゴムでとめる。
- （2）ストローを口にくわえ空気を吸い出す。集気瓶の中の空気が吸い出されると同時に、ポリエチレンの袋が内部に入っていく。
- （3）ポリエチレンの袋が集気瓶の内部にすべて密着したら、シリコンチューブからストローをはずし、代わりに充填したい気体のボンベの管をさし、気体を入れる。
- （4）気体が入るとともに、ポリエチレンの袋は膨らんでくる。袋が集気瓶の外に出たら、フタをポリエチレンの上からかぶせ、輪ゴムを取り、フタと集気瓶の間のポリエチレンの袋を引っ張り、取り去る。



実験・観察 銅の酸化と水素による還元

1 実験のねらい、留意点等

銅（粉末）の酸化と集気ビン内にためた水素による還元の実験を通して、酸化還元反応を酸素および水素の授受、さらに電子の授受から捉えさせる。

可燃性の水素を扱うので、演示実験で行うのが望ましい。

2 準備

(1) 試薬類

銅（粉末） 1 g 程度、水素ボンベ

(2) 器具類

銅の燃焼台（作成方法は後述）、集気瓶、ガラス板（集気瓶のふたとして使用）、集気ビン気体置換用ポリエチレン袋（作成方法は6ページを参照）、輪ゴム、ストロー、トーチバーナー、水槽、布テープ

(3) 銅の燃焼台の作成方法

材料

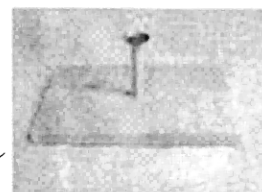
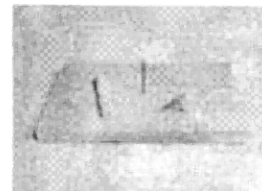
三脚架、10cm四方・厚さ1cm程度の木の板、釘、燃焼さじ

加工

①三脚架の針金を切り、素焼きの筒1本を取り出す。

②板の中央に釘を打ち、①の筒を立てる。

③燃焼さじの皿についている針金を1cm残して切り、素焼きの筒に差し込む。



3 実験方法・留意点等

(1) 水槽に銅の燃焼台を布テープで貼り付ける。

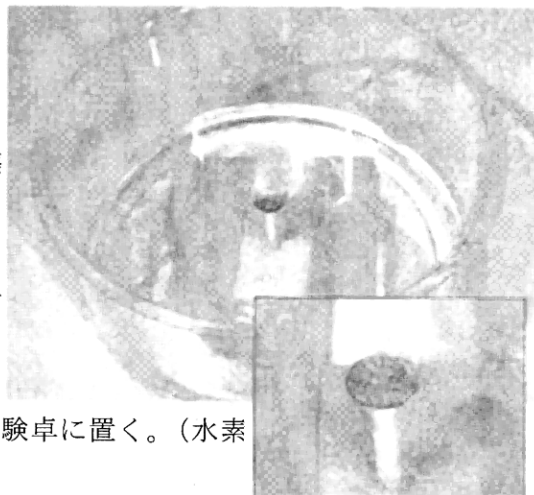
(2) (1) の水槽に水を燃焼台の板が浸るまで入れる。

(3) 燃焼台の皿に銅粉をのせる。銅粉を生徒に観察させる。

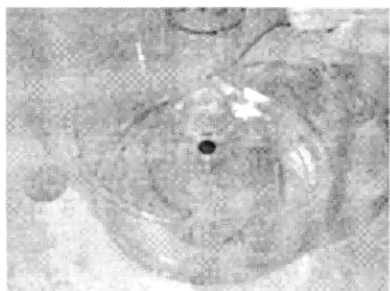
(4) バーナーで銅粉を加熱し酸化する。反応の様子を生徒に観察させる。

(5) 集気瓶に水素を入れ、ふたをし逆さまにして実験卓に置く。(水素の入れ方は、6ページ参照)

(6) 再びバーナーに点火し、酸化銅を加熱する。バーナーの炎を遠ざけると同時に、集気瓶を酸化銅をのせた燃焼台にかぶせ、集気瓶の口を水面につける。酸化銅が高温になっている場合、集気瓶の口で小爆発が起こり、水素が燃焼を始める場合があるが、そのまま集気瓶の口を水面につければ、火は消える。



