

【研究3-2】 生徒自らが理解度を把握するための一方法 ～電気分解の実験を通して～

1 生徒自らが理解度を把握する必要性

学習指導要領の理科の目標は、「目的意識を持って実験、観察などを行うことにより、知的好奇心や探究心を喚起し、自ら学ぶ意欲を高め、自然を主体的に学習しようとする態度を育てること。」と定められている。

そのためには、実験の目的を理解する必要が

あることは当然である。加えて、実験の前に生徒自らが理解度を把握していれば、実験を通して特に何を習得しなければならないかが、はっきりすると考えられる。そこで、実験前後に同じ内容の簡単な理解度チェックシートの記入を実施した。

準備上に関する その他の留意事項

各電解液の体積は、50ml程度あれば十分である。硫酸銅(II)水溶液の電気分解は廃液にすることを考え合わせると、50mlビーカーを使用し、30ml程度の溶液でも可能である。

塩化ナトリウム水溶液やヨウ化カリウム水溶液の電気分解は、セロハンチューブを入れるために、100mlビーカーの方が操作しやすい。

実験終了後に炭素電極に付着した銅を溶かすためには、1mol/l希硝酸につけるとよい。濃度が薄いと銅が溶けるまでの時間がかかるが、濃いと二酸化窒素が一度に発生して危険である。銅の溶けた希硝酸は廃液とする。

電気分解の実験

1 実験の意義

- (1) 電気分解は「酸化還元反応」の具体的な例のひとつとして大単元の終わりの部分で取り扱われており、酸化還元反応全体を理解しているかどうか判断できる。
- (2) 塩化ナトリウムと硫酸銅(II)の電気分解は、多くの教科書で取り上げられている。
- (3) 両極での変化が、気体の発生、色の変化、または金属の析出や溶出であるため、直接的に観察しやすく、生徒の興味を引き出しやすい。

2 実験の準備上の留意点・注意事項

定性的な取り扱いに止め、実験操作が簡単で、観察しやすい装置を目指して、以下の点に留意した。

(1) 実験器具

ア 9V角型乾電池

電源装置よりも安価であり、手回し発電機よりも大きな電圧を得ることができる。実験装置の簡略化を図るとともに、電気分解の時間を短縮することが可能である。9V角型乾電池でなくても実験は可能であるが、1.5V乾電池を直列につないで実験を行うと器具の数が増えて面倒になる。

イ セロハンチューブ

素焼き板を使用することなく陰極側と陽極側を簡単に分離することができ、なおかつ、透明なので内部の観察が容易である。

直径が太いものが取り扱いやすい。長さが短過ぎると、チューブの中の溶液があふれて陰極側と陽極側の溶液が混ざってしまう恐れがあるが、長すぎると扱いづらい。炭素棒の長さが10cmの時には、チューブの長さは15cm～18cmが望ましい。

ウ 炭素棒

実験用として市販されているものでよい。実験終了後、9V角型乾電池、スナップ(リード線付)、およびリード線は、乾燥させてさびを防ぐ。

(2) 薬品

ヨウ化カリウム水溶液は変質しやすいので、実験当日に作るのが望ましい。

可溶性デンプン1gを水100mlに溶かしたものを1%デンプン溶液とする。いったん温めないと溶けないので、冷ますための時間も考慮して準備する。

(3) 実験の準備

各班分用意するもの

- 100mlビーカー3個、クリップ付きリード線(赤と黒各1本ずつ)、
- 10cm炭素棒4本(塩化ナトリウム用とヨウ化カリウム用は別々がよい)、
- セロハンチューブ(約15cm×2本)、9V角型乾電池、
- スナップ(リード線付)(なくても実験はできるが、あれば正負が明確になる)、
- 1ml駒込ピペット(KI水溶液の陽極側を取ってデンプン溶液に入れるため)、
- 薬品類(教卓に置き、それぞれ100mlビーカーに約50mlずつ取って、班にもどる)
- 1mol/l塩化ナトリウム水溶液、0.1mol/lヨウ化カリウム水溶液
- 1mol/l硫酸銅(II)水溶液
- フェノールフタレイン溶液
- 1%デンプン溶液(試験管または50mlビーカーに5～10mlほど入れておく)



写真1 実験で使用する器具(1班分)

