

# 高吸水性ポリマーを用いた蓄電池

宮城県仙台第三高等学校

09 班

高吸水性ポリマーを用いて蓄電池を作ることができることが一般的に知られている。この高吸水性ポリマーはおむつや畑の土などに混ぜられ水はけを良くしたり、長時間の水分の保持を目的とし身近で使われている。私たちはニュースで未使用の紙おむつが大量に廃棄されているという現状を知り、その資源を用いて何かを行うことができないかという考えを持った。そしておむつに高吸水性ポリマーが用いられていることを知った私たちはそこに着目しこのポリマー蓄電池について調べた。しかし、この蓄電池の起電力の値が低く実用化にはほど遠い。そこで私たちは、ポリマー蓄電池のメカニズムを調べることによって電圧の値を上昇させ、より効果的な、そして緊急時役立つ蓄電池の開発を目標に研究をすることにした。実験方法は、海水を想定した塩化ナトリウム水溶液や純水をビーカーに入れ、亜鉛板と炭素棒を差し込み、電源装置を用いて1分間の充電をして電圧の大きさを測定した。また、ポリマーの有無による電圧の違いや塩分濃度による電圧の違いも調べた。

## 1 背景

現在、先行研究より、おむつ、園芸などに使われる自重の100~1000倍もの量の水を吸収することのできる高吸水性ポリマーを用いて、モバイルバッテリーのような繰り返し充電することが可能な電池をつくることができることが判明している<sup>1)</sup>。しかし、起電力が低く、安定していないため実用化にはほど遠いとされている。そこで、高吸水性ポリマー蓄電池のメカニズムとその改善点を調べて、電圧の向上と持続性を目指して今回の研究を始めた。最初に実験を行って溶液中の高吸水性ポリマーの役割について調べた。次に、高吸水性ポリマーを用いた溶液(ここでは塩化ナトリウム水溶液)の濃度と電圧の変化の関係を調べ、最適な濃度を追求した。今回の実験で用いた高吸水性ポリマーは、アクリル酸重合体系ポリマーとする。

## 2 材料と方法

- ① 以下の図1のように純水200gに高吸水性ポリマー( $C_3H_3NaO_2$ )を純水と質量比が200:1(先行研究<sup>1)</sup>より1番電圧が高く

なる割合)となるように純水に入れて混ぜた水溶液と純水200gに亜鉛板と炭素棒を入れて、電源装置を用いて5Vで1分間の充電を行う。

その後、最初の5分間は電圧の変化が大きいことが分かり、その間の詳しい変化を調べるため30秒ごと、それ以降は5分ごとで15分間、電圧計を用いて電圧の変化を調べる。

- ② 次に、塩化ナトリウム水溶液3.5%(これは身近に使える海水の塩化ナトリウム濃度と同じ)200gに、高吸水性ポリマーを溶液と質量比が200:1となるように入れて混ぜた溶液を用いて実験①と同様な装置を作り同様に充電し電圧を測る。
- ③ 実験②で用いた塩化ナトリウム水溶液の濃度を3%、3.5%、4%、4.5%、5%と変化させ実験①と同様な装置を作り同様に充電し電圧を測る。

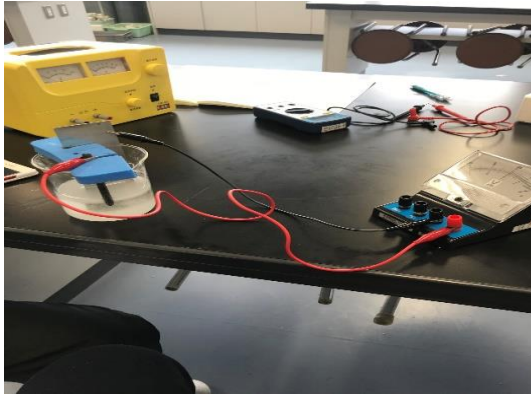
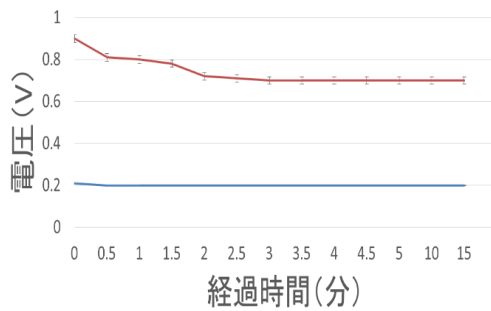


