

令和5年11月17日

東京都中学校理科教育研究会  
令和5年度 会員研究発表会

# ダニエル電池における 電極の変化を観察する方法

～金属箔を用いたダニエル電池の開発とその改良～

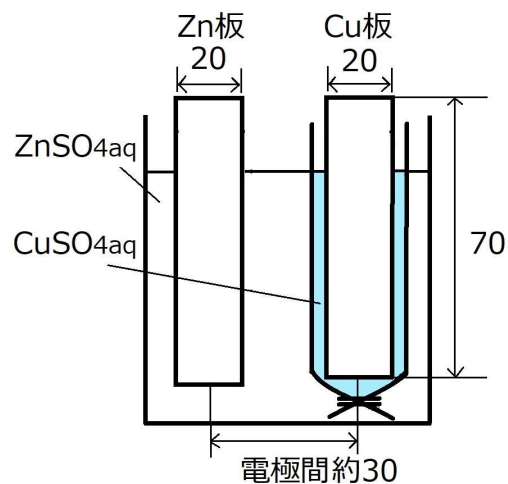
文京区立第十中学校  
主任教諭 北田 健

(令和4年度 東京都 教職員派遣研修報告)

## ○学習指導要領 中学校 理科での電池の扱い

「電池の基本的な仕組み」については、ダニエル電池を取り上げること

### ○従来のダニエル電池



透析用セルローズチューブ20/30  
容器：100mLビーカー



#### [問題点]

- ・電極の変化に時間が掛かる  
(左写真:60分 放電したもの)
- ・銅板に析出が見られるものの  
亜鉛板は黒く変色するのみ  
で溶けているか判断が難しい

生徒実験の観察結果から、電極の変化を見出させ  
電池で起こる現象を考察することは困難である。

## 研究の方向性

- I 生徒実験で亜鉛電極が黒く変色する現象  
をもって亜鉛が溶けたと言えるのか検証する。
- II 電極（亜鉛）の変化を観察できる条件を見つける。
  - ・電極の厚み
  - ・水溶液の濃度
- III 電極の変化を観察しやすい  
教材「金属箔ダニエル電池」の開発・改良を行う。

# I 亜鉛電極が黒く変色する現象の検証

(1) 放電の有無と亜鉛電極の黒い変色

(2) 水溶液中の銅イオンの影響

# I 亜鉛電極が黒く変色する現象

## (1) 放電の有無と亜鉛電極の黒い変色

### ① ダニエル電池の作製方法

－電極側：亜鉛箔 (0.03 mm)

【純度99.99%】

5 wt% 硫酸亜鉛水溶液



＋電極側：銅箔 (0.01 mm)

5 wt% 硫酸銅水溶液



セパレーター：

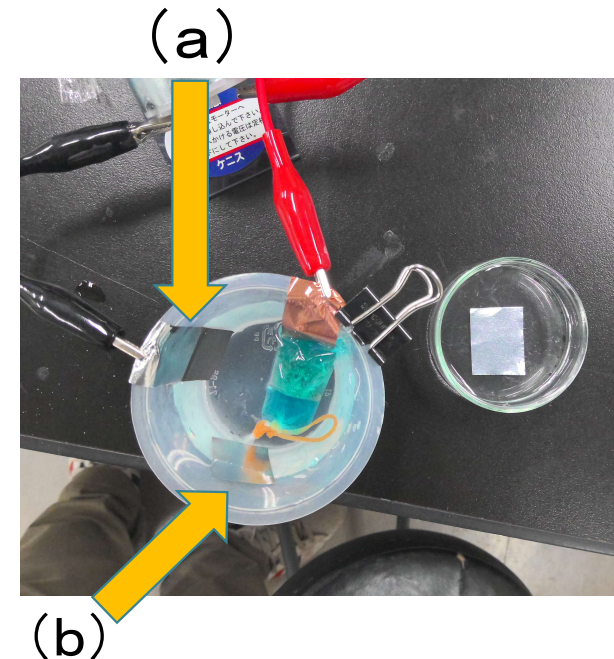
透析用セルローズチューブ

### ② 実験条件

実験時間：各10分間

(a) 放電させた

(b) 放電していない



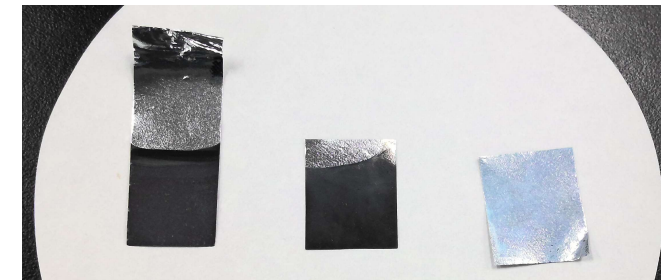
### ③ 実験結果

(a) 放電させた

→ 黒く変色

(b) 放電していない

→ 黒く変色



(a) (b)

放電による反応よりも硫酸銅水溶液  
の銅イオンが影響している可能性が高い

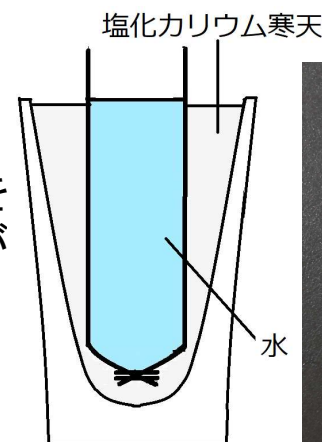
# I 亜鉛電極が黒く変色する現象

## (2) 銅イオンの影響の検証

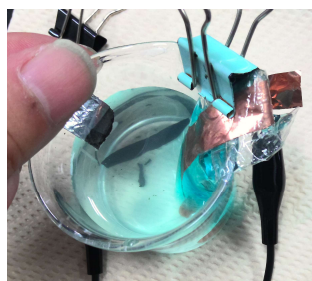
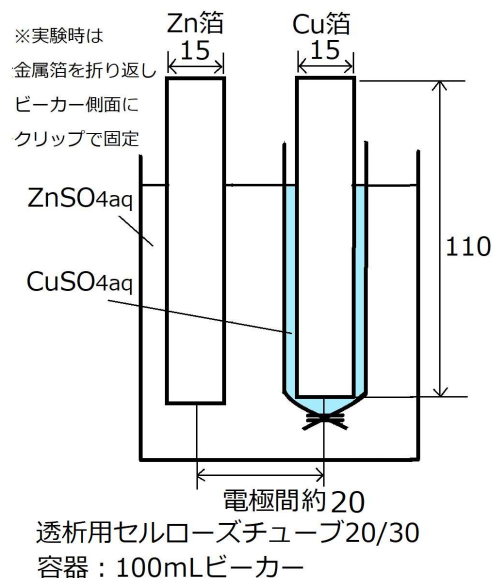
銅イオンの浸出を防ぐ工夫  
→塩化カリウム寒天のセパレータ

