

レドックスフロー電池に関する研究と調査

日大生産工(院) ○田中 智之 江頭 雅之
日大生産工学部 矢澤 翔大 工藤 祐輔 中西 哲也

1 まえがき

現在、地球温暖化や資源の枯渇などにより太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーが注目を集めているが、これらの発電方法は天候や環境などの条件により発電量が不安定である。そこで、発電された電力を蓄える技術である、電力貯蔵技術のうちの一つとしてレドックスフロー電池に注目が集まっている。

レドックスフロー電池の原理図をFig.1に示す。レドックスフロー電池は、電解液をポンプで循環させて、酸化還元反応を起こすことで発電させる蓄電池である。充電と放電をすることが可能であり、蓄えられる電力量が電解液の量で自由に調整でき、充放電を1万回繰り返せるため長寿命といった特徴がある⁽¹⁾。現在、主流のバナジウムレドックスフロー電池は両極で同じ電解液を用いているため爆発の危険がなく電解液の安全性が高いという特徴がある。しかし、使用する際にポンプなどの付属設備が必要であったり、電解液に高価な貴金属を使用していることからコストが高く、小型化が難しいなどの欠点がある⁽¹⁾。現在研究室では小型のレドックスフロー電池を試作し性能向上を目的に研究を行っている。先行研究の結果より試作した小型レドックスフロー電池が充放電を繰り返すと電解液が劣化してしまうことが分かっている⁽²⁾。さらにレドックスフロー電池を運転した後、電極であるカーボンフェルトに付着物が存在していることが分かっている⁽³⁾。このことから、我々は電解液の劣化の原因を、電極であるカーボンフェルトに付着物が付着したことでイオンの移動が阻害され結果として性能が低下してしまったと考えている。そこでカーボンフェルトの付着物の量を減らすことで電池の劣化を抑制することができるのではないかと考えた。

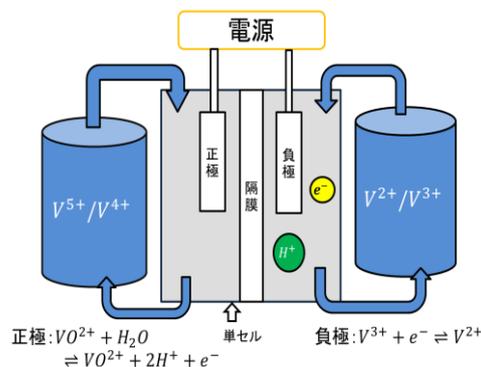


Fig.1 レドックスフロー電池の原理図

本研究では電解液の濃度を変えて実験を行い、実験後のカーボンフェルトをScanning Electron Microscope(SEM)も用いて観察を行った。さらに電池の充電時容量を調べることでカーボンフェルトの付着物の量と充電時容量の結果から、電池の劣化原因を調査することを目的とした。

2 実験方法および測定方法

本実験では電解液である五酸化バナジウム水溶液の濃度を変えて充放電試験を行った。充放電試験とは、一定の電流値で充電と放電を繰り返す試験である。充放電試験後、電極として用いたカーボンフェルトをSEMを用いて観察を行った。実験条件をTable1に示す。電解液には1.8molと1.7molの五酸化バナジウム水溶液を用い、イオン交換膜にはNafion膜(デュボン社,Nafion117)を用いた。レドックスフロー電池の実験条件はレドックスフロー電池に供給する電解液の流量を40mL/min、充放電電圧の範囲を1.1~1.7V、充放電電流を0.32Aとして5サイクルまで充放電試験を行った。

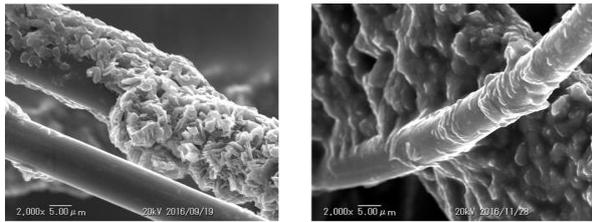
Table 1 実験条件

電解液	サイクル数[回]	電流値 [A]	放電開始電圧[V]	充電開始電圧[V]	ポンプの回転数 [rpm]	イオン交換膜
1.8mol Or 1.7mol	5	0.32	1.7	1.1	50	Nafion 117

