

電験どうでしょう管理人  
*KWG presents*

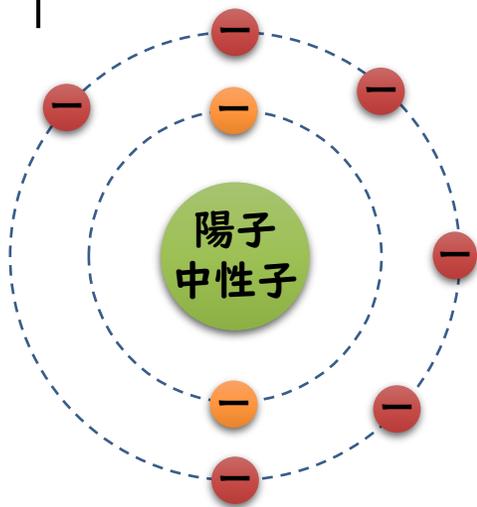
# 短期集中講座

## 第9回 電気化学・電熱

2024.01.06 Sat

# 電気化学

# 原子と周期表



- + 原子核: 電子と同じ数の陽子 (+の電荷) を持つ。中性子も存在する
- 電子: -の電荷を持つ
- 最外殻電子: 原子の電気的特性を決める

	1族	2族	13族	14族	15族	16族	17族	18族
第1周期	$^1\text{H}$ 水素	原子番号: 陽子 (又は電子) の数 元素記号						$^2\text{He}$ ヘリウム
第2周期	$^3\text{Li}$ リチウム	$^4\text{Be}$ ベリリウム	$^5\text{B}$ ホウ素	$^6\text{C}$ 炭素	$^7\text{N}$ 窒素	$^8\text{O}$ 酸素	$^9\text{F}$ フッ素	$^{10}\text{Ne}$ ネオン
第3周期	$^{11}\text{Na}$ ナトリウム	$^{12}\text{Mg}$ マグネシウム	$^{13}\text{Al}$ アルミニウム	$^{14}\text{Si}$ ケイ素	$^{15}\text{P}$ リン	$^{16}\text{S}$ 硫黄	$^{17}\text{Cl}$ 塩素	$^{18}\text{Ar}$ アルゴン
第4周期	$^{19}\text{K}$ カリウム	$^{20}\text{Ca}$ カルシウム						

その他金属:  $^{26}\text{Fe}$  (鉄)、 $^{29}\text{Cu}$  (銅)、 $^{30}\text{Zn}$  (亜鉛)、  
 $^{82}\text{Pb}$  (鉛)、 $^{47}\text{Ag}$  (銀)、 $^{79}\text{Au}$  (金)

# 分子と化学式

物質を構成する最小の原子の集まり

ポイント: 金属 (Cu, Mg, Al) などの一部の原子以外は分子となることで特有の性質を示す

同じ原子がくっついてできる物質: 共有結合



数種類の原子がくっついてできる物質: 化合物



酸素と結合した化合物: 酸化物



物質名	化学式
水素	H <sub>2</sub>
酸素	O <sub>2</sub>
塩素	Cl <sub>2</sub>
窒素	N <sub>2</sub>
二酸化炭素	CO <sub>2</sub>
アンモニア	NH <sub>3</sub>
炭素	C
硫黄	S
銀	Ag
銅	Cu
マグネシウム	Mg

物質名	化学式
水	H <sub>2</sub> O
硫化水素	H <sub>2</sub> S
塩化水素 (塩酸)	HCl
酸化銅	CuO
硫酸	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
硫化鉄	FeS
酸化マグネシウム	MgO
水酸化ナトリウム	NaOH
塩化ナトリウム	NaCl
過酸化水素水	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>



# 化学反応の例

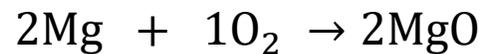
銅粉を空気中で熱する



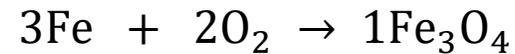
炭素の完全燃焼



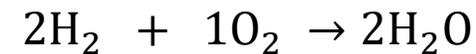
マグネシウムの燃焼



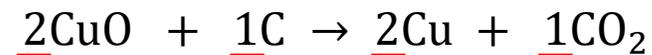
スチールウールの燃焼



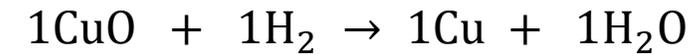
水素の燃焼



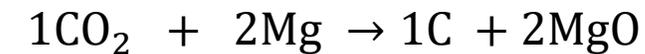
酸化銅の炭素による還元反応



酸化銅の水素による還元反応



マグネシウムを用いた炭素の生成



酸化鉄の水素による還元反応



# 原子量とmol (モル)

原子量：原子の陽子と中性子の個数の合計であり、原子の質量を表す

水素(H)	原子量 1	銅(Cu)	原子量 63.5
炭素(C)	原子量 12	亜鉛(Zn)	原子量 65.4
酸素(O)	原子量 16	鉛(Pb)	原子量 207

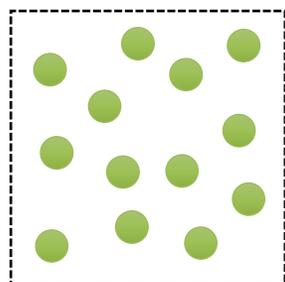
鉛筆12本で1ダース  
みたいな感じ

モル(mol)：原子の数を表す単位  $1 \text{ mol} = 6.02 \times 10^{23}$  個

1 molの物質の質量 → 原子量にグラムをつけたもの  
1 molの物質の体積 → 0 °C、1 気圧で 22.4 l

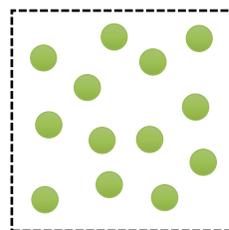
酸素O<sub>2</sub>の体積 (原子量16 × 2 = 32)  
1 mol → 32g → 22.4 l  
1 kmol → 32kg → 22.4 m<sup>3</sup>

1 mol



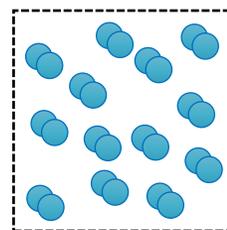
数  $6.02 \times 10^{23}$  個  
体積 22.4 l

銅(Cu)  
1 mol



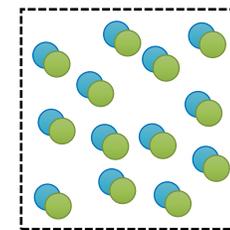
63.5 g

水素(H<sub>2</sub>)  
1 mol



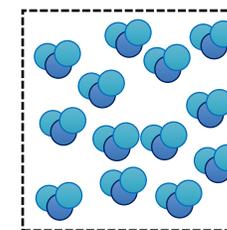
$2 \times 1 = 2$  g

酸化銅(CuO)  
1 mol



$63.5 + 16 = 79.5$  g

水(H<sub>2</sub>O)  
1 mol



$2 \times 1 + 16 = 18$  g

# 演習問題

各問に答えなさい。ただし、各原子の原子量は以下とする。

水素(H)	原子量 1	銅(Cu)	原子量 63.5
炭素(C)	原子量 12	亜鉛(Zn)	原子量 65.4
酸素(O)	原子量 16	鉛(Pb)	原子量 207

酸素 $O_2$ の体積 (原子量 $16 \times 2 = 32$ )  
 $1 \text{ mol} \rightarrow 32\text{g} \rightarrow 22.4 \text{ l}$   
 $1 \text{ kmol} \rightarrow 32\text{kg} \rightarrow 22.4 \text{ m}^3$

- (1) 水素分子( $H_2$ ) が 1 molある。  
このときの水素分子の重さは何gか？
- (2) 水素分子( $H_2$ ) が 5 molある。  
このときの水素分子の体積は何 lか？
- (3) 水素分子( $H_2$ ) が 12 gある。  
このときの水素分子の体積は何 lか？

Ans. \_\_\_\_\_

Ans. \_\_\_\_\_

Ans. \_\_\_\_\_

- (4) 酸化銅( $CuO$ ) が 3 molある。  
このときの酸化銅の重さは何gか？
- (5) 水( $H_2O$ ) が 21 gある。  
このときの水は何 mol存在するか？
- (6) 二酸化炭素( $CO_2$ ) が 11 gある。  
このときの二酸化炭素の体積は何 lか？

Ans. \_\_\_\_\_

Ans. \_\_\_\_\_

Ans. \_\_\_\_\_

# 演習問題 (解答)

各問に答えなさい。ただし、各原子の原子量は以下とする。

水素(H)	原子量 1	銅(Cu)	原子量 63.5
炭素(C)	原子量 12	亜鉛(Zn)	原子量 65.4
酸素(O)	原子量 16	鉛(Pb)	原子量 207

酸素O<sub>2</sub>の体積 (原子量16 × 2 = 32)  
 1 mol → 32g → 22.4 l  
 1 kmol → 32kg → 22.4 m<sup>3</sup>

(1) 水素分子(H<sub>2</sub>) が 1 molある。  
このときの水素分子の重さは何gか？

$$\text{原子量} 1 \times 2 = 2$$

Ans. 2g

(2) 水素分子(H<sub>2</sub>) が 5 molある。  
このときの水素分子の体積は何 lか？

$$22.4 \times 5 = 112 l$$

Ans. 112 l

(3) 水素分子(H<sub>2</sub>) が 12 gある。  
このときの水素分子の体積は何 lか？

$$12g \div 2(g/mol) = 6 \text{ mol}$$

$$6 \times 22.4 = 134.4 l$$

Ans. 134.4 l

(4) 酸化銅(CuO) が 3 molある。  
このときの酸化銅の重さは何gか？

$$(16 + 63.5) \times 3 = 238.5 g$$

Ans. 238.5 g

(5) 水(H<sub>2</sub>O) が 21 gある。  
このときの水は何 mol存在するか？

$$21 \div (2 \times 1 + 16) = \frac{21}{18} = 1.17$$

Ans. 1.17 mol

(6) 二酸化炭素(CO<sub>2</sub>) が 11 gある。  
このときの二酸化炭素の体積は何 lか？

$$11 \div (12 + 2 \times 16) = \frac{11}{44} = 0.25 \text{ mol}$$

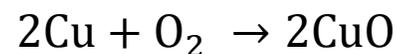
$$0.25 \times 22.4 = 5.6 l$$

Ans. 5.6 l

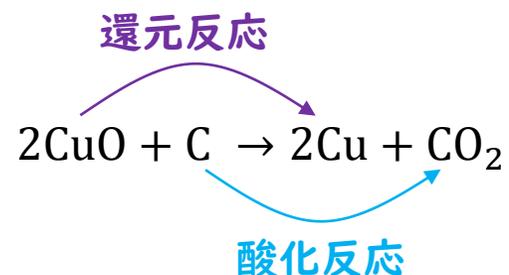
# 化学反応

## 中学校では

酸化反応 → 物質と酸素が結合する反応

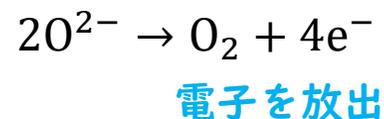


還元反応 → 酸化物が酸素を失う反応

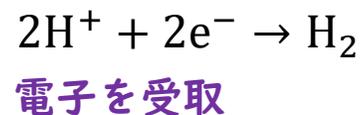


## 電験で扱う電気分解と電池では

酸化反応 → 物質が電子を放出する反応



還元反応 → 物質が電子を受け取る反応





# 周期表とイオン

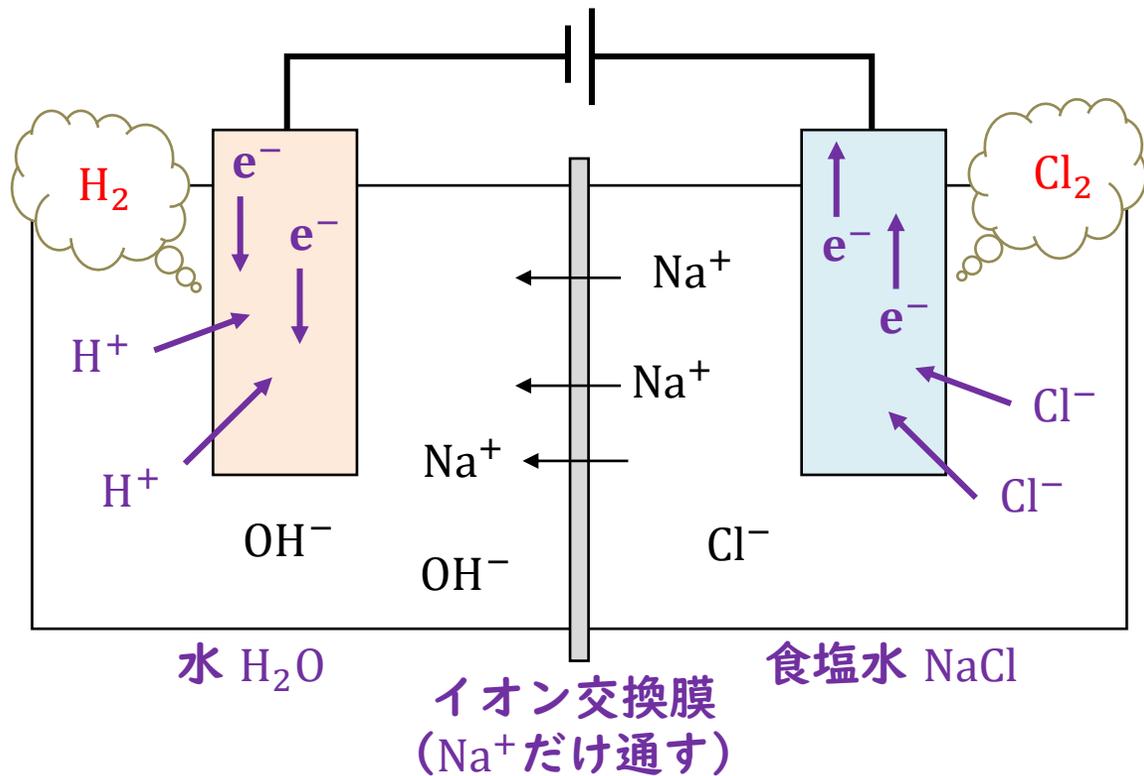
	1族	2族	13族	14族	15族	16族	17族	18族
最外殻 電子の数	1個余り 陽イオン (+)	2個余り 陽イオン (2+)	3個余り 陽イオン (3+)	4個余り	5個余り	6個余り 陰イオン (2-)	7個余り 陰イオン (-)	余り無し
第1周期	<sup>1</sup> H 水素							<sup>2</sup> He ヘリウム
第2周期	<sup>3</sup> Li リチウム	<sup>4</sup> Be ベリリウム	<sup>5</sup> B ホウ素	<sup>6</sup> C 炭素	<sup>7</sup> N 窒素	<sup>8</sup> O 酸素	<sup>9</sup> F フッ素	<sup>10</sup> Ne ネオン
第3周期	<sup>11</sup> Na ナトリウム	<sup>12</sup> Mg マグネシウム	<sup>13</sup> Al アルミニウム	<sup>14</sup> Si ケイ素	<sup>15</sup> P リン	<sup>16</sup> S 硫黄	<sup>17</sup> Cl 塩素	<sup>18</sup> Ar アルゴン
第4周期	<sup>19</sup> K カリウム	<sup>20</sup> Ca カルシウム						

 常温で気体

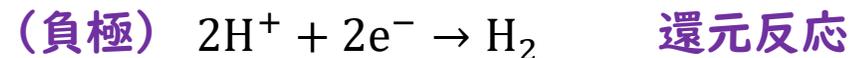
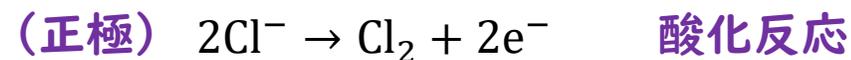
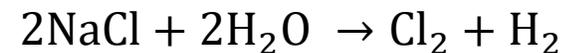
 金属

金属→陽イオンになりやすい  
 水素→陽イオンになりやすい  
 気体→陰イオンになりやすい (水素以外)

# 食塩水の電気分解



化学反応式 (全体)



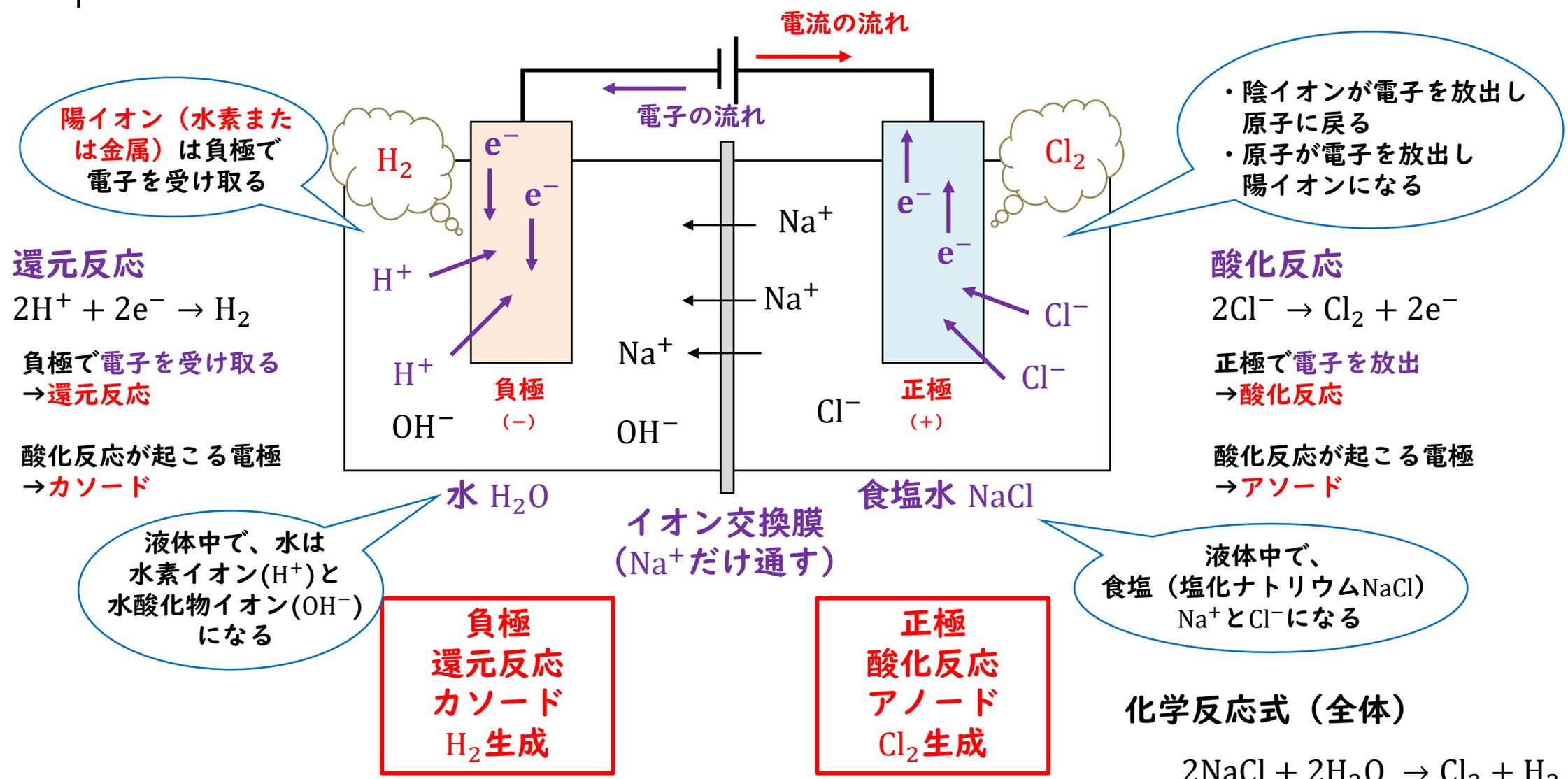
イオン交換膜で隔てた負極と正極を設け、  
負極に水、正極に食塩水を加え、電圧を印加する

負極に水素、正極に塩素が生成され、  
負極側電解液は水酸化ナトリウム( $\text{NaOH}$ )となる

負極  
還元反応  
カソード  
 $\text{H}_2$ 生成

正極  
酸化反応  
アノード  
 $\text{Cl}_2$ 生成

# 食塩水の電気分解



# H2I 問12

問12 食塩水を電気分解して、水酸化ナトリウム(NaOH、か性ソーダ)と塩素(Cl<sub>2</sub>)を得るプロセスは食塩電解と呼ばれる。食塩電解の工業プロセスとして、現在、わが国で採用されているものは、 である。

この食塩電解法では、陽極側と陰極側を仕切る膜に  イオンだけを選択的に透過する密隔膜が用いられている。外部電源から電流を流すと、陽極側にある食塩水と陰極側にある水との間で電気分解が生じてイオンの移動が起こる。陽極側で生じた  イオンが密隔膜を通して陰極側に入り、 となる。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる語句として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	隔膜法	陽	塩素	Cl <sub>2</sub>
(2)	イオン交換膜法	陽	ナトリウム	NaOH
(3)	イオン交換膜法	陰	塩素	Cl <sub>2</sub>
(4)	イオン交換膜法	陰	ナトリウム	NaOH
(5)	隔膜法	陰	水酸	NaOH

# H21 問12

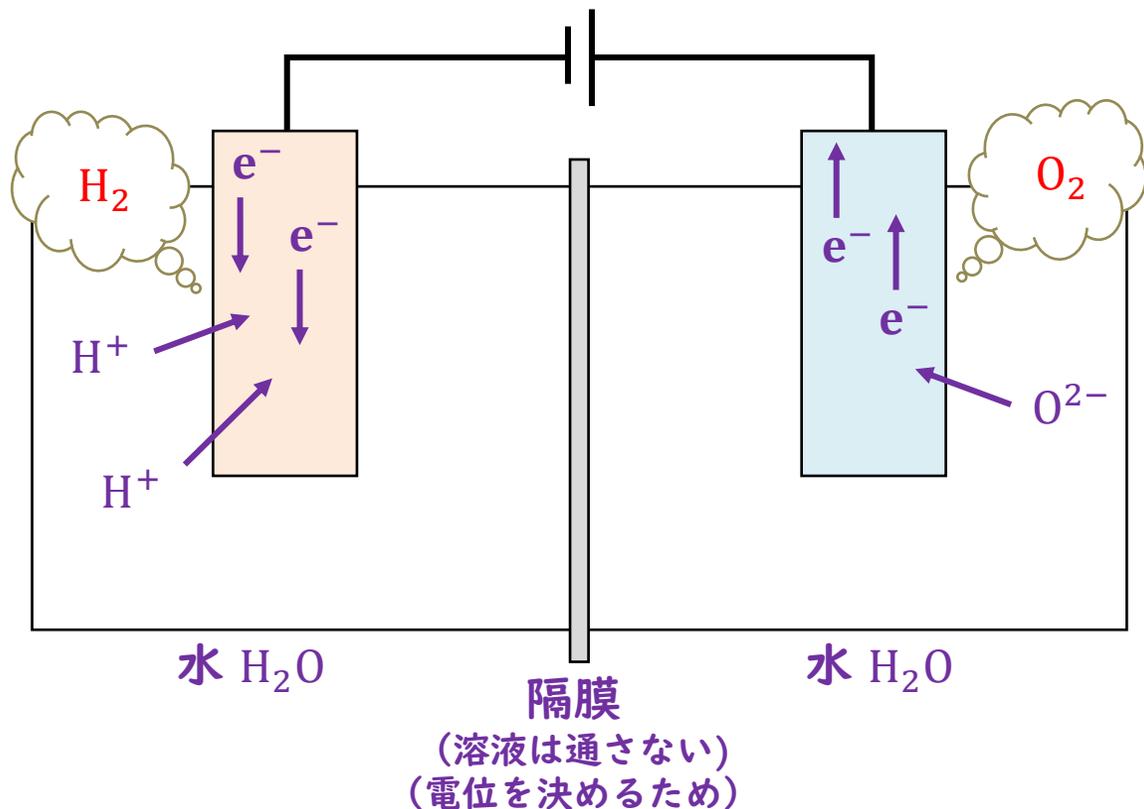
問12 食塩水を電気分解して、水酸化ナトリウム(NaOH、か性ソーダ)と塩素(Cl<sub>2</sub>)を得るプロセスは食塩電解と呼ばれる。食塩電解の工業プロセスとして、現在、わが国で採用されているものは、(ア)である。

この食塩電解法では、**イオン交換膜法**、陽極側と陰極側を仕切る膜に (イ) **陽**イオンだけを選択的に透過する密隔膜が用いられている。外部電源から電流を流すと、陽極側にある食塩水と陰極側にある水との間で電気分解が生じてイオンの移動が起こる。陽極側で生じた (ウ) **ナトリウム**イオンが密隔膜を通して陰極側に入り、(エ) **NaOH**となる。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる語句として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	隔膜法	陽	塩素	Cl <sub>2</sub>
<b>(2)</b>	イオン交換膜法	陽	ナトリウム	NaOH
(3)	イオン交換膜法	陰	塩素	Cl <sub>2</sub>
(4)	イオン交換膜法	陰	ナトリウム	NaOH
(5)	隔膜法	陰	水酸	NaOH

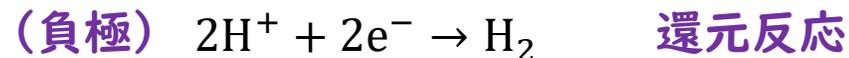
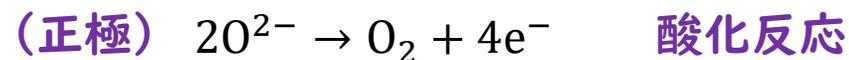
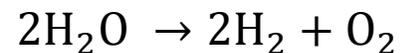
# 水の電気分解



