

空気アルミニウム電池の「高電圧化」と「長寿命化」

奈良県立奈良高等学校

SSP理数

2年9組

出口嘉伸

指導教諭 松田章太 稲垣雅代

要約

空気アルミニウム電池は、空気中の酸素とアルミニウムを用いた電池である。この電池に興味を持った私は、電解質水溶液にキレート剤を加えることで、電池の「長寿命化」と「高電圧化」を目指した。本研究では先行研究 1) の電池の構造を改良し、不導体の水酸化アルミニウムの発生を抑制するため、キレート剤としてクエン酸三ナトリウムとエチレンジアミン四酢酸二ナトリウム (EDTA-2Na) の 2 種類を使用し、電流値と電圧値を測定した。結果として、キレート剤を用いることで、不導体の発生を抑制でき、「高電圧化」は達成できたと考えられる。しかし、「長寿命化」できているか明確でないため、「長寿命化」が今後の課題となった。

ABSTRACT

The aluminum-air battery is a battery using oxygen in the air and aluminum. I was interested in this battery and aimed at "extending life" and "high voltage" of the battery with chelating agents added to the electrolyte solution. In this study, I improved the structure of the battery and measured the current and voltage of the battery using two types of Trisodium citrate and EDTA-2Na to suppress the generation of non-conductors. As a result, it is considered that the generation of non-conductors could be suppressed by using the chelating agent, and "high voltage" was achieved. However, it was not clear whether "extending life" had been achieved, so "extending life" has become an issue for the future research.

キーワード: 空気アルミニウム電池、不導体、キレート剤、クエン酸三ナトリウム、エチレンジアミン四酢酸二ナトリウム

Key words: aluminum-air battery, non-conductors, chelating agent, trisodium citrate, Ethylenediaminetetraacetic acid disodium

1 緒言

空気中の酸素とアルミニウムを用いた、空気アルミニウム電池という電池がある。この電池は理論上、リチウムイオン電池よりも体積あたりの取り出せるエネルギーが大きい。しかし、電極に不導体の $\text{Al}(\text{OH})_3$ が形成されて電流値・電圧値が低下し、すぐに使えなくなるため、広く実用化はされていない。

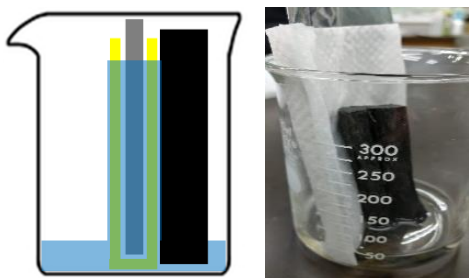
2 目的

電解質水溶液を改良し、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ の発生を抑制することで、空気アルミニウム電池の「高電圧化」と「長寿命化」を目指した。

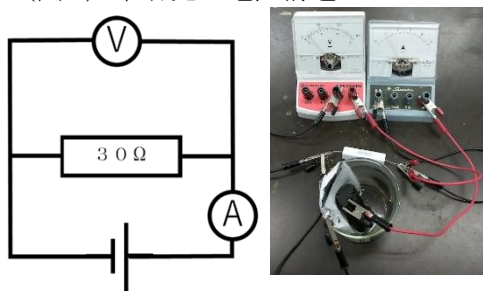
3 条件

3.1 装置

(図1)のように、ビーカー内に、アルミホイルはく(15cm×25cm)を折ってキッチンペーパーで包んだもの、電解質水溶液、備長炭を入れる。電解質水溶液は計50mLに統一した。これを(図2)のような回路につなぐ。この装置で以下実験1~3を行った。



(図1) 本研究の電池構造



(図2) 本研究の電気回路

4 実験1

4.1 目的

先行研究より、キレート剤を用いることで、マグネシウムの錯イオンが形成され、水酸化マグネシウムの発生が抑制されることが分かっている。2)そこで、同様にキレート剤を用いることで、不導体の発生を抑制し、 Al^{3+} の発生が阻害されず、不導体によって反応できないアルミニウムがイオン化するため、空気アルミニウム電池の高電圧化と長寿命化ができるのではないかと考えた。

4.2 方法

使用したもの

①0.10mol/L 塩化ナトリウム水溶液
20ml、0.10mol/L アンモニア緩衝溶液
30ml

②0.10mol/L 塩化ナトリウム水溶液
20ml、0.10mol/L アンモニア緩衝溶液
20ml、0.10mol/L クエン酸三ナトリウム
水溶液 10mL

