

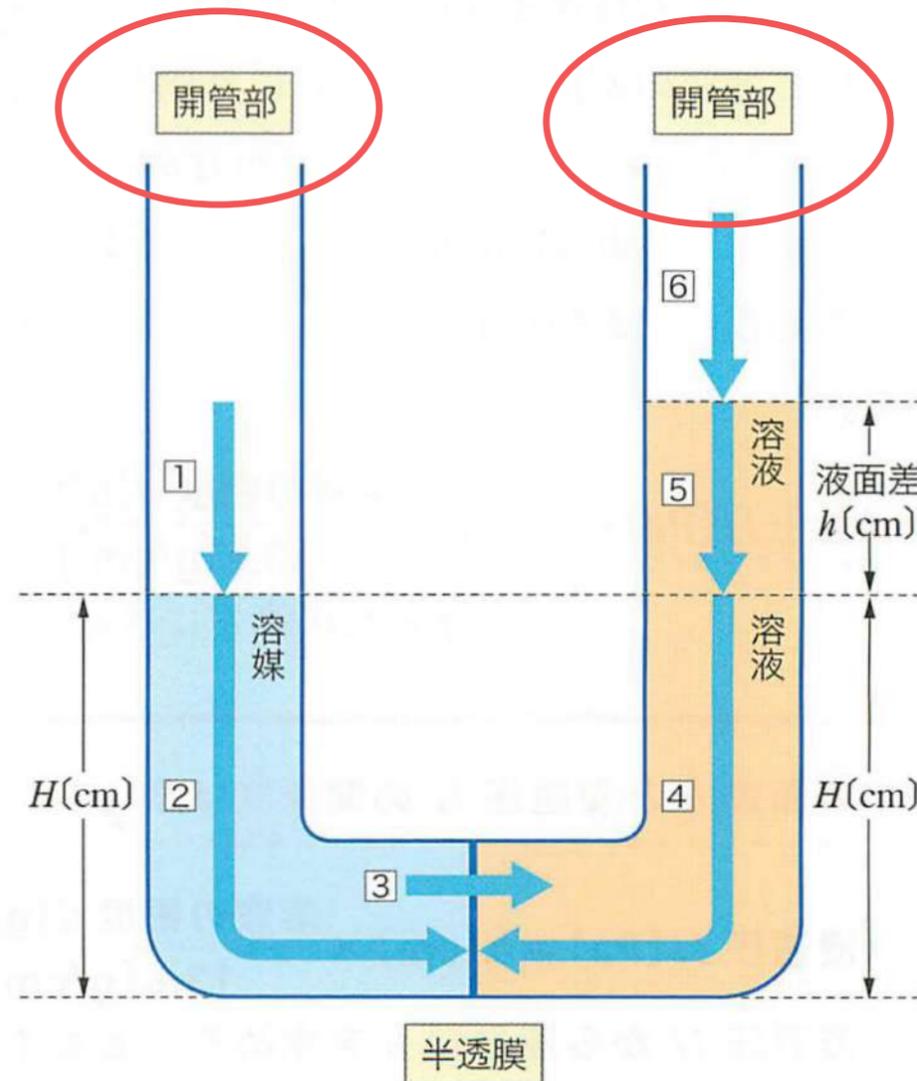
## II-1 浸透圧

【解答】 問 i 気体の圧力： $1.1 \times 10^5$  Pa, 液面差による圧力： $3.9 \times 10^2$  Pa

問 ii  $4.8 \times 10^{-3}$  mol/L 問 iii 3

$\text{①} + \text{②} + \text{③} = \text{④} + \text{⑤} + \text{⑥}$   
 という関係があります。ただし、①と⑥は大気圧であり  
 (①=⑥としてよい)、希薄溶液の密度は溶媒の密度にほ  
 ぼ等しいと考えられます (②  
 $\doteq$  ④)。よって、上式は次式  
 のように近似できます。

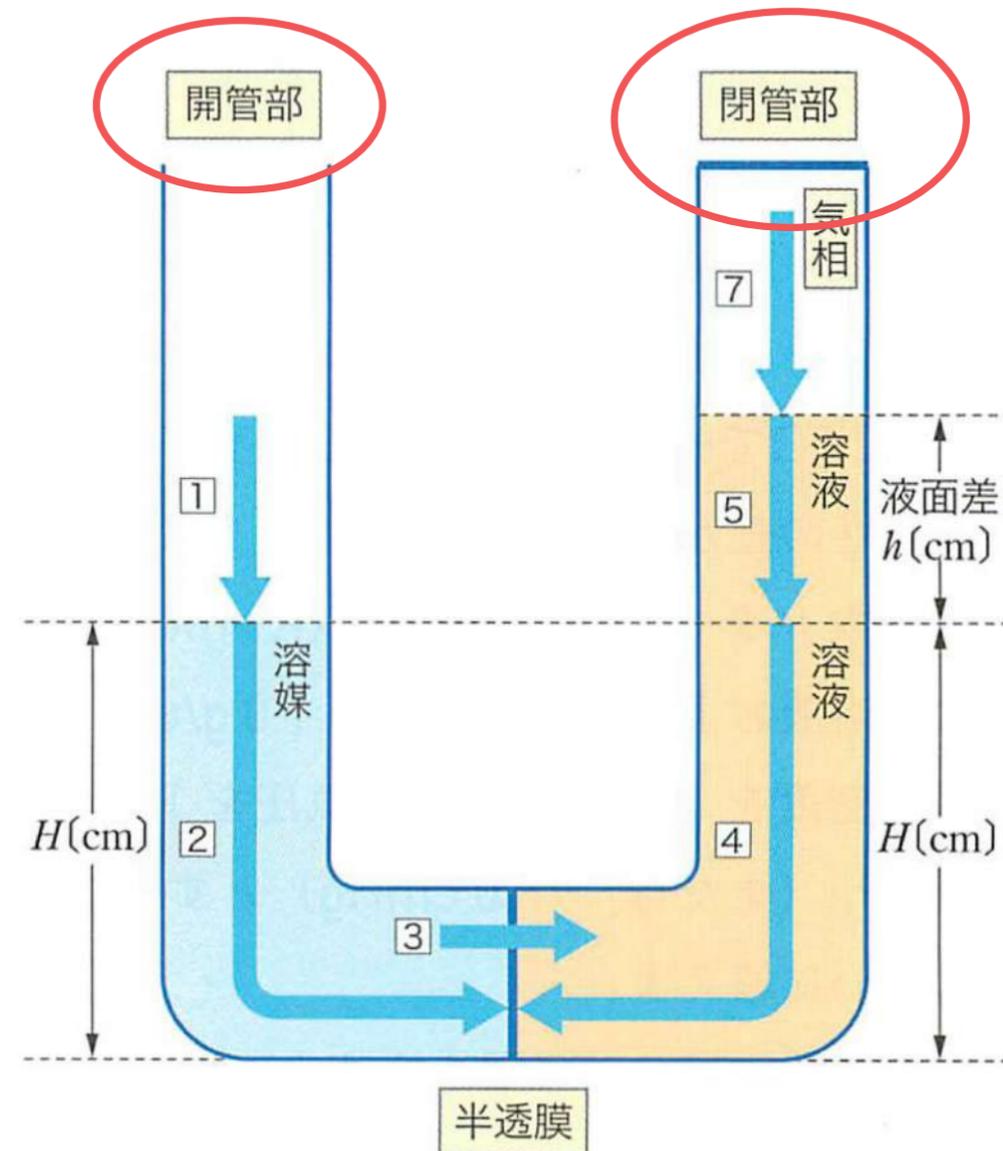
$$\text{③} \doteq \text{⑤}$$



## ● 一端が開管, 他端が閉管の場合

右図は, 純溶媒と溶液を等しい高さに入れた後, 素早くU字管の一端を閉じて空気を閉じ込め, さらに長時間放置した後の様子です。前ページと同じ①～⑤以外に, 溶液側から気相の圧力(⑦)がかかっています。①～⑤, ⑦の間には,  $① + ② + ③ = ④ + ⑤ + ⑦$  という関係がありますが,  $② \doteq ④$  より, 次式のように近似できます。

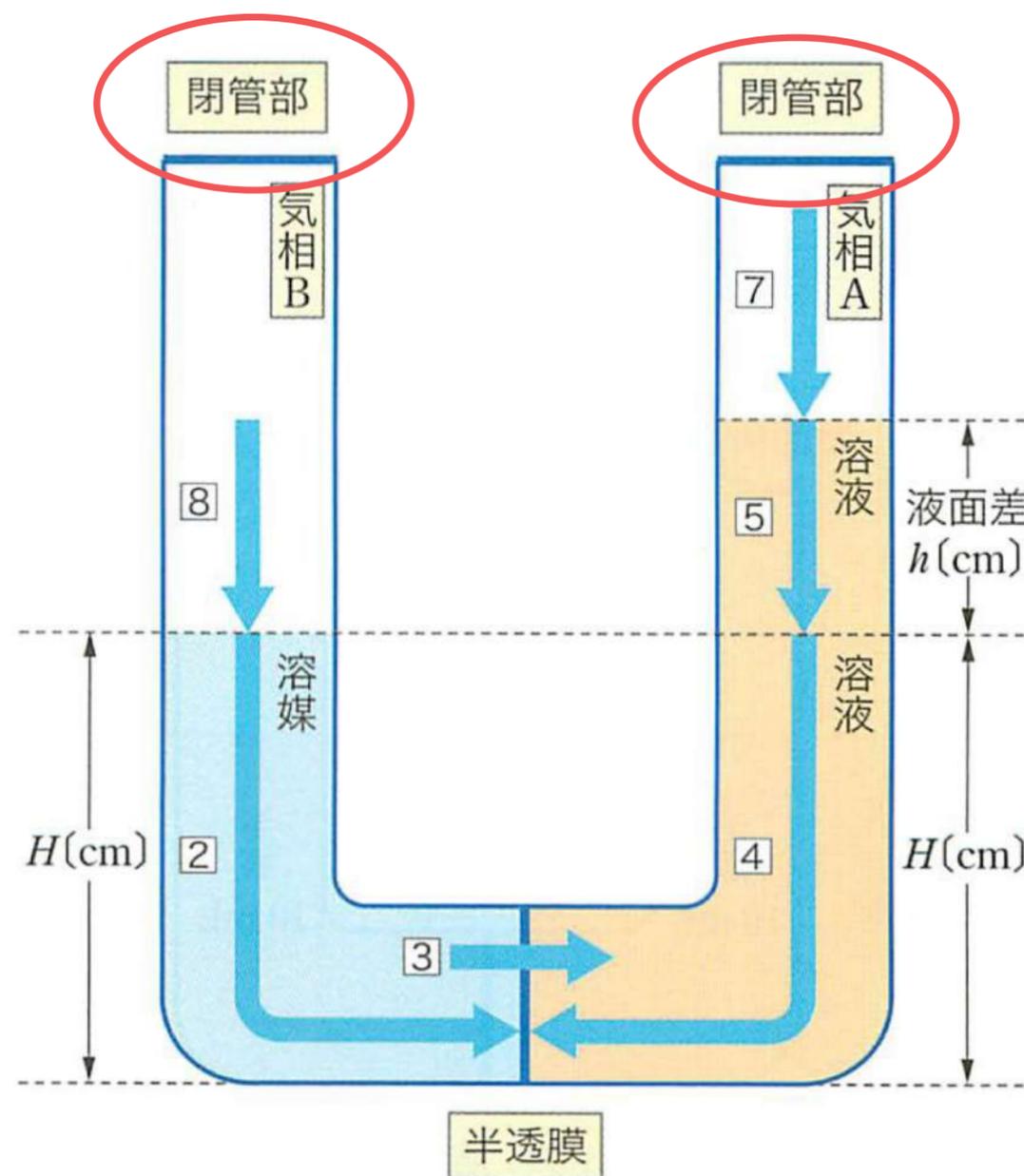
$$① + ③ \doteq ⑤ + ⑦$$

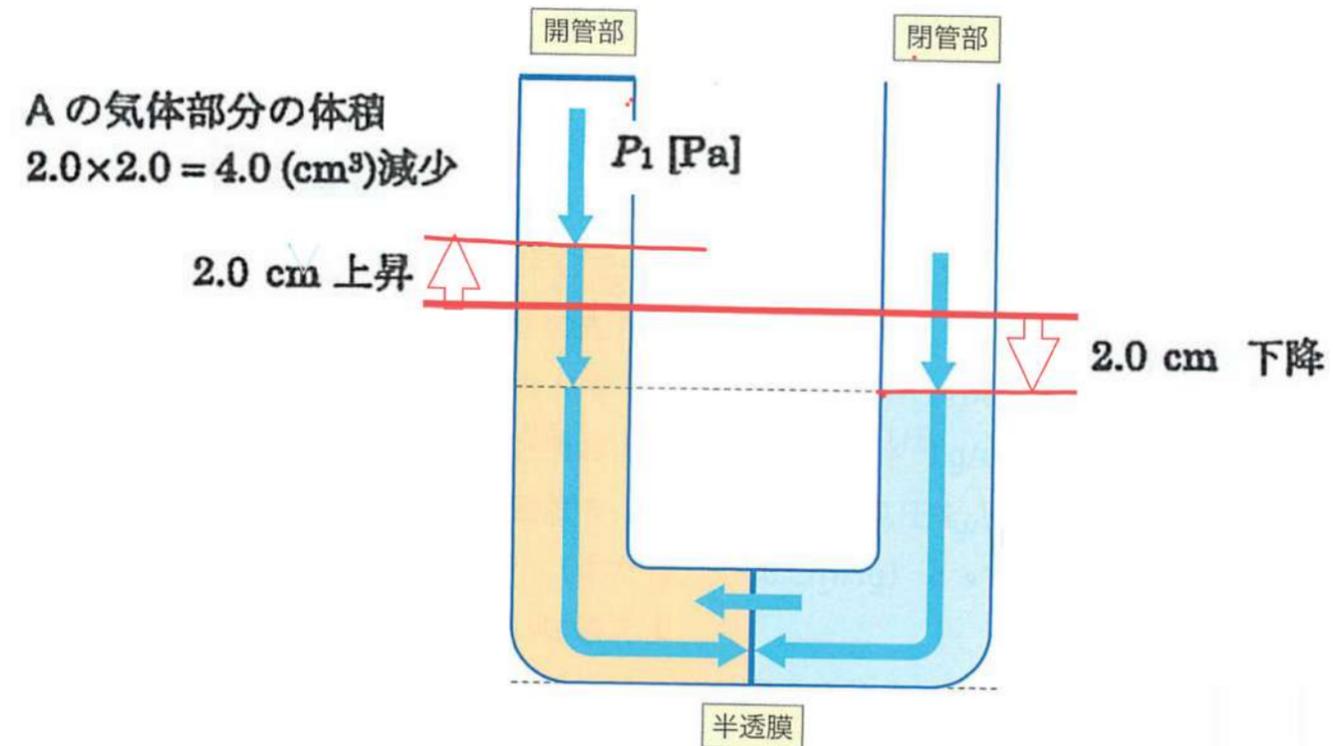


## ● 両端が閉管の場合

右図は、一端のみではなく、両端を閉じて空気を閉じ込め、さらに長時間放置した後の様子です。前ページと同じ②～⑤以外に、溶液側から気相 A の圧力 (⑦)、溶媒側から気相 B の圧力 (⑧) がかかっています。②～⑤, ⑦, ⑧の間には、 $⑧ + ② + ③ = ④ + ⑤ + ⑦$  という関係がありますが、 $② \doteq ④$  より、次式のように近似できます。

$$⑧ + ③ \doteq ⑤ + ⑦$$



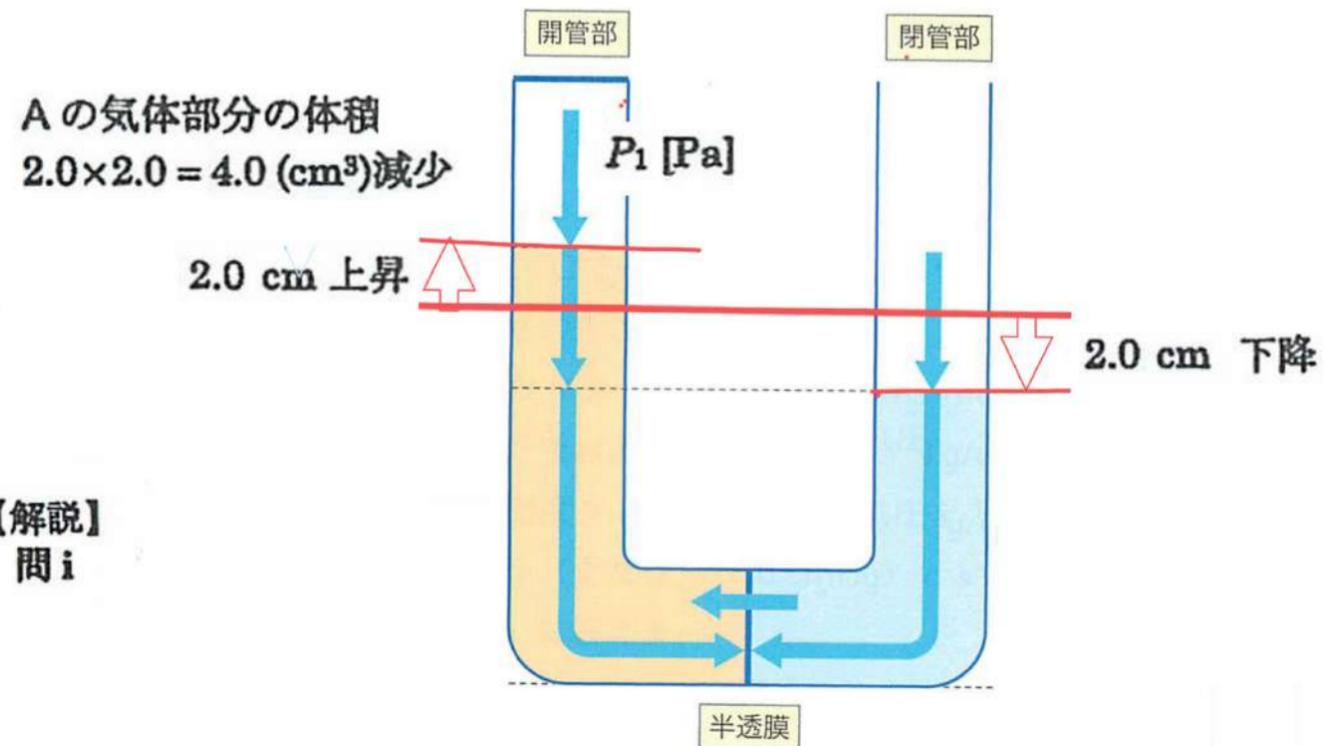


【解説】

問 i 液面差が 4.0 cm になっているので、A の水溶液の液面が 2.0 cm 上昇し、B の水の液面が 2.0 cm 下降している。したがって、A の気体部分の体積は  $2.0 \times 2.0 = 4.0 \text{ (cm}^3\text{)}$  減少している。A の上部空間の気体の圧力を  $P_1 \text{ [Pa]}$  とすると、ボイルの法則より、

$$1.01 \times 10^5 \times 40.0 = P_1 \times (40.0 - 4.0) \quad \therefore P_1 = 1.122 \times 10^5 \text{ (Pa)}$$

また、液面差 4.0 cm による水溶液中の圧力は、



【解説】  
問 i

$$1.01 \times 10^5 \times 40.0 = P_1 \times (40.0 - 4.0) \quad \therefore P_1 = 1.122 \times 10^5 \text{ (Pa)}$$

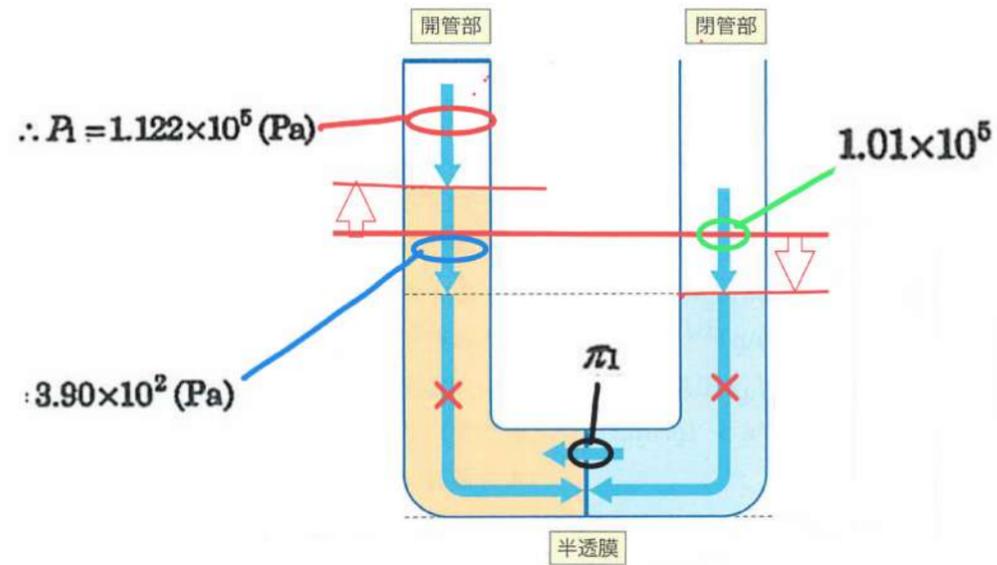
また、液面差 4.0 cm による水溶液中の圧力は、

$$\Pi \text{ (Pa)} = 4.0 \times \frac{1.0}{13.6} \times \frac{1.01 \times 10^5}{76.0} = 3.90 \times 10^2 \text{ (Pa)}$$

$$\text{浸透圧 } \Pi \text{ (Pa)} = h \text{ (cm)} \times \frac{\text{溶液の密度 } d \text{ (g/cm}^3\text{)}}{13.6 \text{ (g/cm}^3\text{)}} \times \frac{1.013 \times 10^5 \text{ (Pa)}}{76.0 \text{ (cm)}} = 98.0 dh$$

