

# ダニエル電池を充電するとどうなるか

静岡県立下田高等学校  
自然科学部 2年 山本凱世 他 2名

## 1. 研究の動機

市販の化学電池には、マンガン乾電池のような使い捨ての一次電池と、鉛蓄電池やリチウムイオン電池のような充電できる二次電池がある。中学校の理科や高校の化学で登場するダニエル電池を教科書で調べてみると、充電できるとは書かれておらず、一次電池と二次電池のどちらかはっきりしない。

ダニエル電池の放電では、負極で亜鉛の溶解が、正極で銅の析出が起こる。このとき、素焼き板などのセパレータ材料を隔てて、亜鉛イオンが電解液の負極側から正極側へ、硫酸イオンが正極側から負極側へ移動する。私たちは、ダニエル電池を充電しようとするれば、銅(II)イオンが電解液の正極側から負極側へ、硫酸イオンが負極側から正極側へ移動するはずだと考えた。そして、銅(II)イオンが亜鉛板と接触して、何らかの不具合が起きるならば、ダニエル電池は二次電池として使用できないということになる。実際にどうなるか分からないので、調べてみることにした。

## 2. 研究の方法

まず、セパレータ材料に、素焼き板、セロハン膜、ろ紙、寒天を使ったダニエル電池を作成した。滑り抵抗器を使って、端子電圧と電流を調べ、内部抵抗と起電力を算出した[図表 1 A～1 D]。起電力とは、内部抵抗がないと仮定したときの理想の電圧のことである。ここでのノウハウを元にして、次の 3 つの実験を行った。第一に水溶液中で亜鉛イオンから亜鉛への変化が起きることを確かめる実験である。硫酸亜鉛水溶液の電気分解を行い、亜鉛板の観察と、通電前後での質量の測定を行った。第二にセパレータ材料を隔てた金属イオンの移動を調べる実験である。ろ紙を使ったダニエル電池で逆向きに電流を流し、銅(II)イオンの挙動を観察した。第三に銅(II)イオンが亜鉛板と接触した「壊れたダニエル電池」を調べる実験である。放電の様子を観察し、端子電圧と電流を測定した上で、放電にともなう温度の変化を、通常のダニエル電池と比較した。

## 3. 研究の成果

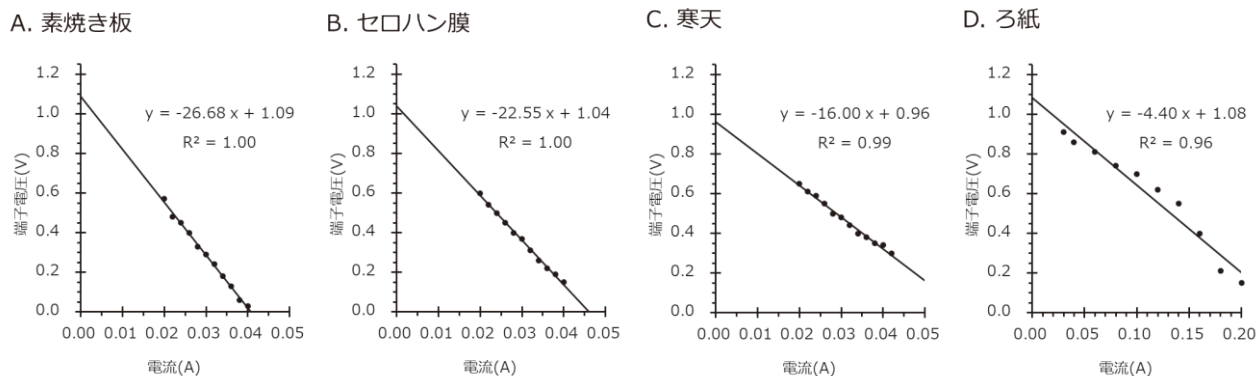
第一に、硫酸亜鉛水溶液を電気分解したところ、亜鉛板に樹状の亜鉛が析出する様子が観察された[図表 2 A]。乾電池 2 個を直列つなぎにして直流電源にしたところ、1 時間の通電で 0.52 g の質量増加が起きた。このとき  $1.8 \times 10^3$  C の電気量のうち 85% が亜鉛の析出に使われ、残りが水の電気分解に使われていた。第二に、ろ紙を使ったダニエル電池で逆向きに電流を流したときの銅(II)イオンの挙動を観察したところ、亜鉛板に向かって移動していた[図表 2 B]。第三に、硫酸銅(II)水溶液と亜鉛板の接触した「壊れたダニエル電池」で放電の様子を調べたところ、亜鉛板の表面に銅樹ができ、通常のダニエル電池よりも発熱が大きかった[図表 2 C]。水の比熱を 4.2 [J/g/K] とすると、10 分間で通常のダニエル電池は  $Q=100$  [g]  $\times$  4.2 [J/g/K]  $\times$  0.13 [K] = 54.6 [J]、壊れたダニエル電池は  $Q=100$  [g]  $\times$  4.2 [J/g/K]  $\times$  0.50 [K] = 210 [J] の発熱があった。

