

指導資料

 鹿児島県総合教育センター

理科 第296号

— 高等学校，特別支援学校対象 —

平成26年4月発行

水溶液の電気分解におけるイオンの観察の工夫

高等学校学習指導要領の理科においては、「化学基礎」，「化学」の目標に，化学の基本的な概念や原理・法則について，単に記憶するのではなく，具体的な性質や反応と結び付けて理解することが重要であると示されている。

そこで，本稿では，観察される現象と化学の基本的な概念や原理・法則を結び付けて考察しやすい電気分解の学習において，反応によって生じるイオンを観察するための実験の工夫，さらに，実験を通して生徒が内容の理解を深めるための指導の工夫について述べる。

1 電気分解の学習について

高等学校で学習する電気分解での陰極，陽極で起こる主な化学反応は，表のようにまとめられる。この中には，中学校で学習しているものも含まれている。

(1) 中学校での学習内容

第2学年において，水酸化ナトリウム水溶液を電解液に用いた電気分解を学習する。この電気分解では，表中の陰極③や陽極③の反応が起こり，水が性質の異なる水素や酸素に分解する様子を観察する。このような電気分解や熱分解などの分解反応を通して，物質を

表 電気分解の主な反応

極	反応物	起こる反応
陰極	① Cu ²⁺ Ag ⁺	Cu ²⁺ +2e ⁻ →Cu Ag ⁺ +e ⁻ →Ag
	② H ⁺	2H ⁺ +2e ⁻ →H ₂
	③ H ₂ O	2H ₂ O+2e ⁻ →H ₂ +2OH ⁻
陽極	陽極板がCu, Agなど	
	① Cu Ag	Cu→Cu ²⁺ +2e ⁻ Ag→Ag ⁺ +e ⁻
	陽極板がPt, Cなど	
	② Cl ⁻ (Br ⁻ , I ⁻)	2Cl ⁻ →Cl ₂ +2e ⁻ (2Br ⁻ →Br ₂ +2e ⁻ , 2I ⁻ →I ₂ +2e ⁻)
	③ OH ⁻	4OH ⁻ →O ₂ +2H ₂ O+4e ⁻
④ H ₂ O	2H ₂ O → O ₂ +4H ⁺ +4e ⁻	

構成している単位が原子や分子であることを学習する。

第3学年では，炭素電極を用いた塩化銅(Ⅱ)水溶液の電気分解の実験を行い，陰極①の銅の析出や陽極②の塩素の生成を観察する。また，塩酸の電気分解の実験も行い，陰極②の水素の発生についても観察する。これらの電解質水溶液の電気分解の実験を通して，電気を帯びた粒子であるイオンが存在することや，イオンの生成に関連して，陽子，中性子，電子などの原子の構造について学習する。

このように、表中のいくつかの反応は、中学校でも学習しており、生徒の既習内容を把握することで、教師は、実施すべき実験を取捨選択し、効率よく学習を進めることができる。

(2) 高等学校での学習内容

高等学校化学では、表にまとめられた反応を中心に、電気分解をより詳しく学習する。生徒は、それらの反応が、目に見えない粒子のどのような挙動によって起こっているかについて理解し、各極で起こる酸化還元反応を化学反応式でまとめながら、知識として習得する。これらの知識は、次に学習する電気分解の量的関係や電気分解の工業的利用において基本となる。したがって、表中の反応を中心とする電気分解の基本的な内容について、生徒に確実に理解させ、定着を図りたい。

2 銅極板の溶解を観察する実験

1 単位時間の授業の中で、水溶液を電解液とした電気分解の実験を行う場合、表中の陽極①の金属が溶解していく現象を観察することは難しい。しかし、寒天粉末を使用してゲル状にした電解液を用いた実験をすることで、短時間でその現象を観察することができる。

ここでは、陰・陽の両極に銅板を、電解液に市販の寒天粉末を用いてゲル状にした硝酸カリウム水溶液を用いた電気分解の実験について述べる。この実験では、表中の陰極③の反応と陽極①の金属の溶解の反応が起こる。

【準備と実験】

- (1) 0.1mol/L硝酸カリウム水溶液250mLに市販の寒天粉末2gを加え、加熱する。寒天粉末を溶かすため、適宜、ガラス棒で攪拌する。
- (2) 沸騰したら加熱をやめる。
- (3) 100mLビーカーに溶液を80mLずつ小分けし、密閉して冷蔵庫で冷却する。
- (4) 固まった硝酸カリウム水溶液に2枚の銅極板を差し込む(写真1)。



写真1 固まった電解液と銅極板

- (5) 手回し発電機(最大出力電圧12V)を電源とし、実験を行う。このとき、生徒に対して、手回し発電機の正極、負極を確実に把握しておくように指示する必要がある。ここでは、写真1において、右側の銅板が陽極となるように電気分解を行った。

【結果と指導のポイント】

反応開始3分程度で、右側の銅板の周りが、銅(II)イオンにより青く着色されていく様子を観察できる。電解液中に、銅(II)イオンが含まれていないことから、陽極である銅板が溶け出して生じた銅(II)イオンであることを、生徒に考察させる。さらに、実験を続けることで、その現象がはっきり観察できる。写真2は、電気分解を始めてから5分後に、極板を取り出したときの電解液の様子である。生じた銅(II)イオンは、電解液をゲル化したことで、拡散が抑えられ陽極付近に残る。これまで、実験を

