

アルミ缶電池

東京農業大学第一高等学校 富士田 李紗

Electric cells are indispensable to our lives. However, we usually buy electric cells at the store, so we seldom make electric cells at home for practical use. Therefore, I suggest making an electric cell which can be made of aluminum can and Oxydol (3% hydrogen peroxide water).

1. はじめに

授業で電池について学習した際、家庭にあるものでも電池が作れるのではないかと考え、本研究を始めた。材料は簡単に手に入るもので、人体への害が少ないものを用いて実験を行った。

2. 目的

私は酸化還元反応を利用した電池の存在を知り、簡単な材料から電池を作ることができれば非常時に役に立つのではないかと考えた。また、材料としてアルミ缶を用いることで、アルミニウムのリサイクルの一つの方法になるのではないかと考え、本研究を行った。

3. アルミニウムのリサイクルについて

我が国で、アルミニウム缶は8割以上が再利用されている。これは世界各国と比べても高い水準である。また、リサイクル時に排出される有害物質についても法規制が進んでおり、大きな問題はない。

しかし、世界にはアルミニウムのリサイクル率の低い国が多くあり、先進国の廃棄物が発展途上国に不法に輸出されることもある。発展途上国では有害物質の規制が不完全なところも多いため環境問題になっている。

4. 実験

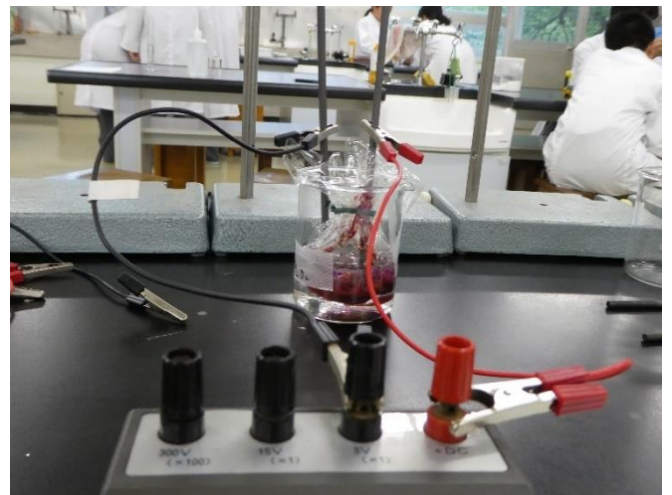
〈4-1〉 実験 1

酸化剤と還元剤を導線などでつなぎ、電子の通り道を外部に作ると起電力が生じる。そこで、まず酸化力や還元力の強さが電池の起電力の大きさに関係するかを確かめるために、強酸化剤である過マンガン酸カリウムを用いて以下の条件で実験を行った。

実験番号	正極	負極
1	KMnO ₄ (硫酸酸性下)	(COONa) ₂
2	KMnO ₄ (中性下)	(COONa) ₂
3	KMnO ₄ (硫酸酸性下)	オキシドール
4	KMnO ₄ (硫酸酸性下)	オキシドール (25倍希釈)

いずれも炭素電極を用いた。また、正極と負極の間の半透膜には、セロハン紙を用いた。下図(図1)は実験の様子である。

図1 セロハン紙内部の過酸化水素水から気体が発生している。



・結果と考察

実験番号	最大起電力	起電力の持続時間
1	0.53V	2時間以上
2	0.23V	1時間12分
3	0.50V	4分
4	0.57V	約25時間

いずれもわずかに起電力が生じたが、持続した時間が短かった。これは還元剤の濃度のみを変えた実験番号3と4より、酸化力や還元力が強すぎたため反応時間が短かったからだと考えられる。また、起電力がわずかだったのも、酸化力や還元力が強く、半透膜で隔てても直接酸化還元反応が起きて電子が外部の回路をあまり通らなかったためだと考えた。

