

中学校教育導入における化学分野の教材としての酸化還元反応

Oxidation-Reduction Reaction as the Teaching Materials of the Chemical Field in an Introductory Education Program for Primary School Students

横峯 孝昭*, 原村 隆也**

Takaaki Yokomine, Takaya Haramura

*鹿児島女子短期大学, **志學館中高等部

児童が小学校理科の粒子分野においてどの程度の理解を示し、それを今後どのように展開することができるのかを調査した。今回はその中でも中学校以降でメインとなる化学反応（酸化還元反応）をテーマに粒子から原子への移行を視野に入れて授業計画を立て実践したので報告する。本研究において児童は、粒子（原子）にはそれぞれ特性が有り、酸素を奪い合ったり、何か他の物を奪い合ったりしながら形を変えていくという化学反応の基本的な部分については理解できている結果となっている。

Keywords : Oxidation-reduction reaction, Electronic blackboard, Kasetsu-Jikken-Jugyo

キーワード：酸化還元反応, 電子黒板, 仮説実験授業

1. はじめに

酸化還元反応は化学を学習する中で重要となる化学反応の1つである。酸化還元反応という用語が登場するのは中学校理科¹⁾からであり、その内容としては、1年次の『化学変化』で化学反応式を用いて化学変化を表し、3年時の『水溶液とイオン』にて化学変化と電池を通して電気分解、電池の仕組みについて学習する。さらに、高等学校では酸化還元反応の定義が酸素の授受のみならず、水素、電子の授受にまで拡大して学習する。その導入としての小学校理科²⁾においては小学校6年生の『燃焼の仕組み』で初めて酸化反応を学習し、『水溶液の性質』でうすい塩酸とアルミニウムもしくは鉄から水素が発生することを学習し、粒子という観点から酸化還元反応の導入を試みている。

これらの体系を、今から本格的に学習する小学6年生に実験を通して経験してもらうため本授業案を作成した。そして小学6年生49名に実施、アンケート内容を分析したので報告する。

2. 研究の目的と方法

2.1 授業の目的

小学校6年生は化学反応の導入を勉強したばかりであり、本実験教室の段階では『燃焼の仕組み』を学習しただけであろう。その中においては、「酸素にはものを燃やす働きがある」というまとめを行っており、酸素の授受という観点は全くない。しかし化学反応とくにその大半を占める酸化還元反応においては、粒子（原子・分子）の授受こそがすべてと言っても言い過ぎではないと思われ、その考え

方を知っておくことは今後の理科の学習において大変重要となると考えている。そこで今回は既に分子名（原子名）として学んでいる「酸素」についてはその受け渡しが重要であるということをはじめに実験の主流とし、後半の水素、電子の受け渡しによる実験に関してはその言葉は用いず、概念をぼかしながらも何かの受け渡しはしているみたいだということを経験してもらうことに重きを置いている。最後の亜鉛メッキに至っては高等学校理科で勉強する最たるものであるが、実際にどのように作成するのか等について体験しながらその原理を学習することはないと思われる。原理については小学生であるのでいかに簡単にしようとして理解に到達することは不可能であるが、ものの受け渡しにより2点に絞って実態を知ることを目的としている。

2.2 対象

志學館中・高等部で行われた理科実験教室に参加した49名の小学校6年生を志學館中・高等部の理科実験室に集めて行った。授業実施者は原村隆也教諭。

2.3 授業の構成

2部構成として理科実験教室を行った。説明の時には電子黒板（アクティブボード）を用いマルチタッチ機能を用いて原子の動きが化学反応として見えるようにしている。演示の場合は教卓の周りに児童が集まるようにしている。1部は酸素の授受による酸化還元反応を2つ演示実験として行った。2部は酸素の授受以外の酸化還元反応を3つ、1つは演示、2つは児童実験を行った。児童実験は5

