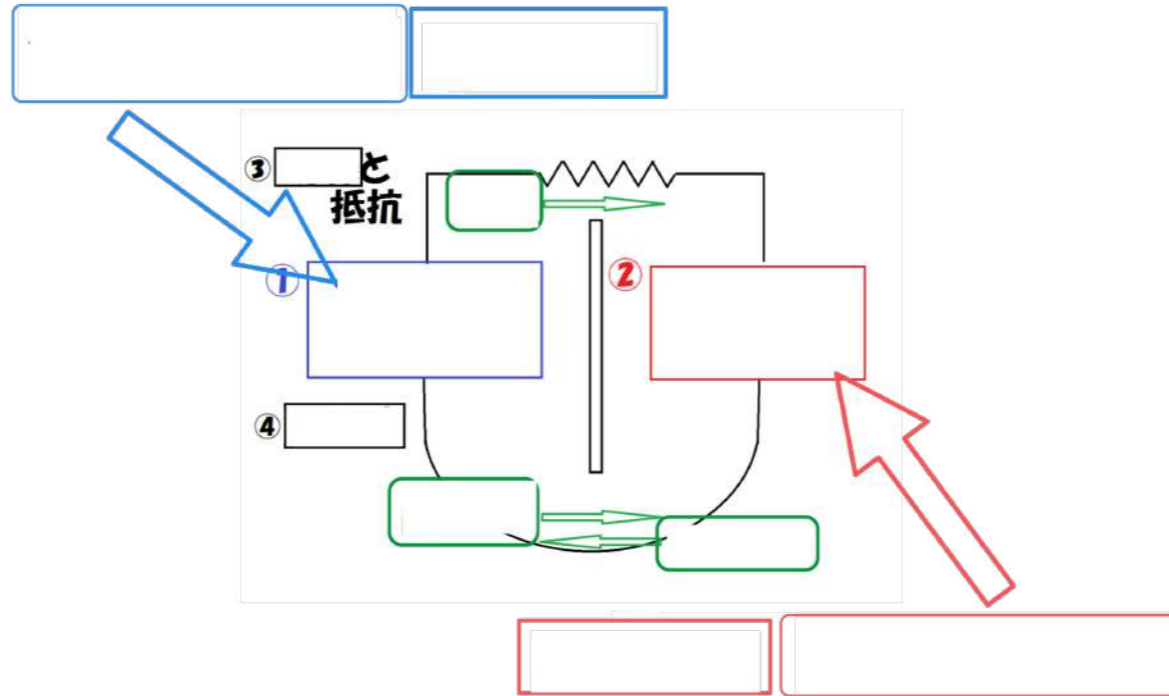


化学電池って？

化学電池の基本的な構成って？



電池メニュー

ボルタ(参考)	<input type="text"/>
ダニエル ←	<input type="text"/>
鉛蓄電池 ←	<input type="text"/>
燃料電池	<input type="text"/>

