

無機物質

◎水素

① [redacted]

②水上置換

④ [redacted]を示す $\text{CuO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$

⑤燃料電池([redacted]活物質)

製法

Zn, Feなどに [redacted] $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$

水の電気分解 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

化合物

①常温・常圧で気体のものが多い

◎希ガス(貴ガス,18族)

低圧下で放電すると,特有の発色を示す
利用： 、 、

He

①水素に次いで軽い気体 ② , 冷却剤に利用

Ar

① や に封入 ②金属溶接時の
③空気中に約

◎ハロゲン

- ①二原子分子で
- ②原子番号が大きいものほど,融点・沸点が
- ③を示す 酸化力の強さ:

F₂ ①の気体

- ②反応性が(冷暗所で水素と爆発的に反応)
- ③水と反応、フッ化水素,酸素を生成 $2F_2+2H_2O \rightarrow 4HF+O_2$

Cl₂ ①臭の気体

- ②水に少し溶け、を生じる
- ③HClOは酸化作用が強く,塩素水はに利用
- ④紙を

製法

① [] に [], 加熱 → []



水で [] を除 濃硫酸で [] を除 [] の順

②



③ 塩化ナトリウム水溶液の電気分解で [] に生成

Br_2 [] 体

I_2 []、光沢のある結晶

[] (加熱によって紫色の蒸気を生成)

③ 水に難溶、[] 水溶液に三ヨウ化物イオンを生じて溶け、[] のヨウ素ヨウ化カリウム水溶液(ヨウ素液)に

④ デンプンと鋭敏に反応し、[] になる
(ヨウ素デンプン反応)

○ハロゲン化水素

- ①すべて [] の気体
- ②水によく溶け水溶液は []

HF

- ① [] (ポリエチレンびんに保存)
[]
- ②沸点が比較的高く,水溶液は [] を示す。

製法

[],加熱 $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + 2\text{HF}$

HCl

- ①水溶液(塩酸)は
- ②NH₃と反応して(NH₄Cl)生成(検出に利用)
$$\text{HCl} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$$

製法

- ①NaClに
$$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}$$
- ②H₂とCl₂を直接反応
$$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$$

HBr HI

- ①いずれも水に溶けやすい
- ②水溶液は

◎酸素 O_2

空気中の約21%(体積) 収集：水上置換

製法

① H_2O_2 水溶液の分解(触媒:) $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$

② $KClO_3$ の加熱分解(触媒:) $2KClO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$

オゾン O_3

① の気体 ②

③ が強い(を)

製法

①酸素に紫外線をあてる ②酸素中で無声放電 $3O_2 \rightarrow 2O_3$

※オゾン層…地表から20~30kmの層

○酸化物

<div></div> (非金属元素の酸化物)	①水と反応して酸を生ずる ②塩基と反応	CO_2 , NO_2 , SO_3 , P_4O_{10}
<div></div> (金属元素の酸化物)	①水と反応して塩基を生ずる ②酸と反応	Na_2O , MgO , CaO
<div></div> (両性元素の酸化物)	①酸とも塩基とも反応	Al_2O_3 , ZnO

オキソ酸：分子内に酸素を含む。 HNO_3 , H_2SO_4 , H_3PO_4

◎硫黄

同素体：[redacted]、[redacted]、[redacted]

収集：酸化物として採取

[redacted]の炎を上げて燃焼 $S + O_2 \rightarrow SO_2$

一番安定なのは [redacted]

SO₂

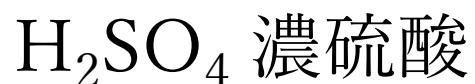
- ①無色, [redacted] な気体
- ②水に [redacted]、亜硫酸を生成
- ③ [redacted] 作用、 [redacted] 作用 (H₂S に対しては [redacted] として働く)
 〈例〉 $\text{SO}_2 + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HI}$ (還元剤としての働き)
 $\text{SO}_2 + 2\text{HS} \rightarrow 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ (酸化剤としての働き)

