

| | |
|-------------|------------|
| 群 教 セ | G04 - 03 |
| | 平 14.208 集 |

みるみるうちに黒色の酸化銅が赤色の銅に

- わかる！感動！自作酸化・還元反応装置 -

主 題 酸化・還元反応における酸素のやりとりを
実感できる装置の製作と活用



特別研修員 竹村 俊夫（藤岡市立西中学校）

研究の概要 中学校3年理科「酸化と還元」の学習において、反応に関係する酸素の存在が実感しにくいという従来の実験方法の課題解決のために、新たに「酸化・還元反応装置」を製作し、生徒実験への活用を図ることにした。具体的には、はんだごて用のヒーターを用い、試験管中に任意の気体を入れ銅の加熱ができるような装置を製作した。また、還元反応においても気体の還元剤を使用し、質量変化が確認できるように実験方法を工夫した。

キーワード【理科 - 中 化学 教材・教具 実験・観察 酸化・還元】

なぜ、今自作教材が必要なのか？

中学校理科第3学年「物質と化学反応の利用」では、「酸化や還元の実験を行い、酸化や還元が酸素の関係する反応であることを見いだすこと」を学習する。そしてここでは、化学変化のしくみを分子や原子のレベルで考えさせ、物質や化学変化についての見方や考え方を養っていくことをねらいとしている。

本学級の生徒たちも、中学2年生の時に化学変化の学習をし、様々な反応に興味を示した。しかし、化学反応式を書くことに抵抗感をもっている生徒は大変多い。その理由としては、元素記号や化学式を覚えることの大変さ以外に、変化を微視的に見ることを苦手に行っている生徒が多いためではないかと考える。酸化・還元反応は、酸素が結びついたり酸素がとり去られたりする「酸素が逆向きに移動する反応」であり、酸素の存在を実感することが、理解を深めるためには大切である。

しかし、一般的に教科書で扱われている「銅の酸化反応」「酸化銅の還元反応」を例にとると、生徒が酸化・還元反応において、酸素の存在をなかなか実感しづらい。その理由と

して、以下のことが考えられる。

従来の実験方法の課題

銅の酸化実験では

ステンレス皿を用いて空気中で加熱する場合、任意の気体中での加熱ができず、酸素の存在をあまり意識できない。

酸化銅の還元実験では

酸化と還元の実験を連続して同じ実験装置で行っていないために、酸化と還元を関連付けて考えにくい。

炭素粉を還元剤として用いる場合、炭素粉が空気中の酸素とも反応してしまい、酸化銅と反応した炭素粉の質量が特定できず定量的な扱いができない。

加熱中に試験管が汚れ、銅に戻ったことが視覚的に確認しづらい。

そこで、これらの課題を解決していくために、新たに以下のような視点で酸化・還元反応装置を製作し、さらに効果的な実験方法を工夫しながら授業で活用することにした。

本装置の工夫点

酸素が逆向きに移動する変化である意

識をもたせるために一つの装置で酸化・還元反応を実験できるように工夫する。

任意の気体（酸素濃度の変化、気体の還元剤等）との反応を可能にするために、容器中で加熱ができるように装置を工夫する。

従来の実験より反応の結果がはっきりと分かりやすく見えるように工夫する。

酸化反応で増えた分の質量が、還元反応で元に戻るような、定量的な扱いが可能であるように工夫する。

身の回りの素材を用い、製作費があまりかからないように工夫する。

安全性に優れた装置になるよう工夫する。

そして、生徒がこの装置を使って実験に取り組むことを通して、生徒は酸素の存在を実感し、酸素が逆向きに移動する反応であることを意識し、酸化・還元反応の理解が深まっていくものと考えている。