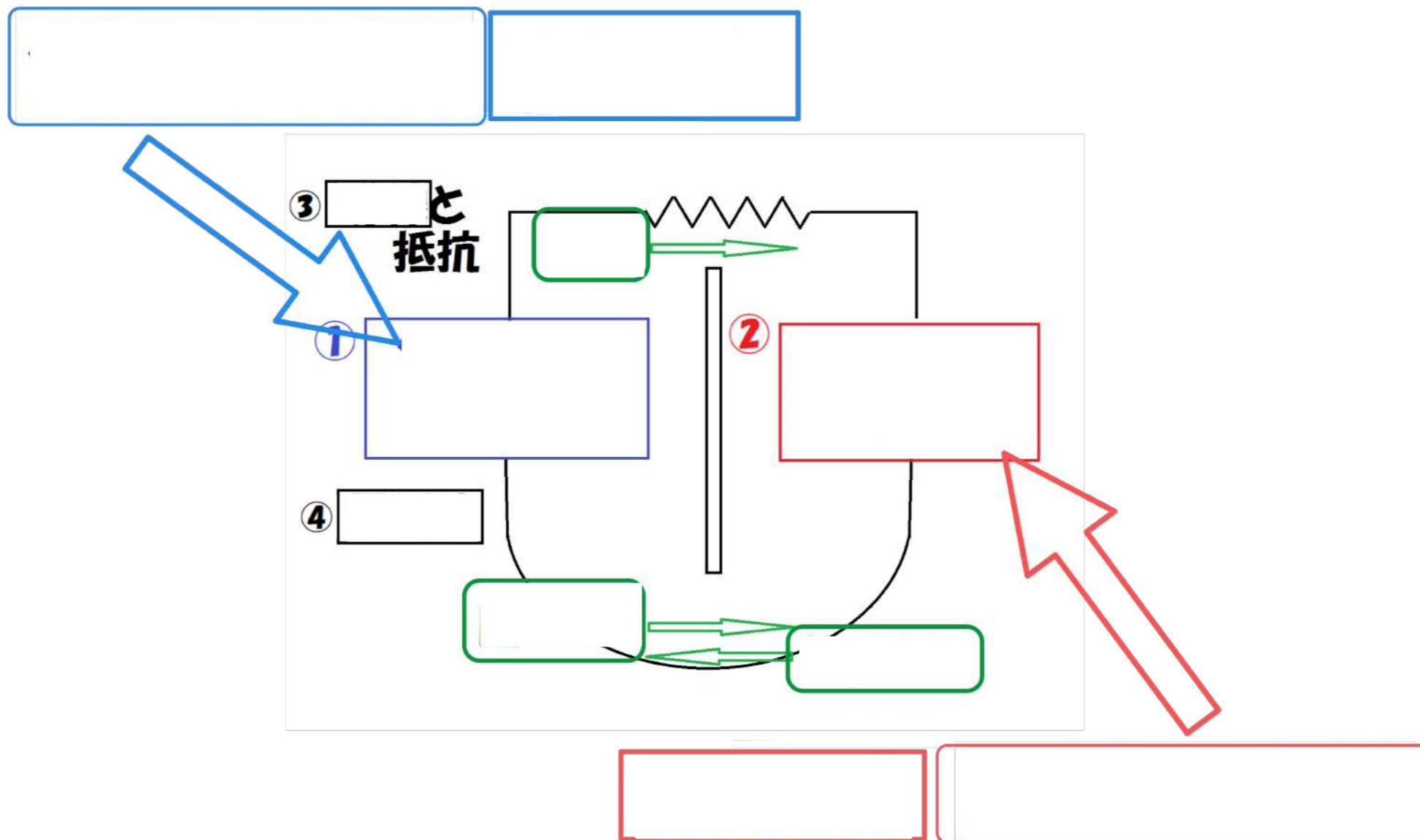
化学電池って？



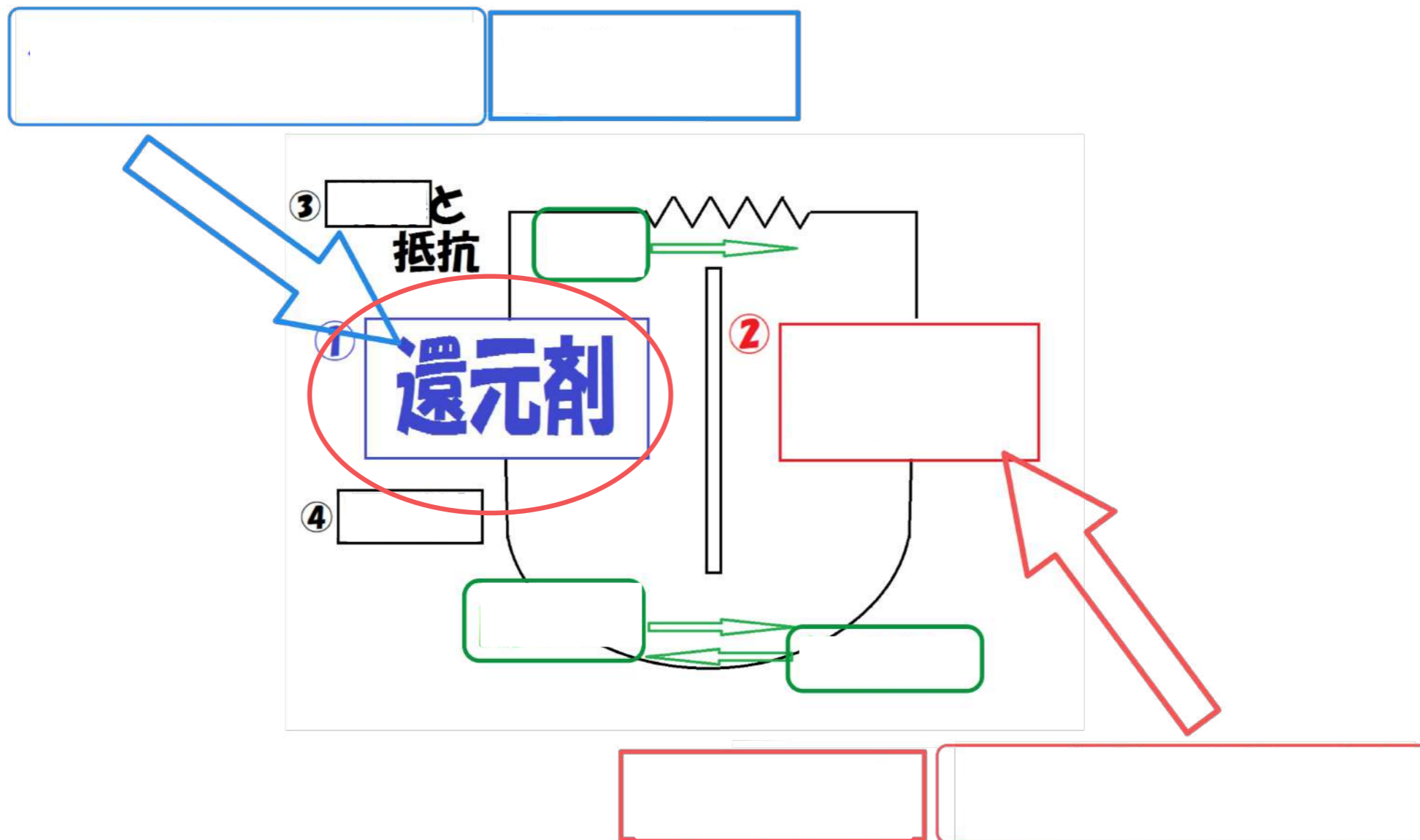
化学電池って？

酸化還元反応に伴って放出される化学エネルギーを、電気エネルギーとして取り出す装置のこと。

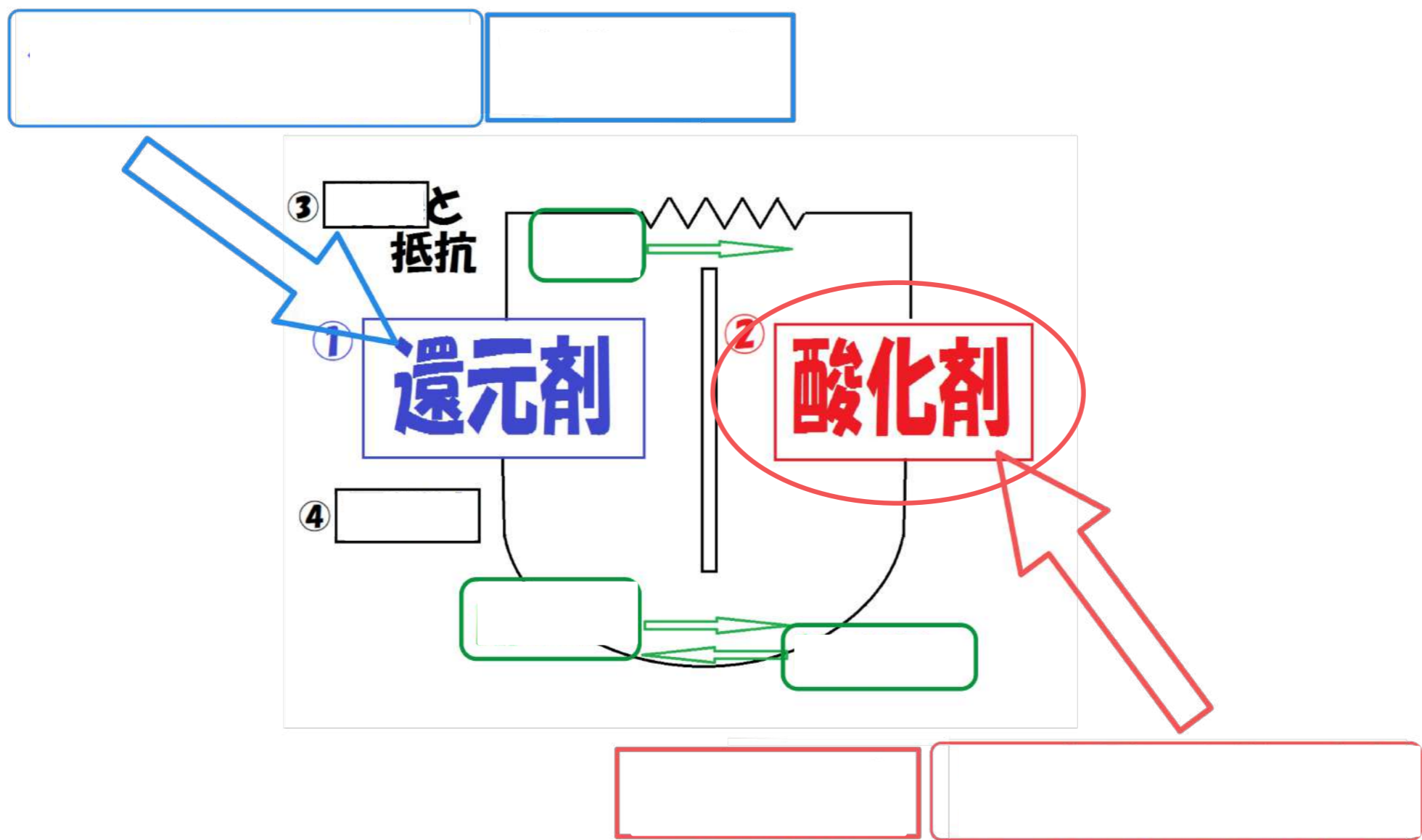
化学電池の基本的な構成って？



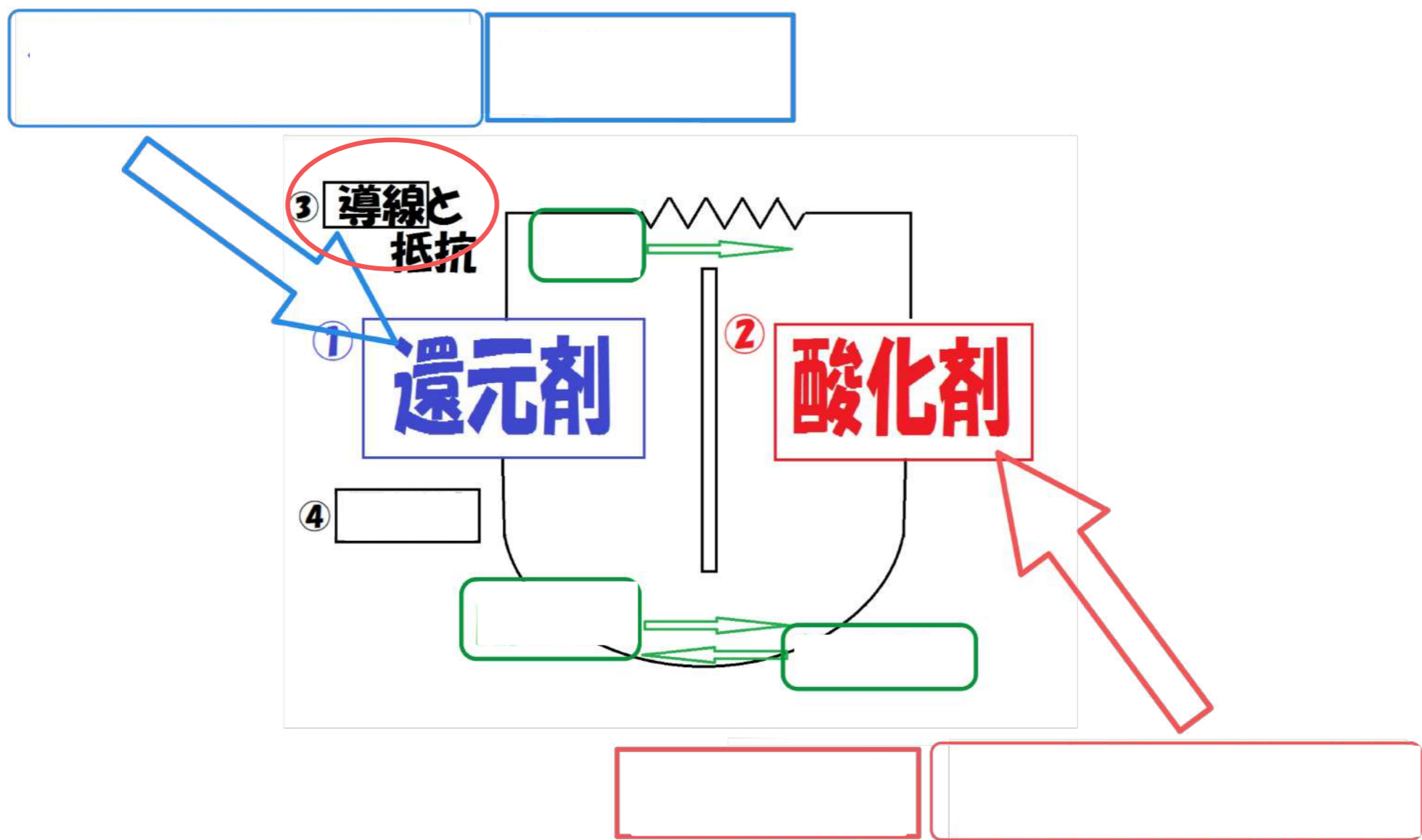
化学電池の基本的な構成って？



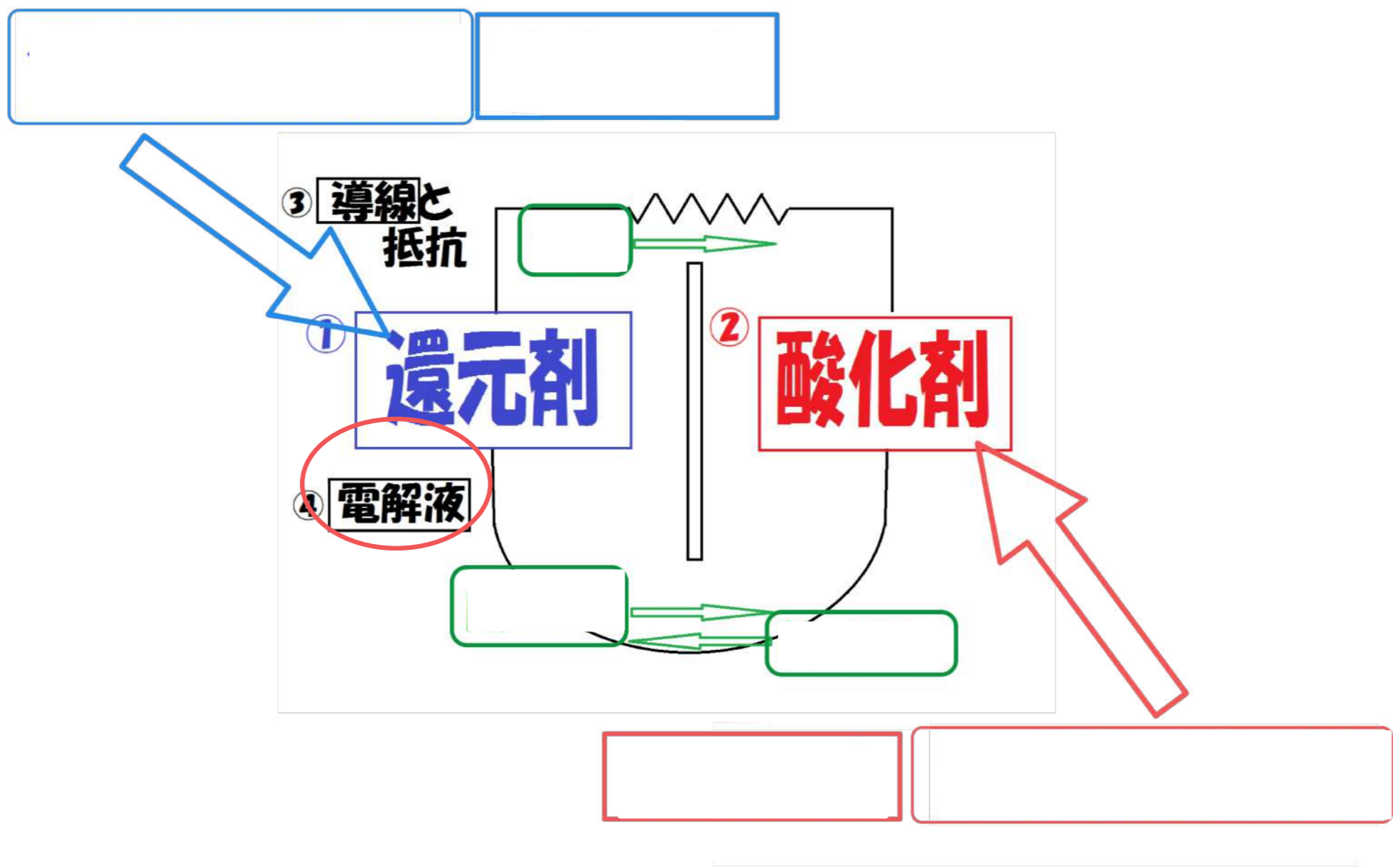
化学電池の基本的な構成って？



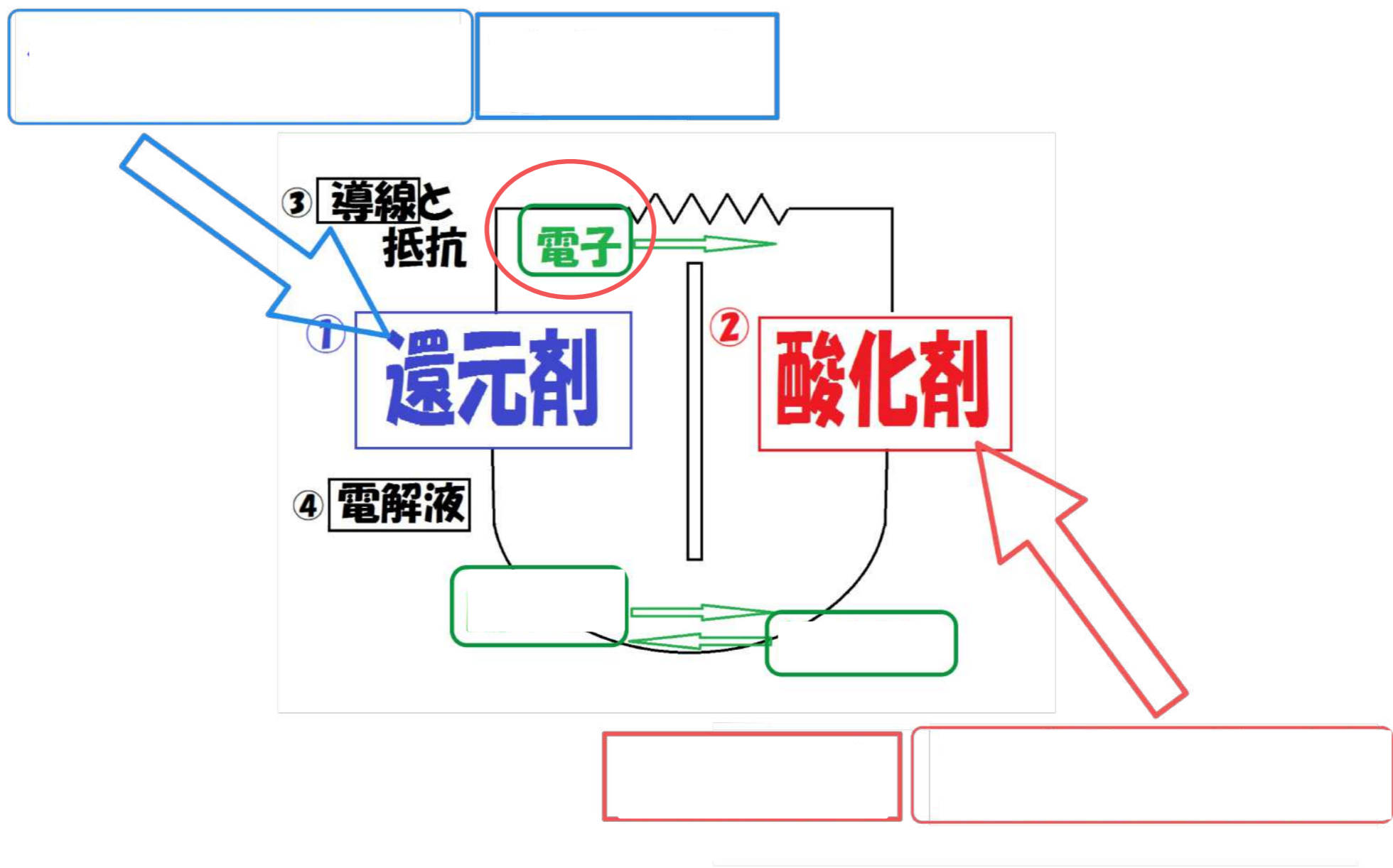
化学電池の基本的な構成って？



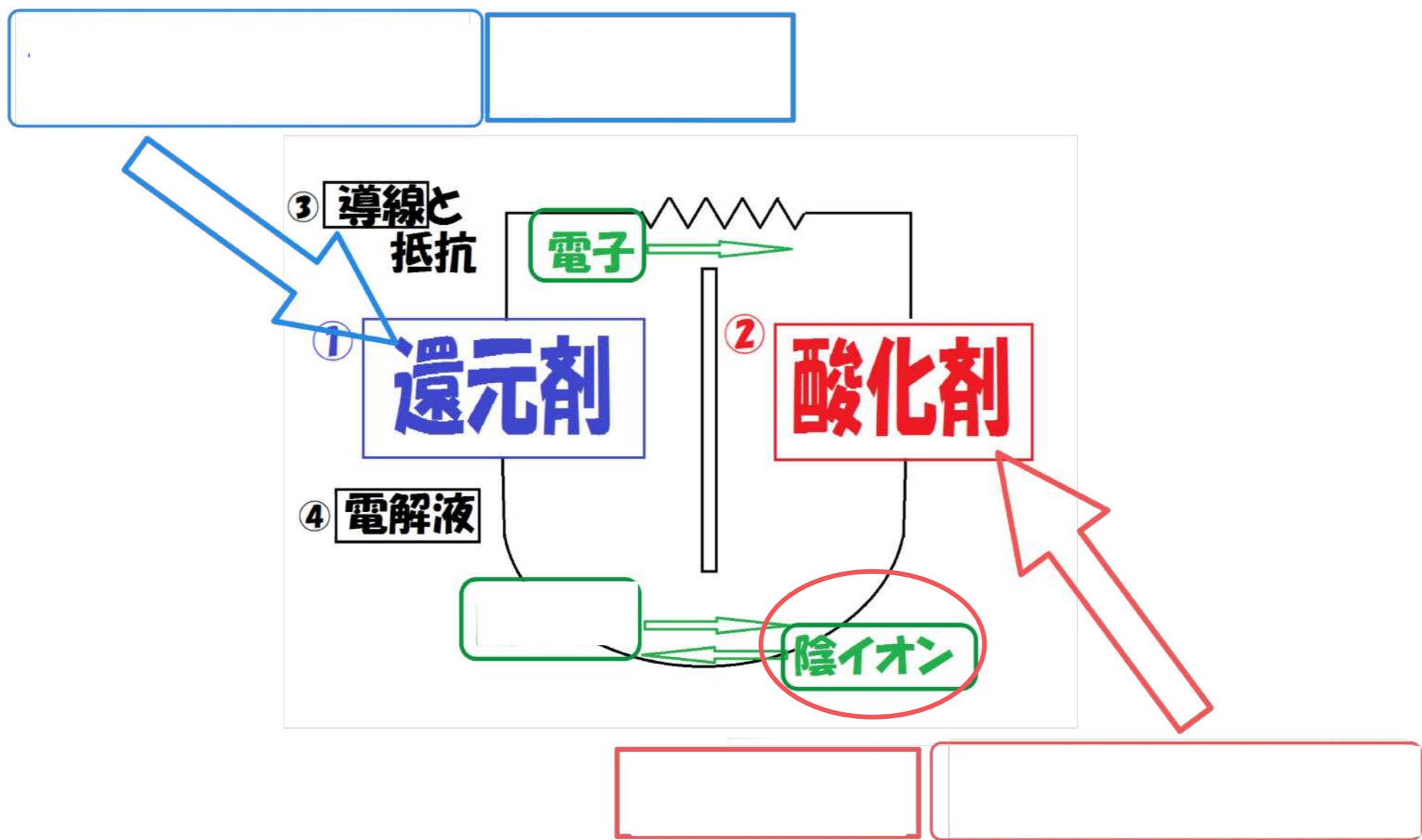
化学電池の基本的な構成って？



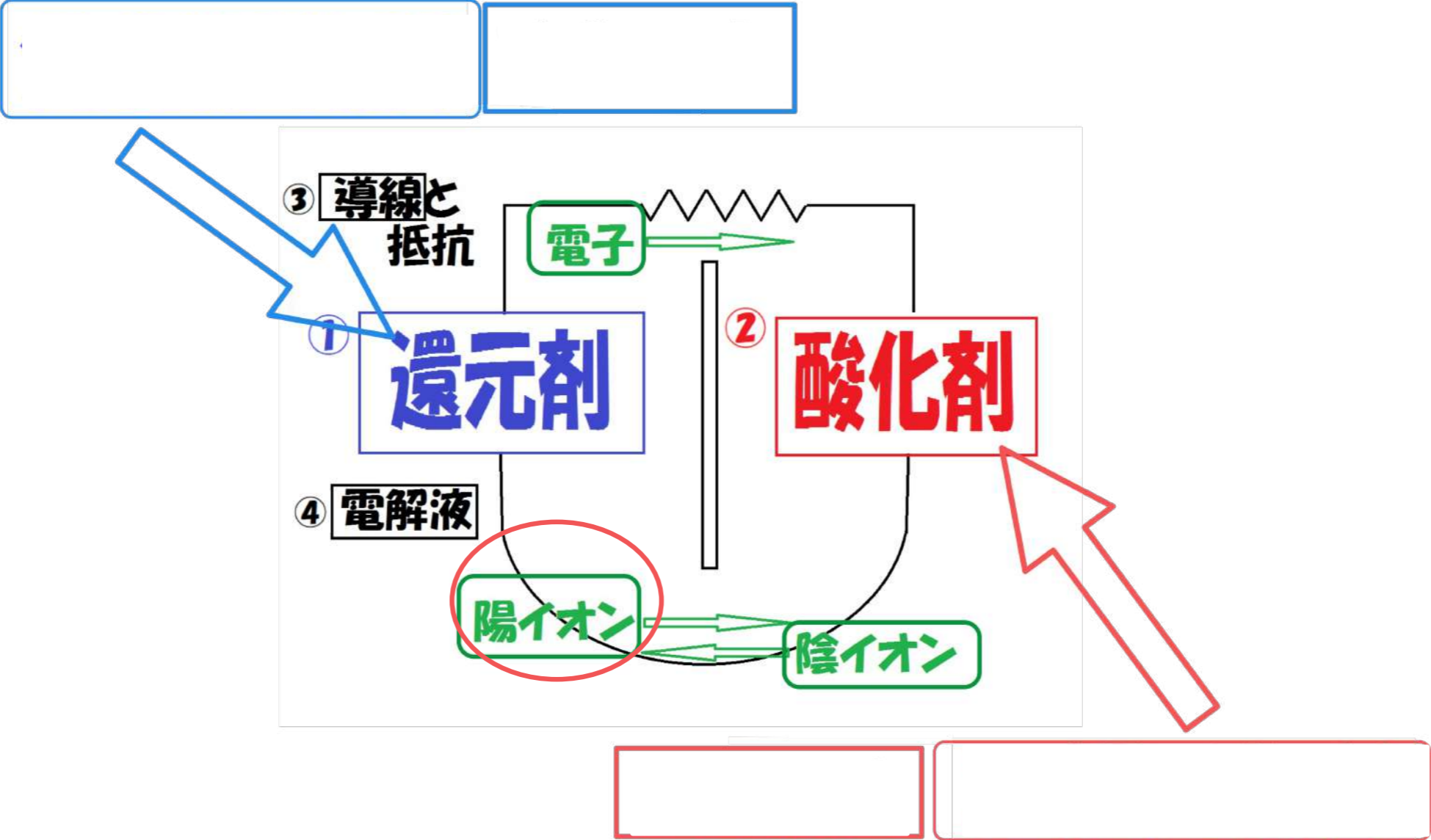
化学電池の基本的な構成って？



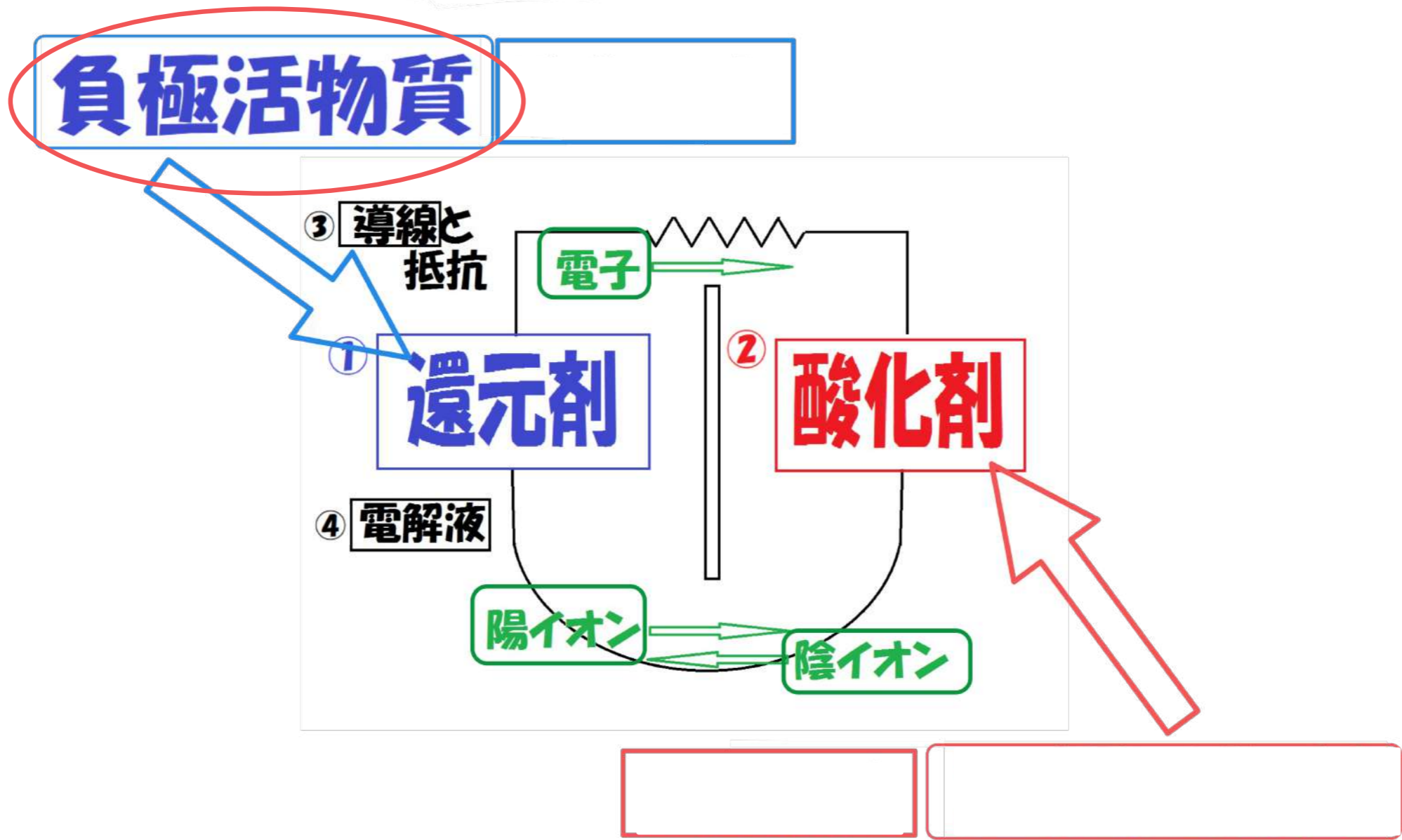
化学電池の基本的な構成って？



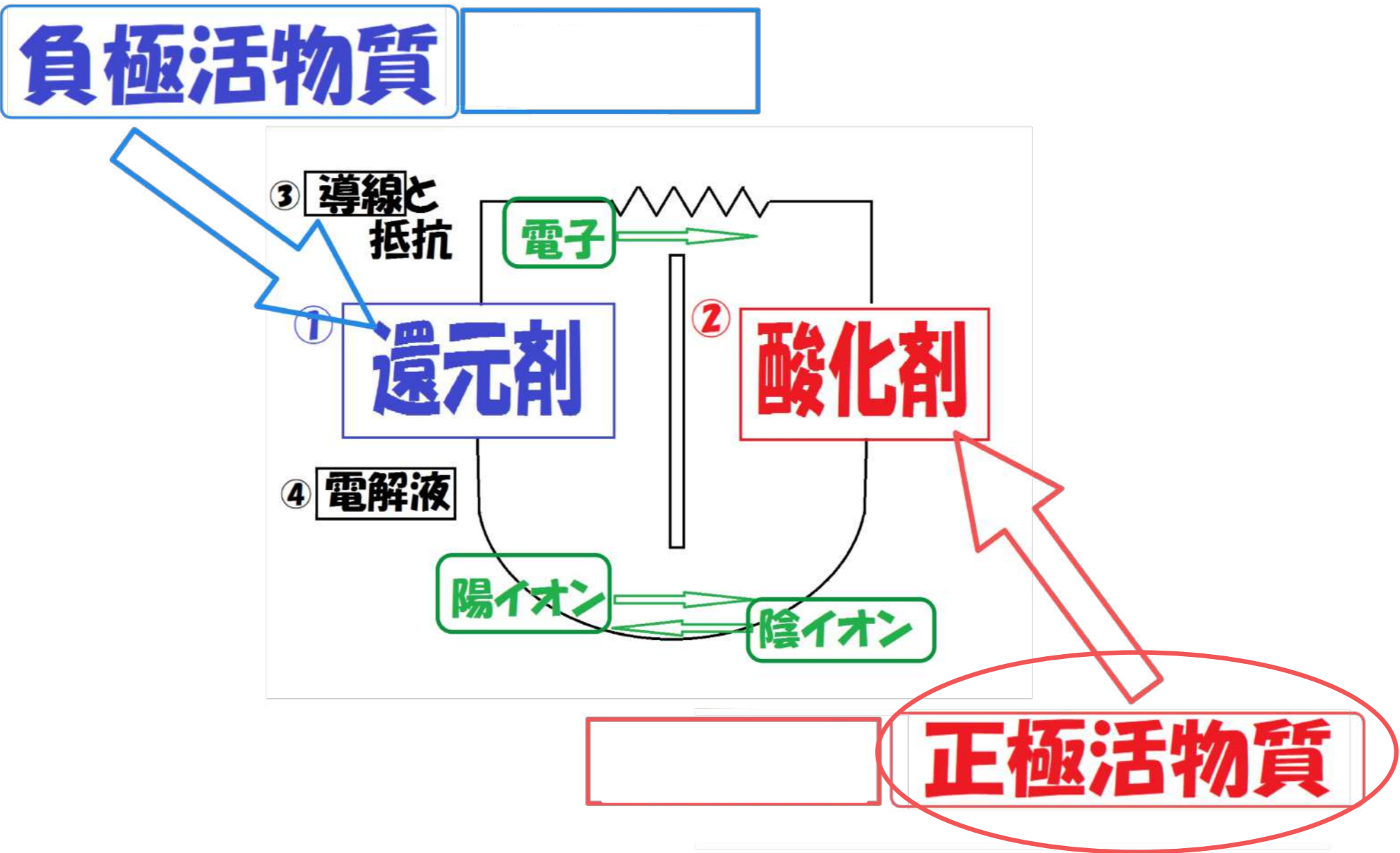
化学電池の基本的な構成って？



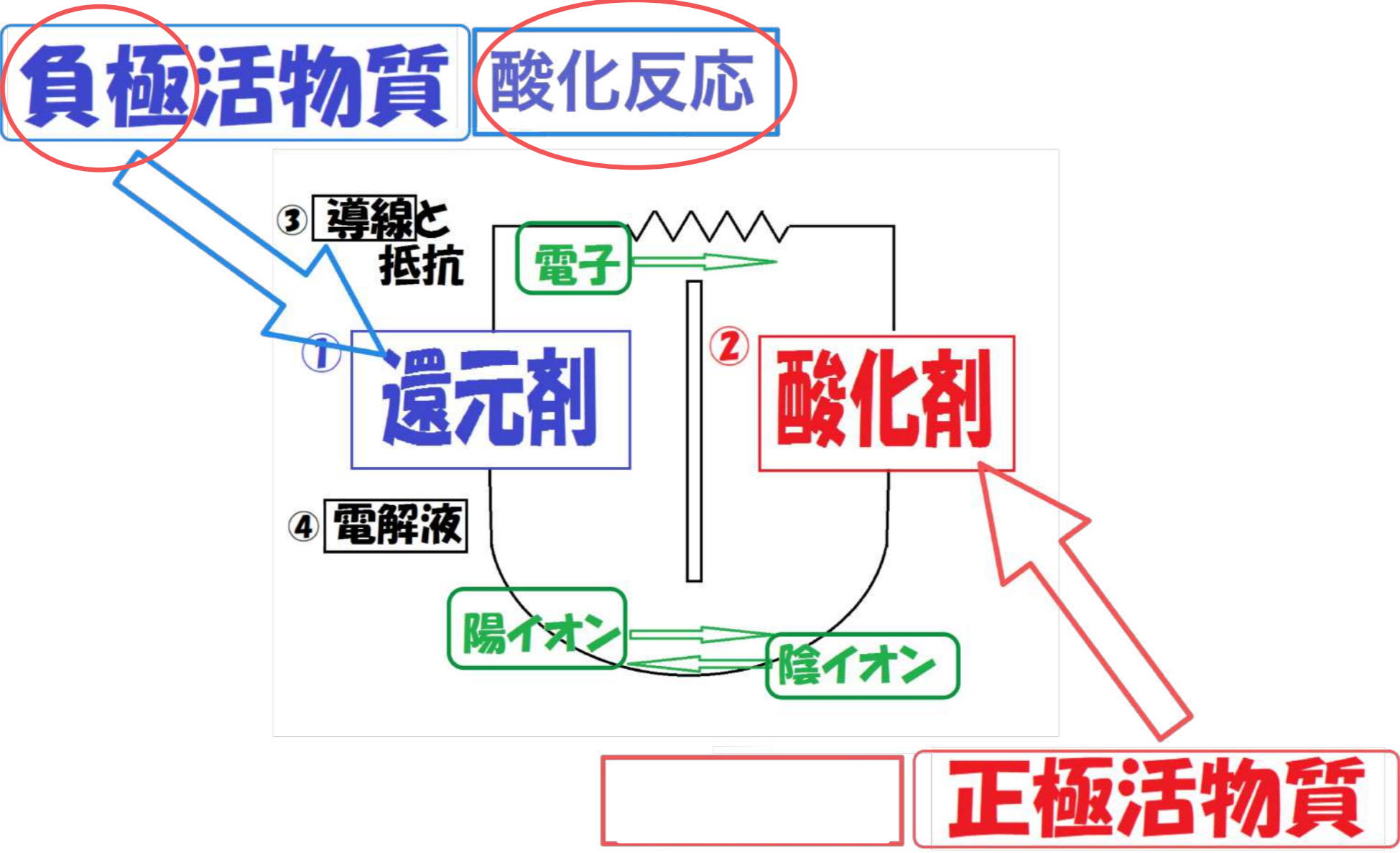
化学電池の基本的な構成って？



化学電池の基本的な構成って？

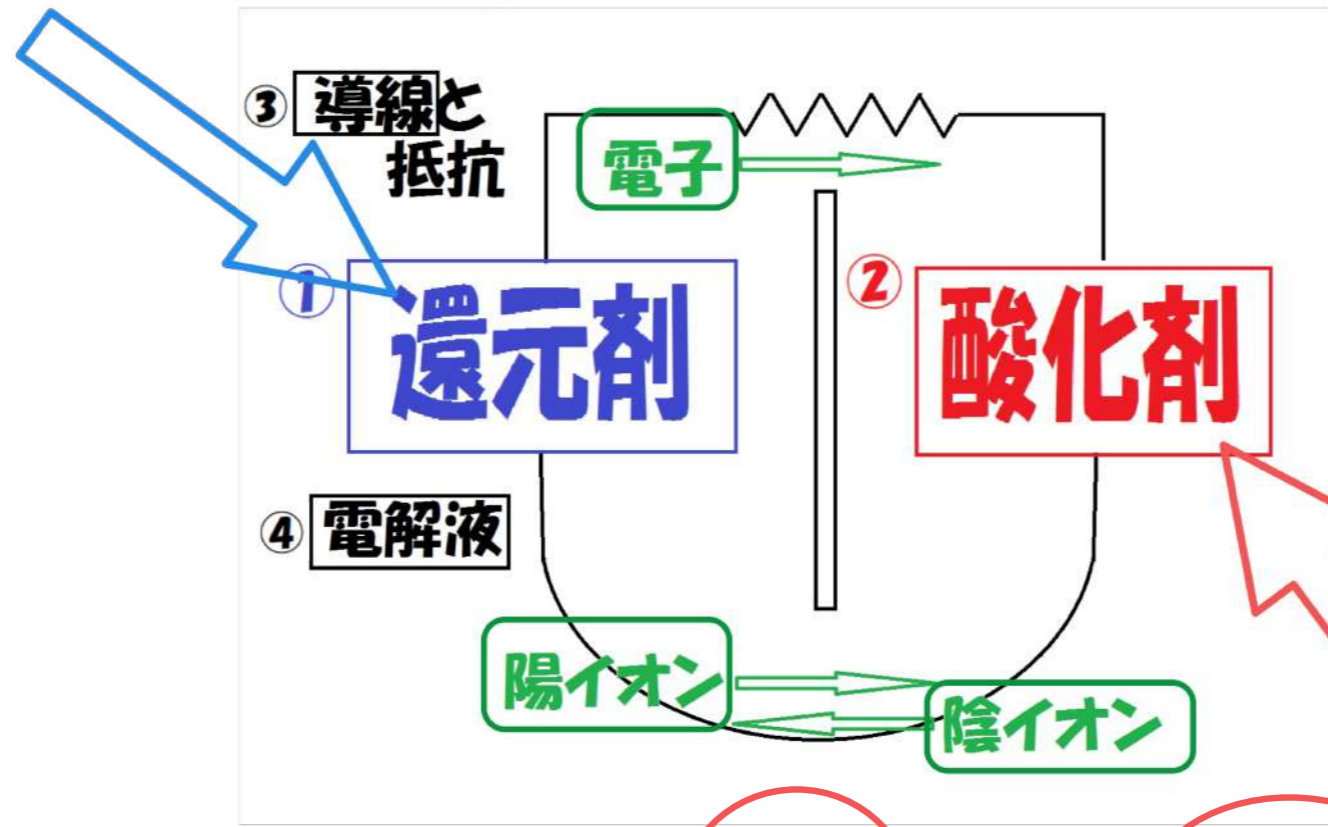


化学電池の基本的な構成って？



化学電池の基本的な構成って？

負極活物質 酸化反応



還元反応 正極活物質

電池×ニュー

ボルタ(参考)

ダニエル

鉛蓄電池

燃料電池



電池メニュー

ボルタ(参考)

ダニエル

鉛蓄電池

燃料電池

充電出来ない。
一次電池



電池メニュー

ボルタ(参考)

ダニエル

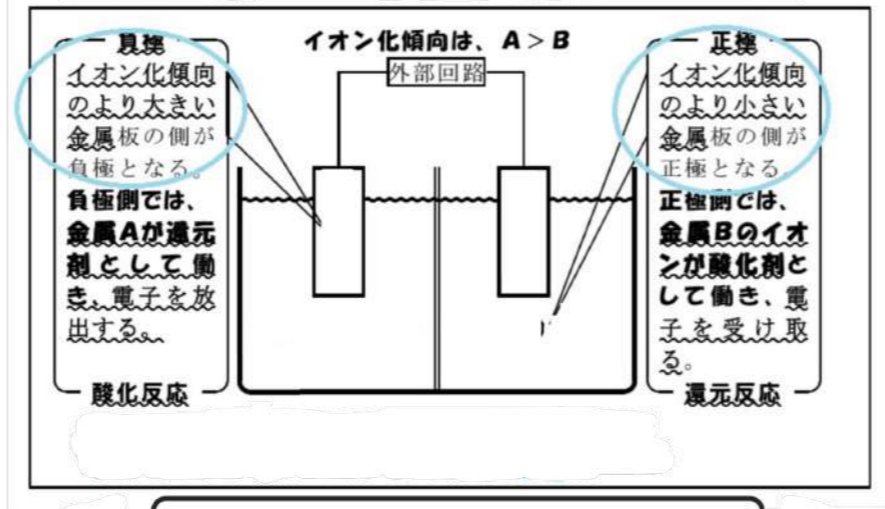
鉛蓄電池

燃料電池

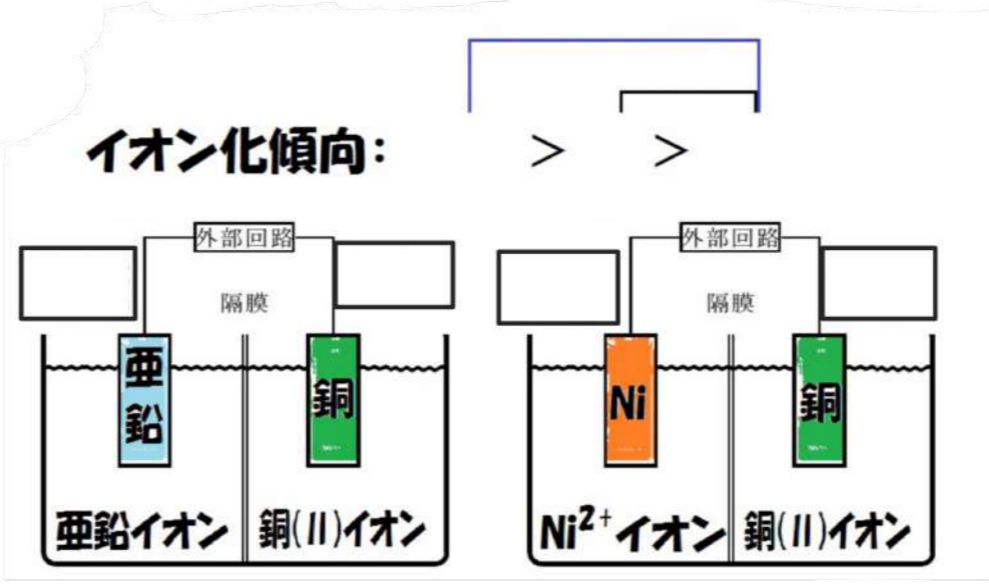
充電出来ない。
一次電池

充電出来る。
二次電池

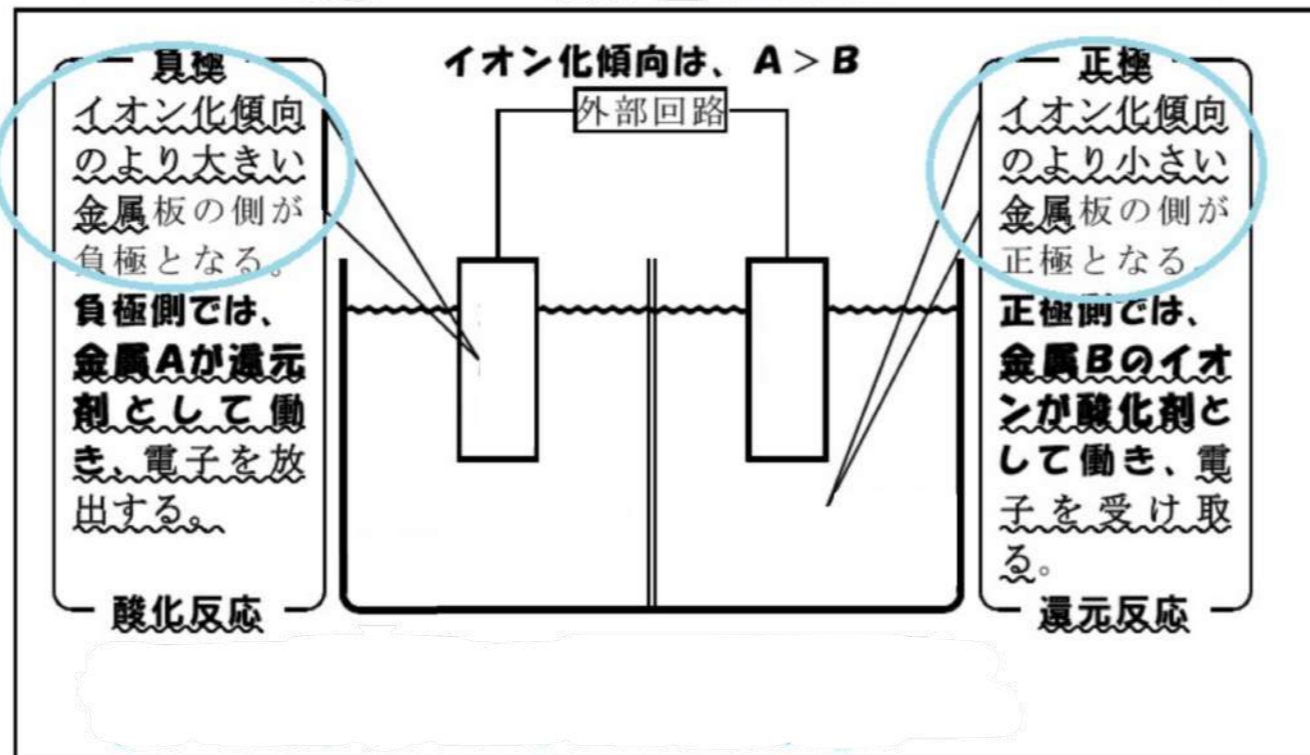
ダニエル電池って？



覚え方	リッチに貸そうかなまああてにすなひと過ぎる借金
イオン化列	Li K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb (H ₂) Cu Hg Ag Pt Au

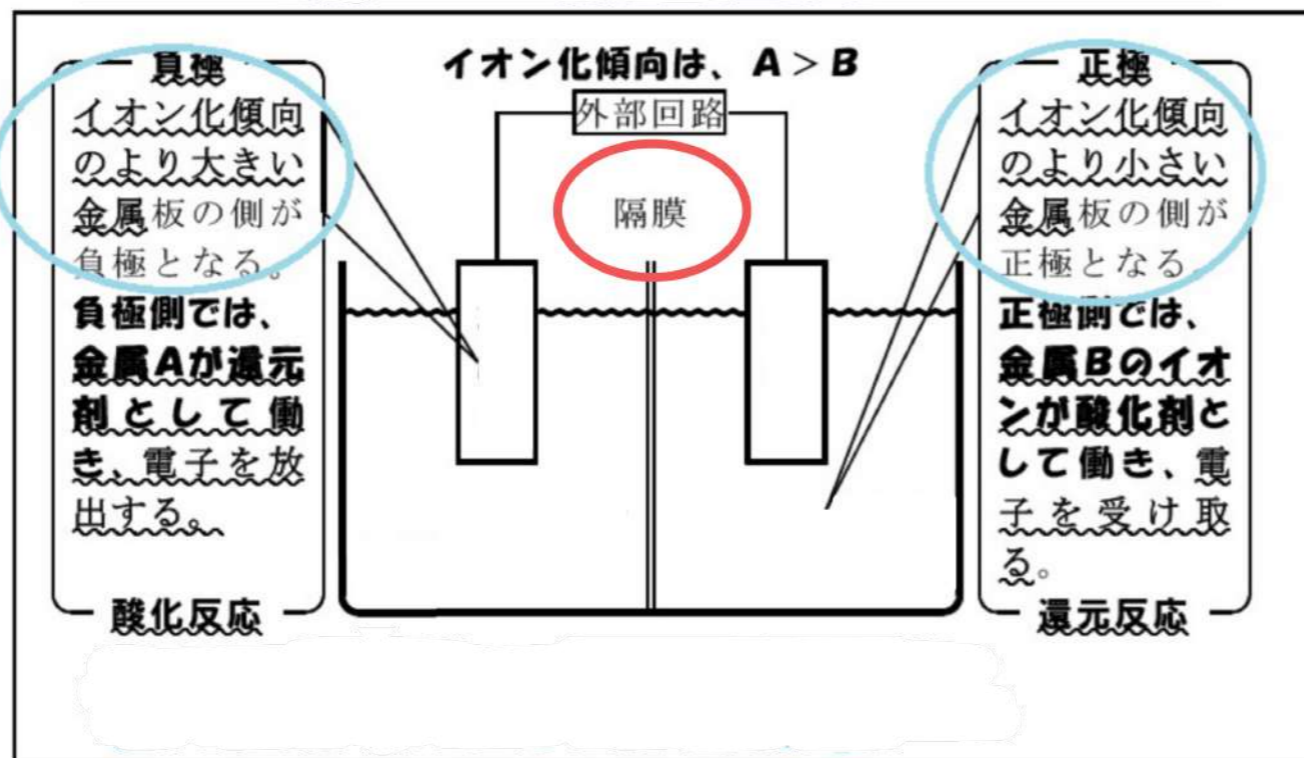


ダニエル電池って？



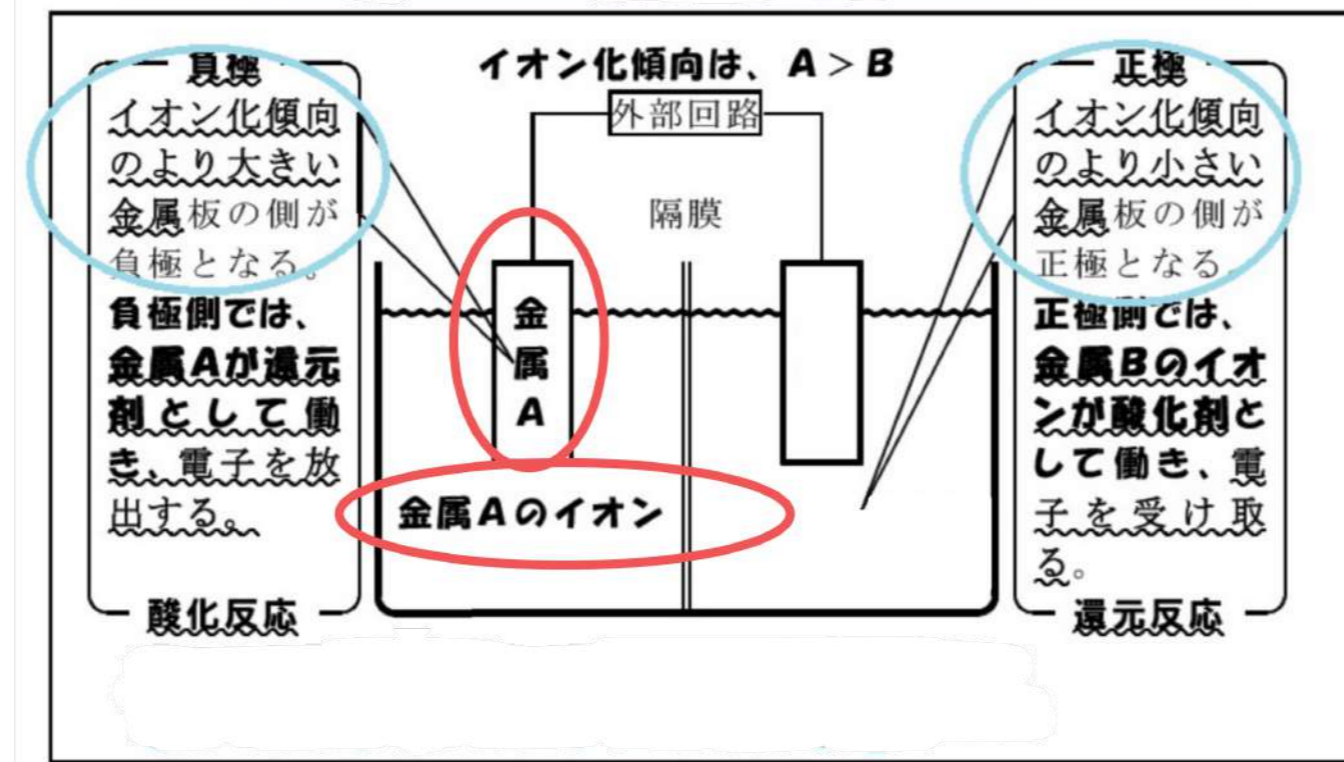
覚え方	リッチに貸そう	か	な	ま	あ	あ	て	に	す	な	ひ	ど	過	ぎ	る	借	金
イオン化列	Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	(H ₂)	Cu	Hg	Ag	Pt	Au

ダニエル電池って？



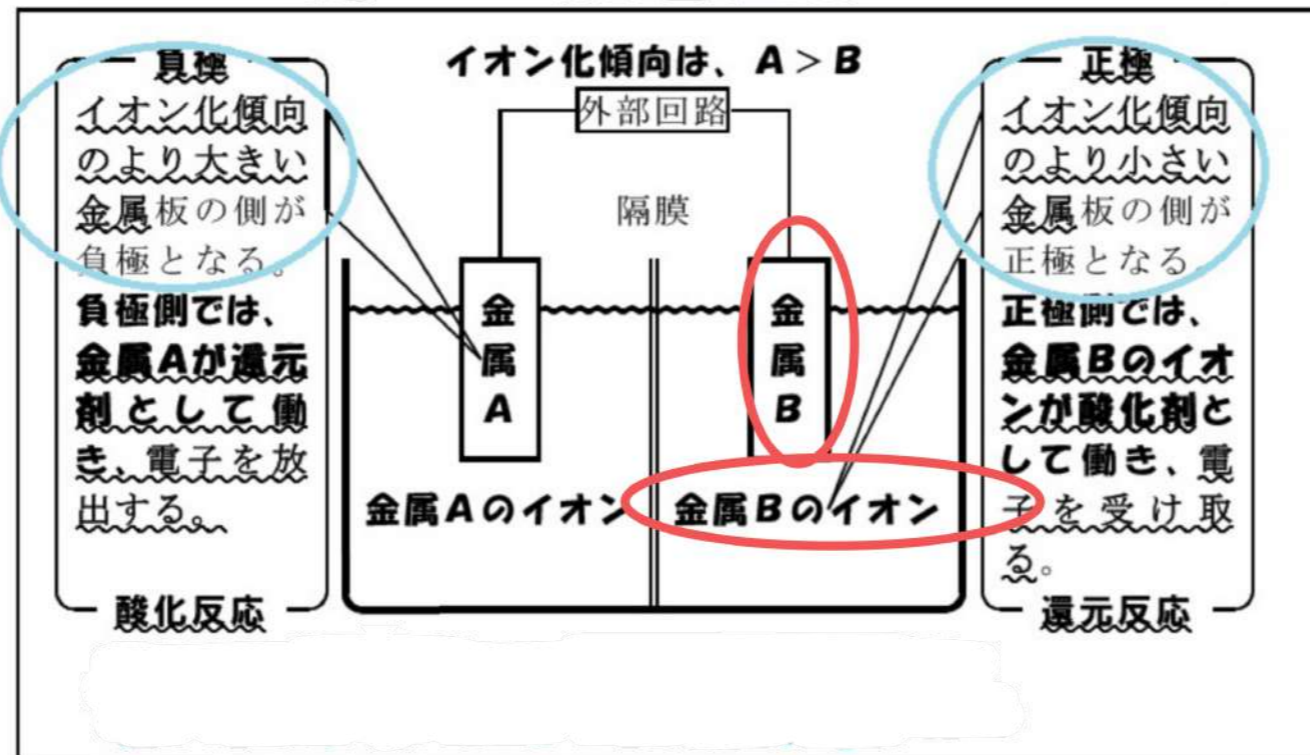
覚え方	リッチに貸そう	か	な	ま	あ	あ	て	に	す	な	ひ	ど	過	ぎ	る	借	金
イオン化列	Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	(H ₂)	Cu	Hg	Ag	Pt	Au

ダニエル電池って？



覚え方	リッチに貸そう　か　な　ま　あ　あ　て　に　す　な　ひ　ど　過　ぎ　る　借　金
イオン化列	Li　K　Ca　Na　Mg　Al　Zn　Fe　Ni　Sn　Pb　(H ₂)　Cu　Hg　Ag　Pt　Au

ダニエル電池って？

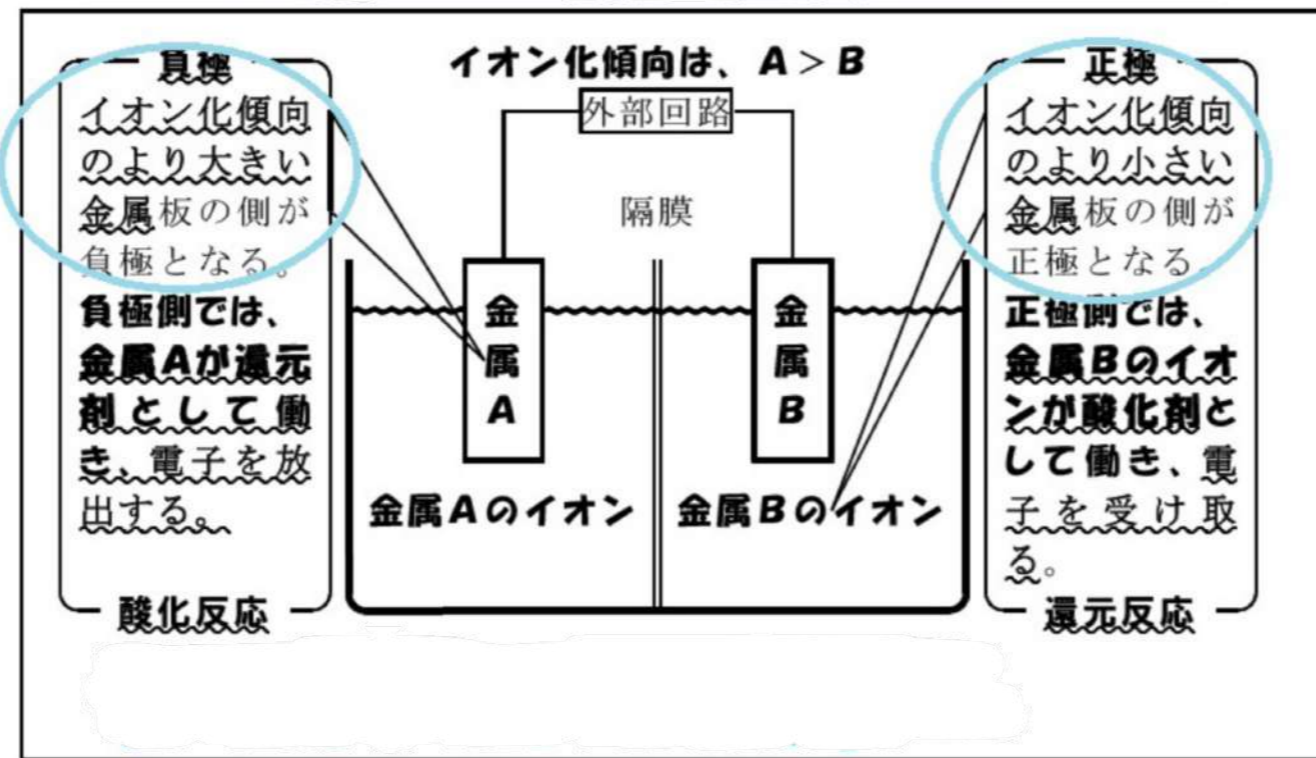


覚え方
 イオン化列

リッチに貸そう かなま ああ て に す な ひ ど 過 ぎ る 借 金
 Li K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb (H₂) Cu Hg Ag Pt Au

ダニエル電池って？

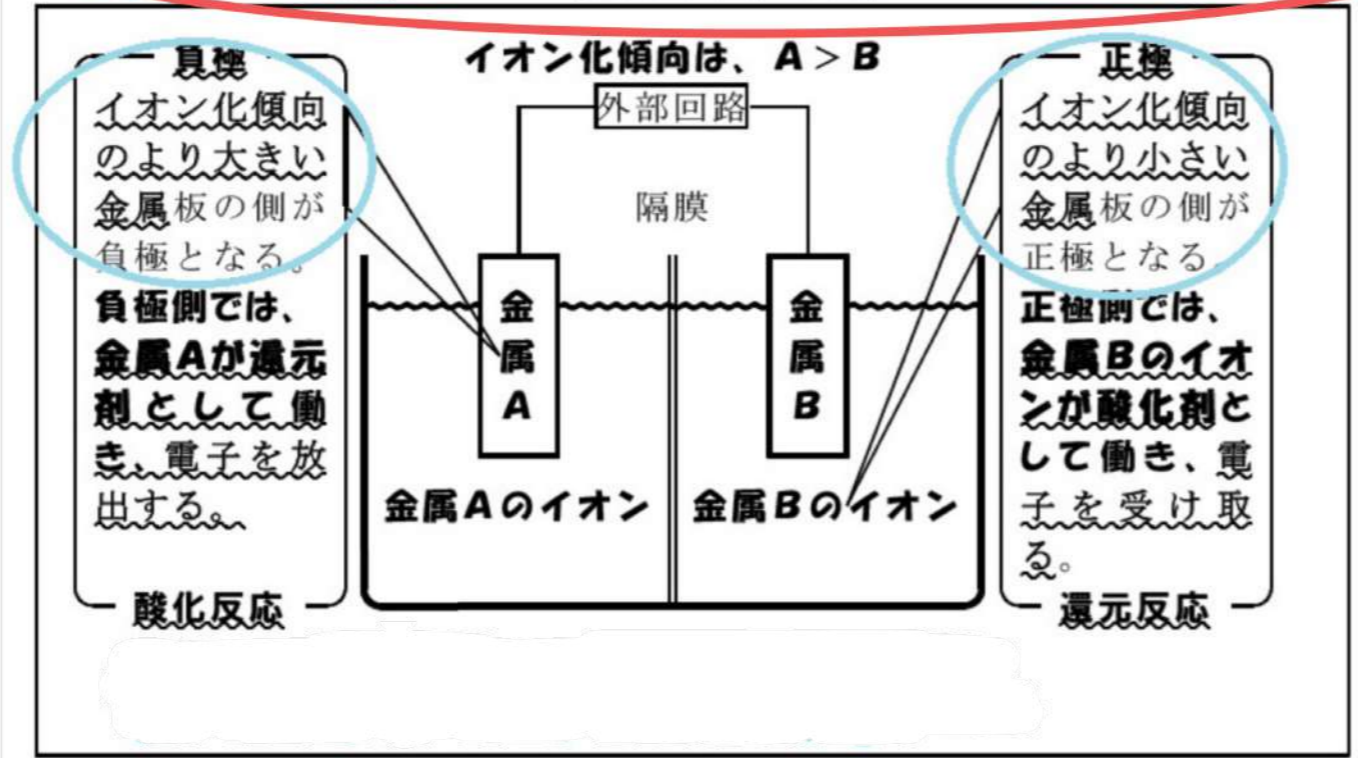
イオン化傾向が大きい方が負極側、



覚え方	リツに貸そう	か	な	ま	あ	あ	て	に	す	な	ひ	ど	過	ぎ	る	借	金
イオン化列	Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	(H ₂)	Cu	Hg	Ag	Pt	Au

ダニエル電池って？

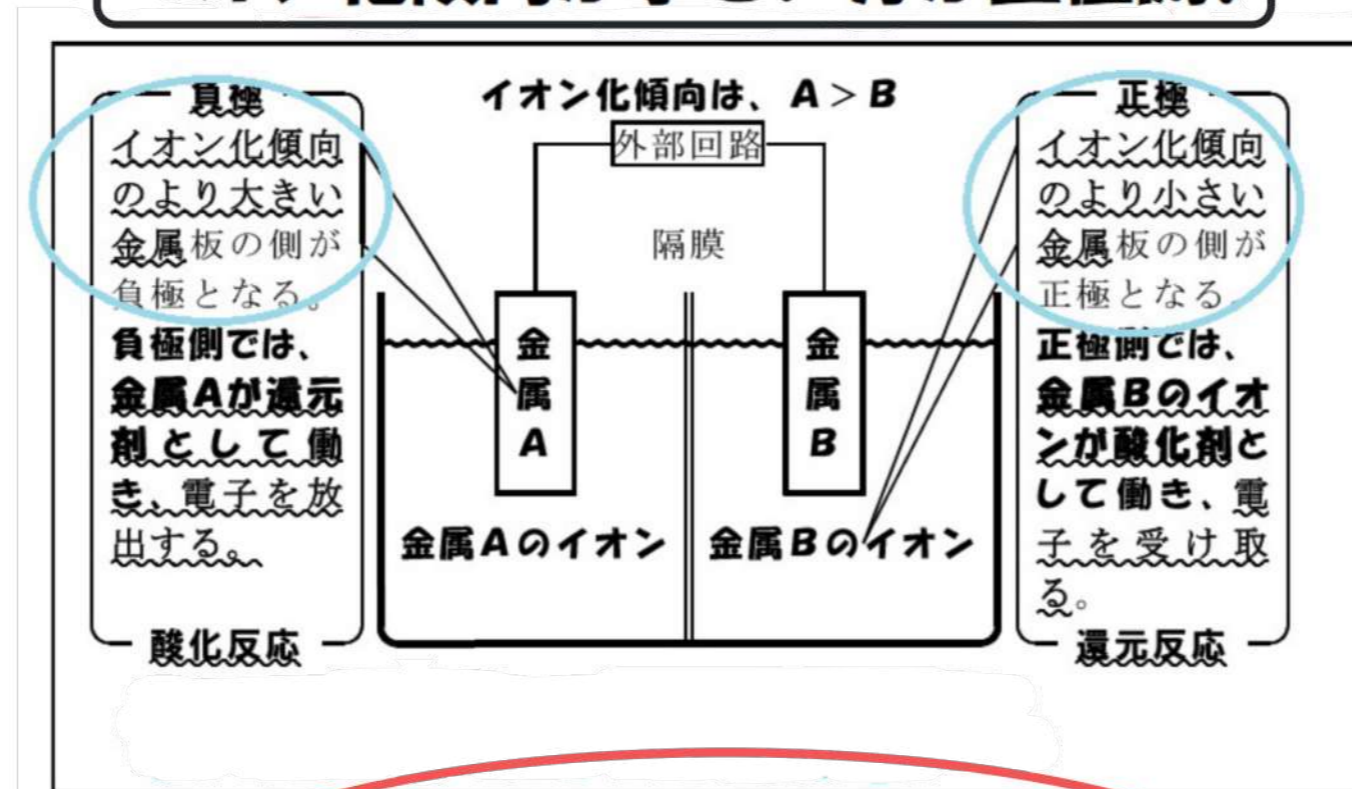
**イオン化傾向が大きい方が負極側、
イオン化傾向が小さい方が正極側！**



覚え方	リツに貸そう　か　な　ま　あ　あ　て　に　す　な　ひ　ど　過　ぎ　る　借　金
イオン化列	Li K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb (H ₂) Cu Hg Ag Pt Au