製法

- ① [redacted], 加熱 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$
- ② [redacted]
 $2\text{NaHSO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{SO}_2$
- ③黄鉄鉱の燃焼
 $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$



- ①無色,針状結晶 ② [redacted]
- ③水と激しく反応して硫酸を生じる



- ①無色の重い液体(密度 $1.84\text{g}/\text{cm}^3$)
- ②水で希釈すると激しく発熱
- ③ [redacted] に利用 ④ [redacted] 主(沸点 338°C)
- ⑤脱水作用(HとOを2:1の割合で奪う)
- ⑥熱濃硫酸は [redacted] が強(Cu, Hg, Agと反応, SO_2 を発生)

希硫酸

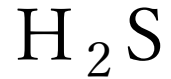
- ① 強酸性(多くの金属と反応して H_2 を発生)
- ② 硫酸塩には水に溶けやすいものが多い
(ただし [redacted])

③ 鉛蓄電池の電解液

工業的製法

[redacted] [redacted] を
発生 → 水に溶かす

* 実際には、 SO_3 を濃硫酸に吸収させて [redacted] にした
のち、これを希硫酸に加えて濃硫酸としている。



- ①無色、 な気体
- ②水溶液は弱酸性 $\text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{S}^{2-}$
- ③可燃性、 を示す 〈例〉 $\text{HS}^- + \text{I}_2 \rightarrow \text{S} + 2\text{HI}$
- ④多くの金属イオンと反応して、硫化物を沈殿
〈例〉 $\text{Pb}^{2+} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{PbS}(\text{黒}) + 2\text{H}^+$
 $\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{CuS}(\text{黒}) + 2\text{H}^+$

製法



◎窒素

N₂

①無色,無臭の気体 ②空気中の約78%(体積)を占める

③水に溶けにくい

亜硝酸アンモニウム水溶液を加熱 $\text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$

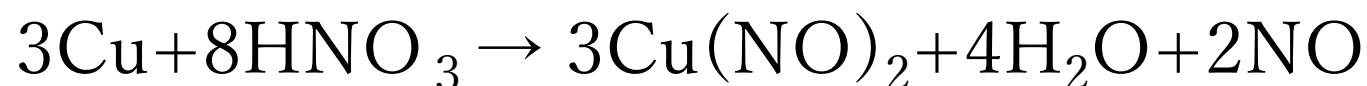
工業的製法

NO

①無色で,水に の気体

② を生成 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$

製法

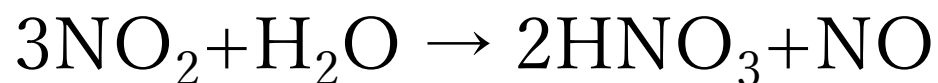


NO₂

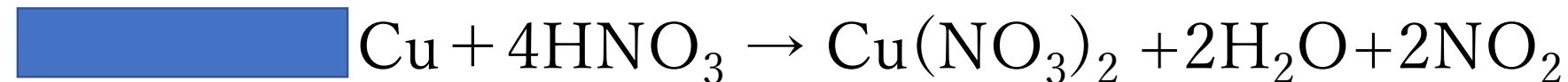
① [] ,刺激臭の [] な気体

② 常温で [] と平衡 $2\text{NO}_2(\text{赤褐色}) \rightarrow 2\text{N}_2\text{O}_4(\text{無})$

③ 水に溶けて硝酸を生じる(酸性雨の一因)



製法





①無色,揮発性の液体

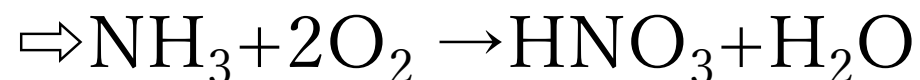
②[]がある ③[] ([]に保存)

④濃硝酸(約61%),希硝酸ともに[]が強い(Cu,Hg, Ag溶解)

⑤濃硝酸は[]などに[]

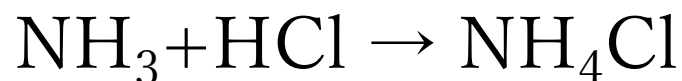
⑥硝酸塩はすべて水に溶ける。

工業的製法 []