図1 実験方法

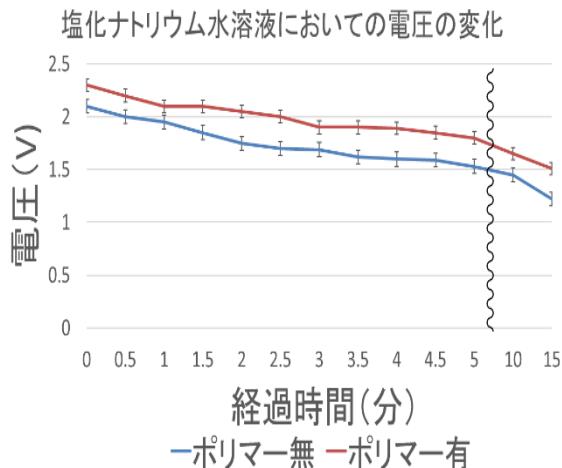
### 3 結果と考察



—ポリマー無 —ポリマー有

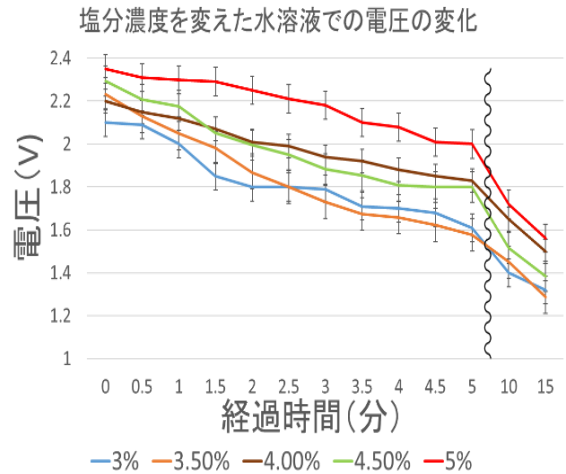
グラフ1 純水での変化

実験①の結果はグラフ1のようになった。高吸水性ポリマーを混ぜたほうが純水よりも電圧が高く、安定していた。これは、高吸水性ポリマーは電解質であり<sup>3)</sup>、高吸水性ポリマー自体が水に溶解すると  $\text{COO}^-$  と  $\text{Na}^+$  に電離して電解質水溶液になったため高吸水性ポリマーを混ぜないときに比べて起電力が高くなったと考えられた。



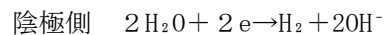
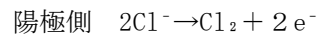
グラフ2 塩化ナトリウム水溶液での変化

実験②の結果はグラフ2のようになった。実験①の結果と同様に高吸水性ポリマーを混ぜたほうが高吸水性ポリマーを混ぜないときよりも起電力が高くなり、電圧が安定していた。また、塩化ナトリウムを含んだほうが純水の時よりも起電圧が高くなった。

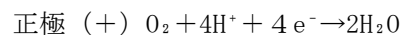
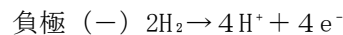


グラフ3 濃度変化と起電圧の関係

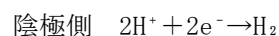
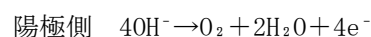
実験③の結果はグラフ3のようになった。塩化ナトリウム濃度が3%から4.5%まではあまり変化はみられなかったが、5%での起電力はMaxが2.3Vと一番高くなった。実験②、③より、充電する時に塩化ナトリウム水溶液の電気分解が起こっていると考えられた。



陽極側の塩素は実験の際中ににおいが確認された。この時に発生する  $\text{H}_2$  が充電後に大気中の  $\text{O}_2$  によって燃料電池となり電力をためることができると考えられた。



また、実験①でも同様に水の電気分解が起こっていると考えられた。



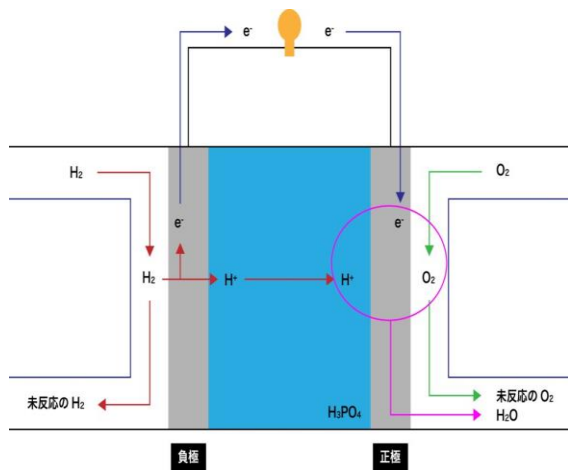


図2 燃料電池のしくみ<sup>4)</sup>

よって、高吸水性ポリマー溶液が図5の $H_3PO_3$ 溶液の代わりとなったと考えられた。

今回の実験において高吸水性ポリマーを混ぜた溶液のほうが起電力が高く、減少がなだらかであったのは、高吸水性ポリマーは立体網目状になっていて、その間に発生した水素が網目状に入り込み燃料電池において必要な水素を多く溜めることができ、より長い時間反応することができると考えられた。