ダニエル電池って？

**イオン化傾向が大きい方が負極側、
イオン化傾向が小さい方が正極側！**

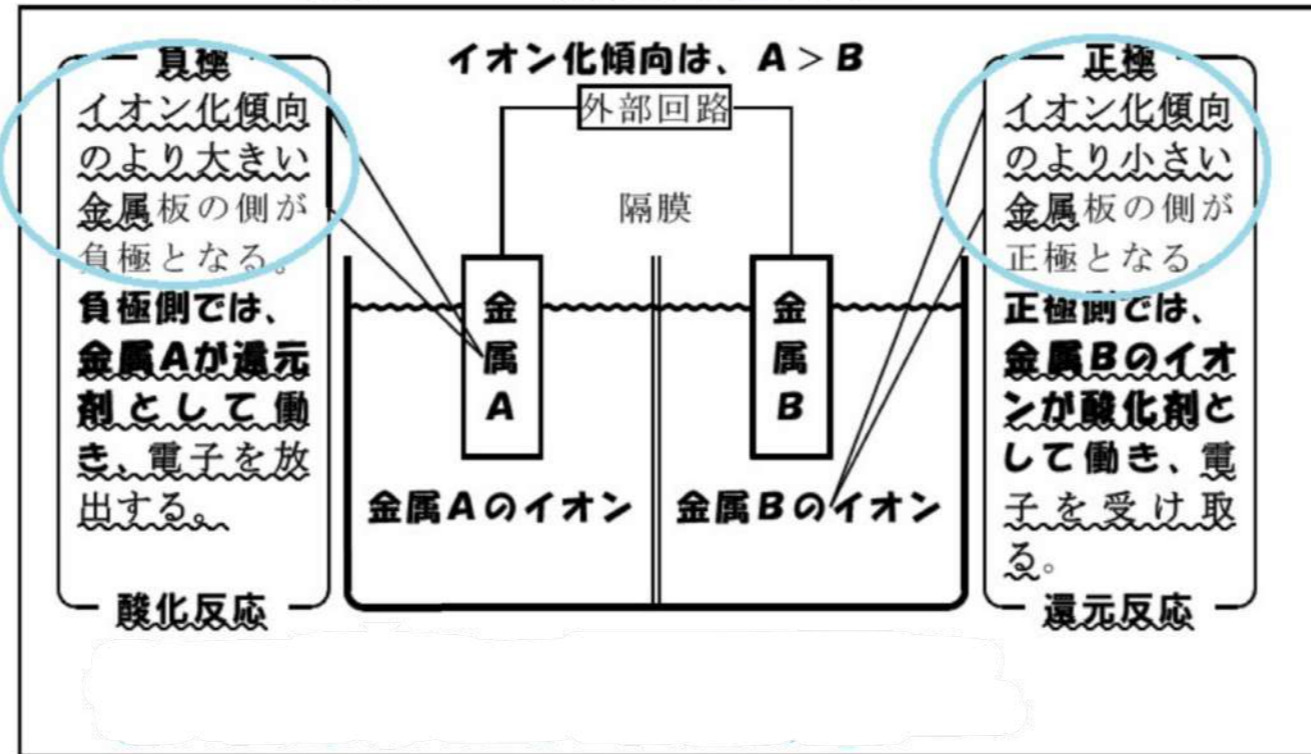


金属板のイオン化傾向の差が大きいほど、起電力は大きい！

覚え方	リッチに貸そう	か	な	ま	あ	あ	し	に	り	な	ひ	ど	過	ぎ	る	借	金
イオン化列	Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	(H ₂)	Cu	Hg	Ag	Pt	Au

ダニエル電池って？

イオン化傾向が大きい方が負極側、
イオン化傾向が小さい方が正極側！



金属板のイオン化傾向の差が
大きいほど、起電力は大きい！

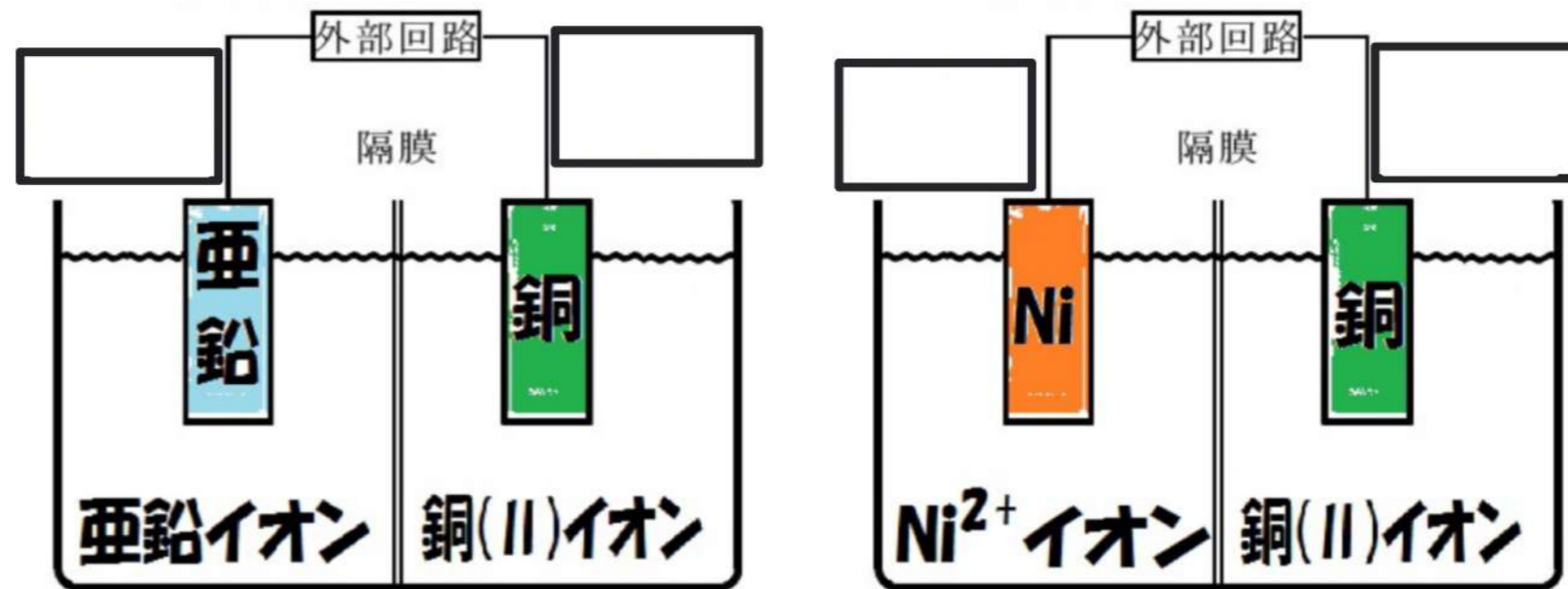
覚え方	リツに貸そう	か	な	ま	あ	あ	て	に	す	な	ひ	ど	過	ぎ	る	借	金
イオン化列	Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	(H ₂)	Cu	Hg	Ag	Pt	Au

**金属板のイオン化傾向の差が
大きいほど、起電力は大きい！**

覚え方	リッチに貸そう　か　な　ま　あ　あ　て　に　す　な　ひ　ど　過　ぎ　る　借　金
イオン化列	Li　K　Ca　Na　Mg　Al　Zn　Fe　Ni　Sn　Pb　(H ₂)　Cu　Hg　Ag　Pt　Au

イオン化傾向：

> >

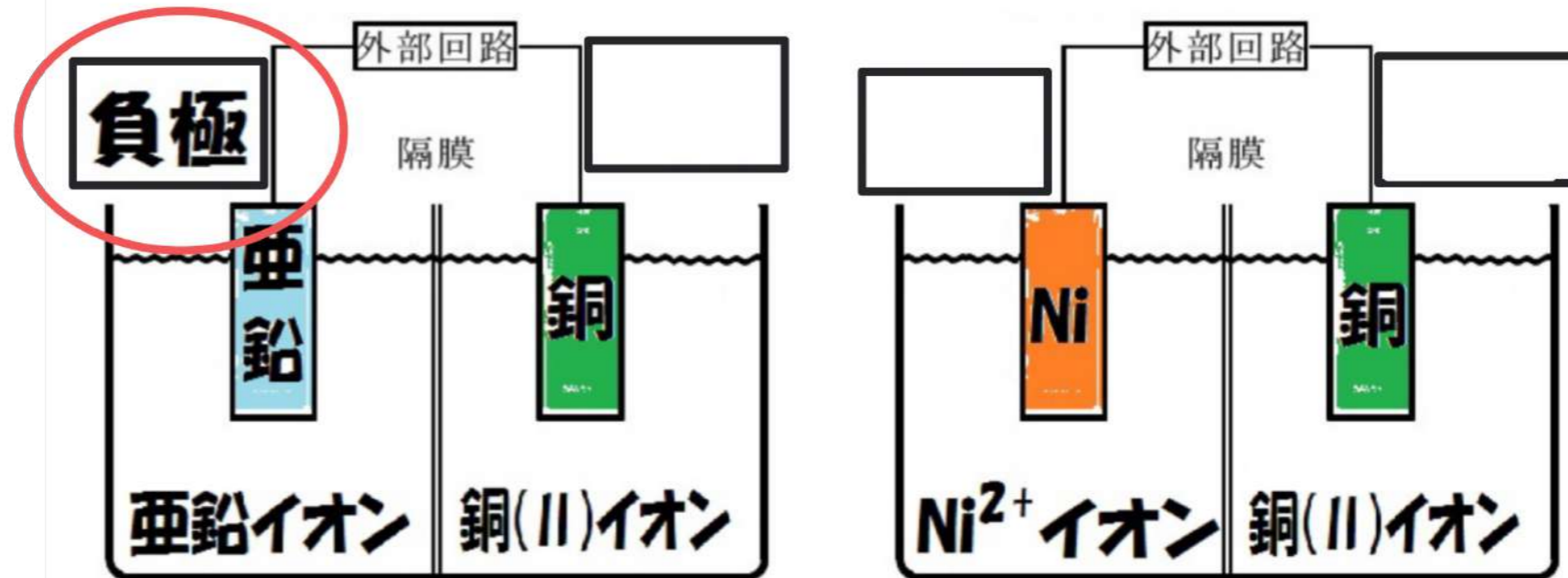


金属板のイオン化傾向の差が大きいほど、起電力は大きい！

覚え方	リッパに貸そう　か　な　ま　あ　あ　て　に　す　な　ひ　ど　過　ぎ　る　借　金
イオン化列	Li　K　Ca　Na　Mg　Al　Zn　Fe　Ni　Sn　Pb　(H ₂)　Cu　Hg　Ag　Pt　Au

イオン化傾向：

> >

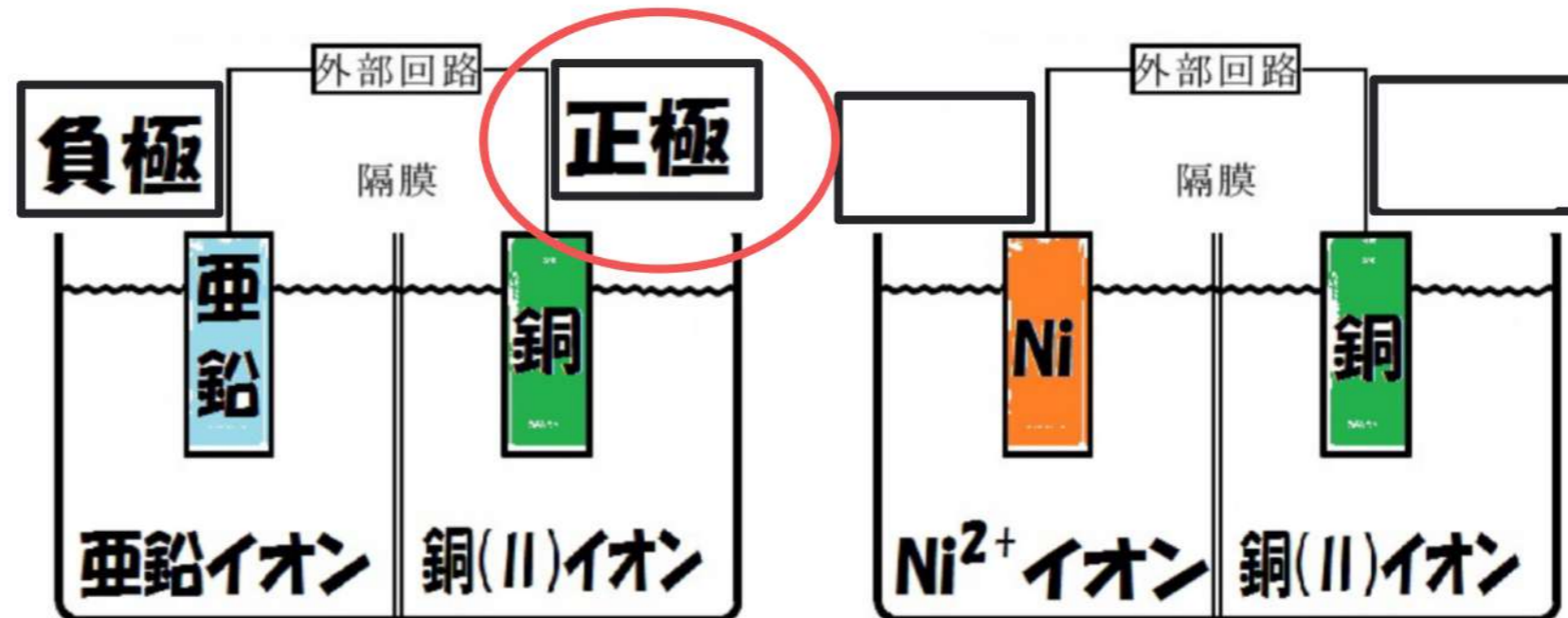


金属板のイオン化傾向の差が
大きいほど、起電力は大きい！

覚え方	リ	ッ	チ	に	貸	そ	う	か	な	ま	あ	あ	て	に	す	な	ひ	ど	過	ぎ	る	借	金
イオン化列	Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	(H ₂)	Cu	Hg	Ag	Pt	Au						

イオン化傾向:

> >

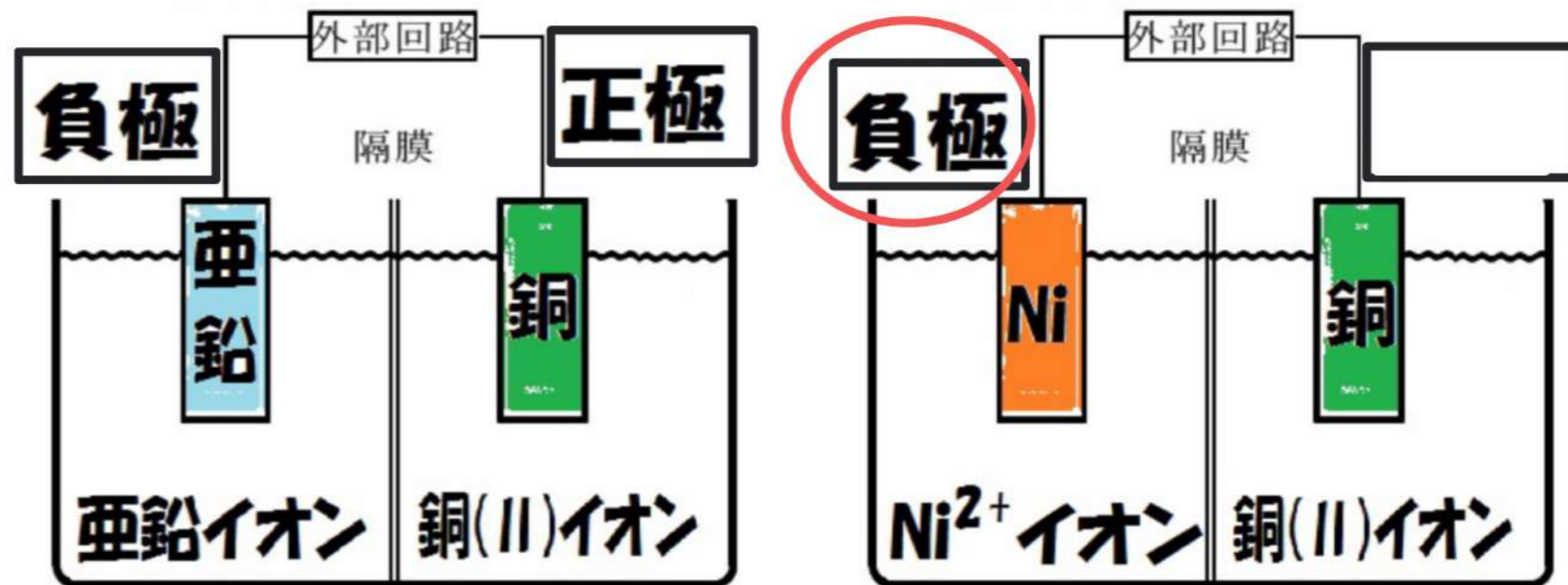


金属板のイオン化傾向の差が
大きいほど、起電力は大きい！

覚え方	リッチに貸そう	かな	ま	あ	あ	て	に	す	な	ひ	ど	過	ぎ	る	借	金	
イオン化列	Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	(H ₂)	Cu	Hg	Ag	Pt	Au

イオン化傾向:

> >

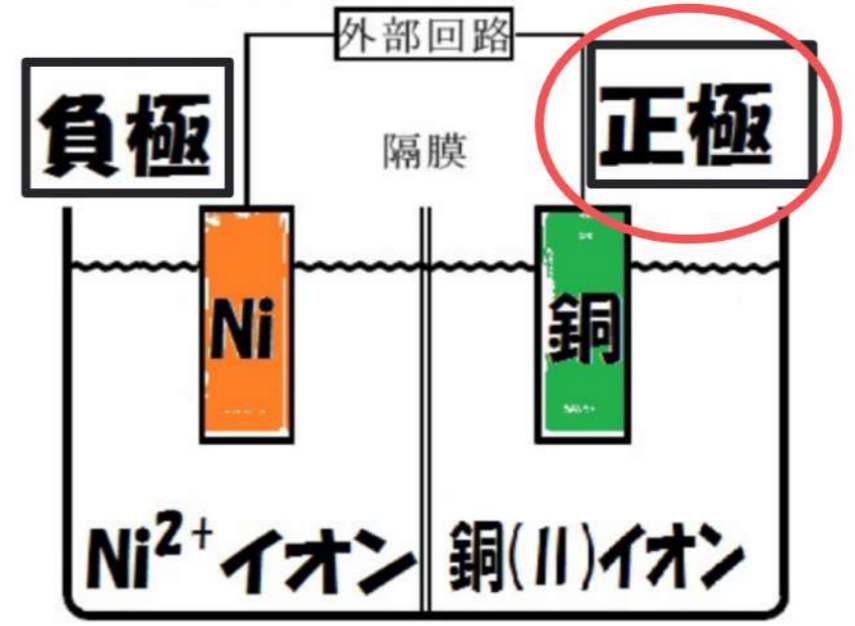
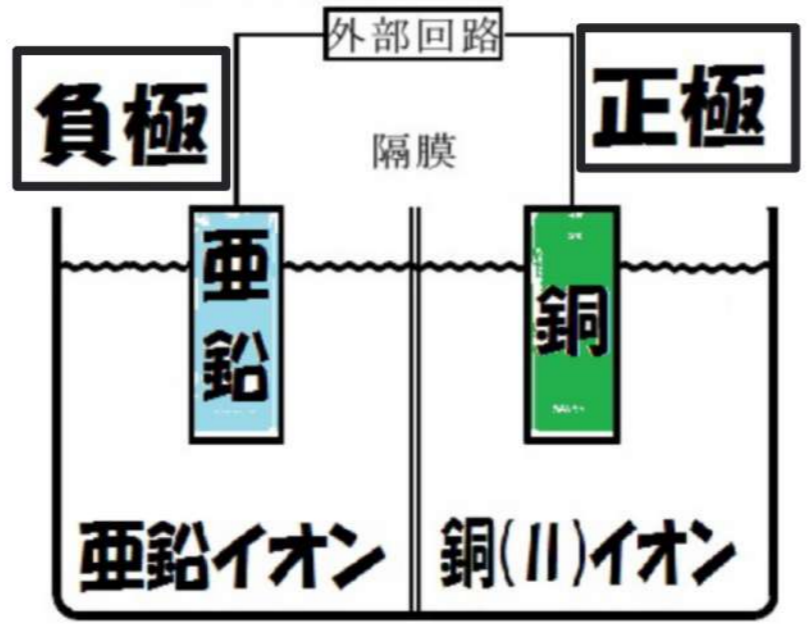


**金属板のイオン化傾向の差が
大きいほど、起電力は大きい！**

覚え方	リッチに貸そう　か　な　ま　あ　あ　て　に　す　な　ひ　ど　過　ぎ　る　借　金
イオン化列	Li　K　Ca　Na　Mg　Al　Zn　Fe　Ni　Sn　Pb　(H ₂)　Cu　Hg　Ag　Pt　Au

イオン化傾向：

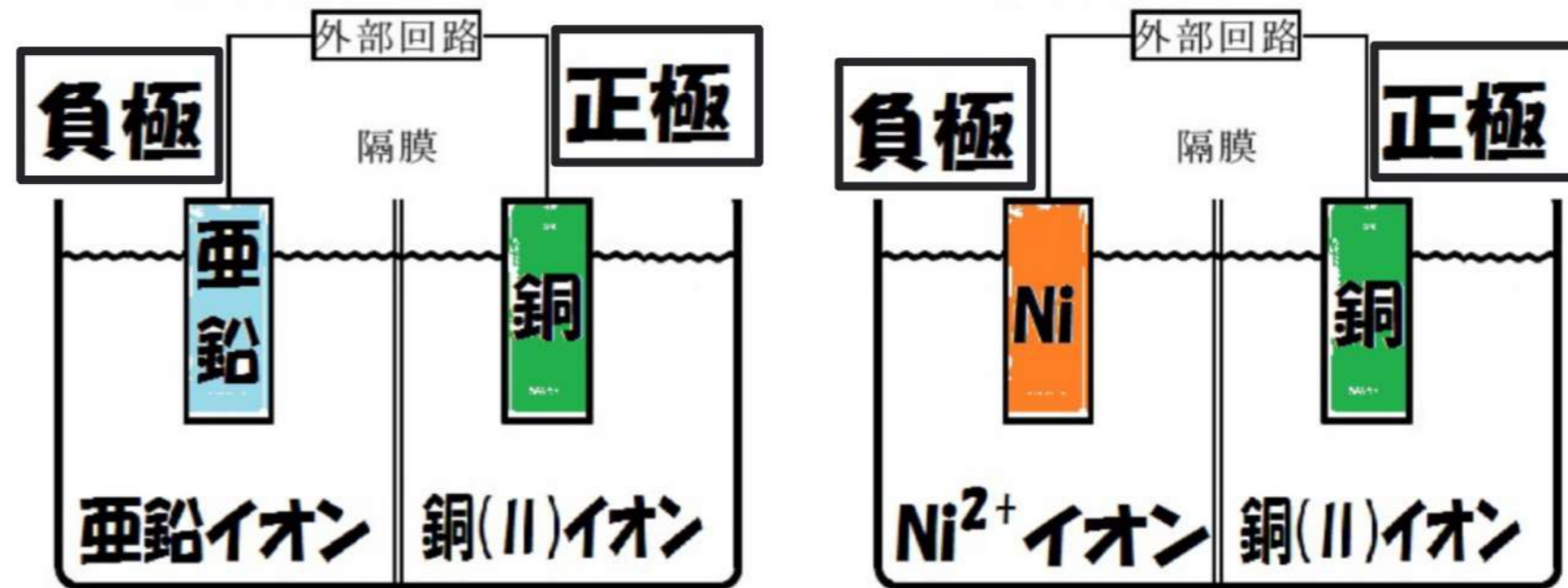
> >



金属板のイオン化傾向の差が
大きいほど、起電力は大きい！

覚え方	リッ	に	貸	そ	う	か	な	ま	あ	あ	て	に	す	な	ひ	ど	過	ぎ	る	借	金
イオン化列	Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	(H ₂)	Cu	Hg	Ag	Pt	Au				

イオン化傾向: **亜鉛** > **Ni** > **銅**

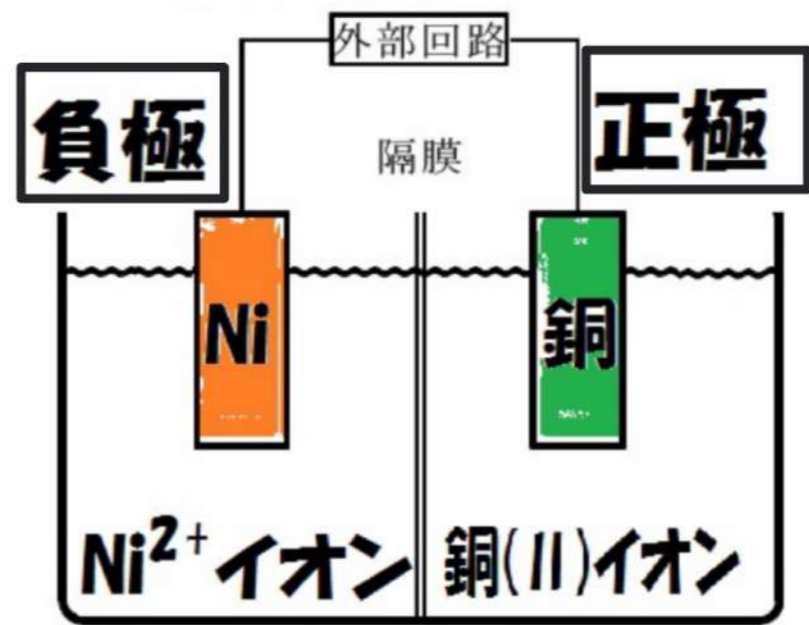
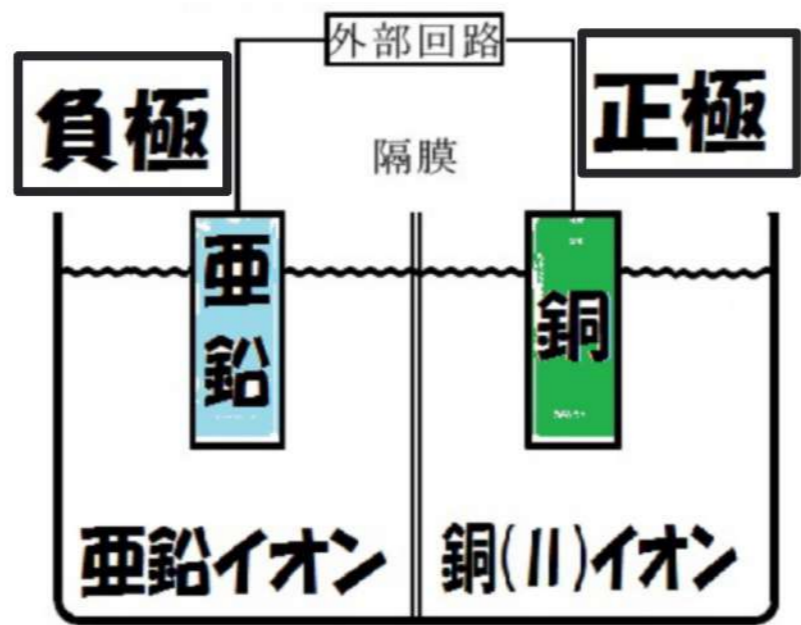


金属板のイオン化傾向の差が大きいほど、起電力は大きい！

覚え方	リツに貸そうか な ま あ あ て に す な ひ ど 過 ぎ る 借 金
イオン化列	Li K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb (H ₂) Cu Hg Ag Pt Au

≒0.60V

イオン化傾向: 亜鉛 > Ni > 銅



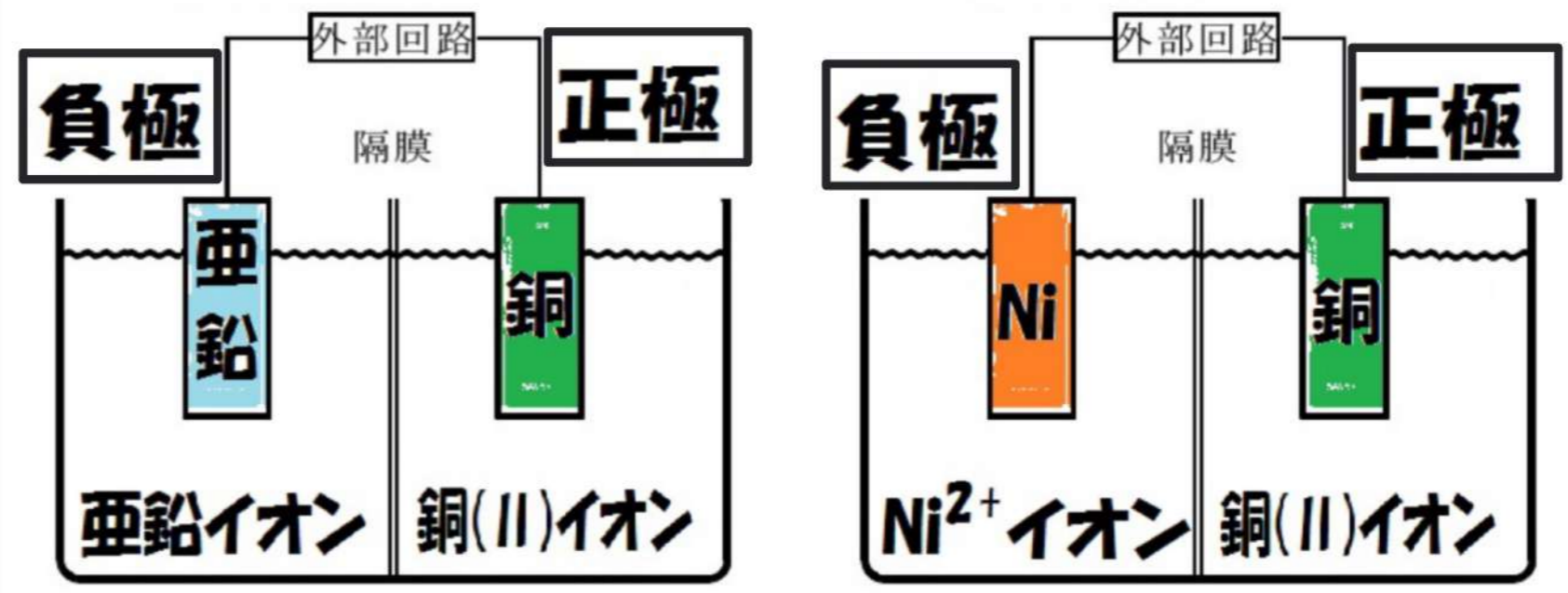
金属板のイオン化傾向の差が大きいほど、起電力は大きい！

覚え方	リッチに貸そう	かな	ま	あ	あ	て	に	す	な	ひ	ど	過	ぎ	る	借	金	
イオン化列	Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	(H ₂)	Cu	Hg	Ag	Pt	Au

