

酸化数の規則

1. 単体は, 0

水素 H <sub>2</sub>	
H	H
0	0

酸素 O <sub>2</sub>	
O	O
0	0

銅 Cu
Cu
0

2. 化合物, イオンは, H(+1) O(-2)

水 H <sub>2</sub> O <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>H</td><td>H</td><td>O</td></tr> <tr><td>+1</td><td>+1</td><td>-2</td></tr> </table>	H	H	O	+1	+1	-2	硝酸 HNO <sub>3</sub> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>H</td><td>N</td><td>O</td><td>O</td><td>O</td></tr> <tr><td>+1</td><td>+5</td><td>-2</td><td>-2</td><td>-2</td></tr> </table>	H	N	O	O	O	+1	+5	-2	-2	-2	酸化ナトリウム Na <sub>2</sub> O <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>Na</td><td>Na</td><td>O</td></tr> <tr><td>+1</td><td>+1</td><td>-2</td></tr> </table>	Na	Na	O	+1	+1	-2		
H	H	O																								
+1	+1	-2																								
H	N	O	O	O																						
+1	+5	-2	-2	-2																						
Na	Na	O																								
+1	+1	-2																								
硫化水素 H <sub>2</sub> S <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>H</td><td>H</td><td>S</td></tr> <tr><td>+1</td><td>+1</td><td>-2</td></tr> </table>	H	H	S	+1	+1	-2	硝酸イオン NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>N</td><td>O</td><td>O</td><td>O</td></tr> <tr><td>+5</td><td>-2</td><td>-2</td><td>-2</td></tr> </table> = -1	N	O	O	O	+5	-2	-2	-2	アンモニウムイオン NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>N</td><td>H</td><td>H</td><td>H</td><td>H</td></tr> <tr><td>-3</td><td>+1</td><td>+1</td><td>+1</td><td>+1</td></tr> </table> = +1	N	H	H	H	H	-3	+1	+1	+1	+1
H	H	S																								
+1	+1	-2																								
N	O	O	O																							
+5	-2	-2	-2																							
N	H	H	H	H																						
-3	+1	+1	+1	+1																						
過マンガン酸カリウム KMnO <sub>4</sub> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>K</td><td>Mn</td><td>O</td><td>O</td><td>O</td><td>O</td></tr> <tr><td>+1</td><td>+7</td><td>-2</td><td>-2</td><td>-2</td><td>-2</td></tr> </table>	K	Mn	O	O	O	O	+1	+7	-2	-2	-2	-2	過マンガン酸イオン MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>Mn</td><td>O</td><td>O</td><td>O</td><td>O</td></tr> <tr><td>+7</td><td>-2</td><td>-2</td><td>-2</td><td>-2</td></tr> </table> = -1	Mn	O	O	O	O	+7	-2	-2	-2	-2			
K	Mn	O	O	O	O																					
+1	+7	-2	-2	-2	-2																					
Mn	O	O	O	O																						
+7	-2	-2	-2	-2																						

( 例外 )

過酸化水素 H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>H</td><td>H</td><td>O</td><td>O</td></tr> <tr><td>+1</td><td>+1</td><td>-1</td><td>-1</td></tr> </table>	H	H	O	O	+1	+1	-1	-1	水素化ナトリウム NaH <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>Na</td><td>H</td></tr> <tr><td>+1</td><td>-1</td></tr> </table> Na <sup>+</sup> , H <sup>-</sup>	Na	H	+1	-1
H	H	O	O										
+1	+1	-1	-1										
Na	H												
+1	-1												

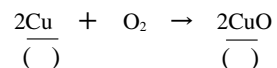
下線部の原子の酸化数を求めよ。

二酸化炭素 <u>CO</u> <sub>2</sub>	炭酸 H <u>C</u> O <sub>3</sub>	硝酸 H <u>N</u> O <sub>3</sub>	五酸化二窒素 <u>N</u> <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
一酸化炭素 <u>C</u> O	酸化二窒素 <u>N</u> <sub>2</sub> O	二酸化窒素 <u>N</u> O <sub>2</sub>	四酸化二窒素 <u>N</u> <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
硫酸 H <u>S</u> O <sub>4</sub>	三酸化硫黄 <u>S</u> O <sub>3</sub>	亜硝酸 H <u>N</u> O <sub>2</sub>	過塩素酸 H <u>C</u> lO <sub>4</sub>
亜硫酸 H <u>S</u> O <sub>3</sub>	二酸化硫黄 <u>S</u> O <sub>2</sub>	一酸化窒素 <u>N</u> O	塩素酸 H <u>C</u> lO <sub>3</sub>
硫化水素 H <u>S</u>	クロム酸カリウム K <u>C</u> rO <sub>4</sub>	アンモニア <u>N</u> H <sub>3</sub>	亜塩素酸 H <u>C</u> lO <sub>2</sub>
過マンガン酸カリウム K <u>M</u> nO <sub>4</sub>	ニクロム酸カリウム K <u>C</u> r <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	塩化水素 H <u>C</u> l	次亜塩素酸 H <u>C</u> lO
酸化マンガン(IV) <u>M</u> nO <sub>2</sub>	三酸化クロム <u>C</u> r <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	メタン <u>C</u> H <sub>4</sub>	メタノール <u>C</u> H <sub>3</sub> O
硫酸マンガン <u>M</u> nSO <sub>4</sub>	過酸化水素 H <u>O</u> <sub>2</sub>	シュウ酸 H <u>C</u> 2O <sub>4</sub>	ホルムアルデヒド <u>C</u> H <sub>2</sub> O

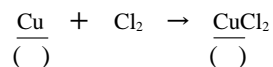
+4	+4	+5	+5
+2	+1	+4	+4
+6	+6	+3	+7
+4	+4	+2	+5
-2	+6	-3	+3
+7	+6	-1	+1
+4	+3	-4	-2
+2	-1	+3	0

