

宍道湖ヘドロ電池

島根県立松江江南高等学校 石橋 亜友

I am the chemistry girl. I discussed and took local issue as a big theme. And I focused on problem of solved in Lake Shinji. Discussing how to use solved.

I took it as a electric batteries.

From now I am going to explain the experiment I did.

1. はじめに

島根県の東に位置する宍道湖の漁獲資源であるシジミなどを脅かすヘドロを『有効活用』できないかとの思いから本研究を始めたところ、以下の知見が得られた。

(1) 酸化還元電池として微少の起電力が生じた。

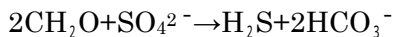
(2) $[-] Al | \text{ヘドロ} | C [+]$ の組合せで、蓄電能力がある電池として 2.5V の起電力が生じた。


2. 目的

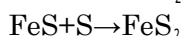
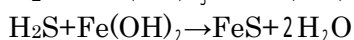
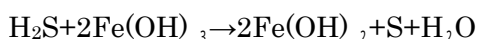
私は島根県のシジミがとれることで有名な宍道湖の抱える問題の一つ「ヘドロ問題」に着目した。このヘドロ問題とは、ヘドロが宍道湖に生息する貝や水草などの生物に覆いかぶさり水中の生物に影響を与えることである。私はこのヘドロをただ除去するのではなく、なにかに有効利用できないか、と考え本研究を行った。

3. 汽水域のヘドロについて

ヘドロとは学術的には正式な定義はなく、堆積した軟弱な有機シルト、泥、粘土の俗称である。含水率が高く、硫化物、炭素に富み、それぞれ軟弱な性質、腐卵臭と黒色、腐食臭を引き起こす。ヘドロの中では硫酸還元反応が起こっており、その化学反応式は以下の通りである。



 バクテリアが関与する反応



S は SO_4^{2-} のかたちで外海である日本海から流れてくる。宍道湖の深いところは貧酸素であるため O が奪われ S^{2-} となる。

また Fe は Fe^{3+} のかたちで鉄分の豊富な中国山地から流れ出る斐伊川から宍道湖に入ってくる。さらに進むと、 S^{2-} は

H^+ と反応し、 Fe^{3+} は OH^- と反応する。その後反応が進むにつれ宍道湖の場合は FeS ができ、 FeS_2 が生成される場合がある。

下図(図1)は以上の反応が宍道湖でヘドロが生成するときの図である。

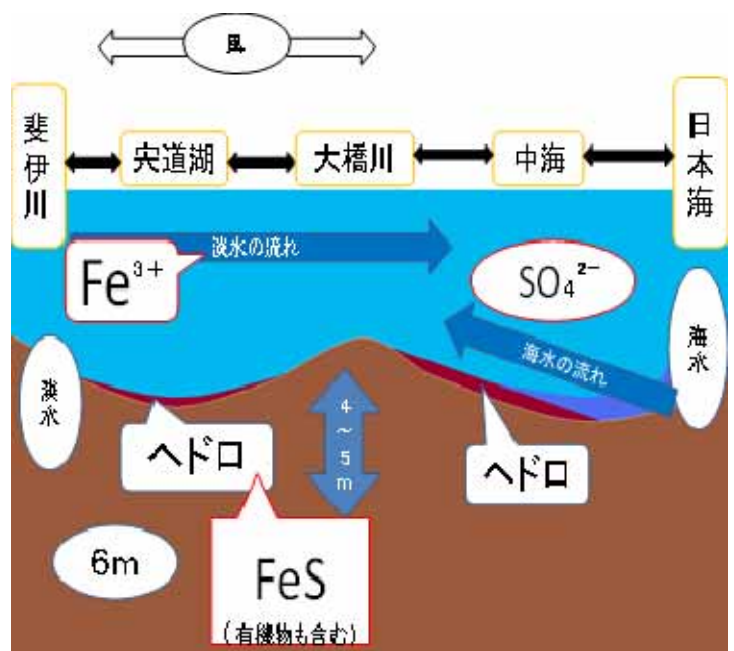


図1 汽水湖である宍道湖でヘドロが生成するときの様子を図にしたもの

ヘドロ採取場所(宍道湖)



図2 ・ヘドロ採取地点(島根大学汽水域研究所 引用)