授業で使える装置にするために

1 酸化・還元反応装置の製作

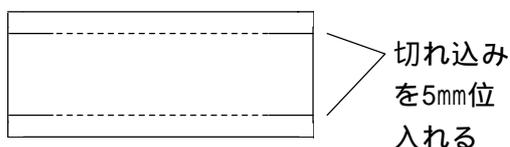
(1) 準備する物

電気はんだごて用ヒーター（電気はんだごてを分解したもの、60W以上が望ましい）
----- 1個

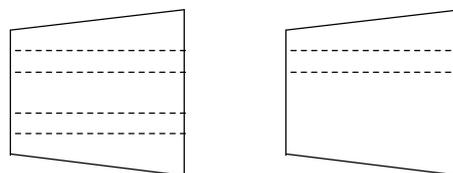
試験管（硬質、直径25mmの試験管の端を底から2センチくらいの所で切り取る、切りにくい時は眼鏡店に依頼し、ダイヤモンドカッターで削ってもらうとよい）
----- 1本



雲母板（20×40mm、両端を折って皿状にする、ストーブの覗き窓用のものを手に入れ、薄くはいた物を使用、教材店で購入できる）
----- 1枚



荷札用の針金 ----- 適宜
ゴム栓（7号、片方はガラス管とヒーターのコード用の穴を二つあけておく、もう片方はガラス管用の穴を一つあけておく）
----- 2個



ゴム管（直径6mm、5cm） ----- 2本
ガラス管（直径6mm、4cm） ----- 2本
電源コード（家庭用のコンセント、導線、ワニ口クリップをつなげたもの） ----- 1組
端子用ワッシャー ----- 2個
粘土（空気遮断用） ----- 適宜
装置の支持台（自作ホルダー、図1参照）
製作用部品 ----- 適宜

- ・ 塩ビ管（直径80mm、長さ1cm程度）
- ・ 針金
- ・ 金網
- ・ ピアノ線



図1 支持台

(2) 製作（詳しい製作方法は、資料編を参照）
製作する酸化・還元反応装置本体を図2に、ヒーター部を図3に示す。容器中で加熱ができるようにするために、電気はんだごて用のヒーターを使用する。ヒーター部を大型試験管を切断して作ったガラス管に装着し、本体を完成させる。また、装置を固定するために、支持台も製作する。



図2 酸化・還元反応装置

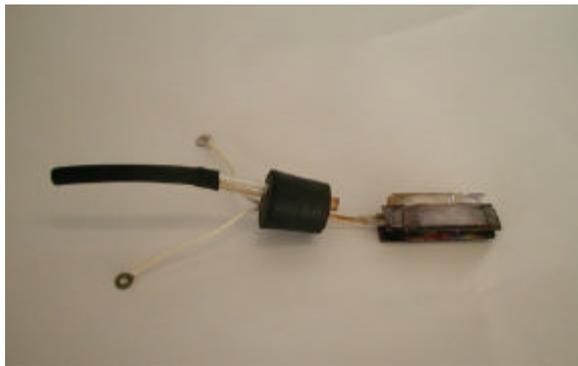


図3 ヒーター部

2 予備実験

(1) 酸化反応

ア 各気体(空気・酸素・窒素)中での加熱における金属粉の変化

雲母板上に銅粉(300メッシュ)、鉄粉(100メッシュ)、マグネシウム粉を0.20g取り、それぞれ空気・酸素・窒素中で加熱し、物質の変化の様子を見る。空気中で銅粉を加熱している様子を図4に、酸素や窒素中で銅粉を加熱している様子を図5示す。