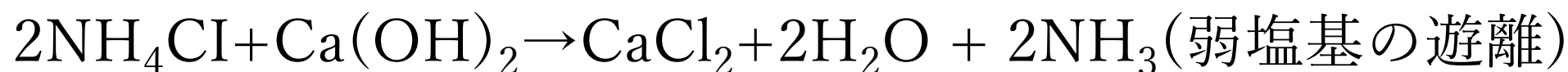


- ①無色,刺激臭の気体
- ②水に極めてよく溶け,水溶液は弱塩基性
- ③HClと反応して 生成(検出に利用)



- ③窒素肥料の硫酸 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ や尿素 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ の原料

製法 アンモニウム塩と強塩基の加熱




工業的製法



◎リン

黄リン P_4

①  ②  ③  ④ 

赤リン P

①  ②粉末 ③無毒 ④ 

P_4O_{10}

①  (乾燥剤や脱水剤として利用)

②水に溶かして加熱するとリン酸になる



リンの燃焼 $4P + 5O_2 \rightarrow P_4O_{10}$



①無色結晶,潮解性②3段階に電離 $\text{H}_3\text{PO}_4 = 3\text{H} + \text{PO}_4^{3-}$

リン酸塩

①リン酸カルシウム $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ は骨や歯の主成分

②リン酸肥料 過リン酸石灰($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ と CaSO_4 との混合物)

重過リン酸石灰($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$)

◎炭素

ダイヤモンド 共有結合の結晶 [redacted]。

黒鉛 共有結合の結晶 [redacted] がよい。

無定形炭素 [redacted] など

CO

①無色無臭で、難溶有毒な気体

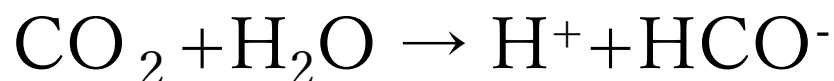
②可燃性([redacted])

製法

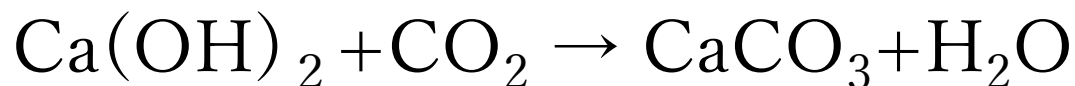
[redacted], 加熱 $\text{HCOOH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}$



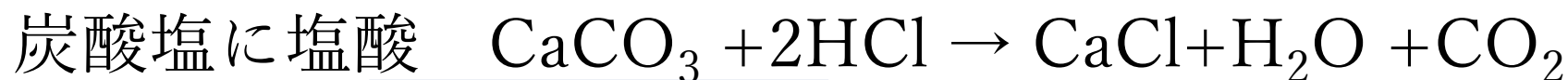
- ①無色無臭の気体
- ②[REDACTED]、気温を上昇(温室効果)
- ③水に溶けて炭酸を生じ、弱酸性



- ④石灰水を白濁(CO_2 の検出)



製法



◎ケイ素

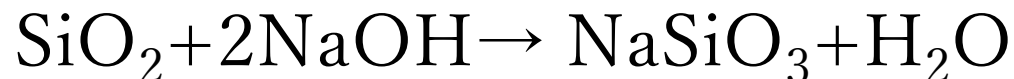
Si ①かたく, 触点の高い共有結合の結晶②半導体

SiO₂

①石英, 水晶, ケイ砂として

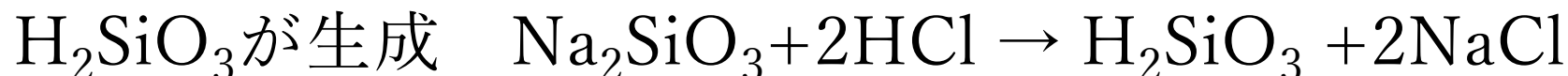
② の結晶

③NaOHやNa₂CO₃とともに融解



H₂SiO₃

① に塩酸を加えると、白色のケイ酸



②ケイ酸を加熱して乾燥→ (乾燥剤)が生成

◎乾燥剤と気体の性質

濃硫酸、 P_4O_{10} ：酸性

中性、酸性の気体 [] に濃硫酸は不可)