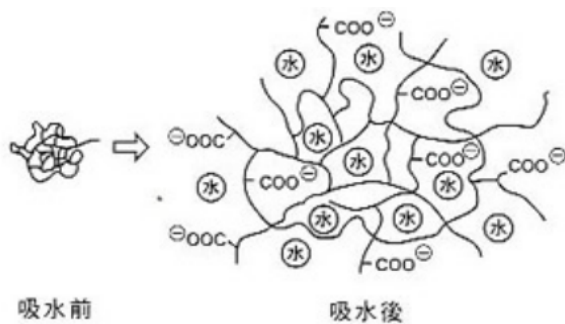


図3 高吸水性ポリマーの仕組み

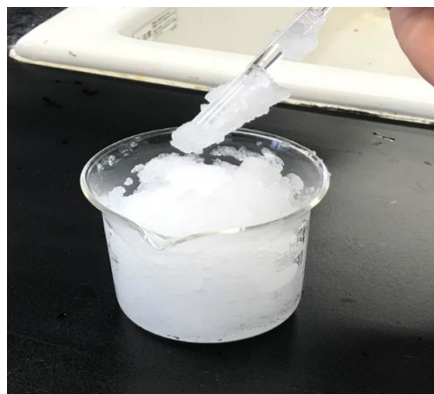


図4 純水+高吸水性ポリマー

#### 4 まとめ

今回の研究により高吸水性ポリマーを用いて改めて蓄電池を作成することができた。また、高吸水性ポリマー蓄電池のメカニズムを考察することができた。まず、実験①の結果より高吸水性ポリマー電解質で水に溶解すると $COO^-$ と $Na^+$ に電離し、電解質水溶液となるため高吸水性ポリマーを混ぜない純水よりも電圧が高くなることが分かった。次に、実験②、③の結果より塩化ナトリウムのような電解質を入れることにより起電圧が実験①の結果よりも高くなった。また、高吸水性ポリマーを混ぜたほうが混ぜていない溶液よりも電圧が安定していて、この時、陽極側では、塩素の刺激臭が確認された。これらのことより、この蓄電池は、実験①の溶液では水の電気分解が、実験②、③の溶液では塩化ナトリウム水溶液の電気分解が行われており、その時に発生する $H^+$ が充電後に大気中の $O_2$ と反応して燃料電池として働いていると考えられた。これが高吸水性ポリマー蓄電池のメカニズムだと思われる。また、高吸水性ポリマーは立体網目状の構造になっていて、電離で発生する $COO^-$ 同士の反発によって網目状の隙間が大きくなり、多くの水を吸収できる仕組みになっている。その広がった網目状に電気分解で発生した $H_2$ が多く溜められるため電圧の減少がなだらかであると考えられた。今回の実験では塩化ナトリウムの濃度の最大は5%までしか測ることができなかった。今後の展望として、10%、15%、飽和水溶液の場合でも同様に実験を行い、電解質の濃度が濃いほう電圧が高くなるのか、また、最適な濃度について調べていきたい。また、この蓄電池は実用化すれば、身近にある食塩や海水などの電解質を用いて使用することができるため、災害時に非常用として使用することが可能な蓄電池として役に立つと考えられる。よって、より高い電圧を得られる金属板の組み合わせや、温度や湿度等の気象条件を変えたときの電圧の変化について調べていきたい。

## 5 参考文献

- 1) 平成28年度仙台第三高等学校課題研究  
「使用済み紙おむつによる発電を目指して」
- 2) 蓄電池って何？ | 【グリーンエネルギーナビ】  
蓄電池価格・費用の見積もり比較
- 3) ポリアクリル酸ナトリウムはなぜ高吸水性ポリマーなのか？
- 4) 燃料電池とは？リン酸型・アルカリ型の仕組み、原理、各極の反応式など解説！