

## 4章 遷移元素

教科書 p.230

銅や鉄の発見は文明の発達に大きな影響を与えた。それらを含む遷移元素は、典型元素とは異なる性質をもち、様々な色をもった化合物をつくる。周期表中央を占める遷移元素について、代表的な元素の性質や用途を学ぶ。

### 1節 遷移元素

#### A 遷移元素の特徴

・周期表で( **3~11** )族に属する元素を( **遷移元素** )といい、元素全体のおよそ6割を占める。これらはすべて金属元素で、鉄や銅等日常生活や工業で重要なものが多い。

#### ■遷移元素の電子配置

・第4周期の元素の電子配置は、スカンジウム( **Sc** )から銅Cuまでは、最外殻の( **N殻** )の電子が( **2~1個** )のまま、内側の( **M殻** )の電子が増えていく。このように、遷移元素は最外殻ではなく( **内側の電子殻** )に電子が収容されていく。☞下表1

表1 第4周期元素の電子配置 □は原子番号の増加とともに電子の数が増えた電子殻

族	1	2	3 <sup>③</sup>	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13~18
元素	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga~Kr
電子配置	K殻	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2...2
	L殻	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8...8
	M殻	8	8	9	10	11	13	13	14	15	16	18	18...18
	N殻	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2

② 第4周期の遷移元素では、N殻とM殻での電子の移動が比較的起こりやすく、CrやCuでは、N殻の電子の1つがM殻に移動した電子配置が最も安定である。

③ アクチノイドを除く3族の17元素を希土類元素という。

#### ■遷移元素の特徴

教科書 p.231

・遷移元素は、次のような特徴をもつ。

① 遷移元素は、典型元素とは異なり、同一周期の( **となり合う** )元素同志でも似た性質を示す場合が多い。

② 単体は、典型金属元素よりも( **融点沸点が高く、硬く、密度が大きい** )ものが多い。

③ 単体や化合物が、( **触媒として働く** )元素が多い。

④ ( **複数の酸化数** )をとるものが多い。Fe<sup>2+</sup>とFe<sup>3+</sup>のように、価数の異なるイオンも存在する。

⑤ 酸化数が高い原子を含む化合物は、( **強い酸化作用** )をもつ。

<例>( **KMnO<sub>4</sub>、K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>** )

⑥ 休や化合物は( **有色のものが多い** ), ( **錯イオン** )をつくりやすい。

#### 整理

#### 典型元素と遷移元素の比較

	最外殻電子の数	周期表の位置と性質	イオンの色
典型元素	族により1~8	同族(上下)で類似	無色が多い
遷移元素	2(または1)	左右隣りでも類似	有色が多い

## B 錯イオン

教科書 p.232

### ■錯イオン

・金属元素の陽イオンに( **非共有電子対をもつ** )分子や陰イオンが( **配位結合** )した,  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ や $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ のようなイオンを( **錯イオン** )という。また,  $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ のように錯イオンを構成要素に含む塩を( **錯塩** )という。中心の金属イオンに配位結合している分子やイオンを( **配位子** ), 配位子の数を( **配位数** )という。錯イオンは全体を[ ]で囲み, 中心の金属イオンと配位子のもつ電荷の総和を右上に書き添える。

### ■錯イオンの形と色

・錯イオンの形や配位数は, 配位子の種類などにより異なる場合もあるが, 主に中心の( **金属イオンの種類により決まる** )傾向がある。錯イオンの水溶液や錯塩の色は, 中心金属イオンの種類や配位子の種類などによって様々だが, 中心金属イオンが遷移元素の時, ( **有色** )のものが多い。

表4 金属元素の錯イオンの例 錯イオンが陰イオンのときは, 名称に「～酸」をつける。

名称	ジアンミン銀(I)イオン	テトラアンミン銅(II)イオン	テトラアンミン亜鉛(II)イオン	ヘキサシアニド鉄(II)酸イオン	ヘキサシアニド鉄(III)酸イオン
化学式	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$
中心イオン	$\text{Ag}^+$	$\text{Cu}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Fe}^{3+}$
配位数	2	4	4	6	6
配位子	$\text{NH}_3$	$\text{NH}_3$	$\text{NH}_3$	$\text{CN}^-$	$\text{CN}^-$
形	(直線形)	(正方形)	(正四面体形)	(正八面体形)	(正八面体形)

- ① 一般に金属塩の水溶液での金属イオン $\text{M}^{n+}$ は, 水分子が配位結合して水和され, アクア錯イオン $[\text{M}(\text{H}_2\text{O})_m]^{n+}$ になっているが, 錯イオンとして扱わず, 化学式は $\text{M}^{n+}$ で表す場合が多い。
- ②  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ には, さらに水分子 $\text{H}_2\text{O}$ が配位結合して配位数6の構造になるため, 実際の形はほぼ正八面体である。

## C 鉄

教科書 p.233

### ■鉄の単体 Fe

- ・鉄は, 金属元素ではアルミニウムに次いで地殻中に多く存在する。
- ・単体は灰白色で, 赤鉄鉱(  **$\text{Fe}_2\text{O}_3$**  )や磁鉄鉱(  **$\text{Fe}_3\text{O}_4$**  )等の鉄鉱石を( **高炉** )内でコークスから生じる( **COで還元** )してつくる。  
 $( 2\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}、\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2、\text{C} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO} )$   
 $( \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2 )$

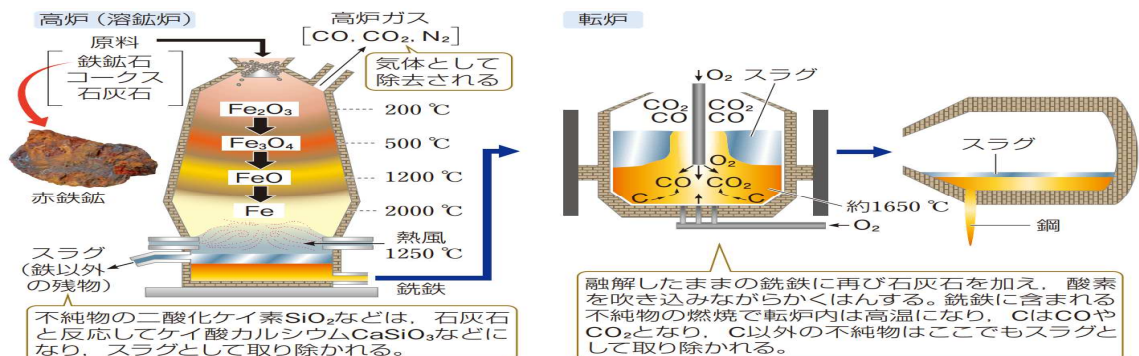


図2 鉄の製造

高炉で得られる鉄は( 銑鉄 )といい, 質量比( 約4%の炭素 )の他, Si, S, P等を含み, 硬いが( もろい )。銑鉄を( 転炉 )に移して( 酸素 )を吹き込み, 含まれているCを( 燃やして )含有量を減らすと( 鋼 )になる。鋼は( 硬くて強く ), 高温では展性・延性が大きい。そのため, 様々な形に加工され, ( 鉄骨 )や( レール )等として広く用いられる。