したがって酸化剤、還元剤には酸化力や還元力が強いものが適していると考え、

(+)C, H₂O_{2(aq)} | NaCl_{aq} | Al(-)の組み合わせで、条件を変えて起電力を測定した。条件を以下に示す。

〈4-2〉実験2

実験番号	H ₂ O _{2(aq)} 濃度	液性
5	0.12%	中性
6	0.12%	硫酸酸性
7	0.12%	クエン酸酸性(10%)
8	0.3%	クエン酸酸性(0.4%)
9	0.3%	クエン酸酸性(0.8%)
10	3%	クエン酸酸性(0.4%)
11	3%	クエン酸酸性(0.8%)
12	3%	クエン酸酸性(0.2%)

下図(図2)は実験の様子である。

図2



・結果と考察

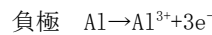
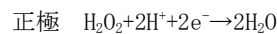
実験番号	最大起電力	安定起電力	持続時間
5	0.97V	0.92V	7日以上
6	1.61V	1.25V	2日以上
7	1.8V	1.0V	1日以上
8	1.17V	1.1V	6日以上
9	1.17V	1.1V	1か月以上
10	1.38V	1.0V-1.1V	1か月以上
11	1.21V	1.2V	8日以上
12	1.13V	1.0V	1か月以上

クエン酸酸性下の電池3本を直列につなぐことで、3VのLED電球1個を点灯させることができた。

実験番号8、11はアルミ缶に穴が開き、中の溶液がこぼれ始めたため反応の途中で停止させた。これらに用いたアルミ缶は前の実験で使用したものを使いまわしており、この実験を始めたときにはすでにアルミ缶が薄くなっていてと考えられる。対して実験番号9、10では新品のアルミ缶を用いたため、1か月以上穴が開かずに電池として機能している。このことから、(+)C, H₂O_{2(aq)} | NaCl_{aq} | Al(-)の電池はアルミニウムが尽きるまで起電力を保つと考えられる。

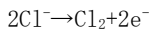
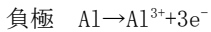
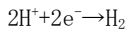
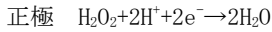
また、中性のときよりも酸性のときのほうが起電力は高く、クエン酸酸性下のときよりも硫酸酸性下のほうが起電力は高い。しかし、クエン酸の濃度が異なっても起電力にはあまり差がなかった。この研究の目的は家庭にあるもので電池を作ることであり、硫酸は一般に手に入りやすいものではない。また、アルミニウムは水素よりもイオン化傾向が大きいので、溶液中の水素イオン濃度が高いとアルミ缶が早く溶けてしまい、水漏れするまでの時間が短くなってしまふことが予想される。したがって酸性条件をつくるときは、少量のクエン酸を用いるべきと考えられる。

さらに、この電池では過酸化水素が酸化剤となり、アルミニウムが還元剤になると想定した。その場合の正極、負極で起こる反応は以下の式のとおりである。



しかし、過酸化水素は時間をおくと水素と酸素に分解してしまい、1か月後の溶液にはほとんど残っていないと考えられる。したがって過酸化水素が無くなった後は別の物質が酸化剤として働いたと考えられる。過酸化水素が無くなった後、溶液中にはナトリウムイオン、塩化物イオン、水素イオン、そして少量の水酸化物イオンとアルミニウムイオンが存在している。これらのうち正極活性物質となり得るのは水素イオンのみである。したがって、過酸化水素が尽きたあとは溶液に残った水素イオンが酸化剤として働くと考えられる。

加えて、反応開始からしばらくたった後、電池からかすかに塩素臭がした。したがって食塩水中の塩化物イオンも還元剤として働くと考えられる。以上のことから、この電池内で実際に起きた反応は以下のとおりであると推測される。



