

# 鉛蓄電池の研究（Ⅱ）

島根県立出雲高等学校

2年 岩橋奈都紀 嘉藤大誠 1年 原拓己

2022年11月発表

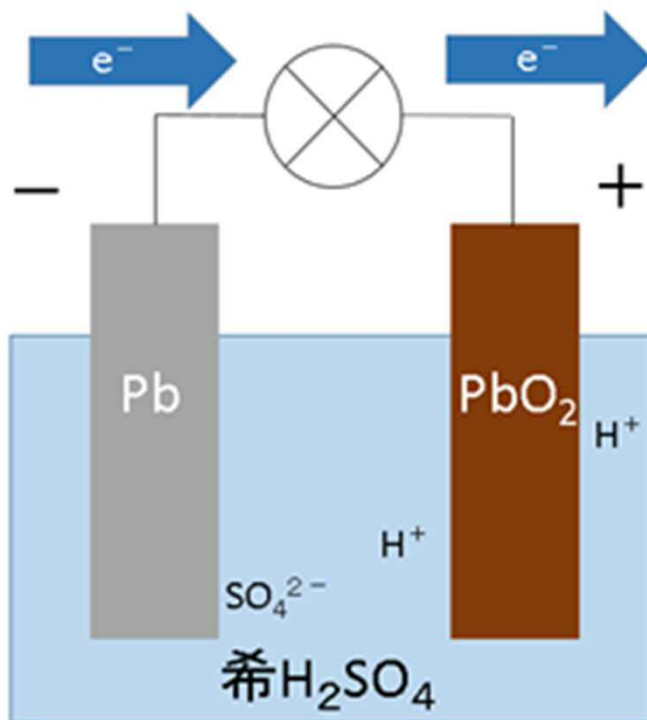
# 1. 動機と目的

- Q1. 両電極がイオン化傾向が同じ鉛  
→ どのように電池として機能するか？
- Q2. どのように起電力(約2.0 V)の持続時間を延ばすか？

# 〈鉛蓄電池の原理〉

電池式 (−) Pb | H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>aq | PbO<sub>2</sub> (+)

3



## 2. 昨年度の実験

### 〈実験準備物〉

○電源装置： YAGAMI 電源装置 ADS-20V SERIAL-  
No.19260059

○電圧測定器： Narika EASY SENSE VISION E31-6992  
Narika EASYSENSE V-Log<sup>4</sup>

○ピペット

○シャーレ

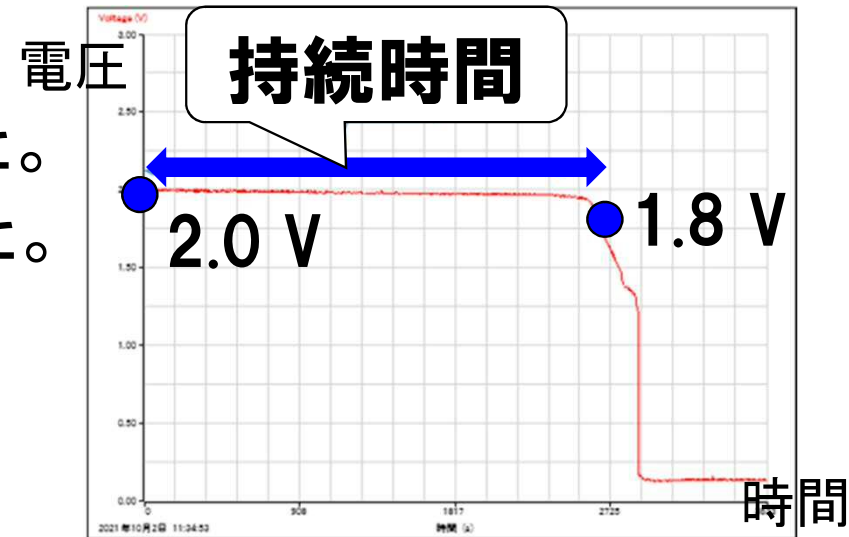
○硫酸 (3.0 mol/L)

○鉛版 (1.2 × 5.0 × 0.05 [cm])

表面の不純物(酸化物等)の除去のため、表面研磨した

## 〈実験手順〉

- (1) Pb板 ( $1.2 \times 5.0 \times 0.05$  [cm]、**表面研磨あり**)を、希硫酸 (濃度は実験ごとに変更) 20 mL に 2.0 分間浸した。
- (2) **【充電】** 電源装置に接続し、4.0 V で充電した。  
(充電時間は実験ごとに変更)
- (3) **【放電】** 電圧測定器に繋ぎ、電圧が 1.0 V に下がるまで放電させ、その間、電圧 (起電力) を測定し続けた。同時に、起電力の持続時間を記録した。
- (4) (2) ~ (3) の「**充電→放電**」操作を繰り返した。(計 1 ~ 3 回)

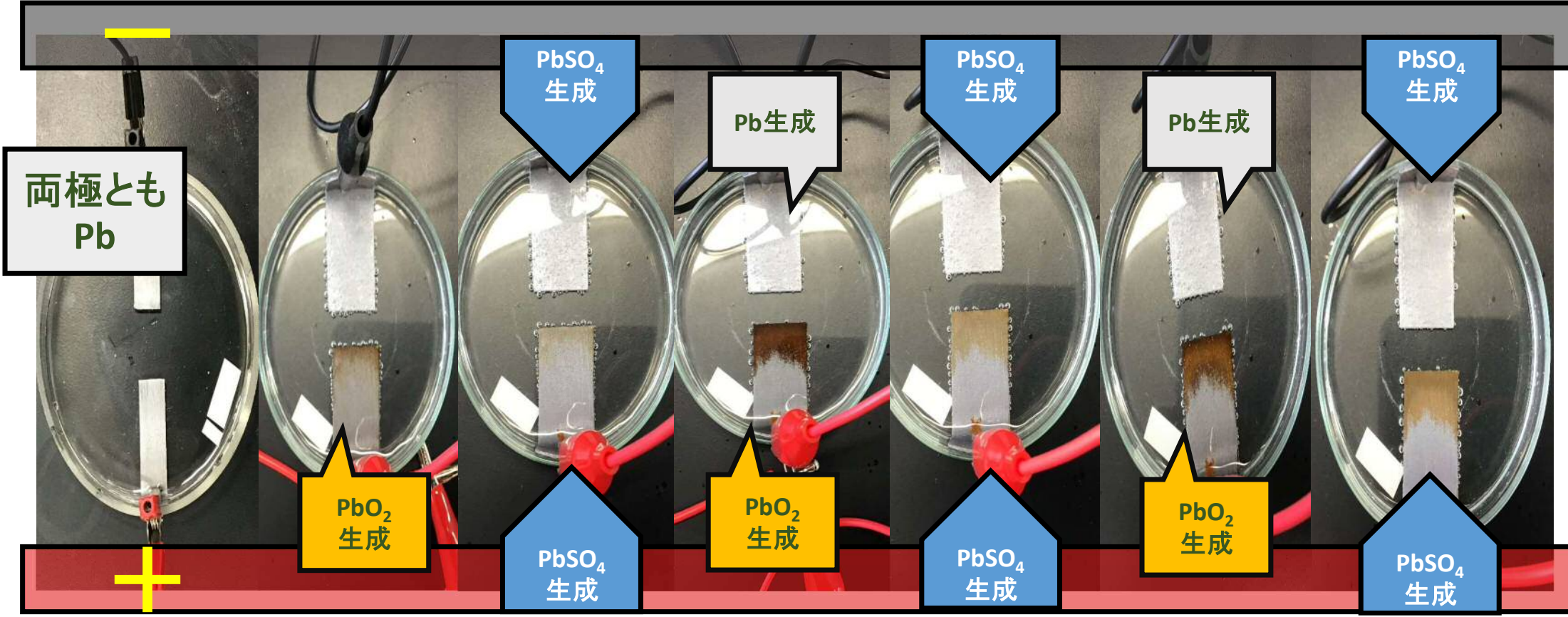


# 〈実験の様子〉

電圧測定

電圧測定

電圧測定



(4.0 V)