- 鉄は, 湿った空气中で酸化されてさびやすいため, ( ステンレス鋼 )などの合金として用いられることが多い。また, 鉄は希硫酸や塩酸には溶けるが, 濃硝酸には( 不動態 )になるため反応が内部まで進行しない。



- 酸化鉄(Ⅲ)Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は赤さびともいう。赤褐色の粉末はべんがらともいわれ, 顔料になる。
- 四酸化三鉄は, 酸化鉄(Ⅱ)二鉄(Ⅲ)または黒さびともいう。鉄の表面に生じたものには内部の腐食を防ぐ働きがある。磁性をもち, 鉱物としては磁鉄鉱で, 砂鉄の主成分である。
- 廃プラスチックを製鉄時のコークスのかわりに用いたり, コークスをつくる燃料にしたりするなど, 鉄鋼業においてケミカルリサイクルの取り組みも行われている。

### ■鉄の化合物 教科書 p.234

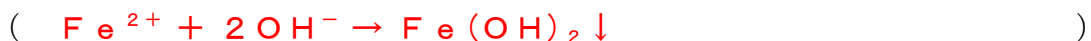
- 鉄には酸化数+2( Fe<sup>2+</sup> ), +3( Fe<sup>3+</sup> )の化合物があり, 水溶液中のFe<sup>2+</sup>は酸素などにより酸化され, ( Fe<sup>3+</sup> )となりやすい。



### ■鉄イオンの反応

#### 《Fe<sup>2+</sup>水溶液の反応》

- ( 淡緑色 )の硫酸鉄(Ⅱ)水溶液に塩基を加えると, ( 緑白色 )の( 水酸化鉄(Ⅱ) )が沈殿する。

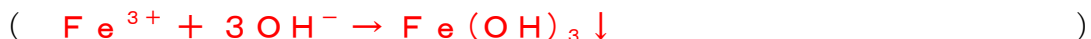


- Fe<sup>2+</sup>を含む水溶液に, ( 黄色 )の( ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム )水溶液を加えると, ( 濃青色沈殿 )を生じる。



#### 《Fe<sup>3+</sup>水溶液の反応》

- ( 黄褐色 )の塩化鉄(Ⅲ)水溶液に塩基を加えると, ( 赤褐色 )の( 水酸化鉄(Ⅲ) )が沈殿する。



- Fe<sup>3+</sup>を含む水溶液に( 淡黄色 )の( ヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウム )水溶液を加えると, ( 濃青色沈殿 )を生じる。



- また, Fe<sup>3+</sup>を含む水溶液に( 無色 )の( チオシアン酸カリウムKSCN )水溶液を加えると, ( 血赤色溶液 )となる。



表6 Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup> 水溶液の反応

元の鉄イオン	加える試薬	+NaOH aq	+K <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] aq	+K <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ] aq	+KSCN aq
Fe <sup>2+</sup> (FeSO <sub>4</sub> aq)		緑白色沈殿	青白色沈殿 (→ p.235)	濃青色沈殿	(変化なし)
Fe <sup>3+</sup> (FeCl <sub>3</sub> aq)		赤褐色沈殿	濃青色沈殿	褐色溶液	血赤色溶液

① 紺青はハルリン青やプルシアン青ともよばれ、ターブル青と同一の化合物である。

D 銅 教科書 p.236

11族の銅や銀は、遷移元素の中で陽性の小さい金属で、酸化物は水素で還元される。

■銅の単体 Cu

銅の単体は、特有の( 赤色光沢 )をもつ金属である。( 黄銅鉱 )CuFeS<sub>2</sub>から得られる粗銅の( 電解精錬 )で製造する。( 展性、延性が大きい )。( 電気、熱を良く導き ), ( 電線、鍋 )などに使われる。☞下図3  
また、亜鉛、スズ、ニッケル等との合金としても用いられる。☞下表1



図3 銅製品

表1 主な合金 生活の中の様々な場面で利用されている。

名称	主元素	添加元素(%)	特徴	用途
青銅	Cu	Sn(2~35), Znなど	さびにくい	美術品, 鐘, 10円硬貨
黄銅	Cu	Zn(30~45)	黄色光沢	楽器, 仏具, 5円硬貨
白銅	Cu	Ni(15~25)	白色光沢	50円硬貨, 100円硬貨
洋銀	Cu	Zn(13~35), Ni(5~35)	銀白色	食器, 時計, 装飾品

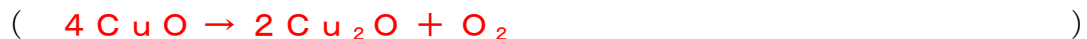
銅は塩酸や希硫酸には溶けないが、( 硝酸 ), ( 熱濃硫酸 )等の酸化力の強い酸には溶ける。

■銅の化合物

銅には( 酸化数+2 )の化合物が多いが、+1のものもある。銅を空气中で加熱すると( 黒色 )の( 酸化銅(II) )が生じる。



これをさらに強熱すると、( 赤色 )の( 酸化銅(I) )になる。☞下図4



また、湿った空気中では( Cu<sub>2</sub>O )の被膜ができ、長時間経つと( 緑色 )の( 緑青 )を生じる。☞下図

( 青色 )結晶の硫酸銅(II)五水和物は、加熱すると( 水和水を失い ), ( 白色粉末 )の無水塩になる。無水塩は吸湿性があり、水を吸収すると青色結晶に戻る。☞下図5



図4 銅の酸化物

図5 CuSO<sub>4</sub>の無水物と五水和物 無水塩は水の検出に用いられる。また、無水塩をさらに加熱すると、CuOとSO<sub>3</sub>に分解する。

