

硫酸亜鉛等の電気分解について

学校名：徳島県立城南高等学校

学年・氏名：2年・菊池 怜 (きくち れい)

3年・森本 雄太 (もりもと ゆうた)

山本 宏行 (やまもと ひろゆき)

渡部 和生 (わたなべ かずお)

1 研究動機

授業で学んだ電気分解に興味を持ち、特に硫酸亜鉛水溶液では亜鉛は水素よりイオン化傾向が大きいのに陰極に亜鉛が析出することが不思議だったので、これについて実際にいろいろ調べてみることにした。

2 目的

硫酸亜鉛水溶液がどれくらいの電圧で電気分解されるのかを調べ、電流と時間の関係からファラデーの法則より算出した亜鉛の質量と、実測値を比較する。また、亜鉛の錯イオン水溶液では何が析出するかについても調べる。

3 計画

(1) 0.1mol/l硫酸亜鉛水溶液の電気分解を、電圧を変えながら行い、どれくらいの電圧で変化が生じるかを調べる。

(2) 硫酸亜鉛水溶液の濃度を小さくしていき、濃度により各電極より生成する物質が異なるかを調べる。

(3) パソコンに接続した電流・電圧センサーを用い、時間対電流のグラフを書かせて、その面積より電気量を求め、それから算出した亜鉛の析出量と実測値を比較する。

(4) 亜鉛の錯イオンの他、各種錯イオン水溶液をつくり、電気分解を行って析出する物質が何か調べる。

4 実験1

(1) 方法

0.1mol/l 硫酸亜鉛($ZnSO_4$) 水溶液 60mlを100mlビーカーに入れ、電極はともに白金電極(箔状)とし、これを直流電源装置に接続した。電流は電流センサー(パスポート：島津)を接続したパソコンにつなぎ経時変化をグラフ化した(ソフトはData studio)。後でこのグラフを印刷し、囲まれた部分をはさみで切り取り、その質量から電気量を求めた。

最初に各電極の質量を調べておき、実験後にメタノールで洗浄後、ドライヤーで乾燥した後、質量変化を調べた。さらに、この実際に析出した亜鉛の量と、計算で求めた析出される亜鉛の量が合うかどうか調べた。電圧は4.0V、電極間の距離は3.6cmで10分間電気分解した。

また、硫酸亜鉛水溶液の濃度を小さくしていった場合、陰極での生成物に変化があるかについて調べた。

(2) 結果

陽極からは気体が発生し、これは酸素と考えられる。陰極には金属が析出した。この金属は塩酸に溶け、亜鉛であると考えられる。

実験前→陽極となる白金Aは18.8116g、陰極となる白金Bは18.8972g、

実験後→亜鉛の付いた白金Bは18.9006gになっていた。実際の析出量は、0.0034g

なお、今回の実験では、0.1A流すのに3.0V以上、0.2A流すのに4.0V以上必要であることが

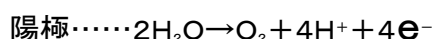
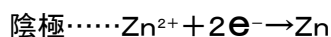
わかった。

また、濃度を小さくしていった場合（5Vで実施）、陰極での生成物は亜鉛のままであり、亜鉛の析出の後で水素と思われる気体が発生した。さらに濃度を小さくすると電流が流れなくなった。

電流対時間のグラフのグラフから算出した亜鉛の析出量は約0.0042gであった。

(3) 考察

各電極での反応は次のとおり。



硫酸亜鉛を電圧5Vで電気分解した場合、いくら濃度を低くしても亜鉛は析出する。その理由として考えられるのは、硫酸亜鉛は弱酸性であり、水溶液中に含まれる水素イオンの亜鉛イオンに対する割合があまり大きくなく、水素イオンは気体になるのに余分のエネルギーが必要（過電圧）であるため、変化しやすい亜鉛の方が析出するため、いくら濃度を小さくしても亜鉛が析出すると考えられる。

