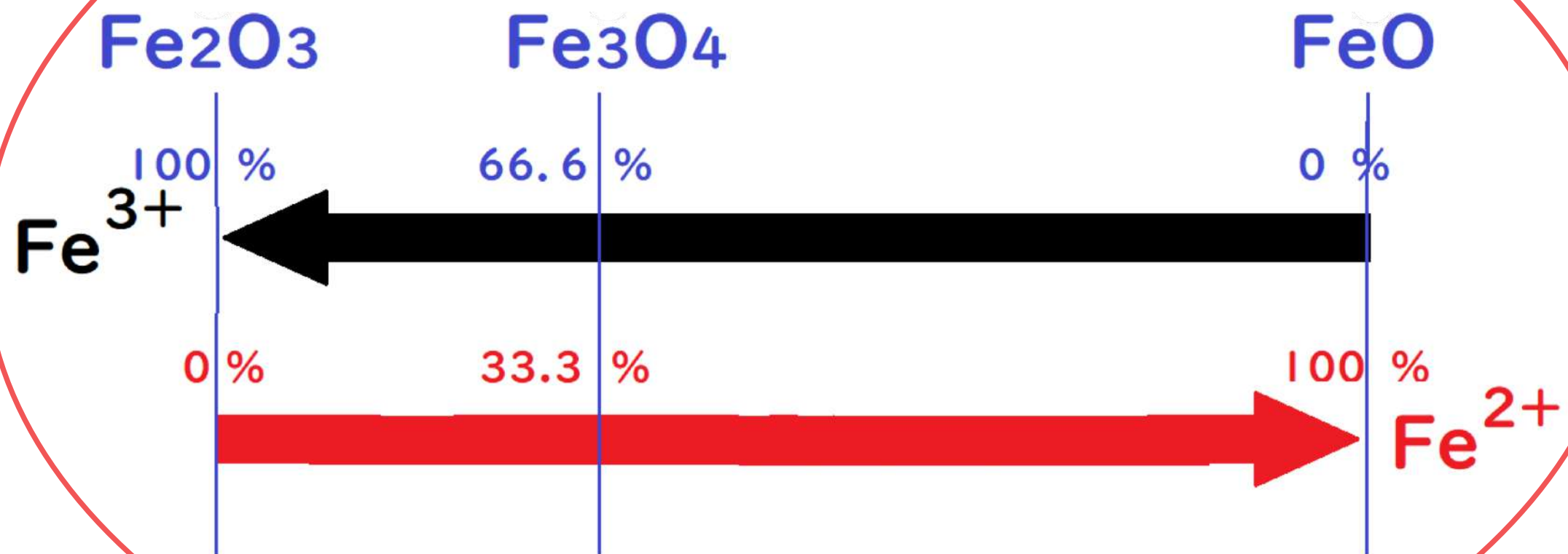


### 3-1 酸化鉄の結晶構造 出典；京都大学



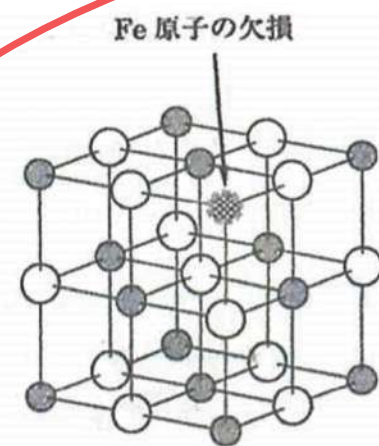
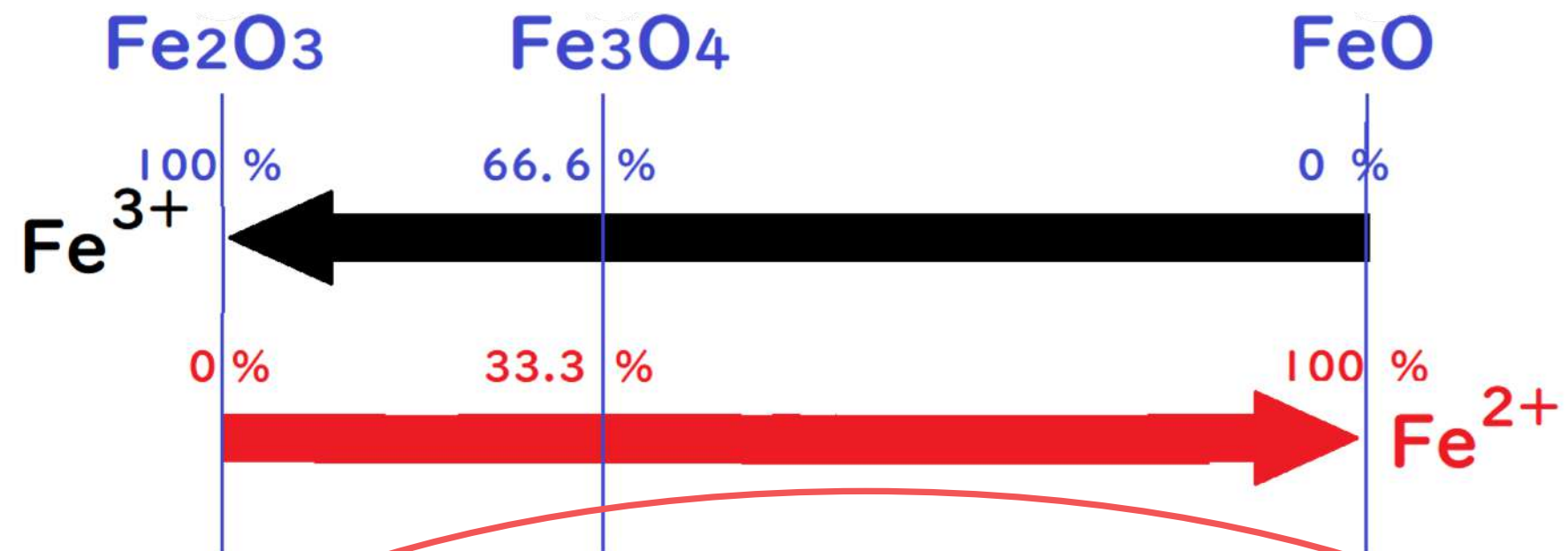
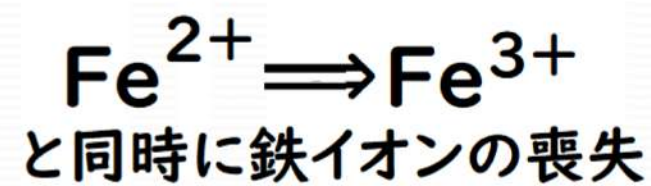


図2 Fe 原子の欠損の一例



単位格子の  
一辺の長さの変化

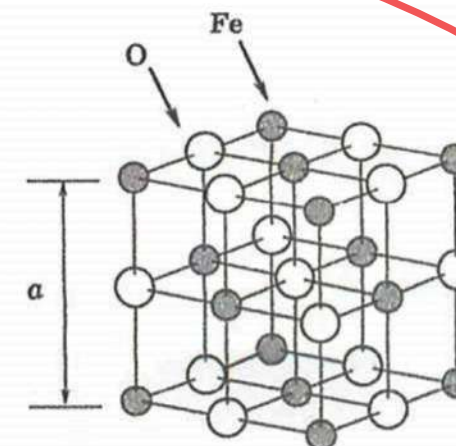


図1 FeO の結晶構造  
(単位格子は1辺  $a$  の立方体である)

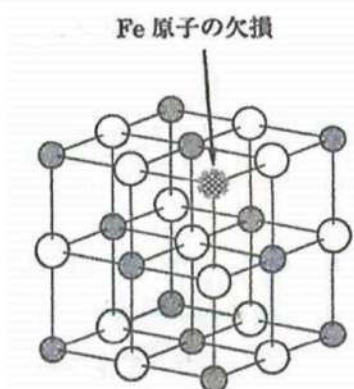
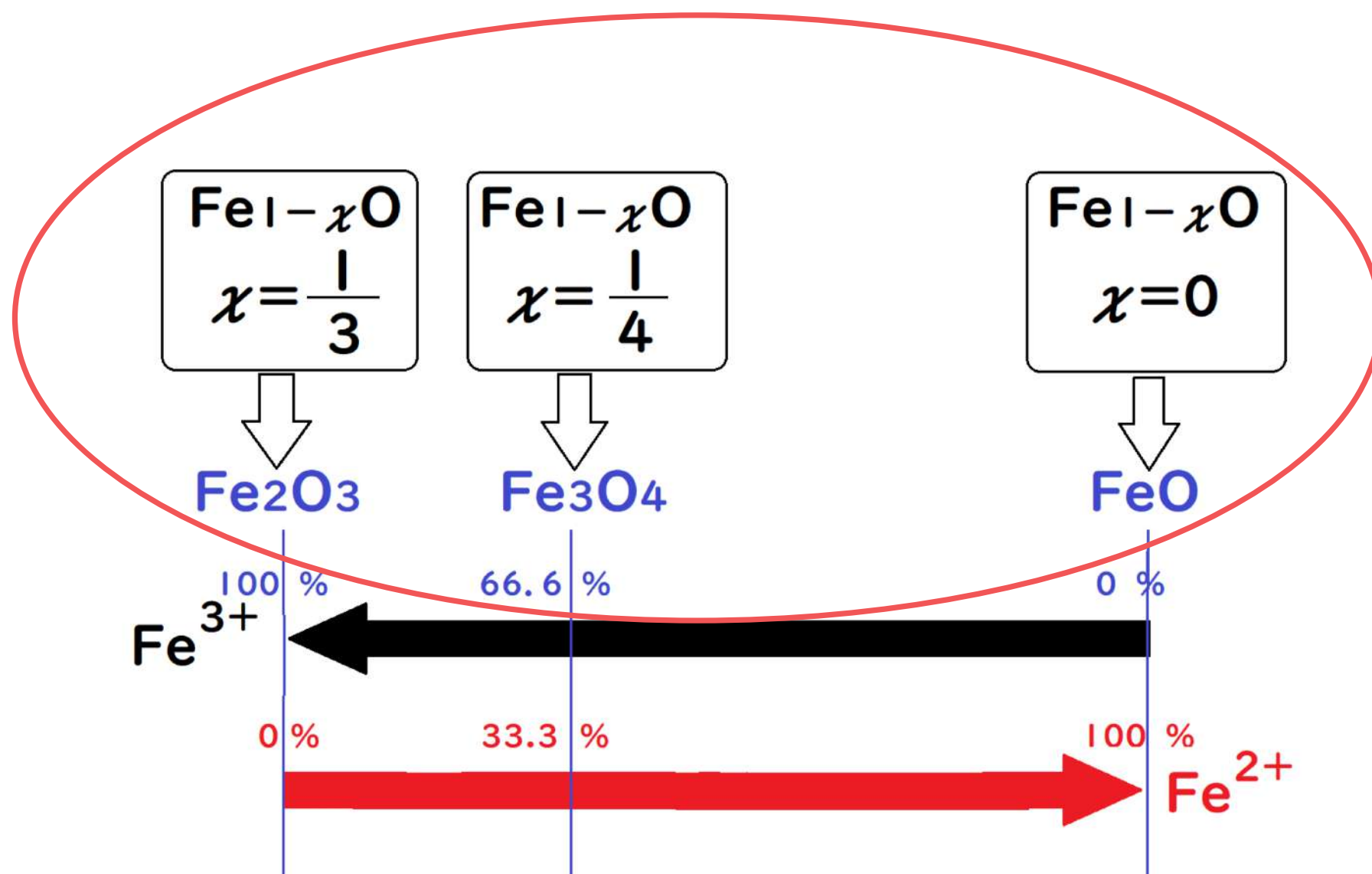


図2 Fe 原子の欠損の一例

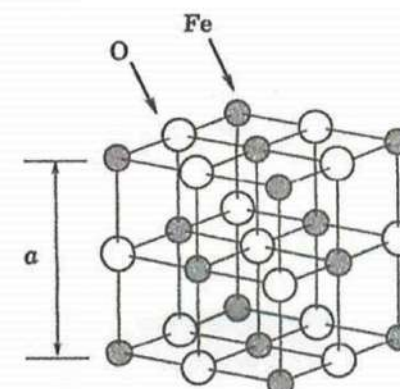
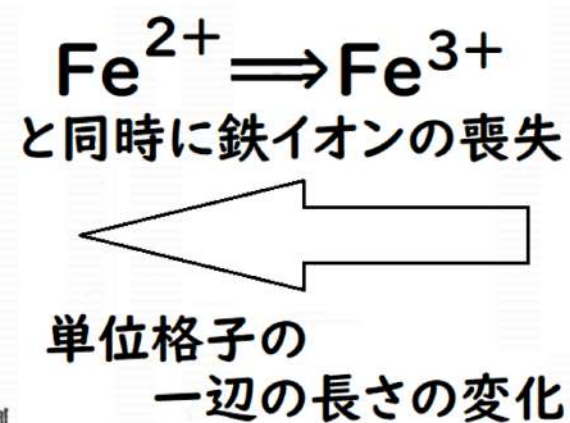


図1  $\text{FeO}$  の結晶構造  
 (単位格子は1辺  $a$  の立方体である)

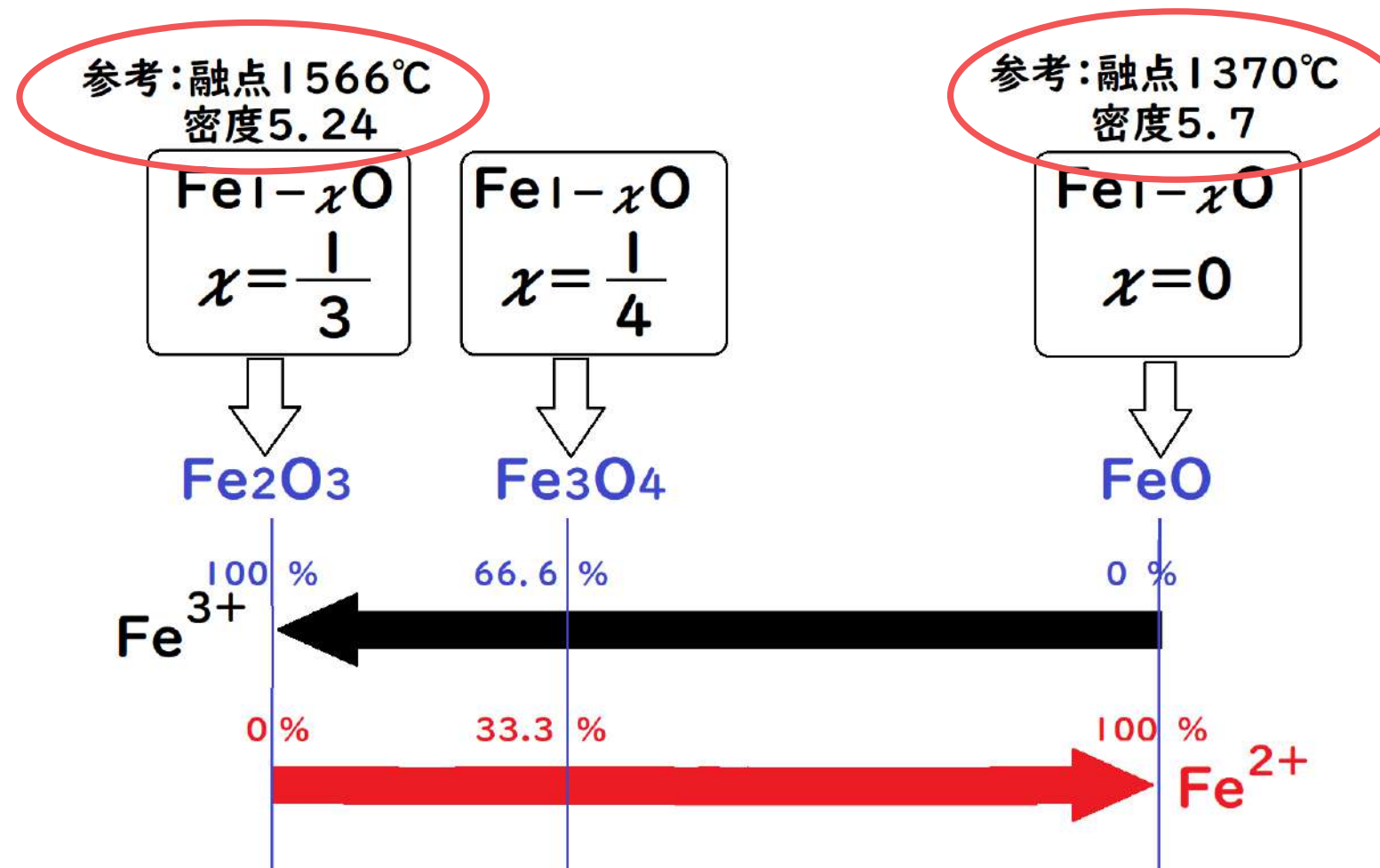
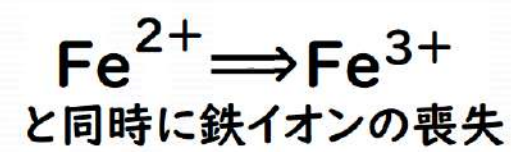