## 酸化

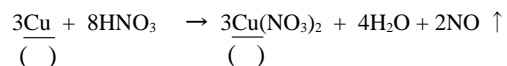
1. 銅を空气中で加熱する。



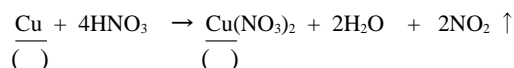
2. 加熱した銅を、塩素ガス中に入れる。



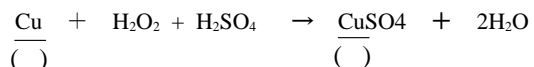
3. 銅粉に希硝酸を加える。



- 3'. 銅粉に濃硝酸を加える。

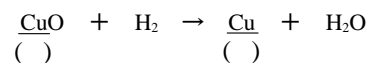


4. 銅に希硫酸と過酸化水素水を加える。

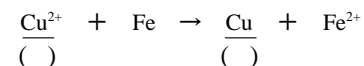


## 還元

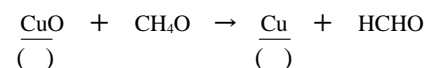
5. 加熱した酸化銅を、水素ガス中に入れる。



6. 硫酸銅水溶液にスチールウールを入れる。

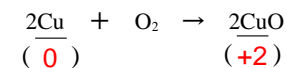


7. 加熱した酸化銅を、メタノール蒸気につれさせる。

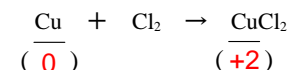


酸化される = 酸化数が増加 = 電子を奪われる

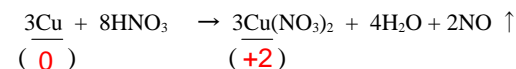
1. 銅を空气中で加熱する。



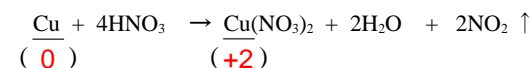
2. 加熱した銅を、塩素ガス中に入れる。



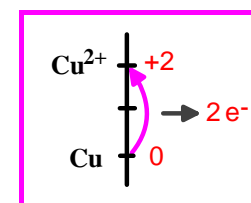
3. 銅粉に希硝酸を加える。



- 3'. 銅粉に濃硝酸を加える。

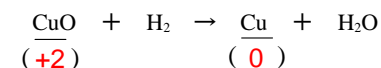


4. 銅に希硫酸と過酸化水素水を加える。

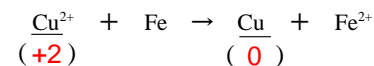


還元される = 酸化数が減少 = 電子を受け取る

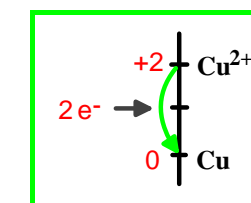
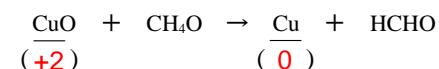
5. 加熱した酸化銅を、水素ガス中に入れる。



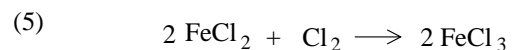
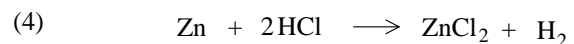
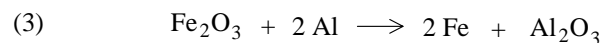
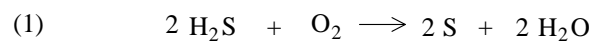
6. 硫酸銅水溶液にスチールウールを入れる。



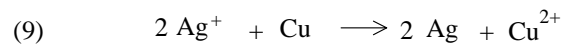
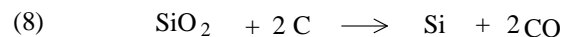
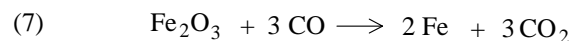
7. 加熱した酸化銅を、メタノール蒸気につれさせる。



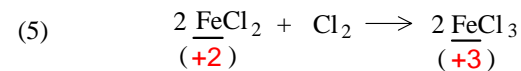
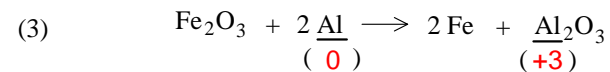
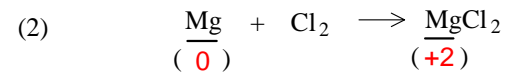
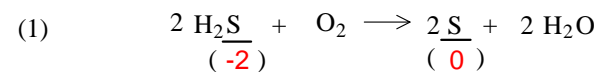
酸化されたものはどの原子か。酸化数を書きなさい。



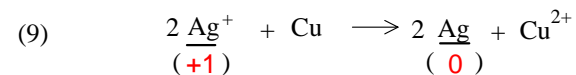
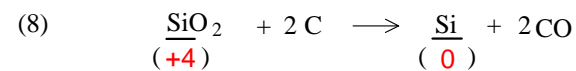
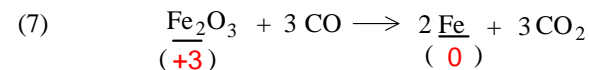
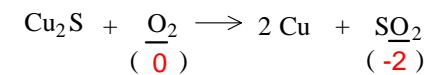
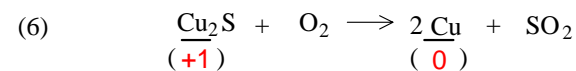
還元されたものはどの原子か。酸化数を書きなさい。



