

指導資料



鹿児島県総合教育センター

理科 第250号

- 高等学校，盲・聾・養護学校対象 -

平成17年5月発行

酸化と還元 - 電気分解実験の工夫 -

高等学校学習指導要領解説には、「電気分解は酸化還元反応の例として取り上げ，代表的な物質の電気分解について，ファラデーの法則を中心に扱う」と記載されている。ファラデーの法則とは，電気分解での物質の変化量と流れた電気量が比例関係にあることを表したものであり，物質の変化量と流れた電子の物質量の関係は，電極でのイオン反応式から導くことができる。

化学 においては，電子 1 mol のもつ電気量の絶対値 $9.65 \times 10^4 \text{ C}$ （ファラデー定数）を用いて電気分解による物質の変化量を求めさせる。そのため，電気分解における量的関係を理解するには，電子の物質量と電気量（C）の関係を正しくとらえる必要がある。この関係を導くために，生徒自ら実験を行い，得られた値を基に，ファラデー定数を求めることは，電気分解への理解を深める上で重要である。

当センターでは，両極に銅板を用いて硫酸銅（ ）水溶液中で電気分解を行い，陽極における銅板の質量の変化量をコンピュータ計測し，得られた結果からファラデー定数を求める実験方法をホームページ等で紹介している（写真1）。この実験方法は，ファラデーの

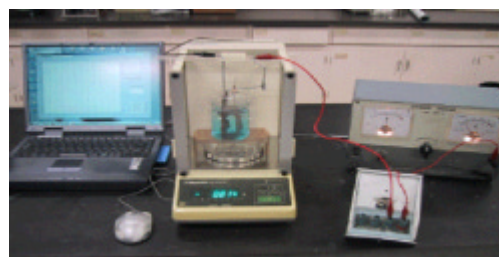


写真1 コンピュータを使った測定装置
法則を理解させるために，教師が行う実験としては有効である。しかし，生徒自身が行うには，電解装置の組立てやコンピュータの組み込みが複雑で準備が困難であると思われる。

そこで，本稿では生徒が1単位時間の授業内で，ファラデー定数を求めることのできる簡便な電気分解の実験の工夫や留意点などについて述べる。

1 実験を行うための課題と工夫

電池やピーカーを用いた簡単な装置（図1参照）で実験を行えるようにするために，実験条件を決定するための予備実験を行った。

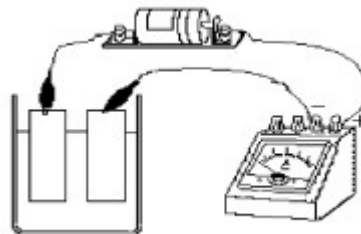


図1 電気分解装置

(1) 析出量測定について

電気分解の実験で、結果を定量的に扱うためには、析出（発生）した物質の質量又は体積を測定する必要がある。ここでは、電子てんびんを用いて実験の前後で陰極板の質量を測定し、その差から陰極に析出した金属の質量を求める。

析出させる金属として銀や銅が考えられるが、銀の場合、陰極に析出した後、電極下に落ちてしまう。一方、銅の場合は電極からの欠落もなく、質量測定の際に水分を軽くふいてもはがれないので、正確な質量測定ができる。そこで、ここでは銅を析出させ、質量を測定する。

(2) 電極について

電気分解において、10分程度の測定時間で、質量測定可能な金属を析出させるためには、安定した強い電流を得る必要がある。そのためには、電極の種類や電極板の大きさ、電極板間の距離などを工夫する必要がある。

ア 電極の種類

炭素棒(C)、銅板(Cu)、ステンレス板(SUS)を電極として使用し、1.5Vの電圧で0.2mol/L硫酸銅()水溶液を電気分解したときに流れた電流を、電気分解開始1分後に測定した値が表1である。

