

都市ごみ焼却灰を利用した空気電池の開発に関する基礎的研究

九州大学大学院 学 ○岩永 信太郎 F 落合 英俊

九州大学大学院 正 大嶺 聖 学 小林 陽介

1. 研究背景および目的

空気電池は酸素と金属(Al、Mg など)の電気化学反応によりエネルギーが発生するもので、もともと鉄道の踏み切り警報装置などに使われており、最近では補聴器やポケットベルなどにも使用されている。温度変化に強く、容量が大きいことなどの特徴があり、空気電池は活性炭やアルミホイルを用いても比較的簡単に作製することができるが、電流・電圧が急激に減少するため、市販の電池と比べると性能はかなり低い。本研究では廃棄物の有効利用の観点から空気電池に都市ごみ焼却灰を利用した場合の可能性について基礎的実験を行い、その有用性を明らかにする。

2. 空気電池について

空気電池には空気亜鉛電池、空気アルミニウム電池、空気マグネシウム電池など様々な種類があるが、ここでは空気アルミニウム電池について紹介する。まず、図 1 に空気アルミニウム電池の構造を示す。これより、空気アルミニウム電池とは空気中の酸素が電子を受け取ることでできる物質を正極活物質、アルミニウムが電子を出すことでできる負極活物質、食塩水を電解液とするもので、以下に反応式を示す。

負極: $\text{Al} \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{e}^-$

正極: $\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$

反応式: $4\text{Al} + 3\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Al}(\text{OH})_3$

負極の反応を効率良く進めるためには、塩化物イオンを含む電解液を使うことが有効である。また、正極での反応は電解液と酸素が触れることによって起こるので、酸素を吸着し多少親水性のある活性炭を正極に使うことで有効である¹⁾。本研究では空気アルミニウム電池に焼却灰を利用することを試みる。

3. 焼却灰を用いた空気電池の起電力と内部抵抗

焼却灰を空気アルミニウム電池に利用するにあたって、まずは焼却灰を負極側に用いた時の内部抵抗と起電力の関係を明らかにするために、表 1 に示す条件で実験を行った。

3.1 実験概要 図 2 に実験装置を示す。正極: 銅網、負極: アルミホイルはともに 100mm×100mm とし、焼却灰および活性炭はそれぞれ 8g 使用し、実験中はセパレータ(ろ紙)でそれぞれの溶媒を吸い上げるようにした。また、電極間の接触の関係により、32kg の重りを載せることで一定の圧力を保ち実験を行った。測定に関しては、豆電球(2.5V、0.3A)を付けて一定時間おきにデジタルテスターを用いて電流と電圧の測定を行った。また、この時通電初期と 2h 後に抵抗が異なる豆電球(2.5V、0.3A と 6.3V、0.15A)、モーターの 3 つを取り付け、電流と電圧の測定を行った。

3.2 実験結果および考察 図 3 から図 4 に電流と電圧の関係(通電初期および 2h)を示す。ここでは電池の起電力と内部抵抗を調べるために異なる 3 つの抵抗をつなぎ、そのときの電流と電圧から内部抵抗を求めた。グラフの V 軸切点を E、直線の傾きを $-r$ とすると直線は $V=E-rI$ と表すことができる。ここで、E は電池の起電力、 r は電池の内部抵抗を示す。0h の場合、起電力を比較すると浸出水+焼却灰>食塩水+焼却灰>食塩水である。次に、内部抵抗は浸出水+焼却灰>食塩水+焼却灰>食塩水であることが分かる。これは様々な重金属が焼却灰には含まれているため、その影響で内部抵抗が高いと考えられる。この結果、電流が通りにくい状態となり起電力が低い状態になったと考えられる。次に、2h 後では 0h と比較して食塩水の起電力が最も低くなったことが確認できる。

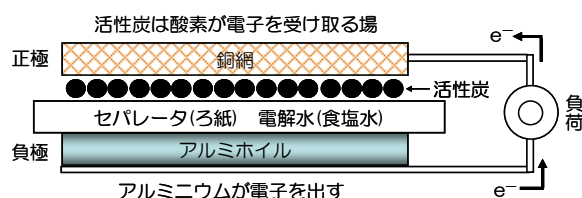


図 1 空気アルミニウム電池の構造

表 1 実験条件

	負極	溶媒
Case1	焼却灰+アルミニウム	浸出水(pH12.4)
Case2	アルミにウム	飽和食塩水
Case3	焼却灰+アルミニウム	飽和食塩水

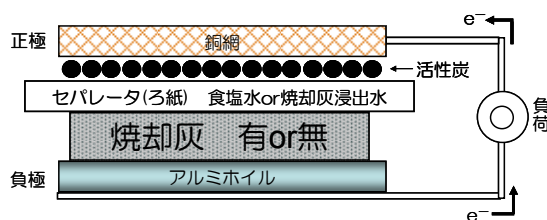


図 2 実験装置

これは負極側のアルミホイルが電池反応により消費され、内部抵抗が上がったことが要因であると考えられる。内部抵抗についてはそれぞれ時間の経過により高くなっているが、抵抗の大小に変化はみられなかった。次に、図5に豆電球(2.5V、0.3A)の電流の経時変化を示す。これより、焼却灰を用いることで食塩水のみに比べて電流の消費を抑制できることが確認できた。これは負極側で焼却灰に含まれる重金属などの影響により、アルミの消費を抑えたと考えられる。また、食塩水+焼却灰では浸出水+焼却灰に比べて電流値が上がっている。次に、図6に電圧の経時変化を示す。食塩水の場合、初期から急激に電圧値が低下しているのに対し、浸出水+焼却灰および食塩水+焼却灰の場合では初期の電圧値は低い但電圧の低下は緩やかである。