2 理解度チェックシートの使用の目的

実験前に記入する目的は、実験において何を目標としているかを気付かせ、また、生徒自身が理解できていない事柄を知るためである。

一方、実験後に記入する目的は、生徒自身がどこまで理解できたかを知り、復習すべき点を明確にするためである。

いずれにしても、「理解度チェックシート」はテストではなく、自分自身を知るためのものであることを理解させてから記入させる。

3 実践

第1学年1学級(39名、男子21名、女子18名)で実施した。実験の前時の授業の最後15分を利用して理解度チェックシートを記入し、2日後、実験時には解説後に実験プリントのアンケートを記入させた。さらに5日後、実験の次の授業の最初の15分で同じ内容の理解度チェックシートを記入させた。実験前の記入時には「分からないことがあったら次の授業で実験をするから分かるよ。」と声かけをした。実験後の理解度チェックシート回収後、実験前に記入したものを返却し、答え合わせをした。

3 実験時の留意点

(1) 実験前

教科書を見たり、友達と相談したりせずに「理解度チェックシート」を記入し、この時点での自分自身の理解度を把握させる。それと同時に、これから行う実験の意図や観察すべき点に気付かせる。

(2) 導入

ア 実験方法の説明

炭素電極を使って、それぞれの水溶液を電気分解する。黒色リード線の方が陰極側である。また、セロハンチューブを使用するのは、陰極側と陽極側でそれぞれ生成した物質が混ざらないようにするためであることを伝え、これがなくても電気分解は起こることを理解させる。接続時にはリード線の先をショートさせないように注意する。

イ セロハンチューブの取り扱い方の指導

セロハンチューブの一端をしばった後、十分に水でぬらし、他端を親指と人差し指でこすり合わせると開く。実際に教師がやってみせながら指導する。なかなか開かない場合は、ぬれが不十分な時である。

セロハンチューブに溶液を入れる時には、注意深く行えば、ピーカーの注ぎ口を利用して入れることができる。5ml 駒込ピペットを2本用意してもよい。

(3) 実験

ア 塩化ナトリウム水溶液の電気分解

① ピーカー内の塩化ナトリウム水溶液をセロハンチューブに約10ml入れる。これをピーカーの中に入れ、電気分解する。

セロハンチューブ側：陰極

ピーカー側：陽極

数分後、気体が発生し塩素の臭いが確認できた時点で電気分解を終了する。

② セロハンチューブ内にフェノールフタレイン溶液を1滴入れる。

溶液が赤色になることから、陰極側の溶液は塩基性になったことが確認できる。これは、陰極側に生成した水酸化物イオンOH⁻によるものである。

セロハンチューブ側の炭素電極を陽極にしても実験上の問題はない。ただし、この装置のようにすれば、電気分解槽の中に直接フェノールフタレイン溶液を入れても、陰極側だけが赤色になることが観察できるという利点がある。逆にすると、ピーカー内全体が赤色になるので、陽極側が観察しにくくなる。

次の実験に移る前に、炭素棒を水でしっかり洗っておくことが重要である。発生した塩素が炭素棒に吸着されたまま残っていると、炭素棒をヨウ化カリウム水溶液に入れるとすぐに次の反応がおこり、水溶液が褐色になってしまうからである。

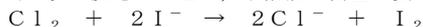


写真2 セロハンチューブの使い方

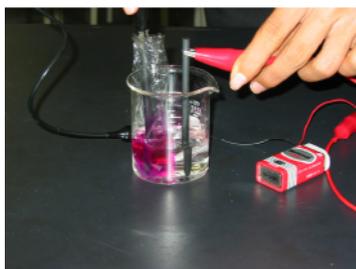


写真3 塩化ナトリウム水溶液の電気分解（陰極側にフェノールフタレイン溶液を入れたところ）

教師のサポートI

角形乾電池のスタップのリード線と炭素棒を接続するクリップ付きリード線の色を合わせることにより、赤色が正極－陽極、黒色が負極－陰極ということを確認させる。

生徒の活動の観察I

どちらが陰極か陽極かを意識しながら実験をすることができるか。

教師のサポートII

塩素には刺激臭があるので、換気には十分注意し、長時間電気分解しない。

生徒の活動の観察II

フェノールフタレイン溶液が赤色に変化することから、溶液の液性の変化に気付いているか。

教師のサポートIII

陰極と陽極の気体の発生量の激しさは異なる。気体の発生量は電気量的には等モルずつのはずであるが、塩素の方が水に溶けやすいため、陰極に発生する水素の方が激しく発生しているように見える。

