

Mg 一次電池について

大阪府立四條畷高等学校（探究ラボ）

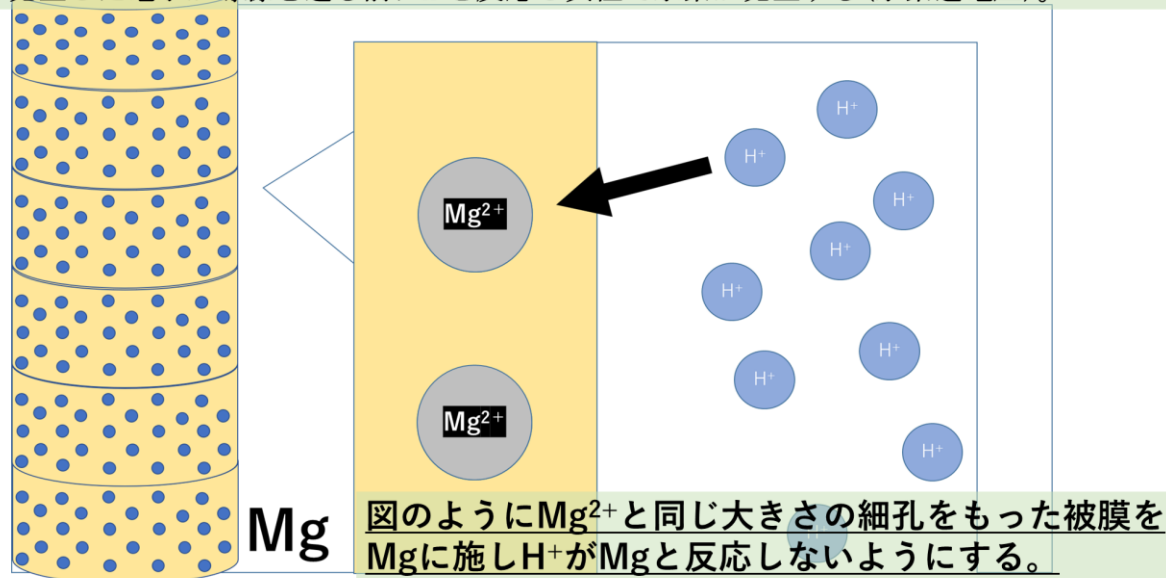
伊藤壮輝・上川拓斗・大木駿介・中村暉・大石悠誠・林優那・守田恭輔

指導教員：三好達夫

研究概要

電池の電極に求められる性質として、(ア)電気導電性 (イ)電極活物質と電解質に対する化学的安定性 (ウ)化学当量が小さいことの3点があげられる。マグネシウム金属は、現在使用されている電池に多く使われている負極材の亜鉛金属と比べて、上記(ウ)の化学当量の値が小さく、同量から亜鉛金属より多くの電気を得ることができる。しかし、マグネシウム金属は溶液との反応性がより高いために、電池として性能低下に繋がる電解液との副反応を極力抑制することも電極電位の高いマグネシウム金属を用いた場合、電池の負極材の選定には避けられない開発ポイントとされる。実験では、マグネシウム金属と希硫酸の反応に関する基礎研究として、「ボルタ電池の電池式：(-) Zn | H₂SO₄ a q | Cu (+)」における負極の活物質をZnからMgへと材料変更した際の水素過電圧を抑制することを目的として、前処理としてマグネシウム金属へのめっきを試みた。

-Mg | H₂SO₄ a q | Cu+ のボルタ電池においてMgがMg²⁺となって負極で電子を放出するときに、発生した電子が導線を通る前にH⁺と反応し負極で水素が発生する(水素過電圧)。



1. 背景と目的

電池は私たちの身の回りのさまざまなものに使われている。私たちは電池についての学びを深めるためMgを負極に用いた一次電池の長寿命化をテーマに研究を行っている。電極に求められる性質として(ア)電気導電性 (イ)電極活物質と電解質に対する化学的安定性 (ウ)化学当量が小さいことの3点が挙げられる^[1]。Mgは現在使用されている電池に多く使われている負極、Znと比べて上記(ウ)の化学当量の値が小さく海水中には塩素、ナトリウムの次に多く存在する元素である。このため資源としての希少性は低く同量からZnより多くの電気を得ることができる。しかし、Mgは熱水との反応に代表されるように溶液との反応性が高く上記(イ)の電極活物質と電解質に対する化学的安定性という条件に反すると考えられる^{※1}。そこで、Mgの電池使用に向けてMgと電解液との反応を極力抑えられるような加工をMgに施すことを試みる実験も行った。今回は、電池式(-)Mg | H₂SO₄ a q | Cu (+)のボルタ電池を基本に実験を行った。負極の活物質をZnからMgへと材料変更した際の水素過電圧を抑制することを目的として、前処理としてマグネシウム金属へのめっきを試みた。