図4 空気中での銅粉の加熱

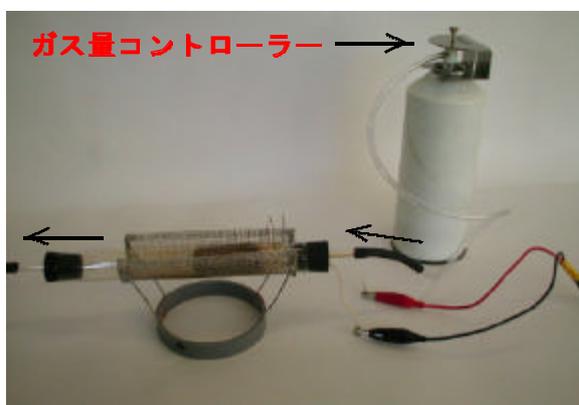


図5 酸素や窒素中での銅粉の加熱

空気中での加熱の際には、酸化・還元反応装置のヒーター部を取り外し、自作ホルダーにのせ加熱する。酸素中の加熱の際には、金属粉を雲母板にのせた後、ヒーター部にガラス管をかぶせ、加熱後に酸素を注入する。なおこの時、ガス量コントローラーを使用し、酸素の量を調節する。窒素中の加熱においては、加熱前から窒素をガラス管内に流しておき、その後加熱を始める。

イ 空気中での加熱における銅粉の質量変化

銅粉を0.20g雲母板上に取り、空気中で加熱し質量を3分おきに測定する。

(2) 還元反応

還元実験に使用する装置を図6に示す。

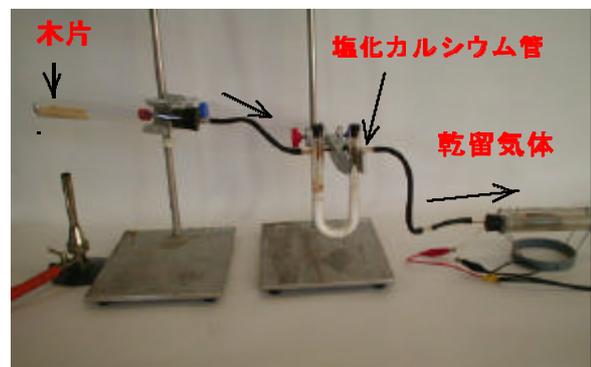


図6 乾留気体を使用する時の装置

酸化の実験で生成した酸化銅をそのまま使用し、ガラス管内に酸化銅をのせた雲母板をセットする。還元剤としては木片の乾留気体を使用する。ヒーターの電源を入れ、酸化銅が加熱された状態で、木片の入った試験管をガスバーナーで加熱し、乾留気体を発生させる。この時発生する水分を除去するため、塩化カルシウム管を介して乾留気体をガラス管内に通す。酸化銅の色の変化を観察した後に、ガスバーナーの火を消し、ガラス管の両端についているピンチコックを閉め、酸素が入らない状態で冷えるのを待つ。その後ヒーター部をはずして質量測定を行う。

3 予備実験して分かったこと

(1) 酸化反応

ア 各気体(空気・酸素・窒素)中での加熱における金属粉の種類による変化の様子

各気体中の金属粉の変化の様子を表1に示す。これらの結果から、反応が起こりやすく、反応の様子もよく分かり、酸素中での反応も適度に赤熱状態になる銅粉が一番教材として適していることが分かった。

表1 各気体中の金属粉の変化の様子

| | 空气中 | 酸素中 | 窒素中 |
|----|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Cu | 赤色から黒色への変化がよく分かる。 | 赤熱状態になった後、黒色の酸化銅へ変化する。 | 周囲が多少黒色に変化するがその後は反応が進まない。 |
| Fe | 少し黒っぽくなるが、酸化鉄の色から変化が分かりづらい。 | 激しい反応が起こり、鉄が溶け雲母板が損傷し、危険である。 | 多少黒くなるが、反応が起こっているかどうか判断しにくい。 |
| Mg | しばらくすると激しい反応が始まる。 | 激しい反応が起こり、雲母板が損傷し、危険である。 | 多少白くなるが、反応が起こっているかどうか判断しにくい。 |

イ 空气中での加熱における銅粉の質量変化

雲母板を用いて本装置で加熱した値と、ステンレス皿を用いてガスバーナーで加熱した値を表2に示す。この結果から、雲母板を用いた加熱（空气中）では、10分程度加熱すれば、ガスバーナーで加熱した時とほぼ同じ結果を示すことが確かめられた。

