

2018年5月TSC例会資料

昭和57年度 中学校理科研修会(第7回)資料

フィルムケースと寒天を利用 した乾電池の製作

生徒が興味・関心をもつ実験の指導例

日時 昭和57年7月28日(水)午後1時～4時
会場 東京都立教育研究所 化学実験室
担当 東京都足立区立第16中学校
敬諭 新倉 猛

資料印刷 高橋信雄

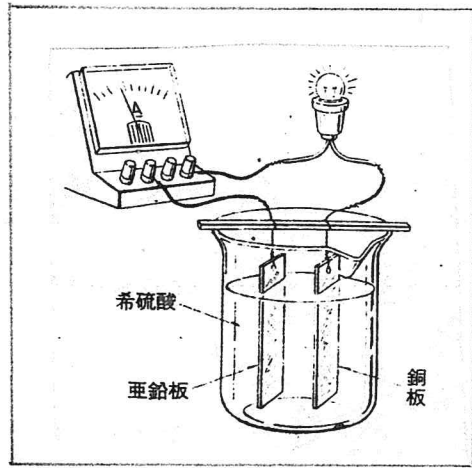
1. はじめに.

今回の指導要領の改訂により、中学校理科の指導内容からは除外されたものであるが、『物質とイオン』の単元に『電池』があつた。現在、授業で扱わなければならない内容ではないが、電池の製作は生徒にとつて興味のあるものであり、必修クラブ等の機会に教材として取り上げることは、生徒の興味・関心を深めるうえで、効果のあるものと思われる。

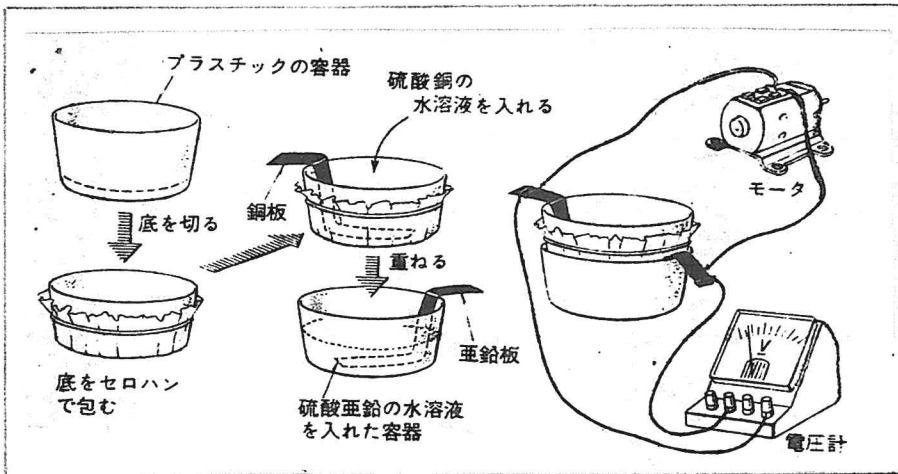
下に、中学校理科教科書にのっていたボルタ電池とダニエル電池の模式図を示してあるが、液体を使用しているので、持ち運び等に不便な面があり、液体部分に寒天を加えることによつてそれが解消され、製作過程も生徒に一層興味をひくようになるものと考えられる。