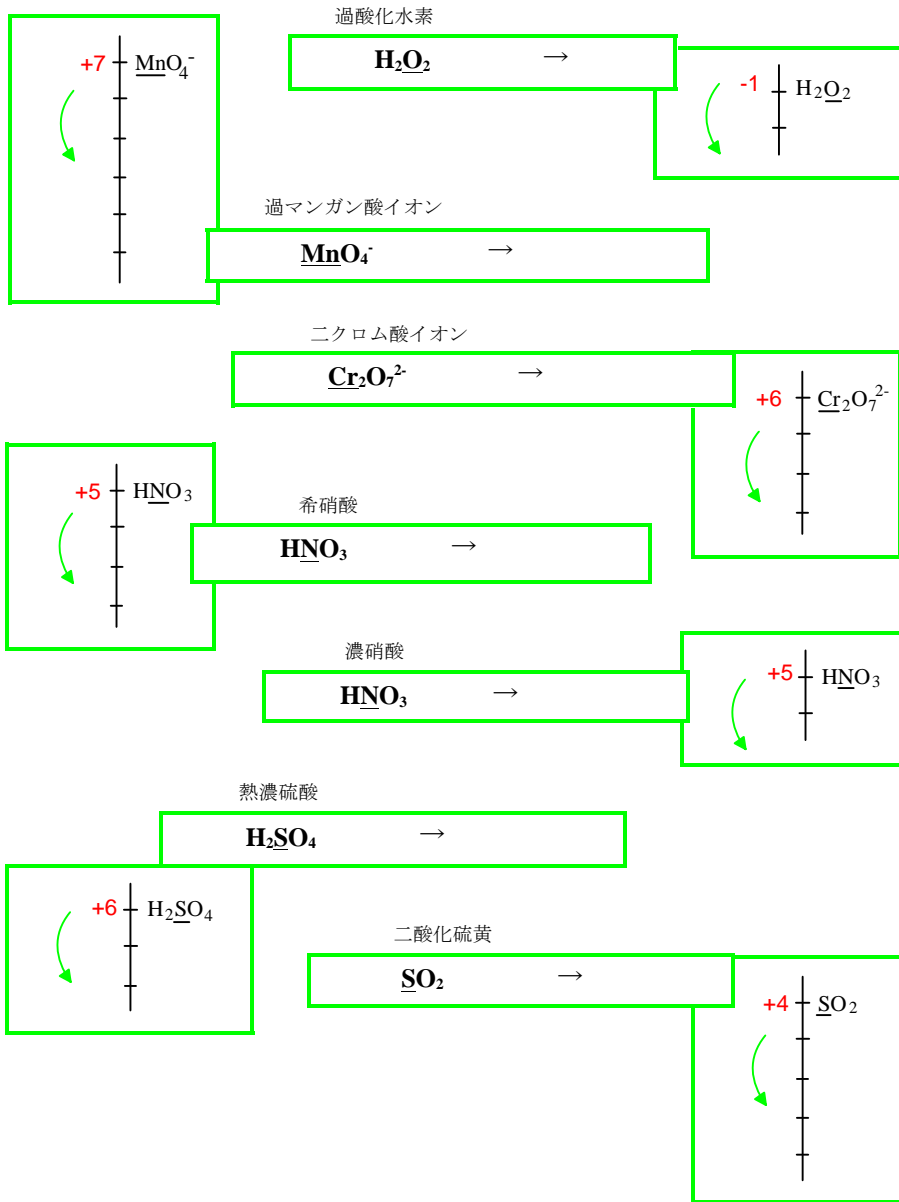
酸化されたものはどの原子か。酸化数を書きなさい。



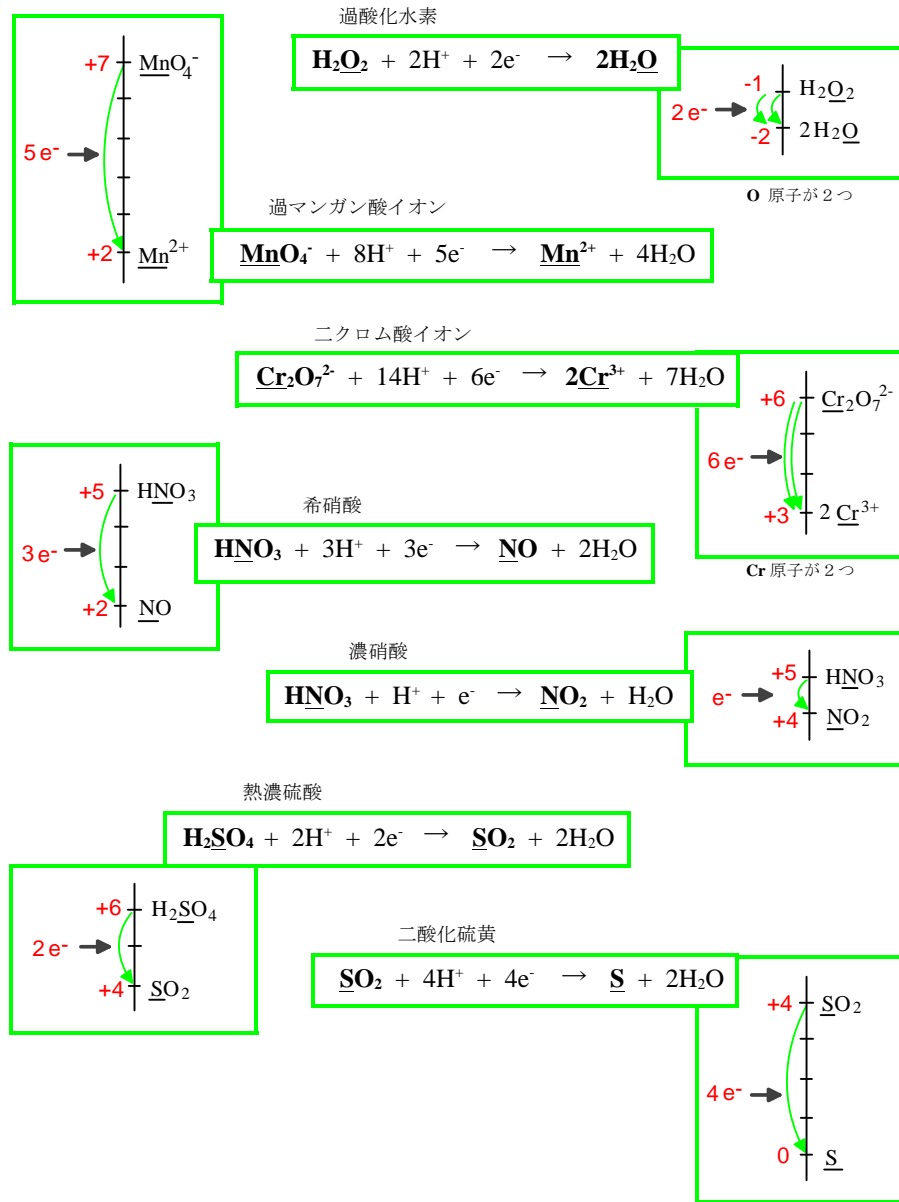
還元されたものはどの原子か。酸化数を書きなさい。



酸化剤 = 電子を奪う(受け取る) = 還元される

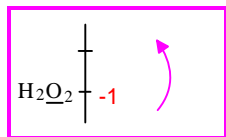


酸化剤 = 電子を奪う(受け取る) = 還元される

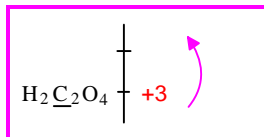


還元剤 = 電子を与える(奪われる) = 酸化される

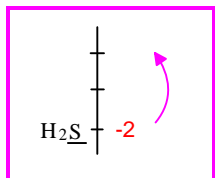
過酸化水素



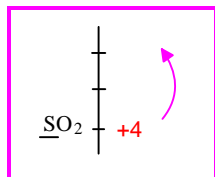
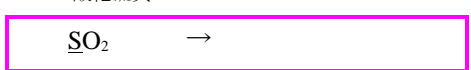
シュウ酸



硫化水素

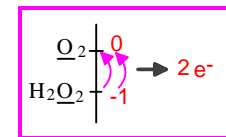
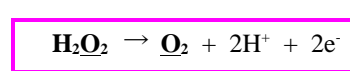


二酸化硫黄

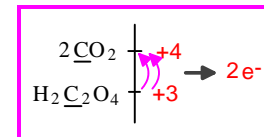
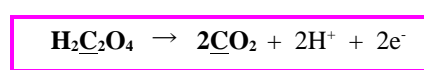


還元剤 = 電子を与える(奪われる) = 酸化される

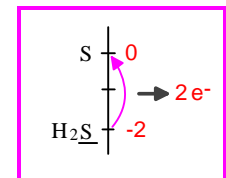
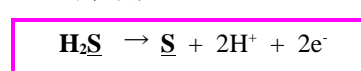
過酸化水素



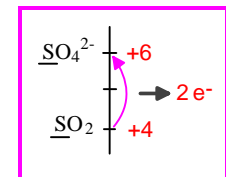
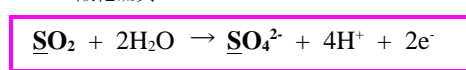
シュウ酸



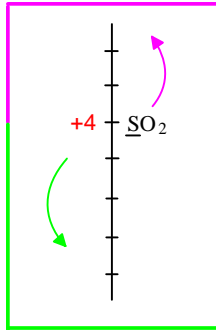
硫化水素



二酸化硫黄

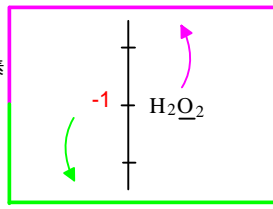


酸化剤にも還元剤にもなるもの

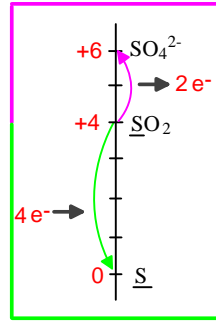


二酸化硫黄

過酸化水素

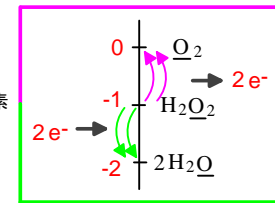


酸化剤にも還元剤にもなるもの



二酸化硫黄

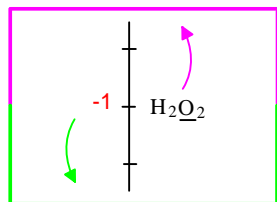
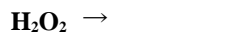
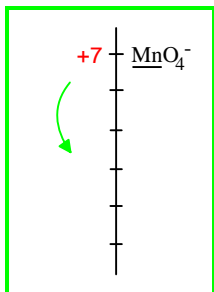
過酸化水素