$h \text{ (cm)}$  の溶液柱が示す圧力

┌ 水銀柱の高さに換算 ─┐ ┌ さらに、 ─┐  
└──────────────────┘ └ Pa に換算 ─┘



問 ii 液面差が生じた後の A の水溶液の浸透圧を  $\pi$  [Pa] とすると、圧力のつり合いについて、

$$1.122 \times 10^5 + \text{液面差による圧力} = \pi + 1.01 \times 10^5 \quad \dots \textcircled{1}$$

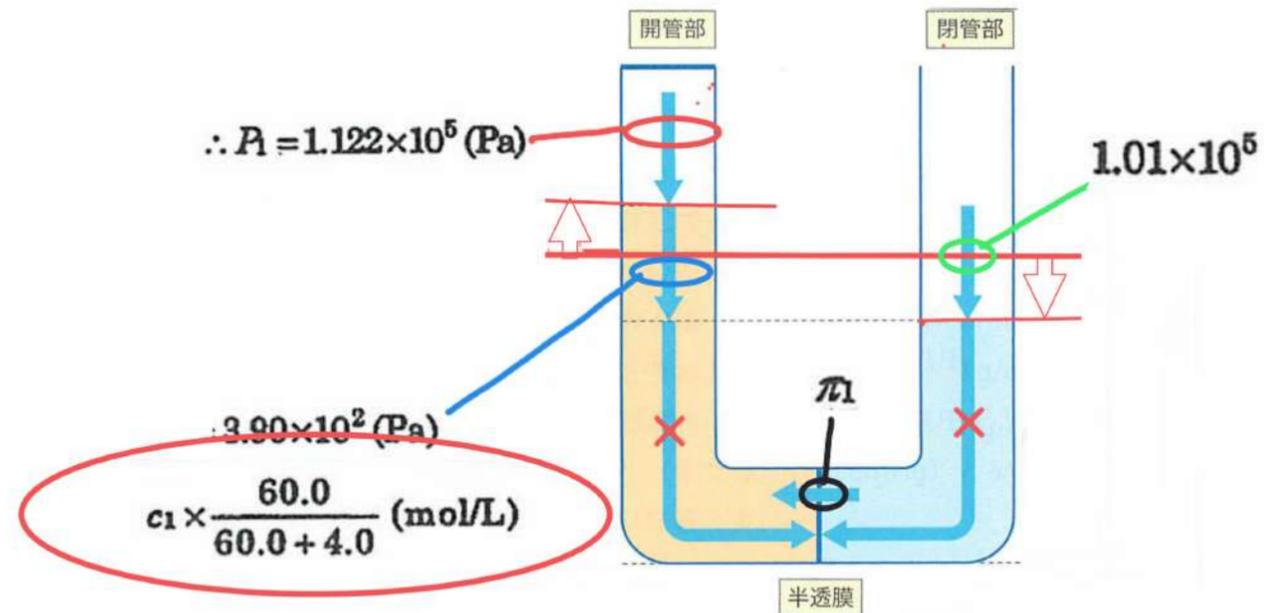
無視

求める値を  $c_1$  [mol/L] とすると、問 i より、液面差が生じた後の A の水溶液は体積が 60.0 mL から 4.0 cm<sup>3</sup> 増加しているため、このときの水溶液の濃度は

...②

液面差が生じた後の A の水溶液の浸透圧  $\pi_1$  については、

①, ②式より,  $c_1 = 4.79 \times 10^{-3}$  (mol/L)



問 ii 液面差が生じた後の A の水溶液の浸透圧を  $\pi$  [Pa] とすると、圧力のつり合いについて、

$$1.122 \times 10^5 + \text{液面差による圧力} = \pi + 1.01 \times 10^5 \quad \dots \textcircled{1}$$

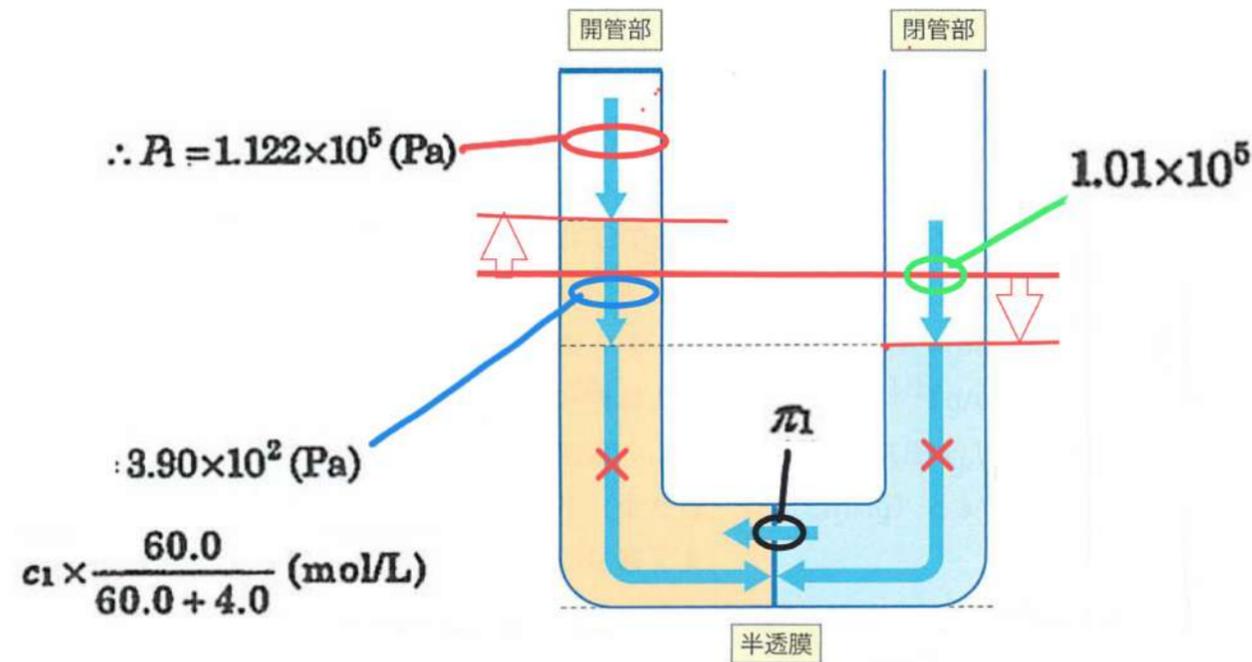
無視

求める値を  $c_1$  [mol/L] とすると、問 i より、液面差が生じた後の A の水溶液は体積が ~~60.0 mL から 4.0 cm<sup>3</sup> 増加している~~ ので、このときの水溶液の濃度は

$$c_1 \times \frac{60.0}{60.0 + 4.0} \text{ (mol/L)} \quad \dots \textcircled{2}$$

液面差が生じた後の A の水溶液の浸透圧  $\pi$  については、

①, ②式より,  $c_1 = 4.79 \times 10^{-3} \text{ (mol/L)}$



問 ii 液面差が生じた後の A の水溶液の浸透圧を  $\pi$  [Pa] とすると、圧力のつり合いについて、

$$1.122 \times 10^5 + \text{液面差による圧力} = \pi + 1.01 \times 10^5 \quad \dots \textcircled{1}$$

無視

求める値を  $c_1$  [mol/L] とすると、問 i より、液面差が生じた後の A の水溶液は体積が 60.0 mL から 4.0 cm<sup>3</sup> 増加しているため、このときの水溶液の濃度は

$$c_1 \times \frac{60.0}{60.0 + 4.0} \text{ (mol/L)} \quad \dots \textcircled{2}$$

液面差が生じた後の A の水溶液の浸透圧  $\pi_1$  については、

$$\pi_1 = c_1 \times \frac{60.0}{60.0 + 4.00} \times 8.3 \times 10^8 \times (273 + 27)$$

①, ②式より,  $c_1 = 4.79 \times 10^{-5}$  (mol/L)

**問 iii は解説が厄介なので  
最後に回したいと思います。**

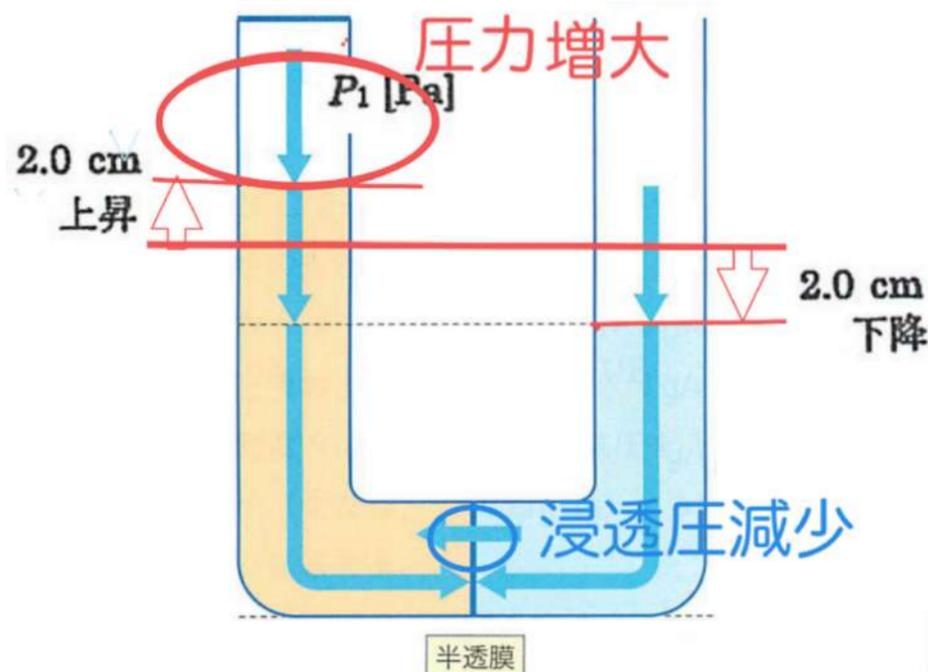
左側気圧と浸透圧のみを考慮♥

問 iii 1. 同じ液面差になったとする。

変わる。

A の上部の空間部分、水溶液ともに体積変化が条件変更前の 2 倍となる。  
気体の圧力は大きく、水溶液の浸透圧は小さくなる。  
圧力が釣り合う時の液面の差は小さくなる。

断面積が増えたら？



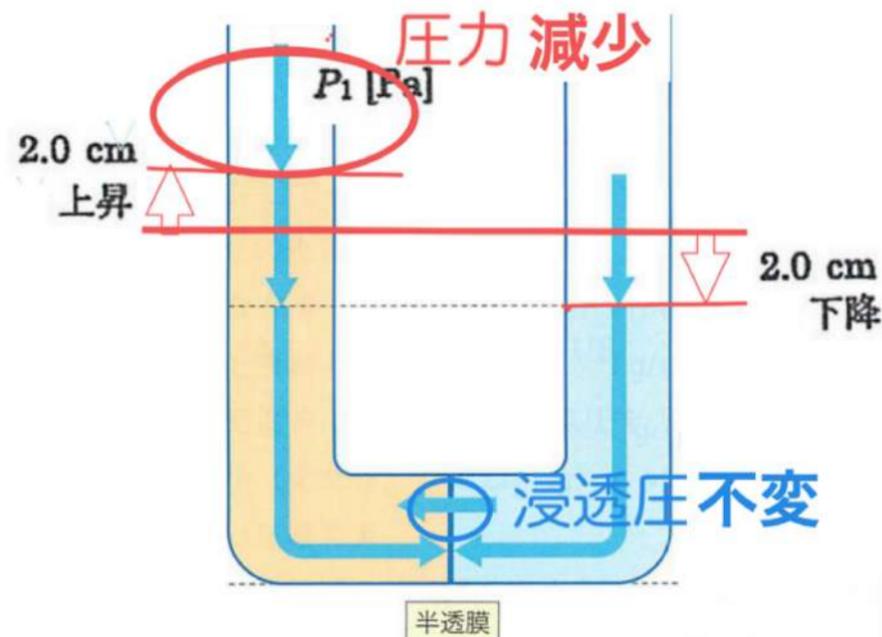
- ① 同じ液面差になったと仮定する。
- ② すると、液面差の示す圧力と大気圧は変わらないから、左側の気相の圧力と浸透圧のみを考慮すればよい。具体的には両者の変化が同じなら仮定は正しい。  
断面積が大きくなると浸透による体積変化が大きくなる。
- ③ 気相の圧力は増大⇒理由；気相の体積減少
- ④ 浸透圧は減少⇒理由；溶液の体積増大⇒溶液の濃度減少  
よって仮定は正しくない。

2. 同じ液面差になったとする。

変わる。

A, B にかかる大気圧は等しく, 水溶液の浸透圧は液面差による圧力より大きい。  
圧力が釣り合う時の液面の差は大きくなる。

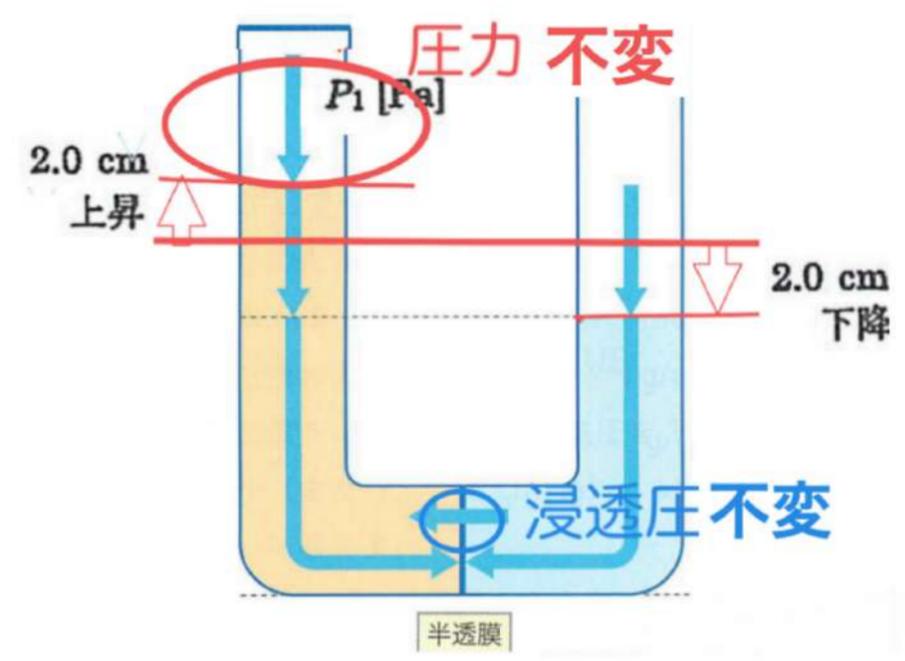
左側も開放端にしたら？



- ① 同じ液面差になったと仮定する。
- ② すると、液面差の示す圧力と大気圧は変わらないから、左側の気相の圧力と浸透圧のみを考慮すればよい。具体的には両者の変化が同じなら仮定は正しい。  
左側を開放すると、左側液面には大気圧がかかる。
- ③ 気相の圧力は減少⇒理由；元の気相の圧力は大気圧より高圧
- ④ 浸透圧は不変⇒理由；溶液の体積不変  
よって仮定は正しくない。

3. 食塩水中で、NaClは完全に電離すると考えられ、その場合、はじめのグルコース水溶液と食塩水の溶質粒子の質量モル濃度は等しくなる。

グルコースを濃度が半分の食塩水に？



- ① 同じ液面差になったと仮定する。
- ② すると、液面差の示す圧力と大気圧は変わらないから、左側の気相の圧力と浸透圧のみを考慮すればよい。具体的には両者の変化が同じなら仮定は正しい。

グルコースaqを濃度が半分のNaClaqに変えた。

- ③ 気相の圧力は不変 ⇒ 理由；体積変化なし。
- ④ 浸透圧は不変 ⇒ 理由；全溶質粒子の濃度は同じ。  
よって、仮定は正しい。

4. 同じ液面差になったとする。

変わる。

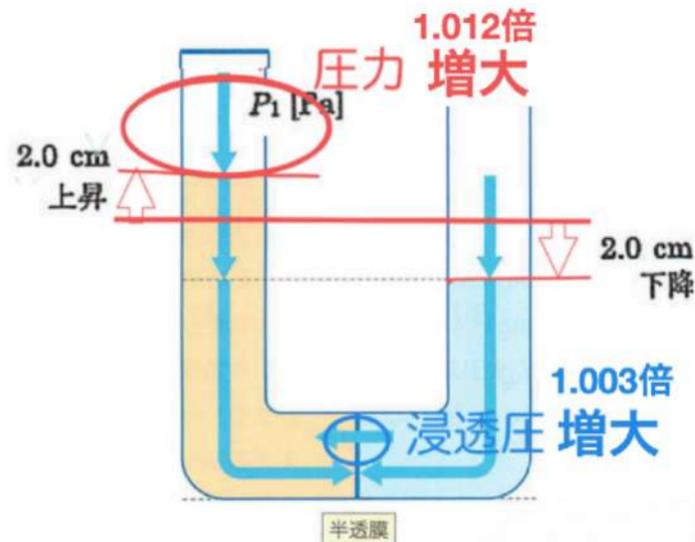
A の上部の空間部分の体積は 36.0 mL から 32.0 mL へと変化するので、A の上部の空間部分の圧力変化は条件変更前とくらべて下記①のように変化する。

水溶液の体積は 64.0 mL から 68.0 mL へと変化するので、水溶液の濃度、浸透圧の変化は条件変更前とくらべて下記②のように変化する。

$$\textcircled{1} \frac{\frac{36.0}{32.0}}{\frac{40.0}{36.0}} = 1.012 \text{ 倍} \quad \textcircled{2} \frac{\frac{64.0}{68.0}}{\frac{60.0}{64.0}} = 1.003 \text{ 倍}$$

圧力が釣り合う時の液面の差は小さくなる。

## 水、水溶液の量を60mLから64mLに？



- ① 同じ液面差になったと仮定する。
- ② すると、液面差の示す圧力と大気圧は変わらないから、左側の気相の圧力と浸透圧のみを考慮すればよい。具体的には両者の変化が同じなら仮定は正しい。

水、水溶液の体積を60mLから64mLに。

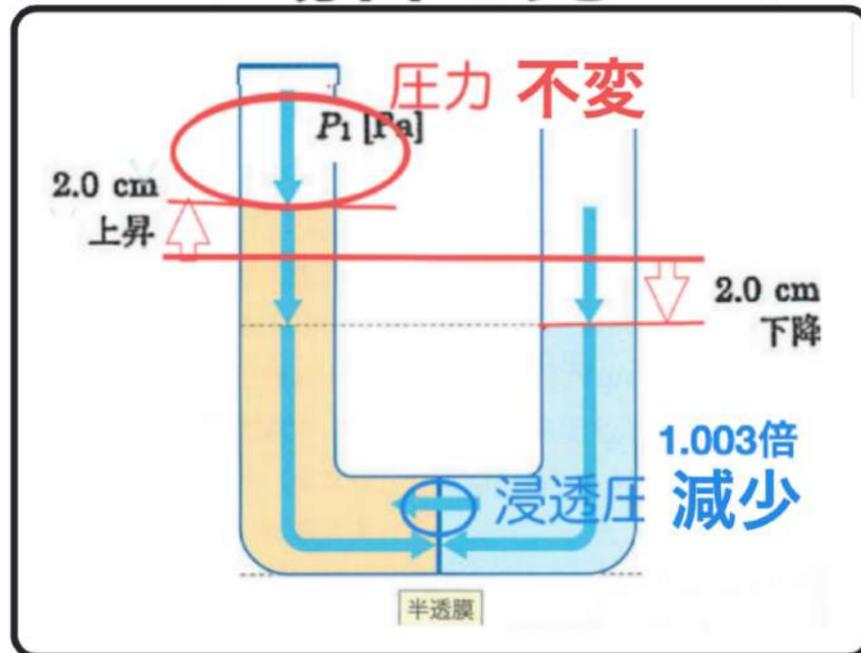
- ③ 気相の圧力は  $\frac{1.012 \text{ 倍に}}{\text{増大}}$  ⇒ 理由；体積の変化割合は  $\frac{36}{40}$  から  $\frac{32}{36}$  倍に減少。  
よって、圧力の変化割合は  $\frac{40}{36}$  から  $\frac{36}{32}$  倍に  
すなわち、最終的な圧力は  $\frac{36}{40} \times \frac{36}{32} = 1.012$  倍に増大。
- ④ 浸透圧は  $\frac{1.003 \text{ 倍に}}{\text{増大}}$  ⇒ 理由；体積の変化割合は  $\frac{64}{60}$  から  $\frac{68}{64}$  倍に減少。  
よって、濃度の変化割合は  $\frac{60}{64}$  から  $\frac{64}{68}$  倍に増大。  
すなわち、最終的な浸透圧も  $\frac{64}{60} \times \frac{68}{64} = 1.003$  倍に増大。  
よって仮定は正しくない。

5. 同じ液面差になったとする。

変わる。

条件変更前の平衡状態にさらに A, B 側に水 4.0 mL を加えたことになるので、水溶液の濃度は 4 のときよりさらに小さく、浸透圧も小さくなる。  
圧力が釣り合う時の液面の差は小さくなる。