CaO、ソーダ石灰：塩基性：中性塩基性の気体

CaCl₂：中性

中性、酸性、塩基性の気体([]は不可)

ソーダ石灰はCaOとNaOHの混合物を加熱したものである。
シリカゲルは、水蒸気とともに目的の気体も吸着することが多いため、一般に気体の乾燥には不適

炎色反応

Li Na K Cu Ca Sr Ba



リアカーなきK村動力借るとするもくれない馬力

◎アルカリ金属 Li, Na, K, Rb, Cs, Fr

- ・銀白色の金属、融点が低。密度が小さく、やわらかい水と激しく反応し、水素 H_2 を発生、
- ・炎色反応
- ・水や酸素と反応しやすいので、

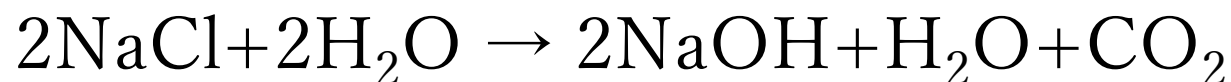
◎ナトリウムの化合物

NaOH

を示す

CO_2 と反応、炭酸塩を生成 $2NaOH + CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$

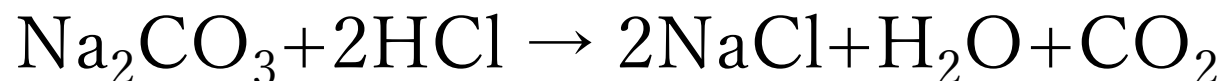
製法





①白色粉末,炭酸ソーダ ⑤ガラスの製造に利用

③酸と反応して, CO_2 を発生



④十水和物 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ は風解して,一水和物

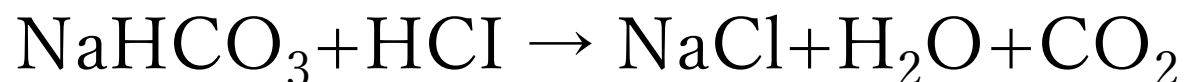


工業的製法



①白色粉末,重曹(重炭酸ソーダ) ③熱分解して、 CO_2 、水

④酸と反応して、 CO_2 を発生



⑤ 〃に利用

◎アルカリ土類金属(Be,Mg以外の2族元素) Ca, Sr, Ba, Ra
Be,Mg

①常温の水と反応しない、と反応

②

③炭酸塩：白色で水に難溶(塩酸に可溶)

硫酸塩：水に可溶

Ca, Sr, Ba, Ra ①常温で水と反応し、水素 H_2 を発生

②炎色反応：

③炭酸塩：白色で水に難溶(塩酸に可溶 $CaCO_3$ $BaCO_3$)

硫酸塩：白色で水に難溶(塩酸に不溶) $CaSO_4$ $BaSO_4$

◎カルシウムの化合物

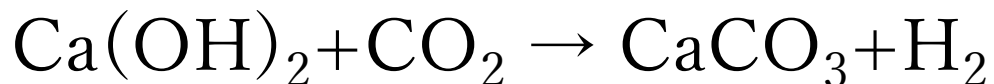
CaO ①白色固体()

②塩基性酸化物 $\text{CaO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2$

③水と反応して発熱 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ ①白色粉末() ②石灰水

③石灰水に CO_2 を通じると白濁(CO_2 の検出)





- ① 石灰石や大理石
- ② 強熱すると熱分解 $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
- ③ 塩酸に溶、 CO_2 を発生
$$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$$
- ④ CO_2 を含む水に溶ける
$$\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$$
- ⑤ セメントやガラスの原料

