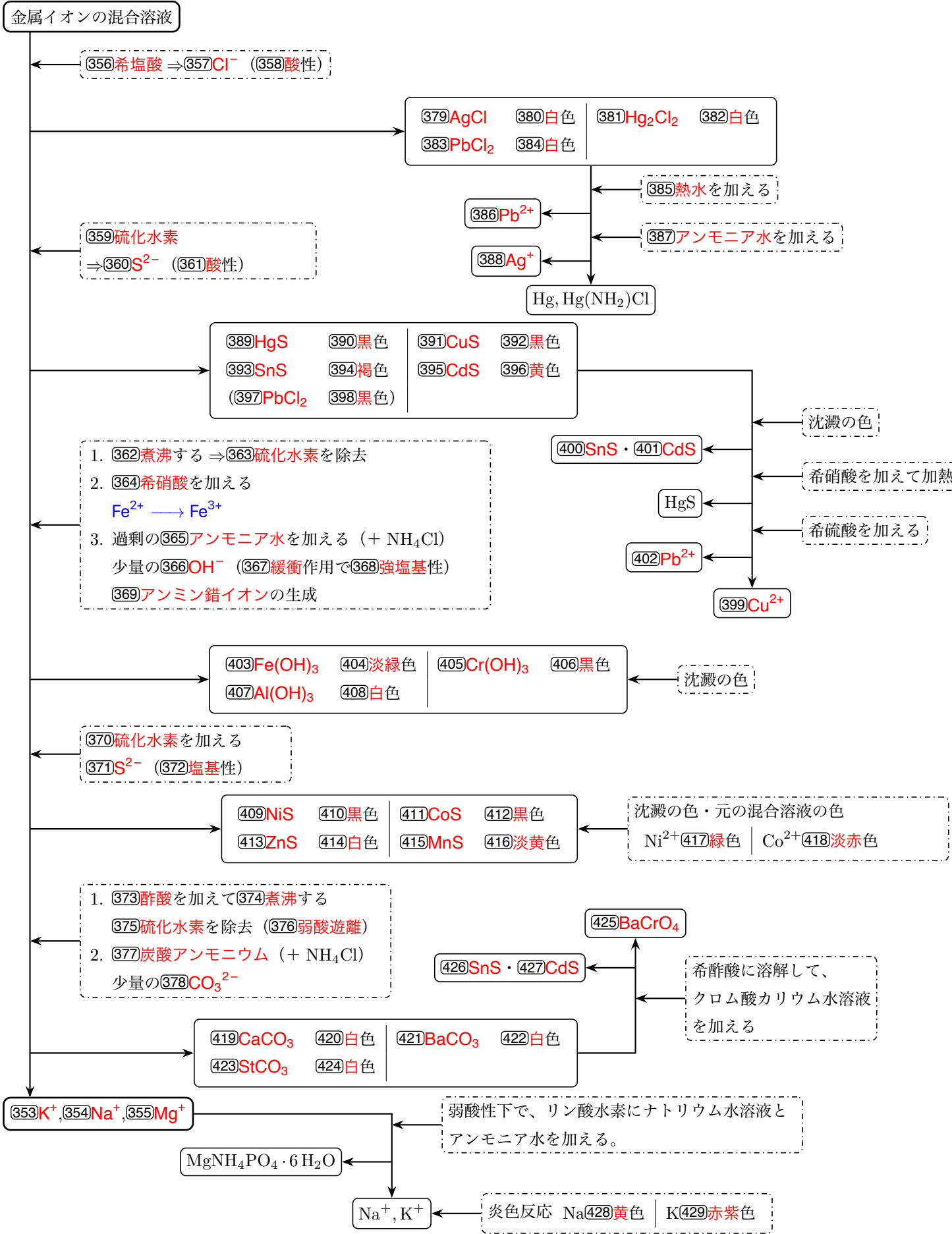


E 金属イオンの系統分離



目次

第Ⅰ部 非金属元素

1	水素	3
1.1	性質	3
1.2	同位体	3
1.3	製法	3
1.4	反応	3
2	貴ガス	3
2.1	性質	3
2.2	生成	3
2.3	ヘリウム	3
2.4	ネオン	3
2.5	アルゴン	3
3	ハロゲン	4
3.1	単体	4
3.2	ハロゲン化水素	5
3.3	ハロゲン化銀	6
3.4	次亜塩素酸塩	6
3.5	塩素酸カリウム	6
4	酸素	7
4.1	酸素原子	7
4.2	酸素	7
4.3	オゾン	7
4.4	酸化物	8
4.5	水	8
5	硫黄	9
5.1	硫黄	9
5.2	硫化水素	9
5.3	二酸化硫黄 (亜硫酸ガス)	10
5.4	硫酸	11
5.5	チオ硫酸ナトリウム (ハイポ)	11
5.6	重金属の硫化物	12
6	窒素	12
6.1	窒素	12
6.2	アンモニア	12
6.3	一酸化二窒素 (笑気ガス)	12

6.4	一酸化窒素	12
6.5	二酸化窒素	13
6.6	硝酸	13
7	リン	14
7.1	リン	14
7.2	十酸化四リン	14
7.3	リン酸	14
8	炭素	15
8.1	炭素	15
8.2	一酸化炭素	15
8.3	二酸化炭素	16
9	ケイ素	16
9.1	ケイ素	16
9.2	二酸化ケイ素	17
第Ⅱ部	典型金属	19
10	アルカリ金属	19
10.1	単体	19
10.2	水酸化ナトリウム (苛性ソーダ)	19
10.3	炭酸ナトリウム・炭酸水素ナトリウム	20
11	2 族元素	22
11.1	単体	22
11.2	酸化カルシウム (生石灰)	22
11.3	水酸化カルシウム (消石灰)	23
11.4	炭酸カルシウム (石灰石)	23
11.5	塩化マグネシウム・塩化カルシウム	23
11.6	硫酸カルシウム	24
11.7	硫酸バリウム	24
12	12 族元素	24
12.1	単体	24
12.2	酸化亜鉛 (亜鉛華)・水酸化亜鉛	25
12.3	塩化水銀 (Ⅰ)・塩化水銀 (Ⅱ)	25
13	アルミニウム	25
13.1	アルミニウム	25
13.2	酸化アルミニウム・水酸化アルミニウム	27
13.3	ミョウバン・焼きミョウバン	27
14	スズ・鉛	28
14.1	単体	28

14.2	塩化スズ（Ⅱ）	28
14.3	酸化鉛（Ⅳ）	29
14.4	鉛の難溶性化合物	29

## 第Ⅲ部 遷移金属 30

15	鉄・コバルト・ニッケル	30
15.1	鉄	30
15.2	硫酸鉄（Ⅱ）7水和物	31
15.3	塩化鉄（Ⅲ）6水和物	32
15.4	鉄イオンの反応	32
15.5	塩化コバルト（Ⅱ）	32
15.6	硫酸ニッケル（Ⅱ）	32

16	銅	32
16.1	銅	32
16.2	硫酸銅（Ⅱ）5水和物	33
16.3	銅（Ⅱ）イオンの反応	34
16.4	銅の合金	34

17	銀	34
17.1	銀 . . . . .	34
17.2	銀 (I) イオンの反応 . . . . .	35
17.3	難溶性化合物の溶解性 . . . . .	35

18	クロム・マンガン	36
18.1	単体	36
18.2	クロム酸カリウム・二クロム酸カリウム	36
18.3	過マンガン酸カリウム	36
18.4	マンガンの安定な酸化数	37

## 第 IV 部 APPENDIX 38

A	気体の乾燥剤	38
---	--------	----

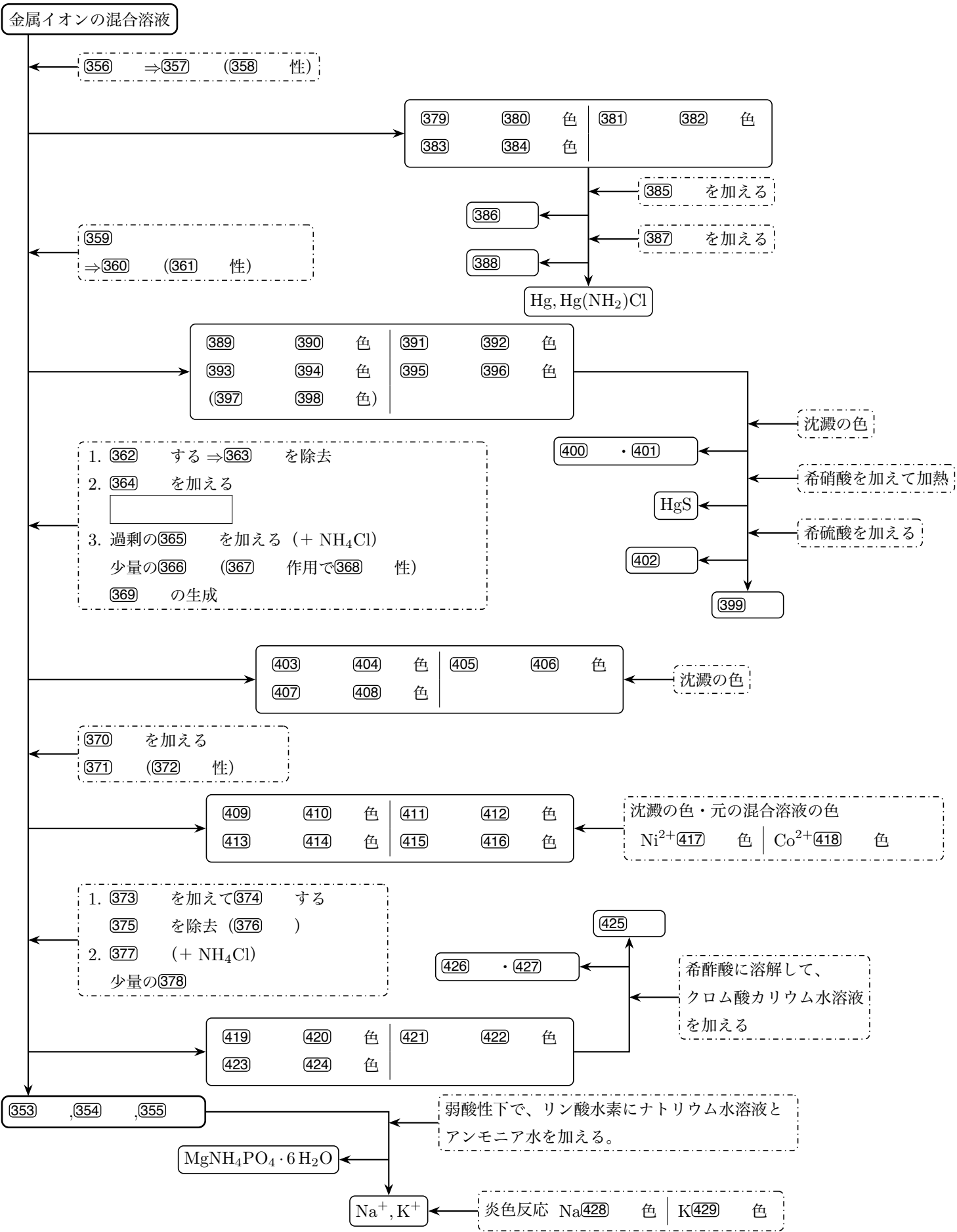
B 水の硬度 38

C 金属イオンの難容性化合物 39

D	錯イオンの命名法	40
---	----------	----

E	金属イオンの系統分離	41
---	------------	----

## E 金属イオンの系統分離



	Cl <sup>−</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2−</sup>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	OH <sup>−</sup>	OH <sup>−</sup>	NH <sub>3</sub>
			酸性	中・塩基性	NH3	過剰	過剰
	③13白色	③14―色	③15黒色	③16黒色	③17褐色	③18褐色	③19無色

D 錯イオンの命名法

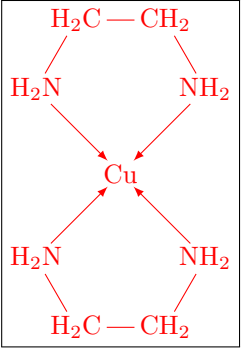
(主に遷移) 金属イオンに対して、③20非共有電子対を持つ③21分子や③22イオンが③23配位結合  
「配位子の数(数詞) 配位子 金属(価数) 酸(陰イオンの場合) イオン」

金属イオン	Ag <sup>+</sup> Cu <sup>+</sup>	Cu <sup>2+</sup> Zn <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup> Fe <sup>3+</sup> Co <sup>3+</sup> Ni <sup>2+</sup> Cr <sup>3+</sup> Al <sup>3+</sup>
配位数	③242	③254	③266

	③27直線系		③28正方形	③29正四面体形		③30正八面体形		
数	1	2	3	4	5	6	7	8
数詞	③31モノ	③32ジ ③39ビス	③33トリ ③40トリス	③34テトラ	③35ペンタ	③36ヘキサ	③37ヘプタ	③38オクタ

配位子	NH <sub>3</sub>	CN <sup>−</sup>	H <sub>2</sub> O	OH <sup>−</sup>	Cl <sup>−</sup>	H <sub>2</sub> N－CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> －NH <sub>2</sub>
名称	③41アンミン	③42シアニド	③43アクア	③44ヒドロキシド	③45クロリド	③46エチレンジアミン

エチレンジアミン…1分子あたり2か所で③47配位結合する(2座配位子)(③48キレート錯体)



- [Zn(OH)<sub>4</sub>]<sup>2−</sup>  
③49テトラヒドロキシド亜鉛(Ⅱ)酸イオン
- [Zn(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup>  
③50テトラアンミン亜鉛(Ⅱ)イオン
- [Ag(S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>3−</sup>  
③51ビス(チオスルファト)銀(Ⅰ)イオン
- [Cu(H<sub>2</sub>NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>)]<sup>2+</sup>  
③52ビス(エチレンジアミン)銅(Ⅱ)イオン

第Ⅰ部

非金属元素

1 水素

1.1 性質

- ① 色② 臭の③
- 最も④
- 水に溶解⑤

1.2 同位体

<sup>1</sup>H 99% 以上 <sup>2</sup>H (⑥ )0.015% <sup>3</sup>H (⑦ )微量

1.3 製法

- ナフサの電気分解 工業的製法
- ⑧ に⑨ を吹き付ける 工業的製法
- ⑩ (⑪ )の電気分解
- ⑫ が⑬ 金属と希薄強酸  
例 Fe + 2 HCl → FeCl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> ↑  
例 Zn + 2 HCl → ZnCl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> ↑
- 水素化ナトリウムと水

1.4 反応

- 水素と酸素(爆鳴気の燃焼)
- 加熱した酸化銅(Ⅱ)と水素

2 貴ガス

⑭ , ⑮ , ⑯ , ⑰ , Xe, Rn

2.1 性質

- ⑱ 色⑲ 臭
- 第18族元素であり、電子配置がオクテットを満たすため反応性が低い
- イオン化エネルギーが極めて大きい
- 電子親和力が⑳
- 電気陰性度が㉑

2.2 生成

<sup>40</sup>K の電子捕獲

2.3 ヘリウム

化学式：He 浮揚ガス

2.4 ネオン

化学式：Ne ネオンサイン

2.5 アルゴン

化学式：Ar N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> に次いで3番目に空気中での存在量が多い(約1%)。

第Ⅰ部  
非金属元素

1 水素

1.1 性質

- ①無色②無臭の③気体
- 最も④軽い
- 水に溶け⑤にくい

1.2 同位体

<sup>1</sup>H 99% 以上    <sup>2</sup>H (⑥D)0.015%    <sup>3</sup>H (⑦T) 微量

1.3 製法

- ナフサの電気分解 工業的製法
- ⑧赤熱したコークスに⑨水蒸気を吹き付ける 工業的製法  
 $C + H_2O \longrightarrow H_2 + CO$
- ⑩水 (⑪水酸化ナトリウム水溶液) の電気分解  
 $2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2$
- ⑫イオン化傾向が⑬H<sub>2</sub> より大きい金属と希薄強酸  
例  $Fe + 2HCl \longrightarrow FeCl_2 + H_2 \uparrow$   
例  $Zn + 2HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2 \uparrow$
- 水素化ナトリウムと水  
 $NaH + H_2O \longrightarrow NaOH + H_2$

1.4 反応

- 水素と酸素 (爆鳴気の燃焼)  
 $2H_2 + O_2 \longrightarrow H_2O$
- 加熱した酸化銅 (Ⅱ) と水素  
 $CuO + H_2 \longrightarrow Cu + H_2O$

2 貴ガス

⑭He, ⑮Ne, ⑯Ar, ⑰Kr, Xe, Rn

2.1 性質

- ⑱無色⑲無臭
- 第 18 族元素であり、電子配置がオクテットを満たすため反応性が低い
- イオン化エネルギーが極めて大きい
- 電子親和力が⑳極めて小さい
- 電気陰性度が㉑定義されない

2.2 生成

<sup>40</sup>K の電子捕獲  
 $^{40}K + e^- \longrightarrow ^{40}Ar$

2.3 ヘリウム

化学式：He 浮揚ガス

2.4 ネオン

化学式：Ne ネオンサイン

2.5 アルゴン

化学式：Ar N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> に次いで 3 番目に空気中での存在量が多い (約 1%)。

		Cl <sup>−</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2−</sup>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	OH <sup>−</sup>	OH <sup>−</sup>	NH <sub>3</sub>
				酸性	中・塩基性	NH3	過剰	過剰
		③13 色	③14 色	③15 色	③16 色	③17 色	③18 色	③19 色

D 錯イオンの命名法

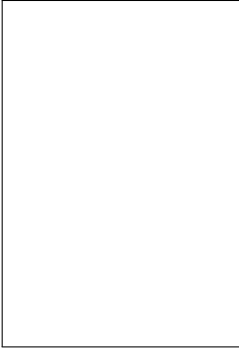
(主に遷移) 金属イオンに対して、③20 を持つ③21 や③22 が③23 結合  
「配位子の数 (数詞) 配位子 金属 (価数) 酸 (陰イオンの場合) イオン」

金属イオン	Ag <sup>+</sup> Cu <sup>+</sup>	Cu <sup>2+</sup> Zn <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup> Fe <sup>3+</sup> Co <sup>3+</sup> Ni <sup>2+</sup> Cr <sup>3+</sup> Al <sup>3+</sup>
配位数	③24	③25	③26

	③27	系	③28	形	③29	形	③30	形
数	1	2	3	4	5	6	7	8
数詞	③31	③32 ③39	③33 ③40	③34	③35	③36	③37	③38

配位子	NH <sub>3</sub>	CN <sup>−</sup>	H <sub>2</sub> O	OH <sup>−</sup>	Cl <sup>−</sup>	H <sub>2</sub> N – CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> – NH <sub>2</sub>
名称	③41	③42	③43	③44	③45	③46

エチレンジアミン … 1 分子あたり 2 か所で③47 結合する (2 座配位子) (③48 錯体)



- [Zn(OH)<sub>4</sub>]<sup>2−</sup> ③49
- [Zn(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup> ③50
- [Ag(S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>3−</sup> ③51
- [Cu(H<sub>2</sub>NCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>)]<sup>2+</sup> ③52

