

身近な物質を用いた災害用電池に関する研究

大阪府立高津高等学校 化学部

山中 逸輝・竹内 悠人・中村 ナビィ・阿部 佑紀

指導教員 藤村 直哉

1. 目的

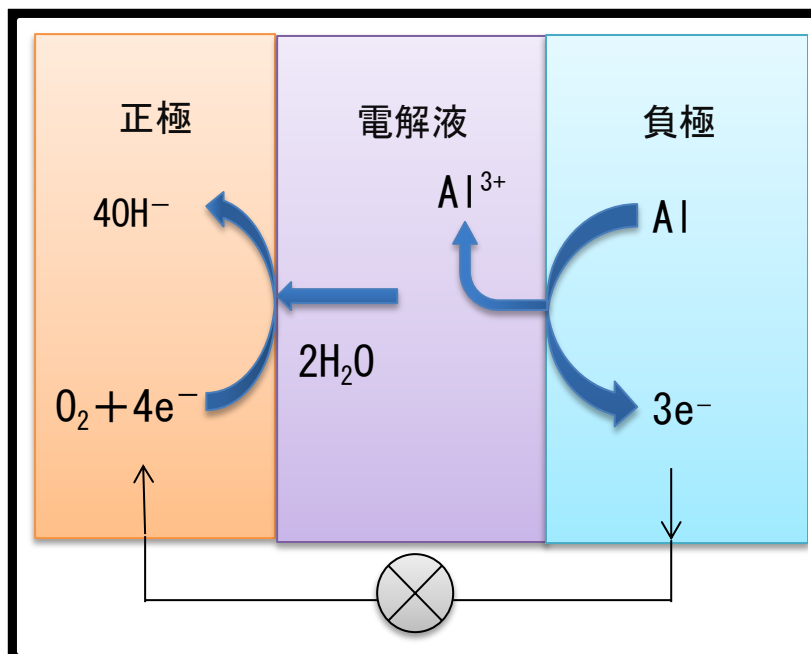
近年、震災などの災害が相次いで報道されている。その際、電力の供給が途絶え、携帯などの電子機器を充電するためには、高価な非常用バッテリーを準備するか、避難所の貴重な電源を使用せざるを得ない状況に陥っている。よって、私たちはその問題を解決する手立てになればと思い、目標を「携帯機器を充電することが可能な電力を取り出すこと」に設定し、災害時に使える電池についての研究に取り掛かった。

2. 実験

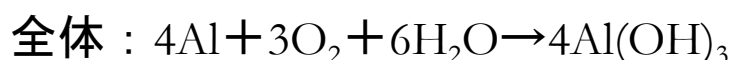
研究にあたり、私たちは災害時を想定し、家庭で一般的に使われている物質を用いて電池を作ろうと考えた。そこで、負極にはアルミ缶、正極には炭素、電解液には食塩水を用いた、実用的な空気-アルミニウム電池【写真1】を目指し、たびたび手を加えながら開発を行った。



【写真1 空気-アルミニウム電池】



【図1 構造】



【図2 電池内の反応】

2-1 正極に関する実験

- ・実験 1 :市販の木炭はほとんど伝導性がないため、正極には廃棄されていた竹刀の竹を電気炉で 1000℃で 10 分間加熱し、電気伝導性を出したものを使用した。尚、その抵抗はテスターの二本の電極を 1cm 間隔で対象物に接触させてはかった。その結果、 $2.5\Omega / \text{cm}$ の抵抗が測定できた。又、本研究ではこの、電気炉で 1000℃10 分間加熱した竹刀の竹を「竹炭」と呼ぶことにする。
- ・負極にはアルミ缶を使用した。ただし、アルミ缶の内部には電流を流さない酸化アルミニウム膜がコーティングしてあるので、それを紙やすりで擦って取り除いたものを使用した。
- ・電解液には飽和食塩水を使用した。
- ・計測は開放電圧と短絡電流をテスターで測った。
- ・実験 2 : 竹炭の代わりに木炭を使用。木炭にはバーベキュー用の備長炭を使用した。
- ・実験 3 : 木炭を竹炭とほとんど同じ大きさに揃えた。