表1 電気分解で流れた電流

陰 極	C	Cu	SUS	SUS	C
陽 極	C	Cu	SUS	Cu	Cu
電流(mA)	5	90	3	100	80

両極が共に炭素棒、ステンレス板の場合、流れる電流が弱すぎるので、金属の析出量はあまり期待できない。

陽極が銅板の場合は、陰極の種類にかかわらず同じような強さの電流を得ることができる。ここでは、銅の析出が確認しやすいステンレス板を陰極に、銅板を陽極に用いた。

イ 電極板の大きさ

電極板の大きさと流れる電流の強さとの関係を知るために、電極板の大きさ（面積）を変えて流れる電流の強さを測定した。結果は表2のとおりである。

表2 電極板の大きさと電流

(濃度：0.2mol/L 電圧：1.5V)

縦(mm) × 横(mm)	60 × 10	60 × 20	60 × 40
電 流(mA)	91	135	255

この結果から、極板の面積が広いほど強い電流が得られることが分かる。ここでは、電解槽として、どの学校にもある50mLビーカーを使用するので、電極板の大きさを60mm × 40mmと設定する。

ウ 電極板間の距離

写真2のような装置を組み、電極板間の距離と流れる電流の強さとの関係を調べ、グラフ(図2)に表した。

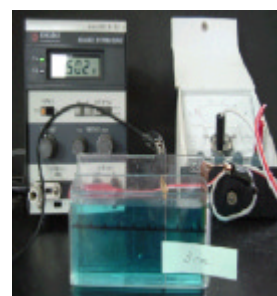


写真2 電極板間の距離を変更できる電気分解装置

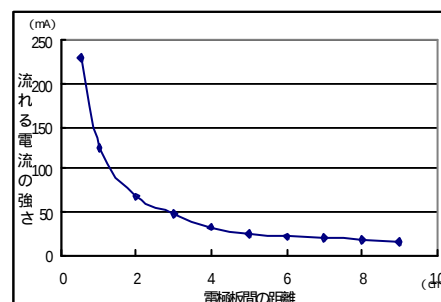


図2 電極板間の距離と流れる電流の強さ

グラフから分かるように、電極板と電極板との間が狭いほど強い電流を得ることができる。

ここでは、装置が



写真3 電極板

カー内にぐらつかないように設置でき、かつ、電極板間をできるだけ狭くするため、電極板間に5mmの厚さに切ったゴム栓をはさみ、輪ゴムで巻いて固定する。

(3) 電解液の濃度について

異なる濃度の硫酸銅（ ）水溶液を用いて電気分解で流れる電流の強さを測定すると、表3のような結果が得られた。

表3 溶液濃度と電流の強さ

濃度(mol/L)	0.1	0.2	0.5
電 流(mA)	105	175	340

この結果から濃度が高いほど強い電流が得られることが分かる。ただし、ここでは生徒が行う実験を目的としているので、廃液処理等を考慮し、測定可能であればできるだけ濃度の低い(0.1mol/L, 0.2mol/L)水溶液を使用する。

(4) 電源及び電流の安定について

電気分解の電源として、予備実験では電源装置を用いたが、生徒の実験では図1のように乾電池(単1形)を使用する。

ファラデー定数を計算で求めるためには、実験値として金属析出量、電気分解時間(秒)、流れた電流値(A)が必要であるため、一定の電流値を得なければならない。しかし、電気分解開始後しばらくは電流値が変化し、その後、安定してくる(表4参照)。

表4 時間による電流値の変化

時間(分)	0	2	4	6	8	10
電流(mA)	135	142	147	148	149	149

そこで、数回実験を繰り返した結果、次のようなことが分かった。

ア 新しい電極板を使用すると実験開始直後、電流値が上昇していき、徐々に安定していく。

イ 一度使用し、銅が析出した電極板を用いると、実験開始後、徐々に電流値が下がり数分で安定する。

これらの結果より、電流値が安定しやすいのは、新しい電極板より一度使用した電極板の方であることが分かった。ここでは、一度銅を析出させたステンレス板を用い、直前に電気分解をして電流値を安定させてから行うことにする。その際、開始直後は電流値が下がる傾向があるので、開始1分ほどで安定したときの値を読み取る必要がある。