(4.0 V)

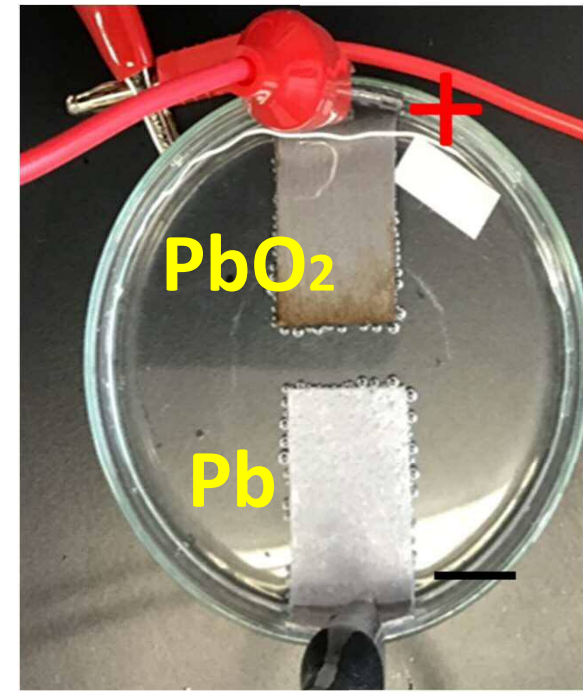
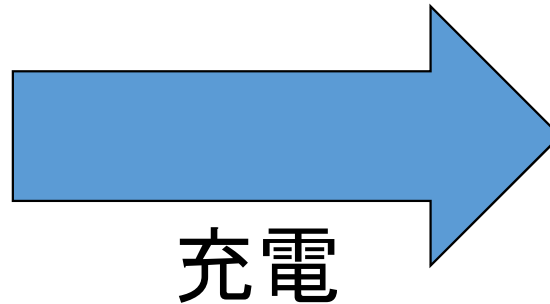
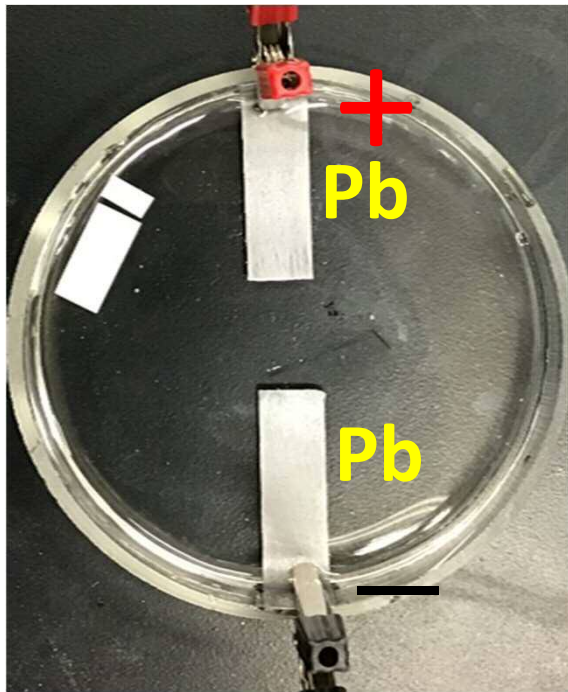
(4.0 V)

## 〈1回目の充電〉

陰極(−) … Pbのまま ( $\text{H}_2 \uparrow$ )

水の電気分解も起こっている

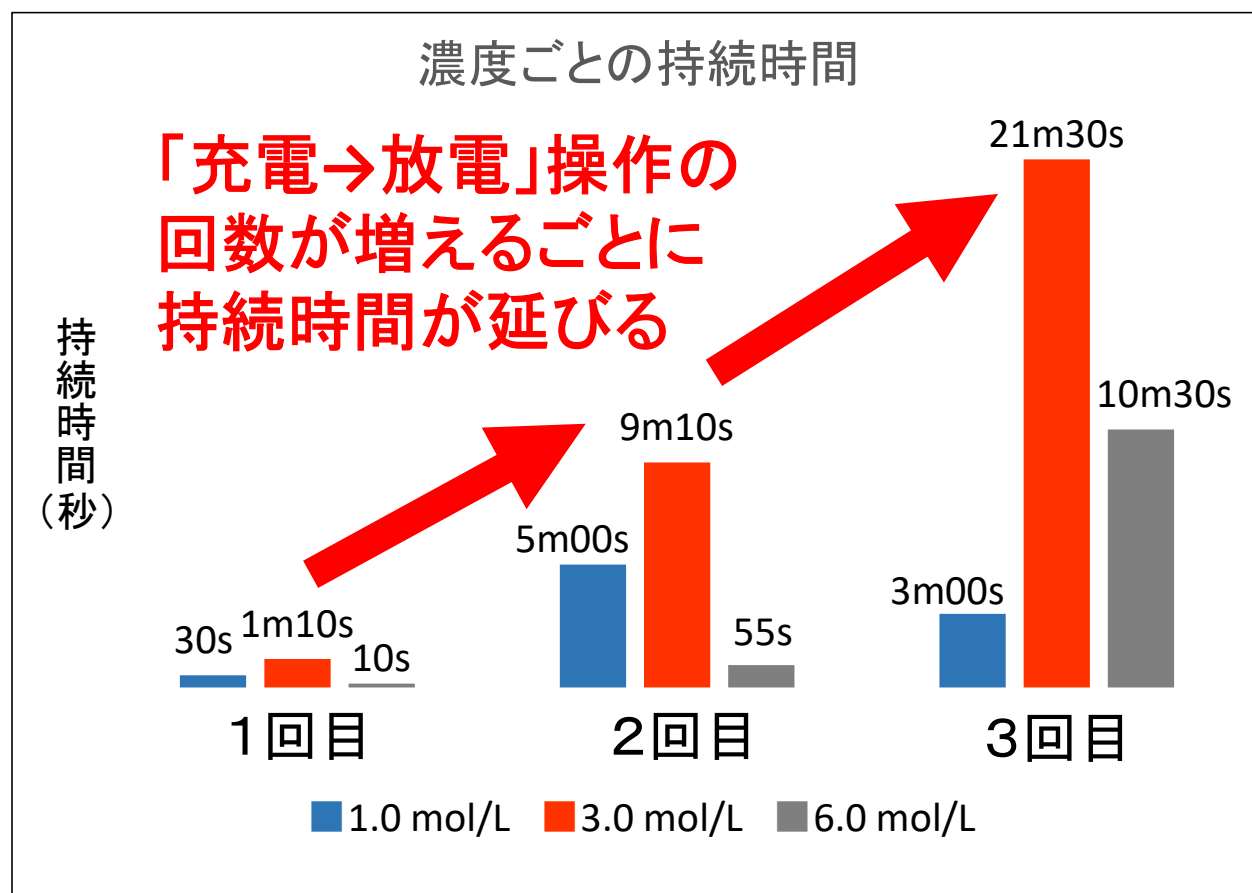
陽極(+) …  $\text{Pb} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$  ( $\text{O}_2 \uparrow$ )



