

高2化学総合S・SA 練習問題（無機化学）【解答】

1 元素の周期表と性質

- 解答** (1) (a) 陽子の数(原子番号) (b) 周期 (c) 族 (d) 族
 (e) アルカリ金属元素 (f) 1 (g) 陽 (h) 貴ガス元素(希ガス元素)
 (i) ハロゲン元素 (j) 1 (k) 陰
 (2) (a) ア, イ, ウ, エ (b) ウ (c) イ
 (3) (a) キ (b) ウ (c) オ (d) エ

解説 アルカリ金属元素(Hを除く1族元素)…………… 1価の陽イオンになりやすい
 アルカリ土類金属元素(2族元素)…………… 2価の陽イオンになりやすい
 ハロゲン元素(17族元素)…………… 1価の陰イオンになりやすい
 貴ガス元素(18族元素)…………… イオンになりにくい

- (2) (a) (ア), (イ), (ウ), (エ)… 金属元素
 (オ), (カ), (キ), H… 非金属元素
 (b) (ウ) 3~12族元素は遷移元素, それ以外(1, 2, 13~18族元素)は典型元素である。

2 第3周期の元素

- 解答** (1) P (2) Na (3) Na, Mg, Al (4) Cl (5) S (6) Na, Mg
 (7) S, Cl

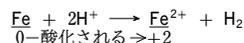
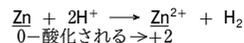
解説 第3周期の元素の性質をまとめると, 表ようになる。

元素	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
族	1	2	13	14	15	16	17	18
価電子の数	1	2	3	4	5	6	7	0
イオン化エネルギー	Na 496	Mg 738	Al 578	Si 787	P 1012	S 1000	Cl 1251	Ar 1321
金属・非金属	金属			非金属				
分子	Na	Mg	Al	Si	P ₄	S ₈	Cl ₂	Ar
最大の酸化数	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	0
酸化物	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₄ O ₁₀	SO ₃	Cl ₂ O ₇	—
	塩基性		両性	酸性				—
水素化合物	NaH	MgH ₂	—	SiH ₄	PH ₃	H ₂ S	HCl	—
	—		—	塩基		酸		—

3 水素

- 解答** (a) イオン化傾向 (b) 電気分解 (c) 炭化水素 (d) 軽 (e) 還元
 (f) 水

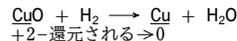
解説 (a) 水素よりイオン化傾向の大きい金属は, 塩酸, 希硫酸中のH⁺に電子を与えて水素を発生させる。



(c) 工業的には, 天然ガスや石油から得た炭化水素(炭素と水素の化合物)と水蒸気との反応で, 水素をつくらしている。



- (d) H₂の分子量は2.0で全物質中最も小さい。したがって, 気体のうち最も密度が小さい(軽い)。
 (e), (f) 水素は酸化銅(II)から酸素を奪い, 酸化された銅をもとの銅にもどす(還元する)はたらしきをする。



4 貴ガス

- 解答** (a) 18 (b) 貴ガス(希ガス) (c) 2 (d) 8 (e) 0 (f) 低く
 (g) ほとんどつからない (h) 単原子分子

解説 HeのK殻や, NeのK殻・L殻は閉殻となっていて, 安定である。また, Ar以降の貴ガスは, それぞれ最も外側の電子殻に8個の電子が入っていて, 閉殻と同じような安定な状態である。そのため, 価電子の数は0とする。

5 ハロゲン

- 解答** (1) (a) 17 (b) 1 (c) 陰 (d) 2
 (2) フッ素: 気体, 淡黄色 塩素: 気体, 黄緑色
 臭素: 液体, 赤褐色 ヨウ素: 固体, 黒紫色

解説 ハロゲン元素の原子は1価の陰イオンになりやすい。単体はすべて二原子分子である。

単体は一般に酸化力があり, その強さは, 原子番号が小さいほど強い。

〈ハロゲンの酸化力〉F₂>Cl₂>Br₂>I₂

ハロゲン	F ₂	Cl ₂	Br ₂	I ₂
常温での状態(色)	気体 (淡黄色)	気体 (黄緑色)	液体 (赤褐色)	固体 (黒紫色)
沸点[℃]	-188	-34	59	184
水素との反応	低温, 暗所でも爆発的に反応する。	常温で光を当てると爆発的に反応する。	高温で反応する。	高温で反応するが, 逆反応も起こる。
水との反応	激しく反応して酸素を発生する。	水に少し溶け, その一部が水と反応する。	塩素と同様の反応をするが, 塩素より弱い。	水に溶けにくく, 反応しにくい。

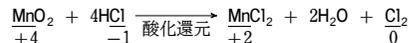
6 塩素

- 解答** (1) $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$
 (2) 酸化剤
 (3) (A) 水 役割: 未反応の塩化水素を除去する。
 (B) 濃硫酸 役割: 水蒸気を除去する。
 (4) 下方置換 塩素は水に溶け, 空気より重いから。