## 4.の場合と比べて



## V.について

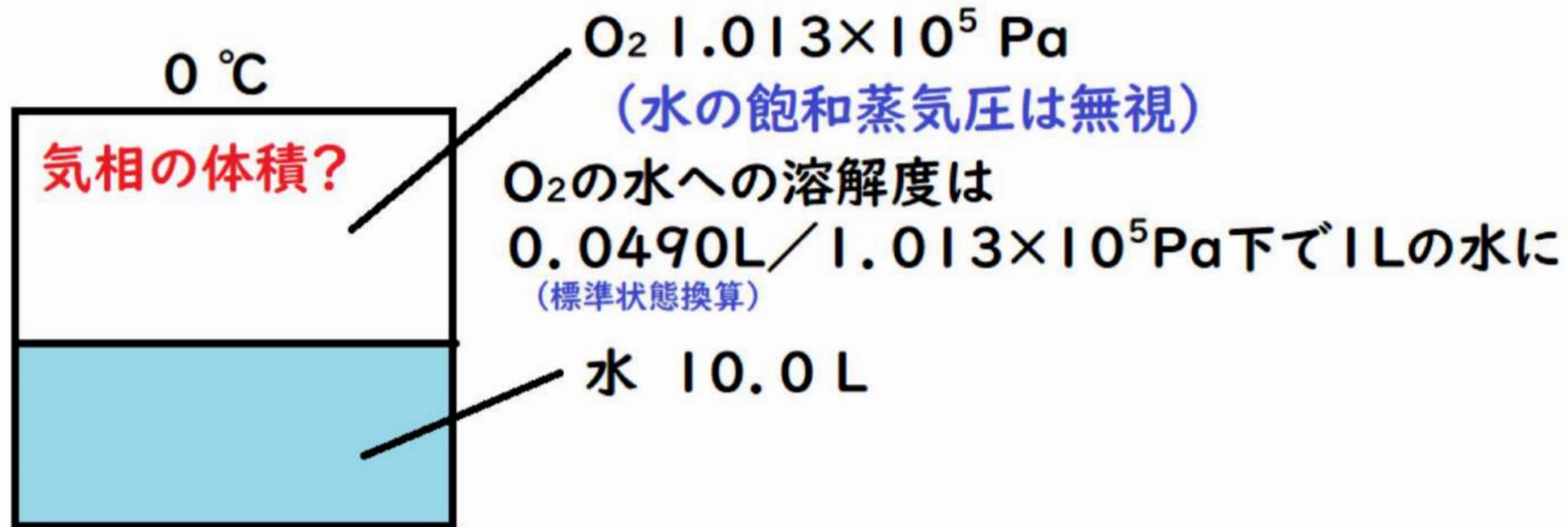
- ① 同じ液面差になったと仮定する。
- ② すると、液面差の示す圧力と大気圧は変わらないから、左側の気相の圧力と浸透圧のみを考慮すればよい。具体的には両者の変化が同じなら仮定は正しい。

水、水溶液の体積を60mLから水を加えて64mLに。

- ③ 気相の圧力は **不変** ⇒ 理由；体積の変化なし。  
4.の場合と比べて 4.の場合と比べて
  - ④ 浸透圧は **減少** ⇒ 理由；水で薄めたので濃度が減少。  
4.の場合と比べて 4.の場合と比べて
- よって、4.の場合より差が広がるので仮定は正しくない。

## II-2 気体の溶解度

問 i



## II-2 気体の溶解度

【解答】 問 i 0.70 g      問 ii  $6.7 \times 10^{-2}$  g      問 iii  $2.2 \times 10^4$  Pa

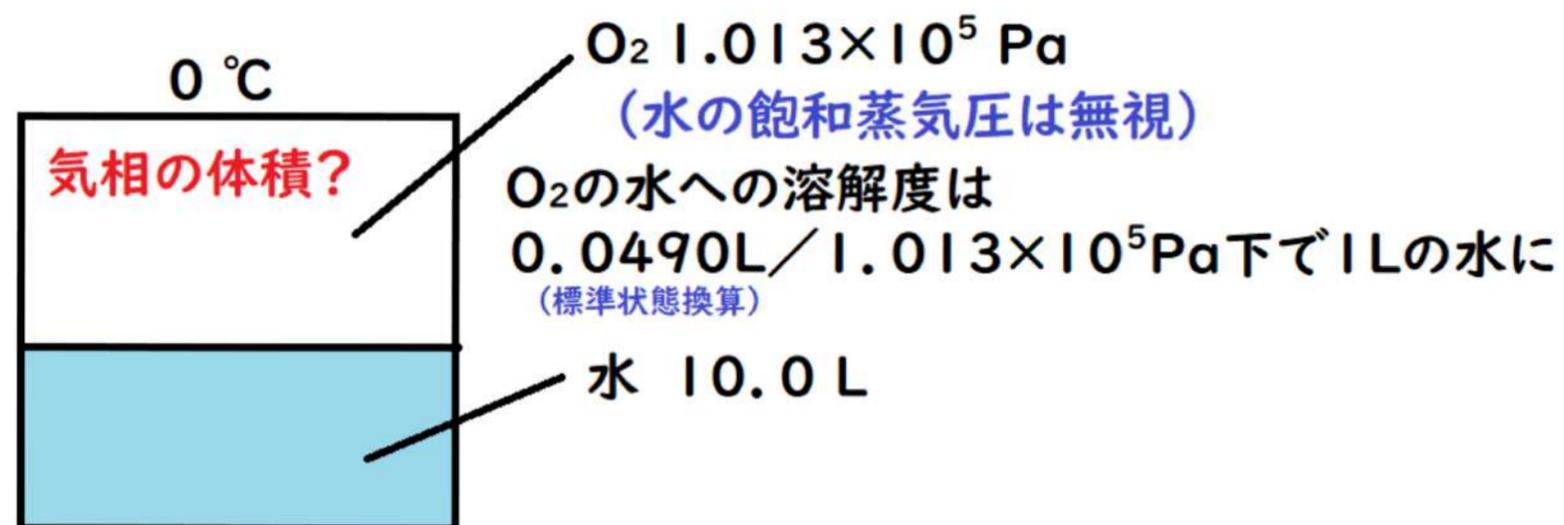
【解説】 問 i 単純にヘンリーの法則に代入するだけ。

$$\frac{0.0490}{22.4} \times \frac{1.013 \times 10^5}{1.013 \times 10^5} \times \frac{10.0 \times 32}{1.00} \Rightarrow 0.700 \text{ (g)}$$

↓ 問 ii への接続

気体のO<sub>2</sub>の質量は? \_\_\_\_\_

その体積は? \_\_\_\_\_



II-2 気体の溶解度

【解答】 問 i 0.70 g      問 ii 6.7×10<sup>-2</sup> g      問 iii 2.2×10<sup>4</sup> Pa

【解説】 問 i 単純にヘンリーの法則に代入するだけ。

$$\frac{0.0490}{22.4} \times \frac{1.013 \times 10^5}{1.013 \times 10^5} \times \frac{10.0 \times 32}{1.00} \Rightarrow 0.700 \text{ (g)}$$

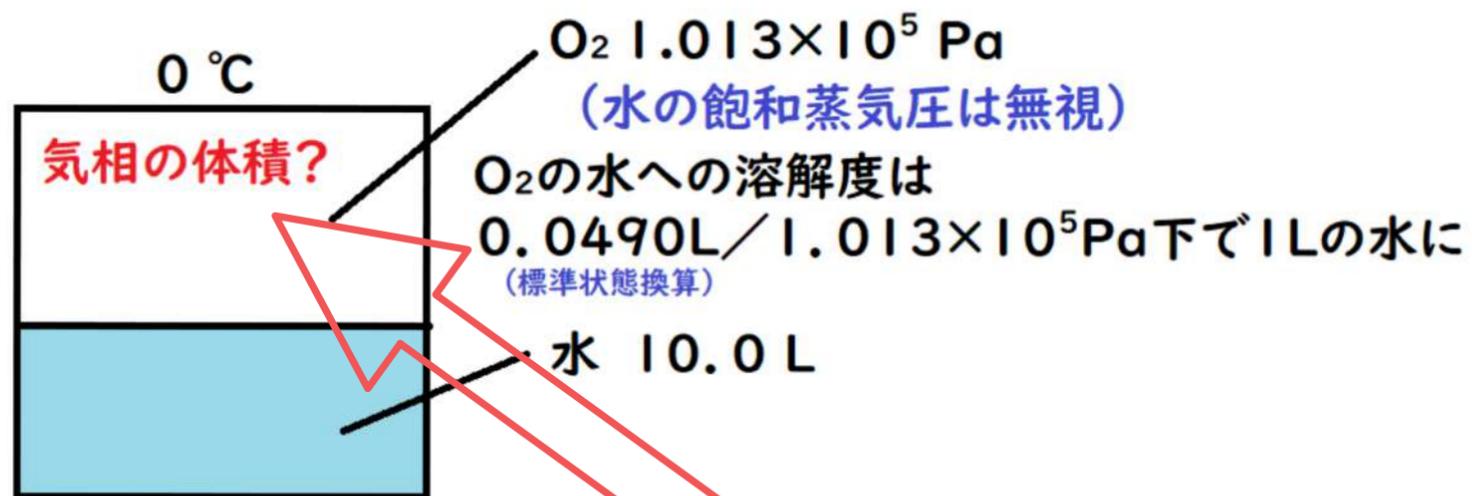
↓ 問 ii への接続

気体のO<sub>2</sub>の質量は? —

$$32 \times 0.100 - 0.700 = 2.500 \text{ (g)}$$

$$(0.07812 \text{ mol})$$

その体積は? —



## II-2 気体の溶解度

【解答】 問 i 0.70 g      問 ii 6.7×10<sup>-2</sup> g      問 iii 2.2×10<sup>4</sup> Pa

【解説】 問 i 単純にヘンリーの法則に代入するだけ。

$$\frac{0.0490}{22.4} \times \frac{1.013 \times 10^5}{1.013 \times 10^5} \times \frac{10.0}{1.00} \times 32 \Rightarrow 0.700 \text{ (g)}$$

↓ 問 ii への接続 **重要なポイント** ♥

気体のO<sub>2</sub>の質量は？

$$32 \times 0.100 - 0.700 = 2.500 \text{ (g)}$$

$$(0.07812 \text{ mol})$$

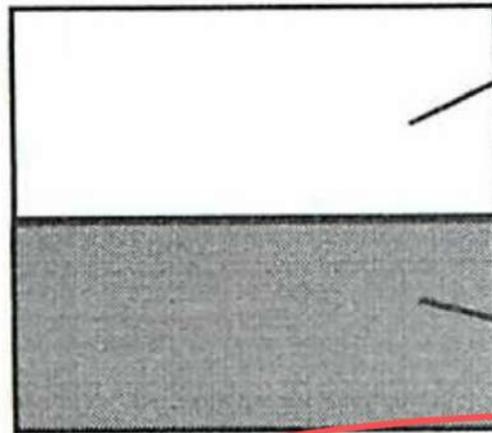
その体積は？

$$22.4 \times \frac{2.500}{32} = 1.750 \text{ (L)}$$

問 ii

前問の結果より。

【解説】 問 ii



水素(気体);  $P$  Pa, 1.750 L,  $n$ (気) mol,  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

合計; 0.300 mol

$n$ (溶解) mol

水素(溶解); 溶解度は0.0220 L、水は10.0 L

水素(気体)の物質量は？

$$n(\text{気}) = \frac{1.750}{22.4} \times \frac{P}{1.013 \times 10^5}$$

水素(溶解)の物質量は？

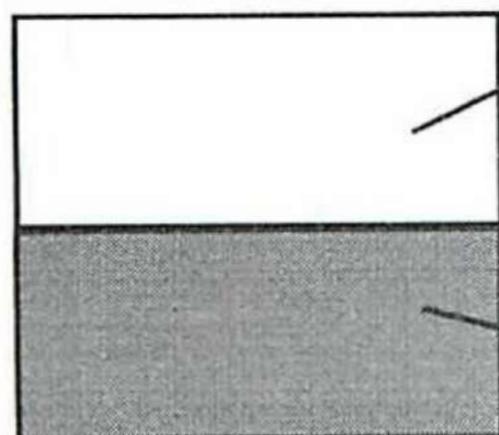
水素の総物質量は？

連立して解くと

$PV=nRT$  より、  
物質量は体積と圧力の積に  
比例する。

1モルのとき、22.4L、  
 $1.013 \times 10^5$  Paだから...

【解説】 問 ii



水素(気体);  $P$  Pa、1.750 L、 $n(\text{気})$  mol、 $0\text{ }^\circ\text{C}$

合計; 0.300 mol

$n(\text{溶解})$  mol

水素(溶解); 溶解度は0.0220 L、水は10.0 L

水素(気体)の物質量は？

$$n(\text{気}) = \frac{1.750}{22.4} \times \frac{P}{1.013 \times 10^5}$$

水素(溶解)の物質量は？

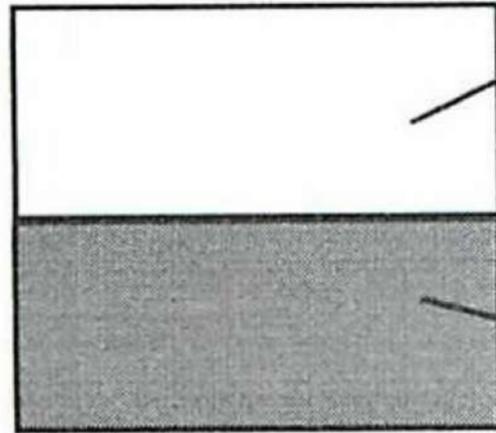
$$n(\text{溶解}) = \frac{0.0220}{22.4} \times \frac{P}{1.013 \times 10^5} \times \frac{10.0}{1.00}$$

水素の総物質量は？

連立して解くと



【解説】 問 ii



水素(気体);  $P$  Pa、1.750 L、 $n(\text{気})$  mol、 $0^\circ\text{C}$

合計; 0.300 mol

$n(\text{溶解})$  mol

水素(溶解); 溶解度は0.0220 L、水は10.0 L

水素(気体)の物質量は? \_\_\_\_\_

$$n(\text{気}) = \frac{1.750}{22.4} \times \frac{P}{1.013 \times 10^5}$$

水素(溶解)の物質量は? \_\_\_\_\_

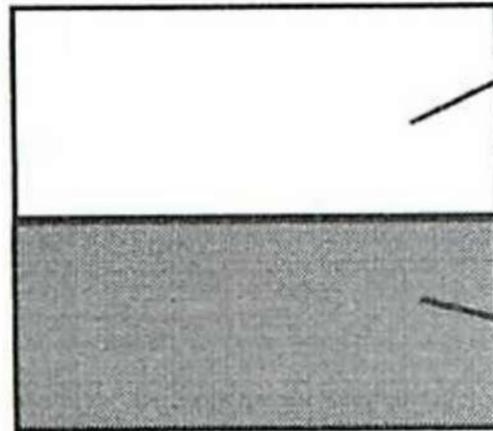
$$n(\text{溶解}) = \frac{0.0220}{22.4} \times \frac{P}{1.013 \times 10^5} \times \frac{10.0}{1.00}$$

水素の総物質量は? \_\_\_\_\_

$$n(\text{気}) + n(\text{溶解}) = 0.300$$

連立して解くと

【解説】 問 ii



水素(気体);  $P$  Pa、1.750 L、 $n$ (気) mol、 $0^\circ\text{C}$

合計; 0.300 mol

$n$ (溶解) mol

水素(溶解); 溶解度は0.0220 L、水は10.0 L

水素(気体)の物質量は?

$$n(\text{気}) = \frac{1.750}{22.4} \times \frac{P}{1.013 \times 10^5}$$

水素(溶解)の物質量は?

$$n(\text{溶解}) = \frac{0.0220}{22.4} \times \frac{P}{1.013 \times 10^5} \times \frac{10.0}{1.00}$$

水素の総物質量は?

$$n(\text{気}) + n(\text{溶解}) = 0.300$$

連立して解くと

$$P = 3.455 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{水素(気体)} = 0.2665 \text{ mol}$$

$$\text{水素(溶解)} = 0.0335 \text{ mol}$$

$$\rightarrow 0.0670 \text{ g}$$

問 iii

問 iii 問 i, 問 ii より, 点火前の気体の  $\text{H}_2$  と  $\text{O}_2$  の物質量の比は,

$$0.2665 \text{ mol} : 0.07812 \text{ mol} \approx 3.4 : 1$$

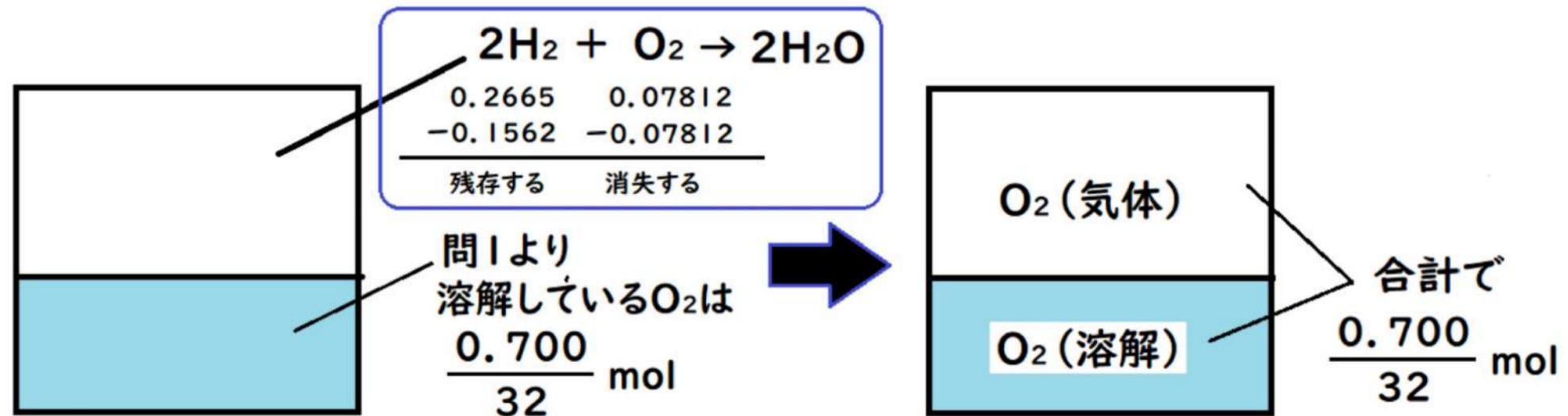
よって, 酸素はすべて反応し, 水に溶けていた酸素が反応後に一部気体になる。  
このときの酸素の分圧を  $p'$  [Pa] とすると,

問iii、問i、問iiより、点火前の気体のH<sub>2</sub>とO<sub>2</sub>の物質量の比は、

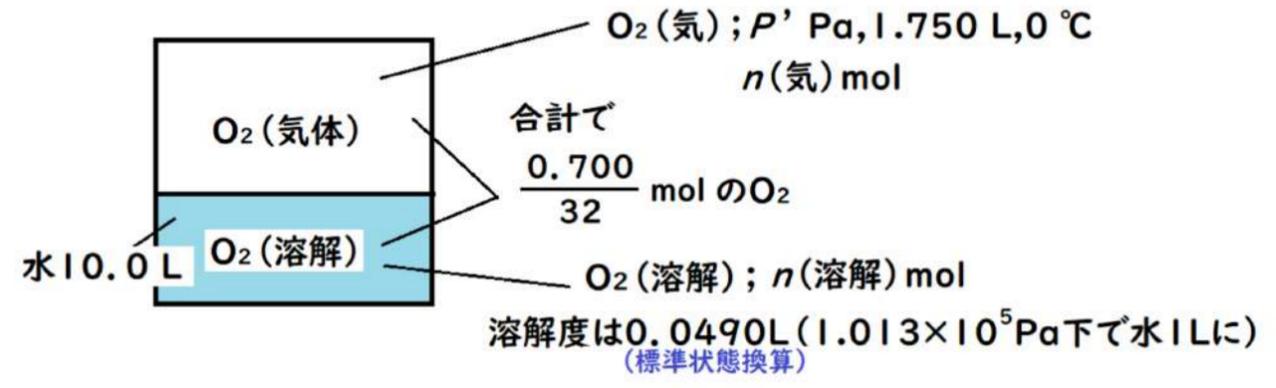
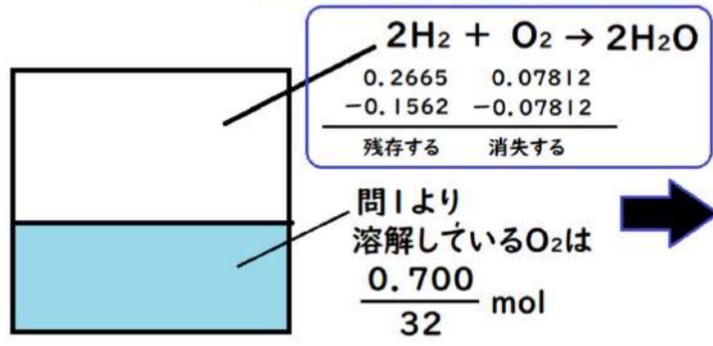
$$0.2665 \text{ mol} : 0.07812 \text{ mol} \approx 3.4 : 1$$

よって、酸素はすべて反応し、水に溶けていた酸素が反応後に一部気体になる。  
このときの酸素の分圧を  $p'$  [Pa] とすると、

反応は気相中の物質だけで完結すると題意にある。



反応は気相中の物質だけで完結すると題意にある。



酸素(気体)の物質量は? \_\_\_\_\_

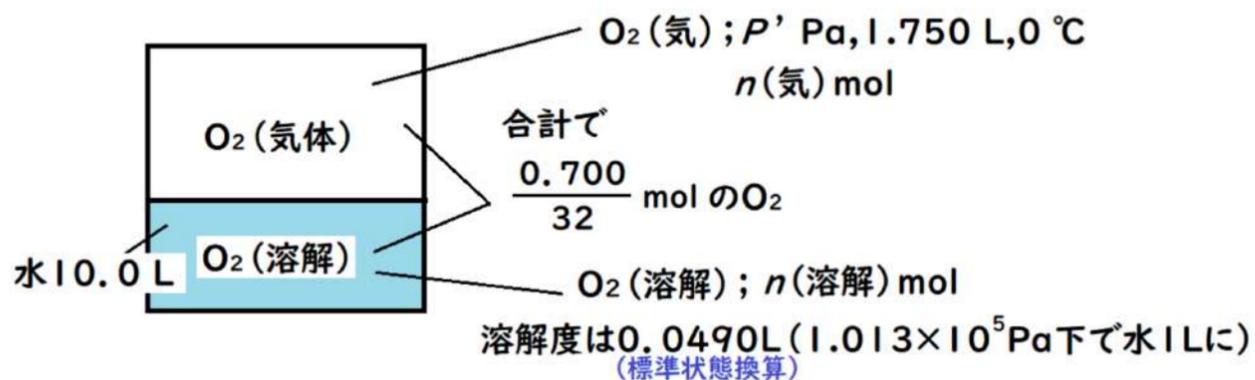
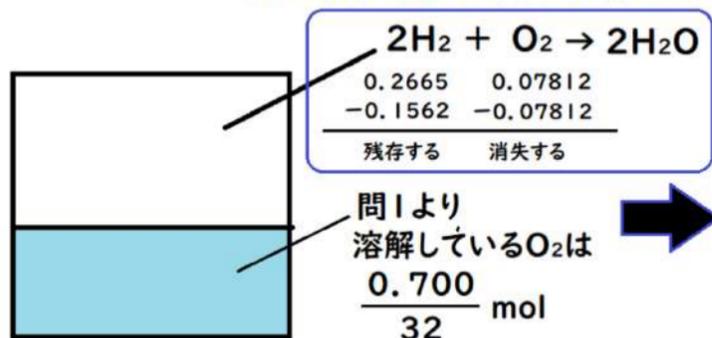
$$n(\text{気}) = \frac{1.75}{22.4} \times \frac{p'}{1.013 \times 10^5}$$

酸素(溶解)の物質量は? \_\_\_\_\_

酸素の総物質量は? \_\_\_\_\_

連立して解くと  
PV=nRT より、  
物質量は体積と圧力の積に  
比例する。  
1モルのとき、22.4L,  
1.013×10<sup>5</sup>Paだから...

