

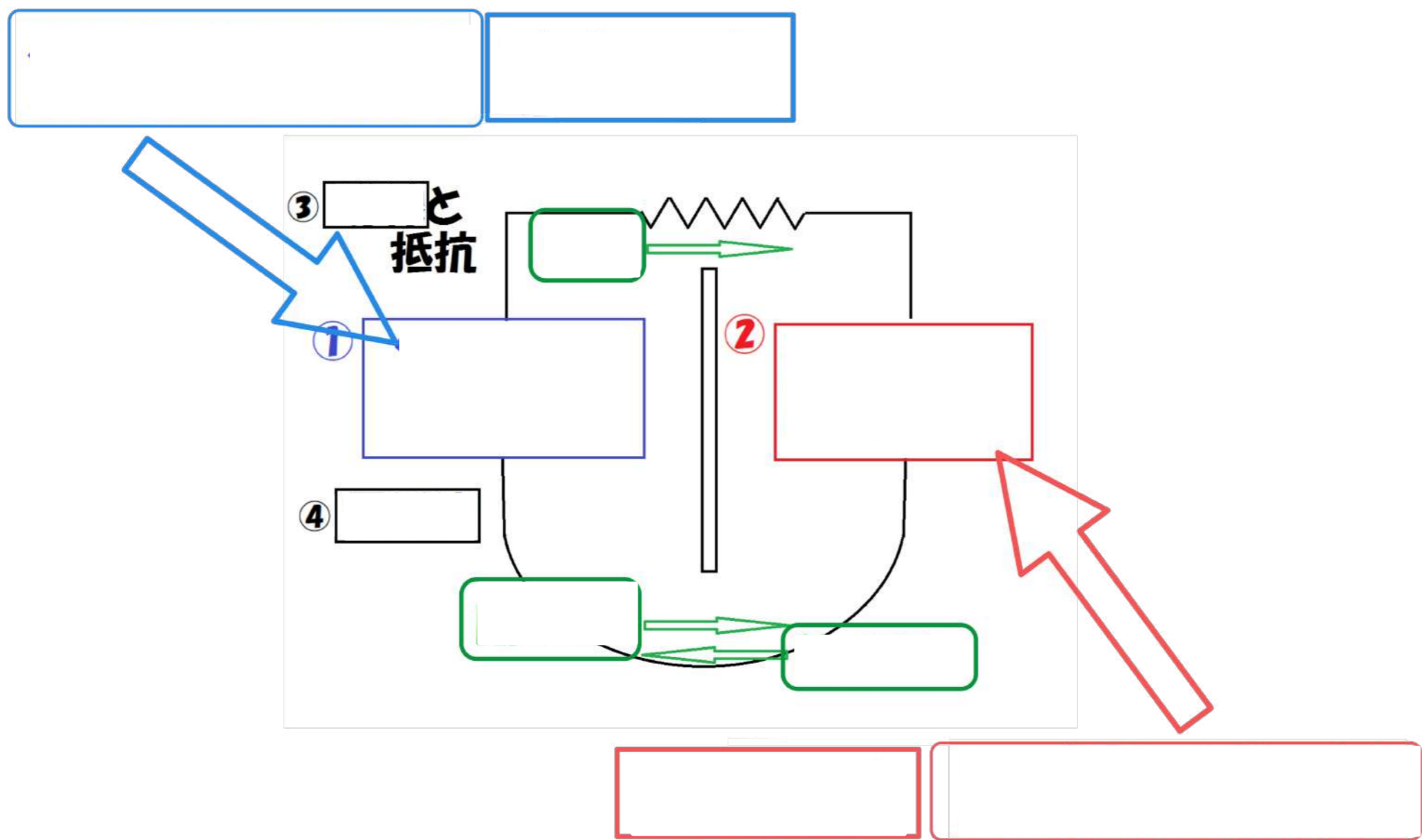
化学電池って？

化学電池って？

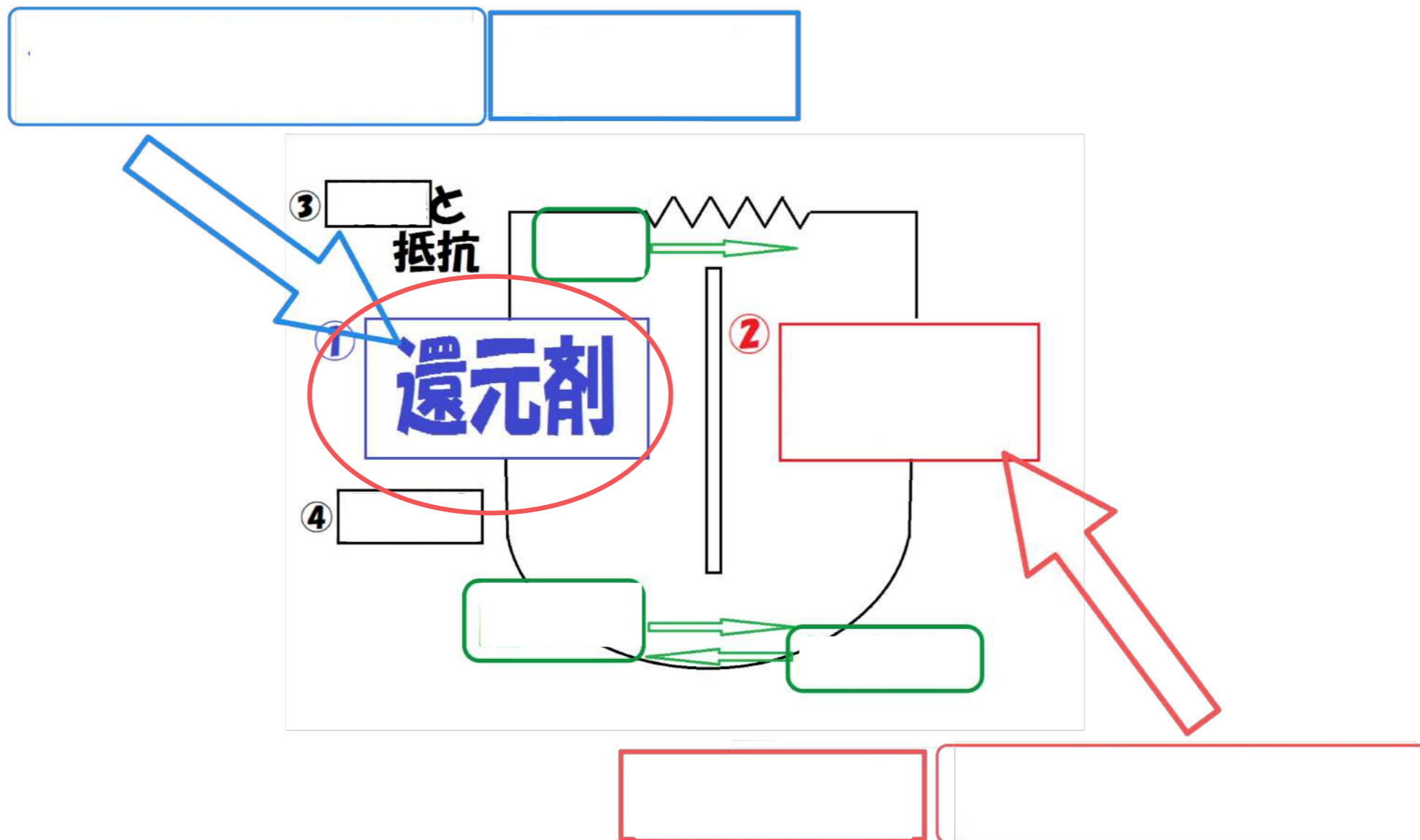
酸化還元反応に伴って放出される化学エネルギーを、電気エネルギーとして取り出す装置のこと。