文献：「酸化鉛(IV)の合成と鉛蓄電池」守本昭彦，臼井豊和，  
日本化学会『化学と教育』1995年

# 〈実験結果〉

## 【硫酸濃度による比較】



3つの濃度の中で、3.0 mol/L  
が最も長く持続した



今後の実験では、  
3.0 mol/Lの希硫酸を使用

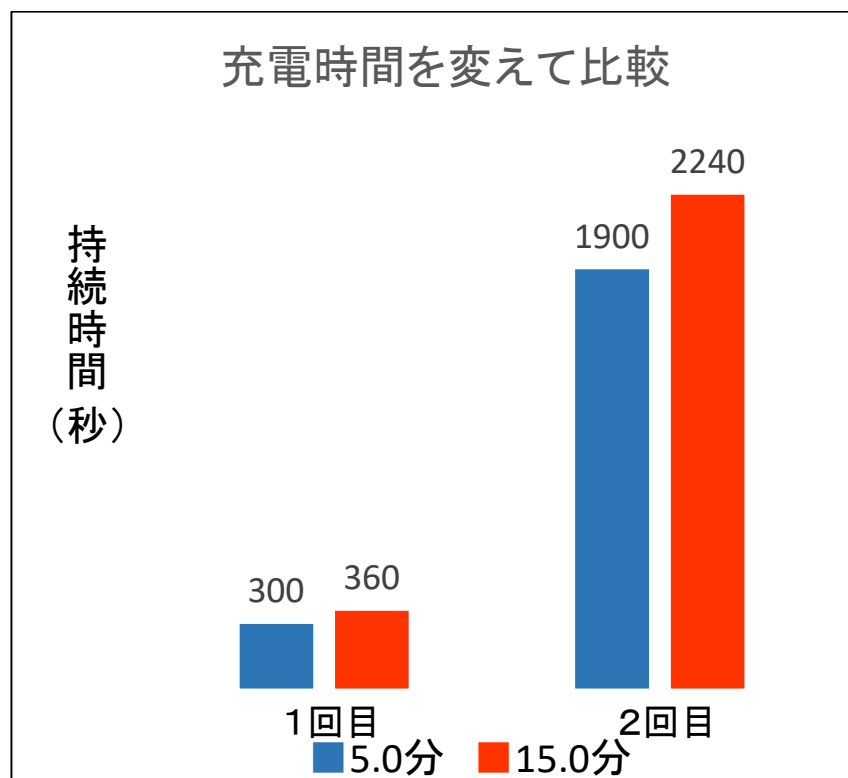
実験条件

充電時間 1.0分

硫酸 1.0 mol/L , 3.0 mol/L , 6.0 mol/L



## 【充電時間についての検証】



5.0 分充電と 15.0 分充電で持続時間に大きな差はない



実験効率を上げるため、充電時間は 5.0 分に設定

実験条件 充電時間 5.0 分, 15.0 分  
硫酸 3.0 mol/L

は共通

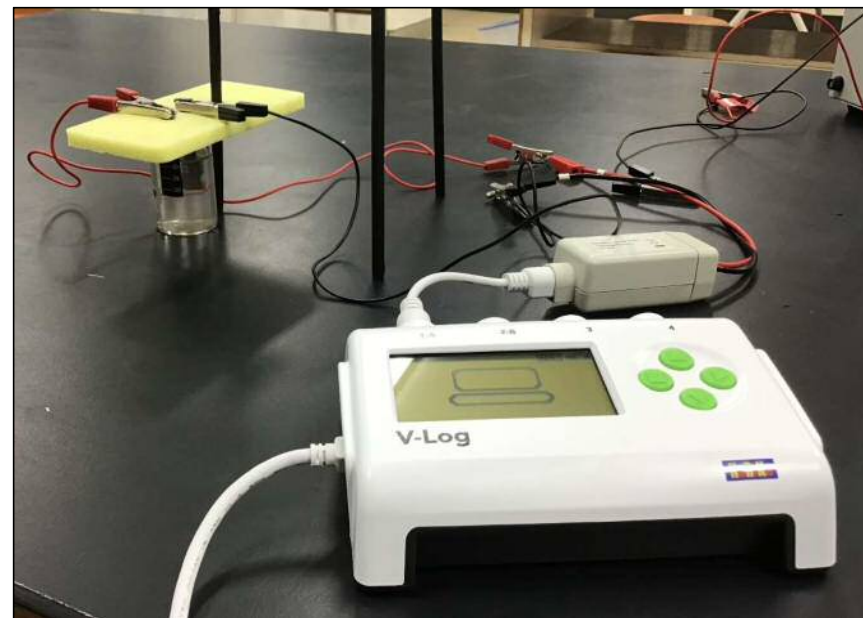
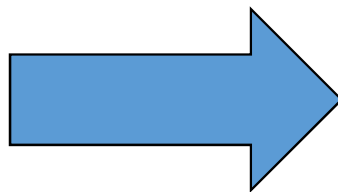
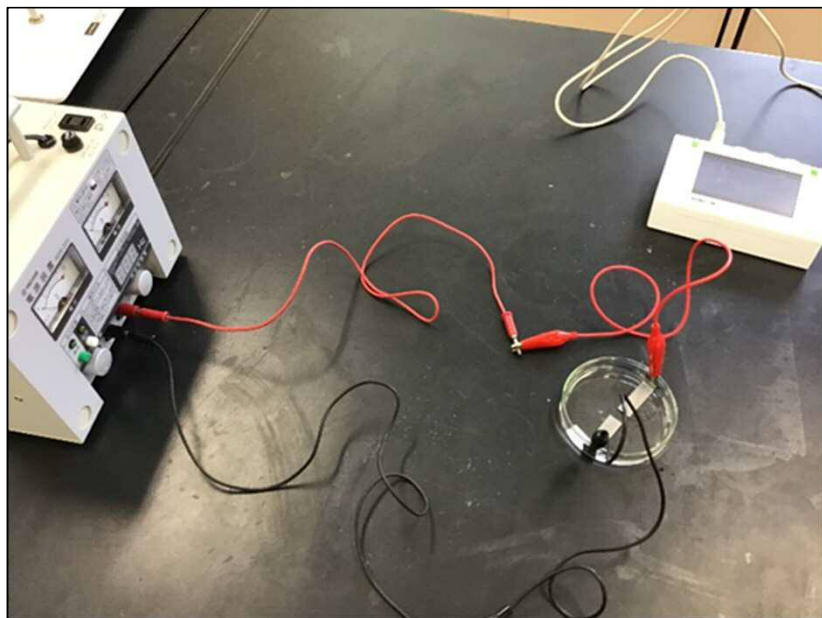
# 〈昨年度の課題〉 低い再現性