なお、酸素中で加熱し、時間をかけて冷やした後に質量測定を行ってみたが、同様の値を示し、特によいデータが得られるわけではないことが分かった。

表2 銅1gに対する酸化した酸素の質量比

| | 3分 | 6分 | 9分 | 12分 |
|--------|------|------|------|------|
| 雲母板で加熱 | 0.13 | 0.17 | 0.20 | 0.22 |
| ガスバーナー | 0.17 | 0.19 | 0.21 | 0.23 |

(2) 還元反応

危険性の少ない気体の還元剤として使用したのが、木片の乾留気体である。乾留気体の成分は文献によると、 $H_2 \cdot CO \cdot CO_2 \cdot$

$CH_4 \cdot C_2H_2$ と記されている。この実験では、ヒーターのスイッチを入れた後で、木片を加熱し乾留気体を発生させると、見る間に黒色の酸化銅が赤色の銅に変わっていった。これは、自分自身もそうであったが、生徒にとっても驚きの瞬間になると考える。また、質量を測定すると、明らかに酸化で増えた分の質量が減少して元の銅の質量に戻っていることが確かめられた。

ただ、加熱部分の面積が小さいために、雲母板上にのせる試料を少なくしないとよい結果が得られない。また、測定する質量そのものが小さいために、精度のよい精密ばかりを使用しないとよいデータが得られないので注意が必要である。

また、乾留気体が装置の中に入っている状態で、外部から酸素を注入すると、異常燃焼が起こり危険なので注意が必要である。

実際の授業での効果は？

本装置を用い、3年生1クラスで授業を行った。小単元「酸化と還元」（4時間予定）の第2時（酸化）と第3時（還元）で、本装置を各班ごとに使用して実験を行った。（学習指導案については資料編参照）

1 銅の酸化反応を調べる学習で酸化・還元反応装置を使用した効果

本小単元の第2時では、「銅を加熱すると酸素が結びつき酸化銅ができること」を実感を伴って理解することをねらいとした。

まず、酸化・還元反応装置のヒーター部を使用して、銅粉を空气中で加熱した。加熱については電源コードをコンセントにつなげばよいために、直ちに始められた。加熱時に、ガスバーナーを使用しないで済むことは、生徒にとって負担が少なくなることが後のアンケート調査でも伺えた。銅粉の色の変化は1分もたたないうちに始まり、赤色から黒色への変化が確かめられた。

次に装置本体を使用し、酸素のない状態（窒素中）で加熱を行った。加熱を始めると銅粉の周囲がやや黒っぽく変化してきたが、その

後はまったく反応が進まず、明らかに空気中での加熱とは様子が異なることが確かめられた。授業後のアンケートでも93%の生徒が酸素がないと酸化は起こらないことを理解していることが分かった。続いて、ガラス管中に酸素を送り込んだところ、銅粉は赤熱状態になった。このとき生徒の間からは歓声がわき、激しい反応に驚きを表していた。明らかに酸素の多いところでは、酸化が激しく起こることがどの生徒にも確認できた。

続いて、空気中で加熱した銅粉の質量を測定した。各班の結果を表3に示す。各班で質量が増加した分は、明らかに酸素の質量であることが分かった。アンケートの結果からも96%の生徒は、酸化における酸素の存在を実感していることが伺えた。

2 酸化銅の還元反応を調べる学習で酸化・還元反応装置を使用した効果

本小単元第3時では、「酸化銅から酸素をとり去ると銅に戻ることを実感」を伴って理解することをねらいとした。

木片の加熱が始まると、直ちに煙（乾留気体）が発生した。煙が装置にたどり着くと、

黒色だった酸化銅は一気に赤色の銅に変化した。これは、従来の炭素粉を用いる方法に比べ、気体の還元剤を用いたことで変化の様子がはっきりと確認できた。アンケートにおいても100%の生徒が、色の変化がはっきりと分かったと回答している。

反応後、生成した銅の質量を測定した。結果を表4に示す。かすかに誤差が出た班もあったが、ほとんどの班は酸化前にはかり取った銅の質量と一致した。アンケートからも酸素がとり去られたことを80%の生徒が実感していたことが伺えた。