C 金属イオンの難溶性化合物

	Cl <sup>−</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2−</sup>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	OH <sup>−</sup>	OH <sup>−</sup>	NH <sub>3</sub>
			酸性	中・塩基性	NH3	過剰	過剰
K <sup>+</sup>	<div>26— 33—色</div>	<div>27— 34—色</div>	<div>28— 35—色</div>	<div>29— 36—色</div>	<div>30— 37—色</div>	<div>31— 38—色</div>	<div>32— 39—色</div>
Ba <sup>2+</sup>	<div>40— 47—色</div>	<div>41BaSO<sub>4</sub> 48白色</div>	<div>42— 49—色</div>	<div>43— 50—色</div>	<div>44— 51—色</div>	<div>45— 52—色</div>	<div>46— 53—色</div>
Sr <sup>2+</sup>	<div>54— 61—色</div>	<div>55SrSO<sub>4</sub> 62白色</div>	<div>56— 63—色</div>	<div>57— 64—色</div>	<div>58— 65—色</div>	<div>59— 66—色</div>	<div>60— 67—色</div>
Ca <sup>2+</sup>	<div>68— 75—色</div>	<div>69CaSO<sub>4</sub> 76白色</div>	<div>70— 77—色</div>	<div>71— 78—色</div>	<div>72Ca(OH)<sub>2</sub> 79白色</div>	<div>73Ca(OH)<sub>2</sub> 80白色</div>	<div>74Ca(OH)<sub>2</sub> 81白色</div>
Na <sup>+</sup>	<div>82— 89—色</div>	<div>83— 90—色</div>	<div>84— 91—色</div>	<div>85— 92—色</div>	<div>86— 93—色</div>	<div>87— 94—色</div>	<div>88— 95—色</div>
Mg <sup>2+</sup>	<div>96— 103—色</div>	<div>97— 104—色</div>	<div>98— 105—色</div>	<div>99— 106—色</div>	<div>100Mg(OH)<sub>2</sub> 107白色</div>	<div>101Mg(OH)<sub>2</sub> 108白色</div>	<div>102— 109—色</div>
Al <sup>3+</sup>	<div>110— 117—色</div>	<div>111— 118—色</div>	<div>112— 119—色</div>	<div>113Al(OH)<sub>3</sub> 120白色</div>	<div>114Al(OH)<sub>3</sub> 121白色</div>	<div>115[Al(OH)<sub>4</sub>]<sup>−</sup> 122白色</div>	<div>116Al(OH)<sub>3</sub> 123白色</div>
Mn <sup>2+</sup>	<div>124— 131—色</div>	<div>125— 132—色</div>	<div>126— 133—色</div>	<div>127MnS 134淡桃色</div>	<div>128Mn(OH)<sub>2</sub> 135白色</div>	<div>129Mn(OH)<sub>2</sub> 136白色</div>	<div>130Mn(OH)<sub>2</sub> 137白色</div>
Zn <sup>2+</sup>	<div>138— 145—色</div>	<div>139— 146—色</div>	<div>140— 147—色</div>	<div>141ZnS 148白色</div>	<div>142Zn(OH)<sub>2</sub> 149白色</div>	<div>143[Zn(OH)<sub>4</sub>]<sup>2−</sup> 150無色</div>	<div>144[Zn(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup> 151無色</div>
Cr <sup>3+</sup>	<div>152— 159—色</div>	<div>153— 160—色</div>	<div>154— 161—色</div>	<div>155— 162—色</div>	<div>156Cr(OH)<sub>3</sub> 163灰緑色</div>	<div>157[Cr(OH)<sub>4</sub>]<sup>−</sup> 164緑色</div>	<div>158Cr(OH)<sub>3</sub> 165灰緑色</div>
Fe <sup>2+</sup>	<div>166— 173—色</div>	<div>167— 174—色</div>	<div>168— 175—色</div>	<div>169FeS 176黒色</div>	<div>170Fe(OH)<sub>2</sub> 177緑白色</div>	<div>171Fe(OH)<sub>2</sub> 178緑白色</div>	<div>172Fe(OH)<sub>2</sub> 179緑白色</div>
Fe <sup>3+</sup>	<div>180— 187—色</div>	<div>181— 188—色</div>	<div>182Fe<sup>2+</sup> 189淡緑色</div>	<div>183FeS 190黒色</div>	<div>184Fe(OH)<sub>3</sub> 191赤褐色</div>	<div>185Fe(OH)<sub>3</sub> 192赤褐色</div>	<div>186Fe(OH)<sub>3</sub> 193赤褐色</div>
Cd <sup>2+</sup>	<div>194— 201—色</div>	<div>195— 202—色</div>	<div>196CdS 203黄色</div>	<div>197CdS 204黄色</div>	<div>198Cd(OH)<sub>2</sub> 205白色</div>	<div>199Cd(OH)<sub>2</sub> 206白色</div>	<div>200[Cd(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2−</sup> 207無色</div>
Co <sup>2+</sup>	<div>208— 215—色</div>	<div>209— 216—色</div>	<div>210CoS 217黒色</div>	<div>211Co(OH)<sub>2</sub> 218青色</div>	<div>212Co(OH)<sub>2</sub> 219青色</div>	<div>213Co(OH)<sub>2</sub> 220青色</div>	<div>214Co(OH)<sub>2</sub> 221青色</div>
Ni <sup>2+</sup>	<div>222— 229—色</div>	<div>223— 230—色</div>	<div>224NiS 231黒色</div>	<div>225Ni(OH)<sub>2</sub> 232緑白色</div>	<div>226Ni(OH)<sub>2</sub> 233緑白色</div>	<div>227Ni(OH)<sub>2</sub> 234緑白色</div>	<div>228[Ni(NH<sub>3</sub>)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup> 235青紫色</div>
Sn <sup>2+</sup>	<div>236— 243—色</div>	<div>237— 244—色</div>	<div>238SnS 245褐色</div>	<div>239SnS 246褐色</div>	<div>240Sn(OH)<sub>2</sub> 247白色</div>	<div>241[Sn(OH)<sub>4</sub>]<sup>2−</sup> 248白色</div>	<div>242Sn(OH)<sub>2</sub> 249白色</div>
Pb <sup>2+</sup>	<div>250PbCl 257白色</div>	<div>251PbSO<sub>4</sub> 258白色</div>	<div>252PbS 259黒色</div>	<div>253PbS 260黒色</div>	<div>254Pb(OH)<sub>2</sub> 261白色</div>	<div>255[Pb(OH)<sub>4</sub>]<sup>2−</sup> 262無色</div>	<div>256Pb(OH)<sub>2</sub> 263白色</div>
Cu <sup>2+</sup>	<div>264— 271—色</div>	<div>265— 272—色</div>	<div>266CuS 273白色</div>	<div>267CuS 274白色</div>	<div>268Cu(OH)<sub>2</sub> 275青白色</div>	<div>269Cu(OH)<sub>2</sub> 276青白色</div>	<div>270[Cu(NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup> 277深青色</div>
Hg <sup>2+</sup>	<div>278— 285—色</div>	<div>279— 286—色</div>	<div>280HgS 287黒色</div>	<div>281HgS 288黒色</div>	<div>282HgO 289黄色</div>	<div>283HgO 290黄色</div>	<div>284HgO 291黄色</div>
Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	<div>292Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 299白色</div>	<div>293— 300—色</div>	<div>294HgS 301黒色</div>	<div>295HgS 302黒色</div>	<div>296HgO 303黄色</div>	<div>297HgO 304黄色</div>	<div>298HgO 305黄色</div>
Ag <sup>+</sup>	<div>306AgCl 306AgCl</div>	<div>307—</div>	<div>308Ag<sub>2</sub>S</div>	<div>309Ag<sub>2</sub>S</div>	<div>310Ag<sub>2</sub>O</div>	<div>311Ag<sub>2</sub>O</div>	<div>312[Ag(NH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]<sup>+</sup></div>

3 ハロゲン

3.1 単体

3.1.1 性質

化学式	F <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	Br <sub>2</sub>	I <sub>2</sub>
分子量	小			大
分子間力	弱			強
反応性	強			弱
沸点・融点	低			高
常温での状態	22	23	24	25
色	26 色	27 色	28 色	29 色
特徴	30 臭	31 臭	揮発性	32 性
H <sub>2</sub> との反応	33 でも爆発的に反応	34 でも35 で爆発的に反応	36 して37 により反応	高温で平衡状態38 して39 により一部反応
水との反応	水を酸化して酸素と40 反応	41	42	4344
用途	保存が困難Kr や Xe と反応	45 による46 作用	C=C やC≡C の検出	47 反応で48 色

3.1.2 製法

- フッ化水素ナトリウム KHF<sub>2</sub> のフッ化水素 HF 溶液の電気分解 [工業的製法](#)  
KHF<sub>2</sub> → KF + HF
- 49 の電気分解 [塩素](#) [工業的製法](#)
- 50 に51 を加えて加熱 [塩素](#)
- 52 と53 [塩素](#)
- 54 と55 [塩素](#)
- 臭化マグネシウムと塩素 [臭素](#)  
MgBr<sub>2</sub> + Cl<sub>2</sub> → MgCl<sub>2</sub> + Br<sub>2</sub>
- ヨウ化カリウムと塩素 [ヨウ素](#)  
2 KI + Cl<sub>2</sub> → 2 KCl + I<sub>2</sub>

3.1.3 反応

- フッ素と水素
- 塩素と水素
- 臭素と水素

- ヨウ素と水素

- フッ素と水

- 塩素と水

- 臭素と水

- ヨウ素の固体がヨウ化物イオン存在下で三ヨウ化物イオンを形成して溶解する反応



3    ハロゲン

3.1    単体

3.1.1    性質

化学式	F <sub>2</sub>		Cl <sub>2</sub>	Br <sub>2</sub>	I <sub>2</sub>
分子量	小				大
分子間力	弱				強
反応性	強				弱
沸点・融点	低				高
常温での状態	②②気体		②③気体	②④液体	②⑤固体
色	②⑥淡黄色		②⑦黄緑色	②⑧赤褐色	②⑨黒紫色
特徴	③⑩特異臭		③①刺激臭	揮発性	③②昇華性
H <sub>2</sub> との反応	③③冷暗所でも爆発的に反応		③④常温でも③⑤光で爆発的に反応	③⑥加熱して③⑦触媒により反応	高温で平衡状態 ③⑧加熱して③⑨触媒により一部反応
水との反応	水を酸化して酸素と④⑩激しく反応		④①一部とけて反応	④②一部とけて反応	④③反応しない ④④Klaq には可溶
用途	保存が困難 Kr や Xe と反応		④⑤CIO <sup>-</sup> による ④⑥殺菌・漂白作用	C=C や C≡C の検出	④⑦ヨウ素デンプン反応で ④⑧青紫色

3.1.2    製法

- フッ化水素ナトリウム KHF<sub>2</sub> のフッ化水素 HF 溶液の電気分解 工業的製法  
KHF<sub>2</sub> → KF + HF
- ④⑨塩化ナトリウム水溶液の電気分解 塩素 工業的製法  
2 NaCl + 2 H<sub>2</sub>O → Cl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> + 2 NaOH
- ⑤⑩酸化マンガン (IV) に⑤①濃塩酸を加えて加熱 塩素  
MnO<sub>2</sub> + 4 HCl  $\xrightarrow{\Delta}$  MnCl<sub>2</sub> + Cl<sub>2</sub> ↑ + 2 H<sub>2</sub>O
- ⑤②高度さらし粉と⑤③塩酸 塩素  
Ca(ClO)<sub>2</sub> · 2 H<sub>2</sub>O + 4 HCl → CaCl<sub>2</sub> + 2 Cl<sub>2</sub> ↑ + 4 H<sub>2</sub>O
- ⑤④さらし粉と⑤⑤塩酸 塩素  
CaCl(ClO) · H<sub>2</sub>O + 2 HCl → CaCl<sub>2</sub> + Cl<sub>2</sub> ↑ + 2 H<sub>2</sub>O
- 臭化マグネシウムと塩素 臭素  
MgBr<sub>2</sub> + Cl<sub>2</sub> → MgCl<sub>2</sub> + Br<sub>2</sub>
- ヨウ化カリウムと塩素 ヨウ素  
2 KI + Cl<sub>2</sub> → 2 KCl + I<sub>2</sub>

3.1.3    反応

- フッ素と水素  
H<sub>2</sub> + F<sub>2</sub>  $\xrightarrow{\text{常温で爆発的に反応}}$  2 HF
- 塩素と水素  
H<sub>2</sub> + Cl<sub>2</sub>  $\xrightarrow{\text{光を当てると爆発的に反応}}$  2 HCl
- 臭素と水素  
H<sub>2</sub> + Br<sub>2</sub>  $\xrightarrow{\text{高温で反応}}$  2 HBr

C    金属イオンの難容性化合物

	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> S	OH <sup>-</sup>	OH <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>
			酸性	中・塩基性	NH3	過剰	過剰
K <sup>+</sup>	②⑥ ③③ 色	②⑦ ③④ 色	②⑧ ③⑤ 色	②⑨ ③⑥ 色	③⑩ ③⑦ 色	③① ③⑧ 色	③② ③⑨ 色
Ba <sup>2+</sup>	④⑩ ④⑦ 色	④① ④⑧ 色	④② ④⑨ 色	④③ ⑤⑩ 色	④④ ⑤① 色	④⑤ ⑤② 色	④⑥ ⑤③ 色
Sr <sup>2+</sup>	⑤④ ⑥① 色	⑤⑤ ⑥② 色	⑤⑥ ⑥③ 色	⑤⑦ ⑥④ 色	⑤⑧ ⑥⑤ 色	⑤⑨ ⑥⑥ 色	⑥⑩ ⑥⑦ 色
Ca <sup>2+</sup>	⑥⑧ ⑦⑤ 色	⑥⑨ ⑦⑥ 色	⑦⑩ ⑦⑦ 色	⑦① ⑦⑧ 色	⑦② ⑦⑨ 色	⑦③ ⑧⑩ 色	⑦④ ⑧① 色
Na <sup>+</sup>	⑧② ⑧⑨ 色	⑧③ ⑨⑩ 色	⑧④ ⑨① 色	⑧⑤ ⑨② 色	⑧⑥ ⑨③ 色	⑧⑦ ⑨④ 色	⑧⑧ ⑨⑤ 色
Mg <sup>2+</sup>	⑨⑥ ⑩③ 色	⑨⑦ ⑩④ 色	⑨⑧ ⑩⑤ 色	⑨⑨ ⑩⑥ 色	⑩⑩ ⑩⑦ 色	⑩① ⑩⑧ 色	⑩② ⑩⑨ 色
Al <sup>3+</sup>	⑪⑩ ⑪⑦ 色	⑪① ⑪⑧ 色	⑪② ⑪⑨ 色	⑪③ ⑪⑩ 色	⑪④ ⑪① 色	⑪⑤ ⑪② 色	⑪⑥ ⑪③ 色
Mn <sup>2+</sup>	⑫④ ⑬① 色	⑫⑤ ⑬② 色	⑫⑥ ⑬③ 色	⑫⑦ ⑬④ 色	⑫⑧ ⑬⑤ 色	⑫⑨ ⑬⑥ 色	⑬⑩ ⑬⑦ 色
Zn <sup>2+</sup>	⑬⑧ ⑭⑤ 色	⑬⑨ ⑭⑥ 色	⑭⑩ ⑭⑦ 色	⑭① ⑭⑧ 色	⑭② ⑭⑨ 色	⑭③ ⑭⑥ 色	⑭④ ⑭⑦ 色
Cr <sup>3+</sup>	⑮② ⑮⑨ 色	⑮③ ⑮⑥ 色	⑮④ ⑮⑦ 色	⑮⑤ ⑮⑧ 色	⑮⑥ ⑮⑨ 色	⑮⑦ ⑮⑥ 色	⑮⑧ ⑮⑦ 色
Fe <sup>2+</sup>	⑮⑩ ⑮⑦ 色	⑮① ⑮④ 色	⑮② ⑮⑤ 色	⑮③ ⑮⑥ 色	⑮④ ⑮⑦ 色	⑮⑤ ⑮⑥ 色	⑮⑥ ⑮⑦ 色
Fe <sup>3+</sup>	⑮⑧ ⑮⑦ 色	⑮① ⑮⑧ 色	⑮② ⑮⑨ 色	⑮③ ⑮⑩ 色	⑮④ ⑮① 色	⑮⑤ ⑮② 色	⑮⑥ ⑮③ 色
Cd <sup>2+</sup>	⑮④ ⑮① 色	⑮⑤ ⑮② 色	⑮⑥ ⑮③ 色	⑮⑦ ⑮④ 色	⑮⑧ ⑮⑤ 色	⑮⑨ ⑮⑥ 色	⑮⑩ ⑮⑦ 色
Co <sup>2+</sup>	⑮⑧ ⑮⑤ 色	⑮⑨ ⑮⑥ 色	⑮⑩ ⑮⑦ 色	⑮① ⑮⑧ 色	⑮② ⑮⑨ 色	⑮③ ⑮⑥ 色	⑮④ ⑮⑦ 色
Ni <sup>2+</sup>	⑮② ⑮⑨ 色	⑮③ ⑮⑥ 色	⑮④ ⑮⑦ 色	⑮⑤ ⑮⑧ 色	⑮⑥ ⑮⑨ 色	⑮⑦ ⑮⑥ 色	⑮⑧ ⑮⑦ 色
Sn <sup>2+</sup>	⑮⑥ ⑮③ 色	⑮⑦ ⑮④ 色	⑮⑧ ⑮⑤ 色	⑮⑨ ⑮⑥ 色	⑮⑩ ⑮⑦ 色	⑮① ⑮④ 色	⑮② ⑮⑤ 色
Pb <sup>2+</sup>	⑮⑩ ⑮⑦ 色	⑮① ⑮④ 色	⑮② ⑮⑤ 色	⑮③ ⑮⑥ 色	⑮④ ⑮⑦ 色	⑮⑤ ⑮⑥ 色	⑮⑥ ⑮⑦ 色
Cu <sup>2+</sup>	⑮④ ⑮① 色	⑮⑤ ⑮② 色	⑮⑥ ⑮③ 色	⑮⑦ ⑮④ 色	⑮⑧ ⑮⑤ 色	⑮⑨ ⑮⑥ 色	⑮⑩ ⑮⑦ 色
Hg <sup>2+</sup>	⑮⑧ ⑮⑤ 色	⑮⑨ ⑮⑥ 色	⑮⑩ ⑮⑦ 色	⑮① ⑮⑧ 色	⑮② ⑮⑨ 色	⑮③ ⑮⑥ 色	⑮④ ⑮⑦ 色
Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup>	⑮② ⑮⑨ 色	⑮③ ⑮⑥ 色	⑮④ ⑮⑦ 色	⑮⑤ ⑮⑧ 色	⑮⑥ ⑮⑨ 色	⑮⑦ ⑮⑥ 色	⑮⑧ ⑮⑦ 色
Ag <sup>+</sup>	⑮⑩ ⑮⑦ 色	⑮① ⑮④ 色	⑮② ⑮⑤ 色	⑮③ ⑮⑥ 色	⑮④ ⑮⑦ 色	⑮⑤ ⑮⑥ 色	⑮⑥ ⑮⑦ 色

第Ⅳ部

APPENDIX

A気体の乾燥剤

固体の乾燥剤は①U字管につめて、液体の乾燥剤は②洗气瓶に入れて使用。

性質	乾燥剤	化学式	対象	対象外（不適）
酸性	③十酸化四リン	④P <sub>4</sub> O <sub>10</sub>	酸性・中性	塩基性の気体（⑤NH <sub>3</sub> ）
	⑥濃硫酸	⑦H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		+⑧H <sub>2</sub> S（⑨還元剤）
中性	⑩塩化カルシウム	⑪CaCl <sub>2</sub>	ほとんど全て	⑫NH <sub>3</sub>
	⑬シリカゲル	⑭SiO <sub>2</sub> ・nH <sub>2</sub> O		特になし
塩基性	⑮酸化カルシウム	⑯CaO	中性・塩基性	酸性の気体
	⑰ソーダ石灰	⑱CaO と NaOH		⑲Cl <sub>2</sub> ,⑳HCl,㉑H <sub>2</sub> S,㉒SO <sub>2</sub> ,㉓CO <sub>2</sub> ,㉔NO <sub>2</sub>