化学電池の基本的な構成って？

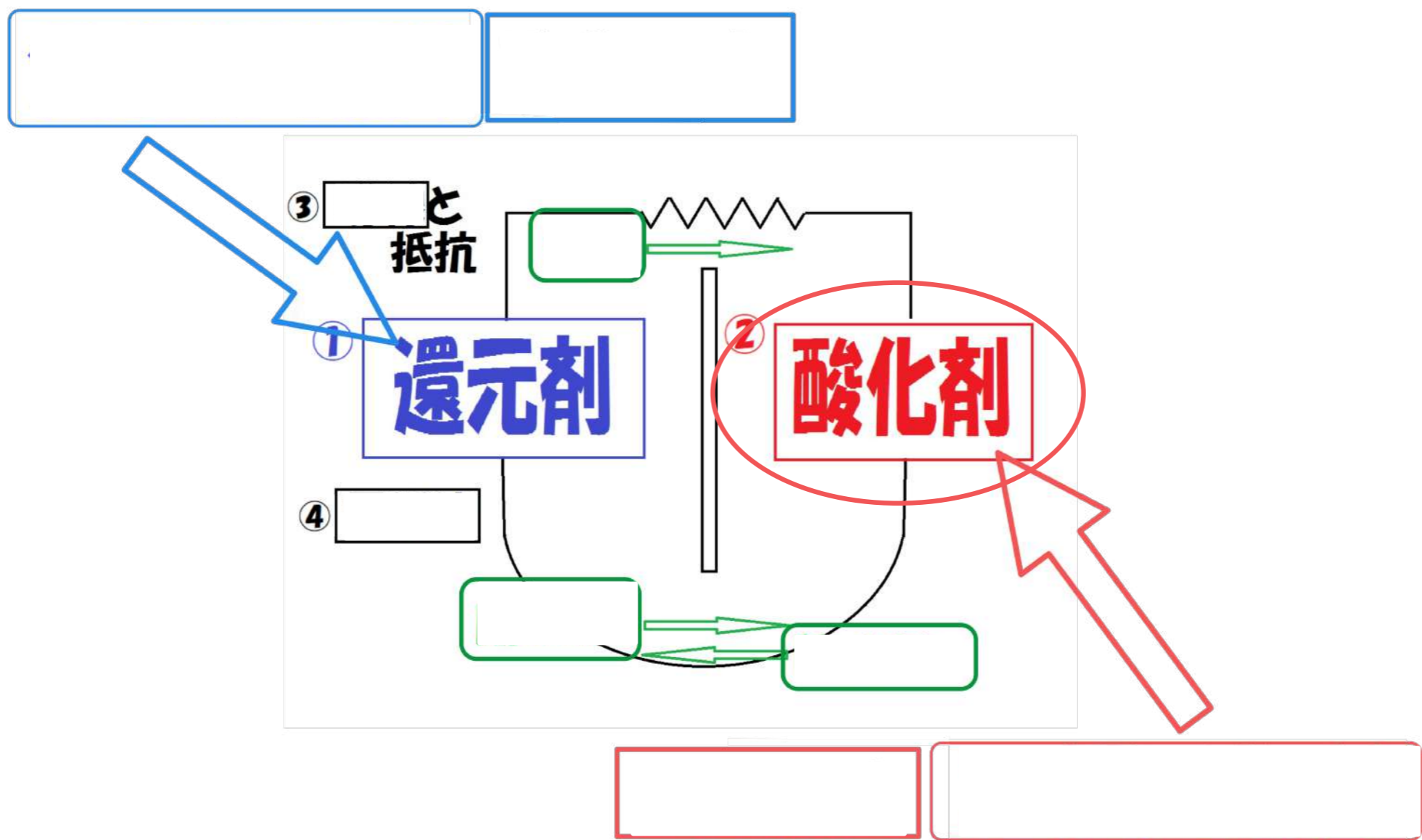
化学電池の基本的な構成って？



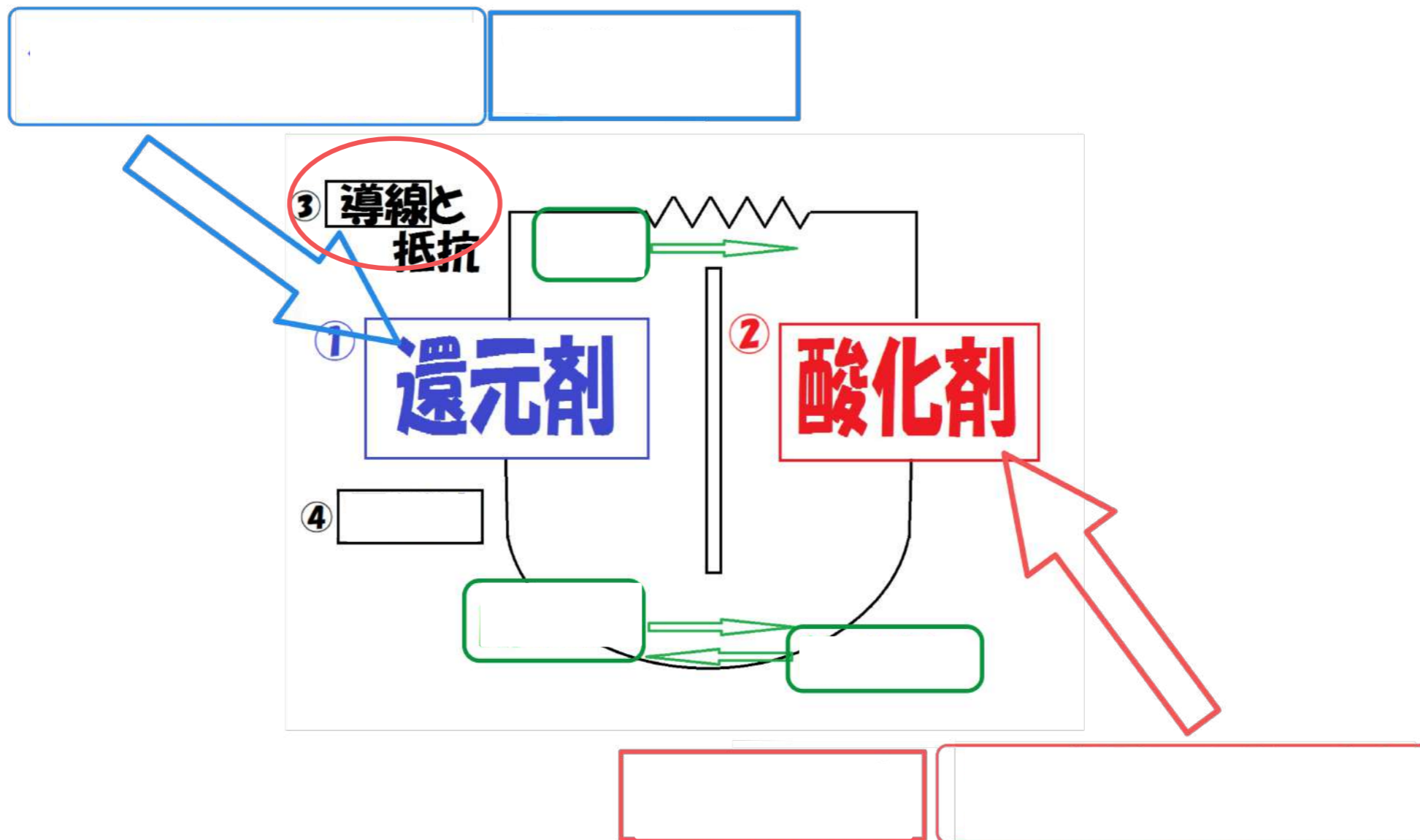
化学電池の基本的な構成って？



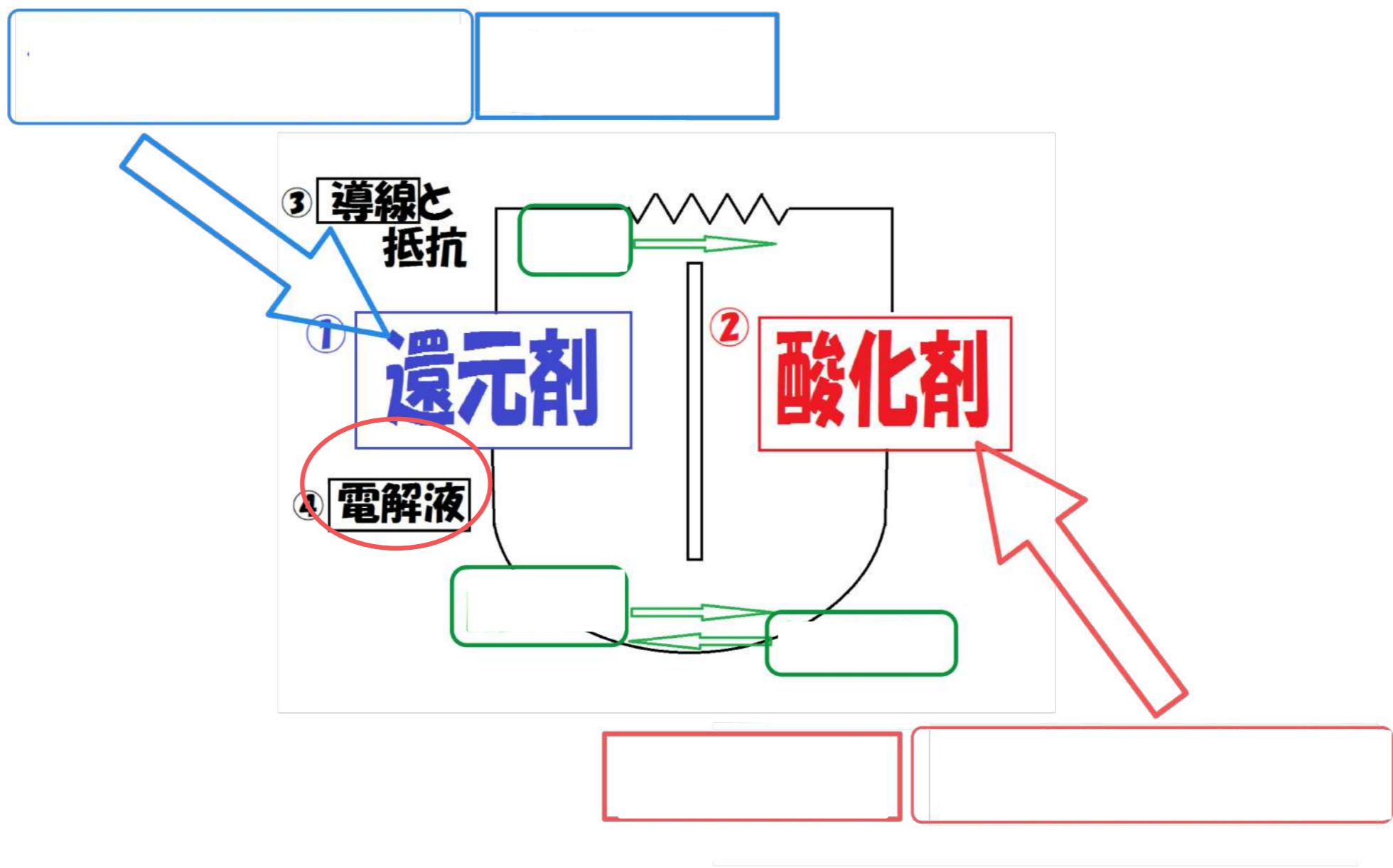
化学電池の基本的な構成って？



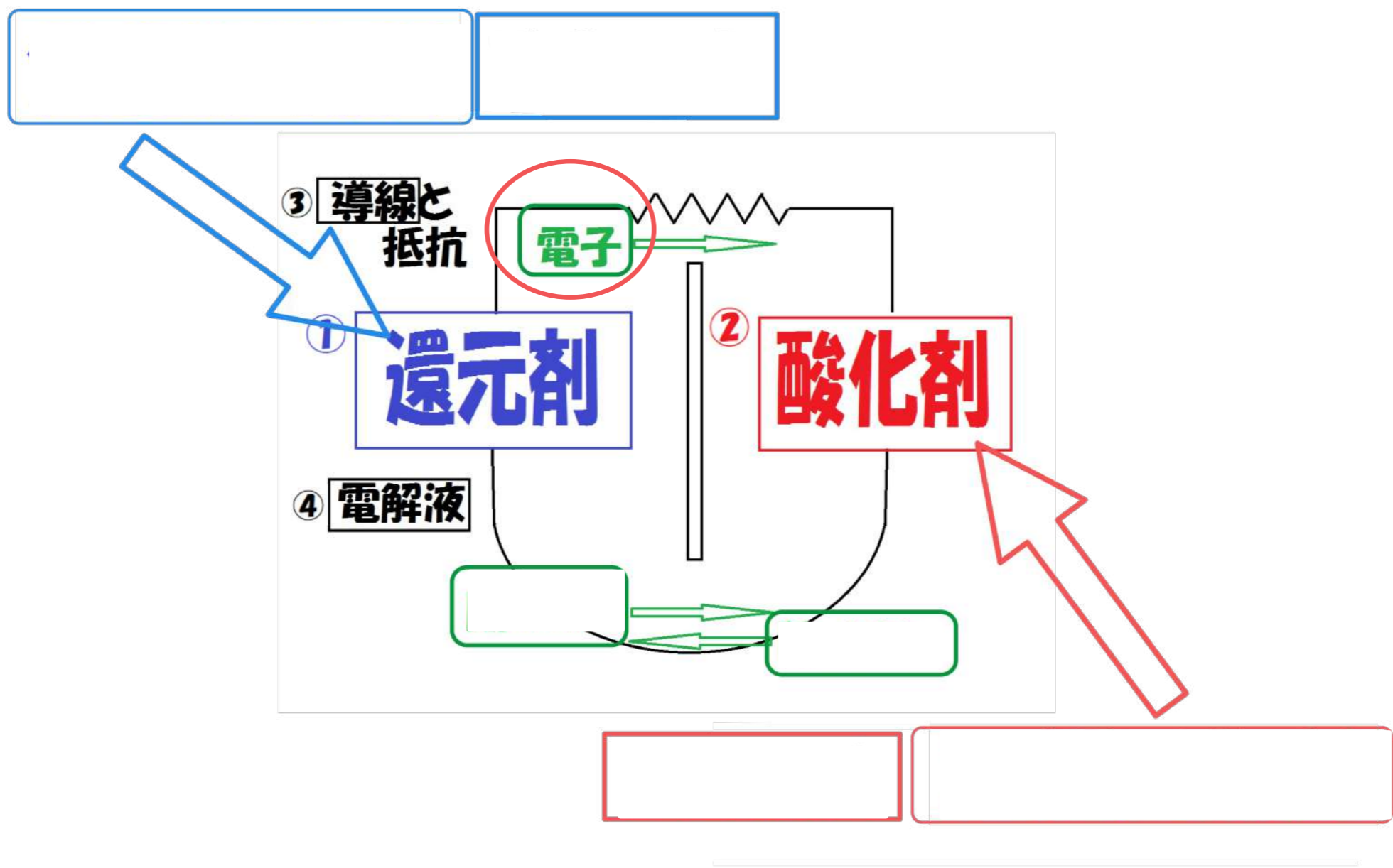
化学電池の基本的な構成って？



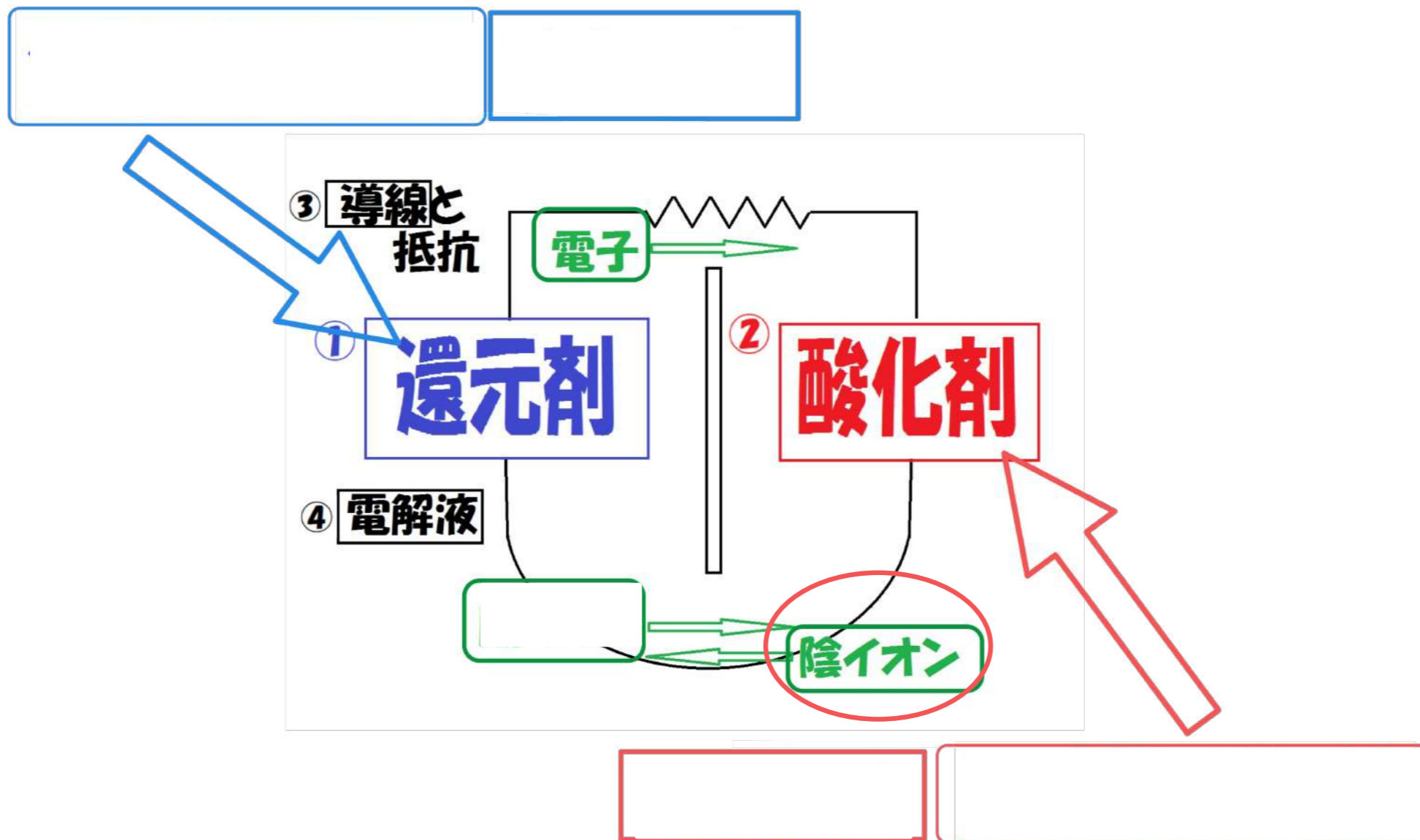
化学電池の基本的な構成って？



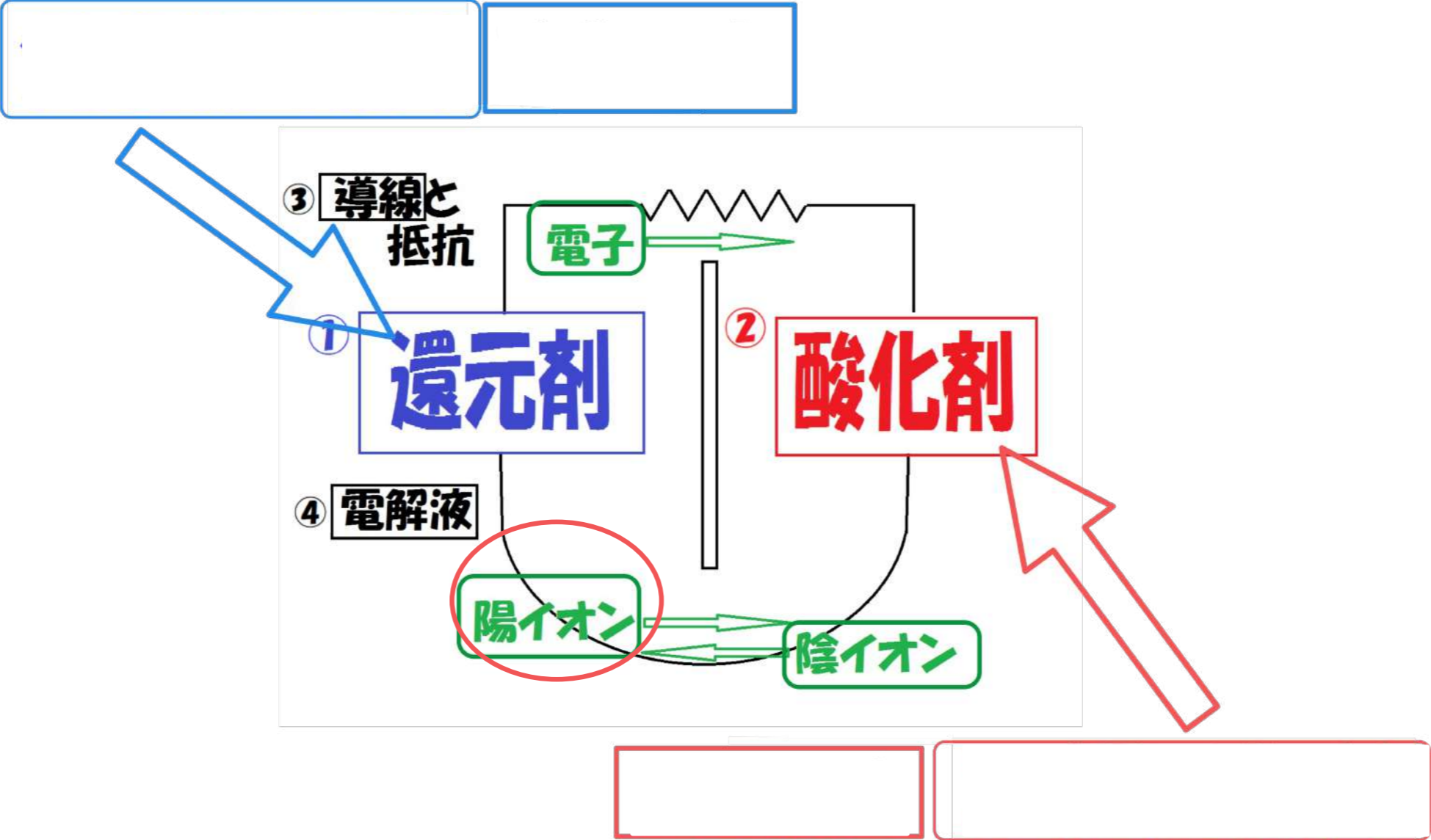
化学電池の基本的な構成って？



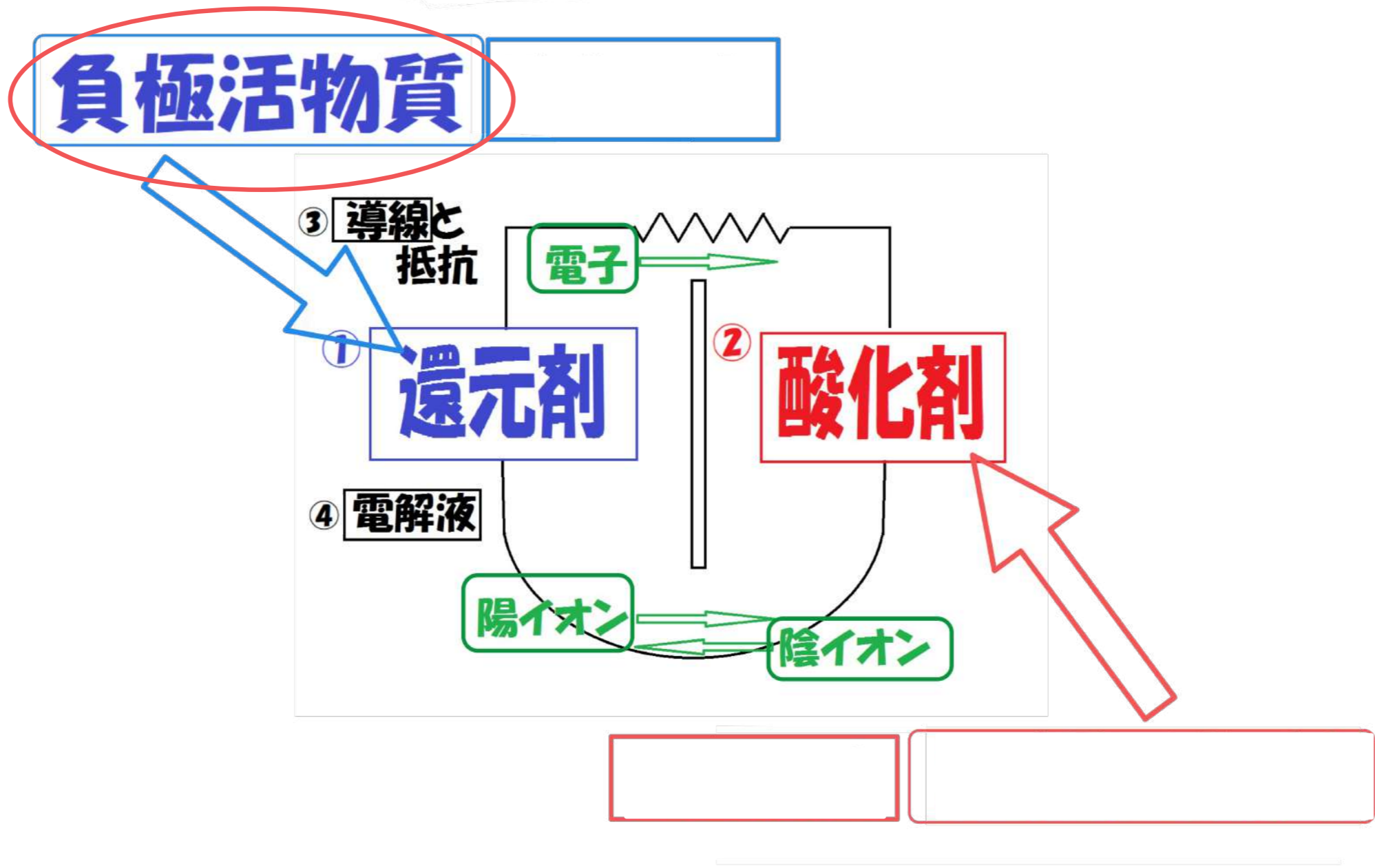
化学電池の基本的な構成って？



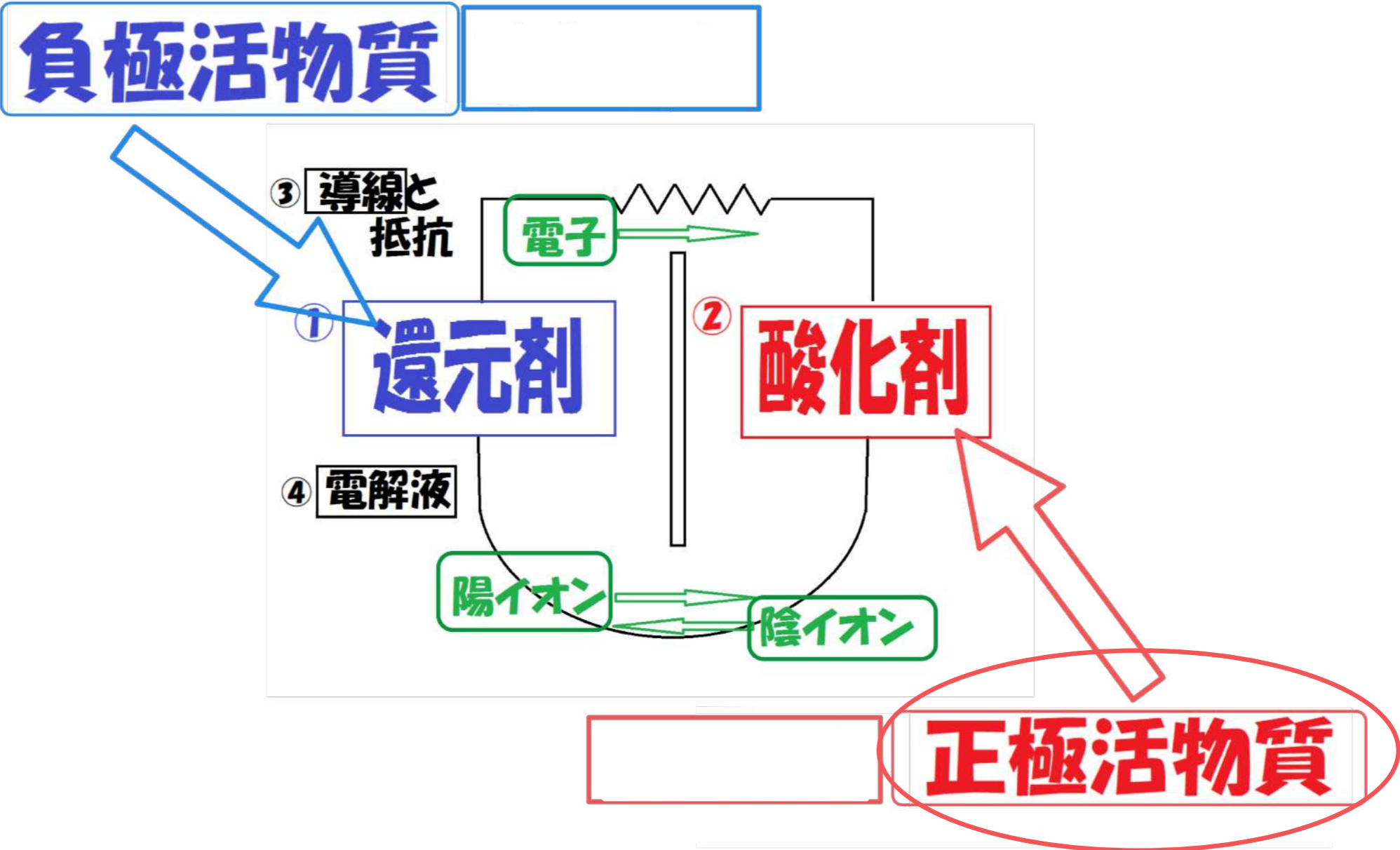
化学電池の基本的な構成って？



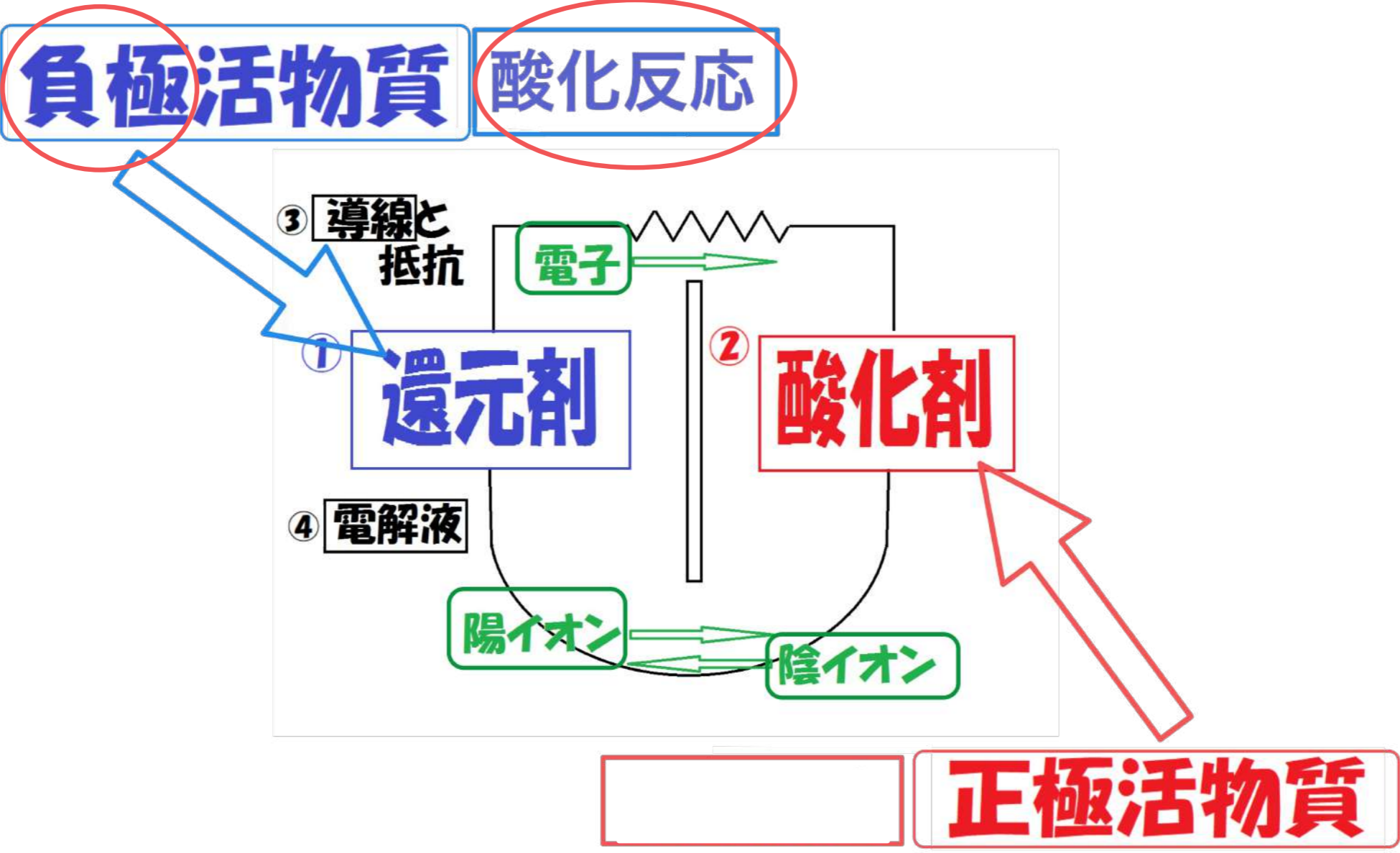
化学電池の基本的な構成って？



化学電池の基本的な構成って？

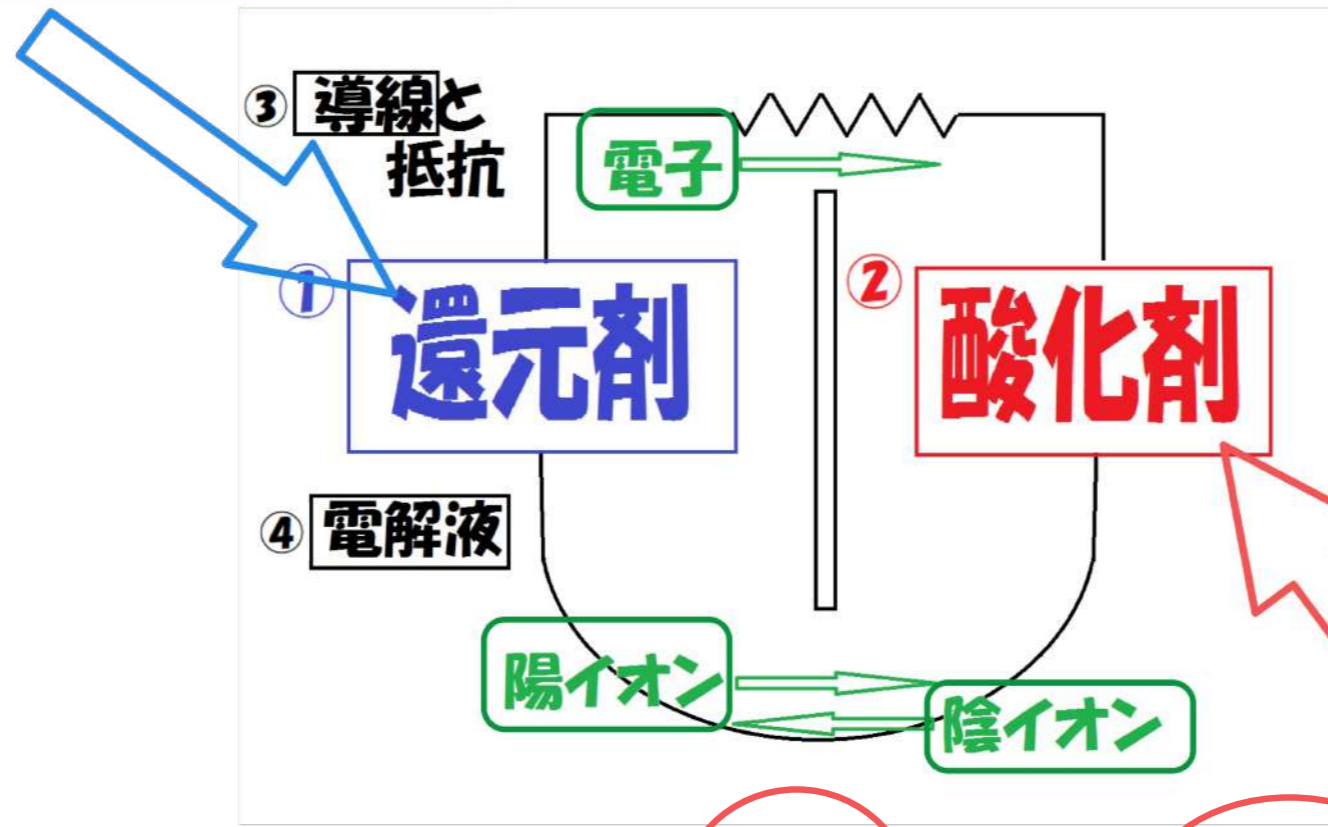


化学電池の基本的な構成って？



化学電池の基本的な構成って？

負極活物質 酸化反応



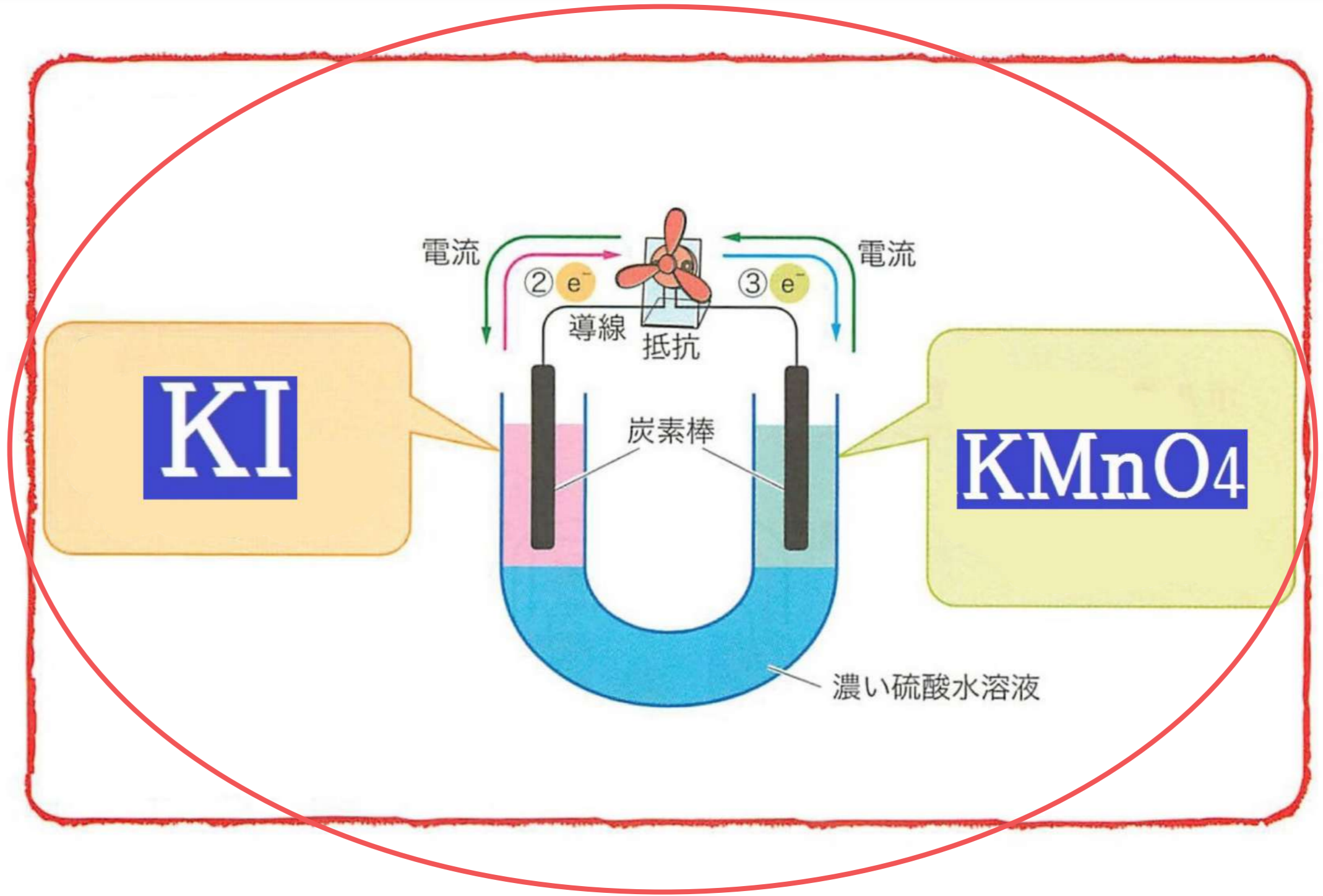
還元反応 正極活物質

還元剤

酸化剤

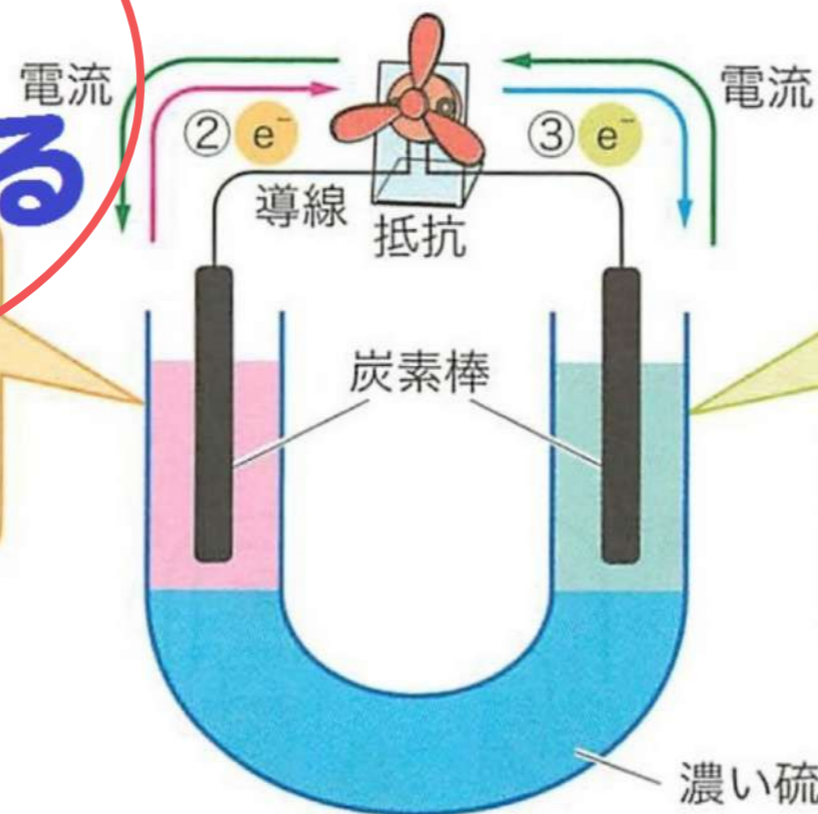
KIとKMnO₄で

電池を作れる？



KIという 還元剤がある

①
負極活物質
還元剤は KI
電子の放出
次の酸化反応が起こる。
 $2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$



④
正極活物質
酸化剤は $KMnO_4$
電子の受け取り
次の還元反応が起こる。
 $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^-$
 $\rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

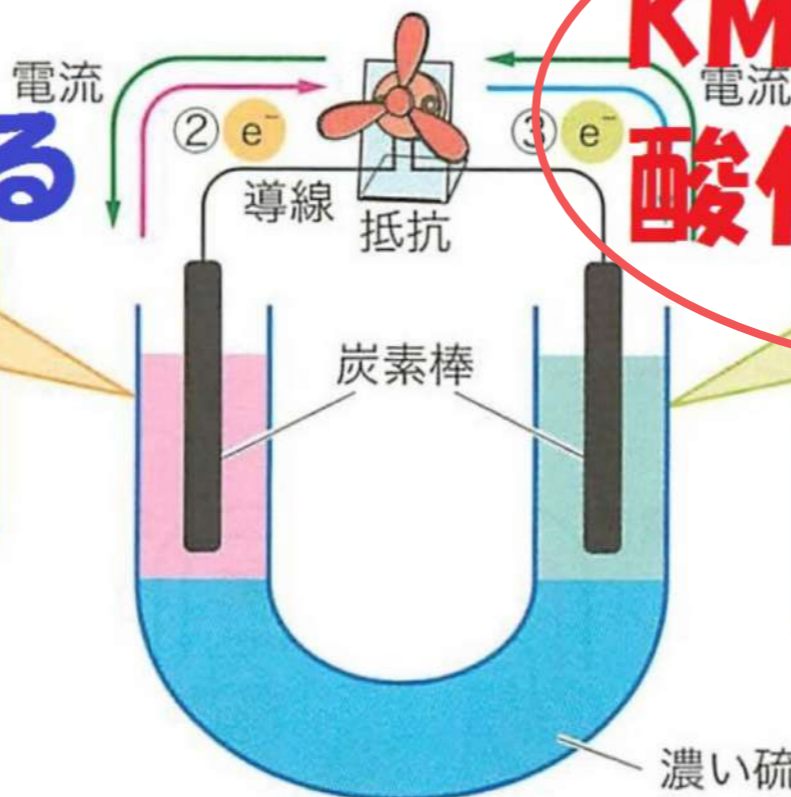
濃い硫酸水溶液

**KIという
還元剤がある**

①
負極活物質
還元剤は KI
電子の放出
次の酸化反応が起こる。
 $2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$

**KMnO₄という
酸化剤がある**

④
正極活物質
酸化剤は KMnO₄
電子の受け取り
次の還元反応が起こる。
 $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$



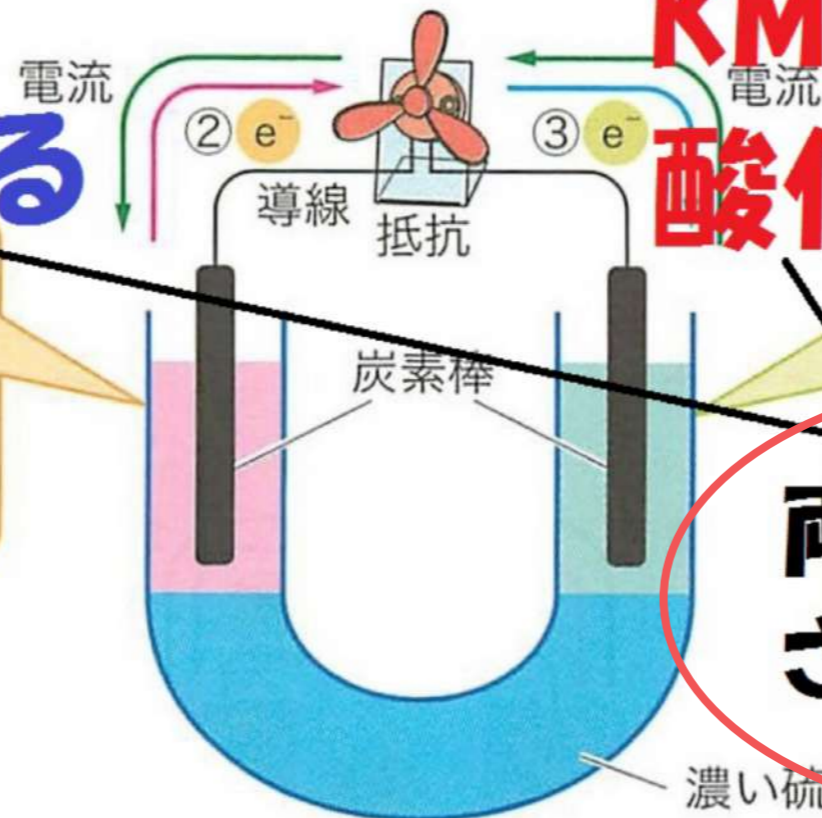
濃い硫酸水溶液

**KIという
還元剤がある**

①
負極活物質
還元剤は KI
電子の放出
次の酸化反応が起こる。
 $2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$

**KMnO₄という
酸化剤がある**

④
正極活物質
酸化剤は KMnO₄
電子の受け取り
次の還元反応が起こる。
**両者は引き離
されている。**
 $\rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$



**KIという
還元剤がある**

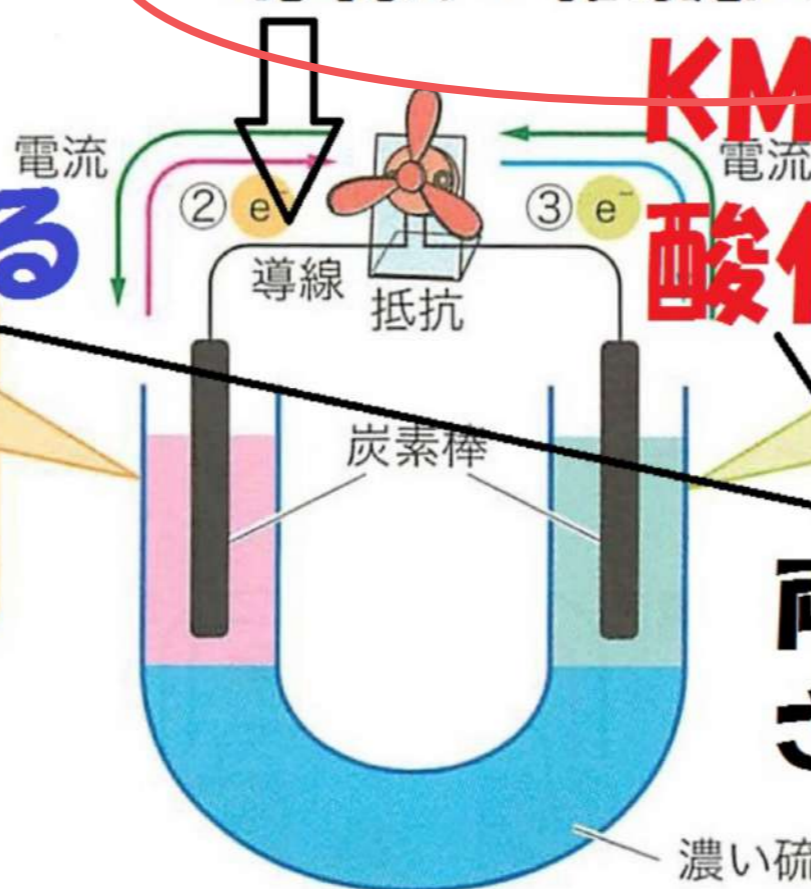
①
負極活物質
還元剤は KI
電子の放出
次の酸化反応が起こる。
 $2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$

導線(+抵抗)で結ばれ、

**KMnO₄という
酸化剤がある**

④
正極活物質
酸化剤は KMnO₄
電子の受け取り
次の還元反応が起こる。

**両者は引き離
されている。**
 $\rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$



濃い硫酸水溶液

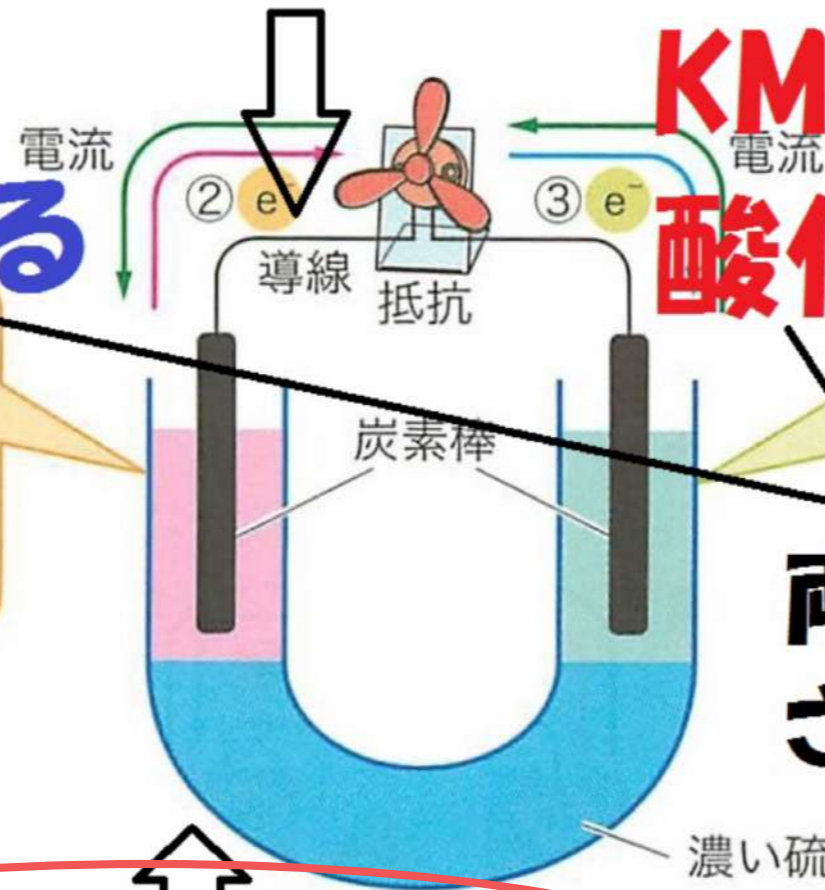
KIという還元剤がある

①
負極活物質
還元剤は KI
電子の放出
次の酸化反応が起こる。
 $2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$

導線(+抵抗)で結ばれ、

KMnO₄という酸化剤がある

④
正極活物質
酸化剤は KMnO₄
電子の受け取り
次の還元反応が起こる。
 $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$
両者は引き離されている。

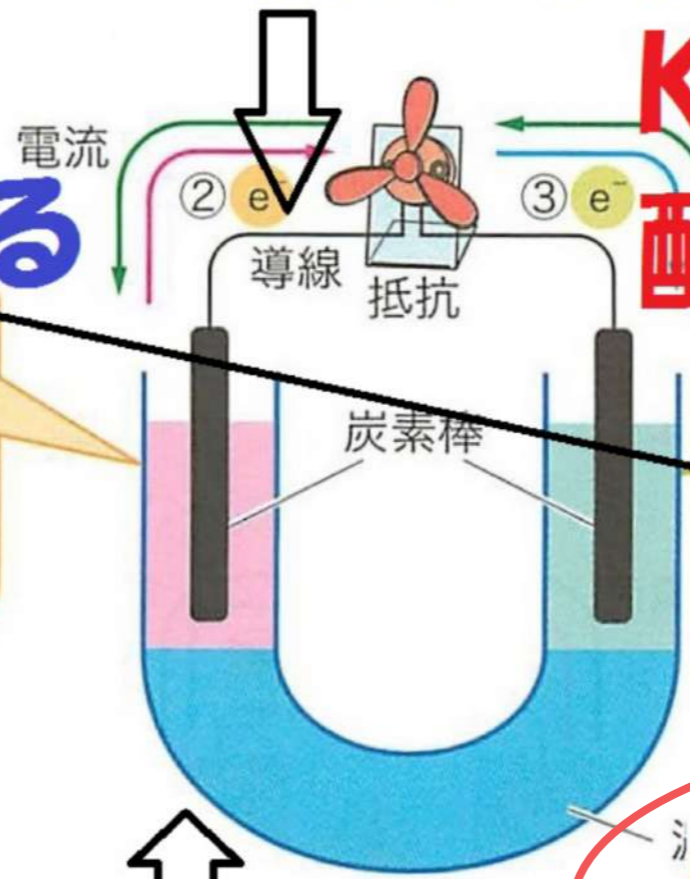


電解液でも結ばれている。

**KIという
還元剤がある**

①
負極活物質
還元剤は KI
電子の放出
次の酸化反応が起こる。
 $2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$

導線(+抵抗)で結ばれ、



**KMnO₄という
酸化剤がある**

④
正極活物質
酸化剤は KMnO₄
電子の受け取り
次の還元反応が起こる。
 $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