人1組の班で作業し各自がヨウ素デンプン反応の確認、亜鉛メッキを作成した。最後に合金の作成も行った。亜鉛メッキ作成の際の塩化亜鉛水溶液沸騰は5名の教員がそれぞれガスバーナーの場所に付き添い、事故の無いように配慮した。

2.4 実験装置, 器具

器具:

蒸発皿 (90mm φ 程度), ガスバーナー, 三脚, 金網, ピンセット, キムワイプ, サンドペーパー, 着火マン, アルコールランプ, ビーカー, 葉包紙, 除菌スプレー (エタノール製剤), 油性ペン (黒), ハサミ

薬品類:

・銅の酸化還元反応

銅線, 水素ボンベ, 10円玉, タバスコ, 食酢, ハイター

・テルミット反応

酸化鉄 (III), アルミニウム, マグネシウムリボン

・インジゴカルミンの酸化還元反応

ブドウ糖, 水酸化ナトリウム, インジゴカルミン

・ヨウ素の還元反応

うがい薬, ビタミン入りのど飴, 片栗粉

・亜鉛メッキ作成

銅板 (5 cm × 5 cm × 0.1mm), 亜鉛粉末, 6 mol/l 塩化亜鉛水溶液

2.5 実験操作

・テルミット反応

①酸化銅 (III) 8g とアルミニウム 3g を乳鉢にいれ混ぜ合わせる。

②ろ紙で円錐をつくりその中に混ぜ合わせた粉末を入れる。

③マグネシウムリボン 5cm 程度使い導火線とする。

④近くに近寄らないように注意しながら点火。

・インジゴカルミン³⁾

①200ml の水にブドウ糖10g, 水酸化ナトリウム 2g を溶かす。

②インジゴカルミンを少量 (耳かき半分程度) 溶かす。

③よく振って10分放置する。

・亜鉛メッキ作成^{4), 5)}

①亜鉛粉末 5g を蒸発皿に入れる。亜鉛は粒状でも良いが遅くなるので留意する。

②亜鉛を覆うのに十分な量 (10ml ぐらい) の 6 mol/l 塩化亜鉛水溶液を加え, 水溶液を数分間加熱する。

③亜鉛粉末が固まってきたら, 銅板をピンセットで挟んで塩化亜鉛水溶液の中に入れる。

④1~2分程度で銅板が銀色になり「亜鉛めっきされる。

⑤銀色になった銅板をピンセットではさみ, アルコールランプの炎の中に入れる。

⑥3~5秒後, 銅板が金色になったら炎から取り出す。

3. 結果と考察

3.1 授業概要

導入として小学校理科の『燃焼の仕組み』の内容を中心に酸素の働きを振り返ってもらい, それを発展的にすることを匂わせる質問を3つほど行った。次に, 酸化銅の作成, 酸化銅から銅の作成の2つを演じし, 酸化, 還元という言葉の定義について児童に提示した。酸素の授受による酸化還元反応の典型的なものとして「テルミット反応」を行うため, 金属による酸素の授受の話を行い, 演習実験へと移行。演習の後にその解説を行った。

この2つは酸素の授受による酸化還元反応であるが, それ以外これは高等学校以上の内容になってしまうため, 水素, 電子の授受による酸化還元反応の演習の場合は少しその内容をほかす形で説明を行った。

色で実際に反応が行われていることを視覚的に見てもらうという意味で, インジゴカルミンによる酸化還元反応の演習, 小学校で行っているヨウ素デンプン反応の振り返りと, ヨウ素の還元反応の可視化を行った。ただ理科実験教室を行った段階で小学6年生がヨウ素デンプン反応の授業が行われていなかった様子で振り返りにはならず先取りとなってしまう。

最後に, 標準電極電位, イオン化傾向の関係等が必要になってくる高等学校化学の内容を含んではいるが身近な酸化還元反応を用いた金属の腐食防止としての「より酸化しやすい金属で表面を覆うことで内部の金属の参加を防ぐ例」としての「亜鉛メッキ」を自分たちで作成することを行った。もちろん説明の中で逆の「酸化しにくい金属で表面を覆うことにより, 内部の金属の酸化を防ぐ」例として「ブリキ」等についても説明は行った。