実験Lot No.	充電時間(分)	3回目持続時間(秒)
1	1.0	15
2		960
3		1290

実験条件 充電時間 1.0分 硫酸 3.0 mol/L

〈原因〉 ○装置の不備 ○充電時間が短い

## 〈対策〉 実験装置等の改良



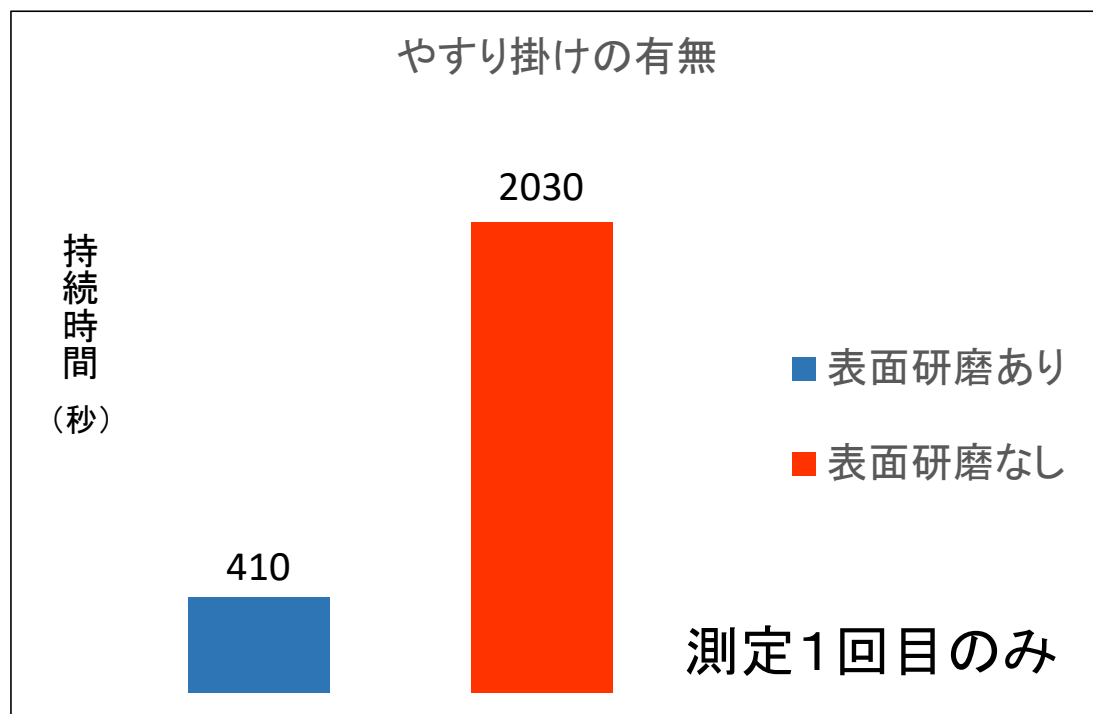
昨年度

今年度

### 問題点

- 液漏れ
- 装置が動く(固定が困難)
- 導線が希硫酸に浸かることによる劣化  
(硫酸に浸かっている電極面積が一定ではない)
- 実験ごとのやすり掛け(表面研磨)の程度の違い

## 〈電極のやすり掛け:表面研磨の有無〉



「表面研磨なし」の方が起電力は持続する



今後は表面研磨なしの電極で実験する

【補足】表面研磨の有無による再現性の変化は未確認

実験条件 充電時間 5.0 分 硫酸 3.0 mol/L

## 3. 実験 ①新しい装置でのデータ採取

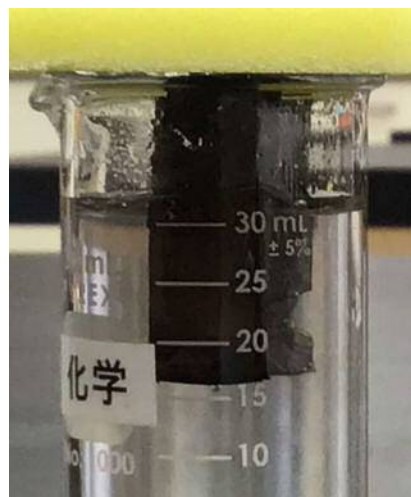
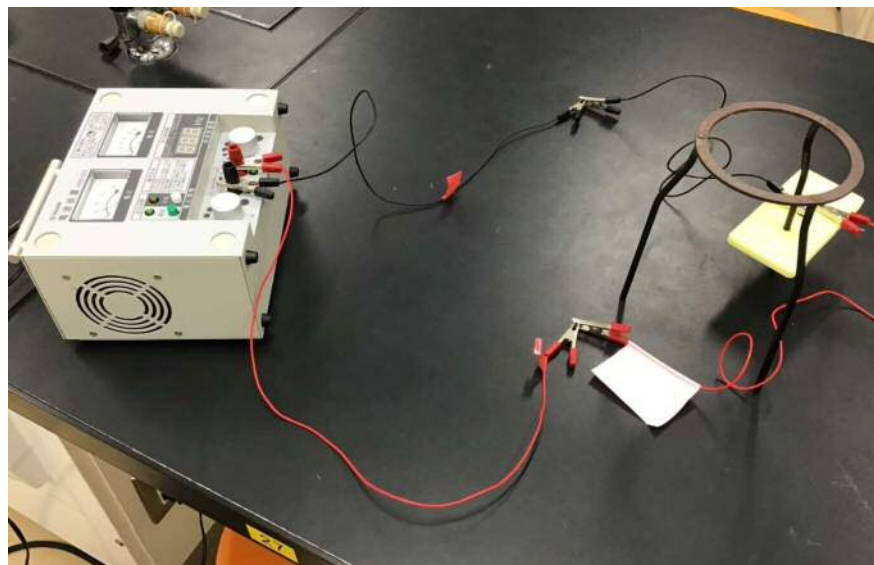
### 〈実験準備物〉

- 電源装置： YAGAMI 電源装置 ADS-20V SERIAL-  
No.19260059
- 電圧測定器： Narika EASY SENSE VISION E31-6992  
Narika EASYSENSE V-Log<sup>4</sup>
- ピペット
- ビーカー
- 鉛版(1.2 × 5.0 × 0.05 [cm]、表面研磨なし)
- 硫酸(3.0 mol/L)

## 〈実験手順〉

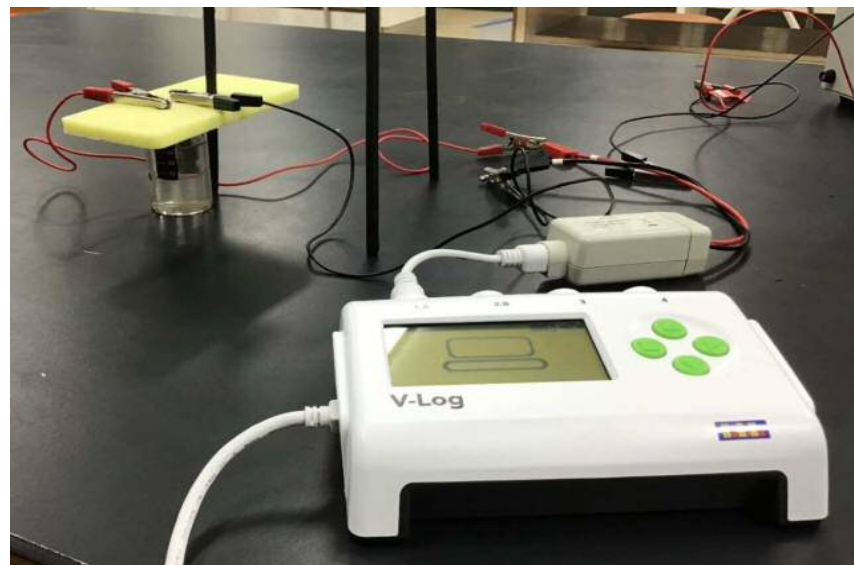
- (1) Pb板 ( $1.2 \times 5.0 \times 0.05$  [cm]、**表面研磨なし**)を 3.0 mol/L の希硫酸 30 mL に 2.0 分間浸した。
- (2) **【充電】** 電源装置につなぎ、4.0 V で 5.0 分間充電した。
- (3) **【放電】** 測定器に繋ぎ、電圧が 1.0 V に下がるまで放電させ、その間、電圧(起電力)を測定し続けた。同時に、起電力の持続時間を記録した。
- (4) (2)～(3)の**「充電→放電」**操作を繰り返した。  
(計1～3回)