**負極**  
還元反応  
カソード  
H<sub>2</sub>生成

**正極**  
酸化反応  
アノード  
O<sub>2</sub>生成

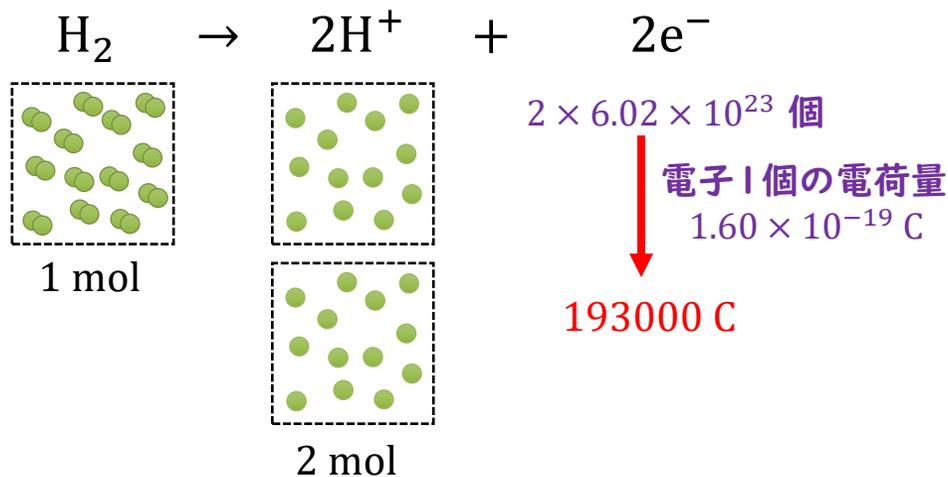
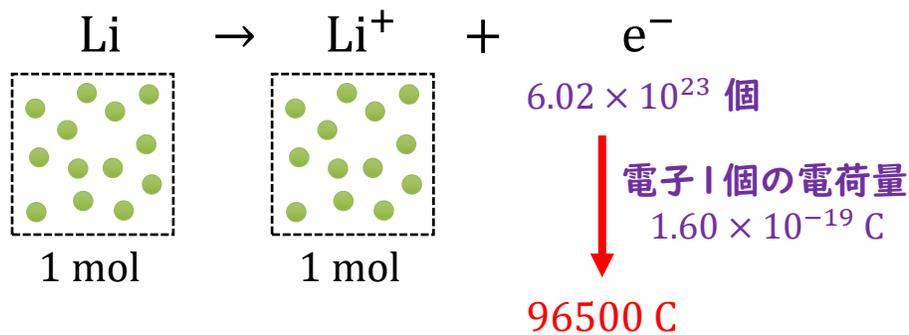
化学反応式 (全体)



隔膜で隔てた負極と正極を設け、水を加え電圧を印加する。水には導電性を増すため20%の水酸化物 (KOH, NaOH) を加える。

負極に水素、正極に酸素が生成される

# 化学反応と電荷量



## 電気分解のファラデーの法則

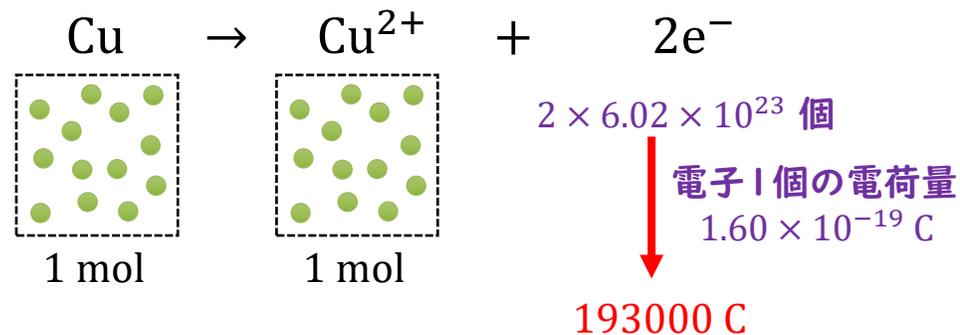
$$n \times \frac{w}{M} \times 96500 \text{ [C/mol]} = Q \text{ [C]} = \frac{It}{3600} \text{ [A} \cdot \text{h]}$$

$n$  : イオンの価数

$w$  : 析出量 (生成された物質の質量) [g]

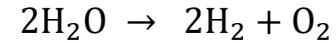
$M$  : 質量数 [g/mol]

96500 : ファラデー定数 [C/mol]

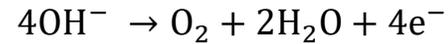


# H12 問10

水の電気分解は次の反応により進行する。



このとき、アルカリ水溶液中では陽極（アノード）において、次の反応により酸素が発生する。

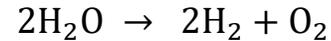


いま、 $2.7 \text{ kA} \cdot \text{h}$ の電気量が流れたとき、理論的に得られる酸素の質量 [kg]の値として、正しいのは次のうちどれか。  
ただし、酸素の原子量は16、ファラデー定数は $27 \text{ A} \cdot \text{h/mol}$ とする。

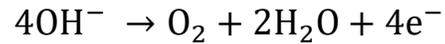
- (1) 0.4    (2) 0.8    (3) 6.4    (4) 13    (5) 32

# H12 問10

水の電気分解は次の反応により進行する。



このとき、アルカリ水溶液中では陽極（アノード）において、次の反応により酸素が発生する。



いま、 $2.7 \text{ kA} \cdot \text{h}$ の電気量が流れたとき、理論的に得られる酸素の質量 [kg]の値として、正しいのは次のうちどれか。  
ただし、酸素の原子量は16、ファラデー定数は $27 \text{ A} \cdot \text{h/mol}$ とする。

- (1) 0.4    (2) 0.8    (3) 6.4    (4) 13    (5) 32

$$n \times \frac{w}{M} \times 96500 [\text{C/mol}] = Q [\text{C}] = It [\text{A} \cdot \text{s}]$$

$n$  : イオンの価数

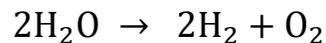
$w$  : 析出量（生成された物質の質量） [g]

$M$  : 原子量 [g/mol]

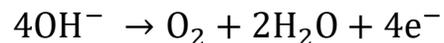
96500 : ファラデー定数 [C/mol]

# H12 問10

水の電気分解は次の反応により進行する。



このとき、アルカリ水溶液中では陽極（アノード）において、次の反応により酸素が発生する。



いま、2.7 kA・hの電気量が流れたとき、理論的に得られる酸素の質量 [kg]の値として、正しいのは次のうちどれか。

ただし、酸素の原子量は16、ファラデー定数は27 A・h/molとする。

- (1) 0.4    (2) 0.8    (3) 6.4    (4) 13    (5) 32

$$n \times \frac{w}{M} \times 96500 [\text{C/mol}] = Q [\text{C}] = It [\text{A} \cdot \text{s}]$$

$n$  : イオンの価数

$w$  : 析出量 (生成された物質の質量) [g]

$M$  : 原子量 [g/mol]

96500 : ファラデー定数 [C/mol]

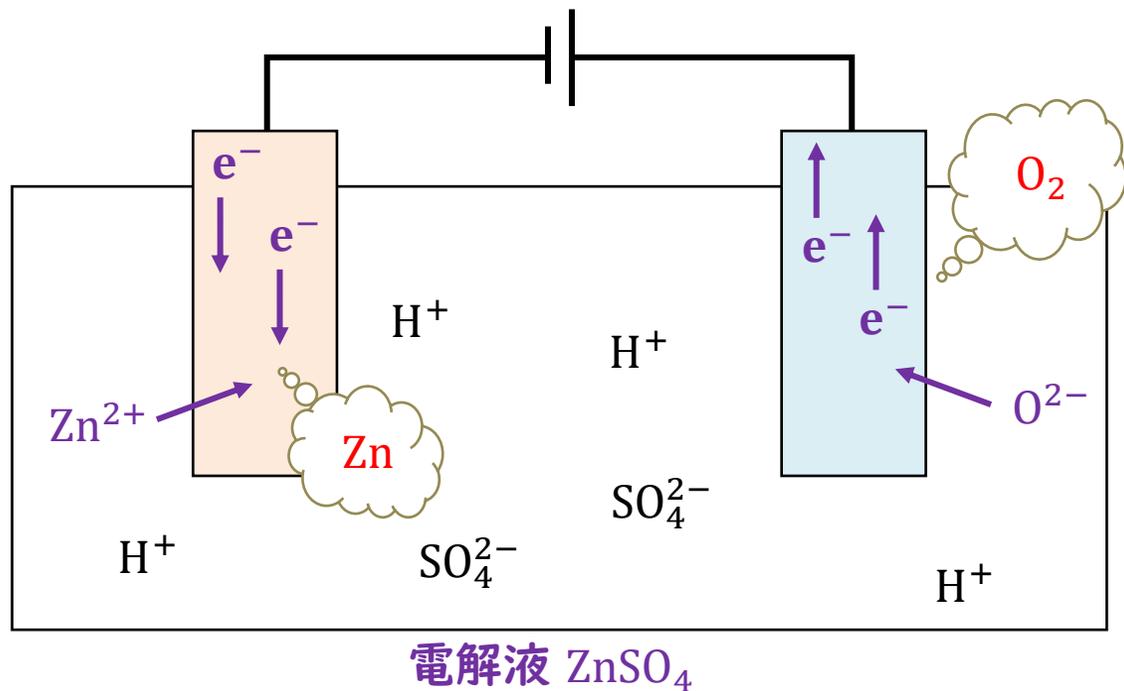
$$4 \times \frac{w}{16 \times 2} \times 27 = 2.7 \times 10^3$$

析出量 (mol換算)      与える電気量

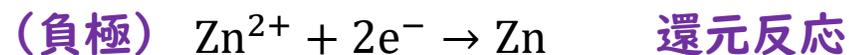
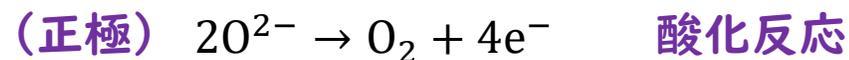
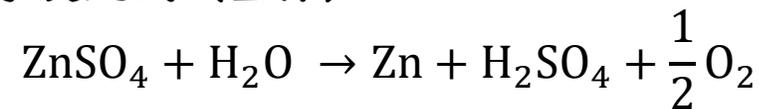
1 molの分子を生み出すために関与する電子      molをA・hに換算

$$w = \frac{2.7 \times 10^3 \times 16 \times 2}{4 \times 27} = 800 \text{ g} \rightarrow 0.8 \text{ kg}$$

# 金属の電解採取



化学反応式（全体）



$\text{ZnSO}_4$ の電解液に対して電圧を印加することで、負極の電極に電解液中の金属イオンであるZnが析出し、金属の採取が可能となる。

あらゆる金属がこの方法で精製できるわけではなく、イオン化傾向が水素に比べて大きい金属は電解採取が困難である。

負極  
還元反応  
カソード  
Zn生成

正極  
酸化反応  
アノード  
 $\text{O}_2$ 生成

# H19 問13

硫酸亜鉛 ( $\text{ZnSO}_4$ ) /硫酸系の電解液の中で陽極に亜鉛を、陰極に鋼帯の原板を用いた電気めっき法はトタンの製造法として広く知られている。今、両電極間に2 Aの電流を5 h 通じたとき、原板に析出する亜鉛の量[g]の値として、最も近いのは次のうちどれか。ただし、亜鉛の原子価（反応電子数）は2、原子量は65.4、電流効率は65%、ファラデー定数  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$  とする。

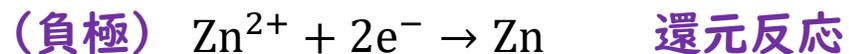
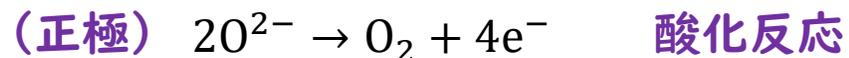
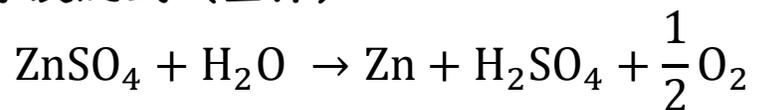
- (1) 0.0022 (2) 0.13 (3) 0.31 (4) 7.9 (5) 16

# H19 問13

硫酸亜鉛 ( $\text{ZnSO}_4$ ) /硫酸系の電解液の中で陽極に亜鉛を、陰極に鋼帯の原板を用いた電気めっき法はトタンの製造法として広く知られている。今、両電極間に2 Aの電流を5 h 通じたとき、原板に析出する亜鉛の量[g]の値として、最も近いのは次のうちどれか。ただし、亜鉛の原子価（反応電子数）は2、原子量は65.4、電流効率は65%、ファラデー定数  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$  とする。

- (1) 0.0022 (2) 0.13 (3) 0.31 (4) 7.9 (5) 16

## 化学反応式（全体）



$$n \times \frac{w}{M} \times 96500 [\text{C/mol}] = Q [\text{C}] = It [\text{A} \cdot \text{s}]$$

$n$  : イオンの価数

$w$  : 析出量（生成された物質の質量） [g]

$M$  : 原子量 [g/mol]

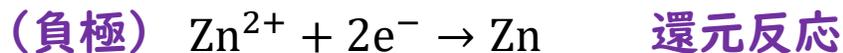
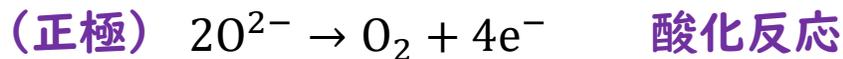
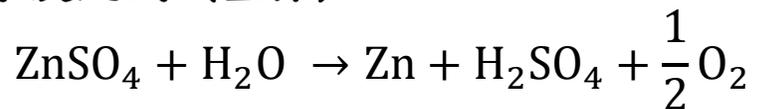
96500 : ファラデー定数 [C/mol]

# H19 問13

硫酸亜鉛 (ZnSO<sub>4</sub>) /硫酸系の電解液の中で陽極に亜鉛を、陰極に鋼帯の原板を用いた電気めっき法はトタンの製造法として広く知られている。今、両電極間に2 Aの電流を5 h通じたとき、原板に析出する亜鉛の量[g]の値として、最も近いのは次のうちどれか。ただし、亜鉛の原子価 (反応電子数) は2、原子量は65.4、電流効率は65%、ファラデー定数  $F = 9.65 \times 10^4$  C/molとする。

- (1) 0.0022 (2) 0.13 (3) 0.31 (4) 7.9 (5) 16

## 化学反応式 (全体)



$$n \times \frac{w}{M} \times 96500 \text{ [C/mol]} = Q \text{ [C]} = It \text{ [A} \cdot \text{s]}$$

$n$  : イオンの価数

$w$  : 析出量 (生成された物質の質量) [g]

$M$  : 原子量 [g/mol]

96500 : ファラデー定数 [C/mol]

$$2 \times \frac{w}{65.4} \times 96500 = \frac{2 \times 5 \times 3600 \times 0.65}{1}$$

1 molの原子を生み出すために関与する電子

析出量 (mol換算)

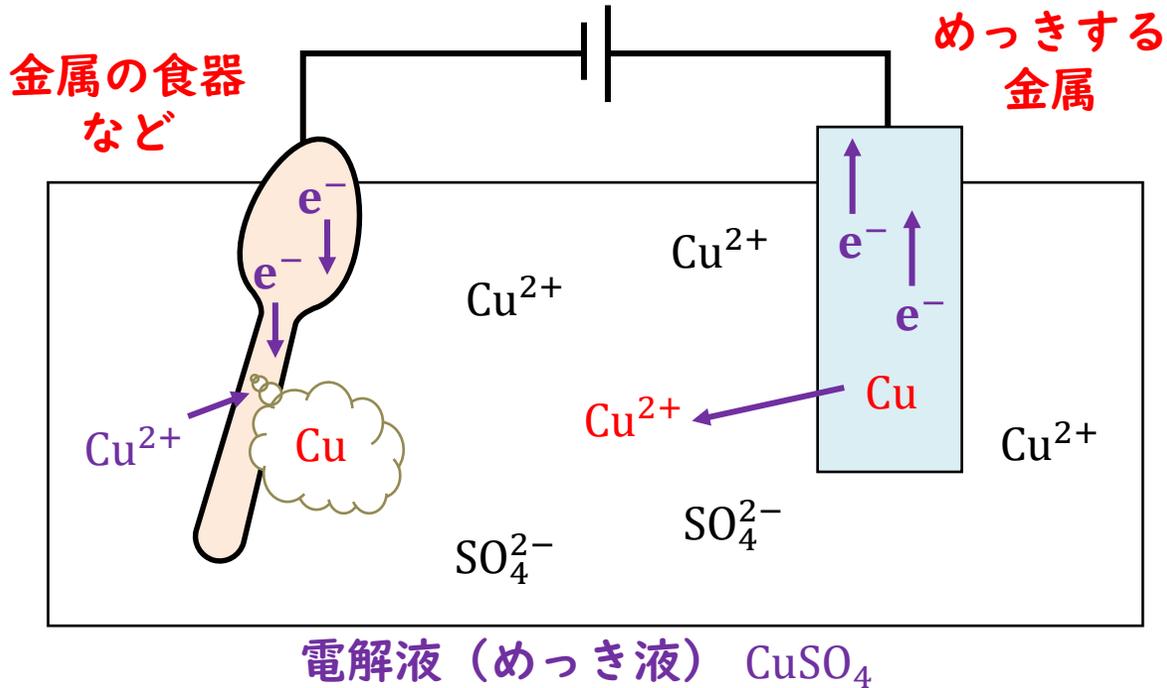
molをクーロンに換算

5時間で与える電荷量

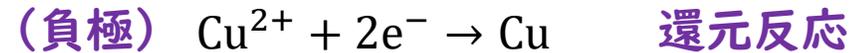
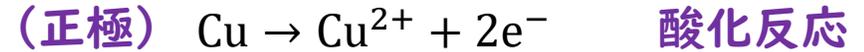
反応に寄与する割合 (電流効率)

$$w = \frac{2 \times 5 \times 3600 \times 0.65 \times 65.4}{2 \times 96500} = 7.93 \text{ g}$$

# 金属の電解めっき（鍍金）



化学反応式



負極の電極にめっきされる金属を取りつける。

$\text{CuSO}_4$ の電解液に対して電圧を印加することで、正極から金属イオン ( $\text{Cu}^{2+}$ ) が生成され、電解液中を泳動し、負極の金属表面にCuが析出され、Cuでめっきされる。

めっきに使える金属は、イオン化傾向が水素に比べて大きい金属は銅 (Cu) 銀 (Ag) 金 (Au) である。

負極  
還元反応  
カソード  
Cu生成  
(めっき)

正極  
酸化反応  
アノード  
Cu<sup>2+</sup>生成

# H25 問12

問12 次の文章は、電気めっきに関する記述である。

金属塩の溶液を電気分解すると (ア) に純度の高い金属が析出する。  
 この現象を電着と呼び、めっきなどに利用されている。ニッケルめっきでは硫酸ニッケルの溶液にニッケル板(イ)とめっきを施す金属板(ア)とを入れて通電する。硫酸ニッケルの溶液は、ニッケルイオン(ウ)と硫酸イオン(エ)とに電離し、ニッケルイオンがめっきを施す金属板表面で電子を(オ)金属ニッケルとなり、金属板表面に析出する。めっきは金属製品の装飾のほか、金属材料の耐食性や耐摩耗性を高める目的で利用されている。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	陽 極	陰 極	負イオン	正イオン	放出して
(2)	陰 極	陽 極	正イオン	負イオン	受け取って
(3)	陽 極	陰 極	正イオン	負イオン	受け取って
(4)	陰 極	陽 極	負イオン	正イオン	受け取って
(5)	陽 極	陰 極	正イオン	負イオン	放出して

# H25 問12

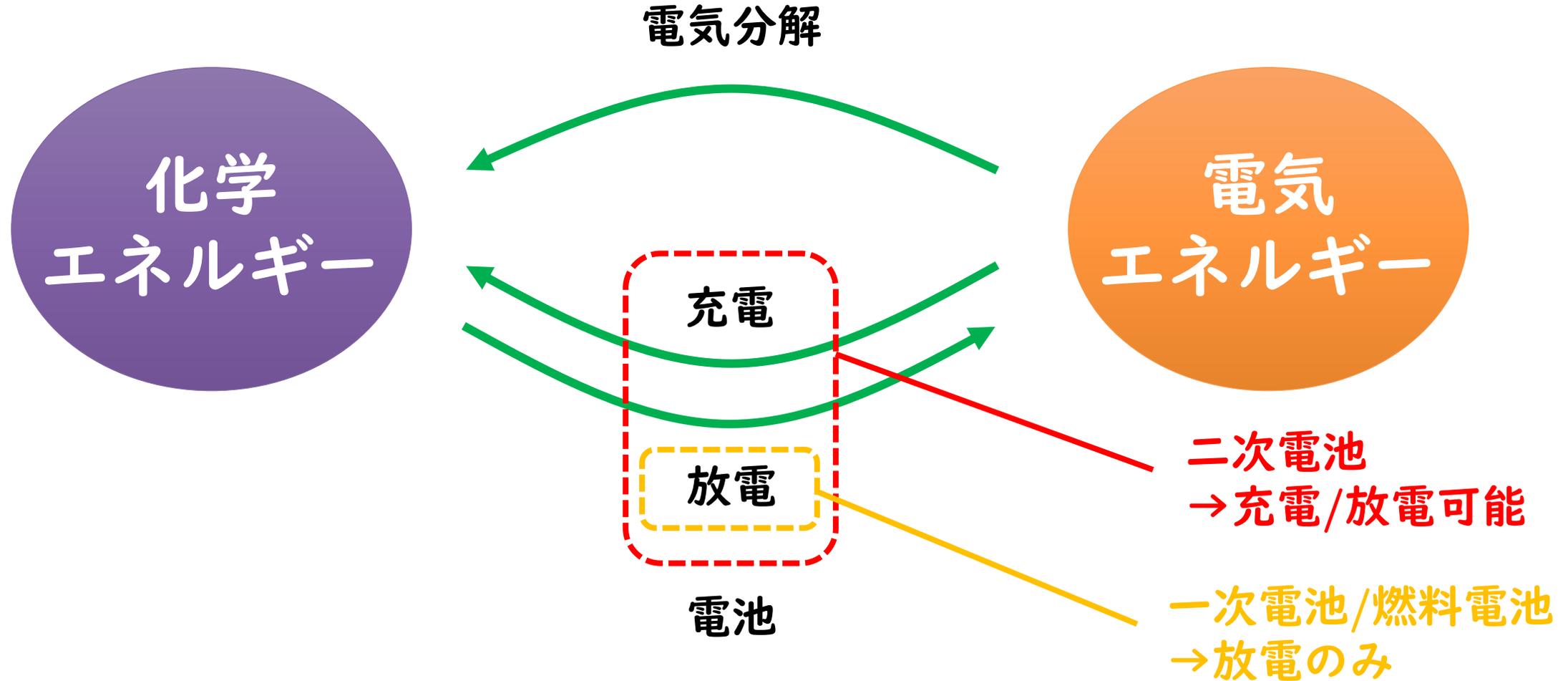
問12 次の文章は、電気めっきに関する記述である。

金属塩の溶液を電気分解すると **陰極** (ア) に純度の高い金属が析出する。  
 この現象を電着と呼び、めっきなどに利用されている。ニッケルめっきでは硫酸  
 ニッケルの溶液にニッケル板 (イ) とめっきを施す金属板 (ア) **陰極**  
 とを入れて通電する。硫酸ニッケルの溶液は、ニッケルイオン (ウ) **正イオン**  
 と硫酸イオン (エ) **負イオン** とに電離し、ニッケルイオンがめっきを施す金属板  
 表面で電子を **受け取って** (イ) 金属ニッケルとなり、金属板表面に析出する。めっき  
 は金属製品の装飾のほか、金属材料の耐食性や耐摩耗性を高める目的で利用  
 されている。