B水の硬度

水の中の重荷 Ca<sup>2+</sup> と Mg<sup>2+</sup> を CaCO<sub>3</sub> として換算した時の濃度 [mg/L]

硬水に含まれる陰イオンが

煮沸する②⑤炭酸塩が沈澱して軟化可能（一時硬水）

例炭酸水素カルシウム水溶液

Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> → CaCO<sub>3</sub> ↓ + H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub>

例炭酸水素マグネシウム水溶液

Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> → MgCO<sub>3</sub> ↓ + H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub>

煮沸しても軟化不可能（永久硬水）

3.1.4塩素発生実験の装置



Cl<sub>2</sub>,HCl,H<sub>2</sub>O

↓⑤⑥に通す（HCl の除去）

Cl<sub>2</sub>,H<sub>2</sub>O

↓⑤⑦に通す（H<sub>2</sub>O の除去）

Cl<sub>2</sub>

3.1.5塩素のオキシ酸

オキシ酸…⑤⑧

+ VII	⑤⑨	⑥⑩	
+ V	⑥⑪	⑥⑫	
+ III	⑥⑬	⑥⑭	
+ I	⑥⑮	⑥⑯	

3.2ハロゲン化水素

3.2.1性質

化学式	HF	HCl	HBr	HI
色・臭い		⑥⑦色⑥⑧	臭	
沸点	20℃	−85℃	−67℃	−35℃
水との反応	⑥⑨			
水溶液 （強弱）	⑦⑩	⑦⑪	⑦⑫	⑦⑬
	⑦⑭	<< ⑦⑮	< ⑦⑯	< ⑦⑰
用途	⑦⑱と反応 ⇒ ポリエチレン瓶	⑦⑲の検出 各種工業	半導体加工	インジウムスズ 酸化物の加工

3.2.2製法

- ⑧⑩に⑧⑪を加えて加熱（⑧⑫）フッ化水素
- ⑧⑬と⑧⑭塩化水素工業的製法
- ⑧⑮に⑧⑯を加えて加熱塩化水素（⑧⑰酸・⑧⑱酸の追い出し）

3.2.3反応

- 気体のフッ化水素がガラスを侵食する反応
- フッ化水素酸（水溶液）がガラスを侵食する反応
- ⑧⑲による⑧⑳の検出

### 3.1.4 塩素発生実験の装置

 $\text{Cl}_2, \text{HCl}, \text{H}_2\text{O}$ 

↓ ⑤⑥ 水に通す (HCl の除去)

 $\text{Cl}_2, \text{H}_2\text{O}$ 

↓ ⑤7 濃硫酸に通す (H<sub>2</sub>O の除去)

$$\text{Cl}_2$$

### 3.1.5 塩素のオキソ酸

オキソ酸...**㊦酸素を含む酸性物質**

+ VII	(59) $\text{HClO}_4$	(60) 過塩素酸	$\begin{array}{c} \text{O} \\   \\ \text{H}-\text{O}-\text{Cl}-\text{O} \\   \\ \text{O} \end{array}$
+ V	(61) $\text{HClO}_3$	(62) 塩素酸	$\begin{array}{c} \text{O} \\   \\ \text{H}-\text{O}-\text{Cl}-\text{O} \end{array}$
+ III	(63) $\text{HClO}_2$	(64) 亜塩素酸	$\text{H}-\text{O}-\text{Cl}-\text{O}$
+ I	(65) $\text{HClO}$	(66) 次亜塩素酸	$\text{H}-\text{O}-\text{Cl}$

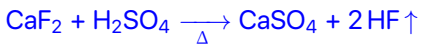
### 3.2 ハロゲン化水素

### 3.2.1 性質

化学式	HF	HCl	HBr	HI
色・臭い	⑥7無色⑥8刺激臭			
沸点	20°C	-85°C	-67°C	-35°C
水との反応	⑥9よく溶ける			
水溶液 (強弱)	⑦0フッ化水素酸      ⑦1塩酸      ⑦2臭化水素酸      ⑦3ヨウ化水素酸 ⑦4弱酸    <<    ⑦5強酸    <    ⑦6強酸    <    ⑦7強酸			
用途	⑦8ガラスと反応 ⇒ ポリエチレン瓶	⑦9アンモニアの検出 各種工業	半導体加工	インジウムスズ 酸化物の加工

### 3.2.2 製法

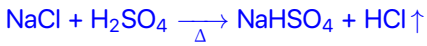
- ⑧⑩ホタル石に⑧⑪濃硫酸を加えて加熱 (⑧⑫弱酸遊離) フッ化水素



- ⑧3水素と⑧4塩素 塩化水素 工業的製法



- **⑧5**塩化ナトリウムに**⑧6**濃硫酸を加えて加熱 **塩化水素** (**⑧7**弱酸・**⑧8**揮発性酸の追い出し)



### 3.2.3 反応

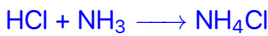
- 気体のフッ化水素がガラスを侵食する反応



- フッ化水素酸（水溶液）がガラスを侵食する反応



- ㊦塩化水素による㊧アンモニアの検出



## 第 IV 部

# APPENDIX

## A 気体の乾燥剤

固体の乾燥剤は①           につめて、液体の乾燥剤は②           に入れて使用。

性質	乾燥剤	化学式	対象	対象外（不適）
酸性	③	④	酸性・中性	塩基性の気体（⑤）
	⑥	⑦		+⑧（⑨）
中性	⑩	⑪	ほとんど全て	⑫
	⑬	⑭		特になし
塩基性	⑮	⑯	中性・塩基性	酸性の気体
	⑰	⑱		⑲, ⑳, ㉑, ㉒, ㉓, ㉔

## B 水の硬度

水の中の重荷  $\text{Ca}^{2+}$  と  $\text{Mg}^{2+}$  を  $\text{CaCO}_3$  として換算した時の濃度  $[\text{mg/L}]$

( 煮沸する<sup>25)</sup> が沈澱して軟化可能 (一時硬水)

(例)炭酸水素カルシウム水溶液

<p> <input type="checkbox"/> 1. 本報告書は、本報告書作成に当たって、関係者から得た情報、資料、データ等に基づき作成されたものである。 </p>	<p> <input type="checkbox"/> 2. 本報告書は、本報告書作成に当たって、関係者から得た情報、資料、データ等に基づき作成されたものである。 </p>
---	---

例 炭酸水素マグネシウム水溶液

\_\_\_\_\_

煮沸しても軟化不可能（永久硬水）



18.3.1 性質

- ⑨37黒紫色の固体
- ⑨38酸化剤として反応  
⑨39硫酸酸性  $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \longrightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$   
中・塩基性  $\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$

18.3.2 製法

- 酸化マンガン（IV）と水酸化ナトリウムを混ぜて空気中で加熱  
 $2\text{MnO}_2 + 4\text{KOH} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{K}_2\text{MnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ （ $\text{MnO}_2$ ：⑨40黒褐色／ $\text{K}_2\text{MnO}_4$ ：⑨41緑色）
- (a) 酸性にする  
 $3\text{MnO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ \longrightarrow 2\text{MnO}_4^- + \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ （ $\text{MnO}_4^{2-}$ ：⑨42緑色／ $\text{MnO}_4^-$ ：⑨43赤紫色）  
(b) 電気分解する  
(⑨44陽極)  $\text{MnO}_4^{2-} \longrightarrow \text{MnO}_4^- + \text{e}^-$

18.4 マンガンの安定な酸化数

残留酸素の定量（ウィンクラー法）

- マンガン（III）イオンを含む水溶液に塩基を加える  
 $\text{Mn}^{2+} + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Mn(OH)}_2 \downarrow$
- 水酸化マンガン（II）が水溶液中の溶存酸素と速やかに反応  
 $2\text{Mn(OH)}_2 + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{MnO(OH)}_2$
- 希硫酸を加える  
 $\text{MnO(OH)}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Mn}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$ （⑨45酸化剤）

3.3 ハロゲン化銀

3.3.1 性質

化学式	AgF	AgCl	AgBr	AgI
固体の色	⑨1 色	⑨2 色	⑨3 色	⑨4 色
水との反応	⑨5	⑨6		
光との反応	⑨7	感光性 (→⑨8)		

3.3.2 製法

- 酸化銀（I）にフッ化水素酸を加えて蒸発圧縮
- ハロゲン化水素イオンを含む水溶液と⑨9

3.4 次亜塩素酸塩

3.4.1 性質

⑩00 剤として反応（⑩01 ・⑩02 作用）

3.4.2 製法

- 水酸化ナトリウム水溶液と塩素
- 水酸化カルシウムと塩素

3.5 塩素酸カリウム

化学式：⑩03

3.5.1 性質

⑩04 の生成（⑩05 を触媒に加熱）

### 3.3    ハロゲン化銀

#### 3.3.1    性質

化学式		AgF	AgCl	AgBr	AgI
固体の色		⑨1黄褐色	⑨2白色	⑨3淡黄色	⑨4黄色
水との反応		⑨5よく溶ける	⑨6ほとんど溶けない		
光との反応		⑨7感光	感光性 (→⑨8Ag)		

#### 3.3.2    製法

- 酸化銀（Ⅰ）にフッ化水素酸を加えて蒸発圧縮  
 $\text{Ag}_2\text{O} + 2\text{HF} \longrightarrow 2\text{AgF} + \text{H}_2\text{O}$
- ハロゲン化水素イオンを含む水溶液と⑨9硝酸銀水溶液  
 $\text{Ag}^+ + \text{X}^- \longrightarrow \text{AgX} \downarrow$

### 3.4    次亜塩素酸塩

#### 3.4.1    性質

⑩0酸化剤として反応 (⑩1殺菌・⑩2漂白作用)  
 $\text{ClO}^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$

#### 3.4.2    製法

- 水酸化ナトリウム水溶液と塩素  
 $2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$
- 水酸化カルシウムと塩素  
 $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{CaCl(ClO)} \cdot \text{H}_2\text{O}$

### 3.5    塩素酸カリウム

化学式：⑩3KClO<sub>3</sub>

#### 3.5.1    性質

⑩4酸素の生成 (⑩5二酸化マンガンを触媒に加熱)  
 $2\text{KClO}_3 \xrightarrow[\Delta]{\text{MnO}_2} 2\text{KCl} + 3\text{O}_2 \uparrow$

#### 18.3.1    性質

- ⑨37    色の固体
- ⑨38    剤として反応  
⑨39    酸性   
          中・塩基性

#### 18.3.2    製法

- 酸化マンガン（Ⅳ）と水酸化ナトリウムを混ぜて空気中で加熱  
 (MnO<sub>2</sub>：⑨40    色／K<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub>：⑨41    色)
- (a) 酸性にする  
 (MnO<sub>4</sub><sup>2-</sup>：⑨42    色／MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>：⑨43    色)  
(b) 電気分解する  
(⑨44    極)

### 18.4    マンガンの安定な酸化数

残留酸素の定量（ウィンクラー法）

- マンガン（Ⅲ）イオンを含む水溶液に塩基を加える
- 水酸化マンガン（Ⅱ）が水溶液中の溶存酸素と速やかに反応
- 希硫酸を加える  
 (⑨45    剤)

18 クロム・マンガン

化学式：911Cr・912Mn

18.1 単体

18.1.1 性質

- 913**強酸**と反応（914Cr は915**濃硝酸**には916**不動態**となり反応しない）
- 空気中で錆び917**にくい**（918**不動態**）⇒919**ステンレス鋼**（Fe, Cr, Ni）クロム  
空気中で錆び920**やすい** マンガン
- 921**ニクロム**合金（Fe, Cr, Mn）（電熱線・発熱体）

18.1.2 反応

- クロムと希塩酸  
 $\text{Cr} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{CrCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ （Cr<sup>2+</sup>：青色）
- マンガンと希塩酸  
 $\text{Mn} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{MnCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ （Mn<sup>2+</sup>：922**淡桃色**）

18.2 クロム酸カリウム・ニクロム酸カリウム

化学式：923K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>・924K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>

18.2.1 性質

- 二つは平衡状態にある  
 $\text{925}2\text{CrO}_4^{2-} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{926}\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{OH}^-$   
927**塩基性**・928**黄色** 929**酸性**・930**赤橙色**
- 931**酸化**剤として反応 ニクロム酸カリウム  
 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \longrightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ （932**硫酸酸性**下）

18.2.2 製法

- クロム（Ⅲ）イオンに少量の水酸化ナトリウム水溶液を加える  
 $\text{Cr}^3 + 3\text{OH}^- \longrightarrow \text{Cr(OH)}_3 \downarrow$
- さらに水酸化ナトリウム水溶液を加える（過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加える）  
 $\text{Cr(OH)}_3 + \text{OH}^- \longrightarrow [\text{Cr(OH)}_4]^-$
- 過酸化水素水を加えて加熱  
 $2[\text{Cr(OH)}_4]^- + 3\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{OH}^- \longrightarrow 2\text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}_2\text{O}$

18.2.3 反応

- クロム酸イオンと銀イオン  
 $\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{Ag}^+ \longrightarrow \text{Ag}_2\text{CrO}_4 \downarrow$ （933**赤褐色**）
- クロム酸イオンと銀イオン  
 $\text{CrO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} \longrightarrow \text{BaCrO}_4 \downarrow$ （934**黄色**）
- クロム酸イオンと銀イオン  
 $\text{CrO}_4^{2-} + \text{Ag}^{2+} \longrightarrow \text{PbCrO}_4$ （935**黄色**）

18.3 過マンガン酸カリウム

化学式：936KMnO<sub>4</sub>

4 酸素

4.1 酸素原子

同106 体：酸素 (O<sub>2</sub>),107 (O<sub>3</sub>)

地球の地殻に108 存在

地球の地殻における元素の存在率

<span>109</span>	>	<span>110</span>	>	<span>111</span>	>	<span>112</span>	>	<span>113</span>	>	<span>114</span>
<span>115</span>		<span>116</span>		<span>117</span>		<span>118</span>		<span>119</span>		<span>120</span>
46.6%		27.7%		8.13%		5.00%		3.63%		2.83%
おっ		し		やる		て		か		な

4.2 酸素

化学式：O<sub>2</sub>

4.2.1 性質

- 121 色122 臭の123
- 沸点 −183℃

4.2.2 製法

- 124 工業的製法
- 125 (126) の127
- 128 (129) の分解
- 130 の熱分解

4.2.3 反応

131 剤としての反応

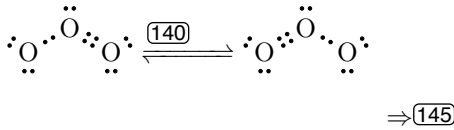
4.3 オゾン

化学式：132

4.3.1 性質

- 133 臭 (134 臭) を持つ135 色の136（常温）
- 水に137
- 138 ・139 作用

オゾンにおける酸素原子の運動



4.3.2 製法

酸素中で146 /強い147 を当てる

4.3.3 反応

- 148 剤としての反応
- 湿らせた149 を150 色に変色

4 酸素

4.1 酸素原子

同<sup>106</sup>位体：酸素 (O<sub>2</sub>),<sup>107</sup>オゾン (O<sub>3</sub>)

地球の地殻に<sup>108</sup>最も多く存在

地球の地殻における元素の存在率

<sup>109</sup> O	>	<sup>110</sup> Si	>	<sup>111</sup> Al	>	<sup>112</sup> Fe	>	<sup>113</sup> Ca	>	<sup>114</sup> Na
<sup>115</sup> 酸素		<sup>116</sup> ケイ素		<sup>117</sup> アルミニウム		<sup>118</sup> 鉄		<sup>119</sup> カルシウム		<sup>120</sup> ナトリウム
46.6%		27.7%		8.13%		5.00%		3.63%		2.83%
おっ		し		やる		て		か		な

4.2 酸素

化学式：O<sub>2</sub>

4.2.1 性質

- ・<sup>121</sup>無色<sup>122</sup>無臭の<sup>123</sup>気体
- ・沸点 −183℃

4.2.2 製法

- ・<sup>124</sup>液体空気<sup>分留</sup> <sup>工業的製法</sup>
- ・<sup>125</sup>水 ( <sup>126</sup>水酸化ナトリウム水溶液 ) の<sup>127</sup>電気分解  
 $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$
- ・<sup>128</sup>過酸化水素水 ( <sup>129</sup>オキシドール ) の分解  
 $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} \text{O}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- ・<sup>130</sup>塩素酸カリウムの熱分解  
 $2\text{KClO}_3 \xrightarrow[\Delta]{\text{MnO}_2} 2\text{KCl} + 3\text{O}_2\uparrow$

4.2.3 反応

<sup>131</sup>酸化剤としての反応



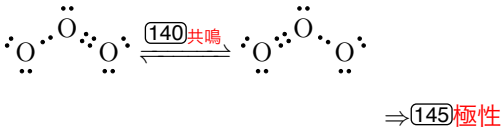
4.3 オゾン

化学式：<sup>132</sup>O<sub>3</sub>

4.3.1 性質

- ・<sup>133</sup>ニンニク臭 ( <sup>134</sup>特異臭 ) を持つ<sup>135</sup>淡青色の<sup>136</sup>気体 ( 常温 )
- ・水に<sup>137</sup>少し溶ける
- ・<sup>138</sup>殺菌・<sup>139</sup>脱臭作用

オゾンにおける酸素原子の運動



4.3.2 製法

酸素中で<sup>146</sup>無声放電／強い<sup>147</sup>紫外線を当てる



4.3.3 反応

- ・<sup>148</sup>酸化剤としての反応  
 $\text{O}_3 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- ・湿らせた<sup>149</sup>ヨウ化カリウムでんぷん紙を<sup>150</sup>青色に変色  
 $\text{O}_3 + 2\text{KI} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{I}_2 + \text{O}_2 + 2\text{KOH}$

18 クロム・マンガン

化学式：<sup>911</sup>・<sup>912</sup>

18.1 単体

18.1.1 性質

- ・<sup>913</sup>と反応 ( <sup>914</sup>は<sup>915</sup>には<sup>916</sup>となり反応しない )
- ・空気中で錆び<sup>917</sup> ( <sup>918</sup> )  $\Rightarrow$  <sup>919</sup> ( Fe, Cr, Ni ) <sup>クロム</sup>  
空気中で錆び<sup>920</sup> <sup>マンガン</sup>
- ・<sup>921</sup>合金 ( Fe, Cr, Mn ) ( 電熱線・発熱体 )

18.1.2 反応

- ・クロムと希塩酸  
 ( Cr<sup>2+</sup>：青色 )
- ・マンガンと希塩酸  
 ( Mn<sup>2+</sup>：<sup>922</sup>色 )

18.2 クロム酸カリウム・ニクロム酸カリウム

化学式：<sup>923</sup>・<sup>924</sup>

18.2.1 性質

- ・二つは平衡状態にある  
 $\text{925} \rightleftharpoons \text{926}$   
<sup>927</sup>性・<sup>928</sup>色  $\rightleftharpoons$  <sup>929</sup>性・<sup>930</sup>色
- ・<sup>931</sup>剤として反応 <sup>ニクロム酸カリウム</sup>  
 ( <sup>932</sup>下 )

18.2.2 製法

1. クロム (Ⅲ) イオンに少量の水酸化ナトリウム水溶液を加える
2. さらに水酸化ナトリウム水溶液を加える ( 過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加える )
3. 過酸化水素水を加えて加熱