## (1) 充電時

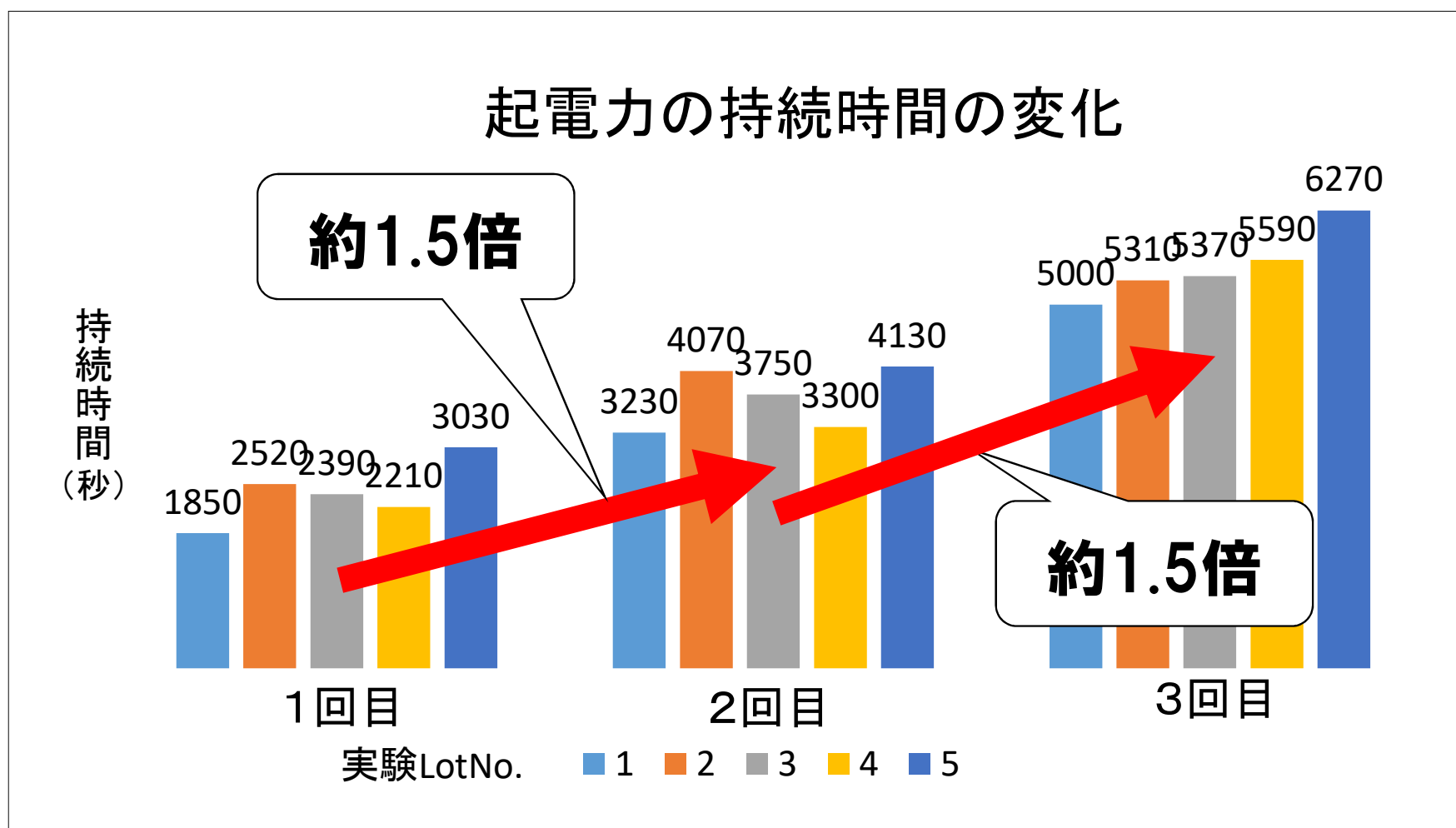


## (2) 放電時

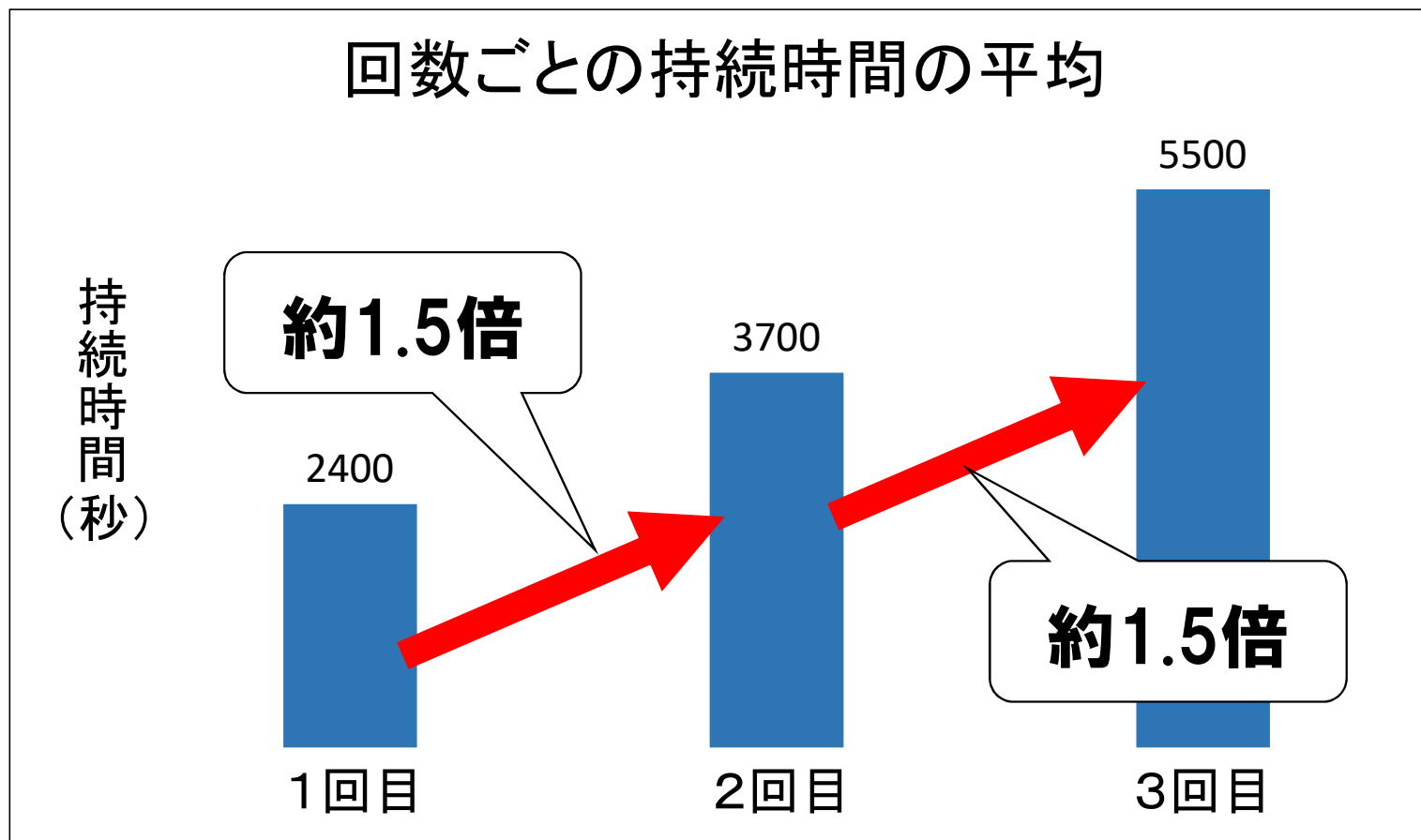
15



# 〈結果〉

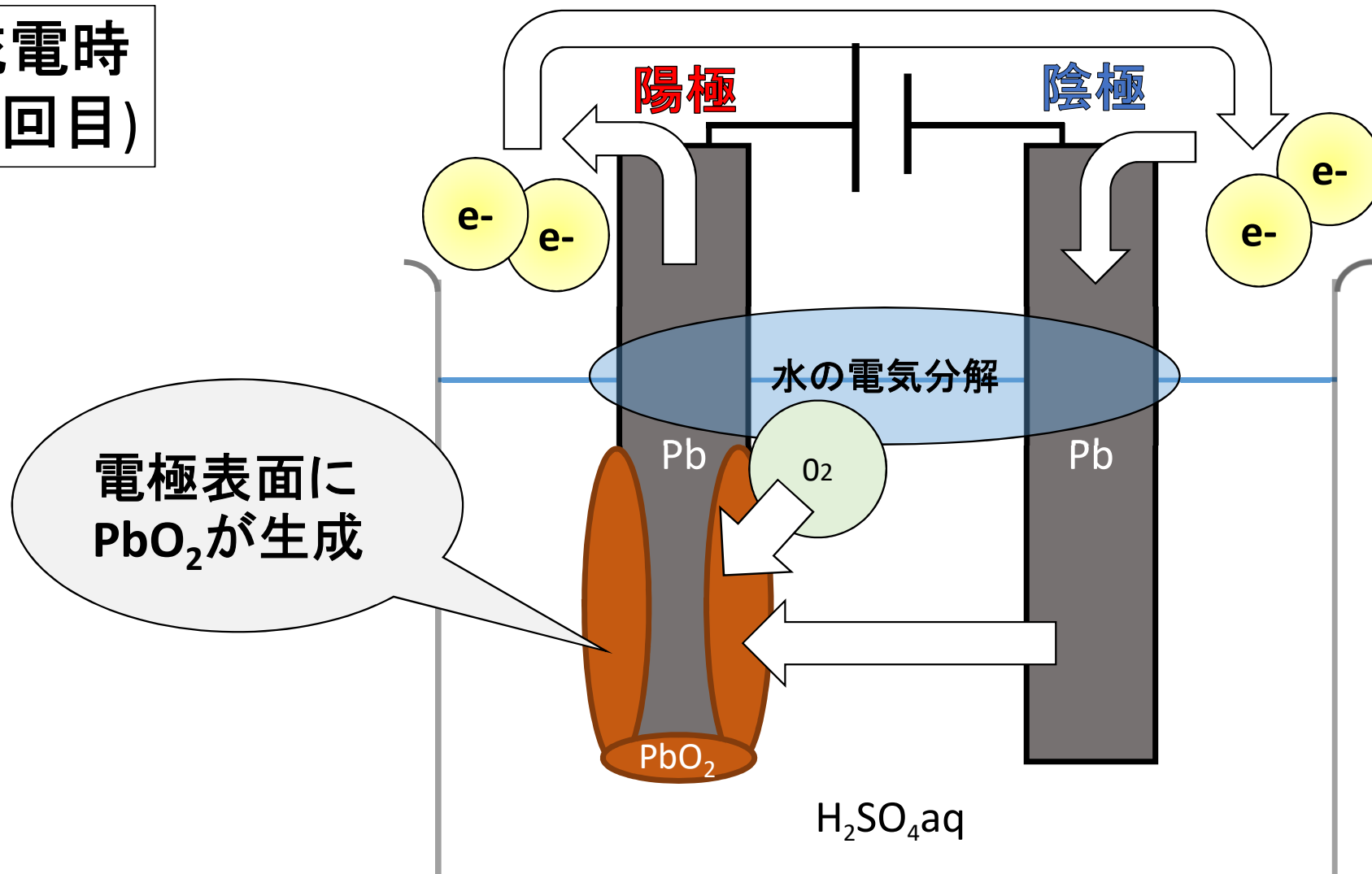




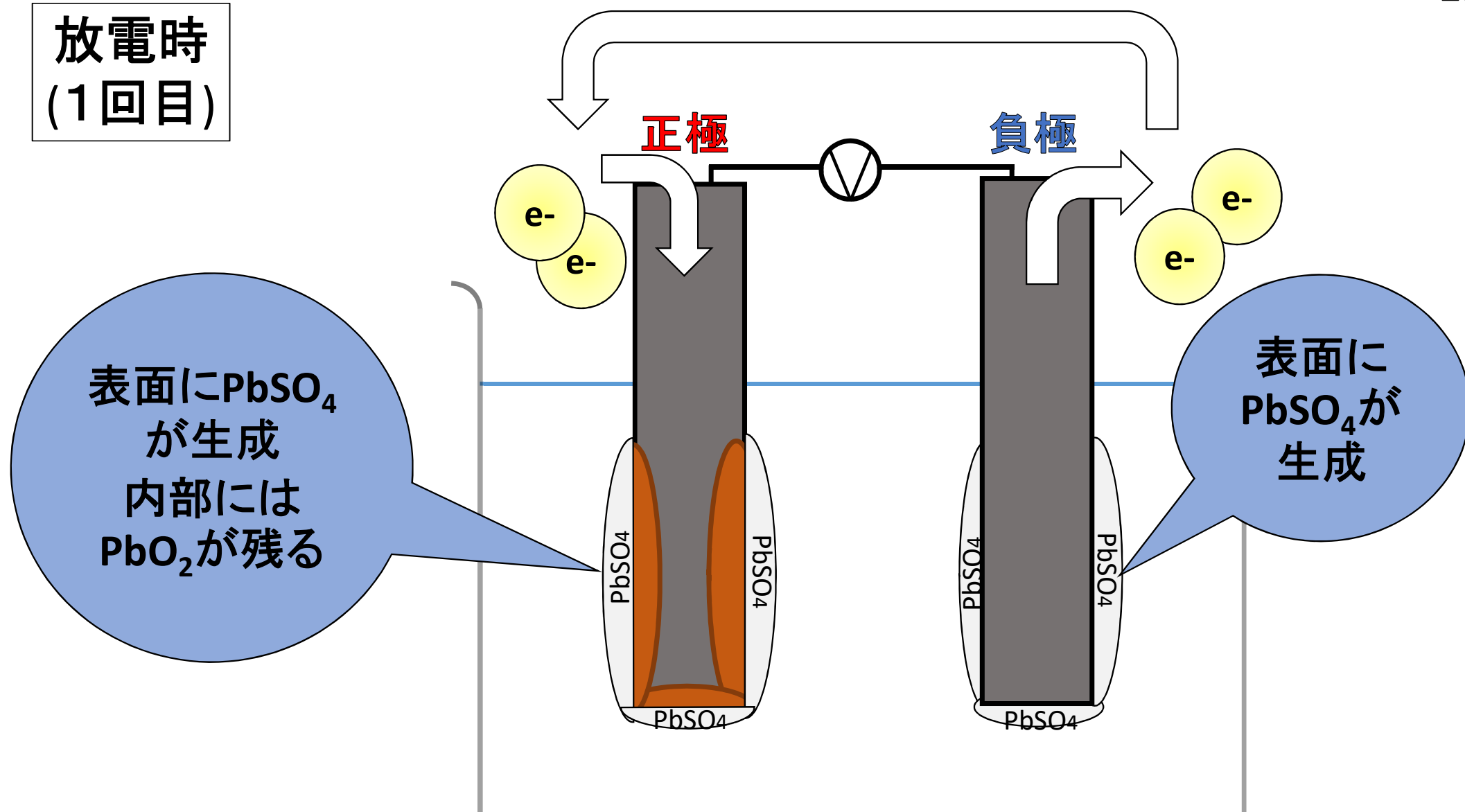


# 〈考察〉 持続時間の延長について

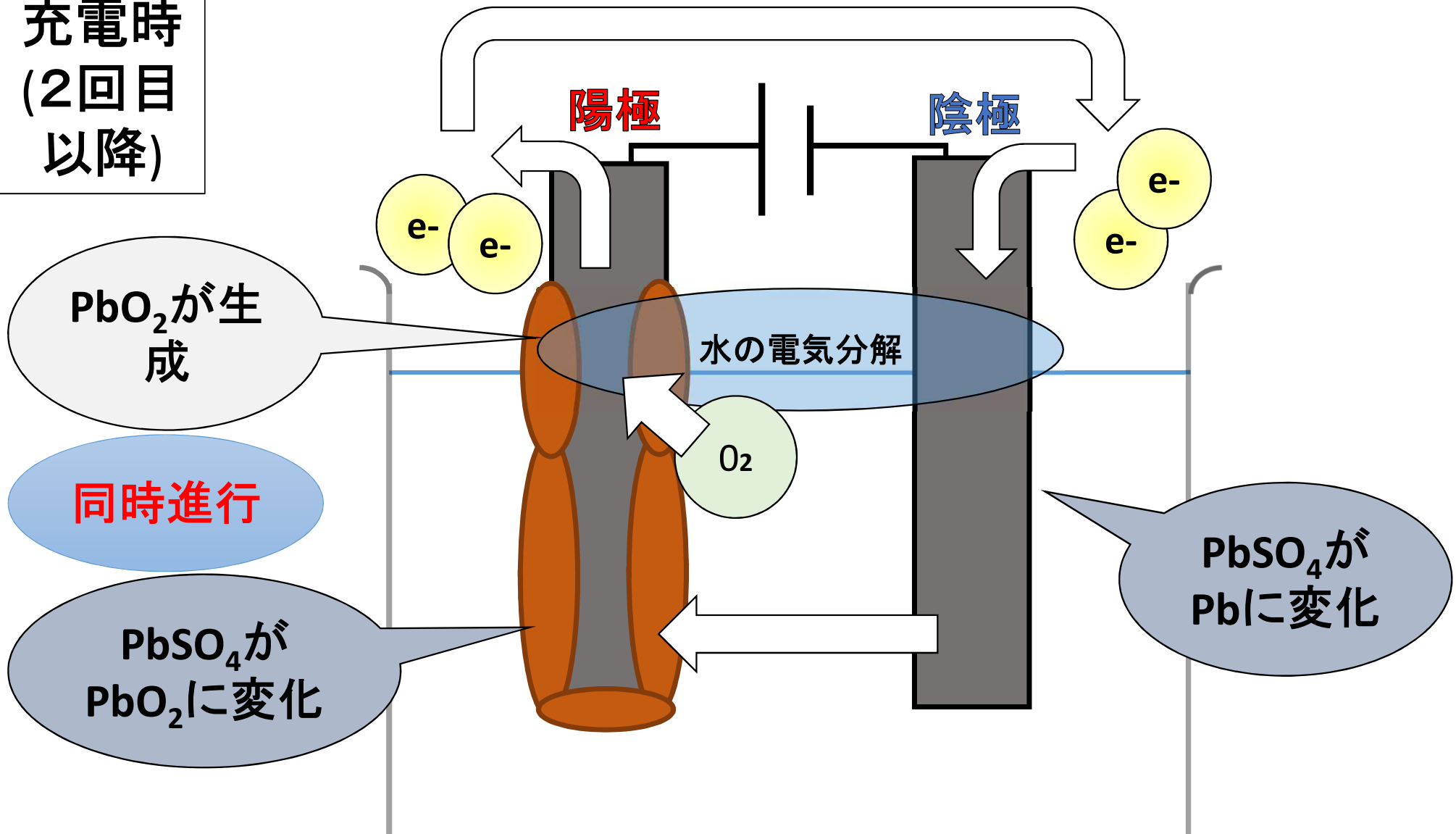