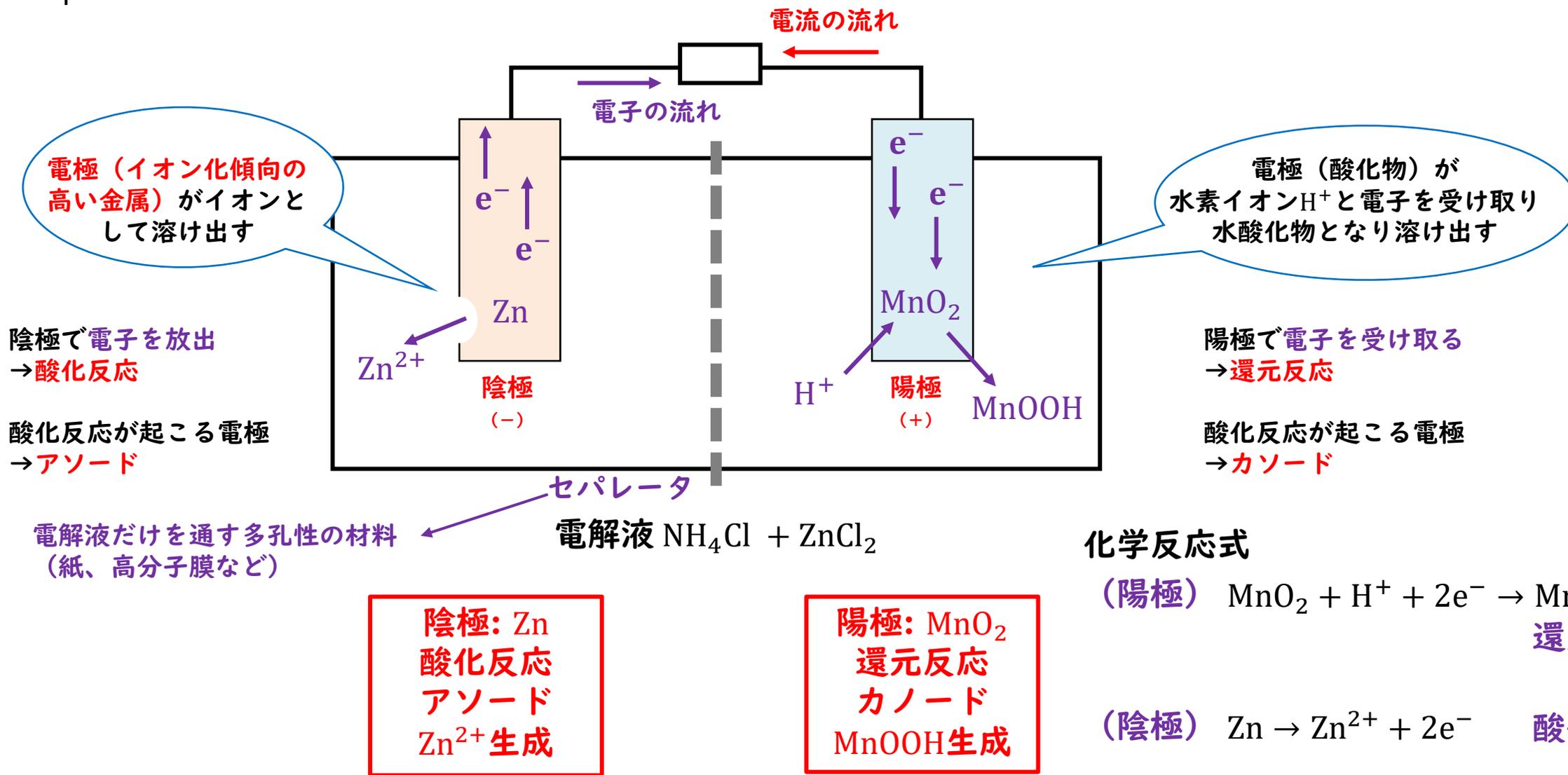
上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せ  
 として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	陽 極	陰 極	負イオン	正イオン	放出して
<b>(2)</b>	陰 極	陽 極	正イオン	負イオン	受け取って
(3)	陽 極	陰 極	正イオン	負イオン	受け取って
(4)	陰 極	陽 極	負イオン	正イオン	受け取って
(5)	陽 極	陰 極	正イオン	負イオン	放出して

# 電気分解と電池

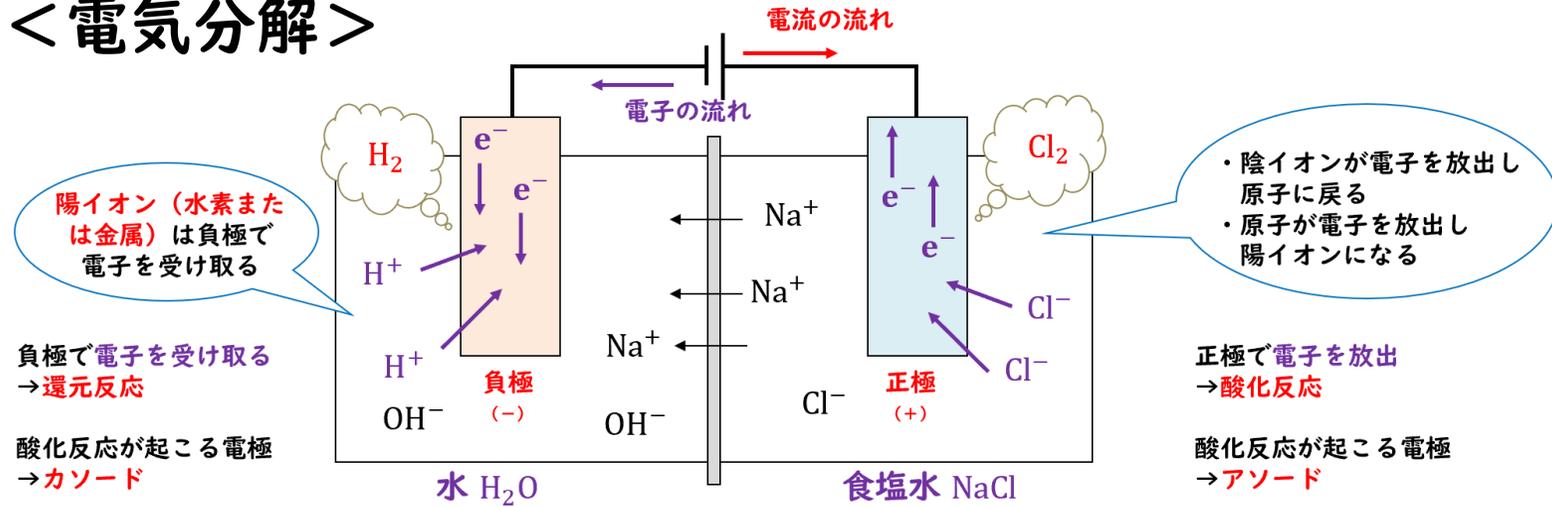


# マンガン乾電池



# 電気分解と電池の比較

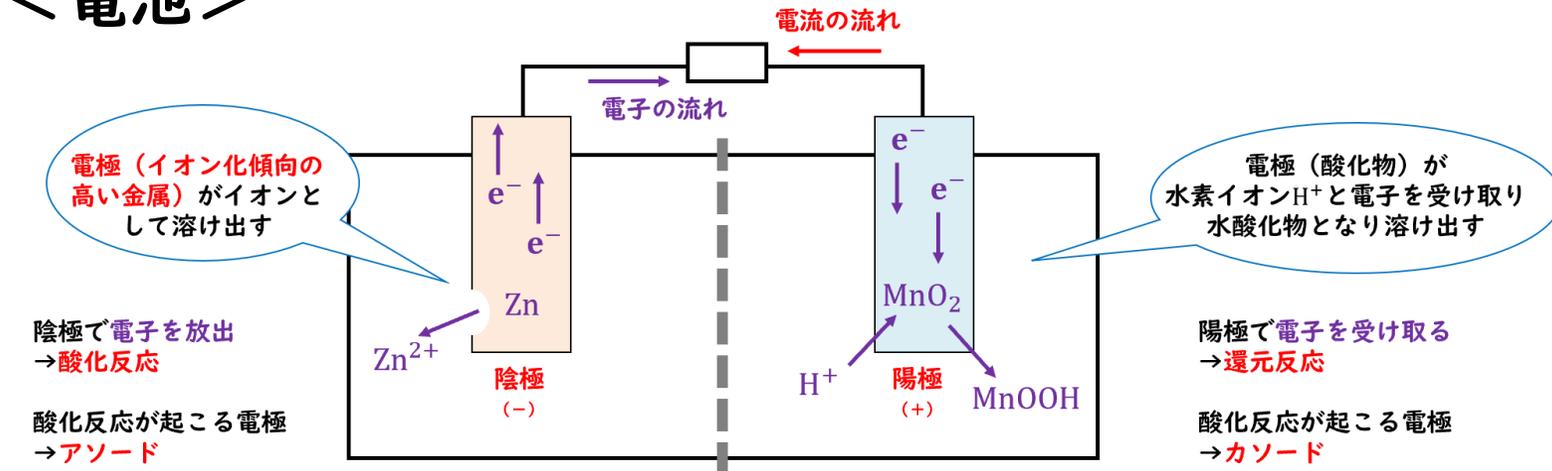
## <電気分解>



**負極**  
還元反応  
カソード  
H<sub>2</sub> 生成

**正極**  
酸化反応  
アノード  
Cl<sub>2</sub> 生成

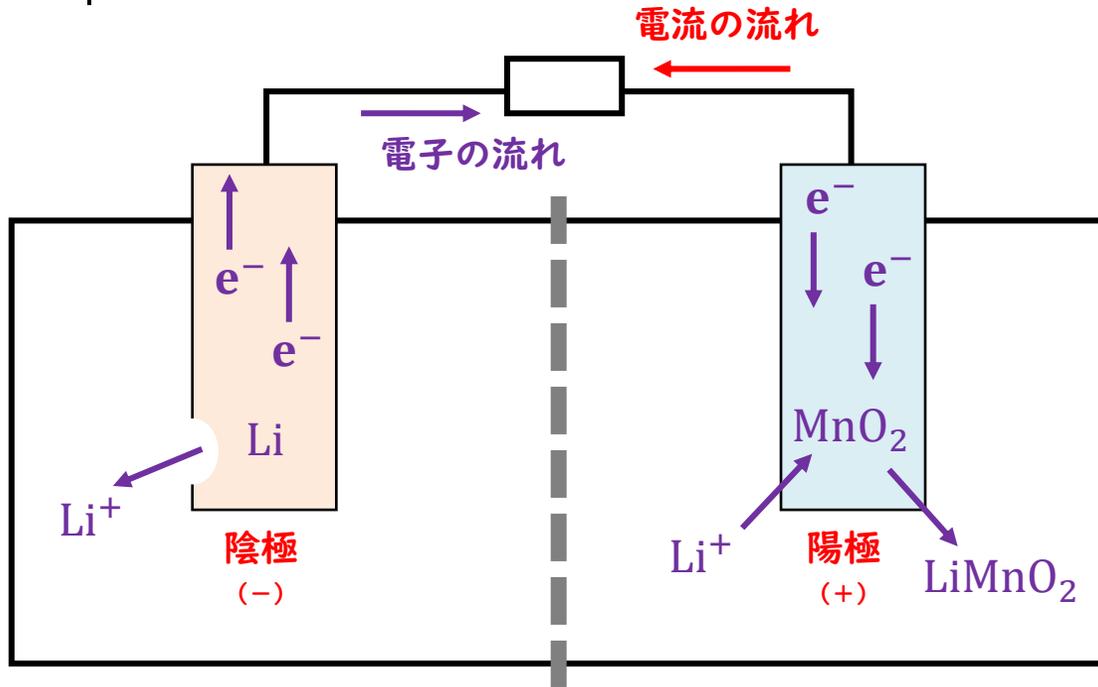
## <電池>



**陰極: Zn**  
酸化反応  
アノード  
Zn<sup>2+</sup> 生成

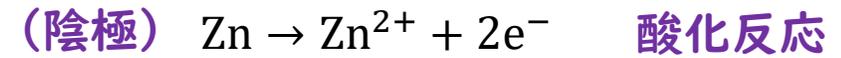
**陽極: MnO<sub>2</sub>**  
還元反応  
カソード  
MnOOH 生成

# リチウム一次電池



電解液  $\text{LiClO}_4$ , 有機溶媒

## 化学反応式



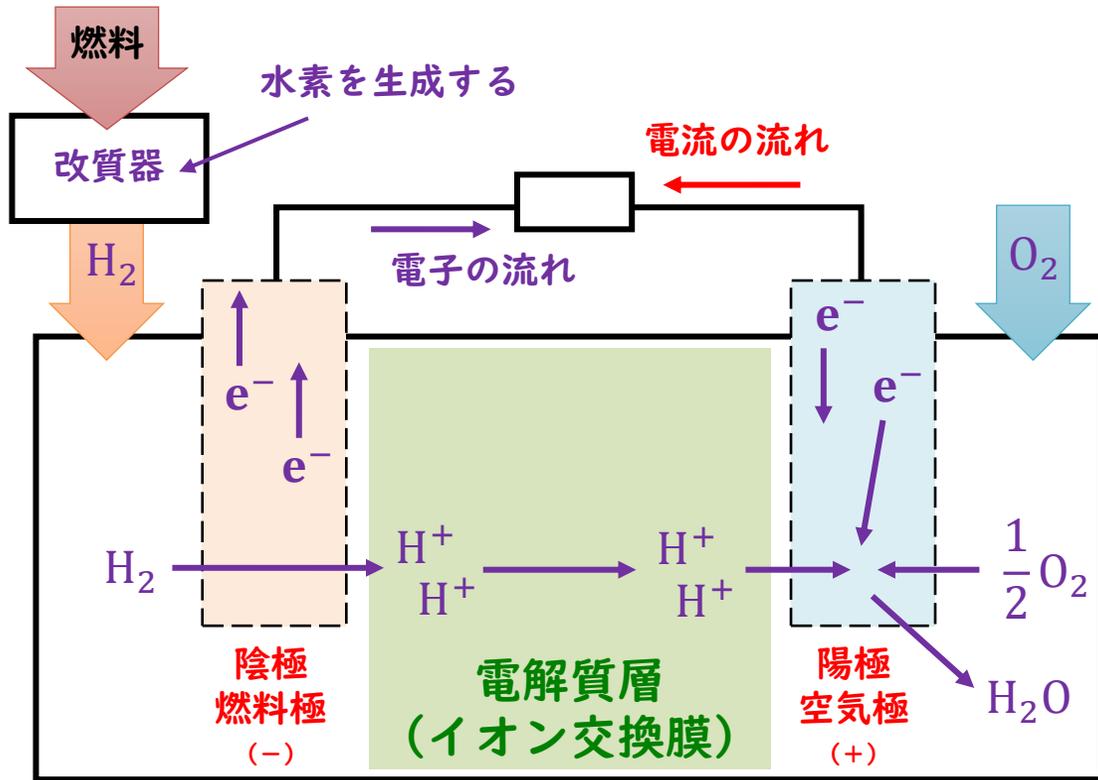
亜鉛 (Zn) に比べてリチウム (Li) は単位重さに当たりの出力電力量が4倍くらいの大きさになる。

ただし、リチウムは水や酸素と反応するため、電解液に水溶液が使えない。

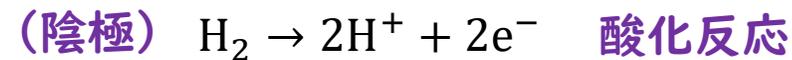
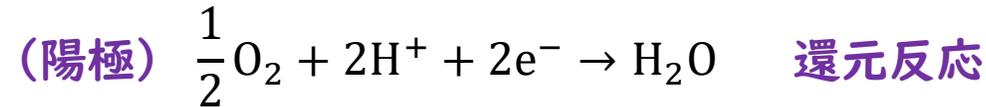
陰極: Li  
酸化反応  
アノード  
Li<sup>+</sup>生成

陽極: MnO<sub>2</sub>  
還元反応  
カソード  
LiMnO生成

# 燃料電池



化学反応式



燃料（水素）と酸素を供給して、電気を取り出す。

反応により発熱反応が生じる

電解質の種類により発電効率や動作温度が異なる。

陰極  
燃料極  
酸化反応  
アノード  
H<sup>+</sup>生成

陽極  
空気極  
還元反応  
カソード  
H<sub>2</sub>O生成

種類	固体高分子形	リン酸形	熔融炭酸塩形	固体酸化物形
記号	PEFC	PAFC	MCFC	SOFC
電解質	イオン交換膜	リン酸	熔融炭酸塩	セラミック
触媒	白金 (Pt)	白金 (Pt)	不要	不要
燃料極	水素	水素	水素 一酸化炭素	水素 一酸化炭素
空気極	空気	空気	空気	空気
効率	30 ~ 40 %	35 ~ 45 %	45 ~ 60 %	50 ~ 65 %
作動温度	常温 ~ 90 °C	200 °C	650 ~ 700 °C	700 ~ 1000 °C

# H26 問12

問12 次の文章は、燃料電池に関する記述である。

燃料電池は 80 ～ 100 ℃程度で動作し、家庭用などに使われている。  
 燃料には都市ガスなどが使われ、  を通して水素を発生させ、水素は燃料極へと導かれる。燃料極において水素は電子を  水素イオンとなり、電解質の中へ浸透し、空気極において電子を  酸素と結合し、水が生成される。放出された電子が電流として負荷に流れることで直流電源として動作する。また、発電時には  反応が起きる。

上記の記述中の空白箇所(ア)，(イ)，(ウ)，(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	固体高分子形	改質器	放出して	受け取って	発熱
(2)	りん酸形	燃焼器	受け取って	放出して	吸熱
(3)	固体高分子形	改質器	放出して	受け取って	吸熱
(4)	りん酸形	改質器	放出して	受け取って	発熱
(5)	固体高分子形	燃焼器	受け取って	放出して	発熱

# H26 問12

問12 次の文章は、燃料電池に関する記述である。

燃料電池は 80 ～ 100 ℃程度で動作し、家庭用などに使われている。  
**固体高分子形** 燃料には都市ガスなどが使われ、 **改質器** を通して水素を発生させ、水素は燃料極へと導かれる。燃料極において水素は電子を **放出して** 水素イオンとなり、電解質の中へ浸透し、空気極において電子を **受け取って** 酸素と結合し、水が生成される。放出された電子が電流として負荷に流れることで直流電源として動作する。また、発電時には **発熱** 反応が起きる。

上記の記述中の空白箇所(ア)，(イ)，(ウ)，(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	固体高分子形	改質器	放出して	受け取って	発熱
(2)	りん酸形	燃焼器	受け取って	放出して	吸熱
(3)	固体高分子形	改質器	放出して	受け取って	吸熱
(4)	りん酸形	改質器	放出して	受け取って	発熱
(5)	固体高分子形	燃焼器	受け取って	放出して	発熱

# H13 問13

燃料電池は、水素と酸素の化学反応を利用したものである。燃料電池の電圧が0.8 V、電流効率が90%であるとき、次の(a)及び(b)に答えよ。ただし、水素の原子量は1.0、ファラデー定数は $27 \text{ A} \cdot \text{h/mol}$ とする。

(a) 反応によって、30 kgの水素が消費されたとき、燃料電池から得られた電気量[kA・h]の値として最も近いものは次のうちどれか。

- (1) 360    (2) 410    (3) 580    (4) 730    (5) 900

(b) このとき得られた電気エネルギー[kW・h]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 290    (2) 520    (3) 580    (4) 720    (5) 910

# H13 問13

燃料電池は、水素と酸素の化学反応を利用したものである。燃料電池の電圧が0.8 V、電流効率が90%であるとき、次の(a)及び(b)に答えよ。ただし、水素の原子量は1.0、ファラデー定数は27 A・h/molとする。

(a) 反応によって、30 kgの水素が消費されたとき、燃料電池から得られた電気量[kA・h]の値として最も近いものは次のうちどれか。

- (1) 360    (2) 410    (3) 580    (4) 730    (5) 900

(b) このとき得られた電気エネルギー[kW・h]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 290    (2) 520    (3) 580    (4) 720    (5) 910

$$n \times \frac{w}{M} \times 96500 \text{ [C/mol]} = Q \text{ [C]} = It \text{ [A} \cdot \text{s]}$$

$n$  : イオンの価数

$w$  : 析出量 (生成された物質の質量) [g]

$M$  : 原子量 [g/mol]

96500 : ファラデー定数 [C/mol]

# H13 問13

燃料電池は、水素と酸素の化学反応を利用したものである。燃料電池の電圧が0.8 V、電流効率が90%であるとき、次の(a)及び(b)に答えよ。ただし、水素の原子量は1.0、ファラデー定数は27 A・h/molとする。

(a) 反応によって、30 kgの水素が消費されたとき、燃料電池から得られた電気量[kA・h]の値として最も近いものは次のうちどれか。

- (1) 360    (2) 410    (3) 580    **(4) 730**    (5) 900

(b) このとき得られた電気エネルギー[kW・h]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 290    (2) 520    **(3) 580**    (4) 720    (5) 910

$$729 \text{ kA} \cdot \text{h} \times 0.8 \text{ V} = 583.2 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

$$n \times \frac{w}{M} \times 96500 \text{ [C/mol]} = Q \text{ [C]} = It \text{ [A} \cdot \text{s]}$$

$n$  : イオンの価数

$w$  : 析出量 (生成された物質の質量) [g]

$M$  : 原子量 [g/mol]

96500 : ファラデー定数 [C/mol]

$$2 \times \frac{30 \times 10^3}{1 \times 2} \times 27 \times 0.9 = Q$$

電荷生成に寄与する割合 (電流効率)

消費量 (mol換算)

得られる電荷量

1 molの原子を生み出すために関与する電子

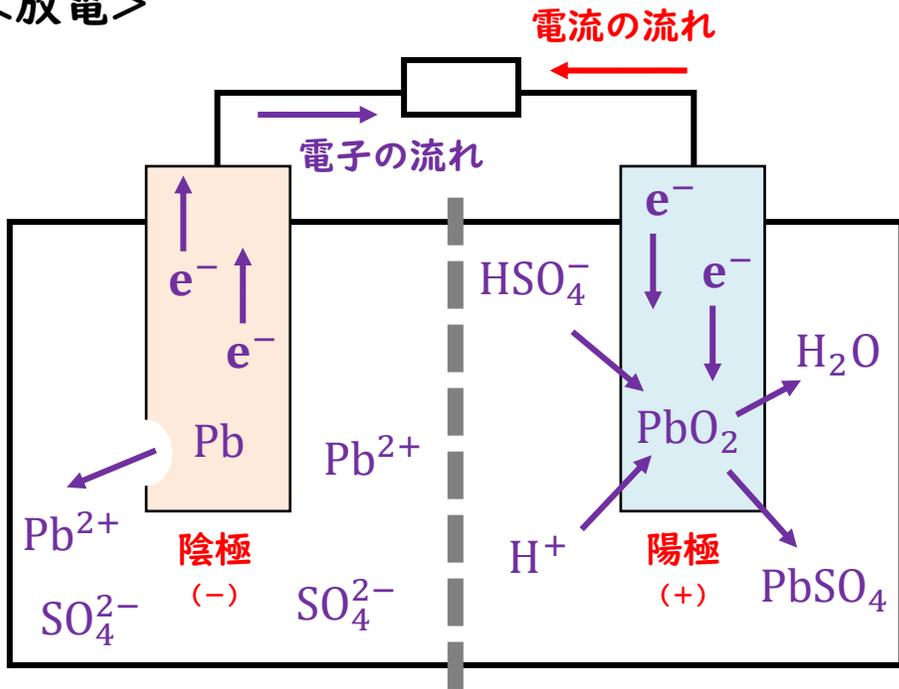
molをクーロンに換算

$$Q = 2 \times \frac{30 \times 10^3}{1 \times 2} \times 27 \times 0.9$$

$$= 729 \times 10^3 \text{ A} \cdot \text{h} = 729 \text{ kA} \cdot \text{h}$$

# 鉛蓄電池

<放電>

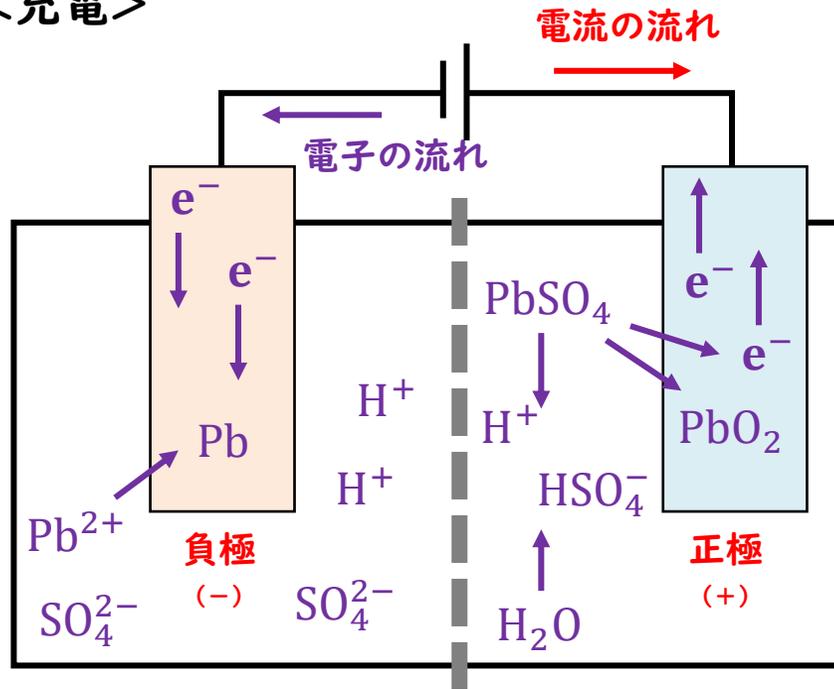


電解液  $\text{H}_2\text{SO}_4$

陰極: Pb  
酸化反応  
アソード  
 $\text{Pb}^{2+}$  生成

陽極:  $\text{PbO}_2$   
還元反応  
カソード  
 $\text{PbSO}_4$  生成

<充電>



電解液  $\text{H}_2\text{SO}_4$

負極: Pb  
還元反応  
カソード  
Pb 生成

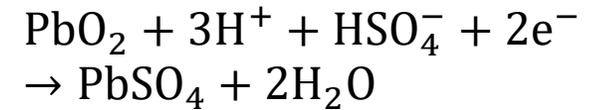
正極:  $\text{PbO}_2$   
酸化反応  
アソード  
 $\text{PbO}_2$  生成

化学反応式

<放電>

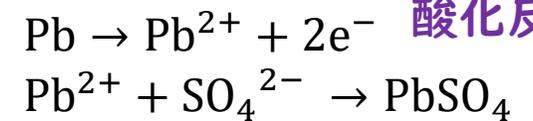
(陽極)

還元反応



(陰極)

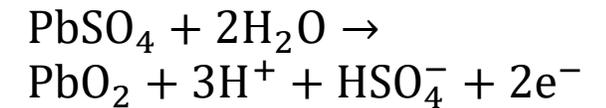
酸化反応



<充電>

(正極)