18.2.3 反応

- ・クロム酸イオンと銀イオン  
 ( <sup>933</sup>色 )
- ・クロム酸イオンと銀イオン  
 ( <sup>934</sup>色 )
- ・クロム酸イオンと銀イオン  
 ( <sup>935</sup>色 )

18.3 過マンガン酸カリウム

化学式：<sup>936</sup>

- 銀と熱濃硫酸  
 $2\text{Ag} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2 \uparrow$
- 銀と硫化水素  
 $4\text{Ag} + 2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$

17.2 銀（I）イオンの反応

868硝酸銀水溶液					
	少量の塩基	過剰の NH <sub>3</sub>	HCl	H <sub>2</sub> S (869全液性)	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>
Ag <sup>2+</sup>	870Ag <sub>2</sub> O ↓	871[Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>+</sup>	872AgCl ↓	873Ag <sub>2</sub> S ↓	874Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> ↓
875無色	876褐色	877無色	878白色	879黒色	880赤褐色

- 銀と少量の塩基  
 $2\text{Ag}^+ + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Ag}_2\text{O} \downarrow + \text{H}_2\text{O}$
- 銀と過剰の NH<sub>3</sub>  
 $\text{Ag}_2\text{O} + 4\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + 2\text{OH}^-$
- 銀と HCl  
 $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \longrightarrow \text{AgCl} \downarrow$
- 銀と H<sub>2</sub>S  
 $2\text{Ag}^+ + \text{S}_2^- \longrightarrow \text{Ag}_2\text{S} \downarrow$
- 銀と K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>  
 $\text{AgCl} + 2\text{NH}_3 \longrightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{Cl}^-$

17.3 難溶性化合物の溶解性

		HNO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NaS <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	KCN
Ag <sub>2</sub> S ↓	881黒色	882溶ける	883溶けない	884溶けない	885溶ける
Ag <sub>2</sub> O ↓	886褐色	887溶ける	888溶ける	889溶ける	890溶ける
AgCl ↓	891白色	892溶けない	893溶ける	894溶ける	895溶ける
AgBr ↓	896淡黄色	897溶けない	898やや溶ける	899溶ける	900溶ける
AgI ↓	901黄色	902溶けない	903溶けない	904溶ける	905溶ける
溶解している物質	906無色	907Ag <sup>+</sup> (AgNO <sub>3</sub> )	908[Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>+</sup>	909[Ag(S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>3-</sup>	910[Ag(CN) <sub>2</sub> ] <sup>-</sup>

4.4 酸化物

	塩基性酸化物	両性酸化物	酸性酸化物
元素	151 元素	152 元素	153 元素
水との反応	154	155	156 (157 )
中和	158 と反応	159 と反応	160 と反応

両性酸化物 … 161 (162 ) , 163 (164 ) , 165 (166 ) , 167 (168 ) \*1

- 例 CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O → H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>
- 例 SO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O → H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>
- 例 3NO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O → 2HNO<sub>3</sub> + NO

4.4.1 反応

- 酸化銅（II）と塩化水素
- 酸化アルミニウムと硫酸
- 酸化アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液

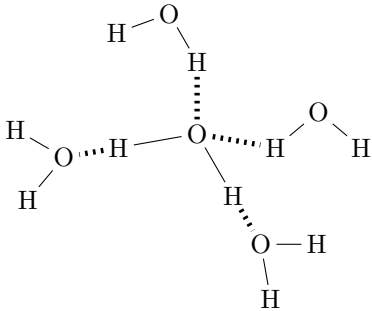
4.5 水

4.5.1 性質

- 169 分子
- 周りの 4 つの分子と 170 結合
- 異常に 171 沸点
- 172 結晶構造（密度：固体 173 液体）
- 特異な 174

4.5.2 反応

- 酸化カルシウムと水
- 二酸化窒素と水



\*1 覚え方：ああすんなり

4.4 酸化物

	塩基性酸化物	両性酸化物	酸性酸化物
元素	<b>151</b> 陽性の大きい金属元素	<b>152</b> 陽性の小さい金属元素	<b>153</b> 非金属元素
水との反応	<b>154</b> 塩基性	<b>155</b> ほとんど溶けない	<b>156</b> 酸性 ( <b>157</b> オキソ酸)
中和	<b>158</b> 酸と反応	<b>159</b> 酸・塩基と反応	<b>160</b> 塩基と反応

両性酸化物・・・**161**アルミニウム (**162**Al) ,**163**亜鉛 (**164**Zn) ,**165**スズ (**166**Sn) ,**167**鉛 (**168**Pb) \*1

- 例**  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$
- 例**  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$
- 例**  $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$

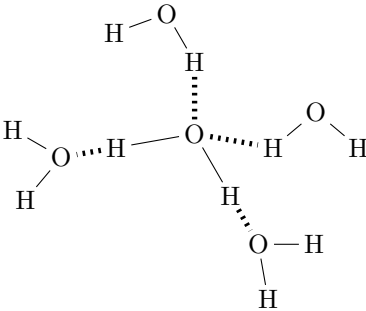
4.4.1 反応

- 酸化銅（Ⅱ）と塩化水素  
 $\text{CuO} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 酸化アルミニウムと硫酸  
 $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 酸化アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液  
 $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$

4.5 水

4.5.1 性質

- 169**極性分子
- 周りの 4 つの分子と**170**水素結合
- 異常に**171**高い沸点
- 172**隙間の多い結晶構造（密度：固体**173**<液体）
- 特異な**174**融解曲線



4.5.2 反応

- 酸化カルシウムと水  
 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$
- 二酸化窒素と水  
 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$

- 銀と熱濃硫酸
- 銀と硫化水素

17.2 銀（Ⅰ）イオンの反応

<b>868</b>	水溶液				
	少量の塩基	過剰の NH <sub>3</sub>	HCl	H <sub>2</sub> S ( <b>869</b> 性)	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>
Ag <sup>2+</sup>	<b>870</b>	<b>871</b>	<b>872</b>	<b>873</b>	<b>874</b>
<b>875</b> 色	<b>876</b> 色	<b>877</b> 色	<b>878</b> 色	<b>879</b> 色	<b>880</b> 色

- 銀と少量の塩基
- 銀と過剰の NH<sub>3</sub>
- 銀と HCl
- 銀と H<sub>2</sub>S
- 銀と K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>

17.3 難溶性化合物の溶解性

		HNO <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	NaS <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	KCN
Ag <sub>2</sub> S↓	<b>881</b> 色	<b>882</b>	<b>883</b>	<b>884</b>	<b>885</b>
Ag <sub>2</sub> O↓	<b>886</b> 色	<b>887</b>	<b>888</b>	<b>889</b>	<b>890</b>
AgCl↓	<b>891</b> 色	<b>892</b>	<b>893</b>	<b>894</b>	<b>895</b>
AgBr↓	<b>896</b> 色	<b>897</b>	<b>898</b>	<b>899</b>	<b>900</b>
AgI↓	<b>901</b> 色	<b>902</b>	<b>903</b>	<b>904</b>	<b>905</b>
溶解している物質	<b>906</b> 色	<b>907</b>	<b>908</b>	<b>909</b>	<b>910</b>

\*1 覚え方：ああすんなり



- 還元性を持つ有機化合物の検出\*6  
⑧33赤色の酸化銅（Ⅰ）が生成

16.2.2 製法

銅に⑧34濃硫酸をかけてから⑧35加熱。

16.3 銅（Ⅱ）イオンの反応

	少々の塩基	過剰の NH <sub>3</sub>	濃塩酸	H <sub>2</sub> S（⑧36全液性）
Cu <sup>2+</sup> ⑧41青色	⑧37Ca(OH) <sub>2</sub> ↓ ⑧42青白色	⑧38[Ca(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup> aq ⑧43深青色	⑧39[CuCl <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup> aq ⑧44黄緑色	⑧40CuS ↓ ⑧45黒色

- 炎色反応：⑧46青緑色
- 加熱すると⑧47分解
- Cu<sup>2+</sup> は⑧48NH<sub>3</sub> と錯イオンを形成し、⑧49OH<sup>-</sup> とは形成しない

16.4 銅の合金

⑧50黄銅（真鍮）	⑧51洋銀（洋白）	⑧52白銅	⑧53青銅	⑧54ジュラルミン
⑧55Zn	⑧56Zn, Ni	⑧57Ni	⑧58Sn	⑧59Al（主成分）
適度な強度と加工性 楽器・水道用具	柔軟で錆びにくい 食器・装飾品	柔軟で錆びにくい 五十円玉・五百円玉	硬くて錆びにくい 像	軽くて丈夫 航空機・車両

17 銀

17.1 銀

17.1.1 性質

- 展性・延性が⑧60大きく、電気・熱伝導性が⑧61最も高い
- イオン化傾向が水素より⑧62小さい  
⑧63酸化力のある酸（⑧64硝酸・⑧65熱濃硫酸）と反応
- 空気中で酸化しにくいが、⑧66硫化水素とは容易に反応

17.1.2 製法

- 銅の電解精錬の⑧67陽極泥 [工業的製法](#)
- 銀の化合物の熱分解・光分解  
酸化銀の熱分解  
 $2\text{Ag}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{Ag} + \text{O}_2$   
ハロゲン化銀 AgX の感光  
 $2\text{AgX} \longrightarrow 2\text{Ag} + \text{X}_2$

17.1.3 反応

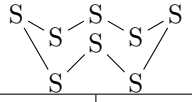
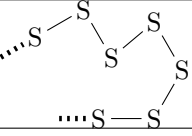
- 銀と希硝酸  
 $3\text{Ag} + 4\text{HNO}_3 \longrightarrow 3\text{AgNO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{NO} \uparrow$
- 銀と濃硝酸  
 $\text{Ag} + 2\text{HNO}_3 \longrightarrow \text{AgNO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{NO}_2 \uparrow$

\*6 フェーリング液・ベネディクト液

5 硫黄

5.1 硫黄

5.1.1 性質

名称	⑴75 硫黄	⑴76 硫黄	⑴77 硫黄
化学式	⑴78	⑴79	⑴80
色	⑴81 色	⑴82 色	⑴83 色
構造	⑴84 結晶	⑴85 結晶	⑴86 固体
融点	113℃	119℃	不定
構造			
CS <sub>2</sub> との反応	⑴87	⑴88	⑴89

CS<sub>2</sub>… 無色・芳香性・揮発性 ⇒⑴90 触媒

5.1.2 反応

- 高温で多くの金属（Au, Pt を除く）と反応  
例 Fe
- 空気中で⑴91 色の炎を上げて燃焼

5.2 硫化水素

化学式：⑴92

5.2.1 性質

- ⑴93 色⑴94 臭
- ⑴95 性  
 $\begin{cases} \text{⑴96} & K_1 = 9.5 \times 10^{-8} \text{ mol/L} \\ \text{⑴97} & K_2 = 1.3 \times 10^{-14} \text{ mol/L} \end{cases}$
- ⑴98 剤としての反応
- 重金属イオン M<sup>2+</sup> と⑴99 を生成

5.2.2 製法

- 硫化鉄（Ⅱ）と希塩酸
- 硫化鉄（Ⅱ）と希硫酸

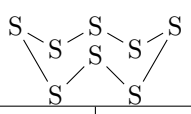
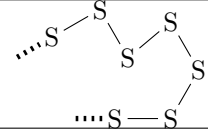
5.2.3 反応

- 硫化水素とヨウ素
- 酢酸鉛（Ⅱ）水溶液と硫化水素（⑵00 の検出）

5 硫黄

5.1 硫黄

5.1.1 性質

名称	<span>(175)</span> 斜方硫黄	<span>(176)</span> 単斜硫黄	<span>(177)</span> ゴム状硫黄
化学式	<span>(178)</span> <b>S<sub>8</sub></b>	<span>(179)</span> <b>S<sub>8</sub></b>	<span>(180)</span> <b>S<sub>x</sub></b>
色	<span>(181)</span> 黄色	<span>(182)</span> 黄色	<span>(183)</span> 黄色
構造	<span>(184)</span> 塊状結晶	<span>(185)</span> 針状結晶	<span>(186)</span> 不定形固体
融点	113℃	119℃	不定
構造			
CS <sub>2</sub> との反応	<span>(187)</span> 溶ける	<span>(188)</span> 溶ける	<span>(189)</span> 溶けない

CS<sub>2</sub>… 無色・芳香性・揮発性 ⇒(190)無極性触媒

5.1.2 反応

- 高温で多くの金属（Au, Pt を除く）と反応  
(例)Fe **Fe + S → FeS**
- 空気中で(191)青色の炎を上げて燃焼  
**S + O<sub>2</sub> → SO<sub>2</sub>**

5.2 硫化水素

化学式：(192)**H<sub>2</sub>S**

5.2.1 性質

- (193)無色(194)腐卵臭
- (195)弱酸性  
$$\begin{cases} \text{(196)} \text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^- & K_1 = 9.5 \times 10^{-8} \text{ mol/L} \\ \text{(197)} \text{HS}^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{S}^{2-} & K_2 = 1.3 \times 10^{-14} \text{ mol/L} \end{cases}$$
- (198)還元剤としての反応  
**H<sub>2</sub>S → S + 2H<sup>+</sup> + 2e<sup>-</sup>**
- 重金属イオン M<sup>2+</sup> と(199)難容性の塩を生成  
**M<sub>2</sub><sup>+</sup> + S<sup>2-</sup> ⇌ MS↓**

5.2.2 製法

- 硫化鉄（Ⅱ）と希塩酸  
**FeS + 2HCl → FeCl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>S↑**
- 硫化鉄（Ⅱ）と希硫酸  
**FeS + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → FeSO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>S↑**

5.2.3 反応

- 硫化水素とヨウ素  
**H<sub>2</sub>S + I<sub>2</sub> → S + 2HI**
- 酢酸鉛（Ⅱ）水溶液と硫化水素（(200)**H<sub>2</sub>S** の検出）  
**(CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Pb + H<sub>2</sub>S → 2CH<sub>3</sub>COOH + PbS↓**

- 還元性を持つ有機化合物の検出\*6  
(833) 色の酸化銅（Ⅰ）が生成

16.2.2 製法

銅に(834) をかけてから(835) 。

16.3 銅（Ⅱ）イオンの反応

	少々の塩基	過剰の NH <sub>3</sub>	濃塩酸	H <sub>2</sub> S（ <span>(836)</span> ）
Cu <sup>2+</sup> <span>(841)</span> 色	<span>(837)</span> <span>(842)</span> 色	<span>(838)</span> <span>(843)</span> 色	<span>(839)</span> <span>(844)</span> 色	<span>(840)</span> <span>(845)</span> 色

- 炎色反応：(846) 色
- 加熱すると(847)
- Cu<sup>2+</sup> は(848) と錯イオンを形成し、(849) とは形成しない

16.4 銅の合金

<span>(850)</span> （真鍮）	<span>(851)</span> （洋白）	<span>(852)</span>	<span>(853)</span>	<span>(854)</span>
<span>(855)</span>	<span>(856)</span>	<span>(857)</span>	<span>(858)</span>	<span>(859)</span> （主成分）
適度な強度と加工性 楽器・水道用具	柔軟で錆びにくい 食器・装飾品	柔軟で錆びにくい 五十円玉・五百円玉	硬くて錆びにくい 像	軽くて丈夫 航空機・車両

17 銀

17.1 銀

17.1.1 性質

- 展性・延性が(860) 、電気・熱伝導性が(861)
- イオン化傾向が水素より(862)  
(863) 力のある酸（(864) ・(865) ）と反応
- 空気中で酸化しにくい、(866) とは容易に反応

17.1.2 製法

- 銅の電解精錬の(867) (工業的製法)
- 銀の化合物の熱分解・光分解

酸化銀の熱分解

ハロゲン化銀 AgX の感光

17.1.3 反応

- 銀と希硝酸
- 銀と濃硝酸

\*6 フェーリング液・ベネディクト液

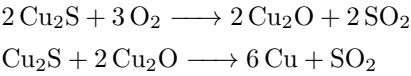
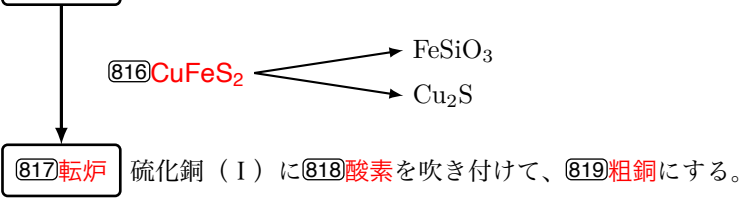
- 他の金属とさまざまな色の⑧01合金
- 展性・延性が⑧02大きく、電気・熱伝導性が⑧03高い
- イオン化傾向が水素より⑧04低く、酸化力のある酸と反応

- 空气中で徐々に酸化して、緻密な錆（⑧05酸に溶解）が生成  
⑧06赤色の酸化銅（Ⅰ）[乾](#)・⑧07青緑色の錆（⑧08緑青）[湿](#)

16.1.2 製法

銅の製錬 [粗銅](#)・⑧09電解精錬 [純銅](#) [工業的製法](#)

[⑧10高炉](#) [⑧11黄銅鉱](#)（[⑧12CuFeS<sub>2</sub>](#)）・[⑧13コークス](#)・[⑧14石灰石](#)・[⑧15ケイ砂](#)を高温で反応



16.1.3 反応

- 銅と希硝酸  
 $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \longrightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}\uparrow$
- 銅と濃硝酸  
 $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 \longrightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}_2\uparrow$
- 銅と熱濃硫酸  
 $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2\uparrow$
- 空气中で 1000℃ 未満で加熱して、⑧20黒色の⑧21酸化銅（Ⅱ）生成  
 $2\text{Cu} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CuO}$
- さらに 1000℃ 以上で加熱して、⑧22赤色の⑧23酸化銅（Ⅰ）生成  
 $4\text{CuO} \longrightarrow 2\text{Cu}_2\text{O} + \text{O}_2$
- 銅イオンから水酸化銅（Ⅱ）の生成  
 $\text{Cu}_2^{+} + 2\text{OH}^{-} \longrightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow$
- 水酸化銅（Ⅱ）とアンモニアの反応  
 $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 4\text{NH}_3 \longrightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2\text{OH}^{-}$
- 水酸化銅（Ⅱ）の加熱  
 $\text{Cu}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$

16.2 硫酸銅（Ⅱ）5水和物

16.2.1 性質

- ⑧24青色の固体（結晶中の⑧25[Cu(H<sub>2</sub>O)<sub>4</sub>]<sup>2+</sup>の色）
- 温度による物質変化  

5水和物

$\xrightarrow{102^{\circ}\text{C}}$

⑧263水和物

$\xrightarrow{113^{\circ}\text{C}}$

⑧271水和物

$\xrightarrow{150^{\circ}\text{C}}$

⑧28無水和物

$\xrightarrow{650^{\circ}\text{C}}$

⑧29酸化銅（Ⅱ）

⑧30青色

$\xleftarrow{\hspace{1.5cm} + \text{H}_2\text{O} \text{（検出）} \hspace{1.5cm}}$

⑧31白色
- Cu<sup>2+</sup> による⑧32殺菌作用（農薬）

5.3 二酸化硫黄（亜硫酸ガス）

化学式：[②01](#)      電子式：

5.3.1 性質

- [②02](#)    色、[②03](#)    臭の[②04](#)
- 水に[②05](#)
- [②06](#)    性  
[②07](#)     $K_1 = 1.4 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$
- [②08](#)    剤（[②09](#)    作用）
- [②10](#)    剤（[②11](#)    などの強い還元剤に対して）