**両者は引き離
されている。**

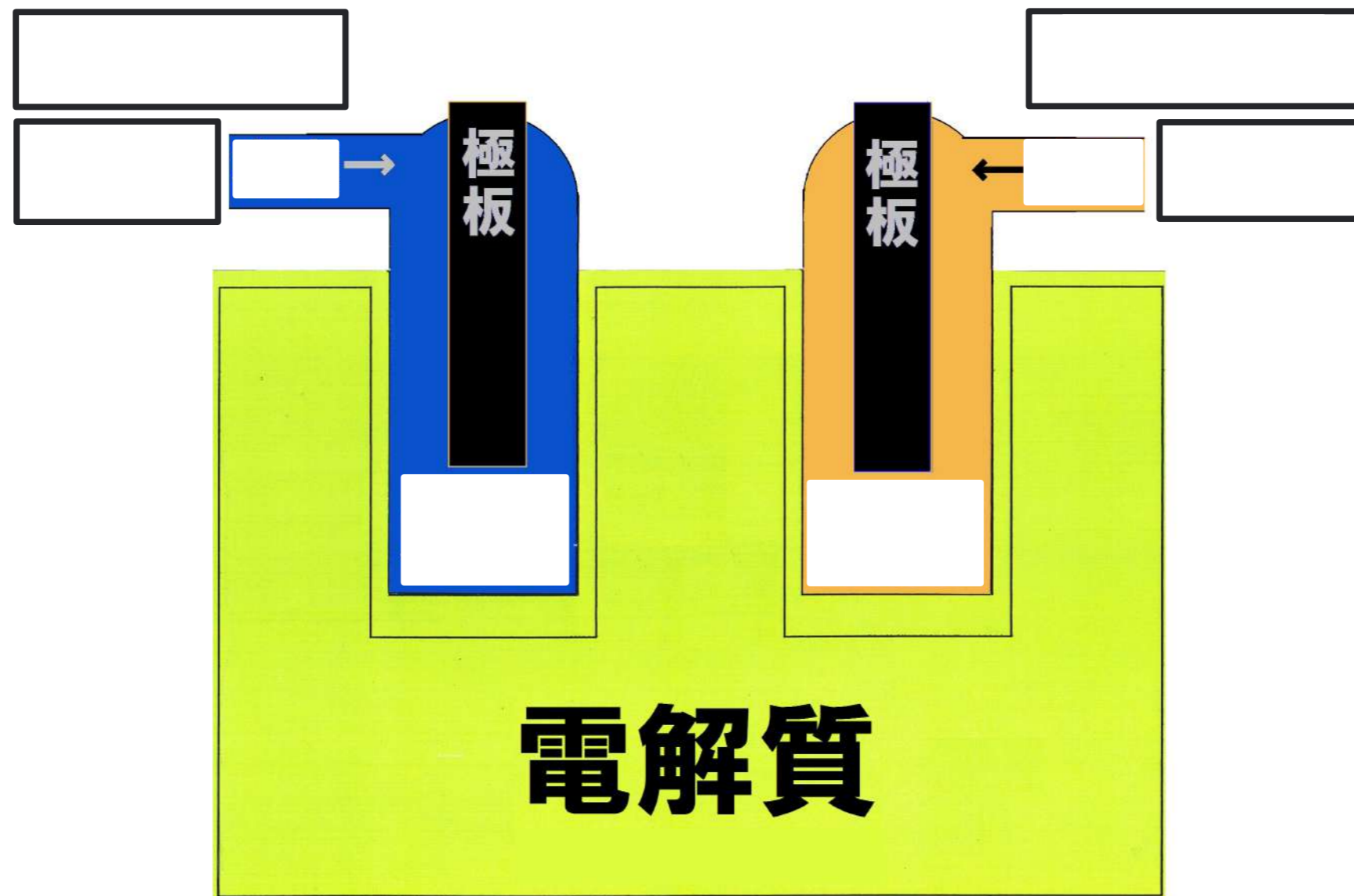
電流は流れる！！

電解液でも結ばれている。

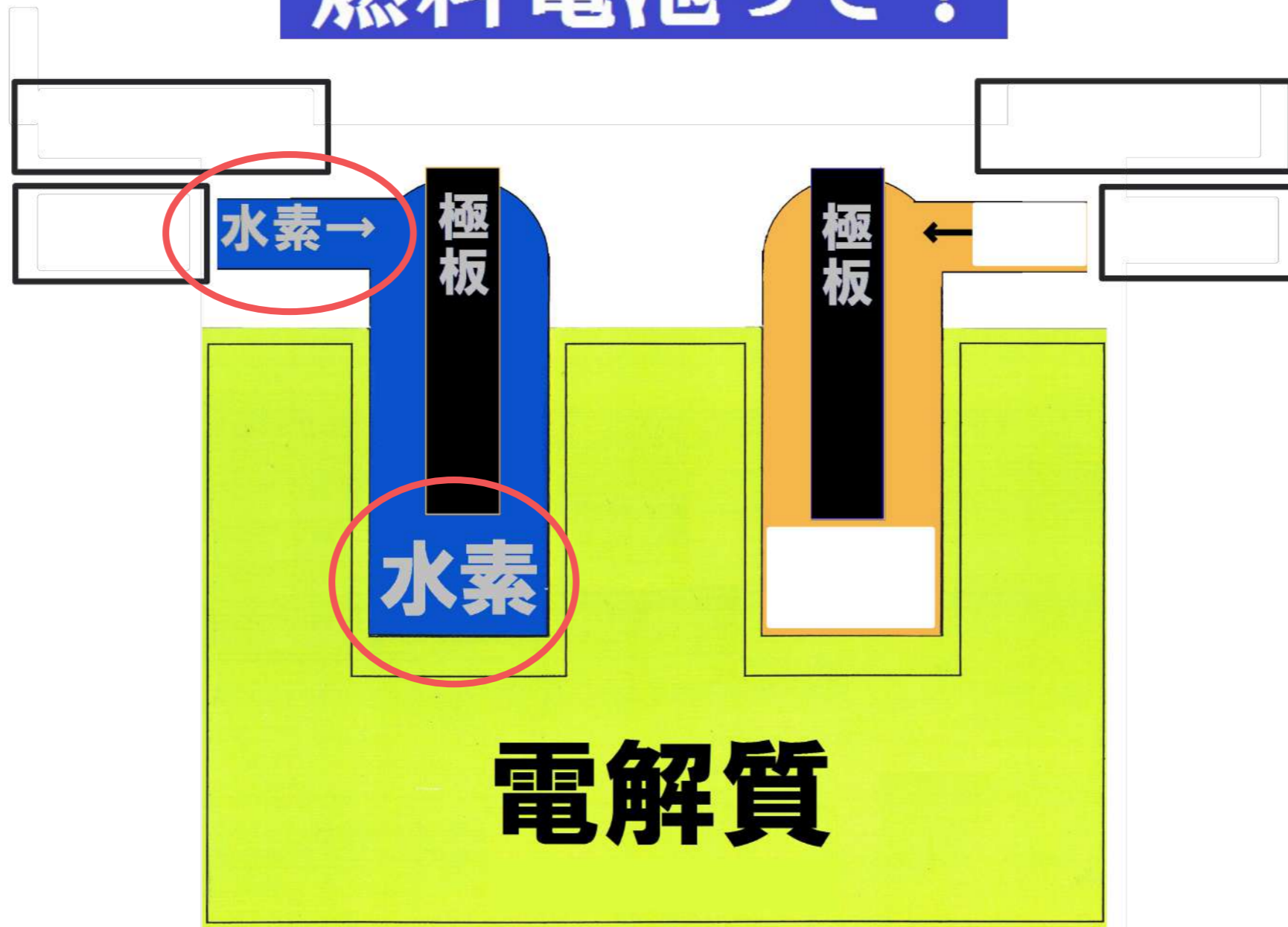


燃料電池って？

燃料電池って？



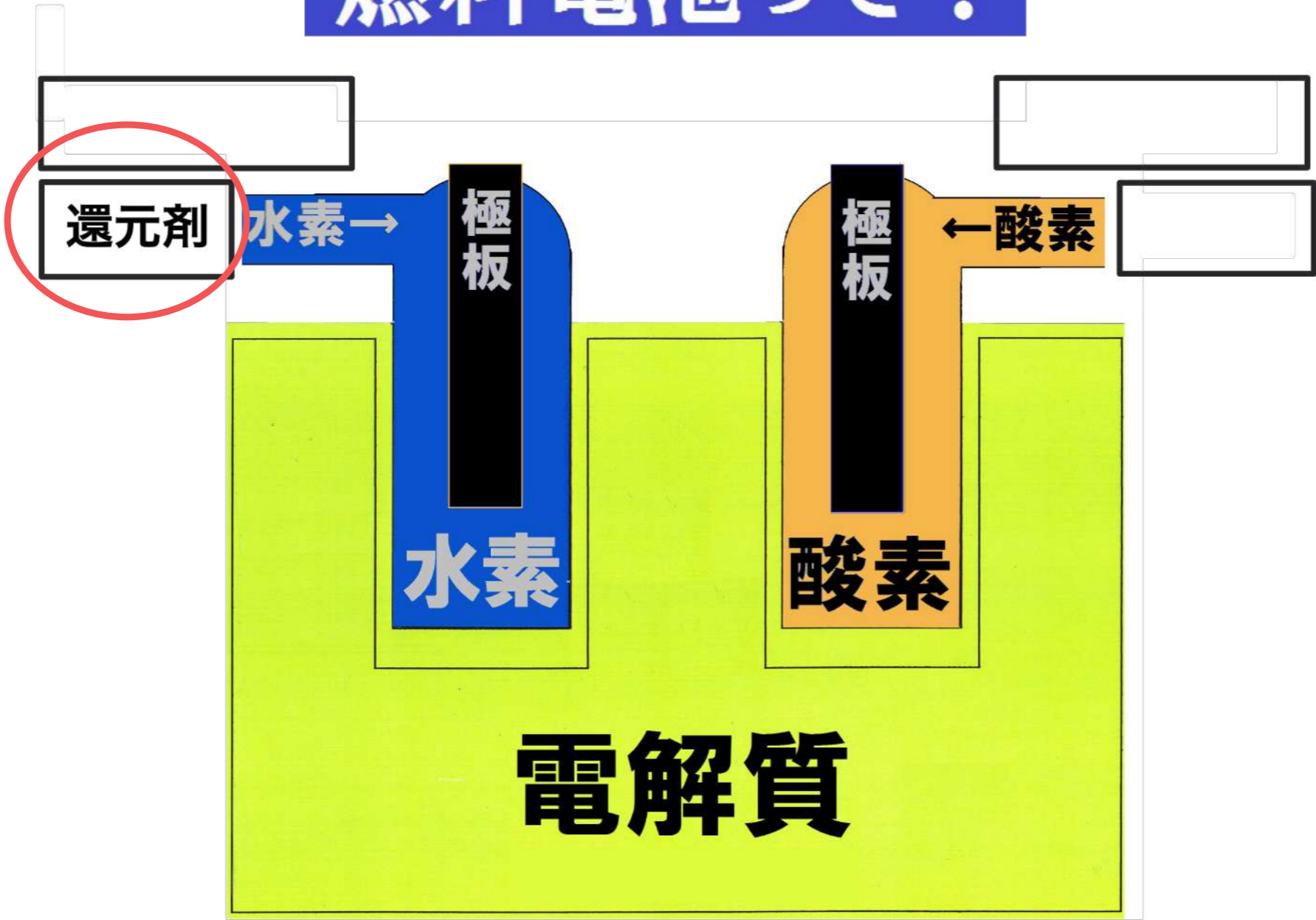
燃料電池って？



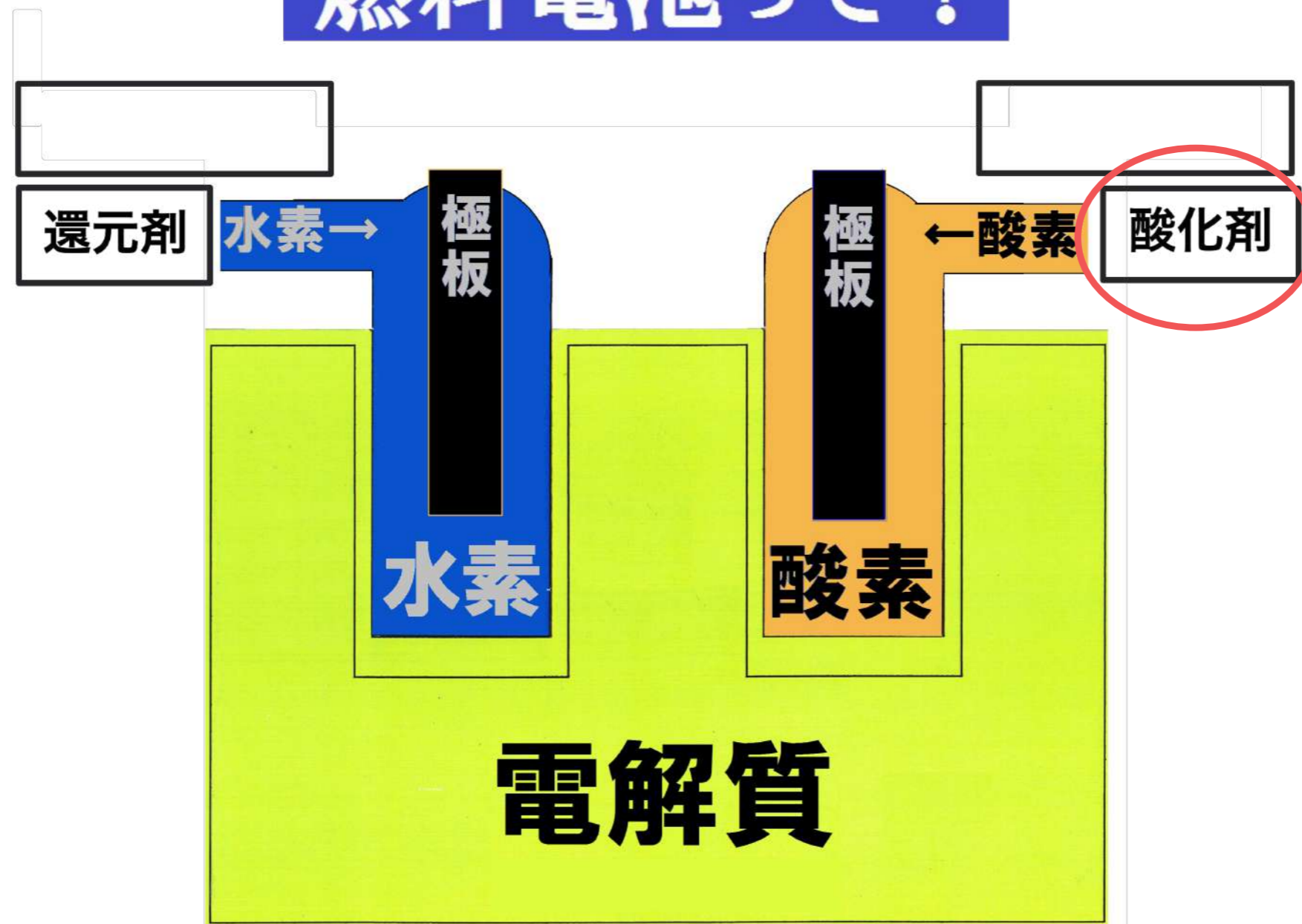
燃料電池って？



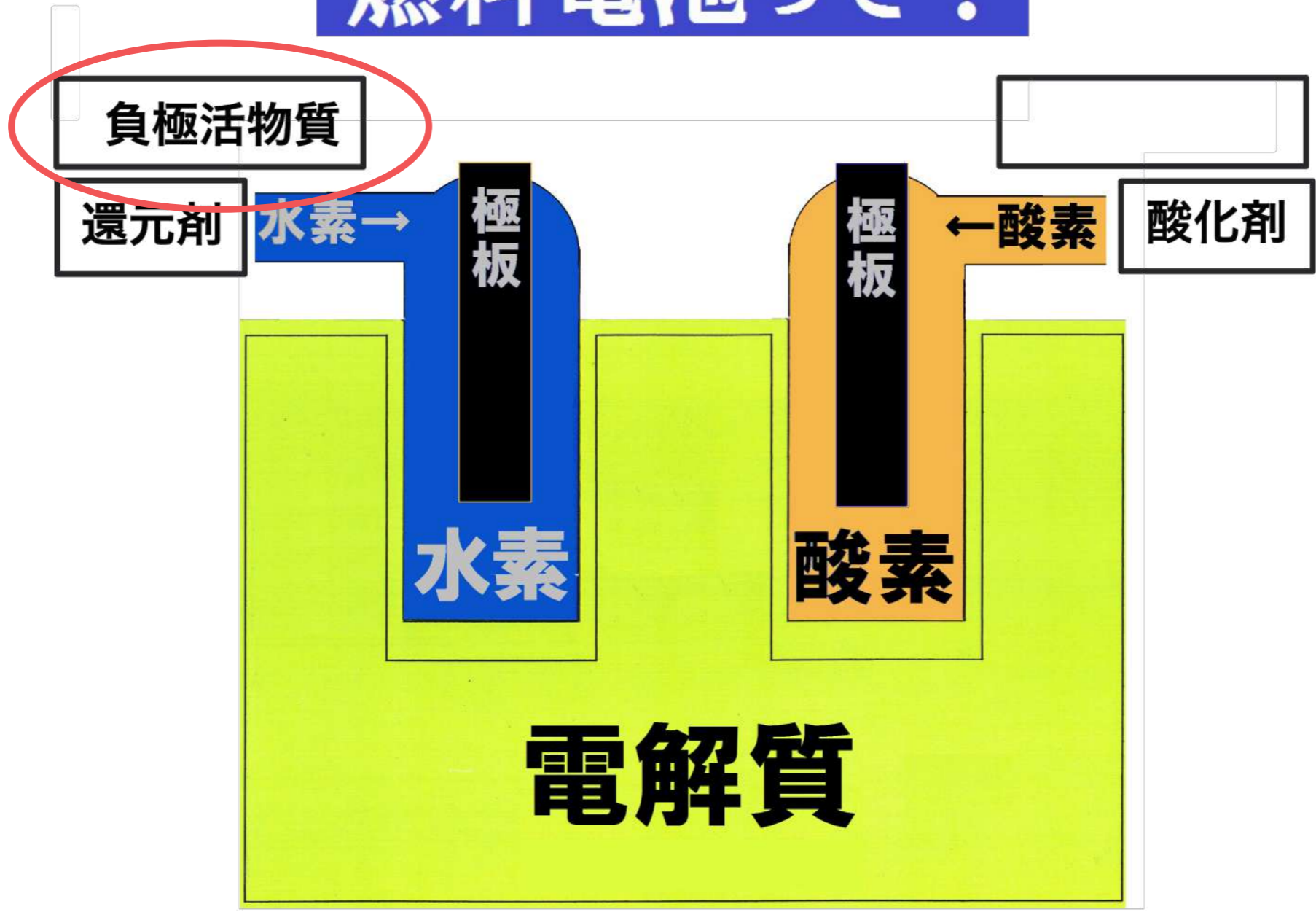
燃料電池って？



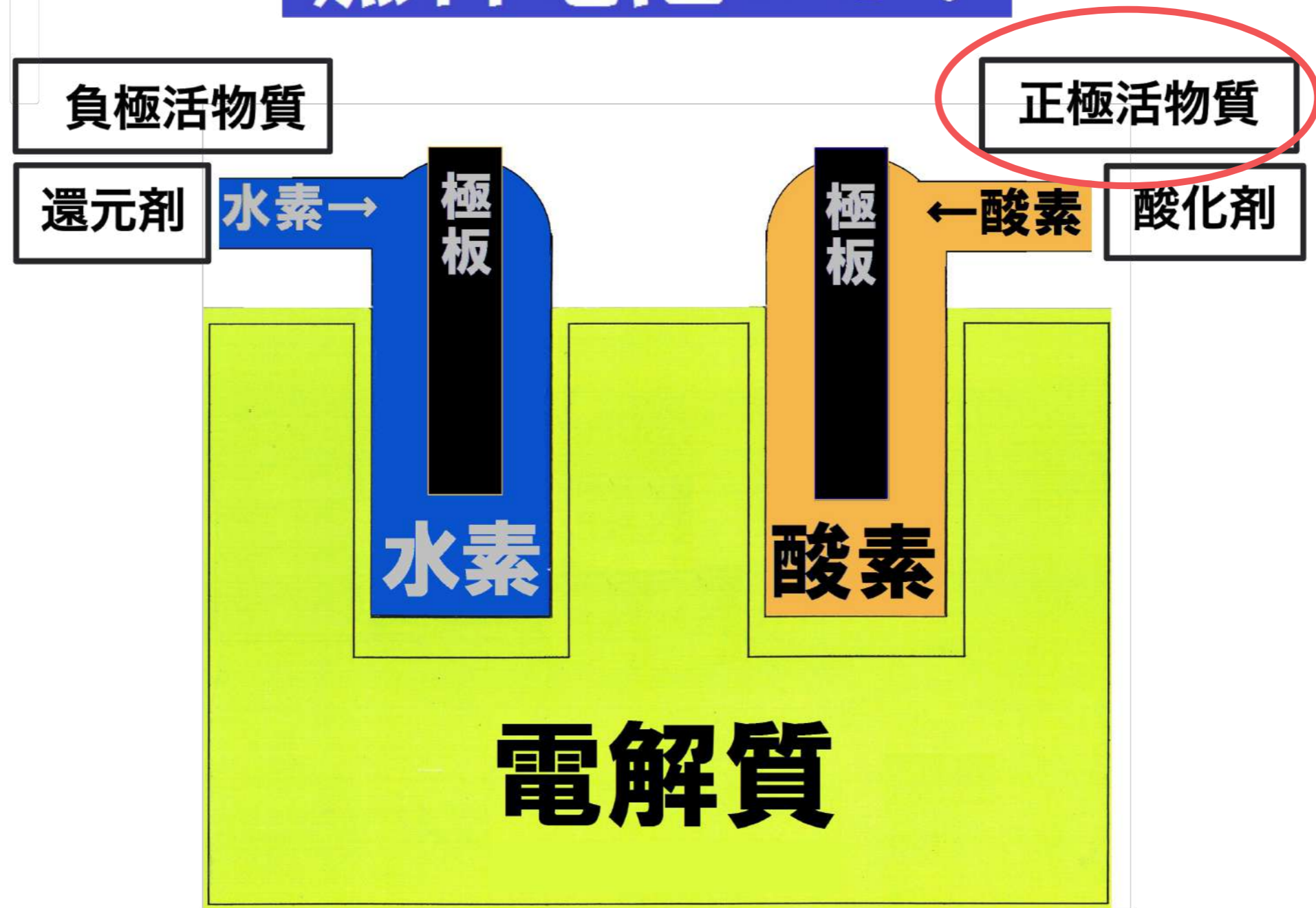
燃料電池って？



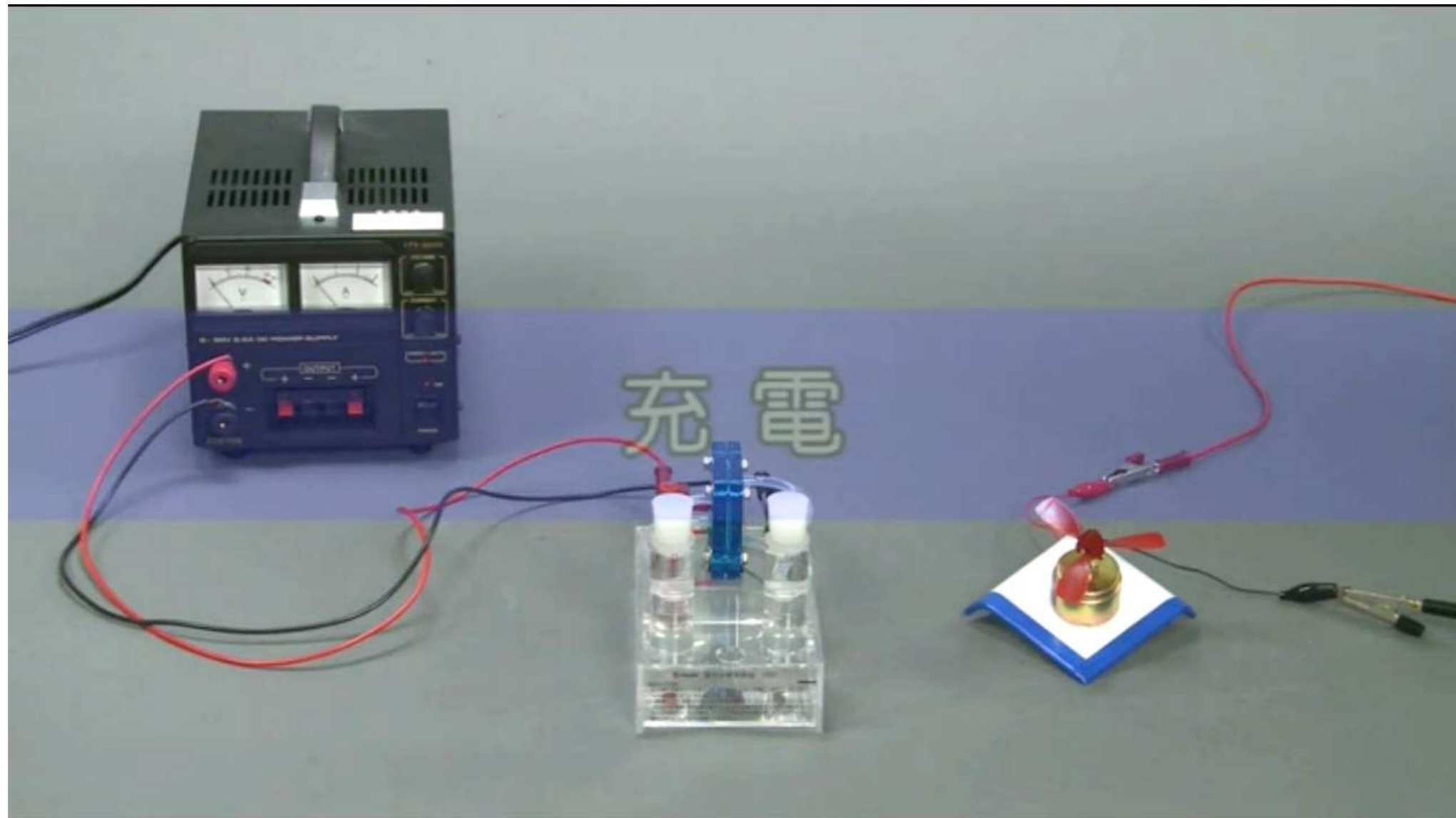
燃料電池って？



燃料電池って？



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？



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

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,

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 : $\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

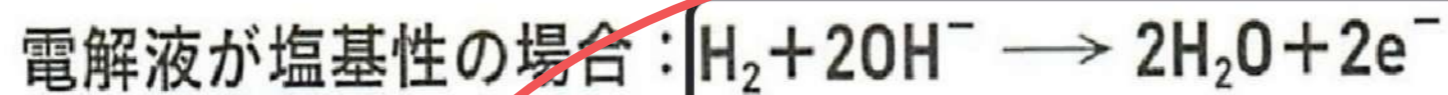
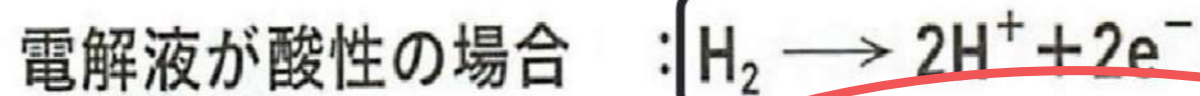
電解液が塩基性の場合 :

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。

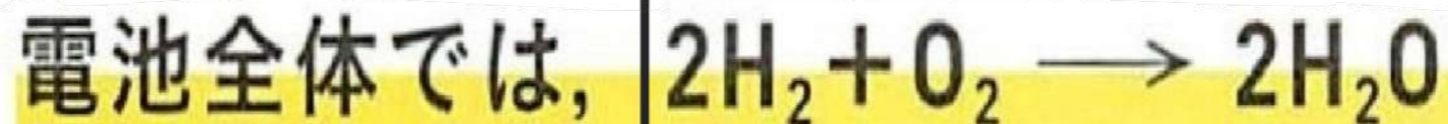
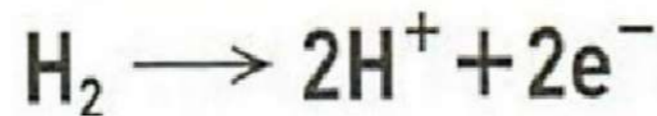


正極活物質

代表的な酸化剤

電解液が酸

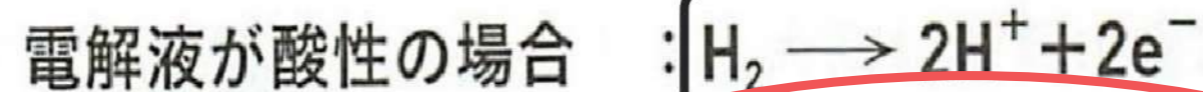
電解液が塩基性の場合



燃料電池の電極反応

負極活物質(還元剤)の反応

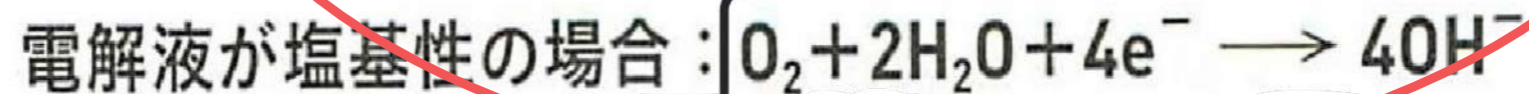
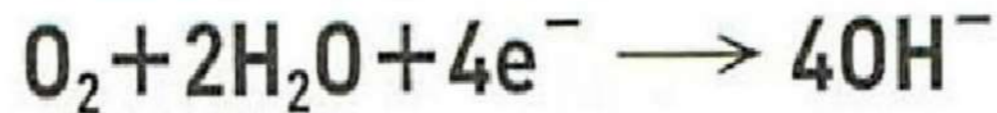
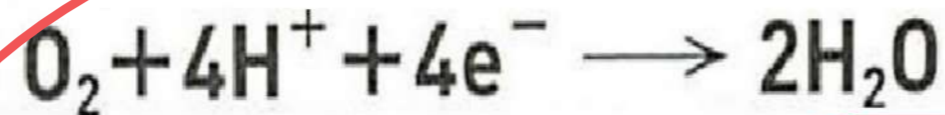
代表的な還元剤である水素 H_2 が、酸化されて電子を放出する。



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
H₂ → 2H⁺ + 2e⁻ の反応で
2molの電子が得られるので J = V × C より
1.00 × 2 × 9.65 × 10⁴ J
すなわち、193 kJ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、

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

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、エネルギー効率を

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

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。

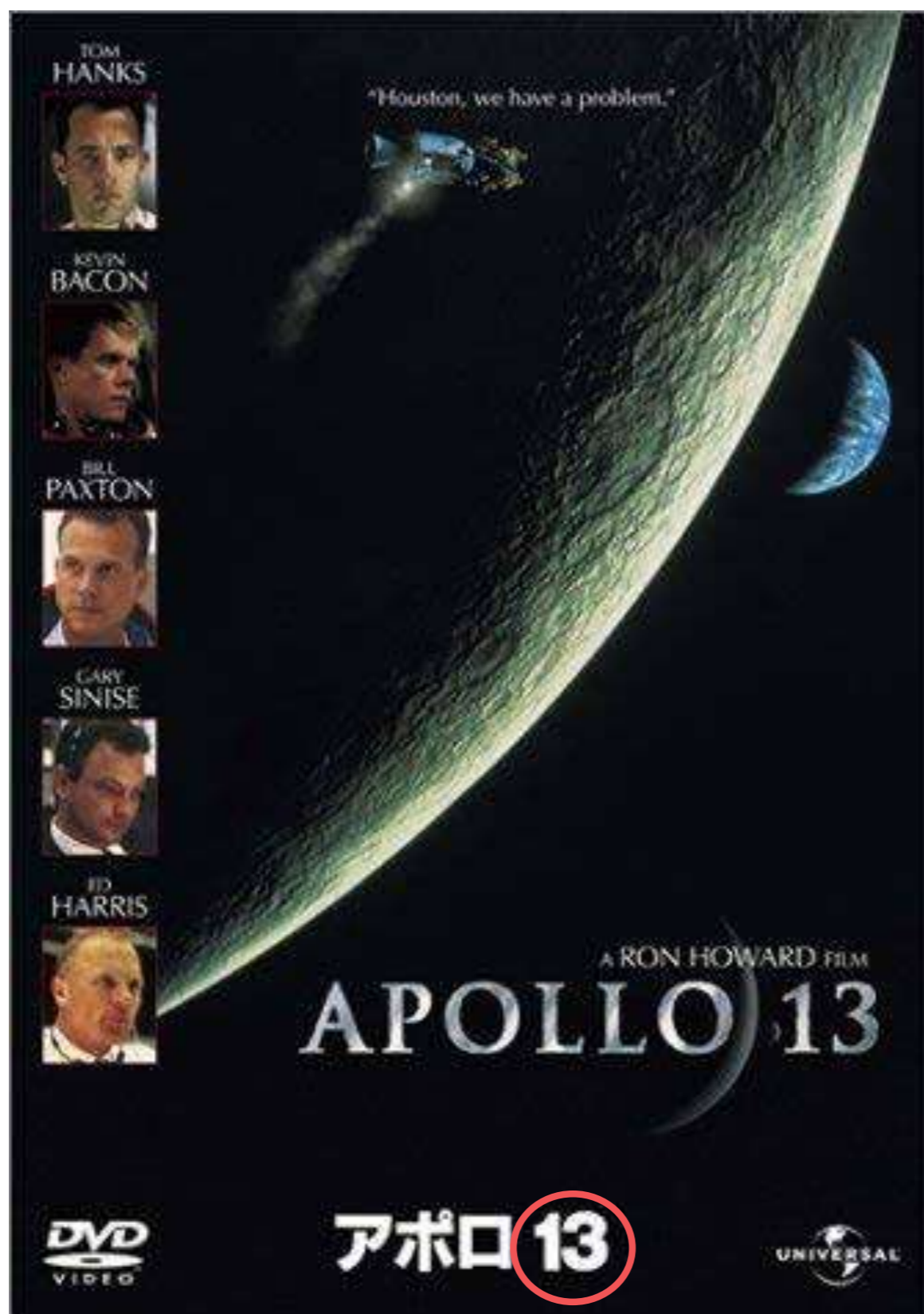
エネルギー問題の解決のために、いくつかの新しい発電方法が開発されている。1962年にアメリカのジェミニ宇宙船に採用された燃料電池は、水素と酸素の反応($2\text{H}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$)を利用した方法であり、下図のような構造の電池である。

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

ロン・ハワード監督最新作

帰還 2分50秒



世界中の人々が見守っていた。40秒弱



アポロ13号

徽章



司令船

CM-109

コールサイン *Odyssey*

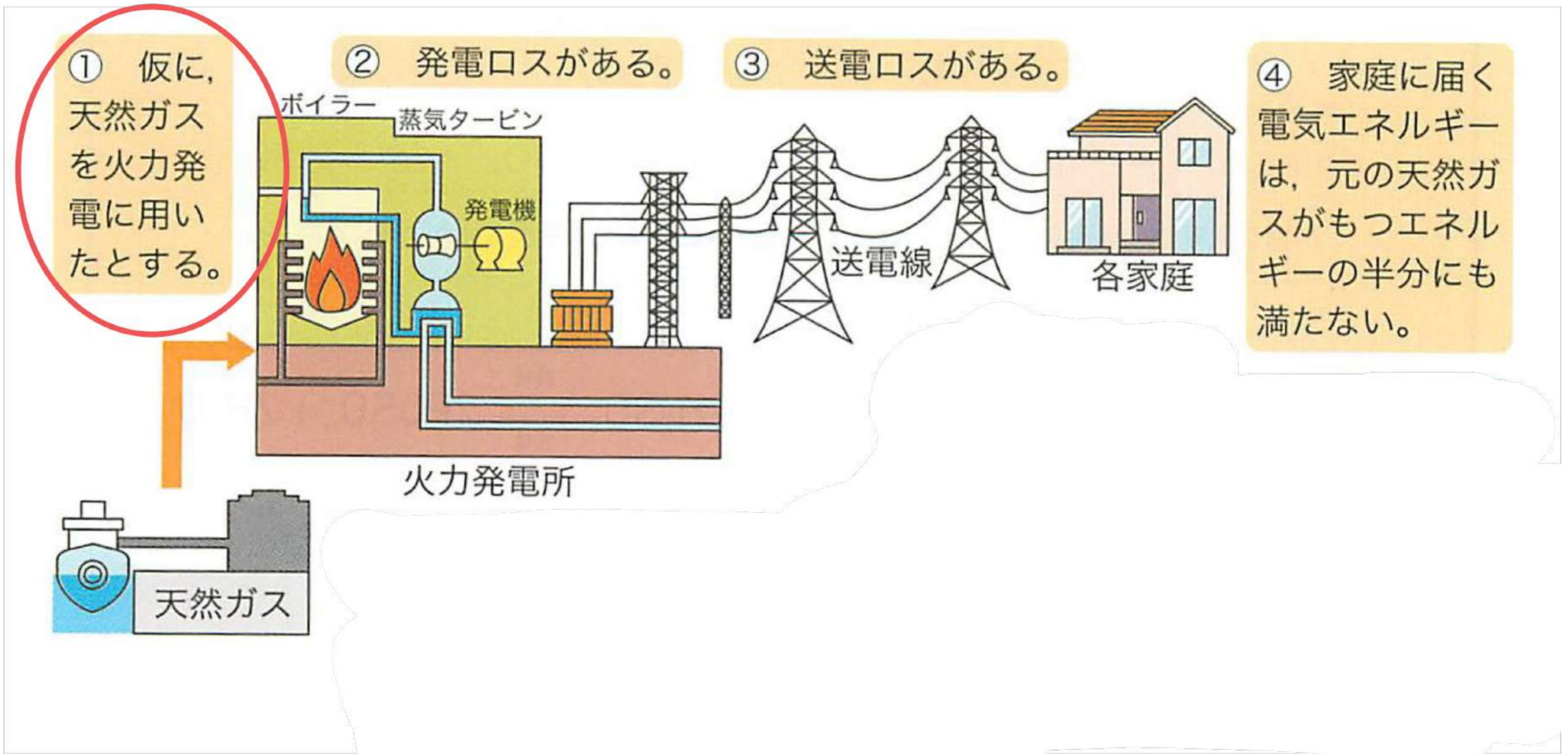
月着陸船

LM-7

コールサイン *Aquarius*

ちなみに、
エネファームって？



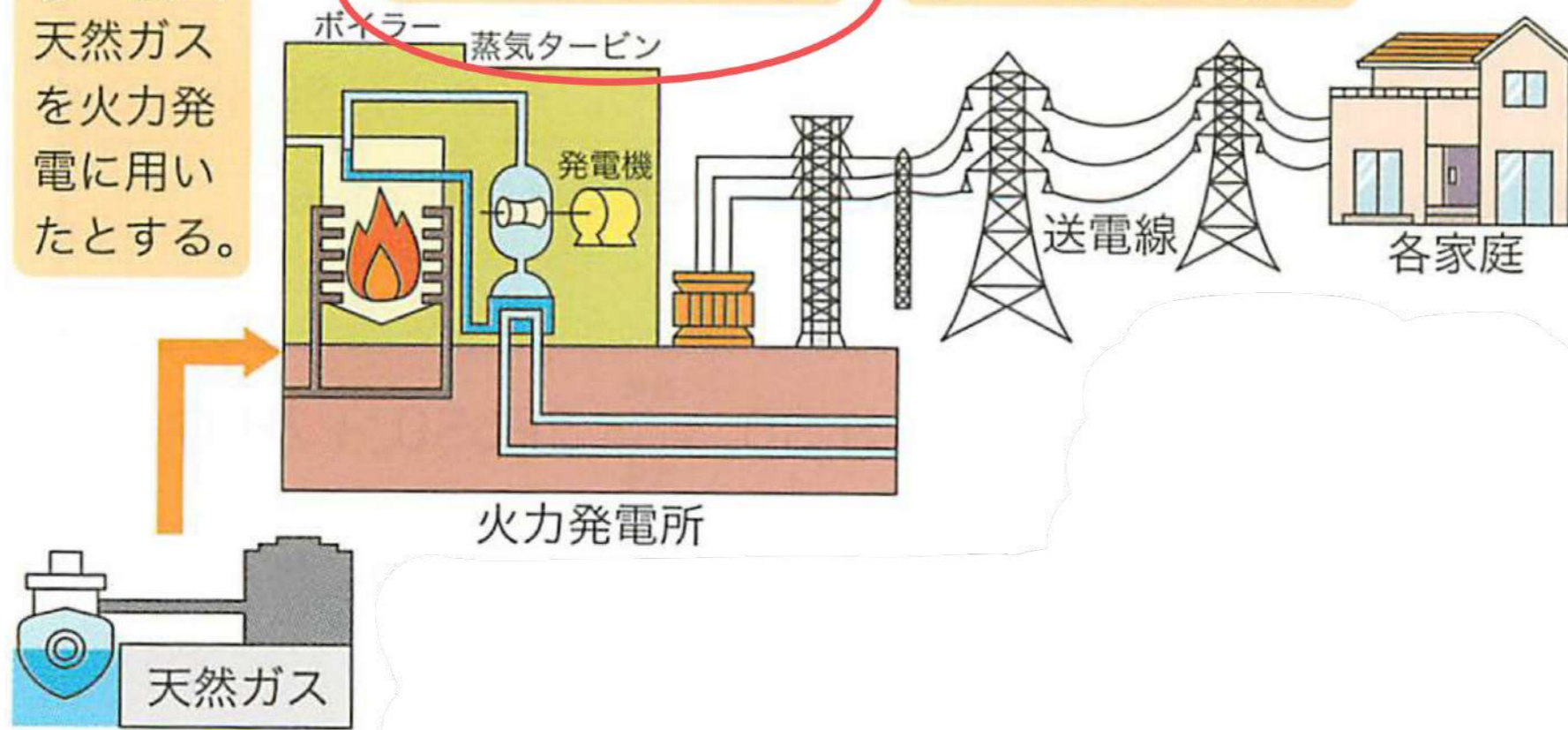


① 仮に、天然ガスを火力発電に用いたとする。

② 発電ロスがある。

③ 送電ロスがある。

④ 家庭に届く電気エネルギーは、元の天然ガスがもつエネルギーの半分にも満たない。

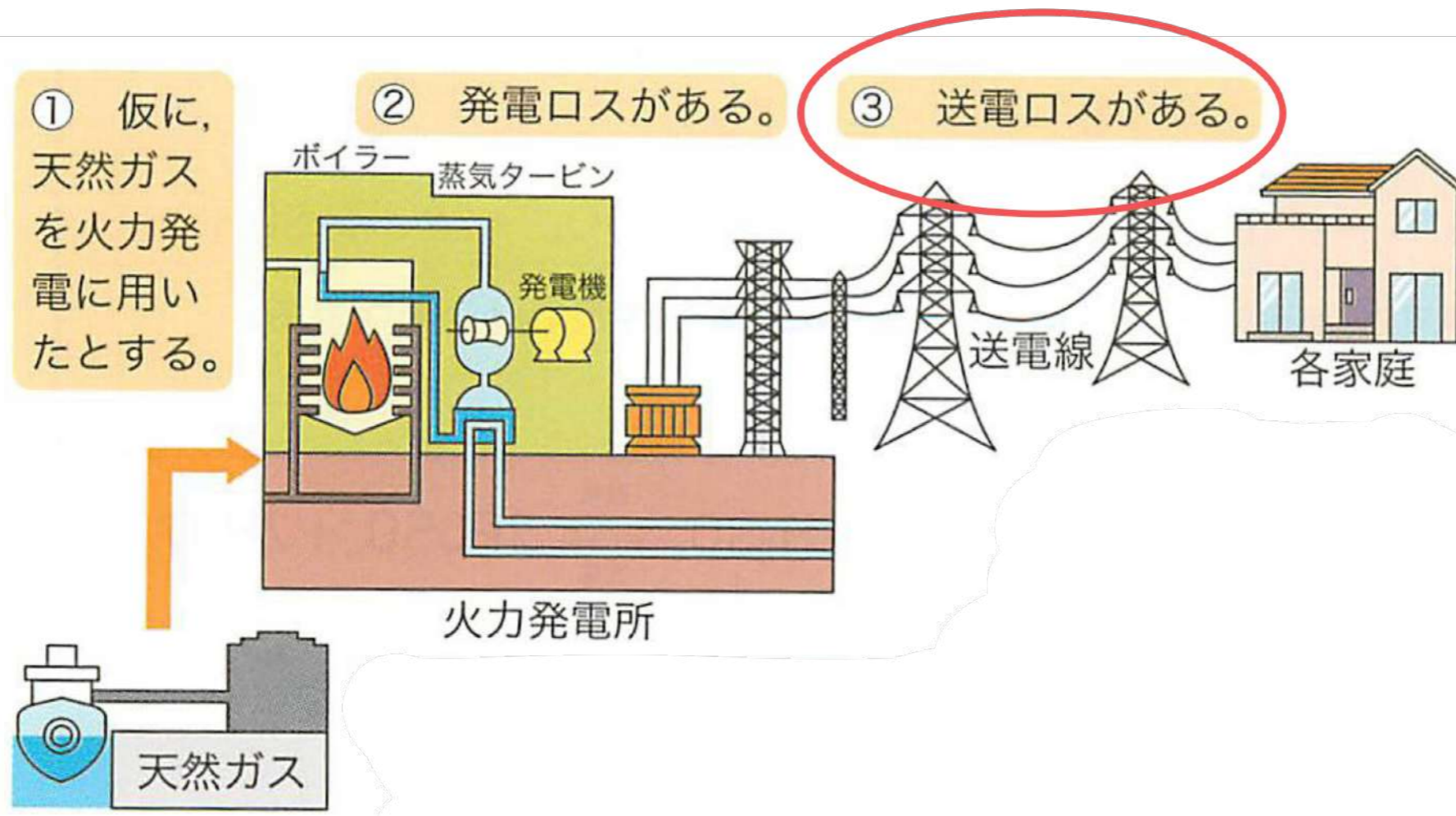


① 仮に、天然ガスを火力発電に用いたとする。

② 発電ロスがある。

③ 送電ロスがある。

④ 家庭に届く電気エネルギーは、元の天然ガスがもつエネルギーの半分にも満たない。

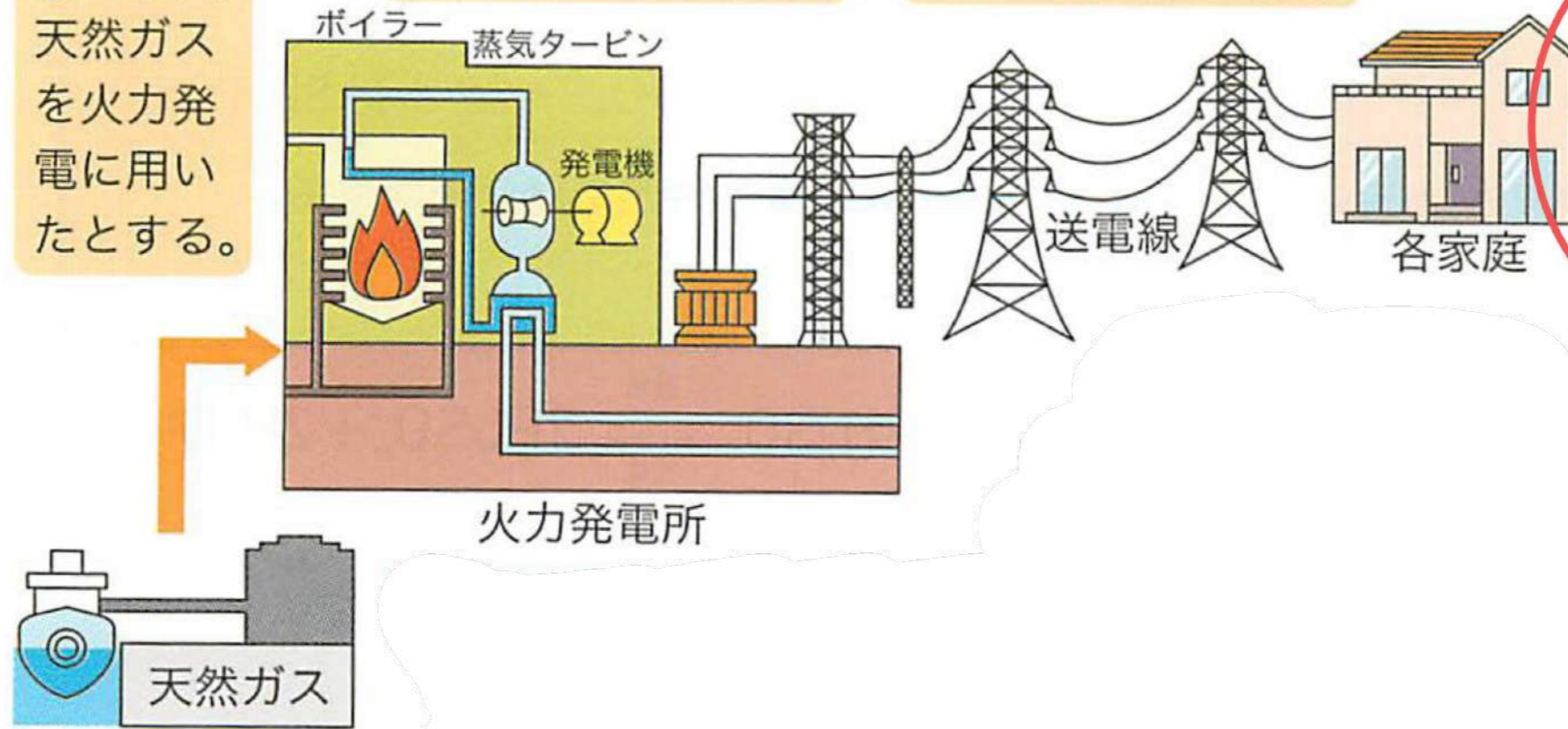


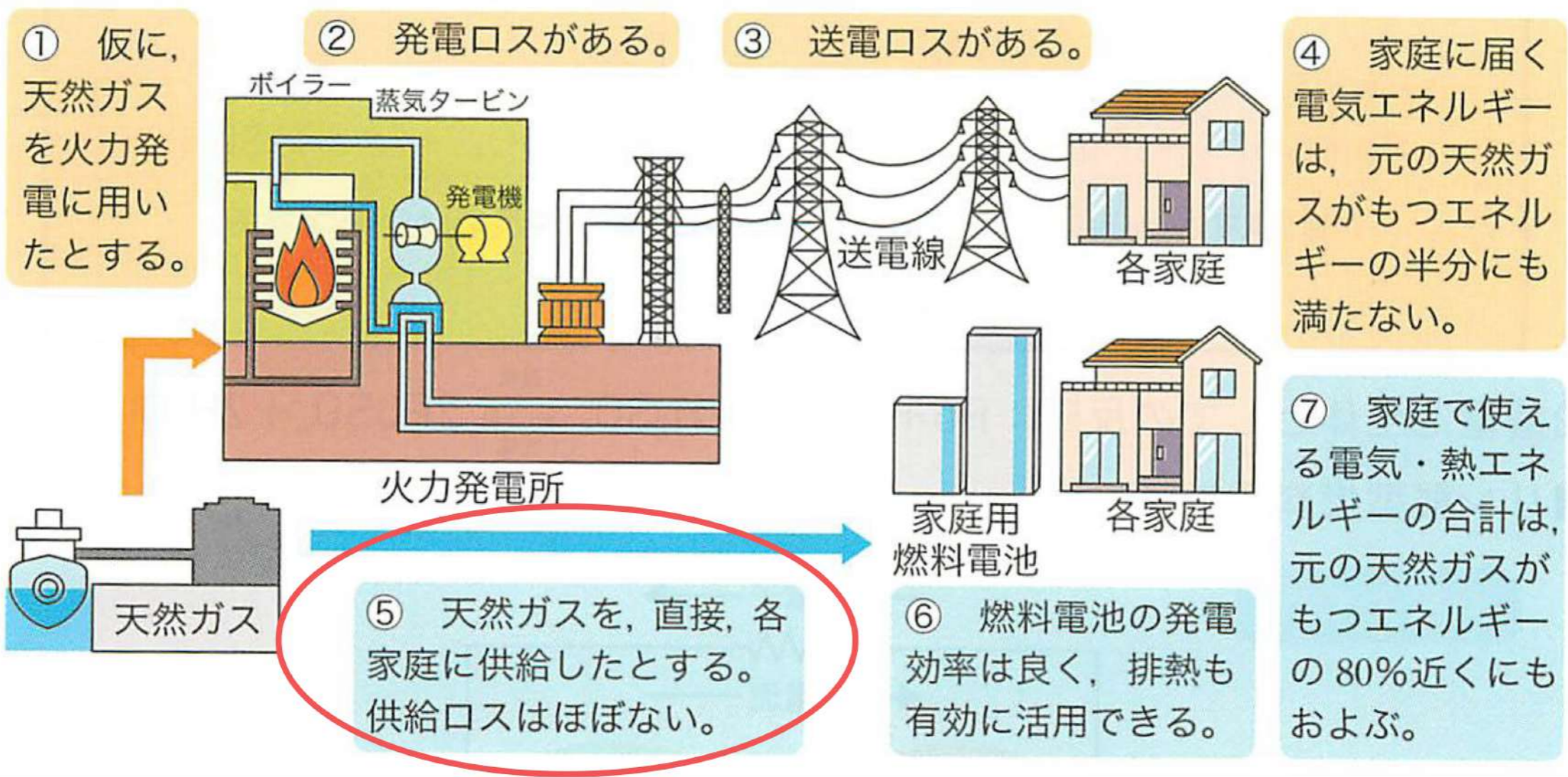
① 仮に、天然ガスを火力発電に用いたとする。

② 発電ロスがある。

③ 送電ロスがある。

④ 家庭に届く電気エネルギーは、元の天然ガスがもつエネルギーの半分にも満たない。





① 仮に、天然ガスを火力発電に用いたとする。

② 発電ロスがある。

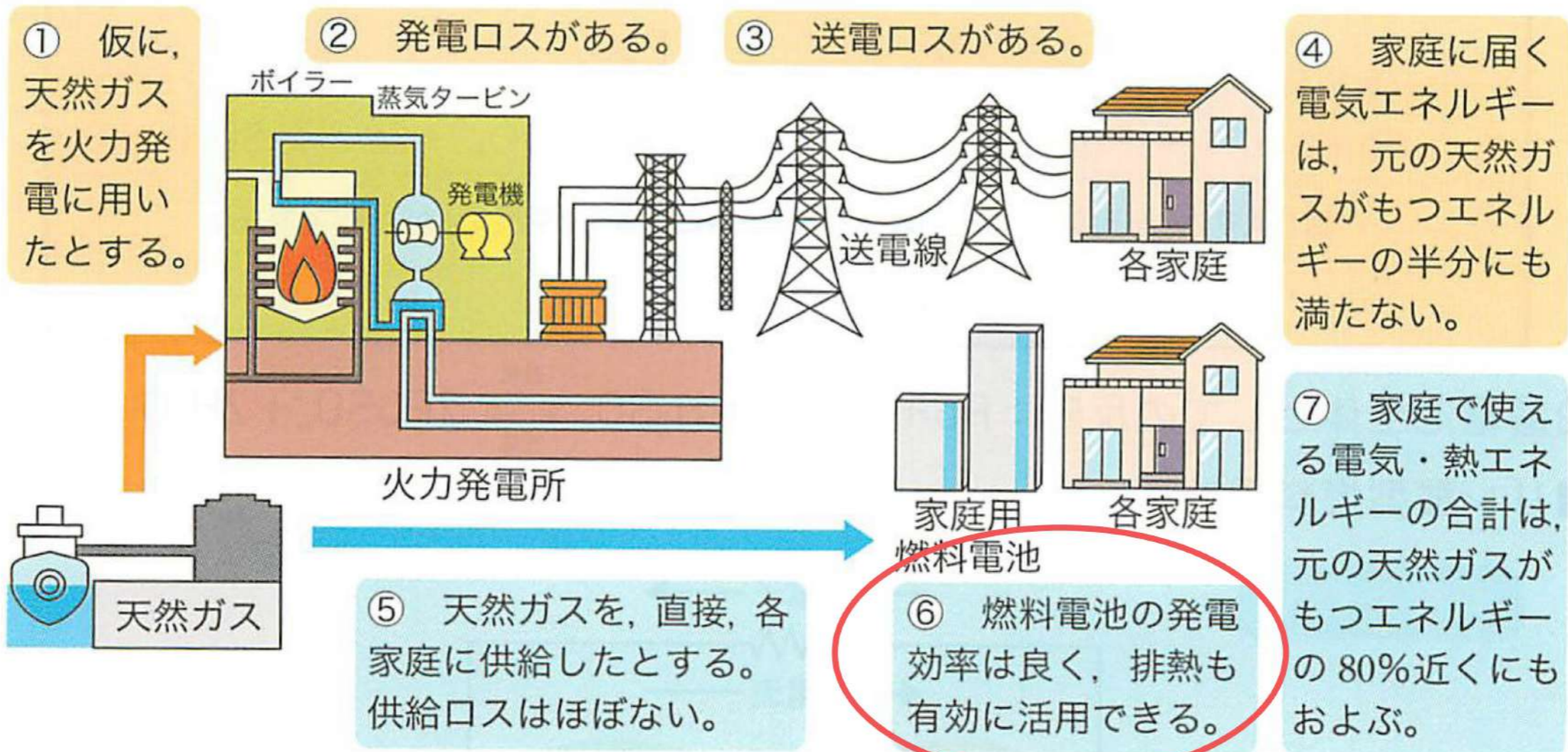
③ 送電ロスがある。

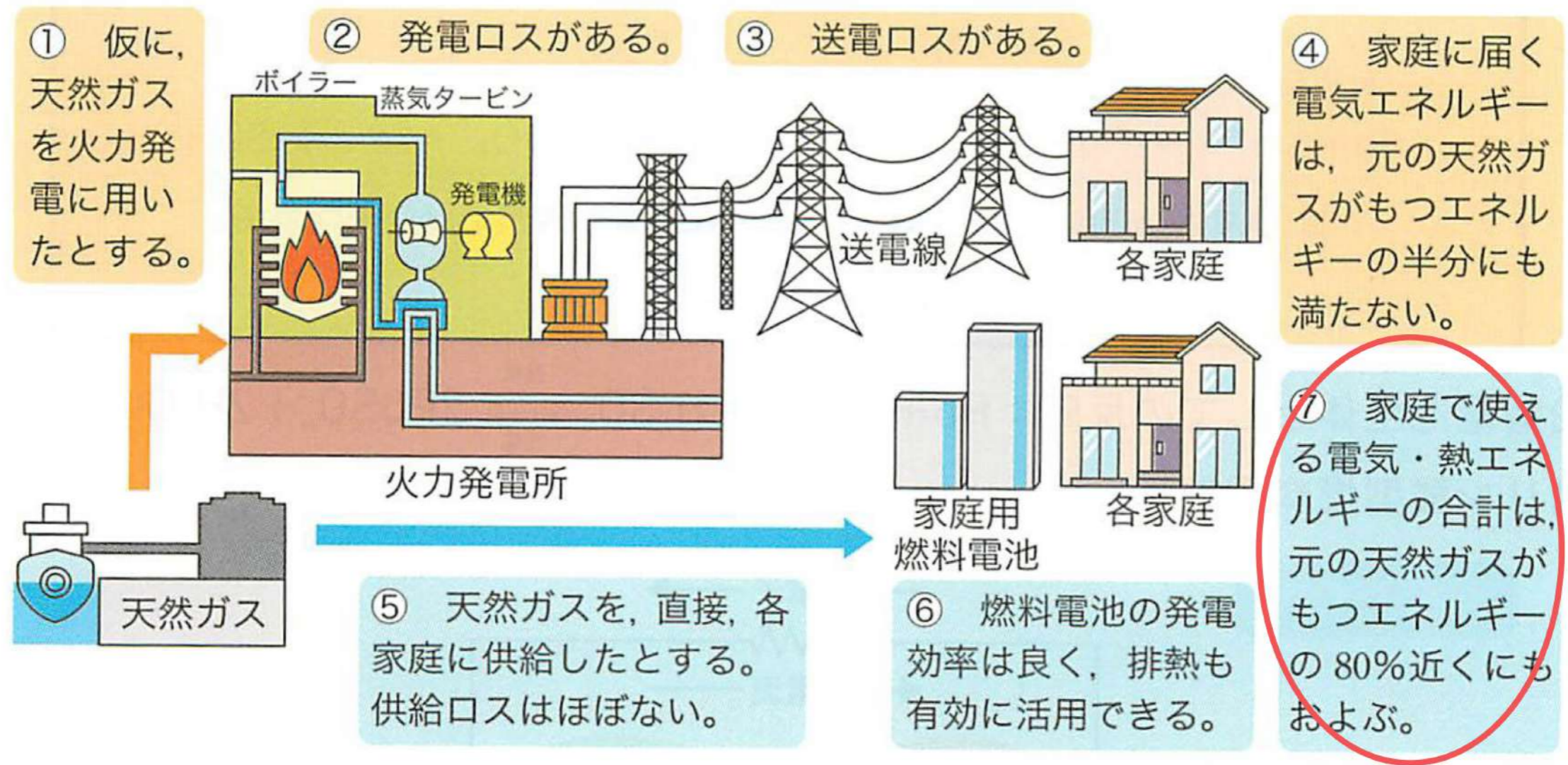
④ 家庭に届く電気エネルギーは、元の天然ガスがもつエネルギーの半分にも満たない。