図2 Fe 原子の欠損の一例



単位格子の  
一辺の長さの変化

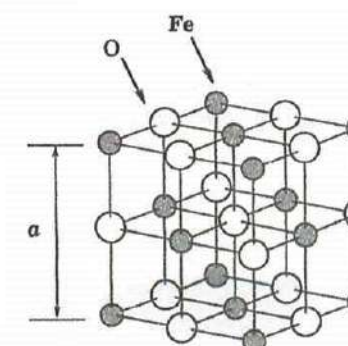
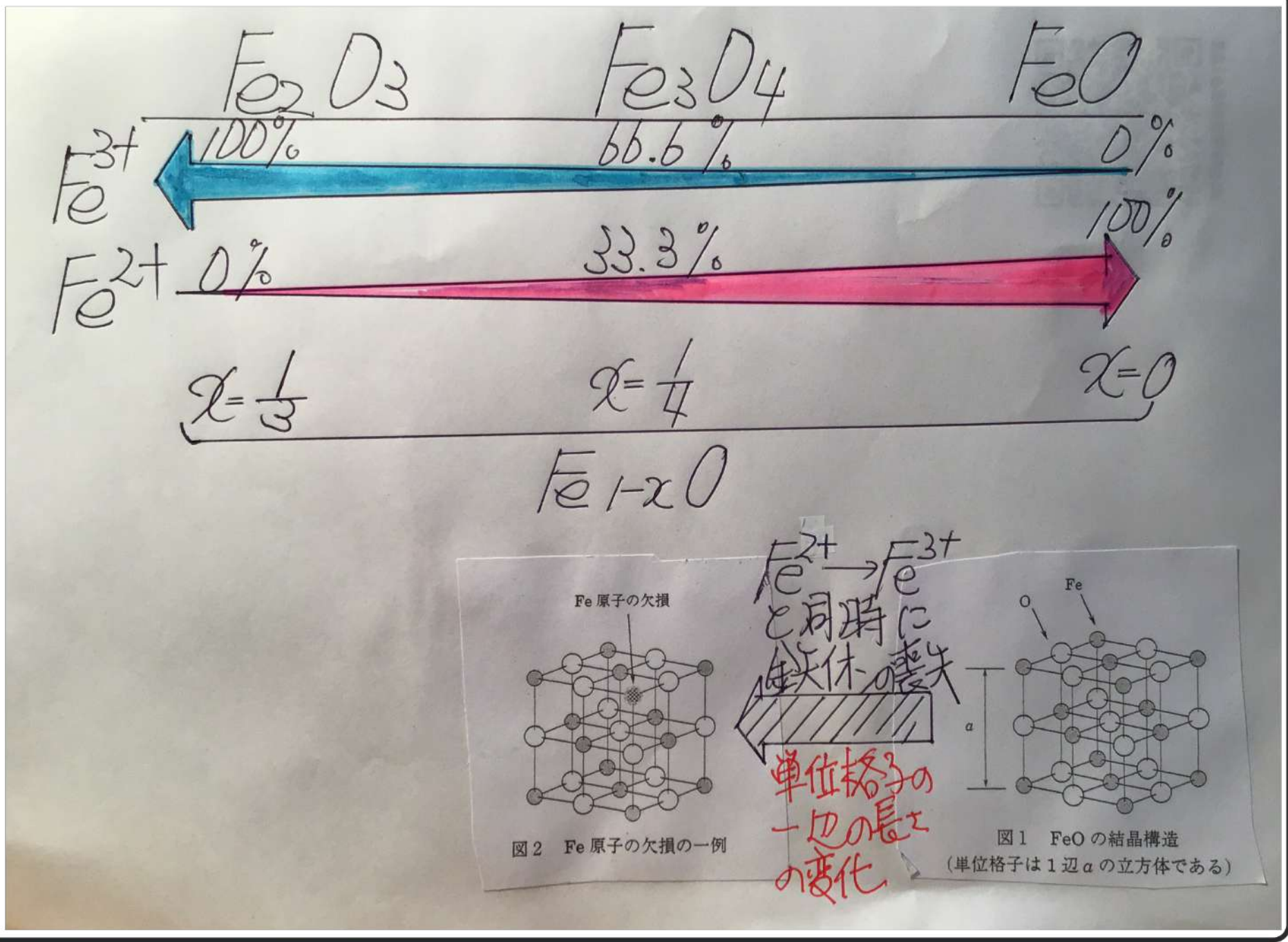


図1 FeO の結晶構造  
(単位格子は1辺  $a$  の立方体である)

# 描き直す前のバージョン



これが酸化物A(赤鉄鉱の主成分)

### 3-1 酸化鉄の結晶構造 出典；京都大学

【step1；1行目の頭～6行目『混合物ではない。』】 知識；酸化鉄の種類

|     |                                           |
|-----|-------------------------------------------|
| 化学式 | <b><math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math></b> |
| 酸化数 | <b>+3</b>                                 |
| 名称  | <b>赤鉄鉱</b>                                |

還元

|      |  |
|------|--|
| 化学式  |  |
| 酸化数  |  |
| モル質量 |  |

還元

|      |  |
|------|--|
| 化学式  |  |
| 酸化数  |  |
| モル質量 |  |

問1の解答… ア；+3、イ；+2、問2の解答…  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

問3の解答… ウ；2、エ；1

これが酸化鉄B(モル質量:232)

### 3-1 酸化鉄の結晶構造 出典；京都大学

【step1；1行目の頭～6行目『混合物ではない。』】 知識；酸化鉄の種類

|     |                                           |
|-----|-------------------------------------------|
| 化学式 | <b><math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math></b> |
| 酸化数 | <b>+3</b>                                 |
| 名称  | <b>赤鉄鉱</b>                                |

還元

|      |                                           |
|------|-------------------------------------------|
| 化学式  | <b><math>\text{Fe}_3\text{O}_4</math></b> |
| 酸化数  | <b><math>+3: +2 = 2:1</math></b>          |
| モル質量 | <b><math>232 \text{ g/mol}</math></b>     |

還元

|      |  |
|------|--|
| 化学式  |  |
| 酸化数  |  |
| モル質量 |  |

問1の解答…  ; +3、  ; +2、 問2の解答…  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

問3の解答…  ; 2、  ; 1

### 3-1 酸化鉄の結晶構造 出典；京都大学

【step1；1行目の頭～6行目『混合物ではない。』】 知識；酸化鉄の種類

|     |                                           |
|-----|-------------------------------------------|
| 化学式 | <b><math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math></b> |
| 酸化数 | <b>+3</b>                                 |
| 名称  | <b>赤鉄鉱</b>                                |

還元

|      |                                           |
|------|-------------------------------------------|
| 化学式  | <b><math>\text{Fe}_3\text{O}_4</math></b> |
| 酸化数  | <b><math>+3: +2 = 2:1</math></b>          |
| モル質量 | <b><math>232 \text{ g/mol}</math></b>     |

還元

|      |                                      |
|------|--------------------------------------|
| 化学式  | <b><math>\text{FeO}</math></b>       |
| 酸化数  | <b>+2</b>                            |
| モル質量 | <b><math>72 \text{ g/mol}</math></b> |

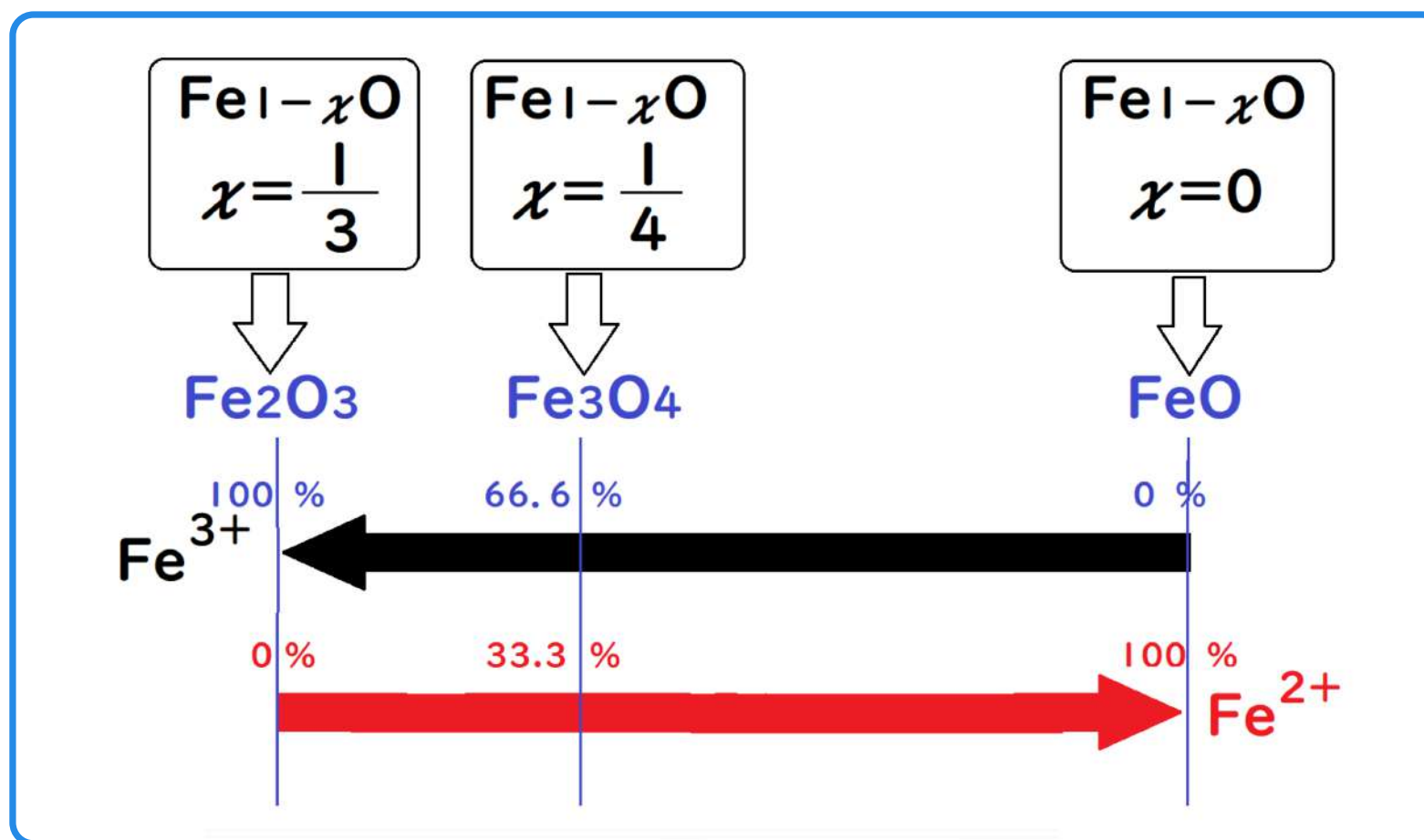
問1の解答… ア；+3、イ；+2、問2の解答…  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

問3の解答… ウ；2、エ；1

【step2：7行目の頭～11行目『存在する。』】 読解：『 $\text{Fe}_{1-x}\text{O}$ 、 $x \geq 0$ で連続的に変化』って？

純物質なのに、FeとOの質量比が常に一定にはならない！

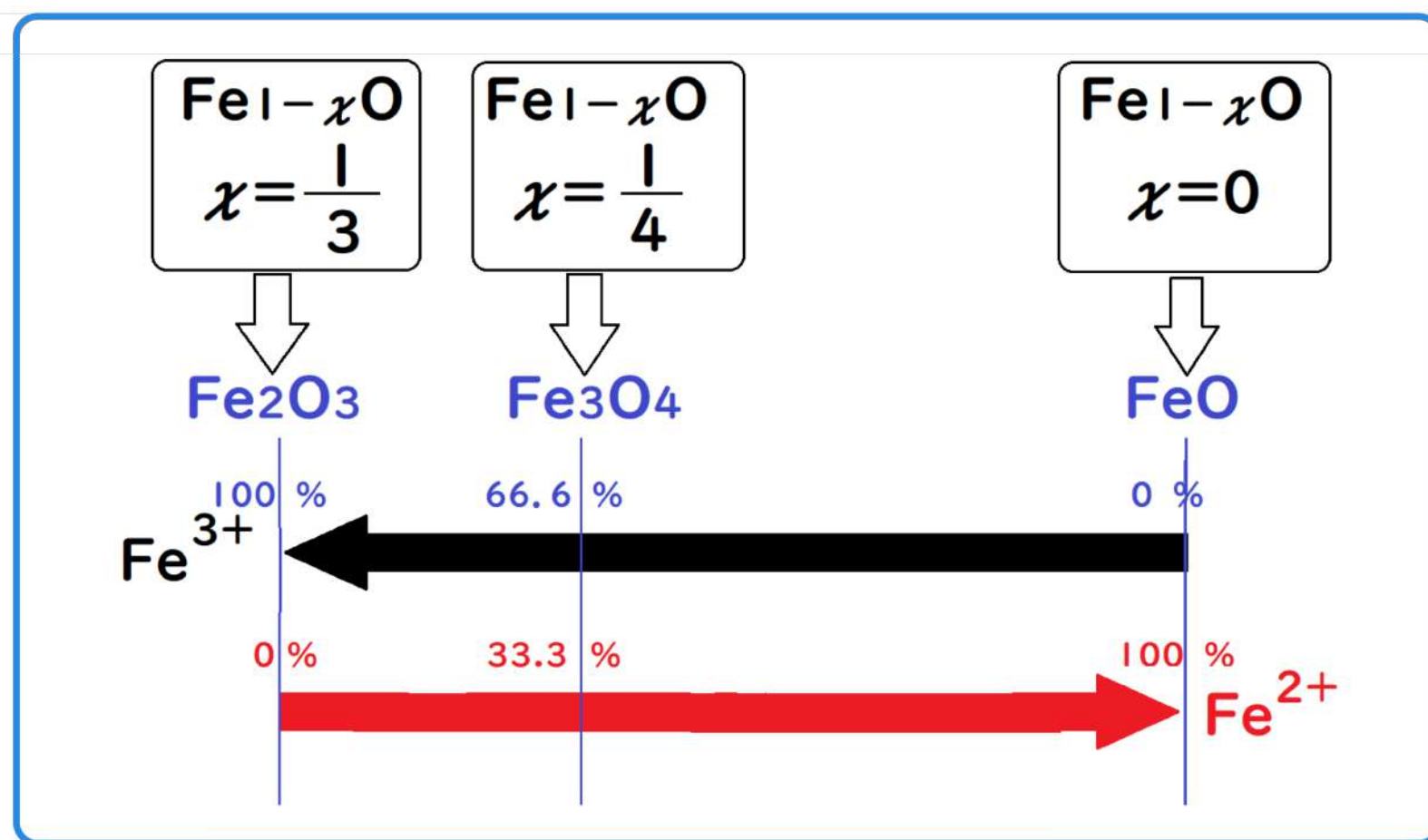
問4の解答…定比例



問5の検討

$$\frac{16}{56 \times (1-x) + 16} \times 100 = 23.0 \quad \therefore x = 0.0434$$

問5の解答... 0.043



【step3; 11行目『酸化物Cでは』～12行目『電気的中性条件が保たれている。』】

読解と考察; 化合物Cって?

$x=0 \rightarrow \text{FeO}$ 、 $x=1/4 (=0.250) \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$  という組成に相当

$x=1/3 (=0.333) \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$  という組成に相当

【step4; 12行目『また、』～13行目『減少する。』】

ちょっとした数学; 単位格子の一边の長さや結晶の密度

単位格子の一边の長さの検討

仮定; 『 $a$ は $x$ に対して直線的に変化する』

$$a = kx + l$$

$k$ ; 傾き、 $l$ ;  $y$ 切片

$$x = 0.060, a = 4.30 \times 10^{-8}$$

$$x = 0.080, a = 4.29 \times 10^{-8}$$

$$k = \quad, l =$$

$$x = 0$$

【step3 ; 11行目『酸化物Cでは』～12行目『電気的中性条件が保たれている。』】

読解と考察 ; 化合物Cって？

$x=0 \rightarrow \text{FeO}$ 、 $x=1/4 (=0.250) \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$  という組成に相当

$x=1/3 (=0.333) \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$  という組成に相当

【step4 ; 12行目『また、』～13行目『減少する。』】

ちょっとした数学 ; 単位格子の一边の長さと結晶の密度

単位格子の一边の長さの検討

仮定 ; 『 $a$  は  $x$  に対して直線的に変化する』

$$a = kx + l$$

$k$  ; 傾き、 $l$  ;  $y$ 切片

$$x = 0.060, a = 4.30 \times 10^{-8}$$

$$4.30 \times 10^{-8} = k \times 0.060 + l$$

$$x = 0.080, a = 4.29 \times 10^{-8}$$

$k =$

$l =$

$x = 0$

【step3 ; 11行目『酸化物Cでは』～12行目『電気的中性条件が保たれている。』】

読解と考察 ; 化合物Cって？

$x=0 \rightarrow \text{FeO}$ 、 $x=1/4 (=0.250) \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$  という組成に相当

$x=1/3 (=0.333) \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$  という組成に相当

【step4 ; 12行目『また、』～13行目『減少する。』】

ちょっとした数学 ; 単位格子の一边の長さと結晶の密度

単位格子の一边の長さの検討

仮定 ; 『 $a$  は  $x$  に対して直線的に変化する』

$$a = kx + l$$

$k$  ; 傾き、 $l$  ;  $y$  切片

$$x = 0.060, a = 4.30 \times 10^{-8}$$

$$4.30 \times 10^{-8} = k \times 0.060 + l$$

$$x = 0.080, a = 4.29 \times 10^{-8}$$

$$4.29 \times 10^{-8} = k \times 0.080 + l$$

$k =$

$l =$

$x = 0$

【step3 ; 11行目『酸化物Cでは』～12行目『電気的中性条件が保たれている。』】

読解と考察 ; 化合物Cって？

$x=0 \rightarrow \text{FeO}$ 、 $x=1/4 (=0.250) \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$  という組成に相当

$x=1/3 (=0.333) \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$  という組成に相当

【step4 ; 12行目『また、』～13行目『減少する。』】

ちょっとした数学 ; 単位格子の一边の長さと結晶の密度

単位格子の一边の長さの検討

仮定 ; 『 $a$  は  $x$  に対して直線的に変化する』

$$a = kx + l$$

$k$  ; 傾き、 $l$  ;  $y$ 切片

$$x = 0.060, a = 4.30 \times 10^{-8}$$

$$4.30 \times 10^{-8} = k \times 0.060 + l$$

$$x = 0.080, a = 4.29 \times 10^{-8}$$

$$4.29 \times 10^{-8} = k \times 0.080 + l$$

$$k = -5.0 \times 10^{-9}, l = 4.33 \times 10^{-8}$$

$$x = 0$$

【step3 ; 11行目『酸化物Cでは』～12行目『電気的中性条件が保たれている。』】

読解と考察 ; 化合物Cって？

$x=0 \rightarrow \text{FeO}$ 、 $x=1/4 (=0.250) \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$  という組成に相当

$x=1/3 (=0.333) \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$  という組成に相当

【step4 ; 12行目『また、』～13行目『減少する。』】

ちょっとした数学 ; 単位格子の一边の長さ と 結晶の密度

単位格子の一边の長さの検討

仮定 ; 『 $a$  は  $x$  に対して直線的に変化する』

$$a = kx + l$$

$k$  ; 傾き、 $l$  ;  $y$ 切片

$$x=0.060, a=4.30 \times 10^{-8}$$

$$4.30 \times 10^{-8} = k \times 0.060 + l$$

$$x=0.080, a=4.29 \times 10^{-8}$$

$$4.29 \times 10^{-8} = k \times 0.080 + l$$

$$k = -5.0 \times 10^{-9}, l = 4.33 \times 10^{-8}$$

$$a = -5.0 \times 10^{-9}x + 4.33 \times 10^{-8}$$

$$x=0$$

【step3 ; 11行目『酸化物Cでは』～12行目『電気的中性条件が保たれている。』】

読解と考察 ; 化合物Cって？

$x=0 \rightarrow \text{FeO}$ 、 $x=1/4 (=0.250) \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$  という組成に相当

$x=1/3 (=0.333) \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3$  という組成に相当

【step4 ; 12行目『また、』～13行目『減少する。』】

ちょっとした数学 ; 単位格子の一边の長さ と 結晶の密度

単位格子の一边の長さの検討

仮定 ; 『 $a$  は  $x$  に対して直線的に変化する』

$$a = kx + l$$

$k$  ; 傾き、 $l$  ;  $y$ 切片

$$x = 0.060, a = 4.30 \times 10^{-8}$$

$$4.30 \times 10^{-8} = k \times 0.060 + l$$

$$x = 0.080, a = 4.29 \times 10^{-8}$$

$$4.29 \times 10^{-8} = k \times 0.080 + l$$

$$k = -5.0 \times 10^{-9}, l = 4.33 \times 10^{-8}$$

$$a = -5.0 \times 10^{-9}x + 4.33 \times 10^{-8}$$

$$x = 0$$

$$a = 4.33 \times 10^{-8}$$

化学式 **FeO**

酸化数 **+2**

モル質量 **72 g/mol**

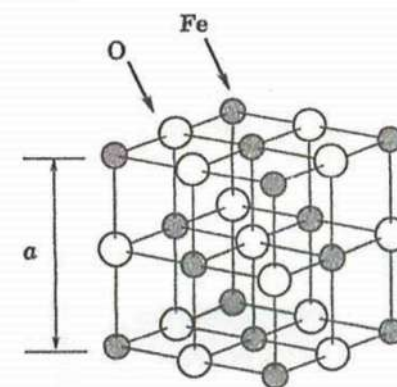


図1 FeOの結晶構造  
(単位格子は1辺  $a$  の立方体である)