〈ボルタ電池〉

学図、中学校理科
第一分野(下)より



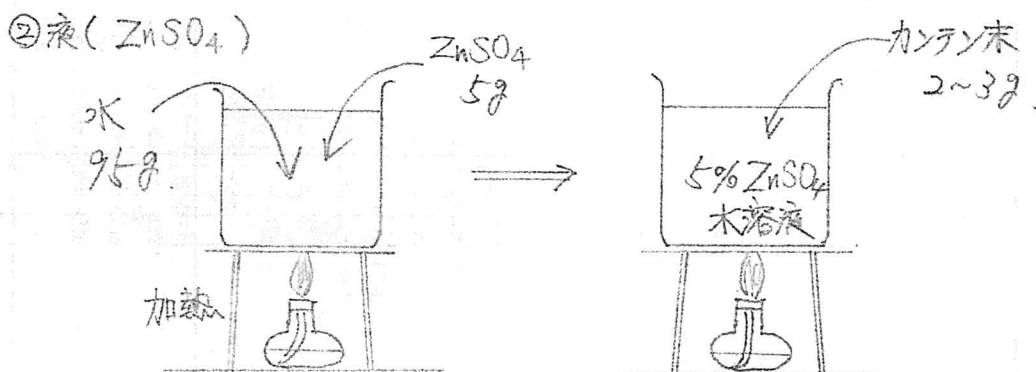
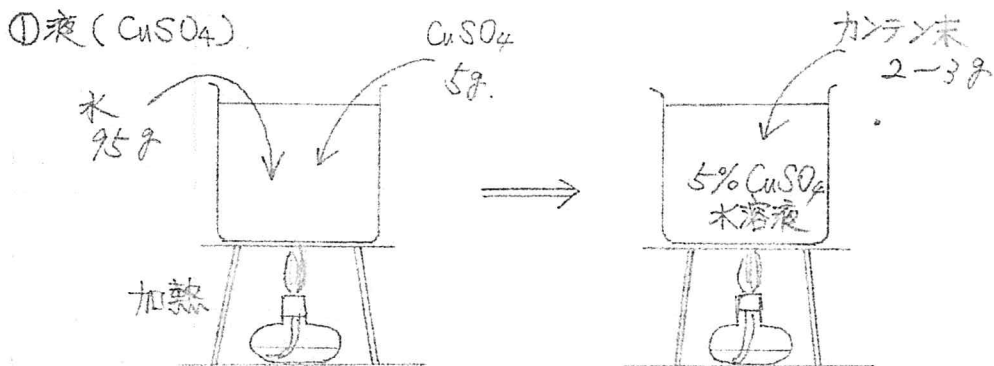
〈ダニエル電池〉



2. 製作の過程.

< ダニエル電池の製作 >

(1). ①液 (CuSO_4), ②液 (ZnSO_4) の製造.

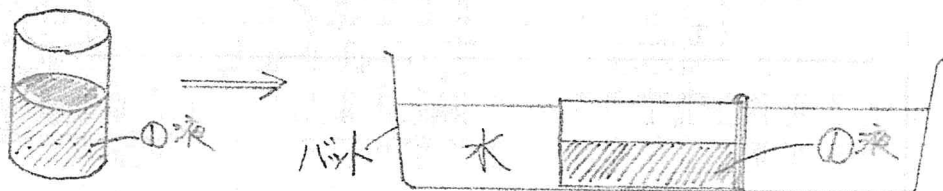


①, ②液ともあまり沸とうさせないようにし、カンテン末は、ガラス棒でかきまぜながら少しづつ加えて溶かす。

(2). ①, ②液の固め方.

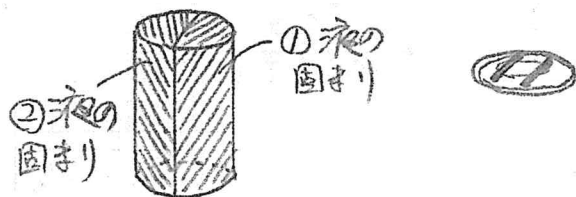
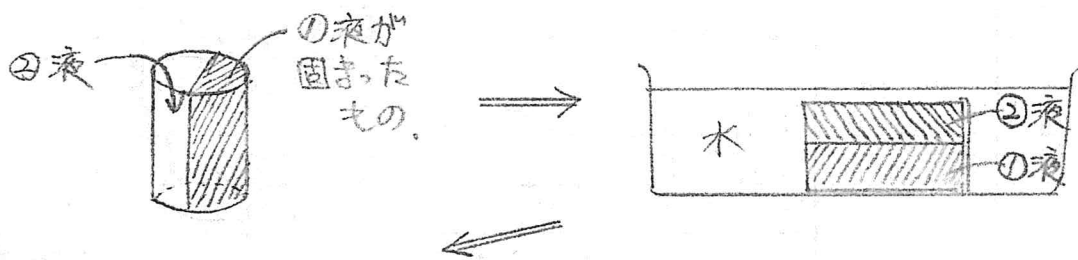
1). フィルムケース法.

①液をフィルムケースに半分入れ、フタをして水で冷やす。

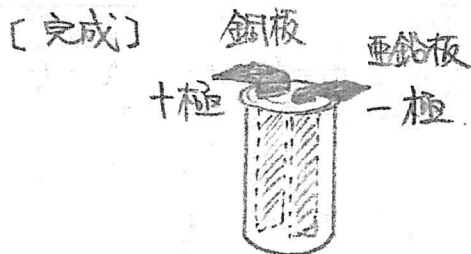


- この時、一気にフタをしめようとする、フィルムケース中の空気が膨張するためフタが吹き飛んでしまうので注意!!