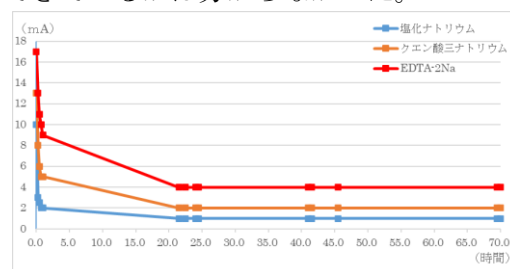
③0.10mol/L 塩化ナトリウム水溶液
20ml、0.10mol/L アンモニア緩衝溶液
20ml、0.10mol/L EDTA-2Na 水溶液
10mL

測定方法

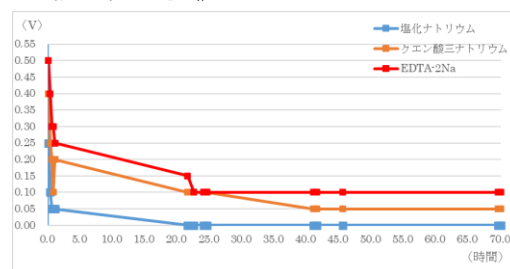
実験開始から3日間の電流値・電圧値を電流計・電圧計を用いて測定する。

4.3 結果と考察

結果は(図3)、(図4)のようになった。結果より、キレート剤は空気アルミニウム電池を「高電圧化」させるはたらしが確かにあると考えられる。しかし、同じタイミングで電流値・電圧値が横ばいとなっているため、「長寿命化」できているかは分からなかった。



(図3) 電流値のグラフ



(図4) 電圧値のグラフ

5 実験2

5.1 目的

キレート剤を使用した際に、確かに不導体の水酸化アルミニウムの発生を抑制できているかを調べるため、アルミニウムの質量変化を調べた。アルミニウムの

キレート錯体は水に溶けやすく 3)4)、水酸化アルミニウムは水に溶けにくい物質である。5)よって、水ですすぎ、アルミニウムの質量が減少するならば、 Al^{3+} は錯体を形成して水中に存在しており、不導体の発生を抑制できていると考えられる。逆に、アルミニウムの質量が増加するならば、表面に $Al(OH)_3$ が形成されていると考えられる。また、水ですすいだ後の乾燥操作における酸化の影響も考慮し、電池として使用しないものも質量変化を調べた。

5.2 方法

使用したもの

- ①0.10mol/L 塩化ナトリウム水溶液
20ml、0.10mol/L アンモニア緩衝溶液
20ml、0.10mol/L クエン酸三ナトリウム水溶液 10mL
- ②0.10mol/L 塩化ナトリウム水溶液
20ml、0.10mol/L アンモニア緩衝溶液
20ml、0.10mol/L EDTA-2Na 水溶液
10mL
- ③0.10mol/L 塩化ナトリウム水溶液
20ml、0.10mol/L アンモニア緩衝溶液
30ml
- ④純水 50mL

測定方法

①～③を一時間使用し、④はその間放置する。その後、負極を取り出して水ですすぎ、乾燥機（70℃）で二時間乾燥させ、電子天秤を用いて、アルミホイルはくの質量を計測する。

5.3 結果と考察

結果は（表1）のようになった。

EDTA-2Na 及び、クエン酸三ナトリウムを電解質に用いたものは質量が減少し、用いていないものは質量が増加する結果となった。これらのことから、キレート剤は不導体の発生を抑制していることが確認できた。

（表1）アルミホイルはくの質量(g)

	実験前の質量	実験後の質量
①	1.04	1.15
②	1.04	1.14
③	1.04	1.45
④	1.04	1.37

6 実験 3

6.1 目的

実験3の結果より、キレート剤が不導体の発生を抑制することが分かった。そこで、キレート剤の濃度を変化させることにより、さらに不導体の発生を抑制できないかと考え、複数の濃度条件で実験を行った。

6.2 方法

使用したもの

1 組目

- ①0.10mol/L 塩化ナトリウム水溶液
20ml、0.10mol/L アンモニア緩衝溶液
20ml、0.01mol/L クエン酸三ナトリウム水溶液 10mL
- ②0.10mol/L 塩化ナトリウム水溶液
20ml、0.10mol/L アンモニア緩衝溶液
20ml、0.05mol/L クエン酸三ナトリウム水溶液 10mL
- ③0.10mol/L 塩化ナトリウム水溶液
20ml、0.10mol/L アンモニア緩衝溶液
20ml、0.10mol/L クエン酸三ナトリウム水溶液 10mL
- ④0.10mol/L 塩化ナトリウム水溶液
20ml、0.10mol/L アンモニア緩衝溶液
20ml、0.15mol/L クエン酸三ナトリウム水溶液 10mL

2 組目

- ①0.10mol/L 塩化ナトリウム水溶液
20ml、0.10mol/L アンモニア緩衝溶液
20ml、0.01mol/L EDTA-2Na 水溶液
10mL
- ②0.10mol/L 塩化ナトリウム水溶液
20ml、0.05mol/L アンモニア緩衝溶液