酸化反応



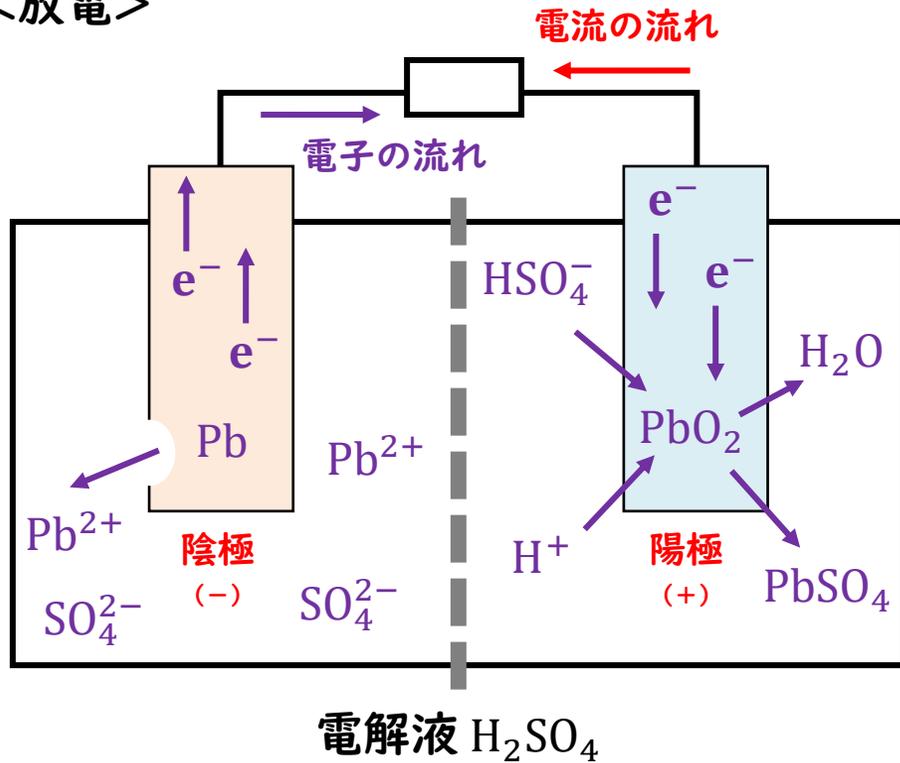
(負極)

還元反応



# 鉛蓄電池

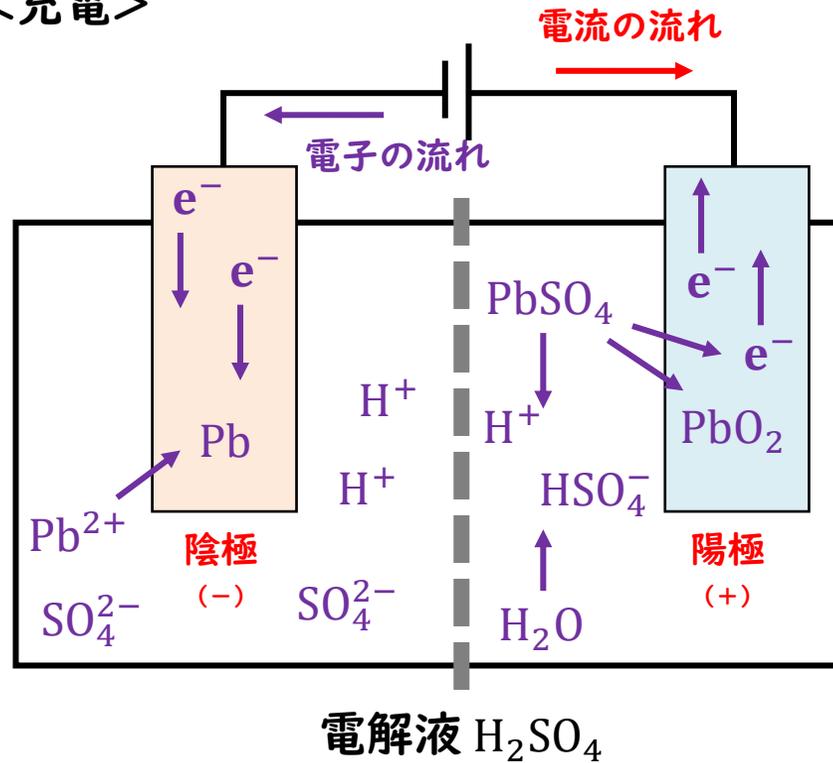
<放電>



陰極: Pb  
酸化反応  
アノード  
 $\text{Pb}^{2+}$  生成

陽極:  $\text{PbO}_2$   
還元反応  
カソード  
 $\text{PbSO}_4$  生成

<充電>



負極: Pb  
還元反応  
カソード  
Pb 生成

正極:  $\text{PbO}_2$   
酸化反応  
アノード  
 $\text{PbO}_2$  生成

特徴

公称電圧は2.0 V

放電中の電圧変化が少ない

サルフェーション  
放電したまま放置すると、  
電極に白色の硫酸鉛が付着  
する現象のこと。充電でき  
なくなる。

サイクル劣化  
充放電を繰り返すと、電極  
で溶解・析出反応を繰り返  
すことになり、電極がいた  
み、容量が減っていく。

# R03 問12

問12 次の文章は、鉛蓄電池に関する記述である。

鉛蓄電池は、正極と負極の両極に  を用いる。希硫酸を電解液として初充電すると、正極に  ，負極に  ができる。これを放電すると、両極とももとの  に戻る。

放電すると水ができ、電解液の濃度が下がり、両極間の電圧が低下する。そこで、充電により電圧を回復させる。過充電を行うと電解液中の水が電気分解して、正極から  ，負極から  が発生する。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	鉛	硫酸鉛	二酸化鉛	水素ガス	酸素ガス
(2)	鉛	二酸化鉛	硫酸鉛	水素ガス	酸素ガス
(3)	硫酸鉛	鉛	二酸化鉛	水素ガス	酸素ガス
(4)	硫酸鉛	二酸化鉛	鉛	酸素ガス	水素ガス
(5)	二酸化鉛	硫酸鉛	鉛	酸素ガス	水素ガス

# R03 問12

問12 次の文章は、鉛蓄電池に関する記述である。

鉛蓄電池は、正極と負極の両極に  を用いる。希硫酸を電解液として初充電すると、正極に , 負極に  ができる。これを放電すると、両極とももとの  に戻る。

硫酸鉛  
鉛

二酸化鉛

放電すると水ができ、電解液の濃度が下がり、両極間の電圧が低下する。そこで、充電により電圧を回復させる。過充電を行うと電解液中の水が電気分解して、正極から , 負極から  が発生する。

酸素ガス

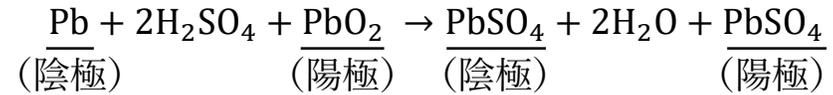
水素ガス

上記の記述中の空白箇所(ア)～(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	鉛	硫酸鉛	二酸化鉛	水素ガス	酸素ガス
(2)	鉛	二酸化鉛	硫酸鉛	水素ガス	酸素ガス
(3)	硫酸鉛	鉛	二酸化鉛	水素ガス	酸素ガス
<b>(4)</b>	硫酸鉛	二酸化鉛	鉛	酸素ガス	水素ガス
(5)	二酸化鉛	硫酸鉛	鉛	酸素ガス	水素ガス

# H16 問12

鉛蓄電池の放電反応は次のとおりである。

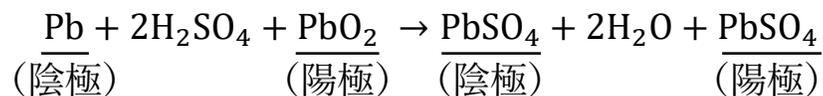


この電池を一定の電流で2時間放電したところ、鉛の消費量は42gであった。このとき流した電流の値として、最も近いのは次のうちどれか。ただし、鉛の原子量は210、ファラデー定数は27 A・h/molとする。

- (1) 1.8      (2) 2.7      (3) 5.4      (4) 11      (5) 16

# H16 問12

鉛蓄電池の放電反応は次のとおりである。



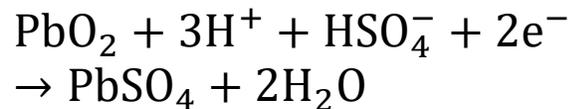
この電池を一定の電流で2時間放電したところ、鉛の消費量は42gであった。このとき流した電流の値として、最も近いのは次のうちどれか。ただし、鉛の原子量は210、ファラデー定数は27 A・h/molとする。

- (1) 1.8    (2) 2.7    (3) 5.4    (4) 11    (5) 16

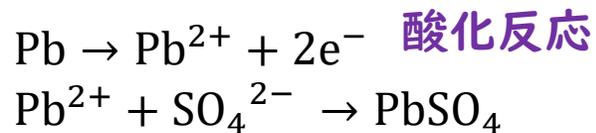
## 化学反応式

### <放電>

(陽極)                      還元反応



(陰極)



$$n \times \frac{w}{M} \times 96500 \text{ [C/mol]} = Q \text{ [C]} = It \text{ [A} \cdot \text{s]}$$

$n$  : イオンの価数

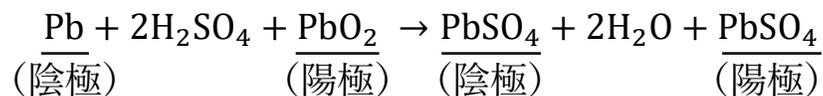
$w$  : 析出量 (生成された物質の質量) [g]

$M$  : 原子量 [g/mol]

96500 : ファラデー定数 [C/mol]

# H16 問12

鉛蓄電池の放電反応は次のとおりである。



この電池を一定の電流で2時間放電したところ、鉛の消費量は42gであった。このとき流した電流の値として、最も近いのは次のうちどれか。ただし、鉛の原子量は210、ファラデー定数は27 A・h/molとする。

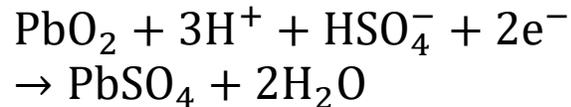
- (1) 1.8    (2) 2.7    (3) 5.4    (4) 11    (5) 16

## 化学反応式

### <放電>

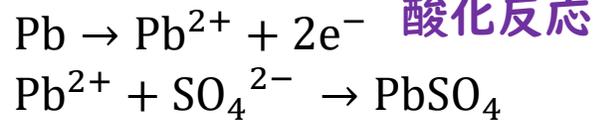
(陽極)

還元反応



(陰極)

酸化反応



$$n \times \frac{w}{M} \times 96500 \text{ [C/mol]} = Q \text{ [C]} = It \text{ [A} \cdot \text{s]}$$

$n$  : イオンの価数

$w$  : 析出量 (生成された物質の質量) [g]

$M$  : 原子量 [g/mol]

96500 : ファラデー定数 [C/mol]

$$2 \times \frac{42}{210} \times 27 = I \times 2$$

消費量 (mol換算)      得られる電気量

molをA・hに換算

1 molの原子を  
生み出すために  
関与する電子

$$I = \frac{2 \times 42 \times 27}{210 \times 2} = 5.4 \text{ A}$$

# その他の二次電池

種類	鉛蓄電池	ニッケル カドミウム蓄電池	ニッケル 水素蓄電池	リチウム イオン電池
陽極	$\text{PbO}_2$	$\text{NiOOH}$	$\text{NiOOH}$	$\text{LiCoO}_2$
陰極	<b>Pb</b>	<b>Cd</b>	<b>金属水素化合物</b>	<b>C</b>
電解質	$\text{H}_2\text{SO}_4$	KOH	KOH	有機電解質
公称電圧	<b>2.0 V</b>	<b>1.2 V</b>	<b>1.2 V</b>	<b>3.6 V</b>
用途	自動車 無停電電源装置	電動工具、玩具 など	乾電池型充電電池 AV機器 など	モバイル機器 ハイブリッド車

# H30 問12

問12 次の文章は、リチウムイオン二次電池に関する記述である。

リチウムイオン二次電池は携帯用電子機器や電動工具などの電源として使われているほか、電気自動車の電源としても使われている。

リチウムイオン二次電池の正極には  が用いられ、負極には  が用いられている。また、電解液には  が用いられている。放電時には電解液中をリチウムイオンが  へ移動する。リチウムイオン二次電池のセル当たりの電圧は  V程度である。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	リチウムを含む 金属酸化物	主に黒鉛	有機 電解液	負極から 正極	3～4
(2)	リチウムを含む 金属酸化物	主に黒鉛	無機 電解液	負極から 正極	1～2
(3)	リチウムを含む 金属酸化物	主に黒鉛	有機 電解液	正極から 負極	1～2
(4)	主に黒鉛	リチウムを含む 金属酸化物	有機 電解液	負極から 正極	3～4
(5)	主に黒鉛	リチウムを含む 金属酸化物	無機 電解液	正極から 負極	1～2

# H30 問12

問12 次の文章は、リチウムイオン二次電池に関する記述である。

リチウムイオン二次電池は携帯用電子機器や電動工具などの電源として使われているほか、電気自動車の電源としても使われている。

リチウムイオン二次電池の正極には **リチウムを含む金属酸化物** (ア) が用いられ、負極には (イ) が用いられている。また、電解液には (ウ) が用いられている。放電時には電解液中をリチウムイオンが (エ) 陰極から陽極 (オ) 移動する。リチウムイオン二次電池のセル当たりの電圧は **3~4** (オ) V程度である。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	リチウムを含む 金属酸化物	主に黒鉛	有機 電解液	負極から 正極	3~4
(2)	リチウムを含む 金属酸化物	主に黒鉛	無機 電解液	負極から 正極	1~2
(3)	リチウムを含む 金属酸化物	主に黒鉛	有機 電解液	正極から 負極	1~2
(4)	主に黒鉛	リチウムを含む 金属酸化物	有機 電解液	負極から 正極	3~4
(5)	主に黒鉛	リチウムを含む 金属酸化物	無機 電解液	正極から 負極	1~2

# R04 問12

問12 次の文章は、ナトリウム-硫黄電池に関する記述である。

大規模な電力貯蔵用の二次電池として、ナトリウム-硫黄電池がある。この電池は  状態で使用されることが一般的である。 極活性物質にナトリウム、 極活性物質に硫黄を使用し、仕切りとなる固体電解物質には、ナトリウムイオンだけを透過する特性がある  を用いている。

セル当たりの起電力は  V と低く、容量も小さいため、実際の電池では、多数のセルを直並列に接続して集合化し、モジュール電池としている。この電池は、鉛蓄電池に比べて単位質量当たりのエネルギー密度が3倍と高く、長寿命な二次電池である。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	高温	正	負	多孔質ポリマー	1.2～1.5
(2)	常温	正	負	ベータアルミナ	1.2～1.5
(3)	低温	正	負	多孔質ポリマー	1.2～1.5
(4)	高温	負	正	ベータアルミナ	1.7～2.1
(5)	低温	負	正	多孔質ポリマー	1.7～2.1

# R04 問12

問12 次の文章は、ナトリウム-硫黄電池に関する記述である。

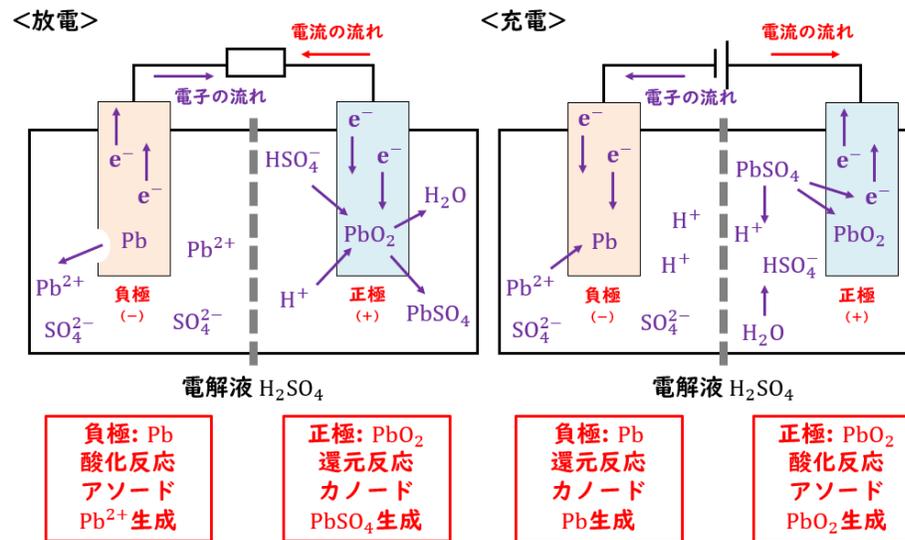
大規模な電力貯蔵用の二次電池として、ナトリウム-硫黄電池がある。この電池は (ア) <sup>高温</sup> 状態で使用されることが一般的である。(イ) <sup>負</sup> 極活性物質にナトリウム、(ウ) <sup>正</sup> 極活性物質に硫黄を使用し、仕切りとなる固体電解物質には、ナトリウムイオンだけを透過する特性がある (エ) <sup>ベータアルミナ</sup> を用いている。

セル当たりの起電力は (オ) <sup>1.7~2.1</sup> V と低く、容量も小さいため、実際の電池では、多数のセルを直並列に接続して集合化し、モジュール電池としている。この電池は、鉛蓄電池に比べて単位質量当たりのエネルギー密度が3倍と高く、長寿命な二次電池である。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	高温	正	負	多孔質ポリマー	1.2~1.5
(2)	常温	正	負	ベータアルミナ	1.2~1.5
(3)	低温	正	負	多孔質ポリマー	1.2~1.5
(4)	高温	負	正	ベータアルミナ	1.7~2.1
(5)	低温	負	正	多孔質ポリマー	1.7~2.1

## 鉛蓄電池



一例として鉛蓄電池

負極：金属（陽イオンになりやすい物質） 正極：酸化物

ナトリウム-硫黄電池

負極はナトリウム  
正極は硫黄

ポイントとして、  
電池は常温又は高温で動作するものが一般的である

# 電気加熱

# 熱（量）と温度

熱（量）と温度って何が違うのか？

温度が高い＝熱が大きい ってこと??



200 mlの  
お湯が必要

カップラーメンを作るために200 mlのお湯が必要です。  
十分な量のお湯が準備できないため、以下のどちらかの案で調理  
しないとはいけません。どちらを選びますか？

案1) お湯 100 °C 50 ml お水 20 °C 150 ml

案2) お湯 80 °C 150 ml お水 30 °C 50 ml

# 熱（量）と温度

物質を温めるためには、

- 温度が低いと物質を温めることができない
- 物質によって温まりやすさが違う
- 物質のまわりに**温度が高いものがたくさんある**と温まりやすい  
→ 『熱量  $Q$ 』 という

$$Q = C\Delta T = C(T_1 - T_2)$$

加える熱量

温める物質の熱容量  
(温まりやすさ)

加えた熱量により  
変化した温度

$Q$ : 熱量 [J]

$C$ : 熱容量 [J/K]

$T$ : 絶対温度 [K]

ケルビン

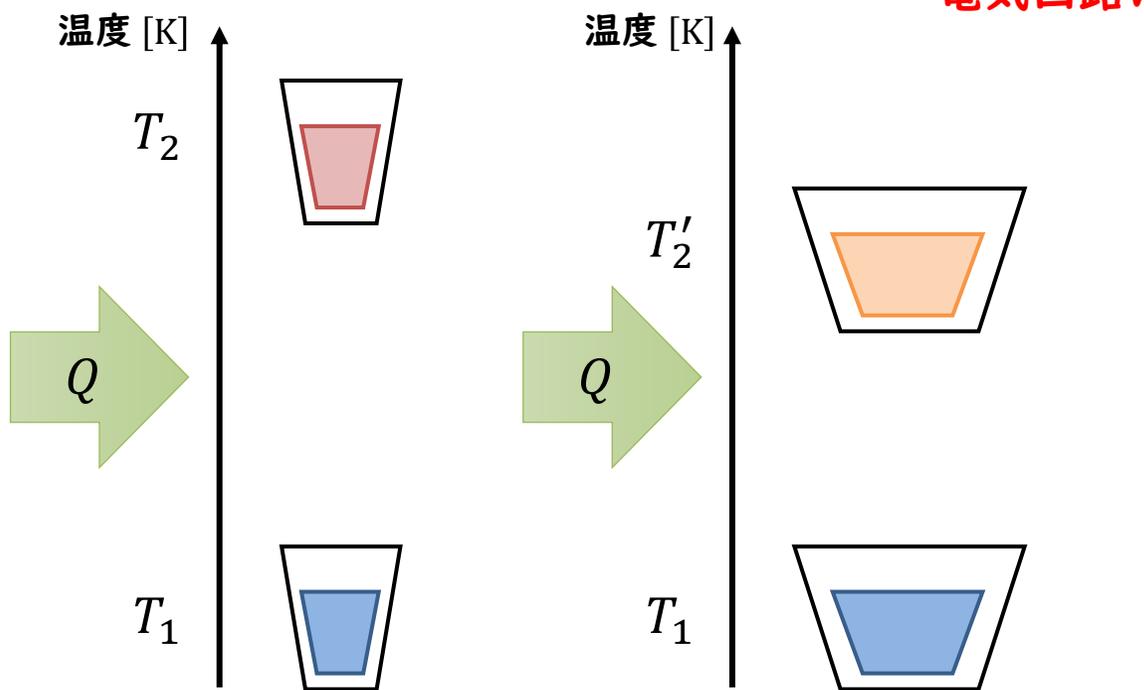
$$T = t^{\circ}\text{C} + 273^{\circ}\text{C}$$

$T_1$ : 変化後の温度

$T_2$ : 変化前の温度

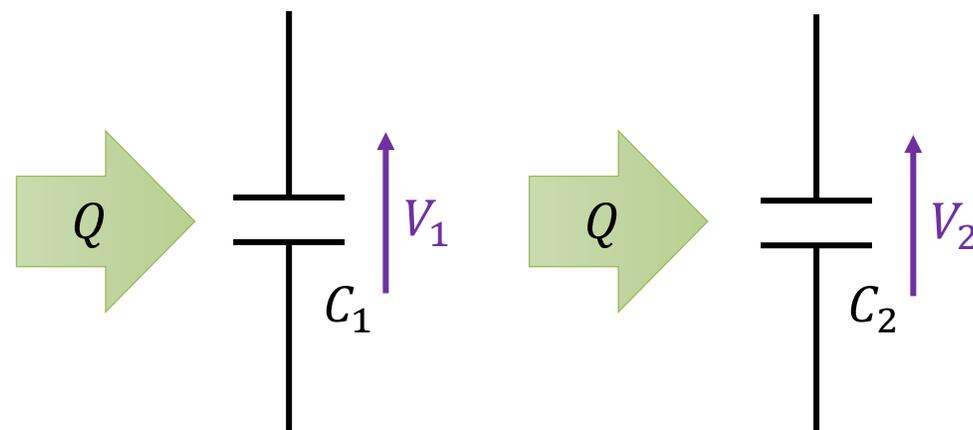
# 熱(量)と温度

熱量 $Q$  [J]を与えたときの温度変化



電気回路に例えると、

電荷量 $Q$  [C]を与えたときの電圧の変化



温まりやすい  
(熱容量 $C$ が小さい)  
と温度上昇が大きい

$$Q = C\Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{Q}{C} \text{ 大}$$

温まりにくい  
(熱容量 $C$ が大きい)  
と温度上昇が小さい

$$Q = C\Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{Q}{C} \text{ 小}$$

静電容量 $C_1$ が小さい  
と電圧上昇が大きい

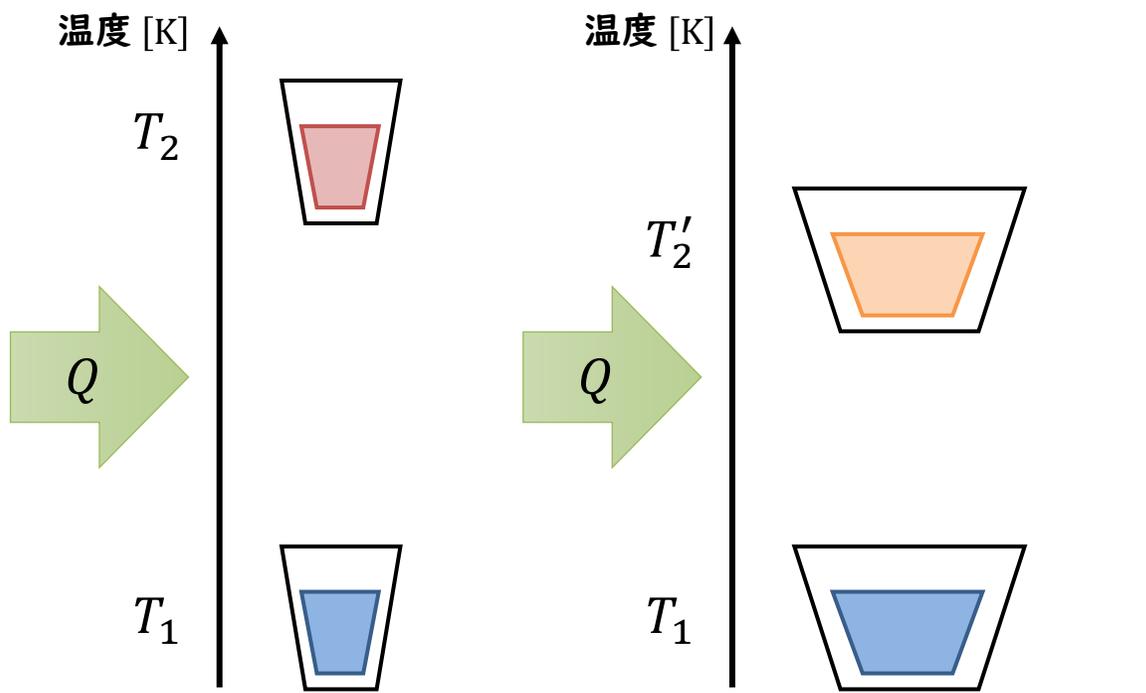
$$Q = CV \rightarrow V_1 = \frac{Q}{C_1} \text{ 大}$$