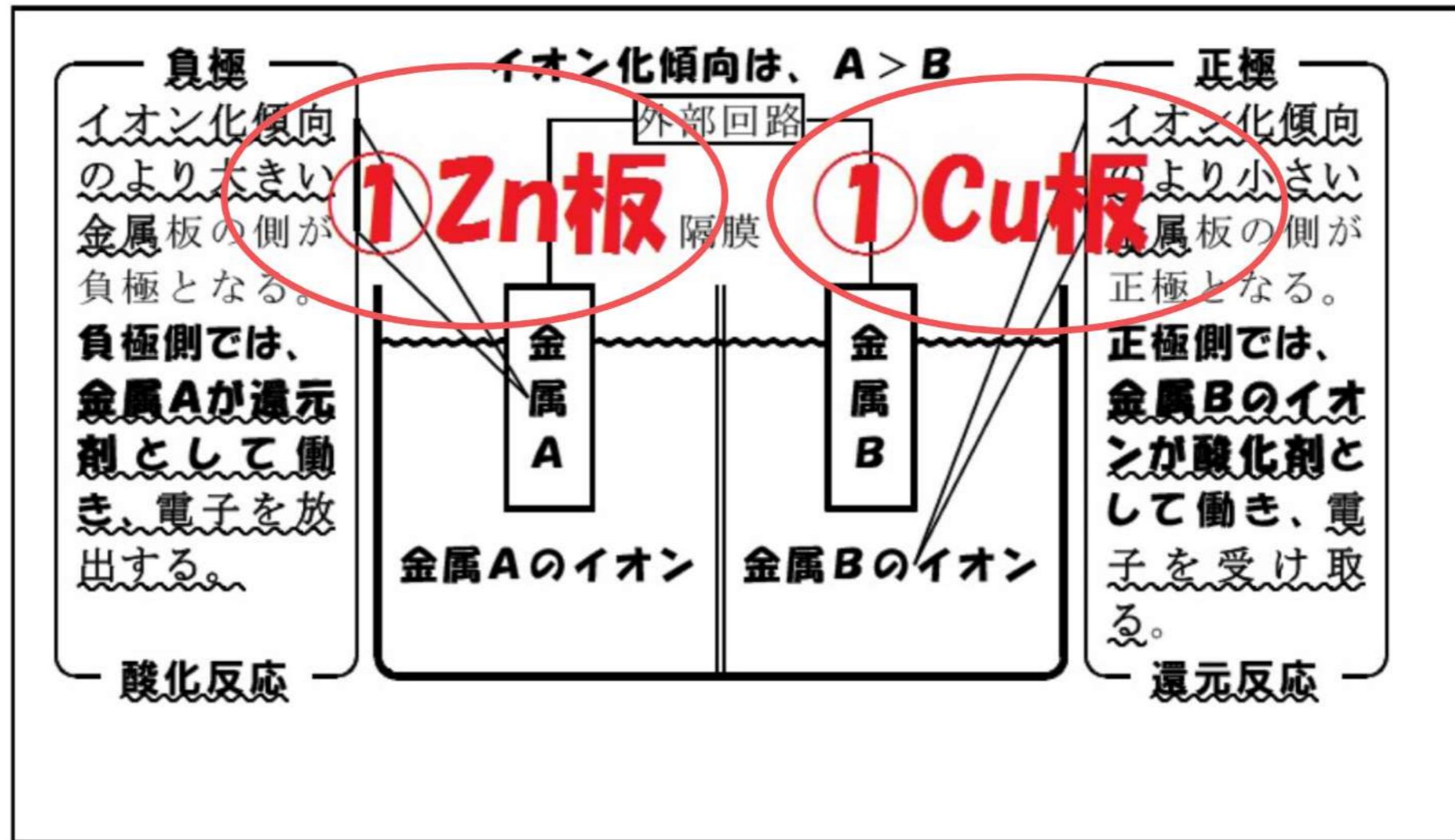
≒1.1V

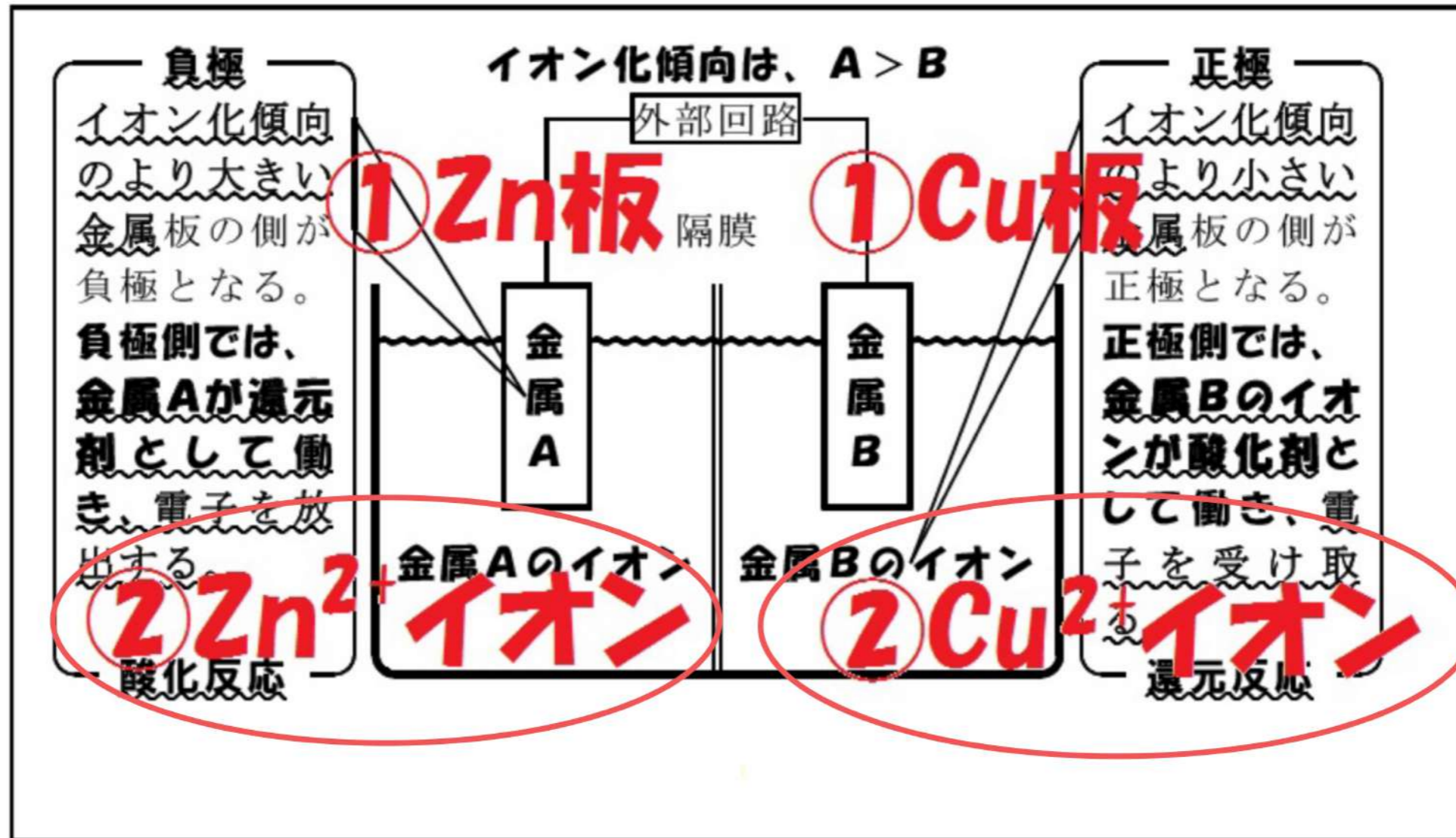
≒0.60V

イオン化傾向: 亜鉛 > Ni > 銅

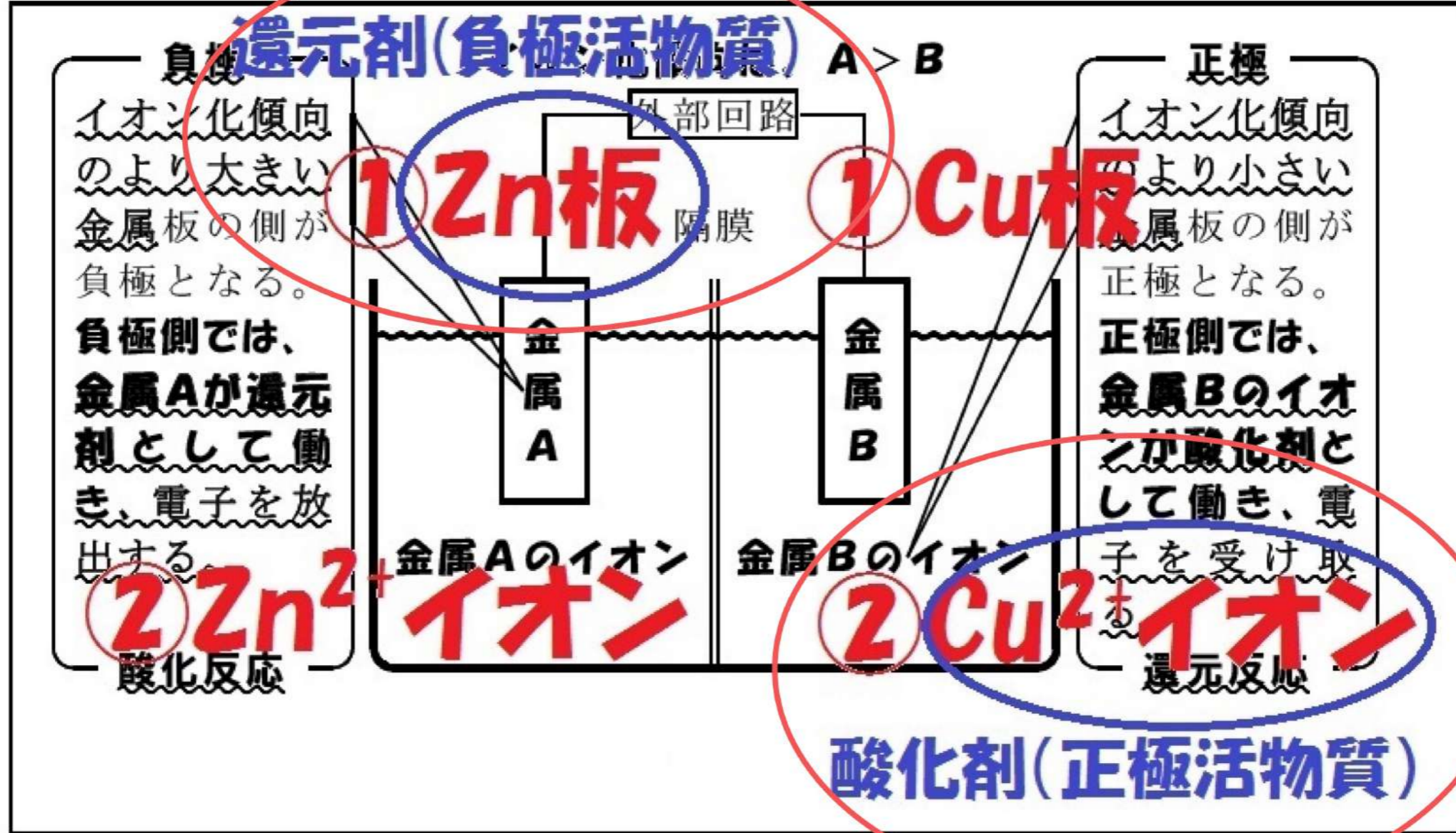


イオン化傾向から離れた
レベルを上げた理解をしよう!

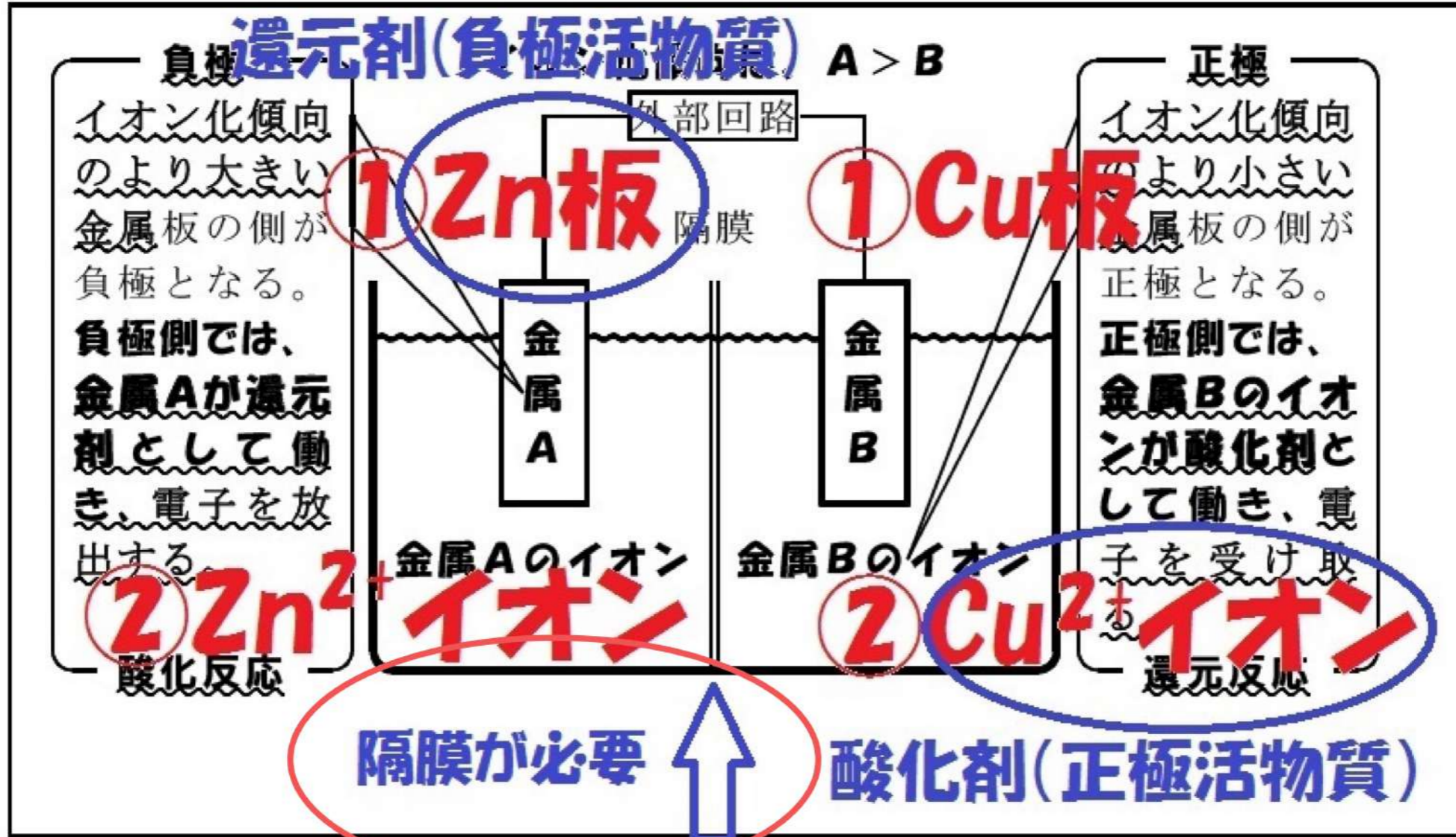


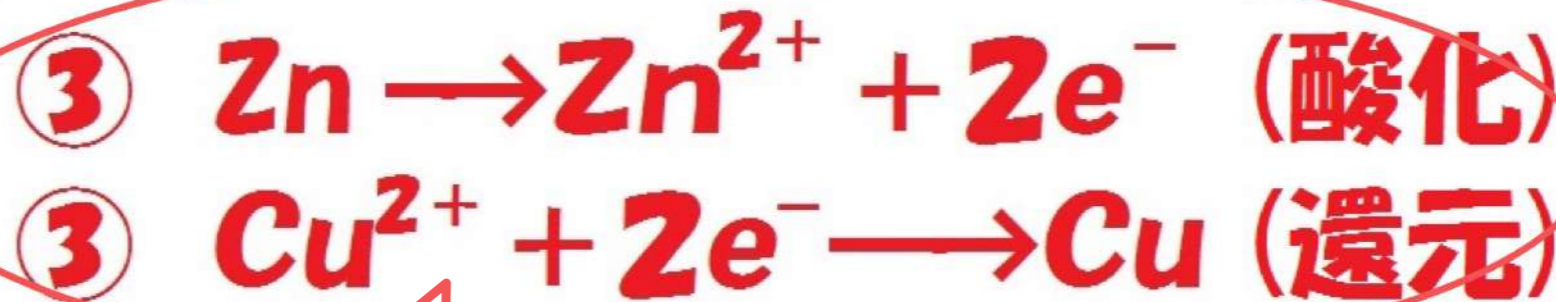
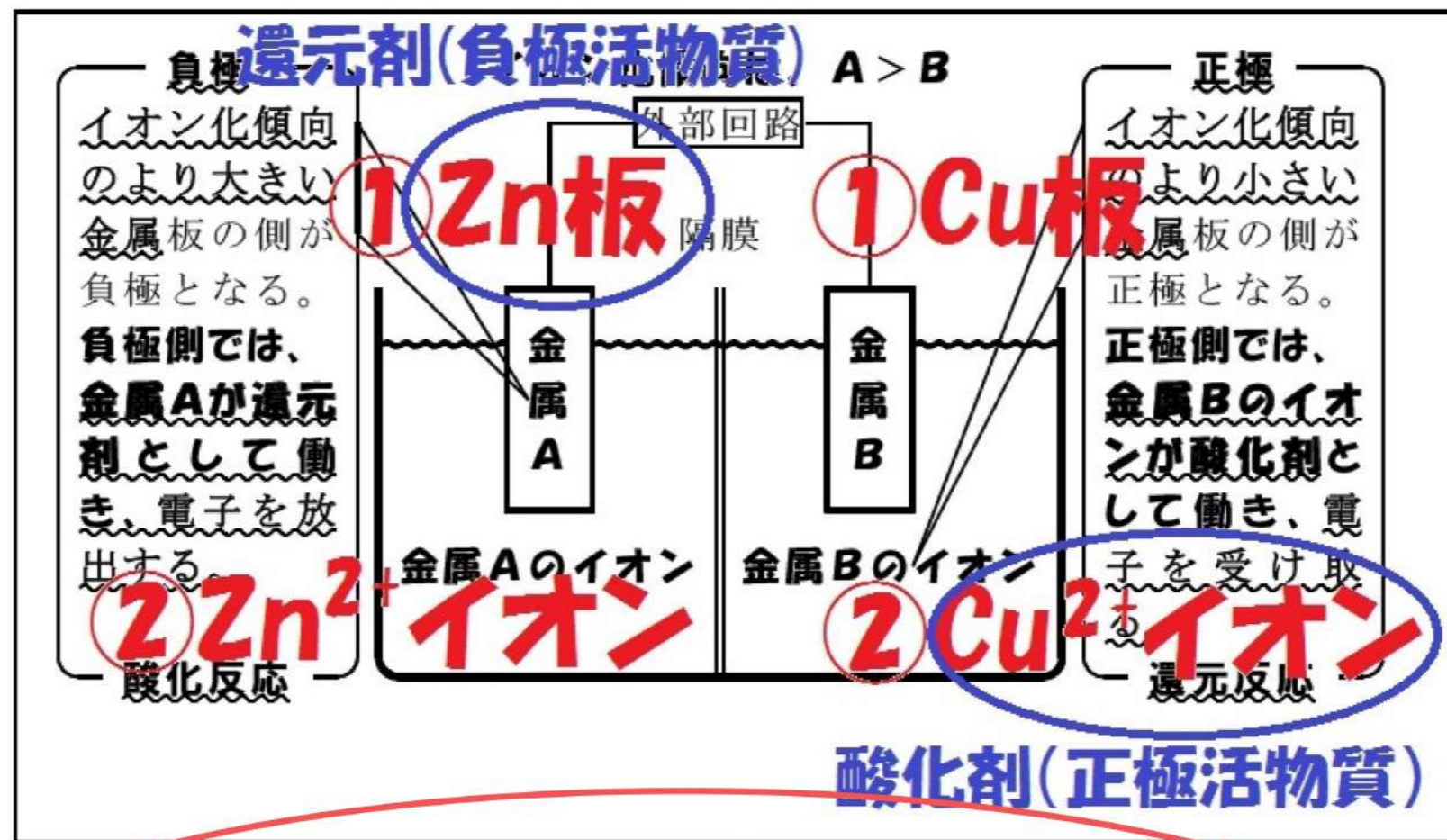


ダニエル型電池の仕組みを考えてみよう。



ダニエル型電池の仕組みを考えてみよう。





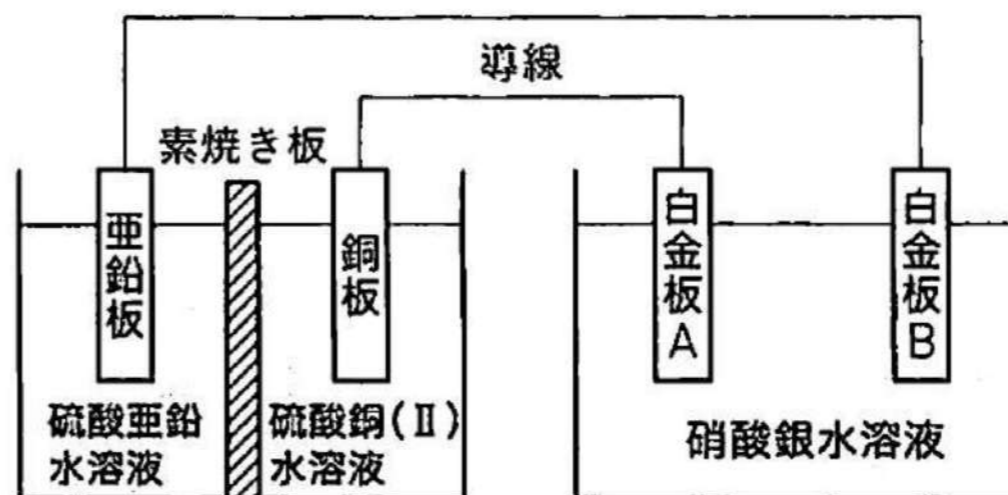
余白に書き込んでおいて下さい。

ダニエル電池
[素焼き板を用いた例]

**【演習問題】の例題27に
ダニエル電池が絡む問題があります。**

例題 27 ダニエル電池と電気分解

図のようなダニエル電池を電源とする電気分解装置を用いて硝酸銀水溶液を電気分解したところ、白金板Bに0.54 gの銀が析出した。

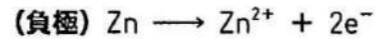


- 問1 流れた電気量は何Cか。有効数字2桁で答えよ。ただし、ファラデー定数を 9.65×10^4 C/mol, 原子量は, Cu=63.5, Ag=108 とする。
- 問2 銅板の質量は実験開始前に比べてどのように変化するか。
- (1) 増加するか減少するかを示せ。
 - (2) 変化量(g)を有効数字2桁で答えよ。

STEP 1 情報の整理

① 『まず、電極反応を明らかにしよう』

POINT ダニエル電池ではイオン化傾向がより大きい方の金属側(ここでは亜鉛側)が負極となり、イオン化傾向がより小さい方の金属側(ここでは銅側)が正極となる。反応は以下の通り。



ダニエル電池	正極	銅板	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$
	負極	亜鉛板	$\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$

POINT 電池の正極(ここでは銅板)につながれた電極(ここでは白金板 A)が、電気分解の陽極となる。また、電池の負極(ここでは亜鉛板)につながれた電極(ここでは白金板 B)が、電気分解の陰極となる。

電解槽：陽極では、電極は白金で電解液中にハロゲン化物イオンがないので、酸素 O_2 が発生する。陰極では、電解液中に重金属のイオン Ag^+ があるので、重金属の単体 Ag が析出する。

電解槽	陽極	白金板 A	$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$
	陰極	白金板 B	$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$

② 『次に、流れた電子の物質量を明らかにしよう』

どの極(電池の正極と負極、電解槽の陽極と陰極)も同物質量の流れた電子 e^- の物質量は不明なので、 $x(\text{mol})$ とおく。

③ 『さらに、与えられている物質の量を明らかにし、問われている物質の量を記号化しよう』

ダニエル電池	正極	銅板	析出した Cu の質量： $a(\text{g})$
電解槽	陰極	白金板 B	析出した Ag の質量： 0.54 g

STEP 2 式への代入

① 上述の情報をもとに、比例式を立てる。

ダニエル電池	正極	銅板	比例式 I $\frac{\text{Cu}}{2\text{e}^-} = \frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} \Rightarrow \frac{63.5 \text{ g}}{2 \text{ mol}} = \frac{a(\text{g})}{x(\text{mol})}$
電解槽	陰極	白金板 B	比例式 II $\frac{\text{Ag}}{\text{e}^-} = \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \Rightarrow \frac{108 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = \frac{0.54 \text{ g}}{x(\text{mol})}$

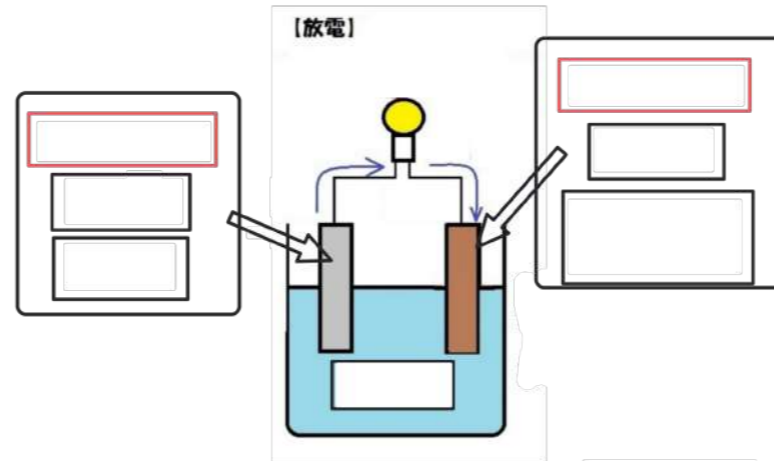
よって、まず比例式 II より x が、次に比例式 I より a が、
 $x = 5.00 \times 10^{-3}(\text{mol})$, $a = 0.158(\text{g})$ と求められる。

② 計算の結果を、要求されている解答の形式に整える。

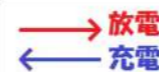
流れた電気量 = $9.65 \times 10^4(\text{C/mol}) \times 5.00 \times 10^{-3}(\text{mol}) = 482(\text{C})$

【解答】 問 1 $4.8 \times 10^2 \text{ C}$, 問 2 (1) 増加する, (2) $1.6 \times 10^{-1} \text{ g}$

鉛蓄電池って？

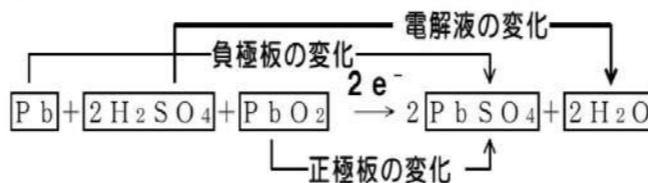


鉛蓄電池の電極反応



負極の反応 (還元剤の反応)	
正極の反応 (酸化剤の反応)	
全体の反応 (酸化還元反応)	

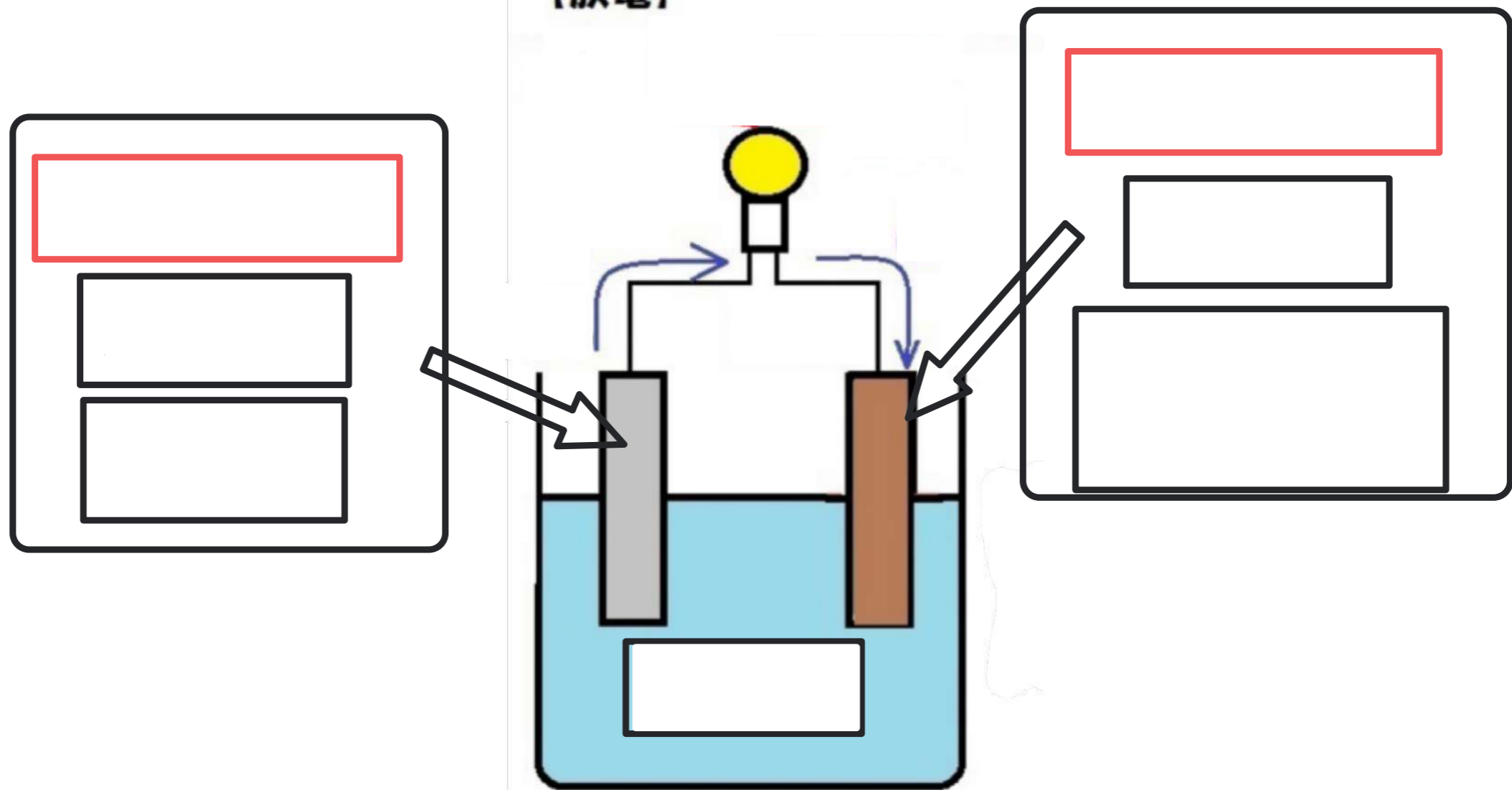
鉛蓄電池での反応の量的な関係



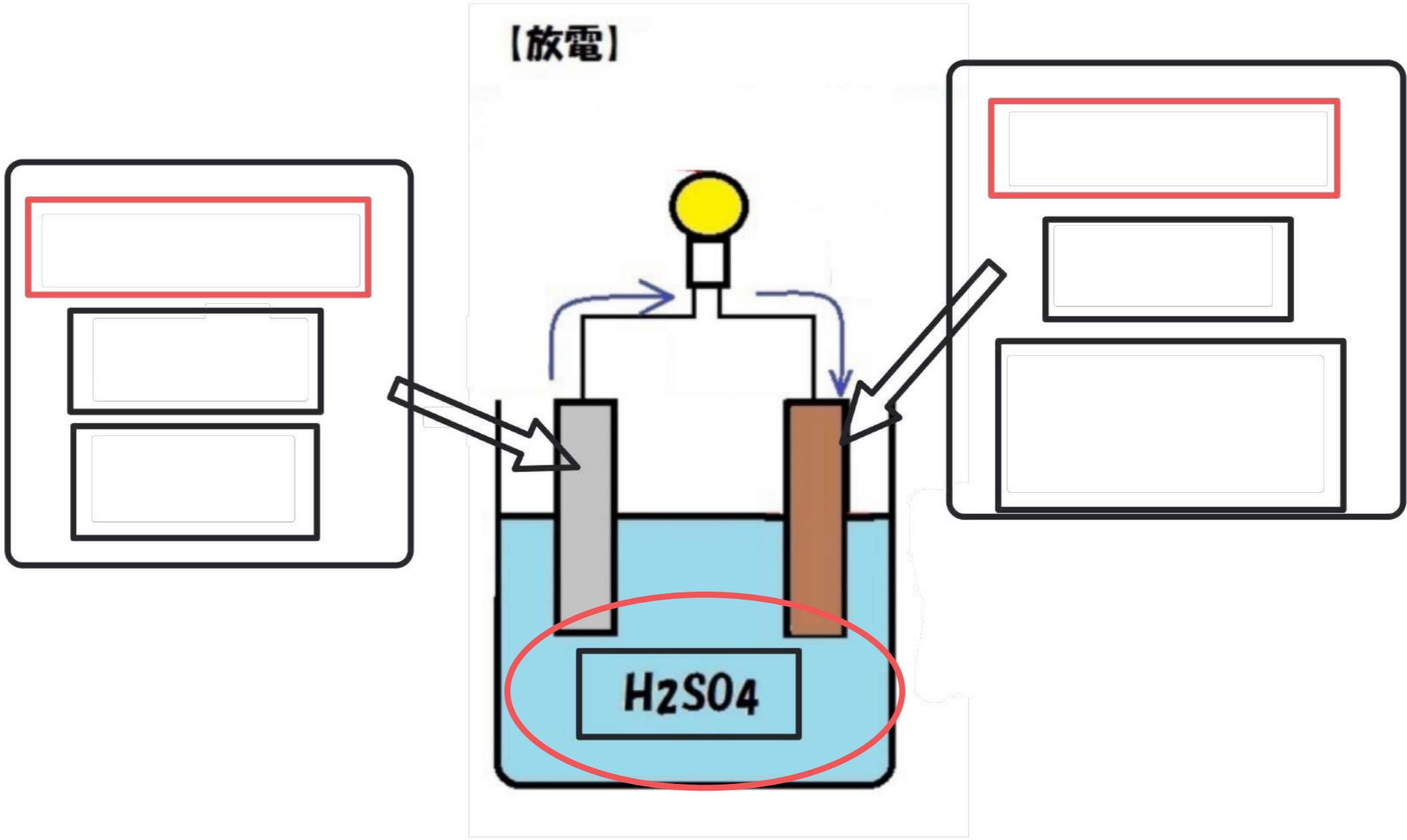
電子 [1] mol が流れる毎に、 H_2SO_4 [] mol ([] g) が消費され、 H_2O [] mol ([] g) が生成し、差し引き、電解液が [] g 減少し、また、負極の質量は [] g 増大し、正極の質量は [] g 増大する。