解説 (1) 実験室での塩素の製法には, さらに粉に塩酸を加える方法もある。



(2) MnO₂が還元され, HClが酸化される。



(3) 酸化マンガン(IV)に濃硫酸を加えて加熱すると, 生じた塩素のほかに塩酸からの塩化水素や水蒸気も発生する。そのため, 発生した気体を水に通すことで水に溶けやすい塩化水素を除去し, 次に濃硫酸の吸湿性を利用して水蒸気を除去する。

- (4) 塩素は水に溶け, また空気より重いので, 下方置換で捕集する。
 〈気体の捕集法〉
 水上置換 …… 水に溶けにくい気体
 例 H₂, O₂, N₂, NO, CO, C₂H₂(アセチレン)
 上方置換 …… 水に溶け, 空気より軽い気体(分子量が29より小さい気体)
 例 NH₃
 下方置換 …… 水に溶け, 空気より重い気体(分子量が29より大きい気体)
 例 Cl₂, HCl, H₂S, SO₂, NO₂, CO₂

7 ハロゲン化水素

- 解答** (a) 17 (b) 刺激臭 (c) 無色 (d) 気体 (e) 高くなる (f) 高い
 (g) 水素 (h) HF (i) HF

解説 (e), (f), (g) ふつう, 類似の構造をもつ化合物は, 分子量の増加に伴って沸点が高くなる。分子間に水素結合を形成するHFは, 他のハロゲン化水素より分子間力が強く, 沸点が高い。

ハロゲン化水素	HF	HCl	HBr	HI
常温での状態(色)	気体 (無色)	気体 (無色)	気体 (無色)	気体 (無色)
沸点[℃]	20	-85	-67	-35
水溶液の名称(性質)	フッ化水素酸 (弱酸性)	塩酸 (強酸性)	臭化水素酸 (強酸性)	ヨウ化水素酸 (強酸性)
Ag ⁺ との反応	沈殿をつくらない	AgCl(白)が沈殿	AgBr(淡黄)が沈殿	AgI(黄)が沈殿

8 酸素

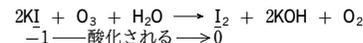
- 解答** (a) 液体空気 (b) 触媒 (c) 紫外 (d) 同素体 (e) 淡青
 (f) 酸化 (g) 青
 ① $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ ② $2\text{KClO}_3 \rightarrow 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$
 ③ $3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{O}_3$

解説 (a) 空気を圧縮・冷却して液体にした後, これを分留して, 窒素, 酸素, アルゴンを工業的に得ている。

(b) 実験室では, 酸化マンガン(IV)を触媒にして, 過酸化水素や塩素酸カリウムを分解してつくる。

(c) 成層圏では, 太陽からの紫外線を吸収して, 酸素がオゾンになる。地上20km付近にオゾン層を3×10⁻⁴% (体積)程度含む層(オゾン層)が存在する。オゾン層は有害な紫外線を吸収し, 地上に達するのを防いでいる。放電や紫外線照射などにより, 酸素にエネルギーを加えてもオゾンが生じる。

(f) O₃は強い酸化作用を示す。例えば, ヨウ化カリウム水溶液にオゾンを通じると, I⁻が酸化されてI₂が生じる。



9 二酸化硫黄

- 解答** (a) 無 (b) 有 (c) 還元 (d) 酸化
 ① $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$
 ② $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$

高2化学総合S・SA 練習問題（無機化学）【解答】

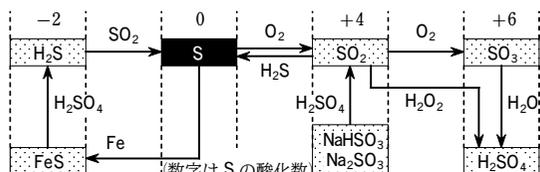
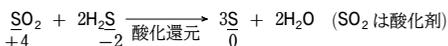
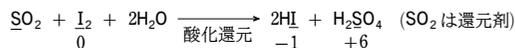
- ③ $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$
 ④ $\text{SO}_2 + \text{I}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HI} + \text{H}_2\text{SO}_4$
 ⑤ $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \rightarrow 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$

解説 ① 亜硫酸塩に硫酸を反応させると、水と二酸化硫黄と硫酸塩になる。



弱酸の塩 + 強酸 → 強酸の塩 + 弱酸

- ② 濃硫酸を加熱すると強い酸化作用を示し、銅を溶かして二酸化硫黄を発生する。
 ③ 二酸化硫黄は酸性酸化物で、二価の酸としてはたらく。水中では水と反応して H^+ を生じる。
 ④, ⑤ SO_2 は、相手により還元剤としても酸化剤としても作用する。
 H_2S は強い還元剤としてはたらくため、 SO_2 と H_2S との反応では SO_2 は酸化剤としてはたらく。