⑤ 天然ガスを、直接、各家庭に供給したとする。供給ロスはほぼない。

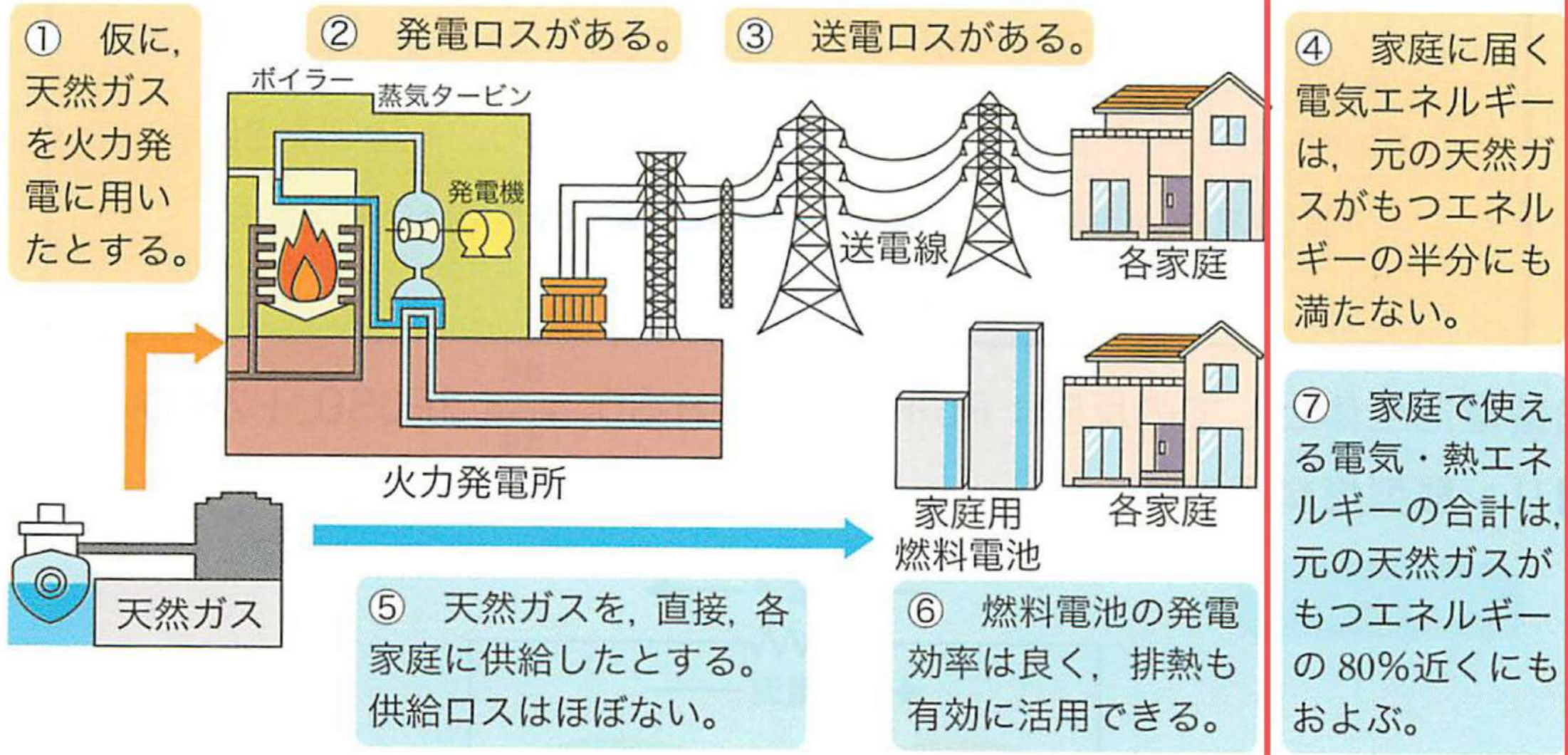
⑥ 燃料電池の発電効率は良く、排熱も有効に活用できる。

⑦ 家庭で使える電気・熱エネルギーの合計は、元の天然ガスがもつエネルギーの80%近くにもおよぶ。





⑦ 家庭で使える電気・熱エネルギーの合計は、元の天然ガスがもつエネルギーの80%近くにもおよぶ。



① 仮に、天然ガスを火力発電に用いたとする。

② 発電ロスがある。

③ 送電ロスがある。

④ 家庭に届く電気エネルギーは、元の天然ガスがもつエネルギーの半分にも満たない。

⑤ 天然ガスを、直接、各家庭に供給したとする。供給ロスはほぼない。

⑥ 燃料電池の発電効率は良く、排熱も有効に活用できる。

⑦ 家庭で使える電気・熱エネルギーの合計は、元の天然ガスがもつエネルギーの80%近くにもおよぶ。

そもそも

起電力って？

ダニエル電池の起電力

より強い還元剤
よりイオン化傾向大の金属単体
を使えば起電力はより大

電極反応

酸化剤	電極反応	標準電極電位 (V)
	$\text{Li}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Li}$	-3.04
	$\text{K}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{K}$	-2.92
	$\text{A} \rightleftharpoons \text{A}^+$	-2.37
	$\text{Al}^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons \text{Al}$	-1.66
	$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0.76
	$\text{Fe}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0.44
	$\text{PbSO}_4 + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-}$	-0.36
	$\text{PbCl}_2 + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb} + 2\text{Cl}^-$	-0.27
	$\text{Pb}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0.13
	$2\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2$	0
	$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0.34
	$\text{I}_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{I}^-$	+0.54
	$\text{Ag}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Ag}$	+0.80
	$\text{Ce}^{4+} + e^- \rightleftharpoons \text{Ce}^{3+}$	+1.61
	$\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e^- \rightleftharpoons \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	+1.68
	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e^- \rightleftharpoons \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1.51
	$\text{F}_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{F}^-$	+2.87

左下の物質ほど、電子を受け取る傾向が大きく、言い換えれば、強い酸化剤で、正極活物質として用いたとき、起電力が大きい。

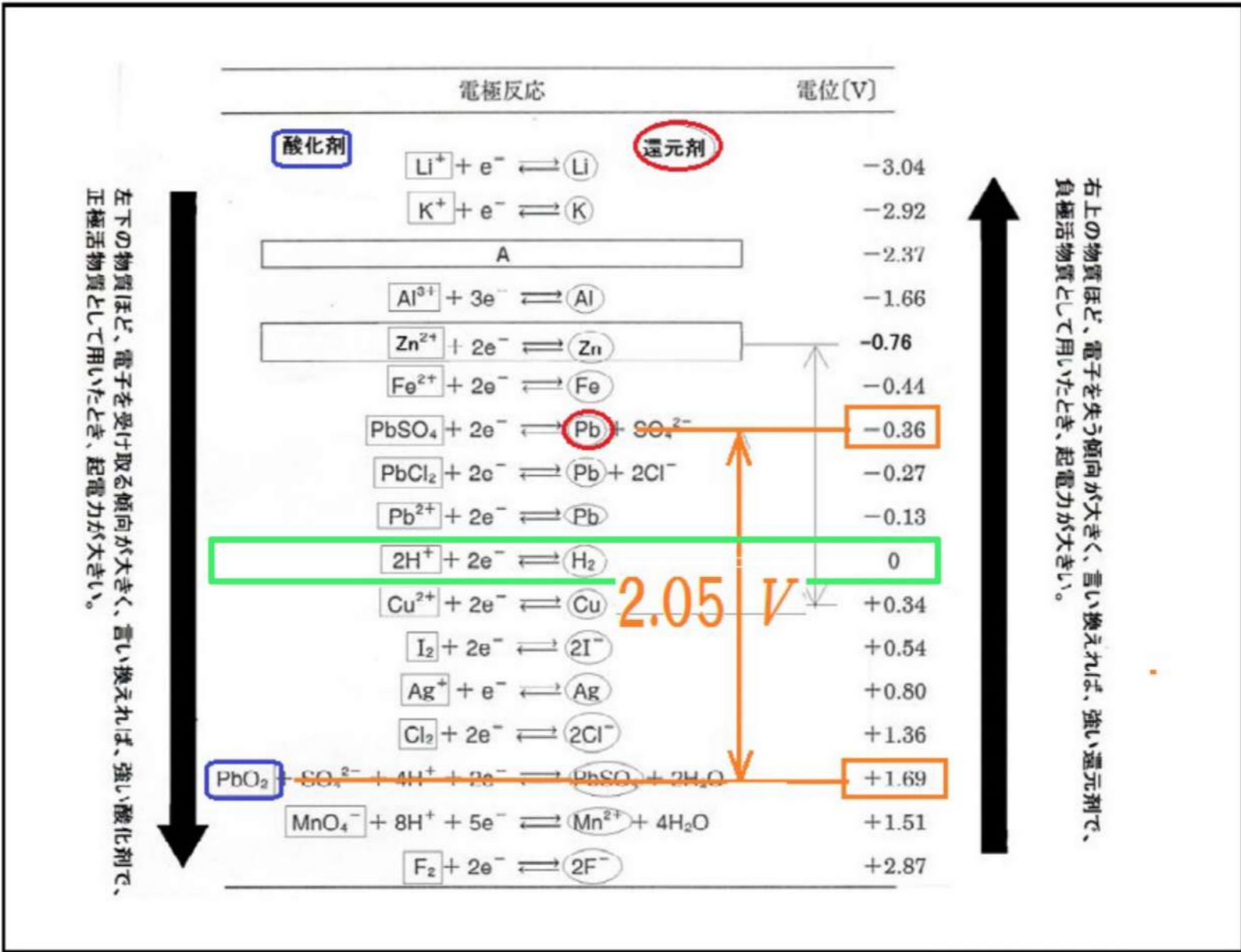
右上の物質ほど、電子を失う傾向が大きい、言い換えれば、負極活物質として用いたとき、起電力が大きい。

基準

1.1V

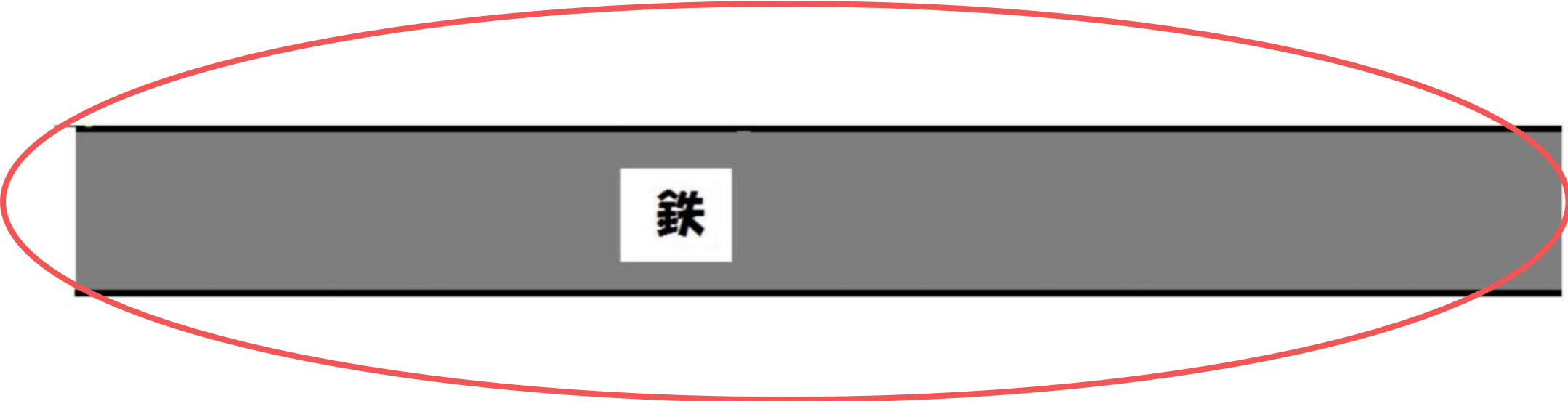
より強い酸化剤
よりイオン化傾向小の金属のイオン
を使えば起電力はより大

鉛蓄電池の起電力

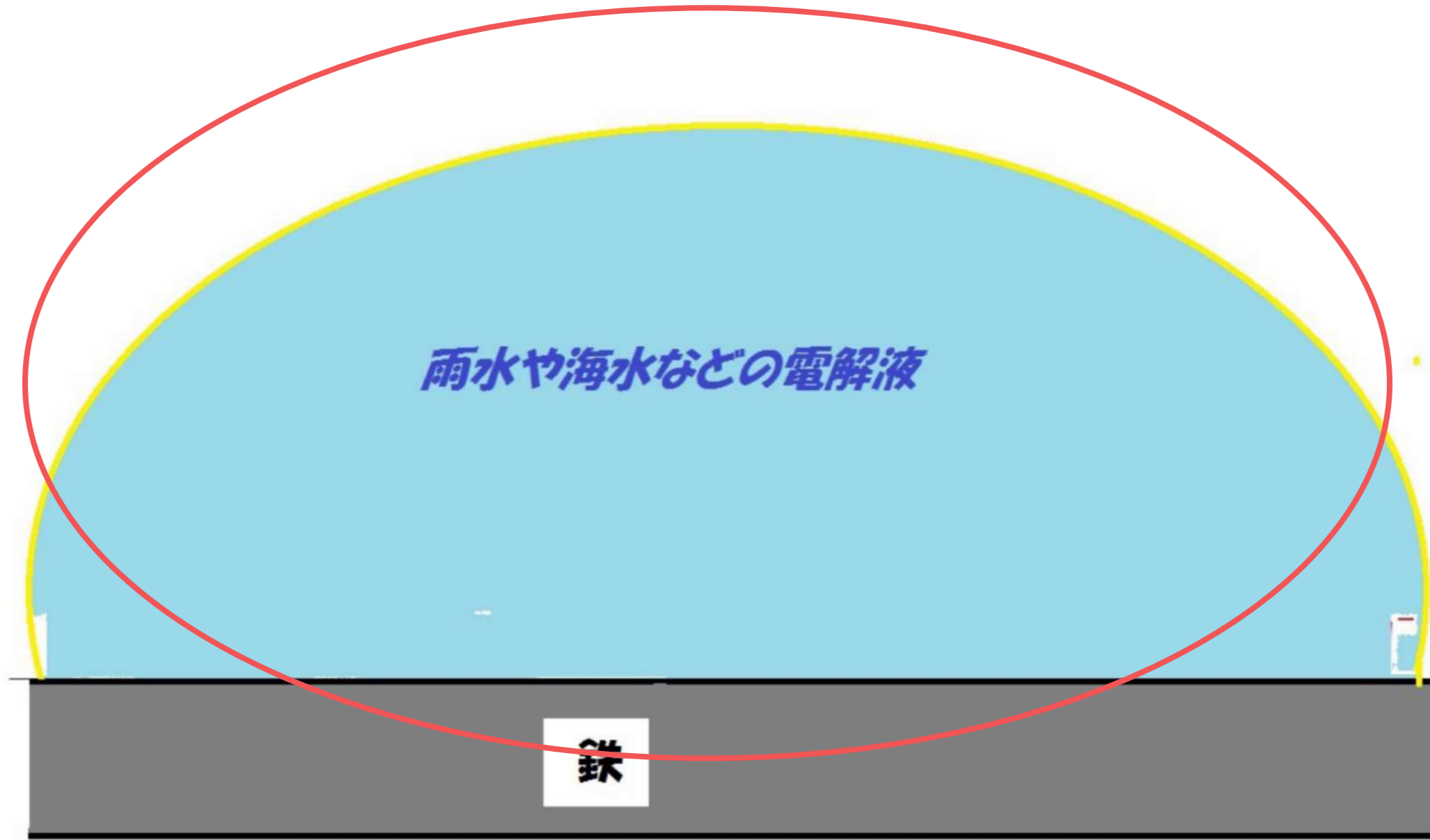


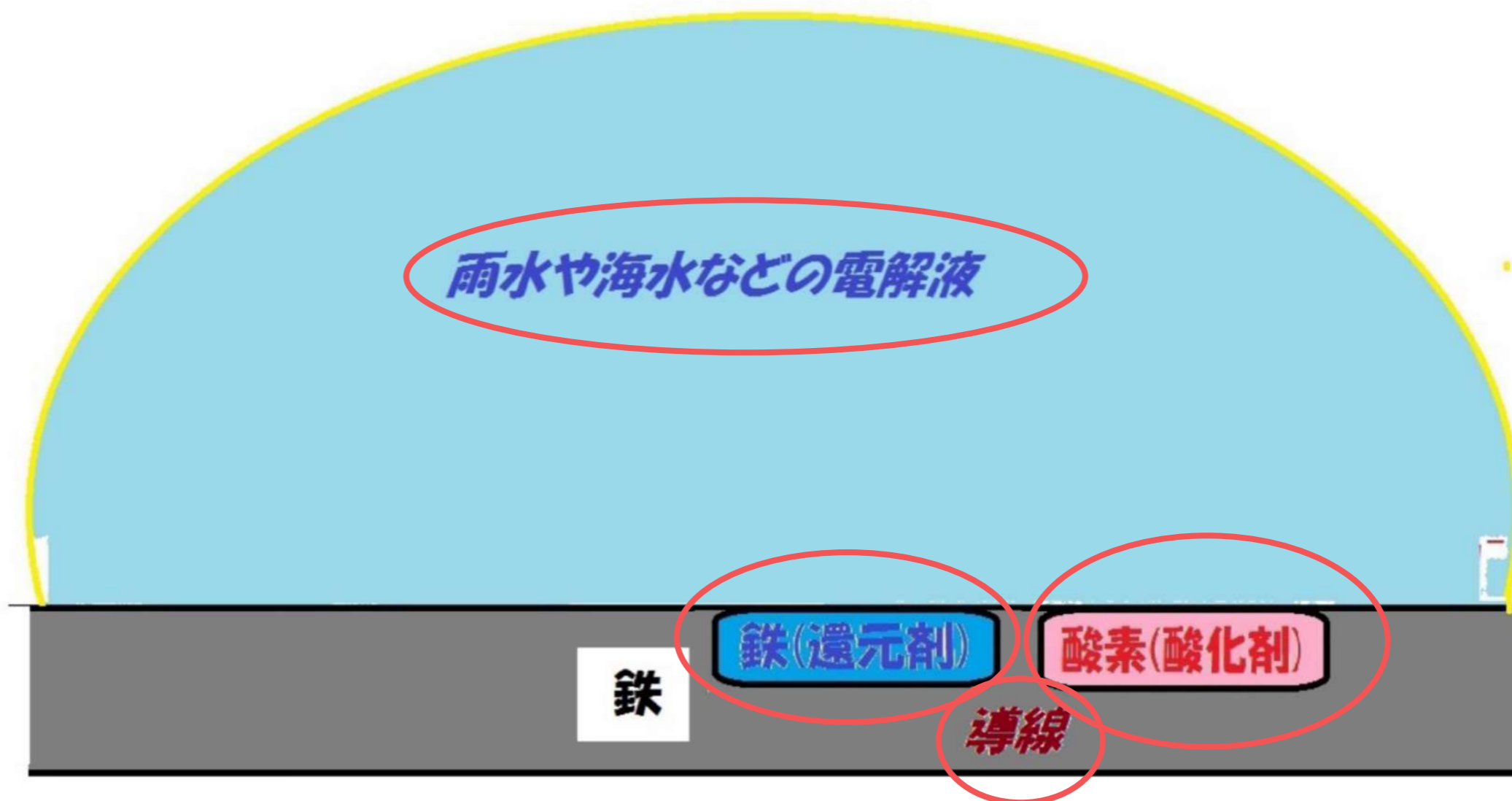
自然界にも
電池は存在する？

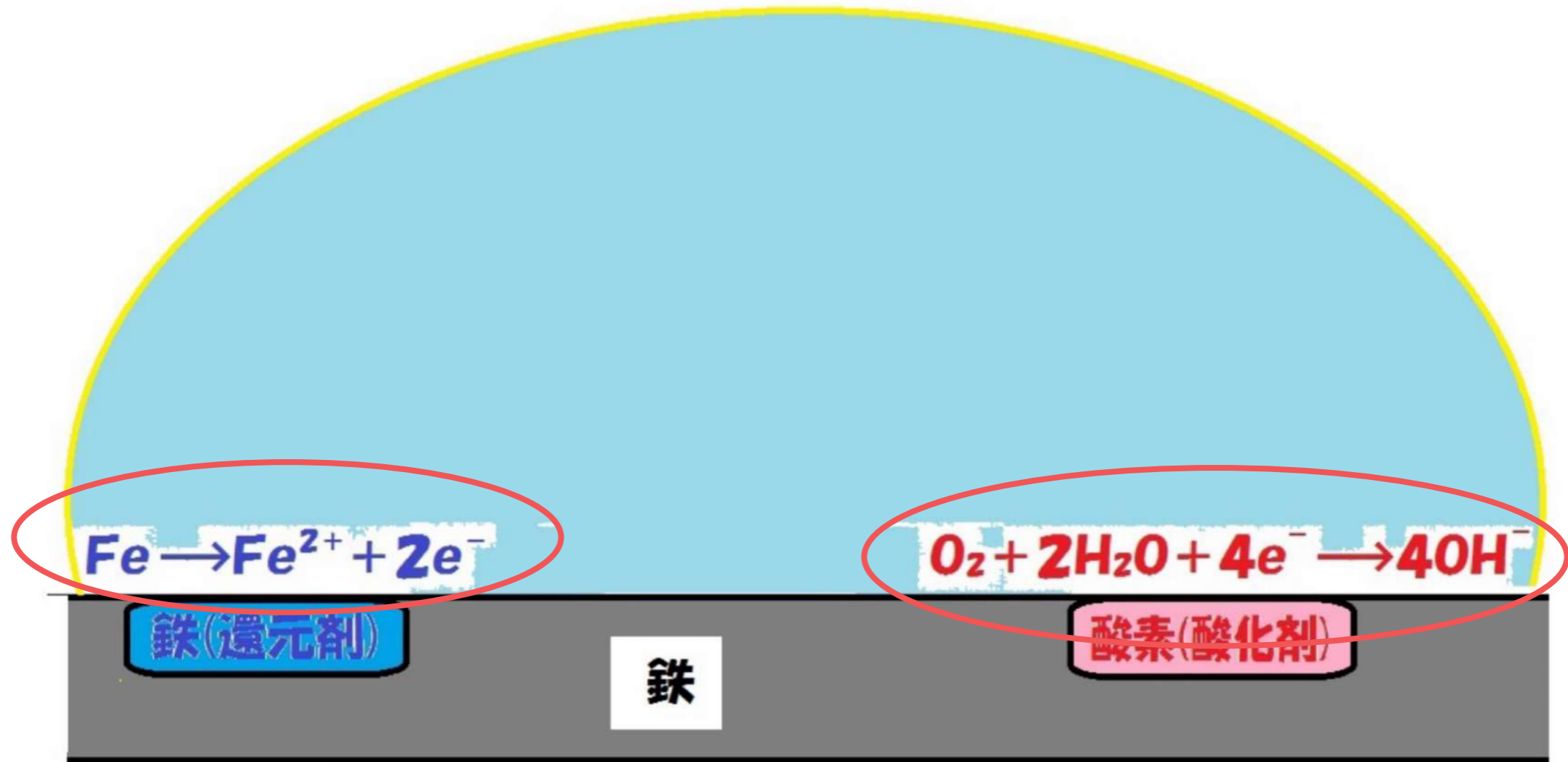
鉄のサビの形成(局部電池)

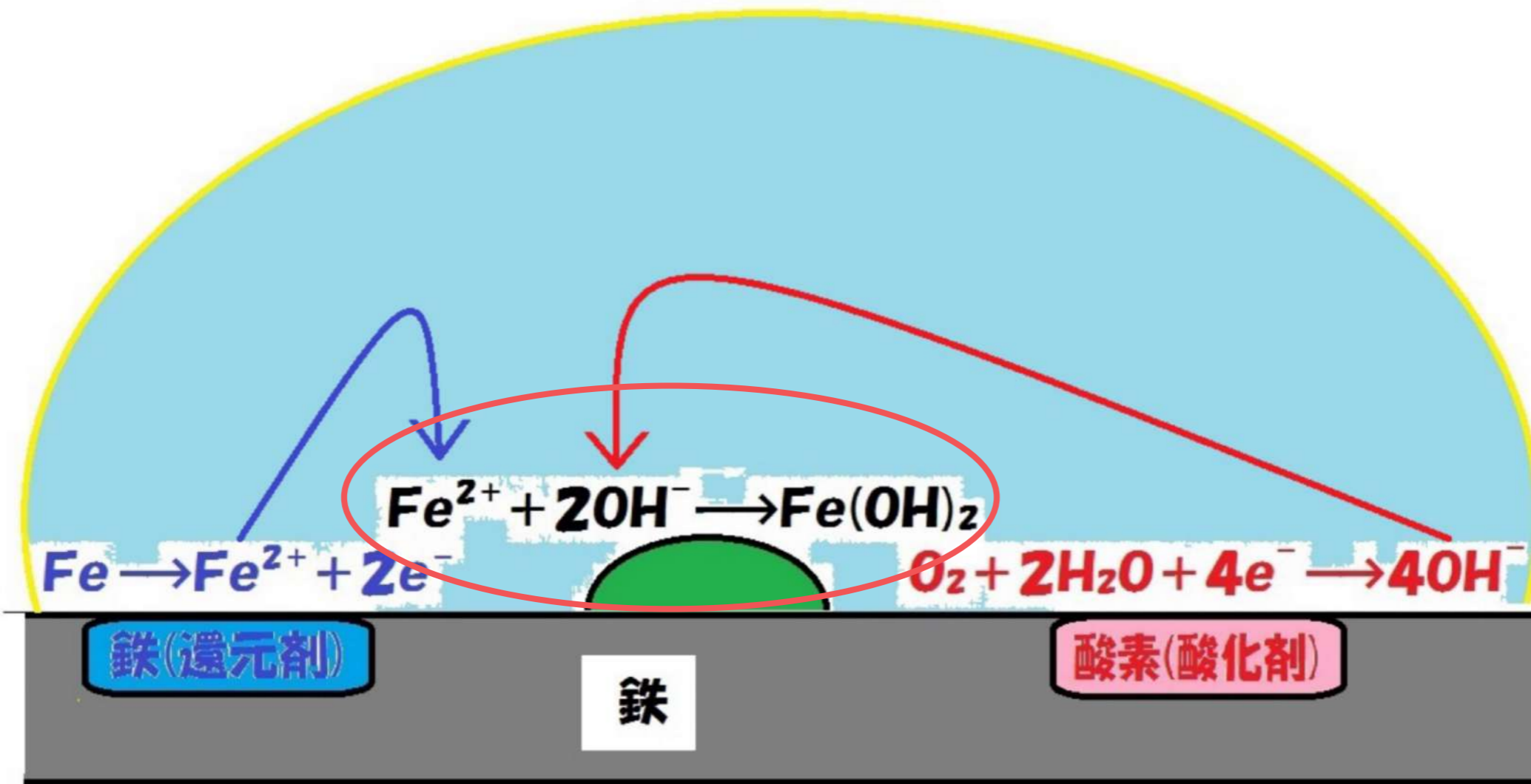


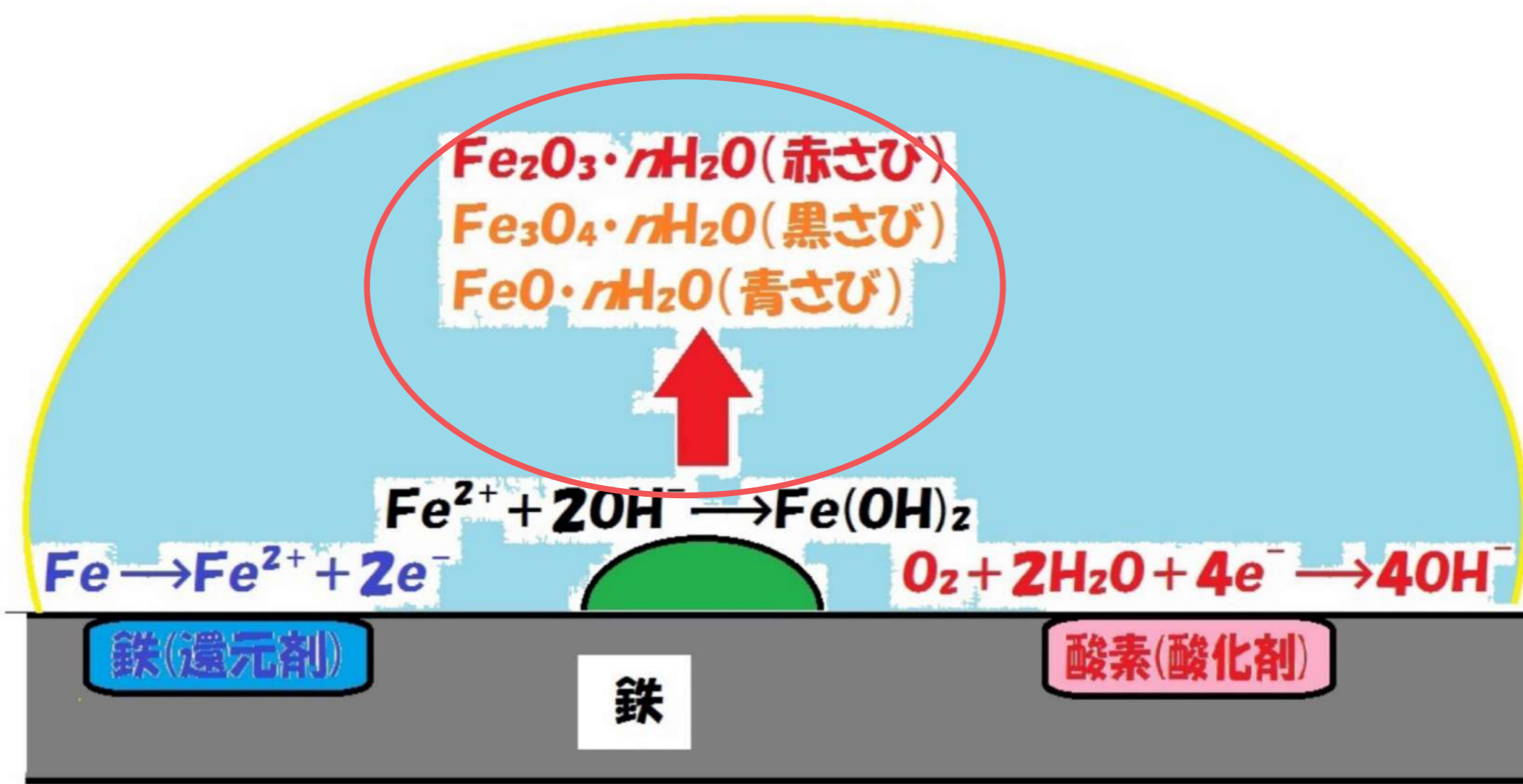
鉄











$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ (赤さび)
 $Fe_3O_4 \cdot nH_2O$ (黒さび)
 $FeO \cdot nH_2O$ (青さび)



鉄(還元剤)

酸素(酸化剤)

鉄

**トタンとブリキは
どちらが錆びやすいか？**

鉄はさびやすいため、表面によりさびにくい金属を []
して用いられる。鉄よりも [] が大きいものの、表面に酸化
被膜を形成するなどしてよりさびにくい [] をメッキしたものが
[]、鉄よりも [] が小さい [] をメッキしたも
のが [] である。前者は屋根などにも用いられるが、後者はそのよ
うな用途には用いられない。傷が付いて鉄が露出し、そこに雨水などの電
解液が付着したときに、後者ではよりイオン化傾向が大きい [] を負極
活物質、一方の [] を正極活物質とする [] が形成され、鉄が積
極的に [] されてしまうからである。前者ではよりイオン化傾向が大
きい [] が負極活物質となって、自らが酸化されることで鉄を守る。

鉄はさびやすいため、表面によりさびにくい金属を **メッキ** して用いられる。鉄よりも [] が大きいものの、表面に酸化被膜を形成するなどしてよりさびにくい [] をメッキしたものが []、鉄よりも [] が小さい [] をメッキしたものが [] である。前者は屋根などにも用いられるが、後者はそのような用途には用いられない。傷が付いて鉄が露出し、そこに雨水などの電解液が付着したときに、後者ではよりイオン化傾向が大きい [] を負極活物質、一方の [] を正極活物質とする [] が形成され、鉄が積極的に [] されてしまうからである。前者ではよりイオン化傾向が大きい [] が負極活物質となって、自らが酸化されることで鉄を守る。

鉄はさびやすいため、表面によりさびにくい金属を メッキ
して用いられる。鉄よりも イオン化傾向 が大きいものの、表面に酸化
被膜を形成するなどしてよりさびにくい をメッキしたものが
、鉄よりも が小さい をメッキしたも
のが である。前者は屋根などにも用いられるが、後者はそのよ
うな用途には用いられない。傷が付いて鉄が露出し、そこに雨水などの電
解液が付着したときに、後者ではよりイオン化傾向が大きい を負極
活物質、一方の を正極活物質とする が形成され、鉄が積
極的に されてしまうからである。前者ではよりイオン化傾向が大
きい が負極活物質となって、自らが酸化されることで鉄を守る。

鉄はさびやすいため、表面によりさびにくい金属を して用いられる。鉄よりも が大きいものの、表面に酸化被膜を形成するなどしてよりさびにくい をメッキしたものが 、鉄よりも が小さい をメッキしたものが である。前者は屋根などにも用いられるが、後者はそのような用途には用いられない。傷が付いて鉄が露出し、そこに雨水などの電解液が付着したときに、後者ではよりイオン化傾向が大きい を負極活物質、一方の を正極活物質とする が形成され、鉄が積極的に されてしまうからである。前者ではよりイオン化傾向が大きい が負極活物質となって、自らが酸化されることで鉄を守る。

鉄はさびやすいため、表面によりさびにくい金属を して用いられる。鉄よりも が大きいものの、表面に酸化被膜を形成するなどしてよりさびにくい をメッキしたものが 、鉄よりも が小さい をメッキしたものが である。前者は屋根などにも用いられるが、後者はそのような用途には用いられない。傷が付いて鉄が露出し、そこに雨水などの電解液が付着したときに、後者ではよりイオン化傾向が大きい を負極活物質、一方の を正極活物質とする が形成され、鉄が積極的に されてしまうからである。前者ではよりイオン化傾向が大きい が負極活物質となって、自らが酸化されることで鉄を守る。

【トタン】 トタンとは、鋼板（鉄板）の表面

を亜鉛でめっきしたものです。亜鉛は鉄

よりイオン化傾向が大きいものの、表面に

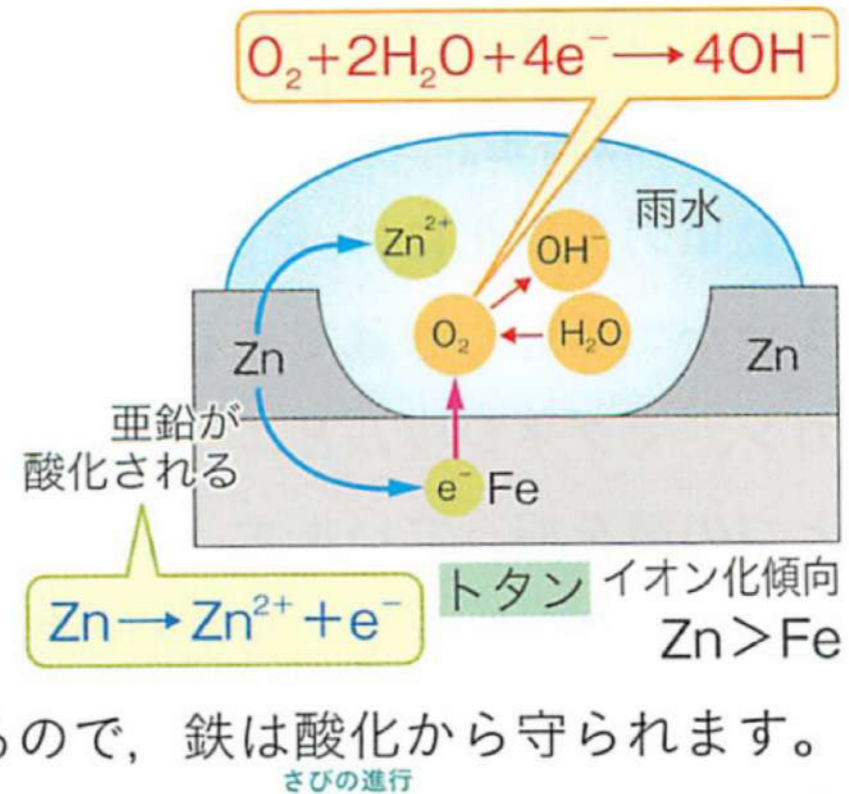
酸化被膜が形成されると同被膜が内部を

保護するので、トタンは鋼板よりさびにくい

材料です。たとえ表面に傷がついて鉄が

露出し、雨水などが付着した場合にも、亜

鉛を負極活物質とする局部電池が形成されるので、鉄は酸化から守られます。

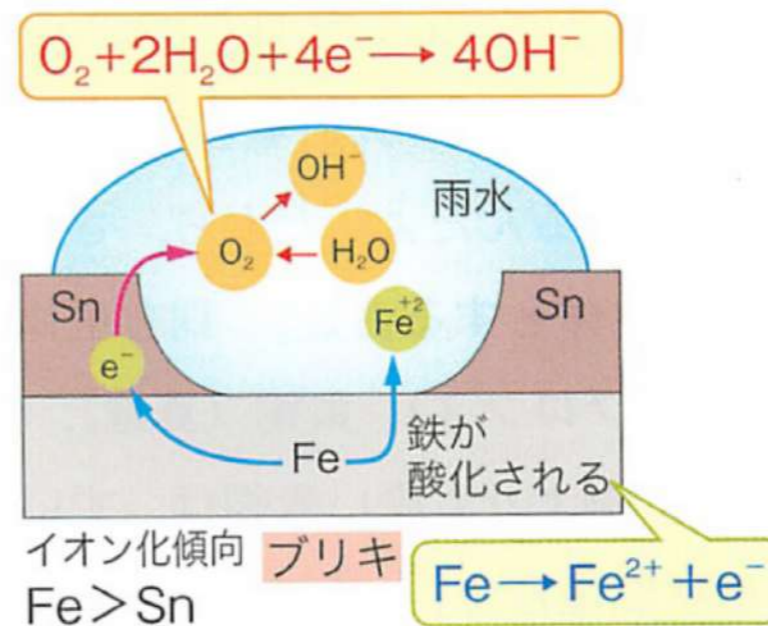


鉄はさびやすいため、表面によりさびにくい金属を メッキ して用いられる。鉄よりも イオン化傾向 が大きいものの、表面に酸化被膜を形成するなどしてよりさびにくい 亜鉛 をメッキしたものが トタン 、鉄よりも イオン化傾向 が小さい をメッキしたものが である。前者は屋根などにも用いられるが、後者はそのような用途には用いられない。傷が付いて鉄が露出し、そこに雨水などの電解液が付着したときに、後者ではよりイオン化傾向が大きい を負極活物質、一方の を正極活物質とする が形成され、鉄が積極的に されてしまうからである。前者ではよりイオン化傾向が大きい が負極活物質となって、自らが酸化されることで鉄を守る。

鉄はさびやすいため、表面によりさびにくい金属を して用いられる。鉄よりも が大きいものの、表面に酸化被膜を形成するなどしてよりさびにくい をメッキしたものが 、鉄よりも が小さい をメッキしたものが である。前者は屋根などにも用いられるが、後者はそのような用途には用いられない。傷が付いて鉄が露出し、そこに雨水などの電解液が付着したときに、後者ではよりイオン化傾向が大きい を負極活物質、一方の を正極活物質とする が形成され、鉄が積極的に されてしまうからである。前者ではよりイオン化傾向が大きい が負極活物質となって、自らが酸化されることで鉄を守る。

鉄はさびやすいため、表面によりさびにくい金属を して用いられる。鉄よりも が大きいものの、表面に酸化被膜を形成するなどしてよりさびにくい をメッキしたものが 、鉄よりも が小さい をメッキしたものが である。前者は屋根などにも用いられるが、後者はそのような用途には用いられない。傷が付いて鉄が露出し、そこに雨水などの電解液が付着したときに、後者ではよりイオン化傾向が大きい を負極活物質、一方の を正極活物質とする が形成され、鉄が積極的に されてしまうからである。前者ではよりイオン化傾向が大きい が負極活物質となって、自らが酸化されることで鉄を守る。

【ブリキ】 **ブリキとは、鋼板（鉄板）の表面をスズでめっきしたものです。** スズは鉄よりイオン化傾向が小さく、表面に酸化被膜が形成されると同被膜が内部を保護するので、ブリキは鋼板よりさびにくい材料です。ただし、表面に傷がついて鉄が露出し、雨水などが付着した場合には、鉄を負極活物質とする局部電池が形成され、むしろ、鉄は酸化されやすくなります。