結晶の密度の検討

密度 ( $\text{g/cm}^3$ ) =  $\frac{\text{単位格子中の原子の質量 (g)}}{\text{単位格子の体積 (cm}^3\text{)}}$  より、

$$\frac{72}{6.0 \times 10^{23}} \times 4 \div (4.33 \times 10^{-8})^3 = 5.91 (\text{g/cm}^3)$$

$x = 0$

$$a = 4.33 \times 10^{-8}$$

問6の解答... 5.9 g/cm<sup>3</sup>

【step5；13行目『このよう』～17行目『置き換わる。』】 読解と考察

問7の解答… 鉄の酸化数が増加すると、鉄イオンと酸化物イオンとの間のクーロン力が強くなり、イオン間距離が小さくなる。

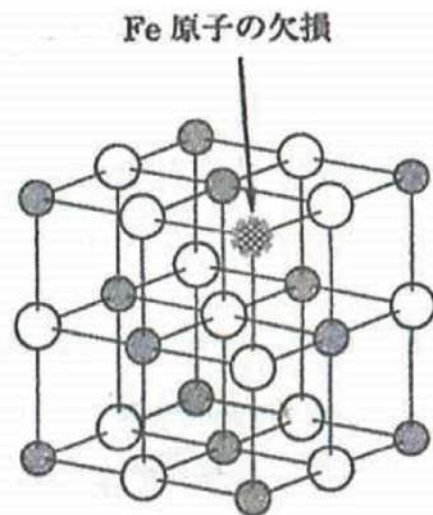
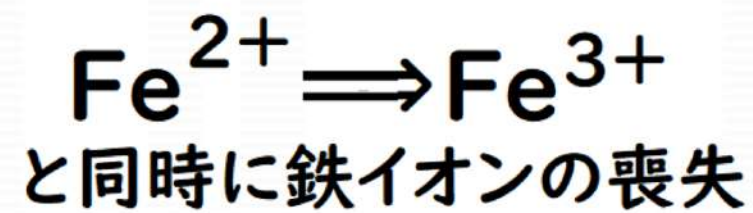


図2 Fe 原子の欠損の一例



単位格子の  
一辺の長さの変化

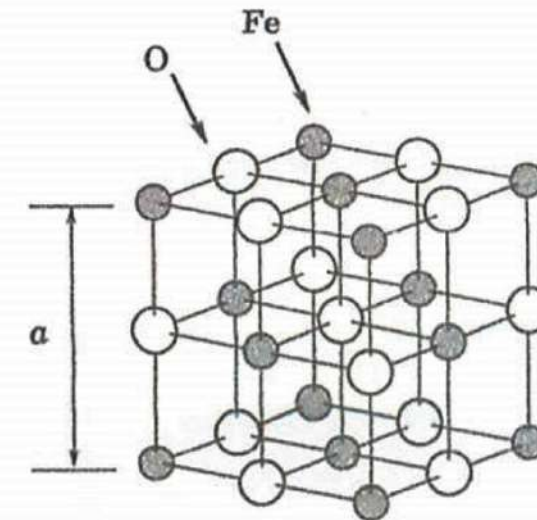


図1 FeO の結晶構造  
(単位格子は1辺  $a$  の立方体である)

## 蛇足

【step6；18行目の頭～最後】 知識；化学工業

アルミニウムの融解電解

鉄の製錬・精錬

銅の電解精錬

$\text{NaOH}$ （や $\text{Cl}_2$ ）の工業的製法（イオン交換膜法）

$\text{Na}_2\text{CO}_3$ の工業的製法（アンモニアソーダ法）

$\text{H}_2\text{SO}_4$ の工業的製法（接触法）

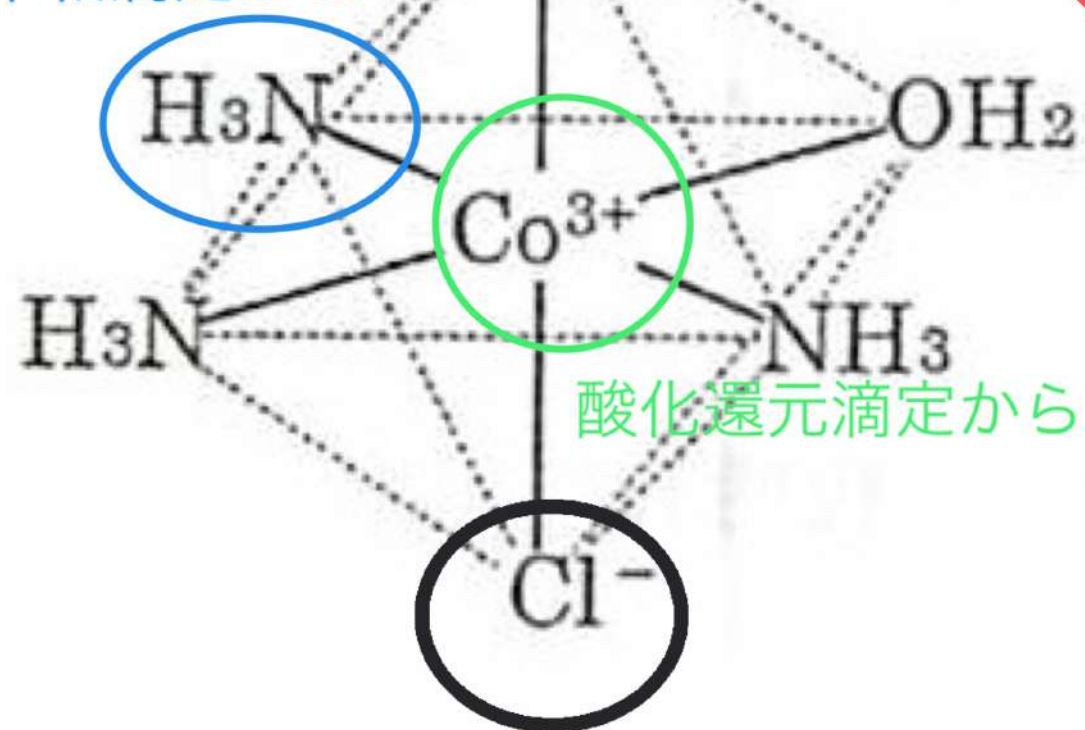
$\text{NH}_3$ の工業的製法（ハーバー・ボッシュ法）

$\text{HNO}_3$ の工業的製法（オストワルト法）

## 3-2 錯塩の組成式の決定

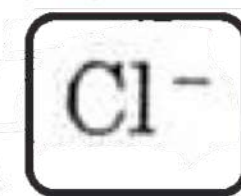
電気的中性条件より  
塩化物イオンの総数は自明

中和滴定から



酸化還元滴定から

配位していないもの

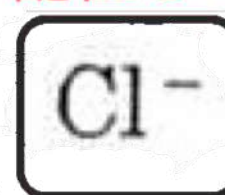


沈殿の量から

### 3-2 錯塩の組成式の決定

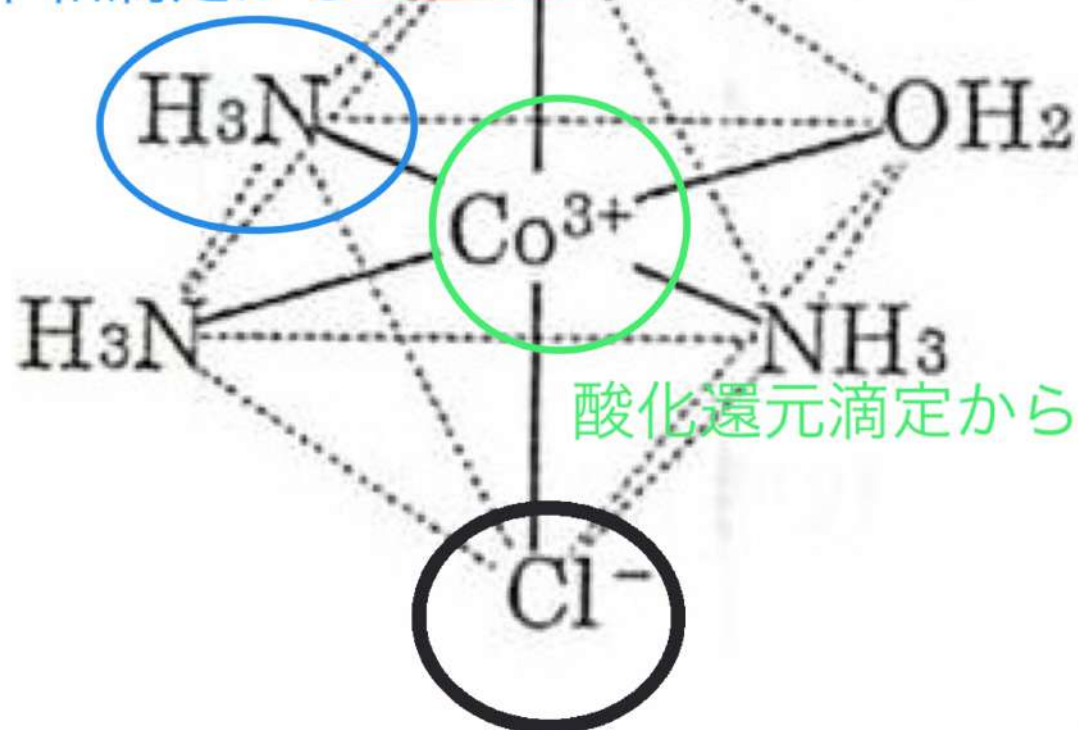
電気的中性条件より  
塩化物イオンの総数は自明

配位していないもの



沈殿の量から

中和滴定から

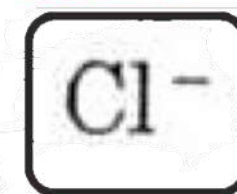


酸化還元滴定から

## 3-2 錯塩の組成式の決定

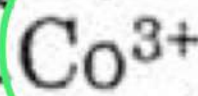
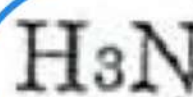
電気的中性条件より  
塩化物イオンの総数は自明

配位していないもの

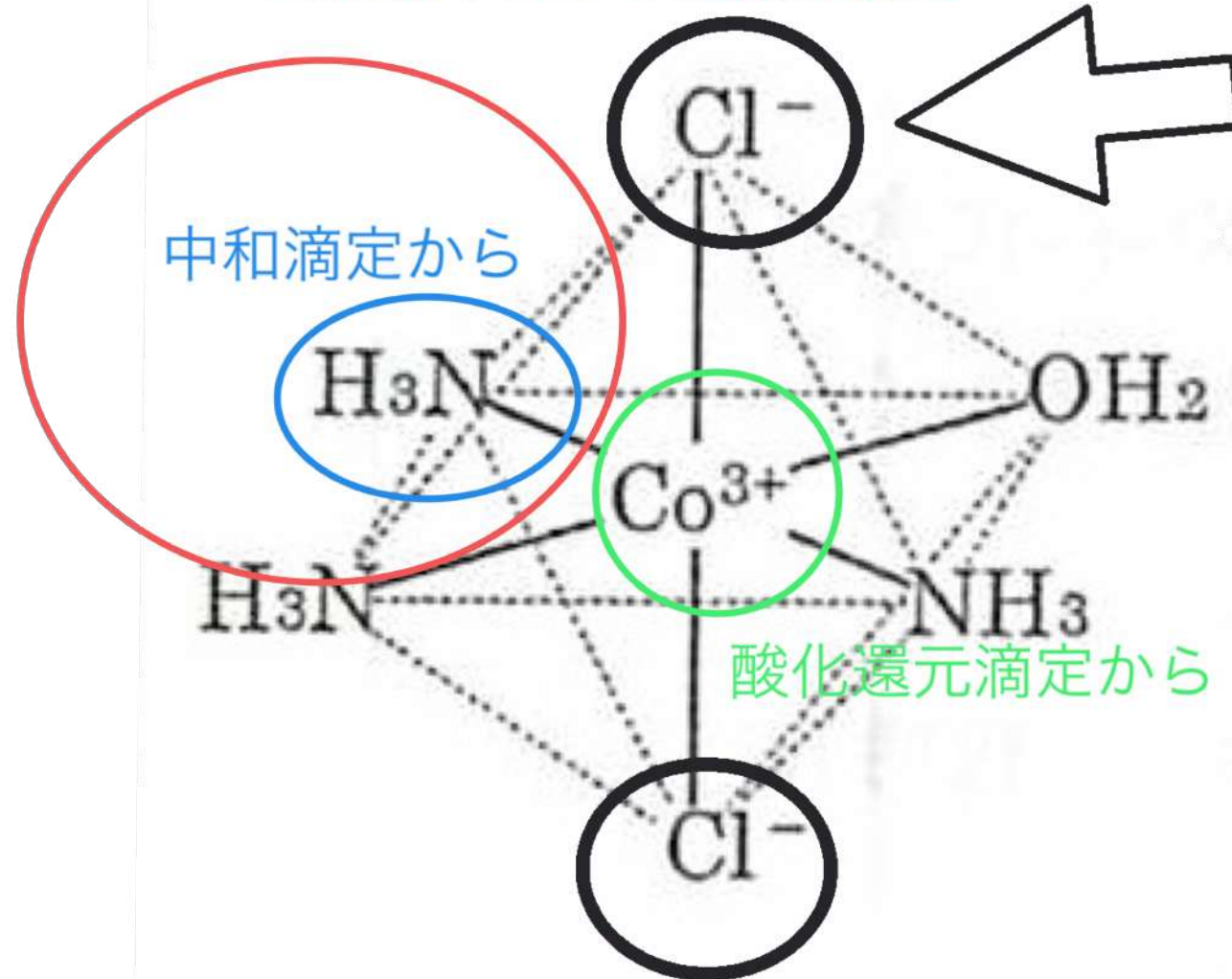


沈殿の量から

中和滴定から



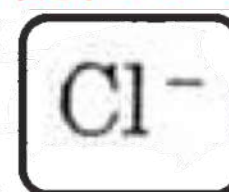
酸化還元滴定から



## 3-2 錯塩の組成式の決定

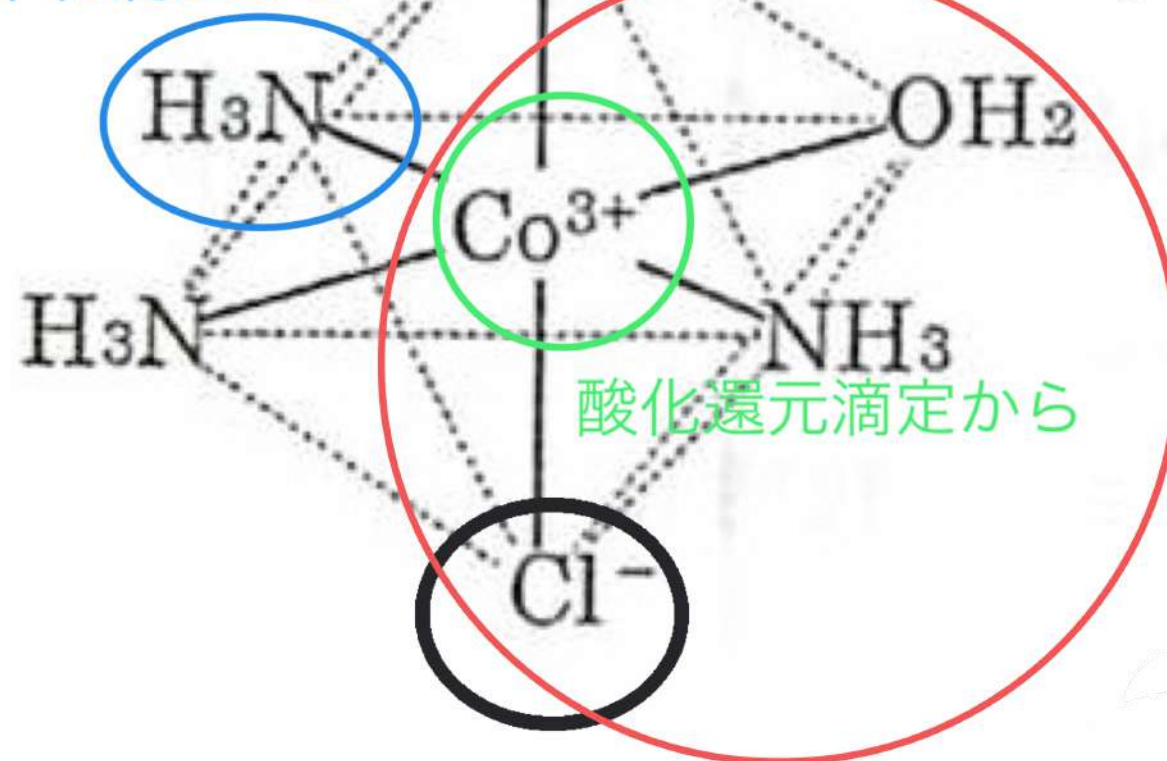
電気的中性条件より  
塩化物イオンの総数は自明

配位していないもの



沈殿の量から

中和滴定から



酸化還元滴定から

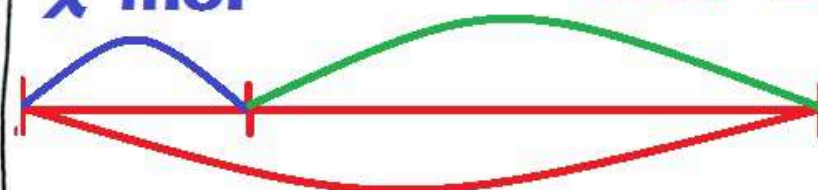
### 3-2 錯塩の組成式の決定 出典；静岡県立大学・薬学部

【実験1】 および 【問1】 → アンモニアの質量百分率の決定

逆滴定

図解

$\text{NaOH aq } 5.00 \text{ mL}$   
 $1.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$   
 $\text{NH}_3 \quad x \text{ mol}$



$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ aq } 25.0 \text{ mL}$   
 $5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

計算(物質質量)

質量百分率

$$\frac{2.00 \times 10^{-3} \times 17}{156 \times 10^{-3}} \times 100 = 21.79 \%$$

問1の解答； 21.8 %

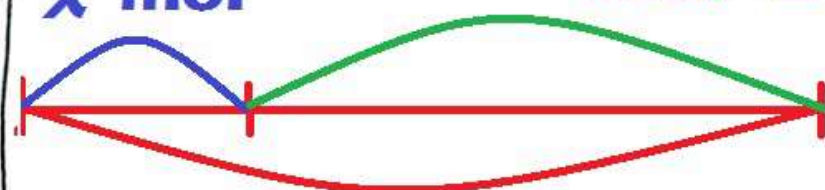
### 3-2 錯塩の組成式の決定 出典；静岡県立大学・薬学部

【実験1】 および 【問1】 → アンモニアの質量百分率の決定

逆滴定

図解

$\text{NaOH aq}$  5.00 mL  
 $1.00 \times 10^{-1}$  mol/L  
 $\text{NH}_3$   $x$  mol