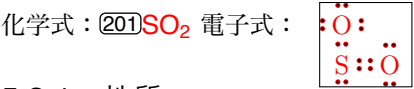
5.3.2 製法

- 硫黄や硫化物の[②12](#)    [工業的製法](#)
- [②13](#)    と希硫酸
- [②14](#)    と[②15](#)

5.3.3 反応

- 二酸化硫黄の水への溶解
- 二酸化硫黄と硫化水素
- 硫酸酸性で過マンガン酸カリウムと二酸化硫黄

5.3 二酸化硫黄（亜硫酸ガス）



5.3.1 性質

- 無色、刺激臭の気体
- 水に溶けやすい
- 弱酸性
- $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$   $K_1 = 1.4 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$
- 還元剤（漂白作用）
- $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
- 酸化剤（ $\text{H}_2\text{S}$  などの強い還元剤に対して）
- $\text{SO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \longrightarrow \text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$

5.3.2 製法

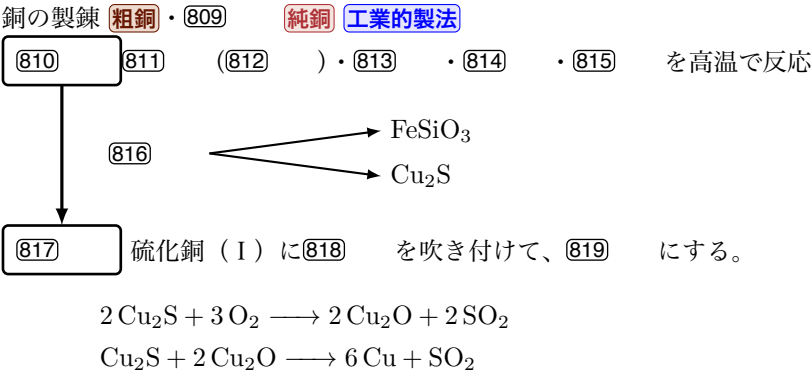
- 硫黄や硫化物の燃焼
- $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 亜硫酸ナトリウムと希硫酸
- $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- 銅と熱濃硫酸
- $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

5.3.3 反応

- 二酸化硫黄の水への溶解
- $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$
- 二酸化硫黄と硫化水素
- $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \longrightarrow 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 硫酸酸性で過マンガン酸カリウムと二酸化硫黄
- $2\text{KMnO}_4 + 5\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{MnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$

- 他の金属とさまざまな色の錯体
- 展性・延性が大きく、電気・熱伝導性がいい
- イオン化傾向が水素より大きく、酸化力のある酸と反応
- 空気中で徐々に酸化して、緻密な錆に溶解が生成
- 色の酸化銅（Ⅰ）乾・色の錆（色の錯体）湿

16.1.2 製法



16.1.3 反応

- 銅と希硝酸
- 銅と濃硝酸
- 銅と熱濃硫酸
- 空気中で 1000°C 未満で加熱して、色の生成
- さらに 1000°C 以上で加熱して、色の生成
- 銅イオンから水酸化銅（Ⅱ）の生成
- 水酸化銅（Ⅱ）とアンモニアの反応
- 水酸化銅（Ⅱ）の加熱

16.2 硫酸銅（Ⅱ）5水和物

16.2.1 性質

- 色の固体（結晶中の色の色）
- 温度による物質変化
- $\text{5 水和物} \xrightarrow{102^\circ\text{C}} \text{色} \xrightarrow{113^\circ\text{C}} \text{色} \xrightarrow{150^\circ\text{C}} \text{色} \xrightarrow{650^\circ\text{C}} \text{色}$
- $\text{色} \xleftarrow{+ \text{H}_2\text{O (検出)}} \text{色}$
- $\text{Cu}^{2+}$  による作用（農薬）

15.3 塩化鉄（Ⅲ）6水和物

化学式： $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

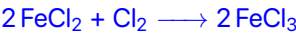
15.3.1 性質

- 黄褐色で潮解性のある固体
- 酸性

$$\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})^{2+} + \text{H}^+ \quad K_1 = 6.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

15.3.2 製法

鉄に希塩酸を加えてから、塩素を通じる。



15.4 鉄イオンの反応

	NaOH	K <sub>4</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	K <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>6</sub> ]	H <sub>2</sub> S（酸性）	KSCN
Fe <sup>2+</sup> 淡緑色	$\text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow$ 緑白色	$\text{Fe}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$ 青白色	$\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$ 濃青色	変化なし 淡緑色	変化なし 淡緑色
Fe <sup>3+</sup> 黄褐色	$\text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$ 赤褐色	$\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \downarrow$ 濃青色	$\text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]\text{aq}$ 暗褐色	$\text{Fe}^{2+}\text{aq}$ 淡緑色	$[\text{Fe}(\text{NCS})]^{2+}$ 血赤色

- Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup> は、OH<sup>-</sup> ともNH<sub>3</sub> とも錯イオンを形成しない
- ベルリンブルーとターンプルブルーは同一物質

15.5 塩化コバルト（Ⅱ）

化学式： $\text{CoCl}_2$

15.5.1 性質

- 青色で潮解性のある固体
- 6水和物は淡赤色
- 塩化コバルト紙を用いた水の検出
- CO<sup>3+</sup> はNH<sub>3</sub> と錯イオンを形成

15.6 硫酸ニッケル（Ⅱ）

化学式： $\text{NiSO}_4$

- 黄緑色で潮解性のある固体
- 6水和物は青緑色
- Ni<sup>2+</sup> はNH<sub>3</sub> と錯イオンを形成

16 銅

16.1 銅

16.1.1 性質

- 赤色の金属光沢

5.4 硫酸

5.4.1 性質

- 色 臭の
- 水に
- 溶解熱が
- を加えて希釈
- 性で密度がく、が大きい 濃硫酸
- 性・作用 濃硫酸
- 希硫酸  
 $K_1 > 10^8 \text{ mol/L}$
- 濃硫酸 (、) の濃度が小さい
- 剤として働く 熱濃硫酸
- (、),、と難容性の塩を生成 希硫酸

5.4.2 製法

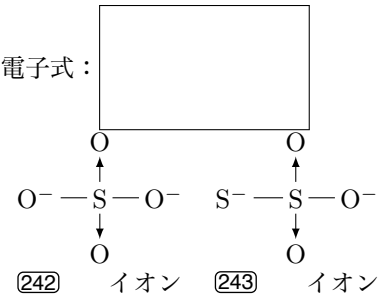
- 法 工業的製法
- 黄鉄鉱 FeS<sub>2</sub> の燃焼  
( )
  - 触媒で酸化
  - に吸収させてとした後、希硫酸を加えて希釈

5.4.3 反応

- 硝酸カリウムに濃硫酸を加えて加熱
- スクロースと濃硫酸
- 水酸化ナトリウムと希硫酸
- 銅と熱濃硫酸
- 銀と熱濃硫酸
- 塩化バリウム水溶液と希硫酸

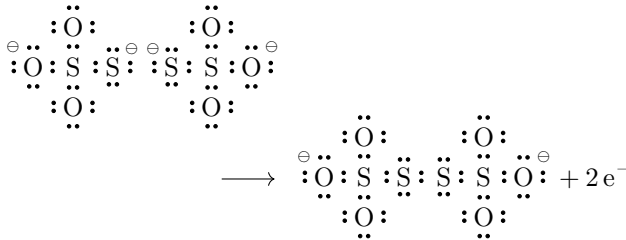
5.5 チオ硫酸ナトリウム（ハイポ）

化学式： $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$



5.5.1 性質

- 無色透明の結晶（5水和物）で、水に溶けやすい。
  - 剤として反応
- 例 水道水の脱塩素剤（カルキ抜き）



5.5.2 製法

亜硫酸ナトリウム水溶液に硫黄を加えて加熱

5.5.3 反応

ヨウ素とチオ硫酸ナトリウム







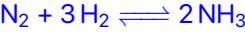
## 5.6 重金属の硫化物

酸性でも沈澱（全液性で沈澱）						中性・塩基性で沈澱（酸性では溶解）			
Ag <sub>2</sub> S	HgS	CuS	PbS	SnS	CdS	NiS	FeS	ZnS	MnS
〔246〕黒色	〔247〕黒色	〔248〕黒色	〔249〕黒色	〔250〕褐色	〔251〕黒色	〔252〕黒色	〔253〕黒色	〔254〕白色	〔255〕淡赤色

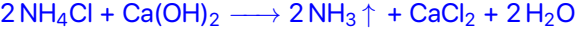
〔256〕低イオン化傾向  
〔258〕極小塩の溶解度積 ( $K_{sp}$ )

〔257〕高  
〔259〕小

〔284〕低温〔285〕高圧で、〔286〕四酸化三鉄（〔287〕Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>）触媒

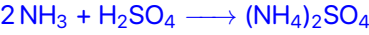


- 〔288〕塩化アンモニウムと〔289〕水酸化カルシウムを混ぜて加熱



### 6.2.3 反応

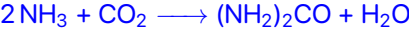
- 硫酸とアンモニア



- 塩素の検出



- アンモニアと二酸化炭素



## 6.3 一酸化二窒素（笑気ガス）

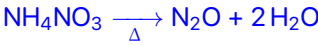
化学式：〔290〕N<sub>2</sub>O

### 6.3.1 性質

- 無色、少し甘味のある気体
- 水に少し溶ける
- 常温では反応性が低い
- 〔291〕麻醉効果

### 6.3.2 製法

〔292〕硝酸アンモニウムの熱分解



## 6.4 一酸化窒素

化学式：〔293〕NO

### 6.4.1 性質

- 〔294〕無色〔295〕無臭の〔296〕気体
- 中性で水に溶けにくい
- 空気中では〔297〕酸素とすぐに反応
- 血管拡張作用・神経伝達物質

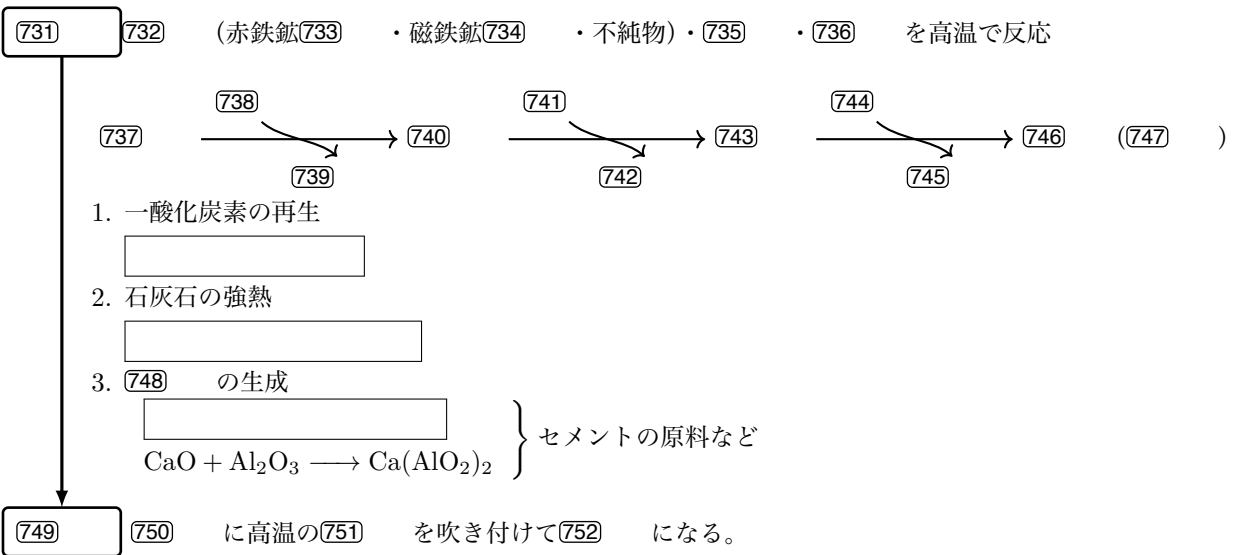
### 6.4.2 製法

〔298〕銅と〔299〕希硝酸



### 15.1.2 製法

鉄の製錬 〔工業的製法〕



### 15.1.3 反応

- 塩酸との反応



- 高温の水蒸気との反応



- 微量に含まれる炭素・鉄・水による〔753〕（〔754〕などが溶けていたら反応速度上昇）  
正極（〔755〕） 〔 〕

- 負極（〔756〕） 〔 〕

- 〔757〕の生成  
〔 〕（〔758〕色）

- 速やかに〔759〕が酸素により酸化



- 〔760〕の脱水  
Fe(OH)<sub>3</sub>  $\longrightarrow$  FeO(OH) + H<sub>2</sub>O（酸化水酸化鉄（Ⅲ）濃橙色）  
2 Fe(OH)<sub>3</sub>  $\longrightarrow$  Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · n H<sub>2</sub>O + (3 − n)H<sub>2</sub>O（〔761〕色）  
（エバンスの実験）

## 15.2 硫酸鉄（Ⅱ）7水和物

化学式：〔762〕

### 15.2.1 性質

- 〔763〕色の固体
- Fe<sup>2+</sup> 半反応式  
〔 〕
- 空気中で表面が〔764〕（〔765〕色）

### 15.2.2 製法

鉄に〔766〕を加えて、蒸発濃縮



第Ⅲ部  
遷移金属

d 軌道・f 軌道（内殻）の秋に電子が入っていき、最外殻電子の数は~~700~~**1 か 2**  
(~~701~~**ランタノイド**・~~702~~**アクチノイド**：f 軌道に入っていく過程)  
同族元素だけでなく、同周期元素も性質が似ている。

- 単体は密度が~~703~~**大きく**、融点が~~704~~**高い**金属
- d 軌道の一部の電子も価電子
- 化合物やイオンは~~705~~**白色**のことが多い
- 安定な~~706~~**錯イオン**を形成しやすい（~~707~~**d 軌道に空きがある**）
- 単体や化合物は~~708~~**触媒**になるものが多い\*5
- 酸化数が  $\left\{ \begin{array}{l} \text{小さい} \\ \text{大きい} \end{array} \right\}$  酸化物は  $\left\{ \begin{array}{l} \text{~~709~~還元} \\ \text{~~710~~酸化} \end{array} \right\}$  剤

15 鉄・コバルト・ニッケル

15.1 鉄

15.1.1 性質

- 常温で~~711~~**強磁性**
- イオン化傾向が水素より~~712~~**大きい**  
~~713~~**強酸**と反応（~~714~~**濃硝酸**には~~715~~**不動態**となり反応しない）
- ~~716~~**高温の水蒸気**と反応して~~717~~**緻密**な~~718~~**黒錆**が生成（酸化被膜）
- 湿った空気中では~~719~~**粗い**~~720~~**赤錆**を生成

酸化鉄（Ⅲ）	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<del>721</del> <b>赤褐色</b>	<del>722</del> <b>常磁性</b>
四酸化三鉄	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	<del>723</del> <b>黒色</b>	<del>724</del> <b>強磁性</b>
酸化鉄（Ⅱ）	FeO	<del>725</del> <b>黒色</b>	<del>726</del> <b>発火性</b>

軟鋼	<del>727</del> <b>鉄鋼</b>	<del>728</del> <b>銑鉄</b>	<del>729</del> <b>ステンレス鋼</b>	KS 磁石鋼
C0.2% 未満	C2% 未満	C2% 以上	<del>730</del> <b>Cr, Ni</b>	Co, W, Cr
加工しやすい	硬くて弾性あり	硬くてもろい	錆びにくい	—
鉄筋・鉄骨	レール・バネ	鋳物	キッチン	人工永久磁石

\*5 ~~例~~ VsO<sub>5</sub>, MnO<sub>2</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Pt

6.4.3 反応

酸素と反応

6.5 二酸化窒素

化学式：~~300~~

6.5.1 性質

- ~~301~~ 色~~302~~ 臭の~~303~~
- 水と反応して~~304~~ 性（~~305~~ の原因）
- 常温では~~306~~（~~307~~ 色）と~~308~~
- 140°C 以上で熱分解

6.5.2 製法

~~309~~ と~~310~~

6.6 硝酸

化学式：~~311~~

6.6.1 性質

- ~~312~~ 色~~313~~ 臭で~~314~~ 性の~~315~~
- 水に~~316~~
- ~~317~~ 性  
（~~318~~  $K_1 = 6.3 \times 10^1 \text{mol/L}$ ）
- ~~319~~ に保存（~~320~~ ）
- ~~321~~ 剤としての反応 ~~希硝酸~~
- ~~322~~ 剤としての反応 ~~濃硝酸~~
- イオン化傾向が小さい Cu、Hg、Ag も溶解
- ~~323~~ ,~~324~~ ,~~325~~ ,~~326~~ ,~~327~~ は~~328~~ が  
生じて不溶 ~~濃硝酸~~  
=~~329~~
- ~~330~~（~~331~~ :1~~332~~ =3:1）は、Pt,Au も溶解
- NO<sub>3</sub><sup>−</sup> は~~333~~ ⇒ ~~334~~ で検出

6.6.2 製法

- ~~335~~  
  - ~~336~~ 触媒で~~337~~ を~~338~~
  - ~~339~~

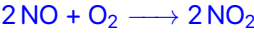
- ~~340~~ と反応
- ~~341~~ に~~342~~ を加えて加熱

6.6.3 反応

- アンモニアと硝酸
- 硝酸の光分解
- 亜鉛と希硝酸
- 銀と濃硝酸

6.4.3 反応

酸素と反応



6.5 二酸化窒素

化学式：300 $\text{NO}_2$

6.5.1 性質

- 301赤褐色302刺激臭の303気体
- 水と反応して304強酸性（305酸性雨の原因）
- 常温では306四酸化二窒素（307無色）と308平衡状態  
 $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$
- 140°C 以上で熱分解  
 $2\text{NO}_2 \longrightarrow 2\text{NO} + \text{O}_2$

6.5.2 製法

309銅と310濃硝酸



6.6 硝酸

化学式：311 $\text{HNO}_3$

6.6.1 性質

- 312無色313刺激臭で314揮発性の315液体
- 水に316よく溶ける
- 317強酸性  
（318 $\text{HNO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$   $K_1 = 6.3 \times 10^1 \text{mol/L}$ ）
- 319褐色瓶に保存（320光分解）
- 321酸化剤としての反応 希硝酸  
 $\text{HNO}_3 + \text{H}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 322酸化剤としての反応 濃硝酸  
 $\text{HNO}_3 + 3\text{H}^+ + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$
- イオン化傾向が小さい Cu、Hg、Ag も溶解
- 323Al,324Cr,325Fe,326Co,327Ni は328酸化皮膜が生じて不溶 濃硝酸  
=329不動態
- 330王水（331濃塩酸:1332濃硝酸=3:1）は、Pt,Au も溶解
- $\text{NO}_3^-$  は333沈殿を作らない  $\Rightarrow$  334褐輪反応で検出

6.6.2 製法

- 335オストワルト法  
 $\text{NH}_3 + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 
  - 336白金触媒で337アンモニアを338酸化  
 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$

第 III 部

遷移金属

d 軌道・f 軌道（内殻）の秋に電子が入っていき、最外殻電子の数は700（701      ・702      ：f 軌道に入っていく過程）  
同族元素だけでなく、同周期元素も性質が似ている。

- 単体は密度が703      く、融点が704      金属
- d 軌道の一部の電子も価電子
- 化合物やイオンは705      色のものが多い
- 安定な706      を形成しやすい（707      ）
- 単体や化合物は708      になるものが多い\*5
- 酸化数が  $\left\{ \begin{array}{l} \text{小さい} \\ \text{大きい} \end{array} \right\}$  酸化物は  $\left\{ \begin{array}{l} \text{709} \\ \text{710} \end{array} \right\}$  剤