図7 授業の様子（酸化実験）

表3 空気中での銅粉の加熱による質量変化（生徒の実験データ）

| | 1班 | 2班 | 3班 | 4班 | 5班 | 6班 |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 銅の質量（反応前） | 0.20 g |
| 酸化銅の質量（反応後） | 0.24 g | 0.23 g | 0.25 g | 0.24 g | 0.24 g | 0.25 g |
| 結びついた酸素の質量 | +0.04 g | +0.03 g | +0.05 g | +0.04 g | +0.04 g | +0.05 g |

表4 酸化銅の還元による質量変化（生徒の実験データ）

| | 1班 | 2班 | 3班 | 4班 | 5班 | 6班 |
|--------------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|
| 酸化銅の質量（反応前） | 0.24 g | 0.23 g | 0.25 g | 0.24 g | 0.24 g | 0.25 g |
| 銅の質量（反応後） | 0.20 g | 0.19 g | 0.21 g | 0.20 g | 0.20 g | 0.20 g |
| 失った酸素の質量 | 0.04 g | 0.04 g | 0.04 g | 0.04 g | 0.04 g | 0.05 g |
| 酸化前の銅の質量との比較 | ±0 | -0.01 g | +0.01 g | ±0 | ±0 | ±0 |

自作装置が生徒の意識を変えた！

1 生徒が認めた本装置の効果

本研究では、酸化・還元反応において酸素のやりとりを実感できるような「酸化・還元反応装置」の製作を行い、授業に活用した。また授業では、教科書に記載されている従来の方法での実験もあわせて行い、本装置の有効性を検証した。

授業後の生徒のアンケートによると、大部分の生徒が、本装置を使用した実験の方が反応の様子がはっきりと分かると答えている。また、ワークシートの記述を見ると、酸素がない状態では酸化が起こらないことや、酸化反応で増えた分の質量が還元反応で元に戻ることに感動している生徒も多く、**酸素の存在を実感**している様子が伺えた。また、酸化反応と還元反応を同一の装置で行ったことにより、酸化・還元反応における酸素の移動方向についても意識が高まっていった。以上の結果からも、本装置を活用する意義は大きいと考える。

2 酸素の実感が問題の正答率を高めた

なお、本単元を学習した後に行った期末テストにおいては、酸化・還元反応に関する問題の正答率はかなり高くなった。特に中位・下位層の生徒が酸素の存在を実感できたことにより、酸素が結びつく反応や酸化物から酸素がとり去られる反応を原子のレベルで考えることができるようになった。酸素の移動方向の理解が高まったことにより、質量変化の問題も正答率が向上した。また、課題の化学反応式の問題も、従来に比べ格段に向上の跡が伺え、原子記号を提示さえすれば、化学反応式を完成できる生徒も増えた。

3 今後の課題

授業を進めていく上で、生徒はガスバーナーを使用しないで加熱できることに、本装置の利便性を大いに指摘していた。このことは反面、生徒がガスバーナーの使用に対して抵抗感をもっていることを物語っており、日頃

からガスバーナーの使用に慣れさせておく必要性を感じた。

また、ヒーター上の雲母皿の大きさが小さいために、銅粉をのせるときにこぼしてしまう班があったり、試料が少ないために、精密はかりの精度が要求されるなどの課題も残った。今後は、ヒーター部をさらに大きくしていくなどの改善をしていきたいと考えている。

<参考文献>

身近な素材を生かした科学教材の研究
(大鳥居 良行 茨城) 全国理科教育センター研究協議会編 東洋館出版社

資料編

- 資料 1 本単元学習指導案(4時間分の授業展開案) (一太郎106KB)
- 資料 2 授業で使える本単元4時間分のワークシート (一太郎34KB)
- 資料 3 詳しい授業記録と生徒の記述したワークシート (一太郎351KB)
- 資料 4 装置の詳しい製作方法 (一太郎220KB)
- 資料 5 本単元授業後のアンケート結果 (一太郎33KB)