4 理解度チェックシートに基づく考察

理解度チェックシートの実験前後の正答数を比較すると、どんな内容が生徒に理解されにくいかわかることができる。

顕著に正答数が多くなった項目((8)の陽極, (9)の陽極, (10)の陰極)は、実際に目で見て観察したことを答える内容であり、実験後に正答数が多くなったのは単なる練習効果以上のものがあつたと考えられる。これは、生徒が感想に書いたように、言葉よりも実物を見ることによって強く印象づけられたためと考えられる。

「析出」という聞き慣れない言葉の現象を目の

当たりにし、感動を覚えた生徒も少なくない。

正答数は変わらないが正答に近い解答が増えた項目((4), (5))は、実験結果から科学的思考に基づいて理解する事柄である。細かく分析すると、実験前に正答を答えても実験後には正答を答えられない生徒がかなりいることから、実験後に正答を答えた生徒の中にも、本当に理解していない生徒も何人かいるのではないかと考えられる。

5 まとめ

理解度チェックシートの分析と同時に、実験

教師のサポートⅣ

できれば、電極の炭素棒を実験直後ではないものに変えるのが望ましい。

教師のサポートⅤ

ヨウ素デンプン反応である。生徒の記憶を呼び戻す必要があると思われる。

生徒の活動の観察Ⅲ

ヨウ素デンプン反応が起こることから、セロハンチューブ内にヨウ素があることに気付いているか。

生徒の活動の観察Ⅳ

陰極に析出した物質が銅であることに気付いているか。

生徒の活動の観察Ⅴ

陽極がもとの炭素棒の色に戻ったことから、銅が溶けだしたことに気付いているか。

実験における生徒の様子からの考察

・塩化ナトリウム水溶液の陰極側にフェノールフタレイン溶液を入れると赤くなることから、電気分解により塩基性物質が生成したことは理解できる。しかし、この赤色の印象が強いためか、陰極における生成物を問うと、「ナトリウム」という解答が多い。気体の激しい発生を見るだけでなく、この気体が水素であるという確認実験をすると、知識の定着につながると感じた。

・ヨウ化カリウム水溶液の陽極が黄褐色になると「実験に失敗した。」と感じる生徒が少なからずいた。この溶液をデンプン溶液に入れ青色に変化するのを見ても何が起きたかすぐに判断できる生徒は少なかつた。しかし、「デンプンで青色と言えよ？」とか、「小学校の時、ジャガイモに何かつけると青色になったよね。」という発問で、記憶は喚起されるようである。

炭素棒が各班4本ずつあるときは、取り替えるのがよい。

イ ヨウ化カリウム水溶液の電気分解

① ビーカー内のヨウ化カリウム水溶液をセロハンチューブに約10ml入れる。これをビーカーの中に入れ、電気分解する。

セロハンチューブ側：陽極

ビーカー側：陰極

数分後、陽極側に発生したヨウ素がヨウ化カリウム水溶液に溶けて、セロハンチューブ内が黄褐色に変化した時点で電気分解を終了する。

② セロハンチューブ内の溶液を駒込ピペットで少量取って、1%デンプン溶液に入れると、ヨウ素デンプン反応が起きて青紫色になる。

陰極と陽極を間違えても実験上の問題はないが、この装置のようにすれば、セロハンチューブ内だけが黄褐色になり観察がしやすいという利点がある。

炭素棒を水道水でしっかり洗い、次の実験にうつる。

ウ 硫酸銅(Ⅱ)水溶液の電気分解

① ビーカーに硫酸銅(Ⅱ)水溶液を50ml入れ、電気分解する。3分程度で、陰極側に銅が析出して炭素棒が赤銅色になることが観察できるので終了する。長時間電気分解すると、銅がはがれて溶液中に黒い物質として浮遊または沈殿する。