最後出来上がった「亜鉛メッキ」を加熱することで簡単に合金ができることから, 今回の酸化還元には関係ないがそこまで行い, 化学への興味関心を引き出せたらと考えた。

3.2 授業の評価

最後に参加児童に, 本授業の面白さ, 理解度について授業アンケートを行い, 評価してもらった。その結果は表1のとおりである。

表1 児童による授業評価

今回の授業はおもしろかったですか？わかりましたか？					
おもしろい	5	41名 (91.1%)	よくわかった	5	44名 (97.8%)
	4	3名 (6.7%)		4	0名 (0.0%)
	3	1名 (2.2%)		3	1名 (2.2%)
	2	0名 (0.0%)		2	0名 (0.0%)
つまらない	1	0名 (0.0%)	わからん	1	0名 (0.0%)

自由記述による感想を下記に記す。

- ・酸化と還元のことについて、中学校、高校で習うようなことをしれてとても楽しかったです。
- ・酸化と還元は、言葉は知っていたが、意味も知ったので勉強になった。
- ・化学分野について改めて面白いなと思いました。
- ・新しいことをしれてよかったです。
- ・鉄を作る実験がすごかったです。
- ・テルミット反応サイコー。
- ・化学分野は僕の好きな分野なので面白かった。ヨウ素液を使う実験は家でもできそうなのでやってみようと思う。
- ・合金を作るのが面白かったです。
- ・最後にお土産のメダルをもらえて嬉しかったです。また、火山みたいに火が出るのがすごかったです。
- ・よくわかったし、また実験をしてみたい。
- ・知っていることの確認と、新たな知識を得れた。
- ・電子黒板を使った授業はとてもわかりやすかったです。
- ・今まで知らなかったことが習えたり、目の前で実験してとてもわかりやすかった。
- ・マグネシウムが燃焼した時、光が予想以上に明るく驚いた。
- ・実験が面白かった。
- ・とても楽しかったです。

4. まとめ

小学生は粒子という概念は持っているが、原子についてはまだ学習をしていない。しかし、この世のものが粒できている、その粒には種類があるということは認識している。導入の段階で空気中の成分として、我々の予測としては窒素、酸素、二酸化炭素ぐらい児童から出てくれば良いと予測していたが、アルゴン、一酸化炭素、水素、水蒸気と多様な意見が出てきたことは驚かされた。また、その他にも水素が一番軽い、酸素と燃えたら水になるということについても知識として知っていた。

今回は化学反応の大半を占める、酸化還元反応を演示、実験により粒子の世界をもう少し広げてそれぞれの粒子の特徴というものに目を向けてもらえたらと思い、授業計画を立てた。児童のアンケートを総括すると、大半は楽しく、その内容を理解することができた結果となっており、どの

程度の理解かまでは完全に把握することは不可能であるが、少なくとも中学校導入という観点からは目的を達成されていると思われる。

今後中学生になった後に、仮説実験授業⁶⁾の中にある「もしも原子が見えたなら」「原子とその分類」「原子とその結合」という授業書を用いて原子についてのイメージ、いろいろな種類があるということを構築してからの本次の展開を用いばさらに化学反応についてもイメージが持ちやすいのではないかと予測している。

今回の授業内容も今後も改良を重ねていくことで良いものへと精選されていくことができると考えている。

謝辞

授業を行うに当たり、ご協力いただいた志學館中・高等部の理科部の先生方、並びに諸先生方、理科実験教室へ参加いただいた日能研の児童・保護者の皆様に感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 文部科学省 (2010) 中学校学習指導要領解説 理科編
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2011/01/05/1234912_006.pdf (2017年11月22日)
- 2) 文部科学省 (2010) 小学校学習指導要領解説 理科編
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2010/12/28/1231931_05.pdf (2017年11月22日)
- 3) 早稲田大学本庄高等学院実験開発班 2015 『魅了する科学実験』 すばる舎リンクージ
- 4) 岩田久道ほか編 (2011) 『魅せる化学の実験授業』 東洋館出版社
- 5) 新潟県立村上中等教育学校 尾崎 巧『授業実践記録 (化学)』
<https://www.shinko-keirin.co.jp/keirinkan/tea/kou/jissen/kagaku/201605/index.html> (2017年11月22日)
- 6) 板倉聖宣 (1977) 『仮説実験授業のABC 楽しい授業への招待』 仮説社