### 【作成方法】

セルローズチューブに水を入れ寒天内で保持しながら冷却し固めた。  
塩化カリウム濃度：飽和

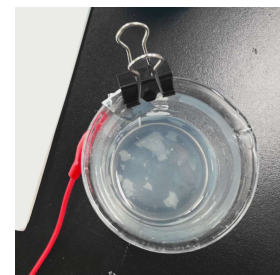
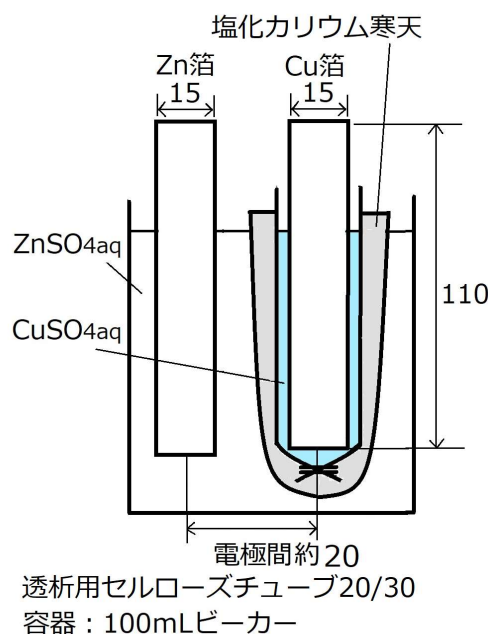


### (ア) 通常のダニエル電池



黒く変色した

### (イ) 塩化カリウム寒天を用いたダニエル電池



黒く変色なし

・塩化カリウム寒天の断面の様子



銅イオンの  
浸出を確認



# I 亜鉛電極が黒く変色する現象

## (2) 銅イオンの影響の検証

### 蛍光X線分析(XRF)

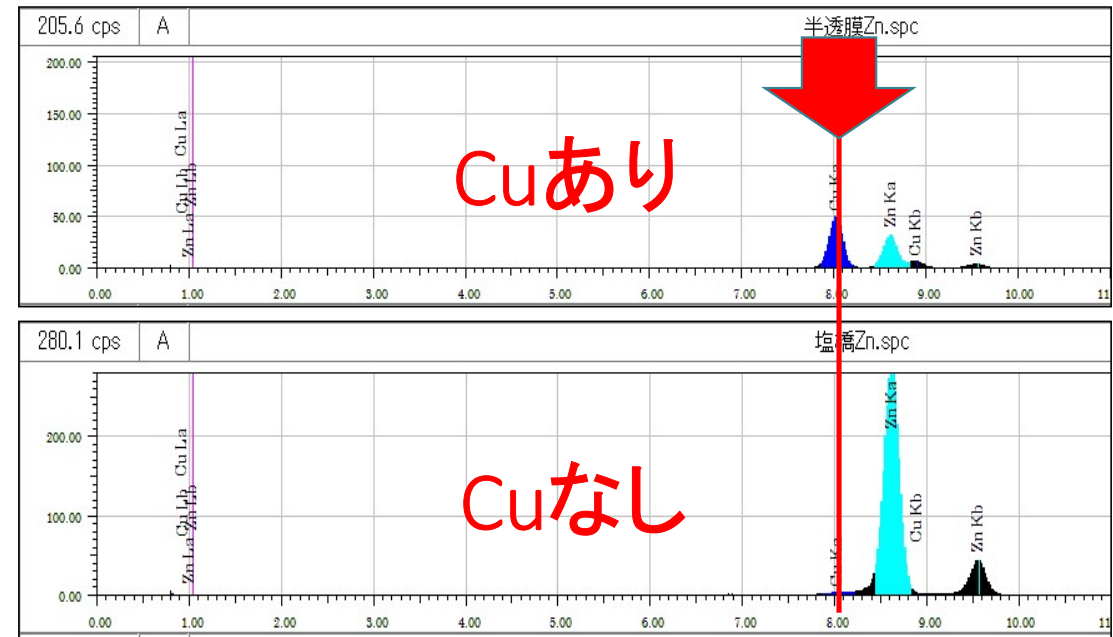
(ア) 通常のダニエル電池  
黒く変色した



(イ) 塩化カリウム寒天  
を用いたダニエル電池  
黒い変色なし



黒い物質は銅と亜鉛の混合物



黒い物質が析出したことをもって  
電池の電極として亜鉛が溶けているとは言えない

電極の変化を観察できる実験方法が必要

## Ⅱ 電極の変化を観察できる条件

(1) 電極の厚み

(2) 水溶液の濃度



## Ⅱ 電極の変化を観察できる条件

電極の変化に時間がかかるのは電池の反応に対して亜鉛原子の量が多い

(1) 電極の厚み：生徒が観察しやすい板の形状を維持したまま

亜鉛の量を減らすため厚みに注目

| 電極の厚み            | 形状の変化が観察できるまでの大まかな目安 |
|------------------|----------------------|
| 0.5 mm (一般的な亜鉛板) | 1～2日程度               |
| 0.1 mm (亜鉛箔テープ)  | 一晩(8時間程度)            |
| 0.05 mm (亜鉛箔)    | 2～3時間                |
| 0.01 mm (亜鉛箔)    | 45分間                 |

(※) 溶液の条件：硫酸銅水溶液(5.0 wt%)、硫酸亜鉛水溶液(5.0 wt%)