1 **参考+α 硫酸銅(Ⅱ)五水和物の結晶**

2 CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>Oの結晶中の水5分子のうち,4分子はCu<sup>2+</sup>に配位結合し,残り1分子  
3 は配位結合した水分子と硫酸イオンとの間で水素結合によって結びついて  
4 いる。五水和物の結晶を加熱していくと,水和水が2分子,2分子,1分子の順で  
5 失われ,白色粉末の無水塩になる。

6 **■銅イオンの反応** 教科書 p.237

7 ・硫酸銅(Ⅱ)水溶液に塩基を少量加えると

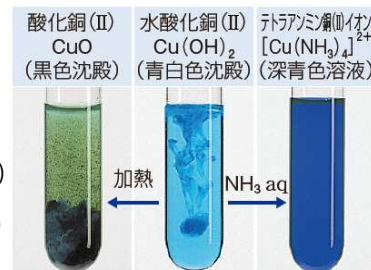
8 ( **水酸化銅(Ⅱ)** )の( **青白色** )沈殿が生じる。



10 この沈殿を加熱すると( **黒色** )の( **酸化銅(Ⅱ)** )

11 になる。また,この水酸化銅(Ⅱ)の沈殿に

12 ( **アンモニア水を加えると溶けて** ),( **深青色** )溶液となる。☞上図6



①図6 Cu<sup>2+</sup>の反応

15 **E 銀** 教科書 p.238

16 **■銀の単体と化合物**

17 ・銀の単体は銀白色で,金属の中で( **熱や電気の伝導性が最大** )で,

18 ( **展性、延性も金に次いで** )大きい。

19 ・銀は塩酸や希硫酸とは反応しないが,硝酸や熱濃硫酸等の酸化力の強い酸に  
20 は溶け,酸化数( **+1** )の化合物をつくる。



23 単体は( **装飾品** )や食器として利用され,湿った空気中では( **硫化水素** )

24 と反応し,( **黒色** )の( **硫化銀** )を生じる。

25 **■銀イオンの反応**

26 ・無色の硝酸銀水溶液に塩基を加えると,( **褐色の酸化銀** )が沈殿する。



28 この沈殿に( **アンモニア水** )を加えると,溶けて

29 無色の溶液になる。



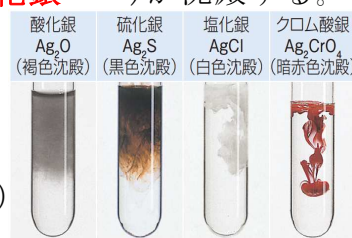
31 ・AgFを除くハロゲン化銀は水に( **不溶** )だが,( **アンモ**  
32 **ニア水** )や( **チオ硫酸ナトリウム** )水溶液に溶け( **無色の溶液** )になる。



35 ・ハロゲン化銀には( **感光性** )があり,光で分解する。

36 ① 塩化銀はシアニ化カリウムKCN水溶液にも溶け,[Ag(CN)<sub>2</sub>]<sup>-</sup>を生じる。[Ag(CN)<sub>2</sub>]<sup>-</sup>

37 や[Ag(S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>3-</sup>の水溶液は,めっき液として使われる。



①図7 水に溶けにくい銀化合物の沈殿

**F クロムとマンガン** 教科書 p.240

■クロムとマンガンの単体

- クロムの単体( **Cr** )は、銀白色の( **硬い** )金属である。不動態をつくるため腐食されにくく、鉄製品の( **めっき** )や、( **ステンレス鋼の成分** )に用いられる。
- マンガンの単体( **Mn** )は、銀白色の金属で、空気中では( **表面に酸化被膜** )をつくる。鉄との合金は( **衝撃に強い** )ので線路の分岐部等に用いられる。



図8 クロムめっき  
光沢があり、耐食性や耐摩耗性に優れる。

■クロムの化合物

- クロムは、主に酸化数( **+3** ), ( **+6** )の化合物をつくる。( **黄色** )のクロム酸カリウム( **K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>** )や( **橙赤色** )の二クロム酸カリウム( **K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>** )等酸化数( **+6** )の化合物は( **有毒** )である。
- クロム酸イオンに酸を加えると、( **二クロム酸イオン** )に変わり、逆に二クロム酸イオンに塩基を加えると( **クロム酸イオン** )に変わる。

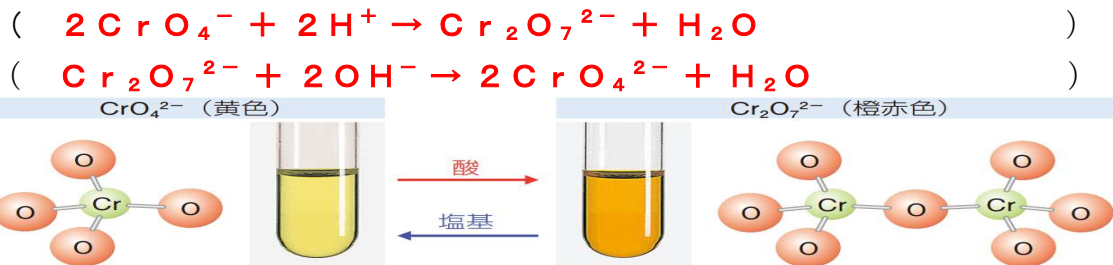


図9 CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> と Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> の相互変化

- クロム酸イオンは、銀イオンと反応して( **クロム酸銀** ), 鉛(II)イオンと反応して( **クロム酸鉛** ), バリウムイオンと反応して( **クロム酸バリウム** )の沈殿を生じる。

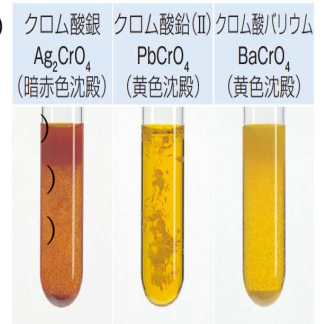
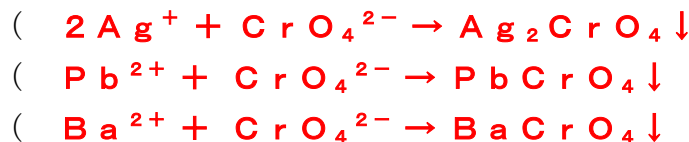


図10 クロム酸塩の沈殿

- 二クロム酸カリウムの硫酸酸性水溶液は( **強い酸化剤** )である。  
 (  **$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$**  )