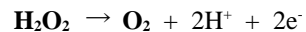
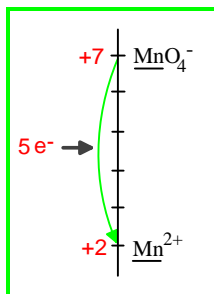
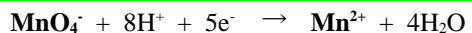
酸化還元反応

硫酸酸性過マンガン酸カリウムと過酸化水素との反応

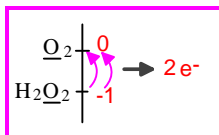
過酸化水素は  
酸化剤？  
還元剤？



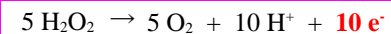
硫酸酸性過マンガン酸カリウムと過酸化水素との反応



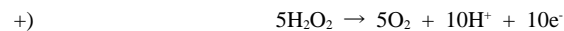
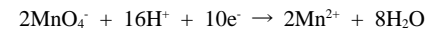
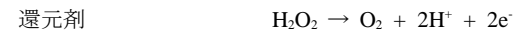
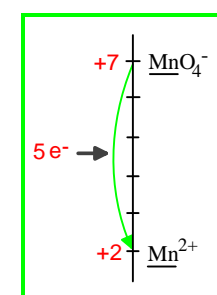
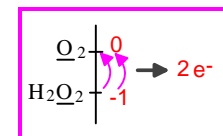
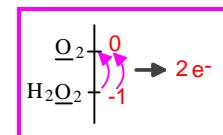
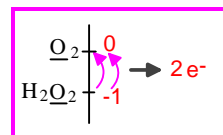
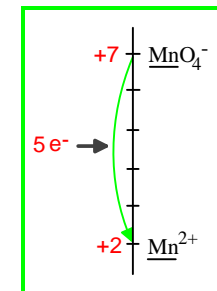
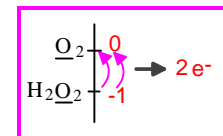
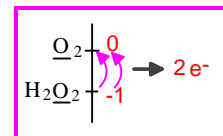
相手が酸化剤なら  
過酸化水素は  
還元剤



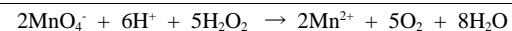
硫酸酸性過マンガン酸カリウムと過酸化水素との反応



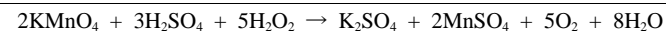
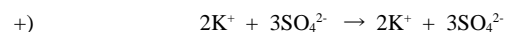
電子数を合わせる



電子数を合わせる

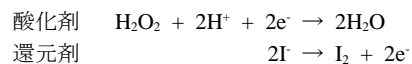


$2\text{K}^+$  と  $3\text{SO}_4^{2-}$  を  
組み合わせる

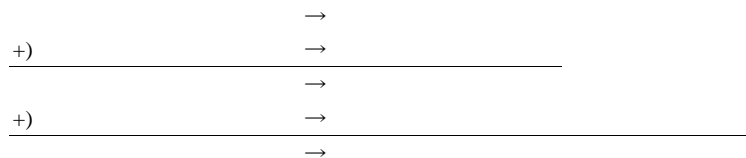
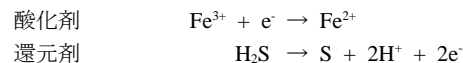




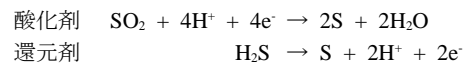
## D 硫酸酸性過酸化水素水とヨウ化カリウム水溶液の反応



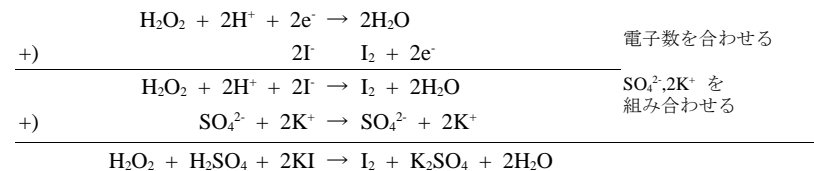
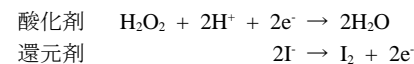
## E 硫化水素水と塩化鉄(Ⅲ)水溶液の反応



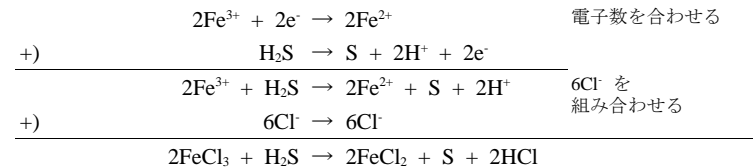
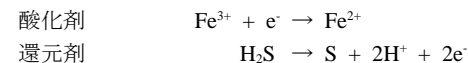
## F 硫化水素と二酸化硫黄の反応



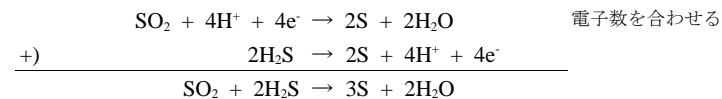
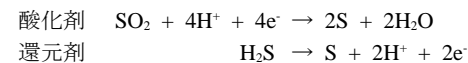
## D 硫酸酸性過酸化水素水とヨウ化カリウム水溶液の反応



## E 硫化水素水と塩化鉄(Ⅲ)水溶液の反応



## F 硫化水素と二酸化硫黄の反応

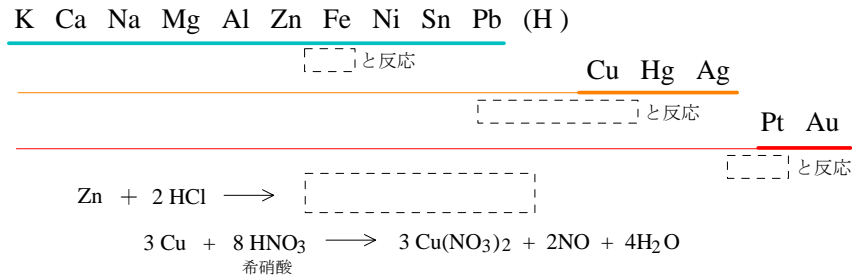
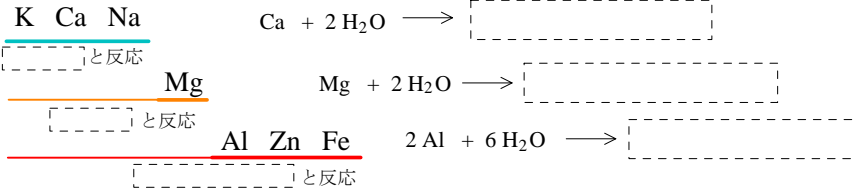