(2) 水溶液の濃度：反応速度を上げる。

最適濃度      ○ 硫酸銅水溶液      飽和      ○ 硫酸亜鉛水溶液      0.5 mol/L

## Ⅱ 電極の変化を観察できる条件

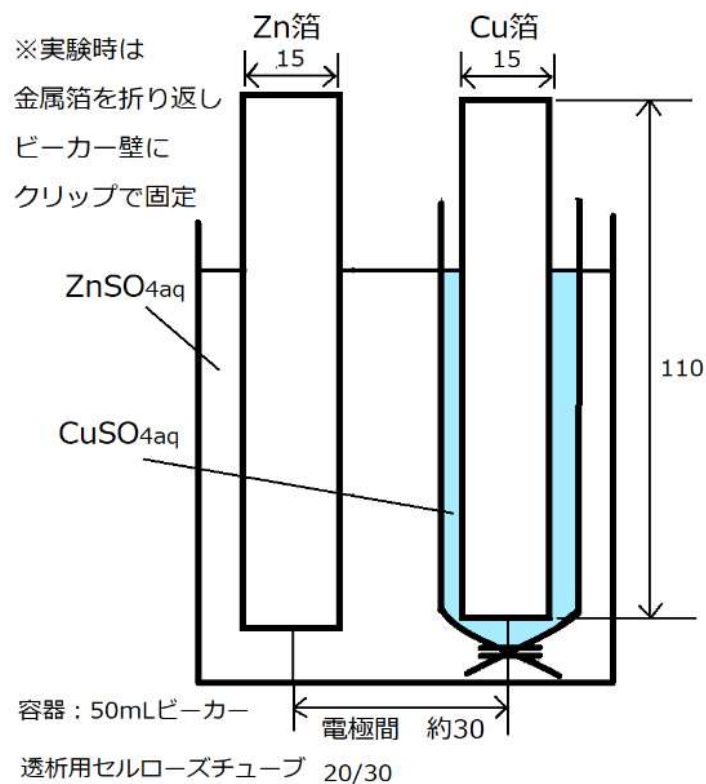
### 明らかになった条件

- 0.01 mmの金属箔
- 硫酸銅水溶液 飽和  
硫酸亜鉛水溶液 0.5 mol/L
- セパレーターに  
透析用セルローズチューブ

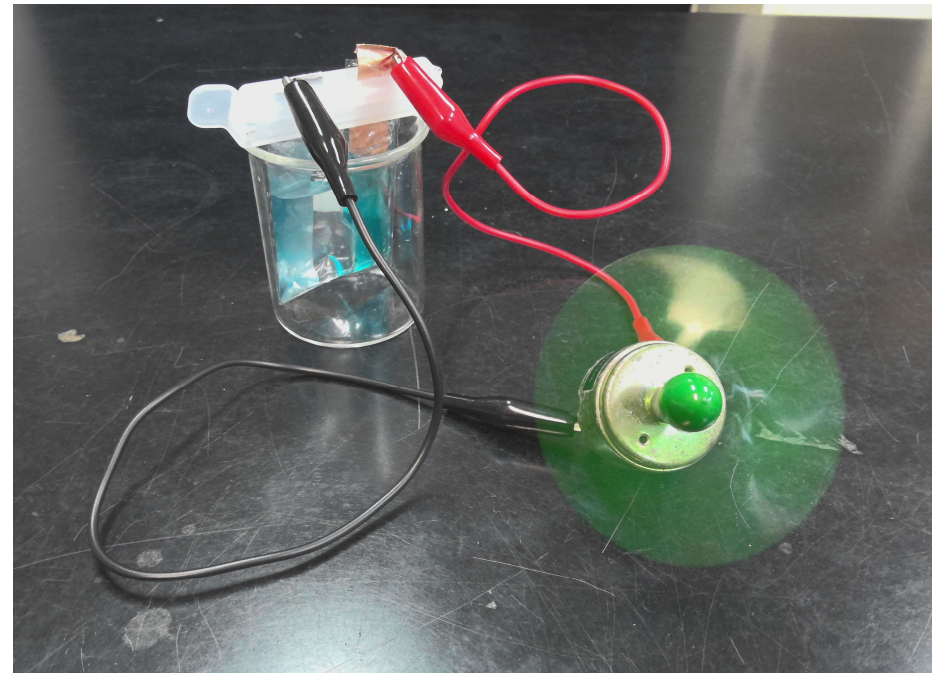


【放電 15分程度】

授業時間内に電極  
の変化を観察可能



# Ⅲ 開発教材「金属箔ダニエル電池」 ～セパレータの改良を踏まえて～



### Ⅲ 開発教材「金属箔ダニエル電池」

#### ①材料(ダニエル電池)

写真右より

(a) 袋止めクリップ

(b) PP袋

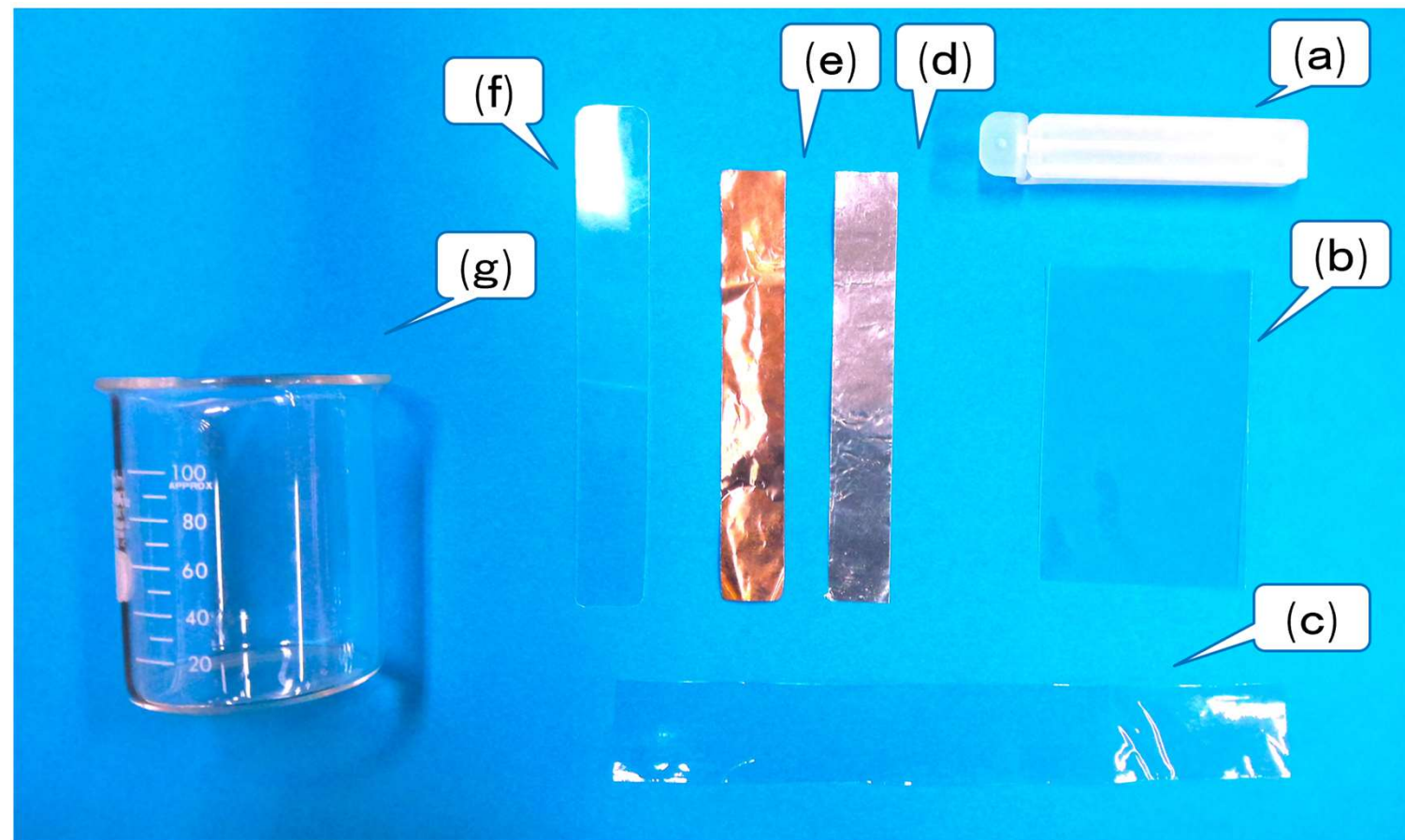
(c) セルローズチューブ

(d) 亜鉛箔

(e) 銅箔

(f) 差し込み板(プラ板)