15 鉄・コバルト・ニッケル

15.1 鉄

15.1.1 性質

- 常温で711      性
- イオン化傾向が水素より712      い  
713      と反応（714      には715      となり反応しない）
- 716      と反応して717      な718      が生成（酸化被膜）
- 湿った空気中では719      い720      を生成

酸化鉄（Ⅲ）	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<span>721</span> 色	<span>722</span> 性
四酸化三鉄	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	<span>723</span> 色	<span>724</span> 性
酸化鉄（Ⅱ）	FeO	<span>725</span> 色	<span>726</span> 性

軟鋼	<span>727</span>	<span>728</span>	<span>729</span>	KS 磁石鋼
C0.2% 未満	C2% 未満	C2% 以上	<span>730</span>	Co, W, Cr
加工しやすい	硬くて弾性あり	硬くてもろい	錆びにくい	—
鉄筋・鉄骨	レール・バネ	鋳物	キッチン	人工永久磁石

\*5 例 VsO<sub>5</sub>, MnO<sub>2</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Pt

**備考** 塩化スズ（IV）水溶液と硫化水素

$\text{SnCl}_4 + 2\text{H}_2\text{S} \longrightarrow \text{SnS} + \text{S} + 4\text{HCl}$

### 14.3 酸化鉛（IV）

#### 14.3.1 性質

**696還元**剤として働く

$\text{Sn}^{2+} \longrightarrow \text{Sn}^{4+} + 2\text{e}^-$

#### 14.3.2 製法

酢酸鉛（II）水溶液にさらし粉を加える

#### 14.3.3 反応

酸化鉛（IV）に濃塩酸を加えて加熱

$\text{PbO}_2 + 4\text{HCl} \longrightarrow \text{PbCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \uparrow$

### 14.4 鉛の難溶性化合物

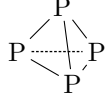
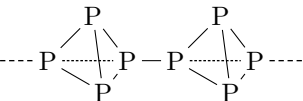
#### 14.4.1 性質

- 加熱すると溶けやすい
- 697酢酸鉛（II）**紙を用いた**698硫化水素**の検出（**699黒色**）

### 7 リン

#### 7.1 リン

##### 7.1.1 性質

三種類の同 <b>343</b> 体がある			
名称	<b>344</b> リン	<b>345</b> リン	黒リン
化学式	<b>346</b>	<b>347</b>	P <sub>4</sub>
融点	44°C	590°C*2	610°C
発火点	35°C <b>348</b> に保存	260°C <b>349</b>	-
密度	1.8g/cm <sup>3</sup>	2.16g/cm <sup>3</sup>	2.7g/cm <sup>3</sup>
毒性	<b>350</b>	<b>351</b>	<b>352</b>
構造			略
CS <sub>2</sub> への溶解	<b>353</b>	<b>354</b>	<b>355</b>

##### 7.1.2 製法

- リン鉱石にケイ砂とコークスを混ぜて強熱し、蒸気を水で冷却 **黄リン** **工業的製法**
- 空気を遮断して黄リンを 250°C で加熱 **赤リン**
- 空気を遮断して黄リンを 200°C、1.2 × 10<sup>9</sup>Pa で加熱 **黒リン**

#### 7.2 十酸化四リン

化学式：**356**

##### 7.2.1 性質

- 白色で昇華性のある固体
- 357**（水との親和性が**358**）
- 乾燥剤
- 水を加えて加熱すると反応（**359**）

##### 7.2.2 製法

**360**

##### 7.2.3 反応

水を加えて加熱

#### 7.3 リン酸

化学式：**361**

##### 7.3.1 性質

**362**

（ **363**  $K_1 = 7.5 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$  ）

##### 7.3.2 反応

- リン酸と水酸化カルシウムの完全中和
- リン酸カルシウムとリン酸が反応して重過リン酸石灰が生成
- リン酸カルシウムと硫酸が反応して過リン酸石灰が生成





7   リン

7.1   リン

7.1.1   性質

三種類の同<sup>343</sup>素体がある

名称	<sup>344</sup> 黄リン	<sup>345</sup> 赤リン	黒リン
化学式	<sup>346</sup> P <sub>4</sub>	<sup>347</sup> P <sub>x</sub>	P <sub>4</sub>
融点	44°C	590°C*2	610°C
発火点	35°C <sup>348</sup> 水中に保存	260°C <sup>349</sup> マッチの側薬	-
密度	1.8g/cm <sup>3</sup>	2.16g/cm <sup>3</sup>	2.7g/cm <sup>3</sup>
毒性	<sup>350</sup> 猛毒	<sup>351</sup> 微毒	<sup>352</sup> 微毒
構造			略
CS <sub>2</sub> への溶解	<sup>353</sup> 溶ける	<sup>354</sup> 溶けない	<sup>355</sup> 溶けない

7.1.2   製法

- リン鉱石にケイ砂とコークスを混ぜて強熱し、蒸気を水で冷却 <sup>黄リン</sup> <sup>工業的製法</sup>  
 $2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 6\text{SiO}_2 + 10\text{C} \longrightarrow 6\text{CaSiO}_3 + 10\text{CO} + \text{P}_4$
- 空気を遮断して黄リンを 250°C で加熱 <sup>赤リン</sup>
- 空気を遮断して黄リンを 200°C、1.2 × 10<sup>9</sup>Pa で加熱 <sup>黒リン</sup>

7.2   十酸化四リン

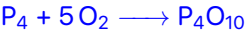
化学式：<sup>356</sup>P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>

7.2.1   性質

- 白色で昇華性のある固体
- <sup>357</sup>潮解性（水との親和性が<sup>358</sup>非常に高い）
- 乾燥剤
- 水を加えて加熱すると反応（<sup>359</sup>加水分解）

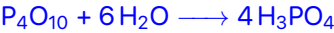
7.2.2   製法

<sup>360</sup>リンの燃烧



7.2.3   反応

水を加えて加熱

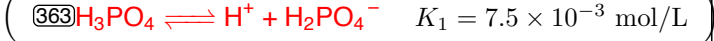


7.3   リン酸

化学式：<sup>361</sup>H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

7.3.1   性質

<sup>362</sup>中酸性



<sup>備考</sup> 塩化スズ（IV）水溶液と硫化水素

14.3   酸化鉛（IV）

14.3.1   性質

<sup>696</sup>   剤として働く

14.3.2   製法

酢酸鉛（II）水溶液にさらし粉を加える

14.3.3   反応

酸化鉛（IV）に濃塩酸を加えて加熱

14.4   鉛の難溶性化合物

14.4.1   性質

- 加熱すると溶けやすい
- <sup>697</sup>   紙を用いた<sup>698</sup>   の検出（<sup>699</sup>   色）



14 スズ・鉛

14.1 単体

14.1.1 性質

化学式	<div>682</div> <b>Sn</b>	<div>683</div> <b>Pb</b>
特徴	灰白色で柔らかい金属	青白色で柔らかい金属
融点	232℃	328℃
密度	7.28	11.4
特性	<div>684</div> <b>両性</b> 元素	
用途	<div>685</div> <b>ブリキ</b> （鉄にメッキ）	<div>686</div> <b>鉛蓄電池</b> の <div>687</div> <b>負極</b> <div>688</div> <b>放射線</b> の遮蔽

【合金】

Cu + Sn・・・

689

**青銅**

Sn + Pb・・・

690

**はんだ**

14.1.2 製法

- 錫石 SnO<sub>2</sub> にコークスを混ぜて加熱 **工業的製法** **スズ**  
**SnO<sub>2</sub> + 2 C → Sn + 2 CO**
- 方鉛鉱 PbS を焙焼してから、コークスを混ぜて加熱 **工業的製法** **鉛**  
**2 PbS + 3 O<sub>2</sub> → 2 PbO + 2 SO<sub>2</sub>**  
**PbO + C → Pb + CO**

14.1.3 反応

- 鉛と

691

**希硝酸**  
**3 Pb + 8 HNO<sub>3</sub> → 3 Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + 4 H<sub>2</sub>O + 2 NO**
- 鉛と

692

**酢酸**  
**2 Pb + 4 CH<sub>3</sub>COOH + O<sub>2</sub> → 2 (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Pb + 2 H<sub>2</sub>O**
- スズと

693

**塩酸**  
**Sn + 2 HCl → SnCl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>↑**
- 鉛蓄電池における反応  

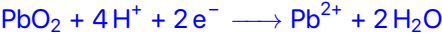
**Pb + PbO<sub>2</sub> + 2 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**  $\xrightleftharpoons[\text{充電}]{\text{放電}}$  **2 PbSO<sub>4</sub> + 2 H<sub>2</sub>O**  $\left\{ \begin{array}{ll} \text{正極} & \text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{PbSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \\ \text{負極} & \text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} \longrightarrow \text{PbSO}_4 + 2 \text{e}^- \end{array} \right.$

14.2 塩化スズ（Ⅱ）

14.2.1 性質

694

**還元**剤として働く



14.2.2 製法

スズと

695

**塩酸**



14.2.3 反応

塩化鉄（Ⅲ）水溶液と塩化スズ（Ⅱ）水溶液



8 炭素

8.1 炭素

8.1.1 性質

炭素の同

364

体

- 365
- 366

（

367

）
  - 無定形炭素
    - 用途** 顔料・脱臭剤（活性炭）  
黒色で、黒鉛の美結晶が不規則に集合。電気伝導性を示す。
  - 368

    - 用途** 医療・材料分野での応用  
黒褐色で、60 個の炭素原子がサッカーボール状につながった分子結晶。電気伝導性を示さない。
  - グラフェン
    - 用途** 半導体材料への応用  
黒鉛の平面性六角形状の層のうち一層だけを取り出したもの。電気伝導性を示す。
  - カーボンナノチューブ
    - 用途** 水素吸蔵・電池電極への応用  
グラフェンを円筒状に巻いたもの。電気伝導性を示す。

名称	<div>369</div>	<div>370</div>
特徴	<div>371</div> 色 <div>372</div> で屈折率が大さい固体	<div>373</div> 色で <div>374</div> がある固体
密度	3.5g/cm <sup>3</sup>	2.3g/cm <sup>3</sup>
構造	<div>375</div> 方向の <div>376</div> 結晶	<div>377</div> 構造（ <div>378</div> ）
硬さ	<div>379</div>	<div>380</div>
沸点	<div>381</div>	<div>382</div>
電気伝導性	<div>383</div>	<div>384</div>
用途	宝石・カッターの刃・研磨剤	鉛筆・電極

8.2 一酸化炭素

化学式：

385

電子式	$\text{:C::}\ddot{\text{O}}\overset{\ominus}{\text{}}\longleftrightarrow\text{:C}\equiv\text{O:}^{\oplus}\text{:N}\equiv\text{N:}$
原子間距離	0.113nm                      0.110nm

$\left. \begin{array}{l} \text{C, O 電子の持つ}\div{391}\text{による効果} \\ \text{C}\equiv\text{O 間の}\div{392}\text{の差による効果} \end{array} \right\} \text{CO の極性は}\div{393}$

8.2.1 性質

- 394

色

395

臭で

396

な気体
- 赤血球のヘモグロビンの

397

に対して強い

398
- 399

性で水に溶け

400

。（

401

置換）
- 402

性、高温で

403

性（

404

との親和性が非常に高い）

8.2.2 製法

- 405

に

406

を吹き付ける **工業的製法**

8 炭素

8.1 炭素

8.1.1 性質

炭素の同<sup>364</sup>素体

- <sup>365</sup>ダイヤモンド
- <sup>366</sup>黒鉛 (<sup>367</sup>グラファイト)
- 無定形炭素  
<sup>用途</sup> 顔料・脱臭剤（活性炭）  
黒色で、黒鉛の美結晶が不規則に集合。電気伝導性を示す。
- <sup>368</sup>フラーレン  
<sup>用途</sup> 医療・材料分野での応用  
黒褐色で、60 個の炭素原子がサッカーボール状につながった分子結晶。電気伝導性を示さない。
- グラフェン  
<sup>用途</sup> 半導体材料への応用  
黒鉛の平面性六角形状の層のうち一層だけを取り出したもの。電気伝導性を示す。
- カーボンナノチューブ  
<sup>用途</sup> 水素吸蔵・電池電極への応用  
グラフェンを円筒状に巻いたもの。電気伝導性を示す。

名称	<sup>369</sup> ダイヤモンド	<sup>370</sup> 黒鉛
特徴	<sup>371</sup> 無色 <sup>372</sup> 透明で屈折率が大さい固体	<sup>373</sup> 黒色で <sup>374</sup> 光沢がある固体
密度	3.5g/cm <sup>3</sup>	2.3g/cm <sup>3</sup>
構造	<sup>375</sup> 正四面体方向の <sup>376</sup> 共有結合結晶	<sup>377</sup> ズレた層状構造 ( <sup>378</sup> ファンデルワールス力)
硬さ	<sup>379</sup> 非常に硬い	<sup>380</sup> 軟らかい
沸点	<sup>381</sup> 高い	<sup>382</sup> 高い
電気伝導性	<sup>383</sup> なし	<sup>384</sup> あり
用途	宝石・カッターの刃・研磨剤	鉛筆・電極

8.2 一酸化炭素

化学式：<sup>385</sup>CO

電子式	$\text{:C}::\ddot{\text{O}}\overset{\text{386 共鳴}}{\rightleftharpoons}:\text{C}\equiv\text{O}::\text{:N}\equiv\text{N:}$
原子間距離	0.113nm      0.110nm

C, O 電子の持つ<sup>391</sup>電荷による効果  
C≡O 間の<sup>392</sup>電気陰性度の差による効果

} CO の極性は<sup>393</sup>小さい

8.2.1 性質

- <sup>394</sup>無色<sup>395</sup>無臭で<sup>396</sup>有毒な気体
- 赤血球のヘモグロビンの<sup>397</sup>Fe<sup>2+</sup> に対して強い<sup>398</sup>酸化結合
- <sup>399</sup>中性で水に溶け<sup>400</sup>にくい。( <sup>401</sup>水上置換 )
- <sup>402</sup>可燃性、高温で<sup>403</sup>還元性 ( <sup>404</sup>鉄との親和性が非常に高い )

8.2.2 製法

- <sup>405</sup>赤熱したコークスに<sup>406</sup>水蒸気を吹き付ける <sup>工業的製法</sup>  
 $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CO} + \text{H}_2$

14 スズ・鉛

14.1 単体

14.1.1 性質

化学式	<sup>682</sup>	<sup>683</sup>
特徴	灰白色で柔らかい金属	青白色で柔らかい金属
融点	232°C	328°C
密度	7.28	11.4
特性	<sup>684</sup> 元素	
用途	<sup>685</sup> (鉄にメッキ)	<sup>686</sup> 電池の <sup>687</sup> 極 <sup>688</sup> の遮蔽

【合金】

Cu + Sn…<sup>689</sup>

Sn + Pb…<sup>690</sup>

14.1.2 製法

- 錫石 SnO<sub>2</sub> にコークスを混ぜて加熱 <sup>工業的製法</sup><sup>スズ</sup>
- 方鉛鉱 PbS を焙焼してから、コークスを混ぜて加熱 <sup>工業的製法</sup><sup>鉛</sup>

14.1.3 反応

- 鉛と<sup>691</sup> 酸
- 鉛と<sup>692</sup> 酸
- スズと<sup>693</sup>
- 鉛蓄電池における反応  

{ 正極

負極

14.2 塩化スズ（Ⅱ）

14.2.1 性質

<sup>694</sup> 剤として働く

14.2.2 製法

スズと<sup>695</sup>

14.2.3 反応

塩化鉄（Ⅲ）水溶液と塩化スズ（Ⅱ）水溶液

13.2 酸化アルミニウム・水酸化アルミニウム

化学式：661 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ・662 $\text{Al}(\text{OH})_3$  酸化アルミニウムの別称：663アルミナ

13.2.1 性質

- 664白色で、水に665溶けにくい

- 666両性酸化物/水酸化物  
667酸・(強) 668塩基と反応  
 $\text{Al}^{3+}$  は669 $\text{OH}^-$  と錯イオンを形成し、670 $\text{NH}_3$  とは形成しない

13.2.2 製法

- バイヤー法
- アルミニウムイオンを含む水溶液に、少量の671塩基を加える 水酸化アルミニウム  
 $\text{Al}_3^{+} + 3\text{OH}^{-} \longrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$

13.2.3 反応

- 酸化アルミニウムと塩酸  
 $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} \longrightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 酸化アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液  
 $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$
- 水酸化アルミニウムと塩酸  
 $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} \longrightarrow \text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 水酸化アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液  
 $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$

13.3 ミョウバン・焼きミョウバン

化学式：672 $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ・673 $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$

13.3.1 性質

- 674白色で、水に675溶ける固体
- 676酸性  
 $\left( \text{677}\text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_2 + \text{H}^{+} \quad K_1 = 1.1 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \right)$
- $\text{Al}^{3+}$  は価数が678大きい陽イオン  
粘土 (679負の680疎水コロイド) で濁った水の浄水処理 (681凝析)
- 水への溶解  
 $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \longrightarrow \text{Al}_3^{+} + \text{K}^{+} + \text{SO}_4^{2-}$

13.3.2 製法

硫酸化アルミニウムと硫酸カリウムの混合水溶液を濃縮

- 炭素の407
- 408 に409 を加えて加熱
- 410 に411 を加えて加熱

8.2.3 反応

- 燃焼  
 $\text{CO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2$
- 鉄の精錬  
 $\left\{ \begin{array}{l} \text{ } \\ \text{ } \end{array} \right. \times 2$

8.3 二酸化炭素

8.3.1 性質

- 412 色413 臭で414 性 (固体は415 )
- 大気の 0.04% を占める
- 水に416
- 417 性  
 $\left( \text{418} \quad K_1 = 4.3 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \right)$

8.3.2 製法

- 419 を強熱 工業的製法
- 420 と421
- 422 の熱分解

8.3.3 反応

- 二酸化炭素と水酸化ナトリウム
- 423 に通じると424 しさらに通じると425

9 ケイ素

9.1 ケイ素

9.1.1 性質

- 426 色で427 がある428 結晶
- 429

- 炭素の(407)不完全燃焼  
 $2\text{C} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}$
- (408)ギ酸に(409)濃硫酸を加えて加熱  
 $\text{HCOOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{CO} \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- (410)シュウ酸に(411)濃硫酸を加えて加熱  
 $(\text{COOH})_2 \longrightarrow \text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

8.2.3 反応

- 燃焼  
 $\text{CO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{CO}_2$
- 鉄の精錬  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \longrightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2 \left\{ \begin{array}{l} \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \longrightarrow 2\text{FeO} + \text{CO}_2 \\ \text{FeO} + \text{CO} \longrightarrow \text{Fe} + \text{CO}_2 \times 2 \end{array} \right.$

8.3 二酸化炭素

8.3.1 性質

- (412)無色(413)無臭で(414)昇華性（固体は(415)ドライアイス）
- 大気の 0.04% を占める
- 水に(416)少し溶ける
- (417)弱酸性  
（  $(418)\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \quad K_1 = 4.3 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$  ）

8.3.2 製法

- (419)炭酸カルシウムを強熱 (工業的製法)  
 $\text{CaCO}_2 \longrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
- (420)希塩酸と(421)石灰石  
 $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- (422)炭酸水素ナトリウムの熱分解  
 $2\text{NaHCO}_3 \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

8.3.3 反応

- 二酸化炭素と水酸化ナトリウム  
 $\text{CO}_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- (423)石灰水に通じると(424)白濁しさらに通じると(425)白濁が消える  
 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$   
 $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