■マンガンの化合物 教科書 p.241

- マンガン( **Mn** )は、主に酸化数( **+2** ), ( **+4** ), ( **+7** )の化合物をつくり、酸化マンガン(IV)( **MnO<sub>2</sub>** )は乾電池の( **正極活物質** )や( **触媒** )に利用される。( **最高酸化数** )+7の化合物である過マンガン酸カリウム( **KMnO<sub>4</sub>** )は、光沢のある( **黒紫色** )の結晶で、水溶液中では( **赤紫色** )の過マンガン酸イオン( **MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>** )を生じる。KMnO<sub>4</sub>の硫酸酸性溶液は、( **強い酸化剤** )である。

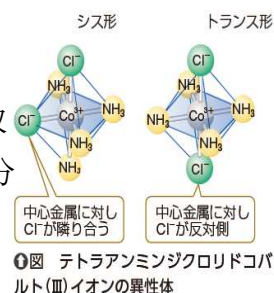


KMnO<sub>4</sub>の塩基性や中性溶液では、黒色～黒褐色の( **MnO<sub>2</sub>** )を生じる。



1 **参考+α** コバルトCo

2 コバルトは灰白色の金属で磁性があり、ハードディスクやリチウムイオン電池  
 3 の正極材料に利用される。CoCl<sub>2</sub>の無水塩は青色だが、水を吸収  
 4 すると淡赤色のヘキサアquoコバルト(II)イオンになる。この色変化は水分  
 5 の検出に利用される。Co<sup>3+</sup>の錯イオンは配位子が入れ換わりにく  
 6 く、右図を始め様々な異性体が合成されている。また、1molの  
 7 [CoCl<sub>2</sub>(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]Clに硝酸銀溶液を加えると、塩化銀は1molしか生じないが、  
 8 [Co(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]Cl<sub>3</sub>では塩化銀は3mol生じ、配位結合とイオン結合の違いがわかる。



9 ① 過マンガン酸カリウムは光で分解しやすいため、褐色瓶に保存する。

11 **2 節 金属イオンの分離と確認**

12 **A 陰イオンとの反応**

13 アルカリ金属以外の多くの金属イオンは、それぞれ特定の陰イオンと反応し、沈殿を生  
 14 じたり錯イオンを作ったりする。それぞれの性質の違いは、金属イオンの分離に利用  
 15 できる。

16 **■塩基との反応**

17 ・金属イオンは、少量の水酸化ナトリウム水溶液やアンモニア水によって水酸化物の沈殿を  
 18 生じ、過剰に加えることで生じた沈殿が錯イオンとなって溶解するものがある。

	Al <sup>3+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup> 青色	Ag <sup>+</sup>
NaOHaq 少量	Al(OH) <sub>3</sub> 白色ゲル状	Zn(OH) <sub>2</sub> 白色ゲル状	Sn(OH) <sub>2</sub> 白色	Pb(OH) <sub>2</sub> 白色	Cu(OH) <sub>2</sub> 青白色	Ag <sub>2</sub> O 褐色
NaOHaq 過剰	[Al(OH) <sub>4</sub> ] <sup>-</sup> 溶液	[Zn(OH) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup> 溶液	溶液	溶液	↑	↑
NH <sub>3</sub> aq 少量	Al(OH) <sub>3</sub> 白色ゲル状	Zn(OH) <sub>2</sub> 白色ゲル状	Sn(OH) <sub>2</sub> 白色	Pb(OH) <sub>2</sub> 白色	Cu(OH) <sub>2</sub> 青白色	Ag <sub>2</sub> O 褐色
NH <sub>3</sub> aq 過剰	↑	[Zn(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup> 溶液	↑	↑	[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup> 深青色溶液	[Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>+</sup> 溶液

19 ① Fe<sup>2+</sup>やFe<sup>3+</sup>と塩基との反応は、プリントp. 115参照

20 ② Cu(OH)<sub>2</sub>とAg<sub>2</sub>Oはやや両性で、水酸化ナトリウムの濃度がきわめて大きい場合は溶  
 21 け、それぞれ紫色、無色の溶液となる。



1 ■  $S^{2-}$  との反応

2 ・硫化水素水などに含まれる  $S^{2-}$  と金属イオンとの反応は、pHによって異なる。

	$Ag^+$	$Cu^{2+}$ 青色	$Pb^{2+}$	$Cd^{2+}$	$Fe^{2+}$	$Zn^{2+}$	$Mn^{2+}$ 淡桃色
$H_2S_{aq}$ 酸性	$Ag_2S$ 黒色	$CuS$ 黒色	$PbS$ 黒色	$CdS$ 黄色	×	×	×
$H_2S_{aq}$ 中性～ 塩基性	$Ag_2S$ 黒色	$CuS$ 黒色	$PbS$ 黒色	$CdS$ 黄色	$FeS$ 黒色	$ZnS$ 白色	$MnS$ 淡桃色

3 ①  $ZnS$ は弱酸性～塩基性で沈殿する。また、 $S^{2-}$ の濃度を大きくしないと沈殿し  
4 にくい場合がある。

5 ■  $Cl^-$ 、 $Br^-$ 、 $I^-$  との反応

6 ・金属の塩化物は水に溶けるものが多いが、 $Ag^+$ や $Pb^{2+}$ は、 $Cl^-$ によって沈殿を  
7 生じる。

8 ・ $Ag^+$ は、ハロゲン化物イオンと沈殿をつくる。

9 ・ $PbCl_2$ は水に少し溶け、( 熱水に溶ける※ )。

10 また、 $AgCl$ 等のハロゲン化銀は( 光が当たると黒くなる )。

11 ■  $CO_3^{2-}$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $CrO_4^{2-}$  との反応

12 ・アルカリ土類金属イオンは、 $CO_3^{2-}$ や $SO_4^{2-}$ と炭酸塩や硫酸塩の沈殿をつくる。

13 ・ $Pb^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Ba^{2+}$ は、 $CrO_4^{2-}$ と沈殿をつくる。

	$Ag^+$	$Pb^{2+}$	$Ca^{2+}$	$Ba^{2+}$
$Cl^-$	$AgCl$ 白色	※ $PbCl_2$ 白色		
$Br^-$	$AgBr$ 淡黄色			
$I^-$	$AgI$ 黄色	$PbI_2$ 黄色		
$CO_3^{2-}$			$CaCO_3$ 白色	$BaCO_3$ 白色
$SO_4^{2-}$		$PbSO_4$ 白色	△ $CaSO_4$ 白色	$BaSO_4$ 白色
$CrO_4^{2-}$ 黄色	$Ag_2CrO_4$ 暗赤色	$PbCrO_4$ 黄色		$BaCrO_4$ 黄色