静電容量 $C_2$ が大きい  
と電圧上昇が小さい

$$Q = CV \rightarrow V_2 = \frac{Q}{C_2} \text{ 小}$$

# 熱容量と比熱

熱量 $Q$  [J]を与えたときの温度変化



温まりやすい  
(熱容量 $C$ が小さい)  
と温度上昇が大きい

温まりにくい  
(熱容量 $C$ が大きい)  
と温度上昇が小さい

$$Q = C\Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{Q}{C}$$

大                      小

$$Q = C\Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{Q}{C}$$

小                      大

同じ物質でも、量が多いと温まりにくくなる

$$Q = C\Delta T = \underline{cm}\Delta T$$

熱容量が物質の質量に  
比例すると考える

- $Q$ : 熱量 [J]
- $C$ : 熱容量 [J/K]
- $T$ : 絶対温度 [K]
- $c$ : 比熱 [kJ/(kg · K)]
- $m$ : 物質の質量 [kg]

## 物質と比熱

- 水: 4.18 J/(g · K) → 4.18 kJ/(kg · K)
- 鉄: 0.46 kJ/(kg · K)
- 空気: 1.01 kJ/(kg · K)
- 水素: 14.2 kJ/(kg · K)

※1 cal: 1 gの水を1 °C上昇させるために必要なエネルギー

# R01 問17(a)

問17 電気給湯器を用いて、貯湯タンクに入っている温度  $20^{\circ}\text{C}$ 、体積  $0.37\text{ m}^3$  の水を  $85^{\circ}\text{C}$  に加熱したい。水の比熱容量は  $4.18 \times 10^3\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、水の密度は  $1.00 \times 10^3\text{ kg}/\text{m}^3$  であり、いずれも水の温度に関係なく一定とする。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) 貯湯タンク内の水の加熱に必要な熱エネルギー  $Q$  の値 [MJ] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 51      (2) 101      (3) 152      (4) 202      (5) 253

# R01 問17(a)

問17 電気給湯器を用いて、貯湯タンクに入っている温度  $20^{\circ}\text{C}$ 、体積  $0.37\text{ m}^3$  の水を  $85^{\circ}\text{C}$  に加熱したい。水の比熱容量は  $4.18 \times 10^3\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、水の密度は  $1.00 \times 10^3\text{ kg}/\text{m}^3$  であり、いずれも水の温度に関係なく一定とする。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) 貯湯タンク内の水の加熱に必要な熱エネルギー  $Q$  の値 [MJ] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 51      (2) 101      (3) 152      (4) 202      (5) 253

## 水の質量

$$1\text{ m}^3 = 1000\text{ kg} \rightarrow 0.37\text{ m}^3 = 370\text{ kg}$$

## 加熱に必要な熱エネルギーを求める

$$\begin{aligned} Q &= cm(t_1 - t_0) = 4.18 \times 10^3 \times 370 \times (85 - 20) \\ &= 100529 \times 10^3\text{ J} = 101\text{ MJ} \end{aligned}$$

# H21 問17(a)

問17 温度  $20.0$   $[\text{°C}]$  , 体積  $0.370$   $[\text{m}^3]$  の水の温度を  $90.0$   $[\text{°C}]$  まで上昇させたい。次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、水の比熱(比熱容量)と密度はそれぞれ  $4.18 \times 10^3$   $[\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})]$  ,  $1.00 \times 10^3$   $[\text{kg}/\text{m}^3]$  とし、水の温度に関係なく一定とする。

(a) 電熱器容量  $4.44$   $[\text{kW}]$  の電気温水器を使用する場合、これに必要な時間  $t$   $[\text{h}]$  の値として、最も近いのは次のうちどれか。

ただし、貯湯槽を含む電気温水器の総合効率は  $90.0$   $[\%]$  とする。

- (1) 3.15      (2) 6.10      (3) 7.53      (4) 8.00      (5) 9.68

# H21 問17(a)

問17 温度 20.0 [°C] , 体積 0.370 [m<sup>3</sup>] の水の温度を 90.0 [°C] まで上昇させたい。次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、水の比熱(比熱容量)と密度はそれぞれ  $4.18 \times 10^3$  [J/(kg·K)] ,  $1.00 \times 10^3$  [kg/m<sup>3</sup>] とし、水の温度に関係なく一定とする。

(a) 電熱器容量 4.44 [kW] の電気温水器を使用する場合、これに必要な時間  $t$  [h] の値として、最も近いのは次のうちどれか。

ただし、貯湯槽を含む電気温水器の総合効率 は 90.0 [%] とする。

- (1) 3.15      (2) 6.10      (3) 7.53      (4) 8.00      (5) 9.68

**水の質量**

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ kg} \rightarrow 0.37 \text{ m}^3 = 370 \text{ kg}$$

**加熱に必要な熱エネルギーを求める**

$$\begin{aligned} Q &= cm(t_1 - t_0) = 4.18 \times 10^3 \times 370 \times (90 - 20) \\ &= 108262 \times 10^3 \text{ J} = 108000 \text{ kJ} \end{aligned}$$

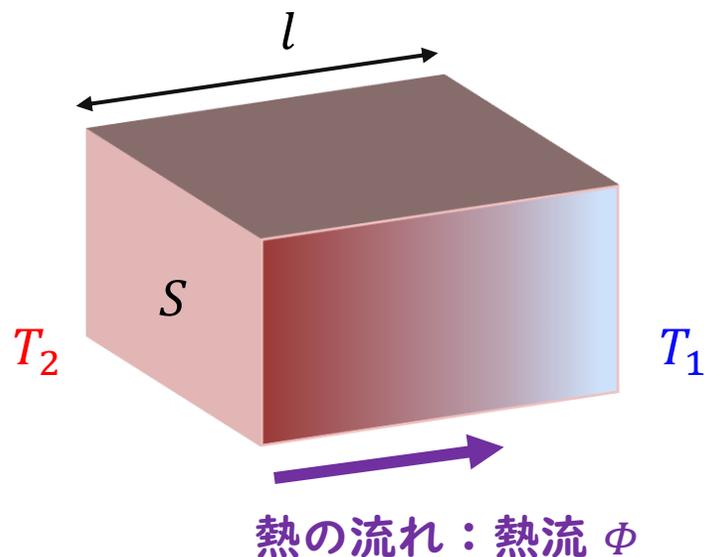
**電気温水器で加熱する場合に必要な時間を求める**

$$Q = \eta \times P \times \frac{60}{\text{分}} \times \frac{60}{\text{秒}} \times h$$

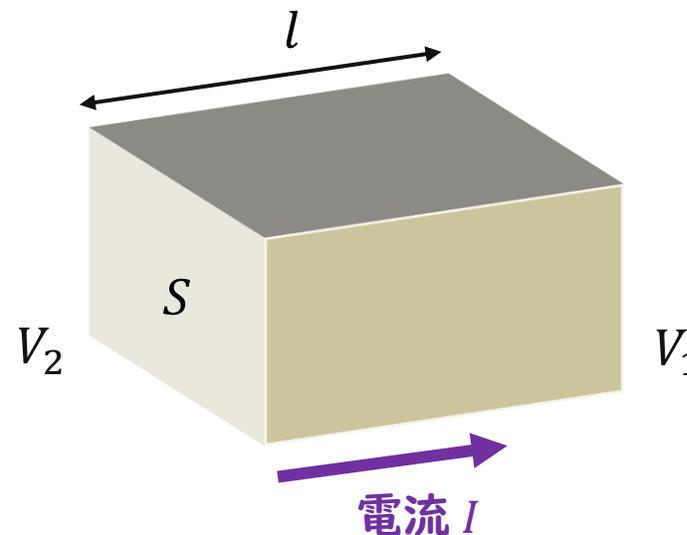
$$h = \frac{Q}{\eta \times P \times 60 \times 60} = \frac{108000}{0.9 \times 4.44 \times 3600} = 7.51 \text{ h}$$

# 熱の伝わり (熱伝導)

熱伝導：物質中の熱エネルギーの伝搬（物質の移動は含まず、固体中で生じる伝搬）



電気回路に例えると、オームの法則



$$V_2 - V_1 = \Delta V = RI$$

$$I = \frac{\Delta V}{R}$$

$\Delta V$ : 電位差 [V]  
 $I$ : 電流 [A] = [C/s]  
 $R$ : 抵抗 [ $\Omega$ ]

$$T_2 - T_1 = \Delta T = R_T \Phi \rightarrow \Phi = \frac{\Delta T}{R_T} \quad R_T = \frac{1}{\lambda} \frac{l}{S}$$

$\Delta T$ : 温度差 [K]  
 $\Phi$ : 熱流 [W] = [J/s]  
 $R_T$ : 熱抵抗 [K/W]

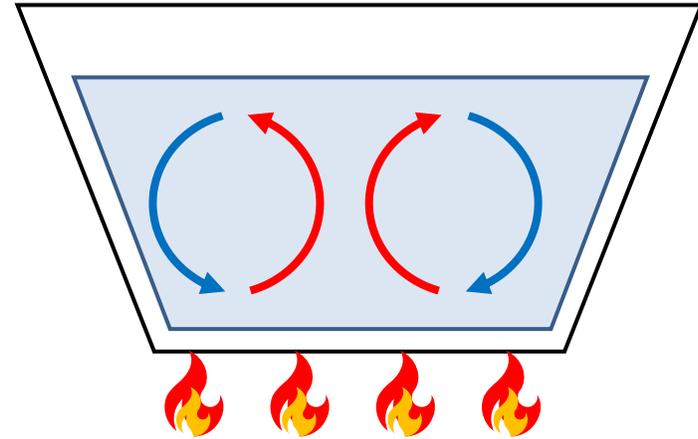
$\lambda$ : 熱伝導率 [W/(m·K)]  
 $l$ : 物質の長さ [m]  
 $S$ : 物質の断面積 [m<sup>2</sup>]

$$R = \rho \frac{l}{S} = \frac{1}{\sigma} \frac{l}{S}$$

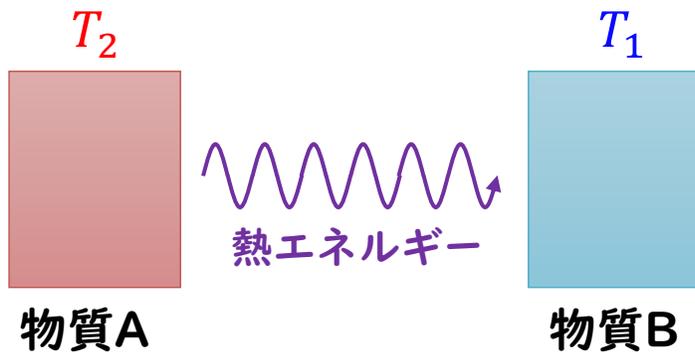
$\rho$ : 抵抗率 [ $\Omega \cdot m$ ]  
 $\sigma$ : 導電率 [S/m]  
 $l$ : 物質の長さ [m]  
 $S$ : 物質の断面積 [m<sup>2</sup>]

# 熱の伝わり (対流、放射)

対流：熱エネルギーが物質とともに移動する  
液体や気体などの流動による伝搬

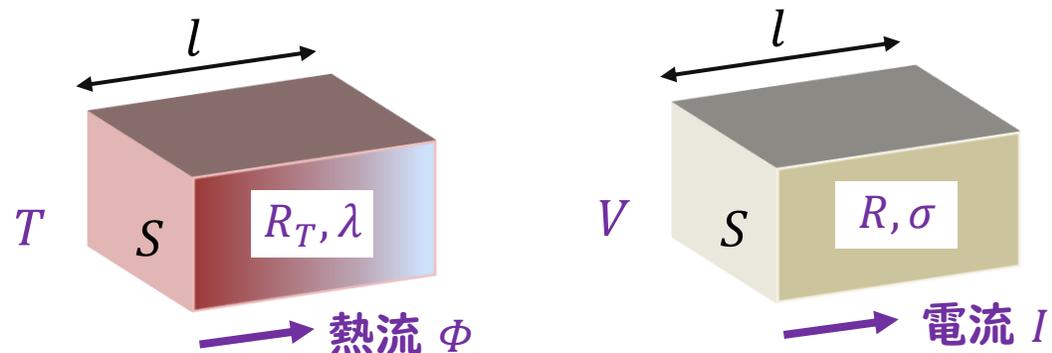


放射：電磁波の放射による熱エネルギーの伝搬  
物質間を熱エネルギーのみ移動する



ステファン・ボルツマンの法則  
物質が放射するエネルギーは**温度の4乗**に比例する

# 熱回路と電気回路 まとめ



熱回路		電気回路	
物理量	単位	物理量	単位
温度差 $T$	K	電位差 $V$	V
熱流 $\phi$	W	電流 $I$	A
熱抵抗 $R_T$	K/W	抵抗 $R$	$\Omega$
熱容量 $C$	J/K	静電容量 $C$	F
熱量 $Q$	J	電荷量 $Q$	C
熱伝導率 $\lambda$	W/(m·K)	導電率 $\sigma$	S/m

熱回路	電気回路
$Q = CT$ $Q = cmT$	$Q = CV$
$T = R_T \Phi$	$V = RI$
$R_T = \frac{1}{\lambda} \frac{l}{S}$	$R = \frac{1}{\sigma} \frac{l}{S}$

# R02 問13

問13 熱の伝導は電気の伝導によく似ている。下記は、電気系の量と熱系の量の対応表である。

電気系と熱系の対応表

電気系の量	熱系の量
電圧 $V$ [V]	(ア) [K]
電気量 $Q$ [C]	熱量 $Q$ [J]
電流 $I$ [A]	(イ) [W]
導電率 $\sigma$ [S/m]	熱伝導率 $\lambda$ [W/(m·K)]
電気抵抗 $R$ [ $\Omega$ ]	熱抵抗 $R_T$ (ウ)
静電容量 $C$ [F]	熱容量 $C$ (エ)

上記の記述中の空白箇所(ア)～(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	熱流 $\Phi$	温度差 $\theta$	[J/K]	[K/W]
(2)	温度差 $\theta$	熱流 $\Phi$	[K/W]	[J/K]
(3)	温度差 $\theta$	熱流 $\Phi$	[K/J]	[J/K]
(4)	熱流 $\Phi$	温度差 $\theta$	[J/K]	[J/W]
(5)	温度差 $\theta$	熱流 $\Phi$	[K/W]	[J/W]

# R02 問13

問13 熱の伝導は電気の伝導によく似ている。下記は、電気系の量と熱系の量の対応表である。

電気系と熱系の対応表

電気系の量	熱系の量	
電圧 $V$ [V]	<input type="text" value="(ア)"/> [K]	温度差 $\theta$
電気量 $Q$ [C]	熱量 $Q$ [J]	
電流 $I$ [A]	<input type="text" value="(イ)"/> [W]	熱流 $\phi$
導電率 $\sigma$ [S/m]	熱伝導率 $\lambda$ [W/(m·K)]	
電気抵抗 $R$ [ $\Omega$ ]	熱抵抗 $R_T$ <input type="text" value="(ウ)"/>	K/W
静電容量 $C$ [F]	熱容量 $C$ <input type="text" value="(エ)"/>	J/K

上記の記述中の空白箇所(ア)～(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	熱流 $\phi$	温度差 $\theta$	[J/K]	[K/W]
(2)	温度差 $\theta$	熱流 $\phi$	[K/W]	[J/K]
(3)	温度差 $\theta$	熱流 $\phi$	[K/J]	[J/K]
(4)	熱流 $\phi$	温度差 $\theta$	[J/K]	[J/W]
(5)	温度差 $\theta$	熱流 $\phi$	[K/W]	[J/W]

# R03 問17

問17 熱の伝わり方について、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a)  $\square$ (ア) は、熱媒体を必要とせず、真空中でも熱を伝達する。高温側で温度  $T_2$  [K]の面  $S_2$  [m<sup>2</sup>]と、低温側で温度  $T_1$  [K]の面  $S_1$  [m<sup>2</sup>]が向かい合う場合の熱流  $\Phi$  [W]は、 $S_2 F_{21} \sigma (\square$ (イ) $)$ で与えられる。  
 ただし、 $F_{21}$  は、 $\square$ (ウ)である。また、 $\sigma$  [W/(m<sup>2</sup>·K<sup>4</sup>)]は、 $\square$ (エ)定数である。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	熱伝導	$T_2^2 - T_1^2$	形状係数	プランク
(2)	熱放射	$T_2^2 - T_1^2$	形態係数	ステファン・ボルツマン
(3)	熱放射	$T_2^4 - T_1^4$	形態係数	ステファン・ボルツマン
(4)	熱伝導	$T_2^4 - T_1^4$	形状係数	プランク
(5)	熱伝導	$T_2^4 - T_1^4$	形状係数	ステファン・ボルツマン

(b) 下面温度が 350 K、上面温度が 270 K に保たれている直径 1 m、高さ 0.1 m の円柱がある。伝導によって円柱の高さ方向に流れる熱流  $\Phi$  の値[W]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、円柱の熱伝導率は 0.26 W/(m·K)とする。また、円柱側面からのその他の熱の伝達及び損失はないものとする。

- (1) 3                      (2) 39                      (3) 163                      (4) 653                      (5) 2420

# R03 問17

問17 熱の伝わり方について、次の(a)及び(b)の間に答えよ。

## 熱放射

(a) (ア) は、熱媒体を必要とせず、真空中でも熱を伝達する。高温側で温度  $T_2$  [K] の面  $S_2$  [m<sup>2</sup>] と、低温側で温度  $T_1$  [K] の面  $S_1$  [m<sup>2</sup>] が向かい合う場合の熱流  $\Phi$  [W] は、 $S_2 F_{21} \sigma \left( \frac{T_2^4 - T_1^4}{(イ)} \right)$  で与えられる。

ただし、 $F_{21}$  は、(ウ) である。また、 $\sigma$  [W/(m<sup>2</sup>·K<sup>4</sup>)] は、(エ) 定数である。  
形態係数 ステファン・ボルツマン

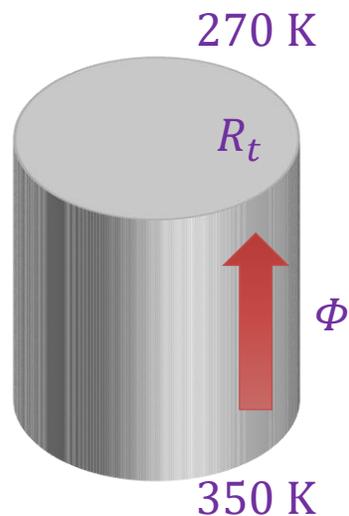
上記の記述中の空白箇所(ア)～(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	熱伝導	$T_2^2 - T_1^2$	形状係数	プランク
(2)	熱放射	$T_2^2 - T_1^2$	形態係数	ステファン・ボルツマン
<b>(3)</b>	熱放射	$T_2^4 - T_1^4$	形態係数	ステファン・ボルツマン
(4)	熱伝導	$T_2^4 - T_1^4$	形状係数	プランク
(5)	熱伝導	$T_2^4 - T_1^4$	形状係数	ステファン・ボルツマン

(b) 下面温度が 350 K、上面温度が 270 K に保たれている直径 1 m、高さ 0.1 m の円柱がある。伝導によって円柱の高さ方向に流れる熱流  $\Phi$  の値[W]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、円柱の熱伝導率は 0.26 W/(m·K) とする。また、円柱側面からのその他の熱の伝達及び損失はないものとする。

- (1) 3      (2) 39      **(3) 163**      (4) 653      (5) 2420



熱抵抗を求める

$$R_T = \frac{1}{\lambda S} = \frac{1}{0.26} \times \frac{0.1}{0.5^2 \times \pi} = 0.49 \text{ W/K}$$

熱流を求める

$$\Phi = \frac{\Delta T}{R_T} = \frac{350 - 270}{0.49} = 163 \text{ W}$$

# H25 問17

問17 伝熱に関する次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) 直径 1 [m]、高さ 0.5 [m] の円柱がある。円柱の下面温度が 600 [K]、上面温度が 330 [K] に保たれているとき、伝導によって円柱の高さ方向に流れる熱流 [W] の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、円柱の熱伝導率は 0.26 [W/(m・K)] とする。また、円柱側面からの放射及び対流による熱損失はないものとする。

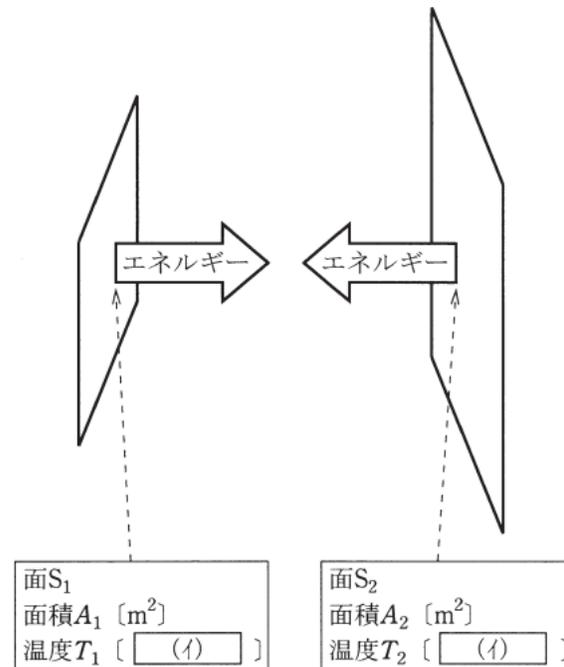
- (1) 45      (2) 110      (3) 441      (4) 661      (5) 1630

(b) 次の文章は、放射伝熱に関する記述である。

すべての物体はその物体の温度に応じた強さのエネルギーを  として放出している。その量は物体表面の温度と放射率とから求めることができる。

いま、図に示すように、面積  $A_1$  [m<sup>2</sup>]、温度  $T_1$  [  ] の面  $S_1$  と、面積  $A_2$  [m<sup>2</sup>]、温度  $T_2$  [  ] の面  $S_2$  とが向き合っている。両面の温度に  $T_1 > T_2$  の関係があるとき、エネルギーは面  $S_1$  から面  $S_2$  に放射によって伝わる。そのエネルギー流量(1秒当たりに面  $S_1$  から面  $S_2$  に伝わるエネルギー)  $\Phi$  [W] は  $\Phi = \varepsilon \sigma A_1 F_{12} \times$   で与えられる。

ここで、 $\varepsilon$  は放射率、 $\sigma$  は 、及び  $F_{12}$  は形態係数である。ただし、 $\varepsilon$  に波長依存性はなく、両面において等しいとする。また、 $F_{12}$  は面  $S_1$ 、面  $S_2$  の大きさ、形状、相対位置などの幾何学的な関係で決まる値である。



上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	電磁波	K	$(T_1 - T_2)$	プランク定数
(2)	熱	K	$(T_1^4 - T_2^4)$	ステファン・ボルツマン定数
(3)	電磁波	K	$(T_1^4 - T_2^4)$	ステファン・ボルツマン定数
(4)	熱	°C	$(T_1 - T_2)$	ステファン・ボルツマン定数
(5)	電磁波	°C	$(T_1^4 - T_2^4)$	プランク定数

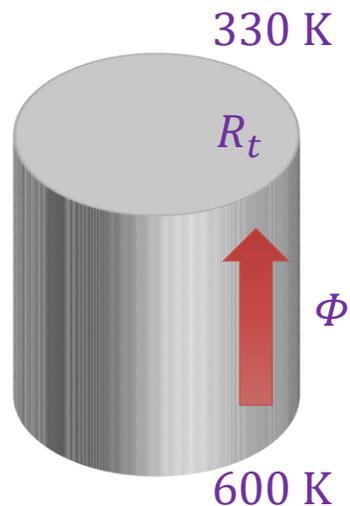
# H25 問17

問17 伝熱に関する次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) 直径1[m]、高さ0.5[m]の円柱がある。円柱の下面温度が600[K]、上面温度が330[K]に保たれているとき、伝導によって円柱の高さ方向に流れる熱流[W]の値として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、円柱の熱伝導率は0.26[W/(m・K)]とする。また、円柱側面からの放射及び対流による熱損失はないものとする。

- (1) 45    (2) 110    (3) 441    (4) 661    (5) 1630



熱抵抗を求める

$$R_T = \frac{1}{\lambda S} = \frac{1}{0.26} \times \frac{0.5}{0.5^2 \times \pi} = 2.45 \text{ W/K}$$

熱流を求める

$$\Phi = \frac{\Delta T}{R_T} = \frac{600 - 330}{2.45} = 110 \text{ W}$$

# H25 問17

(b) 次の文章は、放射伝熱に関する記述である。

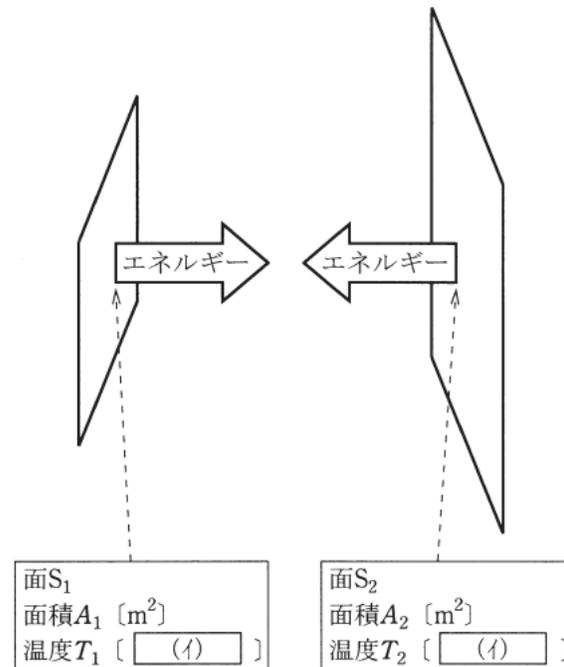
**電磁波**

すべての物体はその物体の温度に応じた強さのエネルギーを (ア) として放出している。その量は物体表面の温度と放射率とから求めることができる。

いま、図に示すように、面積  $A_1$  [m<sup>2</sup>]、温度  $T_1$  [ (イ) ] の面  $S_1$  と、面積  $A_2$  [m<sup>2</sup>]、温度  $T_2$  [ (イ) ] の面  $S_2$  とが向き合っている。両面の温度に  $T_1 > T_2$  の関係があるとき、エネルギーは面  $S_1$  から面  $S_2$  に放射によって伝わる。そのエネルギー流量(1秒あたりに面  $S_1$  から面  $S_2$  に伝わるエネルギー)  $\Phi$  [W] は  $\Phi = \varepsilon\sigma A_1 F_{12} \times$  (ウ)  $T_2^4 - T_1^4$  で与えられる。