(7) 酸化銅が赤熱しながら、水素によって銅に変化していく様子と、水素が酸化銅の酸素と化合し、水に変化するために集気ビン内に水が入っていく様子を観察させる。



■ワークシート例 (ゴシック体は生徒の記入例)

【銅の酸化 (空気中)】			
	反 応 物		生 成 物
①物質名	銅	酸素	酸化銅 (Ⅱ)
②化学式	Cu	O ₂	CuO
③物質の分類	原子からなる物質 (金属)	分子からなる物質	イオン結晶
④物質の状態	固体	気体 (空気に含まれている)	固体
⑤構成粒子	Cu 原子のみ	O ₂ 分子	Cu ²⁺ 、O ²⁻
⑥酸化数	0	0	+2 -2
⑦まとめ	Cu 原子は電子を与える。 O 原子は、電子を受け取る。 酸化と還元は同時に起こり、電子の授受は過不足なく起こる。 $\left[\begin{array}{l} 2\text{Cu} \rightarrow 2\text{Cu}^{2+} + 4\text{e}^- \quad (\text{銅は酸化された。}) \textcircled{1} \\ \text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{O}^{2-} \quad (\text{酸素は還元された。}) \textcircled{2} \end{array} \right.$ ①と②をまとめると、下記の化学反応式となる。 酸化数が増加 (酸化された) $\begin{array}{ccccccc} 2\text{Cu} & + & \text{O}_2 & \rightarrow & 2\text{CuO} \\ \text{酸化数 } 0 & & 0 & & +2 \quad -2 \end{array}$ 酸化数が減少 (還元された)		
記入上の注意	③物質の分類：原子からなる物質、イオン結晶、分子からなる物質等を記入しなさい。 ④物質の状態：固体、液体、気体、水溶液のいずれかを記入しなさい。		

【酸化銅（Ⅱ）の還元（水素中）】				
	反 応 物		生 成 物	
①物質名	酸化銅（Ⅱ）	水素	銅	水
②化学式	CuO	H_2	Cu	H_2O
③物質の分類	イオン結晶	分子からなる物質	原子からなる物質（金属）	分子からなる物質
④物質の状態	固体	気体	固体	液体
⑤構成粒子	Cu^{2+} 、 O^{2-}	H_2 分子	Cu 原子	H_2O 分子
⑥酸化数	+2 -2	0	0	+1 -2
⑦まとめ	Cu^{2+} は電子を 受け取る。 水素原子は電子を与える。 酸素原子は電子の授受なし。 酸化数が減少（還元された） CuO 酸化数 +2 -2 + H_2 0 → Cu 0 + H_2O +1 -2 酸化数が増加（酸化された）			
記入上の注意	③物質の分類：原子からなる物質、イオン結晶、分子からなる物質等を記入しなさい。 ④物質の状態：固体、液体、気体、水溶液のいずれかを記入しなさい。			

5 引用文献等

引用文献：『たのしくわかる化学実験事典』左巻建男編著 東京書籍 1996年

実験に必要な銅の質量：500mLの集気瓶を用いる場合、理論値では、1.3 g 程度である。薬さじ（大）すり切りで1 g 程度である。

実験・観察 マグネシウムの燃焼（空気中・二酸化炭素中）

1 実験のねらい、留意点等

空気中、二酸化炭素中でのマグネシウムの燃焼を、反応物、生成物の構成粒子に着目して観察させ、酸化還元反応を電子の授受として捉えさせる。

実験そのものは、演示で行うことを想定しているが、反応物、生成物を生徒に観察させたり、どんな原子やイオンで構成されている物質なのかを考えさせたりして、反応の前後での電子の授受にともなう物質の変化を実感させるようにする。