鉛蓄電池って？

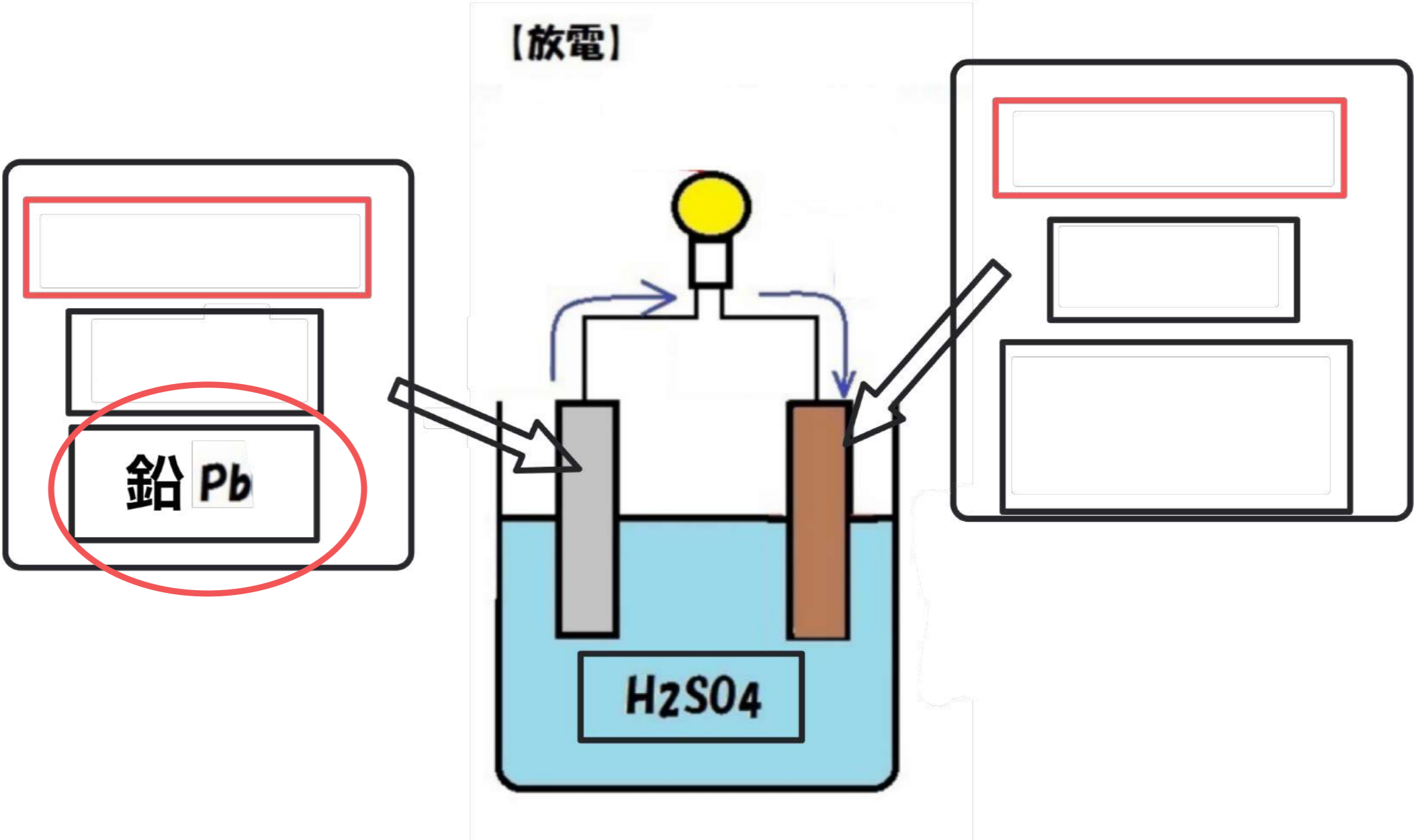
【放電】



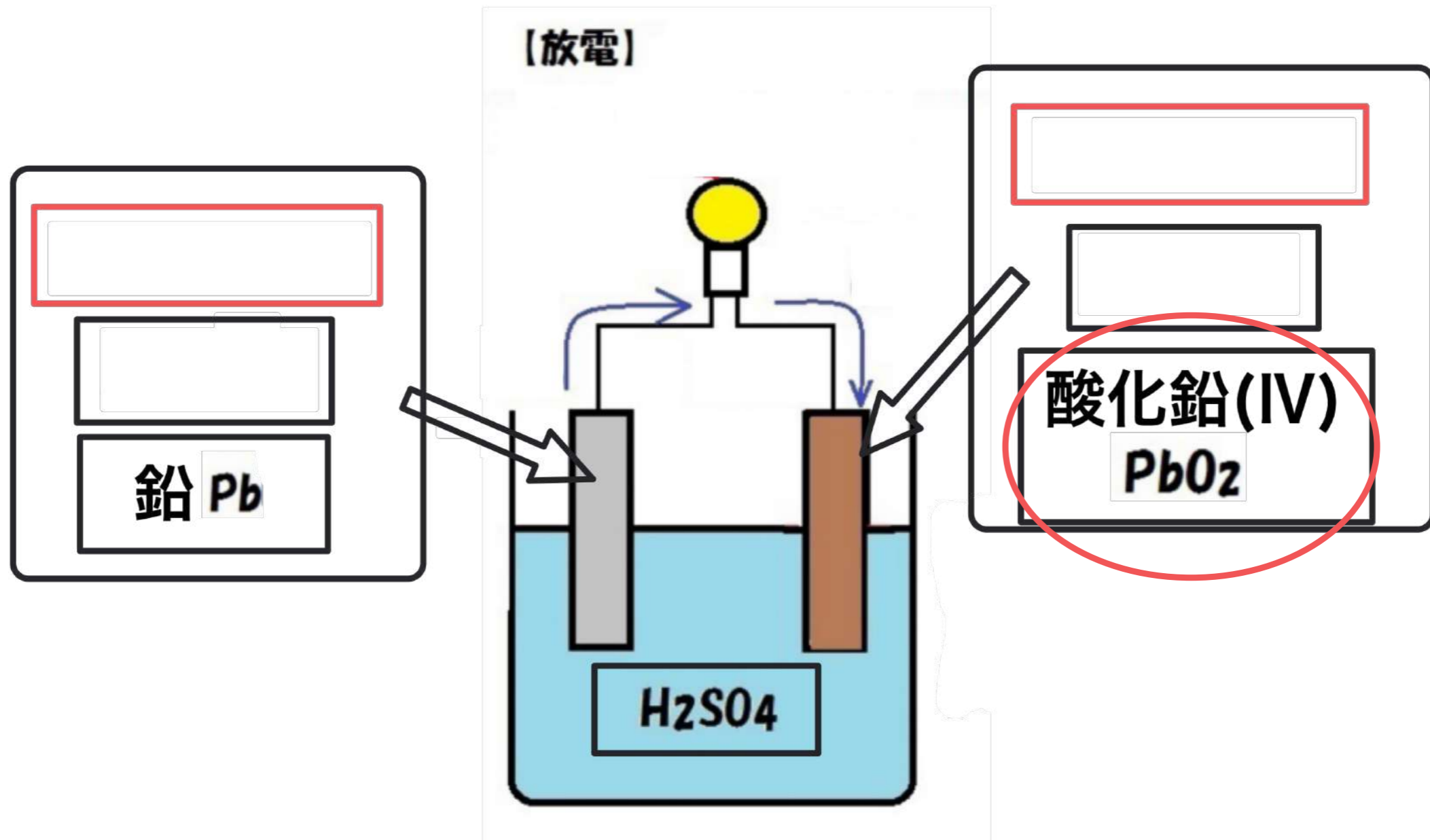
鉛蓄電池って？



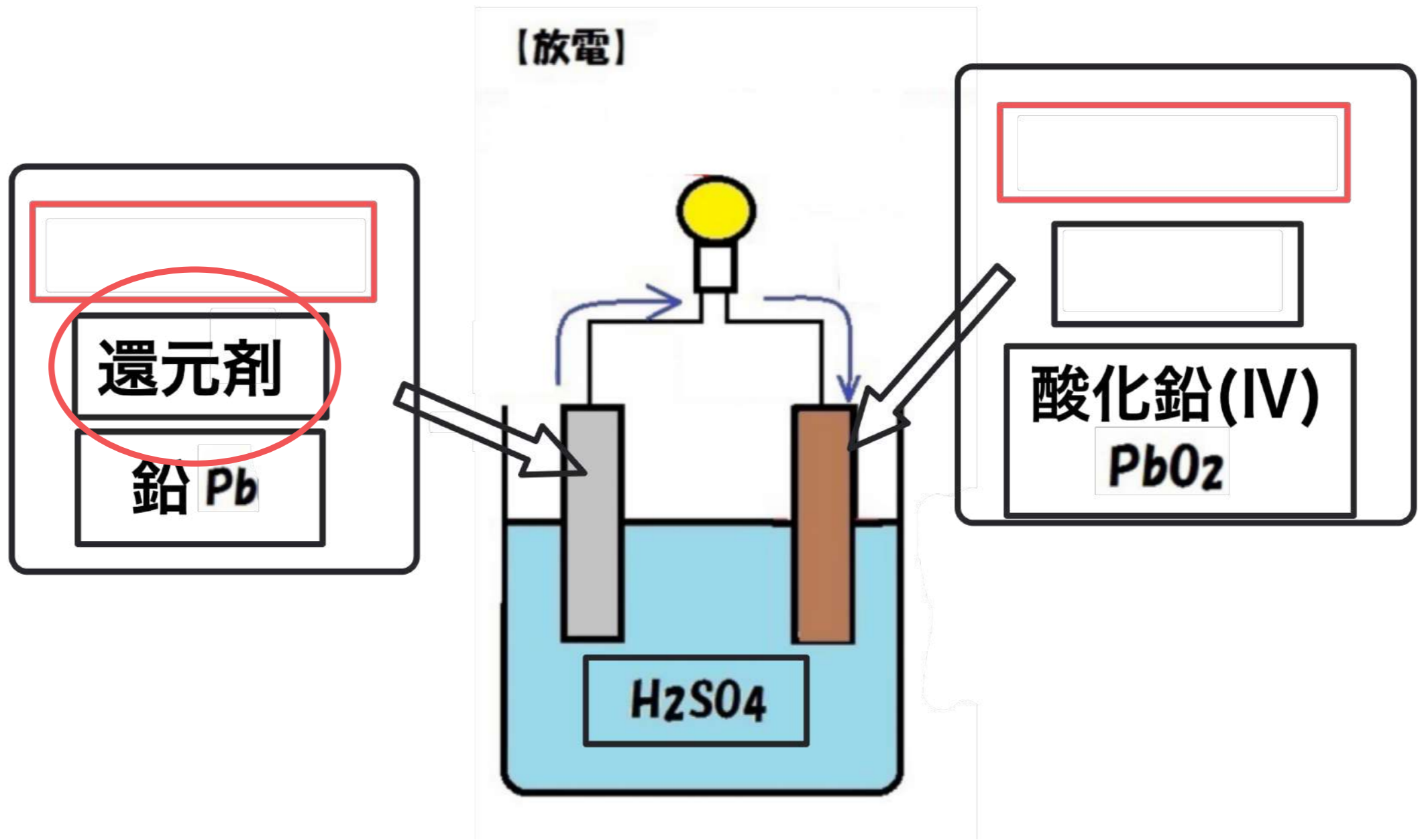
鉛蓄電池って？



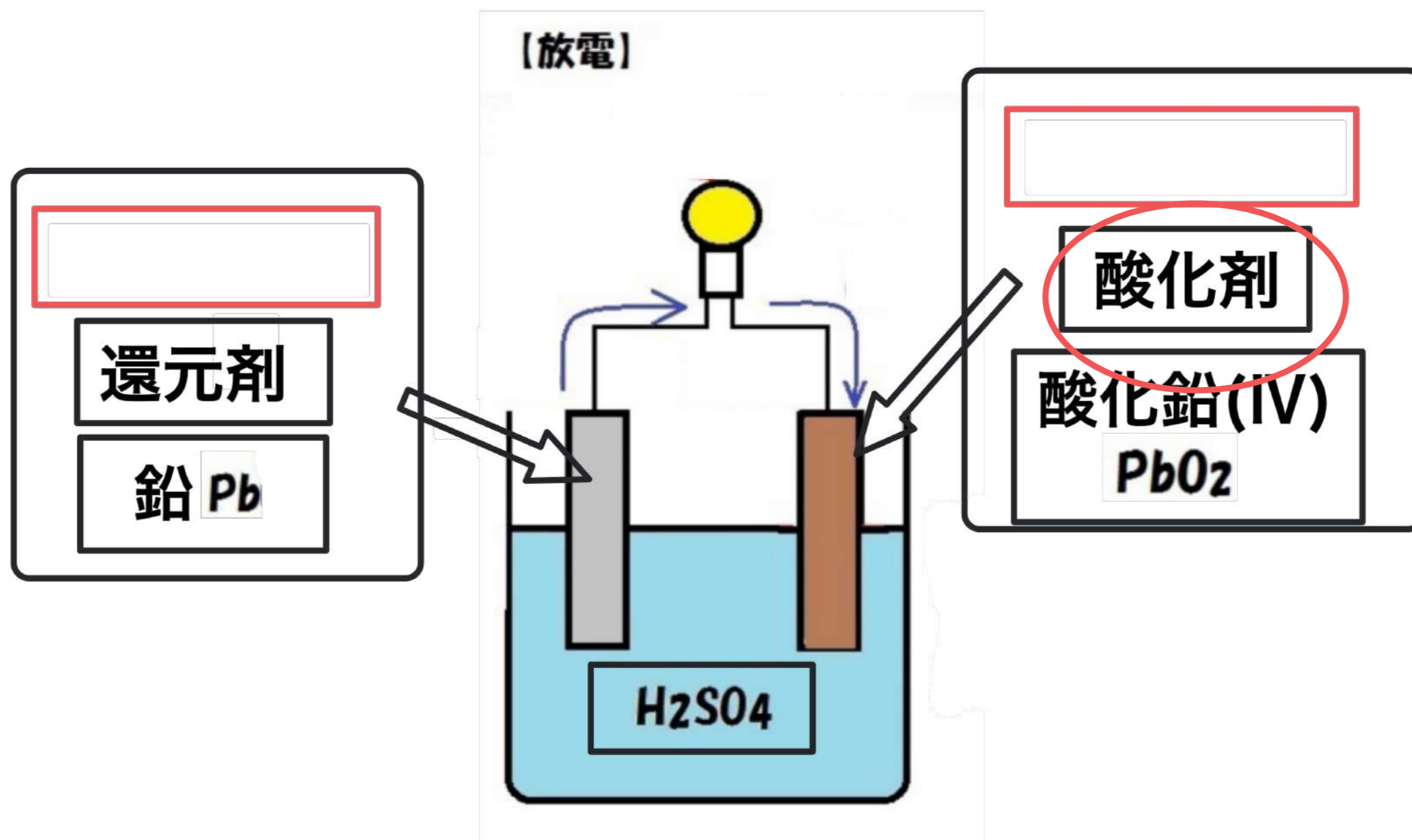
鉛蓄電池って？



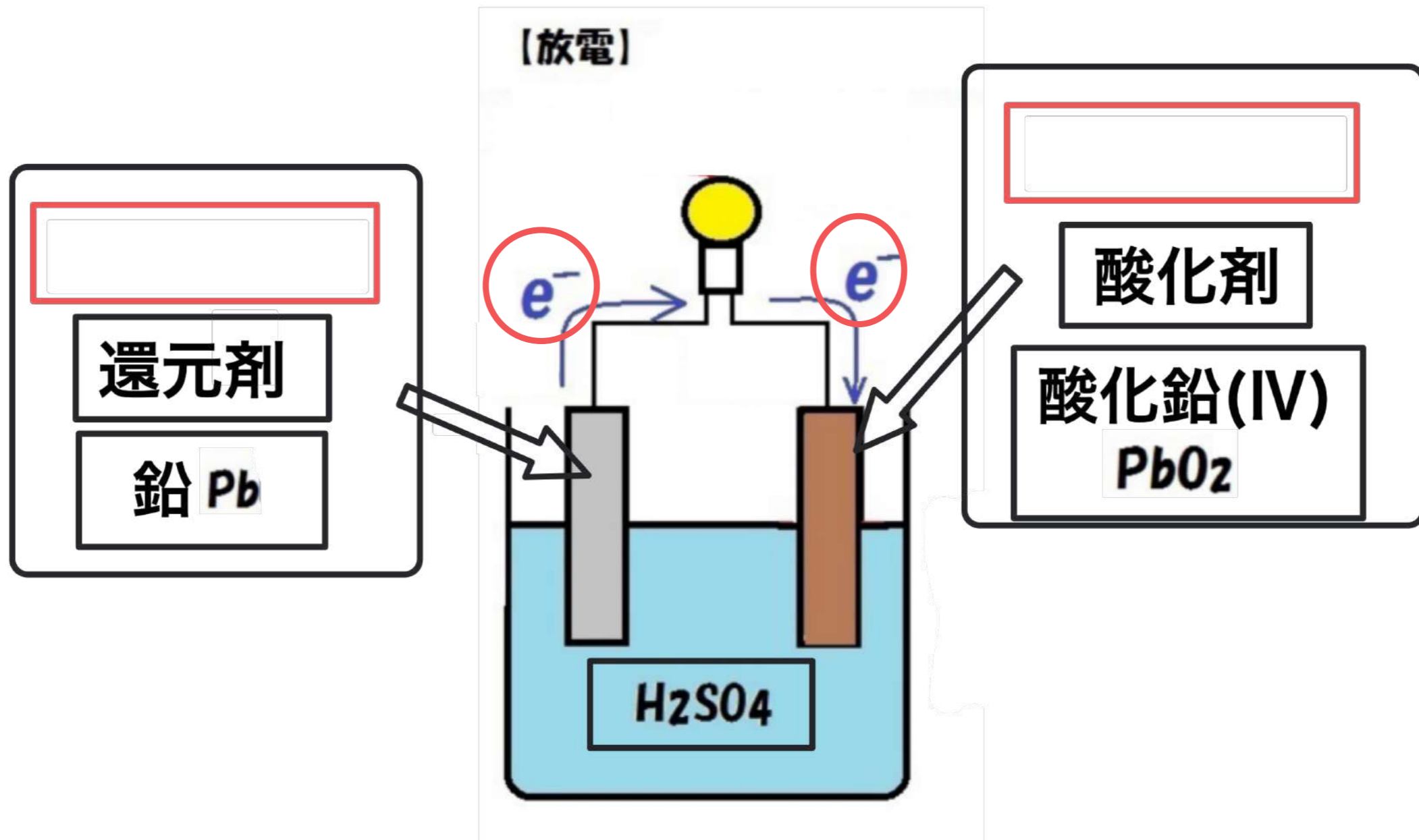
鉛蓄電池って？



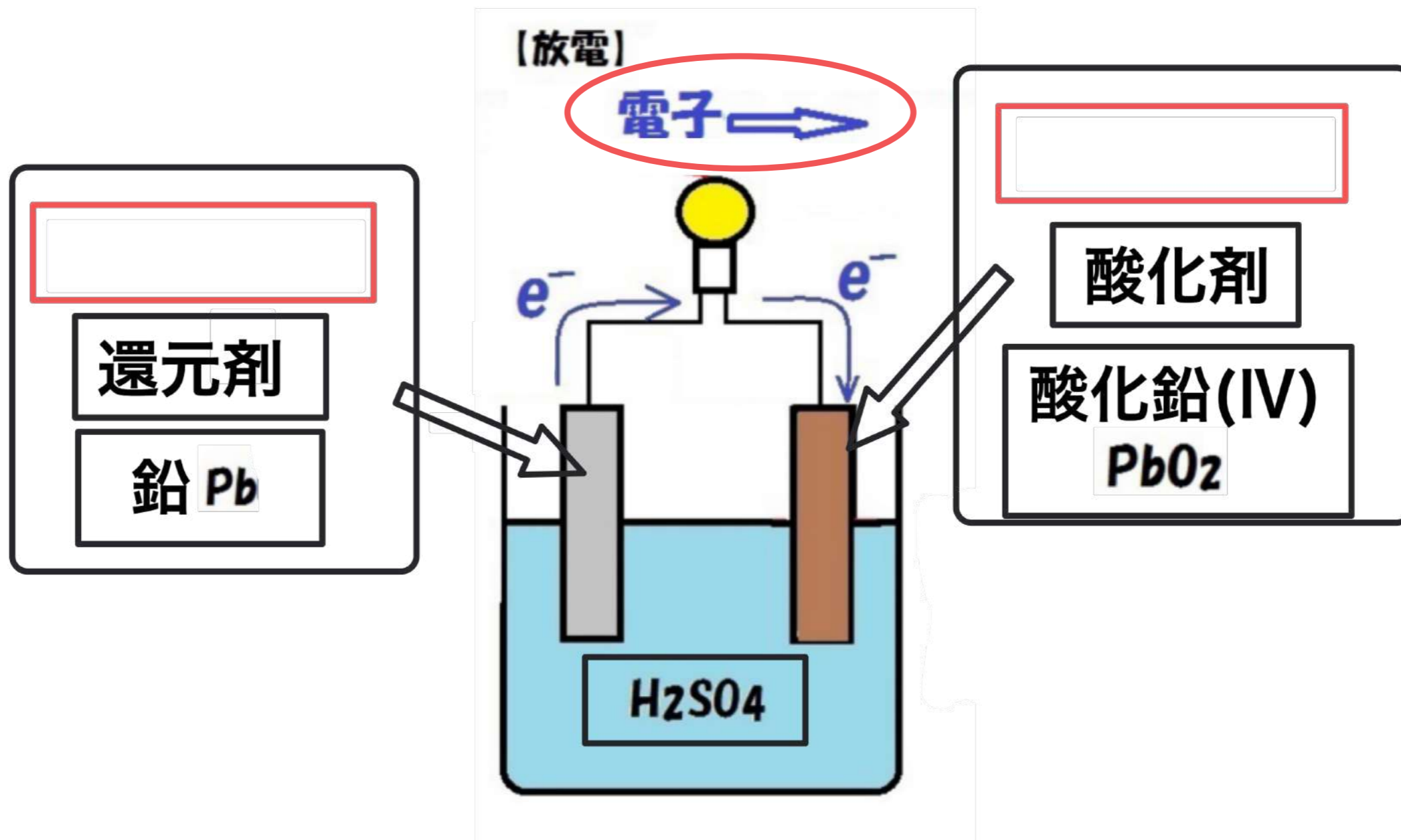
鉛蓄電池って？



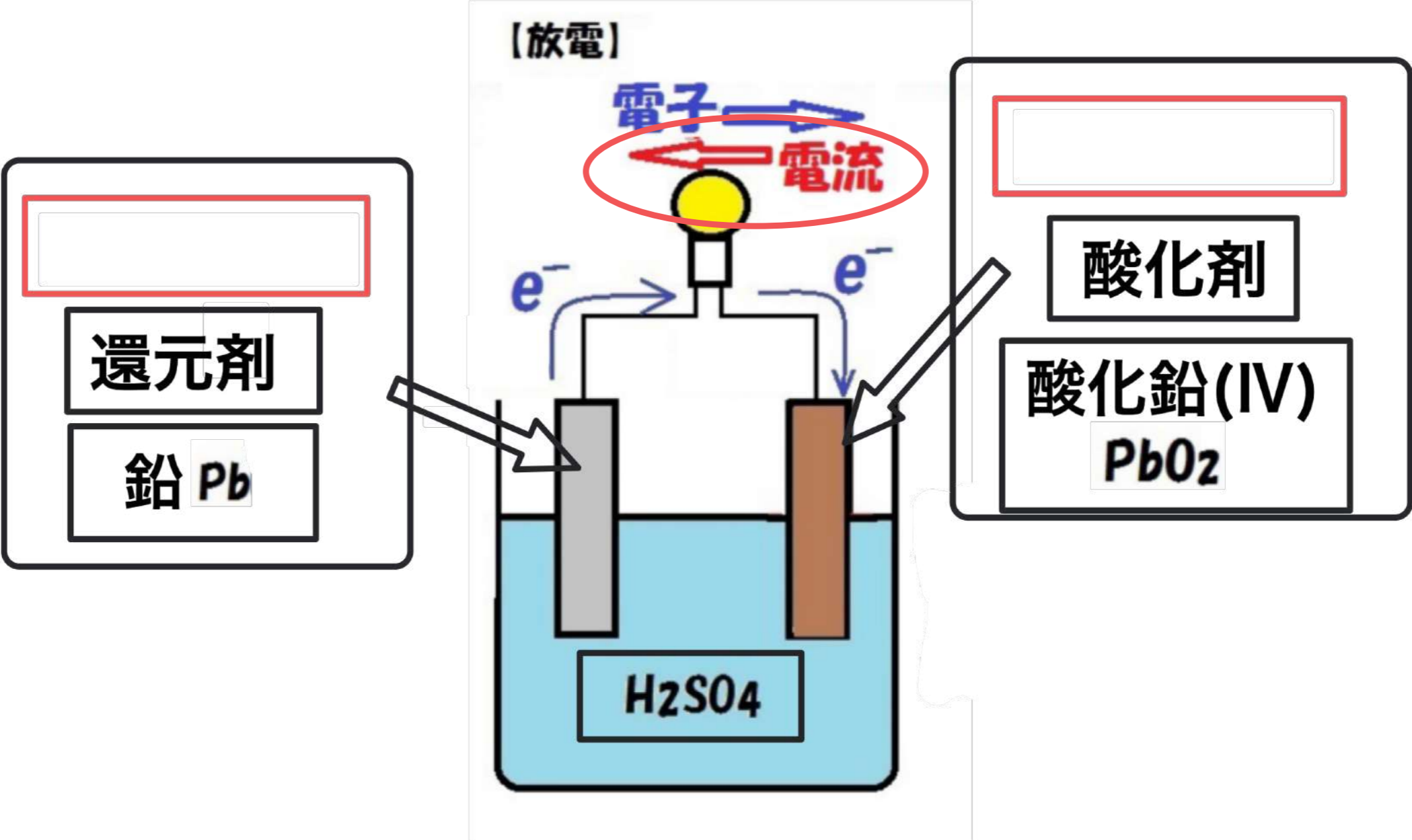
鉛蓄電池って？



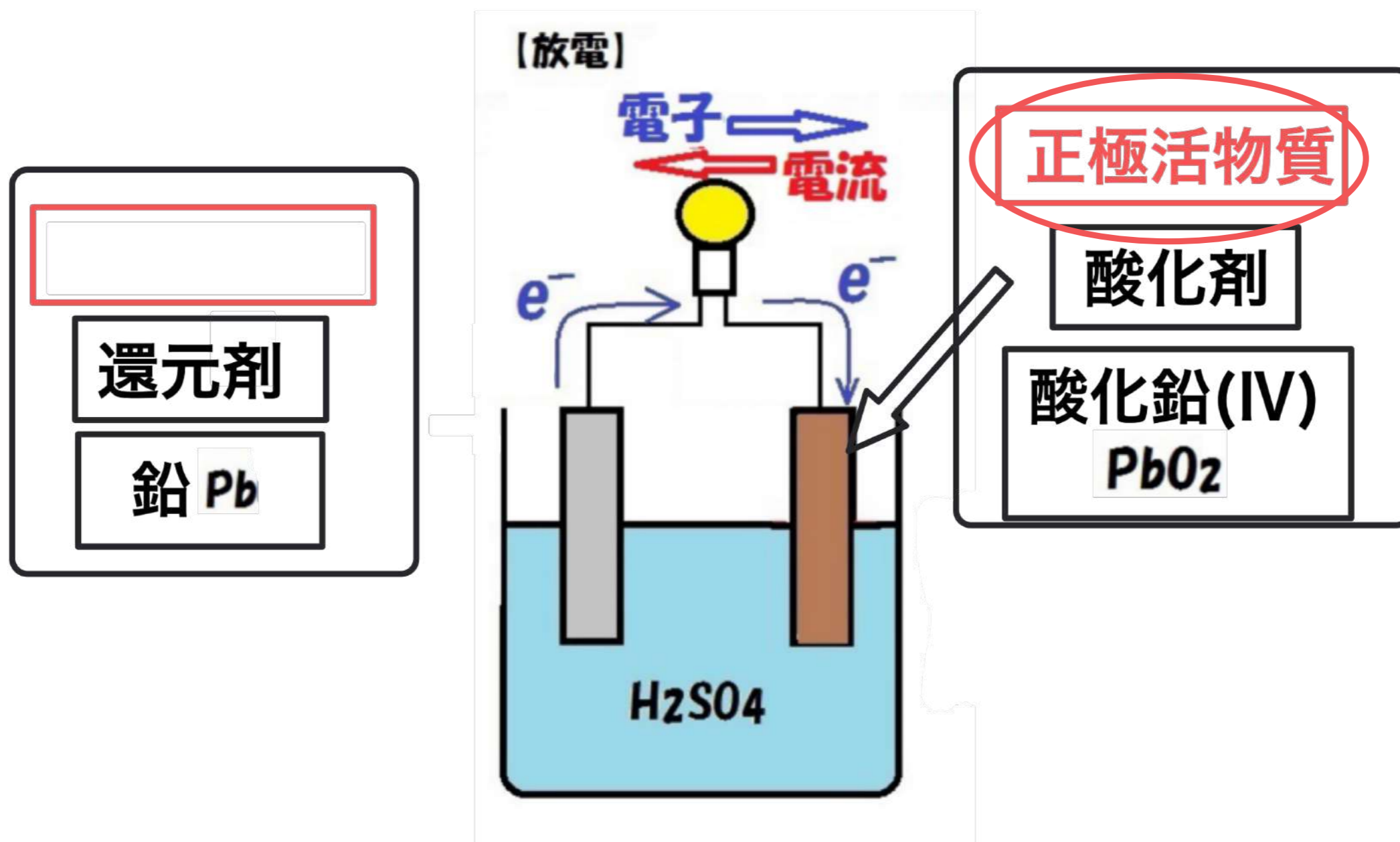
鉛蓄電池って？



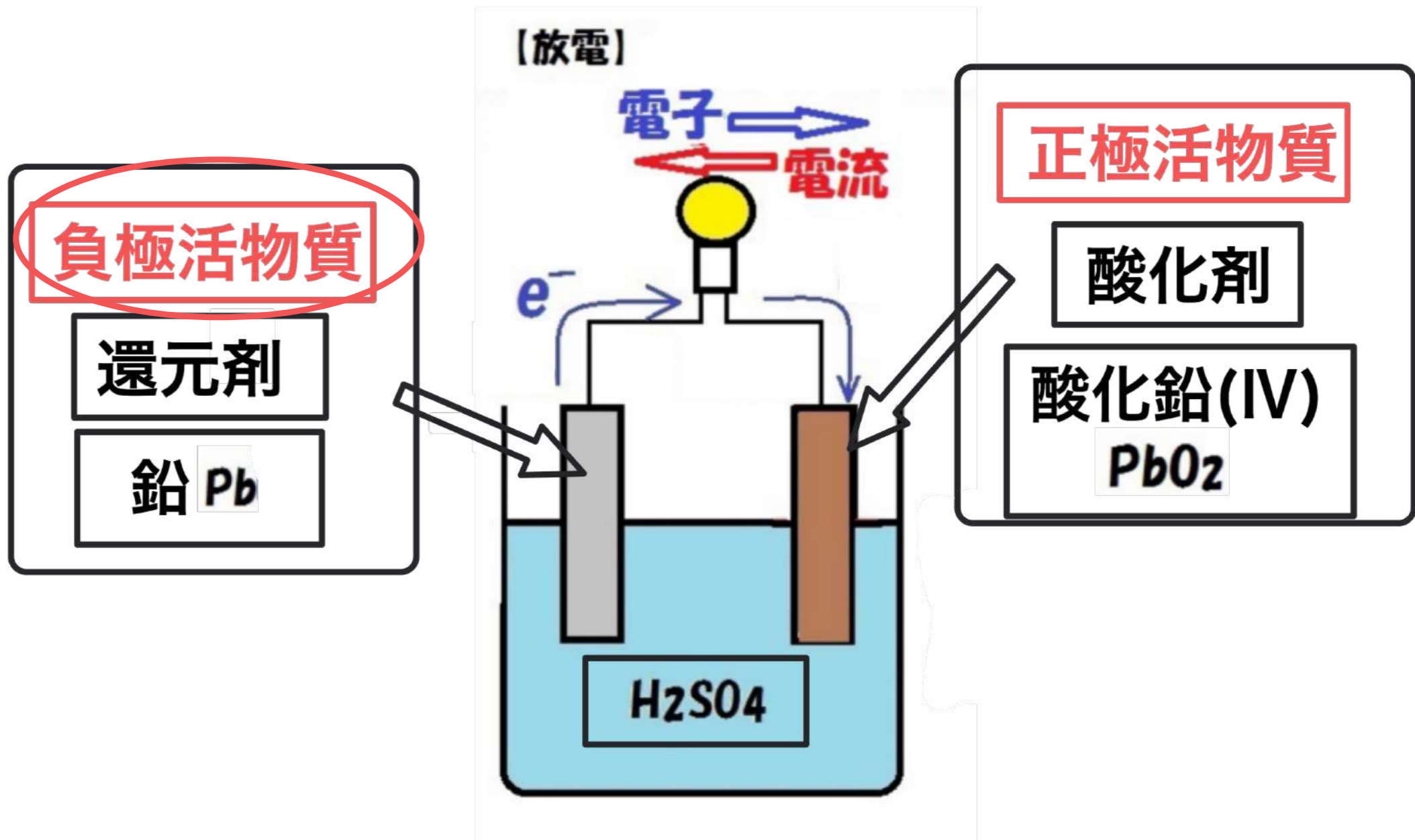
鉛蓄電池って？



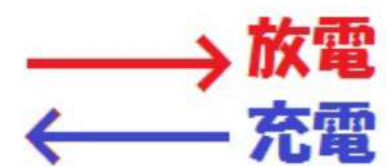
鉛蓄電池って？



鉛蓄電池って？

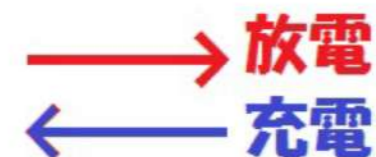


鉛蓄電池の電極反応



負極の反応 (還元剤の反応)	
正極の反応 (酸化剤の反応)	
全体の反応 (酸化還元反応)	

鉛蓄電池の電極反応



負極の反応 (還元剤の反応)	
正極の反応 (酸化剤の反応)	
全体の反応 (酸化還元反応)	

二次電池であり、充電できる。

鉛蓄電池の電極反応

→ 放電
← 充電

負極の反応 (還元剤の反応)	$\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{PbSO}_4$
正極の反応 (酸化剤の反応)	$\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{PbSO}_4$
全体の反応 (酸化還元反応)	

二次電池であり、充電できる。

鉛蓄電池の電極反応

→ 放電
← 充電

負極の反応 (還元剤の反応)	$\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{PbSO}_4$
正極の反応 (酸化剤の反応)	$\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
全体の反応 (酸化還元反応)	

二次電池であり、充電できる。

鉛蓄電池の電極反応

→ 放電
← 充電

負極の反応 (還元剤の反応)	$\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{PbSO}_4$
正極の反応 (酸化剤の反応)	$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
全体の反応 (酸化還元反応)	

二次電池であり、充電できる。

鉛蓄電池の電極反応

→ 放電
← 充電

負極の反応 (還元剤の反応)	$\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2\text{e}^-$
正極の反応 (酸化剤の反応)	$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
全体の反応 (酸化還元反応)	

二次電池であり、充電できる。

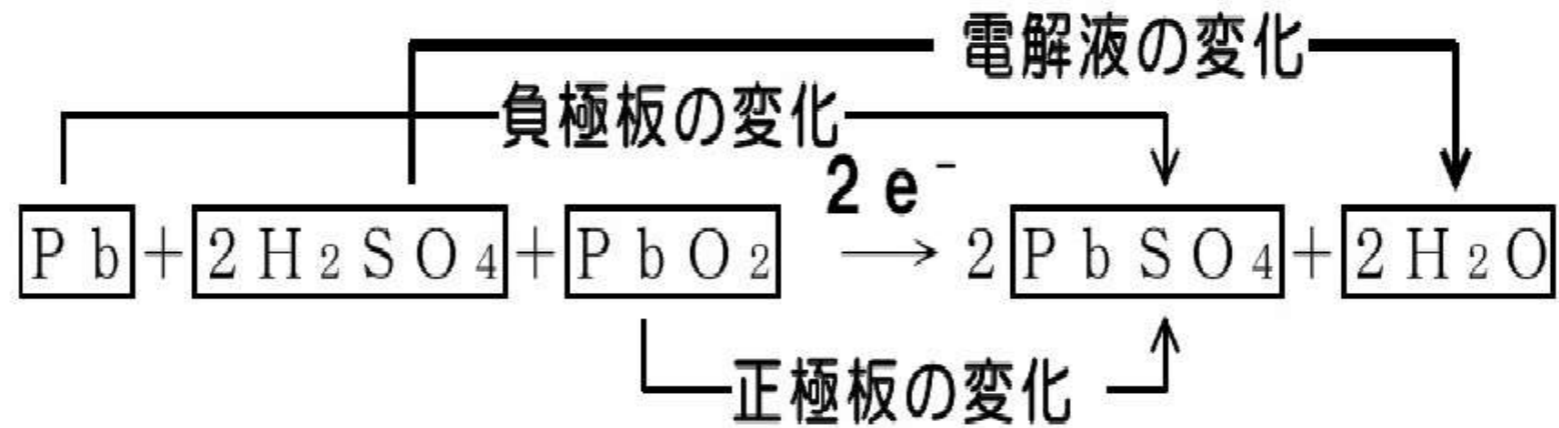
鉛蓄電池の電極反応

→ 放電
← 充電

負極の反応 (還元剤の反応)	$\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2\text{e}^-$
正極の反応 (酸化剤の反応)	$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
全体の反応 (酸化還元反応)	$\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$

二次電池であり、充電できる。

鉛蓄電池での反応の量的な関係



電子 [1] mol が流れる毎に、 H_2SO_4 [] mol ([] g) が消費され、 H_2O [] mol ([] g) が生成し、差し引き、電解液が [] g 減少し、また、負極の質量は [] g 増大し、正極の質量は [] g 増大する。

鉛蓄電池での反応の量的な関係

2mol消費 負極板の変化 電解液の変化 2molの電子

$$\boxed{\text{Pb}} + \boxed{2\text{H}_2\text{SO}_4} + \boxed{\text{PbO}_2} \xrightarrow{2e^-} 2\boxed{\text{PbSO}_4} + \boxed{2\text{H}_2\text{O}}$$

196g消費 正極板の変化

電子 [1] mol が流れる毎に、H₂SO₄ [1] mol [98] g が消費され、H₂O [] mol ([] g) が生成し、差し引き、電解液が [] g 減少し、また、負極の質量は [] g 増大し、正極の質量は [] g 増大する。

鉛蓄電池での反応の量的な関係



電子 [**1**] mol が流れる毎に、 H_2SO_4 [**1**] mol ([**98**] g) が消費され、 H_2O [**1**] mol ([**18**] g) が生成し、差し引き、電解液が [] g 減少し、また、負極の質量は [] g 増大し、正極の質量は [] g 増大する。

鉛蓄電池での反応の量的な関係

$$\begin{array}{c}
 \text{負極板の変化} \quad \text{正極板の変化} \\
 \text{Pb} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{PbO}_2 \xrightarrow{2e^-} 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \\
 \text{電解液の変化}
 \end{array}$$

-98 + 18 = -80

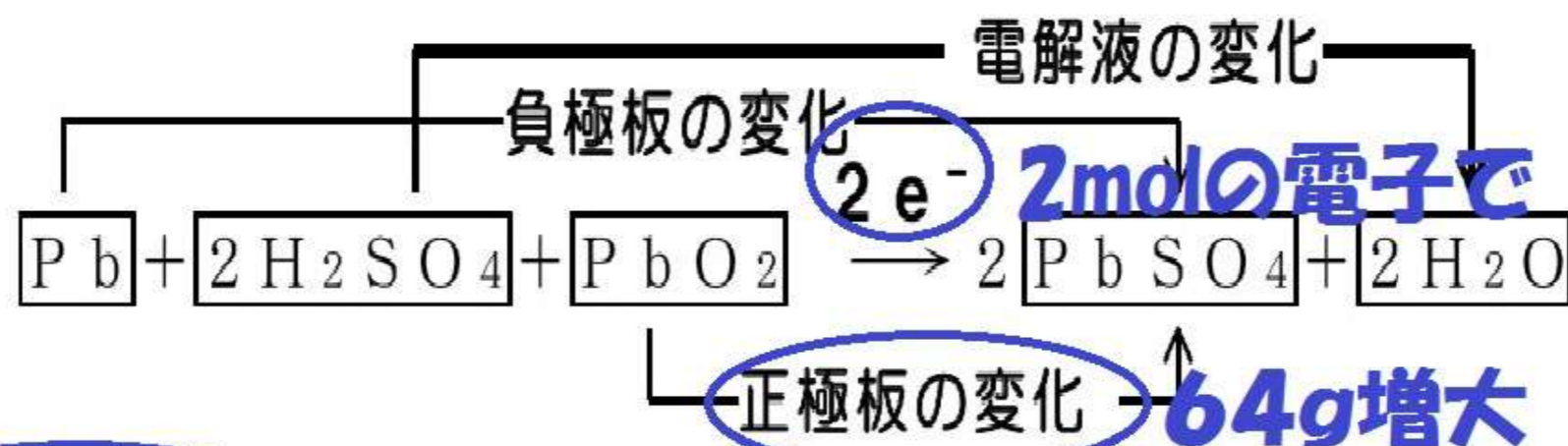
電子 [**1**] mol が流れる毎に、 H_2SO_4 [**1**] mol ([**98**] g) が消費され、 H_2O [**1**] mol ([**18**] g) が生成し、差し引き、電解液が [**80**] g 減少し、また、負極の質量は [] g 増大し、正極の質量は [] g 増大する。

鉛蓄電池での反応の量的な関係



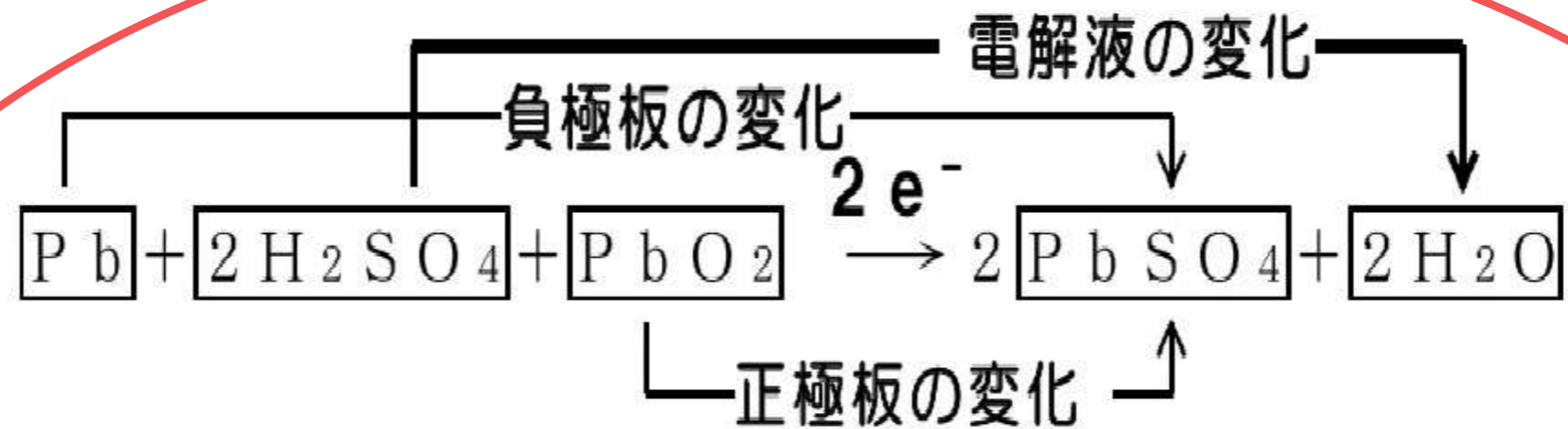
電子 [**1**] mol が流れる毎に、 H_2SO_4 [**1**] mol ([**98**] g) が消費され、 H_2O [**1**] mol ([**18**] g) が生成し、差し引き、電解液が [**80**] g 減少し、また、負極の質量は [**48**] g 増大し、正極の質量は [] g 増大する。