充電時  
(1回目)



放電時  
(1回目)



充電時  
(2回目  
以降)



放電で消費される $\text{PbO}_2$  < 充電時に生成した $\text{PbO}_2$

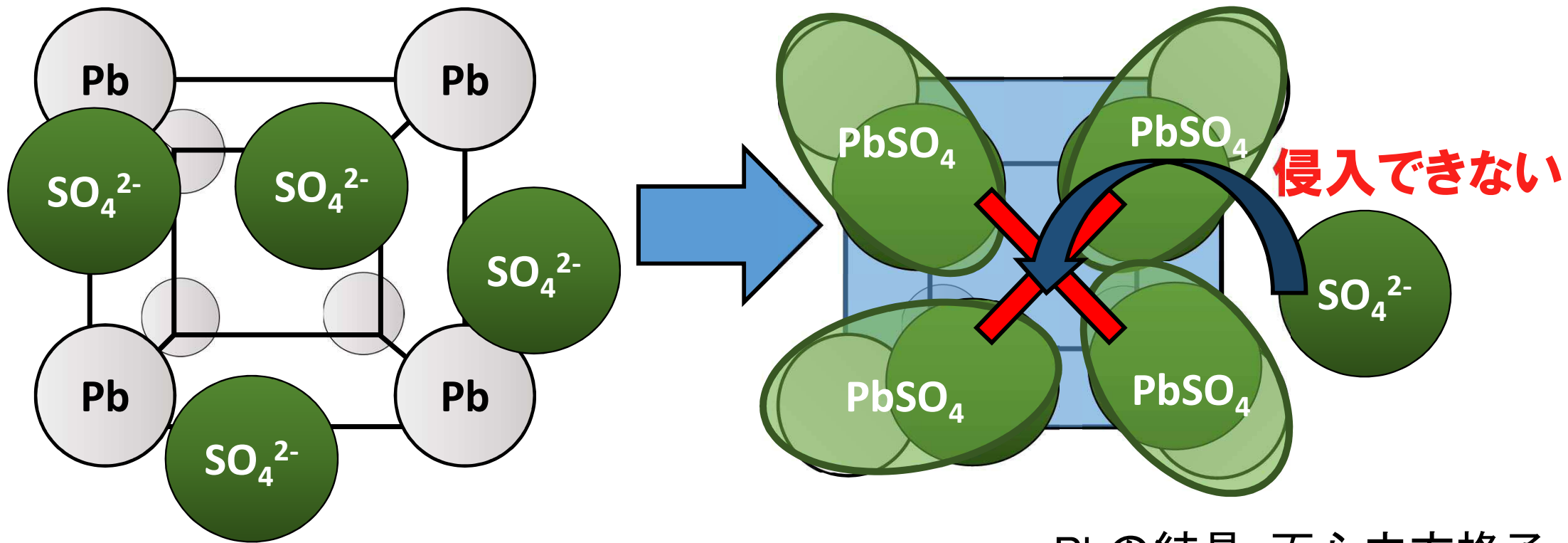
充電完了時の $\text{PbO}_2$ 量は、それ以前の充電完了時よりも増加し、充電回数を重ねるごとに、起電力の持続時間は延びていったと考えられる。