上図(図2)の中央・地点でヘドロ採取を行った。

4. 実験

4-1 実験1

授業中に演習した2012年名古屋大学入試問題の酸化還元電池を参考にして貧酸素であるヘドロを電池に活用してみようと考えた。

ヘドロが貧酸素のため酸素の豊富な溶液とつなげると起電力が生じるのではないかと考え、次の仮説をたてた。

【仮説1】

『ヘドロを酸化剤とつなげば、起電力を生じるであろう。』

(1)ヘドロと H_2O_2 水溶液(質量パーセント濃度:3%, 30%)に塩橋(KCl・ゼラチン)を渡し炭素芯を電極として用いて検流計につなぎ、電流を計測した。

下図(図3)に実験を図示し、(図4)に実験の様子を示した。

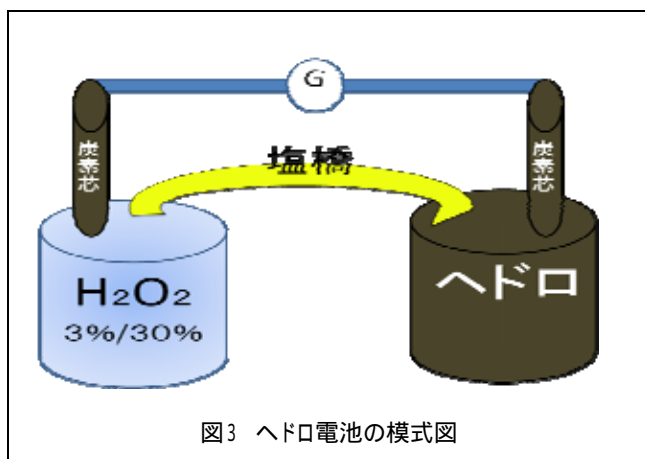


図3 ヘドロ電池の模式図



図4 実際の実験の様子

結果と考察

3%

$2.0 \times 10^{-4}V$

30%

$2.0 \times 10^{-4}V$

わずかに起電力が生じた。

ヘドロが電子を出して酸素を奪うことで還元剤としてはたらくと考えた。しかし、ヘドロが-極として起電力が生じたことより、次の反応が起こっているのではないかと考えた。



この式より ヘドロ: 電子を受け取る = 還元される

H_2O_2 : 電子を出す = 酸化される

ヘドロは酸化剤としてはたらいいた。

以上のことから、ヘドロが酸化剤としてはたらいっているか確かめるために、新たに溶液を様々な種類及びモル濃度に変えそれぞれの起電力を測定することにした。

(2)(1)の H_2O_2 を4種類の還元剤: チオ硫酸ナトリウム, 硫酸鉄, ヨウ化カリウム, シュウ酸

酸化剤: 過マンガン酸カリウム

に変更し起電力測定を行った。

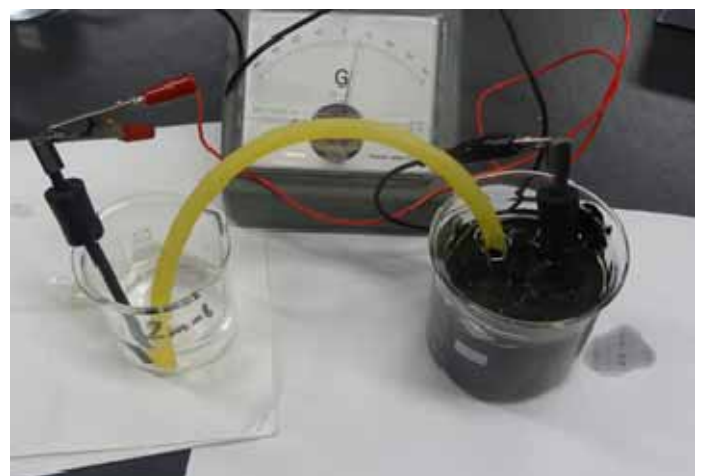


図5 検流計で針が振れる様子

上図(図5)は実験時の検流計の針の様子である。わずか

だが振れているのがわかる。

結果と考察

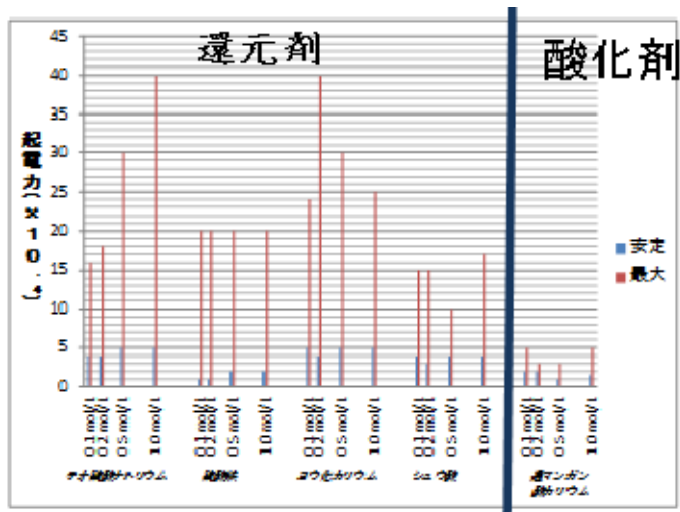


図6 最大起電力(赤-)と安定起電力(青-)の実験データ
 図6より、還元剤と繋いだときの起電力は通電した瞬間が最大で、しばらくすると安定する。
 還元剤と繋いだときの起電力の方が酸化剤とつないだ時の起電力より大きい。
 このことから、ヘドロは酸化剤としてはたらいだときの方が起電力は大きいことが分かった。