反応は気相中の物質だけで完結すると題意にある。



酸素(気体)の物質量は? \_\_\_\_\_

$$n(\text{気}) = \frac{1.75}{22.4} \times \frac{p'}{1.013 \times 10^5}$$

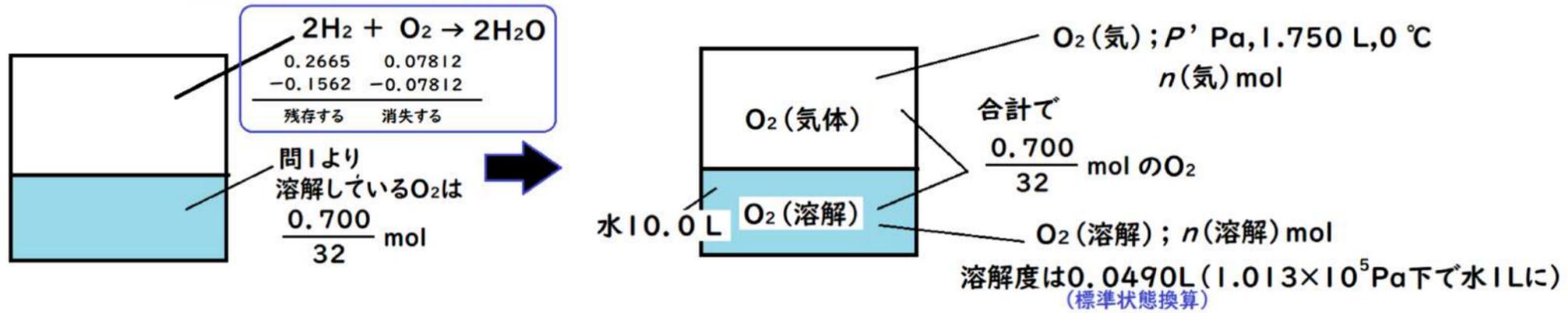
酸素(溶解)の物質量は? \_\_\_\_\_

$$n(\text{溶解}) = \frac{0.0490}{22.4} \times \frac{p'}{1.013 \times 10^5} \times \frac{10.0}{1.00}$$

酸素の総物質量は? \_\_\_\_\_

連立して解くと

反応は気相中の物質だけで完結すると題意にある。



酸素(気体)の物質量は？

$$n(\text{気}) = \frac{1.75}{22.4} \times \frac{P'}{1.013 \times 10^5}$$

酸素(溶解)の物質量は？

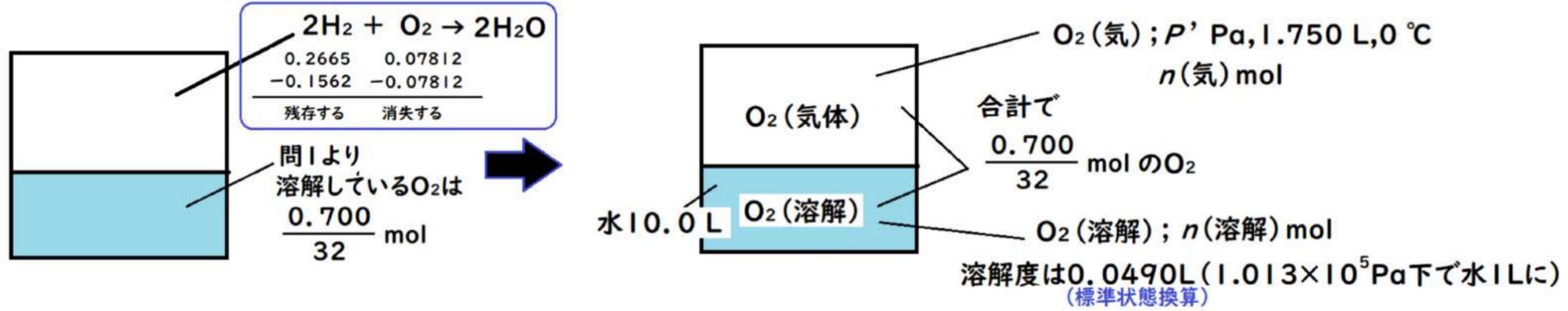
$$n(\text{溶解}) = \frac{0.0490}{22.4} \times \frac{P'}{1.013 \times 10^5} \times \frac{10.0}{1.00}$$

酸素の総物質量は？

$$n(\text{気}) + n(\text{溶解}) = \frac{0.700}{32}$$

連立して解くと

反応は気相中の物質だけで完結すると題意にある。



酸素(気体)の物質量は？

$$n(\text{気}) = \frac{1.75}{22.4} \times \frac{p'}{1.013 \times 10^5}$$

酸素(溶解)の物質量は？

$$n(\text{溶解}) = \frac{0.0490}{22.4} \times \frac{p'}{1.013 \times 10^5} \times \frac{10.0}{1.00}$$

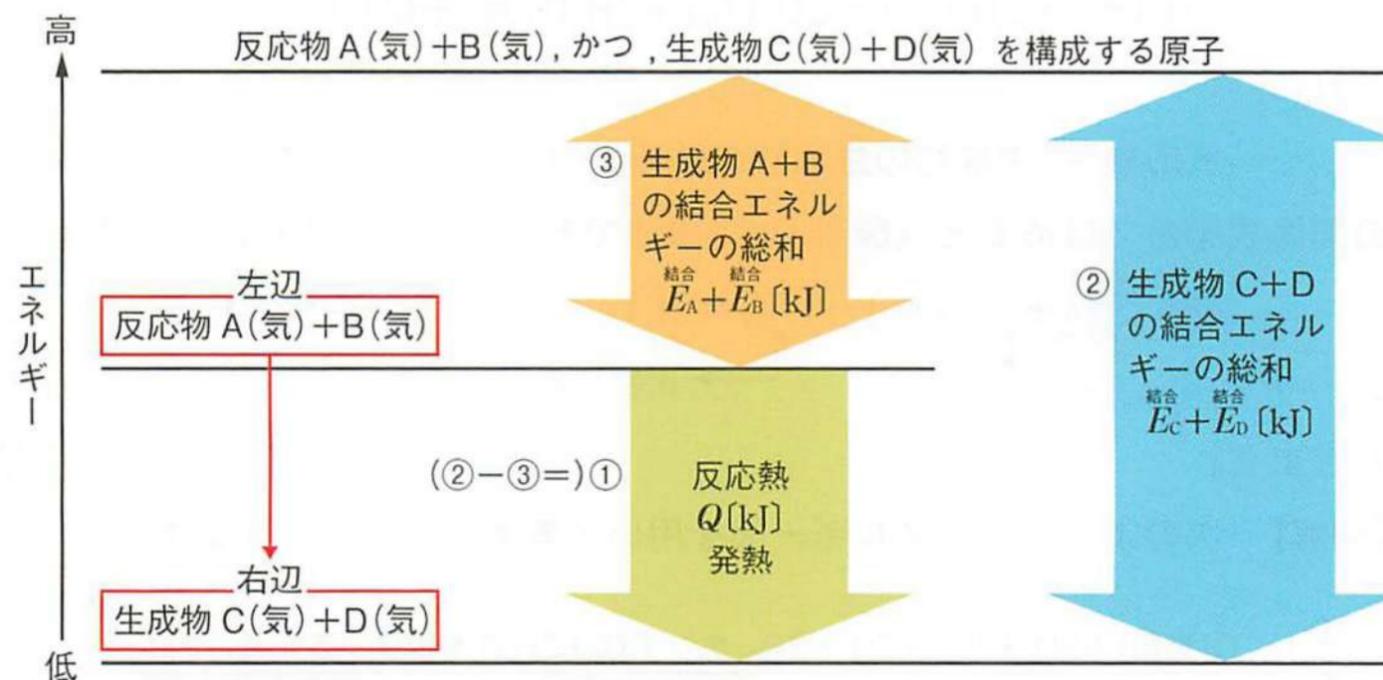
酸素の総物質量は？

$$n(\text{気}) + n(\text{溶解}) = \frac{0.700}{32}$$

連立して解くと

$$p' = 2.21 \times 10^4 \text{ (Pa)}$$

## II-3 熱化学



すなわち、結合エネルギーと反応熱の間には、次の関係が成立します。

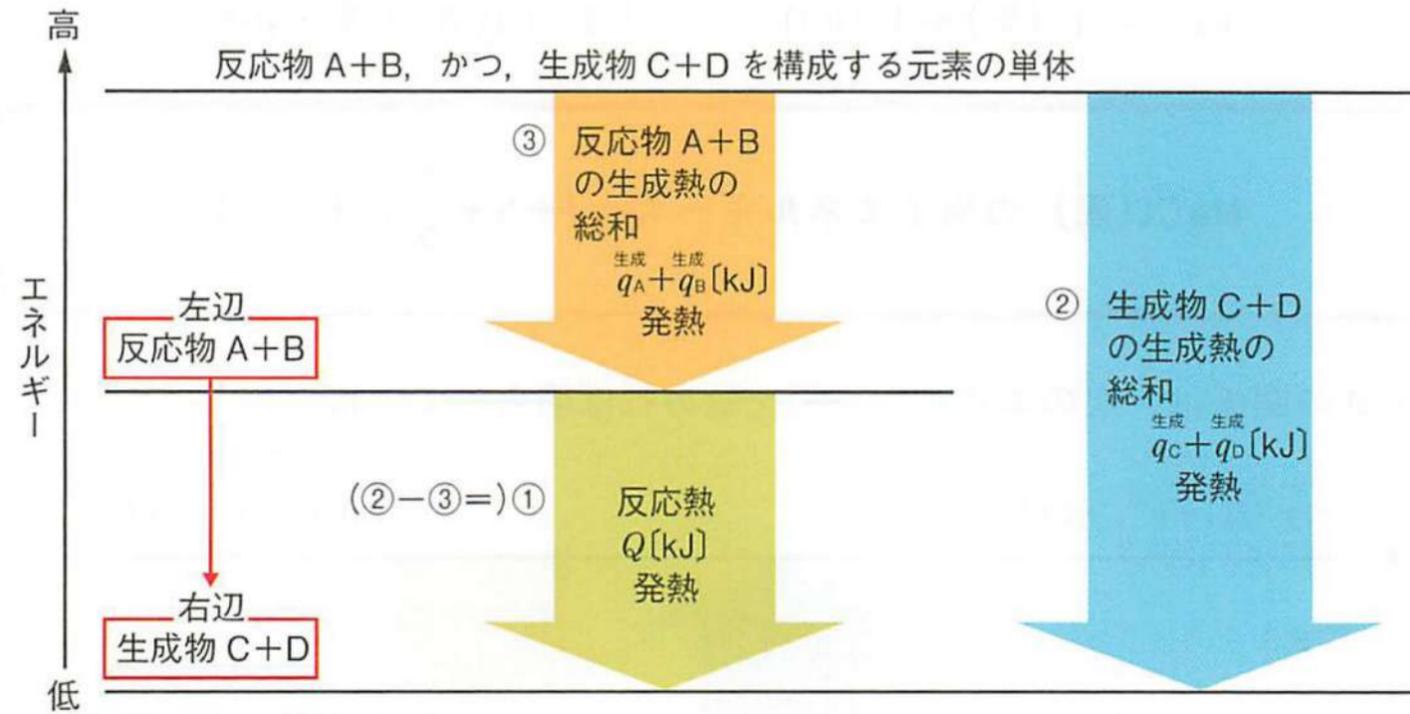
①反応熱=②(右辺の結合エネルギーの総和)

-③(左辺の結合エネルギーの総和)

結合エネルギーと反応熱の関係は？

反応熱 = (生成物の結合エネルギーの総和) - (反応物の結合エネルギーの総和)

この関係は、反応物・生成物ともにすべて気体のときに成立する！  
C(黒鉛)を除く



すなわち、生成熱と反応熱の間には、次の関係が成立します。

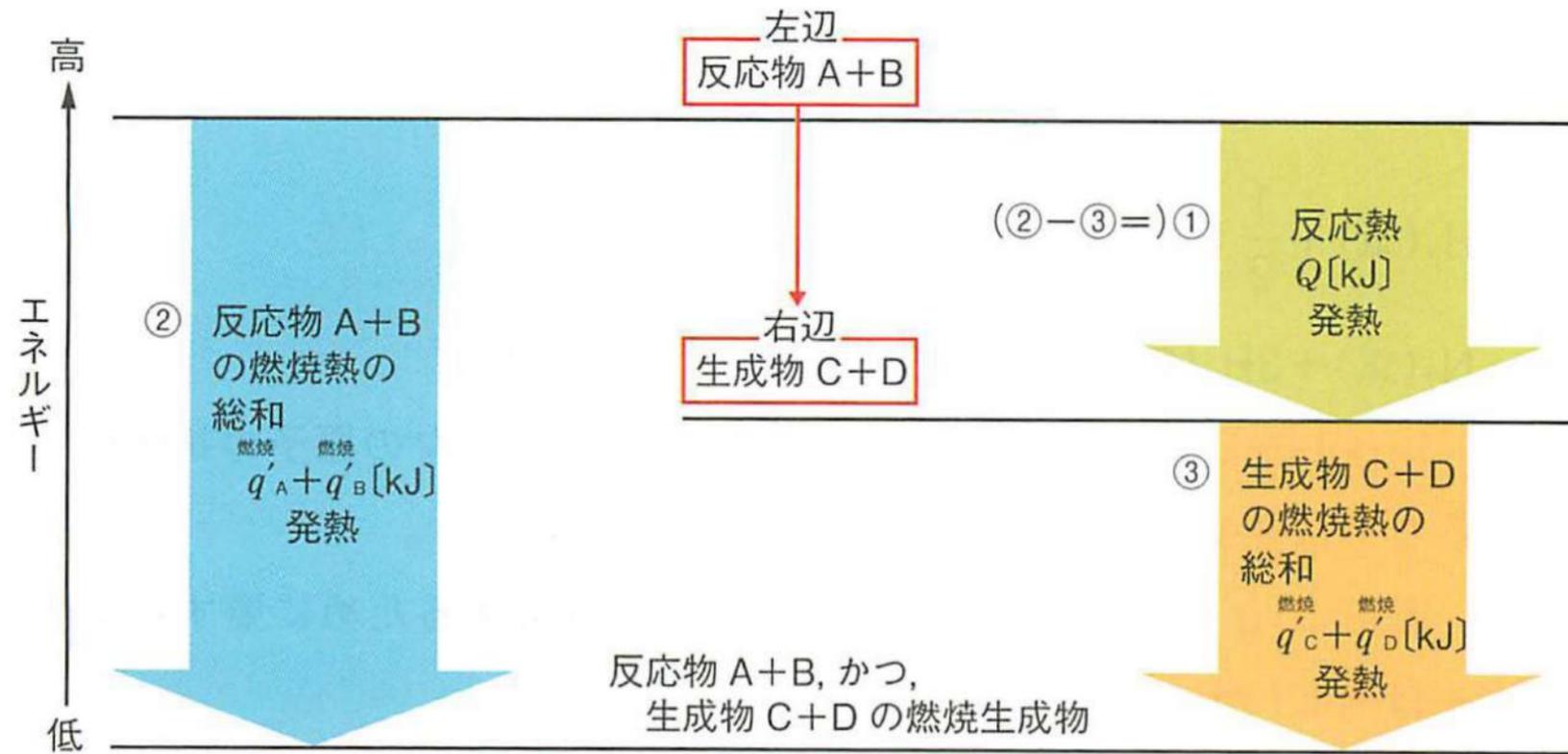
$$\text{①(反応熱)} = \text{②(右辺の生成熱の総和)} - \text{③(左辺の生成熱の総和)}$$

生成熱と反応熱の関係は？

$$\text{反応熱} = (\text{生成物の生成熱の総和}) - (\text{反応物の生成熱の総和})$$

ただし、単体の生成熱は0とする！

→ 同素体がある場合には、25°C, 1013 hPa で最も安定な単体の生成熱を0とする。



すなわち、①(反応熱) = ②(左辺の燃焼熱の和) - ③(右辺の燃焼熱の和)

燃焼熱と反応熱の関係は？

反応熱 = (左辺の燃焼熱の総和) - (右辺の燃焼熱の総和)

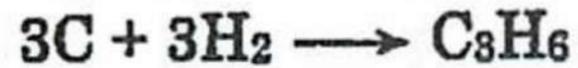
生成熱や結合エネルギーの場合とは違い、左辺 - 右辺！

## Ⅱ-3 熱化学

【解答】 問 i 38 kJ/mol 問 ii A:3 B:5

【解説】 問 i

シクロプロパンの生成の化学反応式は以下のとおり。



用いる考え方

反応熱 = (反応物の燃焼熱の和) - (生成物の燃焼熱の和)

反応熱(ここでは生成熱) =

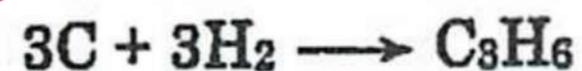
$$Q = \frac{\text{生成熱}}{n(=3)} =$$

## Ⅱ-3 熱化学

【解答】 問 i 38 kJ/mol 問 ii A:3 B:5

【解説】 問 i

シクロプロパンの生成の化学反応式は以下のとおり。



燃焼熱 394 286 2091

用いる考え方

反応熱 = (反応物の燃焼熱の和) - (生成物の燃焼熱の和)

反応熱(ここでは生成熱) =

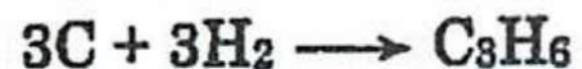
$$Q = \frac{\text{生成熱}}{n(=3)} =$$

## II-3 熱化学

【解答】 問 i 38 kJ/mol 問 ii A:3 B:5

【解説】 問 i

シクロプロパンの生成の化学反応式は以下のとおり。



燃焼熱 394 286 2091

用いる考え方

$$\text{反応熱} = \text{左辺の (反応物の燃焼熱の和)} - \text{右辺の (生成物の燃焼熱の和)}$$

反応熱(ここでは生成熱)=

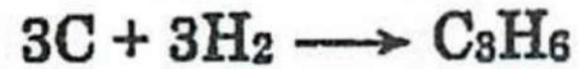
$$Q = \frac{\text{生成熱}}{n(=3)} =$$

## II-3 熱化学

【解答】 問 i 38 kJ/mol 問 ii A:3 B:5

【解説】 問 i

シクロプロパンの生成の化学反応式は以下のとおり。



燃焼熱 394 286 2091

用いる考え方

反応熱 =  $\frac{\text{左辺の}}{\text{反応物の燃焼熱の和}} - \frac{\text{右辺の}}{\text{生成物の燃焼熱の和}}$

