

(目的) ファラデーの電気分解の法則が厳密に成り立っているかを検証する。

また、ファラデー定数を求め文献値と比較する。

[器具] 電子天秤, 電源装置 (15 V, 5 A), すべり抵抗器 (可変抵抗器 2 A, 30  $\Omega$ ), 直流電流計, 100 mL ビーカー, 保温容器 (ポリエチレンビーカー), フォームポリエチレン板, 銅板 (約 20 × 70 mm, 2), ピンセット, ティッシュペーパー  
わにロクリップ付きリード線 (2), 矢形チップ付きリード線 (2), ストップウォッチ

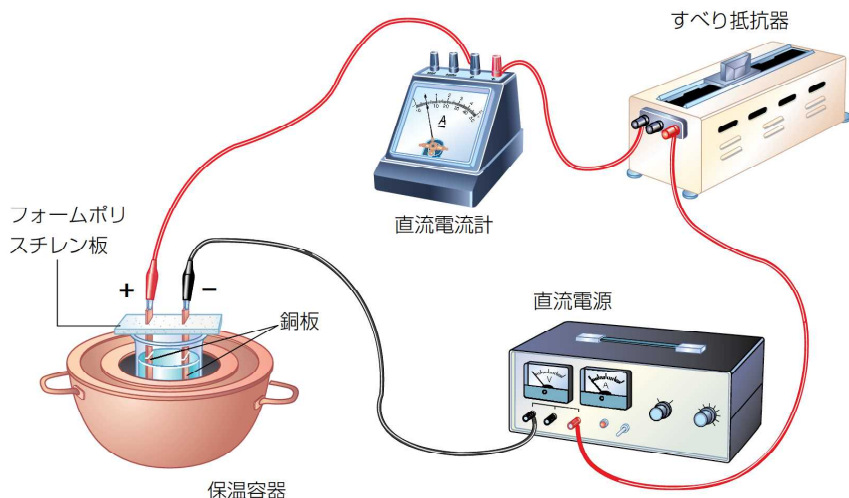
[薬品] 電解質水溶液; 硫酸銅(II)五水和物 225 g と 3 mol/L 硫酸 100 mL を水に溶かして 1 L にした溶液 (0.9 mol/L CuSO<sub>4</sub>, 0.3 mol/L 硫酸を含む), 純水 (洗瓶), エタノール (教卓)

[復習事項] ファラデーの電気分解の法則; 電気分解で陰極又は陽極で変化する物質の量は、流した電気量に比例する。

- ・流した電気量  $Q$  [C] は、流れた電子の物質量  $n$  [mol] に比例している。また、電気分解で析出する金属の物質量  $n'$  [mol] は、流れた電子の物質量  $n$  [mol] に比例する。
- ・ファラデー定数を  $F$  [C/mol] とし、 $Q$  と  $n$  の関係を表してみよ。また、析出する金属 Cu の価数が 2 であることから、 $Q$  と  $n'$  の関係を表してみよ。この関係式から、ファラデー定数  $F$  の値を実験で求める。

### ■実験操作

- ① 洗浄した銅板 2 枚のそれぞれの質量を、電子天秤を用いて 0.001 g まで正確に測定する。このとき、できるだけ手の脂がつかないように気をつける。
- ② 2 枚の銅板を両極として、図のような実験装置を組む。
- ③ すべり抵抗器のレバーを中央にし、直流電源のスイッチを入れ徐々に電圧を上げていき電流を 1.0 A に調整する。電気分解中、常に 1.0 A を保つようにすべり抵抗器で調節する。
- ④ 500 秒間を正確に計時し、電気分解をする。
- ⑤ 電極を引き上げ、純水で水洗し、さらにエタノールに浸した後、空气中で乾燥させてからそれぞれの質量を正確に測定する。
- ⑥ 陰極と陽極を間違わないように元通りにセットし、さらに、500 秒間の電気分解をし、銅板を洗浄、乾燥後、質量を測定する。



### ■結果

- ・電気分解前の銅板の質量      陰極 ..... g ,      陽極 ..... g
- ・500 秒後の銅板の質量      陰極 ..... g ,      陽極 ..... g
- ・銅板の表面の様子を観察して記せ
  
- ・1000 秒後の銅板の質量      陰極 ..... g ,      陽極 ..... g
- ・銅板の表面の様子を観察して記せ

### ■考察

(1) 保温容器を使ったのは、何故か。考えられることを記せ。

温度が低いと反応速度が小さくなり、電気分解反応が起こりにくいため電流が流れにくくなる。この状態で電流を 1.0 A にするためには電圧をあげる必要がある。電圧が高いと、銅の酸化還元反応以外の反応が起こりやすくなる。例えば、陰極での水素の発生、陽極での酸素の発生や酸化銅の生成などが起こることが考えられる。これらの反応のために電気が消費されるために測定値に誤差が生じる。測定値が小さくなると予想される。

(2) 電流の大きさと電流を通じた時間のデータから、流れた電気量 [C] を求めよ。

・ 500 秒間

$$Q = I \cdot t = 1.0 \text{ A} \times 500 \text{ s} = 500 \text{ C}$$

・ 1000 秒間

$$1.0 \text{ A} \times 1000 \text{ s} = 1000 \text{ C}$$

実験日時    月    日 ( )    校時    2年    組    番 (    班) 氏名

(3) (1)で求めた電気量の値から、 $\text{Cu} = 63.5$ 、ファラデー定数を  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$  として変化するはずの銅の質量を理論的に予測 (計算) せよ。