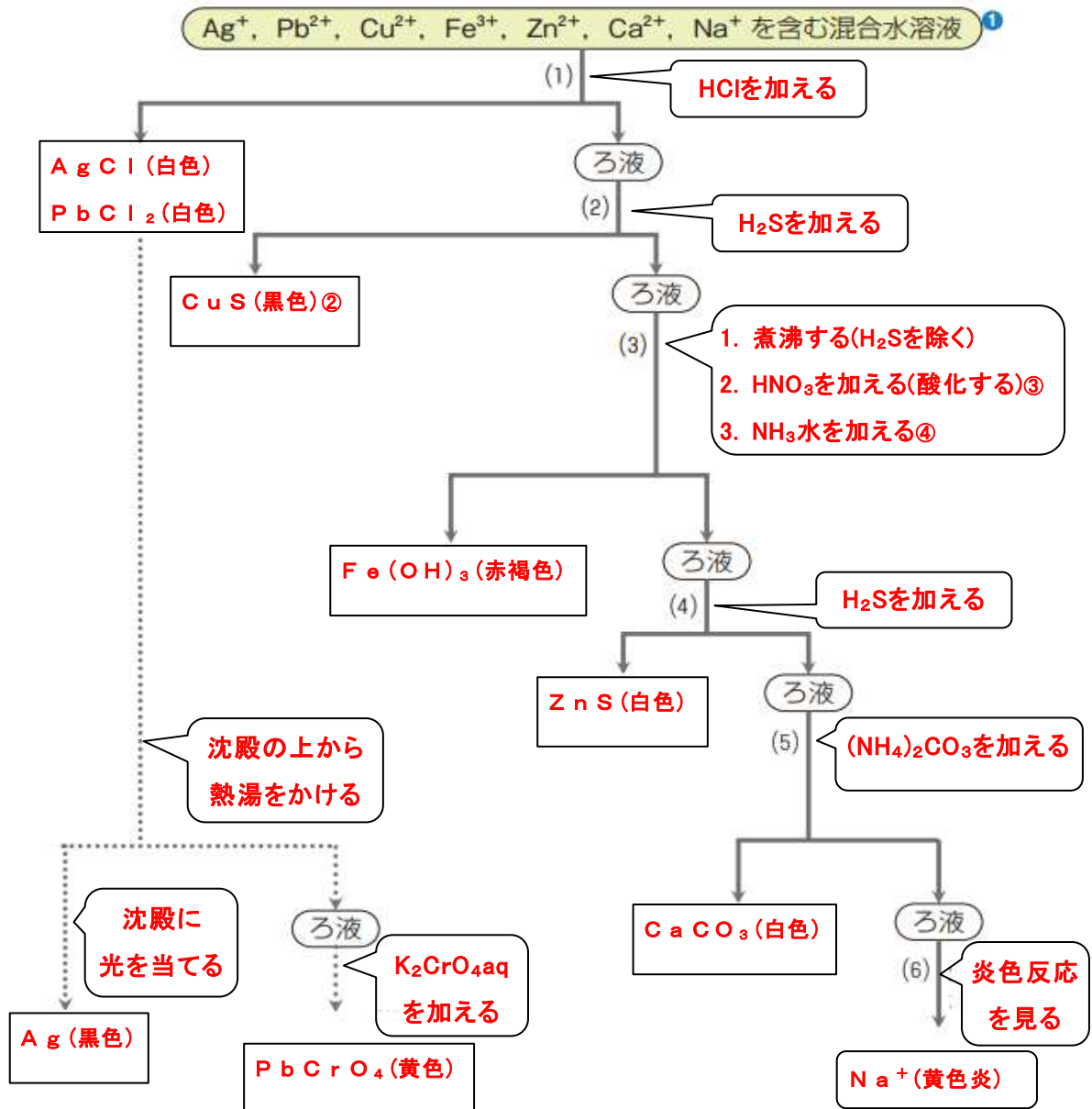
**B 沈殿の分離と確認**

■金属イオンの定性分析

- 試料中にどのような化学種(原子・分子・イオン・官能基等)が含まれているかを確認する操作を( **定性分析** )という。これに対し, 中和滴定のように, どれだけの量が含まれているかを確認する操作を( **定量分析** )という。
- 金属イオンの定性分析には, 沈殿生成反応や炎色反応を利用した方法がある。

■系統分析

- 多くの種類の金属イオンを含む水溶液の定性分析は, 下に示す手順で行うことが多い。沈殿生成反応を用いたこれら一連の方法は( **系統分析** )という。



①図 12 金属イオンの系統分析の例

□は固体, ○は溶液

1 ■ 系統分析 (補足)

2 **整理** 一般的な金属イオンの定性分析の手順

手順	沈殿するイオン	操作	沈殿
(1)	Ag <sup>+</sup> , Pb <sup>2+</sup>	希塩酸を加え, 生じた沈殿をろ過する	AgCl (白色) PbCl <sub>2</sub> (白色)
(2)	Cu <sup>2+</sup> , Cd <sup>2+</sup>	(1)のろ液に硫化水素を通じ, 生じた沈殿をろ過する	CuS (黒色) CdS (黄色)
(3)	Fe <sup>3+</sup> , Al <sup>3+</sup>	(2)のろ液を煮沸して硫化水素を追い出し, 硝酸を加えて加熱後, 塩化アンモニウムとアンモニア水を加え, 生じた沈殿をろ過する	Fe(OH) <sub>3</sub> (赤褐色) Al(OH) <sub>3</sub> (白色)
(4)	Zn <sup>2+</sup> , Mn <sup>2+</sup>	(3)のろ液に硫化水素を通じ, 生じた沈殿をろ過する	ZnS (白色) MnS (淡桃色)
(5)	Ca <sup>2+</sup> , Ba <sup>2+</sup>	(4)のろ液に炭酸アンモニウムを加え, 生じた沈殿をろ過する	CaCO <sub>3</sub> (白色) BaCO <sub>3</sub> (白色)
(6)	Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup>	沈殿生成反応では分離できず, (5)のろ液の炎色反応で確認する	