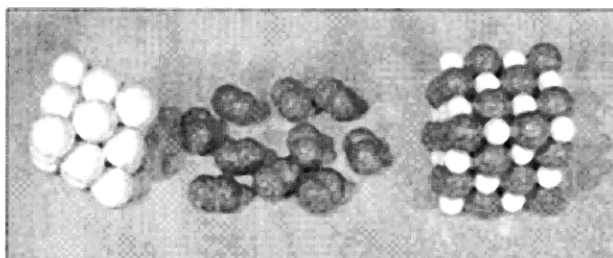
2 準備

(1) 試薬類

マグネシウムリボン、二酸化炭素ボンベ、希塩酸、純水

(2) 器具類

導通テスター、集気ビン、気体置換用ポリエチレン袋（作成方法は6ページ参照）、輪ゴム、ガラス板（集気ビンとフタとして使用）、ピンセット、ガスバーナー、漏斗、ろ紙、漏斗台、マグネシウム・酸素・酸化マグネシウムそれぞれの1億倍模型（入手先は、脚注を参照のこと）



マグネシウム・酸素・酸化マグネシウムの分子模型

3 実験方法・留意点等

(1) マグネシウムの空気中での燃焼

マグネシウムリボンを10cmに切り、端をピンセットにつまみ、もう片方の端をバーナーで加熱すると、激しい光と熱を出しながら燃焼する。

(2) マグネシウムの二酸化炭素中での燃焼

①集気ビンに二酸化炭素を満たし、ガラス板で蓋をする。（置換の方法は、5ページ参照）

②マグネシウムリボンを10cmに切り、端をピンセットにつまみ、もう片方の端をバーナーで加熱し、燃焼を始めたらず集気ビンの中に燃焼部分を入れる。マグネシウムは、空気中よりも激しく燃焼する。



③燃焼後の集気ビンの中は、生じた白色の酸化マグネシウムと炭素が混在している状態になっている。白色の酸化マグネシウムは、集気ビンの内側に付着していて、中が観察しにくいので、希塩酸を加えて生じた酸化マグネシウムを溶解させる。

マグネシウム・酸素・酸化マグネシウムの1億倍模型について

①入手先

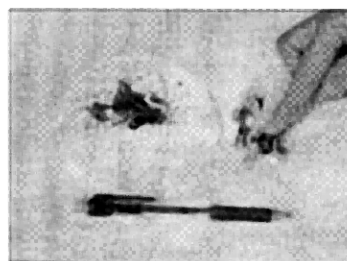
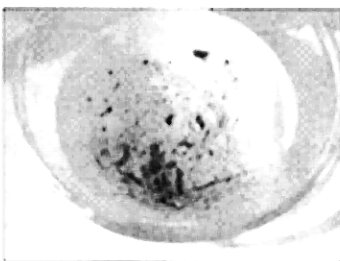
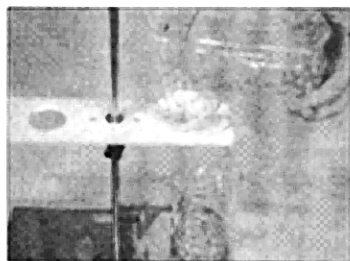
社会福祉法人心愛会 障がい福祉サービス事務所 コパン 〒965-0005 会津若松市一箕町亀賀字北柳原52番地
電話：0242-93-7566 ファックス：0242-93-7567 メールアドレス：info@pipa3.com

②値段（送料別）

・マグネシウム 1000円、酸化マグネシウム 2000円、酸素分子（1個）60円

④③の溶液を、漏斗、ろ紙を用いて漉しとると、ろ紙に生じた炭素が残る。純水を加え十分に洗う。

⑤ろ紙状に残った炭素を指で触り、墨のように字が書けることを確認する。



4 指導の工夫、生徒への発問等

(1) マグネシウムの空気中での燃焼

①生徒に短く切ったマグネシウムリボンを配り、金属光沢や曲げることができることを確かめさせる。さらに導通テスターを用い、電気伝導性があることを確かめさせ、ワークシートの反応物について記入させる。マグネシウムの1億倍模型を示し、記入した事項の確認をする。

②酸素については、酸素の1億倍分子模型を示し、記入した事項を確認する。

③演示実験でマグネシウムの燃焼を行い、反応物、生成物の物質名を確認する。。

④生成した酸化マグネシウムについては、反応で生じた白い物質を観察させ、どんな物質なのか、どんな構成粒子からなるのかを考えさせたあと、ワークシートを記入させる。記入後、酸化マグネシウムの1億倍模型を示し、記入した事項を確認する。