9 ケイ素

9.1 ケイ素

9.1.1 性質

- (426)灰色で(427)光沢がある(428)共有結合結晶
- (429)硬いがもろい
- (430)半導体に使用（高純度のケイ素）\*3

\*3 6*N*… 太陽電池用、11*N*… 集積回路用

13.2 酸化アルミニウム・水酸化アルミニウム

化学式：(661)      ・(662)      酸化アルミニウムの別称：(663)

13.2.1 性質

- (664)      色で、水に(665)
- (666)      酸化物/水酸化物  
(667)      ・(強) (668)      と反応  
 $\text{Al}^{3+}$  は(669)      と錯イオンを形成し、(670)      とは形成しない

13.2.2 製法

- バイヤー法
- アルミニウムイオンを含む水溶液に、少量の(671)      を加える (水酸化アルミニウム)

13.2.3 反応

- 酸化アルミニウムと塩酸
- 酸化アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液
- 水酸化アルミニウムと塩酸
- 水酸化アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液

13.3 ミョウバン・焼きミョウバン

化学式：(672)      ・(673)

13.3.1 性質

- (674)      色で、水に(675)      固体
- (676)  
（  $(677) \quad K_1 = 1.1 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  ）
- $\text{Al}^{3+}$  は価数が(678)      陽イオン  
粘土（(679)      の(680)      コロイド）で濁った水の浄水処理（(681)      ）
- 水への溶解

13.3.2 製法

硫酸化アルミニウムと硫酸カリウムの混合水溶液を濃縮

- 展性・延性が<sup>630</sup>大きく、電気・熱伝導率が<sup>631</sup>高い  
電気・熱伝導性が高い金属  

<sup>632</sup>Ag > <sup>633</sup>Cu > <sup>634</sup>Au > <sup>635</sup>Al
- <sup>636</sup>両性元素（<sup>637</sup>濃硝酸には<sup>638</sup>不動態となり反応しない）  
表面の緻密な<sup>639</sup>酸化被膜が内部を保護（<sup>640</sup>Al,<sup>641</sup>Cr,<sup>642</sup>Fe,<sup>643</sup>Co,<sup>644</sup>Ni\*<sup>4</sup>）  
電気分解（<sup>645</sup>陽極）で人工的に厚い酸化被膜をつける製品加工（<sup>646</sup>アルマイト）
- イオン化傾向が<sup>647</sup>大きく、<sup>648</sup>還元力が<sup>649</sup>高い
- <sup>650</sup>テルミット反応（多量の<sup>651</sup>熱・<sup>652</sup>光が発生）

13.1.2 製法

- <sup>653</sup>ボーキサイトから得た<sup>654</sup>酸化アルミニウム（<sup>655</sup>アルミナ）の溶融塩電解 [工業的製法](#)
- バイヤー法
  - <sup>656</sup>ボーキサイトを濃い<sup>657</sup>水酸化ナトリウム水溶液に溶解
$$\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$$
  - 溶解しない不純物をろ過して、ろ液を水で希釈して Al(OH)3 の種結晶を入れる
$$\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] \longrightarrow \text{NaOH} + \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$$
  - 成長した<sup>658</sup>Al(OH)<sub>3</sub> を強熱
$$2\text{Al}(\text{OH})_3 \longrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$$
- ホールエール法
  - <sup>659</sup>氷晶石 Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> を融解し、酸化アルミニウムを溶解
  - <sup>660</sup>炭素電極で電気分解 
$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{陽極} & \text{C} + \text{O}^{2-} \longrightarrow \text{CO} + 2\text{e}^{-}, \text{C} + 2\text{O}^{2-} \longrightarrow \text{CO}_2 + 4\text{e}^{-} \\ \text{陰極} & \text{Al}_3^{+} + 3\text{e}^{-} \longrightarrow \text{Al} \end{array} \right.$$

13.1.3 反応

- アルミニウムの燃焼
$$4\text{Al} + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3$$
- アルミニウムと高温の水蒸気
$$2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$$
- テルミット反応
$$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \longrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}$$

- <sup>430</sup> に使用（高純度のケイ素）\*<sup>3</sup>  
高温にしたり微小の他電子を添加すると電気伝導性が<sup>431</sup> （金属は高温で電気伝導性が<sup>432</sup> ）

9.1.2 製法

- <sup>433</sup> と<sup>434</sup> を混ぜて強熱 [工業的製法](#)
- <sup>435</sup> と<sup>436</sup> 粉末を混ぜて加熱

9.2 二酸化ケイ素

化学式：<sup>437</sup>

9.2.1 性質

- <sup>438</sup> 色<sup>439</sup> の<sup>440</sup> 結晶
- <sup>441</sup>
- 地球の近く中に多く存在（ケイ砂、石英、水晶）
- <sup>442</sup> 酸化物
- <sup>443</sup>（<sup>444</sup> ・吸着剤）の生成に用いられる  
多孔質、適度な数の<sup>445</sup>

9.2.2 反応

- <sup>446</sup> と反応
- <sup>447</sup> と反応
- <sup>448</sup> や<sup>449</sup> がガラスを侵す反応（<sup>450</sup> の生成）
- <sup>451</sup> と<sup>452</sup> から<sup>453</sup> の白色ゲル状沈澱が生じる反応
- <sup>454</sup> を加熱してシリカゲルを得る反応 ( $0 < n < 1$ )

\*<sup>4</sup> てつこに

\*<sup>3</sup> 6*N* … 太陽電池用、11*N* … 集積回路用

高温にしたり微小の他電子を添加すると電気伝導性が(431)上昇（金属は高温で電気伝導性が(432)降下）

### 9.1.2 製法

- (433) **ケイ砂** と (434) **一酸化炭素** を混ぜて強熱 工業的製法  

$$\text{SiO}_2 + 2\text{C} \longrightarrow \text{Si} + 2\text{CO}$$
- (435) **ケイ砂** と (436) **マグネシウム** 粉末を混ぜて加熱  

$$\text{SiO}_2 + 2\text{Mg} \longrightarrow \text{Si} + 2\text{MgO}$$

## 9.2 二酸化ケイ素

化学式：437SiO<sub>2</sub>

### 9.2.1 性質

- (438)無色(439)透明の(440)共有結合結晶
- (441)硬い
- 地球の近く中に多く存在（ケイ砂、石英、水晶）
- (442)酸性酸化物
- (443)シリカゲル（(444)乾燥剤・吸着剤）の生成に用いられる  
多孔質、適度な数の(445)ヒドロキシ基

### 9.2.2 反応

- (446) フッ化水素 と反応  

$$\text{SiO}_2 + 4 \text{HF} \longrightarrow \text{SiF}_4 \uparrow + 2 \text{H}_2\text{O}$$
- (447) フッ化水素酸 と反応  

$$\text{SiO}_2 + 6 \text{HF} \longrightarrow \text{H}_2\text{SiF}_6 \uparrow + 2 \text{H}_2\text{O}$$
- (448) 水酸化ナトリウム や (449) 炭酸ナトリウム がガラスを侵す反応 ((450) 水ガラス の生成)  

$$\text{SiO}_2 + 2 \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

$$\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CO}_2$$
- (451) 水ガラス と (452) 塩酸 から (453) ケイ酸 の白色ゲル状沈澱が生じる反応  

$$\text{NaSiO}_3 + 2 \text{HCl} \longrightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow + 2 \text{NaCl}$$
- (454) ケイ酸 を加熱してシリカゲルを得る反応  

$$\text{H}_2\text{SiO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O} + (1-n) \text{H}_2\text{O} \quad (0 < n < 1)$$

- 展性・延性が<sup>630</sup>、電気・熱伝導率が<sup>631</sup>

電気・熱伝導性が高い金属

$$\boxed{632} > \boxed{633} > \boxed{634} > \boxed{635}$$

- **636** 元素 **637** には**638** となり反応しない)  
表面の緻密な**639** が内部を保護 (**640** ,**641** ,**642** ,**643** ,**644** \*4)  
電気分解 (**645** 極) で人工的に厚い酸化被膜をつける製品加工 (**646** )
- イオン化傾向が**647** 、 **648** 力が**649**
- **650** 反応 (多量の**651** ・ **652** が発生)

### 13.1.2 製法

- ⑥53 から得た ⑥54 (⑥55) の溶融塩電解 工業的製法
- バイヤー法
  1. ⑥56 を濃い ⑥57 水溶液に溶解
  2. 溶解しない不純物をろ過して、ろ液を水で希釈して  $\text{Al}(\text{OH})_3$  の種結晶を入れる
  3. 成長した ⑥58 を強熱
- ホールエール法
  1. ⑥59  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  を融解し、酸化アルミニウムを溶解
  2. ⑥60 電極で電気分解 

{	陽極	<div></div>	,	<div></div>
	陰極	<div></div>		

### 13.1.3 反応

1. アルミニウムの燃焼
2. アルミニウムと高温の水蒸気
3. テルミット反応

\*4 てつこに



12.2 酸化亜鉛（亜鉛華）・水酸化亜鉛

化学式： $\text{ZnO} \cdot \text{Zn(OH)}_2$

12.2.1 性質

- 白色で、水にとけにくい固体
- 酸化亜鉛は顔料
- 両性酸化物/水酸化物  
酸・（強）塩基と反応  $\text{Zn}^{2+}$  は、 $\text{OH}^-$  とも  $\text{NH}_3$  とも錯イオンを形成

12.2.2 製法

- 亜鉛を燃焼 工業的製法 酸化亜鉛  
 $2\text{Zn} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{ZnO}$
- 亜鉛イオンを含む水溶液に、少量の  $\text{OH}^-$  を加える 水酸化亜鉛  
 $\text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^- \longrightarrow \text{Zn(OH)}_2 \downarrow$

12.2.3 反応

- 酸化亜鉛と塩酸  
 $\text{ZnO} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 酸化亜鉛と水酸化ナトリウム水溶液  
 $\text{ZnO} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Na}_2[\text{Zn(OH)}_4]$
- 水酸化亜鉛と塩酸  
 $\text{Zn(OH)}_2 + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{ZnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 水酸化亜鉛と水酸化ナトリウム水溶液  
 $\text{Zn(OH)}_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2[\text{Zn(OH)}_4]$
- 水酸化亜鉛の過剰なアンモニアとの反応  
 $\text{Zn(OH)}_2 + 4\text{NH}_3 \longrightarrow [\text{Zn(NH}_3)_4](\text{OH})_2$

12.3 塩化水銀（Ⅰ）・塩化水銀（Ⅱ）

化学式： $\text{Hg}_2\text{Cl}_2 \cdot \text{HgCl}$

12.3.1 性質

- 白色で、水に溶けにくい固体で、微毒 塩化水銀（Ⅰ）
- 白色で、水に少し溶ける固体で、猛毒 塩化水銀（Ⅱ）

12.3.2 製法

水酸化銀（Ⅱ）と水銀の混合物を加熱



13 アルミニウム

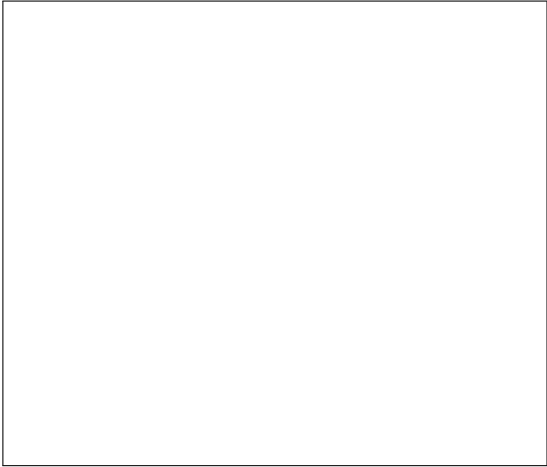
13.1 アルミニウム

13.1.1 性質

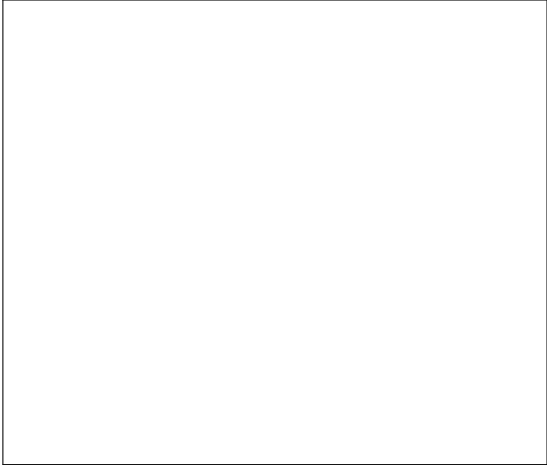
- 密度が小さく、やわらかい金属

シリカゲル生成過程での構造変化

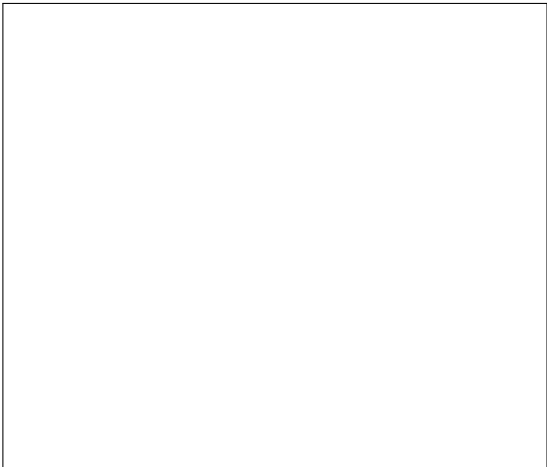
1. 二酸化ケイ素（シリカ） $\text{SiO}_2$



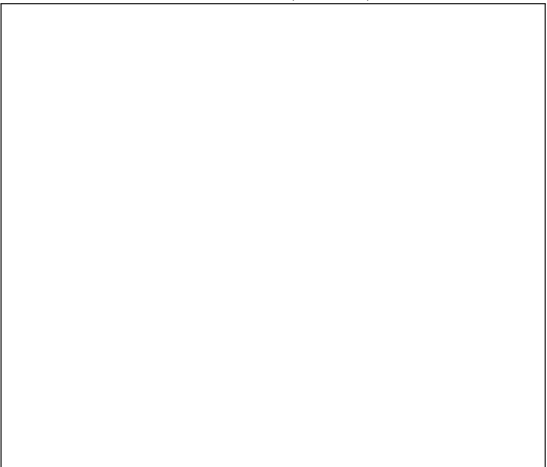
2. ケイ酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$



3. ケイ酸  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  ( $0 \leq n \leq 1$ )

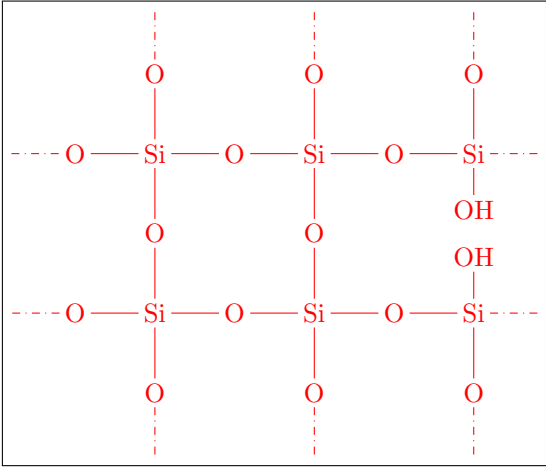


4. シリカゲル  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  ( $n \ll 1$ )

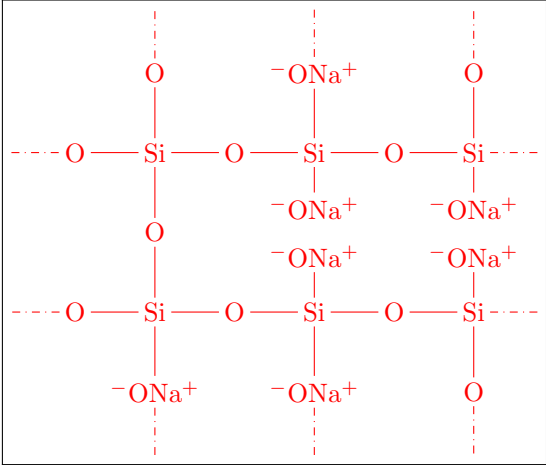


シリカゲル生成過程での構造変化

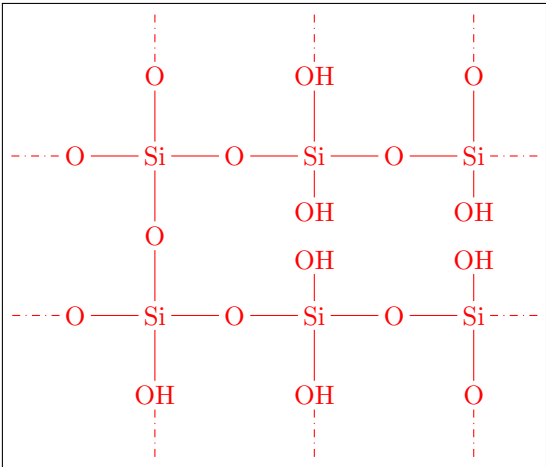
1. 二酸化ケイ素（シリカ）SiO<sub>2</sub>



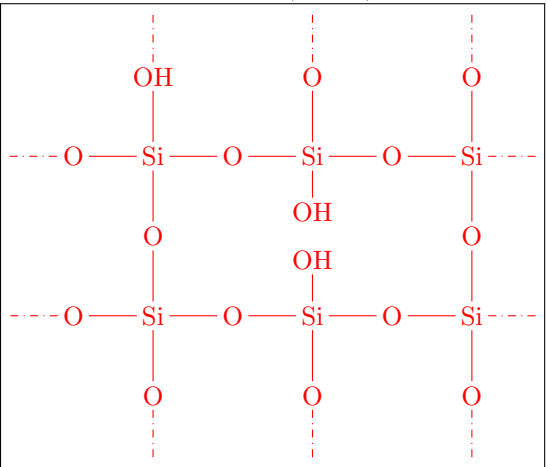
2. ケイ酸ナトリウム Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>



3. ケイ酸 SiO<sub>2</sub>・nH<sub>2</sub>O (0 ≦ n ≦ 1)



4. シリカゲル SiO<sub>2</sub>・nH<sub>2</sub>O (n ≪ 1)



12.2 酸化亜鉛（亜鉛華）・水酸化亜鉛

化学式：[614](#) ・[615](#)

12.2.1 性質

- [616](#) 色で、水に[617](#) 固体
- 酸化亜鉛は[618](#)
- [619](#) 酸化物/水酸化物
- [620](#) ・(強) [621](#) と反応 Zn<sup>2+</sup> は、[622](#) とも[623](#) とも錯イオンを形成

12.2.2 製法

- 亜鉛を燃焼 [工業的製法](#) [酸化亜鉛](#)
- 亜鉛イオンを含む水溶液に、少量の[624](#) を加える [水酸化亜鉛](#)

12.2.3 反応

- 酸化亜鉛と塩酸
- 酸化亜鉛と水酸化ナトリウム水溶液
- 水酸化亜鉛と塩酸
- 水酸化亜鉛と水酸化ナトリウム水溶液
- 水酸化亜鉛の過剰な[625](#) との反応

12.3 塩化水銀（Ⅰ）・塩化水銀（Ⅱ）

化学式：[626](#) ・[627](#)

12.3.1 性質

- 白色で、水に溶けにくい固体で、微毒 [塩化水銀（Ⅰ）](#)
- 白色で、水に少し溶ける固体で、猛毒 [塩化水銀（Ⅱ）](#)