10 ① (1)でPbCl<sub>2</sub>がわずかに水に溶けるため, (2)ではPbSも沈殿する。

11 ② H<sub>2</sub>Sを追い出すのは, (3)の沈殿に(4)の硫化物の沈殿が混じるのを防ぐため。

12 前頁① Cd<sup>2+</sup>はCu<sup>2+</sup>に準じて, Al<sup>3+</sup>はFe<sup>3+</sup>に準じて, Ba<sup>2+</sup>とMg<sup>2+</sup>はCa<sup>2+</sup>に準じて,  
13 K<sup>+</sup>はNa<sup>+</sup>に準じて分離される。

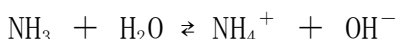
14 前頁② CuSの沈殿に希硝酸を加えて加熱するとCu<sup>2+</sup>を生じ,

15 これに過剰のアンモニア水を加えると深青色の[Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup>になる。

16 前頁③ 硝酸を加えるのは, H<sub>2</sub>Sで還元されて生じたFe<sup>2+</sup>をFe<sup>3+</sup>に戻し,

17 より溶解度積の小さいFe(OH)<sub>3</sub>として沈殿させるためである。

18 前頁④ NH<sub>4</sub>Cl追加は, アンモニアの電離をおさえて[OH<sup>-</sup>]を小さくする働きがある。



20 (4)以降で検出したい金属イオンが水酸化物として沈殿するのを防ぐ。

21 **5章 生活と無機物質**

教科書 p.247

22 私たちの生活は, 鉱物から取り出された金属や, セラミックスなどの無機  
23 物質によって支えられている。ここでは, 無機材料の特徴と, それらが私たち  
24 の生活にどのように利用されているかを学ぶ。

25 **1節 生活と金属**

26 **A 金属製造の歴史**

27 ■ 金・銀・銅

28 ・人類と金属との出会いは古く, 紀元前8千年頃の遺跡から銅を加工した装飾  
29 品などが発見されている。銅の製錬に使う土器が発見された年代よりも数千  
30 年前のため, 天然に産出した自然銅を加工したものと考えられている。

31 ・紀元前4千年頃から銅の製錬や鑄造技術が発達し, その後, 青銅が広く使われ  
32 るようになった。銅は比較的やわらかい金属だが, 銅とスズとの合金である  
33 ( **青銅** )は硬く, 比較的低い温度で融解するので, 鑄型に流し込み, 様々な  
34 形に加工され, 石器に代わって武器や農具として使われるようになった。

35 ・銅以外にも, **金**や銀など単体として産出することが多い金属は, 古くから利  
36 用されている。これらはさびにくく, 金属光沢を失いにくいので( **貴金属** )  
37 とよばれ, 古くから装飾品や貨幣に使われてきた。

## ■鉄

教科書 p.248

- 1  
2 ・鉄の単体は、紀元前1400年頃から、トルコ周辺で鉄鉱石を原料にした製鉄が行われ  
3 るようになったといわれている。日本では5世紀頃から砂鉄を原料にした  
4 製鉄が行われ、刀などが作られるようになった。19世紀には岩手県や福岡県  
5 で、現在のような鉄鉱石を原料にする製鉄用の高炉が作られ、日本でも鉄が  
6 大量に生産されるようになった。製造が始まった頃の用途は主に武器や農具  
7 だったが、現在では( **自動車** )や( **建築材料** )等に広く使われている。



図3 日本古来の伝統的なたたら製鉄と現在の製鉄所

## ■アルミニウム

- 16 ・アメリカのホールとフランスのエルーは、夫々独自に、融解した酸化アルミニウム(アルミナ)の  
17 電気分解によるアルミニウムの製法を発表した。アルミニウムの製造は電力を大量に消費  
18 し生産コストがかかるため、日本では全量が地金として輸入され、( **航空機** )  
19 や車両の構造材、( **建築材** ), ( **飲料用缶** )等に広く使われている。

### 参考生活 金属資源のリサイクル

- 21 ・アルミ缶やスチール缶は、リサイクルにより鉱物資源の消費量を減らし、製造  
22 にかかるエネルギーも節約できる。溶融塩電解によるアルミニウムの製造  
23 には大量の電力が必要だが、廃アルミ缶を融解して再生すると、  
24 原料のボーキサイトから製造する場合の( **約3%のエネルギー** )  
25 消費で済む。



図4 ごみの分別回収と金属の識別マーク

## B 金属の利用例

教科書 p.249

### ■合金

- 28 ・2種類以上の金属を融解して混ぜ合わせたものまたは、金属に少量の非金属  
29 が添加されているが金属特性をもつものを( **合金** )という。合金にするこ  
30 とで、それぞれの単体とは( **異なる性質を持つ金属材料** )となる。  
31 **青銅**は( **銅, スズ** )の合金で、さびにくく硬い。太古から使われており、  
32 これを使い始めた時代を考古学で青銅器時代とよぶ。  
33 **黄銅**(しんちゅう)は( **銅, 亜鉛** )の合金で、美しく加工性に優れている。  
34 **ステンレス鋼**は( **鉄, クロム, ニッケル** )の合金で、クロムが酸化被膜を  
35 つくるためさびにくい。  
36 **ジュラルミン**は( **アルミニウム, 銅, マグネシウム** )等の軽合金で、比較  
37 的加工しやすく、時間経過とともに硬くなる。



表1 主な合金 生活の中の様々な場面で利用されている。

名称	主元素	添加元素(%)	特徴	用途
青銅	Cu	Sn(2~35), Znなど	さびにくい	美術品, 鐘, 10円硬貨
黄銅	Cu	Zn(30~45)	黄色光沢	楽器, 仏具, 5円硬貨
白銅	Cu	Ni(15~25)	白色光沢	50円硬貨, 100円硬貨
洋銀	Cu	Zn(13~35), Ni(5~35)	銀白色	食器, 時計, 装飾品
ステンレス鋼	Fe	Cr(12~18), Niなど	さびにくい	台所用品, 防食構造材
MK鋼	Fe	Ni(25~27), Alなど	永久磁石の一種	スピーカー, 無線機器
はんだ(無鉛)	Sn	Cu, Ag, Niなど	融点 300℃以下	金属接合剤
ジュラルミン	Al	Cu(3.5~5.5), Mg, Mnなど	軽量で強度大	飛行機骨格, 構造材, 靴
ニクロム	Ni	Cr(16~20), Feなど	電気抵抗大	ドライヤー, 電熱器