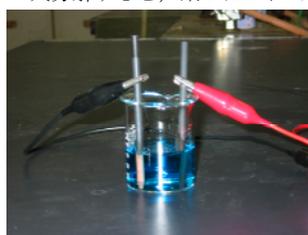


写真5
硫酸銅(Ⅱ)水溶液の電気分解

② ①の負極と正極を逆に接続する。この実験で、銅が付着した炭素棒が陽極になる。数分間電気分解すると、陽極に付着していた銅は溶出して、もとの黒い炭素棒の色に戻り、陰極側の炭素棒には①と同様に析出することが観察できる。

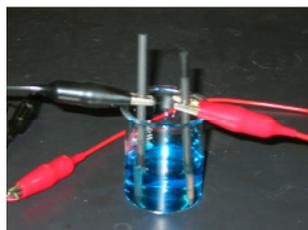


写真7
①の電気分解後接続を逆にしたところ

陰極：炭素棒のまま
陽極：銅が付着した炭素棒

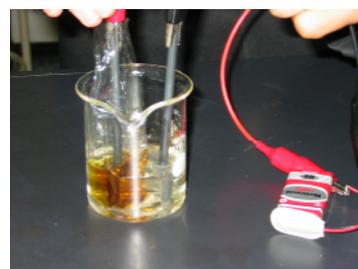


写真4
ヨウ化カリウム水溶液の電気分解
(陽極側にヨウ素が生成し着色したところ)

セロハンチューブ内だけが黄褐色になり観察がしやすいという利点がある。



写真6
炭素棒に銅が付着している様子

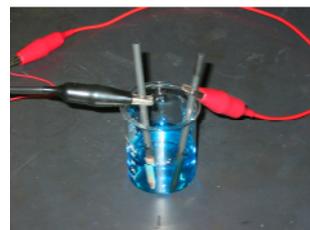


写真8
②の電気分解後
陰極：銅が析出
陽極：銅が溶出

プリントにより生徒自身の実験への取り組みを自己評価させた。

自己評価からは、実験前に理解度チェックシートを実施したグループの方が、実施しなかったグループよりも「実験に積極的に参加し」「実験で理解が深まった」生徒が多いという結果を得た。しかし、この結果が実験前に理解度チェックシートを実施したためかどうかは、この結果からだけでは不明である。

理解度チェックシートは、生徒自身が理解していないことに気づいたり、これから行う実験で何を理解すればよいかを予め知ることによ

り、意欲・関心が上がるのではないかと考えて導入した。

しかし、この実践を振り返る限り、理解度チェックシートの分析は、教師自身の授業評価の参考になる点の方が大きいと感じた。多くの生徒にとって理解度が上昇しにくかった共通項目があれば、生徒の理解度を上げるために教師は授業にフィードバックし、何らかの手段を講じなくてはならない。

今後は理解度チェックシートを有効に活用するために内容を精選するなど、実施方法の改善を試みていきたい。

(4) 実験後

前時と同じ内容の「理解度チェックシート」を記入させ、内容がどこまで理解できているかを確認させる。

4 実践例

(1) 「理解度チェックシート」の分析結果(数字は39名中の正答者数)

チェック項目	実験前	実験後
(1)酸化還元反応において授受されているもの	30	32
(2)電池の負極で起こる反応	21	17
(3)電子の負極につないだ電気分解槽の極の名称	28	32
(4)電気分解槽の陰極で起こる反応	11	11
(5)電気分解槽の陽極で起こる反応	11	10
(6)塩化ナトリウム水溶液の電気分解の陰極の生成物	6	6
塩化ナトリウム水溶液の電気分解の陽極の生成物	18	18
(7)ヨウ化カリウム水溶液の電気分解の陰極の生成物	5	7
ヨウ化カリウム水溶液の電気分解の陽極の生成物	6	18
(8)硫酸銅(II)水溶液の電気分解の陰極(炭素電極の場合)	16	19
硫酸銅(II)水溶液の電気分解の陽極(炭素電極の場合)	2	6
(9)硫酸銅(II)水溶液の電気分解の陰極(銅電極の場合)	2	9
硫酸銅(II)水溶液の電気分解の陽極(銅電極の場合)	0	1

(2) 実験プリントのアンケートの分析結果(実験前に理解度チェックシートを実施したグループと実施しなかったグループそれぞれ39名の数)