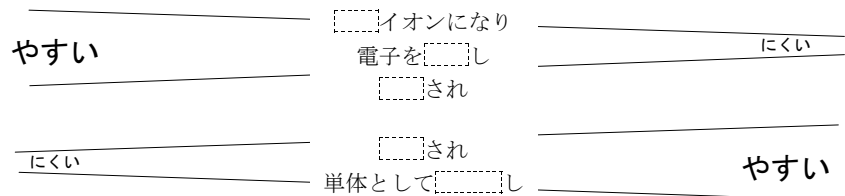


イオン化列

K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Hg Ag Pt Au  
 貸そう か な まあ あるよ あ て に す な ひ ど す ぎる シャツ きん

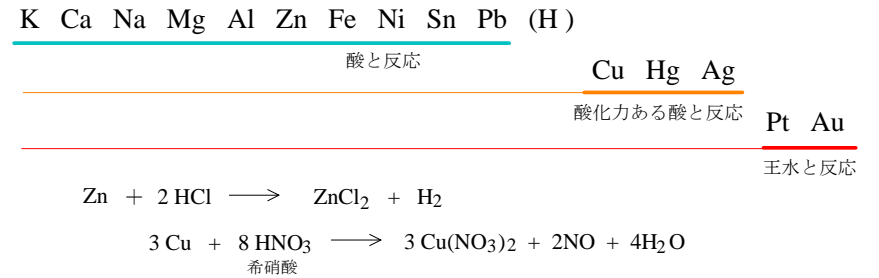
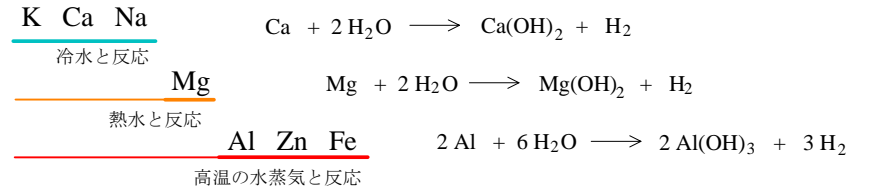


K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Hg Ag Pt Au  
 貸そう か な まあ あるよ あ て に す な ひ ど す ぎる シャツ きん

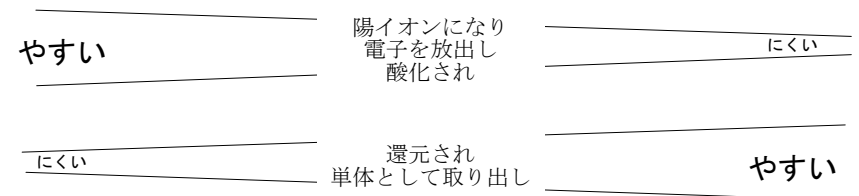


イオン化列

K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Hg Ag Pt Au  
 貸そう か な まあ あるよ あ て に す な ひ ど す ぎる シャツ きん



K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb (H<sub>2</sub>) Cu Hg Ag Pt Au  
 貸そう か な まあ あるよ あ て に す な ひ ど す ぎる シャツ きん



さびと電池

さび

	負極 ( Fe )	
	正極 ( Cu )	
		Fe <sup>2+</sup> の確認は, ? OH <sup>-</sup> の確認は, ?

さび

	負極 Fe	$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$
	正極 Cu	$O_2 + 2H_2O + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-}$
		Fe <sup>2+</sup> の確認は, ヘキサシアノ鉄(III)酸カリウム OH <sup>-</sup> の確認は, フェノールフタレイン

鉄と銅の電池

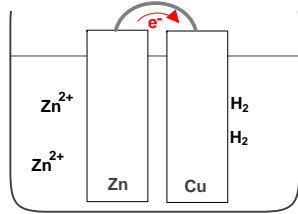
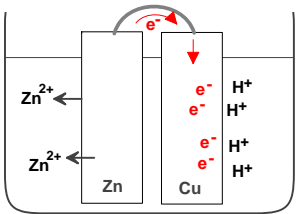
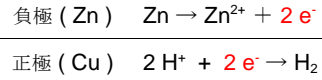
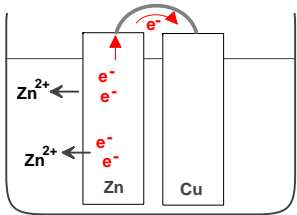
	負極 ( Fe )	
	正極 ( Cu )	
		電子の流れは, ? 電流の向きは, ?

鉄と銅の電池

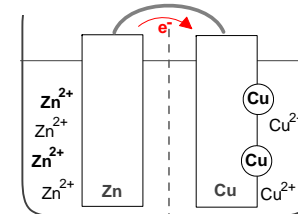
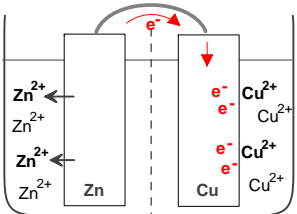
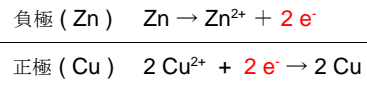
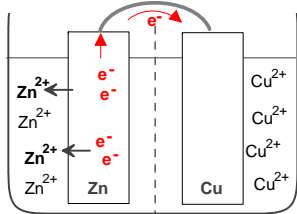
	負極 ( Zn )	$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$
	正極 ( Cu )	$O_2 + 2H_2O + 4e^{-} \rightarrow 4OH^{-}$
		電子の流れは, Fe → Cu 電流の向きは, Fe ← Cu

さまざまな電池

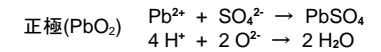
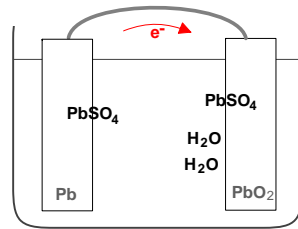
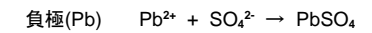
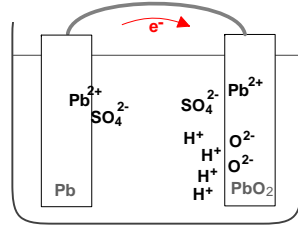
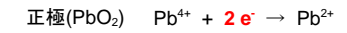
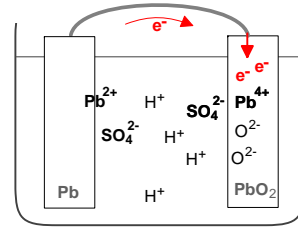
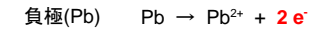
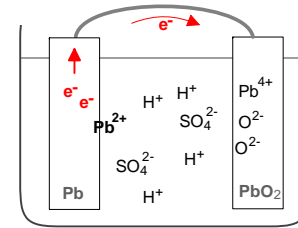
ボルタの電池