20ml、0.10mol/L EDTA-2Na 水溶液
10mL

③0.10mol/L 塩化ナトリウム水溶液

20ml、0.10mol/L アンモニア緩衝溶液

20ml、0.10mol/L EDTA-2Na 水溶液
10mL

④0.10mol/L 塩化ナトリウム水溶液

20ml、0.10mol/L アンモニア緩衝溶液

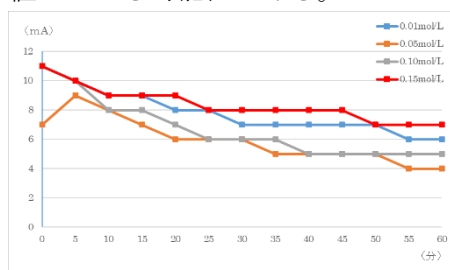
20ml、0.15mol/L EDTA-2Na 水溶液
10mL

測定方法

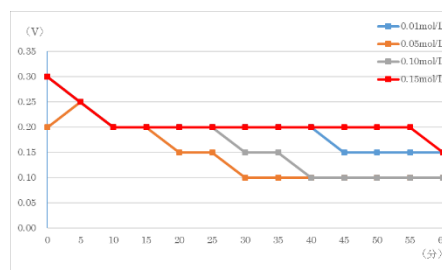
実験開始から1時間の電流・電圧を電流計・電圧計を用いて測定する。

6.3 結果と考察

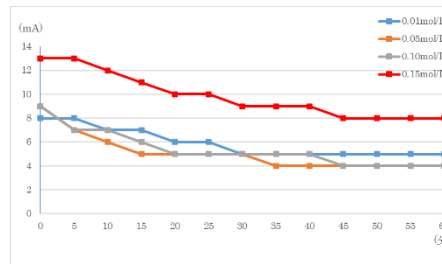
結果は(図5)～(図8)のようになった。クエン酸三ナトリウムを電解質水溶液に用いた電池は、電流値・電圧値の差は大きくなかった。このことから、濃度による電流値・電圧値の変化はない、または、変化は大きくないと考えられる。次に、EDTA-2Naを電解質溶液に用いた電池は、0.15mol/Lの濃度は、他の濃度と比べて電流値・電圧値が大きいという結果となった。このことから、濃度による電流値・電圧値の変化はある可能性が高いと考えられる。0.10mol/Lと0.15mol/Lの比較から、濃度を0.10mol/L以上にすると、電流値・電圧値が上がる可能性がある。



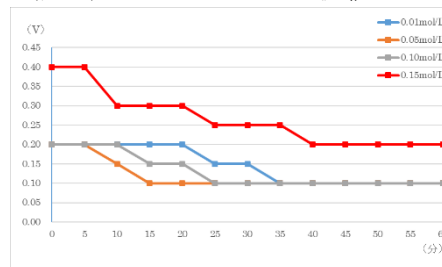
(図5) クエン酸三ナトリウム 電流値



(図6) クエン酸三ナトリウム 電圧値



(図7) EDTA-2Na 電流値



(図8) EDTA-2Na 電圧値

7 まとめと今後の課題

キレート剤を用いることで不導体の発生を抑制し、「高電圧化」することができた。しかし、キレート剤を用いることで「長寿命化」できているとは断言できない。また、キレート剤の濃度による電流値・電圧値の変化は見られたが、規則性等は分からなかった。

そのため、今後の課題として、空気アルミニウム電池の「長寿命化」の方法の検討、キレート剤の濃度による電流値・電圧値の変化の規則性の検討等が挙げられる。

8 参考文献

1)身近な物質を用いた災害用電池に関する研究

<https://kozu-osaka.jp/cms/wp-content/uploads/2017/08/878e7344e96e85ea773745bc8e1e404c.pdf>

2)マグネシウム空気電池の電解質水溶液
と内部構造の改良

http://www.gracon.jp/gc/gracon2020/wp-content/uploads/sites/10/2021/10/2021gracon_OP3.pdf

3)クエン酸アルミニウム塩および錯塩と
その製法

<https://www.j-platpat.inpit.go.jp/c1800/PU/JP-2006-036698/4BA4100DFF695954F3DD3366962FA8B8A2FE64C49E08886BC7FD9A185E088A0E/11/ja>

4)EDTA の使い方

https://www.jstage.jst.go.jp/article/bunsekikagaku1952/8/3/8_3_207/pdf

5)水酸化アルミニウム, ナカライテスク
株式会社

<https://www.nacalai.co.jp/ss/ComDocs/Msds/PDF/0/GHS-01716-3.pdf>