⑤ワークシートの⑥を解説し、電子の授受や酸化数について理解させる。

⑥ワークシートの⑦を記入させた後、もう一度実験を行い、現象を化学反応式を結びつけながら観察させる。

(2) マグネシウムの二酸化炭素中での燃焼

①演示実験を行う前に、二酸化炭素中でマグネシウムが燃焼するかを生徒に予想させる。

②マグネシウムの燃焼後、集気ビンの中に塩酸を入れ、酸化マグネシウムを溶解させ、炭素が生成していることを確認させる。

③ワークシートに記入させ、反応についてまとめる。

■ワークシート例 (ゴシック体は生徒の記入例)

【マグネシウムの燃焼 (空気中)】			
	反 応 物		生 成 物
①物質名	マグネシウム	酸素	酸化マグネシウム
②化学式	Mg	O ₂	MgO
③物質の分類	原子からなる物質 (金属)	分子からなる物質	イオン結晶
④物質の状態	固体	気体 (空気に含まれている)	固体
⑤構成粒子	Mg 原子のみ	O ₂ 分子	Mg ²⁺ 、O ²⁻
⑥変化した物質の電子の授受、	マグネシウム原子1個あたり、電子を2個失ってマグネシウムイオンになった。		

酸化数の変化等	$\begin{array}{c} \text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \\ \text{酸化数 } 0 \quad +2 \end{array} : \text{Mg は、酸化された。}$ 酸素分子 1 個あたり、4 個の電子を得て、酸化物イオン 2 個になった。 $\begin{array}{c} \text{O}_2 + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{O}^{2-} \\ \text{酸化数 } 0 \quad +2 \end{array} : \text{O}_2 \text{ は、還元された。}$
⑦化学反応式	$2\text{Mg} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{MgO}$ (⑥で授受される電子の数をそろえる)
記入上の注意	③物質の分類：原子からなる物質、イオン結晶、分子からなる物質等を記入しなさい。 ④物質の状態：固体、液体、気体、水溶液のいずれかを記入しなさい。

【マグネシウムの燃焼 (二酸化炭素中)】

【問題】 空気中で燃焼しているマグネシウムを二酸化炭素を満たした集気ビンに入れる。
 マグネシウムの燃焼は続くだろうか。

予 想 ・ 空気中と同じように続く。

・ 燃焼は続かない。

・ その他の予想 ()

あなたの考え ()

実験の結果 ()

【観察 1】 集気ビンの中のマグネシウムが燃焼した後の物質を観察しよう。

【観察 2】 集気ビンの中に塩酸を入れ、酸化マグネシウムを溶解させた後に残った物質を観察しよう。

【まとめ】 二酸化炭素中でも、マグネシウムは燃焼を続けた。生成した物質の観察をもとに、下記を記入しなさい。

	反 応 物		生 成 物	
①物質名	マグネシウム	二酸化炭素	酸化マグネシウム	炭素
②化学式	Mg	CO ₂	MgO	C
③物質の分類	原子からなる物質(金属)	分子からなる物質	イオン結晶	原子からなる物質
④物質の状態	固体	気体	固体	固体
⑤構成粒子	Mg 原子のみ	CO ₂ 分子	Mg ²⁺ 、O ²⁻	C 原子のみ
⑥変化した物質の電子の授受、酸化数の変化等	マグネシウム原子 1 個あたり、電子を 2 個失ってマグネシウムイオンになった。 $\begin{array}{c} \text{Mg} \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \\ \text{酸化数 } 0 \quad +2 \end{array}$ 二酸化炭素分子 1 個あたり、電子を 4 個を得て、炭素が還元された。 $\begin{array}{c} \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \text{---} \text{O} \\ \text{ } \quad \text{ } \\ \text{---} \end{array} + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{O}^{2-} + \text{C} \\ \text{酸化数 } +4 \quad -2 \quad -2 \quad 0 \end{array}$			
⑦化学反応式	$2\text{Mg} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{MgO} + \text{C}$ (⑥で授受される電子の数をそろえる)			
記入上の注意	③物質の分類：原子からなる物質、イオン結晶、分子からなる物質等を記入しなさい。 ④物質の状態：固体、液体、気体、水溶液のいずれかを記入しなさい。			