反応熱(ここでは生成熱) =  $3 \times 394 + 3 \times 286 - 2091 = -51$

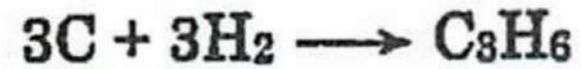
$$Q = \frac{\text{生成熱}}{n(=3)} =$$

## II-3 熱化学

【解答】 問 i 38 kJ/mol 問 ii A:3 B:5

【解説】 問 i

シクロプロパンの生成の化学反応式は以下のとおり。



燃焼熱 394 286 2091

用いる考え方

反応熱 = (左辺の反応物の燃焼熱の和) - (右辺の生成物の燃焼熱の和)

$$\text{反応熱(ここでは生成熱)} = 3 \times 394 + 3 \times 286 - 2091 = -51$$

$$Q = \frac{\text{生成熱}}{n(=3)} = \frac{-51}{3} = -17 \text{ (kJ/mol)}$$

シクロヘキサンの生成の化学反応式は以下のとおり。



用いる考え方

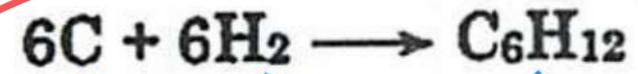
$$\text{反応熱} = (\text{反応物の燃焼熱の和}) - (\text{生成物の燃焼熱の和})$$

反応熱(ここでは生成熱)=

$$Q = \frac{\text{生成熱}}{n(=6)} =$$

よって、求める値は、 $21 - (-17) = 38(\text{kJ/mol})$

シクロヘキサンの生成の化学反応式は以下のとおり。



燃焼熱 394 286 3954

用いる考え方

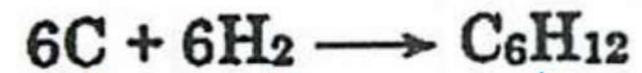
反応熱 = (反応物の燃焼熱の和) - (生成物の燃焼熱の和)

反応熱(ここでは生成熱) =

$$Q = \frac{\text{生成熱}}{n(=6)} =$$

よって、求める値は、 $21 - (-17) = 38(\text{kJ/mol})$

シクロヘキサンの生成の化学反応式は以下のとおり。



燃焼熱 394 286 3954

用いる考え方

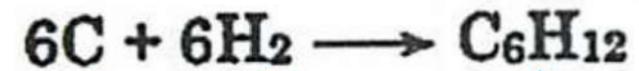
反応熱 =  $\frac{\text{左辺の}}{\text{反応物の燃焼熱の和}} - \frac{\text{右辺の}}{\text{生成物の燃焼熱の和}}$

反応熱(ここでは生成熱)=

$$Q = \frac{\text{生成熱}}{n(=6)} = \frac{126}{6} = 21 \text{ (kJ/mol)}$$

よって、求める値は、 $21 - (-17) = 38 \text{ (kJ/mol)}$

シクロヘキサンの生成の化学反応式は以下のとおり。



燃焼熱 394 286 3954

用いる考え方

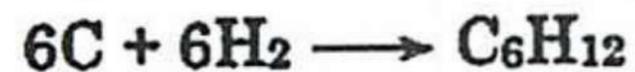
反応熱 =  $\overset{\text{左辺の}}{\text{(反応物の燃焼熱の和)}} - \overset{\text{右辺の}}{\text{(生成物の燃焼熱の和)}}$

反応熱(ここでは生成熱) =  $6 \times 394 + 6 \times 286 - 3954 = 126$

$$Q = \frac{\text{生成熱}}{n(=6)}$$

よって、求める値は、 $21 - (-17) = 38(\text{kJ/mol})$

シクロヘキサンの生成の化学反応式は以下のとおり。



燃焼熱 394 286 3954

用いる考え方

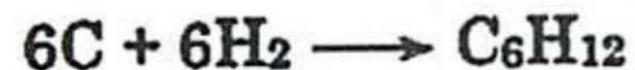
反応熱 =  $\overset{\text{左辺の}}{\text{(反応物の燃焼熱の和)}} - \overset{\text{右辺の}}{\text{(生成物の燃焼熱の和)}}$

$$\text{反応熱(ここでは生成熱)} = 6 \times 394 + 6 \times 286 - 3954 = 126$$

$$Q = \frac{\text{生成熱}}{n(=6)} = \frac{126}{6} = 21 \text{ (kJ/mol)}$$

よって、求める値は、 $21 - (-17) = 38 \text{ (kJ/mol)}$

シクロヘキサンの生成の化学反応式は以下のとおり。



燃焼熱 394 286 3954

用いる考え方

左辺の 右辺の  
反応熱 = (反応物の燃焼熱の和) - (生成物の燃焼熱の和)

$$\text{反応熱(ここでは生成熱)} = 6 \times 394 + 6 \times 286 - 3954 = 126$$

$$Q = \frac{\text{生成熱}}{n(=6)} = \frac{126}{6} = 21 \text{ (kJ/mol)}$$

よって、求める値は、 $21 - (-17) = 38 \text{ (kJ/mol)}$

解釈①

$C_nH_{2n}$  の燃焼熱を  $Q_n$  とすると,

解釈②

$$Q = \frac{\text{生成熱}}{n(=3)} = \frac{-51}{3} = -17 \text{ (kJ/mol)}$$

$$Q = \frac{\text{生成熱}}{n(=6)} = \frac{126}{6} = 21 \text{ (kJ/mol)}$$

解釈①

環ひずみ大きい程  $Q$  の値は小さいと考えられる。

$C_nH_{2n}$  の燃焼熱を  $Q_n$  とすると、

解釈②

解釈①

環ひずみ大きい程  $Q$  の値は小さいと考えられる。

$C_nH_{2n}$  の燃焼熱を  $Q_n$  とすると、

解釈②

$$Q = \frac{n \times 394 + n \times 286 - Q_n}{n} = 680 - \frac{Q_n}{n} \text{ (kJ/mol)}$$

$$\text{反応熱(ここでは生成熱)} = 6 \times 394 + 6 \times 286 - 3954 = 126$$

$$\text{反応熱(ここでは生成熱)} = 3 \times 394 + 3 \times 286 - 2091 = -51$$

解釈①

環ひずみが大きい程  $Q$  の値は小さいと考えられる。

$C_nH_{2n}$  の燃焼熱を  $Q_n$  とすると、

解釈②

$$Q = \frac{n \times 394 + n \times 286 - Q_n}{n} = 680 - \frac{Q_n}{n} \text{ (kJ/mol)}$$

問 ii

1~5 の  $Q$  の値を問 i と同様に求めると、

1 : 16.2    2 : 17.5    3 : 15.4    4 : 17.0    5 : 19.6

解釈①

環ひずみが大きい程  $Q$  の値は小さいと考えられる。

$C_nH_{2n}$  の燃焼熱を  $Q_n$  とすると、

解釈②

$$Q = \frac{n \times 394 + n \times 286 - Q_n}{n} = 680 - \frac{Q_n}{n} \text{ (kJ/mol)}$$

問 ii

1~5 の  $Q$  の値を問 i と同様に求めると、

1 : 16.2    2 : 17.5    3 : 15.4    4 : 17.0    5 : 19.6

$Q$  の値が もっとも小さい  
環ひずみが もっとも大きい

解釈①

環ひずみが大きい程  $Q$  の値は小さいと考えられる。

$C_nH_{2n}$  の燃焼熱を  $Q_n$  とすると、

解釈②

$$Q = \frac{n \times 394 + n \times 286 - Q_n}{n} = 680 - \frac{Q_n}{n} \text{ (kJ/mol)}$$

問 ii

1~5 の  $Q$  の値を問 i と同様に求めると、

1 : 16.2    2 : 17.5    3 : 15.4    4 : 17.0    5 : 19.6

$Q$  の値が もっとも小さい  
環ひずみが もっとも大きい

$Q$  の値が もっとも大きい  
環ひずみが もっとも小さい

## II-4 反应速度、化学平衡-1

Ⅱ-4 反応速度, 化学平衡-1

【解答】 問 i 3 問 ii 0.7 倍

【解説】  $T$  (K)  $1.5T$  (K)

1. 状態Ⅰから状態Ⅱに変化しても, 式(1)の平衡定数は変化しない。

1. (誤) 平衡定数は温度によって 。

**平衡定数の温度依存性**

# 平衡定数の温度依存性

	温度が高くなると	温度が低くなると
$Q > 0$ のとき <small>発熱反応</small>	$K$ の値は小さくなる	$K$ の値は大きくなる
$Q < 0$ のとき <small>吸熱反応</small>	$K$ の値は大きくなる	$K$ の値は小さくなる

温度が高くなると、 $Q > 0$  のとき、平衡は左側に  $\Rightarrow$  平衡定数は減少！

# 平衡定数の温度依存性

	温度が高くなると	温度が低くなると
$Q > 0$ のとき <small>発熱反応</small>	$K$ の値は小さくなる	$K$ の値は大きくなる
$Q < 0$ のとき <small>吸熱反応</small>	$K$ の値は大きくなる	$K$ の値は小さくなる

温度が高くなると、 $Q > 0$  のとき、平衡は左側に  $\Rightarrow$  平衡定数は減少！

$$K_{\text{平衡定数}} = \frac{K_{\text{正}}}{K_{\text{逆}}}$$
$$K_{\text{正}} \propto e^{-\frac{E_{\text{正}}}{RT}}$$
$$K_{\text{逆}} \propto e^{-\frac{E_{\text{逆}}}{RT}}$$

$$K_{\text{平衡定数}} \propto \frac{e^{-\frac{E_{\text{正}}}{RT}}}{e^{-\frac{E_{\text{逆}}}{RT}}} = e^{\frac{E_{\text{逆}} - E_{\text{正}}}{RT}}$$

$$K_{\text{平衡定数}} \propto e^{\frac{Q(\text{反応熱})}{RT}}$$

$$K_{\text{平衡定数}} = \frac{K_{\text{正}}}{K_{\text{逆}}}$$
$$K_{\text{正}} \propto e^{-\frac{E_{\text{正}}}{RT}}$$
$$K_{\text{逆}} \propto e^{-\frac{E_{\text{逆}}}{RT}}$$

$$K_{\text{平衡定数}} \propto \frac{e^{-\frac{E_{\text{正}}}{RT}}}{e^{-\frac{E_{\text{逆}}}{RT}}} = e^{\frac{E_{\text{逆}} - E_{\text{正}}}{RT}}$$

$$K_{\text{平衡定数}} \propto e^{\frac{Q(\text{反応熱})}{RT}}$$

$$K_{\text{平衡定数}} = \frac{K_{\text{正}}}{K_{\text{逆}}} \quad K_{\text{正}} \propto e^{-\frac{E_{\text{正}}}{RT}} \\ K_{\text{逆}} \propto e^{-\frac{E_{\text{逆}}}{RT}}$$

$$K_{\text{平衡定数}} \propto \frac{e^{-\frac{E_{\text{正}}}{RT}}}{e^{-\frac{E_{\text{逆}}}{RT}}} = e^{\frac{E_{\text{逆}} - E_{\text{正}}}{RT}}$$

$$K_{\text{平衡定数}} \propto e^{\frac{Q(\text{反応熱})}{RT}}$$

$$K_{\text{平衡定数}} = \frac{K_{\text{正}}}{K_{\text{逆}}} \quad K_{\text{正}} \propto e^{-\frac{E_{\text{正}}}{RT}} \\ K_{\text{逆}} \propto e^{-\frac{E_{\text{逆}}}{RT}}$$

$$K_{\text{平衡定数}} \propto \frac{e^{-\frac{E_{\text{正}}}{RT}}}{e^{-\frac{E_{\text{逆}}}{RT}}} = e^{\frac{E_{\text{逆}} - E_{\text{正}}}{RT}}$$

$$K_{\text{平衡定数}} \propto e^{\frac{Q(\text{反応熱})}{RT}}$$

T (K)

1.5T (K)

P (Pa)

1.8P (Pa)

2. 状態Ⅰから状態Ⅱの変化において、式(1)の平衡は右に移動している。

2. (誤) 平衡の移動が起こらないと仮定すると、温度が 1.5 倍になると、圧力も  に  
なるが、本文 より圧力が 1.8 倍に増加しているため、平衡は   
に移動しているとわかる。

T (K)	1.5T (K)
P (Pa)	1.8P (Pa)

2. 状態Ⅰから状態Ⅱの変化において、式(1)の平衡は右に移動している。

2. (誤) 平衡の移動が起こらないと仮定すると、温度が 1.5 倍になると、圧力も  になるが、本文より圧力が 1.8 倍に増加しているため、平衡は  に移動しているとわかる。

T (K)	1.5T (K)
P (Pa)	1.8P (Pa)

2. 状態Ⅰから状態Ⅱの変化において、式(1)の平衡は右に移動している。

2. (誤) 平衡の移動が起こらないと仮定すると、温度が1.5倍になると、圧力も  に  
なるが、本文より圧力が1.8倍に増加しているため、平衡は   
に移動しているとわかる。

T (K)	1.5T (K)
P (Pa)	1.8P (Pa)

2. 状態Ⅰから状態Ⅱの変化において、式(1)の平衡は右に移動している。

2. (誤) 平衡の移動が起こらないと仮定すると、温度が1.5倍になると、圧力も  になるが、本文より圧力が1.8倍に増加しているため、平衡は  に移動しているとわかる。



T (K)            1.5T (K)  
P (Pa)            1.8P (Pa)

2. 状態Ⅰから状態Ⅱの変化において、式(1)の平衡は右に移動している。

2. (誤) 平衡の移動が起こらないと仮定すると、温度が1.5倍になると、圧力も  になるが、本文より圧力が1.8倍に増加しているため、平衡は  に移動しているとわかる。



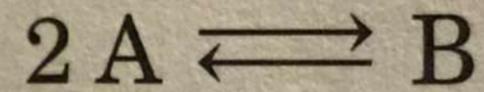
左方向に吸熱

3. Bの生成熱は、Aの生成熱の2倍より大きい。

3. (正) 2より、正反応が  であることがわかる。

より、Bの生成熱はAの生成熱の2倍より大きい。





+QkJ(発熱)

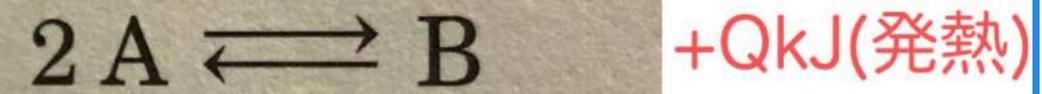
3. Bの生成熱は、Aの生成熱の2倍より大きい。

3. (正) 2より、正反応が

発熱変化

であることがわかる。

より、Bの生成熱はAの生成熱の2倍より大きい。



3. Bの生成熱は、Aの生成熱の2倍より大きい。

3. (正) 2.より、正反応が 発熱変化 であることがわかる。

$$\text{(正反応の反応熱)} = \text{(Bの生成熱)} - 2 \times \text{(Aの生成熱)}$$

より、Bの生成熱はAの生成熱の2倍より大きい。



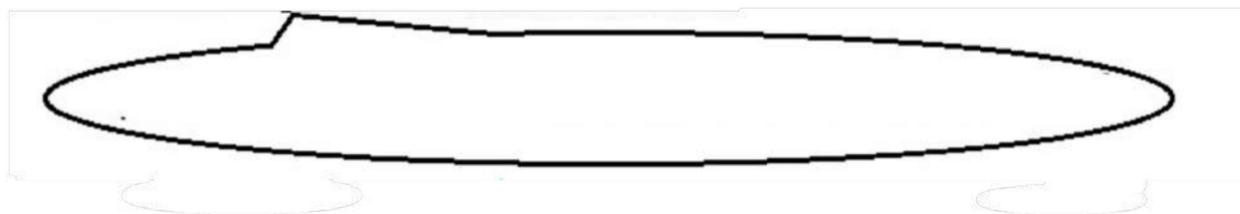


3. Bの生成熱は、Aの生成熱の2倍より大きい。

3. (正) 2より、正反応が  であることがわかる。

$$(\text{正反応の反応熱}) = (\text{Bの生成熱}) - 2 \times (\text{Aの生成熱}) > 0$$

より、Bの生成熱はAの生成熱の2倍より大きい。





3. Bの生成熱は、Aの生成熱の2倍より大きい。

3. (正) 2より、正反応が  であることがわかる。

$$(\text{正反応の反応熱}) = (\text{Bの生成熱}) - 2 \times (\text{Aの生成熱}) > 0$$

より、Bの生成熱はAの生成熱の2倍より大きい。



3. Bの生成熱は、Aの生成熱の2倍より大きい。

3. (正) 2.より、正反応が  であることがわかる。

$$(\text{正反応の反応熱}) = (\text{Bの生成熱}) - 2 \times (\text{Aの生成熱}) > 0$$

より、Bの生成熱はAの生成熱の2倍より大きい。

計算式を立ててみれば気が付いたはずだね！

T (K)  
P (Pa)

1.5T (K)  
1.8P (Pa)  
分子数増大

4. 式(1)の逆反応の反応速度は、状態Ⅰのときの方が状態Ⅱのときより大きい。

4. (誤) 状態Ⅱの方が状態Ⅰよりも  かつ  ので、

正反応の反応速度は、 である。

また、状態Ⅰおよび状態Ⅱはいずれも  であるので、

逆反応の反応速度は正反応の反応速度と , 「状態Ⅱ > 状態Ⅰ」である。

T (K)  
P (Pa)

1.5T (K)  
1.8P (Pa)  
分子数増大

4. 式(1)の逆反応の反応速度は、状態Ⅰのときの方が状態Ⅱのときより大きい。

4. (誤) 状態Ⅱの方が状態Ⅰよりも  かつ  ので

正反応の反応速度は、 である。

また、状態Ⅰおよび状態Ⅱはいずれも  であるので、

逆反応の反応速度は正反応の反応速度と , 「状態Ⅱ > 状態Ⅰ」である。

T (K)  
P (Pa)

1.5T (K)  
1.8P (Pa)  
分子数増大

4. 式(1)の逆反応の反応速度は、状態Ⅰのときの方が状態Ⅱのときより大きい。

4. (誤) 状態Ⅱの方が状態Ⅰよりも  かつ  ので、

正反応の反応速度は、 である。

また、状態Ⅰおよび状態Ⅱはいずれも  であるので、

逆反応の反応速度は正反応の反応速度と  , 「状態Ⅱ > 状態Ⅰ」である。

T (K)  
P (Pa)

1.5T (K)  
1.8P (Pa)  
分子数増大

4. 式(1)の逆反応の反応速度は、状態Ⅰのときの方が状態Ⅱのときより大きい。

4. (誤) 状態Ⅱの方が状態Ⅰよりも  かつ  ので、

正反応の反応速度は、 である。

また、状態Ⅰおよび状態Ⅱはいずれも  であるので、

逆反応の反応速度は正反応の反応速度と  , 「状態Ⅱ > 状態Ⅰ」である。

T (K)  
P (Pa)

1.5T (K)  
1.8P (Pa)  
分子数増大

4. 式(1)の逆反応の反応速度は、状態Ⅰのときの方が状態Ⅱのときより大きい。

4. (誤) 状態Ⅱの方が状態Ⅰよりも  かつ  ので、

正反応の反応速度は、 である。

また、状態Ⅰおよび状態Ⅱはいずれも  であるので、

逆反応の反応速度は正反応の反応速度と  , 「状態Ⅱ > 状態Ⅰ」である。

5. 状態Ⅱから、温度、容積を一定に保ったまま気体A, Bのいずれとも反応しない気体Cを加えると、平衡は右に移動する。

5. (誤) 容積一定 で気体Cを加えても平衡は移動しない。

気体A, Bのいずれとも反応しない!

5. 状態Ⅱから、温度、容積を一定に保ったまま気体A, Bのいずれとも反応しない気体Cを加えると、平衡は右に移動する。

5. (誤) 容積一定 で気体Cを加えても平衡は移動しない。

気体A, Bのいずれとも反応しない!

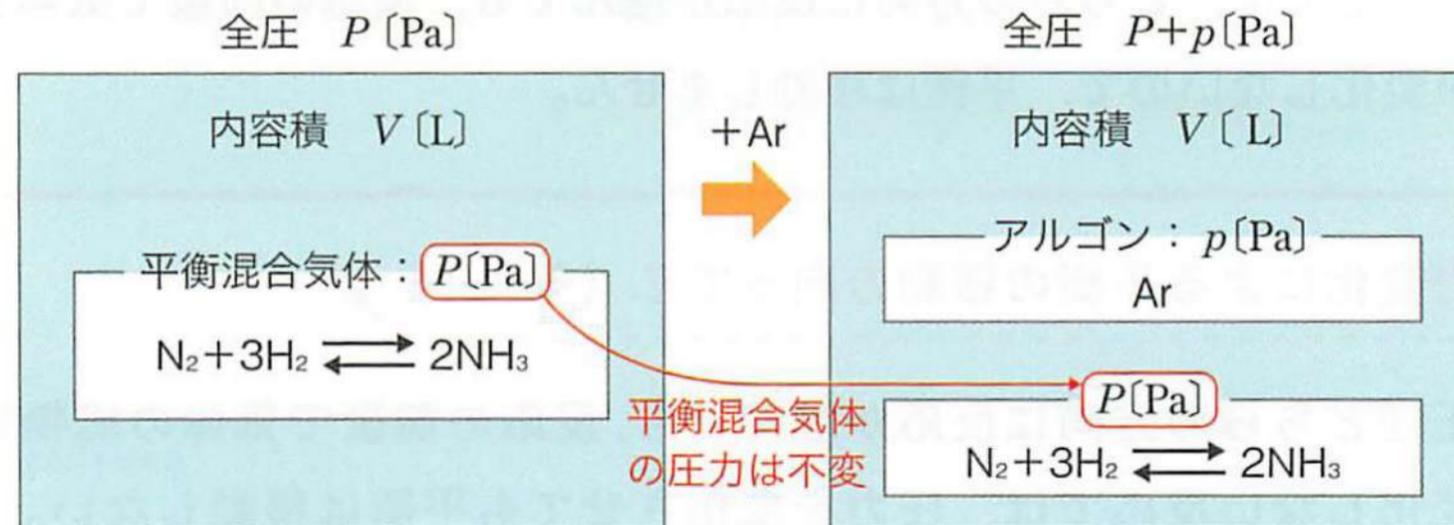
Ar や He を加えたときの平衡の移動方向って? 