①液が固まった後、フィルムケースのフタをあけ、②液で満たし、同様にフタをして冷やす。

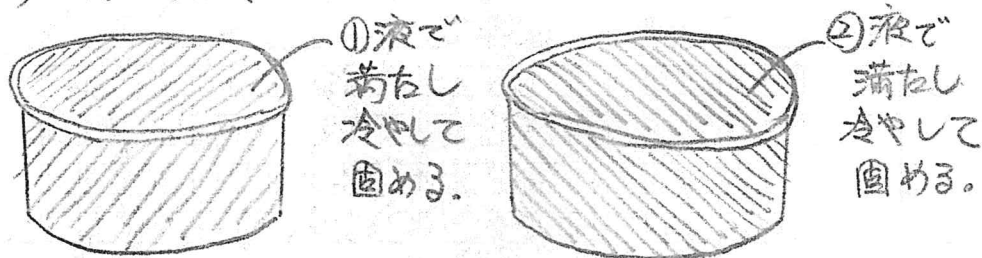


フィルムケースのフタにナイフで切れこみをつくり、銅板・亜鉛板を差し込めるようにする。

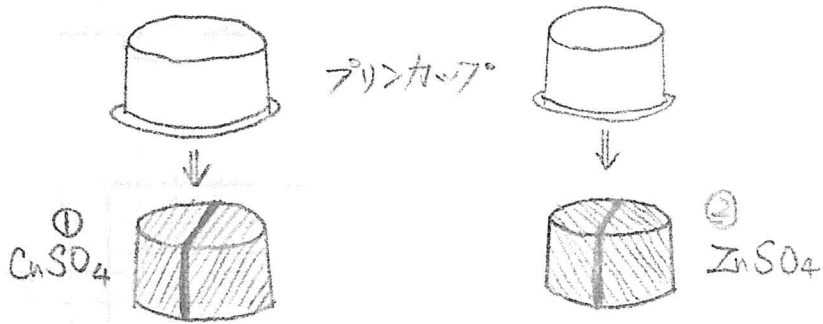


- 銅板・亜鉛板はサンドペーパーで磨くと良い。
- 銅板は①液へ、亜鉛板は②液に差す。

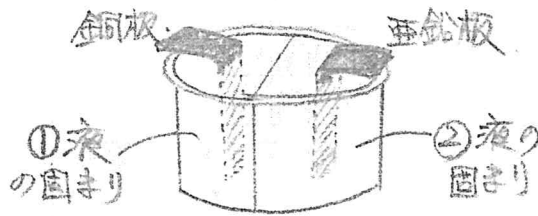
2). プリンカップ法.



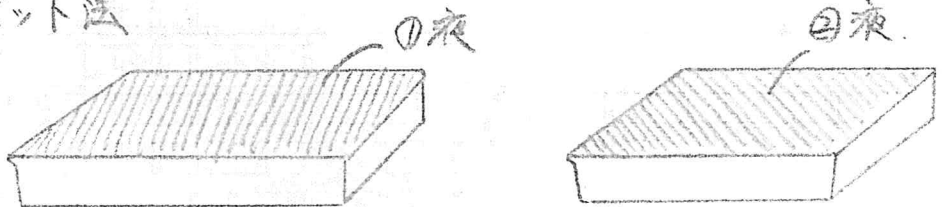
冷えて固まったら、カップの底に熱したクギの頭で穴をあけ、空気が入りやすい状態にし、ナイフでていねいに取り出す。



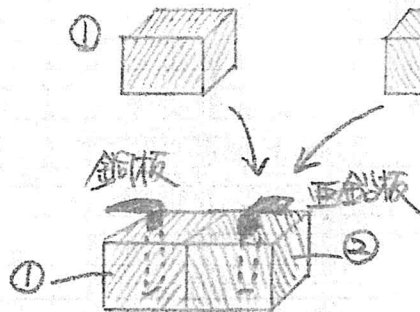
それぞれ真二つにナイフで切り、半分の①と②を1つのカップの容器に入れ、合わせる。間に空気が入らないように注意!!