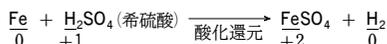
10 硫酸の反応

解答 A: 濃硫酸 B: 濃硫酸 C: 希硫酸 D: 濃硫酸

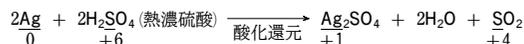
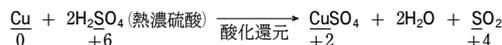
- (a) 水素 (b) 二酸化硫黄

解説 (1), (2) 濃硫酸は、吸湿性(たとえば空気中の水分を吸収する)が高く、脱水作用(化合物から H と O を 2:1 の割合で奪う)を示す。

- (3) 希硫酸は強い酸性を示す。希硫酸の金属に対するはたらきは H^+ によるもので、イオン化傾向が水素より大きい金属と反応して、水素を発生する。



- (4) 加熱した濃硫酸には強い酸化作用があり、イオン化傾向が水素より小さい Cu や Ag とも反応して、二酸化硫黄を発生する。



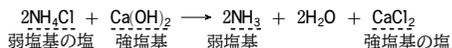
11 アンモニアの合成

解答 (1) $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

- (2) アンモニアは水によく溶け、空気よりも軽いため。(23 字)

- (3) 発生した気体に含まれる水分を吸収する。
 (4) ・水で濡らした赤色リトマス紙を近づけると、青色に変化する。(28 字)
 ・濃塩酸をつけたガラス棒を近づけると、白煙が生じる。(25 字)

解説 (1) 弱塩基である NH_3 が遊離する。



- (3) この反応では NH_3 とともに H_2O も発生する。純度の高い NH_3 を得るため、ソーダ石灰を乾燥剤として用いて H_2O を取り除く。なお、 NH_3 は塩基であるため、乾燥剤として十酸化四リン P_4O_{10} や濃硫酸はいることができない。また、 NH_3 は塩化カルシウム CaCl_2 と反応してしまうため、 CaCl_2 を用いることもできない。

補足 中和反応が起こるときや試料が水和物であるとき、試料が吸湿しているときなど、加熱により水が生じることが予想される場合は、試験管の口を底部よりも下げる。これは、生じた水が水滴となって加熱部に流れ込み、試験管が割れることを防ぐためである。

- (4) NH_3 は水に溶けると塩基性を示すので、濡らした赤色リトマス紙を青色に変化させる。また、濃塩酸から揮発した HCl と NH_3 が反応すると、固体の塩化アンモニウム NH_4Cl の白煙が生じる。

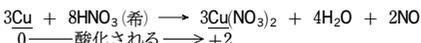
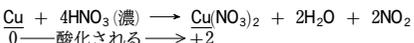
12 硝酸と窒素酸化物

解答 ア, エ

解説 希硝酸と濃硝酸では、反応が異なる場合がある。例えば、酸化作用を示すときに生じる窒素酸化物は、希硝酸では NO 、濃硝酸では NO_2 である。

NO は無色で水に溶けないが、 NO_2 は赤褐色で水に溶ける。

(ア) 誤り。濃硝酸も希硝酸も酸化作用を示す。



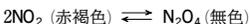
(イ) 正しい。Fe, Al, Ni を濃硝酸に入れると、表面に酸化物の被膜をつくり、反応が進まない。この状態を不動態という。

(ウ) 正しい。(ア) の反応式を参照。

(エ) 誤り。 NO は無色であるが、空気に触れると直ちに酸化されて赤褐色の NO_2 になる。



常温では、 NO_2 の一部が無色の N_2O_4 になる。



13 リン

解答 (a) 黄リン (b) 有(猛) (c) 水 (d) 赤リン

(e) 同素体 (f) 白 (g) 十酸化四リン (h) リン酸



解説 リンの同素体には黄リンと赤リンがあり、構造、外観、毒性などが異なる。黄リンや赤リンが燃焼すると、ともに P_4O_{10} ができる。 P_4O_{10} は酸性酸化物で、熱水と反応して H_3PO_4 になる。

同素体	黄リン	赤リン
外観	淡黄色ろう状固体	赤褐色粉末
融点	44℃	高い
発火点	34℃	260℃
毒性	猛毒	少ない
燃焼後	P_4O_{10} になる	

14 肥料

解答 (1) 窒素, リン, カリウム

- (2) (a) リン (b) カリウム (c) 窒素

- (3) 窒素: NH_4^+ , NO_3^- など リン: H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} など
 カリウム: K^+