$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ aq}$  25.0 mL  
 $5.00 \times 10^{-2}$  mol/L

計算(物質質量)

$$\begin{aligned} & 2 \times 5.00 \times 10^{-2} \times \frac{25.0}{1000} \\ &= 1 \times x + 1 \times 1.00 \times 10^{-1} \times \frac{5.0}{1000} \\ &\therefore x = 2.00 \times 10^{-3} \text{ mol} \end{aligned}$$

質量百分率

$$\frac{2.00 \times 10^{-3} \times 17}{156 \times 10^{-3}} \times 100 = 21.79 \%$$

問1の解答； 21.8 %

### 3-2 錯塩の組成式の決定 出典；静岡県立大学・薬学部

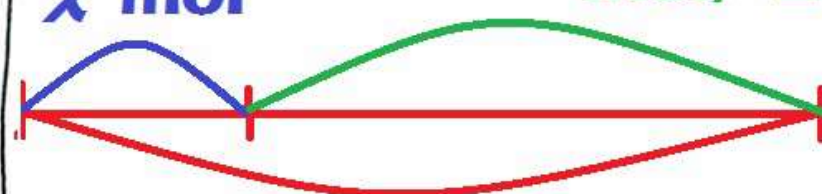
【実験1】 および 【問1】 ⇒ アンモニアの質量百分率の決定

逆滴定

図解

$\text{NaOH aq}$  5.00 mL  
 $1.00 \times 10^{-1}$  mol/L

$\text{NH}_3$   
 $x$  mol



$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ aq}$  25.0 mL  
 $5.00 \times 10^{-2}$  mol/L

計算(物質質量)

$$2 \times 5.00 \times 10^{-2} \times \frac{25.0}{1000} \\ = 1 \times x + 1 \times 1.00 \times 10^{-1} \times \frac{5.0}{1000} \\ \therefore x = 2.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

質量百分率

$$\frac{2.00 \times 10^{-3} \times 17}{156 \times 10^{-3}} \times 100 = 21.79 \%$$

問1の解答； 21.8 %

【実験2】 および 【問2】 ⇒ コバルト(Ⅲ)イオンの質量百分率の決定

ヨウ素滴定

図解

-- 存在した  $\text{Co}^{3+}$  --

**y mol**

酸化還元反応

↓ -- 生成した  $\text{I}_2$  の物質質量 --

酸化還元反応

↓ -- 滴定に用いた  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  --

計算(物質質量)

質量百分率

$$\frac{5.00 \times 10^{-4} \times 59}{117 \times 10^{-3}} \times 100 = 25.21 \%$$

問2の解答 ; 25.2 %

【実験2】 および 【問2】 ⇒ コバルト(Ⅲ)イオンの質量百分率の決定

ヨウ素滴定

図解

存在した  $\text{Co}^{3+}$

**y mol**

酸化還元反応



生成した  $\text{I}_2$  の物質

酸化還元反応

滴定に用いた  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

計算(物質)

質量百分率

$$\frac{5.00 \times 10^{-4} \times 59}{117 \times 10^{-3}} \times 100 = 25.21 \%$$

問2の解答 ; 25.2 %

【実験2】 および 【問2】 ⇒ コバルト(Ⅲ)イオンの質量百分率の決定

ヨウ素滴定

図解

存在した  $\text{Co}^{3+}$

$y \text{ mol}$

酸化還元反応



生成した  $\text{I}_2$  の物質

$\frac{1}{2}y \text{ mol}$

酸化還元反応

滴定に用いた  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

計算(物質)

質量百分率

$$\frac{5.00 \times 10^{-4} \times 59}{117 \times 10^{-3}} \times 100 = 25.21 \%$$

問2の解答 ; 25.2 %

【実験2】 および 【問2】 ⇒ コバルト(Ⅲ)イオンの質量百分率の決定

ヨウ素滴定

図解

存在した  $\text{Co}^{3+}$

**$y \text{ mol}$**

酸化還元反応



生成した  $\text{I}_2$  の物質量

**$\frac{1}{2}y \text{ mol}$**

酸化還元反応



滴定に用いた  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

計算(物質量)

質量百分率

$$\frac{5.00 \times 10^{-4} \times 59}{117 \times 10^{-3}} \times 100 = 25.21 \%$$

問2の解答 ; 25.2 %

【実験2】 および 【問2】 ⇒ コバルト(Ⅲ)イオンの質量百分率の決定

ヨウ素滴定

図解

存在した  $\text{Co}^{3+}$

**$y \text{ mol}$**

酸化還元反応



生成した  $\text{I}_2$  の物質質量

**$\frac{1}{2}y \text{ mol}$**

酸化還元反応



滴定に用いた  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

**$y \text{ mol}$**

計算(物質質量)

質量百分率

$$\frac{5.00 \times 10^{-4} \times 59}{117 \times 10^{-3}} \times 100 = 25.21 \%$$

問2の解答 ; 25.2 %

【実験2】 および 【問2】 ⇒ コバルト(Ⅲ)イオンの質量百分率の決定

ヨウ素滴定

図解

存在した  $\text{Co}^{3+}$

$y \text{ mol}$

酸化還元反応



生成した  $\text{I}_2$  の物質

$\frac{1}{2}y \text{ mol}$

酸化還元反応



滴定に用いた  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

$y \text{ mol}$

計算(物質)

$$y = 1.00 \times 10^{-1} \times \frac{5.00}{1000} \\ = 5.00 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

質量百分率

$$\frac{5.00 \times 10^{-4} \times 59}{117 \times 10^{-3}} \times 100 = 25.21 \%$$

問2の解答 ; 25.2 %

【実験2】 および 【問2】 ⇒ コバルト(Ⅲ)イオンの質量百分率の決定

ヨウ素滴定

図解

存在した  $\text{Co}^{3+}$

$y \text{ mol}$

酸化還元反応



生成した  $\text{I}_2$  の物質量

$\frac{1}{2}y \text{ mol}$

酸化還元反応



滴定に用いた  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

$y \text{ mol}$

計算(物質量)

$$y = 1.00 \times 10^{-1} \times \frac{5.00}{1000} \\ = 5.00 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

質量百分率

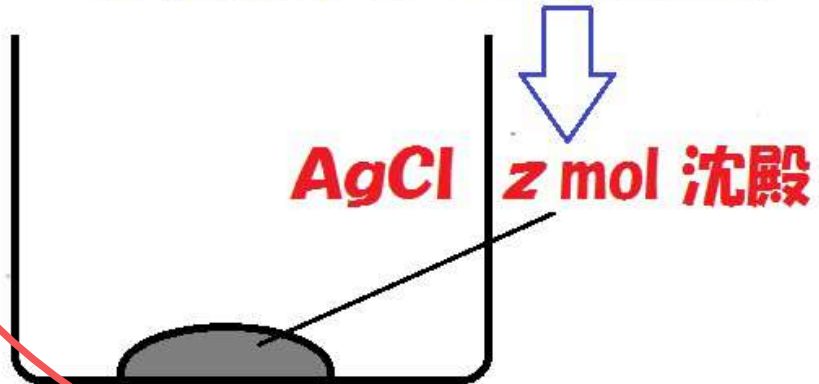
$$\frac{5.00 \times 10^{-4} \times 59}{117 \times 10^{-3}} \times 100 = 25.21 \%$$

問2の解答 ; 25.2 %

【実験3】 および 【問3】 ⇒ 配位結合していない塩化物イオンの質量百分率の決定  
沈殿形成

図解

配位結合していない  $\text{Cl}^-$  は  
水溶液中で「 $\text{Cl}^-$ 」となり、



計算(物質質量)

質量百分率

$$\frac{2.00 \times 10^{-3} \times 35.5}{470 \times 10^{-3}} \times 100 = 15.10 \%$$

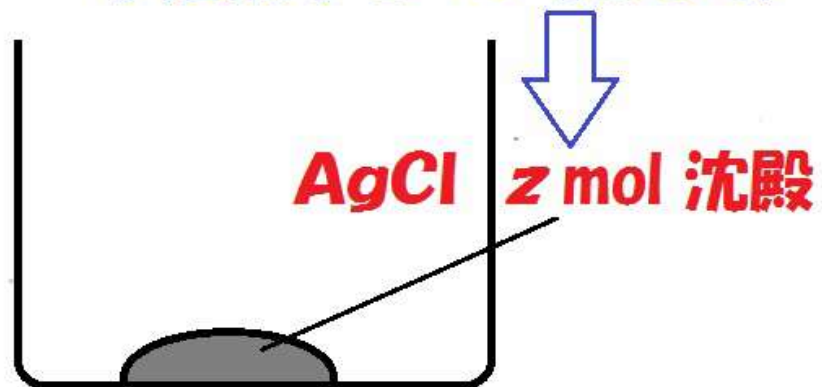
問3の解答 ; 15.1 %

【実験3】 および 【問3】 ⇒ 配位結合していない塩化物イオンの質量百分率の決定

沈殿形成

図解

配位結合していない  $\text{Cl}^-$  は  
水溶液中で「 $\text{Cl}^-$ 」となり、



$z \text{ mol}$

計算(物質質量)

$$\frac{287 \times 10^{-3}}{143.5} = 2.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

質量百分率

$$\frac{2.00 \times 10^{-3} \times 35.5}{470 \times 10^{-3}} \times 100 = 15.10 \%$$

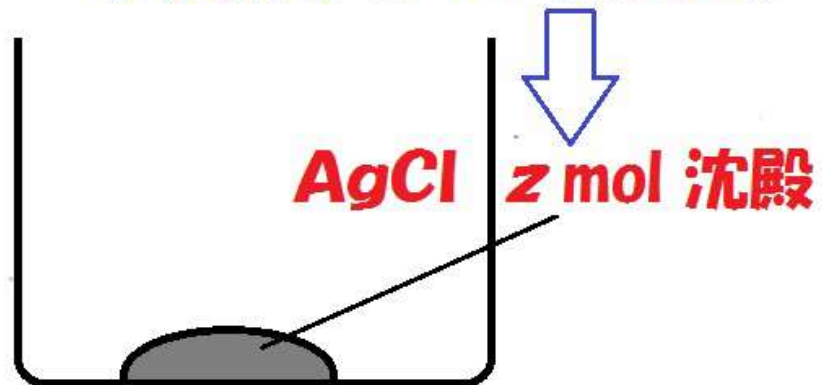
問3の解答 ; 15.1 %

【実験3】 および 【問3】 ⇒ 配位結合していない塩化物イオンの質量百分率の決定

沈殿形成

図解

配位結合していない  $\text{Cl}^-$  は  
水溶液中で「 $\text{Cl}^-$ 」となり、



$z \text{ mol}$

計算(物質質量)

$$\frac{287 \times 10^{-3}}{143.5} = 2.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

質量百分率

$$\frac{2.00 \times 10^{-3} \times 35.5}{470 \times 10^{-3}} \times 100 = 15.10 \%$$

問3の解答 ; 15.1 %

【問4】 ⇒ 組成の決定

問4の情報と、実験1～実験3から判る組成は？

$\text{Co}^{3+} : \text{NH}_3 : \text{H}_2\text{O} : \text{配位結合していないCl}^-$

$$= \frac{25.21}{59} : \frac{21.79}{17} : \frac{7.60}{18} : \frac{15.10}{35.5}$$

$$= \quad : \quad : \quad : \quad$$

$$= \quad$$

↓ 配位数は6であるから

求める組成式は？

$\text{Co}^{3+} : \text{配位結合しているCl}^- : \text{NH}_3 : \text{H}_2\text{O} : \text{配位結合していないCl}^-$

$$= \quad$$

問4の解答 ;  $[\text{CoCl}_2(\text{NH}_3)_3(\text{H}_2\text{O})] \text{Cl}$

【問4】 ⇒ 組成の決定

問4の情報と、実験1～実験3から判る組成は？

$\text{Co}^{3+} : \text{NH}_3 : \text{H}_2\text{O} : \text{配位結合していないCl}^-$

$$= \frac{25.21}{59} : \frac{21.79}{17} : \frac{7.60}{18} : \frac{15.10}{35.5}$$

$$= 0.427 : 1.281 : 0.422 : 0.425$$

=

↓ 配位数は6であるから

求める組成式は？

$\text{Co}^{3+} : \text{配位結合しているCl}^- : \text{NH}_3 : \text{H}_2\text{O} : \text{配位結合していないCl}^-$

=

問4の解答 ;  $[\text{CoCl}_2(\text{NH}_3)_3(\text{H}_2\text{O})] \text{Cl}$

【問4】 ⇒ 組成の決定

問4の情報と、実験1～実験3から判る組成は？

$\text{Co}^{3+} : \text{NH}_3 : \text{H}_2\text{O} : \text{配位結合していないCl}^-$

$$= \frac{25.21}{59} : \frac{21.79}{17} : \frac{7.60}{18} : \frac{15.10}{35.5}$$

$$= 0.427 : 1.281 : 0.422 : 0.425$$

$$= 1 : 3 : 1 : 1$$

↓ 配位数は6であるから

求める組成式は？

$\text{Co}^{3+} : \text{配位結合しているCl}^- : \text{NH}_3 : \text{H}_2\text{O} : \text{配位結合していないCl}^-$

=

問4の解答 ;  $[\text{CoCl}_2(\text{NH}_3)_3(\text{H}_2\text{O})] \text{Cl}$

【問4】 → 組成の決定

問4の情報と、実験1～実験3から判る組成は？

$\text{Co}^{3+} : \text{NH}_3 : \text{H}_2\text{O} : \text{配位結合していないCl}^-$

$$= \frac{25.21}{59} : \frac{21.79}{17} : \frac{7.60}{18} : \frac{15.10}{35.5}$$

$$= 0.427 : 1.281 : 0.422 : 0.425$$

$$= 1 : 3 : 1 : 1$$

↓ 配位数は6であるから

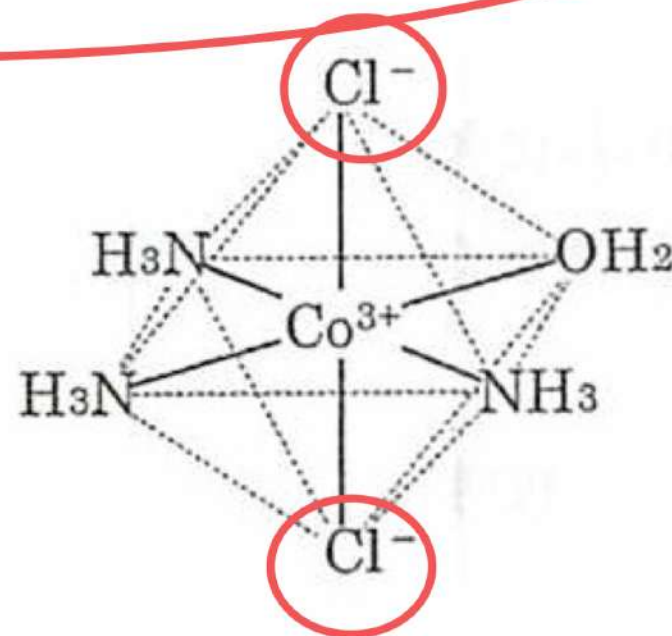
求める組成式は？

$\text{Co}^{3+} : \text{配位結合しているCl}^- : \text{NH}_3 : \text{H}_2\text{O} : \text{配位結合していないCl}^-$

$$= 1 : 2 : 3 : 1 : 1$$

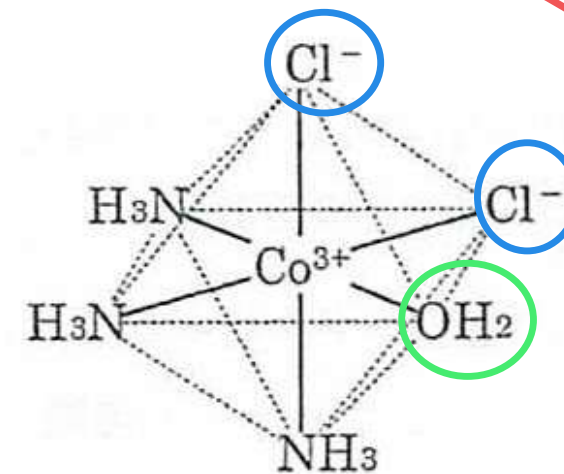
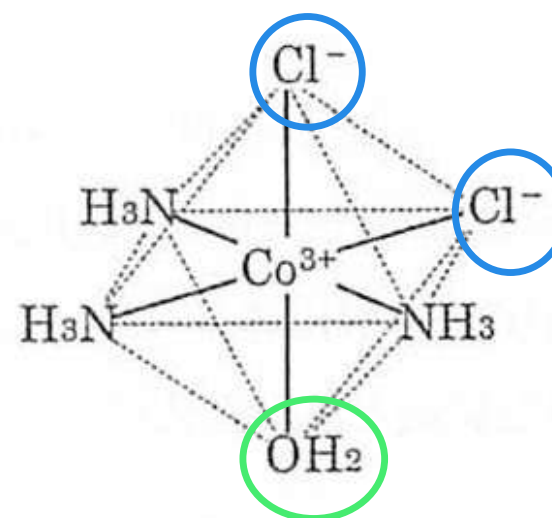
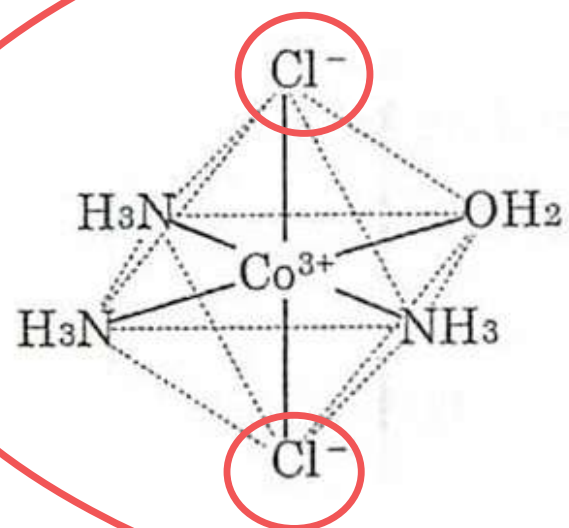
問4の解答 ;  $[\text{CoCl}_2(\text{NH}_3)_3(\text{H}_2\text{O})] \text{Cl}$