- 温度・体積一定：平衡は移動しない。
- 温度・全圧一定：平衡は気体の総物質が増える方向へ移動する。

① 温度・体積一定で、アルゴン Ar を加えると？

または、温度・体積一定で、ヘリウム He など、反応にかかわらない成分を加えると？

Ar を加えても、Ar は上記の可逆反応にかかわらないので、 $N_2$ 、 $H_2$ 、 $NH_3$  の物質量は変わりません。物質量が変わらなければ、体積一定ですから、 $N_2$ 、 $H_2$ 、 $NH_3$  の濃度も変わりません。また濃度が変わらなければ、温度一定ですから、 $N_2$ 、 $H_2$ 、 $NH_3$  の分圧や、それらの和である平衡混合気体の圧力は変わりません。つまり、濃度、(平衡混合気体の) 圧力、温度のいずれも変化しません。よって、平衡は移動しません。



5. 状態Ⅱから、温度、容積を一定に保ったまま気体A, Bのいずれとも反応しない気体Cを加えると、平衡は右に移動する。

5. (誤) 容積一定 で気体Cを加えても平衡は移動しない。

気体A, Bのいずれとも反応しない!

Ar や He を加えたときの平衡の移動方向って?

- 温度・体積一定：平衡は移動しない。
- 温度・全圧一定：平衡は気体の総物質が増える方向へ移動する。

② 温度・全圧一定でアルゴン Ar を加えると？

または、温度・全圧一定で、ヘリウム He など、反応にかかわらない成分を加えると？

Ar を加えると、温度・全圧一定ですから、ピストンが持ち上がり、体積が

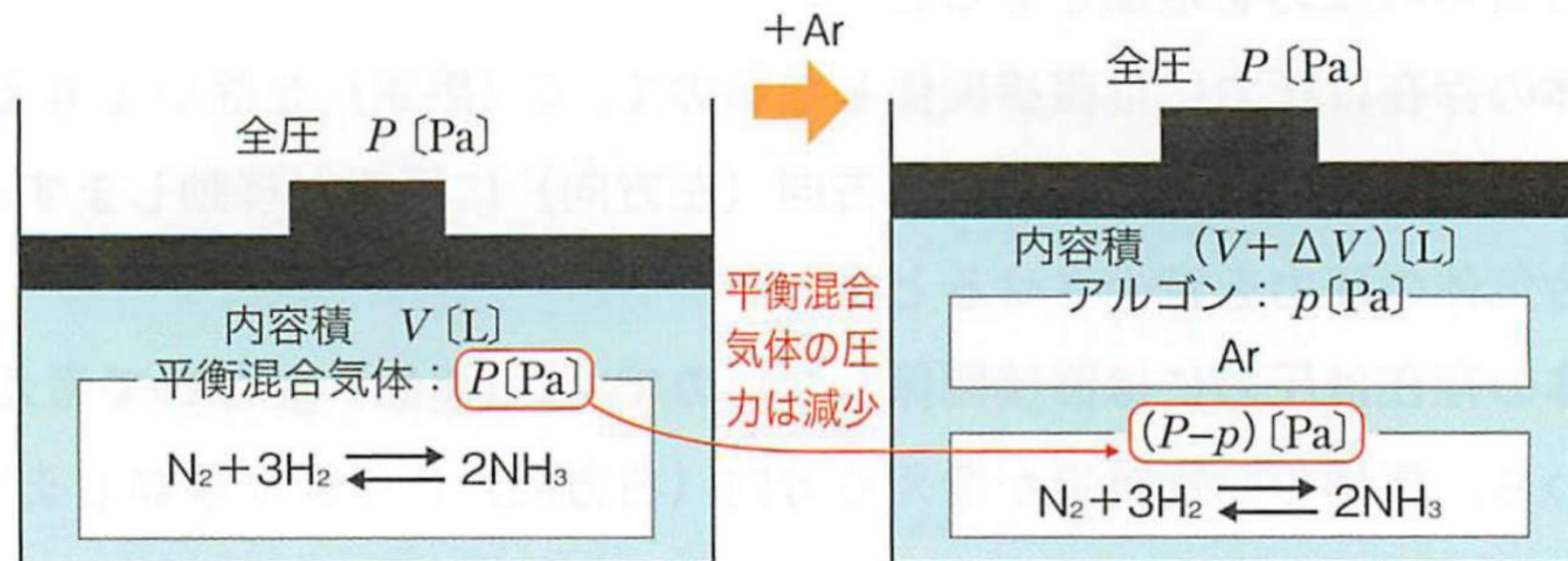
Ar を加える ( $n$  が增大する) と、温度  $T$ 、全圧  $P$ 、 $R$  一定だから、 $PV=nRT$  より、体積  $V$  が增大する

増大します。すなわち、平衡混合気体の総濃度、または、**平衡混合気体の圧**

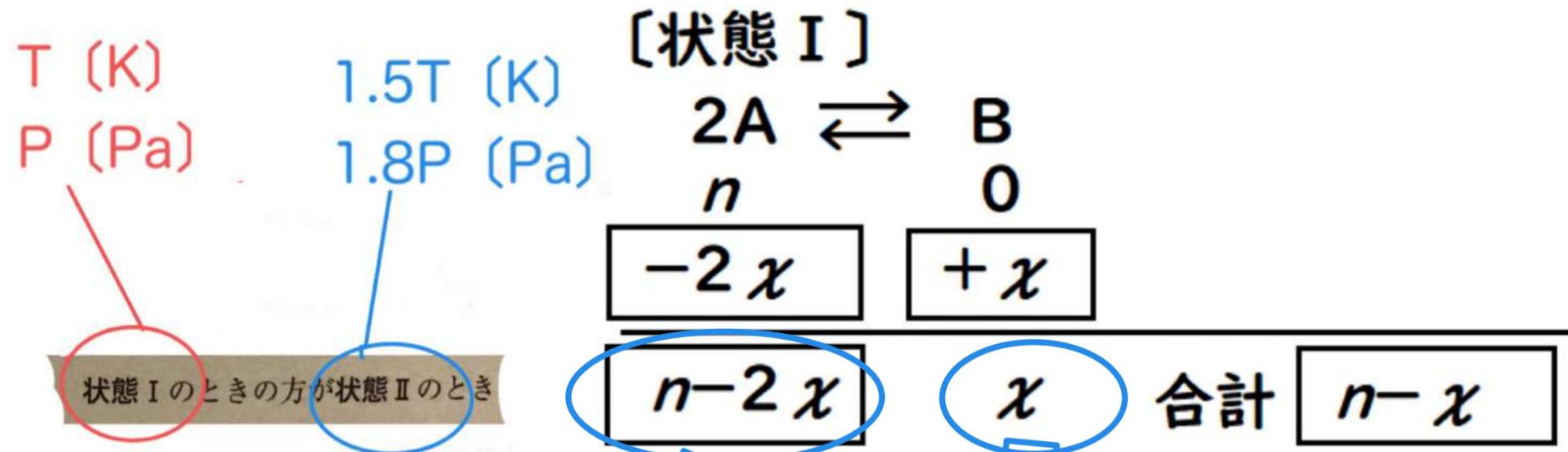


**力は減少します。よって、平衡は気体の総物質が増える方向に移動します。**

平衡混合気体 ( $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ ) の圧力が増える方向



問 ii



状態 I のときの方が状態 II のとき

問 ii 初期状態の気体 A の物質量を  $n$  [mol] とし、  
状態 I までに生成した B の物質量を  $x$  [mol] とすると

状態 I における各成分の物質量は、

気体 A :  $n-2x$  [mol]      気体 B :  $x$  [mol]

となり、

状態 I の全圧を  $P$ 、容器の容積を  $V$ 、気体定数を  $R$  とすると、

状態 I における混合気体の状態方程式は、

..... ①

[状態 I]

$2A \rightleftharpoons B$				
$n \qquad 0$				
<table style="display: inline-table; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <tr><td style="text-align: center;"><math>-2x</math></td></tr> </table> <table style="display: inline-table; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 20px;"> <tr><td style="text-align: center;"><math>+x</math></td></tr> </table>	$-2x$	$+x$		
$-2x$				
$+x$				
<table style="display: inline-table; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <tr><td style="text-align: center;"><math>n-2x</math></td></tr> </table> <table style="display: inline-table; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 20px;"> <tr><td style="text-align: center;"><math>x</math></td></tr> </table> <table style="display: inline-table; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 20px;"> <tr><td style="text-align: center;">合計</td></tr> </table> <table style="display: inline-table; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-left: 20px;"> <tr><td style="text-align: center;"><math>n-x</math></td></tr> </table>	$n-2x$	$x$	合計	$n-x$
$n-2x$				
$x$				
合計				
$n-x$				

T (K)  
P (Pa)

1.5T (K)  
1.8P (Pa)

状態 I のときの方が状態 II のとき

問 ii 初期状態の気体 A の物質量を  $n$  [mol] とし、  
状態 I までに生成した B の物質量を  $x$  [mol] とすると

状態 I における各成分の物質量は、  

気体 A : $n - 2x$ [mol]	気体 B : $x$ [mol]
-----------------------	------------------

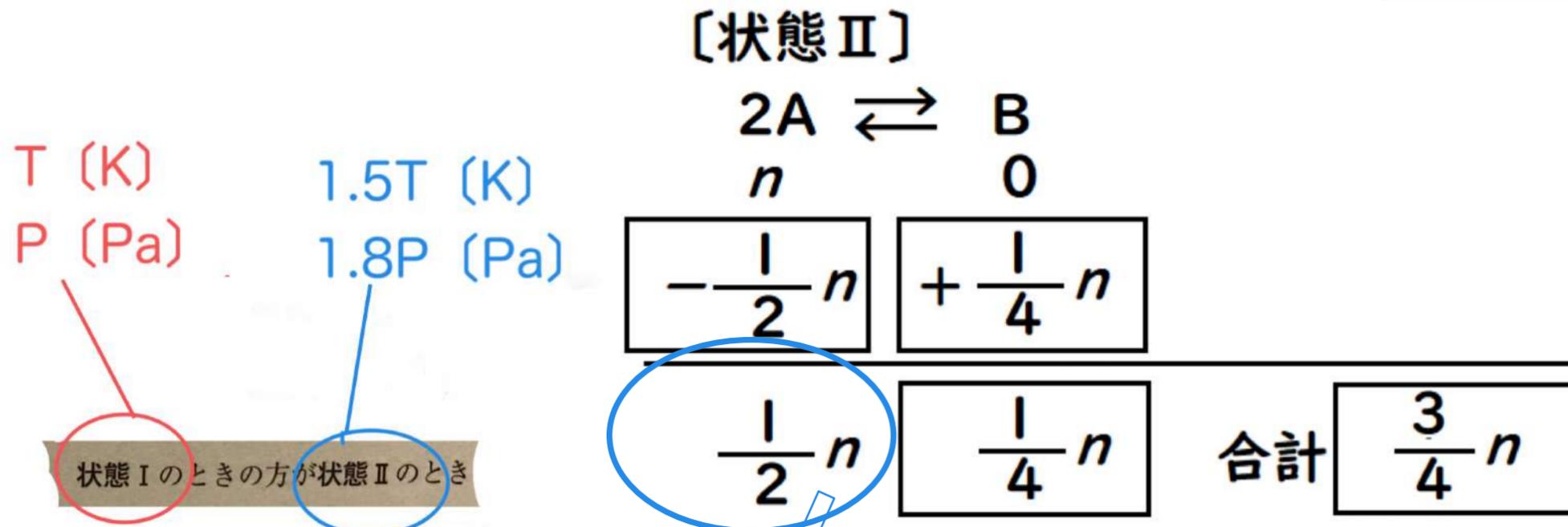
 となり、

状態 I の全圧を  $P$ 、容器の容積を  $V$ 、気体定数を  $R$  とすると、

状態 I における混合気体の状態方程式は、  

$PV = (n - x)RT$
------------------

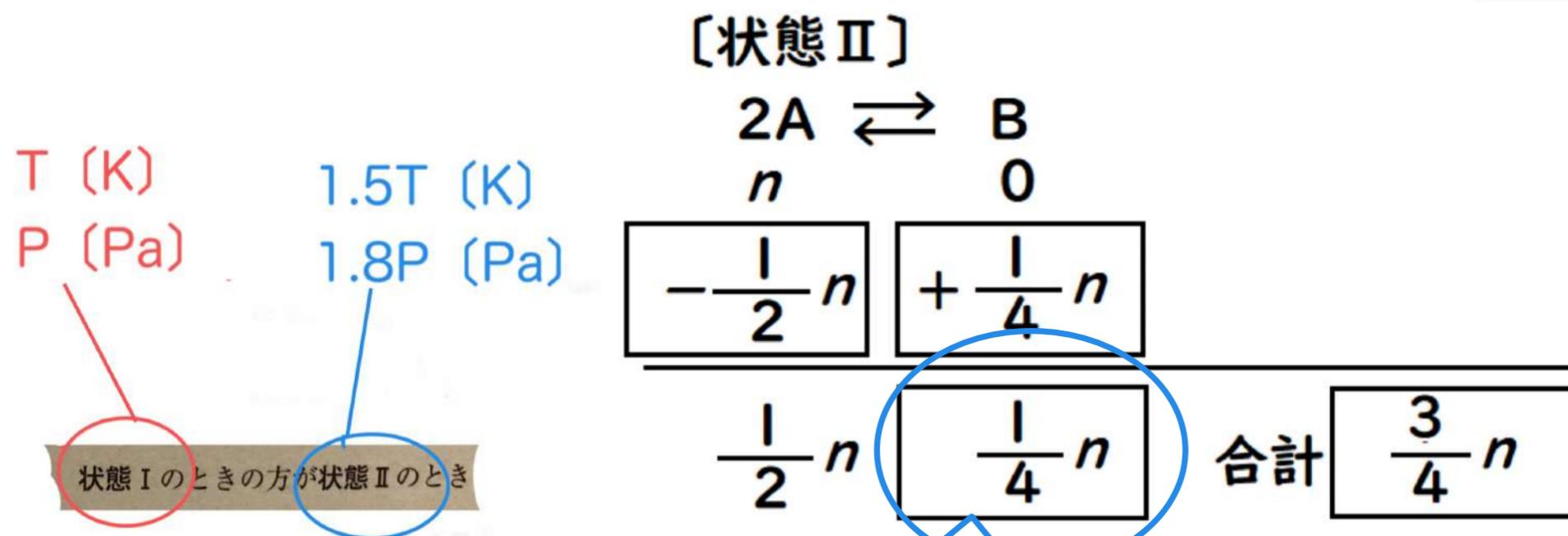
 ..... ①



状態Ⅱにおける気体 A の物質量は  $\frac{n}{2}$  [mol] であるので、

気体 B の物質量は  [mol] となるので、

状態Ⅱにおける混合気体の状態方程式は、  ..... ②



状態Ⅱにおける気体 A の物質量は  $\frac{n}{2}$  [mol] であるので、

気体 B の物質量は  $\frac{n}{4}$  [mol] となるので、

状態Ⅱにおける混合気体の状態方程式は、  
 ..... ②

[状態Ⅱ]

$2A$	$\rightleftharpoons$	$B$	
$n$		$0$	
$-\frac{1}{2}n$		$+\frac{1}{4}n$	
$\frac{1}{2}n$		$\frac{1}{4}n$	合計
			$\frac{3}{4}n$

T (K)

P (Pa)

1.5T (K)

1.8P (Pa)

状態Ⅰのときの方が状態Ⅱのとき

状態Ⅱにおける気体 A の物質量は  $\frac{n}{2}$  [mol] であるので、

気体 B の物質量は  $\frac{n}{4}$  [mol] となるので、

状態Ⅱにおける混合気体の状態方程式は、

$$1.8PV = \frac{3}{4}nR \cdot 1.5T$$

..... ②

状態Ⅰにおける混合気体の状態方程式は、

$$PV = (n - x)RT$$

..... ①

状態Ⅱにおける混合気体の状態方程式は、

$$1.8PV = \frac{3}{4}nR \cdot 1.5T$$

..... ②

①式と②式を比較して、 $x =$   [mol]

以上より、求める値は、 (倍) となる。

状態Ⅰにおける混合気体の状態方程式は、

$$PV = (n - x)RT$$

..... ①

状態Ⅱにおける混合気体の状態方程式は、

$$1.8PV = \frac{3}{4}nR \cdot 1.5T$$

..... ②

①式と②式を比較して、

$x =$

$$\frac{3}{8}n$$

[mol]

以上より、求める値は、

(倍) となる。

状態Ⅰにおける混合気体の状態方程式は、

$$PV = (n - x)RT$$

..... ①

状態Ⅱにおける混合気体の状態方程式は、

$$1.8PV = \frac{3}{4}nR \cdot 1.5T$$

..... ②

①式と②式を比較して、 $x =$

$$\frac{3}{8}n$$

[mol]

すなわち、状態ⅠのBは  $\frac{3}{8}n$  [mol]  
(=  $x$ )

以上より、求める値は、

(倍) となる。

状態 I における混合気体の状態方程式は,

$$PV = (n - x)RT$$

..... ①

状態 II における混合気体の状態方程式は,

$$1.8PV = \frac{3}{4}nR \cdot 1.5T$$

..... ②

①式と②式を比較して,  $x =$

$$\frac{3}{8}n$$

[mol]

すなわち、状態 I のBは  $\frac{3}{8}n$  [mol]  
(-x)

ちなみに、状態 II のBは  $\frac{1}{4}n$  [mol]

以上より, 求める値は,

(倍) となる。

状態Ⅰにおける混合気体の状態方程式は、

$$PV = (n - x)RT$$

..... ①

状態Ⅱにおける混合気体の状態方程式は、

$$1.8PV = \frac{3}{4}nR \cdot 1.5T$$

..... ②

①式と②式を比較して、 $x =$

$$\frac{3}{8}n$$

[mol]

すなわち、状態ⅠのBは  $\frac{3}{8}n$  [mol]  
(=  $x$ )

ちなみに、状態ⅡのBは  $\frac{1}{4}n$  [mol]

以上より、求める値は、

$$\frac{\frac{1}{4}}{\frac{3}{8}} = 0.66$$

(倍) となる。

日々の努力を  
忘れないでね。

"Chemistry"



## II-5 気液平衡

【解答】 問 i 81.4 K      問 ii 0.12      問 iii 0.05

【解説】

問 i 気体中の酸素分子のモル分率は

$$0.2000 = 0.05000T - 3.870 \quad T = 81.4 \text{ (K)}$$

問 ii 全分子の物質量が 1.0000 mol より、酸素の総物質量は、

$$0.5000A + 0.5000B = 0.2000 \text{ より、} T = 79.76 \text{ (K)}$$

$$\text{よって、} A = 0.05000 \times 79.76 - 3.870 = 0.118$$

問 iii すべて、液体として存在するとき  $B = 0.118$  より、 $T = 78.4 \text{ (K)}$

このときの  $A$  が  $A_1$  となるので、

$$A_1 = 0.05000 \times 78.4 - 3.870 = 0.050$$

II-6 反応速度, 化学平衡-1

【解答】 問 i  $K = \frac{k_1}{k_2}$  問 ii 問 A 25 mol 問 B 14 倍

【解説】 問 i 極めて頻出の題材(典型的出題例)ですね。

$$\left. \begin{array}{l} K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} \\ v_1 = k_1[\text{H}_2][\text{I}_2] \\ v_2 = k_2[\text{HI}]^2 \end{array} \right\} \text{平衡時, } v_1 = v_2 \rightarrow \begin{cases} k_1[\text{H}_2][\text{I}_2] = k_2[\text{HI}]^2 \\ \therefore K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{k_1}{k_2} \end{cases}$$

問 ii 問 A 新たに生じた HI を  $x$  [mol], 容器の容積を  $V$  [L] とすると,

最初の平衡時の  $v_2$  は?  $k_2 \left(\frac{36.0}{V}\right)^2$

新たな平衡時の  $v_2$  は?  $k_2 \left(\frac{36.0+x}{V}\right)^2$

題意より  $\rightarrow \frac{k_2 \left(\frac{36.0+x}{V}\right)^2}{k_2 \left(\frac{36.0}{V}\right)^2} = \frac{2.25}{1.50^2}$  新たな平衡時に増えた HI  $\therefore x = 18.0$  (mol)

下線部(ア)の平衡

バランスシート	下線(ア)			$\text{H}_2$	+	$\text{I}_2$	$\rightleftharpoons$	$2\text{HI}$
	はじめ	30.0		20.0				0
	変化量	-18.0		-18.0				+36.0
	平衡時	12.0		2.0				36.0

追加したヨウ素を  $y$  [mol] とすると,  $\text{I}_2$  を追加したときの平衡時

バランスシート	追加後			$\text{H}_2$	+	$\text{I}_2$	$\rightleftharpoons$	$2\text{HI}$
	はじめ	12.0		$2.0 + y$				36.0
	変化量	-9.0		-9.0				+18.0
	平衡時	3.0		$y - 7.0$				54.0