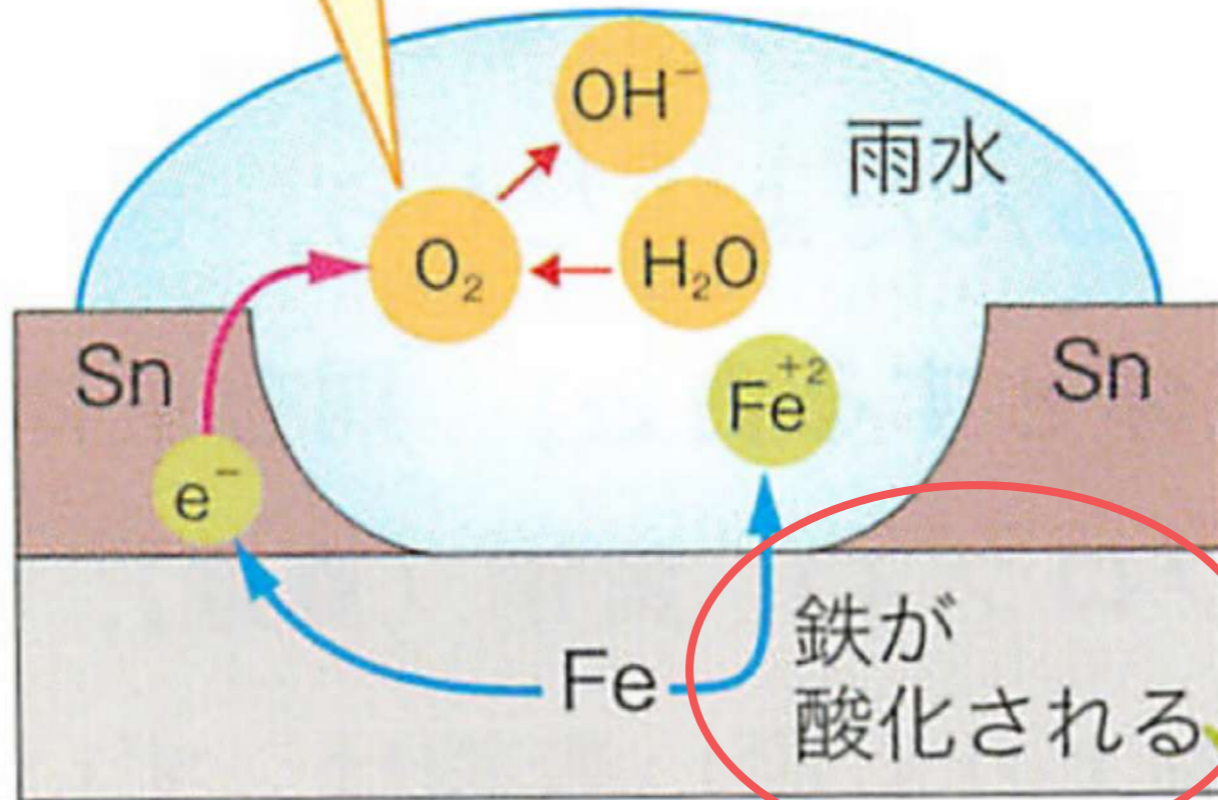
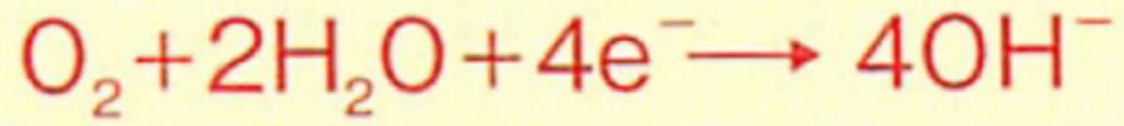
鉄はさびやすいため、表面によりさびにくい金属を して用いられる。鉄よりも が大きいものの、表面に酸化被膜を形成するなどしてよりさびにくい をメッキしたものが 、鉄よりも が小さい をメッキしたものが である。前者は屋根などにも用いられるが、後者はそのような用途には用いられない。傷が付いて鉄が露出し、そこに雨水などの電解液が付着したときに、後者ではよりイオン化傾向が大きい を負極活物質、一方の を正極活物質とする が形成され、鉄が積極的に されてしまうからである。前者ではよりイオン化傾向が大きい が負極活物質となって、自らが酸化されることで鉄を守る。

鉄はさびやすいため、表面によりさびにくい金属を **メッキ** して用いられる。鉄よりも **イオン化傾向** が大きいものの、表面に酸化被膜を形成するなどしてよりさびにくい **亜鉛** をメッキしたものが **トタン**、鉄よりも **イオン化傾向** が小さい **スズ** をメッキしたものが **ブリキ** である。前者は屋根などにも用いられるが、後者はそのような用途には用いられない。傷が付いて鉄が露出し、そこに **雨水** などの電解液が付着したときに、後者ではよりイオン化傾向が大きい **鉄** を負極活物質、一方の を正極活物質とする が形成され、鉄が積極的に されてしまうからである。前者ではよりイオン化傾向が大きい が負極活物質となって、自らが酸化されることで鉄を守る。

鉄はさびやすいため、表面によりさびにくい金属を して用いられる。鉄よりも が大きいものの、表面に酸化被膜を形成するなどしてよりさびにくい をメッキしたものが 、鉄よりも が小さい をメッキしたものが である。前者は屋根などにも用いられるが、後者はそのような用途には用いられない。傷が付いて鉄が露出し、そこに雨水などの電解液が付着したときに、後者ではよりイオン化傾向が大きい を負極活物質、一方の を正極活物質とする が形成され、鉄が積極的に されてしまうからである。前者ではよりイオン化傾向が大きい が負極活物質となって、自らが酸化されることで鉄を守る。

鉄はさびやすいため、表面によりさびにくい金属を **メッキ** して用いられる。鉄よりも **イオン化傾向** が大きいものの、表面に酸化被膜を形成するなどしてよりさびにくい **亜鉛** をメッキしたものが **トタン**、鉄よりも **イオン化傾向** が小さい **スズ** をメッキしたものが **ブリキ** である。前者は屋根などにも用いられるが、後者はそのような用途には用いられない。傷が付いて鉄が露出し、そこに雨水などの電解液が付着したときに、後者ではよりイオン化傾向が大きい **鉄** を負極活物質、一方の **スズ** を正極活物質とする **電池** が形成され、鉄が積極的に **腐食** されてしまうからである。前者ではよりイオン化傾向が大きい **亜鉛** が負極活物質となって、自らが酸化されることで鉄を守る。

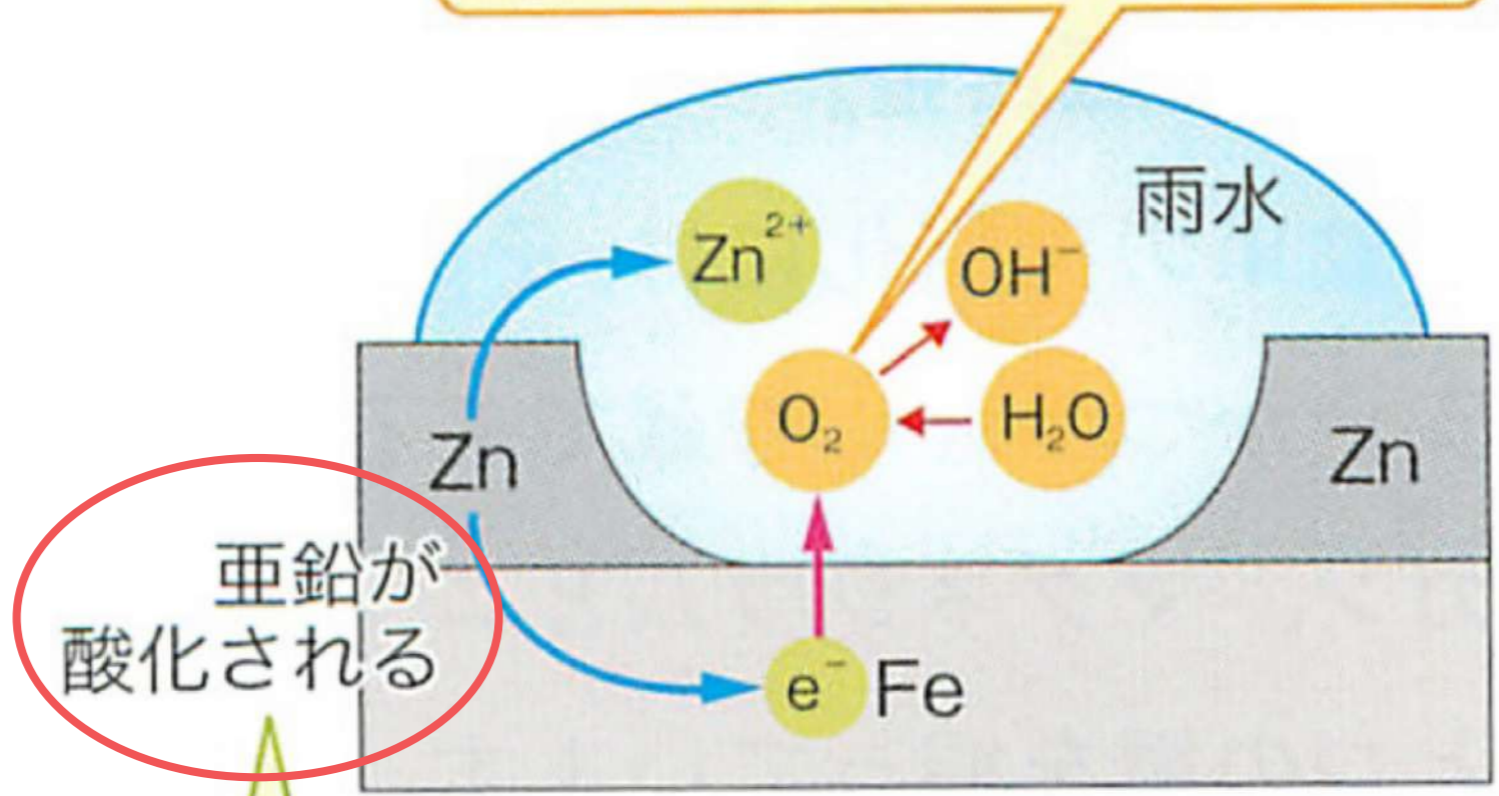
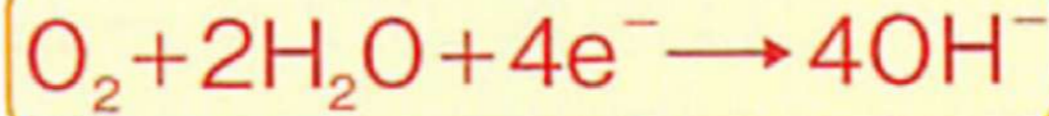
鉄はさびやすいため、表面によりさびにくい金属を **メッキ** して用いられる。鉄よりも **イオン化傾向** が大きいものの、表面に酸化被膜を形成するなどしてよりさびにくい **亜鉛** をメッキしたものが **トタン**、鉄よりも **イオン化傾向** が小さい **スズ** をメッキしたものが **ブリキ** である。前者は屋根などにも用いられるが、後者はそのような用途には用いられない。傷が付いて鉄が露出し、そこに雨水などの電解液が付着したときに、後者ではよりイオン化傾向が大きい **鉄** を負極活物質、一方の **スズ** を正極活物質とする **電池** が形成され、鉄が積極的に **酸化** されてしまうからである。前者ではよりイオン化傾向が大きい **亜鉛** が負極活物質となって、自らが酸化されることで鉄を守る。



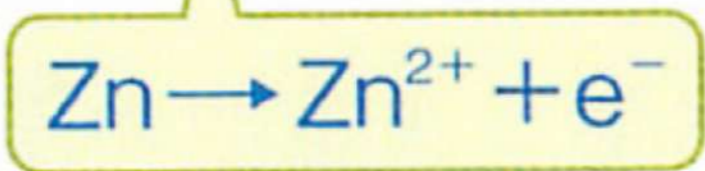
イオン化傾向 **ブリキ**
 $\text{Fe} > \text{Sn}$



鉄はさびやすいため、表面によりさびにくい金属を **メッキ** して用いられる。鉄よりも **イオン化傾向** が大きいものの、表面に酸化被膜を形成するなどしてよりさびにくい **亜鉛** をメッキしたものが **トタン**、鉄よりも **イオン化傾向** が小さい **スズ** をメッキしたものが **ブリキ** である。前者は屋根などにも用いられるが、後者はそのような用途には用いられない。傷が付いて鉄が露出し、そこに雨水などの電解液が付着したときに、後者ではよりイオン化傾向が大きい **鉄** を負極活物質、一方の **スズ** を正極活物質とする **電池** が形成され、鉄が積極的に **酸化** されてしまうからである。前者ではよりイオン化傾向が大きい **亜鉛** が負極活物質となって、自らが酸化されることで鉄を守る。



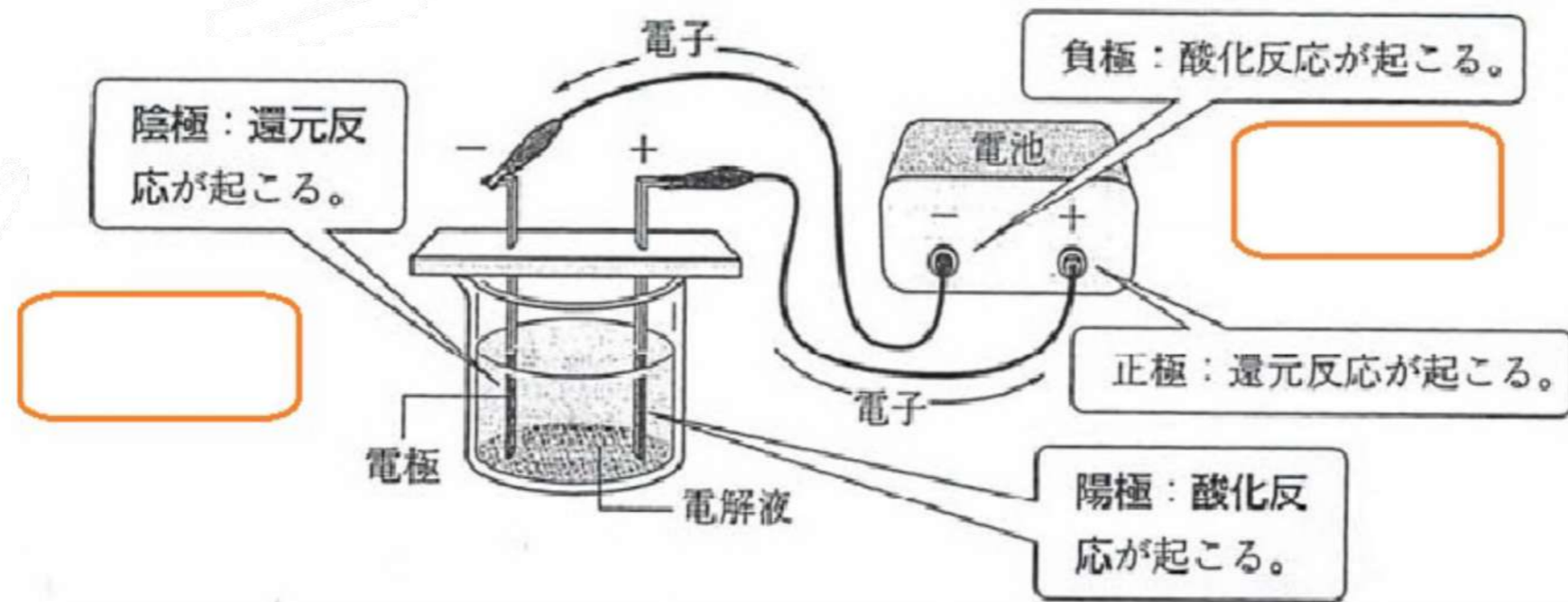
亜鉛が酸化される



トタン イオン化傾向 Zn > Fe

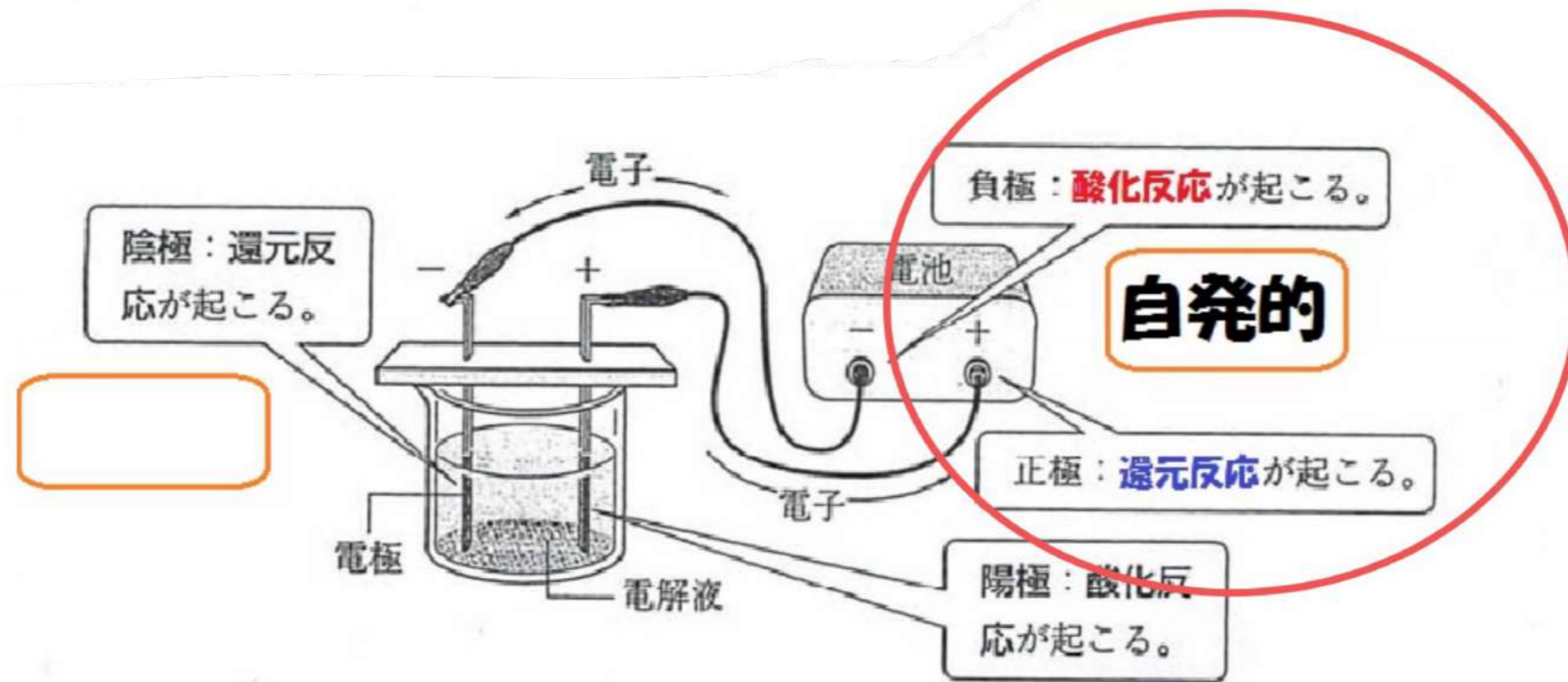
電池と電気分解を比較すると？

電池と電気分解を比較すると？



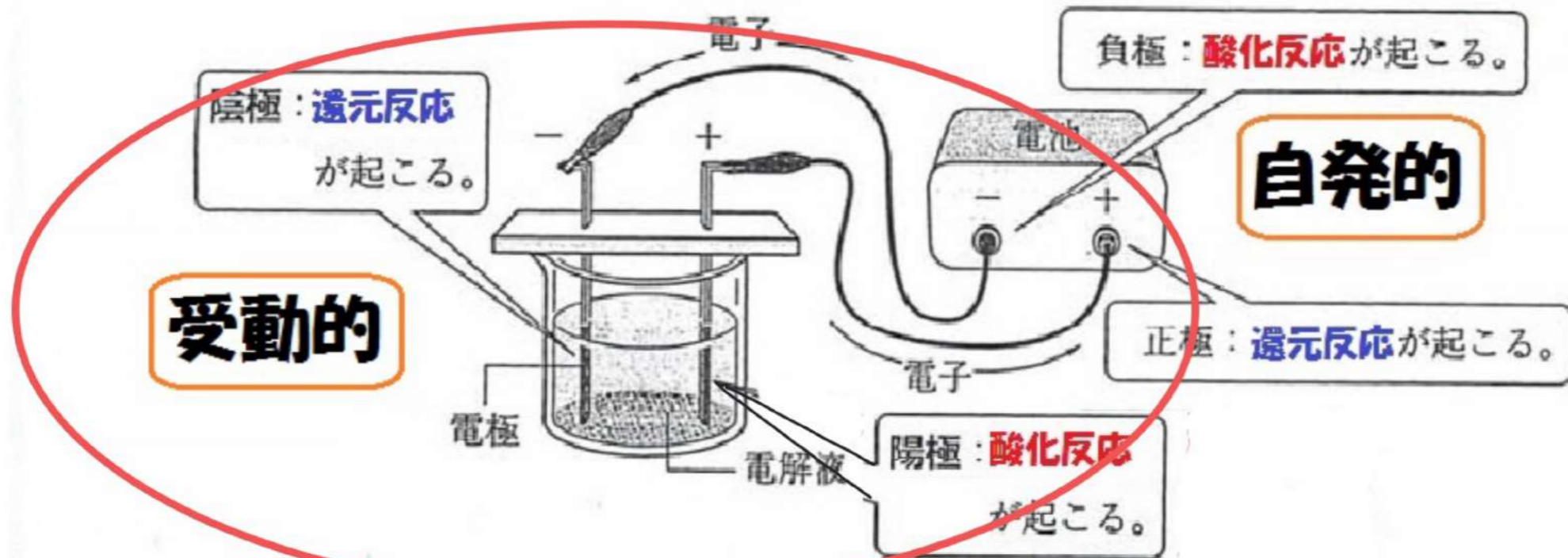
	(-)	(+)
電池	[負極]	[正極]
電気分解	[陰極]	[陽極]

電池と電気分解を比較すると？



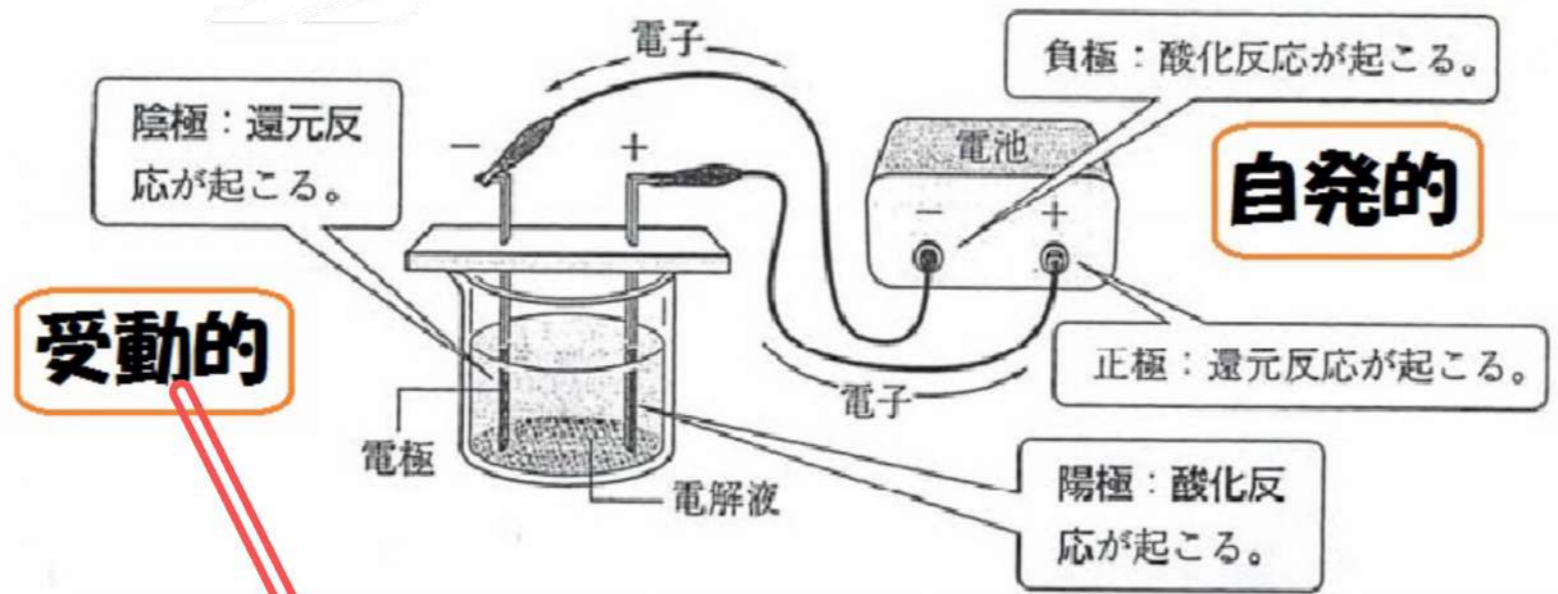
	(-)	(+)
電池	[負極] 酸化反応	[正極] 還元反応
電気分解	[陰極]	[陽極]

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！！！！



UNIVERSAL STUDIOS JAPAN



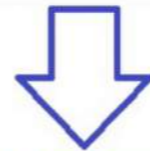
UNIVERSAL STUDIOS JAPAN

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。**

なかなか解説出来ないの、
講習会などの題材として
解説したいと思います。

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 には気体が発生しない。また、銅原子の原子番号 $Z=29$ 、原子量 $A_r=63.5$ とする。

右図のように電解槽を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 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、時間 t だけ電解したところ、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(薬)/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	比例式Ⅰ $\frac{\text{Cu}}{2\text{e}^-} = \frac{1 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} \Rightarrow \frac{63.5 \text{ g}}{2 \text{ mol}} = \frac{6.35 \text{ g}}{x(\text{mol})}$
電解槽Ⅱ	陽極	比例式Ⅱ $\frac{2\text{Cl}^-}{2\text{e}^-} = \frac{2 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} = \frac{a(\text{mol})}{x(\text{mol})}$
	陰極	比例式Ⅲ $\frac{2\text{OH}^-}{2\text{e}^-} = \frac{2 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} = \frac{b(\text{mol})}{x(\text{mol})}$

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 ナトリウムの熔融塩電解

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： $9.45 \times 10^4 \text{ C/mol}$

ナトリウム冷却型原子炉では、炉心を連ね冷却管の中に液体金属ナトリウムを循環させる。炉心を通っ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リウムの溶解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(熔融塩電解)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。

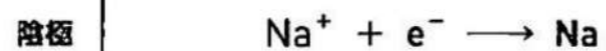
山口大

なかなか解説出来ないの、
講習会などの題材として
解説したいと思います。

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、

$$x = 0.500(\text{mol}) \text{ が求められる。}$$

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

イオン交換膜法って？

イオン交換膜法って？

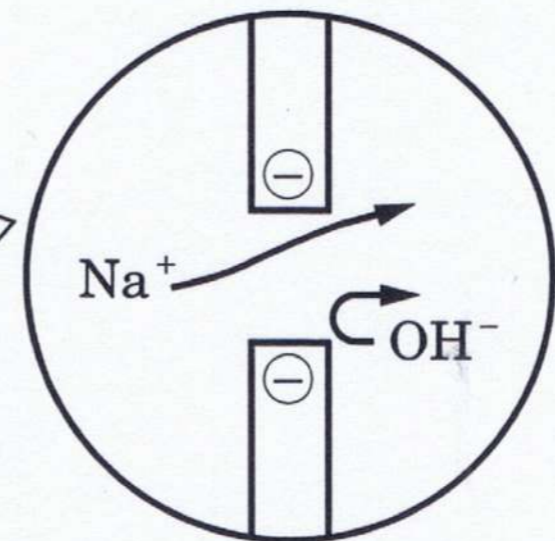
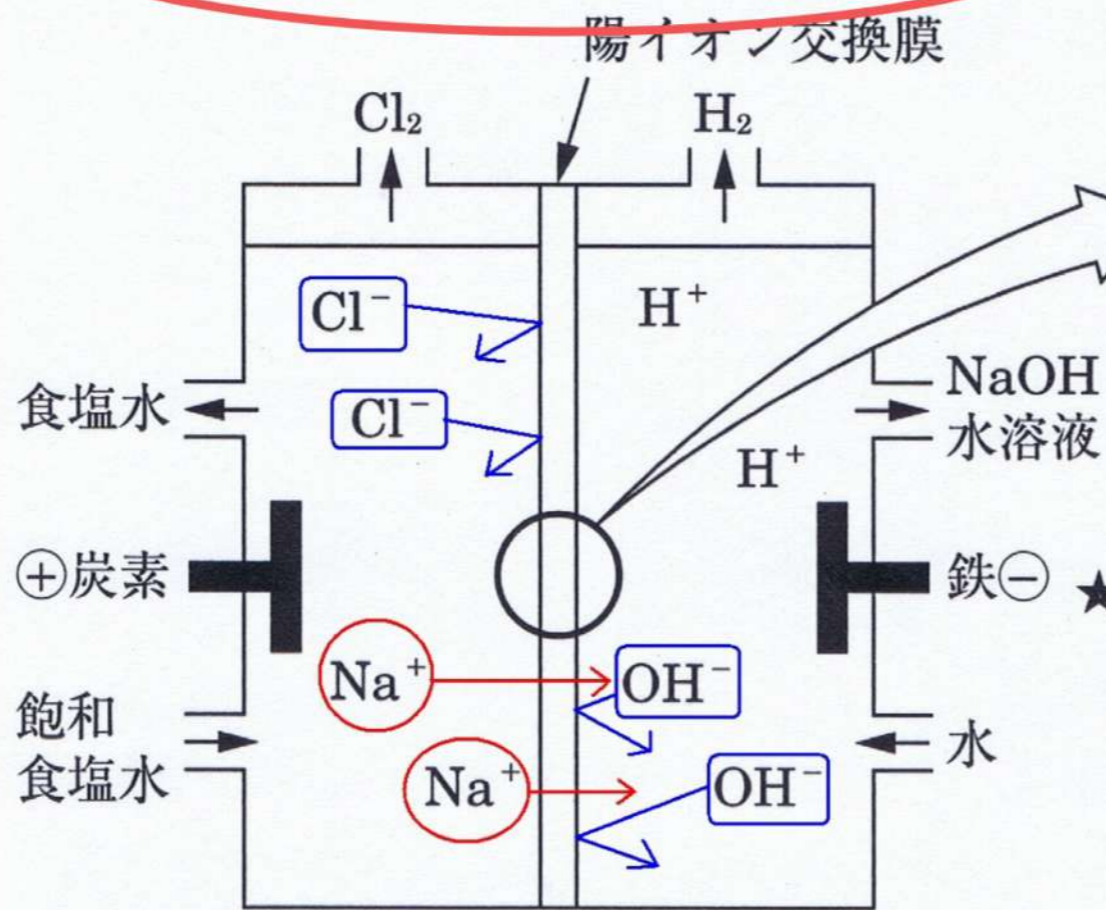
ざっくりと語れば、
陽イオン交換膜を隔膜とした
食塩水の電気分解のこと。

イオン交換膜法って？

ざっくりと語れば、
陽イオン交換膜を隔膜とした
食塩水の電気分解のこと。

NaOHやCl₂の工業的製法です。

ちなみに、陽イオン交換膜とは？



★ 陽イオン交換膜は膜の穴の内面が負の電荷を帯びているため、陽イオンは通れるが、陰イオンは通ることができない。

イオン交換膜法の概略

安定な電極

陽極での電極反応

陰極での電極反応

陽極で発生する気体

陰極で発生する気体

と同時に、陽極側の電解液内では、 Na^+ が相対的に過剰になる。

と同時に、陰極側の電解液内では、 OH^- が生成する。

NaCl水溶液

NaOH水溶液

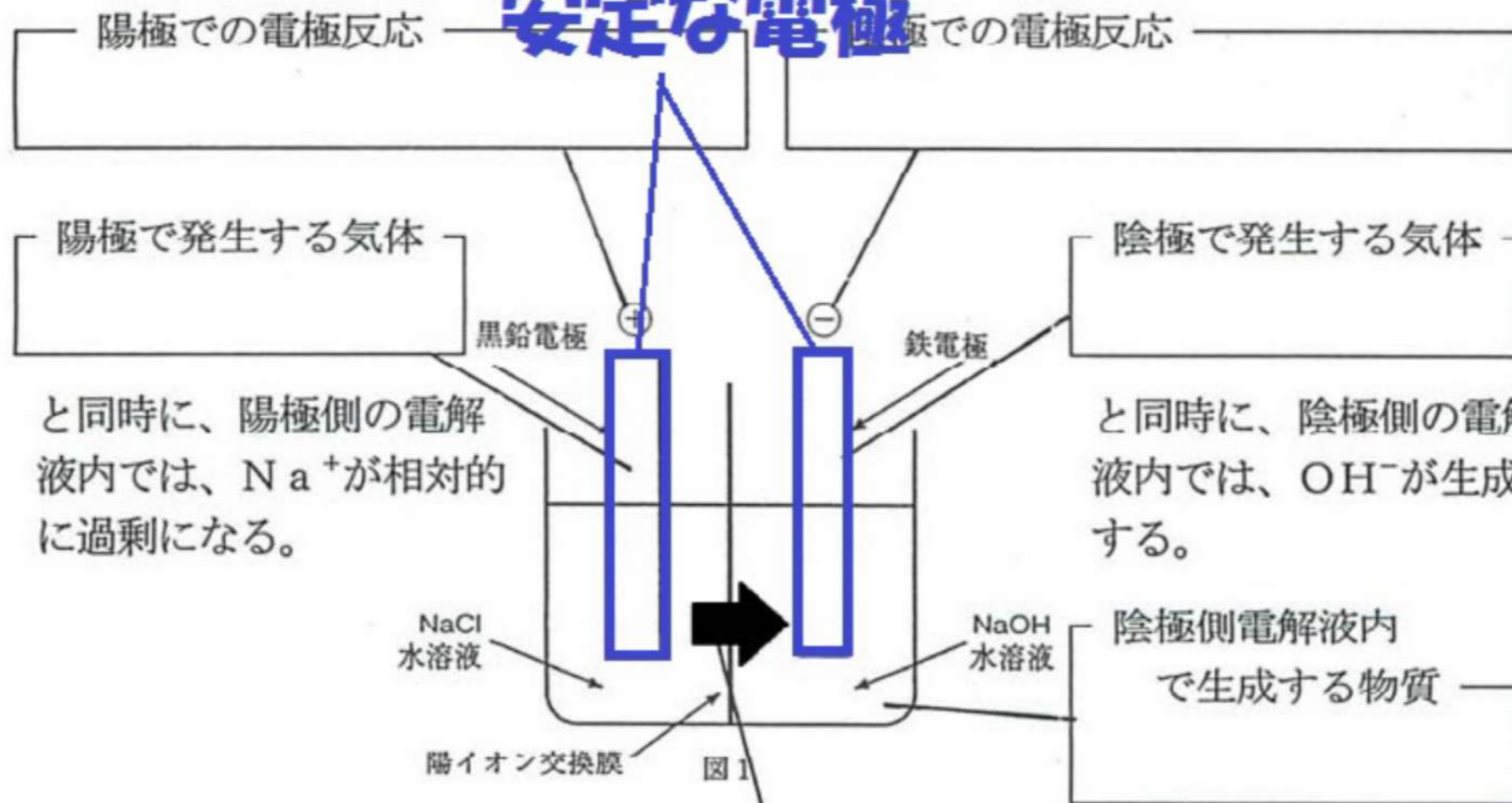
陰極側電解液内で生成する物質

陽イオン交換膜

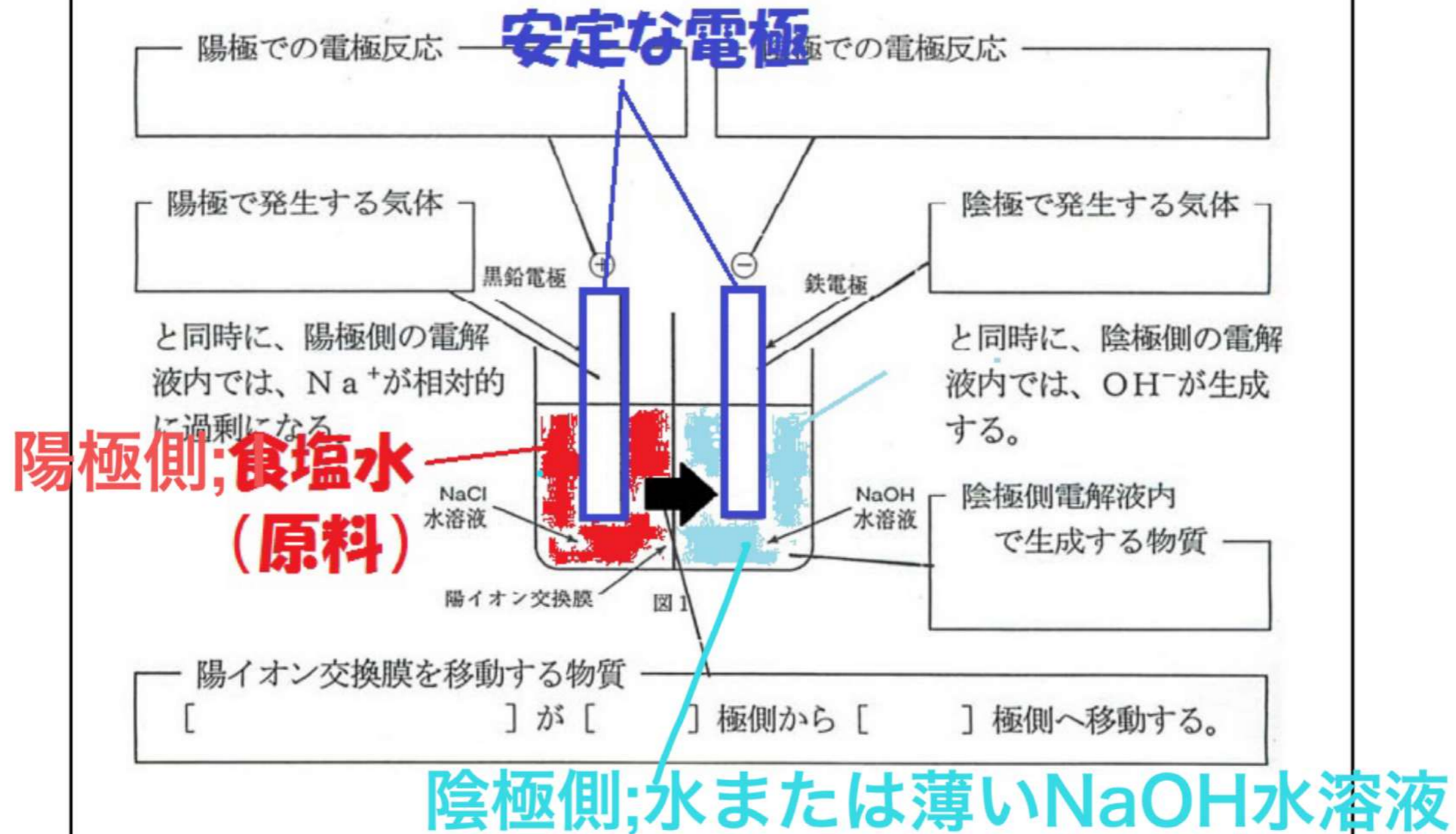
図1

陽イオン交換膜を移動する物質

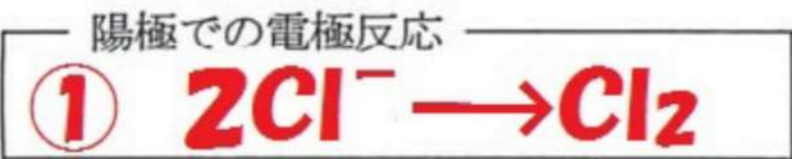
[]が[]極側から[]極側へ移動する。



イオン交換膜法の概略



イオン交換膜法の概略



陽極で起こる反応

1. 電極の溶解
2. ハロゲン単体の生成
3. 酸素の発生

陽極で発生する気体
 Cl_2

と同時に、陽極側の電解液内では、 Na^+ が相対的に過剰になる。

黒鉛電極 (+)

この時、陰極側の電解液内では、 OH^- が生成する。

NaCl 水溶液

NaOH 水溶液

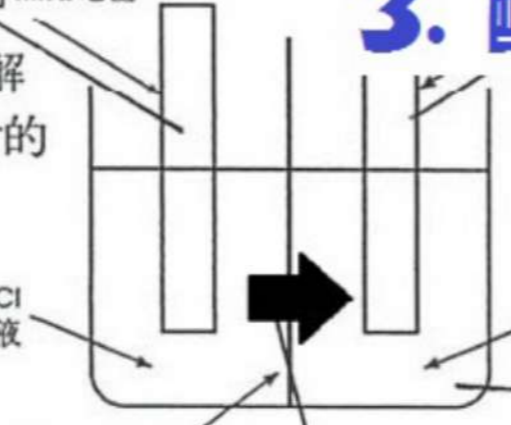
陰極側電解液内で生成する物質

陽イオン交換膜

図1

陽イオン交換膜を移動する物質

[] が [] 極側から [] 極側へ移動する。



イオン交換膜法の概略

陽極での電極反応



陽極で発生する気体

Cl_2

黒鉛電極

+

と同時に、陽極側の電解液内では、 Na^+ が相対的に過剰になる。

相対的に過剰の Na^+

水溶液

陰極での電極反応

陰極で発生する気体

と同時に、陰極側の電解液内では、 OH^- が生成する。

陰極側電解液内で生成する物質

鉄電極

-

NaOH水溶液

陽イオン交換膜

図1

陽イオン交換膜を移動する物質

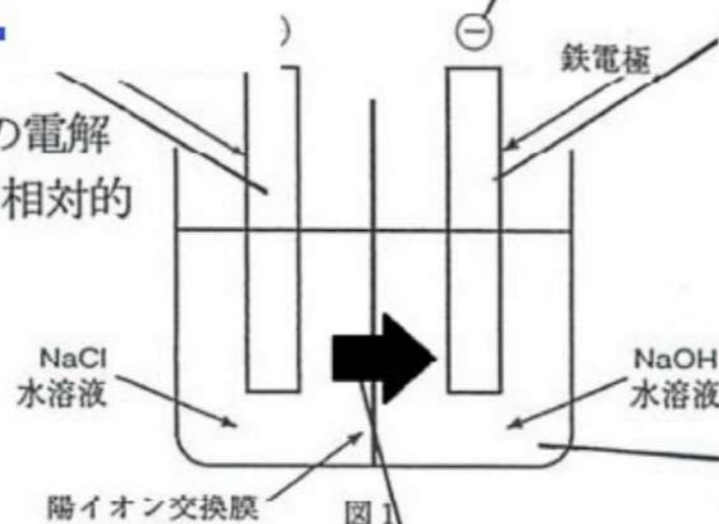
② [Na^+] が [陽] 極側から [陰] 極側へ移動する。

イオン交換膜法の概略

陰極で起こる反応

1. 重金属単体の析出
2. 水素の発生

と同時に、陽極側の電解液内では、 Na^+ が相対的に過剰になる。



陰極で発生する気体

H_2

と同時に、陰極側の電解液内では、 OH^- が生成する。

陰極側電解液内で生成する物質

陽イオン交換膜を移動する物質

②

[**Na^+**] が [**陽**] 極側から [**陰**] 極側へ移動する。

③

陰極での電極反応



イオン交換膜法の概略

陽極での電極反応



陰極での電極反応



陽極で発生する気体



黒鉛電極 (+)