結果

実験	手を加えた内容	開放電圧 (V)	短絡電流 (mA)	結果
1	なし	0.6	19	電流が低い
2	竹炭→木炭(バーベキュー用)	0.6	49	電流が増加した
3	木炭(竹炭とほぼ同じ大きさ)	0.6	18	竹炭と木炭の性能は同じくらい

【表 1 正極に関する実験】

実験 2:電池セルを 12 ユニット直列に接続したところ、5V の電圧を取り出せ、LED の発光にも成功した。

実験 3 : バーベキュー用の木炭は竹炭電極の約 3 倍程度の大きさがあるため反応の表面積が増えたのだと考えられる

電池としての機能は成立しており、LED の発光にも成功したが、取り出すことのできる電流が小さいことが課題である。

竹炭・木炭の性質について

計測で使用した竹炭、木炭について疑問が残ったのでつきつめて研究することにした。これまでに分かった竹炭・木炭の性質は、竹炭・木炭ともに加熱処理前はほとんど電気伝導性を持たない。だが、1000℃で 10 分間電気炉を使って加熱したとき、電気伝導性はあった。(竹炭・木炭ともに $2.5\Omega / \text{cm}$)



【写真 2 実験に使用した竹炭(加熱後)】



【写真 3 実験に使用した木炭(加熱前)】

研究して分かった竹炭・木炭の性質

- ・ 500℃で 10 分間電気炉を使って加熱したとき、ほとんど電気伝導性はなかった。
- ・ 750℃で 10 分間電気炉を使って加熱したとき、電気伝導性は少しあった。(木炭・150Ω/cm)
- ・ 11.3 グラムの竹炭を 1000℃で 10 分間電気炉を使って加熱したとき、竹炭は 2.4 グラムになった(21% 残った)。そのとき、電気炉から煙が発生し、その温度は竹炭が約 200℃の時点であった。
- ・ 122 グラムの木炭を 1000℃で 10 分間電気炉を使って加熱したとき、木炭は 77 グラムになった(63% 残った)。そのとき、電気炉から煙が発生し、その温度は木炭が約 600℃の時点であった。

考察

竹炭・木炭には加熱することで電気伝導性を示すようになるという性質があることが分かった。750℃の時点では多少の電気伝導性はあるものの、まだ抵抗が大きかったので 750℃から 1000℃の間のどこかに電気伝導性が大きく変わる温度があるのではないかと考えられる。また、木炭・竹炭ともに加熱することで質量が大きく減っているの、加熱する前の木炭や竹炭は多量の不純物を含有しているのではないかと考えられる。加熱によって炭素構造に変化があるのか、電気伝導性に大きな変化が生じる温度があるとすればそれは何度なのか、などこれからも研究を深めていきたい。

2-2 負極に関する実験

負極に使用する物質とその容器に関する実験

前 2-1 における測定で得られた電流が小さかった理由として、アルミ缶の内部を手作業で磨いていたため、底の面を磨くことが出来ない事などの原因から、負極の電気伝導性が十分でなかったことが考えられる。そこで、私たちは負極のアルミ缶をアルミホイルで代用し、アルミニウムと電解液の反応面積を大きくしようと考えた。

- ・ 正極にはバーベキュー用の木炭、電解液には飽和食塩水を使用した。
- ・ 負極としてアルミホイルを内側に設置したアルミ缶、500ml ビーカー【写真 4】、水槽(27L)を用いて計測を行った

結果

容器	直流電圧(V)	短絡電流(mA)
アルミ缶	0.7	280
500ml ビーカー	0.8	500
水槽(27L)	0.7	300

【表 2 アルミホイルを用いた負極の性能の比較】



【写真 4 500ml ビーカー】

アルミニウム箔は、アルミ缶の内側にあるアルミニウムよりも表面積を確保しやすいため、大きな電力を取り出すことができた。電圧はどの容器でもほとんど変化がなかった。電流は 500ml ビーカーが 500mA と一番大きかった。水槽は大きすぎて逆に電流が取り出しにくかった。