2つの平衡の化学平衡の法則 ( $K$  の値は等しい)

化学平衡の法則

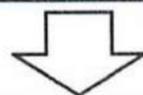
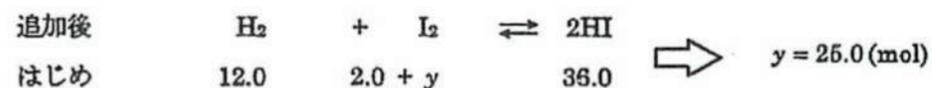
$$K = \frac{\left(\frac{36.0}{V}\right)^2}{\frac{12.0}{V} \times \frac{2.0}{V}} \rightarrow K (= 54.0) = \frac{\left(\frac{54.0}{V}\right)^2}{\frac{3.0}{V} \times \frac{y-7.0}{V}} \therefore y = 25.0 \text{ (mol)}$$

問 B

問 i

$$\begin{aligned} v_1 &= k_1 [\text{H}_2][\text{I}_2] \\ v_2 &= k_2 [\text{HI}]^2 \end{aligned} \Rightarrow \frac{k_1}{k_2} = K$$

問 ii 問 A



式の変形

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{k_1 [\text{H}_2][\text{I}_2]}{k_2 [\text{HI}]^2} = K \times \frac{[\text{H}_2][\text{I}_2]}{[\text{HI}]^2}$$

式への代入

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{12.0}{54.0} \times \frac{2.0 + 25.0}{\left(\frac{36.0}{V}\right)^2} = 13.5 \text{ (倍)}$$

(別解)

$\text{I}_2$  を追加する直前と直後では  $\text{HI}$  の量は等しく、 $v_2$  の値も等しい。

また、ヨウ素を追加する前は平衡状態にあるため、

$v_1 = v_2$  が成り立つので、

$\text{I}_2$  を追加した直後の  $v_2$  の値は、 $\text{I}_2$  を追加する前の  $v_1$  の値に等しい。

求める値は、

$$\frac{v_1(\text{後})}{v_2(\text{後})} = \frac{v_1(\text{後})}{v_1(\text{前})} = \frac{k_1 [\text{H}_2][\text{I}_2](\text{後})}{k_1 [\text{H}_2][\text{I}_2](\text{前})} = \frac{12.0 \times (2.0 + 25.0)}{12.0 \times 2.0} = 13.5 \text{ (倍)}$$

日々の努力を  
忘れないでね。

Chemistry



ここから先はPDFにはありません。

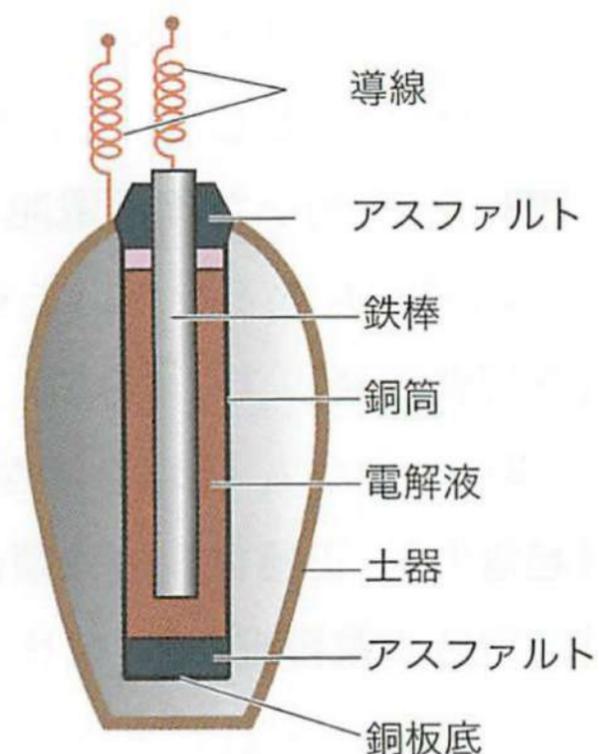
次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

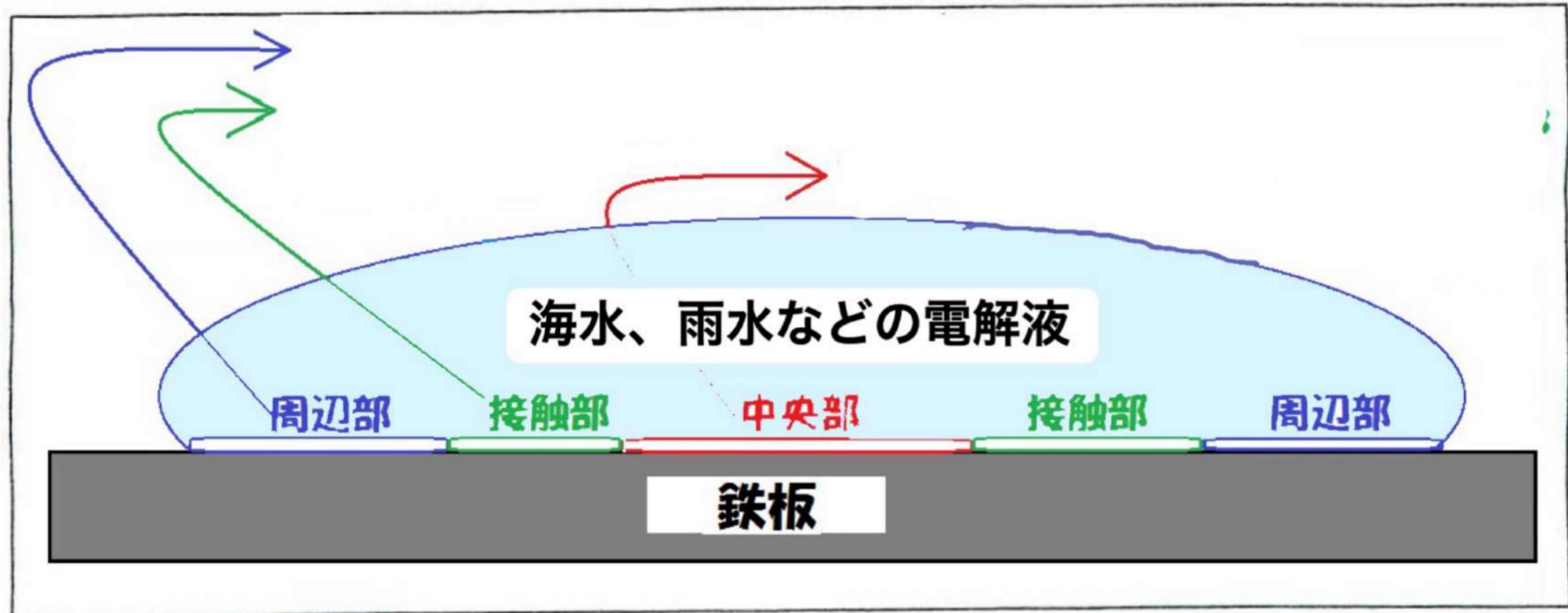
図は、1932年にバグダッドの東北（ホーヤットラップア）で発掘された、バグダッド電池と呼ばれているのもので、約2000年前の電池ともいわれている。銅製の筒と鉄製の棒で構成されており、中の電解液はすでに乾固して不明であった。しかし、この銅製の筒の中に酢（酸）を注ぐと、銅筒と鉄棒の間に電圧が生じたという。そして現在では、古代のアラビア人が、この電池を用いて、腕輪や指輪などに金や銀などをめっきしていたらしいことも知られている。さて、この電池をよく磨いた銅筒と鉄棒を用いて復元し、銅筒のなかに、電解液として酢の代わりに、 $1.0\text{ mol/L}$ の希硫酸を入れた。