まとめ

- ・ヘドロを用いて起電力を生じさせることは可能である。
 - ・ヘドロは酸化剤としてはたらいだときの方が起電力は大きい。
- しかしこのヘドロ電池では起電力があまり生じず、ヘドロが酸化してしまい再び使用できないなどの欠点がある。これではヘドロの有効活用には、ほど遠い。
 そこで思いついたのは二次電池としての利用である。

4 - 2 実験2

多くの物質の混合物には電解質が多く含まれ、蓄電能力があるのではないかと考え、次の仮説を立てた。

【仮説2】

『Fe, S, O, Hの化合物及び有機物の混合物であるヘドロに蓄電能力があれば、二次電池としての起電力が得られるだろう。』

内側をやすりでけずったアルミ缶とスチール缶にそれぞれヘドロと炭素芯を入れ、直流電流計につないで3V, 1分間で充電し、生じる起電力を電圧計で測定した。



図7 上側は充電しているときの実験の様子、下側は充電しているときの模式図

上図(図7)は実際の様子と模式図である。

結果と考察

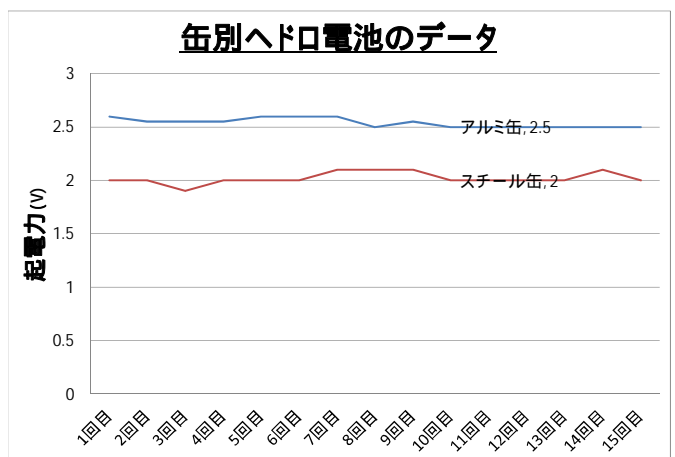


図10 3V, 1分間で充電後の横軸に回数、縦軸に起電力をとったデータ

上図(図10)のグラフより

充電は可能であり、充電を繰り返しても起電力は持続したことが分かる。

また、アルミ缶のときの起電力の方がスチール缶のときの起電力より大きいと言える。

次の図(図8と図9)が手回し発電機で充電を行った後に、放電している様子である。



図8 充電の様子



図9 放電の様子

別添 DVD...図8と図9の動画

5. まとめ

- (1) 酸化還元電池として微少の起電力が得られた。
- (2) [-] Al | ヘドロ | C [+] の組合せで、蓄電能力のある電池として 2.5 V の電圧が得られた。

6. 今後の課題

- ・ヘドロ電池の発電能力の向上、ヘドロ蓄電池の蓄電能力の向上、充電時の悪臭対策、
- ・電池の小型化
- ・発電及び充電のメカニズムの解明

7. 謝辞

宍道湖のヘドロ採取及び宍道湖のヘドロ生成過程のご指導では、島根大学汽水域研究所准教授の瀬戸浩二先生には、大変お世話になりました。ここにお礼申し上げます。ありがとうございました。

< 参考資料 >

島根大学汽水域研究所宍道湖ヘドロ分布図
 2012年名古屋大学入学試験問題
 新訂図解実験観察大辞典化学(東京書籍)