## PbSO<sub>4</sub>の生成について

放電時、PbSO<sub>4</sub>が電極上に生成される際、**電極の結晶格子をふさぐ形で生成**

⇒ SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が電極内部に侵入できなくなり、反応停止

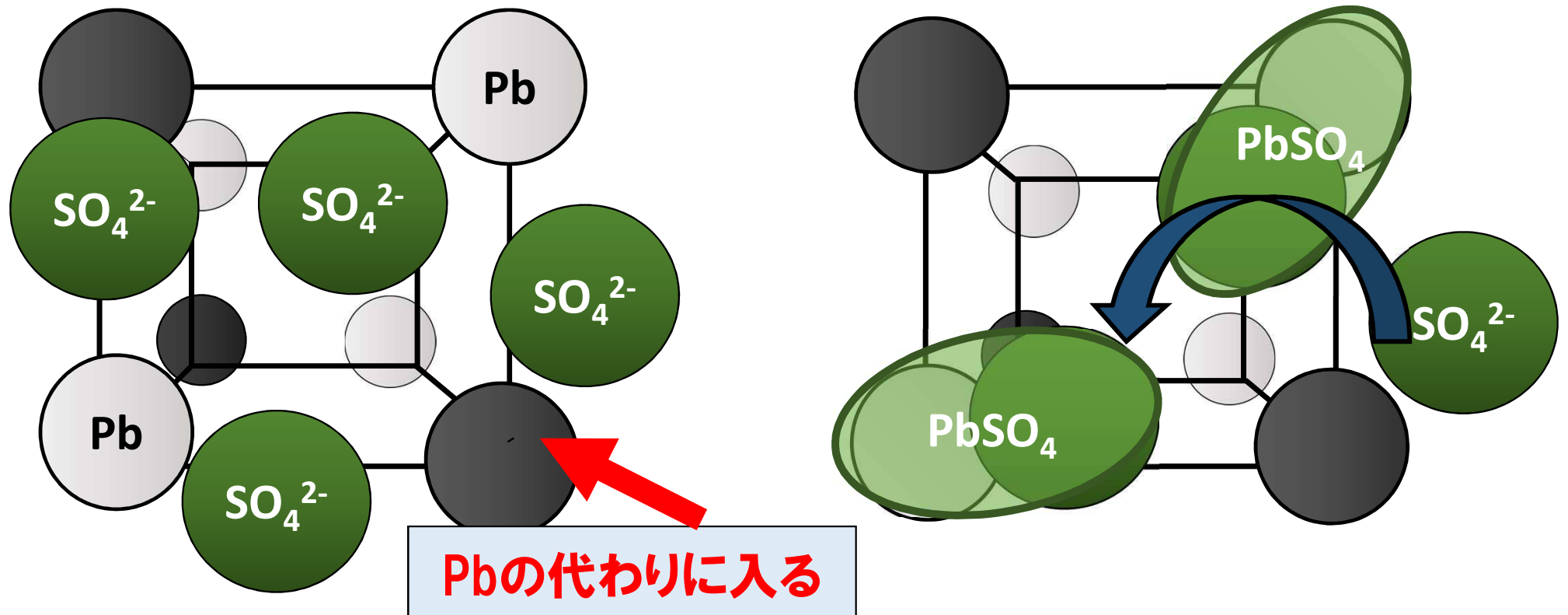
⇒ 反応は表面で完結するため、**内部のPb及びPbO<sub>2</sub>は反応せず残る**