鉛蓄電池での反応の量的な関係



電子 [1] mol が流れる毎に、 H_2SO_4 [1] mol ([98] g) が消費され、 H_2O [1] mol ([18] g) が生成し、差し引き、電解液が [80] g 減少し、また、負極の質量は [48] g 増大し、正極の質量は [32] g 増大する。

鉛蓄電池での反応の量的な関係



電子 [**1**] mol が流れる毎に、 H_2SO_4 [**1**] mol ([**98**] g) が消費され、 H_2O [**1**] mol ([**18**] g) が生成し、差し引き、電解液が [**80**] g 減少し、また、負極の質量は [**48**] g 増大し、正極の質量は [**32**] g 増大する。

実験室で鉛蓄電池を作るには？
2枚の鉛板と硫酸、
あとは電源があれば！



【演習問題】の例題28に

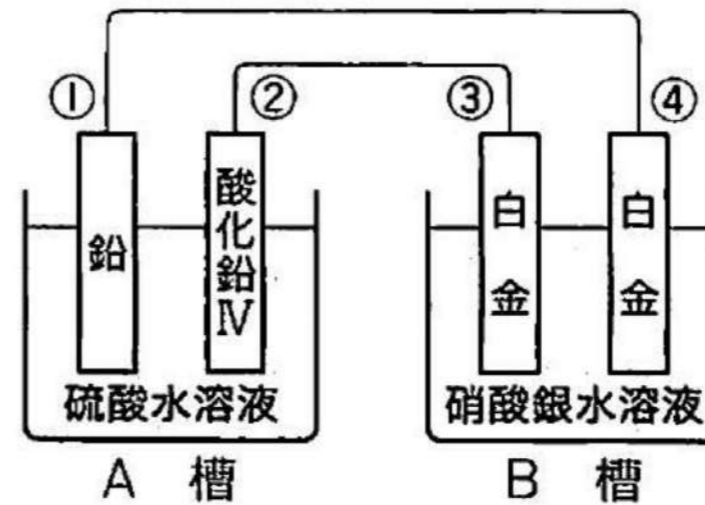
鉛蓄電池が絡む問題があります。

例題 28 鉛蓄電池と電気分解

右の図に示すように、硫酸水溶液を入れたA槽と硝酸銀水溶液を入れたB槽に、電極①～④を浸し、導線で結んだ。次の問いに答えよ。

ただし、各元素の原子量は、 $H=1$,
 $C=12$, $N=14$, $O=16$, $S=32$,
 $Ag=108$, $Pb=207$ とする。

問 B槽から発生した気体を捕集したところ、その体積は標準状態において1.12 Lであった。A槽の硫酸水溶液の初めの質量パーセント濃度が31%、質量が700 gであったとき、反応後の硫酸水溶液の質量パーセント濃度は何%か。整数で解答せよ。ただし、1 molの気体の体積は22.4 L(標準状態)とする。

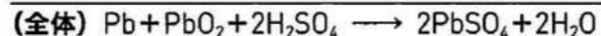
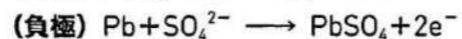
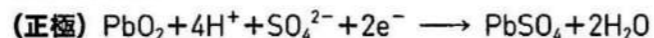


東京工大

STEP 1 情報の整理

① 『まず、電極反応を明らかにしよう』

POINT 鉛蓄電池では還元剤である金属単体 Pb(鉛)が負極となり、酸化剤である金属酸化物 PbO₂(酸化鉛(IV))が正極となる。また、その反応式は以下の通り。



鉛蓄電池	正極	酸化鉛(IV)板	$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
	負極	鉛板	$\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{PbSO}_4 + 2\text{e}^-$
	全体		$\text{Pb} + \text{PbO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{2\text{e}^-} 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

POINT 電池の正極(ここでは電極②)につながれた電極(ここでは電極③)が、電気分解の陽極となる。また、電池の負極(ここでは電極①)につながれた電極(ここでは電極④)が、電気分解の陰極となる。

電解槽：陽極では、電極は白金で電解液中にハロゲン化物イオンがないので、酸素 O₂ が発生する。陰極では、電解液中に重金属のイオン Ag⁺ があるので、重金属の単体 Ag が析出する。

電解槽	陽極	電極③	$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$
	陰極	電極④	$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$

② 『次に、流れた電子の物質量を明らかにしよう』

どの極(電池の正極と負極、電解槽の陽極と陰極)も同物質量
流れた電子 e⁻ の物質量は不明なので、x(mol) とおく。

③ 『さらに、与えられている物質の量を明らかにし、問われている物質の量を記号化しよう』

鉛蓄電池	全体		減少した硫酸 H ₂ SO ₄ の質量 : a(g)
			増加した水 H ₂ O の質量 : b(g)
電解槽	陽極	電極③	発生した酸素の体積 : 1.12 L

STEP 2 式への代入

④ 上述の情報をもとに、比例式を立てる。

鉛蓄電池 (A 槽)	全体 (電解液)		比例式 I $\frac{2\text{H}_2\text{SO}_4}{2\text{e}^-} = \frac{2\text{ mol}}{2\text{ mol}} \rightarrow \frac{196\text{ g}}{2\text{ mol}} = \frac{a(\text{g})}{x(\text{mol})}$
			比例式 II $\frac{2\text{H}_2\text{O}}{2\text{e}^-} = \frac{2\text{ mol}}{2\text{ mol}} \rightarrow \frac{36\text{ g}}{2\text{ mol}} = \frac{b(\text{g})}{x(\text{mol})}$
B 槽	陽極	電極③	比例式 III $\frac{\text{O}_2}{4\text{e}^-} = \frac{1\text{ mol}}{4\text{ mol}} \rightarrow \frac{22.4\text{ L}}{4\text{ mol}} = \frac{1.12\text{ L}}{x(\text{mol})}$

よって、比例式 I~III より、
x=0.200(mol), a=19.6(g), b=3.6(g)

が求められる。

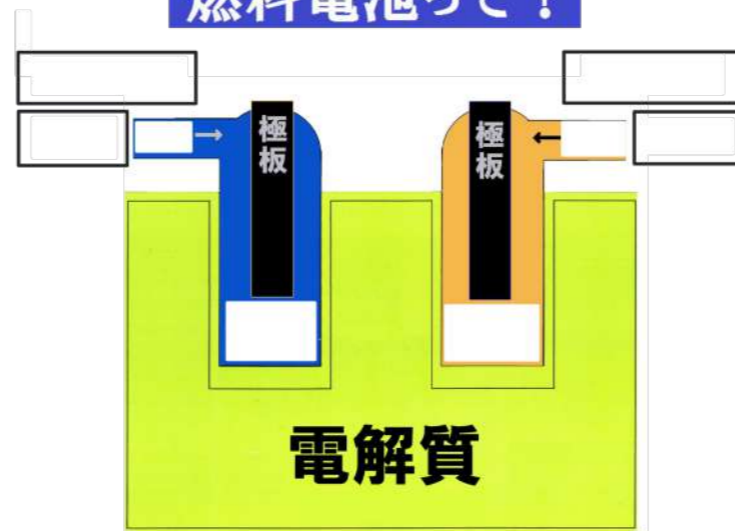
⑤ 計算の結果を、要求されている解答の形式に整える。

求める硫酸の質量% = $\frac{\text{最初の溶質の質量} \pm \text{溶質の変化量}}{\text{最初の溶液の質量} \pm \text{溶液の変化量}} \times 100$

$$= \frac{700 \times \frac{31}{100} - 19.6}{700 - 19.6 + 3.6} \times 100$$

=28.8(%)

燃料電池って？



燃料電池の電極反応

負極活物質(還元剤)の反応

代表的な還元剤である水素 H_2 が、酸化されて電子を放出する。

電解液が酸性の場合 :

電解液が塩基性の場合 :

正極活物質(酸化剤)の反応

代表的な酸化剤である酸素 O_2 が、電子を受け取って還元される。

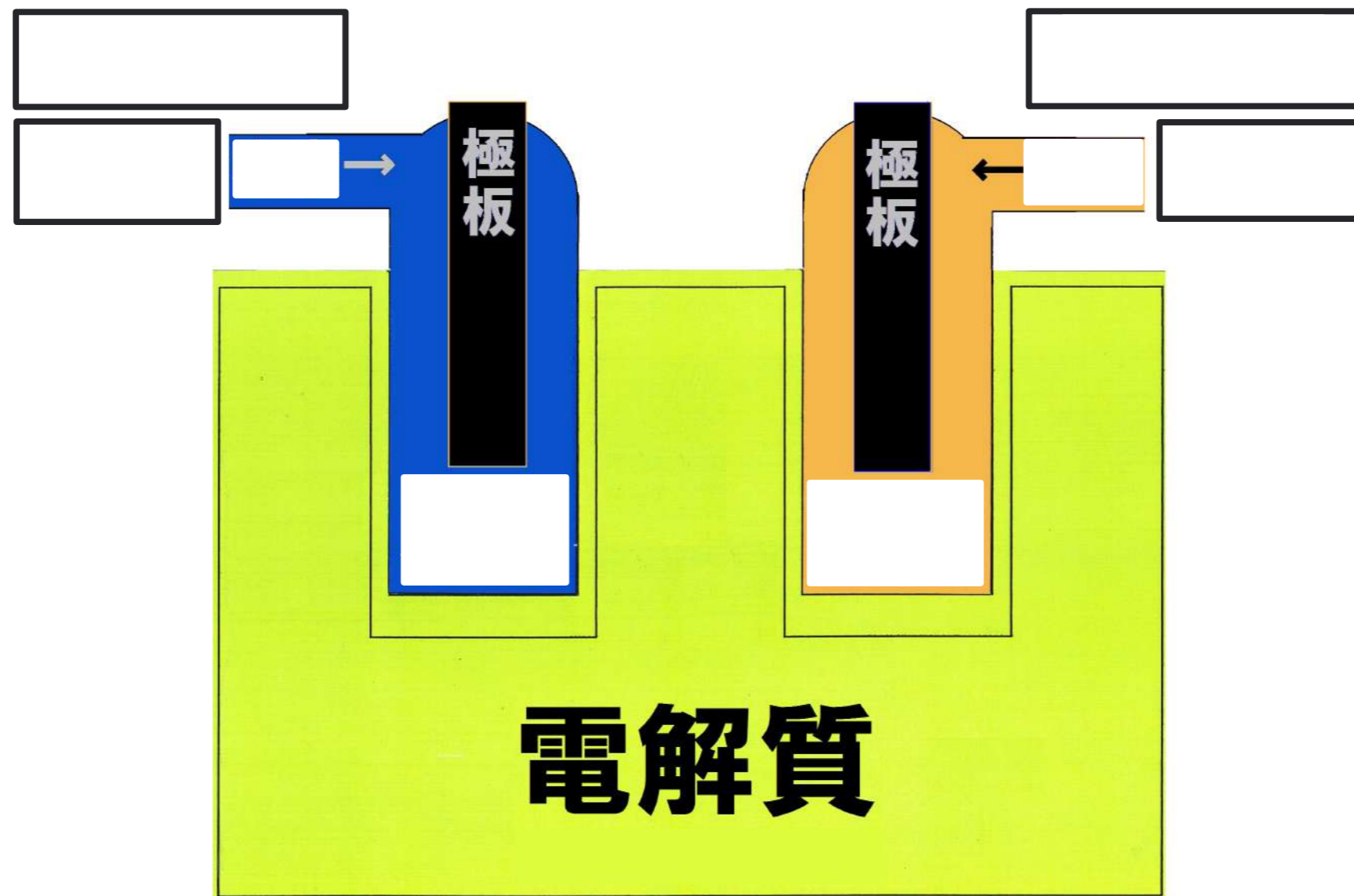
電解液が酸性の場合 :

電解液が塩基性の場合 :

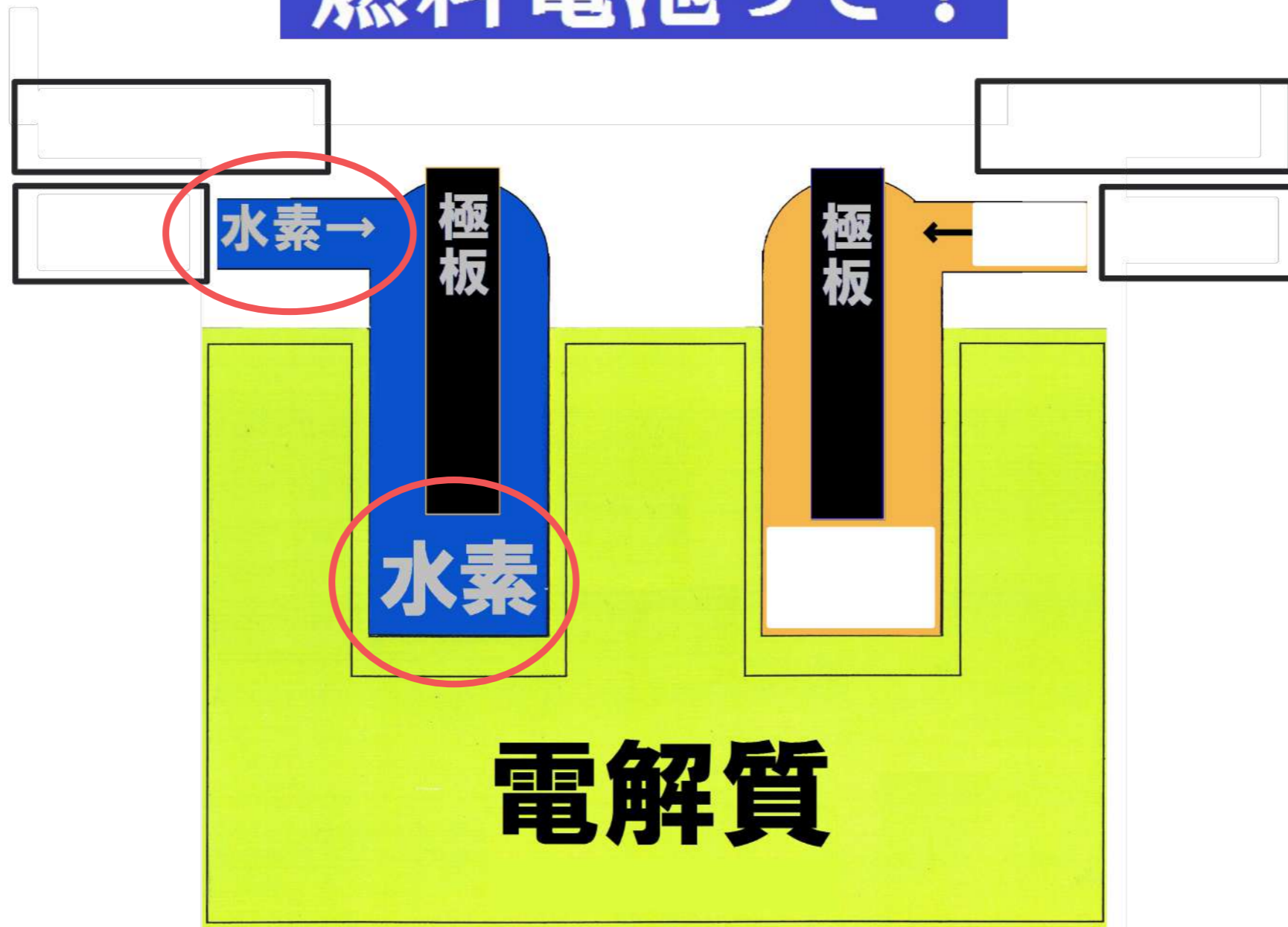
電池全体では、

燃料電池の利点

燃料電池って？



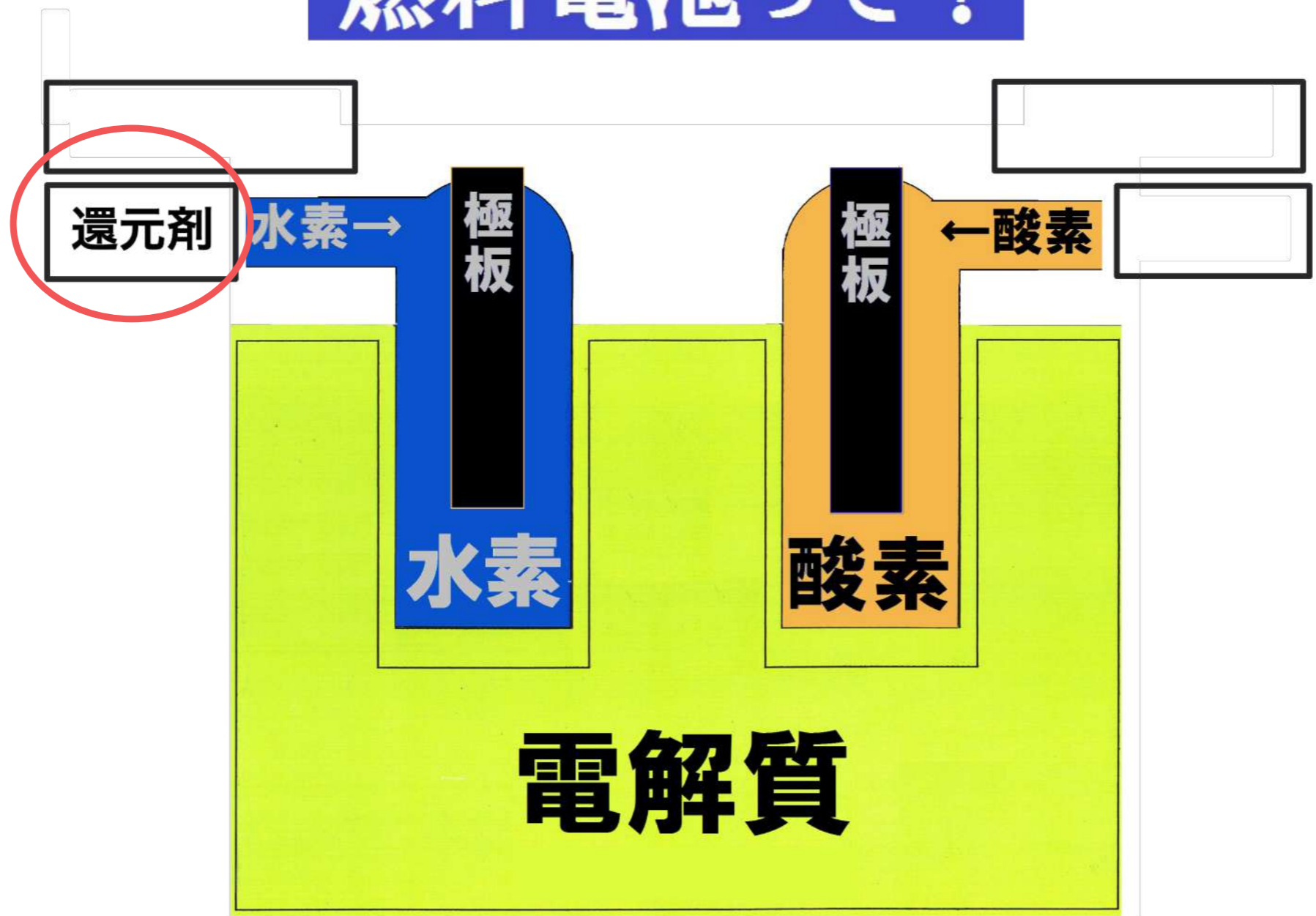
燃料電池って？



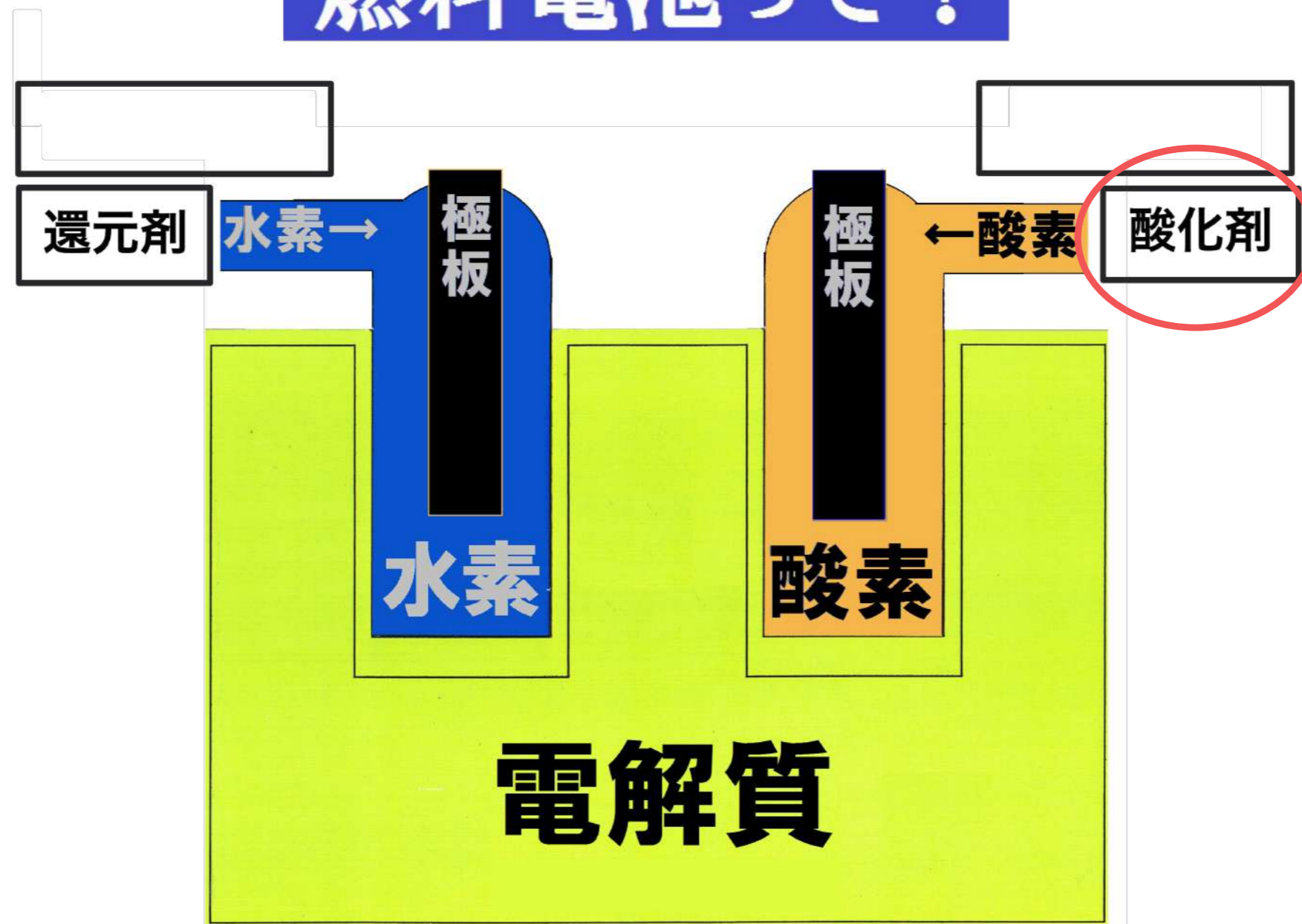
燃料電池って？



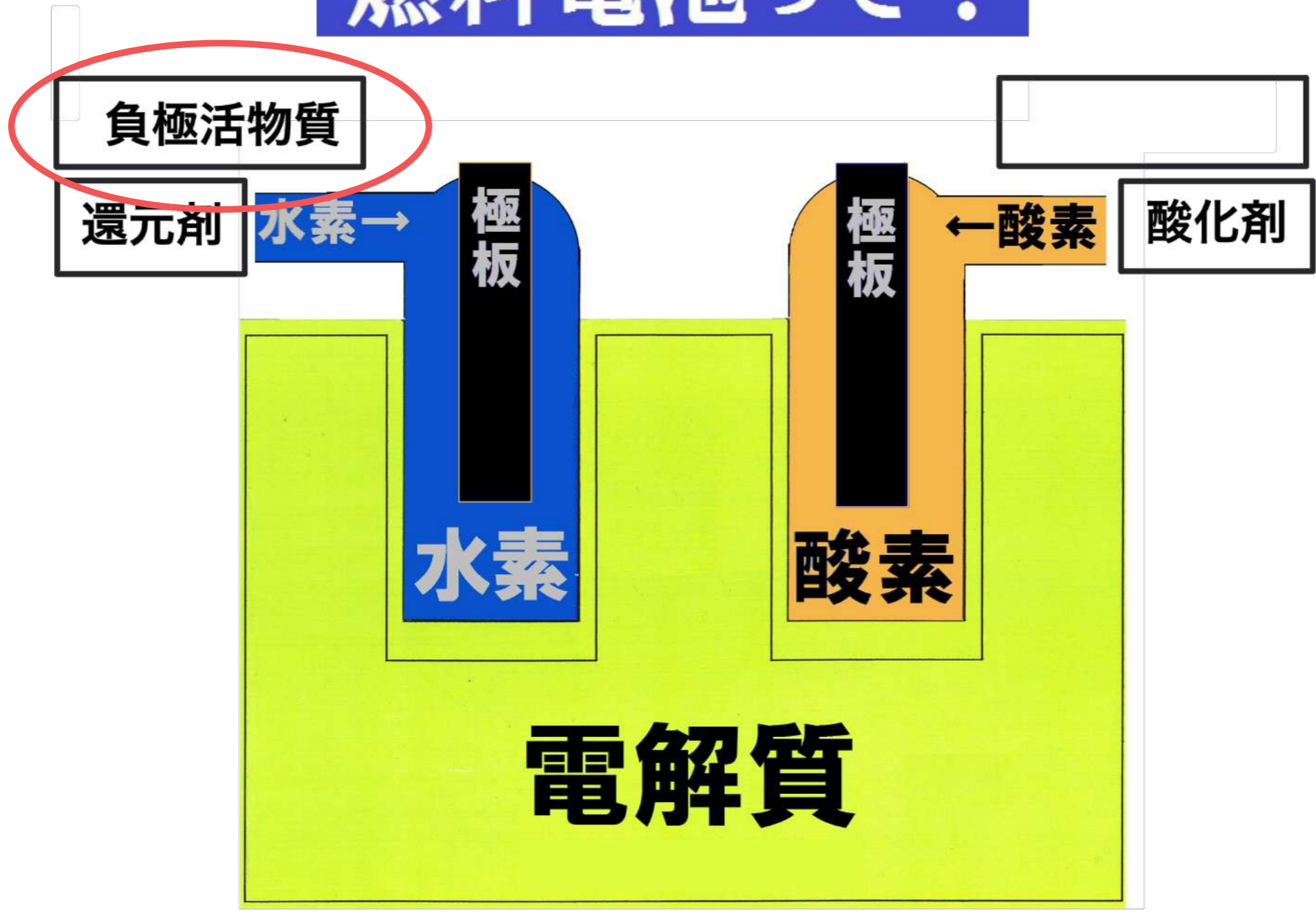
燃料電池って？



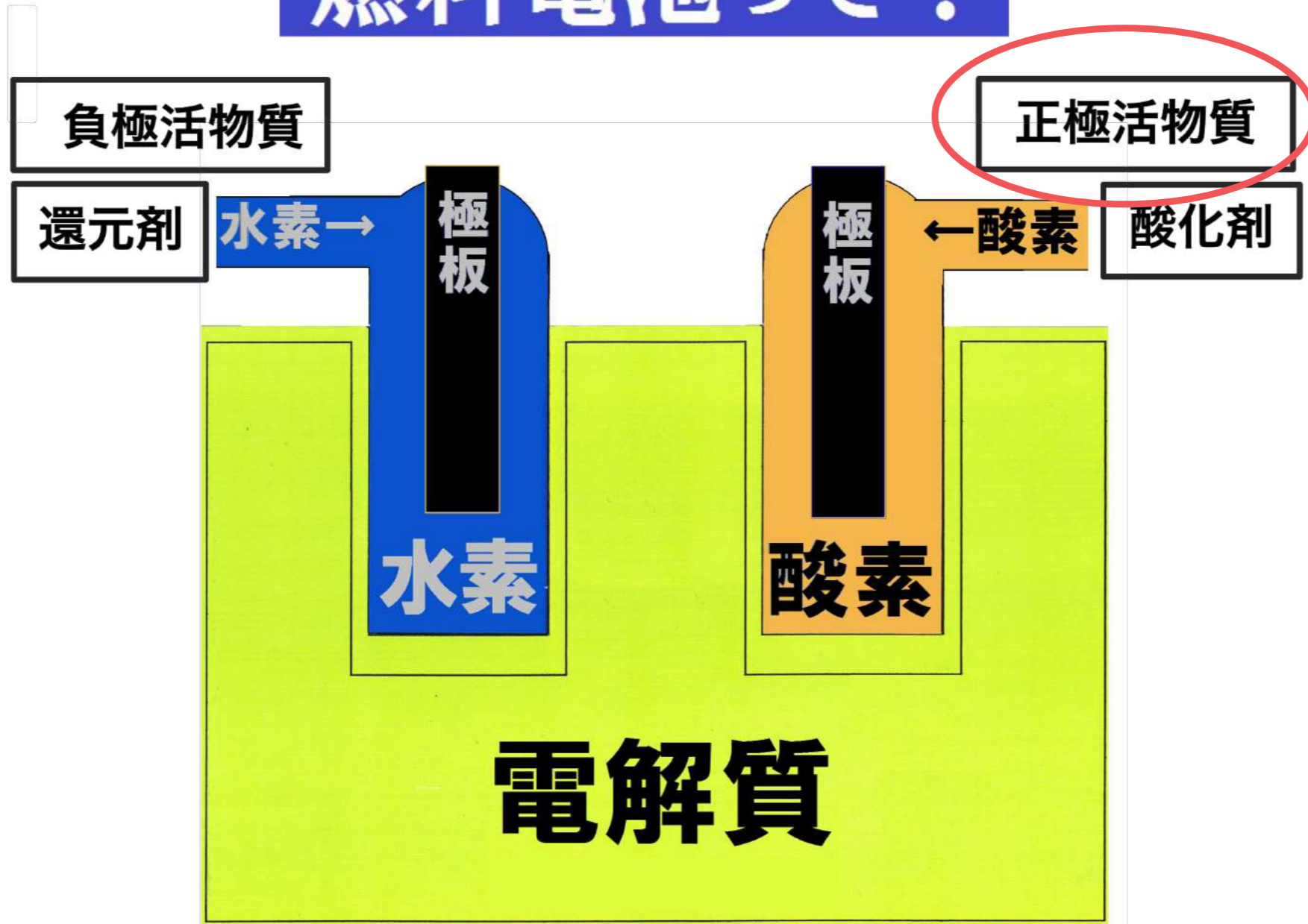
燃料電池って？



燃料電池って？



燃料電池って？



燃料電池の電極反応

負極活物質(還元剤)の反応

代表的な還元剤である水素 H_2 が、酸化されて電子を放出する。

電解液が酸性の場合 :

電解液が塩基性の場合 :

正極活物質(酸化剤)の反応

代表的な酸化剤である酸素 O_2 が、電子を受け取って還元される。

電解液が酸性の場合 :

電解液が塩基性の場合 :

電池全体では,

燃料電池の電極反応

負極活物質(還元剤)の反応

代表的な還元剤である水素 H_2 が、酸化されて電子を放出する。

電解液が酸性の場合 : $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

電解液が塩基性の場合 :

正極活物質(酸化剤)の反応

代表的な酸化剤である酸素 O_2 が、電子を受け取って還元される。

電解液が酸性の場合 :

電解液が塩基性の場合 :

電池全体では,

燃料電池の電極反応

負極活物質(還元剤)の反応

代表的な還元剤である水素 H_2 が、酸化されて電子を放出する。

電解液が酸性の場合 : $H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$

電解液が塩基性の場合 :

正極活物質(酸化剤)の反応

代表的な酸化剤である酸素 O_2 が、電子を受け取って還元される。

電解液が酸性の場合 : $O_2 + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2O$

電解液が塩基性の場合 :

電池全体では,

燃料電池の電極反応

負極活物質(還元剤)の反応

代表的な還元剤である水素 H_2 が、酸化されて電子を放出する。

電解液が酸性の場合 : $\text{H}_2 \longrightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

電解液が塩基性の場合 :

正極活物質(酸化剤)の反応

代表的な酸化剤である酸素 O_2 が、電子を受け取って還元される。

電解液が酸性の場合 : $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

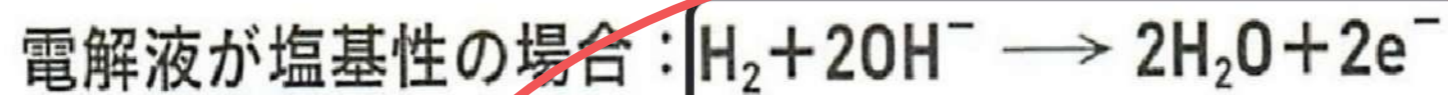
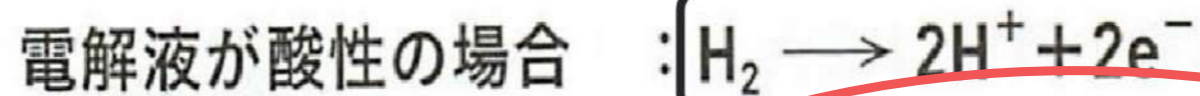
電解液が塩基性の場合 :

電池全体では、 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

燃料電池の電極反応

負極活物質(還元剤)の反応

代表的な還元剤である水素 H_2 が、酸化されて電子を放出する。

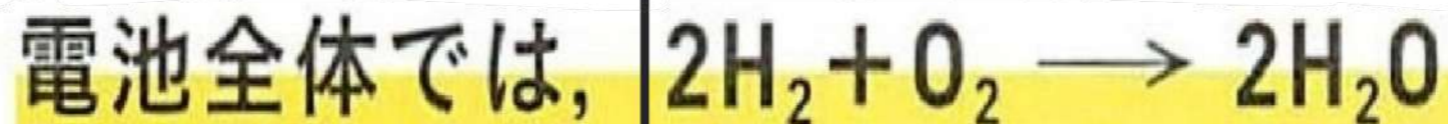
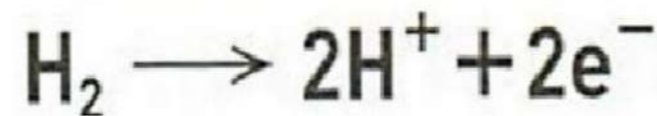


正極活物質

代表的な酸化剤

電解液が酸

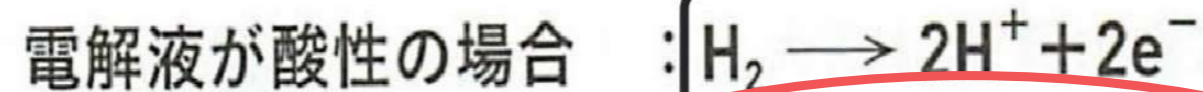
電解液が塩基性の場合



燃料電池の電極反応

負極活物質(還元剤)の反応

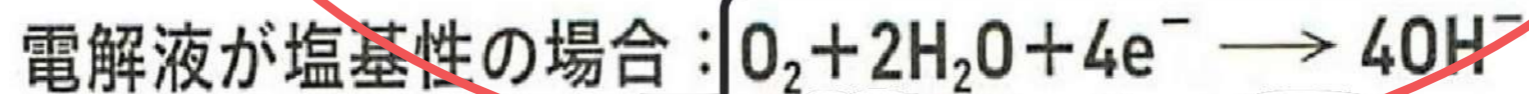
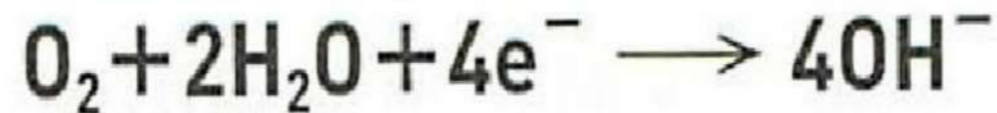
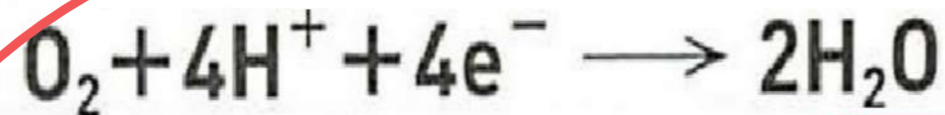
代表的な還元剤である水素 H_2 が、酸化されて電子を放出する。