(g) 100mLビーカー

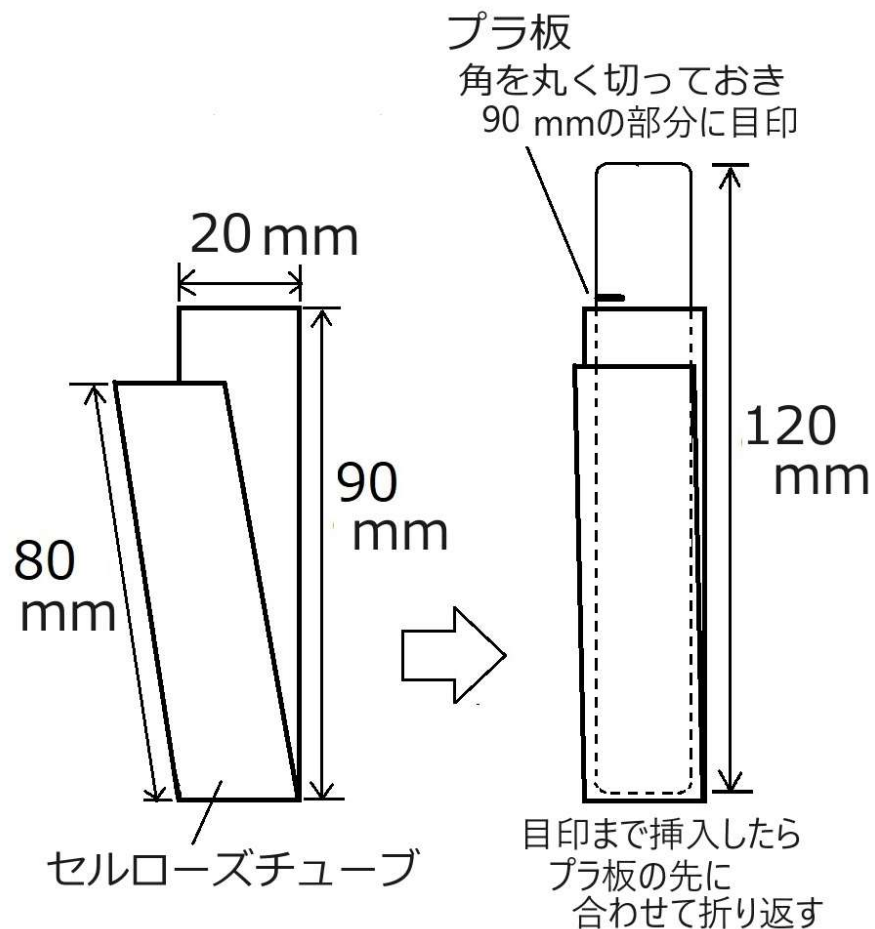




## Ⅲ 開発教材「金属箔ダニエル電池」

### ②セパレーターの作り方

※今回の発表に向けて改良



### 【手順】

①水でふやかす

片方の口をねじり開く



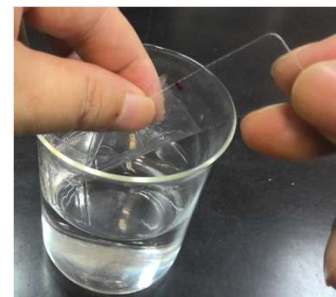
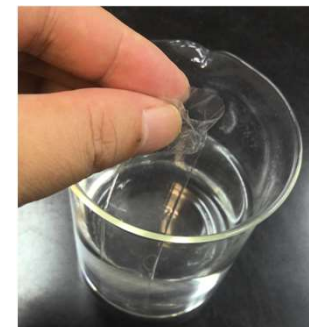
②プラ板を目印まで挿入



③プラ板の先部分で折り返す

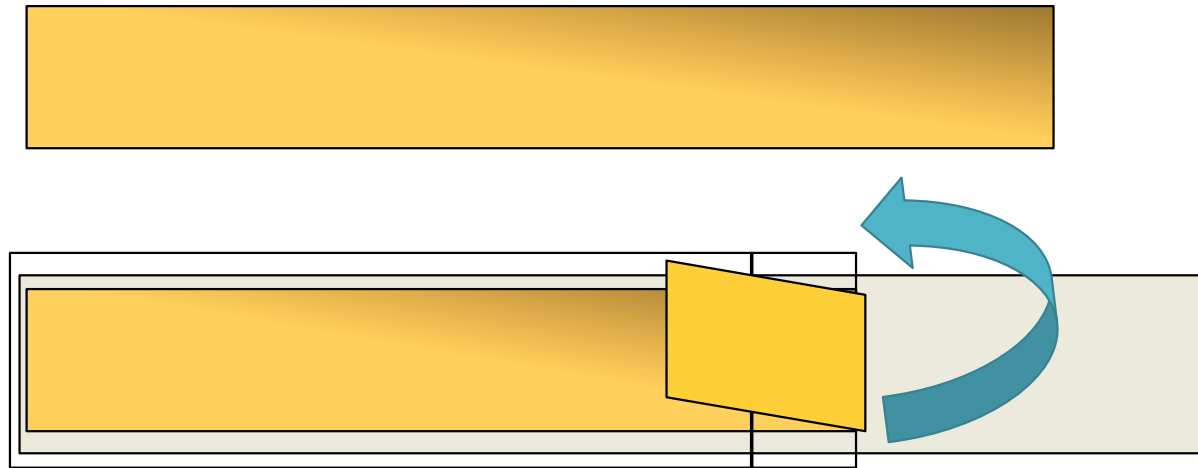


④そのまま乾燥させる



## Ⅲ 開発教材「金属箔ダニエル電池」

### ③ 電池の組み立て方



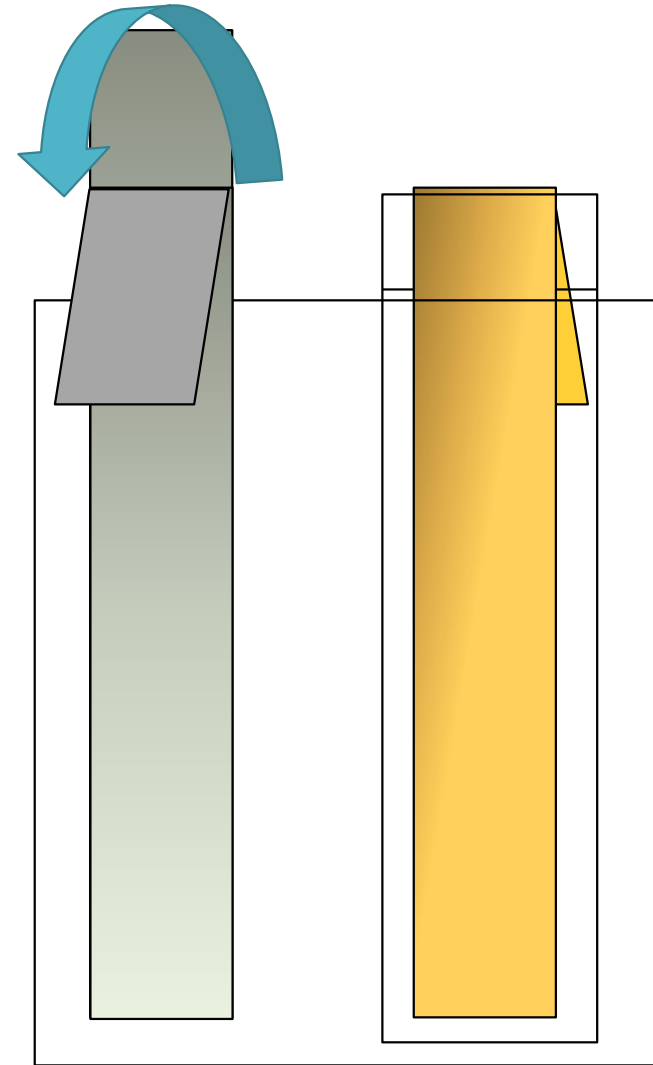
- 銅箔をプラ板に沿わせて半透膜の袋（注意：二枚重ねになっている）に入れる
- プラ板を半透膜の袋から抜く
- 半透膜の端で銅箔を折り返す