計6



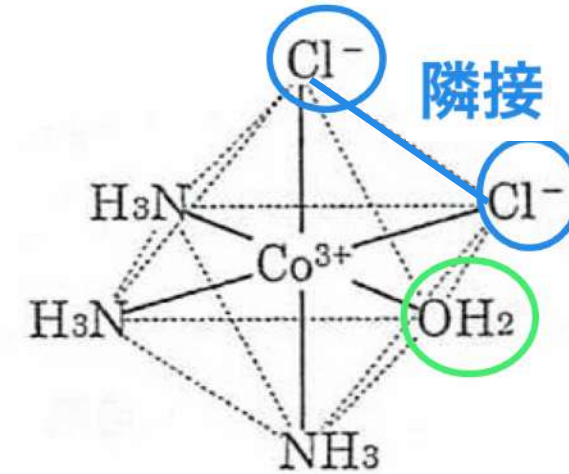
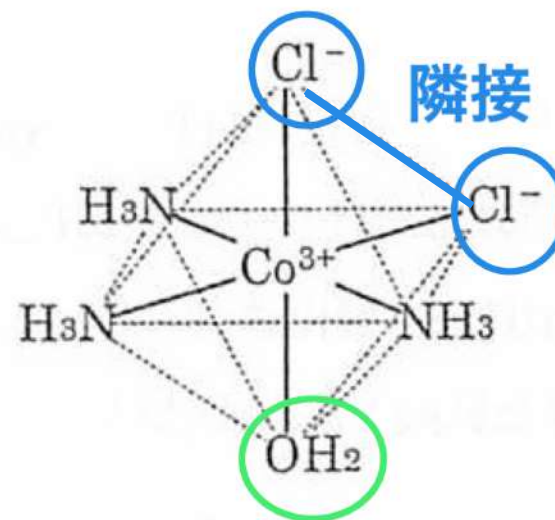
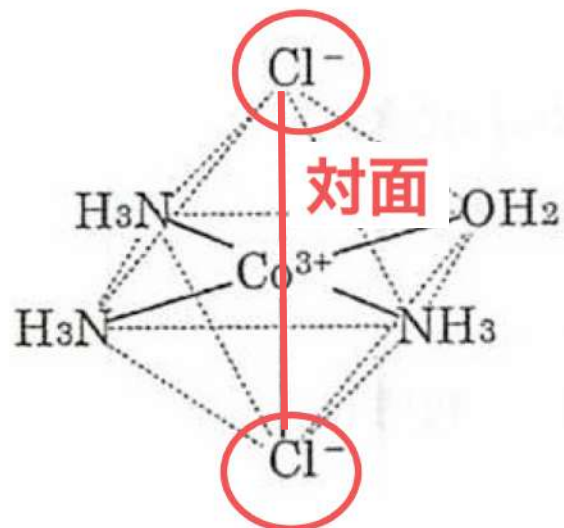
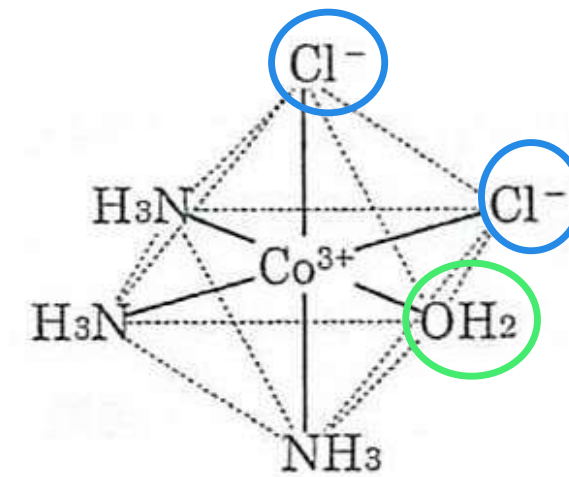
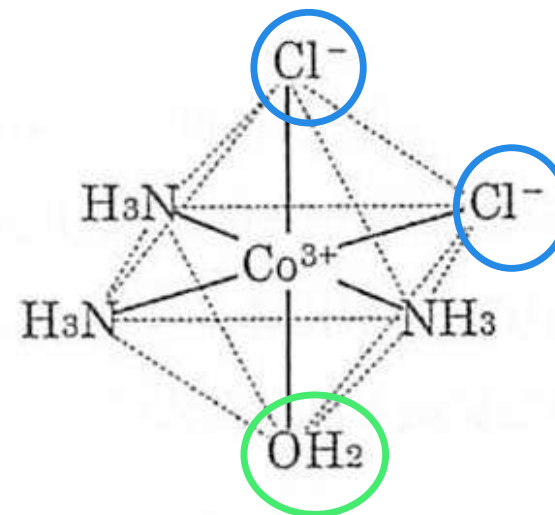
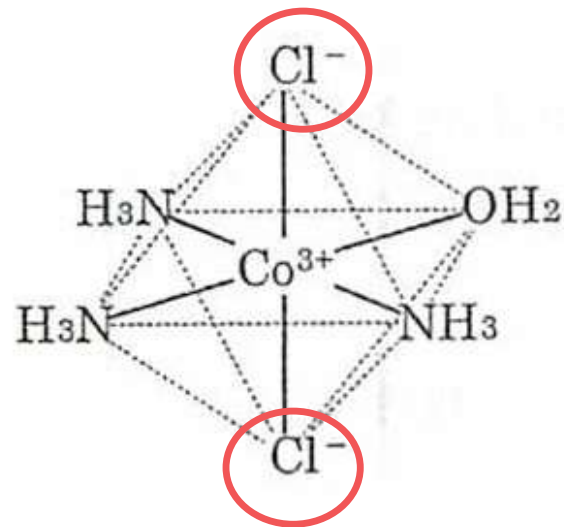
**【問5】** 3種類

次の3種類の立体異性体が存在する。



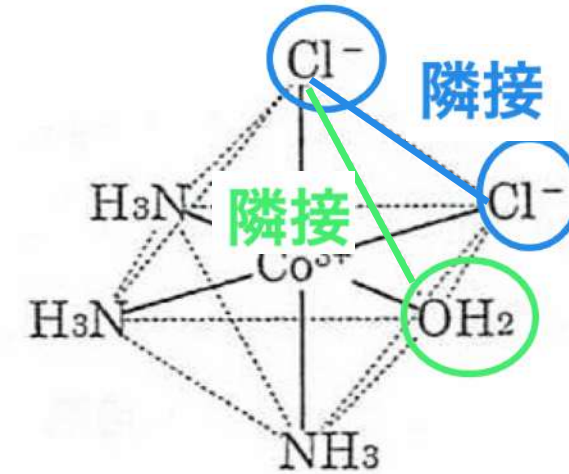
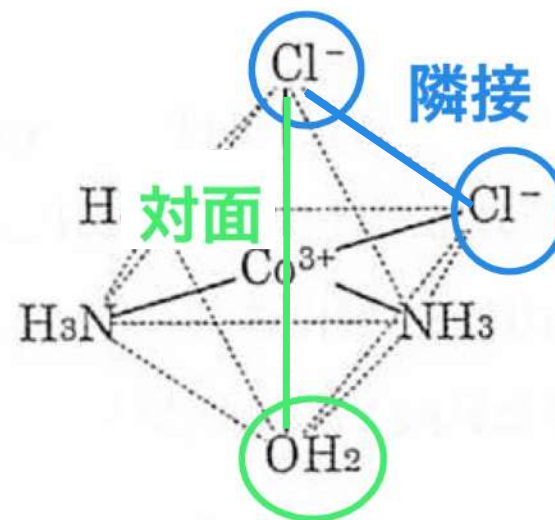
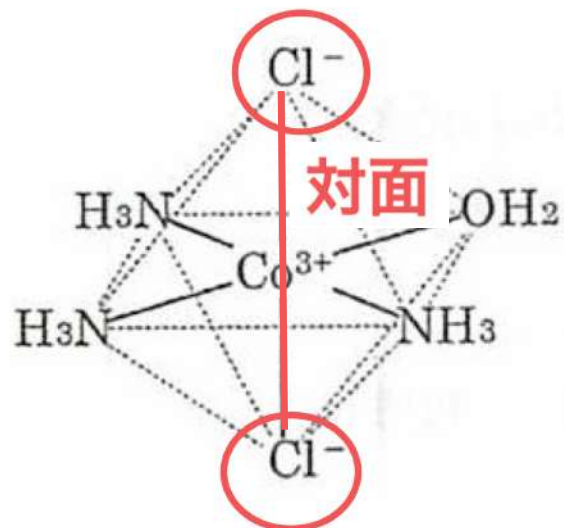
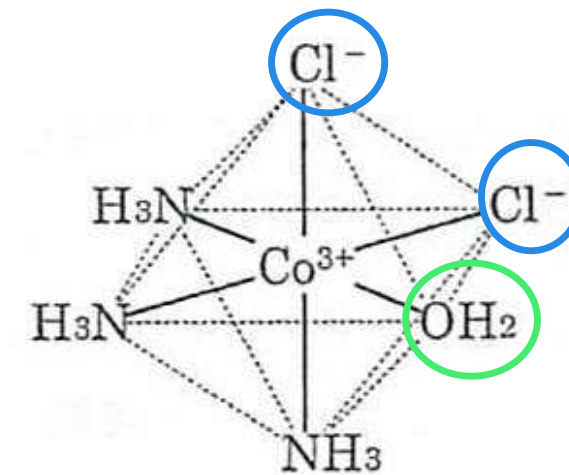
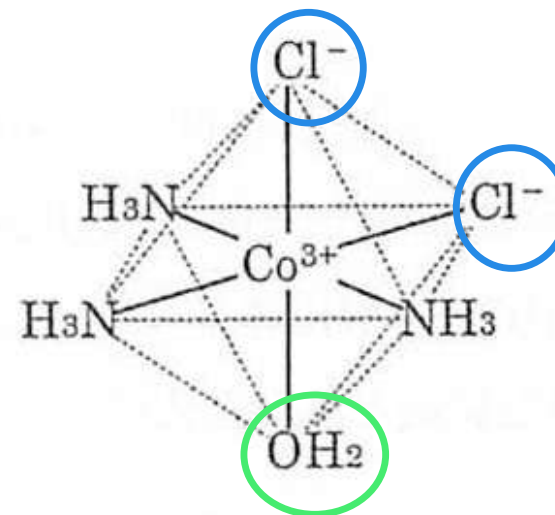
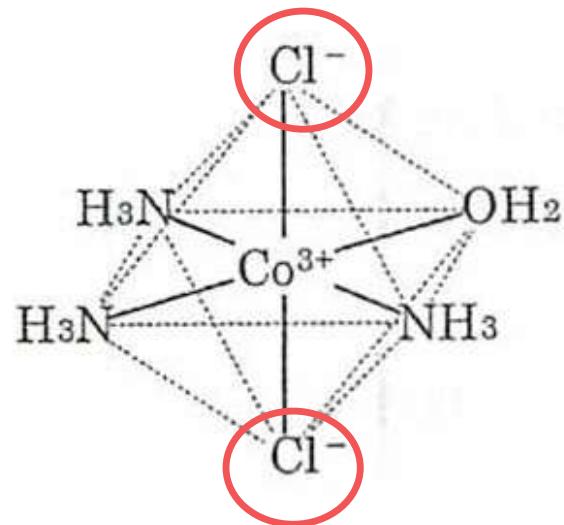
**【問5】** 3種類