ここで発生する塩素は少量であり、健康を害する量ではないと考えられるため、家庭でこの電池を作成しても安全である。

〈4-3〉実験3

家庭にあるもので負極になりうるものや、食塩水の代わりになりそうなもので数種類の電池を作った。

まず、水道水中の塩化物イオンを除去するのに用いられるチオ硫酸ナトリウムが還元剤になると予想して、条件を変えて2つの電池を作った。実験番号13、14の電池式は(+) $\text{C}, \text{H}_2\text{O}_{2\text{aq}} | \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_{3\text{aq}} | \text{C}(-)$ である。過酸化水素水はクエン酸酸性にした。条件を以下に示す。

実験番号	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_{3\text{aq}}$ 濃度	$\text{H}_2\text{O}_{2\text{aq}}$ 濃度
13	3%	3%
14	10%	3%

次に、実験3の電池の食塩水を食酢に変えて電池を作った。電池式は(+) $\text{C}, \text{H}_2\text{O}_{2\text{aq}} | \text{CH}_3\text{COOH}_{\text{aq}} | \text{Al}(-)$ である。条件を以下に示す。

実験番号	食酢	$\text{H}_2\text{O}_{2\text{aq}}$ 濃度
15	10倍希釈	0.3%

過酸化水素水はクエン酸酸性にした。

・結果と考察

実験番号	最大起電力	持続時間
13	0.31V	4時間30分
14	0.33V	24時間未満

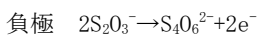
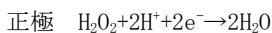
実験番号13と14は起電力が安定せず、低下し続けた。

実験番号	最大起電力	持続時間
15	0.75V	1か月以上

3週間ほどは0.6Vで安定したが、その後徐々に起電力が低下した。

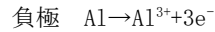
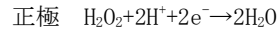
(+) $\text{C}, \text{H}_2\text{O}_{2\text{aq}} | \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_{3\text{aq}} | \text{C}(-)$ の組み合わせでは、起電力は小さく電池としてはほとんど機能しない。チオ硫酸ナトリウム水溶液の濃度が濃いほど起電力を保つ時間が長かった。

この電池の正極と負極で起きる反応は以下の通りと考えられる。



(+) $\text{C}, \text{H}_2\text{O}_{2\text{aq}} | \text{CH}_3\text{COOH}_{\text{aq}} | \text{Al}(-)$ の組み合わせも、起電力が小さい。また、希釈してあるとはいえ食酢のにおいが強く、家庭で作成するのは難しいだろう。

この電池の正極と負極で起きる反応は以下の通りと考えられる。



しかし、本当にこの反応が起きているとすると実験2の電池とほとんど同じ起電力が生じると予想されるため、酢酸が酸化剤として働くと考えられる。

5. まとめ

今回製作した電池の中で、起電力が大きく家庭でも作りやすいものは、(+) $\text{C}, \text{H}_2\text{O}_{2\text{aq}} | \text{NaCl}_{\text{aq}} | \text{Al}(-)$ の組み合わせの電池である。起電力は1.1Vから1.2Vで、市販の充電電池とほとんど同じで、起電力はアルミニウムが尽きるまで保たれる。

6. 展望と今後の課題

比較的安価で入手しやすい材料であるから、溶液がこぼれないような形状にすれば家庭での非常用電源になりうるだろう。

また、アルミニウムから容易にエネルギーが取り出せるため、アルミニウムのリサイクル手段の一つにもなりうる。同じような構造で、鉄を負極にしても起電力が生じる可能性がある。イオン化傾向が大きい金属のリサイクル手段となりうるだろう。

7. 謝辞

本研究を進めるにあたって、小野寺美妃先生には熱心なご指導を賜りました。また、実験の実施については、化学部の皆様が協力してくださいました。ありがとうございました。

文 献

世界各国のアルミ缶リサイクル率、アルミ缶リサイクル協会、
<http://www.alumi-can.or.jp>
 アルミニウム産業の現状と課題、経済産業省、
www.meti.go.jp