### Ⅲ 開発教材「金属箔ダニエル電池」

#### ③ 電池の組み立て方 【 電極(金属箔)の準備 】



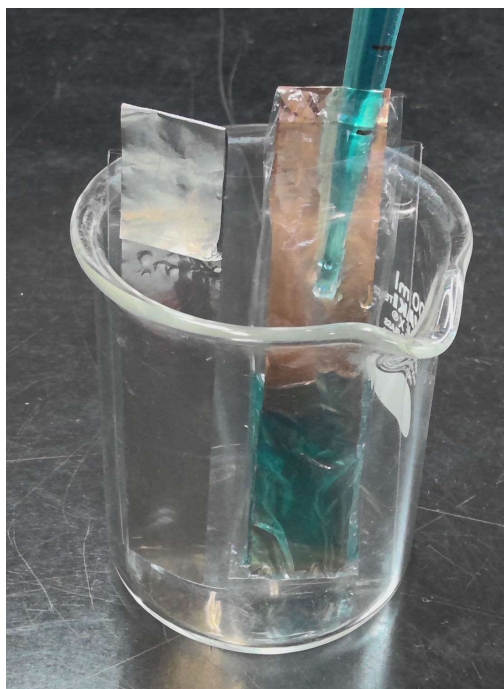
- 亜鉛箔 と 銅箔セットを袋にいれる。





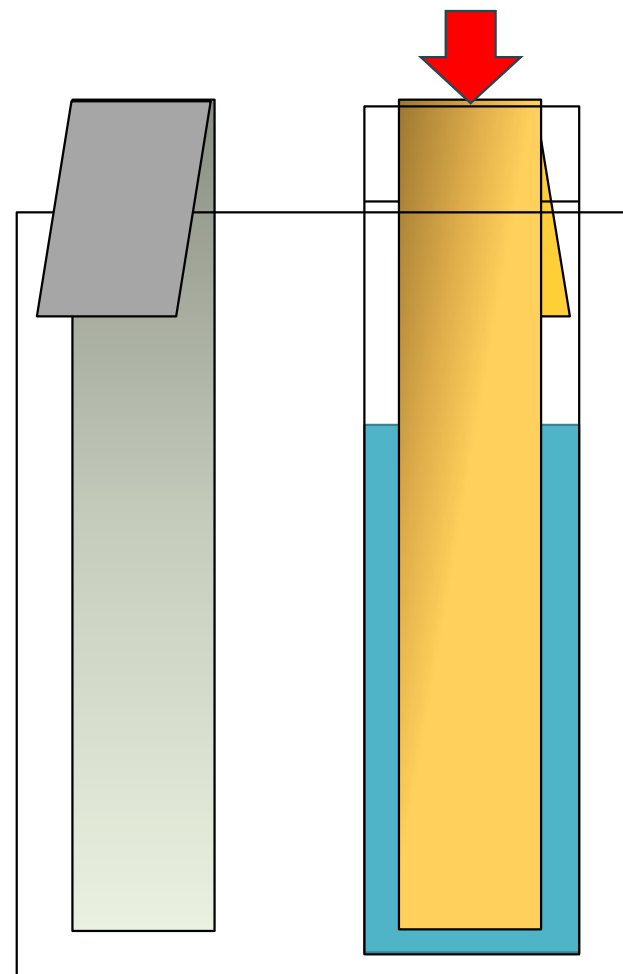
### Ⅲ 開発教材「金属箔ダニエル電池」

#### ③ 電池の組み立て方 【 硫酸銅水溶液の準備 】



半透膜の中に硫酸銅水溶液( $\text{CuSO}_4$ )  
5mL入れる。

銅箔と半透膜の間にピペットの先を入れる



を

### Ⅲ 開発教材「金属箔ダニエル電池」

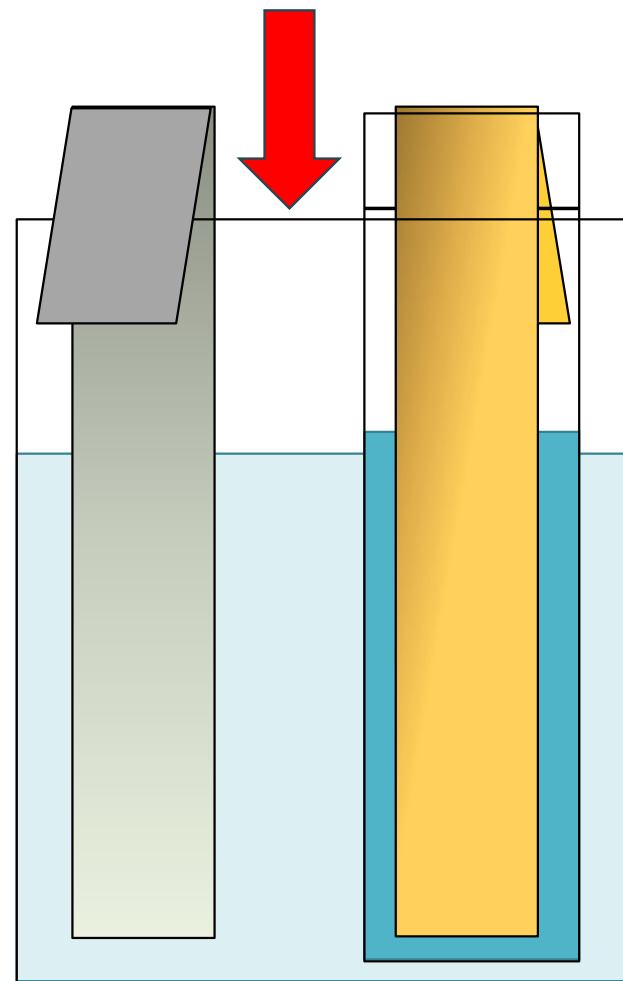
外の袋の中にピペットの先を入れる

#### ③ 電池の組み立て方

##### 【 硫酸亜鉛水溶液の準備 】



- 袋の中に硫酸亜鉛水溶液 ( $\text{ZnSO}_4$ ) を10mL入れる。

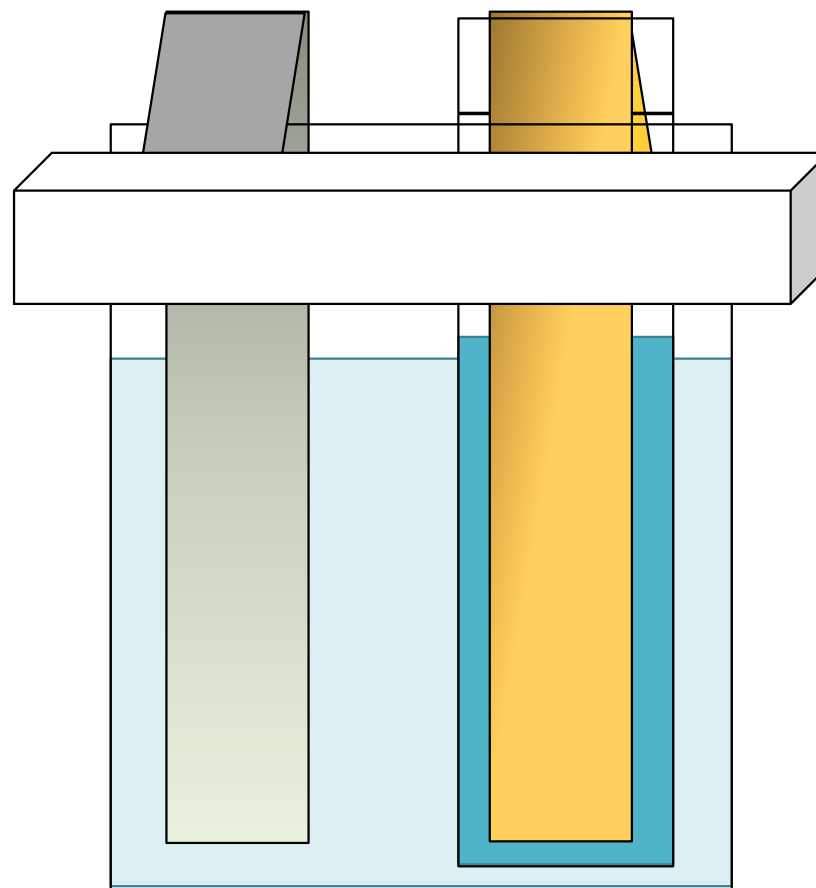


### Ⅲ 開発教材「金属箔ダニエル電池」

#### ③ 電池の組み立て方 【 電池の完成 】



- 袋止めクリップで固定し100mLビーカー内で保持する。

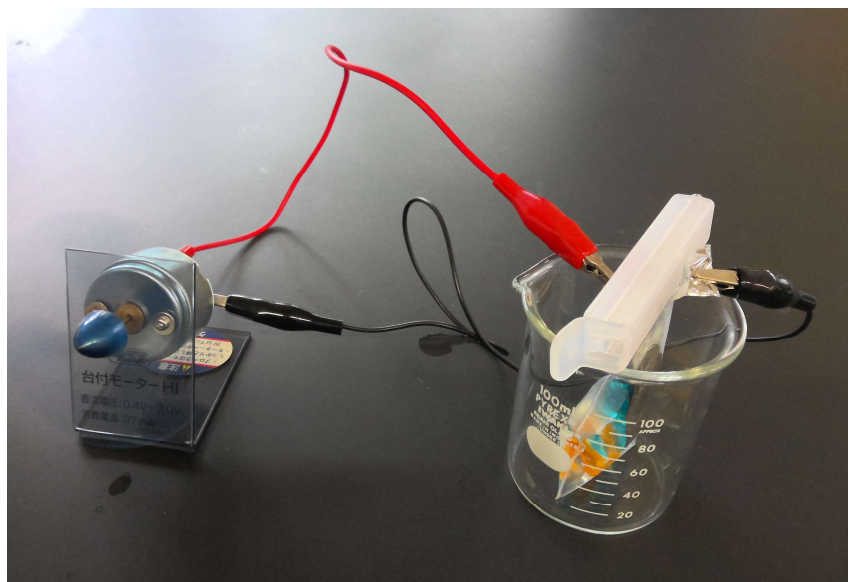


### Ⅲ 開発教材「金属箔ダニエル電池」

#### ④生徒実験

##### 実験1 【 電流を取り出そう 】

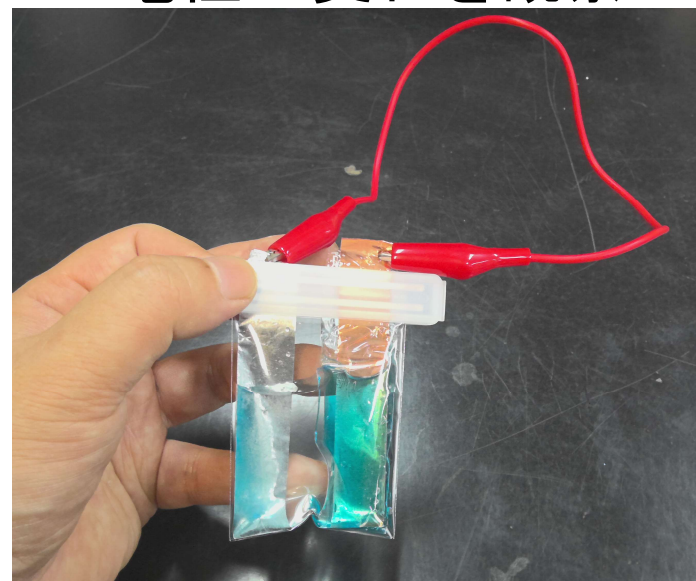
モーターや電子オルゴール  
をつなぎ電流が流れるか観察



電極の極性も調べる。

##### 実験2 【 電極の観察 】

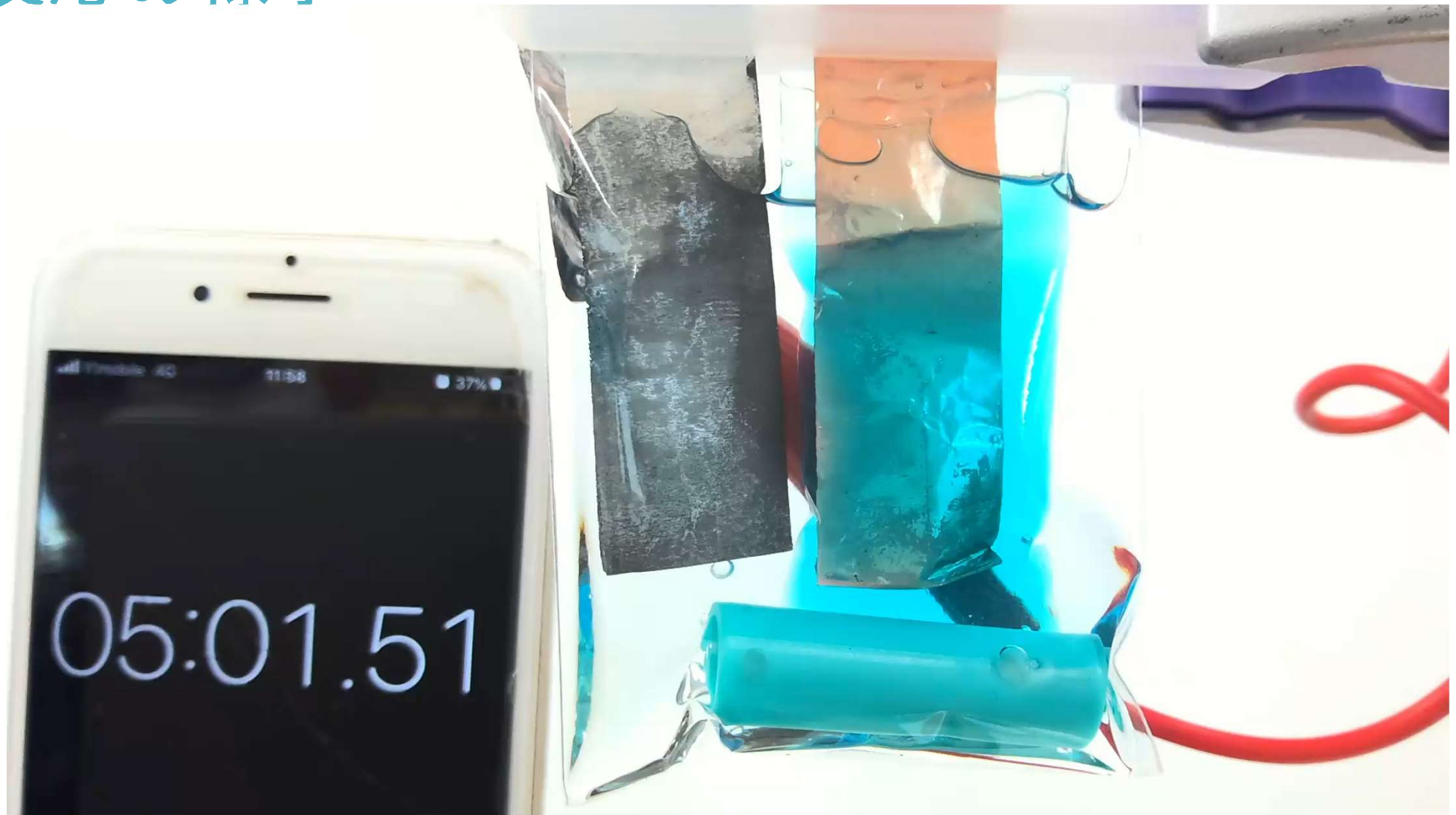
5分間ショートさせてつなぎ  
電極の変化を観察



手に持って観察する。

# 反応の様子

条件によりシュリーレン現象も見られる





# 観察できる現象

## ①亜鉛箔の変化

- 亜鉛箔の様子