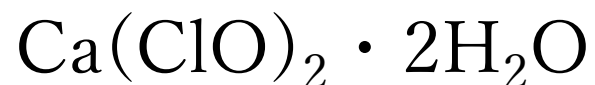


- ① 天然に 石膏 として産出
- ② 約 1200℃ で焼きセッコウに変化 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



①水への溶解性,吸湿性が大 ②乾燥剤

③



① $\text{Ca}(\text{OH})_2$ に塩素を吸収させて製造

②塩酸と反応して塩素発生

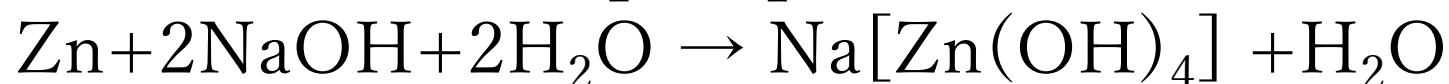
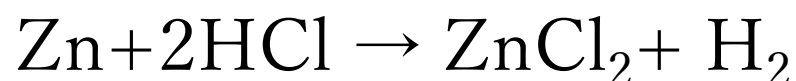


◎亜鉛・水銀・アルミニウム・スズ・鉛

■：両性元素、酸化物、水酸化物は、それぞれ両性酸化物、両性水酸化物であり、酸とも塩基とも反応

◎亜鉛

Zn ①銀白色の金属で、酸にも塩基にも溶ける



② ■

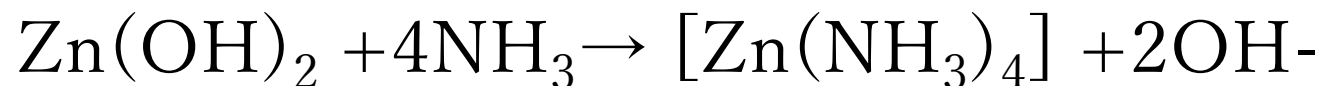
③ ■ (銅板に亜鉛をめっき), 乾電池, ■ (銅と亜鉛)

ZnO

- ①白色粉末 $2\text{Zn} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{ZnO}$ ②両性酸化物
③白色顔料,軟こう

$\text{Zn}(\text{OH})_2$ ①白色固体 ②両性水酸化物

- ③アンモニア水に溶ける



◎水銀

Hg

- ①銀白色の液体の金属
- ②合金()をつくる
- ③蒸気は強い

HgS

- ①黒色。加熱すると赤色に変化
- ②朱色の顔料として利用

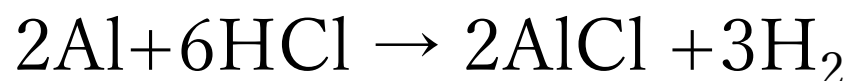
塩化水銀(Ⅱ) HgCl_2 ：昇汞とも。無色、水に溶けやすい。

猛毒

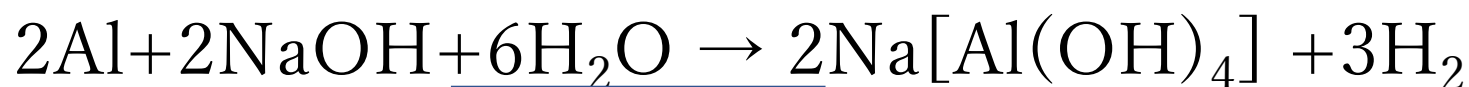
塩化水銀(Ⅰ) HgCl ：甘汞とも。無色、水に溶けにくい

◎アルミニウムとその化合物

Al ①銀白色の金属。酸にも塩基にも溶ける



②



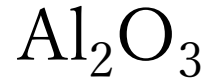
③濃硝酸によって

④, 1円硬貨

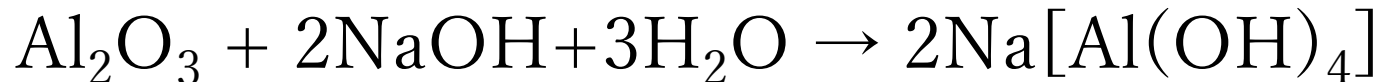
製法 (主成分の組成 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) から得られた Al_2O_3 を融解した氷晶石 Na_3AlF_6 に溶かし、炭素電極を用いて