平成29年度日能研理科実験教室

酸化と還元

2017/10/15

みなさんは物を燃やしたことはありませんか？


小学校の理科で物の燃え方と空気という勉強をしたと思いますがその内容を思い返してみましょう。

<質問1>

燃えているろうそくに、「底のない集気びん」や「筒(つつ)」をかぶせてふたをすると、ろうそくの炎はどうなったでしょうか？

【意見】

しばらくすると、ろうそくの炎が消えた



<質問2>

集気びんの中でろうそくを燃やし続ける方法としてどのようなことが考えられますか？

【意見】

下の方に空気が通れるスキマをつくる。

<質問3>

空気の中にはたくさんの気体が含まれています。空気に含まれている気体としてどのようなものがあつたでしょうか。

ちっ素 酸素 二酸化炭素
など

<質問4>

この中で物を燃やすはたらきのある気体は何だったでしょう？

<質問5>

ものを燃やした後は、どのような気体が増えていたでしょうか？

今日はこのことをもう少し科学的に考える勉強をしていきましょう。

ろうそくを燃やしたときの考え方

ろうそくを燃やすと酸素が使われて、二酸化炭素が増えます。これを科学の世界では次のように考えています。

● + ●●

ろう 酸素

→

●●●●

酸化 二酸化炭素

ここでは、ろうそくが酸素を使って(うばって)二酸化炭素になっています。

このように、「物質が酸素をうばうこと」を科学の世界では「酸化」とよんでいます。

<質問4>

銅でできた針金を炎の中に入れてみましょう。どうなるでしょうか？

【予想】

銅を空気中で加熱すると、空気中の酸素がくっついて黒色の酸化銅になりました。

銅 Cu + 酸素 → 酸化銅 CuO

酸化

●● + ●●●●

銅 酸素

→

●●●●●●

酸化銅

このとき起こったことは、さっきのろうと同じ考えができます。つまり、「銅が空気中の酸素をうばって(酸化して)、酸化銅という物質ができた」といえます。

<質問5>

それでは、この酸化銅から酸素をさらうばうことはできるでしょうか？

できるとすればどのような方法があるでしょうか？

【予想】

磁石と同じように考えることができる

【質問5結果】
 水素ガスで満たされた試験管に加熱して黒くなった酸化銅を入れてみます。すると、酸化銅は黒色から元の色にもどります。

実はこのとき、水素は酸化銅から酸素をうばっていったのです。このように、酸素が奪われる現象を還元といいます。

還元

銅(酸素) + (水素)水素 → 銅 + 水

酸化銅 水素 銅 水

銅(酸素) + (水素)水素 → 銅 + (酸素)水素

これから小学校や中学校で勉強していく化学反応という「モノの変化」の現象の多くは、この「酸化（酸素をうばう）」と「還元（酸素がうばわれる）」で説明ができるのです。

今日残りの授業では、いくつかの酸化・還元反応をみてもらおうと思います。

<質問6>
 ここに「さびた10円玉」があります。この「さび」には酸化銅も含まれています。

このさび（酸化銅）を身近なもので還元（酸素がうばわれる）することができるでしょうか？

※ヒント：おうちの台所付近にあるものでできます

還元

タバスコやお酢などの酸性物質

酸素(O)

【予想】
 ・タバスコ ・食酢 ・ハイター

<実験1>
 私たちのまわりには多くの鉄でできた製品がありますが、これら鉄は元々、「鉄鉱石」という形で地中に埋まっています。そして「鉄鉱石」は『酸化鉄』でできています。