また、電気量から算出した亜鉛の析出量と実際の析出量はおおよそ近いが、その差 $0.0042 - 0.0034 = 0.0008\text{g}$ が生じたのは、一部の電気量が何か他の反応に使われたかもしれないし、数値が小さいので実験誤差の可能性もある。

実験2

(1) 方法

亜鉛の他、各種金属の錯イオンの溶液をつくり、炭素電極を用いて5Vで電気分解し、各電極での生成物について調べる。また、陰極での析出物について電流と電解時間の面積からファラデーの法則より算出した値と実測値を比較する。

(2) 結果と考察

① テトラアンミン銅(II)イオン ($[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$) の結果と考察

電圧 5 V, 電極は両方炭素棒, 電極間の距離は1.7cm。

実測値とファラデーの法則から算出した値との比較 (陰極)	
実測値	+0.0732g
理論値	+0.0217g

析出した物質は、陽極には酸素、陰極には銅と考えられる。実験値と理論値の差について考えてみたが、なぜこういう結果になったのか不明である。

② ジアンミン銀 (I) イオン ($[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^{+}$) の結果と考察

電圧は 5 V, 電極は両方炭素棒, 電極間の距離は2.0cm。

実測値とファラデーの法則から算出した値との比較 (陰極)	
実験値	+0.0351 g
理論値	+0.1120 g

陰極に銀が析出し、陽極には酸素が発生したと考えられる。

実験値と理論値の差は比較的大きく、銀だけではなく水素も発生したためではないかと考えられる。これは、錯イオンから金属単体になるのは、金属イオンが単体になるよりもややおこりにくく、そのために生成しやすさが水素とあまり大きく変わらなくなったためではないかと考えられる。

③テトラアンミン亜鉛(Ⅱ)イオン([Zn(NH₃)₄]⁺)

電圧は5 V, 電極は両方炭素棒, 電極間の距離は1.0cm。

実測値とファラデーの法則から算出した値の比較(陰極)	
実験値	+1.10g
理論値	+1.501g

析出物は、陽極からは酸素、陰極からは亜鉛と水素であると考えられる。実験値と理論値の差は水素も発生したために生じたと考えられる。

④テトラヒドロキソ亜鉛(Ⅱ)酸イオン([Zn(OH)₄]²⁻)の結果

電圧は5 V, 電極は両方白金棒, 電極間の距離は1.5cm。

実測値とファラデーの法則から算出した値との比較(陰極)	
実測値	+1.707 g
理論値	+1.846 g

析出物は、陰極では亜鉛、陽極では酸素であると考えられる。実験値と理論値の差は水素が発生したために生じたと考えられる。

今回、錯イオンについては5Vの電圧で統一して実験を行ったが、他の電圧については、時間が足りなかったため、調べることができなかった。

5わかったこと

硫酸亜鉛水溶液では、濃度を小さくしていても陰極には亜鉛が析出し、実測値とファラデーの法則から算出した理論値はおおよそ一致する。

錯イオン水溶液ではその種類によっては、理論値との差が大きく、これは陰極には金属だけでなく水素も発生したためと考えられる。

6感想

今回は、時間不足のため、十分な実験は出来ませんでしたがそれでもいろいろ考えたりして、自分たちに大きな発見がありました。電気分解というのはいたるところで、利用されています。たとえば、自動車に使われている燃料電池や廃水処理、銅の電解精錬などに使われています。電気分解はもはや私達にとって欠かすことのできない存在になっており、もっとこれについて勉強をすすめていきたいと思いました。実験自体は、思ったよりも、計算が複雑だったこと、実験のセットの中で白金を支えるのに割り箸を使ったので、電線の重さで倒れないように支えるのに苦労したりと、色々大変でしたけど、まあまあ楽しんでよかったです。

7今後の計画

今後は硫酸亜鉛水溶液に酸を混合した場合や電圧をもっと大きく、たとえば1.0Aの電流を流すほどの電圧をかけたらどうなるか、さらに電極を変えた場合その他別の錯イオン水溶液ではどうなるか等、色々と試行錯誤してみたいと思っています。