

スポットライト

～第8回「高校生・高専学生ポスター発表」優秀賞～

ダニエル電池の負極に Mg を用いると？

兵庫県立宝塚北高等学校グローバルサイエンス科 2年

山本大樹 三浦幸太 曾田旺宏 藤原悠太郎

1. 緒 言

私達は高校での化学実習でダニエル電池を用いて電流や電圧を測定しました。ダニエル電池とは、負極に亜鉛(Zn)、正極に銅(Cu)を用いた化学一次電池のことを指します。より深くダニエル電池について探究を行いたいと考え、金属板や電解液を変えて実験を行いました。今回、私たちは、ダニエル電池における Zn 板および $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2\text{aq}$ を Mg 板、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2\text{aq}$ に置換した結果、Zn を用いたダニエル電池とは異なる以下の事象が確認できたため、この事象の原因について探究することにしました。

① Mg 板を負極に用いた電池は Zn を用いた場合と比較して時間経過に伴う電流量の変化が少なかった一方、電流が不安定であった。

② 電池を動作させると、 $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2\text{aq}$ が塩基性を示した。

①、②の事象に関して原因不明かつ、電池作動時の挙動が Zn を負極に用いるダニエル電池では、確認できない事象であるため、ダニエル電池の原理を利用した電池の負極を Zn から Mg に置換した場合において、電流低下を及ぼした原因の解明を行うこととしました。

2. 実験方法

(1) Mg 板を用いた化学電池の作製

我々は負極に Mg 板(ケニス製、型番：1-126-0207、純度：96.07 mass%)、正極に Cu 板(ケニス製、型番：1-126-0201、純度：99.96 mass%)、負極側の電解質に 40 mL の $0.25 \text{ mol/L Mg}(\text{NO}_3)_2\text{aq}$ 、正極側の電解質に 40 mL の $1.0 \text{ mol/L Cu}(\text{NO}_3)_2\text{aq}$ を用いました。図1に示す化学一次電池を作製し、ケニス製データロガー(サイエンスキューブ(1-109-900SB)(電流センサ(型番：1-109-0908)および電圧センサ(型番：1-109-0907))を用いて電流と電圧を測定し、負極側電解質の pH 測定には、ケニス製 pH メーター(型番：1-109-0921)を用いました。

また、Cu と Mg では Mg の方がイオン化傾向は高いため、作製した電池は正極、負極で以下の化学反応が生じると考えられます。

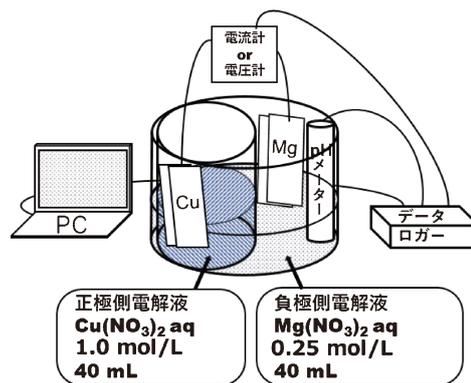


図1 作製した電池の模式図。(オンラインカラー)

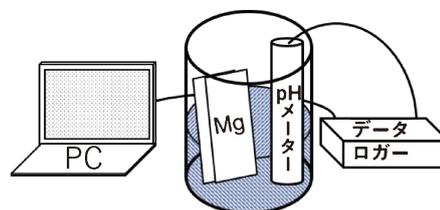
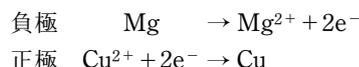


図2 pH 測定の様子。(オンラインカラー)



(2) Mg 板の純水への浸漬

用いた Mg 板表面に付着している不純物が原因で負極の電解液を塩基性にしたのではないかと考え、Mg 板表面を 200番の紙やすりで全体を満遍なく研磨した後、純水で洗浄したものと、そうでない物を図2のように、それぞれ 40 mL の純水に浸漬させました。また、表面の不純物が、Mg 板表面の酸化被膜である MgO の影響によるもので $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{OH})_2$ の反応により水溶液が塩基性を示した場合を考慮し、大気中で Mg 板(ケニス製、型番：1-126-0207、純度：96.07 mass%)をガスバーナーで加熱し、表面酸化させたものと 40 mL の純水を混合しました。これら三種類の溶液を20時間放置した後それぞれ一部抽出し、フェノールフタレイン溶液を加えると同時に、pH メーターを用いて図2のように pH を測定しました。