次の3種類の立体異性体が存在する。



**【問5】** 3種類

次の3種類の立体異性体が存在する。

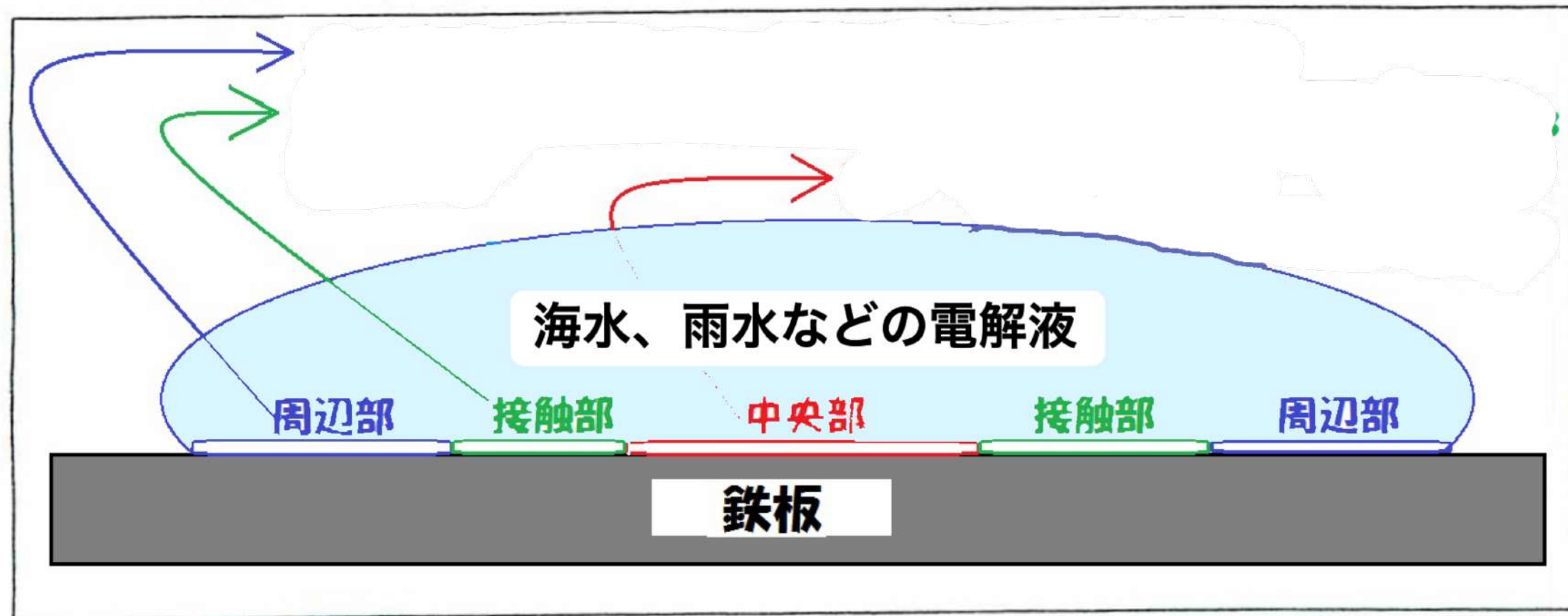


### 3-3 鉄の腐食

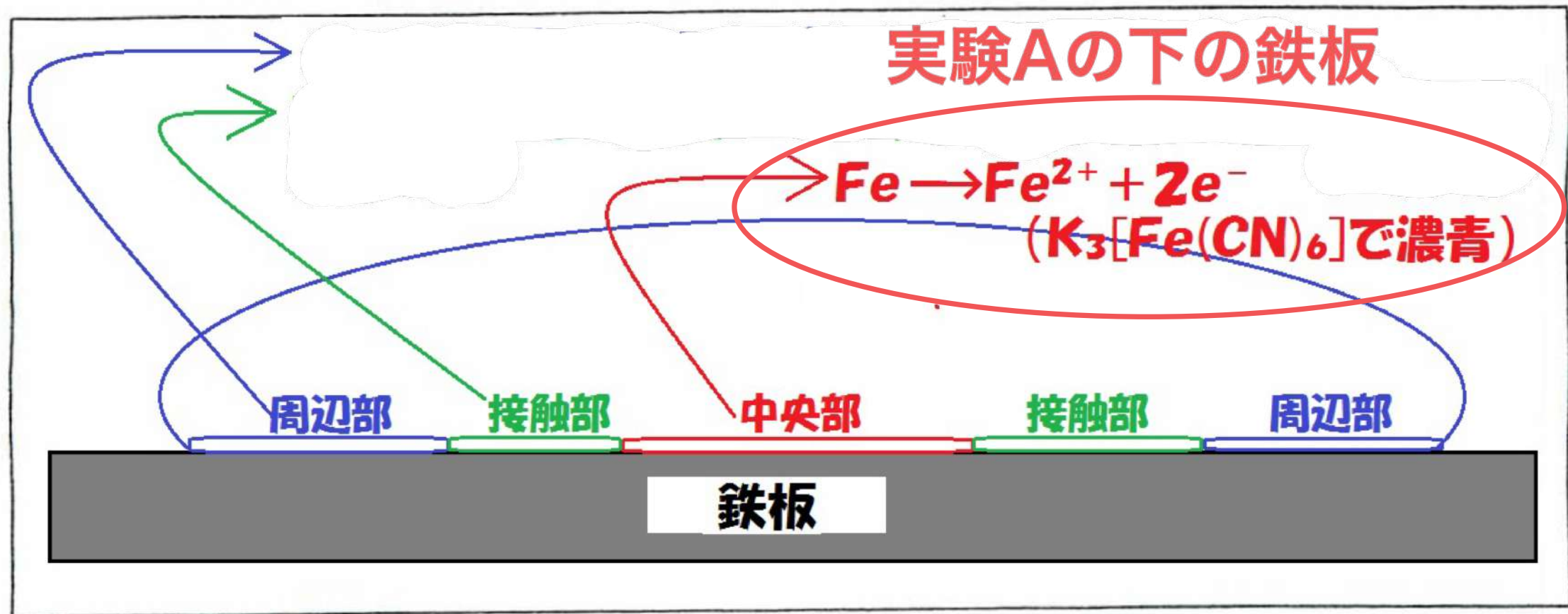
出典: 横浜国立大学

プリントのp6に記入済みです。

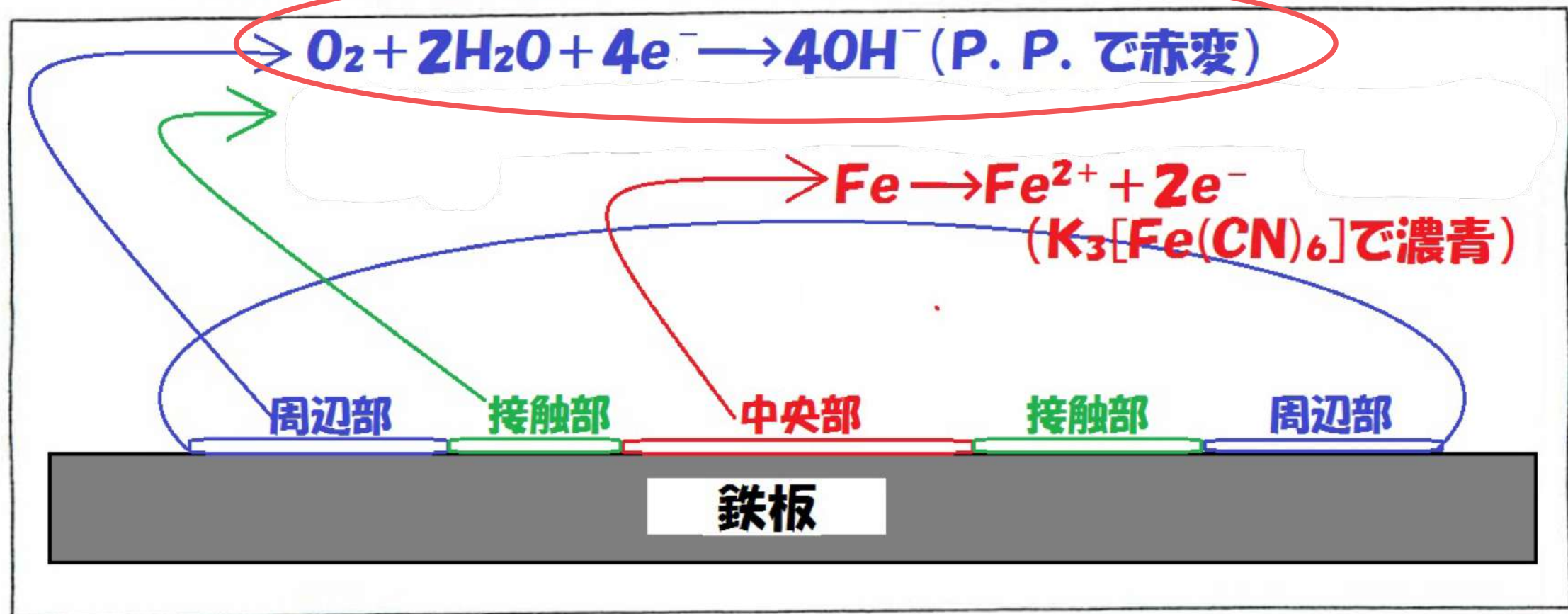
問題文の1行目～11行目の模式的な解釈



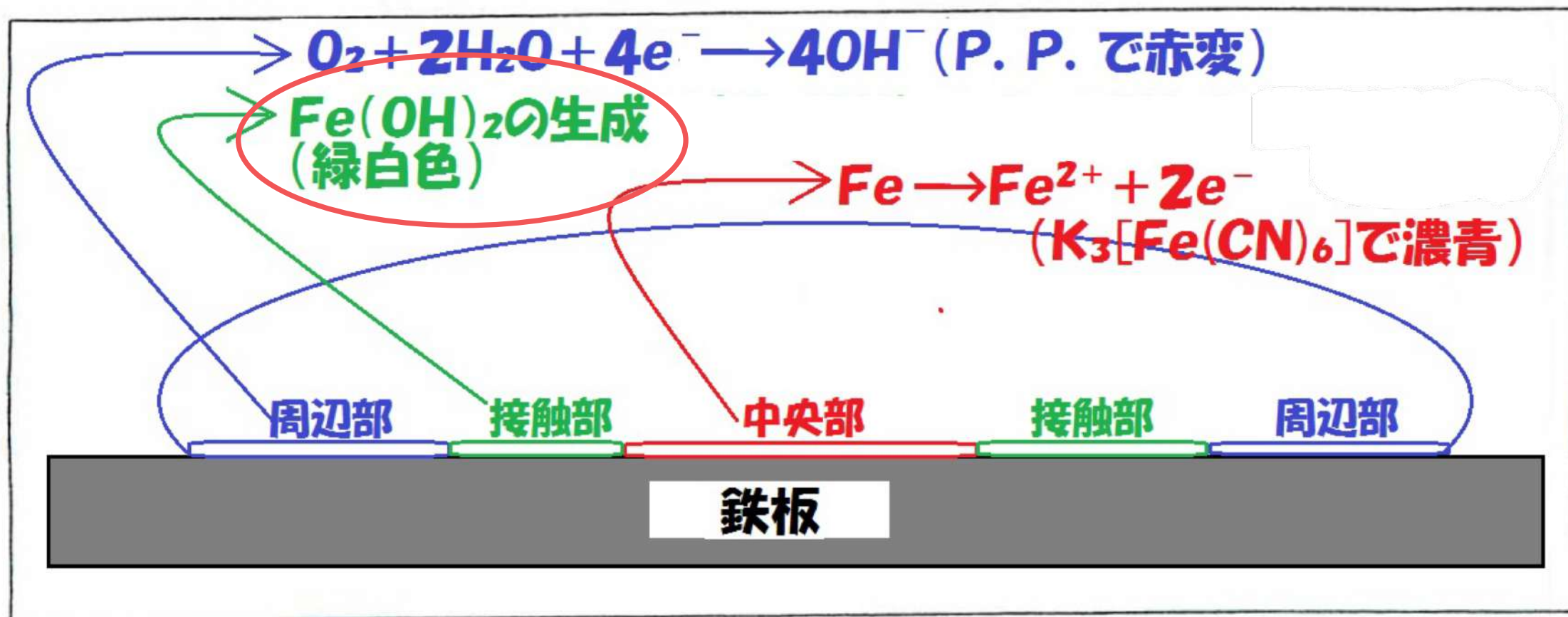
問題文の1行目～11行目の模式的な解釈



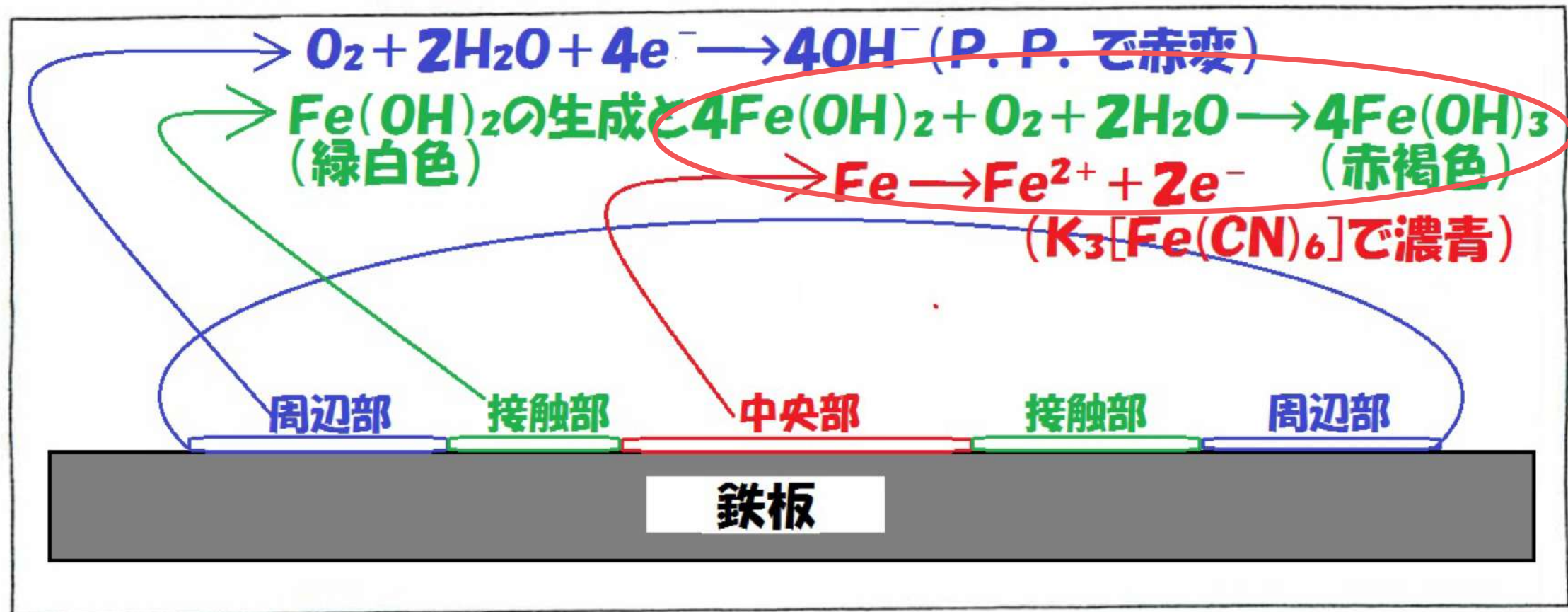
問題文の1行目~11行目の模式的な解釈 **実験Aの上の鉄板**

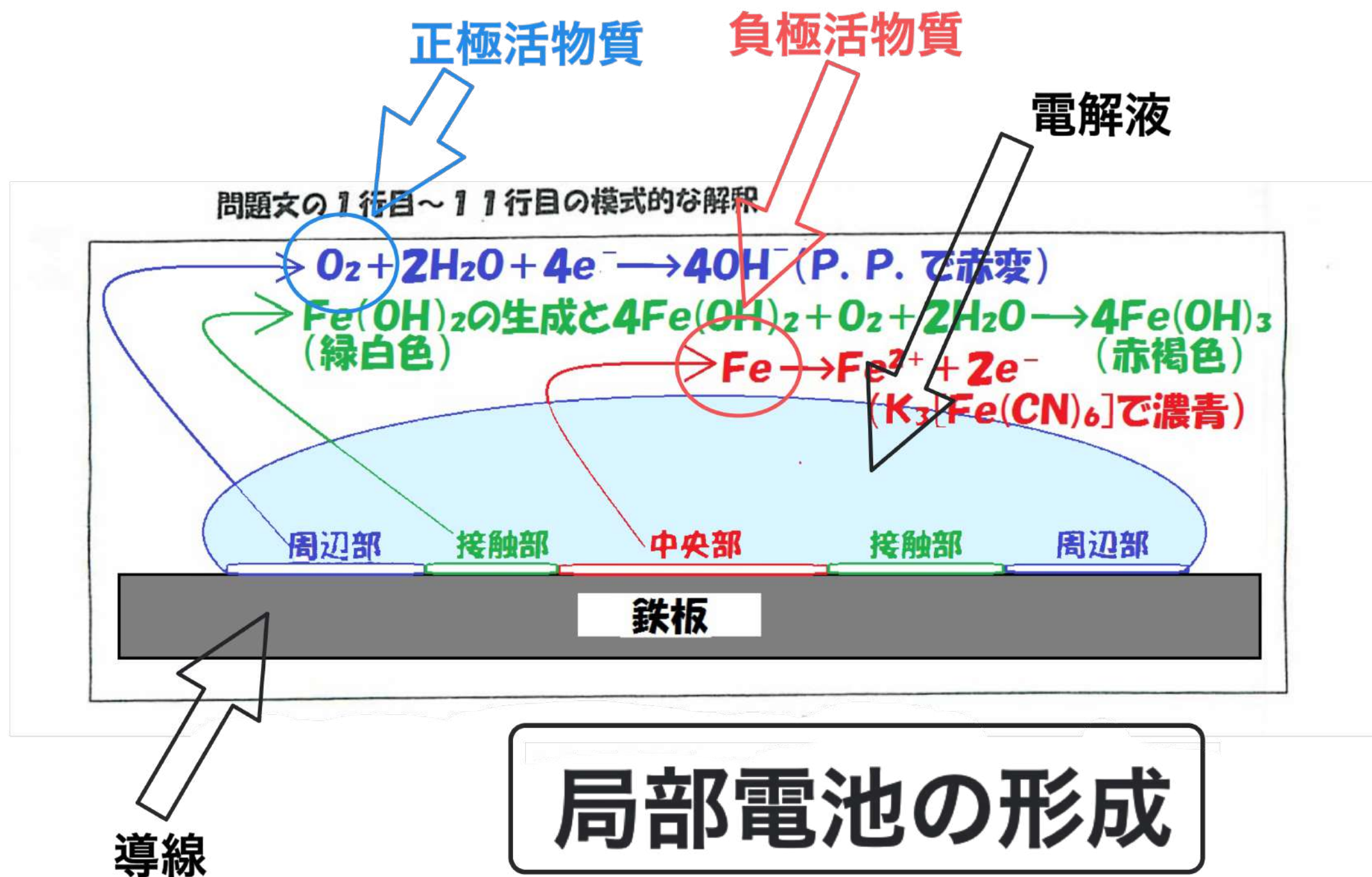


問題文の1行目～11行目の模式的な解釈



問題文の1行目～11行目の模式的な解釈

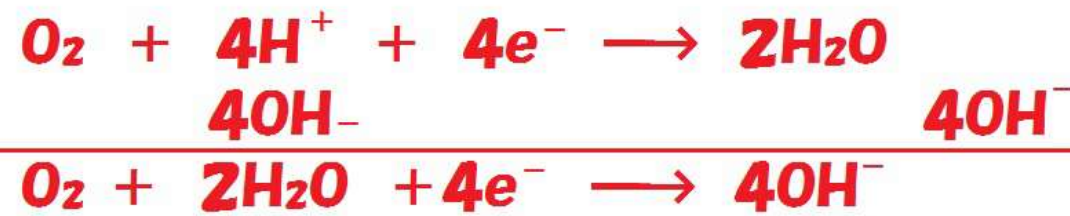




### 3-3 鉄の腐食 出典:横浜国立大学

問1のヒント: 電流は電池の正極から負極に向けて流れる。言い換えれば、電子は電池の負極から正極に向けて流れる。つまり、電池の負極からは電子が出ていき (負極には還元剤 Fe があって、電子を放出し)、電池の正極には電子が入っていく (正極には酸化剤 O<sub>2</sub> があって、電子を受け取る)。

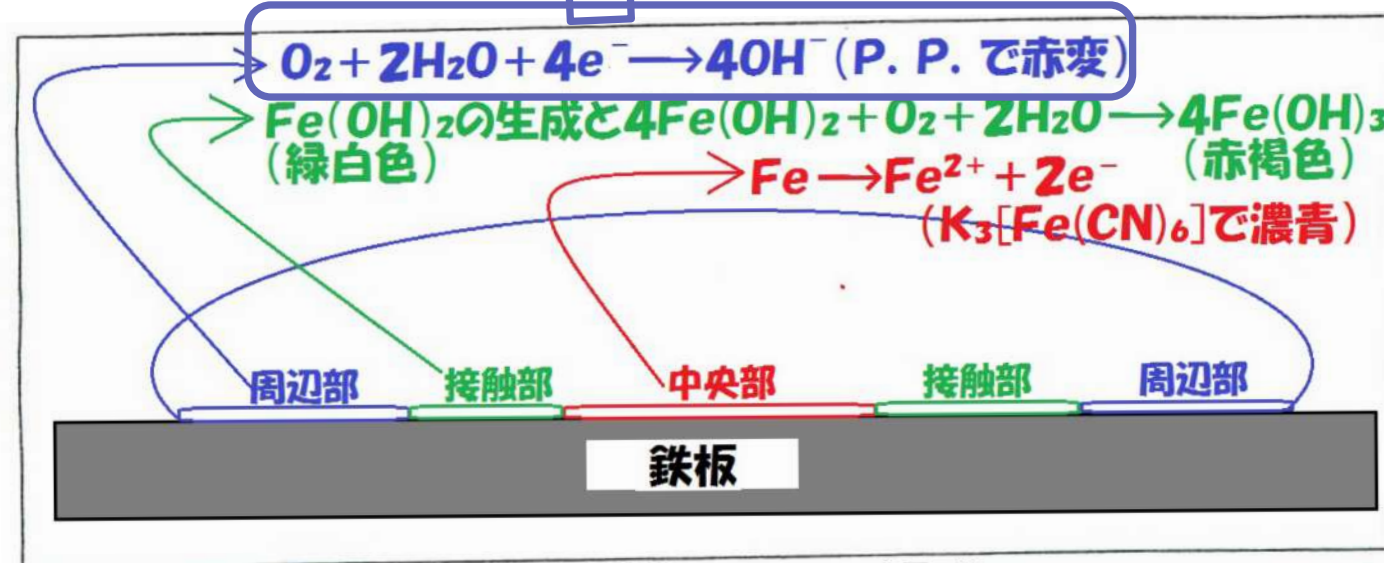
[実験Aの上の鉄板での反応]



問1の解答: 上の鉄板で起こる反応は上述の通り。 / 上の鉄板が正極となる。

[実験Aの下鉄板での反応]

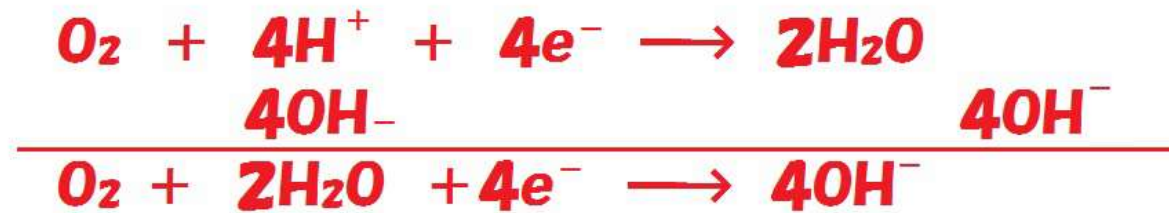
問1の解答: 下の鉄板で起こる反応は上述の通り。



### 3-3 鉄の腐食 出典:横浜国立大学

問1のヒント； 電流は電池の正極から負極に向けて流れる。言い換えれば、電子は電池の負極から正極に向けて流れる。つまり、電池の負極からは電子が出ていき（負極には還元剤Feがあつて、電子を放出し）、電池の正極には電子が入っていく（正極には酸化剤O<sub>2</sub>があつて、電子を受け取る）。

〔実験Aの上の鉄板での反応〕

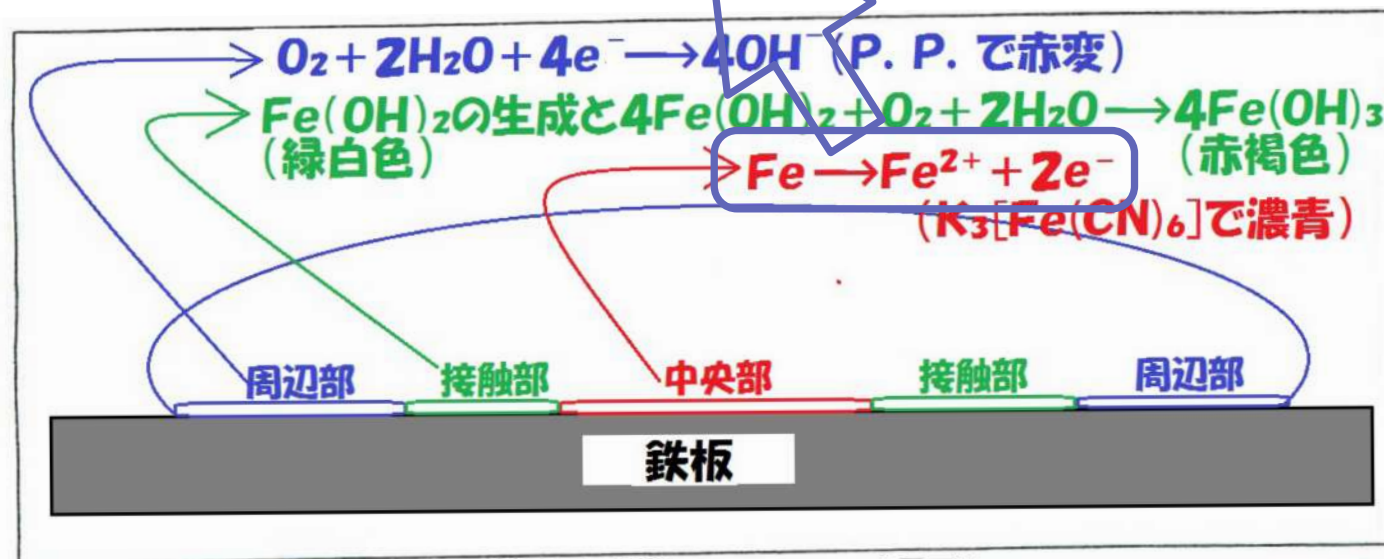


問1の解答：上の鉄板で起こる反応は上述の通り。／上の鉄板が正極となる。

〔実験Aの下鉄板での反応〕



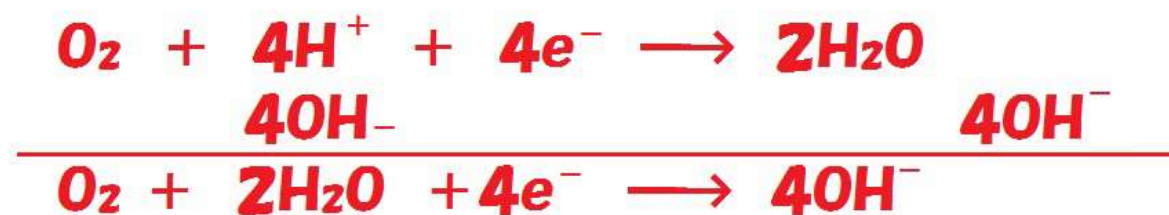
問1の解答：下の鉄板で起こる反応は上述の通り。



### 3-3 鉄の腐食 出典:横浜国立大学

問1のヒント; 電流は電池の正極から負極に向けて流れる。言い換えれば、電子は電池の負極から正極に向けて流れる。つまり、電池の負極からは電子が出ていき（負極には還元剤Feがあつて、電子を放出し）、電池の正極には電子が入っていく（正極には酸化剤O<sub>2</sub>があつて、電子を受け取る）。

