

高校化学におけるスモールスケール生徒実験

—簡単にできる電気分解の実験

荻野和子・東海林恵子

(1998年1月12日受理)

緒言

マイクロ/スモールスケール実験には、さまざまな利点がある。私たちは学習指導要領の範囲のさまざまなテーマをとりあげて、スモールスケールの化学実験を開発し実践してきた¹⁾。

本報では、簡単にできる電気分解のスモールスケール実験とその実践²⁾について報告する。

電解質溶液の電気分解は、1832年、ファラデーにより初めて研究された³⁾。ファラデーの実験はガラス板の上の液滴の中に白金線2本を浸して電圧をかけて電解するというスモールスケール実験であった。本報告の電気分解は、この歴史的な実験と類似するものである。

器具

電気分解容器としては、12穴セルプレート (Corning社 Cell Wells など) を、試薬びんとしては、プラスチックポイトビンを用いた。いずれも各グループごとに必要な数を用意する。長さ約2.4 cmの炭素棒 (あるいは鉛筆のしん) を電極として使用する。電極をセルプレートの穴にセットするために、透明なプラスチック板 (約2 cm×5 cm) を用いる。板に電極よりやや大きい径の穴2個を開け、プラス、マイナスの符号をつけておく (図1参照)。そのほか電源として直列にした乾電池2個を各グループに用意する。これらの器具はすべてキットとして、用意した。

実験⁴⁾

手順：① 飽和 NaCl, 20% Na₂SO₄, 20% HCl,

Small Scale Laboratory for High School Chemistry—Simple Experiments on Electrolysis

Kazuko OGINO 東北大学医療技術短期大学部 教授 理学博士。

[連絡先] 980-8575 仙台市青葉区星陵町2-1 (勤務先)。

Keiko Shoji 宮城県第一女子高等学校。

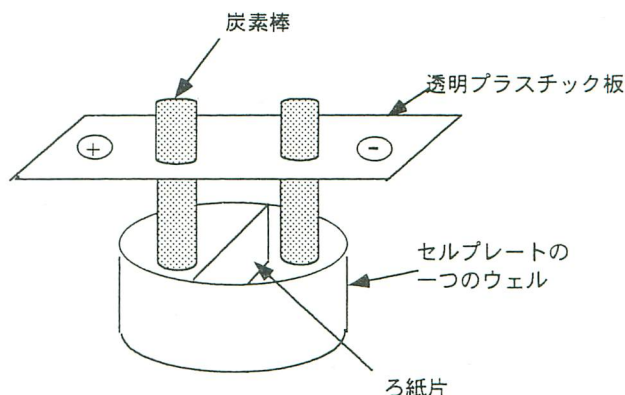


図1 電気分解のプラスチック板と電極の配置。

20% NaOH, 15% CuSO₄ などの電解質水溶液を穴 (ウェル) にとる。中性の溶液にはフェノールフタレインなどの pH 指示薬, 電解により塩素が発生する溶液には、食紅などの色素を加えるとよい。② pH 指示薬あるいは色素を加えた溶液の場合には、ろ紙片の両端を細く折り、ウェルを二分するように立てる。③ プラスチック板を電解しようとする液の上におき、電極をプラスチック板の穴にセットする。その際、2本の電極がろ紙の別々の側に入るようにする。④ 乾電池 (3 V) につなぐ。電気分解中は電極を動かさないようにする。⑤ 数分の電気分解の間、各電極のようすを観察し記録する。電極から気体が発生するときはおいをかぐ。pH 指示薬や色素を含む電解液の場合は陽極部分と陰極部分の色の変化に注意する。⑥ 電極から導線を外し、電極の外観を観察する。⑦ Na₂SO₄ 溶液, NaCl 溶液の電気分解後、両極を隔てていたろ紙を除き、液をかき混ぜ液性を調べる。

実験の結果

電解の結果観察される現象の例を表に示した。

塩素の発生は、においてわかるが、塩化ナトリウムや塩酸の電気分解のように、気体が両極で発生する場合は、いずれの極で塩素が出ているのかわからない。

表 電気分解の際に観察される現象の例。

電解液	電極で起こる反応*1	観察される現象*2	()内の液を入れた場合の結果
飽和 NaCl (①食紅 あるいは ②万能指示薬)	陰極 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	気体の発生 気体の発生	①紅色, ②紫色 ①紅色→無色, ②橙黄色→無色
	陽極 $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$		
	全反応 $2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	塩素のにおい	①紅色→無色 ②青紫色→無色
20% Na ₂ SO ₄ (万能指示薬)	陰極 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	気体の発生 気体の発生	紫色 赤橙色
	陽極 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}^+ + \text{O}_2 + 4\text{e}^-$		
	全反応 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$	においなし	緑色
20% CuCl ₂	陰極 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	銅の析出 気体の発生	
	陽極 $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$		
	全反応 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cu} + \text{Cl}_2$	塩素のにおい	

*1 電極の反応式は多くの高校教科書とは異なる⁵⁾。

*2 においては、いずれの極の変化によるものか、感知しにくいので、「全反応」のところに記した。

色素を加えておくと、陽極側で退色が見られ、塩素は陽極から発生しているのがわかる。ろ紙片で両極を分離すると色の違いが明瞭に示される。

考 察

反応式から予想されること(金属の析出、気体の発生、気体のおい、液性の変化)は、本実験によりすべて観察できた。

通常、電気分解の実験は、ピーカーとある程度の長さの電極を用いて行われる。導線を接続すると、そのようなセットは倒れやすく、注意を要する。倒れにくいようにするには、電極ホルダーをスタンドに固定するなどの工夫が必要である。それに対し、本法では、倒れる心配もなく、組立てに時間を要せず、複数の電気分解を小さなスペースで短時間で失敗なく、また、繰り返し行うことができた。

この実験は宮城県第一女子高等学校、宮城県仙台南高等学校等において、授業で実施してきた。生徒の興味を強くひくことができ、学習効果が高いことがわかった。生徒の感想の例には次のようなものがある。

○ 教科書の写真や図ではなく、電気分解を自分の手でやり、自分の目で見れたので、Cuの付着の仕方や、陽極、陰極での気体の発生量の違いがわかり、式で表すことはもちろん、実際に実験することも重要だと思った。

○ Na₂SO₄の電解では、極によって、液の中でも酸性、塩基性とちがっていたのに驚いた。混ぜたら中性になったのにも驚いた。

○ こんなに少ない液なのに、炭素棒を入れて電池につないただけですぐ泡が出たり、しばらくすると銅が出たりどんどん反応してゆくので、見ていて楽しかった。

○ 実験結果を式と照し合わせるのが何だか楽しい。実験結果があっているのかいないのかがわかり、実験の面白さがわかってきた。

この実験のキットを用い、電解の実験を行ったことのない教員(専門生物)のクラスでも、簡単に生徒実験を行うことができた。

謝 辞

本研究は、文部省科学研究費 06680166 および 09680184 によって行ったものである。

文 献

- 1) 荻野和子, 化学と教育, 46, 516(1998).
- 2) 荻野和子・東海林恵子, 日本化学会第71春季年会(1997).
- 3) 矢島・稲沼訳, 田中監訳, ファラデー, 電気実験, 内田老鶴圃, 97~99頁(1976).
- 4) 本実験では、生徒用実験シートを用意した。実験手順が記載され、実験結果等も記入できるようにした。このようなシートや実験の詳細については、著者らに照会されたい。
- 5) 渡辺 正, 化学と教育, 44, 656(1996).