実験・観察 水素の燃焼・爆発

1 実験のねらい・留意点

電子の授受が判断しにくい酸化還元反応の例の一つである、水素の燃焼・爆発の実験を行い、分子からなる物質の酸化数の決定の方法について理解を深める。

可燃性の水素を扱うため、演示実験として行うこと。

2 準備

(1) 試薬類

水素ボンベ (4.5L入り 1900円程度)、シャボン液 (市販のもの)

(2) 器具類

炭酸飲料が入っていた500mLのペットボトル、ガラス管付きゴム栓、ガラス管の径にあう長さ約3 cmのチューブ、ポリエチレン製の傘袋 (雨天時に店の入口においてあるもの)、輪ゴム、ライター

(3) 底なしペットボトルの製作

- ① ペットボトル底から5 cmのところを切り取る。
- ② ペットボトルの口径にあうゴム栓に穴をあけ、長さ約5 cmのガラス管を穴に差し込み、ペットボトルの口にはめる。
- ③ ペットボトルの底を切り取った部分に、片方を結んだ長さ25cmくらいに切った傘ぶくろを輪ゴムで止める。



(4) 水素ボンベのノズルの取り付け、ノズルの加工

- ① 水素ボンベは、ノズルがついていない状態で売られている。ノズルをそのままはめると、かなりの水素が漏れ出てしまう。そこで、ノズルをはめ込む金属チューブをラジオペンチで挟み、固定した状態でノズルをはめ込むと水素が漏れ出ない。



- ② ノズルについている管の直径は5 mmであるため、底なしペットボトルのガラス管と接続できない。そこで、内径5 mm、長さ5 cmのシリコンチューブをさす。

- ③ ガラス管と接続できるように、シリコンチューブの先に約1 cm切り込みを2カ所入れる。



3 実験の方法・留意点

(1) 水素のシャボン玉の燃焼

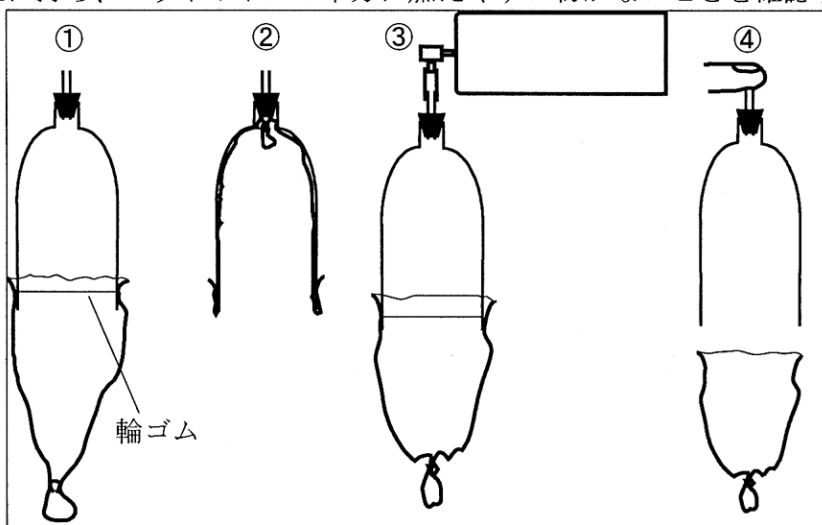
- ①市販のシャボン液をノズルの先につけ、水素でシャボン玉を作ると、水素のシャボン玉は上昇していく。
- ②床に近いところで、水素のシャボン玉をつくり上昇させる。上昇してくる水素のシャボン玉にライターや火のついたロウソクで火を近づけると、オレンジ色の炎をあげて燃焼する。

(2) ペットボトルを用いた水素の燃焼・爆発

- ①ペットボトルを手で垂直に持ち、ペットボトルの下方に燃えやすい物がないことを確認する。

- ②ガラス管を口でくわえ、ペットボトル内部の空気を吸い出し、傘袋がペットボトルの内側に密着させる。

- ③水素ボンベで、ペットボトル内部に水素を送り込む。すると傘袋がふくらむ。



- ④水素ボンベをはずしたら、すぐに指でガラス管をふさぐ。傘袋を静かにはずす。
- ⑤点火したライターをガラス管に近づけ、ガラス管をふさいでいる指をはずし、ガラス管から昇ってくる水素に点火する。