・ 500 秒間

陰極  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ 、陽極  $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$  であり、電子の物質量の 1/2 の銅が反応する。

$$\frac{500 \text{ C}}{9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}} \times \frac{1}{2} \times 63.5 \text{ g/mol}$$
$$= 0.1645 \text{ g}$$

・ 1000 秒間

$$\frac{1000 \text{ C}}{9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}} \times \frac{1}{2} \times 63.5 \text{ g/mol}$$
$$= 0.3290 \text{ g}$$

(4) 変化した銅の質量の実験値と理論値を比較してみよ。理論値との誤差が何%あるか求めよ。

陰極 理論値よりごくわずか小さい

陽極 理論値より少し小さい

・ 500 秒間の誤差

$$\frac{\text{実験値} - \text{理論値}}{\text{理論値}} \times 100 = \text{誤差\%}$$

陰極 理論値よりごくわずか小さい

陽極 理論値より少し小さい

・ 1000 秒間の誤差

(例) 陰極  $- 1.35 \%$   
陽極  $- 2.0 \%$

(5) (4)の実験値は、理論値より大きい小さいか。その原因と考えられることを記せ。

・ 小さい。(1)で挙げたような水素の発生、酸素の発生や酸化銅の生成などの副反応が起こり、そのために電気量が消費され、銅の反応量が減少したと考えられる。また、銅に含まれる不純物である他の金属が、反応せずはがれたり、イオンになったことが質量変化の誤差の原因になっていることも考えられる。しかし、その量は1~2%とごくわずかである。

(6) 極板の質量の増加量と陽極板の質量の減少量の絶対値を比較してみよ。どちらが大きい。その変化量の差は、陰極の質量増加に対して何%か。理論的には、同じ質量変化のはずであるが、異なる場合はその原因を検討せよ。

(例) 陰極の方が大きい。0.67%

(原因) 陽極では生じた  $\text{Cu}^{2+}$  イオンが溶解せず、酸素と反応して  $\text{CuO}$  になり析出したと考えられる。また、原子量が  $\text{Cu}$  より小さい金属が不純物として混ざっていて、その金属がイオン化したことも考えられる。それらの分、質量の減少が少なくなったのであろう。

(7) 銅の原子量を 63.5 として、実験結果 (変化量の大きい方の電極の値から求めよ) からファラデー定数  $F$  [C/mol] を求めてみよ。

・ 500 秒間の値

$$F = \frac{Q}{2n'} = 500 \text{ C} \times \frac{63.5 \text{ g/mol}}{0.162 \text{ g} \times 2}$$
$$= 9.80 \times 10^4 \text{ C/mol}$$

・ 1000 秒間の値

$$1000 \text{ C} \times \frac{63.5 \text{ g/mol}}{0.324 \text{ g} \times 2}$$
$$= 9.80 \times 10^4 \text{ C/mol}$$

(8) 実験結果から求めたファラデー定数  $F$  [C/mol] を文献値の定数と比較してみよ。また、誤差が何%あるか求めよ。

・ 500 秒間の値

文献値よりやや大きい

・ 500 秒間の誤差

$$\frac{(9.80 - 9.65) \times 10^4 \text{ C/mol}}{9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}} \times 100$$
$$= 1.55 \%$$

・ 1000 秒間の値

文献値よりやや大きい

・ 1000 秒間の誤差

(9) また、(8)で求めたファラデー定数の文献値との誤差の原因と考えられることを記せ。また、その影響の大きさについて考察せよ。

(1)で述べた副反応によって電気量が消費され、反応した銅の質量が少なくなる誤差が生じたと考えられる。そのため銅の質量から求めた電子の物質量が少なくなり、電子 1 mol 当たりの電気量、つまりファラデー定数が大きくなる誤差が生じたと考えられる。しかし、その誤差は 2 % 以下であり、それによる影響は非常に小さく、正確にファラデー定数を求めることができたと言える。

(10) ①～⑥の結果から、ファラデーの電気分解の法則が成り立っていることを検証できたか。

求めたファラデー定数は非常に正確である。そのことから、ファラデーの電気分解の法則が成り立っていることが検証できた。

500 秒と比べて 1000 秒のときの銅の反応量は、ほぼ正確に 2 倍になっており、このことからファラデーの電気分解の法則が成り立っていることが検証できる。

◆調査◆ ファラデー Michael Faraday の研究業績を調べて記せ。

- ・ 直流電流を流した電気伝導体の周囲の磁場を研究し、物理学における電磁場の基礎理論を確立。電磁誘導の法則、反磁性、電気分解の法則などを発見。磁性が光線に影響を与えること、2 つの現象が根底で関連していることを明らかにした。電磁気を利用して回転する装置（電動機）を発明し、その後の電動機技術の基礎を築いた。それだけでなく電気を使ったテクノロジー全般が彼の業績から発展したものである。
- ・ 化学者としては、ベンゼンを発見し、塩素の包接水和物を研究し、原始的な形のブンゼンバーナーを発明し、酸化数の体系を提案した。アノード、カソード、電極 (electrode)、イオンといった用語はファラデーが一般化させた。

[ 感想, 自己評価 ]

実験日時 月 日 ( ) 校時 2 年 組 番 ( 班) 氏名