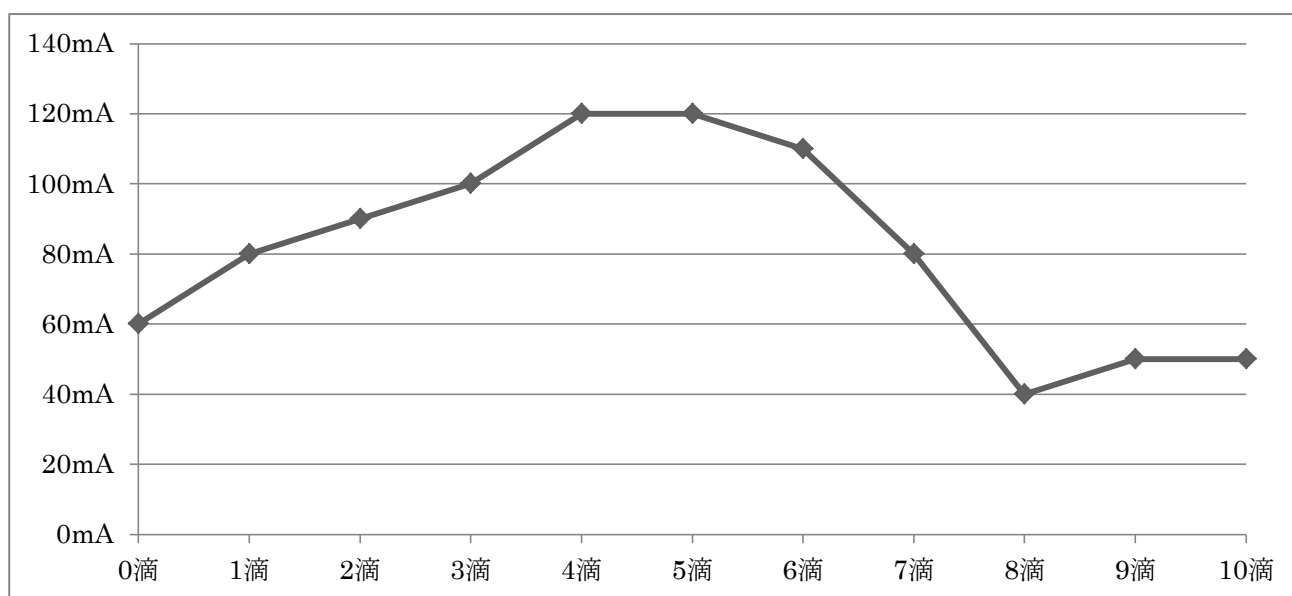
2-3 電解液に関する実験

電解液に酸を加えることで、金属表面付近で生成した水酸化アルミニウムを分解することが出来、電流の増加が見込めるのではないかと私たちは考えた。今回は、飽和食塩水 240ml に対し、一滴ずつ 1% 塩酸を滴下してゆき、電流に変化があるのかを計測した。

- ・正極には竹刀を 1000℃10 分で焼いたもの、負極にはアルミ缶の内部被膜を取ったものを使用した。
- ・電解液には飽和食塩水 240ml を使用し、計測は 1%塩酸 0～10 滴の 11 回行った。

結果

滴下量(滴)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
短絡電流 (mA)	60	80	90	100	120	120	110	80	40	50	50



【表 3(上) 塩酸の滴下量と短絡電流】

【グラフ 1(下) 塩酸の滴下量と短絡電流】

4～5 滴塩酸を加えたとき、最も効率よく電流を取り出せた。しかし、木炭の焼き具合や容器を変えたりするなど他の条件の変化によって作用の加減が違ったことに加え、塩酸は家庭では一般的に置いていない薬品であるため、今後は酢酸やクエン酸など手に入れやすい物質で調べてみたい。

3. 考察・今後の課題

空気 - アルミニウム電池を製作、改良した結果、正極には木炭をもう一度高温で加熱したもの、電解液には飽和食塩水(在るのなら塩酸を追加しても良い)、負極には 500ml ビーカーの内側にアルミホイルを貼り付けたものを使用するのが最も良いと判断した。なお、その装置 1 ユニットによって取り出すことのできた開放電圧は 0.8V、直流電流は 500mA であった。目標にはまだ遠いものの、ある程度の成果は上げることが出来たのではないだろうか。今後の課題としては、①測定条件をそろえるための工夫、②短絡電流ではない電池の容量の測り方の工夫、③食塩水、木炭などの劣化対策などが挙げられる。

4. 謝辞

この研究を進めるにあたり、大阪市立大学大学院理学研究科 教授 佐藤和信先生にアドバイスを頂きました。感謝を申し上げます。