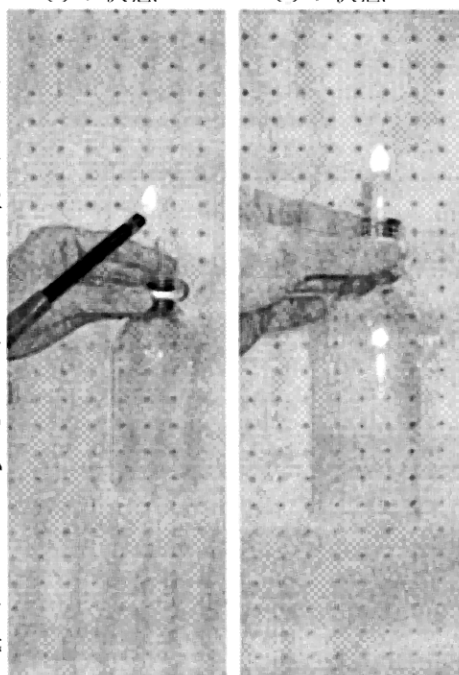
⑤の状態

⑥の状態

- ⑥水素にポツという音とともに火がつき穏やかに燃える。初めは青い色の炎なので、水素が燃焼しているのが確認しにくい。ガラス管中のナトリウムの炎色反応が起こり、オレンジ色の炎になっていく。ペットボトルは体からなるべく離すように持つ。

- ⑦炎がだんだん小さくなり、消える寸前に、下の方に炎を30cmくらい吹き出して爆発する。爆発直前に、炎が小さくなるとヒュルルとかグルルとガラス管の先の炎から小さな音がする場合がある。点火してから、爆発まで15秒くらいかかる。

- ⑧爆発直後、ペットボトルの内部が爆発で生じた水によって曇ることを確認させる。また、ガラス管の先は、高温になっているので触れないように注意する。



4 指導の工夫、生徒への指示等

(1) 水素のシャボン玉の燃焼

- ①水素のシャボン玉を飛ばして見せ、水素が気体であること、空気よりも軽いことを確認させる。
- ②水素のシャボン玉に火を近づけるとどうなるかを予想させた後実験を行い、水素が燃焼することを観察させ、水素が可燃性であることを確認させる。

(2) ペットボトルを用いた水素の燃焼・爆発

- ①水素を満たしたペットボトルに火を近づけるとどうなるかを予想させる。
- ②水素に点火し、水素の穏やかな燃焼を観察させる。観察させながら、水素と空気中の酸素が反応し、水が生成していることを伝え、水が高温になっているため、水蒸気となって空气中に飛び散ってしまっていることを説明する。
- ③ガラス管の炎が小さくなってきたら、爆発することを予告し、ペットボトルに注目させる。
- ④爆発したら、すぐにペットボトルの底を手でふさぎ、中に生じている小さな水滴（曇って見える）を生徒に観察させる。
- ⑤ワークシートに反応物、生成物の各項目を記入させ、まず水素原子、酸素原子の授受から酸化還元反応であることを押さえ、次に酸化数の増減から考えさせる。水は水素と酸素が共有結合してできた分子であるが、水素と酸素は対等な共有結合ではないことに触れ、酸素に -2 、水素に $+1$ の酸化数を割り当てることを説明する。（電気陰性度を学習している場合には、それに触れる。）