陰極で発生する気体



鉄電極 (-)

と同時に、陽極側の電解液内では、 Na^{+} が相対的に過剰になる。

生成した OH^{-} は陽イオン交換膜を通過できない。

相対的に過剰の Na^{+}



陽イオン交換膜

図 1

NaOH 水溶液

陰極側電解液内で生成する物質

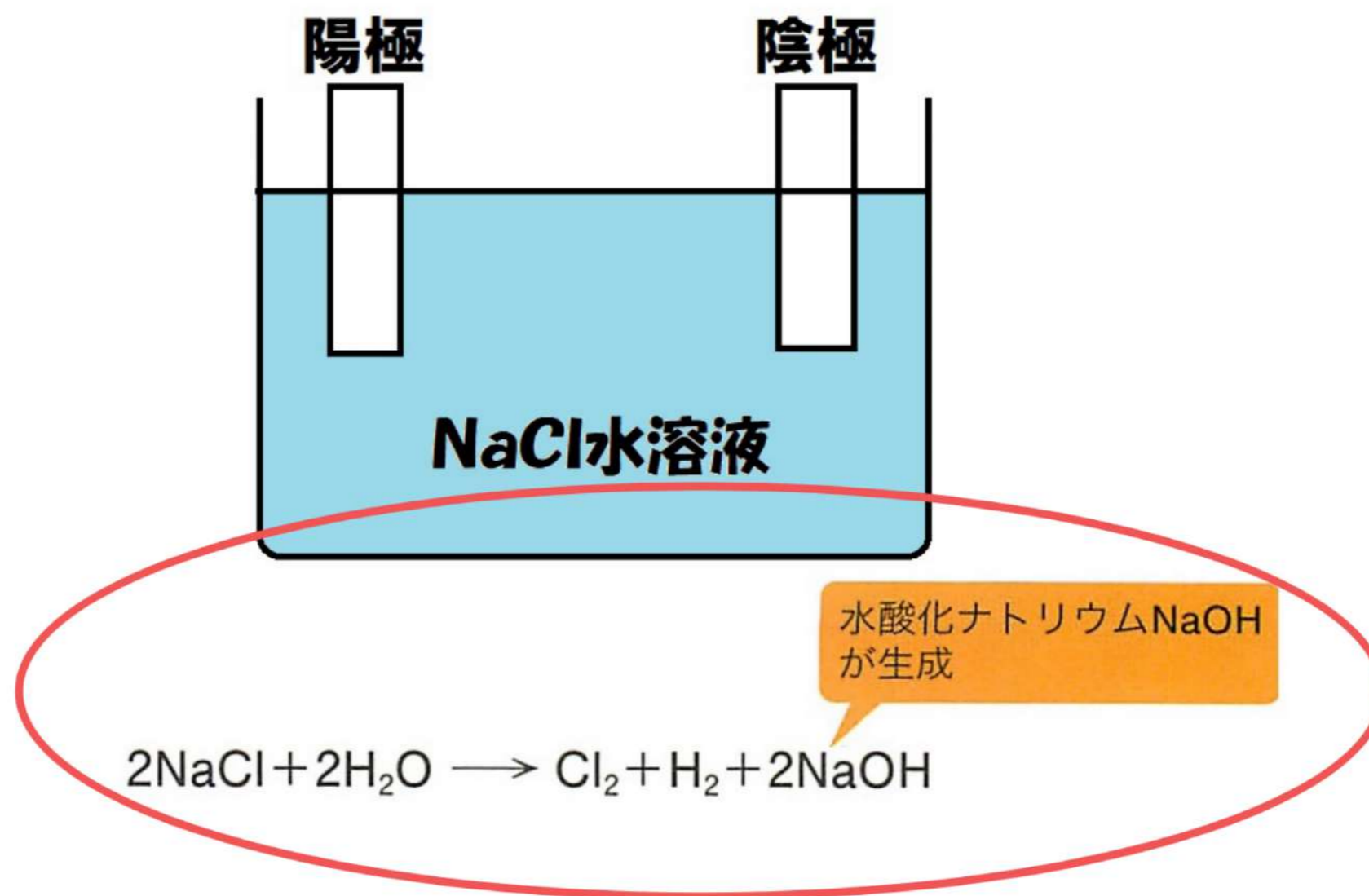
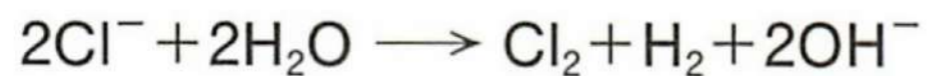


陽イオン交換膜を移動する物質

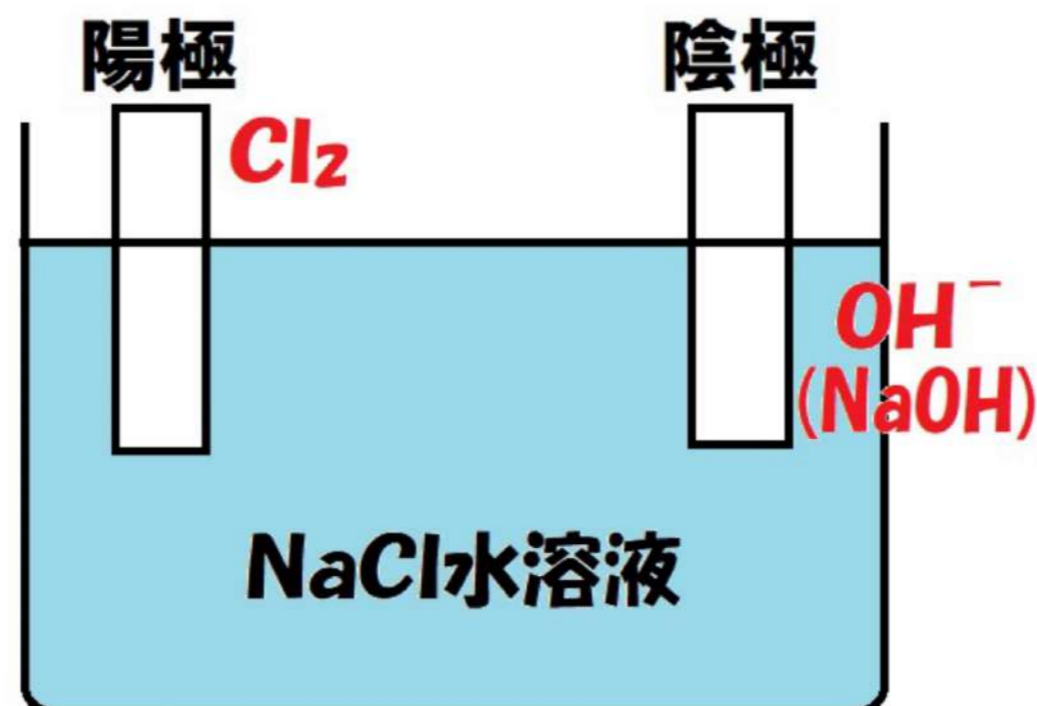
② [Na^{+}] が [陽] 極側から [陰] 極側へ移動する。

かつての隔膜法と イオン交換膜法

普通に食塩水を電気分解してもNaOHは得られますが・・・



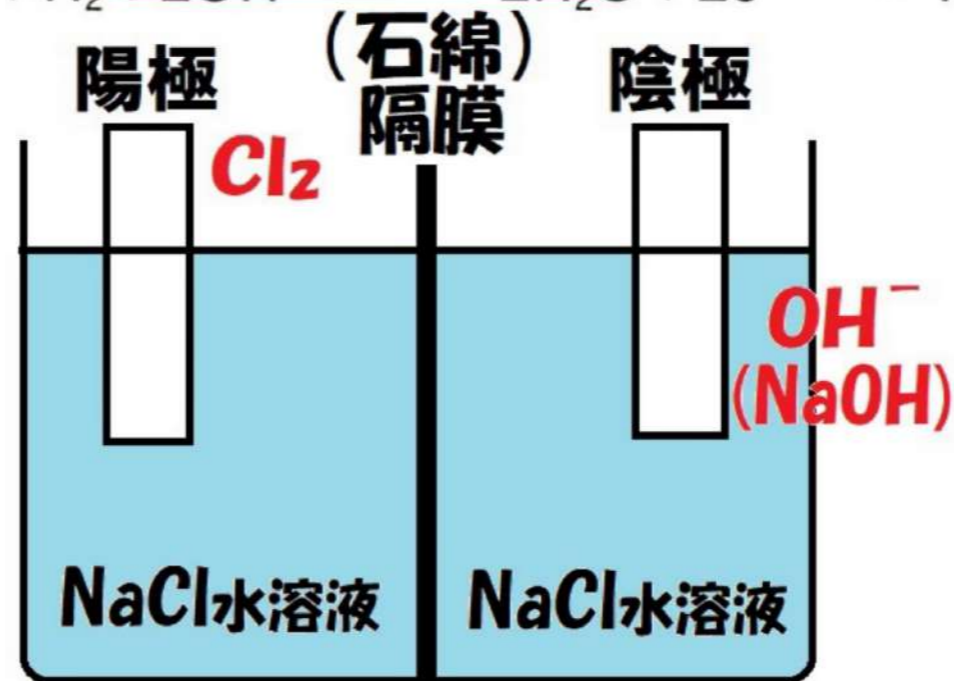
普通に食塩水を電気分解してもNaOHは得られませんが...



しかし陽極側と陰極側の間に隔膜がないので、

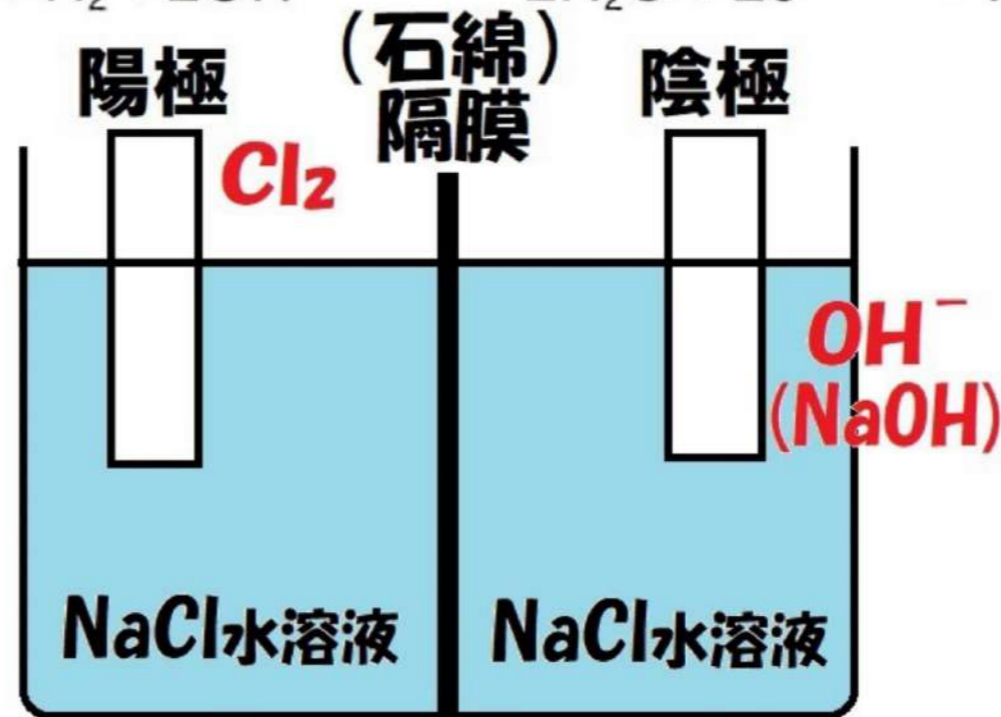


隔膜法：陽極側と陰極側の間に隔膜(石棉)を置くと……



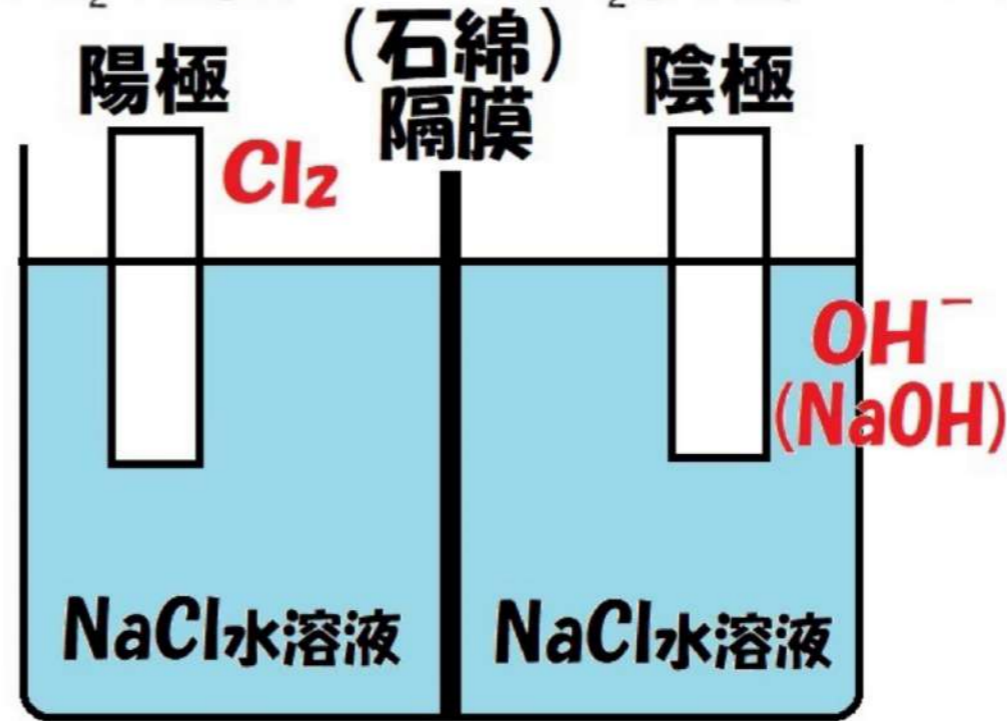
NaOHとCl₂は接しないが、NaOHが生成する陰極側にはNaClという不純物がある。不純物をなくすには陰極側の電解液を純水にすればよい。しかし、隔膜(石棉)ではNaClの陰極側への侵入を防げず、それは実現しない。

隔膜法：陽極側と陰極側の間に隔膜(石棉)を置くと……



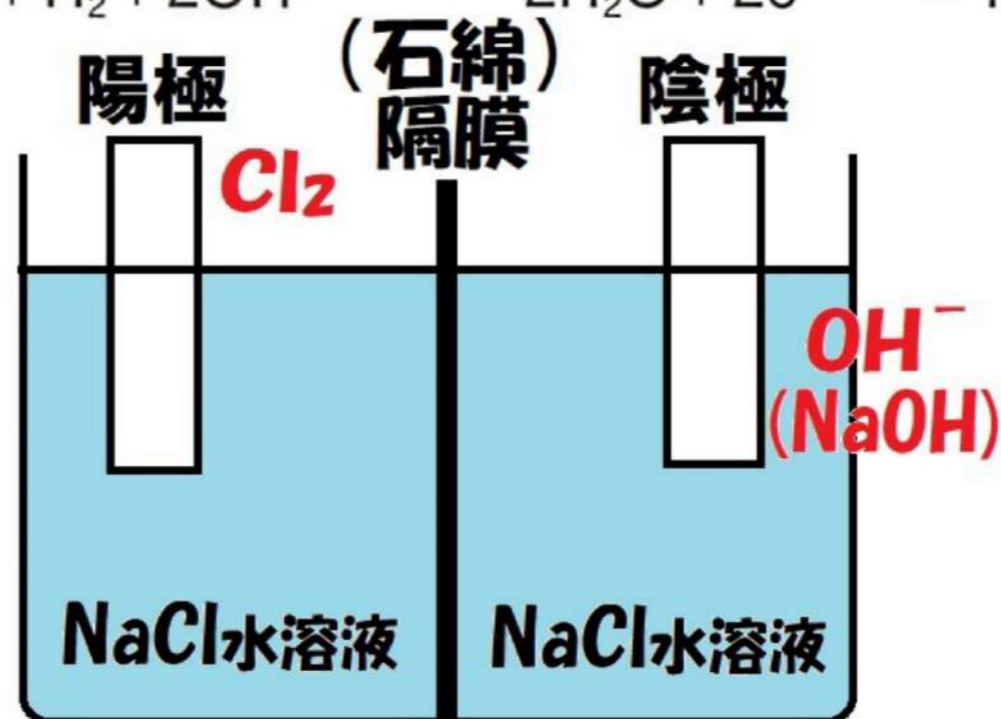
NaOHとCl₂は接しないが、NaOHが生成する陰極側にはNaClという不純物がある。不純物をなくすには陰極側の電解液を純水にすればよい。しかし、隔膜(石棉)ではNaClの陰極側への侵入を防げず、それは実現しない。

隔膜法：陽極側と陰極側の間に隔膜(石棉)を置くと……



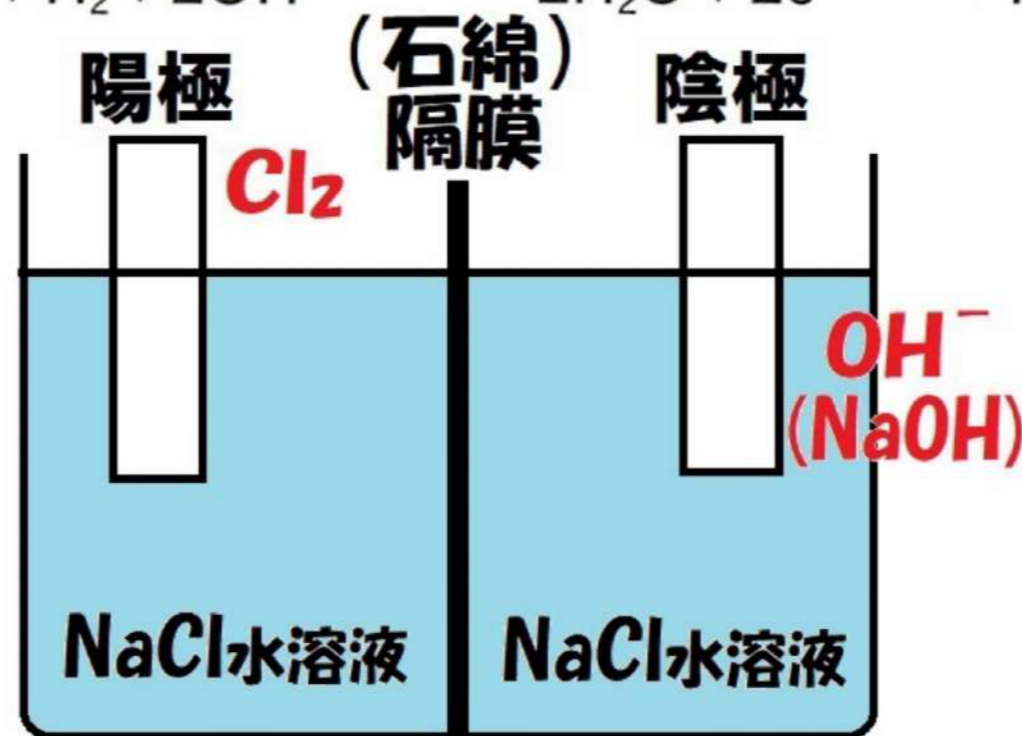
NaOHとCl₂は接しないが、NaOHが生成する陰極側にはNaClという不純物がある。不純物をなくすには陰極側の電解液を純水にすればよい。しかし、隔膜(石棉)ではNaClの陰極側への侵入を防げず、それは実現しない。

隔膜法：陽極側と陰極側の間に隔膜(石棉)を置くと……



~~NaOHとCl₂は接しないが、NaOHが生成する陰極側にはNaClという不純物がある。不純物をなくすには陰極側の電解液を純水にすればよい。しかし、隔膜(石棉)ではNaClの陰極側への侵入を防げず、それは実現しない。~~

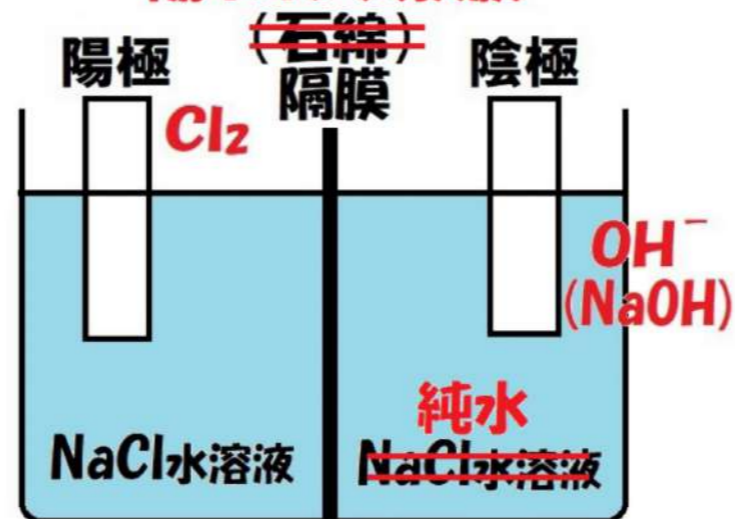
隔膜法：陽極側と陰極側の間に隔膜(石綿)を置くと……



NaOHとCl₂は接しないが、NaOHが生成する陰極側にはNaClという不純物がある。不純物をなくすには陰極側の電解液を純水にすればよい。しかし、隔膜(石綿)ではNaClの陰極側への侵入を防げず、それは実現しない。

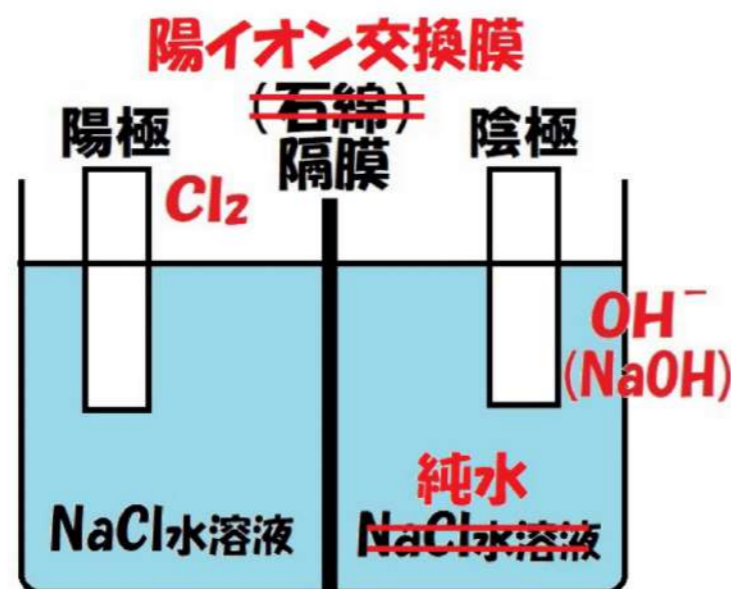
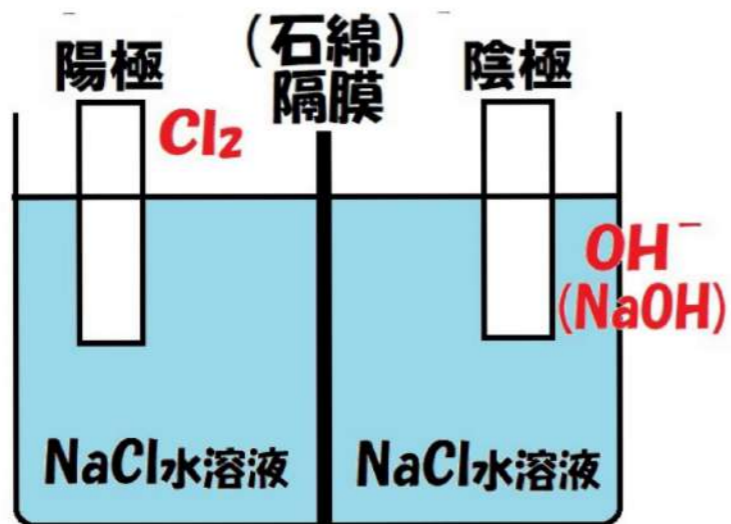
イオン交換膜法**イオン交換膜**

~~隔膜法: 陽極側と陰極側の間に隔膜(石棉)を置くと……~~

**陽イオン交換膜**

~~NaOHとCl₂は接しないが、NaOHが生成する陰極側にはNaClという不純物がある。不純物をなくすには陰極側の電解液を純水にすればよい。しかし、隔膜(石棉)ではNaClの陰極側への侵入を防げず、それは実現しない。~~

陽イオン交換膜はNaClの陰極側への侵入を防げるので陰極側の電解液を純水にすることが出来る。なお、Na⁺は自由に移動できるので電荷の移動に問題はない。

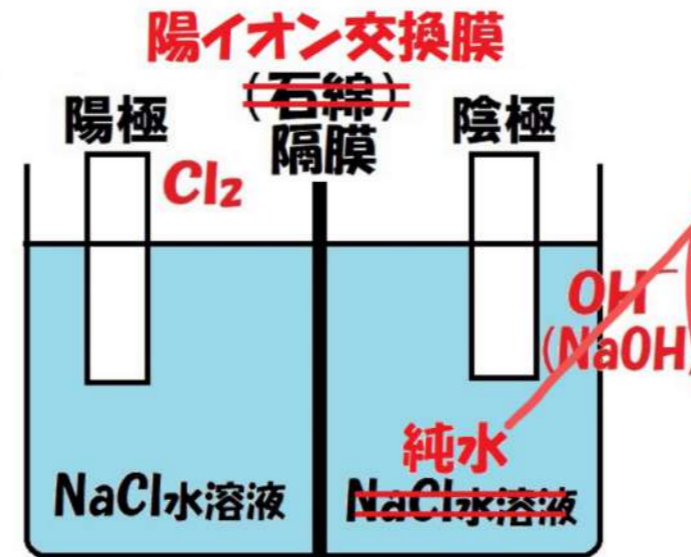


イオン交換膜法の方が
 かつての隔膜法よりも
 純度の高い(NaClとい
 う不純物の少ない)NaOH
 が得られる。

イオン交換膜法

イオン交換膜

~~隔膜法~~: 陽極側と陰極側の間に隔膜(石棉)を置くと……



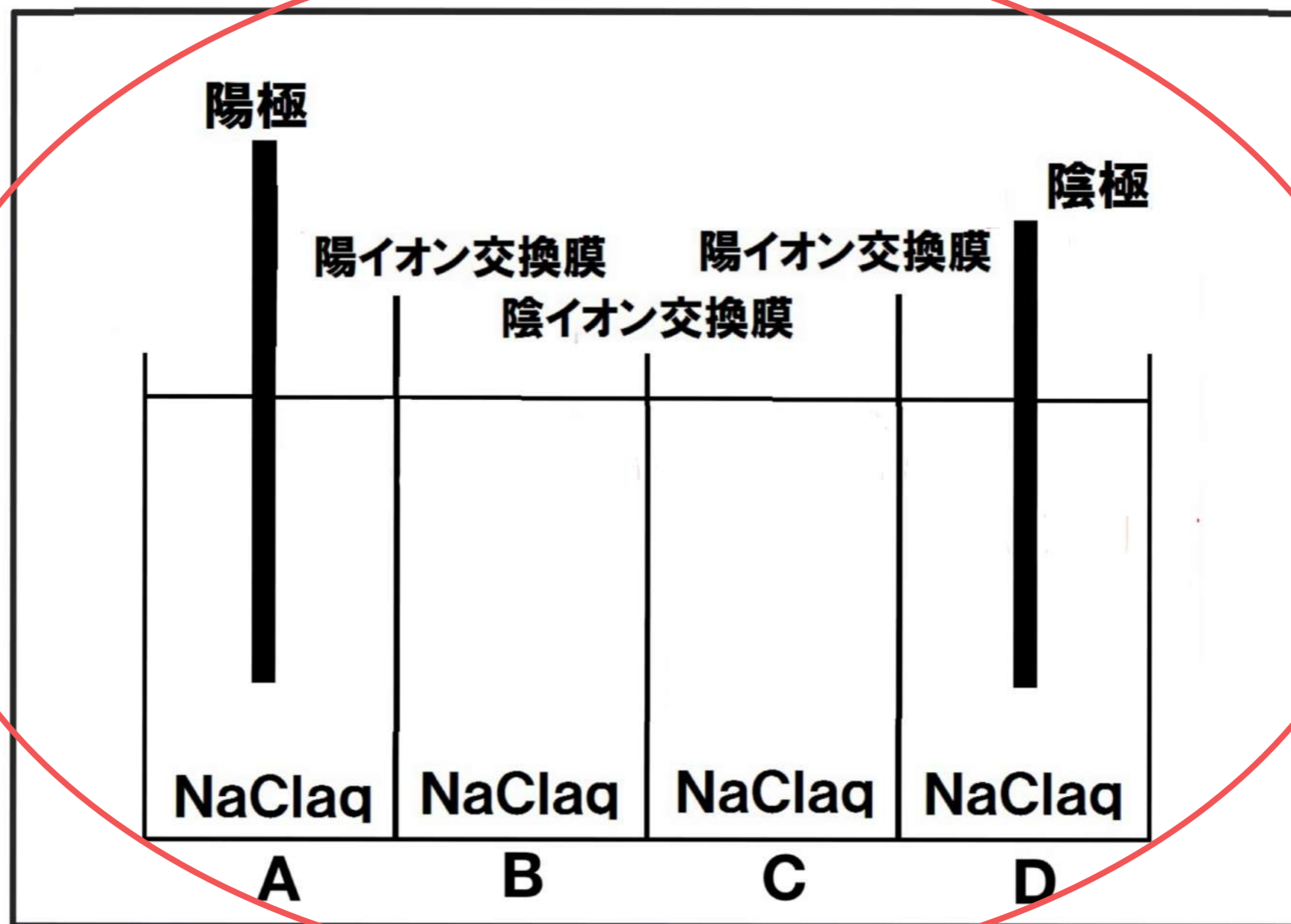
ちなみに、
薄いNaOH水溶液
にしておけば
純水より電気も通り
やすいし、不純物にも
ならない。

~~NaOHとCl₂は接しないが、NaOHが生成する陰極側にはNaClという不純物がある。不純物をなくすには陰極側の電解液を純水にすればよい。しかし、隔膜(石棉)ではNaClの陰極側への侵入を防げず、それは実現しない。~~

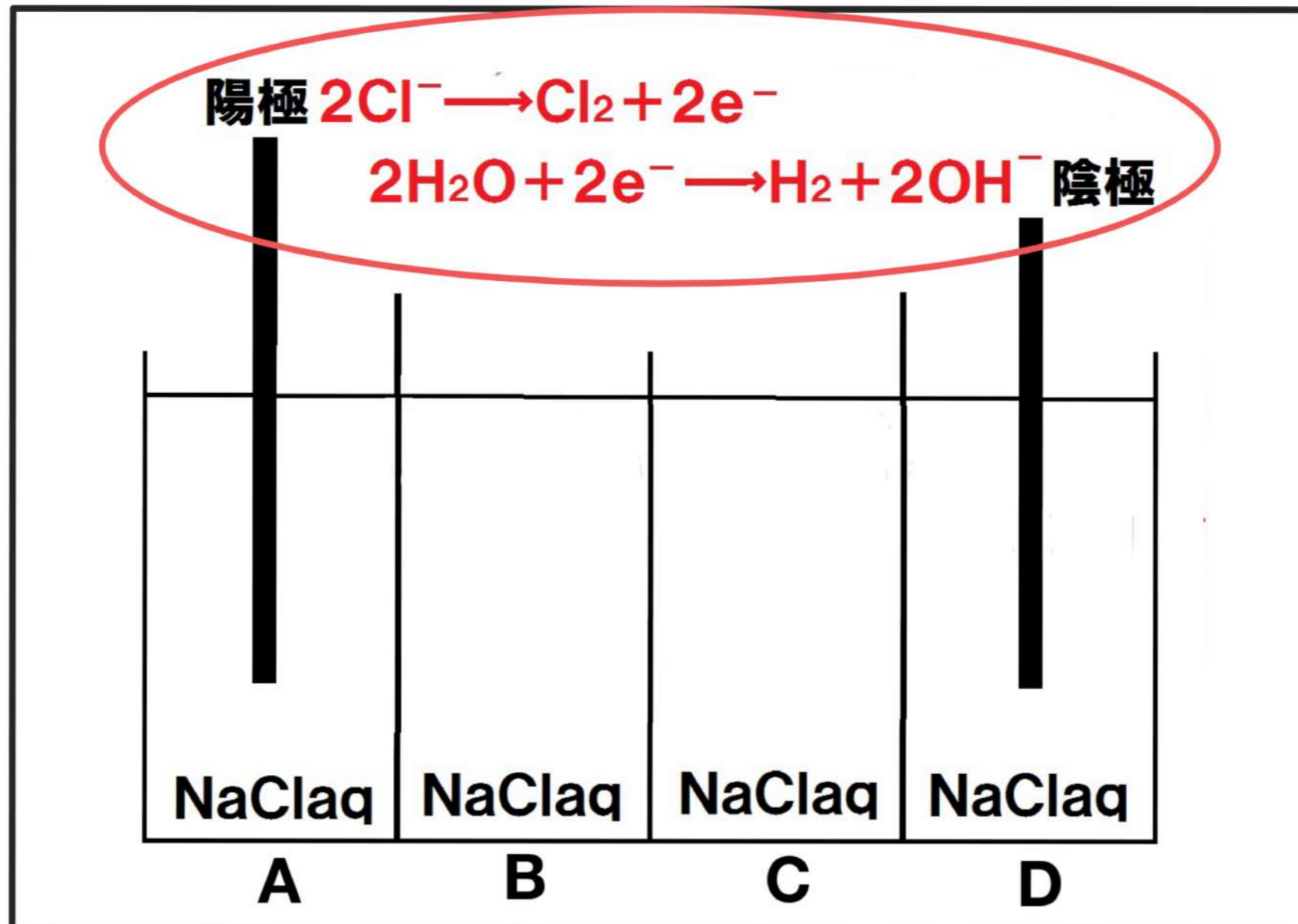
陽イオン交換膜はNaClの陰極側への侵入を防げるので陰極側の電解液を純水にすることが出来る。なお、Na⁺は自由に移動できるので電荷の移動に問題はない。