つまり私たちが鉄を使うためには、鉄鉱石中の酸化鉄を鉄に還元する必要があります。

今回は「酸化鉄から鉄を取り出す方法」として有名な『テルミット反応』を見てみたいと思います。

このテルミット反応は、現在も「鉄道のレール同士をくっつける（溶接）とき」などに利用されているそうです。

<実験1> テルミット反応

マグネシウムリボン

酸化鉄(Ⅲ): 8g
アルミニウム: 3g

水

鉄(Fe)のかたまり

確認法：磁石にくっつくか

「酸素のうばいやすさ」と「酸素のうばわれやすさ」

<酸素をうばいやすい> (酸化しやすい)

↑

マグネシウム
アルミニウム
亜鉛
鉄
鉛
(水素)
銅
銀

左の表より、今回使用した「鉄」と「アルミニウム」の関係がみえてきますね

「酸化鉄の酸素が、『より酸素をうばいやすいアルミニウム』にうばわれた」ということがわかる。

<酸素をうばわれやすい> (還元しやすい)

テルミット反応のしくみ

アルミニウムは鉄よりも酸素をうばいやすいため、酸化鉄の持っている酸素を強引にのぞいてしまいます。

鉄(酸素) + アルミ → 鉄 + 酸化アルミニウム

酸化鉄 アルミニウム 鉄 酸化アルミニウム

鉄(酸素) + アルミ → 鉄 + 酸化アルミニウム

酸化反応や還元反応のような「モノの変化」は正確には「化学変化」といいます。これらは中学校でくわしく学習します。もちろん生徒実験もたくさんあります。楽しみにしてくださいね^^

『化学変化』にはたくさん種類がありますが、その多くは酸化・還元反応で説明できます。しかし、そこでのうばいあいには酸素だけではありません。実は、酸素のうばいあい以外で酸化・還元反応を考えることの方が多いいのです。

これは高校化学以降のお話になるので、今回はその「酸素のうばいあい以外の酸化還元反応」を、いくつかの実験を通じて体験してもらおうと思います。

<実験2> 混ぜると色が変わる実験

容器を勢いよくふる

・水 200mL
 ・水酸化ナトリウム 2.0g
 ・ブドウ糖 10g
 ・インジゴカルミン < 0.1g
 ・よく振って10分放置

<実験2> 色が変わるしくみ

容器中の空気に含まれている酸素が水溶液に溶け込んで、インジコカルミンが酸化される

<実験3> ~児童実験~
次の操作で何がおきるでしょうか？

- ①片栗粉（1さじ分）を水(200mL)にとかす
- ②うがい薬を①の溶液に少量（1びゅー）加える

①の溶液の色が青紫色になる

ヨウ素デンプン反応

<実験4> ~児童実験~
次の操作で何がおきるでしょうか？

- ①ビーカーに水400mLを用意する
- ②うがい薬を入れる（2びゅーくらい）
- ③アメを袋に入ったままハンマーでくだく
- ④くだいたアメをビーカーにいれてやさしくかきまぜる