電解液

正極

代表的



燃料電池の利点

--

--

燃料電池の利点

燃料電池の利点

クリーンである。環境上の問題が少ない。

燃料電池の利点

クリーンである。環境上の問題が少ない。

エネルギー効率が低い。

1 **1 molのH₂があったとする。**

2

3

4

1 1 molの H_2 があったとする。

2 燃焼させて得られる熱エネルギーは、 286 kJ/mol

3

4

1 1 molのH₂があったとする。

2 燃焼させて得られる熱エネルギーは、286 kJ/mol

3 燃料電池で用いると
H₂ → 2H⁺ + 2e⁻ の反応で
2molの電子が得られるので $J = V \times C$ より
 $1.00 \times 2 \times 9.65 \times 10^4 \text{ J}$
すなわち、193kJの電気エネルギーが得られる。

4

1 1 molのH₂があったとする。

2 燃焼させて得られる熱エネルギーは、286 kJ/mol

3 燃料電池で用いると



2molの電子が得られるので $J = V \times C$ より

$$1.00 \times 2 \times 9.65 \times 10^4 \text{ J}$$

すなわち、193kJの電気エネルギーが得られる。

4 よって、エネルギー効率は、

$$\frac{1}{2} \times 100 = \frac{193}{286} \times 100 = 67.48\%$$

4 よって、エネルギー効率は、

$$\frac{1}{2} \times 100 = \frac{193}{286} \times 100 = 67.48\%$$

火力発電法(旧来型)に比べると
優れた発電効率だと言えよう。

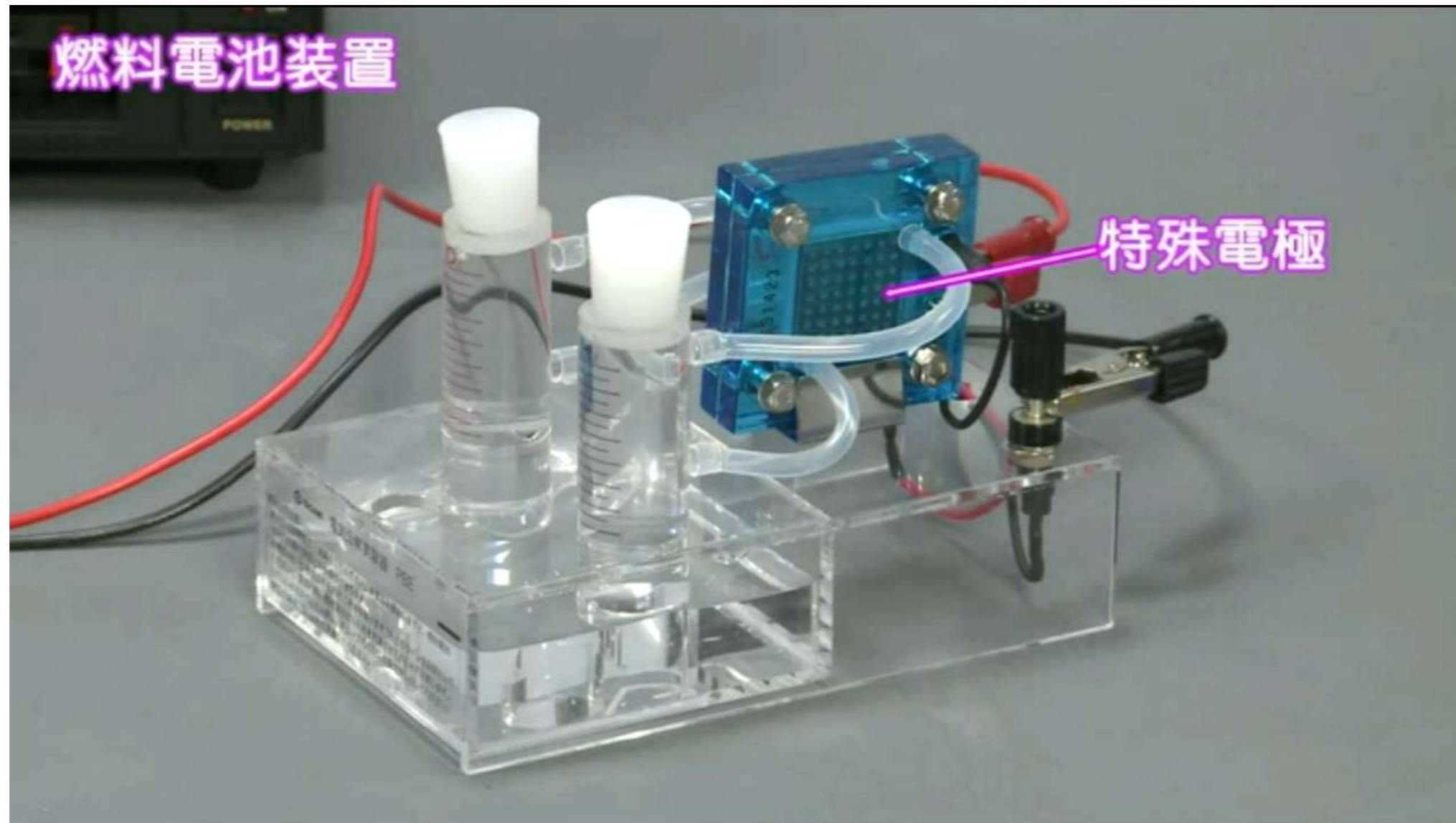
4 よって、エネルギー効率は、

$$\frac{1}{2} \times 100 = \frac{193}{286} \times 100 = 67.48\%$$

火力発電法(旧来型)に比べると
優れた発電効率だと言えよう。

熱エネルギー → 機械エネルギー → 電気エネルギー
燃料電池では直接電気エネルギーに変換される。

水を電気分解して得た水素、酸素を蓄え、
その後、電極を電気回路に接続すると？



【演習問題】の例題20に燃料電池の問題があります。

例題20 燃料電池

次の文章を読み、には有効数字2桁の数値、, には有効数字3桁の数値を入れよ。ただし、気体は理想気体とし、その1 molあたりの体積は22.4 L(標準状態)であり、ファラデー定数 $F=9.65 \times 10^4$ C/mol とする。

燃料電池は、還元剤である水素と酸化剤である酸素との化学反応によって、電気を外部に取り出す装置である。通常の電池では、還元剤や酸化剤が消費されると電気を取り出すことができなくなるが、燃料電池では、燃料である水素と酸素を外部から供給することによって、連続的に電気を取り出せるという利点がある。

リン酸型の水素-酸素燃料電池で電流を取り出すとき、負極では水素が消費され、正極では酸素が消費される。この電池を回路につないで電流を流したところ、負極では水素が標準状態に換算して465 mL消費された。このとき、回路を流れた電子の物質量は molである。

アポロ計画の宇宙船やスペースシャトルでは、水酸化カリウム水溶液を用いたアルカリ型燃料電池が電源として使用された。この燃料電池を、77.2 Aの一定電流で、19日間連続的に運転するためには、 Lの液体酸素(密度 1.14 g/cm^3)が必要である。このとき、燃料電池の負極では水が生成する。また、この燃料電池の負極で19日間に生じる水(密度 1.00 g/cm^3)の体積は Lであり、この水は宇宙飛行士の飲料水などに用いられた。

慶応義塾大、東京都市大、富山大

STEP:1 情報の整理

① 『まず、電極反応を明らかにしよう』

(ア)

水素-酸素燃料電池 (リン酸型)	正極	$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	… I a 表
	負極	$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$	

(イ) (ウ)

水素-酸素燃料電池 (アルカリ型)	正極	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$	… I b 表
	負極	$H_2 + 2OH^- \rightarrow 2H_2O + 2e^-$ ($2H_2 + 4OH^- \rightarrow 4H_2O + 4e^-$)	

② 『次に、流れた電子の物質量を明らかにしよう』

(ア)

正極も負極も同物質 流れた電子 e^- の物質量は不明なので、 $x(\text{mol})$ とおく。	… II a 表
---	----------

(イ) (ウ)

正極も負極も同物質 流れた電子 e^- の物質量 = $\frac{77.2(\text{A}) \times (19 \times 24 \times 60 \times 60) \text{秒}}{9.65 \times 10^4 (\text{C/mol})}$ = $1.313 \times 10^3 (\text{mol})$	… II b 表
---	----------

③ 『さらに、与えられている物質の量を明らかにし、問われている物質の量を記号化しよう』

(ア)

負極 発生した水素の体積 : (465 mL =) $4.65 \times 10^{-1} \text{ L}$	… III a 表
---	-----------

(イ) (ウ)

正極 必要な O_2 の質量 : $a(\text{g})$	… III b 表
負極 生じる H_2O の質量 : $b(\text{g})$	

STEP:2 式への代入

① 上述の情報をもとに、比例式を立てる。

(ア)

負極	$\frac{H_2}{2e^-} = \frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} \Rightarrow \frac{22.4 \text{ L}}{2 \text{ mol}} = \frac{4.65 \times 10^{-1} \text{ L}}{x(\text{mol})}$ — 比例式
----	---

よって、比例式より、 $x = 4.15 \times 10^{-2} (\text{mol})$ と求められる。

ちなみに上記の比例式は、I a ~ III a 表より次のように読み取った。

I a 表より : 1 mol の H_2 の体積 (標準状態) は 22.4 L	III a 表より
負極 : $\frac{H_2}{2e^-} = \frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} \Rightarrow \frac{22.4 \text{ L}}{2 \text{ mol}} = \frac{4.65 \times 10^{-1} \text{ L}}{x(\text{mol})}$	
I a 表より : 2 mol の e^-	II a 表より

(イ) (ウ)

正極	$\frac{O_2}{4e^-} = \frac{1 \text{ mol}}{4 \text{ mol}} \Rightarrow \frac{32 \text{ g}}{4 \text{ mol}} = \frac{a(\text{g})}{1.313 \times 10^3 \text{ mol}}$ — 比例式①
負極	$\frac{2H_2O}{2e^-} = \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \Rightarrow \frac{18 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = \frac{b(\text{g})}{1.313 \times 10^3 \text{ mol}}$ — 比例式②

よって、比例式①より a が、比例式②より b が、

$a = 1.050 \times 10^4 (\text{g})$, $b = 2.363 \times 10^4 (\text{g})$

と求められる。

② 計算の結果を、要求されている解答の形式に整える。

(イ) 質量 (g) を体積 (L) に換算する。

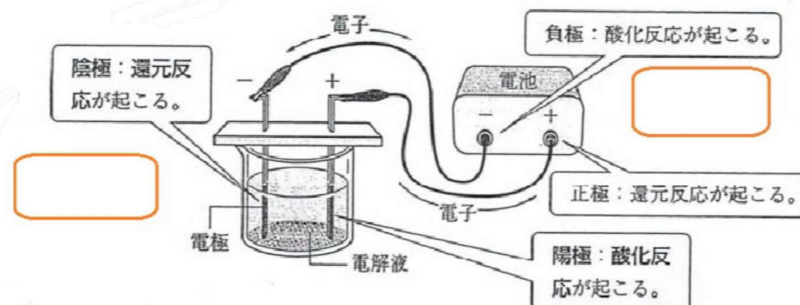
体積 (cm^3) = $\frac{\text{質量 (g)}}{\text{密度 (g/cm}^3\text{)}} = \frac{1.050 \times 10^4 \text{ g}}{1.14 \text{ g/cm}^3} = 9.210 \times 10^3 (\text{cm}^3) \Rightarrow 9.210 \text{ L}$

(ウ) 質量 (g) を体積 (L) に換算する。

体積 (cm^3) = $\frac{\text{質量 (g)}}{\text{密度 (g/cm}^3\text{)}} = \frac{2.363 \times 10^4 \text{ g}}{1.00 \text{ g/cm}^3} = 2.363 \times 10^4 (\text{cm}^3) \Rightarrow 23.63 \text{ L}$

【解答】 (ア) 4.2×10^{-2} , (イ) 9.21, (ウ) 23.6

電池と電気分解を比較すると？

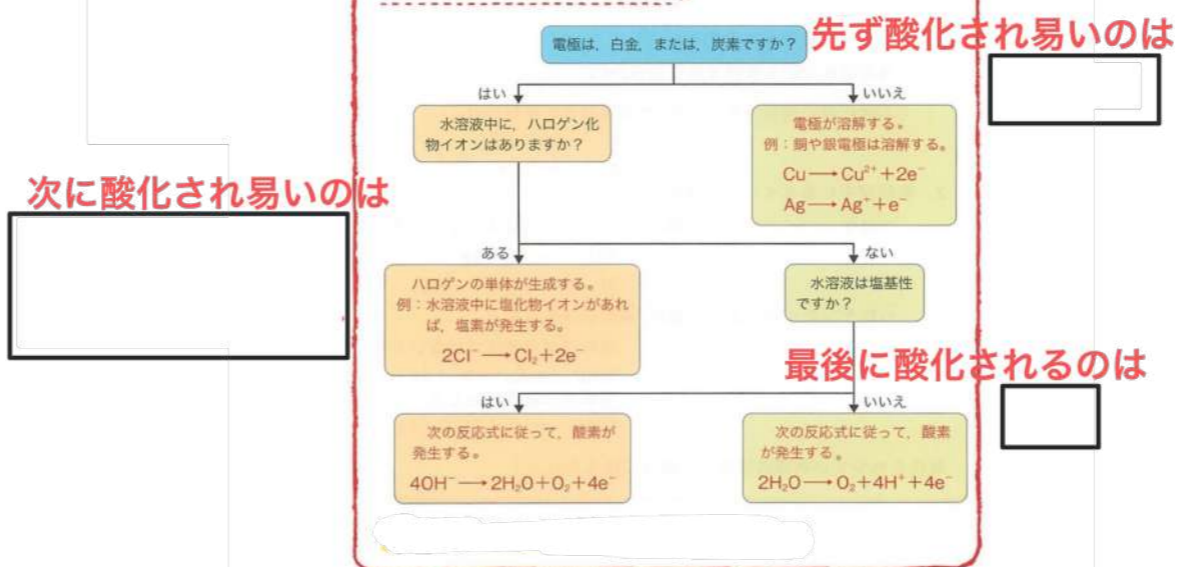


	(-)	(+)
電池	[負極]	[正極]
電気分解	[陰極]	[陽極]

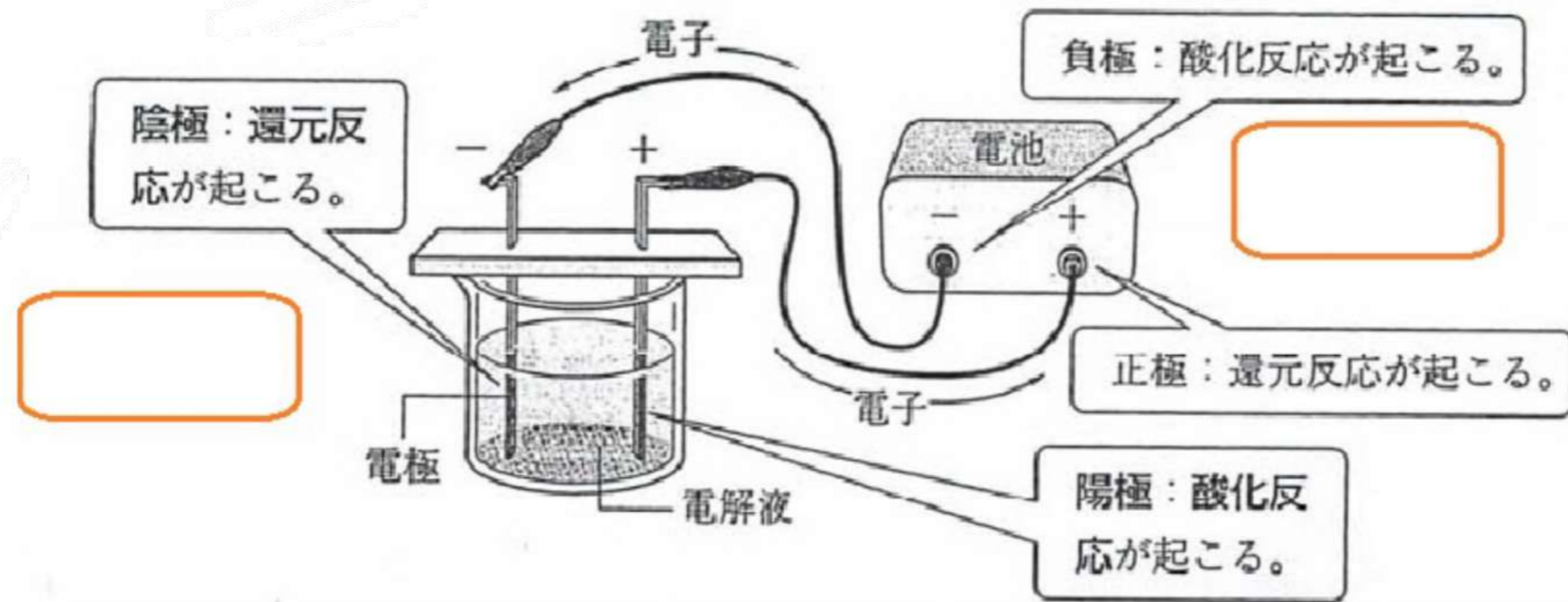
陽極で起こる変化は？

陽極では物質が される。

陽極で起こる反応は？ (流れ図版)

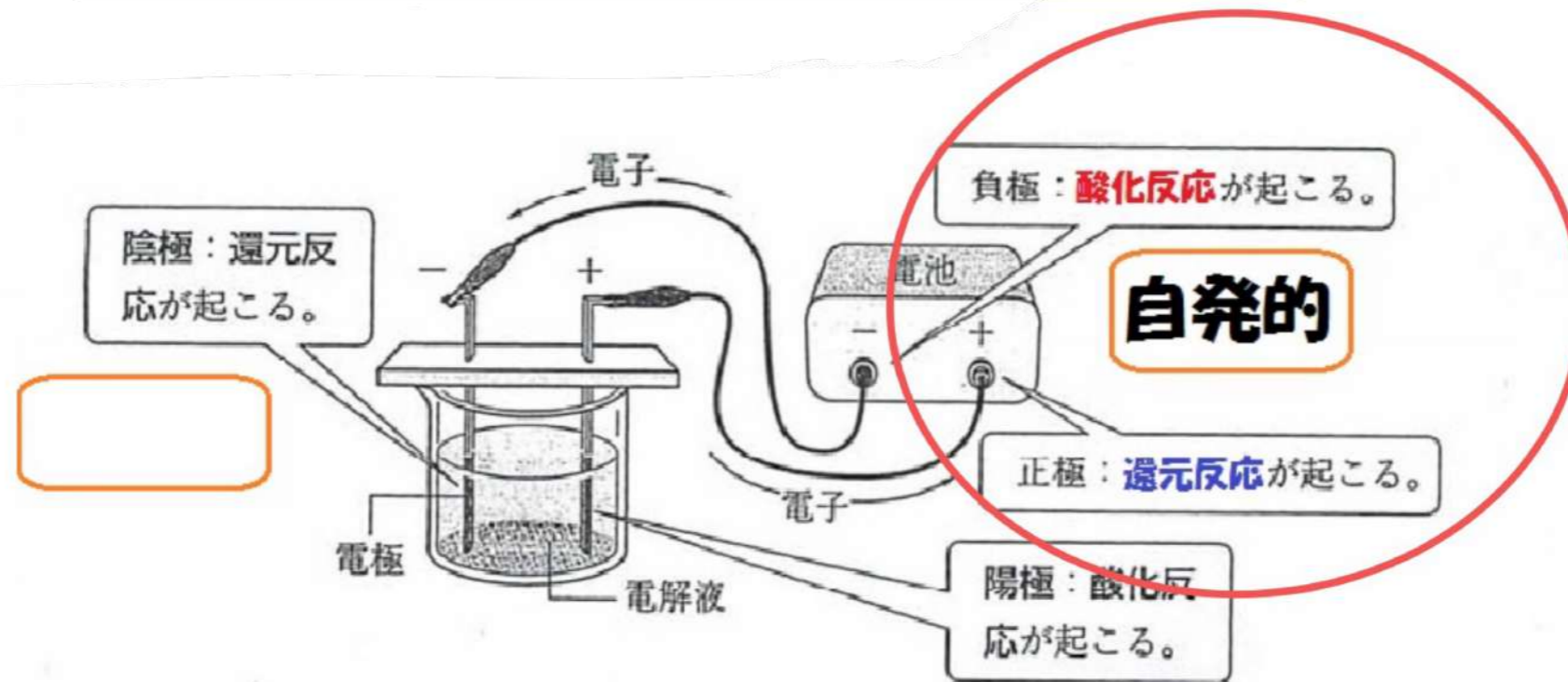


電池と電気分解を比較すると？



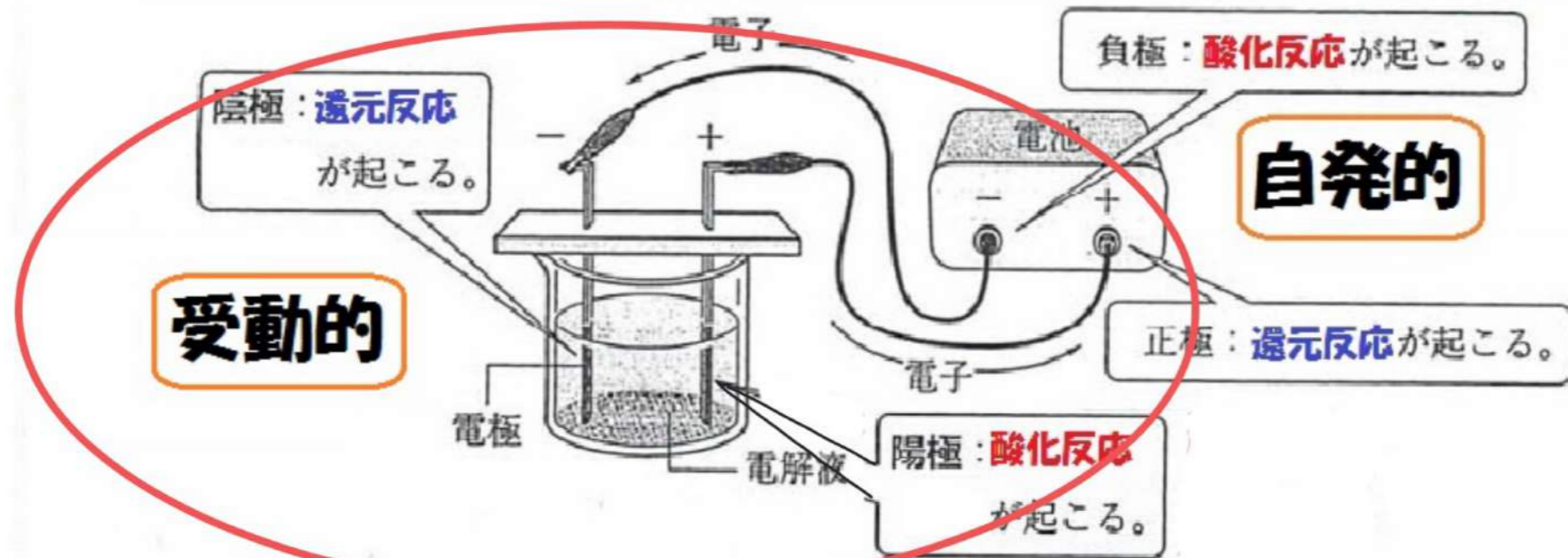
	(-)	(+)
電池	[負極]	[正極]
電気分解	[陰極]	[陽極]

電池と電気分解を比較すると？



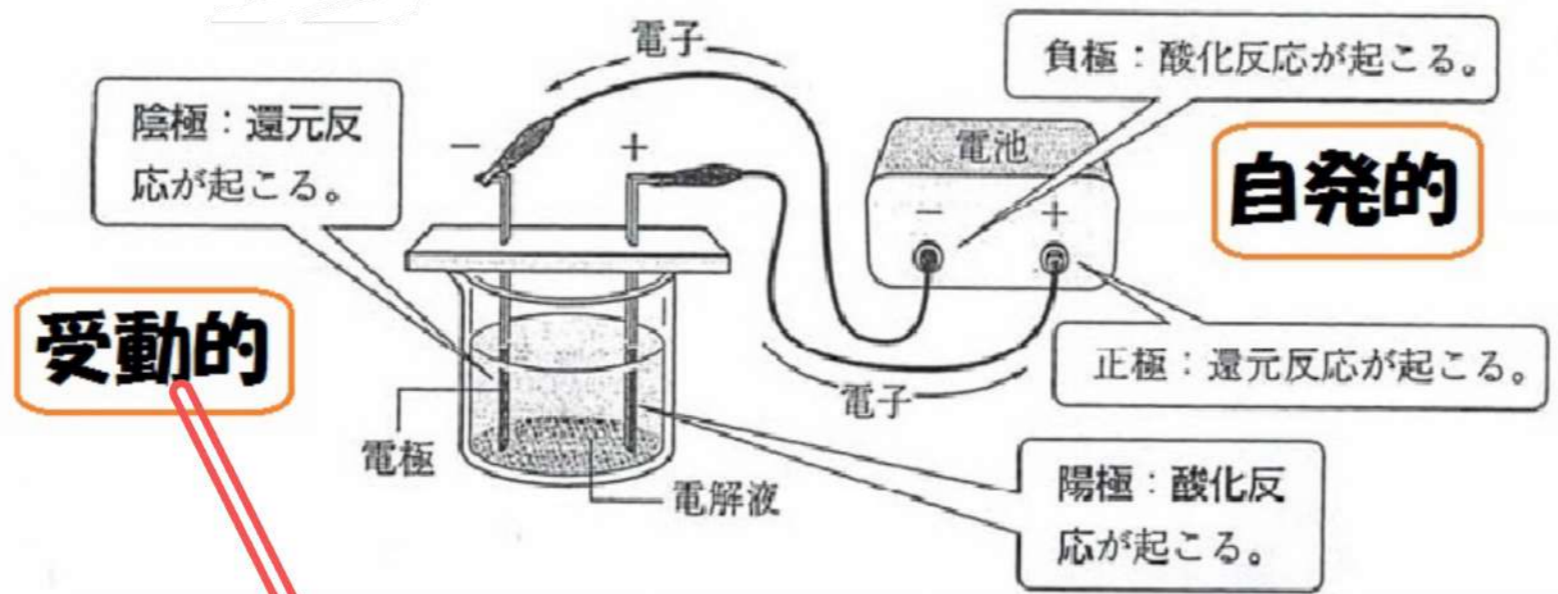
	(-)	(+)
電池	[負極] 酸化反応	[正極] 還元反応
電気分解	[陰極]	[陽極]

電池と電気分解を比較すると？



	(-)	(+)
電池	[負極] 酸化反応	[正極] 還元反応
電気分解	[陰極] 還元反応	[陽極] 酸化反応

電池と電気分解を比較すると？



	(-)	(+)
電池	[負極] 酸化反応	[正極] 還元反応
電気分解	[陰極] 還元反応	[陽極] 酸化反応

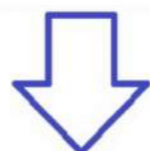
自然界では起こりえない酸化還元反応でも起こせる！
魔法！！！！

自然界では起こりえない酸化還元反応でも起こせる！

魔法！！！！

化学工業において、広く活用されている。

自然界では起こりえない酸化還元反応でも起こせる！



魔法！！！！

化学工業において、広く活用されている。

- ① イオン交換膜法
- ② 銅の電解精錬
- ③ アルミニウムの溶融塩電解
(融解塩)

自然界では起こりえない酸化還元反応でも起こせる！



魔法！！！！

化学工業において、広く活用されている。

- ① イオン交換膜法
- ② 銅の電解精錬
- ③ アルミニウムの溶融塩電解
(融解塩)

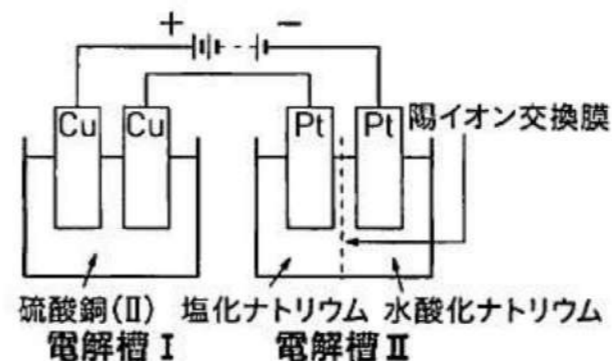
電気分解を利用している重要な
重要な化学工業の仕組みを理解できる程度
に、電気分解に触れるのだと。

【演習問題】の例題24に 化学工業の絡む問題があります。

例題24 銅の電解精錬とイオン交換膜法

電気分解に関する次の文章を読み、以下の問いに答えよ。必要ならば、ファラデー定数 $F=9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 、アボガドロ定数 $N_A=6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ とせよ。計算の結果は小数点以下第2位を四捨五入し、また発生した気体は溶液に溶けず、溶液の体積は変化しないものとする。電解槽Ⅰでは気体は発生しないものとする。ただし原子量は $\text{Cu}=63.5$ とする。

右図のように電解槽を2つ直列につないで電気分解を行った。電解槽Ⅰには硫酸銅(Ⅱ)の水溶液が、電解槽Ⅱには陽イオン交換膜をはさんで陽極側には1 mol/Lの塩化ナトリウム水溶液が1 L、陰極側には



は0.1 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液が1 L入っている。電解槽Ⅰの電極は銅製、電解槽Ⅱの電極は白金製である。ある一定の電流で1時間電解したところ、電解槽Ⅰの陰極側では銅イオンが還元され、陰極の質量が6.35 g増加した。

問1 通電した電流は何 A か。

問2 電解槽Ⅱの陽極側の塩化ナトリウムの濃度は何 mol/L となったか。

また、陰極側の水酸化ナトリウムの濃度は何 mol/L となったか。

東京理大(案)/改

STEP 1 情報の整理

① 『まず、電極反応を明らかにしよう』

電解槽 I : 陽極では、電極は銅 Cu であるので、銅電極 Cu 自身が溶解する。
陰極では、電解液中に重金属のイオン Cu^{2+} があるので、重金属の単体 Cu が析出する。

電解槽 II : 陽極では、電極は白金で電解液中にハロゲン化物イオンである塩化物イオンがあるので、塩素 Cl_2 が発生する。陰極では、電解液中に重金属のイオンがないので、水素 H_2 が発生する。

電解槽 I	陽極	$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$
	陰極	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$
電解槽 II	陽極	$2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$
	陰極	$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

② 『次に、流れた電子の物質量を明らかにしよう』

直列に接続された電解槽なので、どの陽極も陰極も同物質
量流れた電子 e^- の物質量は不明なので、 $x(\text{mol})$ とおく。

③ 『さらに、与えられている物質の量を明らかにし、問われている物質の量を記号化しよう』

電解槽 I	陰極	析出した Cu の質量 : 6.35 g
電解槽 II	陽極	減少した Cl^- の物質量 : $a(\text{mol})$
	陰極	生成した OH^- の物質量 : $b(\text{mol})$

STEP 2 式への代入

④ 上述の情報をもとに、比例式を立てる。

電解槽 I	陰極	$\frac{\text{Cu}}{2\text{e}^-} = \frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} \Rightarrow \frac{63.5 \text{ g}}{2 \text{ mol}} = \frac{6.35 \text{ g}}{x(\text{mol})}$ 比例式 I
電解槽 II	陽極	$\frac{2\text{Cl}^-}{2\text{e}^-} = \frac{2 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} = \frac{a(\text{mol})}{x(\text{mol})}$ 比例式 II
	陰極	$\frac{2\text{OH}^-}{2\text{e}^-} = \frac{2 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} = \frac{b(\text{mol})}{x(\text{mol})}$ 比例式 III

よって、比例式 I ~ III より、
 $x = a = b = 0.20(\text{mol})$

が求められる。

⑤ 計算の結果を、要求されている解答の形式に整える。

流れた電流を i (アンペア) とおくと、

$$\begin{aligned} \text{流れた電気量 (C)} &= i(\text{アンペア}) \times \{1 \times 60 \times 60 (\text{秒})\} \\ &= 9.65 \times 10^4 (\text{C/mol}) \times 0.20 (\text{mol}) \quad \text{より,} \end{aligned}$$

$$i = 5.36 (\text{アンペア})$$

電気分解後の陽極側の塩化ナトリウム水溶液の濃度は、塩化物イオンが 0.20 mol 減少し、同物質のナトリウムイオンが陰極側に移動したので、

$$1 - 0.20 = 0.80 (\text{mol/L})$$

であり、電気分解後の陰極側の水酸化ナトリウム水溶液の濃度は、水酸化物イオンが 0.20 mol 増加し、同物質のナトリウムイオンが陽極側から移動してきたので、

$$0.1 + 0.20 = 0.30 (\text{mol/L})$$

となる。

解答 問 1 5.4 A

問 2 陽極側 : 0.8 mol/L, 陰極側 : 0.3 mol/L

【演習問題】の例題26にも 化学工業の絡む問題があります。

例題26 ナトリウムの溶融塩電解

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。必要があれば、次の値を用いよ。

ナトリウムの原子量：23，ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol

ナトリウム冷却型原子炉では、炉心を通る冷却管の中に液体金属ナトリウムを循環させる。炉心を通して高温になった液体金属ナトリウムの熱を利用して、別の冷却管中の水を水蒸気に変えて発電する。

液体金属ナトリウムは、沸点が炉心の温度より高い、冷却管の鉄を腐食しない、熱伝導度が水に比べて約100倍高いなど、炉心の熱を取り出す物質として優れている。金属ナトリウムに限らず金属の熱伝導性は高いが、それは金属には自由電子が存在するためである。

金属ナトリウムの製造には、塩化ナトリウムと塩化カルシウムの溶融混合物中に黒鉛製の陽極と鋼製の陰極を入れ、直流電流を通じる方法(溶融塩電解)が使われる。

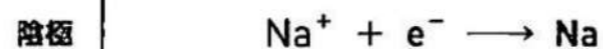
問 陽極と陰極間に50 Aの直流電流を通じて電気分解するとき、11.5 gのナトリウムの単体を得るには何秒通電しなければならないか。有効数字2桁で答えよ。ただし、通じた電気はナトリウムイオンの還元にすべて使われたとする。

山口大

STEP 1 情報の整理

① 『まず、電極反応を明らかにしよう』

上述の会話にある通り、陰極で、ナトリウムの単体が析出する。



② 『次に、流れた電子の物質量を明らかにしよう』

単独の電解槽なので、陽極も陰極も同物質量

流れた電子 e^- の物質量は不明なので、 $x(\text{mol})$ とおく。

③ 『さらに、与えられている物質の量を明らかにしよう』

陰極	析出した Na の質量 : 11.5 g
----	----------------------

STEP 2 式への代入

① 上述の情報をもとに、比例式を立てる。

陰極	$\frac{\text{Na}}{\text{e}^-} = \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \iff \frac{23 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = \frac{11.5 \text{ g}}{x(\text{mol})}$ 比例式 I
----	---

よって、比例式 I より、

 $x = 0.500(\text{mol})$ が求められる。

② 計算の結果を、要求されている解答の形式に整える。

電流が流れた時間を $t(\text{秒})$ とおくと、

$$\text{流れた電気量 (C)} = 50(\text{A}) \times t(\text{秒})$$

$$= 9.65 \times 10^4 (\text{C/mol}) \times 0.500(\text{mol}) \text{ より、}$$

$$t = 9.65 \times 10^2 (\text{秒})$$

【解答】 9.7×10^2 秒

陽極で起こる変化は？

陽極では物質が される。

陽極で起こる反応は？ (流れ図版)

電極は、白金、または、炭素ですか？

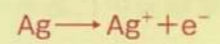
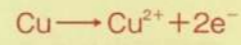
まず酸化され易いのは

はい

水溶液中に、ハロゲン化物イオンはありますか？

いいえ

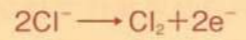
電極が溶解する。
例：銅や銀電極は溶解する。



次に酸化され易いのは

ある

ハロゲンの単体が生成する。
例：水溶液中に塩化物イオンがあれば、塩素が発生する。



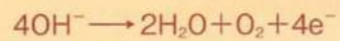
ない

水溶液は塩基性ですか？

最後に酸化されるのは

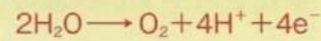
はい

次の反応式に従って、酸素が発生する。



いいえ

次の反応式に従って、酸素が発生する。



陽極で起こる変化は？

陽極では物質が **酸化** される。

陽極で起こる反応は？ (流れ図版)

電極は、白金、または、炭素ですか？

まず酸化され易いのは

はい

水溶液中に、ハロゲン化物イオンはありますか？

いいえ

電極が溶解する。
例：銅や銀電極は溶解する。
 $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^{-}$
 $Ag \rightarrow Ag^{+} + e^{-}$