3) バット法



①、②液ともに別々のバットで冷やし、固める。
それぞれをナイフで切り取り、合わせて使う。

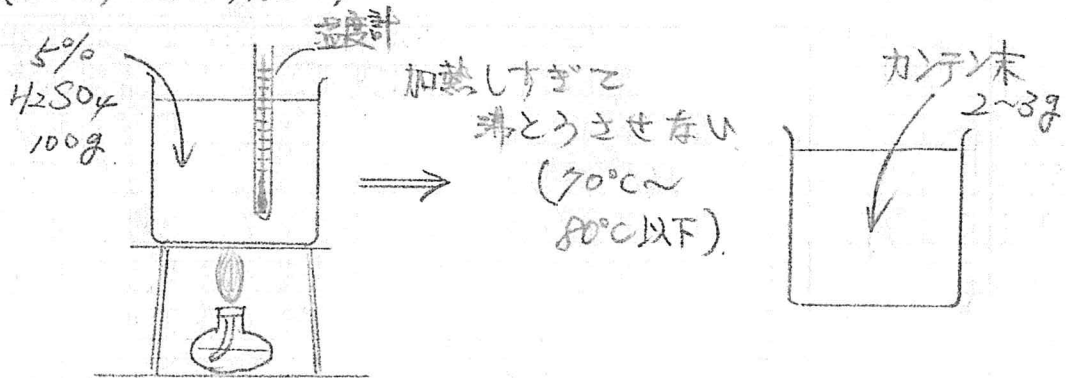


●生徒は小分けする
場合に適している。

この場合、カンランを3% (①、②液それぞれ100mlについて) 使うと固くでき、つどろが良いが、極板を差しこま時に割れ

⚠て空気が入りやすいので注意!!

<ボルタ電池の製作>



容器への注入は、ダニエル電池の場合と同じ。

- ※ カンテン以外にゼライヌ(商品名)を使う場合は、水につけ膨潤させてから使う。
- ※ 他にも、カンテンを使った方法は、鉄粉の磁界のもよぶき固定するのにも使えると考えられる。

参考資料

● ダニエル電池の起電圧が $\frac{1}{2}$ であるわけ。

電池の起電力 電池の起電力(または起電圧)というのは、電池の中に電流が通じていないような状況の下での、両極の間の電位差を意味する。

起電力 E の電池に抵抗 R の線をつないで、電流を流したとすると、流れる電流 I はオームの法則*に従って、

$$I = \frac{E}{R+r}$$

で与えられる。ここに r は電池自身のもつ抵抗であって、内部抵抗とよばれる。上式から

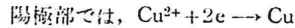
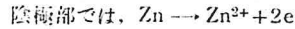
$$RI = E - rI$$

の関係がみちびかれるが、 $RI = E'$ とおけば、 E' は電流が流れつつある状況の下での両極の間の電位差であり、これを電池の極電圧とよぶ。このように、一般に電池について、起電力と極電圧とは区別されている。電池を実際使用时の問題になるのは極電圧であるが、電池の働きを理論的に考察するときの問題となるのは、起電力である(→DENKI to DENRYŪ)。

起電力はどのようにして発生するかという問題を、ダニエル電池を例にとって考えてみよう。この電池は、先にも述べたように、図5(a)のような構造をもっている。

図5(b)のように、銅(Cu)極と亜鉛(Zn)極とを導線をつなぐと、電流は銅極から亜鉛極のほうに向かって流れる。電池の内部では、亜鉛極から銅極の向きに電流が流れる。導線を流れる電流は導線の中で電子が移動することによっておこるのであり、電子は負の電荷をもっているから、電子が移動する向きは電流の向きとは反対であって、陰極から陽極へ向かう。

このように電池が作用しはじめると、電池内の硫酸銅溶液と接触する銅極(陽極)の部分と、硫酸亜鉛溶液と接触する亜鉛極(陰極)の部分において、それぞれ次のような変化がおこる。



ここで、 e は1個の電子を表わしている。つまり亜鉛(金属)の原子 Zn は負の電荷をもつ電子2個を放出すると同時に、正の電荷をもつイオン $^{2+}$ 、すなわち亜鉛イオン Zn^{2+} となって溶ける。それに対して、溶液中の銅イオン Cu^{2+} は2個の電子をうけとって銅(金属)の原子 Cu となって極板に付く。これら2つの変化をあわせて考えると、次のようになる。

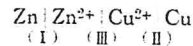


つまり、陰極の亜鉛がイオンとして溶けるのに対して、銅イオンは陽極の銅の上に析出するのである。

この化学反応は、亜鉛板を硫酸銅溶液に直接にふれさせてもおこる。そしてその反応は亜鉛が銅にくらべてイオンになりやすい、すなわちイオン化傾向が大きいのだと説明されている。