2 実験の結果及び考察

(1) 実験

【準備】

硫酸銅（ ）水溶液、ステンレス板、銅板、みの虫クリップ、単1形乾電池、電池ホルダー、ゴム栓(5mmに切る)、輪ゴム、直流電流計、電子てんびん

【方法】

写真4のような装置

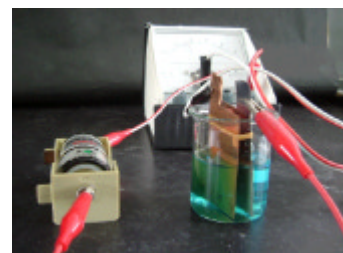


写真4 電気分解装置

を組み、電流値を安定させるため、5～10分間電気分解を行う。

極板を外して蒸留水で洗い、水分をふき取り、質量（W1）を測定する。

再度装置を組み、10分間電気分解を行う、その間、1分ごとに電流計で電流値を読み取り記録する。

電極板を外し、蒸留水で洗い水分をふき取り、再度質量（W2）を測定する。

(2) 結果

0.2mol/L硫酸銅（ ）水溶液を用いた実験結果（5回分）を、表5に示す。

表5 測定結果（測定時間10分）

	W1(g)	W2(g)	析出量(g)	電流値(mA)
1	7.861	7.907	0.046	235
2	7.881	7.927	0.046	238
3	8.227	8.268	0.041	205
4	7.970	8.006	0.036	184
5	8.027	8.064	0.037	189

(3) 考察

$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}$ の式から、ファラデー定数は銅0.5molを析出させるために必要な電気量（単位C）であるので、次の式から算出すると表6のようになる。

$$\text{ファラデー定数} = \frac{\text{電流 (A)} \times \text{時間 (S)}}{\text{析出量 (g)} / 63.5 \times 2}$$

Cu 原子量 = 63.5

表6 ファラデー定数と誤差率

	ファラデー定数	誤差率
1	9.7321×10^4	0.87%
2	9.8663×10^4	2.15%
3	9.5250×10^4	1.28%
4	9.7367×10^4	0.91%
5	9.7310×10^4	0.86%

誤差率がほぼ1%程度であり、かなり精度の高い結果が得られた。

表6に示した誤差率は次の式で求めた

ものである（真値は理科年表に示されたファラデー定数 9.6485×10^4 を用いる）。

$$\text{誤差率}(\%) = (\text{測定値} - \text{真値}) / \text{真値}$$

同様の実験を、0.1mol/L硫酸銅（ ）水溶液で行うと、陰極の銅が黒く変化する。陰極を銅板にしても同じ結果となった。この場合純粋な銅の析出でないため、目的と
写真5 黒く変色した電極板
得られない。このことから、この実験では、0.1mol/L硫酸銅（ ）水溶液は使用できないことが分かった。



この実験では、電流値を安定させることがポイントになる。本稿1(4)で示した方法で、安定した電流値を読み取ることができる。しかし、電流値は安定せずに少しずつ変化する場合もあるので、開始1分後から1分ごとに電流値を記録し、電流値が変化した場合は平均値を求め、計算に用いる。

また、実験において、接続部分のはんだ付けやクリップ固定などの工夫も考えられる。

さらに、使用した電解液は、繰り返し使用することができるので、保存しておけば毎回調製する必要はない。

定数を導くという目的をもって、生徒自ら実験を行うことは、定数の持つ意味を理解することにつながると共に、定数を活用する能力を身に付けさせることができると考える。

【参考文献】

文部省 『高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編』 平成11年 大日本図書
文部科学省国立天文台編 『理科年表』 平成16年丸善

（教科教育研修課）