**イオン交換膜法の
ちょっとした応用課題
(海水の淡水化)**

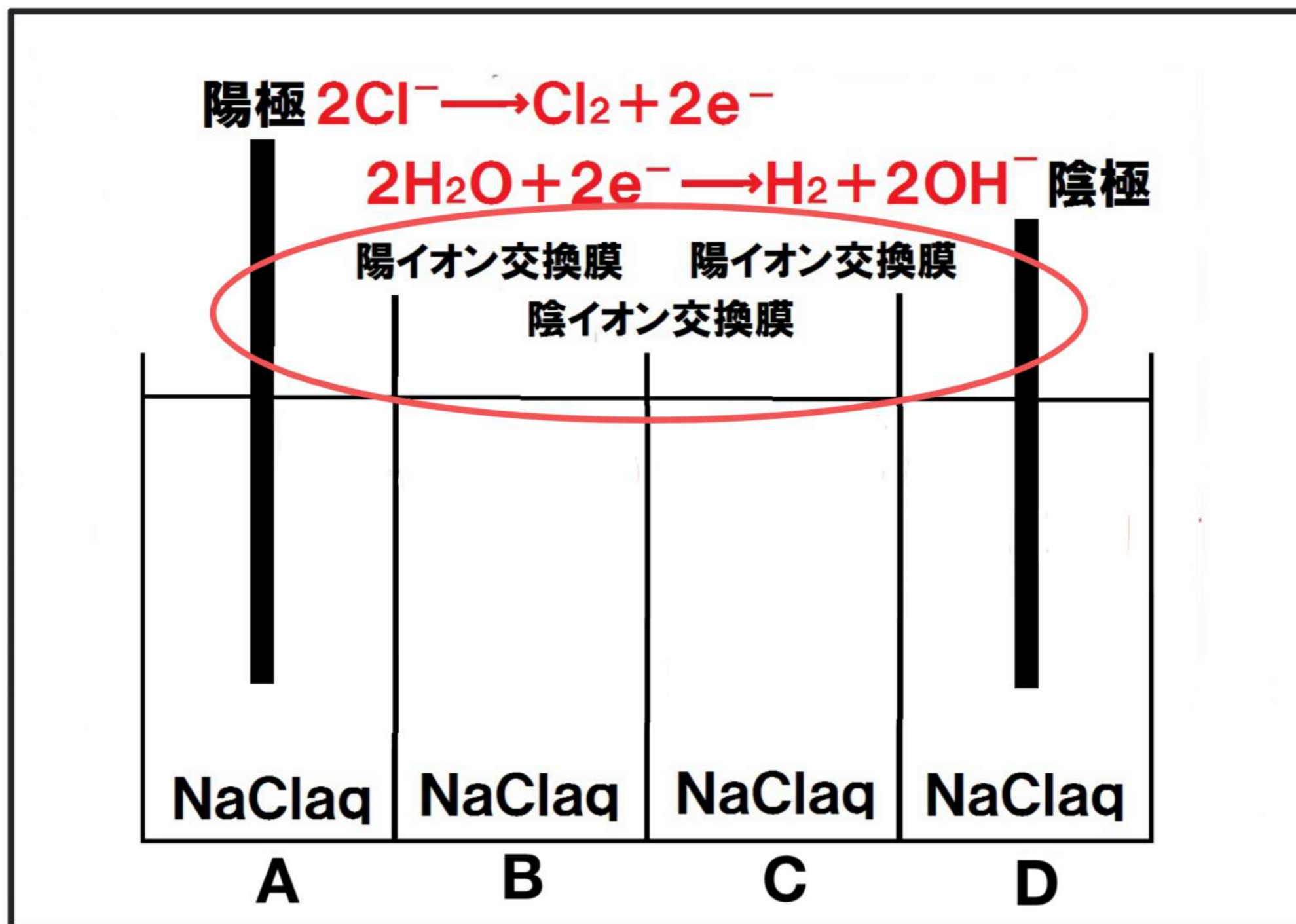
全体の変化を模式的に考えてみよう



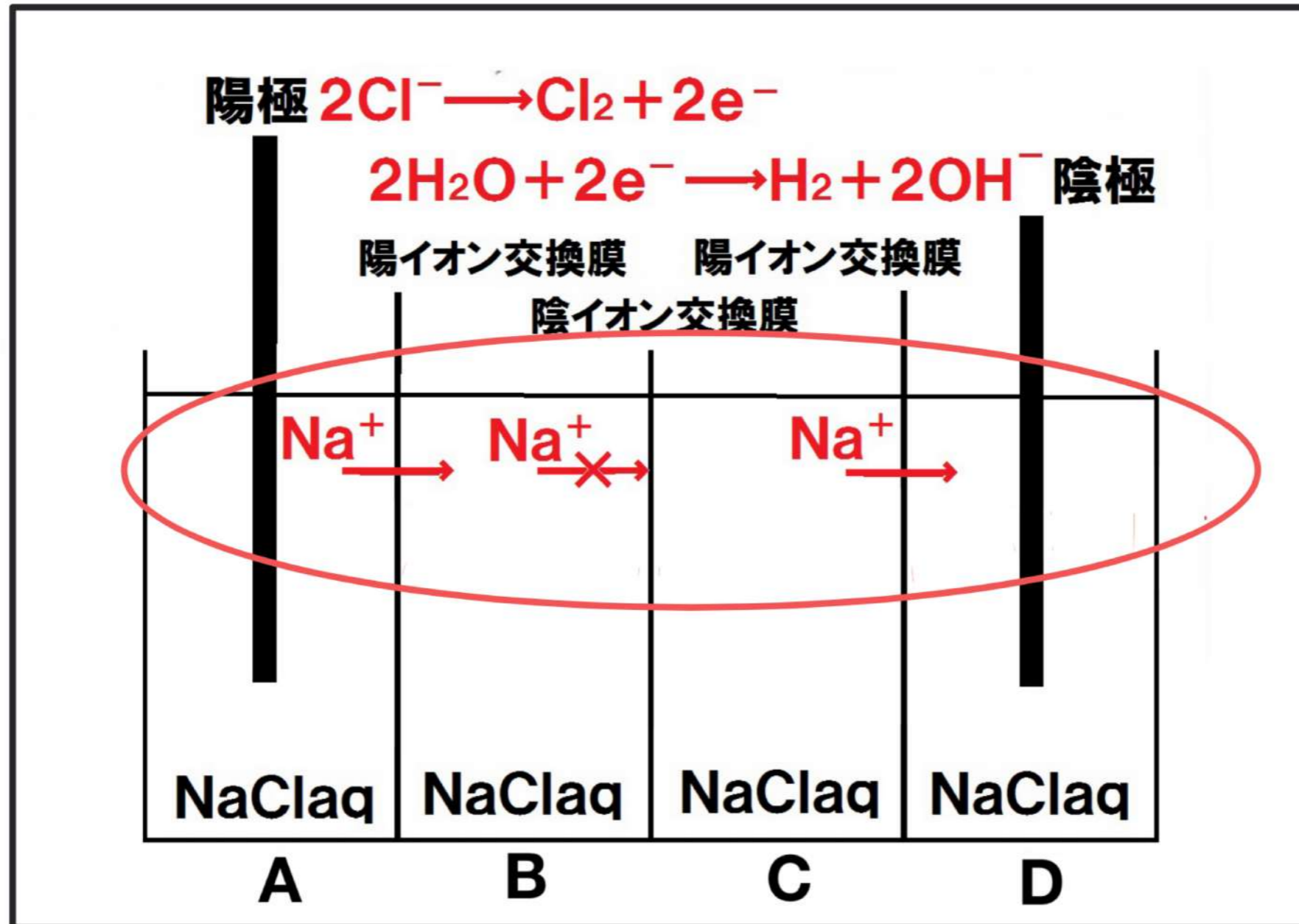
全体の変化を模式的に考えてみよう



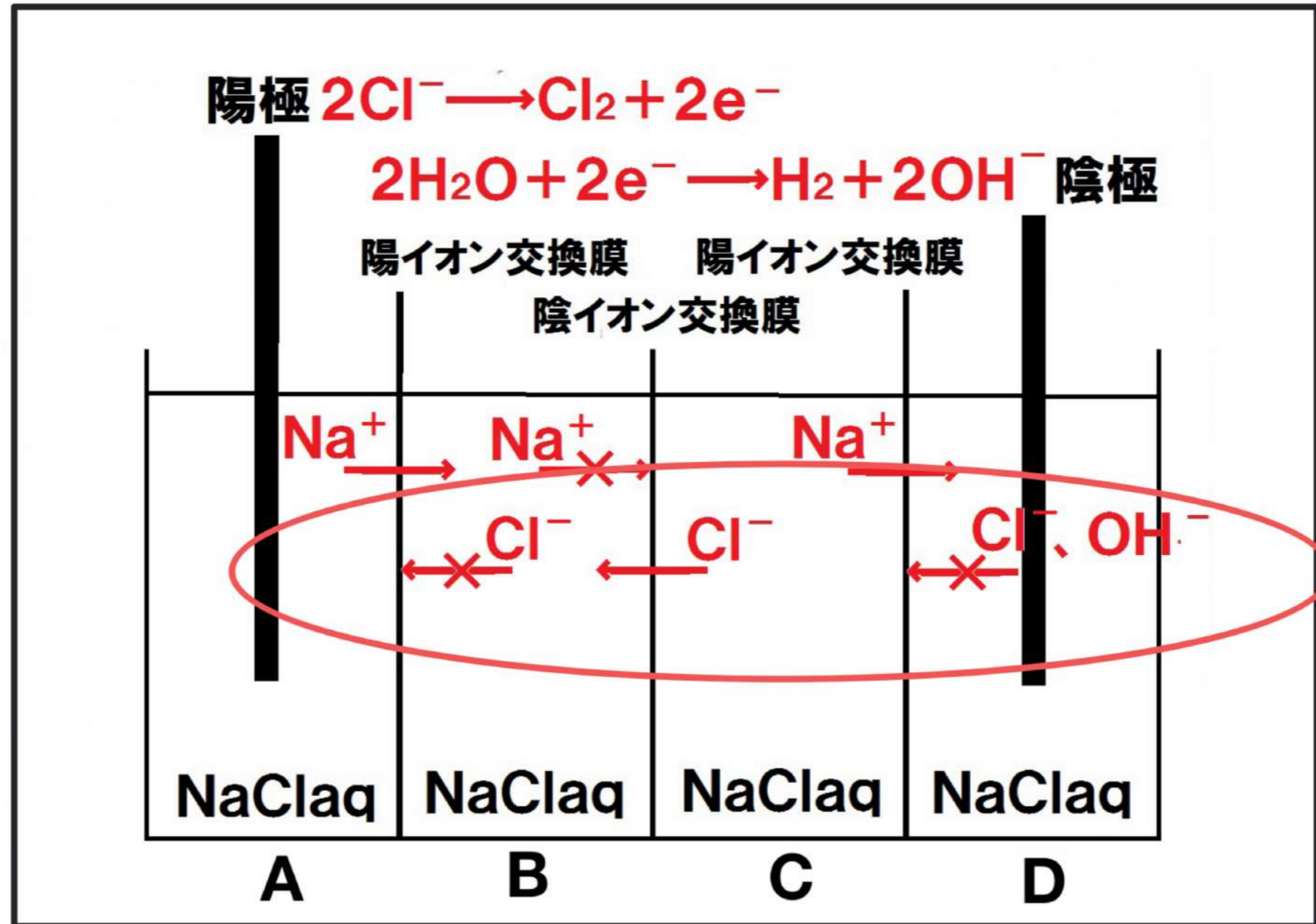
全体の変化を模式的に考えてみよう



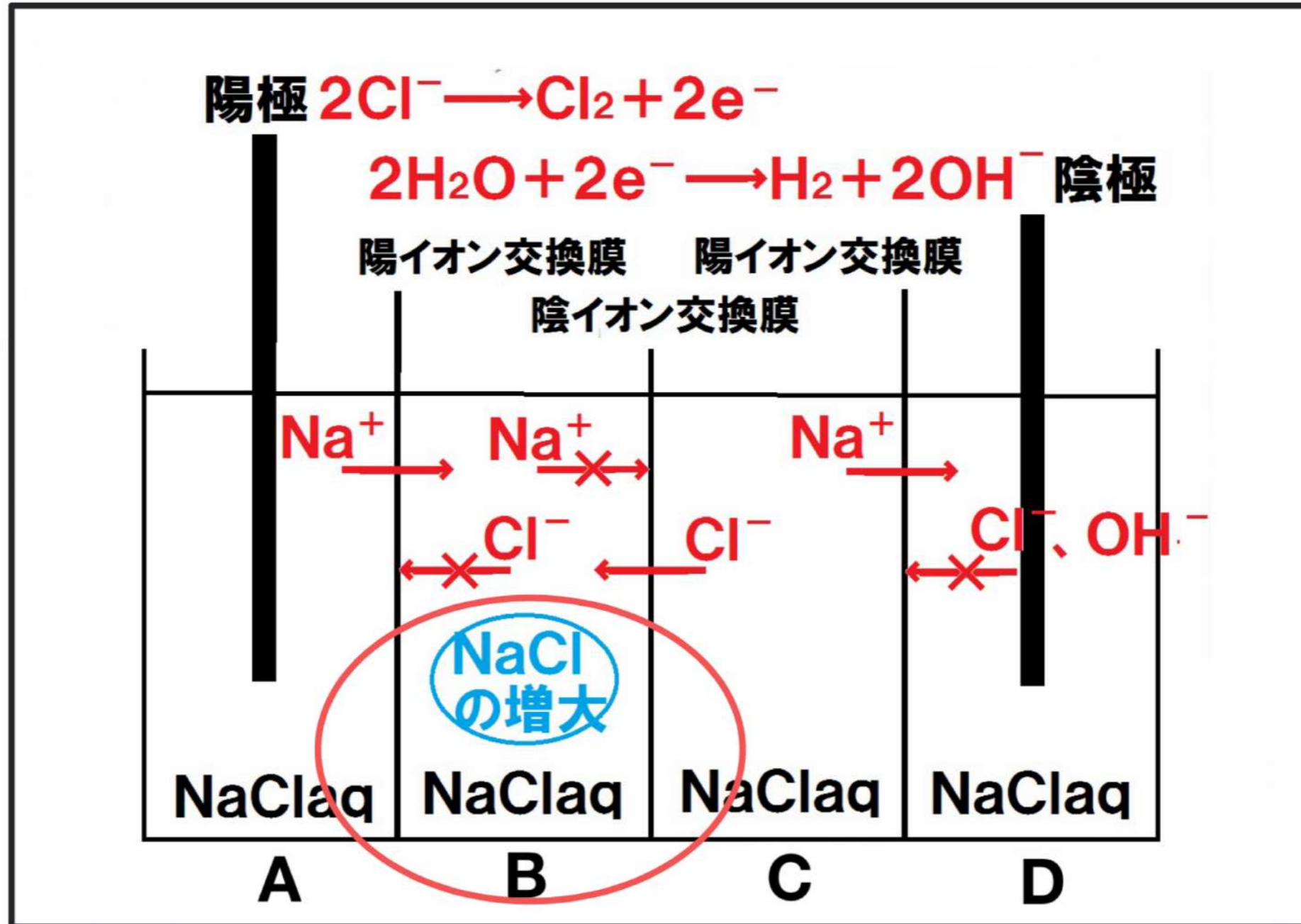
全体の変化を模式的に考えてみよう



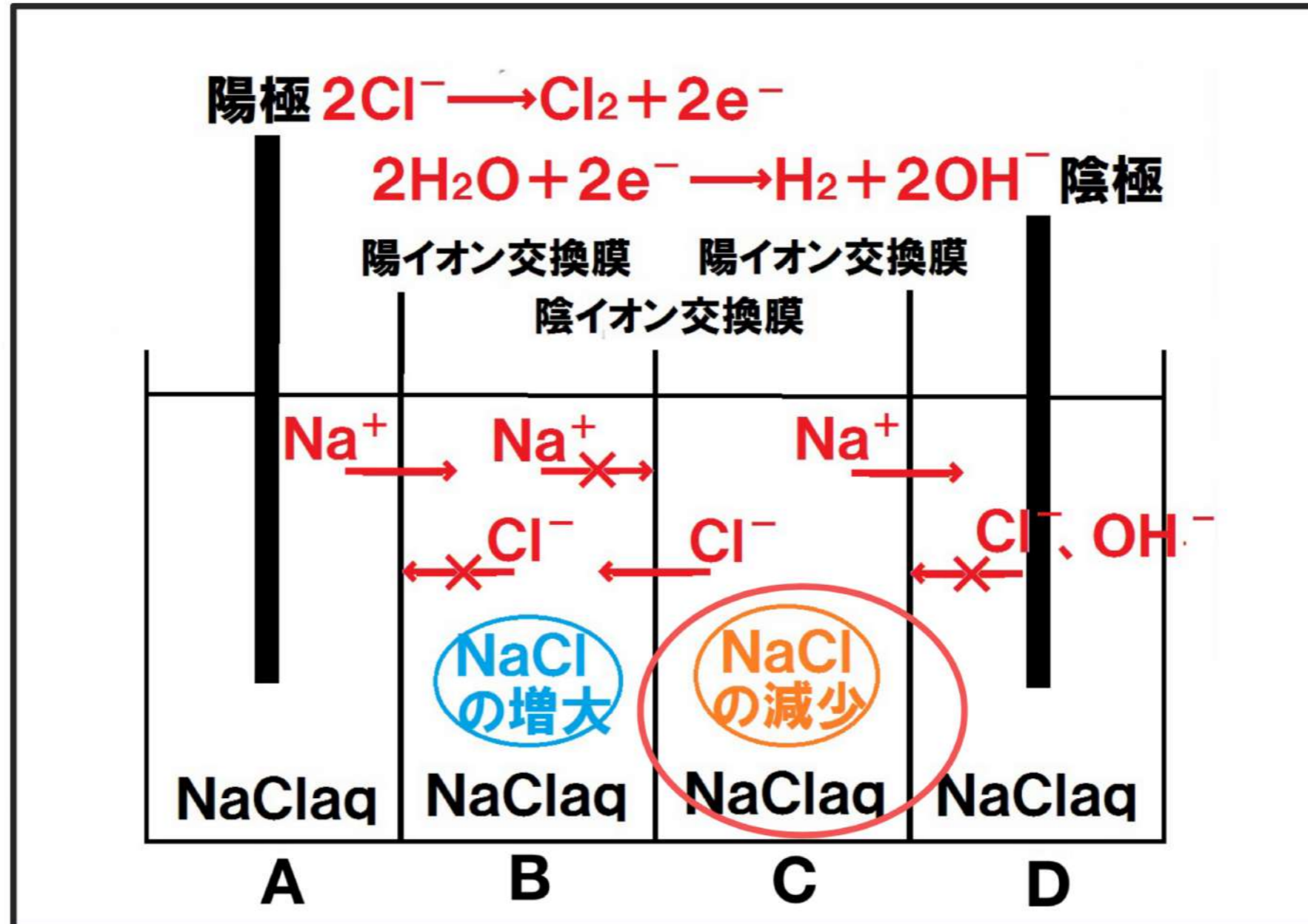
全体の変化を模式的に考えてみよう



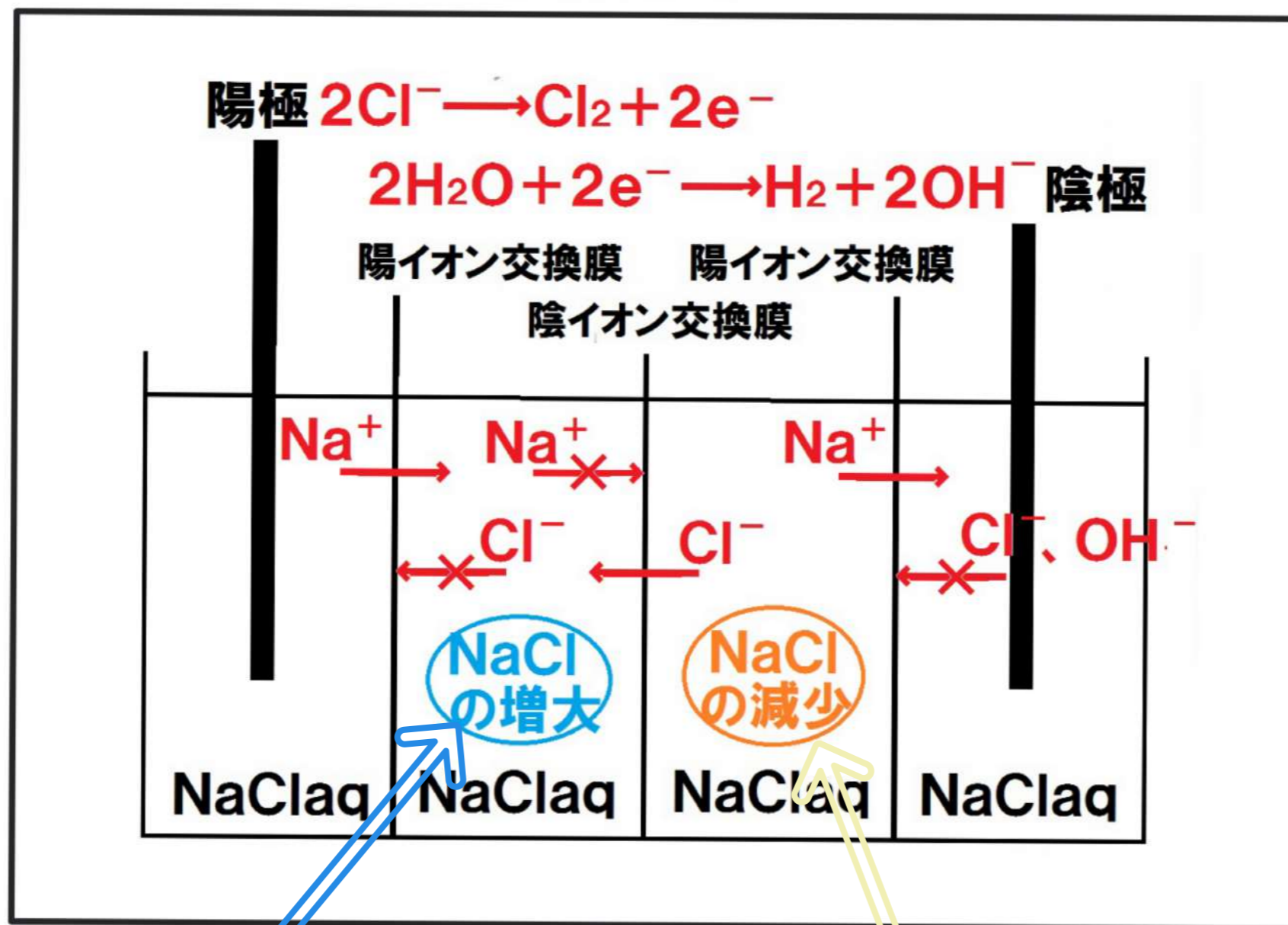
全体の変化を模式的に考えてみよう



全体の変化を模式的に考えてみよう



全体の変化を模式的に考えてみよう

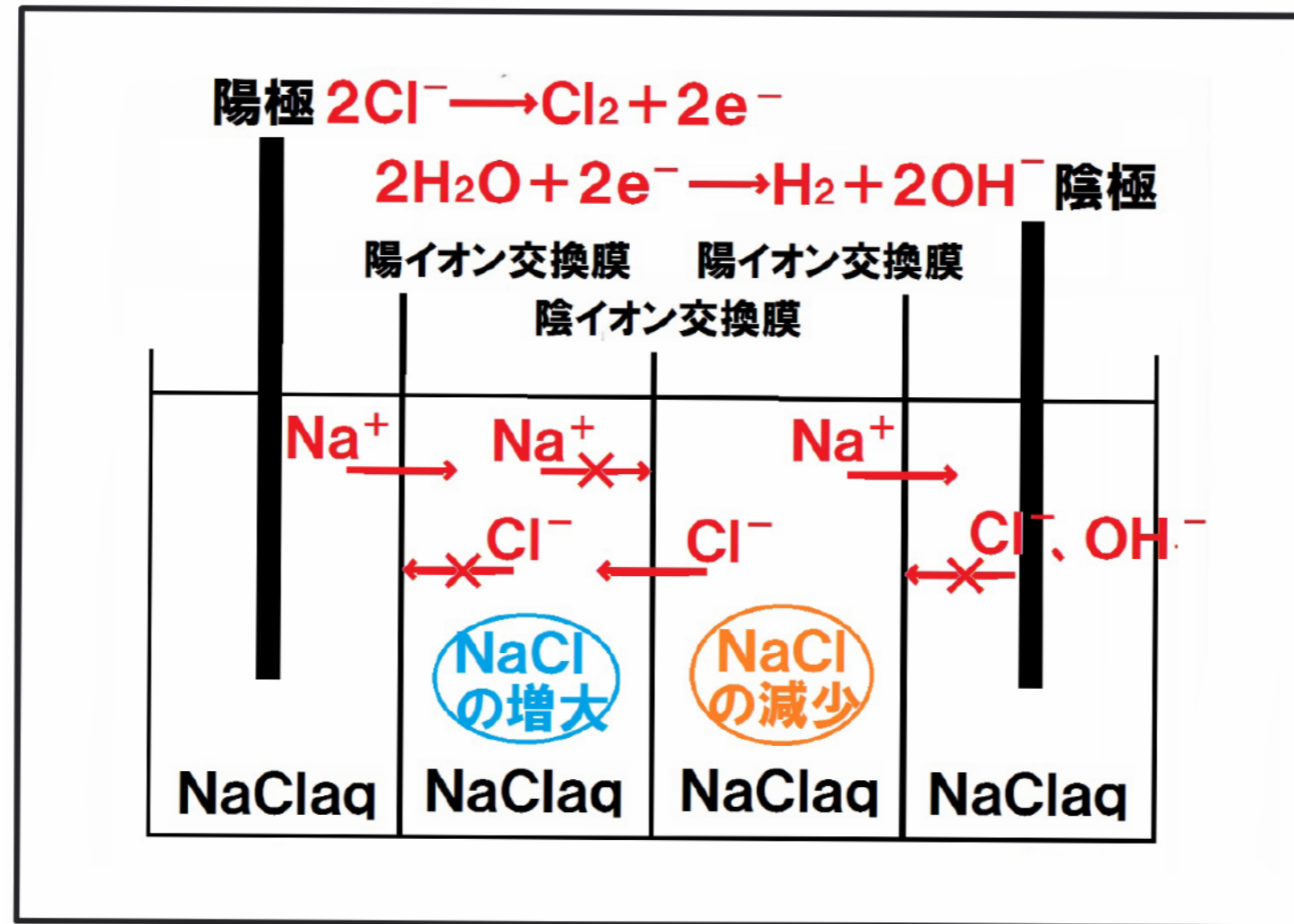


海水からの製塩

海水の淡水化



全体の変化を模式的に考えてみよう



イオン交換膜電気透析法

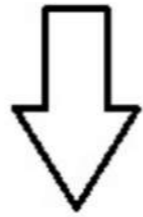
海水の淡水化と海水からの製塩
(多分、主流は逆浸透法でしょう。)



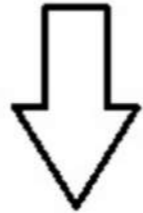
銅の電解精錬

ちなみに、**製錬**と**精錬**って？

銅鉛石



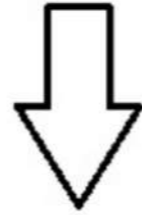
粗銅



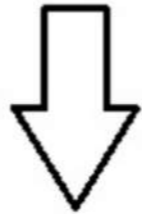
純銅

銅鉍石

化合物(混合物)

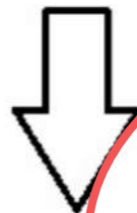
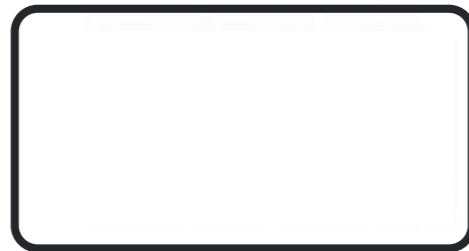


粗銅



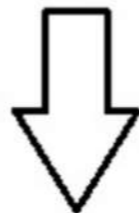
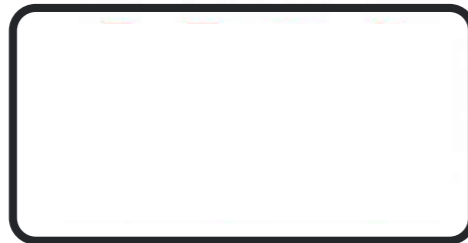
純銅

銅鉱石 化合物(混合物)



還元する。

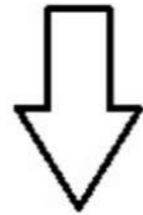
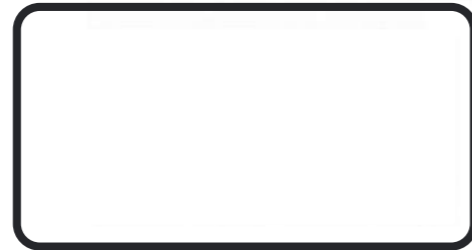
粗銅 単体(不純物を含む)



純銅

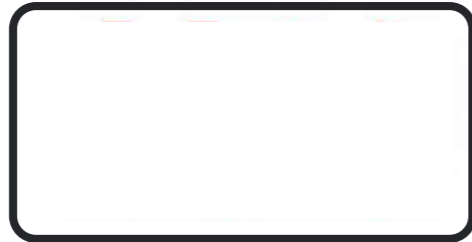


銅鉱石 化合物(混合物)



還元する。

粗銅 単体(不純物を含む)



不純物を除去する。

純銅 単体(純度が高い)

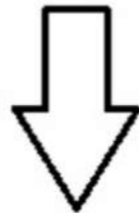
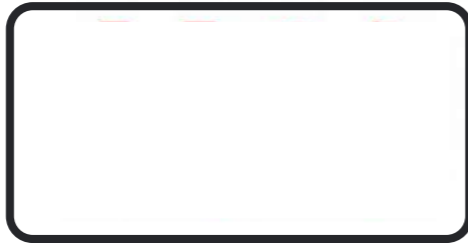
銅鉱石 化合物(混合物)

製錬



還元する。

粗銅 単体(不純物を含む)



不純物を除去する。

純銅 単体(純度が高い)

銅鉱石 化合物(混合物)

製錬 ↓ 還元する。

粗銅 単体(不純物を含む)

精錬 ↓ 不純物を除去する。

純銅 単体(純度が高い)

Cuの製法

銅の製錬	<p>銅の単体(粗銅)は、銅の鉱石(黄銅鉱)を還元することによって得られる。</p> <p>① 黄銅鉱をコークスやケイ砂混ぜて溶鉱炉に入れ、硫化銅(I)を得る。 $4\text{CuFeS}_2 + 9\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{SO}_2$</p> <p>② 次に、硫化銅(I)を転炉に入れ、銅の単体(粗銅)を得る。 $\text{Cu}_2\text{S} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Cu} + \text{SO}_2$</p>
電解精錬	<p>純銅は、粗銅を電解精錬することによって得られる。</p> <p>(陽極)</p> <p>(陰極)</p>

Cuの製法

銅の製錬	<p>銅の単体(粗銅)は、銅の鉱石(黄銅鉱)を還元することによって得られる。</p> <p>① 黄銅鉱をコークスやケイ砂混ぜて溶鉱炉に入れ、硫化銅(I)を得る。 $4\text{CuFeS}_2 + 9\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{SO}_2$</p> <p>② 次に、硫化銅(I)を転炉に入れ、銅の単体(粗銅)を得る。 $\text{Cu}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Cu} + \text{SO}_2$</p>
電解精錬	<p>純銅は、粗銅を電解精錬することによって得られる。</p> <p>(陽極)</p> <p>(陰極)</p>

Cuの製法

銅の製錬	<p>銅の単体(粗銅)は、銅の鉱石(黄銅鉱)を還元することによって得られる。</p> <p>① 黄銅鉱をコークスやケイ砂混ぜて溶鉱炉に入れ、硫化銅(I)を得る。 $4\text{CuFeS}_2 + 9\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{SO}_2$</p> <p>② 次に、硫化銅(I)を転炉に入れ、銅の単体(粗銅)を得る。 $\text{Cu}_2\text{S} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Cu} + \text{SO}_2$</p>
電解精錬	<p>純銅は、粗銅を電解精錬することによって得られる。</p> <p>(陽極)</p> <p>(陰極)</p>

Cuの製法

銅の製錬	<p>銅の単体(粗銅)は、銅の鉱石(黄銅鉱)を還元することによって得られる。</p> <p>① 黄銅鉱をコークスやケイ砂混ぜて溶鉱炉に入れ、硫化銅(I)を得る。 $4\text{CuFeS}_2 + 9\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{SO}_2$</p> <p>② 次に、硫化銅(I)を転炉に入れ、銅の単体(粗銅)を得る。 $\text{Cu}_2\text{S} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Cu} + \text{SO}_2$</p>
電解精錬	<p>純銅は、粗銅を電解精錬することによって得られる。</p> <p>(陽極) $\text{Cu} \longrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$</p> <p>(陰極)</p>

Cuの製法

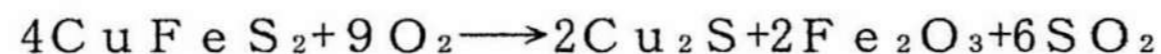
銅の製錬	<p>銅の単体(粗銅)は、銅の鉱石(黄銅鉱)を還元することによって得られる。</p> <p>① 黄銅鉱をコークスやケイ砂混ぜて溶鉱炉に入れ、硫化銅(I)を得る。 $4\text{CuFeS}_2 + 9\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Cu}_2\text{S} + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{SO}_2$</p> <p>② 次に、硫化銅(I)を転炉に入れ、銅の単体(粗銅)を得る。 $\text{Cu}_2\text{S} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Cu} + \text{SO}_2$</p>
電解精錬	<p>純銅は、粗銅を電解精錬することによって得られる。</p> <p>(陽極) $\text{Cu} \longrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$</p> <p>(陰極) $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$</p>

Cuの製法

銅の製錬

銅の単体(粗銅)は、銅の鉱石(黄銅鉱)を還元することによって得られる。

- ① 黄銅鉱をコークスやケイ砂混ぜて溶鉱炉に入れ、硫化銅(I)を得る。



- ② 次に、硫化銅(I)を転炉に入れ、銅の単体(粗銅)を得る。



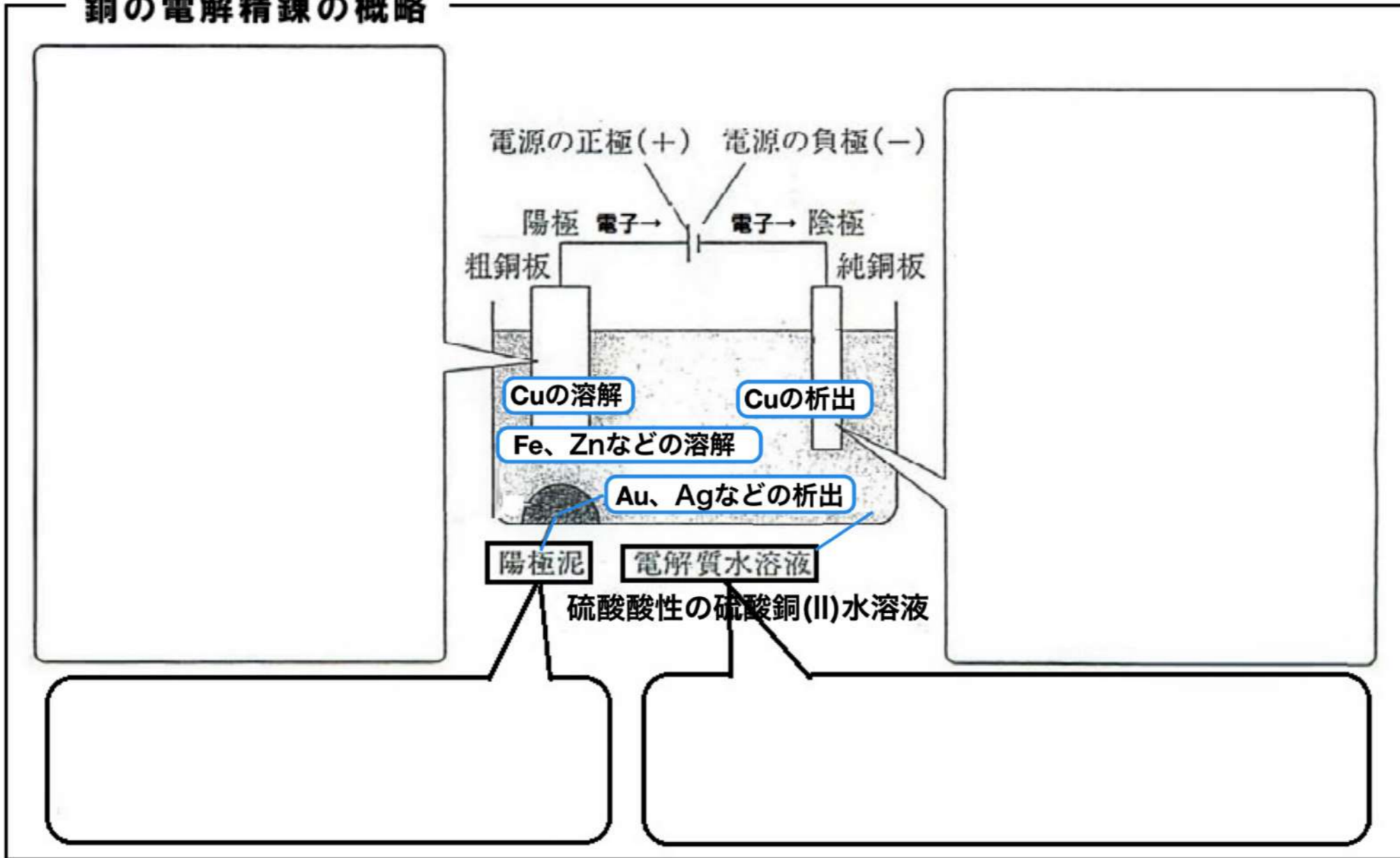
電解精錬

純銅は、粗銅を電解精錬することによって得られる。



銅の移動！

銅の電解精錬の概略



陽極:粗銅

陰極:純銅

銅の電解精錬の概略



電源の正極(+) 電源の負極(-)

陽極 電子→ 陰極

粗銅板

純銅板

Cuの溶解

Cuの析出

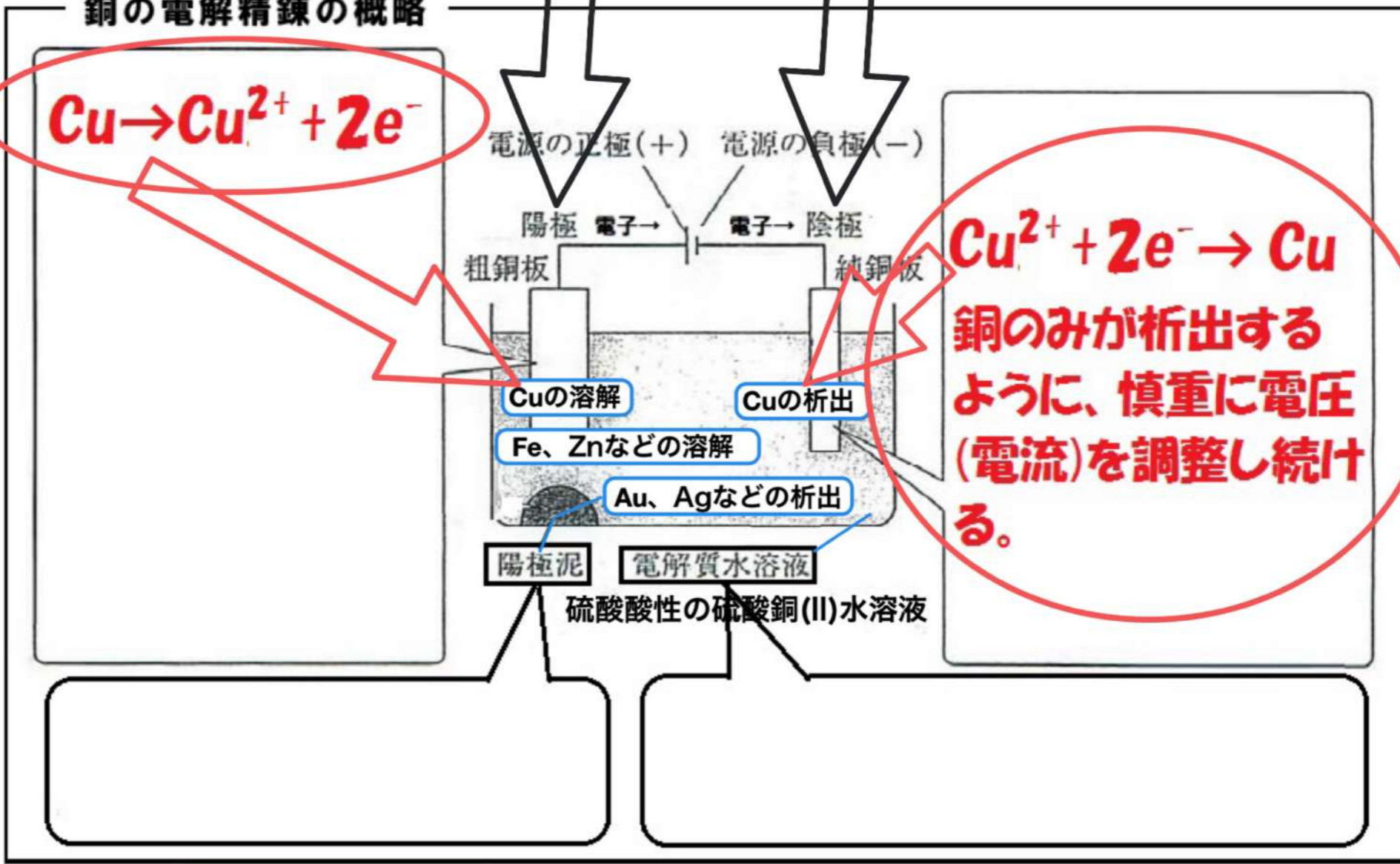
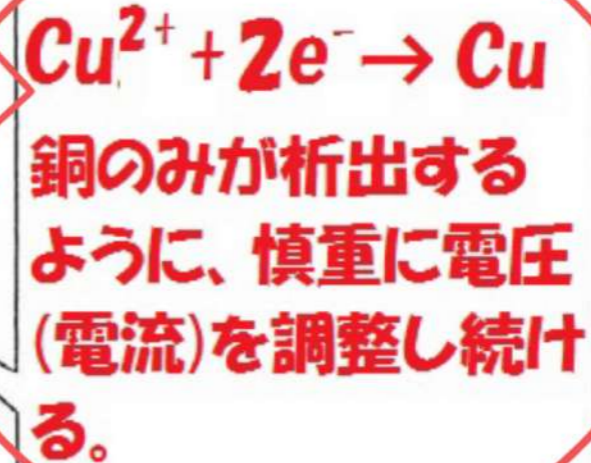
Fe、Znなどの溶解

Au、Agなどの析出

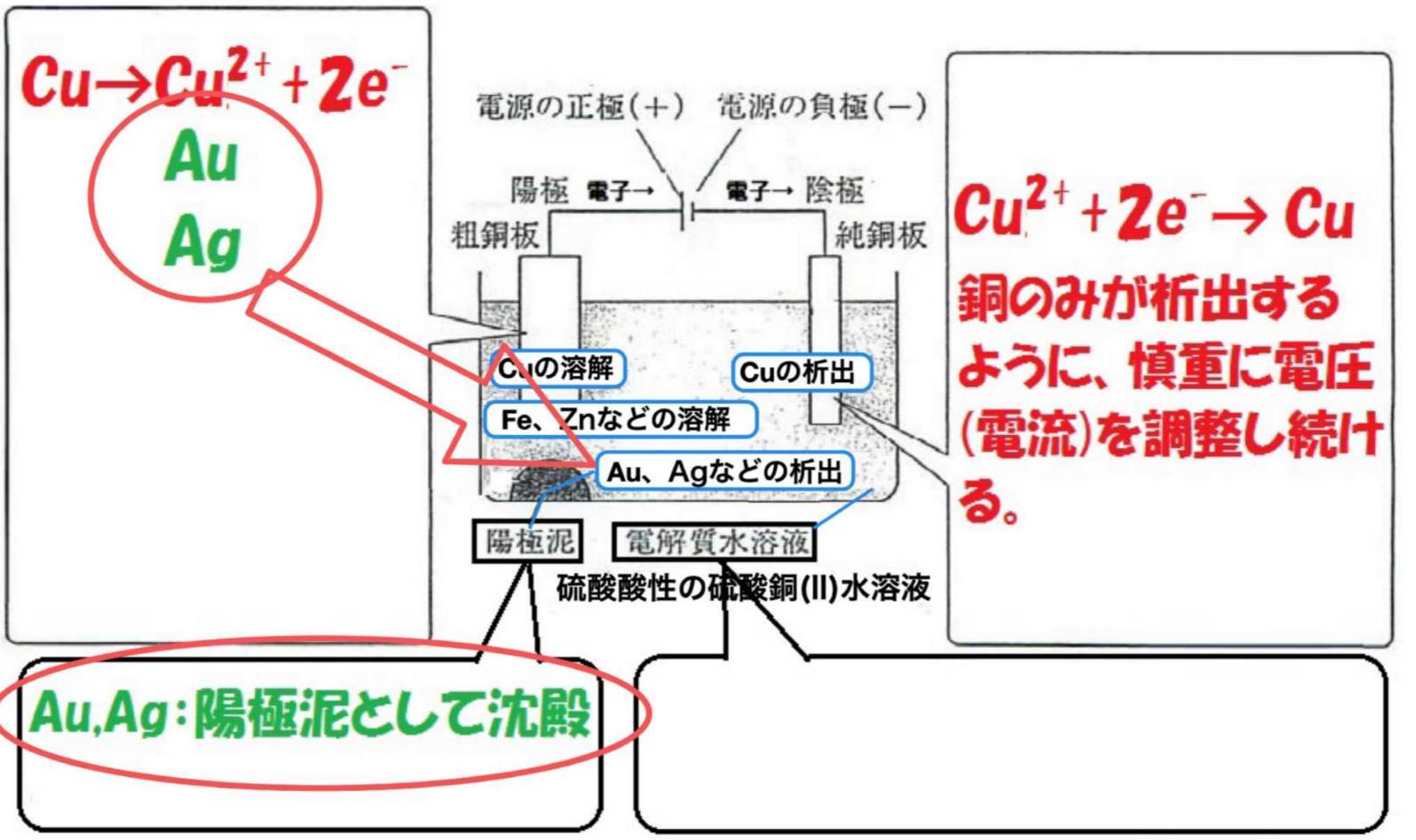
陽極泥

電解質水溶液

硫酸酸性の硫酸銅(II)水溶液



銅の電解精錬の概略

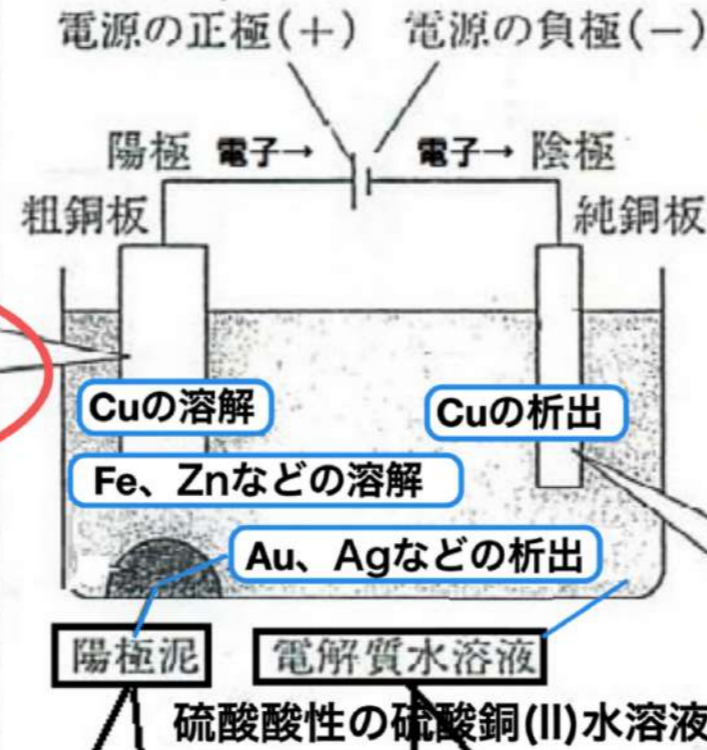


銅の電解精錬の概略



Au

Ag



銅のみが析出するように、慎重に電圧(電流)を調整し続ける。

Au, Ag: 陽極泥として沈殿

Pb^{2+} : PbSO_4 となって沈殿

銅の電解精錬の概略

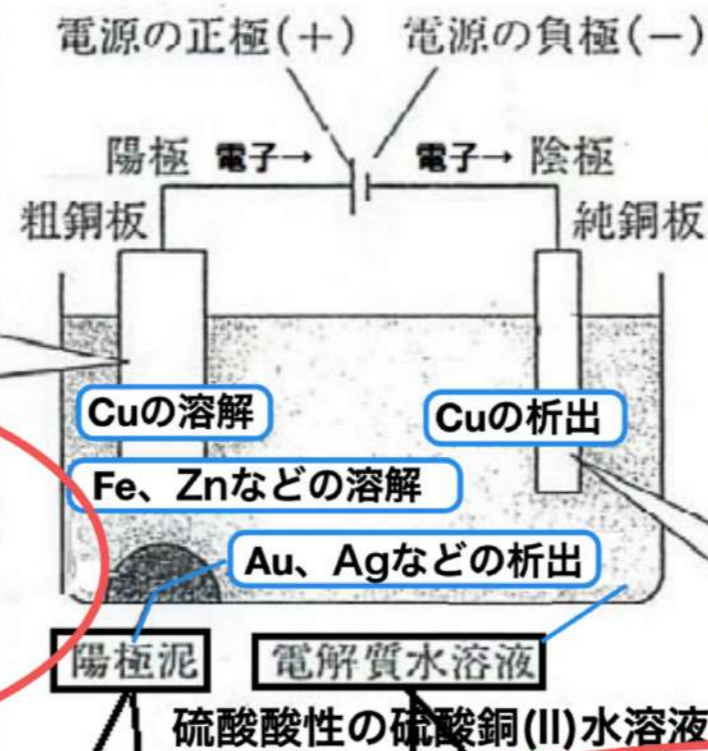


Au

Ag



Au, Ag: 陽極泥として沈殿
Pb²⁺: PbSO₄となって沈殿



$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}$
銅のみが析出する
ように、慎重に電圧
(電流)を調整し続ける。