■ワークシート例（ゴシック体は生徒の記入例）

【問題1】水素で作ったシャボン玉に火を近づけるとどうなるだろうか。予想してみよう。

あなたの考え（ ）

実験の結果（ ）

【問題2】水素を満たしたペットボトルに火を近づけるとどうなるだろうか。予想してみよう。

あなたの考え（ ）

実験の結果（ ）

【水素の燃焼・爆発】			
	反 応 物		生 成 物
①物質名	水素	酸素	水
②化学式	H ₂	O ₂	H ₂ O
③物質の分類	分子からなる物質	分子からなる物質	分子からなる物質
④物質の状態	気体	気体	気体・液体
⑤構成粒子	H ₂ 分子	O ₂ 分子	H ₂ O分子
⑥化学反応式	2 H ₂ + O ₂ → 2 H ₂ O		
⑦変化した物質の電子の授受、酸化数の変化等	イオンからなる物質の反応ではないので、電子がどのように授受されたのかがわかりにくい。そこで、酸化数を用いる。 2 H₂ + O₂ → 2 H₂O 単体なので0 単体なので0 化合物中のHは+1、Oは-2 酸化数が増加(酸化された) 酸化数が減少(還元された)		
記入上の注意	③物質の分類：金属、イオン結晶、分子からなる物質等を記入しなさい。 ④物質の状態：固体、液体、気体、水溶液のいずれかを記入しなさい。		

5 引用文献等

引用文献：「ペットボトルを使ってカンタン水素爆発」金子泰一（千葉・柏市富勢東小学校）『たのしい授業』1995年12月号

この文献では、水素の置換を上方置換で行っている。今回、ポリエチレンの袋を使うことによって、安全に実験を行えるようになった。

・参考資料 「空気と混じたガスの爆発範囲」（『理科年表』丸善株式会社）より

物質名	下限	上限
水 素	4.0	75
エタノール	4.3	19
メタノール	7.3	36

（爆発範囲は容量百分率）

実験・観察 ダイヤモンドの燃焼

1 実験のねらい、留意点等

ダイヤモンドが炭素からなる物質であることを実験を通して実感させ、酸化還元について関心をもたせる。

実験そのものは演示で行うことを想定しているが、反応物、生成物や反応中の様子を生徒に十分に観察させ、どのような変化が起こっているのかを酸素原子の授受、酸化数から捉えさせる。

2 準備

(1) 試薬類

ダイヤモンド原石（理科教材店から入手。2個で3500円程度）、石灰水

(2) 器具類

ダイヤモンド燃焼台（作成方法は後述）、集気瓶、集気ビン気体を置換するためのポリエチレン袋（作成方法は6ページ参照）、輪ゴム、トーチバーナー

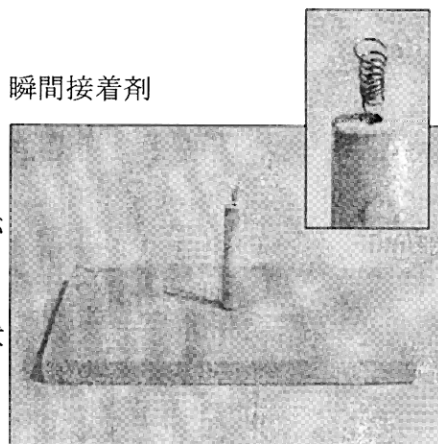
(3) ダイヤモンド燃焼台の作成方法

材料

三脚架、ニクロム線、10cm四方、厚さ1cm程度の板、釘、瞬間接着剤

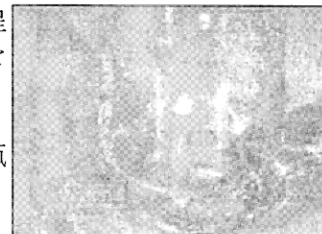
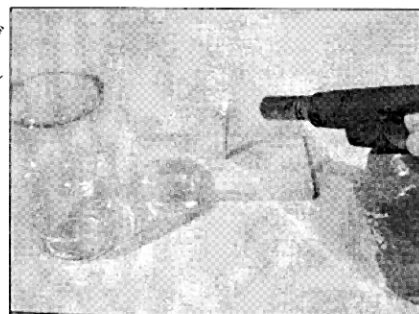
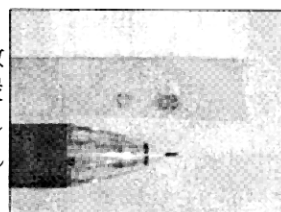
加工法

- ①三脚架の針金を切り、素焼きの筒1本を取り出す。
- ②板の中央に釘を打ち、①の筒を立てる。素焼きの筒が抜けないように瞬間接着剤などで固定する。
- ③ニクロム線をダイヤモンドの大きさに合わせ、螺旋状にして素焼きの筒に差し込む。
- ④実際にダイヤモンドが固定できるかどうかを確認する。