ここで、 $\varepsilon$ は放射率、 $\sigma$ は (エ)  $T_2^4 - T_1^4$  及び  $F_{12}$  は形態係数である。ただし、 $\varepsilon$ に波長依存性はなく、両面において等しいとする。また、 $F_{12}$ は面  $S_1$ 、面  $S_2$  の大きさ、形状、相対位置などの幾何学的な関係で決まる値である。

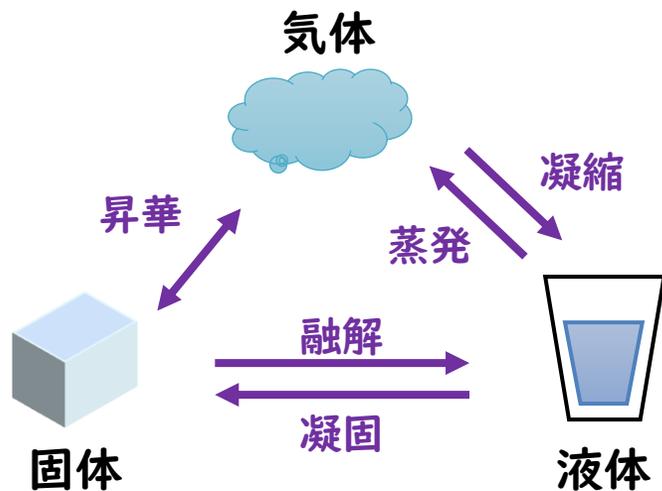
**ステファン・ボルツマン**



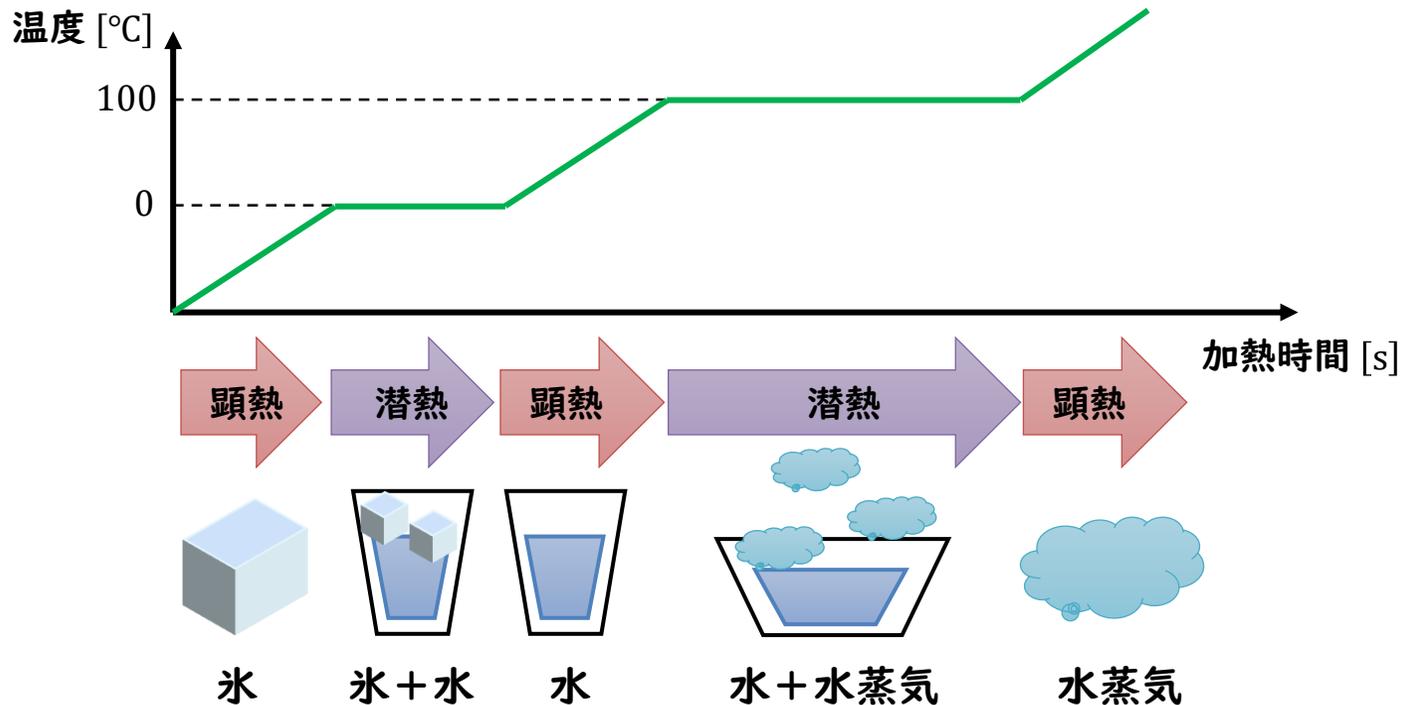
上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	電磁波	K	$(T_1 - T_2)$	プランク定数
(2)	熱	K	$(T_1^4 - T_2^4)$	ステファン・ボルツマン定数
(3)	電磁波	K	$(T_1^4 - T_2^4)$	ステファン・ボルツマン定数
(4)	熱	°C	$(T_1 - T_2)$	ステファン・ボルツマン定数
(5)	電磁波	°C	$(T_1^4 - T_2^4)$	プランク定数

# 物質の状態変化と熱の関係



水の状態変化と温度の関係



**顕熱**：物質の温度変化に必要なエネルギー

$$Q = cmT$$

$T$ : 温度差 [K]

$Q$ : 熱量 [J]

$c$ : 比熱 [kJ]/(kg · K)

$m$ : 物質の質量 [kg]

**潜熱**：物体の状態変化の際に必要なエネルギー

$$Q = \beta m$$

$Q$ : 熱量 [J]

$\beta$ : 物質の潜熱 [kJ]/(kg)

$m$ : 物質の質量 [kg]

<エネルギーの公式>

$$W [J] = P [W] \times t [s] = 3600 \times P \times h [W \cdot h] = cmT + \beta m$$

# H15 問11

---

電気炉により、質量500 kgの鋳鋼を過熱し、時間20分で完全に溶解させるに必要な電力[kW]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

ただし、鋳鋼の加熱前の温度は15°C、溶解の潜熱は314 kJ/kg、比熱は0.67 kJ/(kg·K)及び融点は1535°Cであり、電気炉の効率は80%とする。

- (1) 444    (2) 530    (3) 555    (4) 694    (5) 2900

# H15 問11

電気炉により、質量500 kgの鋳鋼を過熱し、時間20分で完全に溶解させるに必要な電力[kW]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

ただし、鋳鋼の加熱前の温度は15°C、溶解の潜熱は314 kJ/kg、比熱は0.67 kJ/(kg・K)及び融点は1535°Cであり、電気炉の効率は80%とする。

- (1) 444    (2) 530    (3) 555    (4) 694    (5) 2900

## <エネルギーの公式>

$$W[\text{J}] = P[\text{W}] \times t[\text{s}] = 3600 \times P \times h[\text{W} \cdot \text{h}] = cmT + \beta m$$

**顕熱：物質の温度変化に必要なエネルギー**

**潜熱：物体の状態変化の際に必要なエネルギー**

$$Q = cmT$$

$T$ : 温度差 [K]

$Q$ : 熱量 [J]

$c$ : 比熱 [kJ/(kg・K)]

$m$ : 物質の質量 [kg]

$$Q = \beta m$$

$Q$ : 熱量 [J]

$\beta$ : 物質の潜熱 [kJ/(kg)]

$m$ : 物質の質量 [kg]

# H15 問11

電気炉により、質量500 kgの鋳鋼を過熱し、時間20分で完全に溶解させるに必要な電力[kW]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

ただし、鋳鋼の加熱前の温度は15°C、溶解の潜熱は314 kJ/kg、比熱は0.67 kJ/(kg・K)及び融点は1535°Cであり、電気炉の効率は80%とする。

- (1) 444    (2) 530    (3) 555    (4) 694    (5) 2900

$$P \times 20 \times 60 \times 0.8 = cmT + \beta m$$

$$= 0.67 \times 500 \times (1535 - 15) + 314 \times 500$$

$$P = \frac{0.67 \times 500 \times (1535 - 15) + 314 \times 500}{20 \times 60 \times 0.8}$$

$$P = 694 \text{ kW}$$

## <エネルギーの公式>

$$W[\text{J}] = P[\text{W}] \times t[\text{s}] = 3600 \times P \times h[\text{W} \cdot \text{h}] = cmT + \beta m$$

**顕熱：物質の温度変化に必要なエネルギー**

**潜熱：物体の状態変化の際に必要なエネルギー**

$$Q = cmT$$

$T$ : 温度差 [K]

$Q$ : 熱量 [J]

$c$ : 比熱 [kJ]/(kg・K)

$m$ : 物質の質量 [kg]

$$Q = \beta m$$

$Q$ : 熱量 [J]

$\beta$ : 物質の潜熱 [kJ]/(kg)

$m$ : 物質の質量 [kg]

# H17 問17

20°Cにおいて含水量70 kgを含んだ木材100 kgがある。これを100°Cに設定した乾燥器によって含水量が5kgとなるまで乾燥したい。次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、木材の換算乾燥状態での比熱を $1.25 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 、水の比熱と蒸発潜熱をそれぞれ $4.19 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 、 $2.26 \times 10^3 \text{ kJ}/\text{kg}$ とする。

(a) この乾燥に要する全熱量[kJ]の値として、最も近いものは次のうちどれか。

- (1)  $14.3 \times 10^3$       (2)  $23.0 \times 10^3$       (3)  $147 \times 10^3$   
(4)  $161 \times 10^3$       (5)  $173 \times 10^3$

(b) 乾燥器の容量（消費電力）を22kW、総合効率を55%とするとき、乾燥に要する時間[h]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 1.2      (2) 4.0      (3) 5.0      (4) 14.0      (5) 17.0

# H17 問17

20°Cにおいて含水量70 kgを含んだ木材100 kgがある。これを100°Cに設定した乾燥器によって含水量が5kgとなるまで乾燥したい。次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、木材の換算乾燥状態での比熱を1.25 kJ/(kg・K)、水の比熱と蒸発潜熱をそれぞれ4.19 kJ/(kg・K)、 $2.26 \times 10^3$  kJ/kgとする。

(a) この乾燥に要する全熱量[kJ]の値として、最も近いものは次のうちどれか。

- (1)  $14.3 \times 10^3$       (2)  $23.0 \times 10^3$       (3)  $147 \times 10^3$   
(4)  $161 \times 10^3$       (5)  $173 \times 10^3$

(b) 乾燥器の容量（消費電力）を22kW、総合効率を55%とするとき、乾燥に要する時間[h]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 1.2      (2) 4.0      (3) 5.0      (4) 14.0      (5) 17.0

<エネルギーの公式>

$$W[\text{J}] = P[\text{W}] \times t[\text{s}] = 3600 \times P \times h[\text{W} \cdot \text{h}] = cmT + \beta m$$

# H17 問17

20°Cにおいて含水量70 kgを含んだ木材100 kgがある。これを100°Cに設定した乾燥器によって含水量が5kgとなるまで乾燥したい。次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、木材の換算乾燥状態での比熱を1.25 kJ/(kg・K)、水の比熱と蒸発潜熱をそれぞれ4.19 kJ/(kg・K)、 $2.26 \times 10^3$  kJ/kgとする。

(a) この乾燥に要する全熱量[kJ]の値として、最も近いものは次のうちどれか。

- (1)  $14.3 \times 10^3$       (2)  $23.0 \times 10^3$       (3)  $147 \times 10^3$   
 (4)  $161 \times 10^3$       (5)  $173 \times 10^3$

(b) 乾燥器の容量（消費電力）を22kW、総合効率を55%とするとき、乾燥に要する時間[h]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 1.2      (2) 4.0      (3) 5.0      (4) 14.0      (5) 17.0

## <エネルギーの公式>

$$W[J] = P[W] \times t[s] = 3600 \times P \times h[W \cdot h] = cmT + \beta m$$

$$W = cmT + \beta m$$

$$= \underbrace{1.25 \times 30 \times (100 - 20)}_{\text{30kgの木材を加熱}} + \underbrace{4.19 \times 70 \times (100 - 20)}_{\text{70kgの水を加熱}} + \underbrace{2.26 \times 10^3 \times 65}_{\text{65kgの水を蒸発}}$$

$$W = 173364 \text{ kJ} = 173 \times 10^3 \text{ kJ}$$

$$\eta W_{in} = W$$

$$W_{in} = W \times \frac{1}{\eta} = P \times 3600 \times h \rightarrow h = \frac{W}{3600P\eta}$$

$$h = \frac{173 \times 10^3}{3600 \times 22 \times 0.55} = 3.97 \text{ h}$$

# H17 問17

20°Cにおいて含水量70 kgを含んだ木材100 kgがある。これを100°Cに設定した乾燥器によって含水量が5kgとなるまで乾燥したい。次の(a)及び(b)に答えよ。

ただし、木材の換算乾燥状態での比熱を $1.25 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 、水の比熱と蒸発潜熱をそれぞれ $4.19 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 、 $2.26 \times 10^3 \text{ kJ}/\text{kg}$ とする。

(a) この乾燥に要する全熱量[kJ]の値として、最も近いものは次のうちどれか。

- (1)  $14.3 \times 10^3$       (2)  $23.0 \times 10^3$       (3)  $147 \times 10^3$   
(4)  $161 \times 10^3$       (5)  $173 \times 10^3$

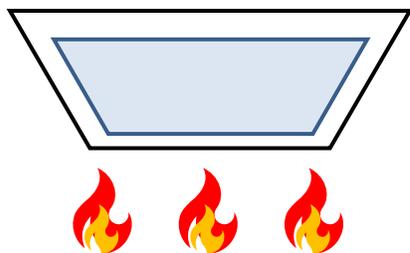
(b) 乾燥器の容量（消費電力）を22kW、総合効率を55%とするとき、乾燥に要する時間[h]の値として、最も近いのは次のうちどれか。

- (1) 1.2      (2) 4.0      (3) 5.0      (4) 14.0      (5) 17.0

# ヒートポンプ (1/7)

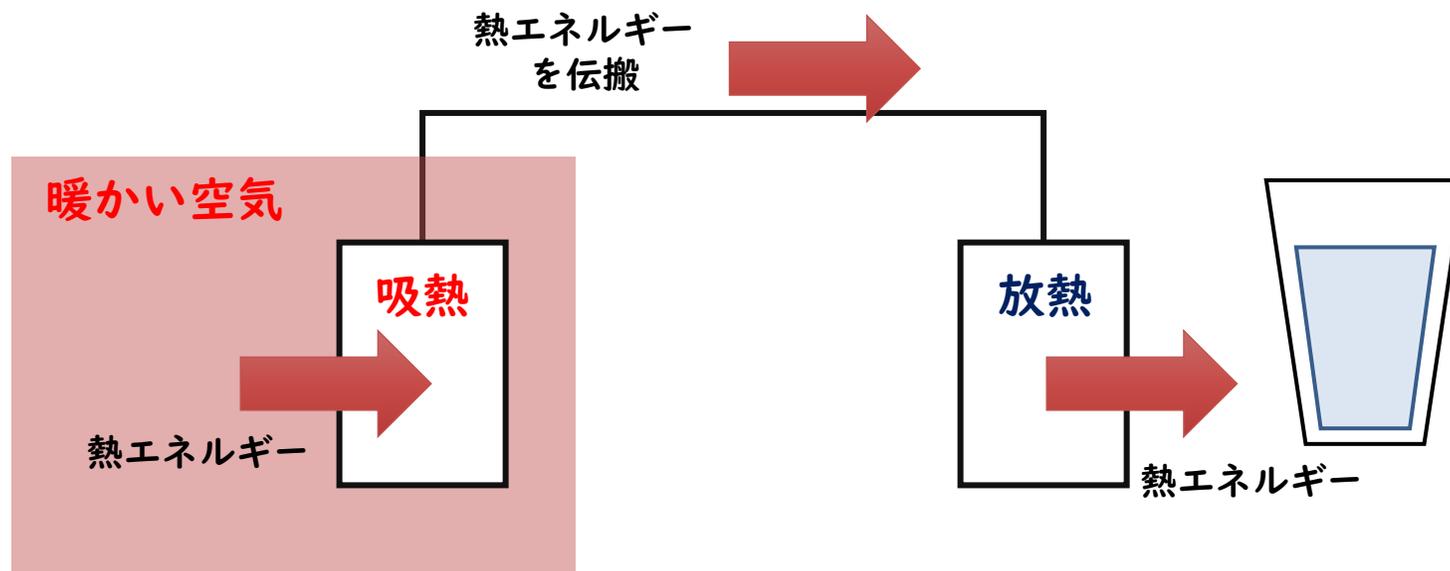
## <一般的な加熱>

被加熱物に高温の物質を近づけ、熱エネルギーを伝搬する



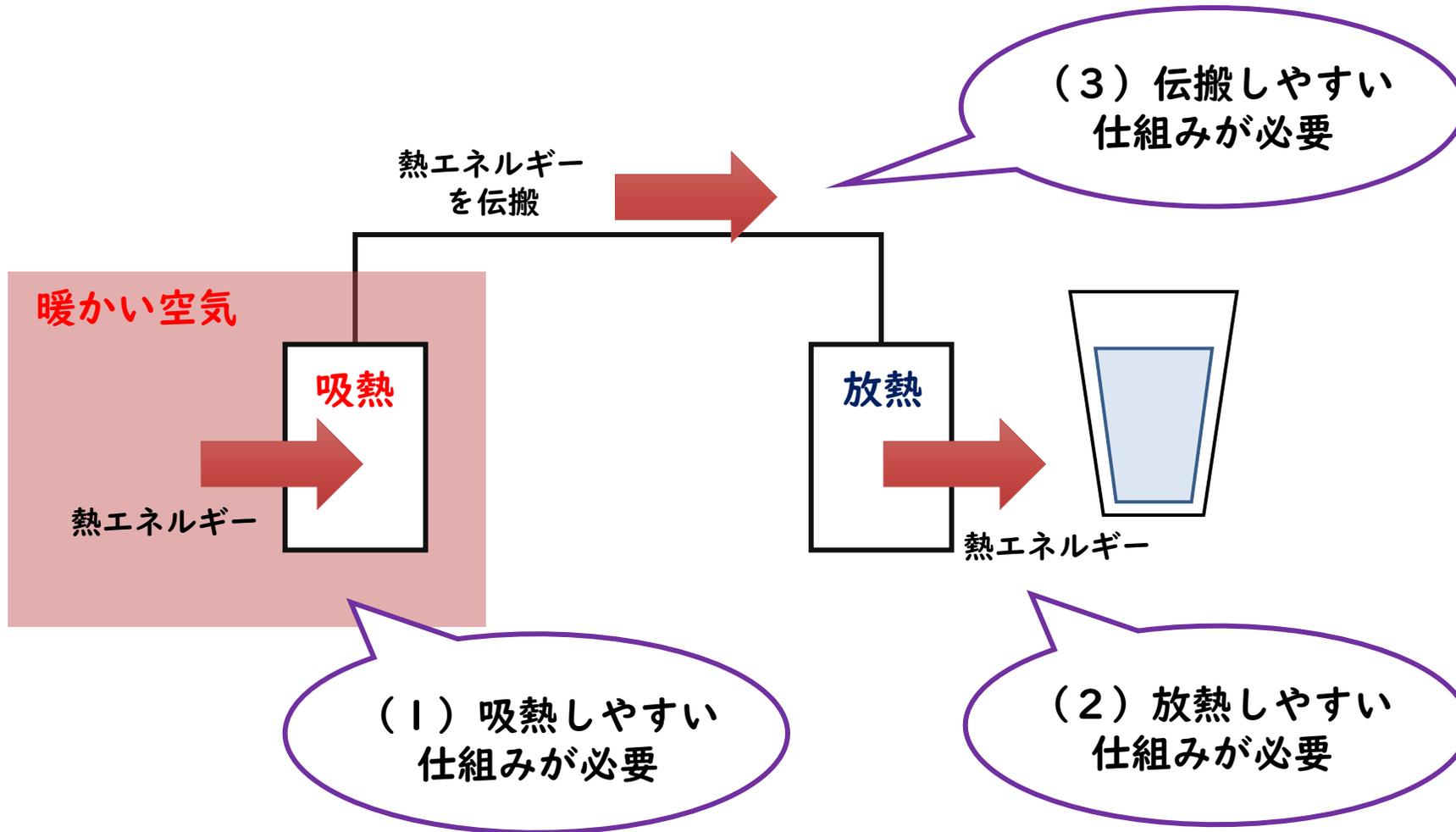
## <ヒートポンプ>

暖かい空気（外気など）から熱エネルギーを吸熱し、そのエネルギーを使って被加熱物を加熱する



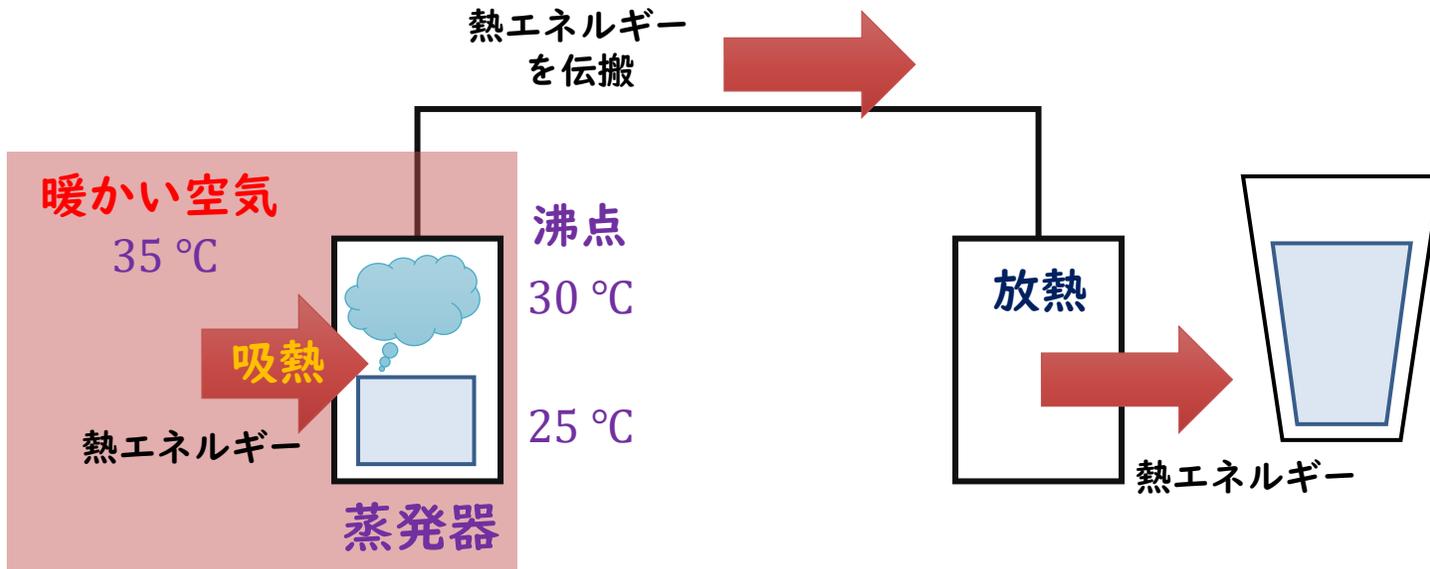
# ヒートポンプ (2/7)

ヒートポンプを実現するためにはいくつか工夫が必要



# ヒートポンプ (3/7)

## (1) 吸熱しやすい仕組み



暖かい空気 : 35 °C  
 液体の温度 : 30 °C  
 液体の沸点 : 25 °C

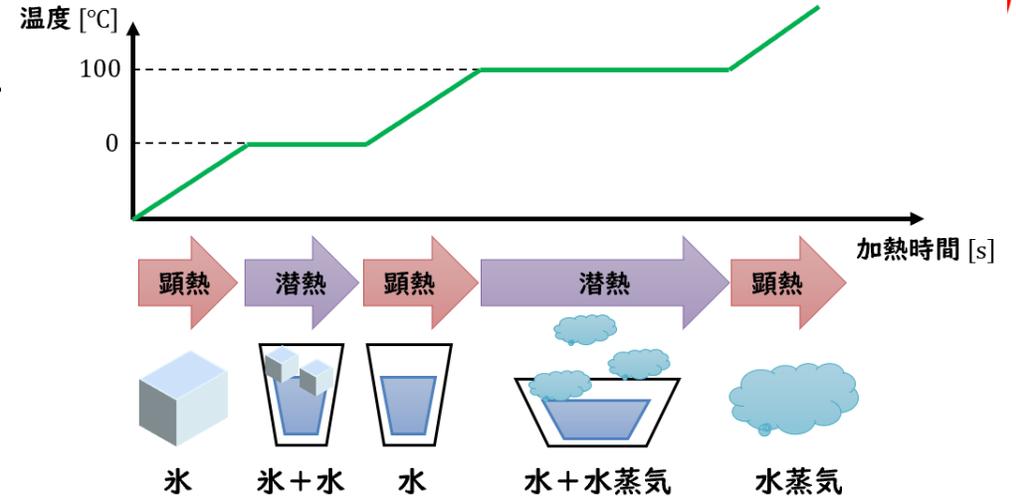
温度が高いほうから低いほうに熱は移動するので  
 以下のエネルギーを液体は吸熱する

$$Q = \underline{cm\Delta T} + \underline{\beta m}$$

空気と液体の温度差

液体→気体になる  
 気化熱 (潜熱)