うがい薬の色が消えて、水溶液の色が無くなる

実験4のしくみ

ビタミンC

ヨウ素 還元 → ヨウ化物イオン

かっ色 無色

のどアメに含まれている「ビタミンC」は還元力が強く、「かっ色のヨウ素」を還元して、「無色のヨウ化物イオン」にしてしまうのです。

実験4 おまけ

実験3で青紫色になった水溶液に、くだいたのどアメを入れてやさしくかきまぜてみよう。どうなるかな？

ヨウ素デンプン反応の青紫色が消えて、白にごった水溶液になる

ビタミンCの還元力で、ヨウ素が無色のヨウ化物イオンになったから

- ◆「ビタミンC」は、還元力が強い
- ◆「ビタミンC」は活性酸素類を無害なものにする力を持つ

まわりの物質が酸化されるのを防ぐ力をもつ

食品に加えると、食品が酸化されるのを防ぐ

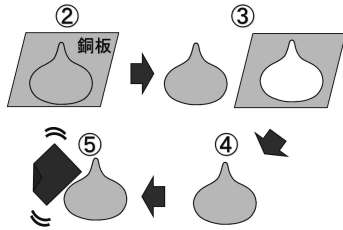
☆酸化防止剤…まわりの物質が酸化するのを防ぐはたらきをもつ物質

- ・さらにみなさんに実験してもらいます
- ・実験のキーワードは「めっき」です。
- ・「めっき」という言葉を聞いたことがありますか？
- ・身近なところでは、2020年に東京で行われるイベントにも、このめっきを使ったものが出てきますね。

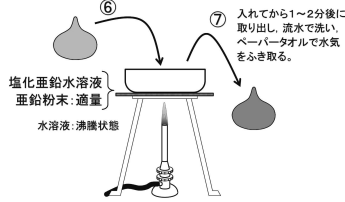
<実験5> ~児童実験~ 亜鉛めっきの作成

- ①大きさが5cm× 5cm× 0.1mmの銅板を一人1枚受け取る
- ②受け取った銅板を好きな形に切るために、ペンで線を書く。
※とがった部分はつくらない！！
- ③書いた線にそってはさみで切り出す。
- ④ペンのあとを消す場合は、アルコールを使う
- ⑤切り出した銅板表面とふちを紙やすりでみがく
- ⑥先生に渡し、加熱溶液に数分ひたす

<実験5>～児童実験～亜鉛めっきの作成



<実験5>～児童実験～亜鉛めっきの作成

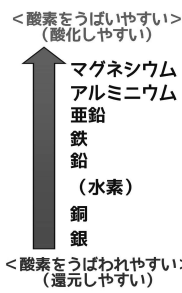


◆亜鉛めっきが作れましたか？

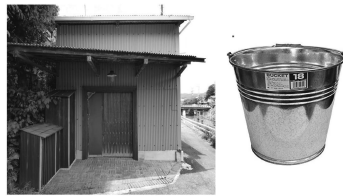
- ◆取り出した銅板が銀色になっていたら成功です！銅板の表面が亜鉛でおおわれています。
 - ◆このめっきも酸化還元反応を利用しています。
 - ◆入れた銅板と溶液中の亜鉛との間で酸化還元反応が起こり、銅板の表面に亜鉛がくっついたのです。
- ※くわしい内容は高校化学で学習します。

前に戻ると、金属は酸化されやすい（酸素をうばいやすい）もの、還元されやすい（酸素をうばわれやすい）金属がありましたね。

めっきとは、「金属を酸化などから守る」ために利用されています。めっきには大きく2つのタイプがあります。



- ①「より酸化しやすい金属で表面をおおう」ことで、内部の金属が酸化するのを防ぐ
→例) 今回のような亜鉛めっき



- ②「より酸化しにくい金属で表面をおおう」ことで、全体をより酸化しにくくする
→例) スズなどを用いためっき



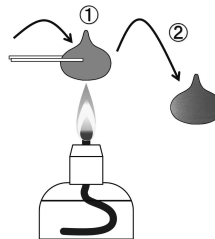
◆最後に、作成した亜鉛めっきにちょっとひと手間加えて合金を作ってみたいと思います。

<実験6>～児童実験～合金の作成

- ①亜鉛めっきされた銅板をピンセットではさんで、アルコールランプの炎の中に入れる。
- ②3～5秒後、銅板が金色になったらすぐに炎から取り出して水洗し、乾燥させる。

「黄銅」のできあがり

<実験6>～生徒実験～合金の作成



できあがった黄銅はしんちゅう（真ちゅう）ともいいます。この色...どこかでみたことはありませんか？

5円玉
金管楽器
など

おしまい

志學館中等部ではもっといろんな、楽しい実験をしています！
ぜひ志學館中等部に来てくださいね！
忘れ物がないようにしてくださいね
来てくれてありがとうございました。
最後にアンケートをお願いします