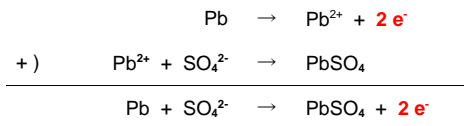
ダニエル電池



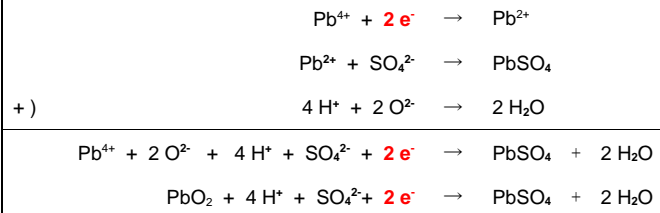
鉛蓄電池の放電



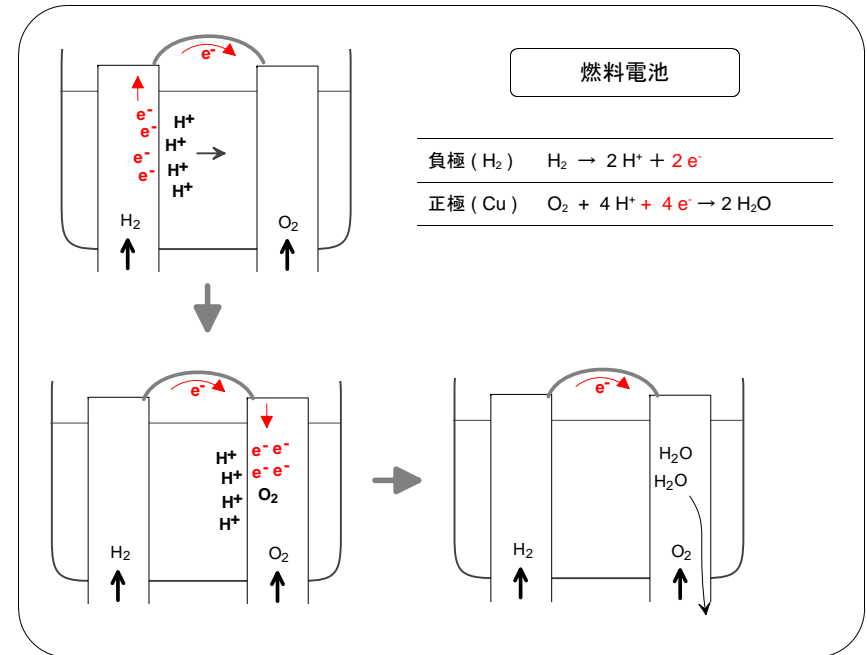
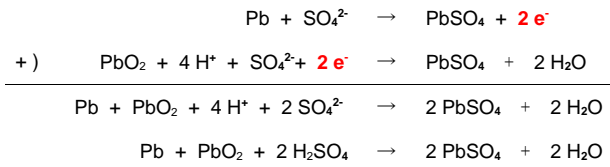
## 負極の反応



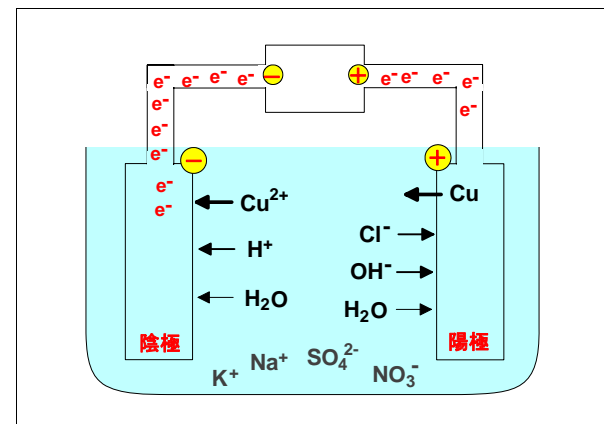
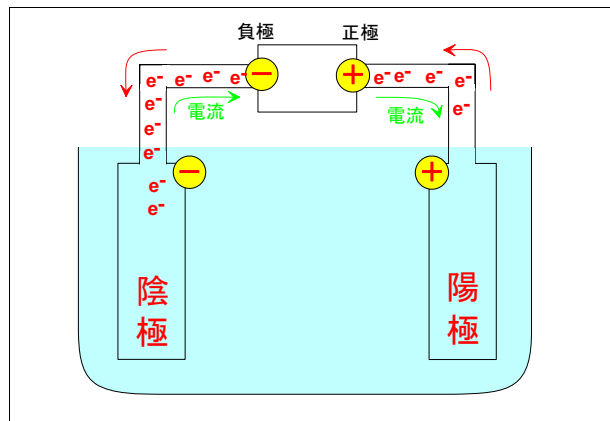
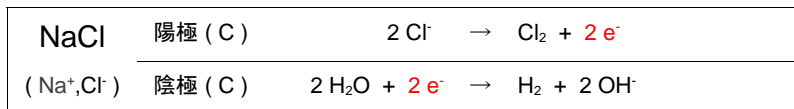
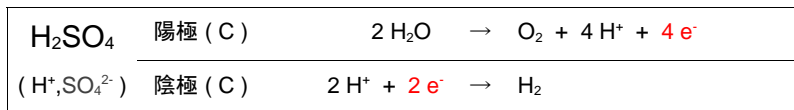
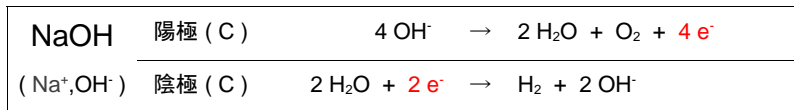
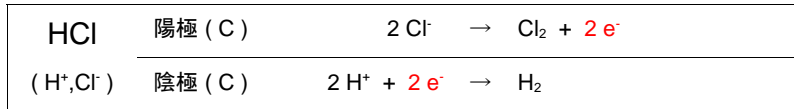
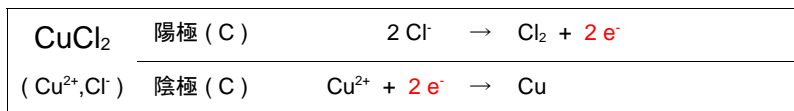
## 正極の反応