## 水の状態変化と温度の関係



**顕熱** : 物質の温度変化に必要なエネルギー

$$Q = cmT$$

$T$ : 温度差 [K]

$Q$ : 熱量 [J]

$c$ : 比熱 [kJ]/(kg · K)

$m$ : 物質の質量 [kg]

**潜熱** : 物体の状態変化の際に必要なエネルギー

$$Q = \beta m$$

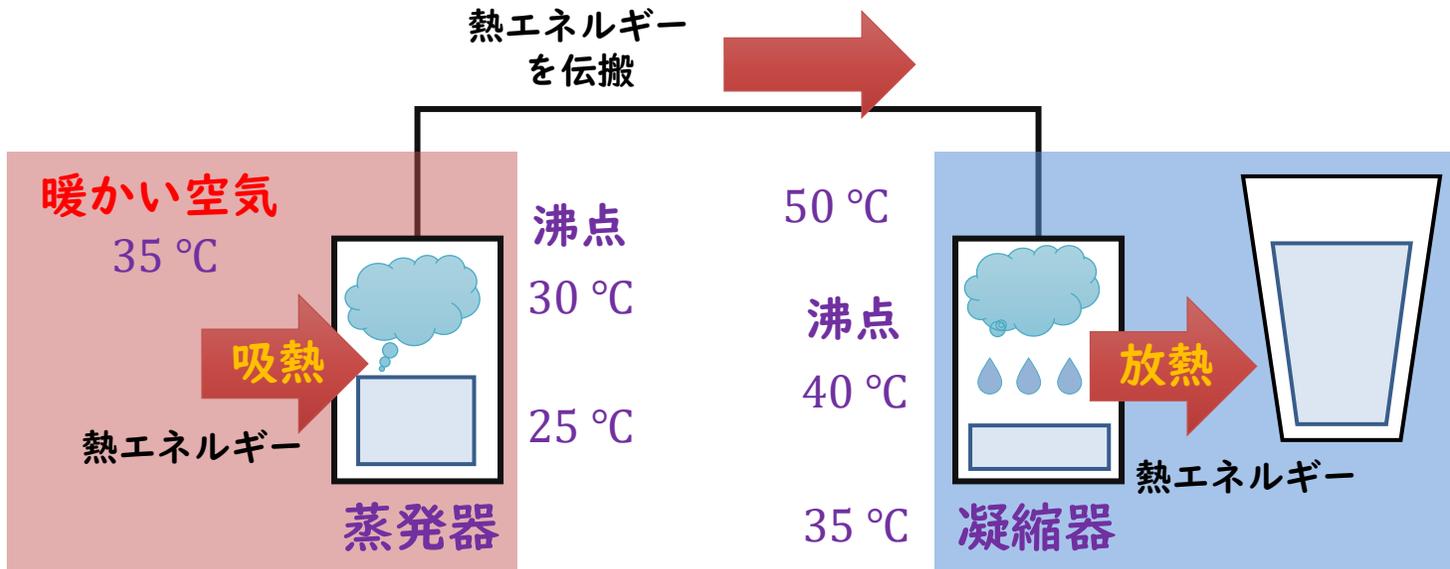
$Q$ : 熱量 [J]

$\beta$ : 物質の潜熱 [kJ]/(kg)

$m$ : 物質の質量 [kg]

# ヒートポンプ (4/7)

## (2) 放熱しやすい仕組み



被加熱体の温度：35 °C  
 気体の温度：50 °C  
 気体の沸点：40 °C

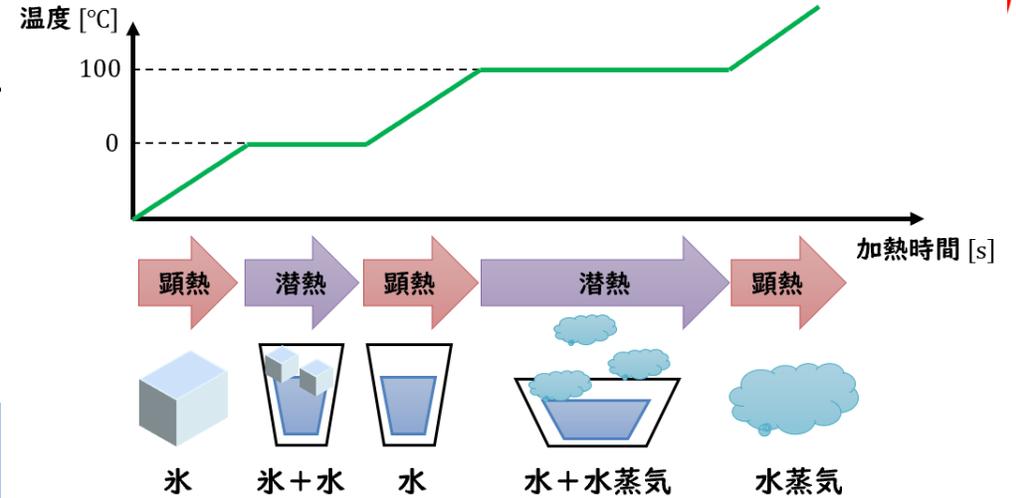
温度が高いほうから低いほうに熱は移動するので  
 以下のエネルギーを気体から放熱される

$$Q = cm\Delta T + \beta m$$

気体と被加熱の温度差

気体→液体になる  
 凝縮熱 (潜熱)

水の状態変化と温度の関係



**顕熱**：物質の温度変化に必要なエネルギー

$$Q = cmT$$

$T$ : 温度差 [K]

$Q$ : 熱量 [J]

$c$ : 比熱 [kJ]/(kg · K)

$m$ : 物質の質量 [kg]

**潜熱**：物体の状態変化の際に必要なエネルギー

$$Q = \beta m$$

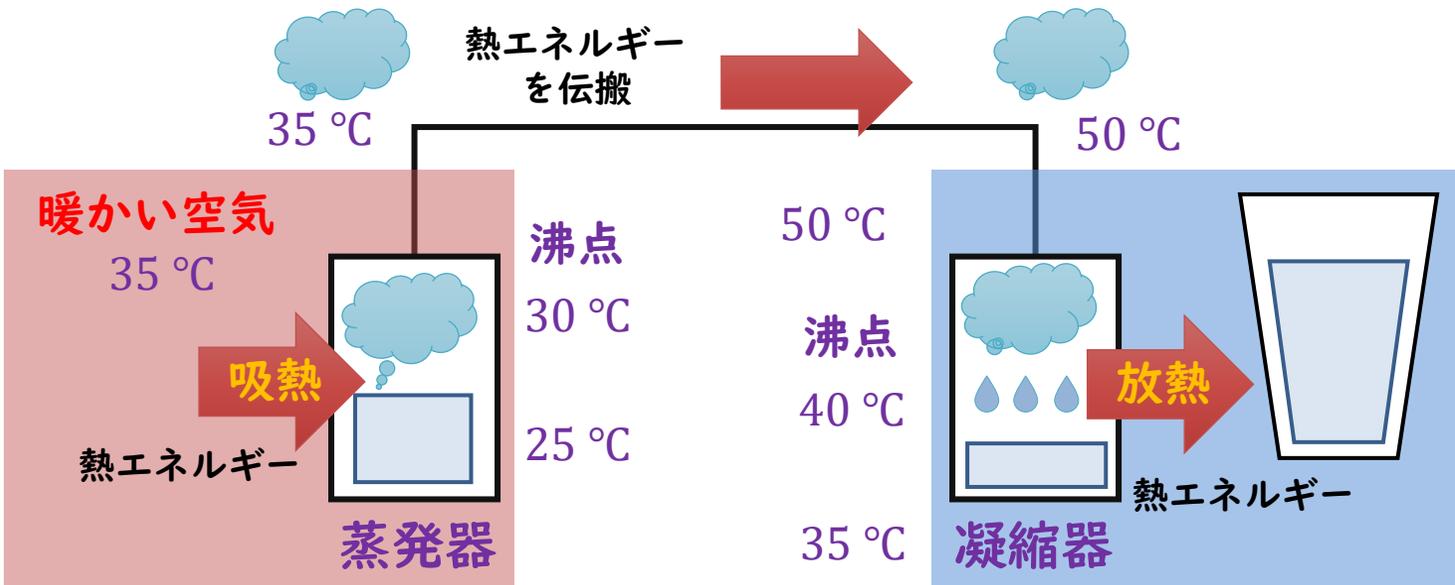
$Q$ : 熱量 [J]

$\beta$ : 物質の潜熱 [kJ]/(kg)

$m$ : 物質の質量 [kg]

# ヒートポンプ (5/7)

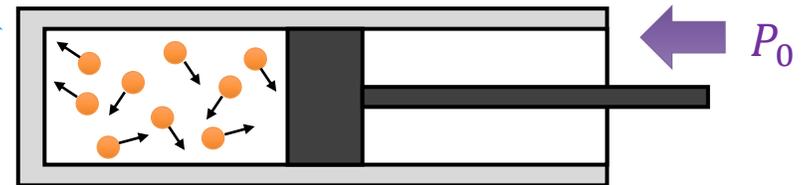
## (3) 伝搬しやすい仕組み



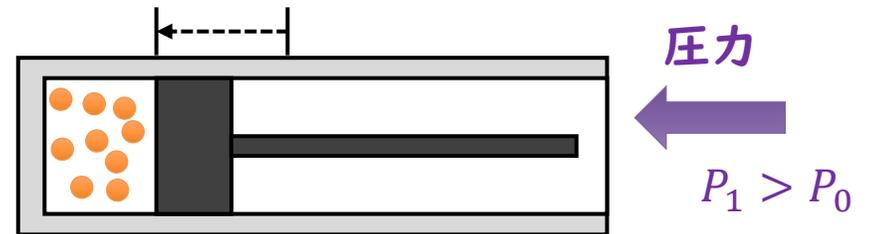
35 °Cの気体の温度を50 °Cに変えるために  
→ 気体に**圧力を加えると温度が上がる!**

空間中の分子の衝突の頻度が温度となる

温度  $T_0$

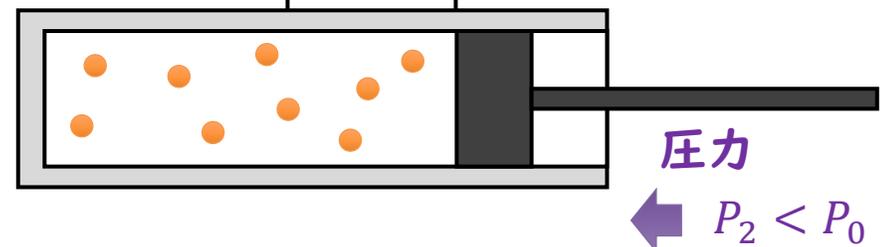


温度  $T_1 > T_0$



圧力を加えると分子の衝突の頻度があがるため、温度が上がる (圧縮→加熱)

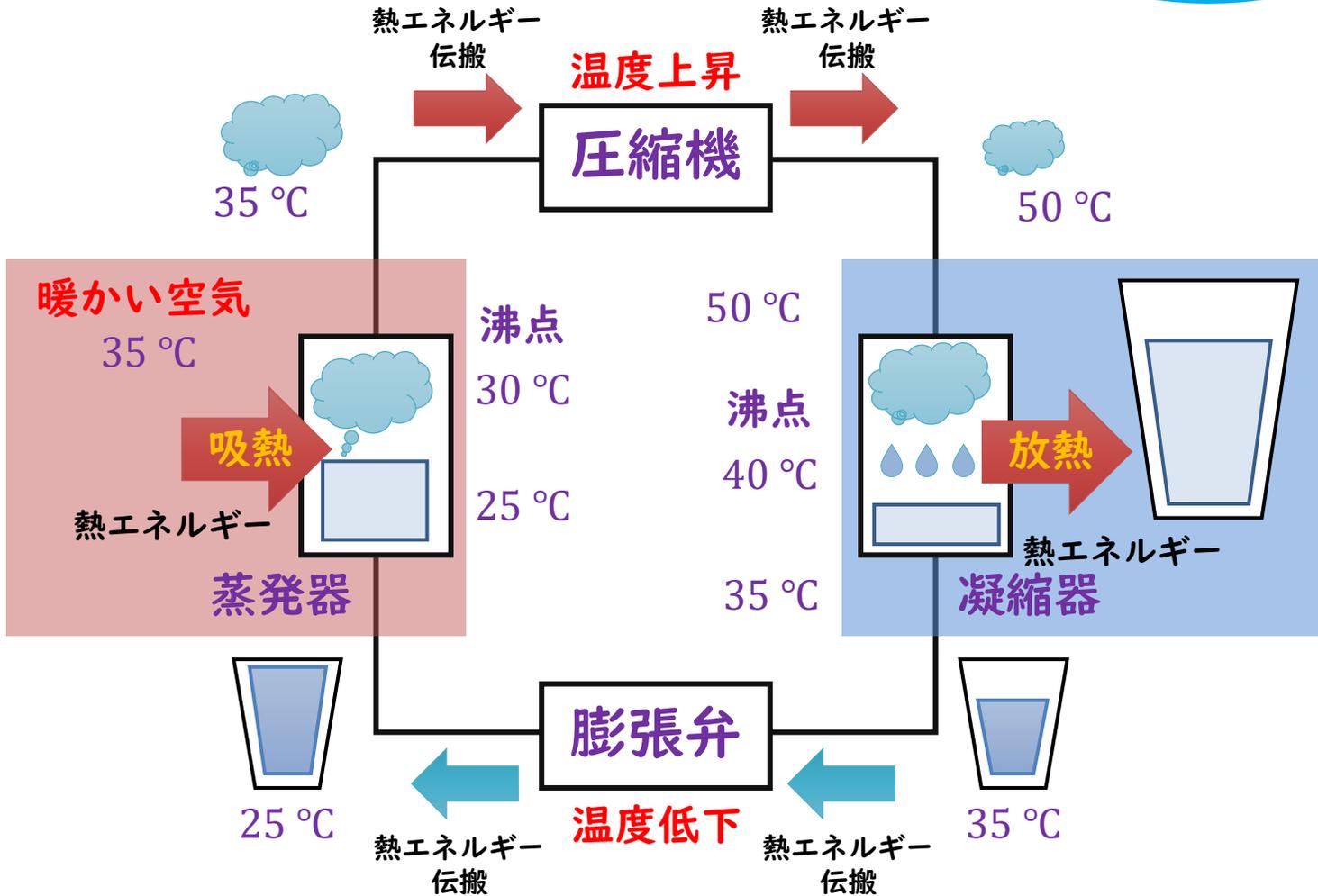
温度  $T_2 < T_0$



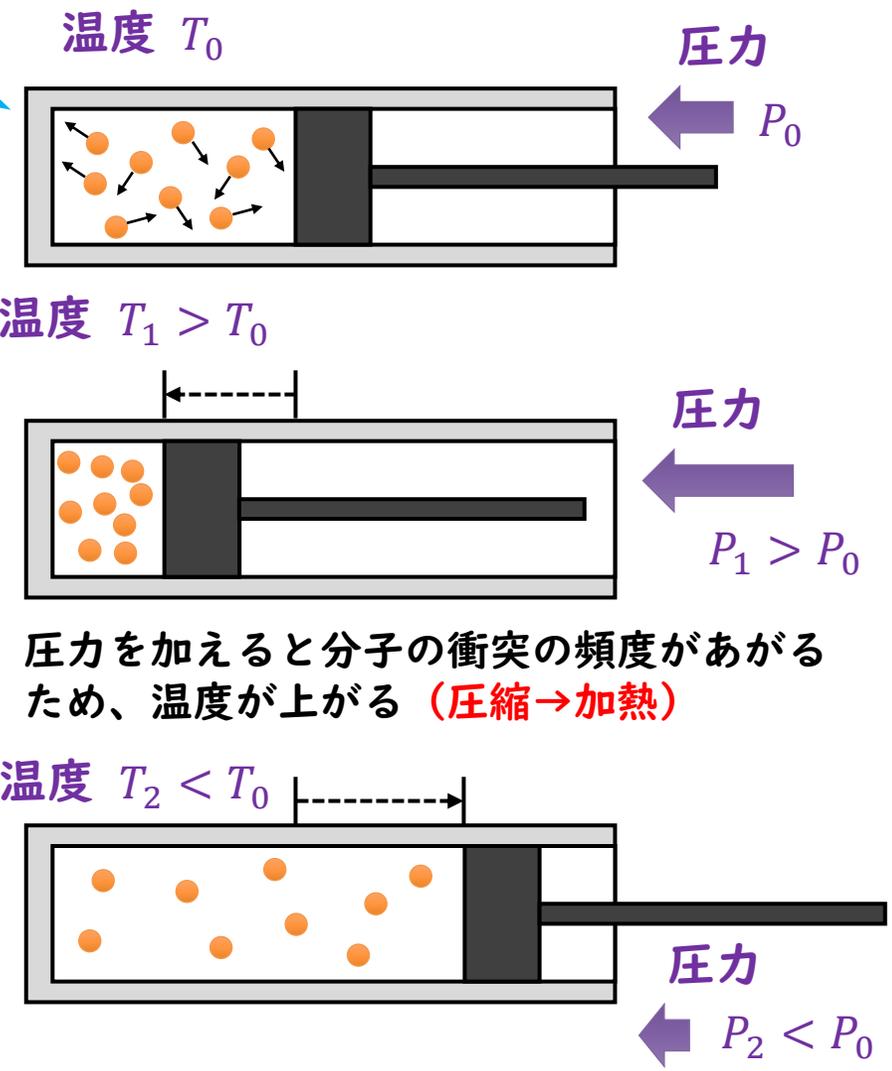
圧力を下げると分子の衝突の頻度が下がるため、温度が下がる (膨張→冷却)

# ヒートポンプ (6/7)

## (3) 伝搬しやすい仕組み

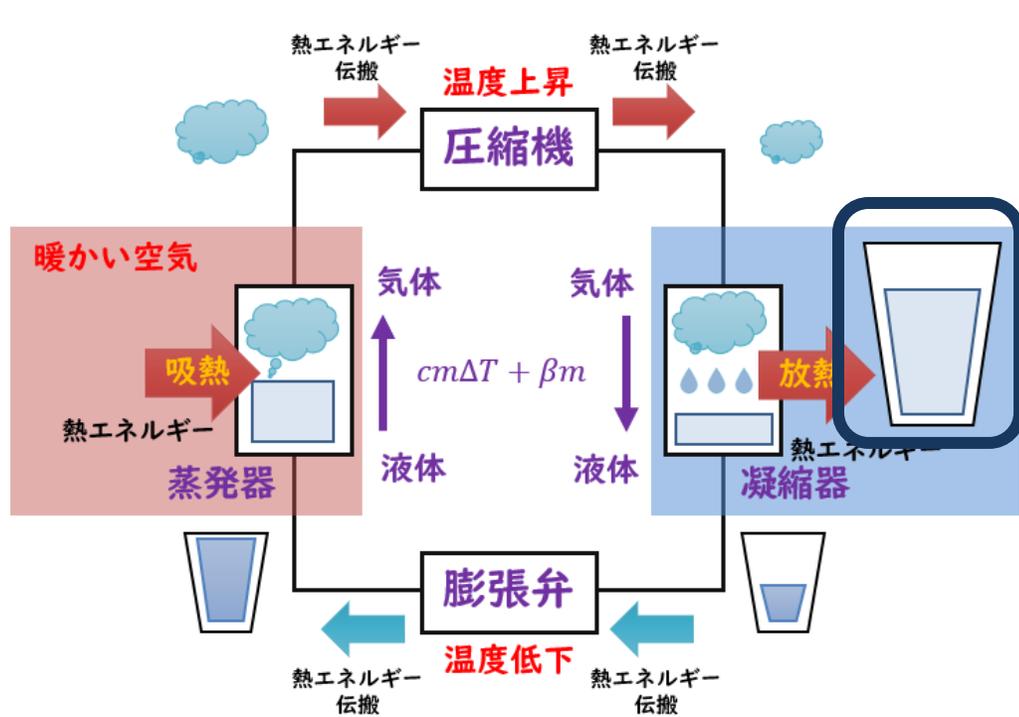


空間中の分子の衝突の頻度が温度となる

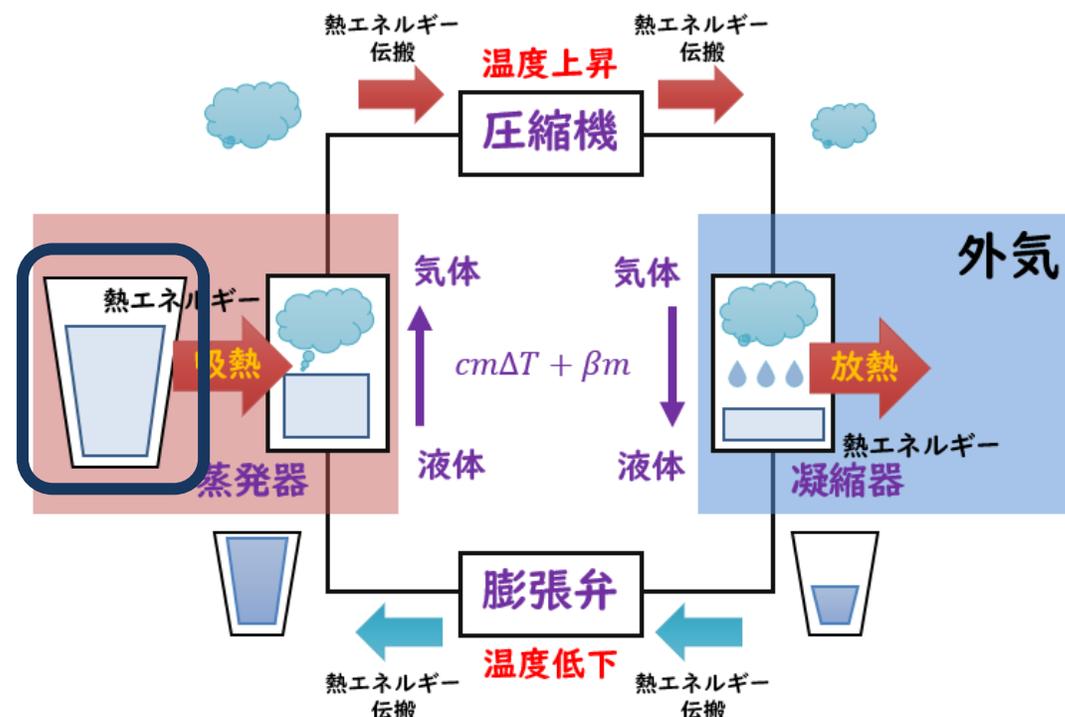


# ヒートポンプ (7/7)

- 被加熱体を放熱側に配置すると、被加熱体は加熱される
- 被加熱体を吸熱側に配置すると、被加熱体は冷却される



被加熱体を吸熱側に配置



被加熱体を放熱側に配置

# H23 問12

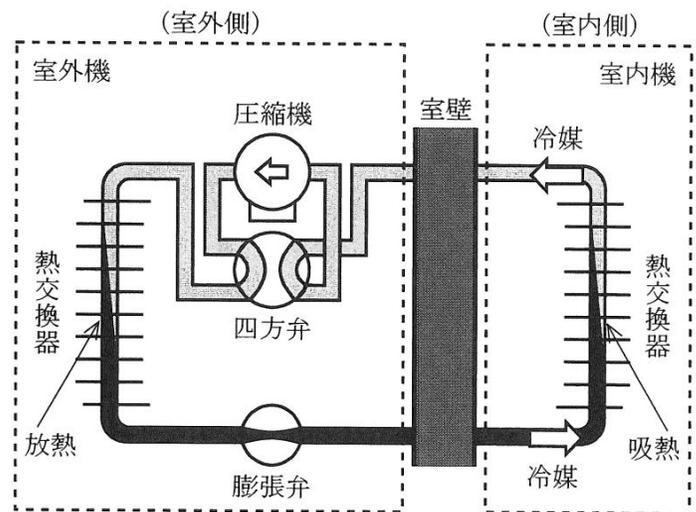
問12 次の文章は、ヒートポンプに関する記述である。

ヒートポンプはエアコンや冷蔵庫、給湯器などに広く使われている。図はエアコン(冷房時)の動作概念図である。□(ア) 温の冷媒は圧縮機に吸引され、室内機にある熱交換器において、室内の熱を吸収しながら □(イ) する。次に、冷媒は圧縮機で圧縮されて □(ウ) 温になり、室外機にある熱交換器において、外気へ熱を放出しながら □(エ) する。その後、膨張弁を通過して □(ア) 温となり、再び室内機に送られる。

暖房時には、室外機の四方弁が切り替わって、冷媒の流れる方向が逆になり、室外機で吸収された外気の熱が室内機から室内に放出される。ヒートポンプの効率(成績係数)は、熱交換器で吸収した熱量を  $Q$  [J]、ヒートポンプの消費電力量を  $W$  [J] とし、熱損失などを無視すると、冷房時は  $\frac{Q}{W}$ 、暖房時は  $1 + \frac{Q}{W}$  で与えられる。これらの値は外気温度によって変化 □(オ)。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	低	気化	高	液化	しない
(2)	高	液化	低	気化	しない
(3)	低	液化	高	気化	する
(4)	高	気化	低	液化	する
(5)	低	気化	高	液化	する

# H23 問12

問12 次の文章は、ヒートポンプに関する記述である。

ヒートポンプはエアコンや冷蔵庫、給湯器などに広く使われている。図はエアコン(冷房時)の動作概念図である。□(ア)低 温の冷媒は圧縮機に吸引され、室内機にある熱交換器において、室内の熱を吸収しながら □(イ)気化 する。次に、冷媒は圧縮機で圧縮されて □(ウ)高 温になり、室外機にある熱交換器において、外気へ熱を放出しながら □(エ) 液化 する。その後、膨張弁を通して □(オ)低 温となり、再び室内機に送られる。