参考生活 いろいろな合金

- ・ ( **形状記憶合金** ) は, 高温または低温に保ちながら成形した形を記憶している合金で, 変形しても, 加熱または冷却することで元の形に戻る。炊飯ジャーの調圧口や下着のワイヤ, 眼鏡のフレーム, 人工衛星のアンテナ装置などに使われる。形状記憶合金としては, ニッケルとチタンの合金(ニチノル)等がある。
- ・ ( **水素吸蔵合金** ) は, 低温で水素を吸収し, 温度が上がる



図 形状記憶合金を用いた眼鏡フレーム

- と水素を穏和に放出する性質の合金で, これを負極に利用したニッケル水素電池はデジタルカメラや電動アシスト自転車などに使われている。

めっき 教科書 p.250

- ・ めっきは, 表面を空気から遮断し, イオン化傾向の差を利用して金属の腐食を遅らせる等, 金属製品の耐久性を高めている。
- ・ 鉄に ( **亜鉛をメッキ** ) して鉄がさびるのを防いだものが ( **トタン** ) であり, ( **屋根** ) 等に使われる。亜鉛の表面に傷がついて鉄が露出しても, 鉄よりイオン化傾向の大きい亜鉛が酸化されるので, 鉄は酸化されずさびない。また, 亜鉛の表面にできる緻密な酸化亜鉛の層がトタン内部への腐食を防ぐ効果もある。このように, ZnはFeがさびるのを防ぐ働き(防食)をしている。
- ・ 鉄に ( **スズをメッキ** ) したものが ( **ブリキ** ) で, 表面が美しく, はんだ付けしやすい。( **缶詰の缶** ) や容器などに使われる。下右写真



図4 トタン板の利用

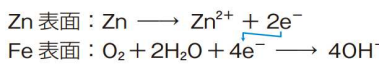
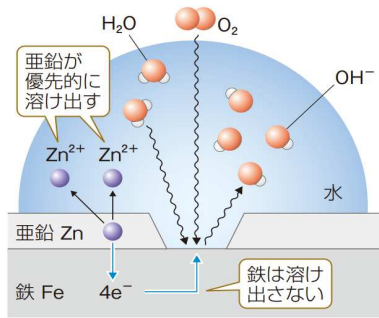


図5 トタンの防食 Feの表面では, 溶存酸素が酸化剤として働いている。





■触媒としての金属 **教科書 p.251**

- 科学技術の発達で様々な金属材料が利用できるようになり、それにより多くの触媒が開発され、現代の生活を支えている。

表2 工業や身近な生活における触媒の利用例

反応の種類	反応	触媒(主成分)
自動車・ストーブの排気浄化	未燃焼炭化水素・COの酸化, 窒素酸化物の還元	Pt-Pd-Rh
アンモニア製造(ハーバー法) → p.204	$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$	$Fe_3O_4$ ①
硝酸製造(オストワルト法) → p.206	$4NH_3 + 5O_2 \longrightarrow 4NO + 6H_2O$	Pt
硫酸製造(接触法) → p.201	$2SO_2 + O_2 \longrightarrow 2SO_3$	$V_2O_5$
メタノール製造 → p.299	$CO + 2H_2 \longrightarrow CH_3OH$	CuO-ZnO
硬化油製造 → p.315	$\cdots-CH=CH-\cdots + H_2 \longrightarrow \cdots-CH_2-CH_2-\cdots$	Ni
アルデヒド製造 → p.303	$2C_2H_4 + O_2 \longrightarrow 2CH_3CHO$	PdCl <sub>2</sub> -CuCl <sub>2</sub>
ポリエチレン製造 → p.403	$nCH_2=CH_2 \longrightarrow \text{--[}CH_2-CH_2\text{]}_n$	TiCl <sub>4</sub> -Al(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub>

① 主成分は $Fe_3O_4$ だが、反応時には還元されて生じたFeが触媒作用を示す。

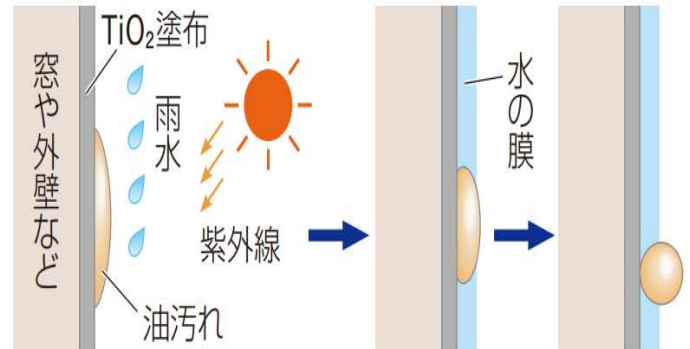
参考生活 生活酸化チタン(IV)の光触媒作用

- 酸化チタン(IV)TiO<sub>2</sub>に光(紫外線)を当てると強い酸化力を示し、有機化合物を分解して二酸化炭素や水などに変える。また、ガラスなどの表面に塗布すると、水と結合しやすい表面をつくる(超親水性能)ので、油污れなどが落ちやすくなる。これらの作用により、次のような効果が現れる。

- アンモニアやアルデヒド等悪臭の成分を分解する(脱臭効果)。
- 細菌を分解し、その時に生じる毒素も分解する(抗菌効果)。
- ガラス表面などと汚れの間に水が入り込み、汚れを浮き上がらせて流し落とす自浄性を示す(防汚効果)。



図a TiO<sub>2</sub>光触媒の利用



TiO<sub>2</sub>を塗った面に水がかかると水が均一に広がる(超親水性)。水が油污れの下に入り込み、油污れを浮かせて洗い流す。

図b TiO<sub>2</sub>光触媒の自浄効果

2節 生活とセラミックス **教科書 p.252**

A セラミックス

- セメントやガラス、陶磁器などのように、無機化合物を( **焼き固めて** )作られた固体材料を( **セラミックス** )(窯業製品)という。セラミックスの原料は石灰石(主成分CaCO<sub>3</sub>)をはじめ、日本で産出するものが多く、建築材料などに広く使われる。

1 ■セメント **教科書 p.252**

- 2 ・セメントとは、( **水を加えると硬化する無機材料** ) のことで、一般には建  
 3 築材料用の( **ポルトランドセメント** ) のことをいう。ポルトランドセメントは、  
 4 ( **石灰石, 粘土** ) などの原料を加熱して作る。  
 5 石灰石を強熱すると、( **CaO** ) (酸化カルシウム) を生じ、これが粘土中のSiO<sub>2</sub>  
 6 と反応する。それを少量の( **セッコウ** ) と共に粉砕したものがポルトランドセ  
 7 メントである。また、ポルトランドセメントに砂と水を加えて固めたものが( **モルタル** )  
 8 であり、砂と小石と水を加えて固めたものが( **コンクリート** ) である。