解説 (2) 窒素はタンパク質や核酸の構成元素であり、茎や葉の発育に必要である。

リンは核酸の構成元素であり、種子や根、若芽の成長点に多く含まれる。発芽や細胞分裂に必要である。

カリウムは浸透圧の調節や代謝に重要な元素である。

15 炭素

解答 (1) (a) 同素体 (b) 無 (c) ダイヤモンド (d) 電気 (e) 黒

(f) 黒鉛 (g) 無定形炭素 (h) フラーレン

(i) カーボンナノチューブ

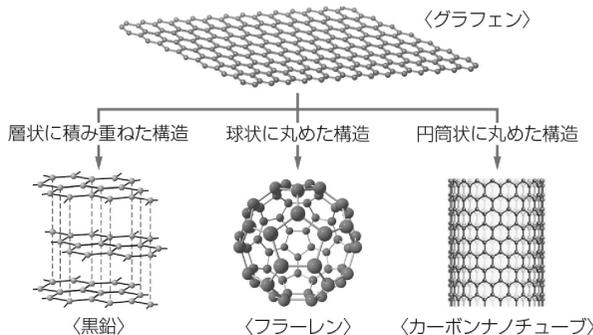
- (2) (c) イ (f) ア (h) ウ (i) エ

- (3) (c) は、炭素原子の 4 個の価電子すべてを共有結合に使っているため、電気伝導性を示さない。一方 (f) は、4 個の価電子のうち 3 個を共有結合に使い、残りの 1 個が結晶内を自由に動かすため、電気伝導性を示す。

解説 ダイヤモンドでは、1 個の炭素原子は 4 個の価電子を用いて 4 個の炭素原子と共有結合し、正四面体の中心と 4 つの頂点という位置関係で配列している。

黒鉛では、1 個の炭素原子は 3 個の価電子を用いて 3 個の炭素原子と共有結合し、正六角形の連続した平面をつくり、それが積み重なっている。残りの 1 個の価電子は、平面構造の中を自由に移動できるため、黒鉛の結晶は電気伝導性を示す。

黒鉛一層分だけからなる薄膜状の物質を、グラフェンという。グラフェンを球状に丸めた構造の物質をフラーレン、円筒状に丸めた構造の物質をカーボンナノチューブという。

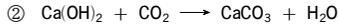


16 CO2 と CO

解答 (a) 塩酸 (b) 塩化水素 (c) ギ酸 (d) 濃硫酸 (e) 無 (f) 無

高2化学総合S-SA 練習問題（無機化学）【解答】

(g) 下方置換 (h) 水上置換 (i) 石灰



解説 CO_2 はふつう、石灰石と塩酸の反応でつくる。このとき、 HCl が揮発して CO_2 に混ざることがあるので、発生気体を NaHCO_3 水溶液に通じ、 HCl を除く。



CO はふつう、ギ酸と濃硫酸の混合物を加熱してつくる。ギ酸の脱水反応で、硫酸は触媒としてはたらく。

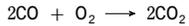


CO_2 は水に溶け、空気より重いので下方置換で捕集する。 CO は水に溶けないので水上置換で捕集する。

補足 CO_2 は酸性酸化物で、 NaOH と反応する。



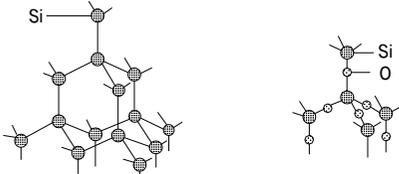
CO はふつうの状態では酸とも塩基とも反応しない。点火すると青白い炎をあげて燃焼し、 CO_2 になる。



17 ケイ素とその酸化物

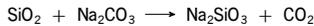
解答 (a) 共有結合の (b) 二酸化ケイ素 (c) 水晶 (d) ケイ酸ナトリウム (e) 水ガラス

解説 ケイ素 Si の単体や二酸化ケイ素 SiO_2 は、ダイヤモンドと同様の構造をもつ共有結合の結晶で、融点が高い。

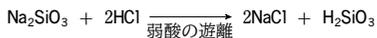


<ケイ素の単体の構造> <二酸化ケイ素の構造の一例>

SiO_2 に NaOH や Na_2CO_3 を加えて高温で融解すると Na_2SiO_3 が生じる。



Na_2SiO_3 に水を加えて加熱すると水ガラスが得られ、さらに塩酸を加えると、弱酸のケイ酸が遊離する。



18 セラミックス

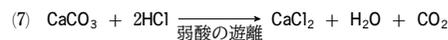
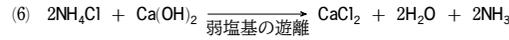
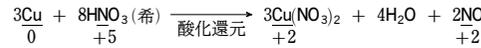
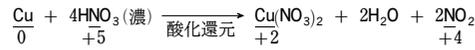
解答 (a) 土器 (b) ガラス (c) 陶器 (d) 磁器 (e) セメント (f) コンクリート (g) 塩基 (h) 酸

解説 (g)、(h) コンクリートは、 Ca(OH)_2 などの塩基を含むので、強い酸性の雨が降ると、反応して徐々に強度が下がってしまう。

19 気体の発生

解答 (1) NO_2 , A (2) NO , A (3) Cl_2 , A (4) H_2S , B (5) SO_2 , A (6) NH_3 , C (7) CO_2 , B

解説 (1)、(2) 銅との反応において、濃硝酸と希硝酸では発生する気体が異なる。



<酸と金属の反応>

イオン化傾向	Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	(H ₂)	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
塩酸	反応してH ₂ が発生												反応しない				
希硫酸	反応してH ₂ が発生												反応しない				
熱濃硫酸	反応しておもにSO ₂ が発生												反応しない				
希硝酸	反応しておもにNOが発生												反応しない				
濃硝酸	反応しておもにNO ₂ が発生※1												反応しない				