暖房時には、室外機の四方弁が切り替わって、冷媒の流れる方向が逆になり、室外機で吸収された外気の熱が室内機から室内に放出される。ヒートポンプの効率(成績係数)は、熱交換器で吸収した熱量を  $Q$  [J] , ヒートポンプの消費電力量を  $W$  [J] とし、熱損失などを無視すると、冷房時は  $\frac{Q}{W}$  , 暖房時は  $1 + \frac{Q}{W}$  で与えられる。これらの値は外気温度によって変化 □(オ) する。

上記の記述中の空白箇所(ア), (イ), (ウ), (エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。

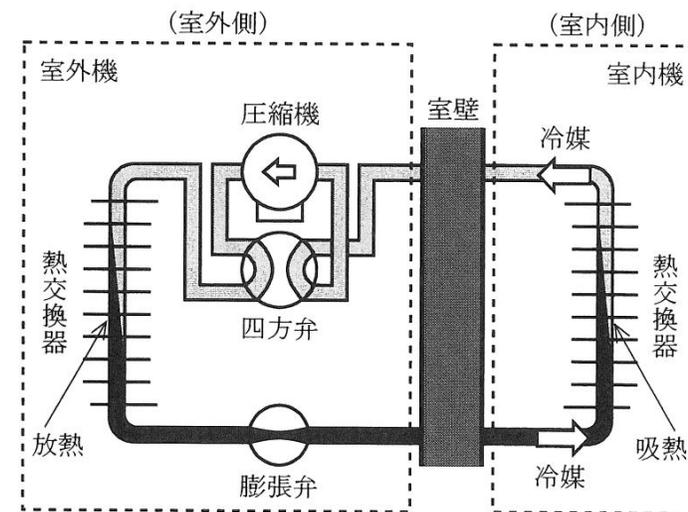
圧力を加えると分子の衝突の頻度が上がるため、  
温度が上がる (圧縮→加熱)

圧力を下げると分子の衝突の頻度が下がるため、  
温度が下がる (膨張→冷却)

$$Q = cm\Delta T + \beta m$$

冷媒と外気の温度差

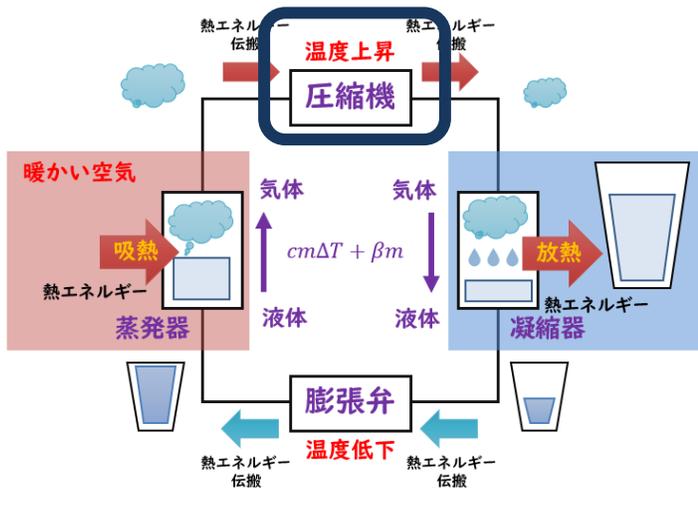
上記の記述中の空白箇所(ア), (イ), (ウ), (エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。



	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	低	気化	高	液化	しない
(2)	高	液化	低	気化	しない
(3)	低	液化	高	気化	する
(4)	高	気化	低	液化	する
(5)	低	気化	高	液化	する

# 成績係数 (COP)

## 被加熱体を加熱する場合



加熱/冷却に必要な熱エネルギー

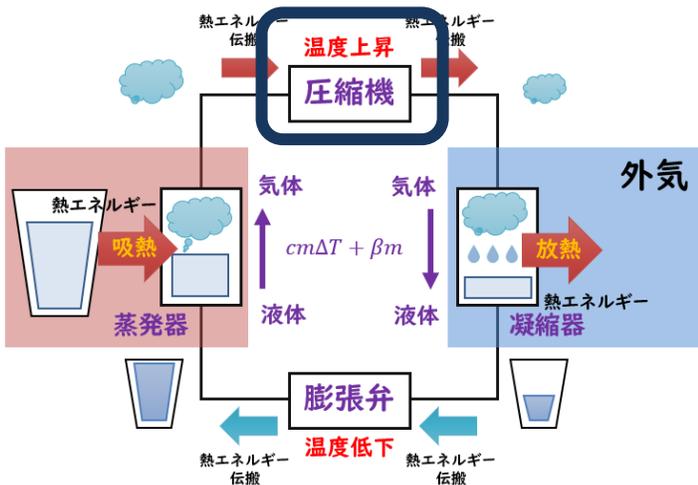
- ・ 外気の温度差 (無尽蔵な熱エネルギー)
- ・ 圧縮機を駆動する電気エネルギー
- ※膨張弁は弁を開くだけなのでエネルギー不要

加熱/冷却の性能を示す指標

→成績係数 (COP: Coefficient Of Performance)

$$COP = \frac{\text{加熱/冷却に使える電力}}{\text{外部から供給する電力}}$$

## 被加熱体を冷却する場合



## 被加熱体を加熱する場合

$$COP_H = \frac{P_H}{P} = \frac{P_C + P}{P}$$

## 被加熱体を冷却する場合

$$COP_C = \frac{P_C}{P}$$

# RO1 問17(b)

問17 電気給湯器を用いて、貯湯タンクに入っている温度  $20^{\circ}\text{C}$ 、体積  $0.37\text{ m}^3$  の水を  $85^{\circ}\text{C}$  に加熱したい。水の比熱容量は  $4.18 \times 10^3\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、水の密度は  $1.00 \times 10^3\text{ kg}/\text{m}^3$  であり、いずれも水の温度に関係なく一定とする。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(b) 電気給湯器として COP(成績係数)が 4.0 のヒートポンプユニットを用いた。この加熱に要した時間は 6 時間であった。ヒートポンプユニットの消費電力  $P$  の値[kW]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし、ヒートポンプ式電気給湯器の貯湯タンク、ヒートポンプユニット、配管などの加熱に必要な熱エネルギーは無視し、それらからの熱損失もないものとする。また、ヒートポンプユニットの消費電力及び COP は、いずれも加熱の開始から終了まで一定とする。

- (1) 0.96      (2) 1.06      (3) 1.16      (4) 1.26      (5) 1.36

# RO1 問17(b)

問17 電気給湯器を用いて、貯湯タンクに入っている温度  $20^{\circ}\text{C}$ 、体積  $0.37\text{ m}^3$  の水を  $85^{\circ}\text{C}$  に加熱したい。水の比熱容量は  $4.18 \times 10^3\text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、水の密度は  $1.00 \times 10^3\text{ kg}/\text{m}^3$  であり、いずれも水の温度に関係なく一定とする。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(b) 電気給湯器として COP(成績係数)が 4.0 のヒートポンプユニットを用いた。この加熱に要した時間は 6 時間であった。ヒートポンプユニットの消費電力  $P$  の値[kW]として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし、ヒートポンプ式電気給湯器の貯湯タンク、ヒートポンプユニット、配管などの加熱に必要な熱エネルギーは無視し、それらからの熱損失もないものとする。また、ヒートポンプユニットの消費電力及び COP は、いずれも加熱の開始から終了まで一定とする。

- (1) 0.96      (2) 1.06      (3) 1.16      (4) 1.26      (5) 1.36

## 水の質量

$$1\text{ m}^3 = 1000\text{ kg} \rightarrow 0.37\text{ m}^3 = 370\text{ kg}$$

## 加熱に必要な熱エネルギーを求める

$$Q = cm(t_1 - t_0) = 4.18 \times 10^3 \times 370 \times (85 - 20) \\ = 100529 \times 10^3\text{ J} = 101\text{ MJ}$$

$$P_Q = \frac{101 \times 10^3\text{ kJ}}{6 \times 60 \times 60} = 4.68\text{ kW}$$

## 成績係数と熱エネルギーの関係

$$COP = \frac{\text{加熱/冷却に使える電力}}{\text{外部から供給する電力}} = \frac{P_Q}{P}$$

$$\rightarrow 4 = \frac{P_Q}{P} \rightarrow P = \frac{P_Q}{4}$$

$$P = \frac{4.68}{4} = 1.16\text{ kW}$$

# H28 問17

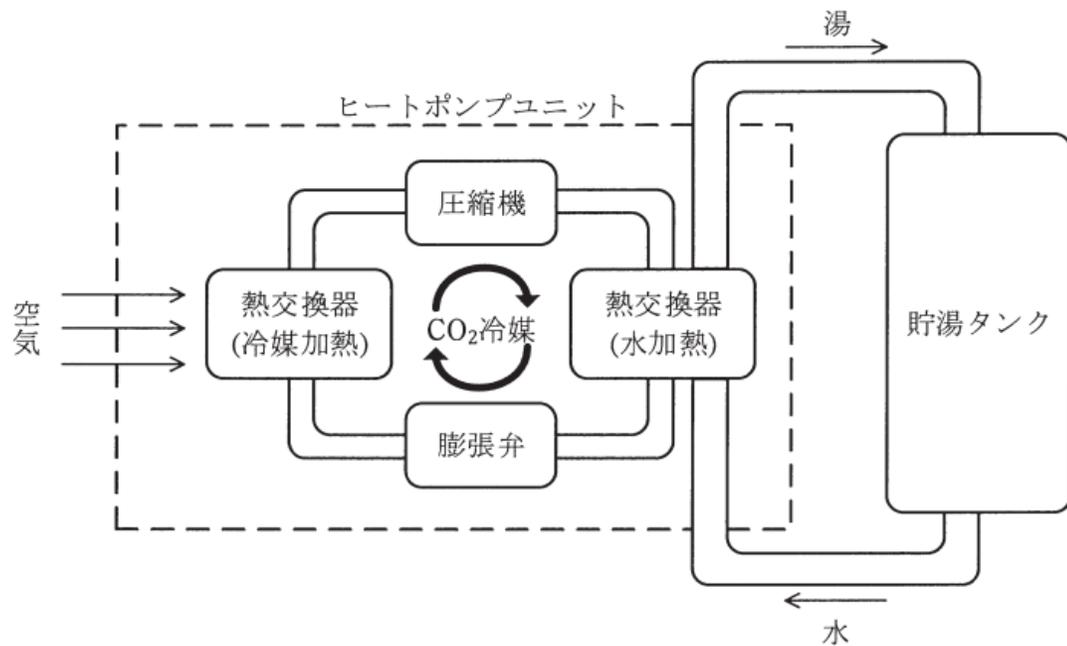
問17 図はヒートポンプ式電気給湯器の概要図である。ヒートポンプユニットの消費電力は1.34 kW, COP(成績係数)は4.0である。また, 貯湯タンクには17℃の水460 Lが入っている。この水全体を88℃まで加熱したい。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) この加熱に必要な熱エネルギー  $W_h$  の値 [MJ] として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。ただし, 貯湯タンク, ヒートポンプユニット, 配管などからの熱損失はないものとする。また, 水の比熱容量は  $4.18 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ , 水の密度は  $1.00 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$  であり, いずれも水の温度に関係なく一定とする。

- (1) 37            (2) 137            (3) 169            (4) 202            (5) 297

(b) この加熱に必要な時間  $t$  の値 [h] として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。ただし, ヒートポンプユニットの消費電力及びCOPはいずれも加熱の開始から終了まで一定とする。

- (1) 1.9            (2) 7.1            (3) 8.8            (4) 10.5            (5) 15.4



# H28 問17

問17 図はヒートポンプ式電気給湯器の概要図である。ヒートポンプユニットの消費電力は1.34 kW, COP(成績係数)は4.0である。また, 貯湯タンクには17℃の水460 Lが入っている。この水全体を88℃まで加熱したい。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) この加熱に必要な熱エネルギー  $W_h$  の値 [MJ] として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。ただし, 貯湯タンク, ヒートポンプユニット, 配管などからの熱損失はないものとする。また, 水の比熱容量は  $4.18 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ , 水の密度は  $1.00 \times 10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$  であり, いずれも水の温度に関係なく一定とする。

- (1) 37      (2) 137      (3) 169      (4) 202      (5) 297

(b) この加熱に必要な時間  $t$  の値 [h] として, 最も近いものを次の(1)~(5)のうちから一つ選べ。ただし, ヒートポンプユニットの消費電力及びCOPはいずれも加熱の開始から終了まで一定とする。

- (1) 1.9      (2) 7.1      (3) 8.8      (4) 10.5      (5) 15.4

水の質量

$$1 \text{ L} = 1 \text{ kg} \rightarrow 460 \text{ L} = 460 \text{ kg}$$

加熱に必要な熱エネルギーを求める

$$Q = cm(t_1 - t_0) = 4.18 \times 10^3 \times 460 \times (88 - 17) \\ = 136500000 \text{ J} = 137 \text{ MJ}$$

成績係数と熱エネルギーの関係

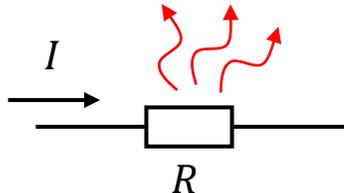
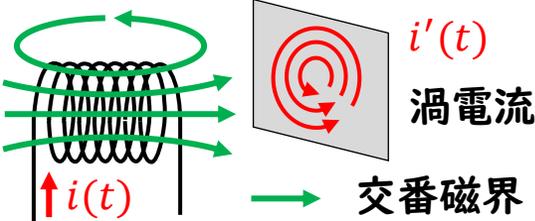
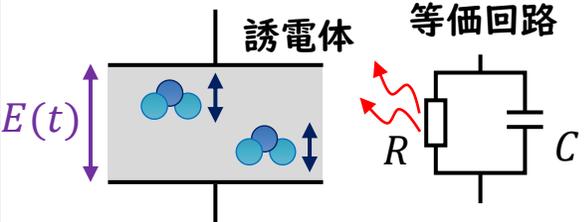
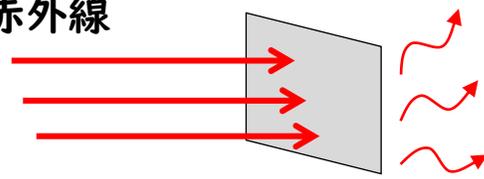
$$COP = \frac{\text{加熱/冷却に使える電力}}{\text{外部から供給する電力}} = \frac{P_Q}{P} \\ \rightarrow 4 = \frac{P_Q}{P} \rightarrow P_Q = 4P$$

$$P_Q = 4P = 4 \times 1.34 \text{ kW} = 5.36 \text{ kW}$$

$$P_Q = \frac{137 \times 10^3 \text{ kJ}}{h \times 60 \times 60} = 5.36 \text{ kW}$$

$$h = \frac{137 \times 10^3}{5.36 \times 60 \times 60} = 7.10 \text{ h}$$

# 電気加熱いろいろ

加熱方式	原理	イメージ図	関連ワード
抵抗加熱	ジュール熱を利用した加熱		<ul style="list-style-type: none"> <li>電熱線</li> <li><math>P = RI^2</math></li> </ul>
誘導加熱	交流磁界（交番磁界）により被加熱体に発生する渦電流により生じるジュール熱（渦電流損）による加熱		<ul style="list-style-type: none"> <li>IHヒーター</li> <li>表皮効果</li> <li>周波数が上がると表面付近に電流が集まる</li> </ul>
誘電加熱 (マイクロ波加熱)	交流電界（交番電界）により誘電体を振動させ、誘電損により加熱		<ul style="list-style-type: none"> <li>電子レンジ</li> <li>数GHzの電磁波</li> <li>水（有極性の分子）</li> <li>誘電損は交番電界と同相</li> </ul>
赤外線加熱	赤外線（電磁波、光）を被加熱体が吸収することによる加熱		<ul style="list-style-type: none"> <li>ストーブ</li> <li>焚火</li> </ul>

# H27 問13

問13 次の文章は、電気加熱に関する記述である。

電気ストーブの発熱体として石英ガラス管に電熱線を封入したヒータがよく用いられている。この電気ストーブから室内への熱伝達は主に放射と  によって行われる。また、このヒータからの放射は主に  である。

一方、交番電界中に被加熱物を置くことによって被加熱物を加熱することができる。一般に物質は抵抗体、誘電体、磁性体などの性質をもち、被加熱物が誘電体の場合、交番電界中に置かれた被加熱物には交番電流が流れ、被加熱物自身が発熱することによって被加熱物が加熱される。このとき、加熱に寄与するのは交番電流のうち交番電界  電流成分である。この原理に基づく加熱には  がある。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	対流	赤外放射	と同相の	マイクロ波加熱
(2)	対流	赤外放射	に直交する	マイクロ波加熱
(3)	対流	可視放射	に直交する	誘導加熱
(4)	伝導	赤外放射	と同相の	誘導加熱
(5)	伝導	可視放射	と同相の	誘導加熱

# H27 問13

問13 次の文章は、電気加熱に関する記述である。

電気ストーブの発熱体として石英ガラス管に電熱線を封入したヒータがよく用いられている。この電気ストーブから室内への熱伝達は主に放射と (ア) 対流によって行われる。また、このヒータからの放射は主に (イ) である。

一方、交番電界中に被加熱物を置くことによって被加熱物を加熱することができる。一般に物質は抵抗体、誘電体、磁性体などの性質をもち、被加熱物が誘電体の場合、交番電界中に置かれた被加熱物には交番電流が流れ、被加熱物自身が発熱することによって被加熱物が加熱される。このとき、加熱に寄与するのは交番電流のうち交番電界 (ウ) 電流成分である。この原理に基づく加熱には (エ) がある。

**マイクロ波加熱**

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	対流	赤外放射	と同相の	マイクロ波加熱
(2)	対流	赤外放射	に直交する	マイクロ波加熱
(3)	対流	可視放射	に直交する	誘導加熱
(4)	伝導	赤外放射	と同相の	誘導加熱
(5)	伝導	可視放射	と同相の	誘導加熱

**熱伝導：物質中の熱エネルギーの伝搬  
(物質の移動は含まず、固体中で生じる伝搬)**

**対流：熱エネルギーが物質とともに移動する  
液体や気体などの流動による伝搬**

**熱になるのは『有効電力』  
有効電力は電流と電圧（電界）が同相**

**誘導加熱は『磁界』を利用する**

**マイクロ波加熱（誘電加熱）は『電界』を利用する**

# H29 問13

---

問13 誘導加熱に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 産業用では金属の溶解や金属部品の熱処理などに用いられ、民生用では調理加熱に用いられている。
- (2) 金属製の被加熱物を交番磁界内に置くことで発生するジュール熱によって被加熱物自体が発熱する。
- (3) 被加熱物の透磁率が高いものほど加熱されやすい。
- (4) 被加熱物に印加する交番磁界の周波数が高いほど、被加熱物の内部が加熱されやすい。
- (5) 被加熱物として、銅、アルミよりも、鉄、ステンレスの方が加熱されやすい。

# H29 問13

問13 誘導加熱に関する記述として、誤っているものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 産業用では金属の溶解や金属部品の熱処理などに用いられ、民生用では調理加熱に用いられている。
- (2) 金属製の被加熱物を交番磁界内に置くことで発生するジュール熱によって被加熱物自体が発熱する。
- (3) 被加熱物の透磁率が高いものほど加熱されやすい。
- (4)** 被加熱物に印加する交番磁界の周波数が高いほど、被加熱物の内部が加熱されやすい。
- (5) 被加熱物として、銅、アルミよりも、鉄、ステンレスの方が加熱されやすい。

周波数が高くなると『表皮効果』が生じ内部が加熱しにくくなる

# H24 問12

問12 次の文章は、電気加熱に関する記述である。

導電性の被加熱物を交番磁束内におくと、被加熱物内に起電力が生じ、渦電流が流れる。  加熱はこの渦電流によって生じるジュール熱によって被加熱物自体が昇温する加熱方式である。抵抗率の  被加熱物は相対的に加熱されにくい。

また、交番磁束は  効果によって被加熱物の表面近くに集まるため、渦電流も被加熱物の表面付近に集中する。この電流の表面集中度を示す指標として電流浸透深さが用いられる。電流浸透深さは、交番磁束の周波数が  ほど浅くなる。したがって、被加熱物の深部まで加熱したい場合には、交番磁束の周波数は  方が適している。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	誘導	低い	表皮	低い	高い
(2)	誘電	高い	近接	低い	高い
(3)	誘導	低い	表皮	高い	低い
(4)	誘電	高い	表皮	低い	高い
(5)	誘導	高い	近接	高い	低い

# H24 問12

問12 次の文章は、電気加熱に関する記述である。

導電性の被加熱物を交番磁束内におくと、被加熱物内に起電力が生じ、渦電流が流れる。 **誘導**加熱はこの渦電流によって生じるジュール熱によって被加熱物自体が昇温する加熱方式である。抵抗率の **低い**被加熱物は相対的に加熱されにくい。

また、交番磁束は **表皮**効果によって被加熱物の表面近くに集まるため、渦電流も被加熱物の表面付近に集中する。この電流の表面集中度を示す指標として電流浸透深さが用いられる。電流浸透深さは、交番磁束の周波数が **高い**ほど浅くなる。したがって、被加熱物の深部まで加熱したい場合には、交番磁束の周波数は **低い**方が適している。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	誘導	低い	表皮	低い	高い
(2)	誘電	高い	近接	低い	高い
<b>(3)</b>	誘導	低い	表皮	高い	低い
(4)	誘電	高い	表皮	低い	高い
(5)	誘導	高い	近接	高い	低い

<誘導加熱に関連するキーワード>  
磁界、磁束、渦電流

有効電力 = 抵抗 × (渦電流) の二乗

であるため、抵抗率が高い方が加熱しやすい

近接効果は表皮効果と本質的に同じである。  
電験では「表皮効果」が選ばれると覚えてよい。

# H22 問12

問12 マイクロ波加熱の特徴に関する記述として、誤っているのは次のうちどれか。

- (1) マイクロ波加熱は、被加熱物自体が発熱するので、被加熱物の温度上昇（昇温）に要する時間は熱伝導や対流にはほとんど無関係で、照射するマイクロ波電力で決定される。
- (2) マイクロ波出力は自由に制御できるので、温度調節が容易である。
- (3) マイクロ波加熱では、石英ガラスやポリエチレンなど誘電体損失係数の小さい物も加熱できる。
- (4) マイクロ波加熱は、被加熱物の内部でマイクロ波のエネルギーが熱になるため、加熱作業環境を悪化させることがない。
- (5) マイクロ波加熱は、電熱炉のようにあらかじめ所定温度に予熱しておく必要がなく熱効率も高い。

# H22 問12

問12 マイクロ波加熱の特徴に関する記述として、誤っているのは次のうちどれか。

- (1) マイクロ波加熱は、被加熱物自体が発熱するので、被加熱物の温度上昇（昇温）に要する時間は熱伝導や対流にはほとんど無関係で、照射するマイクロ波電力で決定される。
- (2) マイクロ波出力は自由に制御できるので、温度調節が容易である。
- (3)** マイクロ波加熱では、石英ガラスやポリエチレンなど誘電体損失係数の小さい物も加熱できる。
- (4) マイクロ波加熱は、被加熱物の内部でマイクロ波のエネルギーが熱になるため、加熱作業環境を悪化させることがない。
- (5) マイクロ波加熱は、電熱炉のようにあらかじめ所定温度に予熱しておく必要がなく熱効率も高い。

誘電加熱は『誘電体』の加熱に適している

誘電体は金属ではなく、絶縁体である

# H26 問11

問11 次の文章は、電子レンジ及び電磁波加熱に関する記述である。

一般に市販されている電子レンジには、主に  の電磁波が使われている。この電磁波が電子レンジの加熱室に入れた被加熱物に照射されると、被加熱物は主に電磁波の交番電界によって被加熱物自体に生じる  によって被加熱物自体が発熱し、加熱される。被加熱物が効率よく発熱するためには、被加熱物は水などの  分子を含む必要がある。また、一般に、 は電磁波の周波数に  ，被加熱物への電磁波の浸透深さは電磁波の周波数が高いほど  。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	数 GHz	誘電損	有極性	無関係で	小さい
(2)	数 GHz	誘電損	有極性	比例し	小さい
(3)	数 MHz	ジュール損	無極性	無関係で	大きい
(4)	数 MHz	誘電損	無極性	比例し	大きい
(5)	数 GHz	ジュール損	有極性	比例し	大きい

# H26 問11

問11 次の文章は、電子レンジ及び電磁波加熱に関する記述である。

一般に市販されている電子レンジには、主に  の電磁波が使われている。この電磁波が電子レンジの加熱室に入れた被加熱物に照射されると、被加熱物は主に電磁波の交番電界によって被加熱物自体に生じる  によって被加熱物自体が発熱し、加熱される。被加熱物が効率よく発熱するためには、被加熱物は水などの  分子を含む必要がある。また、一般に、 は電磁波の周波数に 、被加熱物への電磁波の浸透深さは電磁波の周波数が高いほど 。

数 GHz  
誘電損  
有極性  
比例し  
小さい

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)及び(オ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	数 GHz	誘電損	有極性	無関係で	小さい
<b>(2)</b>	数 GHz	誘電損	有極性	比例し	小さい
(3)	数 MHz	ジュール損	無極性	無関係で	大きい
(4)	数 MHz	誘電損	無極性	比例し	大きい
(5)	数 GHz	ジュール損	有極性	比例し	大きい

誘電損は誘電体中の分子の摩擦により生じる

水などの有極性の分子は電界により、電荷のようにクーロン力を受ける

交番電界により水分子が振動し、他の分子と摩擦が生じ、熱を発生する（誘電損）

この摩擦は周波数が大きくなると、発生頻度が高くなり、誘電損も大きくなる

ご聴講ありがとうございました  
ございました!!