9 ■ガラス

- 10 ・( **ソーダ石灰ガラス** ) は( **けい砂, 炭酸ナトリウム, 石灰石** ) 等を融  
 11 解して作られ、窓ガラスや瓶等として最もよく使われているガラスである。ガラス  
 12 は、再度融解して成形できるので、飲料用の瓶等でリサイクルが進められている。

13 ●表3 ガラスの種類

名称	主成分	性質	用途
ソーダ石灰ガラス	SiO <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> O, CaO	急激な温度変化に弱い	窓ガラス, 瓶
石英(シリカ)ガラス	SiO <sub>2</sub>	高耐熱性, 紫外線透過性	光ファイバー
ホウケイ酸ガラス	SiO <sub>2</sub> , B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> O	耐薬品性, 熱膨張率小	実験器具, 食器
鉛ガラス	SiO <sub>2</sub> , PbO, Na <sub>2</sub> O	屈折の度合いが大きい	装飾品, 光学機器

16 ■陶磁器 **教科書 p.253**

- 17 ・粘土は岩石の風化で生じ、水と混ぜると自由に成形でき、高温にすると全体  
 18 が収縮して硬くなる( **焼成** )。古くから器の材料に利用されてきた。粘土  
 19 は、粘土鉱物を始めとする様々な鉱物の微結晶からなる。  
 20 ・粘土鉱物は、( **ケイ素やアルミニウム** ) が( **酸素と結合** ) して層状の構  
 21 造をつくり、その層と層の間に( **アルカリ金属イオンや水素イオン** ) 等が  
 22 入った化合物で、多くの種類がある。  
 23 ・粘土、長石、けい砂などの混合物を強熱すると、部分的な溶融により粒子と粒  
 24 子が結びつけられ( **焼結** )、全体として硬くなる。温度が高いほど溶融す  
 25 る物質の割合が増え、緻密で丈夫になり、ガラスに近い外観をもつようになる。  
 26 ・透水性がなく、透光性のあるガラス質の緻密な焼き物を( **磁器** ) という。  
 27 それほど緻密でなく、少し透水性のあるものが( **陶器** ) で、うわぐすりで  
 28 表面を覆い、水もれを防ぐ。うわぐすりはガラスに似た成分で、水に分散させて  
 29 器の表面に塗り、高温で焼きつける。うわぐすりには( **遷移元素の酸化物** )  
 30 等を加え、様々な色がつけられる。陶器と磁器をまとめて( **陶磁器** ) という。  
 31 陶器よりもさらに緻密性が低いものが( **土器** ) である。

32 ●表4 陶磁器の種類と用途

陶磁器	磁器	陶器	土器
			
原料	粘土, 長石, けい砂		粘土
焼成温度	高(>約 1300℃)	←————— (約 1000℃) >————— 低	
性質	透水性なし, 透光性	軽い透水性, 釉を利用	透水性
用途	食器, 工芸品	和食器, 洗面台, 便器	植木鉢, 屋根瓦







1 **章末問題**

教科書 p.246

2 **① 遷移元素 p. 230～232**

3 次の㉑～㉔に適語を記しなさい。

- 4 ・遷移元素のイオンは有色のものが多い。FeSO<sub>4</sub>の鉄(Ⅱ)イオンは(㉑)色、  
5 FeCl<sub>3</sub>の鉄(Ⅲ)イオンは(㉒)色である。また、鉄(Ⅱ)イオン、鉄(Ⅲ)イオンとも  
6 シアン化物イオンCN<sup>-</sup>と(㉓)結合して、(㉔)形の錯イオンを生じる。

7 **② 鉄 p. 233, 234**

- 8 ・高炉に、鉄鉱石、コークス、石灰石を入れて熱風を吹き込むと、コークスが燃焼し、  
9 生じた(㉑)によって鉄の酸化物が還元され、(㉒)が得られる。  
10 この㉒に転炉で酸素を吹き込むと(㉓)が得られる。㉒と㉓を比べると、  
11 (㉓)のほうが炭素含有率が高い。また、鉄鉱石中に含まれる  
12 二酸化ケイ素等は石灰石と反応し、(㉔)となって取り除かれる。

13 (1) ㉑～㉔にそれぞれ適語を記しなさい。

14 (2) 鉄鉱石の成分をFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>として下線部の化学変化を化学反応式で表しなさい。

16 **③ 銅と銀 p. 236～239**

- 17 ・銅はイオン化傾向が水素よりも(㉑)いので、塩酸や希硫酸に溶けないが、  
18 ①(㉒)力の大きい熱濃硫酸には気体の<sup>(ウ)</sup>[ ]を発生して溶け、  
19 ②濃硝酸には気体の<sup>(エ)</sup>[ ]を発生して溶ける。  
20 ③銀イオンを含む水溶液にアンモニア水を少量加えると、褐色の<sup>(オ)</sup>[ ]が沈殿  
21 する。④さらにアンモニア水を過剰に加えると、沈殿は溶けて(㉔)色の溶液に  
22 なる。

23 (1) ㉑, ㉒, ㉓には適当な語句, (ウ), (エ), (オ)には化合物名を記しなさい。

24 (2) 下線部①②の変化を化学反応式, ③④の変化をイオン反応式で表しなさい。

27 **④ イオンの推定 p. 234～243**

28 次の(1)～(4)の反応を示すイオンを下から記号で選びなさい。

- 29 (1) ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム水溶液を加えると、濃青色沈殿が生じる。( )  
30 (2) 希塩酸を加えると白色沈殿が生じる。この沈殿は光が当たると黒～紫色を  
31 帯びる。( )  
32 (3) 硝酸銀水溶液を加えると、暗赤色の沈殿が生じる。( )  
33 (4) チオシアン酸カリウム水溶液を加えると、血赤色溶液になる。( )  
34 (ア)Cu<sup>2+</sup> (イ)Fe<sup>2+</sup> (ウ)Fe<sup>3+</sup> (エ)Ag<sup>+</sup> (オ)Cl<sup>-</sup> (カ)CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

35 **⑤ 金属イオンの分離 p. 237～245**

36 Ag<sup>+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Ba<sup>2+</sup> を分離するために必要な方法を説明しなさい。

37