左：反応後

右：反応前



## ②銅箔の変化

- 銅箔の様子

左：反応後

右：反応前



薄くなり光が透けて見えている。



- テープを貼ってはがす

- 導電性の検証

析出した銅が綺麗に剥がれる

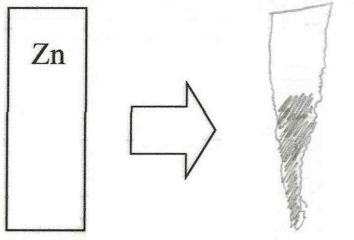
貼ったまま確認できる



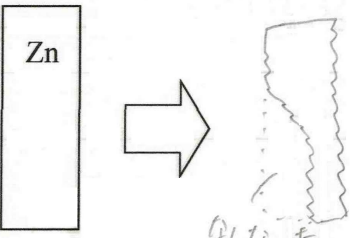
# 生徒ワークシート

観察に使ったテープはプリントに貼り付けることもできる。

## ① 亜鉛箔について

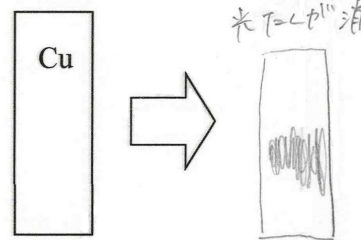
| 表面の様子 (スケッチ)                                                                                                          | 表面の様子や気づいた事                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>実験前                      実験後</p> | <p>除々に黒くなっていて、<br/>         1週間も経たないうちに、銀色になった。<br/>         また、<u>ショート回路を作るときには</u><br/> <u>もっと早いスピードでけずより</u><br/> <u>くずれていくのを見れた</u></p> |

反応ごとの亜鉛箔の変化を捉えている

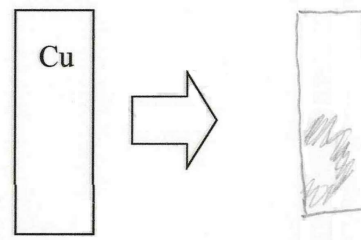
| 表面の様子 (スケッチ)                                                                                                           | 表面の様子や気づいた事                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>実験前                      実験後</p> | <p>表面が黒くなり、周りが<br/>         ポロポロになった<br/> <u>さねるとフワフワサラサラ</u><br/> <u>していた。</u></p> |

手触りを通して、亜鉛の薄さに気づいている

## ② 銅箔について

| 表面の様子 (スケッチ)                                                                                                            | 表面の様子や気づいた事                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>実験前                      実験後</p> | <p>光がなくなりました<br/> <u>(このとき銅の色は)</u><br/> <u>光沢がなくなりました。</u><br/>         ↳ 銅の色がなくなっている<br/>         ↳ 銅(?)</p> |

テープに張り付いたものが、元の銅箔でなく新たに析出した銅と気づいている。

| 表面の様子 (スケッチ)                                                                                                             | 表面の様子や気づいた事                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>実験前                      実験後</p> | <p>部分的に黒く変色し、白みがかった銅<br/>         色に変色した部分がみられ、<u>バリバリ</u><br/> <u>としたさわりごころに変わった(部分的)</u><br/> <u>はがすこともできた。</u></p> |