## 鉛蓄電池の反応



電気分解



反応の優先順位

陰極

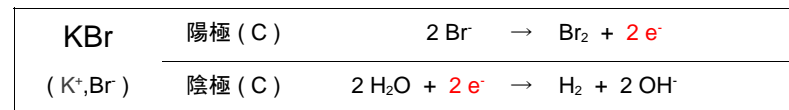
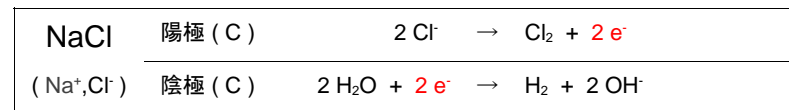
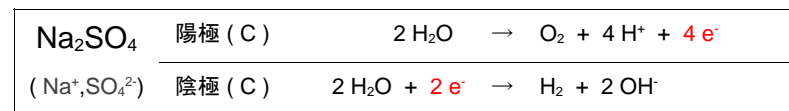
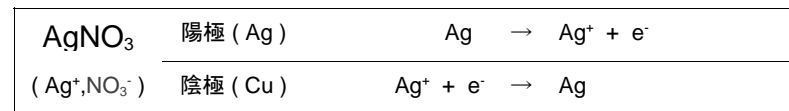
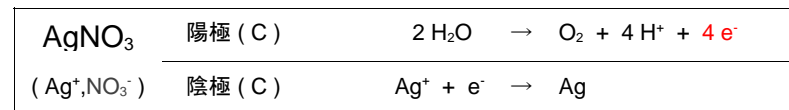
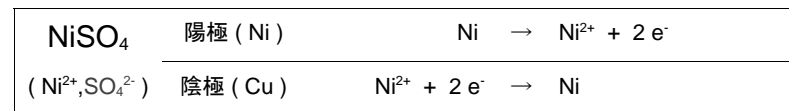
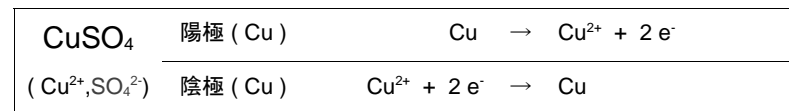
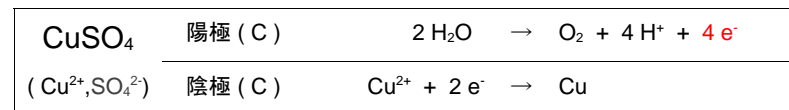
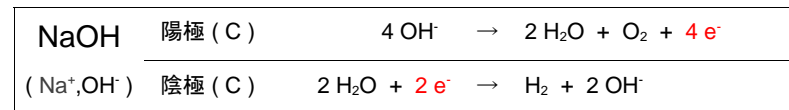
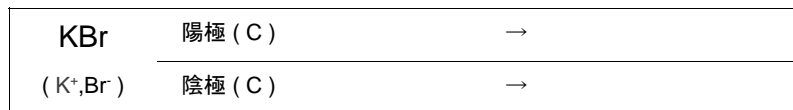
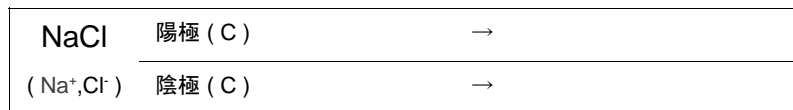
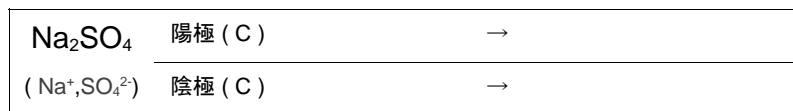
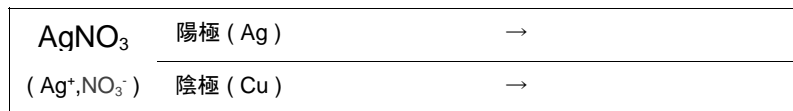
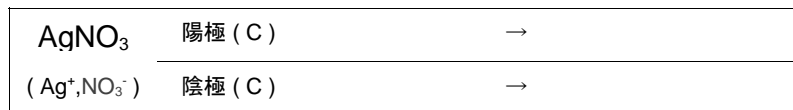
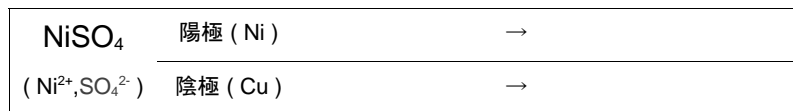
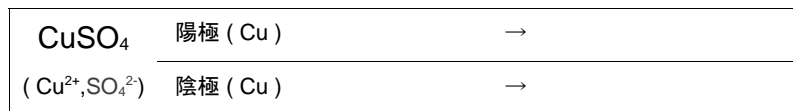
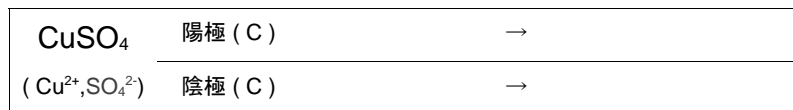
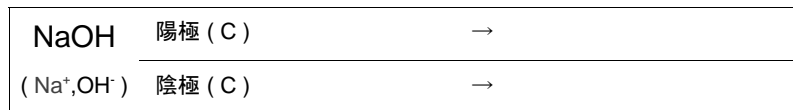
陽極

1. イオン化傾向の大きい金属を除いて、**金属の析出**は最もおこりやすい。  
 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$
  2.  $\text{H}^+$ が電子を受け取って、 $\text{H}_2$ を発生。  
 $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$
  3. 水が電子を受け取って、 $\text{H}_2$ を発生。  
 $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
- (イオン化傾向の大きい金属は、析出しない。)  
 $\text{K}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Na}^+, \text{Mg}^{2+}, \text{Al}^{3+}$

1. 陽極の素材が、Pt以外の金属の場合は、**金属の溶け出し**が最もおこりやすい。  
 $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$   
 $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{e}^-$
  2. 反応する陰イオンがあれば、電子を失う反応が起こる。  
 $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$   
 $2\text{Br}^- \rightarrow \text{Br}_2 + 2\text{e}^-$   
 $2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{e}^-$   
 $4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$
  3. 反応するイオンがない場合、水が反応する。  
 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$
- ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  は、反応しない。)

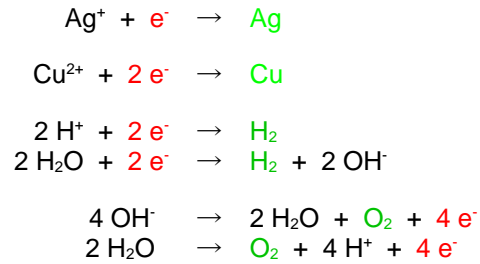
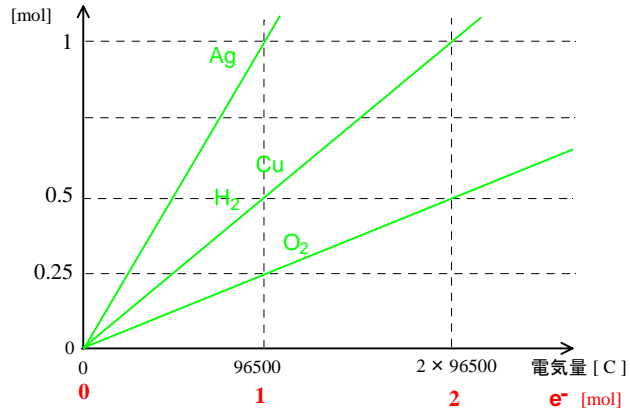
イオンの安定性

$\text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Al}^{3+} > \dots > \text{H}^+ > \dots > \text{Cu}^{2+} > \text{Ag}^+$   
 左のほうが安定