陰極: $\text{Al}^{3+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Al}$

陽極: $\text{C} + \text{O}^{2-} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{e}^-$ $\text{C} + 2\text{O}^- \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{e}^-$



- ①白色粉末, □ともよばれる $4\text{Al} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3$
 ②両性酸化物 $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 ③難溶性, 高融点



- ④ の主成分



- ②両性水酸化物 $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} \rightarrow \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
 $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$



◎スズ・鉛とその化合物

Sn

①白色の金属

②両性元素 ③ $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ は無色の結晶で,還元作用

④

Pb

①灰白色の金属 ②やわらかく、密度が大 ③

④塩酸や希硫酸には表面に不溶性の塩を生、難溶(硝酸には可溶)

⑤

鉛蓄電池:

Pb^{2+} の沈殿 PbCl (), PbSO_4 (),
 PbS (), PbCrO_4 ()

◎遷移元素

- ①周期表の 族 ②隣り合う元素は性質が類似
③金属元素 ⑥最外殻電子は で、酸化数は複数
⑦錯イオンをつくる ⑧有色のものが多い。⑨触媒になる

◎錯イオン

配位子が金属イオンと配位結合することによって生じる


ジアミン銀(I)イオン $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$: 無色 : 直線形


テトラアンミン銅(II)イオン $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$: : 正方形

テトラアクア銅(II)イオン $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$: : 正方形

テトラアンミン亜鉛(II)イオン $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$: 無色 : 正四面体形

テトラヒドロキシド亜鉛(II)酸イオン $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$: 無色 : 正四面体形

ヘキサシアニド鉄(II)酸イオン $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$:  : 正八面体形

ヘキサシアニド鉄(II)酸イオン $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$:  : 正八面体形

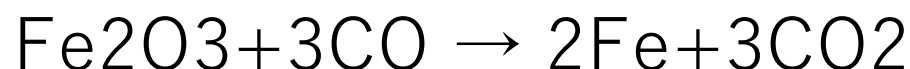
* テトラヘキサは配位子の数2,4,6を表す。

* アクア錯イオンは水を省略して示すことが多い。

◎Fe

①銀白色の金属②塩酸や希硫酸に溶③濃硝酸には

製法 溶鉱炉で鉄鉱石(赤鉄鉱など)を還元



(炭素約4%)…もろい、鋳物

(炭素0.02~2%)…ねばり強い、鋼材

Fe_3O_4 ①の結晶②磁鉄鉱の主成分










Fe_2O_3 ①の結晶②赤鉄鉱の主成分

FeSO_4 ①結晶は七水和物() ②水に溶けて Fe^{2+} ()

FeCl_3 ①結晶は六水和物() ②水に溶けて Fe^{3+} ()

$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ①の結晶②水溶液は

$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ①の結晶②水溶液は

	OH^-	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	KSCN
Fe^{2+} ()			濃青色沈殿 	変化なし
Fe^{3+} ()		濃青色沈殿 		

◎銅Cu

- ①赤味 ②展性・延性に富む ③熱・電気の良導体
- ④湿った空気中でさび()を生じる
- ⑤塩酸や希硫酸とは反応せず、 には可溶
- ⑥銅の合金 (ブロンズ)CuとSn, (真)CuとZn

製法 $\text{CuFeS}_2 \rightarrow \text{CuS} \rightarrow \text{粗銅 Cu} \rightarrow \text{純銅 Cu}$

*粗銅を陽極、純銅を陰極にして硫酸酸性の硫酸銅(II)水溶液中で電気分解。粗銅中の鉄やニッケルなどはイオンとなって溶け出る、金や銀などはイオン化せず、 。

CuO ①黒色粉末

②塩基性酸化物。酸に溶ける



③を空气中で加熱 $2\text{Cu} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CuO}$

④強熱で酸化銅(I) Cu_2O ()