またこの反応がおこると、熱が発生することが観測されている。しかしダニエル電池においては、この反応がおこっても、熱はほとんど発生せず、それに相当するだけのエネルギーが電気としてあらわれる。さらに正確にいうならば、上の反応にともなう自由エネルギー*の変化に相当する電気エネルギーが発生するのである(→KAGAKUHANNŌ)。

さて、ダニエルの電池の起電力 E は次の部分にわけて考えられる。この電池の仕組みを、



のように表わすと、電池内に(I)、(II)、(III)の接触部があることがわかる。(I)と(II)は各電極金属とそのイオンをふくむ溶液の接触部であり、(III)はちがう溶液の接触部である。これらの接触部には、いずれも電位差があるが、(I)、(II)における電位差は電極電位あるいは単極電位とよばれ、(III)における電位差は液間電位とよばれる。両極間の電位、すなわち起電力は、これらの3つの電位の和と考えられるが、液間電位は電極電位にくらべると見のがしてもさしつかえない場合が多いので、それを省略すると、起電力は

$$E = E_1 - E_2$$

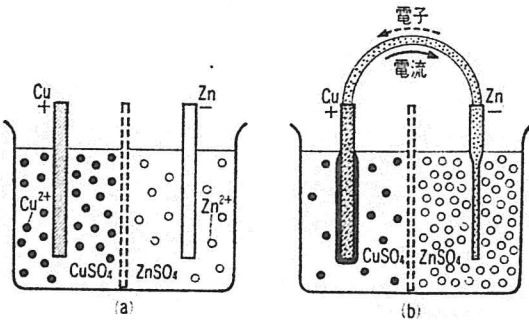


図5 ダニエル電池 (a) 両極をつながないとき、(b) 両極をつないだときに電流が流れる原理。

Memo.

のように表わされる。ここに E_1 は (I) の電位差、 E_2 は (II) の電位差を表わす。電池内では電流は (I) → (II) の方向に流れるので、 E_1 を正とし、 E_2 を負とし、その代数和によって E が与えられると考えるのである。

このような関係は、他の電池においても一般に成り立つものであって、電池の起電力は陽極および陰極における電極電位の和(代数和)に等しい。

各金属についてその電極電位の値は、適当な標準(水素電極の電位を0とする)をもうければ、測定することができる。表1はその値を示したものである。

ダニエル電池について、この表1の電極電位の値を用いると、その起電力は次のようになる。

$$E = E_1 - E_2 = 0.761 - (-0.340) = 0.761 + 0.340 \\ = 1.101 \text{ V}$$

表1において、電極電位の値の大きい金属、すなわち表の上位にある金属ほど、酸化されやすく、イオン化傾向が強い。そして一般に、表の上位にある金属と下部にある金属とを組み合わせれば、それらの電極電位の和に相当する起電力をもつ電池がつくられるのである。

表1 金属の電極(単極)電位

| 電 極 | 反 応 | E (V) |
|-----------------|--|-------------|
| K, K^+ | $K \rightarrow K^+ + e$ | 2.924 |
| Na, Na^+ | $Na \rightarrow Na^+ + e$ | 2.714 |
| ● Zn, Zn^{2+} | $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e$ | 0.761 |
| Fe, Fe^{2+} | $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e$ | 0.441 |
| Cd, Cd^{2+} | $Cd \rightarrow Cd^{2+} + 2e$ | 0.402 |
| Co, Co^{2+} | $Co \rightarrow Co^{2+} + 2e$ | 0.283 |
| Ni, Ni^{2+} | $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e$ | 0.236 |
| Sn, Sn^{2+} | $Sn \rightarrow Sn^{2+} + 2e$ | 0.140 |
| Pb, Pb^{2+} | $Pb \rightarrow Pb^{2+} + 2e$ | 0.126 |
| H_2 , H^+ | $\frac{1}{2} H_2 \rightarrow H^+ + e$ | ± 0.000 |
| ● Cu, Cu^{2+} | $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e$ | -0.340 |
| Hg, Hg_2^{2+} | $Hg \rightarrow \frac{1}{2} Hg_2^{2+} + e$ | -0.789 |
| Ag, Ag^+ | $Ag \rightarrow Ag^+ + e$ | -0.799 |

(岩波書店刊、

『科学の事典』より)