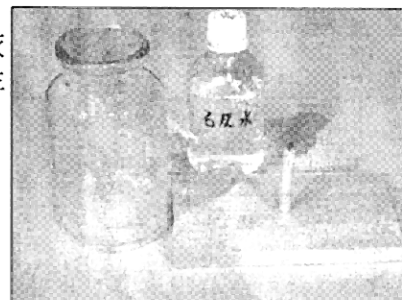


3 実験の方法、指導の留意点等

- (1) ダイヤモンドを生徒に観察させる。大きさは2mm角程度なので、教材提示装置等を利用するとよい。ダイヤモンドの分子模型を示し、炭素原子が共有結合してできた一つの巨大分子であることや電気を通しにくいこと、非常に硬く、融点もきわめて高いことなどについてふれる。
- (2) 集気瓶に酸素を満たし（置換の方法は5ページ参照）、ガラス板で蓋をし、ダイヤモンド燃焼台のそばで逆さまにして、立てておく。
- (3) ダイヤモンドの燃焼台にダイヤモンドを1つのせる。
- (4) バーナーで燃焼台にのせたダイヤモンドを加熱し、ダイヤモンドが赤熱したら、集気ビンをかぶせる。
- (5) ダイヤモンドは、輝きながら燃焼を続ける。燃焼時間は、20秒程度。燃焼が終わったら、ニクロム線には何も残っていないことを生徒に確認させ、炭素原子が何に変化したのかを考えさせる。
- (6) 集気瓶をダイヤモンドの燃焼台から持ち上げ、ガラス板で集気瓶にフタをする。



(7) 集気ビンに石灰水を少量注ぎ、フタをしてよく振ると石灰水は白く濁る。ダイヤモンドの燃焼によって二酸化炭素が生じたことを生徒に確認させる。



4 ワークシート例 (ゴシックは生徒の記入例)

【ダイヤモンドの特徴】

- ・炭素原子 (C) がすべて共有結合している。 ・電気を通しにくい。
- ・非常に硬い。 ・融点はきわめて高い。(3550℃)

【ダイヤモンドの燃焼】

	反 応 物		生 成 物
①物質名	ダイヤモンド	酸素	二酸化炭素
②化学式	C	O ₂	CO ₂
③物質の分類	原子からなる物質 (巨大分子)	分子からなる物質	分子からなる物質
④物質の状態	固体	気体 (空気に含まれている)	気体
⑤構成粒子	C原子のみ	O ₂ 分子	CO ₂
⑥まとめ	ダイヤモンド中の炭素原子は、この反応ですべて酸素と化合し、二酸化炭素となった。 化学反応式: $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{C} \overset{\text{O}}{\text{O}}_2$ 酸化数 0 0 +4 -2 -4 酸化数からこの反応では、炭素は酸化され、酸素は還元された。		
記入上の注意	③物質の分類: 原子からなる物質、イオン結晶、分子からなる物質等を記入しなさい。 ④物質の状態: 固体、液体、気体、水溶液のいずれかを記入しなさい。		

5 引用文献等

三脚架の素焼きの筒を台として、ダイヤモンドを加熱する方法は左巻建男氏 (法政大学生命科学部環境応用化学科・教授) が開発したものである。(『化学教育ジャーナル』第2巻第2号) それをもとに、湯澤光男氏 (宇都宮市立雀宮中学校) は、酸素を満たした集気瓶を用いる方法を開発しさらに簡便に実験ができるように改良した。資料としては、「ガスバーナーで加熱してダイヤモンドを燃やす」湯澤光男 (宇都宮市立雀宮中学校) (未発表) がある。

ダイヤモンドの燃焼に必要な酸素の量について: 今回使用したダイヤモンド原石1個の質量は、0.05 g 程度なので、必要な酸素量は、およそ100mLとなる。

高等学校における教科指導の充実
理 科《 化学領域 》
学ぶ手応えを実感できる化学を目指して
〔酸化還元の指導法〕

発 行 平成21年3月
栃木県総合教育センター 研究調査部
〒320-0002 栃木県宇都宮市瓦谷町1070
TEL 028-665-7204 FAX 028-665-7303
URL <http://www.tochigi-edu.ed.jp/center/>