CuSO_4 ①五水和物は青色結晶。加熱で無水塩

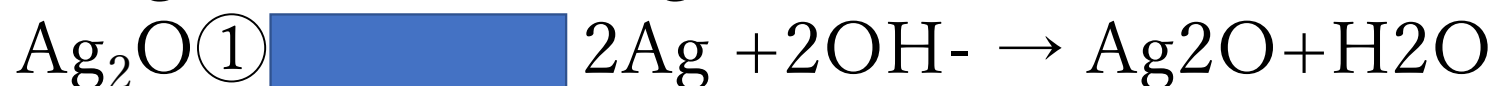
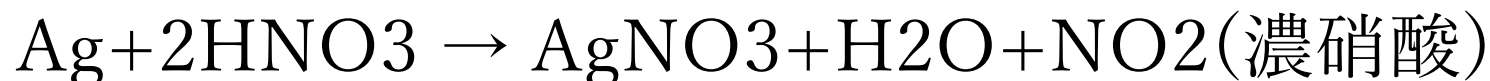
②無水塩は白色粉末

③無水塩は水に触れると青色(水の検出に利用)

◎銀

Ag ①銀白色 ②展性・延性 ③熱・電気の伝導性は最大

④塩酸や希硫酸とは反応せず、硝酸や熱濃硫酸には可溶



* AgOH は不安定で、ただちに Ag₂O になる

②NH₃ 水に可溶 $\text{Ag}_2\text{O} + 4\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2[\text{Ag}(\text{NH})_2] + 2\text{OH}^-$
 ハロゲン化銀：フッ化銀 AgF(), 塩化銀 AgCl(白), 臭化銀 AgBr(), ヨウ化銀 AgI()

①光で分解して銀を生成水に難溶 (AgFは可溶)

③ NH₃水に溶ける (AgIは難溶)

④Na₂S₂O₃水溶液に溶ける ⑤AgBr は

◎クロム・マンガン

Cr①銀白色の金属②かたくて融点が高③腐食しにくい

④クロムめっき $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$

K_2CrO_4 ① []

②金属イオンと沈殿生成 PbCrO_4 ([]), Ag_2CrO_4 ([])

$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ① [] ② $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ([]) = CrO_2^- ([])

③硫酸酸性で強い酸化作用

Mn① [] の金属②かたいがもろい

MnO_2 ① [] ②酸化作用 $3\text{H}_2\text{O}_2$ や KClO 分解の触媒

④乾電池の正極活物質

KMnO_4 ① [] の結晶 ②水溶液は赤紫色 (MnO_4^- による)

③硫酸酸性で強い酸化作用

◎水溶性の塩と難溶性の塩

硝酸塩：すべて水にとけやすい。

塩化物：[redacted]などを除いて、水に溶けやすい([redacted]は光で分解 NH_3 水に可溶、[redacted]は熱水に溶解)

硫酸塩：[redacted]などを除いて、水に溶けやすいものが多い。硫酸塩の沈殿は塩酸に溶けない。














炭酸塩：[redacted]などほとんど水に溶けにくい。炭酸塩の沈殿は塩酸に溶ける。

クロム酸塩：[redacted]などは沈殿

* アルカリ金属やアンモニウム塩、酸塩もすべて水に可溶

◎水酸化物の沈殿と錯イオン

* $[\text{Pb}(\text{OH})_4]^{2-}$ 、 $[\text{Pb}(\text{OH})_3]^-$ など、いろいろなイオンを形成して溶解する。

	OH による沈殿	多量の NH_3 水	多量の NaOH 水
Ag			不溶
Cu			不溶
Zn			
Al		不溶	
Pb		不溶	
Fe^{3+}		不溶	不溶
Fe^{2+}		不溶	不溶

◎硫化水素による硫化物の沈殿 金属イオンを含む水溶液に
硫化水素 H_2S を通じる

*Cuの炎色反応は [] である。

酸性、中性、塩基性	中性、塩基性	沈殿を生じない(炎色反応)
[]	[], [] []	[]

尿素