※1 Al, Fe, Ni は不動態になるため、濃硝酸には溶けない。
 ※2 Pt, Au は単独の酸に溶けないが、濃硝酸と濃硫酸の体積比 1:3 の混合物である王水には溶ける。
 ※3 Pb は PbCl_2 や PbSO_4 など水に難溶の塩をつくるため、塩酸や硫酸とは反応しにくい。

20 気体の特徴と捕集

解答 (1) (a) エ (b) オ (c) ア (2) (ア) ③ (イ) ① (ウ) ③ (エ) ② (オ) ① (カ) ①

解説 (ア)~(カ) の気体の性質をまとめると、次表のようになる。

気体	色	におい	分子量	水溶性	液性
CO	無	無	28	難溶	—
HCl	無	刺激臭	36.5	溶	強酸性
N ₂	無	無	28	難溶	—
NH ₃	無	刺激臭	17	溶	弱塩基性
H ₂ S	無	腐卵臭	34	溶	弱酸性
SO ₂	無	刺激臭	64	溶	弱酸性

- (1) (c) 無臭で水に溶けにくい気体として、 CO と N_2 が考えられる。 CO は空気中で点火すると青白い炎をあげて燃える。 N_2 は、常温では化学反応を起こさない。
- (2) ① 下方置換：水に溶けやすく、空気より重い気体を捕集。
 ② 上方置換：水に溶けやすく、空気より軽い気体を捕集。
 ③ 水上置換：水に溶けにくい気体を捕集。

21 元素の性質と周期表

解答 (1) X_2 ：窒素 N_2 、酸素 O_2 、フッ素 F_2 、塩素 Cl_2
 X_3 ：オゾン O_3 X_4 ：黄リン P_4

(2) (a) ケイ素 (b) 塩素 (c) 硫黄 (d) 酸素、ケイ素、アルミニウム (3) Ga：31, In：49

解説 (1) 二原子分子の単体は N_2 , O_2 とハロゲン、三原子分子はオゾン O_3 、四原子分子は黄リン P_4 、八原子分子は硫黄 S_8 である。ただし、黄リンは P、硫黄は S と表すことも多い。

(2) (a) 与えられた元素の単体では、共有結合の結晶をつくるケイ素の融点 (1410℃) が最も高い。

(b) 酸化数が +7 とするのは、F を除くハロゲン元素と 7 族の Mn である。塩素のオキソ酸には、表のようなものがある。

名称	分子式	Cl の酸化数
次亜塩素酸	HClO	+1
亜塩素酸	HClO_2	+3
塩素酸	HClO_3	+5
過塩素酸	HClO_4	+7

(c) 酸性雨の原因物質は硫黄酸化物 SO_x と窒素酸化物 NO_x であり、同素体のある元素は S, C, O, P なので、硫黄が該当する。

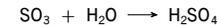
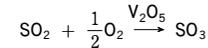
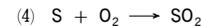
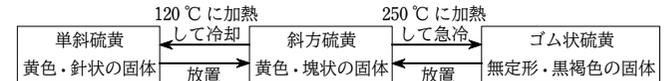
(d) 地殻に含まれる元素の存在率(質量%)は、酸素、ケイ素、アルミニウム、鉄、カルシウムの順に多い。

(3) Al の原子番号は 13 である。第 4 周期、第 5 周期では、1~18 族のすべての族に元素が 1 つずつ入るので、Ga は Al より 18, In は Ga より 18, それぞれ原子番号が大きい。

22 酸素と硫黄

解答 (1) (a) 16 (b) 6 (c) 2 (d) オゾン (e) 同素体 (f) 単斜硫黄またはゴム状硫黄 (g) 三酸化硫黄 (2) 分子間に水素結合が生じているから。(17 字) (3) 接触式硫酸製造法(接触法) (4) 30 kg

解説



S (原子量 32) 1 mol から、 H_2SO_4 (分子量 98) 1 mol が得られるから、
 S 9.6 kg (= 9.6×10^3 g) から得られる H_2SO_4 の質量は、

$\frac{9.6 \times 10^3 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} \times 98 \text{ g/mol}$
 $\text{S の物質量} = \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ の物質量}$

したがって、得られる 98% の硫酸は、

高2化学総合S・SA 練習問題（無機化学）【解答】

$$\frac{9.6 \times 10^3 \text{ g}}{32 \text{ g/mol}} \times 98 \text{ g/mol} \times \frac{100}{98} = 30 \times 10^3 \text{ g} = 30 \text{ kg}$$

H₂SO₄の質量 98%より

23酸性雨

- 【解答】 (a) 二酸化炭素 (b) 硫酸酸化物 (c) 窒素酸化物 (d) 石油
(e) 硫黄 (f) 10 (g) 窒素 (h) 硫酸 (i) 硝酸 (j) 5×10^{-5}