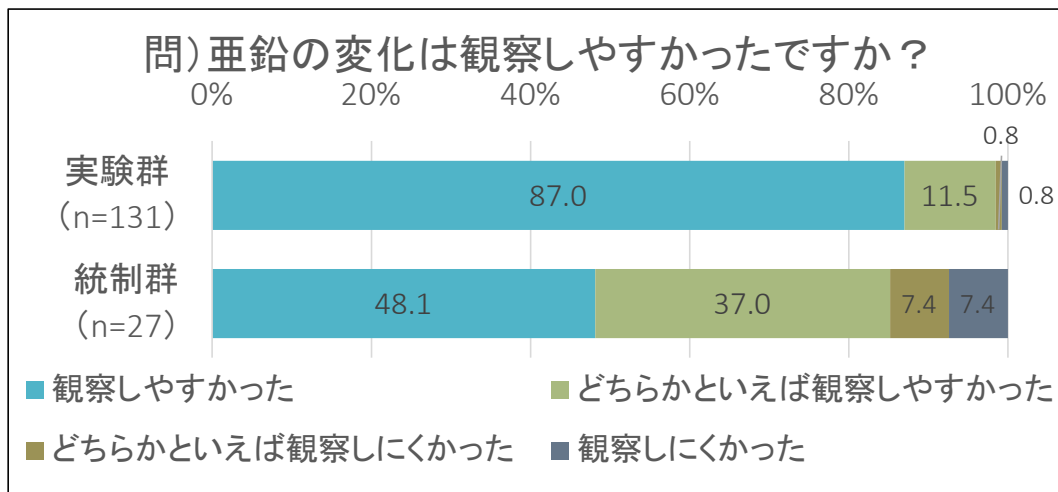
手で触ることで、厚みが増していることに気付いている。

# 生徒アンケートの結果

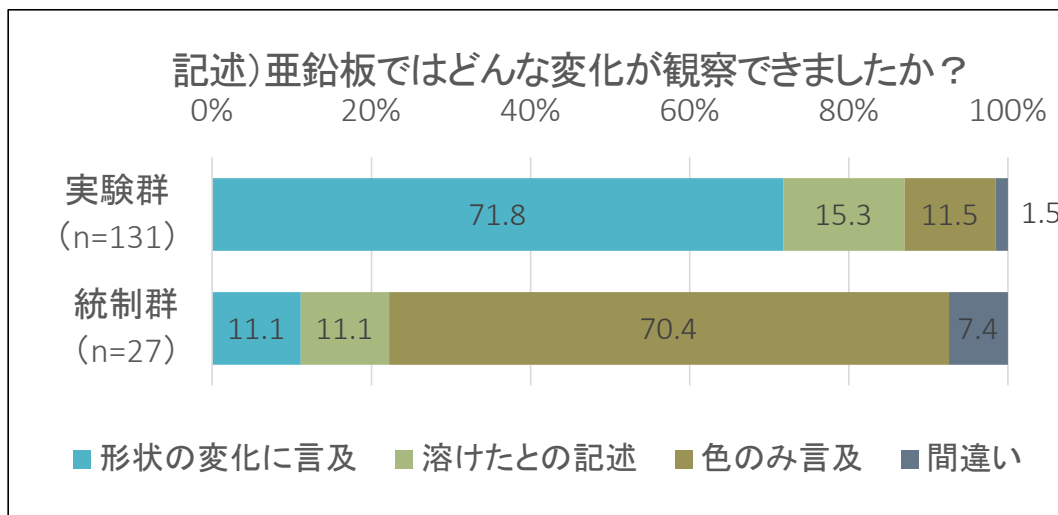
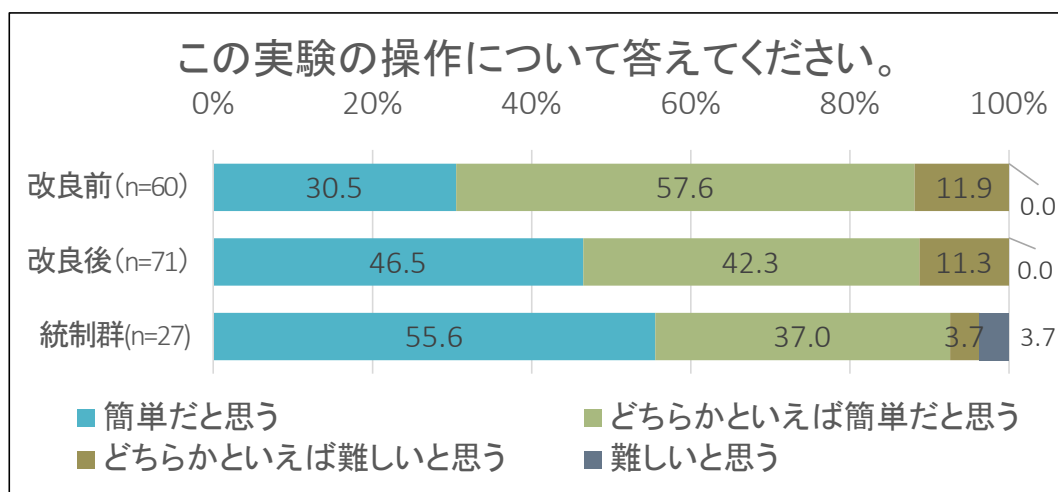
対象:実験実施後 文京区内中学校2校 3学年生徒 6クラス

実験群:金属箔ダニエル電池(131人) 統制群:従来のダニエル電池(27人)

## ① 亜鉛箔の変化



## ② セパレータ改良の影響



亜鉛電極の変化について  
これまでの実験では  
生徒が観察できなかった現象を  
見出すことができるようになった。  
また改良により操作しやすくなった。

## ○生徒の感想

- 銅板、亜鉛板の変化を両方ともよく見てとれて分かりやすかった。
- なぜこうなるのかを考える事が楽しかったです。

変化には全て理由があることがわかりました。

- 実験をすることによって電子が出てきていることを体感することができた。
- 普段は文章でしか見れない化学反応式が実験を通してこのような仕組みで

電子の動きを可視化できたから見ていてとても面白かった。

観察結果と電池の現象を関連付けて理解しようとしている。

## ○教材としての利点

- ① 1授業時間の実験で十分観察を終えられる。
- ② モデルに対応した、電極の変化を十分に観察できる。
- ③ 安全に手に持ち、触れながら詳しく観察できる。
- ④ 廃液の量が少なく、処理作業も容易である。

(硫酸銅水溶液5 mL 硫酸亜鉛水溶液10 mL)



電池の学習において十分有効な  
教材であると考えられる。



今後も教材の長所を活かし  
授業での活用方法を研究していく

## 参考文献

北田 健 (2023): ダニエル電池における電極の変化を観察する方法, 東京都教職員研修センター大学院派遣研修報告書, <https://www.kyoiku-kensyu.metro.tokyo.lg.jp/09seika/reports/files/postgraduate/r04/R4K15.pdf> (参照2023-9-26).

宮内 卓也 (2020): 簡単・低コストなダニエル電池の製作, 化学と教育, 68, 216-217.

文部科学省 (2018): 中学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説 理科編, 日本文教出版.

西牧 岳哉 (2020): 寒天ダニエル電池とファラデー定数の測定, 化学と教育, 68, 92-95.

山口 晃弘 (2019): 市販金属テープと素焼き製品を用いたダニエル電池, 化学と教育, 67, 24-25.



ご清聴ありがとうございました。