3 実験結果および検討

電解液の濃度を変えて充放電試験を行い、実験後のカーボンフェルトをSEMを用いて観察した時の様子をFig.2に示す。Fig.2(a)は1.8molの電解液を用いたときのカーボンフェルトを示し、(b)は1.7molの電解液を用いたときのカーボンフェルトを示す。さらに、濃度を変化させたときの充電時容量の変化をFig.3に示す。

Fig.2より1.8molの電解液を用いた場合も1.7molの電解液を用いた場合もカーボンフェルトの繊維の周りに付着物が付いていることが分かる。これは電解液の成分が析出して繊維にまとわりついたと考えられる。付着物の量に注目すると1.7molの方がカーボンフェルト繊維上の付着物の塊が小さいように見える。Fig.3の結果より1.8molの電解液を用いて充放電試験を行った場合と1.7molの電解液を用いて行った場合では、1.7molの電解液を使用した場合の方がサイクルを重ねていった時の充電時容量の低下が少ないことが分かる。しかし、電解液の濃度を1.7molに下げた場合でも電池の充電容量が低下することが分かった。



(a) 1.8molの電極

(b) 1.7molの電極

Fig.2 電極をSEMで観察した時の様子

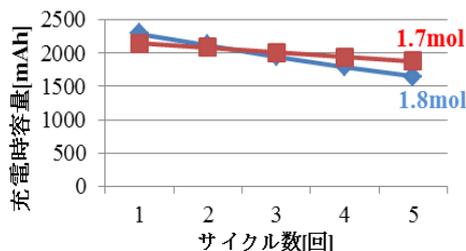


Fig.3 濃度を変化させたときの充電容量の変化

上記二つの結果から濃度を少なくしてもカーボンフェルト繊維上の付着物の無くすことはできなかったが、付着物の塊は1.7molの方が少ないように見えた。

また、電池の充電時容量の比較から濃度を少なくしても充電時容量が低下していることが分かる。これは、カーボンフェルト繊維上の付着物が析出物として考えられ、その析出物が電子の移動を阻害することで化学反応を起りにくくし、性能劣化を招いていると考えられる。

4 まとめ

本実験では電解液の濃度を変えて充放電試験を行い、電解液の劣化原因を運転後のカーボンフェルトおよび充電時容量を用いて検討した。

カーボンフェルトをSEMを用いて観察した結果より、1.8mol,1.7molの電解液を使用した充放電試験を行うと両方のカーボンフェルトの繊維の周りに付着物が存在していることが分かった。さらに、付着物の塊は1.7molの方が小さいことが確認できた。この付着物がレドックスフロー電池の化学反応を阻害し、電池の性能劣化を招いていると考えられるが1.7molの方が付着物の塊が少ないためイオン移動の阻害が少なかったと考えられる。

また、充電時容量を比較した結果では1.7molの電解液を用いた場合の方が1.8molの電解液を用いた場よりも少ないが充電時容量が低下することが分かった。

以上のことから電解液の成分が析出することで充電時容量が低下していると考えられる。

今後は付着物の解析を行い、析出のメカニズムを解明することで電解液がどのようにして劣化するのかを解明する。さらに、析出している原因を探ることでレドックスフロー電池の析出量を低減することができ、高性能なレドックスフロー電池の開発につながるのではないかと考えられる。

「参考文献」

- 1) 渡部 雄作 レドックスフロー電池に用いる最適なイオン交換膜に関する研究 日本大学卒業論文(2015) P1
- 2) 柳下 浩平 バナジウムレドックスフロー電池の性能評価に関する研究 日本大学大学院修士卒業論文(2014) P1
- 3) 仲井 智士 レドックスフロー電池に関する研究(Ⅱ), 日本大学卒業論文(2014) P14