(3) 化学電池作動時の負極の pH の時間変化

ダニエル電池と Mg を用いた本実験で用いる電池の比較について、本実験で作成する電池は作動させると負極側および正極側電解液が塩基性を示したことから、Mg を用いる電池に関して負極から析出する、負極側電解液に溶解する不純物が影響しているのではないかと考え、図1の装置のように Mg を負極に用いた電池の負極側電解液に pH メーターを入れ、pH の時間変化を約22時間放置し計測しました。

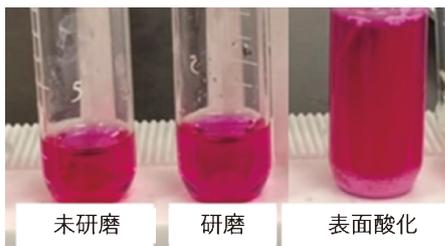


図3 3種類のMg板(未研磨, 研磨, 表面酸化)を純水に浸漬したものにフェノールフタレイン溶液を加えたときの様子。(オンラインカラー)

表1 3種類のMg板(未研磨, 研磨, 表面酸化)を純水に浸漬した時のpH値.

	pH 値
未研磨のMg板	10.3
研磨したMg板	10.2
表面酸化したMg板	10.2

3. 実験結果・考察

(1) Mg板の純水への浸漬

結果として、フェノールフタレイン溶液は、3種類ともすべて赤色を示しました(図3)。また、pH値に関しては、それぞれ表1に示される通りになりました。

このことから、私たちは塩基性を示したのはMg板にもともと存在するMgの酸化物が原因ではないかと考えました。また、Mg(OH)₂の飽和水溶液はpHが10.5を示すので、反応した物質はMg(OH)₂ではないかと考えました。

(2) 化学電池作動時の負極のpHの時間変化

電池作動とpH変化の様子を時間経過とともに計測した結果、Mgを用いた電池の電流値とpH値の相関関係は図4のグラフになりました。また、5ks付近から電流の増加量が減少すると同時に負極表面に黒色物質が露出しました(図5)。

ここで、電流値とpHの時間変化について比較すると、計測開始から20ks付近までpHが上昇するにつれて電流値も上昇し、pHが安定した頃から電流値が減少し始めていることがわかりました。このことから図4よりpHの変化と電流値の変化には相関があり、溶解した酸化物によってpHが上昇による液中のイオンの増加により、溶液の電気伝導率が上

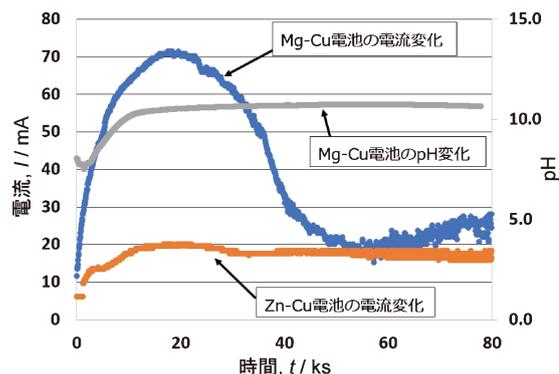


図4 電流とpHの経時変化。(オンラインカラー)



図5 5ks付近でのMg板表面の様子。(オンラインカラー)

昇し電流値は上昇するが、その後の電流値減少は図5の黒色物質が電流量の増加に負の相関関係を持たせることが原因ではないかと考えました。

4. 結論および今後の展望

これらの実験結果から、負極をMgに変更したことで溶液のpHが変化し塩基性に傾いたこと、また同時に黒色物質が負極のMg板に析出したことが電流低下の原因となったことが考えられます。今後の展望として、検証で得た結果をもとにMgを用いた電池の開発に向け、黒色物質の同定およびこの物質と電流、電圧の関係をより深く突き詰める必要があると考えます。また、本研究に協力してくださった皆様にこの場を借りて深く御礼申し上げます。ありがとうございました。

(2022年6月15日受理)[doi:10.2320/materia.62.399]
(連絡先: 〒665-0847 宝塚市すみれが丘4-1-1)