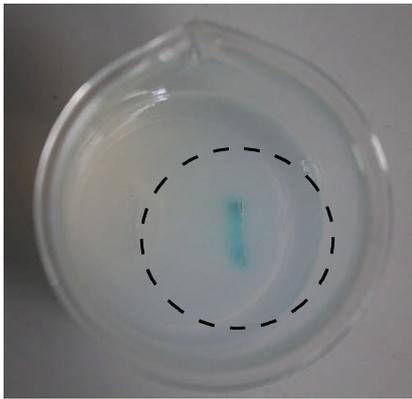


写真2 5分後の電解液の様子

通して観察することが難しかった極板の溶解の反応も、この実験では、短時間で生徒に観察させることができる。

化学反応式で表す段階において、生徒は、実験結果から容易に単体の銅を左辺に、銅(II)イオンを右辺に書くことができる。ここで、陽極での反応が酸化反応であるにも関わらず、電子(e^-)を左辺に書いてしまう生徒には、イオンの価数のみを式に表し(「0」→「+2」)、どちらの辺に「-1」を2つ加えれば電気量が等しくなるかを考えさせることで、電子が右辺に書かれることを理解させやすくなる。

また、表中の陰極①の銅(II)イオンを含む水溶液から銅が析出する実験も併せて行い、それぞれの現象を比較させながら生徒に化学反応式を考察させることで、混乱しやすい二つの化学反応式についての生徒の理解を深められることが期待される。

3 水溶液中の液性の変化を観察する実験

電気分解では、反応による電解液の液性の変化も重要な学習内容であり、実験を通して生徒に観察させておきたい。そ

こで、生徒が中学校で学習したB T B溶液を利用し、表中の陰極③の反応や陽極④の反応における電解液の液性の変化を観察できる実験について述べる。本実験では、陰・陽の両極に炭素棒を、電解液には、硫酸ナトリウム水溶液に市販の寒天粉末とB T B溶液を加え、ゲル状にしたものを使用した。

【準備と実験】

- (1) 蒸留水250mLに硫酸ナトリウム2gと市販の寒天粉末2gを加え、加熱する。寒天粉末を溶かすため、適宜、ガラス棒で攪拌する。
- (2) 沸騰したら加熱をやめ、しばらく放冷したのち、B T B溶液20mLを加える。
- (3) 200mLトールビーカーに移し、束にしたストローを差し込む。
- (4) ビニール袋等で密閉してから冷蔵庫で冷却し、固める(写真3)。密閉しないと、冷蔵庫内の環境等によりB T B溶液の色が変化することがある。
- (5) 冷蔵庫から取り出し、固めた電解液を落とさないようにストローを抜きとる。
- (6) 炭素棒を挿入するため、電解液をストローの中心に移動し、ストローの両端を切断する。



写真3 固めた電解液

- (7) 両端から炭素棒をゆっくり挿入する。
- (8) 両端の炭素棒に手回し発電機の正極、負極をそれぞれ接続し、電気分解を行う。本実験では、写真4において左側を陰極、右側を陽極とした。



写真4 反応開始前の様子

【結果と指導のポイント】

反応開始3分程度で色の変化が観察できる。写真5は反応開始5分後の電解液の様子である。このように鮮やかな色の変化が見られる。また、気泡が生じた様子も観察できる。



写真5 5分後の電解液の様子

この実験では、陰極付近に水酸化物イオンが生成するため、陰極側(写真5左側)は塩基性を示す青色に変色する。また、陽極付近には、水素イオンが生成するので、陽極側(写真5右側)は酸性を示す黄色に変色する。

高等学校の学習では、BTB溶液をほとんど使用しないが、中学校での学習を通して、生徒はBTB溶液の性質をよく理解できている。したがって、色の変化から、生じたイオンを容易に推測できると期待される。そこで、生徒には、それらのイオンがどの物質から生じたかについて考察させる。電解質の硫酸ナトリウムに水素が構成元素として含まれていないことから、水素イオンや水酸化物イオンに変化した物質が「水」であることに気付かせたい。その上で、それぞれの極の反応が、水

の酸化反応なのか、還元反応なのかについて考察させる。そして、この実験の結果と既習の内容である各極での気体発生現象を併せて考察させ、化学反応式としてまとめるように指導する。

4 図示させる学習活動の工夫

化学反応式を書く前の段階において、電気分解で起こる現象とそれを引き起こすイオンの挙動を、教科書等に記載されているような図で生徒に表現させる学習活動を取り入れる。この学習活動により、生徒は各反応に対する理解を深め、化学反応式でまとめやすくなる。また、教師も、生徒が表現した図を見ることで、生徒の考察した内容を具体的に把握でき、間違った考え方をしている場合には、適切な指導を行うことができる。

このように授業を、「実験」→「図による表現」→「化学反応式によるまとめ」と段階的に展開することで、生徒の、化学の抽象的な概念に対する理解を深められることが期待される。

観察・実験は、生徒がその結果を考察することで、初めて、学習の理解を深める上での意味や価値をもつものとなる。したがって、工夫した観察・実験を行うだけではなく、その観察・実験から生徒に何を考察させるのかについても十分に考える必要がある。

—参考文献—

- 文部科学省『中学校学習指導要領解説 理科編』平成20年9月
- 文部科学省『高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編』平成21年12月

(教科教育研修課)