アンケート項目		実施	未実施
(1)実験に参加できたか	積極的に参加した	26	18
	だいたい参加した	11	21
	他人まかせだった	2	0
(2)実験前に比べて理解できたか	実験で理解が深まった	11	5
	だいたい理解できた	21	24
	いまだに理解不十分	7	10

(3) 実験の感想(感想を書いた生徒の実験前の正答数→実験後の正答数)

- 言葉で覚えるよりも実験の結果を映像で覚えられたのでよかった。前よりは実験の意味が分かってきた(6→9)。
- 気体が発生するのがあったけど、多く出たものだけを見ていて少しだけ出ているのに気付かなかったので、次からは細かいところまで観察したいと思います(4→7)。
- 銅が析出するの「析出」の意味が分かった。やっぱり実際にやってみた方が分かるんだなあと思いました(3→7)。
- 銅の析出を見てちょっと感動。あんな風になるのか…。色が変わるところはしっかり観察できて良かったと思う。少しずつ理解できるようになってきた(2→4)。

5 発展実験

電気量と変化する物質の量は比例する(ファラデーの法則の検証)

- ホフマン型電気分解槽を用いた水酸化ナトリウム水溶液の電気分解による気体の発生量の測定
- 硫酸銅(II)水溶液の電気分解による陰極の質量増加

6 参考文献

- 数研出版編集部：新編化学 I B 探求ノート，数研出版(1995)。
- 宮坂千文ほか：ニュースコープ化学実験 I B + II，東京書籍(1997)。
- 野村祐次郎ほか：高等学校化学 I，数研出版(2002)。

・硫酸銅(II)水溶液を電気分解するとみるみる陰極側が赤銅色になる。「これは何か。」という発問には「銅?」という自信なさそうに答えが返ってくる。「これが析出だよ。」という「へえ〜。」とう返事が多かった。銅が析出した炭素棒を陽極に用いて電気分解すると、陽極の銅は溶出して、陰極に銅が析出する。この現象を「銅が移った。」と言う表現をする生徒が多かった。

評価を行う上での留意点

感想が書けない生徒の中には、意欲があっても表現力が無い生徒もいる。班の中に強力なリーダーが存在すると有利となる。また、真剣に実験を行いたい生徒がいても、他の生徒が邪魔をする場合もある。

観察した結果を書かず、とにかく正解を知りたいがる生徒が多い中で、自分なりの言葉で表現できているかどうかを見守る。

プリントに書いてあること以外(例：塩化ナトリウム水溶液の両極で発生する気体の量が違う)に気付いた生徒は、関心・意欲が高く、観察の技能が高い生徒といえる。

達成目標は生徒により個人差があるため、自己評価を評価にそのまま使うことは慎重になる必要がある。

電気分解 理解度チェックシート

[月 日]

年 組 番 氏名

次の問いに答えながら、自分がどの程度まで理解しているかを確認しよう([] 内は○で囲む)

(1) 酸化還元反応においては、 () の授受が必ず起こっている
何が起きているか?

(2) 電池の内部では、 [正 負 陽 陰] 極では [酸化 還元] 反応が
何が起きているか おこり、外部へ電子が出てくる

(3) 電池の負極につないだ電気分 () 極
解槽の電極を何極というか

(4) 電気分解槽の陰極で起こる [陽 陰] イオンが、電子を [出す 受け取る]
一般的な反応は? [酸化 還元] 反応がおこる

(5) 電気分解槽の陽極で起こる [陽 陰] イオンが、電子を [出す 受け取る]
一般的な反応は? [酸化 還元] 反応がおこる

(6) 塩化ナトリウム水溶液を
炭素電極で電気分解すると
陰極や陽極では何が起きるか

	生成物	e ⁻ を使った反応式
陰極		
陽極		

(7) ヨウ化カリウム水溶液を
炭素電極で電気分解すると
陰極や陽極では何が起きるか

	生成物	e ⁻ を使った反応式
陰極		
陽極		

(8) 硫酸銅(Ⅱ)水溶液を
炭素電極で電気分解すると
陰極や陽極では何が起きるか

	生成物	e ⁻ を使った反応式
陰極		
陽極		

(9) 硫酸銅(Ⅱ)水溶液を銅電極で
電気分解すると陰極や陽極では
何が起きるか

	生成物	e ⁻ を使った反応式
陰極		
陽極		