〔実験Aの上の鉄板での反応〕



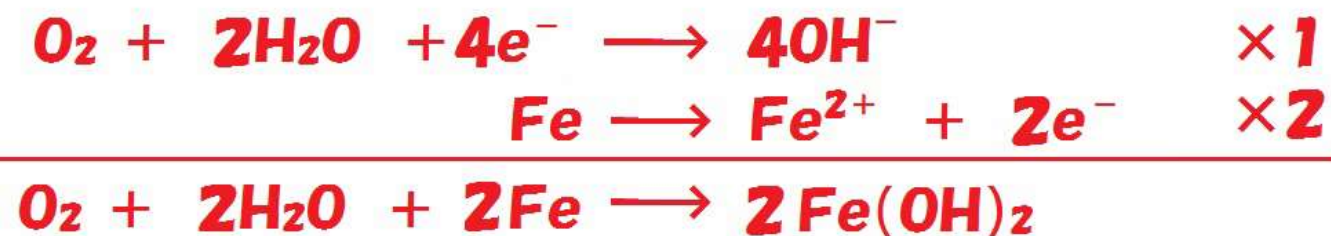
問1の解答: 上の鉄板で起こる反応は上述の通り。/ 上の鉄板が正極となる。

〔実験Aの下鉄板での反応〕



問1の解答: 下の鉄板で起こる反応は上述の通り。

〔実験Aの全体としての反応〕



**問2の解答；** 液面に近い方が酸素の供給が速く、  
鉄板表面での溶存酸素濃度が高く保たれるから。

液面に近い方が酸素の供給が速い。

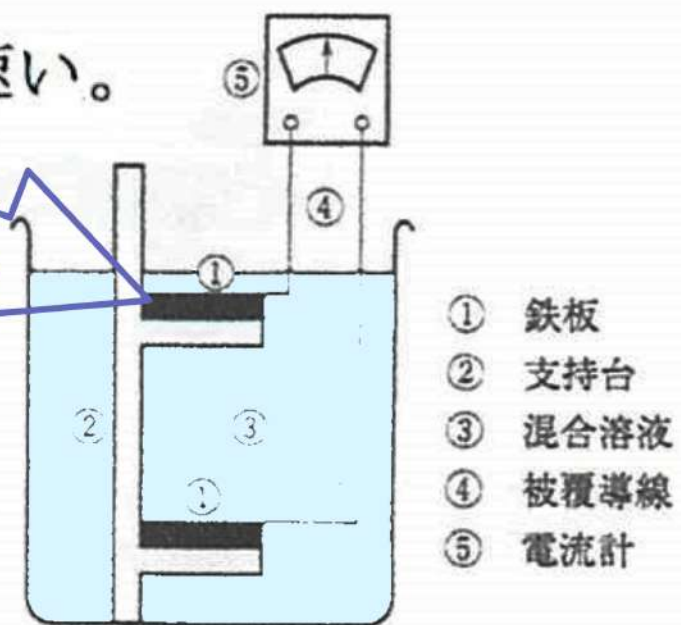
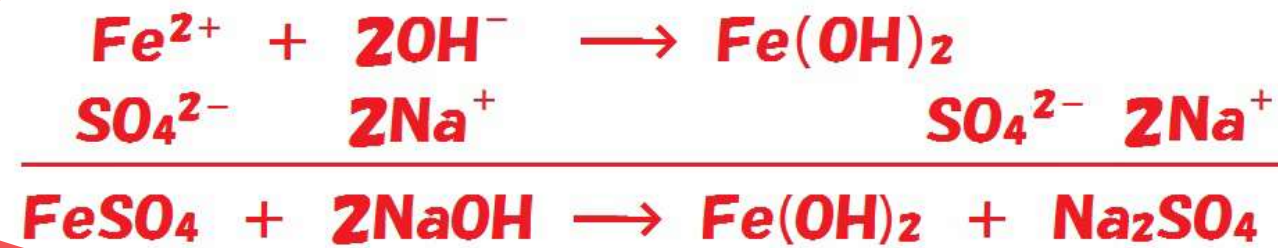


図 2

問3のヒント； まず、水酸化鉄(II)の沈殿が生成し、ついで水酸化鉄(II)の沈殿は酸化されて水酸化鉄(III)となる。

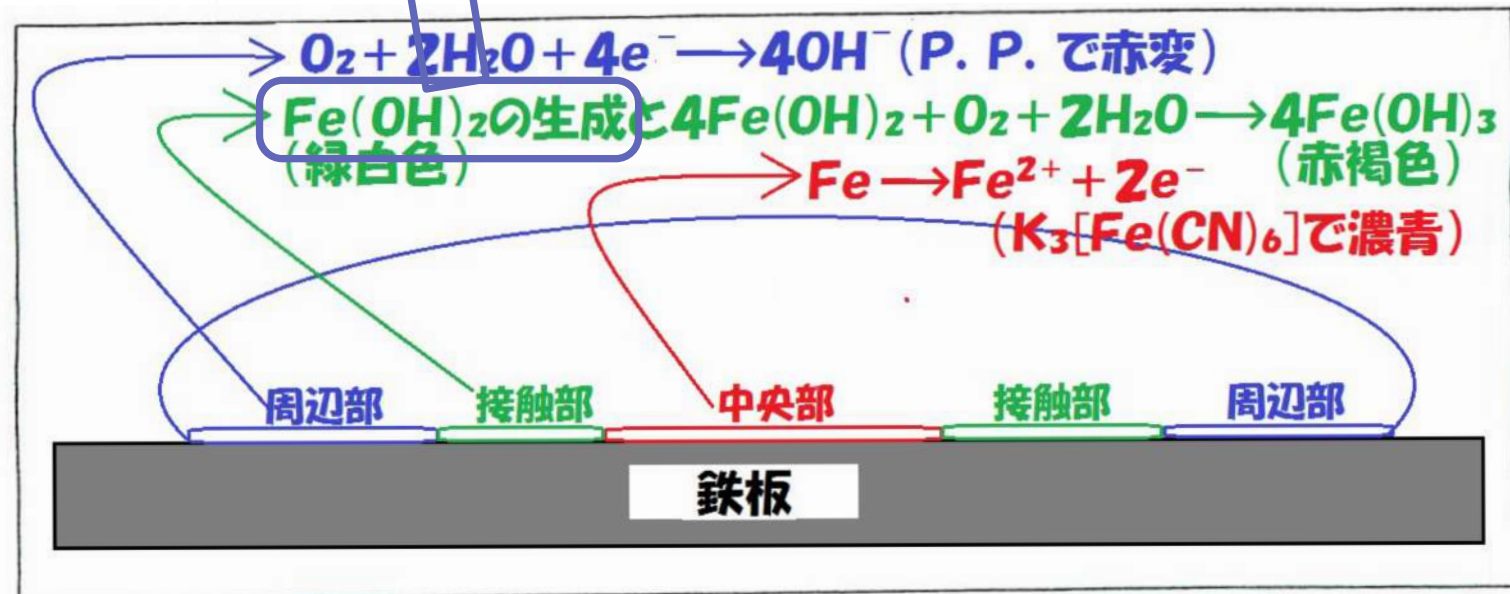
〔実験Bの第一段階目の反応〕



問3の解答：第一段階目の反応は上述の通り。

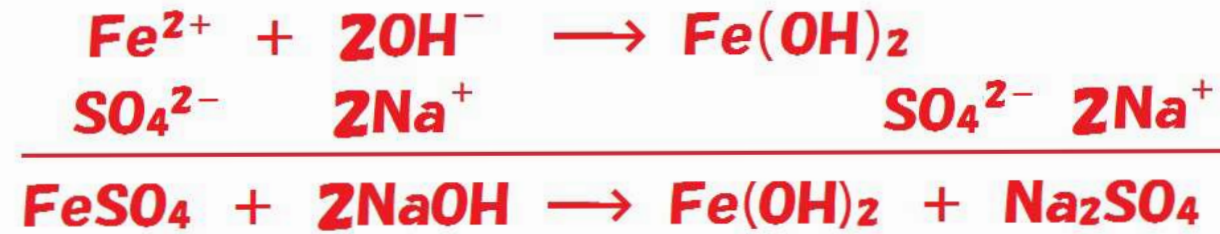
〔実験Bの第二段階目の反応〕

問3の解答：第二段階目の反応は上述の通り。



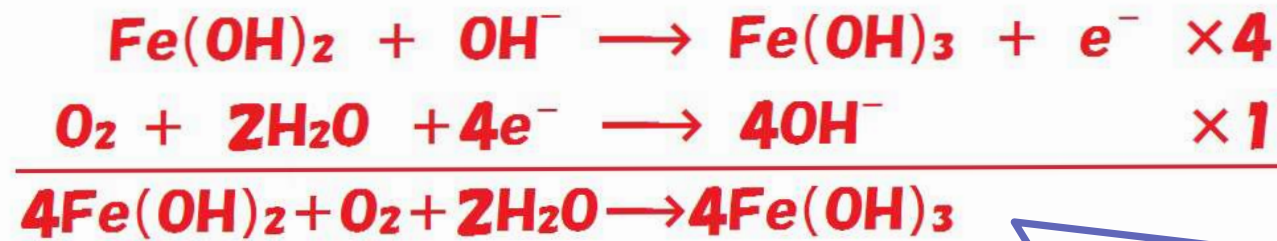
問3のヒント； まず、水酸化鉄(II)の沈殿が生成し、ついで水酸化鉄(II)の沈殿は酸化されて水酸化鉄(III)となる。

〔実験Bの第一段階目の反応〕

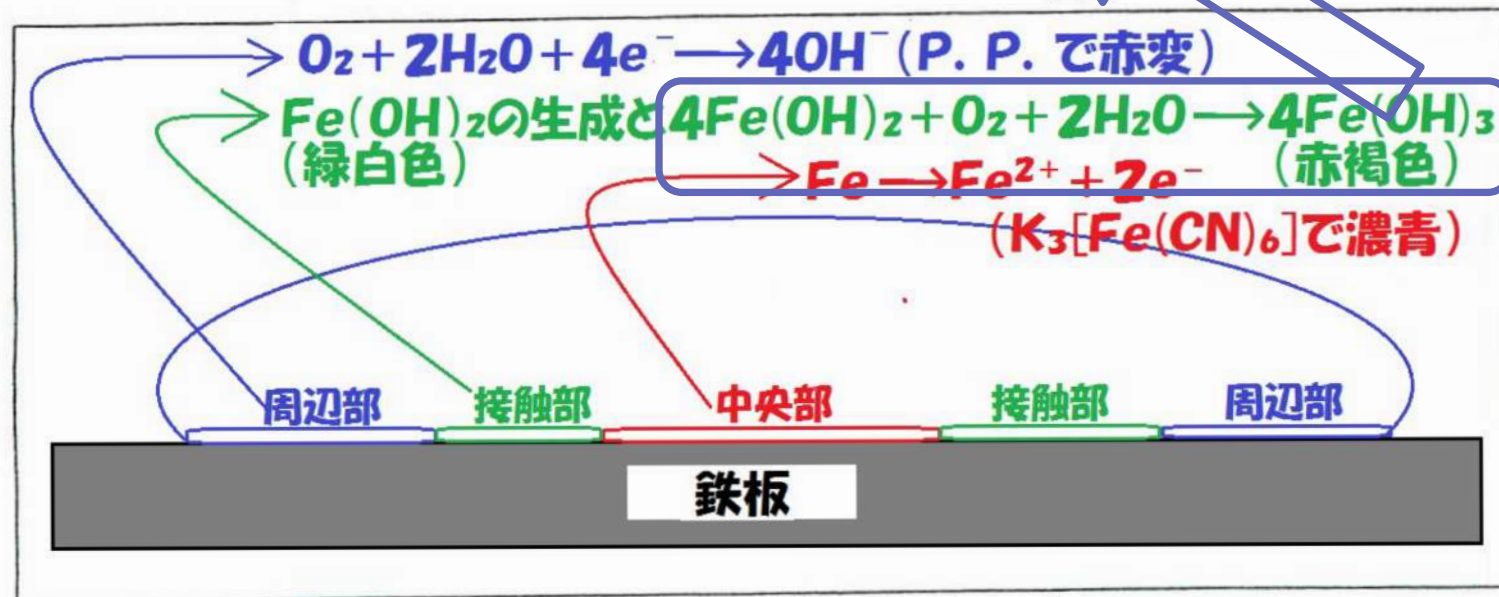


問3の解答：第一段階目の反応は上述の通り。

〔実験Bの第二段階目の反応〕



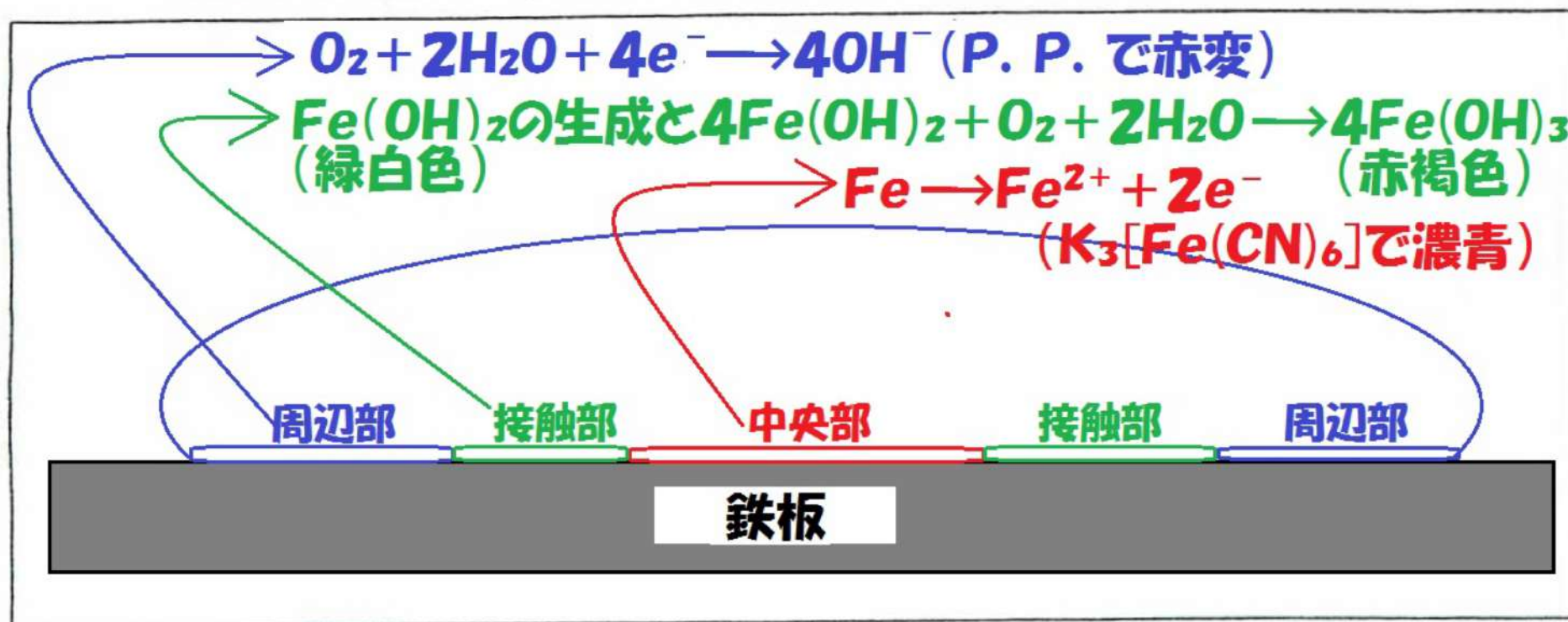
問3の解答：第二段階目の反応は上述の通り。



**問4のヒント；** まず、〔実験Aの全体としての反応〕と同様に、鉄板上に水酸化鉄(Ⅱ)が生成する。ついで、〔実験Bの第二段階目の反応〕と同様に、水酸化鉄(Ⅱ)が酸化されて水酸化鉄(Ⅲ)となる。

【注】 フェノールフタレイン；無色の結晶で、融点約 262℃。水にはごくわずかに溶けないが、温アルコールには容易に溶ける。

問題文の1行目～11行目の模式的な解釈



〔実験Aの全体としての反応〕



問題文の1行目～11行目で起こっている反応の全体像



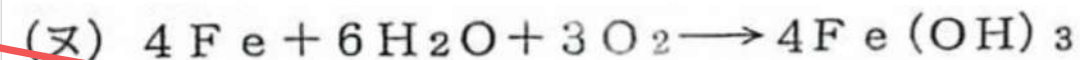
〔実験Bの第二段階目の反応〕



問3の解答：第二段階目の反応は上述の通り。

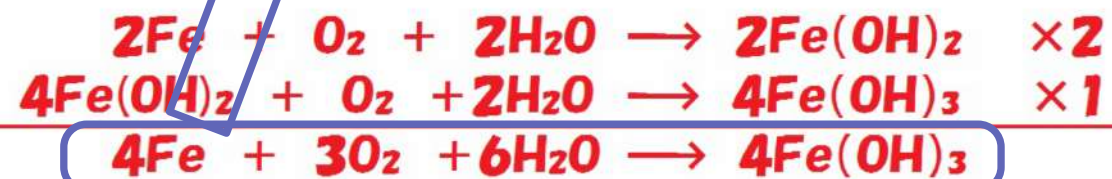
問4の解答： (イ) 鉄板、(ロ)  $\text{Fe}^{2+}$ 、(ハ) 水、(ニ) 酸素、(ホ)  $\text{OH}^-$ 、(ヘ) 電子

(ト) 電流、(チ)  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 、(リ) 酸化



注： 赤さびの主成分を  $\text{FeO}(\text{OH})$  と表記することもあるが、本質的に同一物質である。

問題文の1行目～11行目で起こっている反応の全体像



日々の努力を  
忘れないでね。

Chemistry



窒素のオキソ酸( $\text{HNO}_3$ )の製法

「オストワルト法(アンモニア酸化法)」

① 高温で、白金触媒を用い、アンモニアを酸素と反応させる。



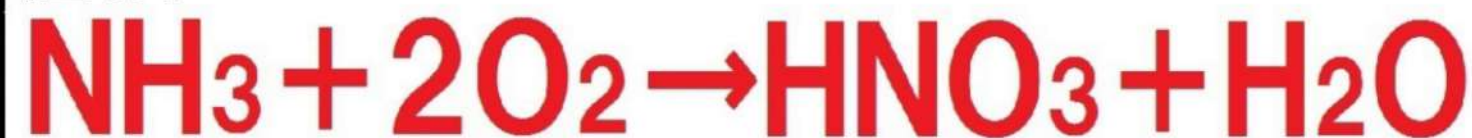
② ①で生成した一酸化窒素を空気と反応させる。



③ ②で生成した二酸化窒素を水に吸収させる。



[全体]



工業的製法

**唐突ですが、  
ここでちょっと  
一酸化窒素NOの性質  
について触れたいと思います。**

## NOの諸性質

|     |                                                                 |      |       |
|-----|-----------------------------------------------------------------|------|-------|
| 状態  | 気体                                                              | 水溶性  | 溶けにくい |
| 色   | 無色                                                              | 捕集方法 | 水上置換  |
| 反応性 | 空気または酸素に触れると、ただちに二酸化窒素となる。<br>$[ 2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2 ]$ |      |       |

NO<sub>2</sub>の除去

無色から赤褐色に変化する。

# なぜ、 $\text{NO}_2$ にならない？

窒素のオキソ酸( $\text{HNO}_3$ )の製法

『オストワルト法(アンモニア酸化法)』

① 高温で、白金触媒を用い、アンモニアを酸素と反応させる。



② ①で生成した一酸化窒素を空気と反応させる。



③ ②で生成した二酸化窒素を水に吸収させる。



[全体]



工業的製法

実は、先程の反応の反応条件は次の通り...