次に酸化され易いのは

ある

ハロゲンの単体が生成する。
例：水溶液中に塩化物イオンがあれば、塩素が発生する。
 $2Cl^{-} \rightarrow Cl_2 + 2e^{-}$

ない

水溶液は塩基性ですか？

最後に酸化されるのは

はい

次の反応式に従って、酸素が発生する。
 $4OH^{-} \rightarrow 2H_2O + O_2 + 4e^{-}$

いいえ

次の反応式に従って、酸素が発生する。
 $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^{+} + 4e^{-}$

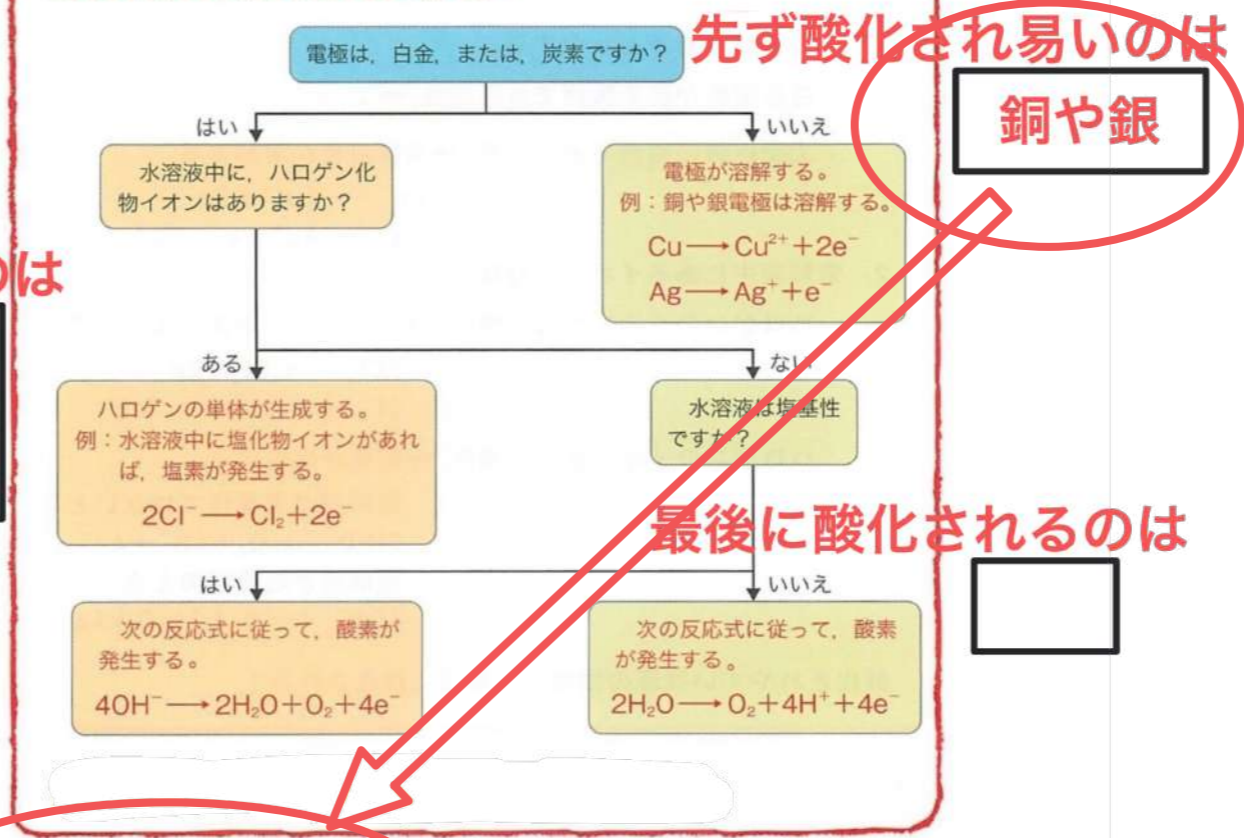


しっかりと
おさえて
おこう。

陽極で起こる変化は？

陽極では物質が **酸化** される。

陽極で起こる反応は？ (流れ図版)



まず酸化されやすいのは

銅や銀

次に酸化されやすいのは

[Blank box]

最後に酸化されるのは

[Blank box]

電極が溶解するか、

[Blank box]

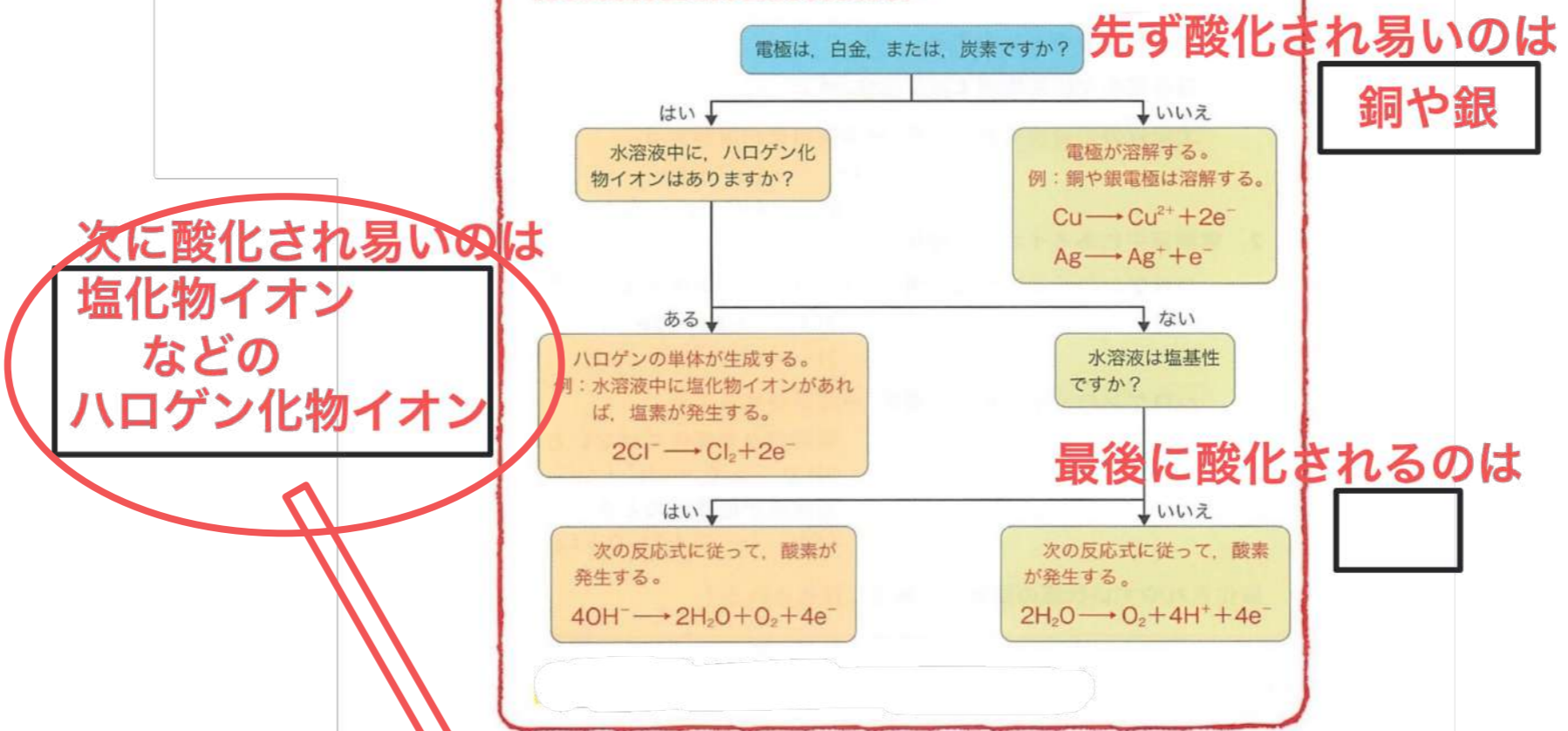
[Blank box]



陽極で起こる変化は？

陽極では物質が **酸化** される。

陽極で起こる反応は？ (流れ図版)

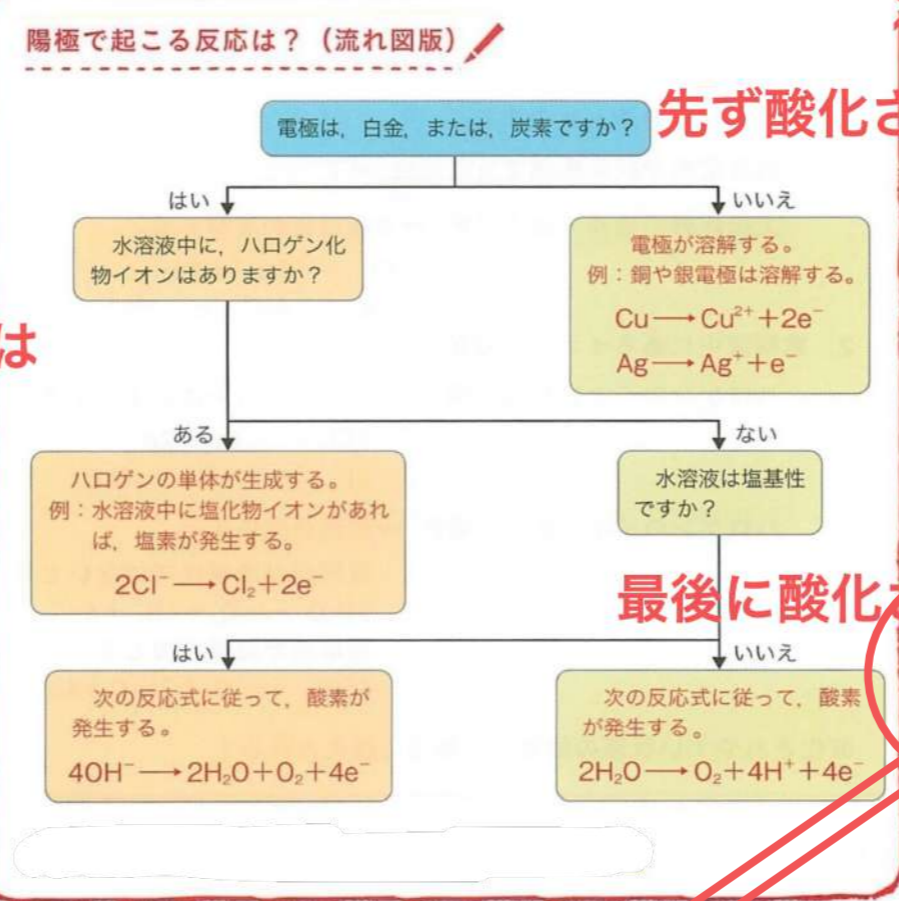


- 電極が溶解するか、
- ハロゲンの単体が生成するか、
-



陽極で起こる変化は？

陽極では物質が **酸化** される。



先ず酸化され易いのは

次に酸化され易いのは
塩化物イオン
などの
ハロゲン化物イオン

- 電極が溶解するか、
- ハロゲンの単体が生成するか、
- 酸素が発生するか、**



しっかりと
おさえて
おこう。

陽極で起こる変化は？

陽極では物質が酸化される。

陽極で起こる反応は？（流れ図版）

電極は、白金、または、炭素ですか？

まず酸化され易いのは

銅や銀

はい

いいえ

水溶液中に、ハロゲン化物イオンはありますか？

電極が溶解する。
例：銅や銀電極は溶解する。
 $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^{-}$
 $Ag \rightarrow Ag^{+} + e^{-}$

次に酸化され易いのは

塩化物イオン
などの
ハロゲン化物イオン

ある

ない

ハロゲンの単体が生成する。
例：水溶液中に塩化物イオンがあれば、塩素が発生する。
 $2Cl^{-} \rightarrow Cl_2 + 2e^{-}$

水溶液は塩基性
ですか？

最後に酸化されるのは

水

はい

いいえ

次の反応式に従って、酸素が発生する。
 $4OH^{-} \rightarrow 2H_2O + O_2 + 4e^{-}$

次の反応式に従って、酸素が発生する。
 $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^{+} + 4e^{-}$

電極が溶解するか、

ハロゲンの単体が生成するか、

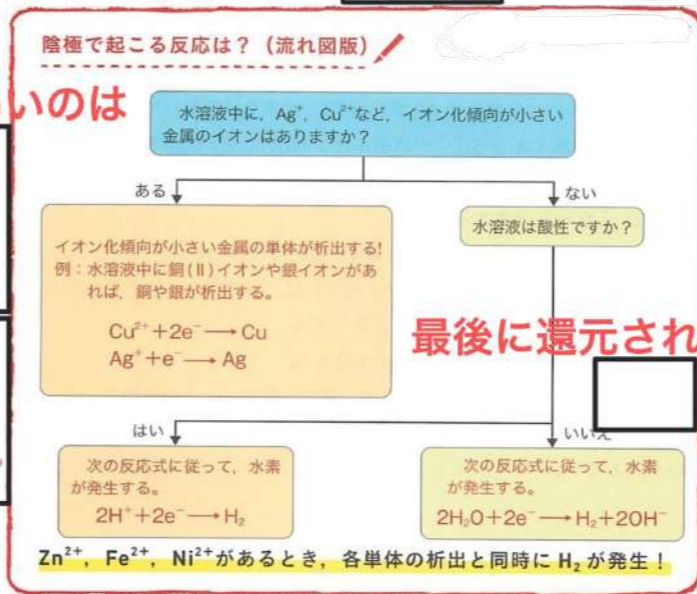


しっかりと
おさえ
おこう。

陰極で起こる変化は？

陰極では物質が される。

まず還元され易いのは



最後に還元されるのは



食塩水の電気分解

陽極:

陰極:

全体反応(イオン反応式)

全体反応(化学反応式)

流れた電子の物質量の求め方

通じた電流を i [A] とすると、 e^- [mol] =

陰極で起こる変化は？

陰極では物質が される。

先ず還元され易いのは

陰極で起こる反応は？ (流れ図版)

水溶液中に、 Ag^+ 、 Cu^{2+} など、イオン化傾向が小さい金属のイオンはありますか？

ある

ない

イオン化傾向が小さい金属の単体が析出する！
例：水溶液中に銅(II)イオンや銀イオンがあれば、銅や銀が析出する。

$$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$$
$$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$$

水溶液は酸性ですか？

はい

いいえ

次の反応式に従って、水素が発生する。

$$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$$

次の反応式に従って、水素が発生する。

$$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$$

最後に還元されるのは

Zn^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Ni^{2+} があるとき、各単体の析出と同時に H_2 が発生！



しっかりと
おさえて
おこう。

陰極で起こる変化は？

陰極では物質が **還元** される。

陰極で起こる反応は？ (流れ図版)

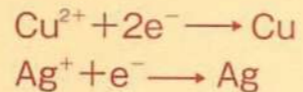
先ず還元され易いのは

水溶液中に、 Ag^+ 、 Cu^{2+} など、イオン化傾向が小さい金属のイオンはありますか？

ある

ない

イオン化傾向が小さい金属の単体が析出する！
例：水溶液中に銅(II)イオンや銀イオンがあれば、銅や銀が析出する。



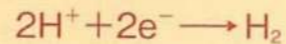
水溶液は酸性ですか？

最後に還元されるのは

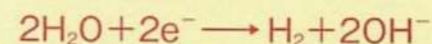
はい

いいえ

次の反応式に従って、水素が発生する。



次の反応式に従って、水素が発生する。



Zn^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Ni^{2+} があるとき、各単体の析出と同時に H_2 が発生！



しっかりと
おさえて
おこう。

陰極で起こる変化は？

陰極では物質が **還元** される。

陰極で起こる反応は？ (流れ図版)

まず還元され易いのは

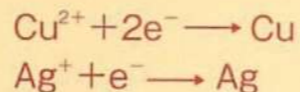
銅(II)イオンや
銀イオンなどの
重金属のイオン

水溶液中に、 Ag^+ 、 Cu^{2+} など、イオン化傾向が小さい金属のイオンはありますか？

ある

ない

イオン化傾向が小さい金属の単体が析出する！
例：水溶液中に銅(II)イオンや銀イオンがあれば、銅や銀が析出する。



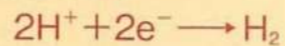
水溶液は酸性ですか？

最後に還元されるのは

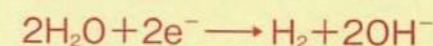
はい

いいえ

次の反応式に従って、水素が発生する。



次の反応式に従って、水素が発生する。



Zn^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Ni^{2+} があるとき、各単体の析出と同時に H_2 が発生！

重金属単体が析出するか



しっかりと
おさえて
おこう。

陰極で起こる変化は？

陰極では物質が **還元** される。

先ず還元され易いのは

銅(II)イオンや銀イオンなどの重金属のイオン

アルカリ金属のイオンは還元されない。

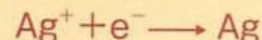
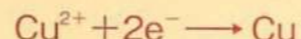
陰極で起こる反応は？ (流れ図版)

水溶液中に、 Ag^+ 、 Cu^{2+} など、イオン化傾向が小さい金属のイオンはありますか？

ある

ない

イオン化傾向が小さい金属の単体が析出する！
例：水溶液中に銅(II)イオンや銀イオンがあれば、銅や銀が析出する。

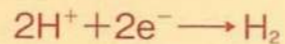


水溶液は酸性ですか？

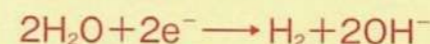
はい

いいえ

次の反応式に従って、水素が発生する。



次の反応式に従って、水素が発生する。



Zn^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Ni^{2+} があるとき、各単体の析出と同時に H_2 が発生！

最後に還元されるのは

重金属単体が析出するか



しっかりと
おさえて
おこう。

陰極で起こる変化は？

陰極では物質が **還元** される。

まず還元され易いのは

銅(II)イオンや銀イオンなどの重金属のイオン

アルカリ金属のイオンは還元されない。

陰極で起こる反応は？ (流れ図版)

水溶液中に、 Ag^+ 、 Cu^{2+} など、イオン化傾向が小さい金属のイオンはありますか？

ある

ない

イオン化傾向が小さい金属の単体が析出する！
例：水溶液中に銅(II)イオンや銀イオンがあれば、銅や銀が析出する。
 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$
 $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$

水溶液は酸性ですか？

はい

いいえ

次の反応式に従って、水素が発生する。
 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$

次の反応式に従って、水素が発生する。
 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$

最後に還元されるのは

水

Zn^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Ni^{2+} があるとき、各単体の析出と同時に H_2 が発生！

重金属単体が析出するか

水素が発生するか、



しっかりと
おさえて
おこう。

食塩水の電気分解

陽極:

陰極:

全体反応(イオン反応式)

全体反応(化学反応式)

安定な電極を用いるとする。

食塩水の電気分解

陽極:



陰極:

全体反応(イオン反応式)

全体反応(化学反応式)

食塩水の電気分解



全体反応(イオン反応式)

全体反応(化学反応式)

食塩水の電気分解



全体反応(化学反応式)

食塩水の電気分解



全体反応(化学反応式)

食塩水の電気分解



食塩水の電気分解



食塩水から塩素(水素)、水酸化ナトリウムが得られた!

流れた電子の物質量の求め方

通じた電流を i [A] とすると、 e^- [mol] =

流れた電子の物質量の求め方

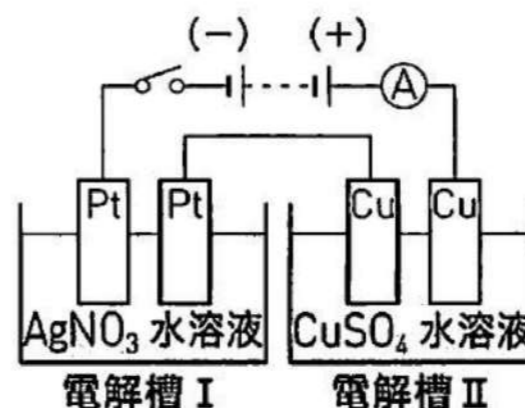
通じた電流を i [A] とすると、 e^- [mol] =

$$\frac{i \text{ [A]} \times t \text{ [秒]}}{9.65 \times 10^4}$$

【演習問題】の例題23、25に直列電気分解 や並列電気分解の問題があります。

例題23 銅電極を用いた電気分解

右のような電解装置がある。電解槽Ⅰの電極および電解液には白金および0.10 mol/Lの硝酸銀水溶液500 mLを用いた。また、電解槽Ⅱの電極および電解液には銅および0.10 mol/Lの硫酸銅(Ⅱ)水溶液500 mLを用いた。電流効率100%、気体1 molあたりの体積は22.4 L(標準状態)、ファラデー定数を 9.65×10^4 C/molとして、次の各問いに答えよ。ただし、原子量はCu=63.5、Ag=108とする。



- 問1 965 クーロンの電気量を通電すると、各電極で析出する金属は銀、銅合わせて何gか。有効数字2桁で答えよ。
- 問2 965 クーロンの電気量を通電したとき、電極で発生する気体をすべて集めると、標準状態で何mLになるか。整数値で答えよ。
- 問3 965 クーロンの電気量を通電したとき、電解槽Ⅱ中の硫酸銅(Ⅱ)水溶液の通電後の濃度は何mol/Lか。有効数字2桁で答えよ。

STEP 1 情報の整理

① 『まず、電極反応を明らかにしよう』

電解槽 I : 陽極では、電極は白金で電解液中にハロゲン化物イオンがないので、酸素 O_2 が発生する。陰極では、電解液中に重金属のイオン Ag^+ があるので、重金属の単体 Ag が析出する。

電解槽 II : 陽極では、電極は銅 Cu であるので、銅電極 Cu 自身が溶解する。陰極では、電解液中に重金属のイオン Cu^{2+} があるので、重金属の単体 Cu が析出する。

電解槽 I	陽極	$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$
	陰極	$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$
電解槽 II	陽極	$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$
	陰極	$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

② 『次に、流れた電子の物質量を明らかにしよう』

一直列に接続された電解槽なので、どの陽極も陰極も同物質量である。
 流れた電子 e^- の物質量 $= \frac{965(C)}{9.65 \times 10^4 (C/mol)} = 1.00 \times 10^{-2} (mol)$

③ 『さらに、問われている物質の量を記号化しよう』

電解槽 I	陽極	発生する O_2 の体積 : $x(L)$
	陰極	析出する Ag の質量 : $y(g)$
電解槽 II	陰極	析出する Cu の質量 : $z(g)$

STEP 2 式への代入

① 上述の情報をもとに、比例式を立てる。

電解槽 I	陽極	$\frac{O_2}{4e^-} = \frac{1 \text{ mol}}{4 \text{ mol}} \Rightarrow \frac{22.4 \text{ L}}{4 \text{ mol}} = \frac{x(L)}{1.00 \times 10^{-2} \text{ mol}}$ 比例式 I
	陰極	$\frac{Ag}{e^-} = \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \Rightarrow \frac{108 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = \frac{y(g)}{1.00 \times 10^{-2} \text{ mol}}$ 比例式 II
電解槽 II	陰極	$\frac{Cu}{2e^-} = \frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} \Rightarrow \frac{63.5 \text{ g}}{2 \text{ mol}} = \frac{z(g)}{1.00 \times 10^{-2} \text{ mol}}$ 比例式 III

よって、比例式 I ~ III より、

$x = 5.60 \times 10^{-2} (L)$, $y = 1.080 (g)$, $z = 0.317 (g)$ が求められる。

② 計算の結果を、要求されている解答の形式に整える。

生徒 「問 1 では、析出する金属の合計を求めています。金属の合計の質量は $1.080 + 0.317 = 1.397 (g)$ ですね。問 2 では、発生する気体の合計を求めています。電解槽 I の陽極でしか気体は発生しないので、 $5.60 \times 10^{-2} \times 10^3 = 56.0 (mL)$ となりますね」

先生 「さて問 3 だけど、電解槽 II の各電極反応を注意深く眺めてみると気が付くように、電解液内では何の変化も起きていない。だって、陰極で Cu^{2+} が消費される一方で、陽極で同物質量の Cu^{2+} が生成するわけだからね。だから電解の前後で濃度は不変、すなわち、 0.10 mol/L だ」

【解答】 問 1 1.4 g 問 2 56 mL 問 3 $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$

例題 29 並列の電気分解

2種類の電解槽(IとII)がある。Iは硝酸銀水溶液に2枚の銀板を浸したもの、IIは硫酸銅(II)水溶液に2枚の白金板を浸したものであり、これらを並列につないだ。2アンペア(A)の電流を10分間通じたら、電解槽Iの陰極の質量は0.477g増加した。下記の各問いに答えよ。答は3桁目を四捨五入して有効数字2桁として答えよ。

ファラデー定数を $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

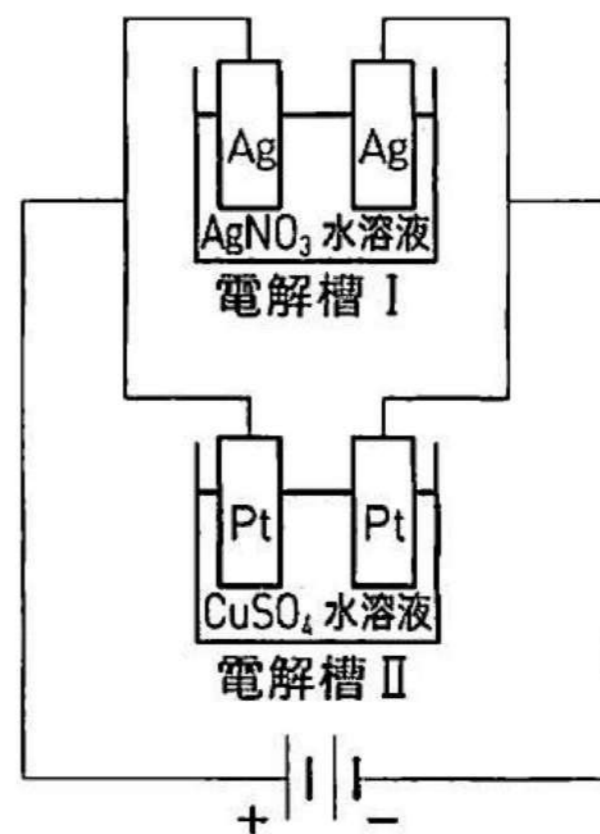
原子量は次の値を用いよ。

$$\text{Cu}=63.5, \text{Ag}=108$$

問1 Iの電解槽を流れた電流は何Aか。

問2 IIの陽極から発生した気体の物質量は何molか。

上智大(理工)



STEP 1 情報の整理

① 『まず、電極反応を明らかにしよう』

電解槽 I : 陽極では、電極は銀 Ag であるので、銀電極 Ag 自身が溶解する。
陰極では、電解液中に重金属のイオン Ag^+ があるので、重金属の単体 Ag が析出する。

電解槽 II : 陽極では、電極は白金で電解液中にハロゲン化物イオンがないので、酸素 O_2 が発生する。陰極では、電解液中に重金属のイオン Cu^{2+} があるので、重金属の単体 Cu が析出する。

電解槽 I	陽極	$\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{e}^-$
	陰極	$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$
電解槽 II	陽極	$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$
	陰極	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$

② 『次に、流れた電子の物質量を明らかにしよう』

並列に接続された電解槽なので、電解槽ごとに考える。

全体	流れた電子 e^- の物質量 $= \frac{2 \times 10 \times 60}{9.65 \times 10^4} = 1.24 \times 10^{-2} (\text{mol})$
電解槽 I	流れた電子 e^- の物質量は不明なので、 $x (\text{mol})$ とおく。
電解槽 II	流れた電子 e^- の物質量 $= 1.24 \times 10^{-2} - x (\text{mol})$

③ 『さらに、与えられている物質の量を明らかにし、問われている物質の量を記号化しよう』

電解槽 I	陰極	析出した Ag の質量 : 0.477 g
電解槽 II	陽極	発生した O_2 の物質量 : $a (\text{mol})$

STEP 2 式への代入

① 上述の情報をもとに、比例式を立てる。

電解槽 I	陰極	比例式 I $\frac{\text{Ag}}{\text{e}^-} = \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \Rightarrow \frac{108 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = \frac{0.477 \text{ g}}{x (\text{mol})}$
電解槽 II	陽極	比例式 II $\frac{\text{O}_2}{4\text{e}^-} = \frac{1 \text{ mol}}{4 \text{ mol}} = \frac{a (\text{mol})}{1.24 \times 10^{-2} - x (\text{mol})}$

よって、まず比例式 I より x が、次に比例式 II より a が、
 $x = 4.41 \times 10^{-3} (\text{mol})$, $a = 1.99 \times 10^{-3} (\text{mol})$ と求められる。

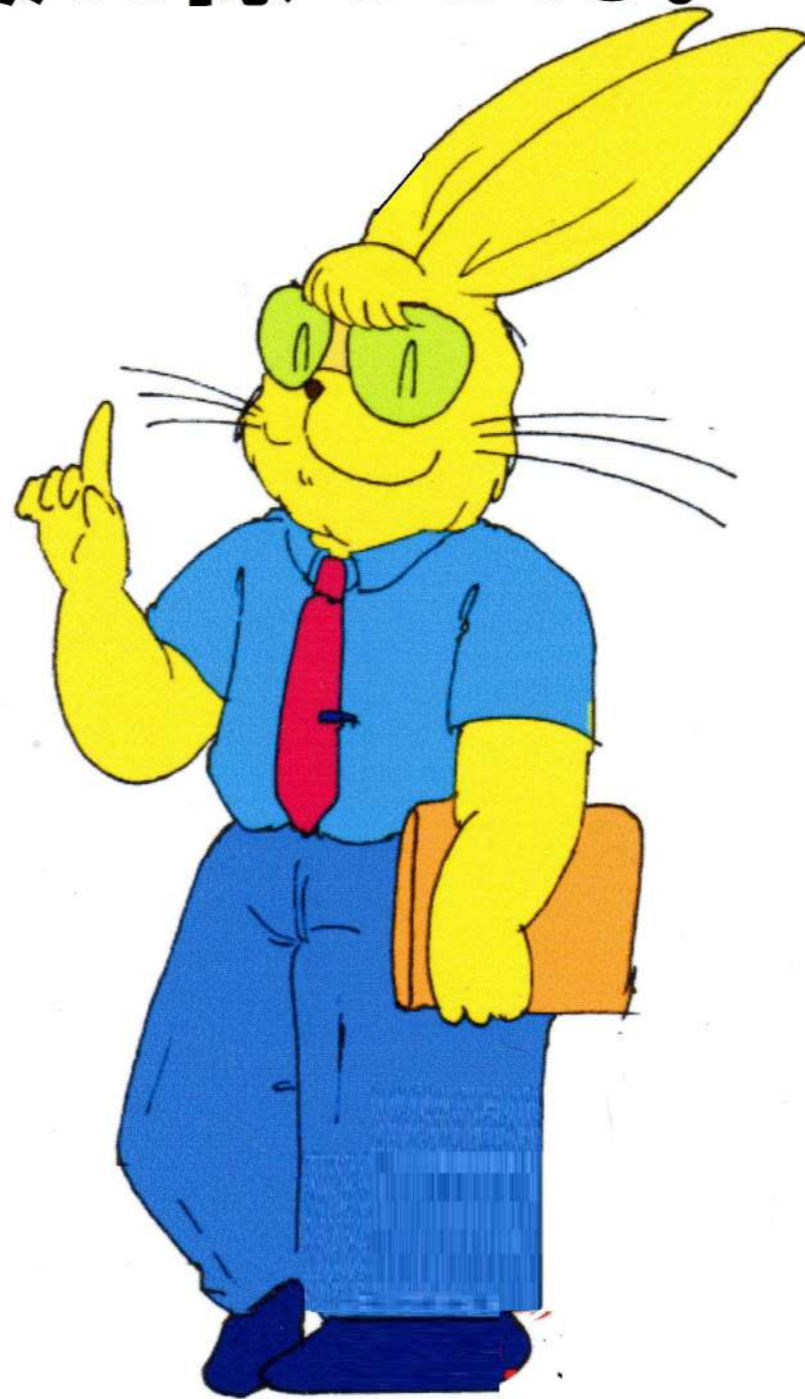
② 計算の結果を、要求されている解答の形式に整える。

流れた電流を i (アンペア) とおくと、

$$\begin{aligned} \text{流れた電気量 (C)} &= i \times 10 (\text{分}) \times 60 (\text{秒 / 分}) \\ &= 9.65 \times 10^4 (\text{C/mol}) \times 4.41 \times 10^{-3} (\text{mol}) \text{ より,} \\ i &= 0.709 (\text{アンペア}) \end{aligned}$$

【解答】 問 1 $7.1 \times 10^{-1} \text{ A}$ 問 2 $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

お疲れ様でした。



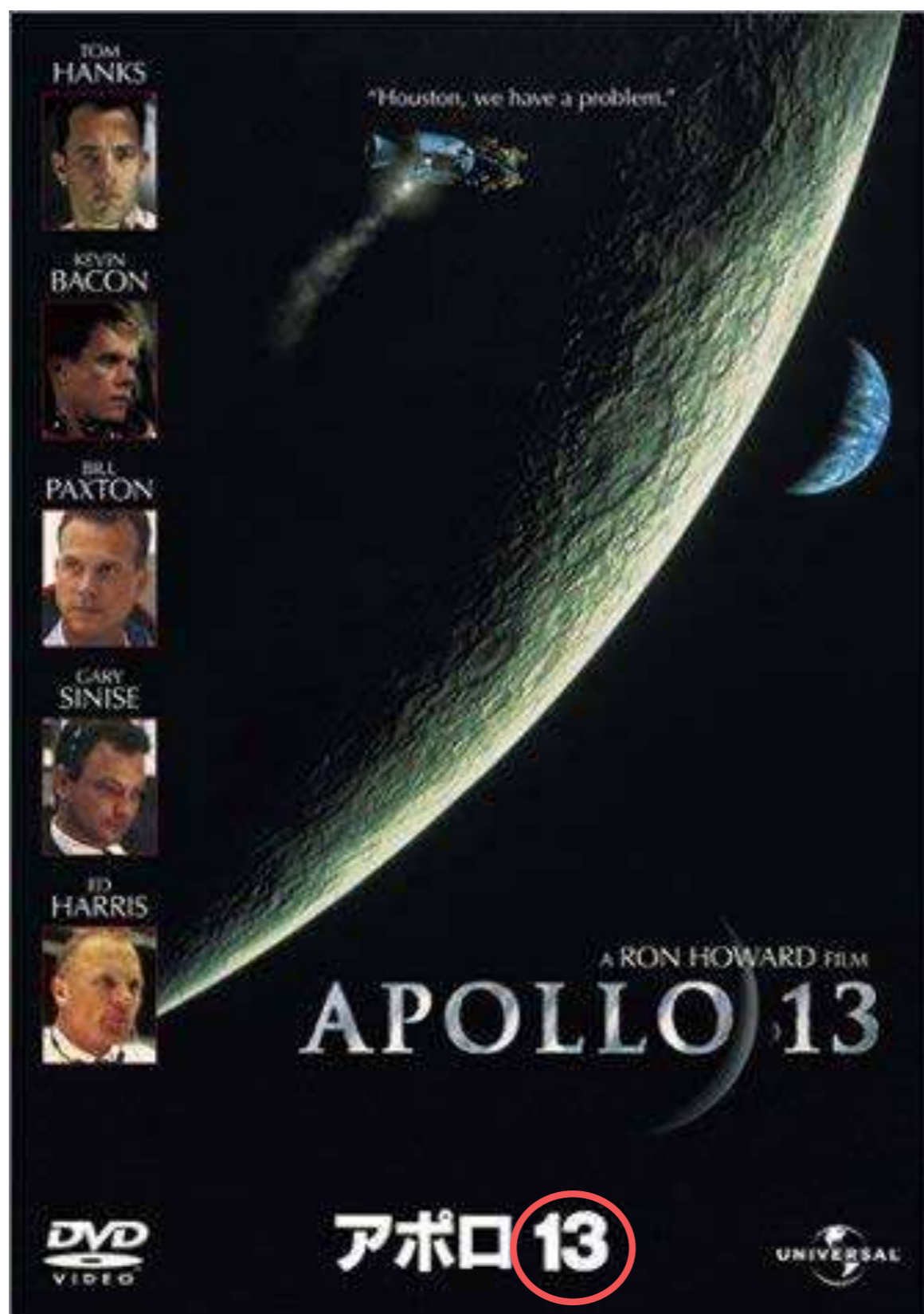
エネルギー問題の解決のために、いくつかの新しい発電方法が開発されている。1962年にアメリカのジェミニ宇宙船に採用された燃料電池は、水素と酸素の反応($2\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$)を利用した方法であり、下図のような構造の電池である。

この方法は、反応上非常にクリーンで安全性が高く、火力発電などに比べて熱による損失が少ないため効率が高い、などの特色をもっている。現在までに、水酸化カリウム水溶液やリン酸水溶液を電解液として用いたものがすでに実用化されている。

マーキュリー計画(1958~1963)

ジェミニ計画(1964~1966)

アポロ計画(1961~1972)



1970年4月11日
13時13分
打ち上げ

米国東部時間13日
地球から32万km
月まで6.5万km
酸素タンク爆発

映画『アポロ13』予告編 1分30秒



帰還 2分50秒



世界中の人々が見守っていた。40秒弱



お疲れ様でした。