12.3.2 製法

水酸化銀（Ⅱ）と水銀の混合物を加熱

13 アルミニウム

13.1 アルミニウム

13.1.1 性質

- 密度が[628](#) 、[629](#) 金属

11.6 硫酸カルシウム

化学式：583**CaSO<sub>4</sub>**

11.6.1 性質

584**セッコウ**を約 150℃ で加熱すると、585**焼きセッコウ**が生成

586**水**を加えると、587**発熱**・588**膨張**・589**硬化**して590**セッコウ**に戻る



用途 医療用ギプス・石膏像・建材

11.7 硫酸バリウム

化学式：591**BaSO<sub>4</sub>**

11.7.1 性質

- 592**白色**で、水に593**ほとんど溶けない**固体
- 反応性が594**低**く、X 線を遮蔽

12 12族元素

12.1 単体

12.1.1 性質

化学式	<span>595</span> <b>Zn</b>	<span>596</span> <b>Cd</b>	<span>597</span> <b>Hg</b>
融点	420℃	321℃	−39℃
密度	7.1	8.6	13.6
M <sup>2+</sup> aq + H <sub>2</sub> S (沈澱条件)	<span>598</span> <b>白色</b> の <span>599</span> <b>ZnS</b> ↓ ( <span>604</span> <b>中塩基性</b> )	<span>600</span> <b>黄色</b> の <span>601</span> <b>CdS</b> ↓ ( <span>605</span> <b>全液性</b> )	<span>602</span> <b>黒色</b> の <span>603</span> <b>HgS</b> ↓ ( <span>606</span> <b>全液性</b> )
特性	高温の水蒸気と反応 <span>608</span> <b>両性</b> 元素	Cd <sup>2+</sup> は Ca <sup>2+</sup> と類似 ⇒ イタイイタイ病	<span>607</span> <b>合金</b> を作りやすい ( <span>609</span> <b>アマルガム</b> )
用途	<span>610</span> <b>トタン</b> （鉄にメッキ）	ニカド電池 (Ni-Cd)	体温計・蛍光灯

- 12 族の硫化物は611**顔料**や612**染料**に利用
- HgS は 450℃ で消火させると613**赤色**に変化

12.1.2 製法

閃亜鉛鉱を焙焼して得た酸化亜鉛に、コークスを混ぜて加工 工業的製法



12.1.3 反応

- 高温の水蒸気と反応 亜鉛  
**Zn + H<sub>2</sub>O → ZnO + H<sub>2</sub>↑**
- 塩酸と反応 亜鉛  
**Zn + 2 HCl → ZnCl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>↑**
- 水酸化ナトリウム水溶液と反応 亜鉛  
**Zn + 2 NaOH + 2 H<sub>2</sub>O → Na<sub>2</sub>[Zn(OH)<sub>4</sub>] + H<sub>2</sub>↑**

第Ⅱ部

典型金属

10 アルカリ金属

10.1 単体

10.1.1 性質

- 銀白色で455 金属
- 全体的に反応性が高く、456 中に保存
- 原子一個あたりの自由電子が457 個 (458 い459 結合)
- 還元剤として反応

化学式	Li	Na	K	Rb	Cs
融点	181℃	98℃	64℃	39℃	28℃
密度	0.53	0.97	0.86	1.53	1.87
構造	<span>460</span> 格子 ( <span>461</span> )				
イオン化エネルギー	大				小
反応力	小				大
炎色反応	<span>462</span> 色	<span>463</span> 色	<span>464</span> 色	<span>465</span> 色	<span>466</span> 色
用途	リチウムイオン電池の負極	トンネル照明 高速増殖炉の冷却材	磁気センサー 肥料 (K <sup>+</sup> )	光電池 年代測定	光電管 電子時計 (一秒の基準)

10.1.2 製法

水酸化物や塩化物の467 (468 法) 工業的製法

469 添加 (470 )

10.1.3 反応

- ナトリウムと酸素
- ナトリウムと塩素
- ナトリウムと水

10.2 水酸化ナトリウム（苛性ソーダ）

化学式：471

10.2.1 性質

- 472 色の固体
- 473 性
- 水によくとける（水との親和性が474 )
- 475 剤
- 強塩基性  
( 476  $K_1 = 1.0 \times 10^{-1}$ mol/L )

第Ⅱ部  
典型金属

10   アルカリ金属

10.1   単体

10.1.1   性質

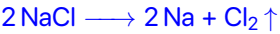
- 銀白色で(455)柔らかい金属
- 全体的に反応性が高く、(456)灯油中に保存
- 原子一個あたりの自由電子が(457)1 個（(458)弱い(459)金属結合）
- 還元剤として反応  
 $M \longrightarrow M^{+} + e^{-}$

化学式	Li	Na	K	Rb	Cs
融点	181℃	98℃	64℃	39℃	28℃
密度	0.53	0.97	0.86	1.53	1.87
構造	(460)体心立方格子（(461)軽金属）				
イオン化エネルギー	大 <span style="float:right">小</span>				
反応力	小 <span style="float:right">大</span>				
炎色反応	(462)赤色	(463)黄色	(464)赤紫色	(465)深赤色	(466)青紫色
用途	リチウムイオン電池の負極	トンネル照明 高速増殖炉の冷却材	磁気センサー 肥料（K <sup>+</sup> ）	光電池 年代測定	光電管 電子時計 （一秒の基準）

10.1.2   製法

水酸化物や塩化物の(467)溶融塩電解（(468)ダウンス法）[工業的製法](#)

(469)CaCl<sub>2</sub> 添加（(470)凝固点降下）



10.1.3   反応

- ナトリウムと酸素  
 $4\text{Na} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Na}_2\text{O}$
- ナトリウムと塩素  
 $2\text{Na} + \text{Cl}_2 \longrightarrow 2\text{NaCl}$
- ナトリウムと水  
 $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$

10.2   水酸化ナトリウム（苛性ソーダ）

化学式：(471)NaOH

10.2.1   性質

- (472)白色の固体
- (473)潮解性
- 水によくとける（水との親和性が(474)非常に高い）
- (475)乾燥剤
- 強塩基性  
（ $(476)\text{NaOH} \rightleftharpoons \text{Na}^{+} + \text{OH}^{-}$     $K_1 = 1.0 \times 10^{-1}\text{mol/L}$ ）

11.6   硫酸カルシウム

化学式：(583)

11.6.1   性質

(584)    を約 150℃ で加熱すると、(585)    が生成

(586)    を加えると、(587)    ・(588)    ・(589)    して(590)    に戻る

**用途** 医療用ギプス・石膏像・建材

11.7   硫酸バリウム

化学式：(591)

11.7.1   性質

- (592)    色で、水に(593)    固体
- 反応性が(594)    く、X 線を遮蔽

12   12 族元素

12.1   単体

12.1.1   性質

化学式	(595)	(596)	(597)
融点	420℃	321℃	−39℃
密度	7.1	8.6	13.6
M <sup>2+</sup> aq + H <sub>2</sub> S （沈澱条件）	(598)    色の(599)    ↓ (604)    )	(600)    色の(601)    ↓ (605)    )	(602)    色の(603)    ↓ (606)    )
特性	高温の水蒸気と反応 (608)    元素	Cd <sup>2+</sup> は Ca <sup>2+</sup> と類似 ⇒ イタイイタイ病	(607)    を作りやすい (609)    )
用途	(610)    （鉄にメッキ）	ニカド電池 (Ni-Cd)	体温計・蛍光灯

- 12 族の硫化物は(611)    や(612)    に利用
- HgS は 450℃ で消火させると(613)    色に変化

12.1.2   製法

閃亜鉛鉱を焙焼して得た酸化亜鉛に、コークスを混ぜて加工 [工業的製法](#)

12.1.3   反応

- 高温の水蒸気と反応 [亜鉛](#)

- 塩酸と反応 [亜鉛](#)

- 水酸化ナトリウム水溶液と反応 [亜鉛](#)

11.3 水酸化カルシウム（消石灰）

化学式：556**Ca(OH)<sub>2</sub>**

11.3.1 性質

- 557白色
- 水に558少し溶ける固体
- 559強塩基（560**Ca(OH)<sub>2</sub> ⇌ Ca(OH)<sup>+</sup> + OH<sup>-</sup>**  $K_1 = 5.0 \times 10^{-2}$ ）
- 水溶液は561石灰水

11.3.2 製法

562酸化カルシウムと563水 工業的製法



11.3.3 反応

- 塩素と反応して、564さらし粉が生成  
**Ca(OH)<sub>2</sub> + Cl<sub>2</sub> → CaCl(ClO) · H<sub>2</sub>O**
- 580°C 以上で565熱分解  
**Ca(OH)<sub>2</sub> → CaO + H<sub>2</sub>O**
- 二酸化炭素との反応  
**Ca(OH)<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub> → CaCO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O**
- 塩化アンモニウムとの反応  
**2 NH<sub>4</sub>Cl + Ca(OH)<sub>2</sub> → CaCl<sub>2</sub> + 2 NH<sub>3</sub> ↑ + 2 H<sub>2</sub>O**

11.4 炭酸カルシウム（石灰石）

化学式：566**CaCO<sub>3</sub>**

11.4.1 性質

- 567白色で、水に568溶けにくい
- 569鍾乳洞の形成

11.4.2 反応

- 800°C 以上で570熱分解  
**CaCO<sub>3</sub> → CaO + CO<sub>2</sub>**
- 571二酸化炭素を多く含む水に572溶解  
**CaCO<sub>3</sub> + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O ⇌ Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>**

11.5 塩化マグネシウム・塩化カルシウム

化学式：573**MgCl<sub>2</sub>**・574**CaCl<sub>2</sub>**

11.5.1 性質

575潮解性があり、水に576よく溶ける（水との親和性が577非常に高い）  
578乾燥剤 塩化カルシウム、579融雪剤

11.5.2 製法

- 海水から得た580にがり を濃縮 塩化マグネシウム 工業的製法
- 581アンモニアソーダ法（582ソルベー法） 塩化カルシウム 工業的製法

- 空気中の477 と反応して、純度が不明  
酸の標準溶液（478）を用いた中和滴定で濃度決定  
（）

10.2.2 製法

479 の480（イオン交換膜法） 工業的製法

10.2.3 反応

- 塩酸と水酸化ナトリウム
- 塩素と水酸化ナトリウム
- 二酸化硫黄と水酸化ナトリウム
- 酸化亜鉛と水酸化ナトリウム水溶液
- 二酸化炭素と水酸化ナトリウム

10.3 炭酸ナトリウム・炭酸水素ナトリウム

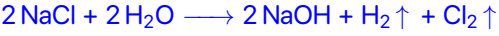
10.3.1 性質

名称	炭酸ナトリウム	炭酸水素ナトリウム
化学式	<span>481</span>	<span>482</span>
色	<span>483</span> 色	<span>484</span> 色
融点	850°C	<span>485</span>
液性	<span>486</span> 性	<span>487</span> 性
用途	<span>488</span> や石鹼の原料	胃腸薬・ふくらし粉

- 空気中の<sup>(477)</sup>二酸化炭素と反応して、純度が不明  
酸の標準溶液（<sup>(478)</sup>シュウ酸）を用いた中和滴定で濃度決定  
（ $(\text{COOH})_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow (\text{COONa})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ）

10.2.2 製法

<sup>(479)</sup>水酸化ナトリウム水溶液の<sup>(480)</sup>電気分解（イオン交換膜法）<sup>(工業的製法)</sup>



10.2.3 反応

- 塩酸と水酸化ナトリウム  
 $\text{HCl} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
- 塩素と水酸化ナトリウム  
 $2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$
- 二酸化硫黄と水酸化ナトリウム  
 $\text{SO}_2 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 酸化亜鉛と水酸化ナトリウム水溶液  
 $\text{ZnO} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$
- 二酸化炭素と水酸化ナトリウム  
 $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

10.3 炭酸ナトリウム・炭酸水素ナトリウム

10.3.1 性質

名称	炭酸ナトリウム	炭酸水素ナトリウム
化学式	<sup>(481)</sup> $\text{Na}_2\text{CO}_3$	<sup>(482)</sup> $\text{NaHCO}_3$
色	<sup>(483)</sup> 白色	<sup>(484)</sup> 白色
融点	850℃	<sup>(485)</sup> 熱分解
液性	<sup>(486)</sup> 塩基性	<sup>(487)</sup> 弱塩基性
用途	<sup>(488)</sup> ガラスや石鹼の原料	胃腸薬・ふくらし粉

11.3 水酸化カルシウム（消石灰）

化学式：<sup>(556)</sup>

11.3.1 性質

- <sup>(557)</sup> 色
- 水に<sup>(558)</sup> 固体
- <sup>(559)</sup> （<sup>(560)</sup>  $K_1 = 5.0 \times 10^{-2}$ ）
- 水溶液は<sup>(561)</sup>

11.3.2 製法

<sup>(562)</sup> と<sup>(563)</sup> <sup>(工業的製法)</sup>

11.3.3 反応

- 塩素と反応して、<sup>(564)</sup> が生成
- 580℃ 以上で<sup>(565)</sup>
- 二酸化炭素との反応
- 塩化アンモニウムとの反応

11.4 炭酸カルシウム（石灰石）

化学式：<sup>(566)</sup>

11.4.1 性質

- <sup>(567)</sup> 色で、水に<sup>(568)</sup>
- <sup>(569)</sup> の形成

11.4.2 反応

- 800℃ 以上で<sup>(570)</sup>
- <sup>(571)</sup> を多く含む水に<sup>(572)</sup>

11.5 塩化マグネシウム・塩化カルシウム

化学式：<sup>(573)</sup> ・<sup>(574)</sup>

11.5.1 性質

<sup>(575)</sup> 性があり、水に<sup>(576)</sup> （水との親和性が<sup>(577)</sup> ）  
<sup>(578)</sup> 剤 <sup>(塩化カルシウム)</sup>、<sup>(579)</sup> 剤

11.5.2 製法

- 海水から得た<sup>(580)</sup> を濃縮 <sup>(塩化マグネシウム)</sup> <sup>(工業的製法)</sup>
- <sup>(581)</sup> （<sup>(582)</sup> ） <sup>(塩化カルシウム)</sup> <sup>(工業的製法)</sup>



11 2 族元素

516Be, 517Mg, 518アルカリ土類金属

11.1 単体

11.1.1 性質

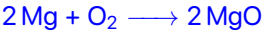
化学式	519Be	520Mg	521Ca	522Sr	523Ba
融点	1282°C	649°C	839°C	769°C	729°C
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.85	1.74	1.55	2.54	3.59
524還元力	小				大
水との反応	525反応しない	526熱水	527冷水	528冷水	529冷水
M(OH) <sub>2</sub> の水溶性	530難溶性 (531弱塩基性)		532可溶性 (533強塩基性)		
難溶性の塩	534MCO <sub>3</sub>		535MCO <sub>3</sub> , MSO <sub>4</sub>		
炎色反応	536示さない	537示さない	538橙赤	539紅	540黄緑
用途	X 線通過窓	フラッシュ	精錬の還元剤	発煙筒	ゲッター

11.1.2 製法

塩化物の541溶融塩電解 工業的製法

11.1.3 反応

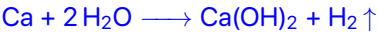
- マグネシウムの燃焼



- マグネシウムと二酸化炭素



- カルシウムと水



11.2 酸化カルシウム（生石灰）

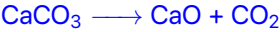
化学式：542CaO

11.2.1 性質

- 543白色
- 544水との親和性が545非常に高い (546乾燥剤)
- 547塩基性酸化物
- 水との反応熱が548非常に大きい (549加熱剤)

11.2.2 製法

550炭酸カルシウムの551熱分解

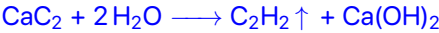


11.2.3 反応

- コークスを混ぜて強熱すると、552炭化カルシウム (553カーバイド) が生成



554水と反応して555アセチレンが生成



10.3.2 製法

(489) (490) 工業的製法

491

492

493

494

495

496

497

498

499

500

501

1

2

3

4

5

1. 502 の503

2. 504 と505

3. 506 に507 を溶解させてから、508 を溶解

4. 509 の510

5. 511 と512

10.3.3 反応

- Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 513  $K_1 = 1.8 \times 10^{-4}$

- NaHCO<sub>3</sub>  $\left\{ \begin{array}{ll} 514 & K_1 = 5.6 \times 10^{-11} \\ 515 & K_2 = 2.3 \times 10^{-8} \end{array} \right.$

10.3.2 製法

(489)アンモニアソーダ法 (490)ソルベー法 (工業的製法)

491CaCO<sub>3</sub>

492CaO

493Ca(OH)<sub>2</sub>

494CaCl<sub>2</sub>

495CO<sub>2</sub>

496H<sub>2</sub>O

497NaCl

498NaHCO<sub>3</sub>

499Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

500NH<sub>3</sub>

501NH<sub>4</sub>Cl

1

2

3

4

5

1. (502)炭酸カルシウムの(503)熱分解  
CaCO<sub>3</sub> → CaO + CO<sub>2</sub>

2. (504)酸化カルシウムと(505)水  
CaO + H<sub>2</sub>O → Ca(OH)<sub>2</sub>

3. (506)塩化ナトリウム水溶液に(507)アンモニアを溶解させてから、(508)二酸化炭素を溶解  
NaCl + NH<sub>3</sub> + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O → NH<sub>4</sub>Cl + NaHCO<sub>3</sub> ↓

4. (509)炭酸水素ナトリウムの(510)熱分解  
2 NaHCO<sub>3</sub> → Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> ↑

5. (511)水酸化カルシウムと(512)塩化アンモニウム  
2 NH<sub>4</sub>Cl + Ca(OH)<sub>2</sub> → CaCl<sub>2</sub> + 2 NH<sub>3</sub> ↑ + 2 H<sub>2</sub>O

2 NaCl + CaCO<sub>3</sub> → CaCl<sub>2</sub> + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

10.3.3 反応

- Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (513)CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> + H<sub>2</sub>O ⇌ HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + OH<sup>-</sup> K<sub>1</sub> = 1.8 × 10<sup>-4</sup>
- NaHCO<sub>3</sub> { (514)HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ⇌ H<sup>+</sup> + CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> K<sub>1</sub> = 5.6 × 10<sup>-11</sup>  
(515)HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + H<sub>2</sub>O ⇌ CO<sub>2</sub> + OH<sup>-</sup> + H<sub>2</sub>O K<sub>2</sub> = 2.3 × 10<sup>-8</sup>

無機化学

21/41

解答編

11 2 族元素

11 2 族元素

(516) , (517) , (518)

11.1 単体

11.1.1 性質

化学式	(519)	(520)	(521)	(522)	(523)
融点	1282°C	649°C	839°C	769°C	729°C
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.85	1.74	1.55	2.54	3.59
(524) 力	小				大
水との反応	(525)	(526)	(527)	(528)	(529)
M(OH) <sub>2</sub> の水溶性	(530)	性 (531)	性 (532)	性 (533)	性 (534)
難溶性の塩	(535)		(536)		
炎色反応	(537)	(538)	(539)	(540)	(541)
用途	X 線通過窓	フラッシュ	精錬の還元剤	発煙筒	ゲッター

11.1.2 製法

塩化物の(541) (工業的製法)

11.1.3 反応

- マグネシウムの燃焼
- マグネシウムと二酸化炭素
- カルシウムと水

11.2 酸化カルシウム（生石灰）

化学式：(542)

11.2.1 性質

- (543) 色
- (544) との親和性が(545) (546) )
- (547) 酸化物
- 水との反応熱が(548) (549) )

11.2.2 製法

(550) の(551)

11.2.3 反応

- コークスを混ぜて強熱すると、(552) (553) ) が生成  
  
(554) と反応して(555) が生成

無機化学

22/41

空欄編