2. 実験方法

2-1. 使用した試薬

亜鉛金属：Zn、マグネシウム金属：Mg、希硫酸：H₂SO₄ a q、
硫酸銅(II)水溶液：CuSO₄ a q

2-2. 評価

①電池の放電特性

ボルタ電池の現行設計である負極の活物質であるZnをMgに置き換えて電池を組み、その放電特性の対照実験を行った。

電池式：(-)Zn | H₂SO₄ a q | Cu (+)のボルタ電池と(-)Mg | H₂SO₄ a q | Cu (+)の実験を行った。いずれも希硫酸H₂SO₄ a qの濃度は1.0 mol/Lとした。

②電池の持続時間と電解液濃度との関係

(-)Mg | H₂SO₄ a q | Cu (+)の持続時間と希硫酸H₂SO₄ a qのモル濃度の関係を調べた。モル濃度を5.0、4.0、3.0、2.0、1.0、0.50、0.25、0.050 [mol/L]へと徐々にモル濃度を変えて、プロペラをつなげたボルタ電池を作製し、それぞれの持続時間(プロペラの回転が止まるまでの時間)を測定した。

③双眼実体顕微鏡を用いた銅めっき後のマグネシウム金属の観察

マグネシウムリボンを沸騰した硫酸銅(II)水溶液に入れ、その表面を顕微鏡で観察した。

3. 実験結果と考察

①電池の放電特性

本実験の結果を Fig. 1 に示す。

Fig. 1 より Zn より Mg を使用した電池の設計の場合持続時間が長く、電圧も高かった。

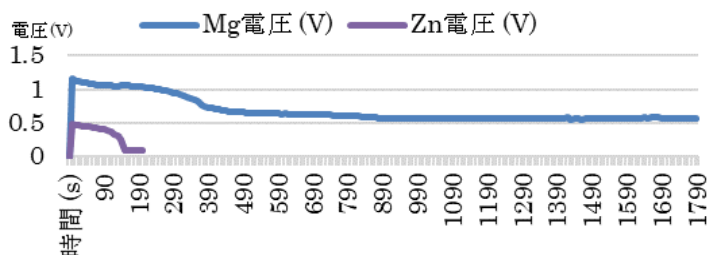


Fig. 1 ボルタ電池駆動時の負極に Mg と Zn を用いたの放電特性

②電池の持続時間と電解液濃度との関係

本実験の結果を Fig. 2 に示す。

Fig. 2 より 0.25 mol/L の条件のときが最もプロペラの回転時間が長いことがわかった。

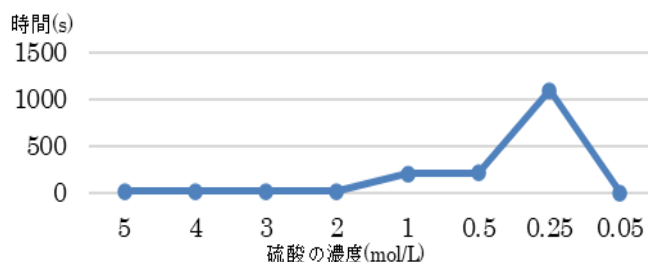


Fig. 2 持続時間と電解液濃度との関係

③双眼実体顕微鏡を用いた銅めっき後のマグネシウム金属の観察

本実験の結果を Fig. 3 に示す。より全体的に緑色と黒色のようになった。金属樹のようなものが見られた。緑色は硫酸銅(II)水溶液の色、黒色の金属樹は銅が金属樹のように広がりながら析出し、酸化して酸化銅(II)になった色であると考えられる。めっきの方法はめっきの色が銅色になるように改良しなければならない。また、銅めっきをした Mg を負極材としたボルタ電池で電圧、電流、持続時間を測定した。結果を Table 1 に示す。この結果よりめっきをした方が持続時間は短かった。



Fig. 3 銅めっき後の Mg 金属表面 (倍率 20 倍)

Table 1 Mg 表面にめっきをした場合の評価

	持続時間	最高電圧 (V)
メッキなし	18 分 20 秒	1.047
メッキあり	17 分 38 秒	1.100

4. 今後の課題

めっきが銅色になるようにめっき溶液の濃度を変えたり、他のめっき溶液を用いたりする等して可能性の検証を進める。実験 1 の放電特性のデータについては Fe や Al を加えたデータとする予定である。また、一次電池に隔膜として使用されている合成樹脂やビニロンを Mg 表面に付加するなど検討する。最終的には、現在使用されているマンガン乾電池などの一次電池の様式を模倣し、Mg を負極に用いた電池を作製する予定である。

5. 参考文献

[1] 清水 洋隆, (2010), 「電池基礎のきそ」, p 19, 日刊工業新聞社