Pbの結晶：面心立方格子

## 〈仮説〉 $\text{PbSO}_4$ 結晶の拡大が電圧低下を招く

→ 電極上におけるPb及び $\text{PbO}_2$ の割合を減らすことで、電圧低下(持続時間の終了)を防げるのではないか



## 3. 実験

### ②電極への希硫酸と反応性の低い非金属物質の添加

電極中に不純物を混ぜることで、**電極中の鉛の割合を減らし、**  
格子中への $\text{SO}_4^{2-}$ イオンの**進入促進効果**を狙う。

物質は、**希硫酸によって変化しない**ことが求められる **炭素C** を  
選択

〈実験の流れ〉 ○炭素粉末を混ぜた電極  
○炭素を混ぜない電極      を作成(対象実験用)



その電極を用いて実験①同様の実験を行った。

※「充電→放電」操作は2回行なった。



## 〈電極作成〉

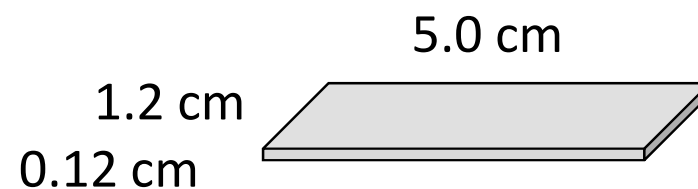
- 鉛
- 炭素粉末

### 電極について

鉛 6 g に対して炭素 0.5 g 使用

鉛のみは 6 g の鉛を使用

(重さは概量)



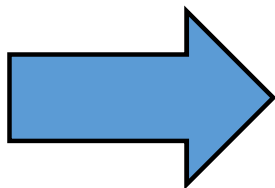
## 【作成方法】

鋳型を用いて作成する



## 〈作成過程〉

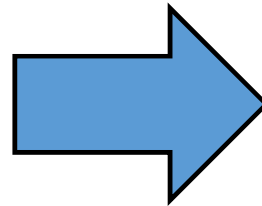
(工程1) 鉛を溶かし、鑄型に入れる。



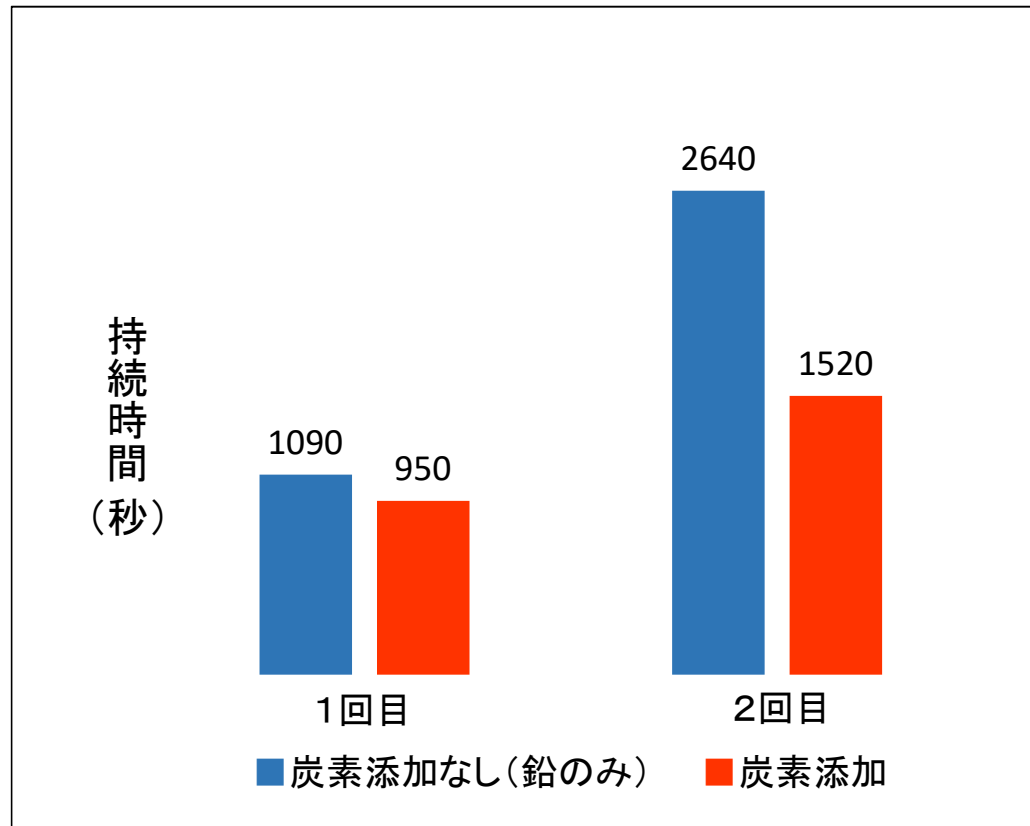
(工程2) 炭素粉末を鋳型に入れ、再加熱した後、冷却

27

完成



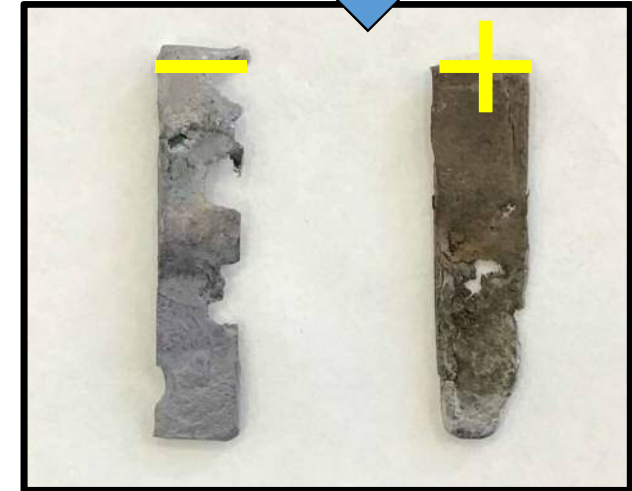
# 〈電極として使用した結果〉



電極〈充電前〉



電極〈充電後〉



## 〈考察及び課題〉

- 炭素が鉛と均一に混ざらず、ほとんどが表面に付着し状態に
- その後、充電で全て表面からはがれ落ちてしまった



炭素添加による $\text{SO}_4^{2-}$ イオンの進入促進効果は、うまく狙えなかった

今後は、

- 鉛への添加に適した物質の調査
- 電極作成方法(鉛と添加物の均一化)を含む実験方法の見直し  
を検討予定

## 4. 参考文献

- (1)『化学の実験』(島根県高等学校理科教育協議会編)2020年
- (2)『ニューステージ化学図表』(浜島書店)2021年
- (3)「酸化鉛(IV)の合成と鉛蓄電池」守本昭彦, 臼井豊和,  
日本化学会『化学と教育』1995年
- (4)「鉛板蓄電池の原理・仕組み(充電と放電の反応式・仕組み  
・電圧と寿命)」理系ラボ  
<https://rikeilabo.com/lead-storage-battery>
- (5)『日本化学会編新化学ライブラリー 電池—その化学と材料』  
竹原善一郎(大日本図書)1988年