## NOの諸性質

|    |    |      |       |
|----|----|------|-------|
| 状態 | 気体 | 水溶性  | 溶けにくい |
| 色  | 無色 | 捕集方法 | 水上置換  |

|     |                                                                                                   |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 反応性 | 空気または酸素に触れると、ただちに二酸化窒素となる。<br>無色から赤褐色に変化する。<br>$2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------|

高温では、逆の反応が起こる。

なぜ、 $\text{NO}_2$ にならない? 高温だから。

窒素のオキソ酸( $\text{HNO}_3$ )の製法

『オストワルト法(アンモニア酸化法)』

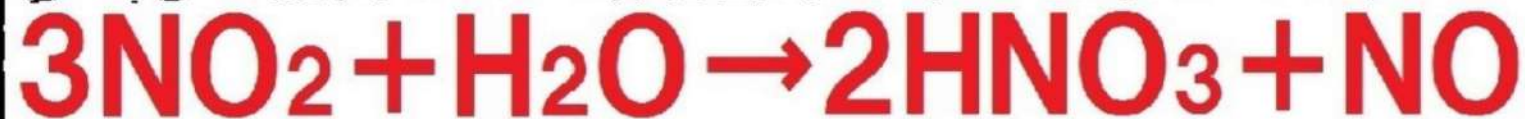
① 高温で、白金触媒を用い、アンモニアを酸素と反応させる。



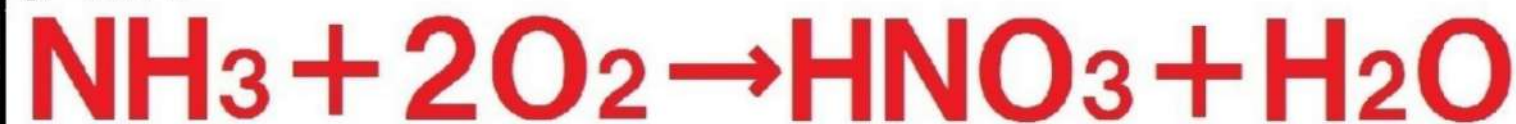
② ①で生成した一酸化窒素を空気と反応させる。



③ ②で生成した二酸化窒素を水に吸収させる。



[全体]



工業的製法

②の温度条件は？

なぜ、NO<sub>2</sub>にならない？ 高温だから。

窒素のオキソ酸 (HNO<sub>3</sub>) の製法

『オストワルト法 (アンモニア酸化法)』

① 高温で、白金触媒を用い、アンモニアを酸素と反応させる。



② ①で生成した一酸化窒素を空気と反応させる。



③ ②で生成した二酸化窒素を水に吸収させる。



[全体]



工業的製法

②の温度条件は？温度を下げる。

なぜ、NO<sub>2</sub>にならない？高温だから。

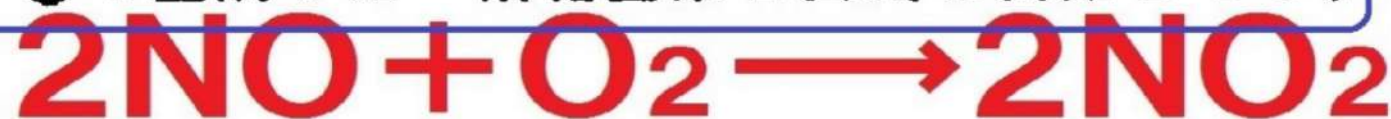
窒素のオキソ酸(HNO<sub>3</sub>)の製法

『オストワルト法(アンモニア酸化法)』

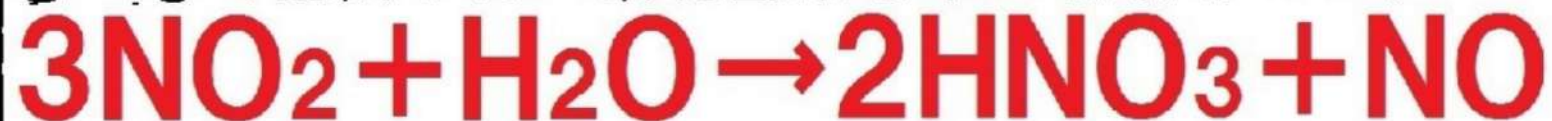
① 高温で、白金触媒を用い、アンモニアを酸素と反応させる。



② ①で生成した一酸化窒素を空気と反応させる。



③ ②で生成した二酸化窒素を水に吸収させる。



[全体]



工業的製法

酸化還元反応じゃないよね？

窒素のオキソ酸( $\text{HNO}_3$ )の製法

『オストワルト法(アンモニア酸化法)』

① 高温で、白金触媒を用い、アンモニアを酸素と反応させる。



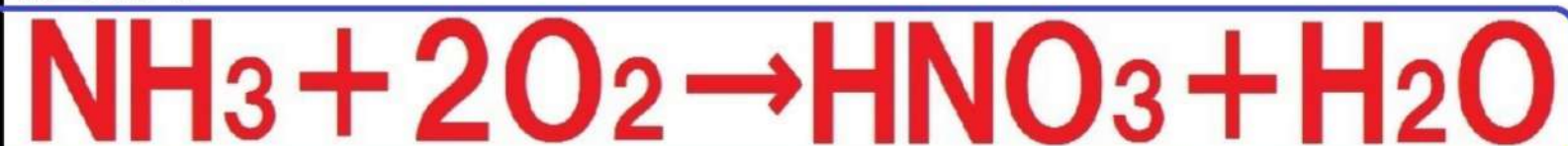
② ①で生成した一酸化窒素を空気と反応させる。



③ ②で生成した二酸化窒素を水に吸収させる。



[全体]



工業的製法

酸化還元反応じゃないよね？ **酸化還元反応！**

窒素のオキソ酸 (HNO<sub>3</sub>) の製法

『オストワルト法 (アンモニア酸化法)』

① 高温で、白金触媒を用い、アンモニアを酸素と反応させる。



② ①で生成した一酸化窒素を空気と反応させる。



③ ②で生成した二酸化窒素を水に吸収させる。

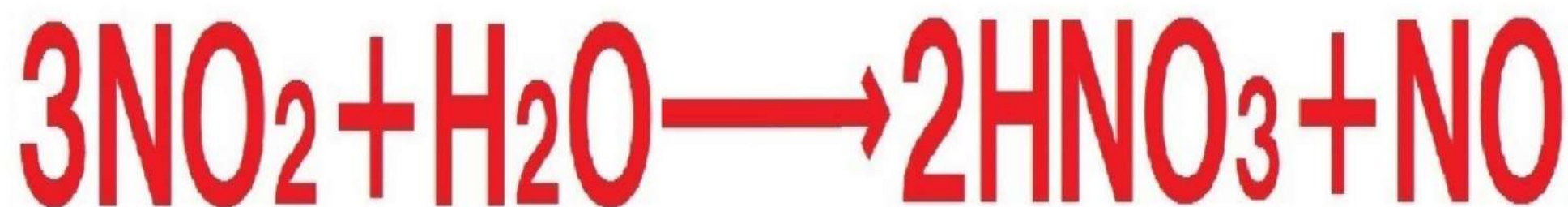


【全体】



工業的製法

次の通り、酸化還元反応である。



$\overline{+4}$   $\overline{+5}$   $\overline{+2}$   
酸化されている。

還元されている。



→ すらすら書けますね？

→ 酸化還元反応じゃないよね？ **酸化還元反応！**

**窒素のオキソ酸 (HNO<sub>3</sub>) の製法**

『オストワルト法 (アンモニア酸化法)』

① 高温で、白金触媒を用い、アンモニアを酸素と反応させる。



② ①で生成した一酸化窒素を空気と反応させる。



③ ②で生成した二酸化窒素を水に吸収させる。



[全体]



工業的製法

→ すらすら書けますね？ アンモニア酸化法

→ 酸化還元反応じゃないよね？ 酸化還元反応！

#### 窒素のオキソ酸( $\text{HNO}_3$ )の製法

『オストワルト法(アンモニア酸化法)』

① 高温で、白金触媒を用い、アンモニアを酸素と反応させる。



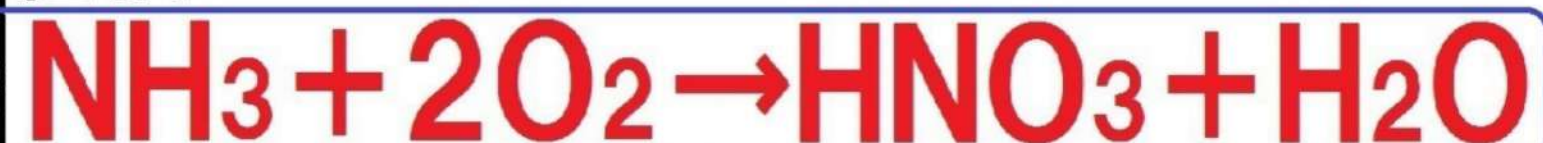
② ①で生成した一酸化窒素を空気と反応させる。



③ ②で生成した二酸化窒素を水に吸収させる。



[全体]



工業的製法

實驗室的製法

硝酸ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱する。





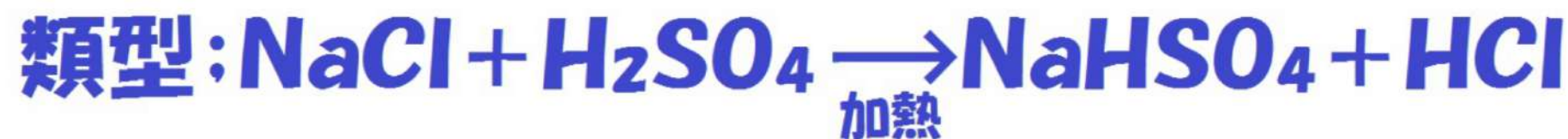
このときの硫酸の働きは？

実験室的製法

硝酸ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱する。

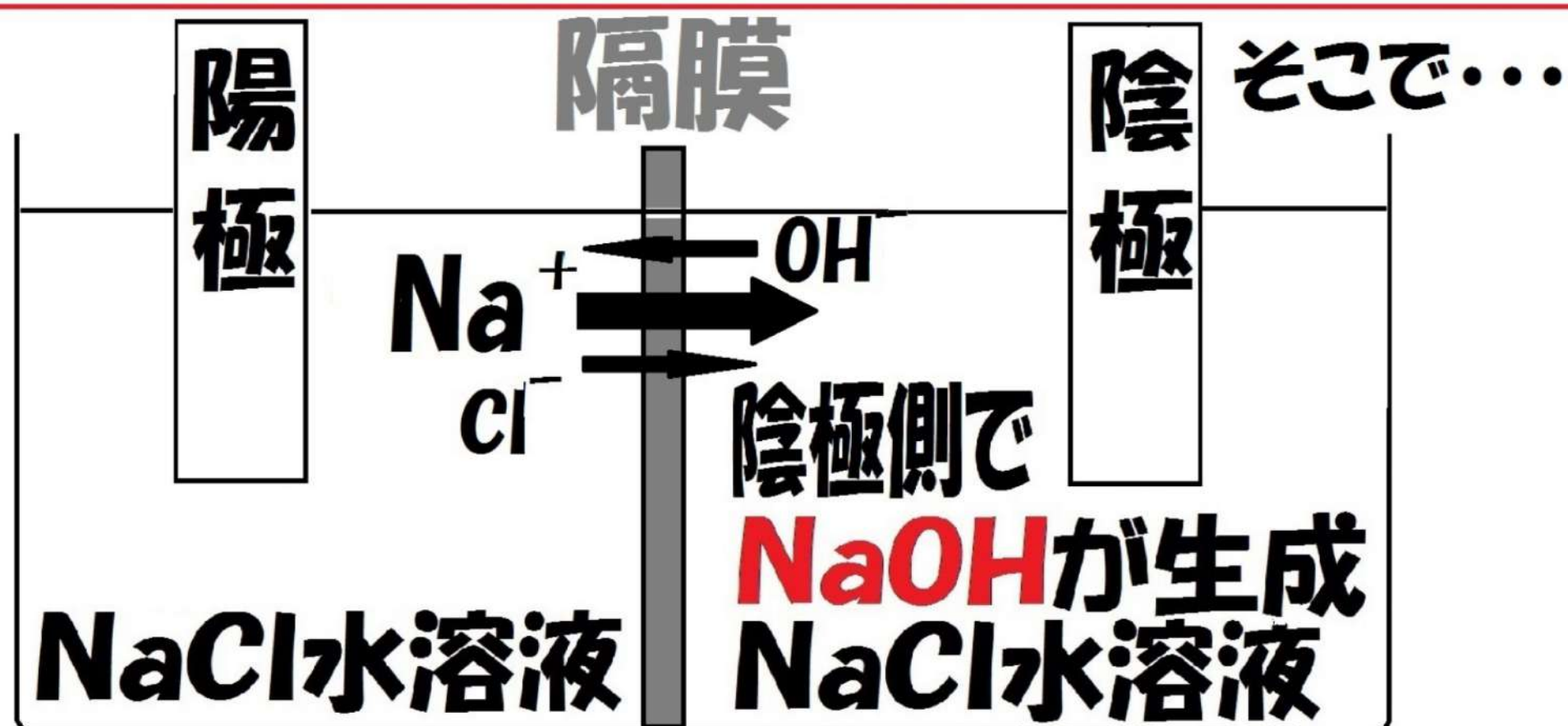


→このときの硫酸の働きは？



## これがかつての隔膜法！

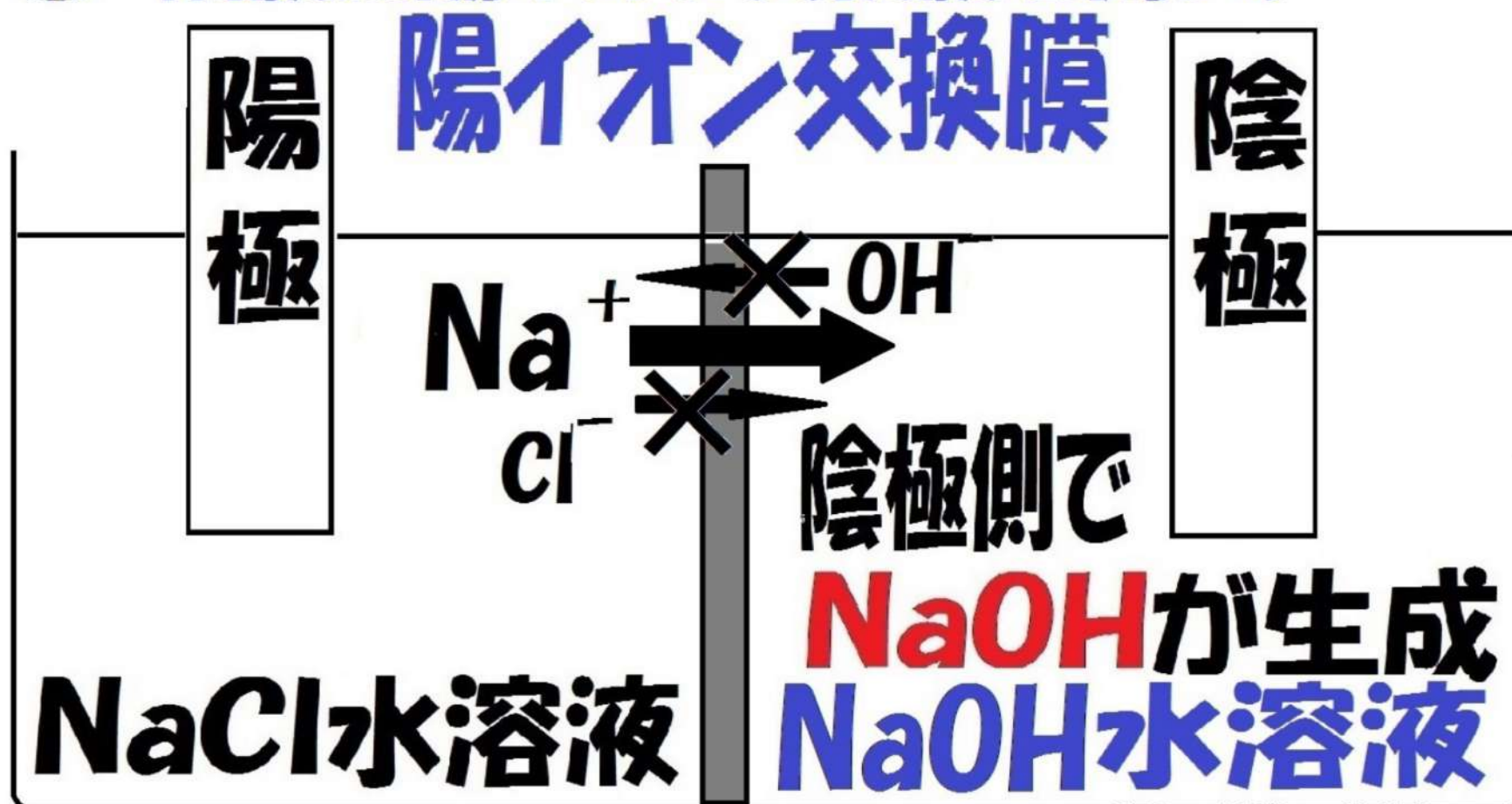
この隔膜法には大きな欠点がある！NaCl水溶液中でNaOHが生成するので、**純度の高いNaOHが得られない**。でも、隔膜じゃ、両水溶液を分けられないしね。



# 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、

| アルカリ金属の水酸化物 (NaOH) の製法 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                              |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| NaOHの製法                | 隔膜法(過去)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | イオン交換膜法(現在)                                  |
| 電解液                    | (陽極槽) <b>NaCl水溶液</b><br>(陰極槽) <b>NaCl水溶液</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | (陽極槽) <b>NaCl水溶液</b><br>(陰極槽) <b>NaOH水溶液</b> |
| 電気分解反応                 | (陽極) $2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$<br>(陰極) $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$<br><hr/> (全体) $2\text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Cl}_2 + \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$<br>または,<br>$2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Cl}_2 + \text{H}_2 + 2\text{NaOH}$ |                                              |

要は、陰極側の電解液がNaCl水溶液でも、NaOH水溶液でも、得られるNaOHの純度に違いはあるが、生じる反応には変わらないということ。