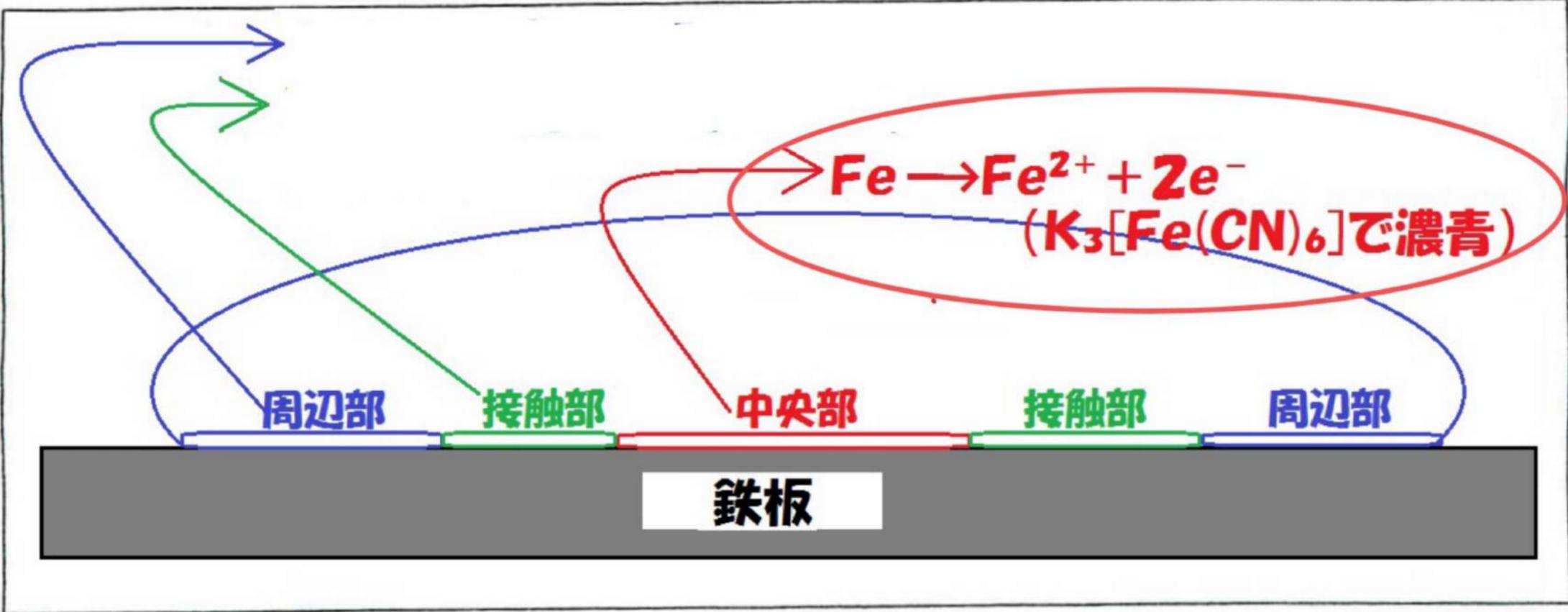
問 電池の負極となるのは、鉄電極、銅電極のどちらか。

#### 解答・解説

バグダッド電池の構成は、ボルタ電池と同じである。よって、負極となるのは、イオン化傾向の大きい方の金属を用いた鉄電極 **答** である。







鉄板

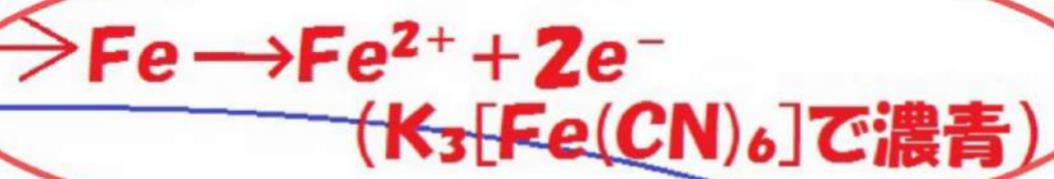
周辺部

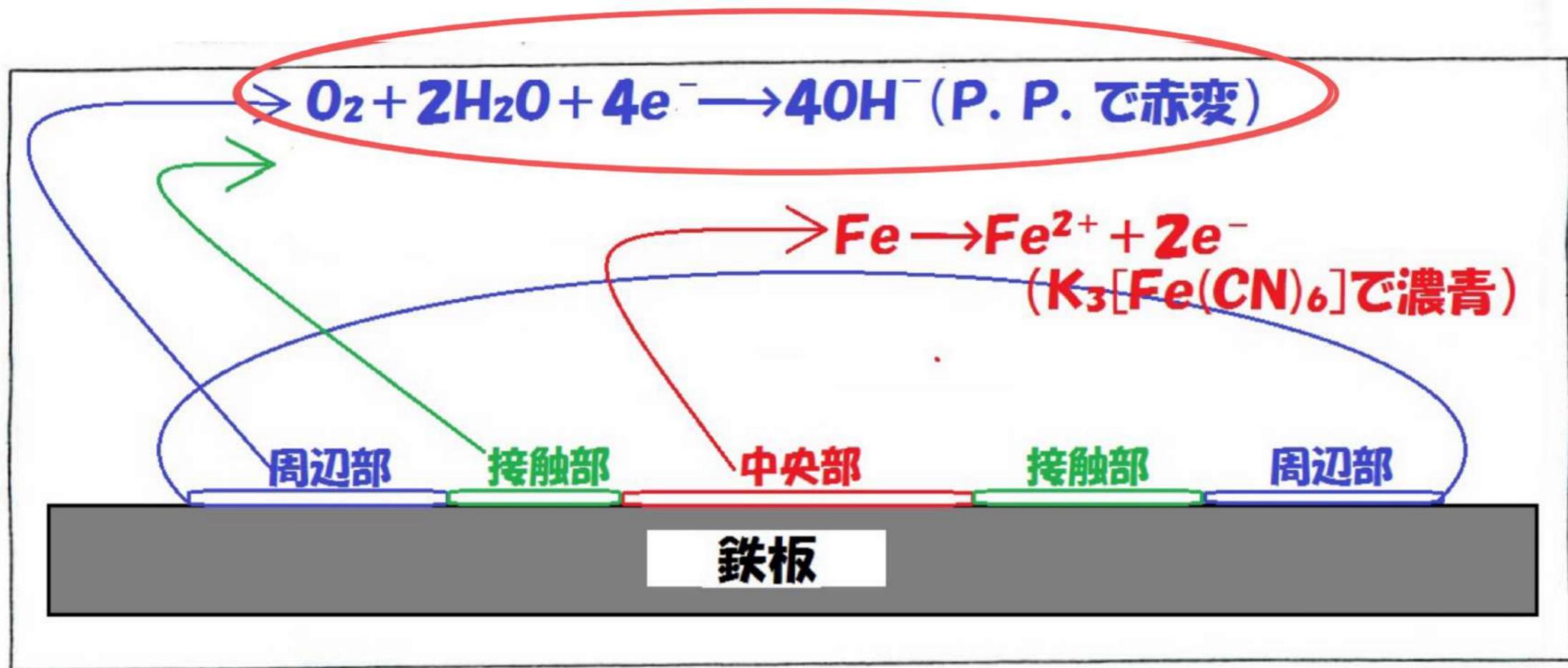
接触部

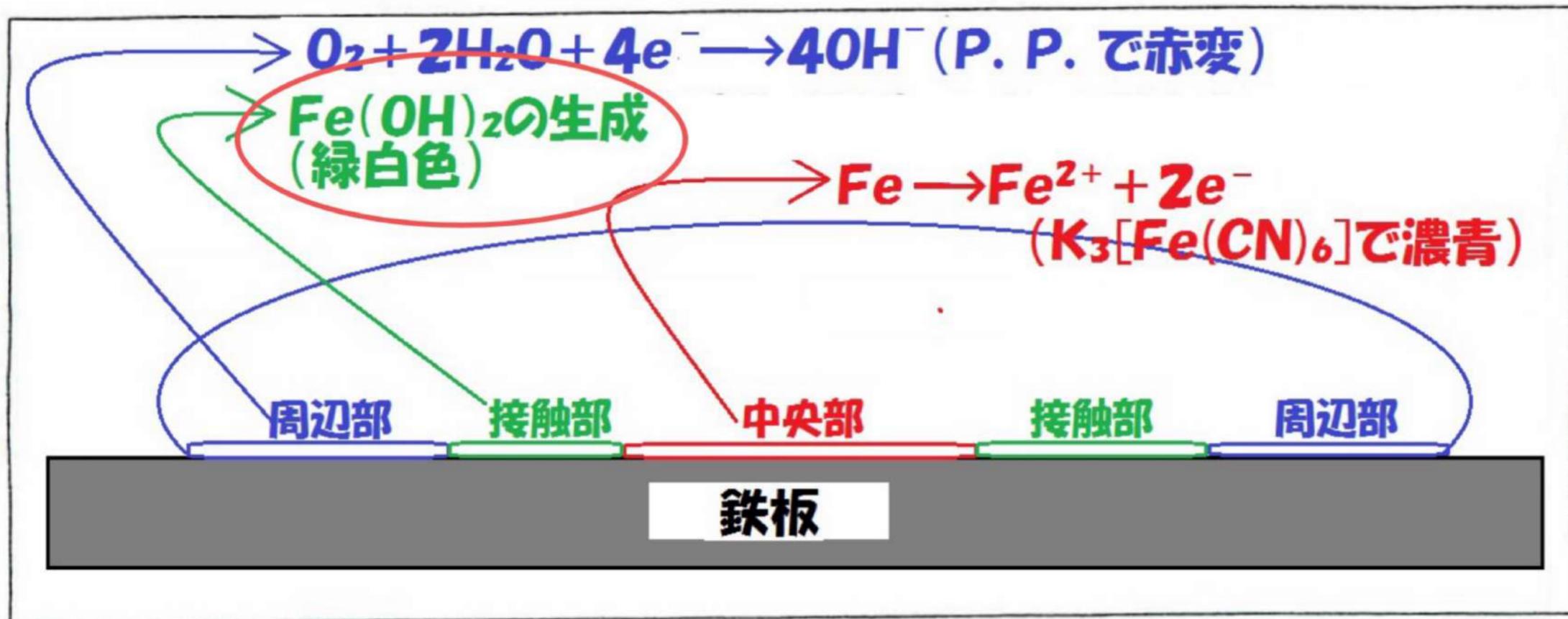
中央部

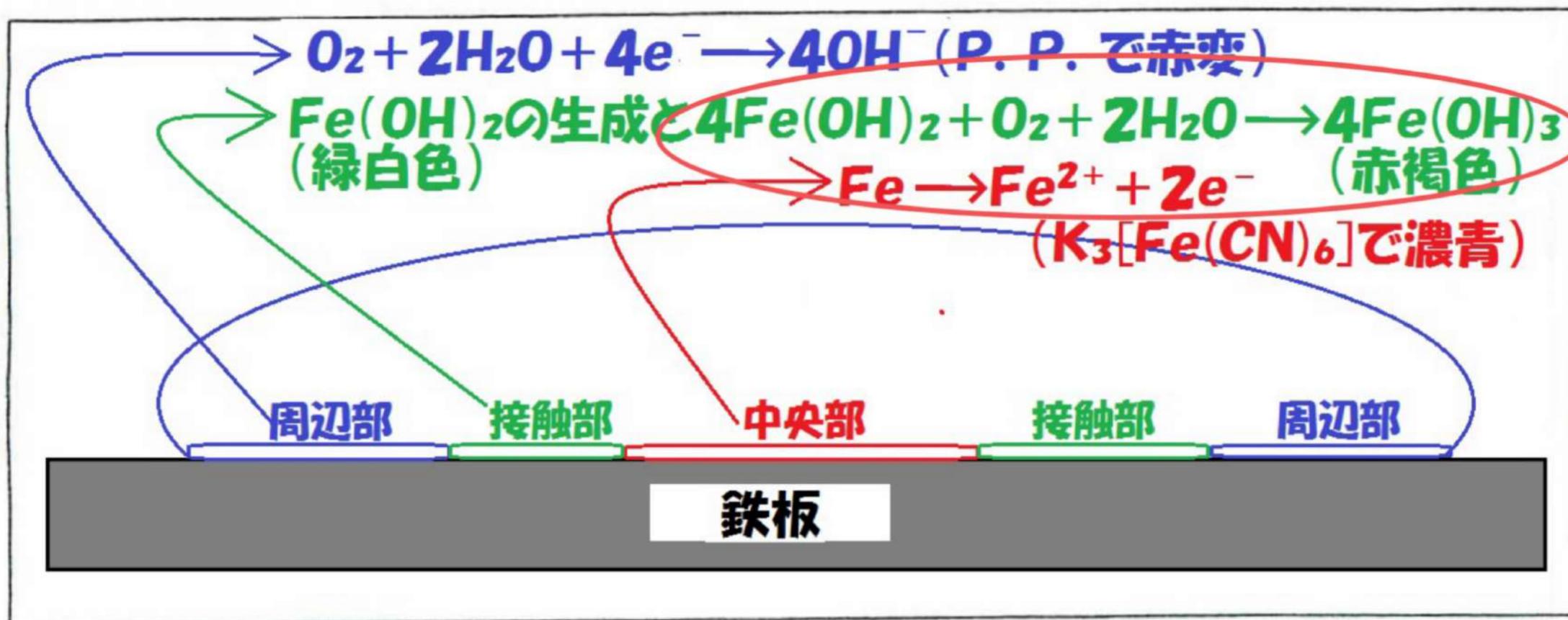
接触部

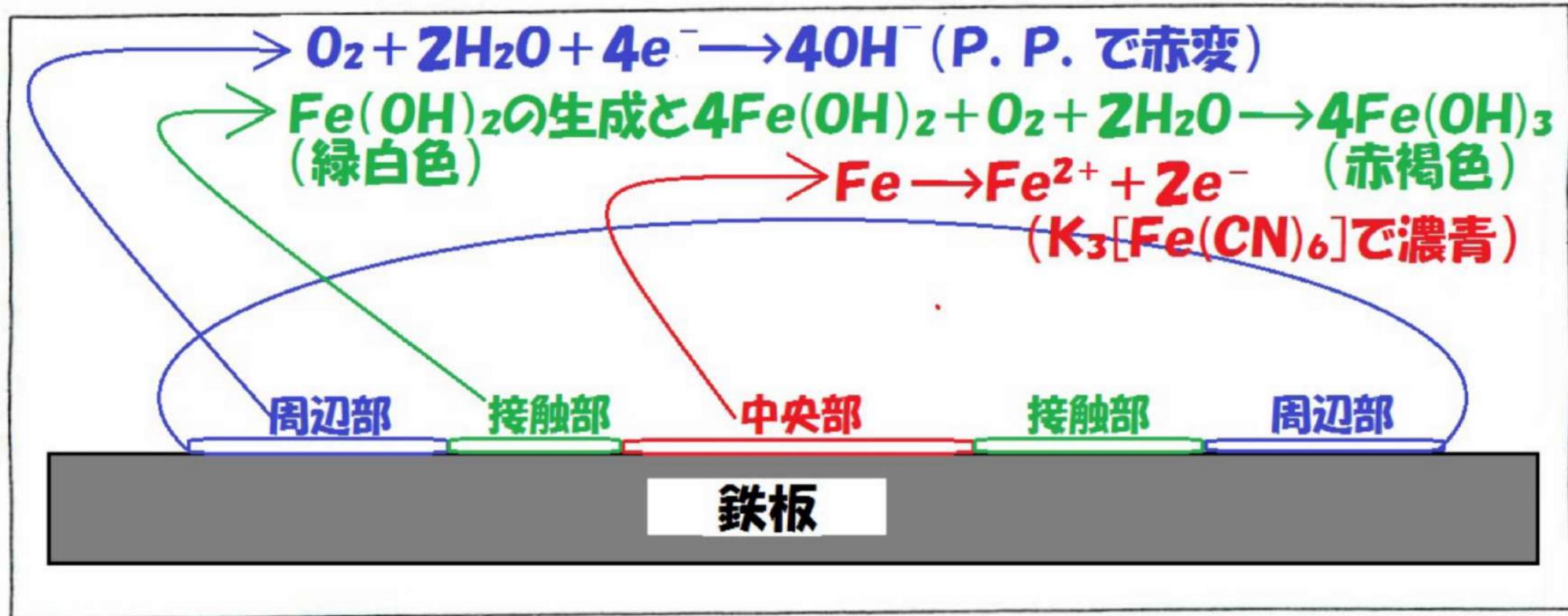
周辺部







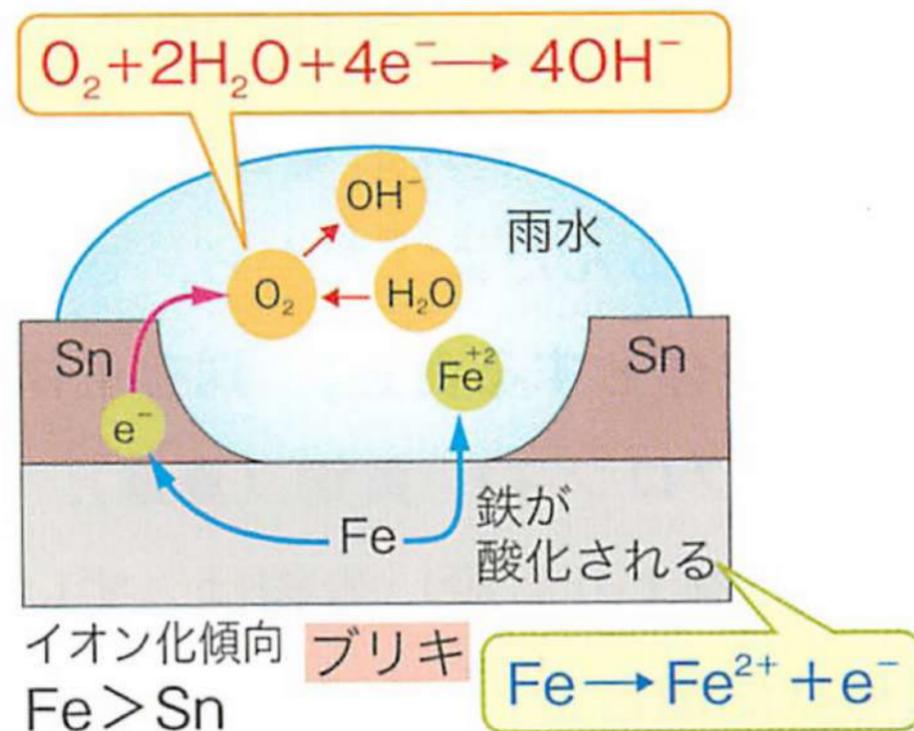




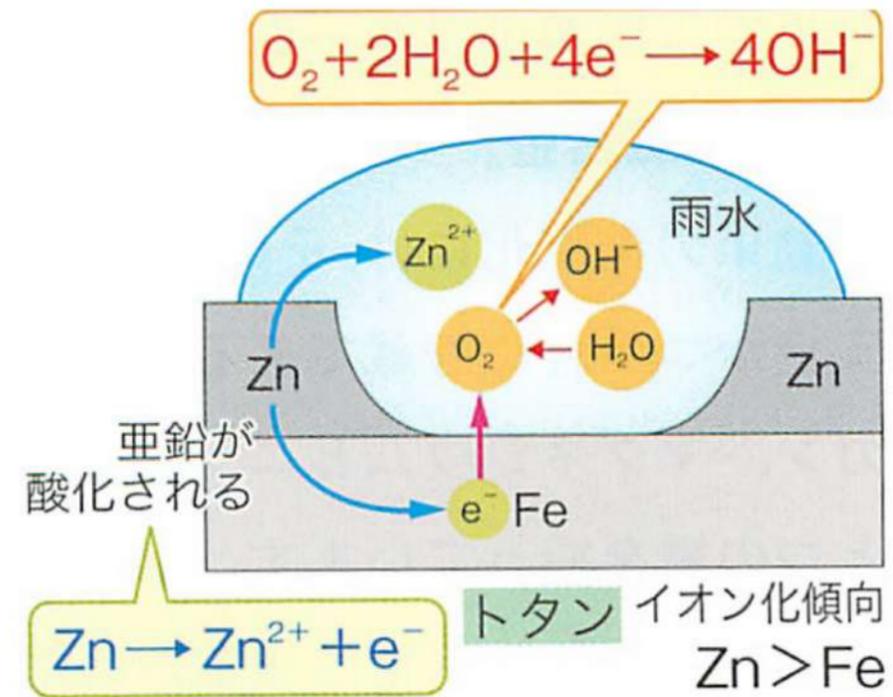
# 局部電池の形成

**【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。

さびが進行しやすく



**【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



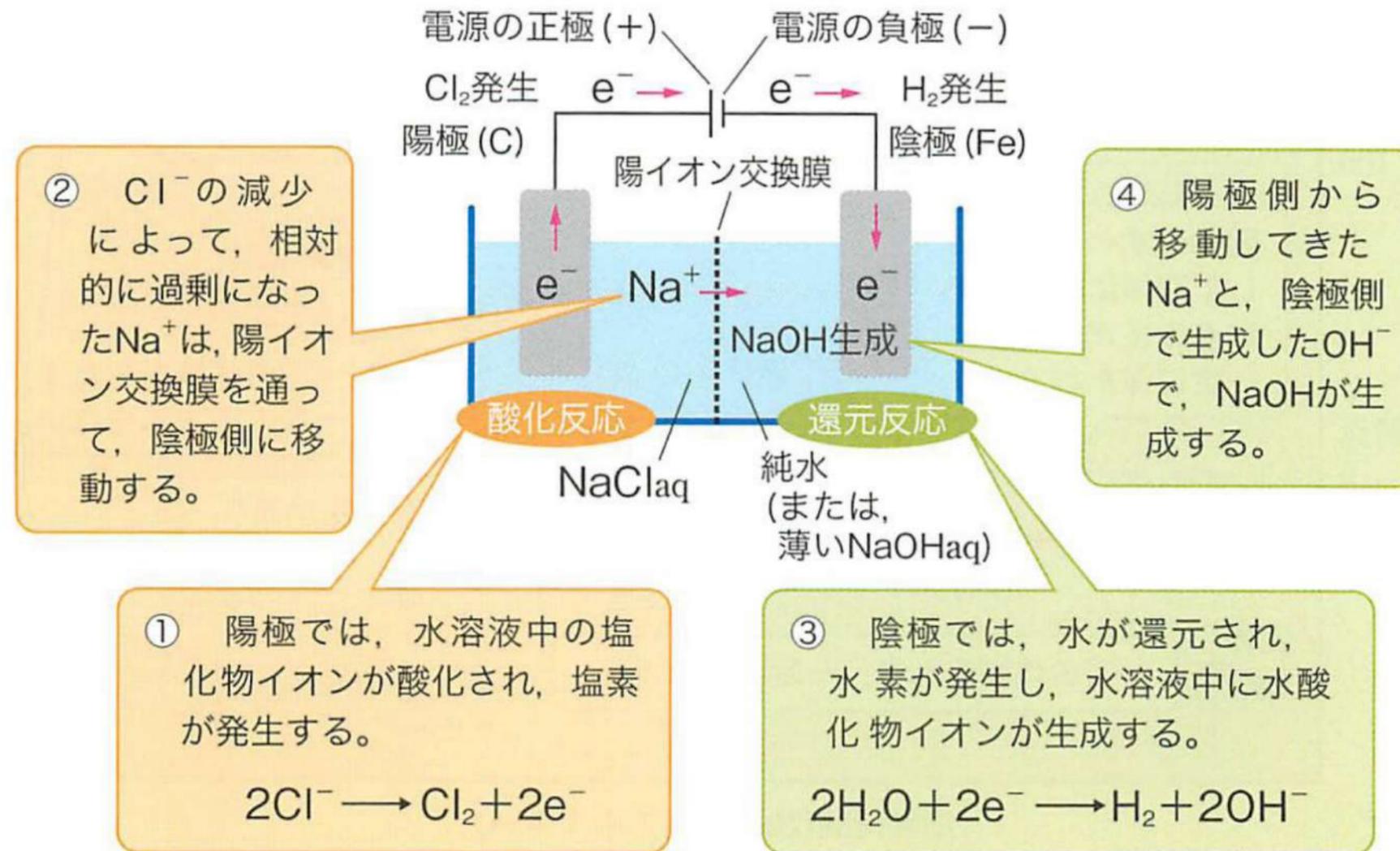
鉛を負極活物質とする局部電池が形成されるので、鉄は酸化から守られます。

さびの進行

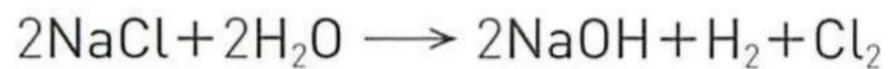
**【クロムめっき】** 鉄をクロムイオンを含む水溶液に浸して、鉄を陰極として電気分解すると、鉄の表面がクロムめっきされます。クロムめっきは、水道の蛇口の部分などに使われています。

## ●イオン交換膜法

水酸化ナトリウムや塩素の工業的製法

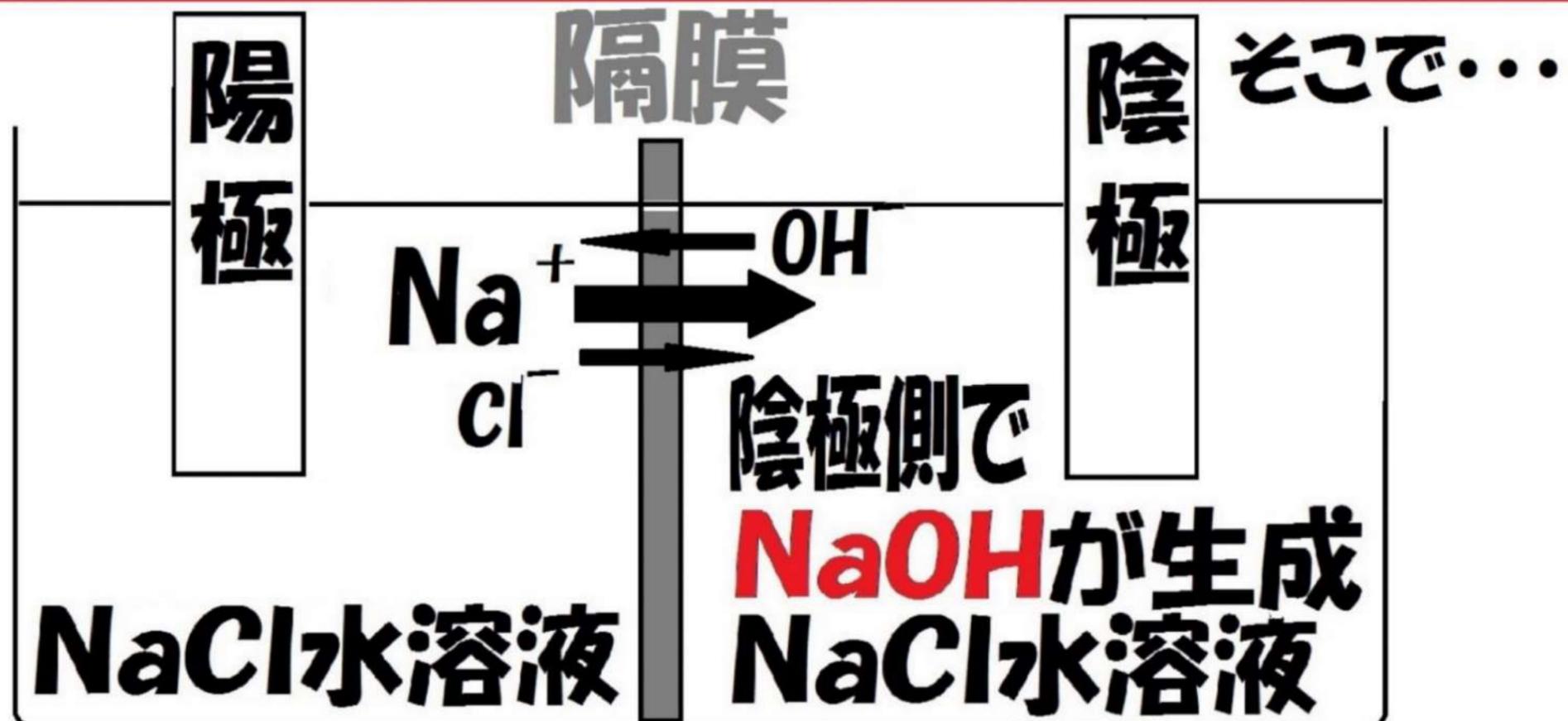


イオン交換膜法全体では、次の反応が起こる。



# これがかつての隔膜法！

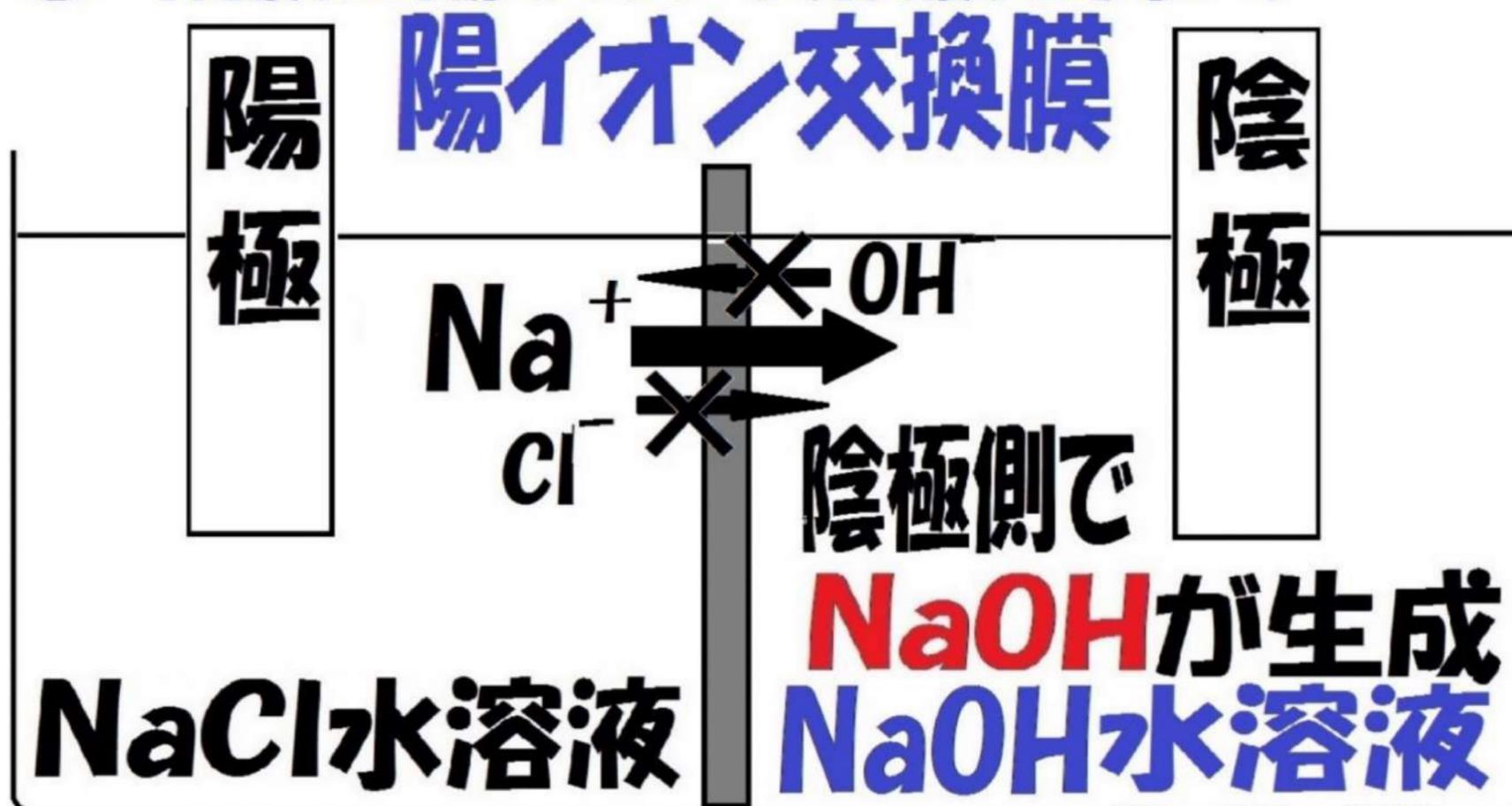
この隔膜法には大きな欠点がある！NaCl水溶液中でNaOHが生成するので、**純度の高いNaOHが得られない**。でも、隔膜じゃ、両水溶液を分けられないしね。



# これがイオン交換膜法！

両極側の水溶液は混じらず、NaOH水溶液の中で生成するので、純度が高いNaOHが得られる。

① 隔膜に陽イオン交換膜を用い、



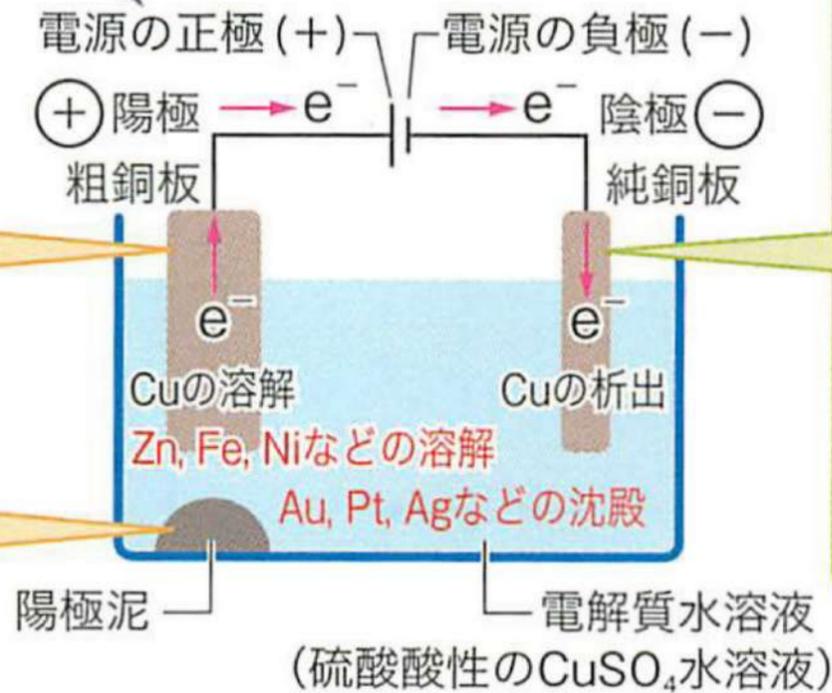
② 陰極側をNaOH水溶液にすると、

## ●銅の電解製錬

### 銅の精錬法

陽極では酸化反応が起こる。その結果、銅が酸化され、溶解する。不純物として含まれる亜鉛や鉄、ニッケル（銅よりもイオン化傾向が大きい金属）なども酸化され、溶解する。不純物として含まれる金や白金、銀（銅よりもイオン化傾向が小さい金属）などは、酸化されることはなく、そのまま沈殿する（陽極泥）。

ここでかけられている電圧は、0.3V程度と低い。



陰極では還元反応が起こる。その結果、銅(II)イオンが還元されて、銅が生成する。亜鉛イオンや鉄(II)イオン、ニッケル(II)イオンは還元されず、亜鉛や鉄、ニッケルは析出しない。