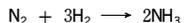
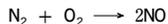
【解説】 (a) 空気中のCO₂が水に溶けて電離し、H⁺が生じるため、雨水はpH=5.6の酸性を示す。



(f) ppm(parts per million)は、100万分の1(10⁶分の1)を表す。

$$\frac{0.01 \text{ g}}{1 \times 10^3 \text{ g}} \times 10^6 = 10 \text{ (ppm)}$$

(g) 窒素は低温では安定であるが、高温ではO₂やH₂と反応する。



NOが生じる反応は、自然界では雷の放電のときに起こる。

自動車の排気ガス処理には、NO以外の有害物質のCOや未燃焼の炭化水素も同時に処理する方法が考えられている。



(j) pH=4 ⇒ [H⁺]= 1×10^{-4} mol/L

硫酸は2価の強酸で、電離度は1としてよい。求める濃度をx [mol/L]とすると、

[H⁺]=酸の価数×濃度×電離度より、

$$[\text{H}^+] = 2 \times x \text{ (mol/L)} \times 1 = 1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$x = 5 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

24混合気体

【解答】 水素： 1.0×10^{-4} mol、一酸化炭素： 2.0×10^{-4} mol、

アンモニア： 2.0×10^{-4} mol

平均分子量：18

【解説】 初めの混合気体中の水素H₂(分子量2.0)、一酸化炭素CO(分子量28)、アンモニアNH₃(分子量17)の物質量を、それぞれx[mol]、y[mol]、z[mol]とする。混合気体を水に十分通すと、NH₃のみが水に溶ける。この水溶液を0.010 mol/Lの塩酸で滴定しているので、

$$\frac{1 \times 0.010 \text{ mol/L} \times \frac{20}{1000} \text{ L} = 1 \times z \text{ [mol]}}{\text{HClから生じるH}^+} = \frac{\text{NH}_3から生じる\text{OH}^-}{\text{NH}_3から生じる\text{OH}^-}$$

$$z = 2.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

残りの気体を完全燃焼させると、H₂OとCO₂が得られる。これらを塩化カルシウム管に通すとH₂Oのみ吸収されるので、質量増加からH₂Oが1.8 mg生じたとわかる。H₂1 molの完全燃焼でH₂Oが1 mol生じるので、

$$x = \frac{1.8 \times 10^{-3} \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

H₂Oの物質量

最後に残ったCO₂を石灰水に通じると、炭酸カルシウムCaCO₃(式量100)の白色沈殿が生じる。



CO1 molの完全燃焼でCO₂が1 mol生じ、CO₂1 mol当たりCaCO₃が1 mol生じるので、

$$y = \frac{20 \times 10^{-3} \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} = 2.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

CaCO₃の物質量

x : y : z = 1 : 2 : 2なので、混合気体の平均分子量は、

$$2.0 \times \frac{1}{5} + 28 \times \frac{2}{5} + 17 \times \frac{2}{5} = 18.4 \approx 18$$

25ガラス

【解答】 (1) アモルファス(非晶質)

(2) (b) ウ (c) ア (d) オ (e) イ (f) エ (g) カ

(3) イ (4) オ

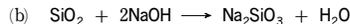
(5) (a) フッ化水素酸がガラスを侵すため。(16字)

(b) 栓と瓶が固着してしまうため。(14字)

【解説】 (2) 防水や装飾の目的で、材料をガラスでコーティングすることがある。例えば、陶器や磁器の焼成前に釉薬を塗ると、ガラスによってコーティングされたものが焼き上がる。また、金属をガラスでコーティングしたものが七宝(しっぽう)や瑛瑯(ほうろう)である。

(4) 実験用のガラス器具としてよく用いられるものはホウケイ酸ガラスである。石英ガラスも耐熱性と耐薬品性が高いため実験器具に用いられることがあるが、非常に高価なので、試料にNaやBが混入することを避けたい場合など、特殊な用途に限って用いられる。

(5) ガラスの主成分のSiO₂は、HFやNaOHの水溶液に侵される。



栓と瓶のすり合わせの部分にNa₂SiO₃が生じて固着してしまう。

【補足】 NaOHの水溶液をポリエチレン製の容器に保存した場合でも、空気中のCO₂と反応してNa₂CO₃の固体が生じ、栓と瓶の固着の原因になることもある。

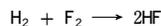
26いろいろな無機物質

【解答】 (1) A : F₂ B : H₂ C : O₂ D : HF E : H₂O

(2) (a) 誤 (b) 正 (c) 誤 (d) 正 (e) 誤 (f) 誤 (g) 誤

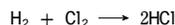
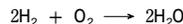
(h) 誤 (i) 誤 (j) 誤