4. 電気容量の検討

焼却灰を負極側に用いた時の内部抵抗と起電力について検討を行ってきたがここでは、焼却灰の電気量の持続性を明らかにするために外部抵抗を付けずにテスターを取り付けた状態で実験を行った。

4.1 実験概要

3.1と同じ要領で、表1の実験条件に従って実験を行った。測定に関しては、デジタルテスターを用いて一定時間おきに電流と電圧の測定を行った。

4.2 実験結果および考察

ここでは、電池に蓄えられる電気容量($\text{mA} \cdot \text{h}$)を求めることでトータル電気容量の比較を行う。図7に電流の経時変化を示す。実験結果より、食塩水+焼却灰、食塩水の場合では急激に電流値が低下しているのに対し、浸出水+焼却灰の場合では初期の電流値は低い但緩やかな挙動を示している。これより、焼却灰を用いることで電流の持続性が上がることが確認できた。トータル電気容量をみると、浸出水+焼却灰の場合は電解水として食塩水のみを用いた場合に比べて約1.3倍の電気量を示している。ただし、高い電流を流すためには焼却灰の内部抵抗を低下させる改善策を検討する必要がある。また、電圧に関しても電圧値の挙動は電流と同様な結果が得られた。

5. まとめ

今回、焼却灰を利用した空気電池の開発を行うために、焼却灰を用いた場合の起電力と内部抵抗、トータル電気容量について基礎的な実験を行った。その結果、以下の知見が得られた。

- ① 焼却灰を用いると内部抵抗が高くなるが、アルミだけの場合と比べて電流と電圧が安定する。
- ② 焼却灰に食塩水を用いることで起電力を上げることができる。
- ③ 焼却灰を用いることで電気容量を向上させることができる。

今後は、焼却灰を用いた空気電池の性能改善について実験的に検討を行っていく予定である。

【参考文献】 小林：空気マグネシウム電池の作製と活用, http://www.toray.co.jp/tsf/rika/pdf/rik_008.pdf

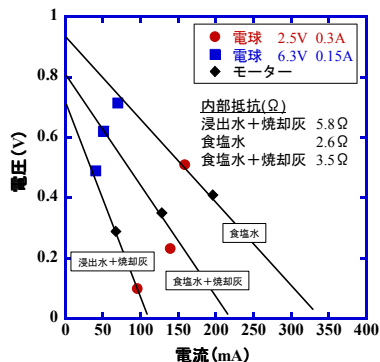


図3 電流と電圧の関係(0h)

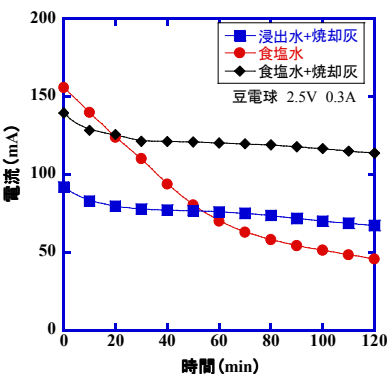


図5 電流の経時変化

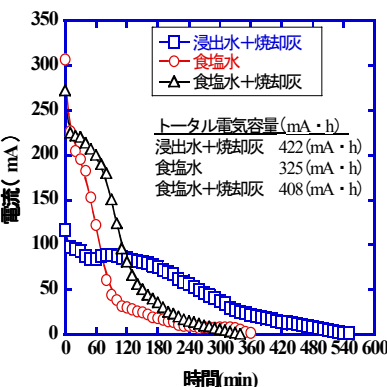


図7 電流の経時変化

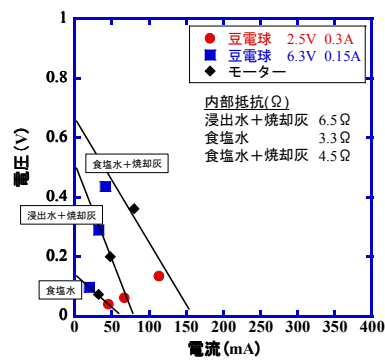


図4 電流と電圧の関係(2h)

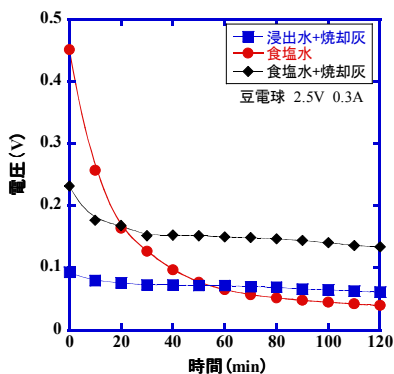


図6 電圧の経時変化

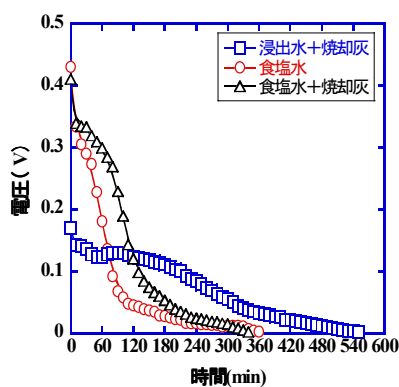


図8 電圧の経時変化