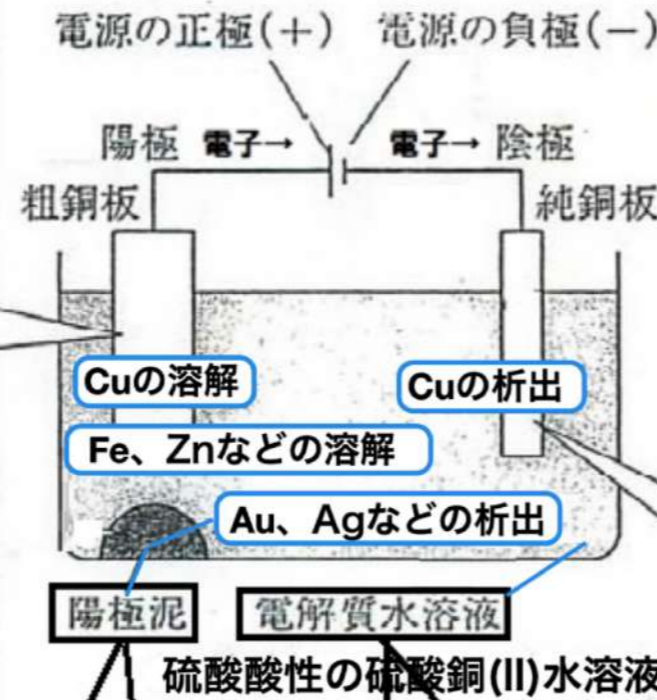
Fe²⁺, Zn²⁺: イオンのまま、
水溶液中にとどまる。

銅の電解精錬の概略



Au

Ag



銅のみが析出するように、慎重に電圧(電流)を調整し続ける。

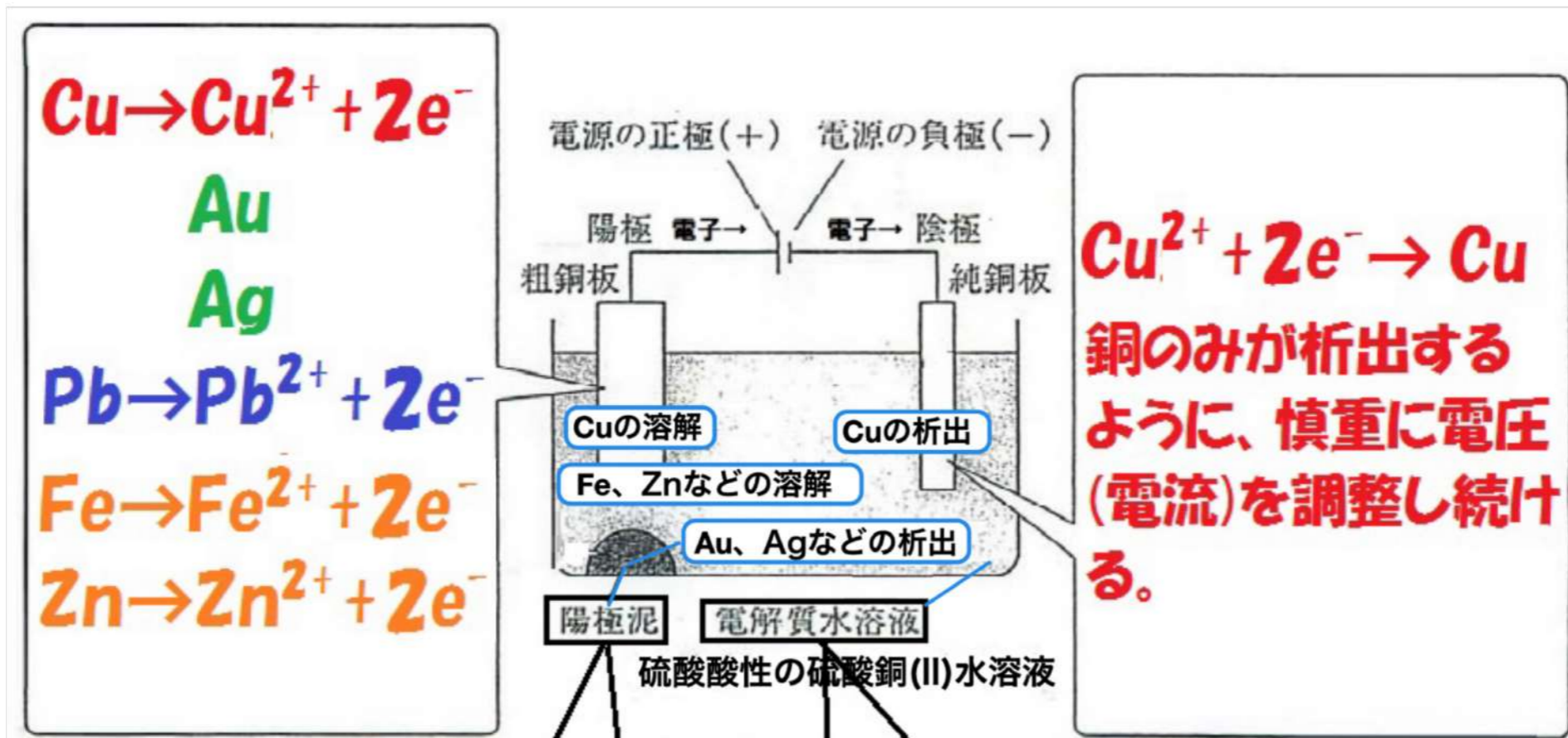
Au, Ag: 陽極泥として沈殿

Pb²⁺: PbSO₄ となって沈殿

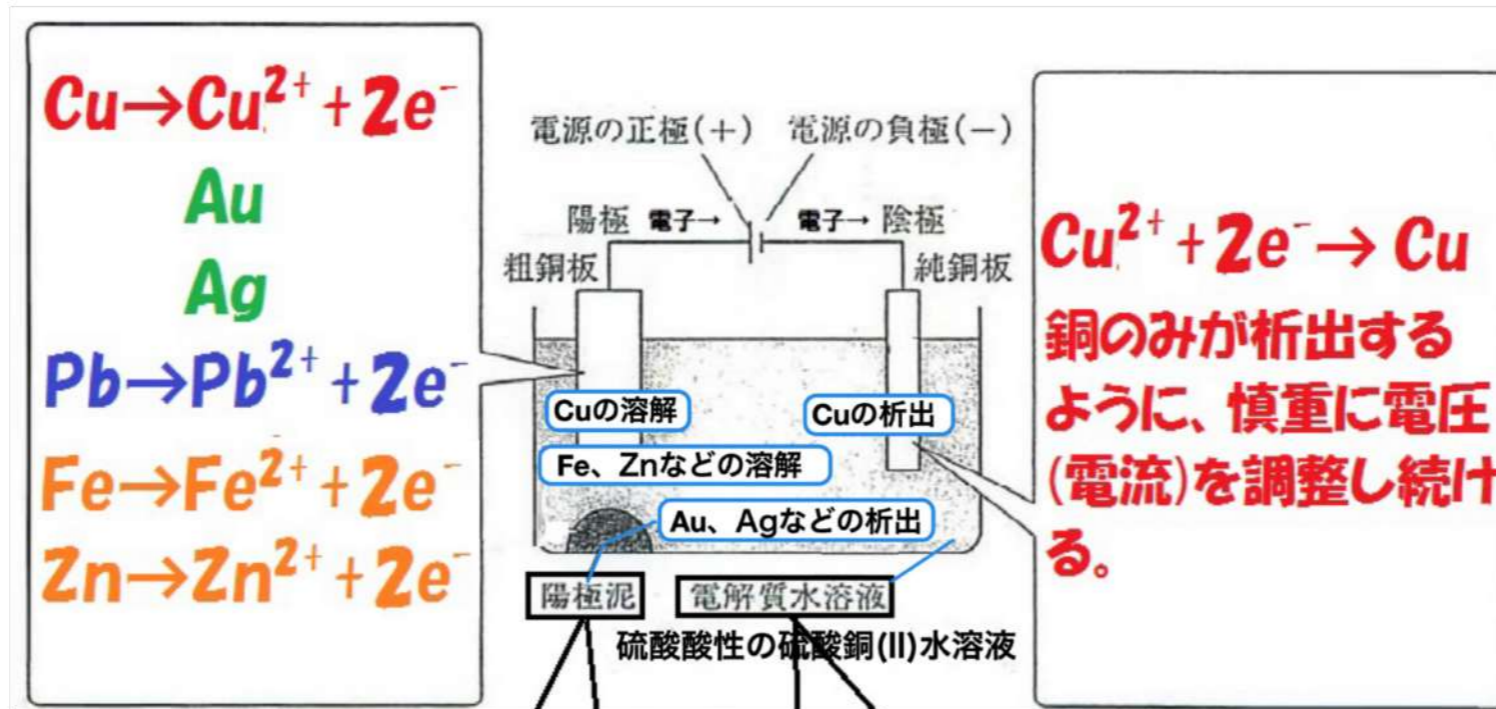
Fe²⁺, Zn²⁺: イオンのまま、水溶液中にとどまる。

結果的に不純物が除去された!

さて、陽極で溶解した銅の質量と陰極で析出した銅の質量とではどちらが多いだろうか？また、電解液の濃度はどのように変化しただろうか？



さて、陽極で溶解した銅の質量と陰極で析出した銅の質量とではどちらが多いだろうか？また、電解液の濃度はどのように変化しただろうか？



質問

『陽極で溶解する銅の物質質量』と『陰極で析出する銅の物質質量』では、どちらが多い？

解答

陰極で析出する銅の物質質量の方が多。
(不純物の分だけ多)

アルミニウムの融解塩電解 (熔融塩電解)

そもそも融解塩(溶融塩)電解って？

融解塩電解 (溶融塩電解)

電気分解で金属の単体を得ようとするとき、

の場合には、その金属のイオンを含む水溶液を電気分解しても、 され、目的の金属イオンは されません。よって、そのような場合には、 を電気分解します。これが、融解塩電解 (溶融塩電解) です。アルミニウムの融解塩電解 (溶融塩電解) は、アルミニウム Al の製錬法で、酸化アルミニウム Al_2O_3 の融解液の電気分解が応用されています。

そもそも融解塩(溶融塩)電解って？

融解塩電解 (溶融塩電解)

電気分解で金属の単体を得ようとするとき、

イオン化傾向の大きい金属 の場合には、その金属のイオンを含む水溶液を電気分解しても、 され、目的の金属イオンは されません。

よって、そのような場合には、 を電気分解しま

す。これが、融解塩電解 (溶融塩電解) です。アルミニウムの融解塩電解 (溶融塩電解) は、アルミニウム Al の製錬法で、酸化アルミニウム Al_2O_3 の融解液の電気分解が応用されています。

そもそも融解塩(溶融塩)電解って？

融解塩電解 (溶融塩電解)

電気分解で金属の単体を得ようとするとき、

イオン化傾向の大きい金属 の場合には、その金属のイオンを含む水溶液を電気分解しても、

水溶液中の水が還元 され、目的の金属イオンは されません。

よって、そのような場合には、 を電気分解しま

す。これが、**融解塩電解 (溶融塩電解)** です。**アルミニウムの融解塩電**

解 (溶融塩電解) は、アルミニウム Al の製錬法で、酸化アルミニウム Al_2O_3

の融解液の電気分解が応用されています。

そもそも融解塩(溶融塩)電解って？

融解塩電解 (溶融塩電解)

電気分解で金属の単体を得ようとするとき、

イオン化傾向の大きい金属 の場合には、その金属のイオンを含む水溶液を電気分解しても、**水溶液中の水が還元** され、目的の金属イオンは **還元** されません。よって、そのような場合には、**水溶液を電気分解しま**

す。これが、**融解塩電解 (溶融塩電解)** です。**アルミニウムの融解塩電解 (溶融塩電解)** は、アルミニウム Al の製錬法で、酸化アルミニウム Al_2O_3 の融解液の電気分解が応用されています。

そもそも融解塩(溶融塩)電解って？

融解塩電解 (溶融塩電解)

電気分解で金属の単体を得ようとするとき、

イオン化傾向の大きい金属 の場合には、その金属のイオンを含む水溶液を電気分解しても、**水溶液中の水が還元** され、目的の金属イオンは **還元** されません。よって、そのような場合には、**その金属の塩や酸化物の融解液** を電気分解します。これが、**融解塩電解 (溶融塩電解)** です。**アルミニウムの融解塩電解 (溶融塩電解)** は、アルミニウム Al の製錬法で、酸化アルミニウム Al_2O_3 の融解液の電気分解が応用されています。

Al の融解塩電解（溶融塩電解）

Al₂O₃ の融点は [] ので、それよりはるかに低い融点（約 1000°C）

をもつ [] を加熱して融解させ、

その融解液を溶媒として、 [] を、電解液として用

いる。このようにすると、約 1000°C 以下で、Al₂O₃ の融解液を得られることになる。

各極では、次の反応が起こります。

陰極：

[]
融解液中のアルミニウムイオン Al³⁺ が還元され、融解状態のアルミニウム Al となって陰極に析出します。

陽極：

[]

または、

[]

陽極の炭素 C が酸化されて、一酸化炭素 CO、または、二酸化炭素 CO₂ が発生し、電極の炭素 C は消費されます。よって、電極の炭素 C は [] される必要があります。

Al の融解塩電解 (溶融塩電解)

Al₂O₃ の融点は **非常に高い (2054°C)** ので、それよりはるかに低い融点 (約 1000°C)

をもつ を加熱して融解させ、

その融解液を溶媒として、 を、電解液として用

いる。このようにすると、約 1000°C 以下で、Al₂O₃ の融解液を得られることになる。

各極では、次の反応が起こります。

陰極：

融解液中のアルミニウムイオン Al³⁺ が還元され、融解状態のアルミニウム Al となって陰極に析出します。

陽極：

または、

陽極の炭素 C が酸化されて、一酸化炭素 CO、または、二酸化炭素 CO₂ が発生し、電極の炭素 C は消費されます。よって、電極の炭素 C は される必要があります。

Al の融解塩電解（溶融塩電解）

Al_2O_3 の融点は **非常に高い (2054°C)** ので、それよりはるかに低い融点 (約 1000°C) をもつ **氷晶石 $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ (ヘキサフルオロアルミン酸ナトリウム)** を加熱して融解させ、その融解液を溶媒として、 **Al_2O_3 を少しずつ溶かして融解させたもの**を 電解液として用いる。このようにすると、約 1000°C 以下で、 Al_2O_3 の融解液を得られることになる。

各極では、次の反応が起こります。

陰極：

融解液中のアルミニウムイオン Al^{3+} が還元され、融解状態のアルミニウム Al となって陰極に析出します。

陽極：

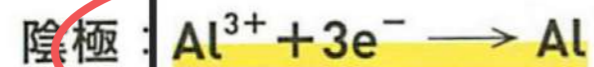
または、

陽極の炭素 C が酸化されて、一酸化炭素 CO、または、二酸化炭素 CO_2 が発生し、電極の炭素 C は消費されます。よって、電極の炭素 C は される必要があります。

Al の融解塩電解 (溶融塩電解)

Al_2O_3 の融点は **非常に高い (2054°C)** ので、それよりはるかに低い融点 (約 1000°C) をもつ **氷晶石 $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ (ヘキサフルオロアルミン酸ナトリウム)** を加熱して融解させ、その融解液を溶媒として、 **Al_2O_3 を少しずつ溶かして融解させたもの** を、電解液として用いる。このようにすると、約 1000°C 以下で、 Al_2O_3 の融解液を得られることになる。

各極では、次の反応が起こります。



融解液中のアルミニウムイオン Al^{3+} が還元され、融解状態のアルミニウム Al となって陰極に析出します。

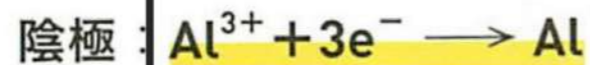
陽極: または,

陽極の炭素 C が酸化されて、一酸化炭素 CO、または、二酸化炭素 CO_2 が発生し、電極の炭素 C は消費されます。よって、電極の炭素 C は される必要があります。

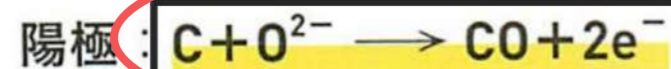
Al の融解塩電解（熔融塩電解）

Al_2O_3 の融点は非常に高い (2054°C) ので、それよりはるかに低い融点 (約 1000°C) をもつ 氷晶石 $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ (ヘキサフルオロアルミン酸ナトリウム) を加熱して融解させ、その融解液を溶媒として、 Al_2O_3 を少しずつ溶かして融解させたものを、電解液として用いる。このようにすると、約 1000°C 以下で、 Al_2O_3 の融解液を得られることになる。

各極では、次の反応が起こります。



融解液中のアルミニウムイオン Al^{3+} が還元され、融解状態のアルミニウム Al となって陰極に析出します。



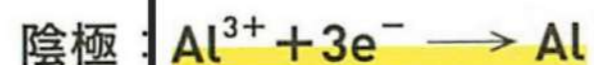
または、

陽極の炭素 C が酸化されて、一酸化炭素 CO 、または、二酸化炭素 CO_2 が発生し、電極の炭素 C は消費されます。よって、電極の炭素 C は 補充 される必要があります。

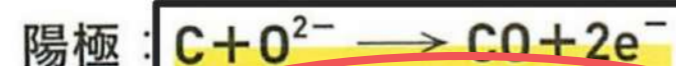
Al の融解塩電解（溶融塩電解）

Al₂O₃ の融点は **非常に高い (2054°C)** ので、それよりはるかに低い融点 (約 1000°C) をもつ **氷晶石 Na₃[AlF₆] (ヘキサフルオロアルミン酸ナトリウム)** を加熱して融解させ、その融解液を溶媒として、**Al₂O₃ を少しずつ溶かして融解させたもの** を、電解液として用いる。このようにすると、約 1000°C 以下で、Al₂O₃ の融解液を得られることになる。

各極では、次の反応が起こります。



融解液中のアルミニウムイオン Al³⁺ が還元され、融解状態のアルミニウム Al となって陰極に析出します。



または、

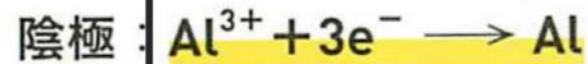


陽極の炭素 C が酸化されて、一酸化炭素 CO、または、二酸化炭素 CO₂ が発生し、電極の炭素 C は消費されます。よって、電極の炭素 C は される必要があります。

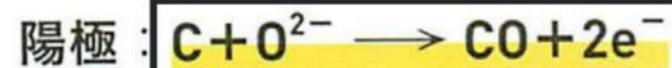
Al の融解塩電解（熔融塩電解）

Al₂O₃ の融点は **非常に高い (2054°C)** ので、それよりはるかに低い融点 (約 1000°C) をもつ **氷晶石 Na₃[AlF₆] (ヘキサフルオロアルミン酸ナトリウム)** を加熱して融解させ、その融解液を溶媒として、**Al₂O₃ を少しずつ溶かして融解させたもの** を、電解液として用いる。このようにすると、約 1000°C 以下で、Al₂O₃ の融解液を得られることになる。

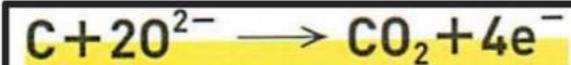
各極では、次の反応が起こります。



融解液中のアルミニウムイオン Al³⁺ が還元され、融解状態のアルミニウム Al となって陰極に析出します。



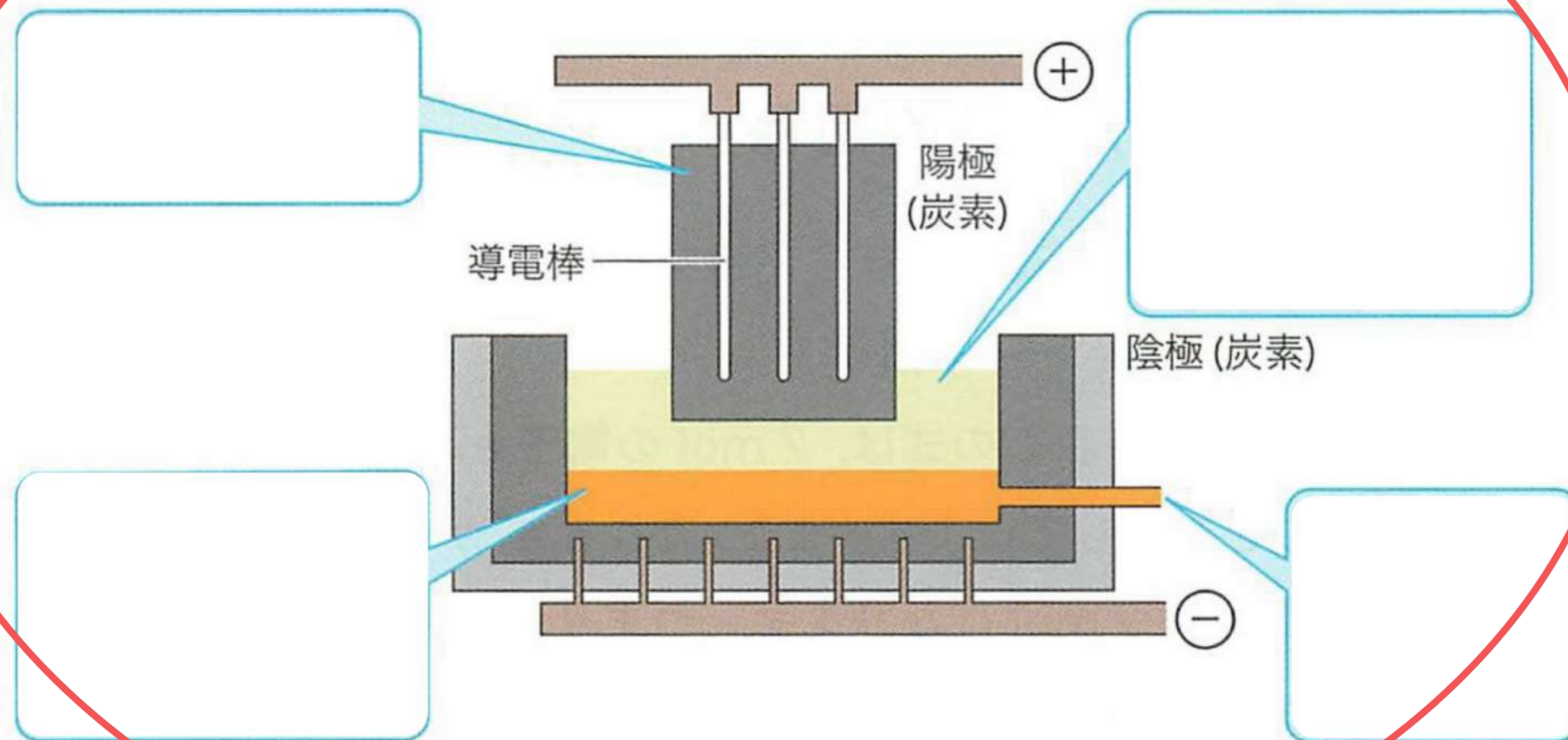
または、



陽極の炭素 C が酸化されて、一酸化炭素 CO、または、二酸化炭素 CO₂ が発生し、電極の炭素 C は消費されます。よって、電極の炭素 C は **補充** される必要があります。

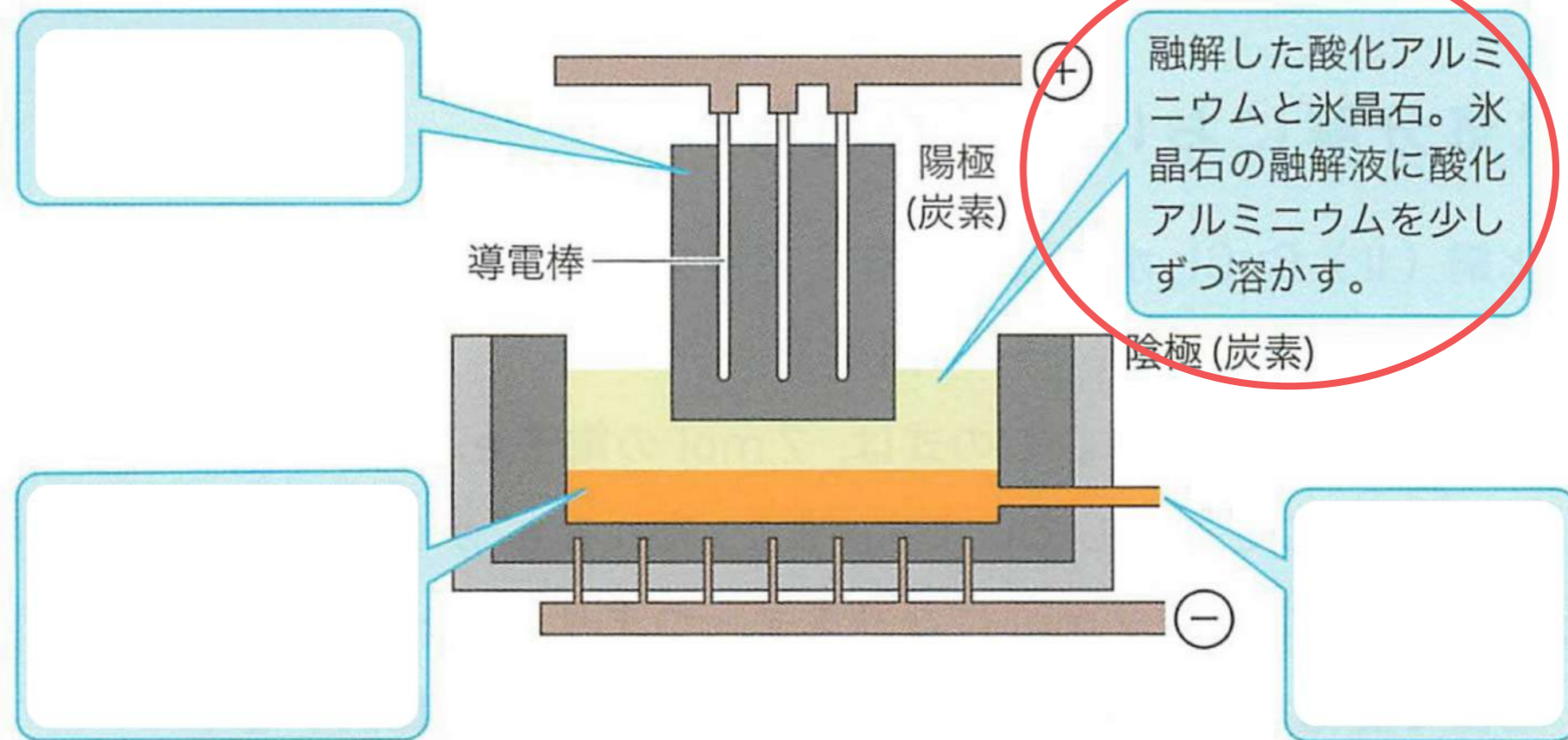
Alの融解塩電解（溶融塩電解）って？

融解液の電気分解を利用したアルミニウム Al の製錬法のこと。



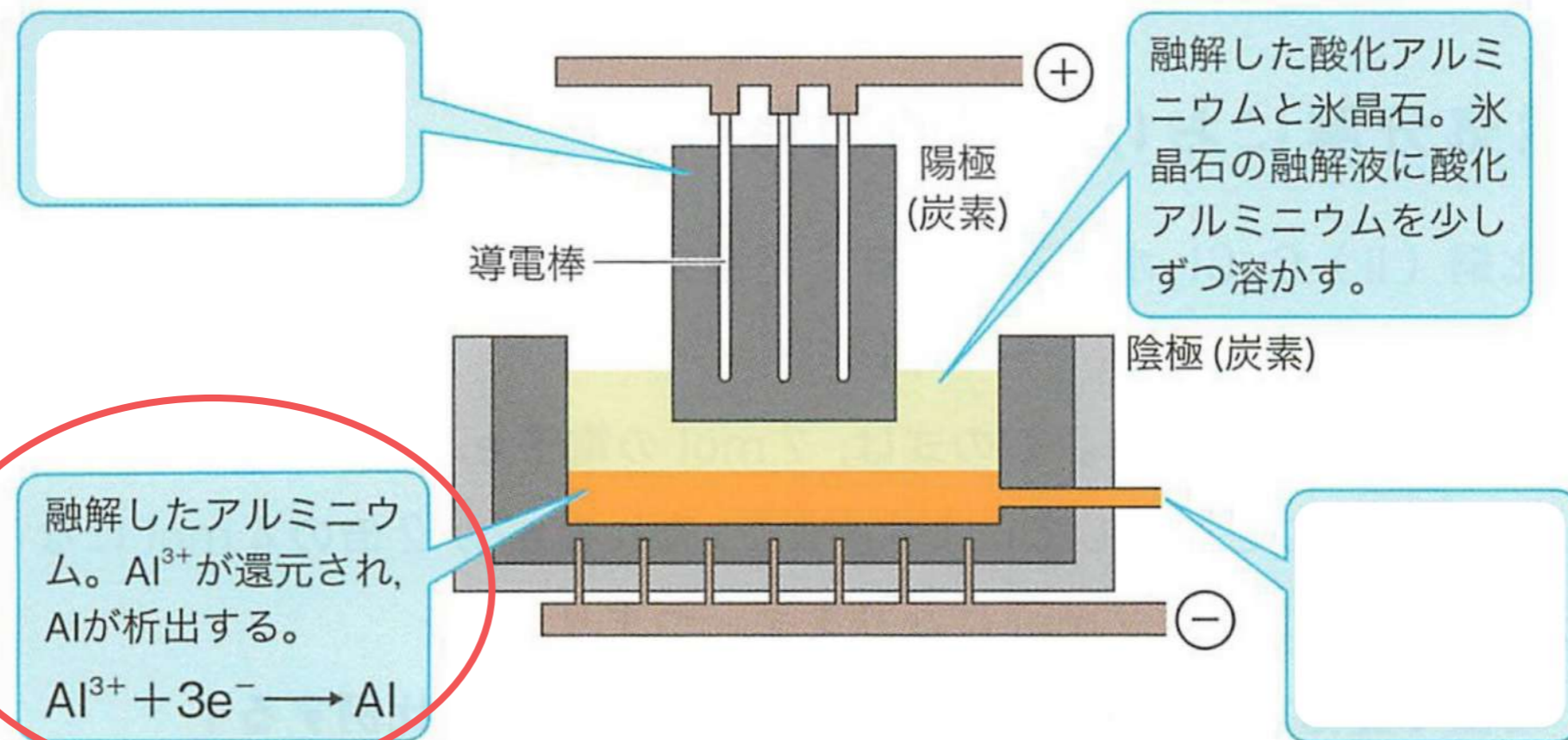
Al の融解塩電解（熔融塩電解）って？

融解液の電気分解を利用したアルミニウム Al の製錬法のこと。



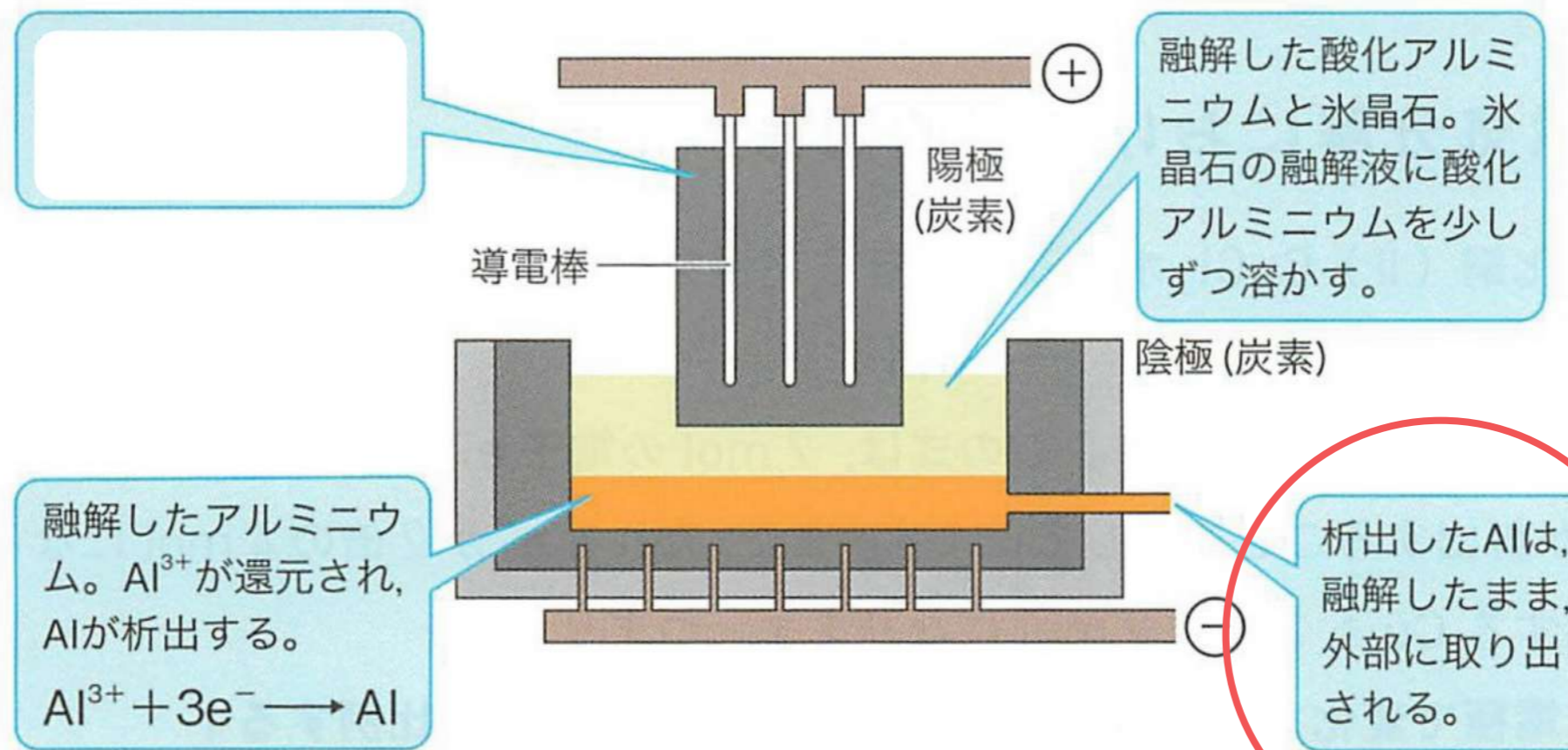
Al の融解塩電解（熔融塩電解）って？

融解液の電気分解を利用したアルミニウム Al の製錬法のこと。



Alの融解塩電解（溶融塩電解）って？

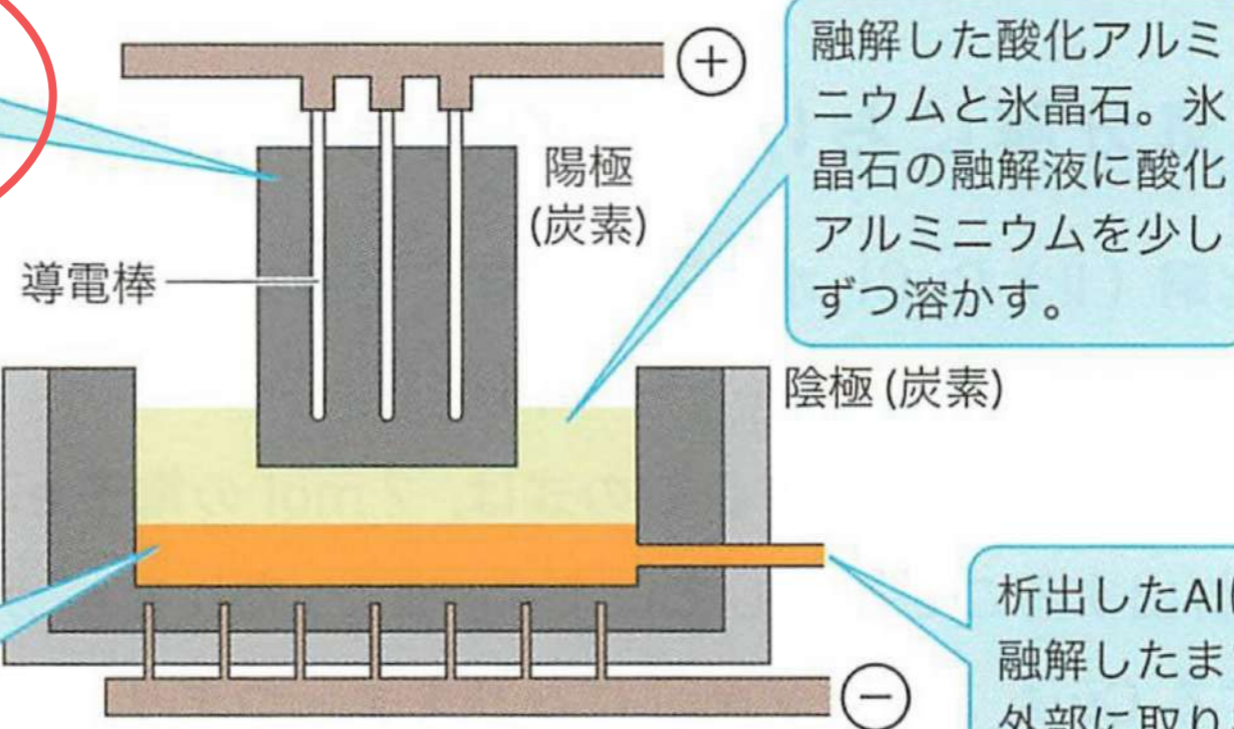
融解液の電気分解を利用したアルミニウム Al の製錬法のこと。



Alの融解塩電解（溶融塩電解）って？

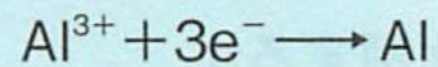
融解液の電気分解を利用したアルミニウム Al の製錬法のこと。

陽極の炭素は消費される。よって、補充される必要がある。



融解した酸化アルミニウムと氷晶石。氷晶石の融解液に酸化アルミニウムを少しずつ溶かす。

融解したアルミニウム。Al³⁺が還元され、Alが析出する。

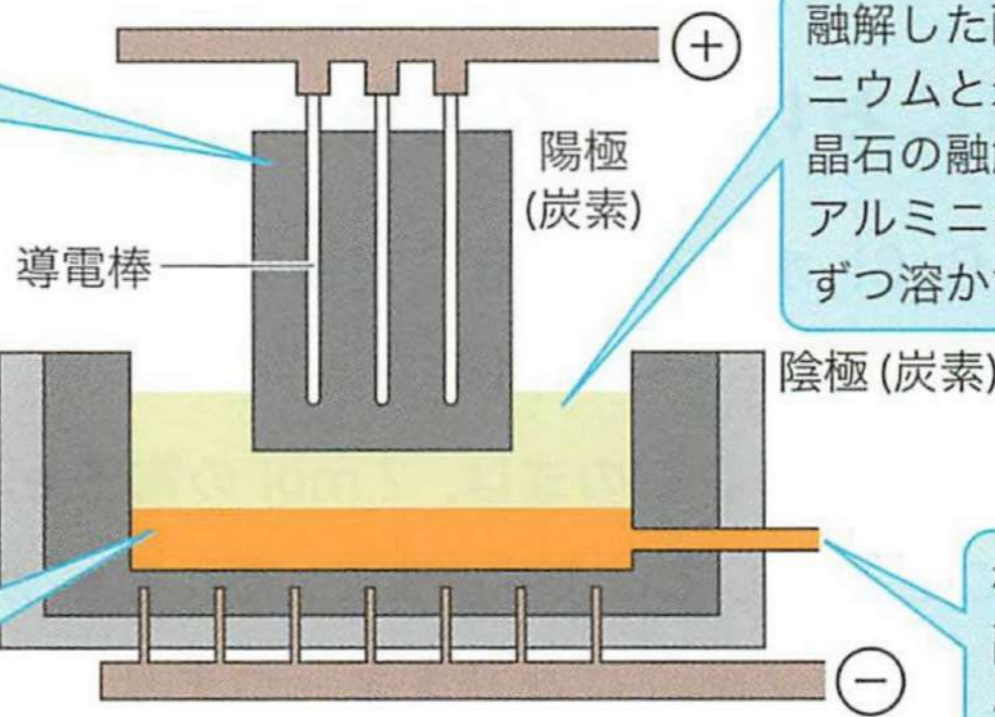


析出したAlは、融解したまま、外部に取り出される。

Al の融解塩電解（溶融塩電解）って？

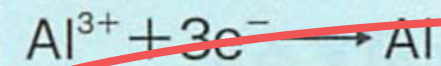
融解液の電気分解を利用したアルミニウム Al の製錬法のこと。

陽極の炭素は消費される。よって、補充される必要がある。



融解した酸化アルミニウムと氷晶石。氷晶石の融解液に酸化アルミニウムを少しずつ溶かす。

融解したアルミニウム。Al³⁺が還元され、Alが析出する。



析出したAlは、融解したまま、外部に取り出される。

Al の製造には、多くのエネルギーが使われる！

お疲れ様でした。



お疲れ様でした。