【解説】 (1) 二原子分子の気体の単体はH₂、N₂、O₂、F₂、Cl₂である。これらのうち混合するだけで爆発的に反応するのは、H₂とF₂である。



したがって、DはHFである。また、点火すると爆発的に反応するのは、

H₂とO₂またはH₂とCl₂の混合気体である。



生成物Eは三原子分子であるから、EはH₂O。よって、BはH₂、CはO₂、

AはF₂となる。F₂はH₂Oと激しく反応して酸素を発生する。



(2) (a) 誤 Arの原子量は40で空気(平均分子量29)より重いので、浮揚物には利用できない。

(b) 正 ClO⁻は酸化力があり、Cl⁻を酸化してCl₂にする。



(c) 誤 酸化力の強さはHClO>HClO₂>HClO₃>HClO₄の順、酸性の強さはHClO<HClO₂<HClO₃<HClO₄の順である。

(d) 正 硫黄の同素体のうち斜方硫黄が常温で最も安定であるので、単斜硫黄、ゴム状硫黄を常温で放置すると斜方硫黄に変わる。

(e) 誤 硝酸は揮発性の酸なので、その塩である硝酸カリウムと濃硫酸(不揮発性の酸)を混合して加熱すると、次のように反応して、硝酸が遊離する。



(f) 誤 黄リンは空気中で自然発火するので、水中に保存する。

(g) 誤 ケイ素の結晶の中にSi原子(価電子4個)の代わりにP原子(価電子5個)を入れると、価電子1個が余剰になり、その電子が自由電子として結晶中を動くので、電気伝導性が大きくなる。

(h) 誤 Siの価電子は4個で、Si1原子にO4原子が結合してSiO₄の正四面体形をつくる。このSiO₄の四面体がO原子を共有して三次元的に結合した物質が二酸化ケイ素である。O原子は2個のSi原子に共有されるので、Si原子1個当たりのO原子は $\frac{1}{2} \times 4$ 個=2個となり、組成式はSiO₂となる。

(i) 誤 尿素CO(NH₂)₂は加水分解せず、中性の肥料である。土壌を酸性にすると、この欠点をもつのは、硫酸アンモニウム(硫安)(NH₄)₂SO₄や塩化アンモニウム(塩安)NH₄Clである。

(j) 誤 リン酸カルシウムCa₃(PO₄)₂は水に溶けないので、そのままでは肥料として役立たない。硫酸と反応させて水溶性のリン酸二水素カルシウムとして肥料に用いている。



27気体の発生

【解答】 (1) Zn + H₂SO₄ → ZnSO₄ + H₂ (2) Fe (3) B → C → A

(4) 亜鉛粒：F、希硫酸：E

【解説】 (a) はキップの装置といい、固体(塊)と液体を常温で反応させ、気体を発生させるときに用いる。右図の状態からコックを開くと、希硫酸がAから下がり、Cを経てBまで上がる。亜鉛粒と希硫酸が接触すると、H₂が発生する。

コックを閉じると、B内にH₂がたまり、圧力が高くなるので希硫酸が押し下げられる。希硫酸はBからCに下がってAに上がり、希硫酸が亜鉛粒と接触しなくなると反応が止まる。

(2) 希硫酸は、イオン化傾向がH₂より大きい金属と反応してH₂を発生するので、Feとは反応して水溶性のFeSO₄とH₂を生じる。

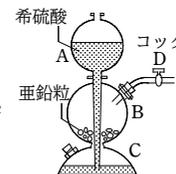


Pbとは反応してPbSO₄を生じるが、PbSO₄は難溶性のため、Pbの表面がPbSO₄で覆われ反応が進まないで用いられない。

Cuはイオン化傾向がH₂より小さく、反応しない。

(4) ふたまた試験管では、へこみのあるほうの管に固体試薬を、反対側の管に液体試薬を入れる。

このとき、先に固体試薬を入れることで、混合前にぬれた器壁と固体試薬が接触するのを防ぐことができる。また、へこみのあるほうに固体試薬を入れるのは、操作

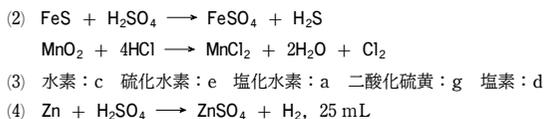


高2化学総合SA 練習問題（無機化学）【解答】

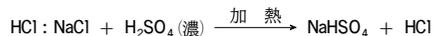
中にふたまた試験管を傾けるとときに、固体試薬が液体試薬のほうに落ちるのを防ぐためである。

28 気体の性質と製法

解答 (1) ① FeS ② NaCl ③ Na₂SO₃ ④ MnO₂



解説 (1), (2) $H_2S : FeS + H_2SO_4(希) \xrightarrow{\text{弱酸の遊離}} FeSO_4 + H_2S$



(3) 有色の気体の中で重要なものはCl₂(黄緑色)とNO₂(赤褐色)で、気体の色よりdはCl₂。また、fはNO₂で、bは空気に触れると赤褐色(NO₂)になることからNOとわかる。