## 4. 考察

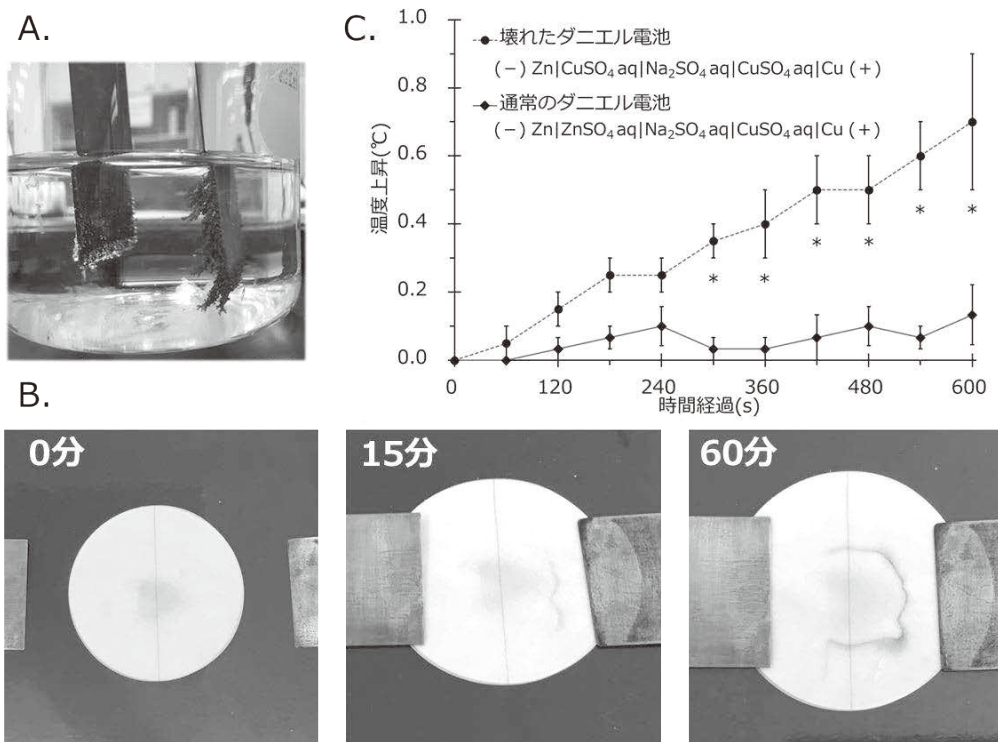
私たちの研究では、ダニエル電池を充電しようとするるとどうなるか、調べても見つからなかった事実を、実験で示すことができた。第一に、充電の初期段階では、亜鉛イオンが還元されて亜鉛となり、期待通りの逆反応が起こるということである[図表 2 A]。第二に、充電の間、銅イオンが亜鉛板の方

向へ移動するということである[図表2 B]。第三に、銅(II)イオンが亜鉛板と接触するようになると、銅樹ができるのにもなって、異常発熱が起こるということである[図表2 C]。通常のセパレータ材料を使ったダニエル電池は、二次電池として安全に使用できないということが私たちの結論になる。

## 5. 図表



[図表1] 様々なセパレータ材料で作ったダニエル電池。Aは素焼き板、Bはセロハン膜、Cは寒天、Dはろ紙を、セパレータ材料にした。起電力は0.96~1.09 Vであり、亜鉛の溶解と銅の析出が起きた場合の理論値1.10 Vに近い。内部抵抗は4.4~26.7 Ωであり、ろ紙を使ったものが最も小さかった。



[図表2] 実験で示すことができたもの。A. 充電すると亜鉛イオンが析出して亜鉛に。B. 充電すると銅(II)イオンが亜鉛板の方向に移動。C. 銅(II)イオンと亜鉛板が触れると発熱。誤差棒は標準誤差。「\*」は *t* 検定 ( $P < 0.05$ ) で有意差。

## 6. 謝辞

この研究は下田高校自然科学部の中で行われました。他2名の部員(内田凌久・杉山裕一)の協力があってこそこの成果です。