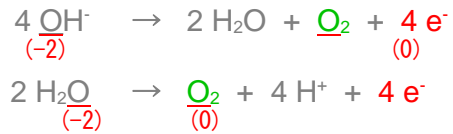


ファラデーの法則

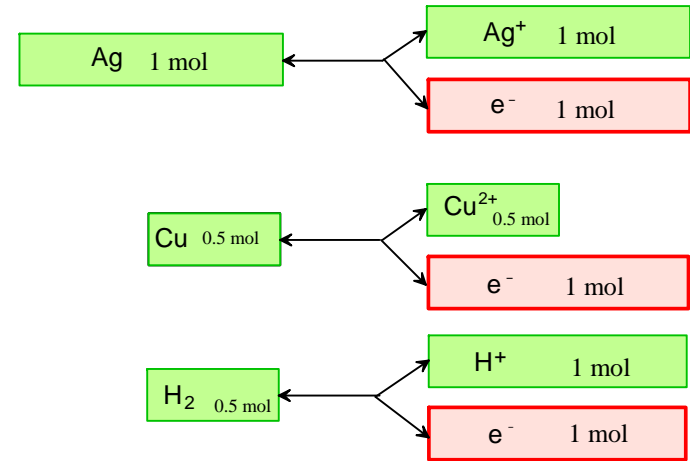
電極で変化する物質の物質量は、流れた電気量に比例する。



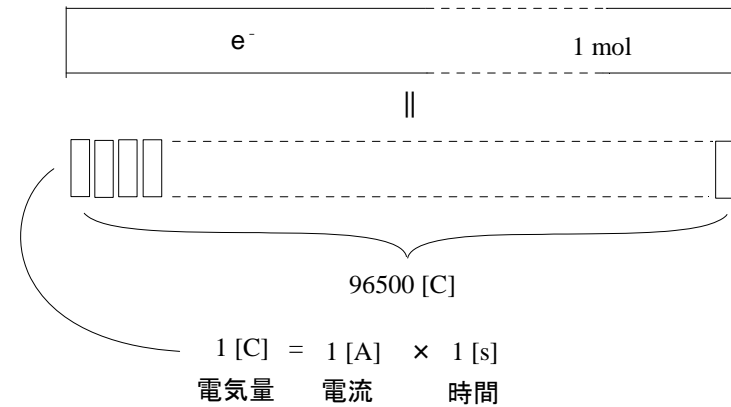
**O<sub>2</sub> と 4 e<sup>-</sup> の関係は覚えておこう**  
(式全体を覚える必要はあまりない)



O<sub>2</sub> ができるときの、酸化数の変化が  $2 \times 2 = 4$  だから  $4 \text{e}^-$  と覚えるとよい。



ファラデー定数  $F = 96500 \text{ [C/mol]}$   
(電子 1 mol 当たりの電気量)

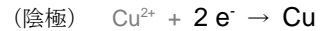
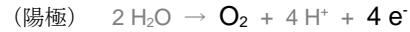




白金電極を用いて、硫酸銅(II)水溶液を電解した。5.00 Aの電流を16分5秒間流したとして、析出する銅の質量と発生する酸素の体積(標準状態)を求めよ。ただし、Cuの原子量=64とする。

(解)

生成した物質と電子の量の関係は



流れた電気量は

$$5 \text{ [A]} \times (16 \times 60 + 5) \text{ [s]} = 5 \times 965 \text{ [C]}$$

よって

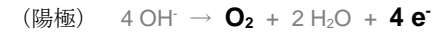
$$\begin{array}{r} \text{e}^- \text{ ----- } \frac{1}{2} \text{Cu} \text{ ----- } \frac{1}{4} \text{O}_2 \\ 1 \text{ mol} \text{ ----- } \frac{1}{2} \text{ mol} \text{ ----- } \frac{1}{4} \text{ mol} \\ \parallel \qquad \qquad \qquad \parallel \qquad \qquad \qquad \parallel \\ 96500 \text{ [C]} \text{ ----- } 32 \text{ [g]} \text{ ----- } 5.6 \text{ [L]} \\ \downarrow \times \frac{1}{20} \\ 5 \times 965 \text{ [C]} \text{ ----- } x \text{ [g]} \text{ ----- } y \text{ [L]} \end{array}$$

$$x = \frac{32}{20} = 1.6 \text{ [g]} \qquad y = \frac{5.6}{20} = 0.28 \text{ [L]}$$

白金電極を用いて、水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を電解した。流れた電気が  $3.86 \times 10^5 \text{ [C]}$  のとき、何 g の水が減少するか。

(解)

生成した物質と電子の量の関係は

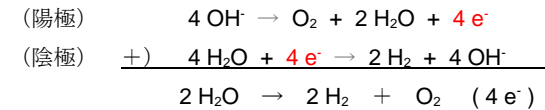


H<sub>2</sub> と O<sub>2</sub> が発生した分だけ H<sub>2</sub>O が減少するから

$$\begin{array}{r} \text{e}^- \text{ ----- } \frac{1}{2} \text{H}_2 \text{ ----- } \frac{1}{4} \text{O}_2 \text{ ----- } \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} \\ 1 \text{ mol} \text{ ----- } \frac{1}{2} \text{ mol} \text{ ----- } \frac{1}{4} \text{ mol} \text{ ----- } \frac{1}{2} \text{ mol} \\ \parallel \qquad \qquad \qquad \parallel \qquad \qquad \qquad \parallel \\ 96500 \text{ [C]} \text{ ----- } 9 \text{ [g]} \\ 386000 \text{ [C]} \text{ ----- } x \text{ [g]} \end{array}$$

$$x = \frac{386000}{96500} \times 9 = 36 \text{ [g]}$$

別解



$$\begin{array}{r} \text{e}^- \text{ ----- } \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} \\ 1 \text{ mol} \text{ ----- } \frac{1}{2} \text{ mol} \\ \parallel \qquad \qquad \qquad \parallel \\ 96500 \text{ [C]} \text{ ----- } 9 \text{ [g]} \\ 386000 \text{ [C]} \text{ ----- } x \text{ [g]} \\ x = \frac{386000}{96500} \times 9 = 36 \text{ [g]} \end{array}$$

電極は白金として次の間に答えよ。Cu=64,ファラデー定数 F=96500 C/mol とする。

硫酸銅(II)水溶液を電気分解して陰極に銅が 0.64 [g] 析出したとき、陽極で発生した酸素は標準状態で何 L か。

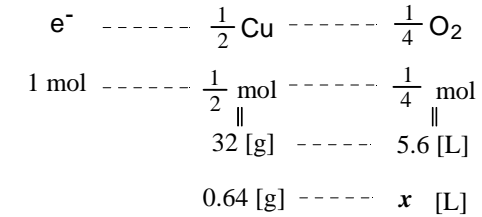
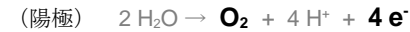
電極は白金として次の間に答えよ。ファラデー定数 F=96500 C/mol とする。

硫酸ナトリウム水溶液を 20 分間電気分解したとき、陽極から標準状態で 0.56 L の気体が発生した。流れた電流は平均何 A か。

また、このとき陰極からはどの物質が何 g 生じたか。

電極は白金として次の間に答えよ。Cu=64,ファラデー定数 F=96500 c/mol とする。

硫酸銅(II)水溶液を電気分解して陰極に銅が 0.64 [g] 析出したとき、陽極で発生した酸素は標準状態で何 L か。

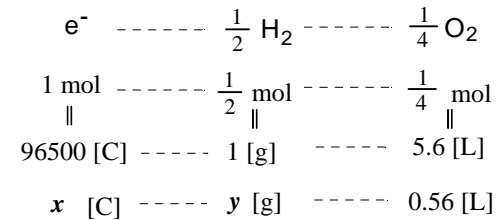
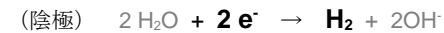
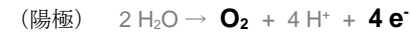


$$x = \frac{0.64}{32} \times 5.6 = 0.112 \text{ [L]}$$

電極は白金として次の間に答えよ。ファラデー定数 F=96500 c/mol とする。

硫酸ナトリウム水溶液を20分間電気分解したとき、陽極から標準状態で0.56 L の気体が発生した。流れた電流は平均何 A か。

また、このとき陰極からはどの物質が何 g 生じたか。



$$x = \frac{0.56}{5.6} \times 96500 = 9650 \text{ [C]} \quad y = \frac{0.56}{5.6} \times 1 = 0.1 \text{ [g]}$$

20 分間は 1200 秒だから

$$\text{電流は } \frac{9650}{1200} = 8 \text{ [A]}$$