無臭で、O₂と点火により爆発的に反応するcはH₂。また、腐卵臭があるeはH₂S。気体の強酸の代表はHCl, HBr, HIで、表よりaはHCl。硫酸の工業的製法(接触式硫酸製造法)の原料であるgはSO₂。

(4) H₂SO₄ 1 molからH₂ 1 molが発生するから、必要な希硫酸の体積をx [L]とすると、

$$\frac{2.0 \text{ mol/L} \times x [\text{L}]}{H_2SO_4 \text{ の物質質量}} = \frac{1.12 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \quad x = 0.025 \text{ L} = 25 \text{ mL}$$

29 アルカリ金属元素

解答 (a) 1 (b) 1 (c) 小 (d) 1 (e) 陽 (f) 銀白(銀) (g) 低 (h) 小 (i) 水素 (j) 水酸化物 (k) 白(無) (l) やす

解説 アルカリ金属元素は、周期表1族の金属元素Li, Na, K, Rb, Cs, Frの総称である。

アルカリ金属元素のイオンは大きく、価電子も1個と少ないため、金属結合の結合力は小さい。そのため、単体はやわらかく、融点が高い。

30 1族と2族の元素

解答 (1) アルカリ金属元素 (2) アルカリ土類金属元素 (3) a, c (4) a (5) ① イ, ウ, エ ② ア, エ, カ

解説 (1) アルカリ金属元素は、1族元素のうちHを除いた元素である。
 (2) アルカリ土類金属元素は、2族元素のうちBe, Mgを除いた元素である。
 (3) アルカリ金属元素, Ca, Sr, Ba, Cuなどは、それぞれの元素に特有の炎色反応を示す。
 (4) アルカリ金属元素, アルカリ土類金属元素ともに陽性を示す。同一周期ではアルカリ金属元素のほうが陽性が強い。
 (5) アルカリ土類金属元素のうちCa, Sr, Ba, Raの性質はアルカリ金属元素に似ているが、塩の水への溶解度は異なる点が多い。

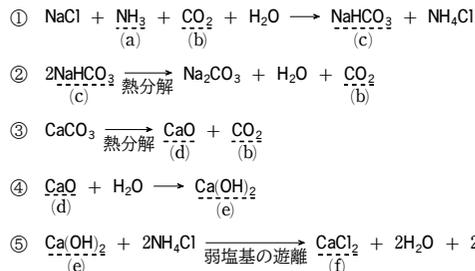
Mgもアルカリ土類金属元素であるが、次の表のような点でCa, Sr, Ba, Raと性質が異なるため、アルカリ土類金属元素に含めない。

元素	アルカリ土類金属元素	
	Ca, Sr, Ba, Ra	Mg
なりやすいイオン	1価の陽イオン	2価の陽イオン
単体と水(常温)の反応	反応する(水素が発生)	(ほとんど)反応しない
炎色反応	示す	示さない
酸化物と水の反応	水酸化物になる	
酸化物と酸の反応	塩を生成する	
水酸化物の水溶性	溶ける(Ca(OH) ₂ の溶解度は小さい)	溶けにくい
炭酸塩の水溶性	溶ける	溶けにくい
硫酸塩の水溶性	溶ける	溶ける

31 炭酸ナトリウムの工業的製法

解答 (a) アンモニア (b) 二酸化炭素 (c) 炭酸水素ナトリウム (d) 酸化カルシウム (e) 水酸化カルシウム (f) 塩化カルシウム (g) アンモニアソーダ法(ソルバー法)

解説 アンモニアソーダ法(ソルバー法)の特徴は、NH₃, CO₂を回収して再利用できることである。

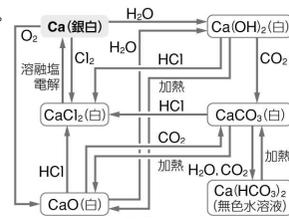


32 カルシウム

解答 (1) A Ca(OH)₂ B CaCO₃ C Ca(HCO₃)₂ D CaO
 (2) (a) $Ca + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 2H_2$
 (b) $Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$
 (c) $CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca(HCO_3)_2$
 (d) $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$
 (e) $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$

解説 (2) (a) Caの単体は、常温で水と反応する。
 (b), (c) Ca(OH)₂の水溶液(石灰水)にCO₂を通じると、CaCO₃の白色沈殿が生じる。さらにCO₂を通じ続けると、沈殿はCa(HCO₃)₂となって溶ける。
 (d) CaCO₃を熱分解すると、生石灰(せいせつかい)CaOが得られる。
 (e) 生石灰CaOに水を加えると、消石灰(しょうせつかい)Ca(OH)₂が得られる。

補足 「石灰」と名のつくものには、いろいろな物質がある。

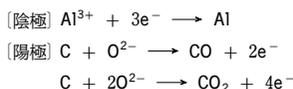


石灰石	炭酸カルシウム CaCO ₃
生石灰	酸化カルシウム CaO
消石灰	水酸化カルシウム Ca(OH) ₂
石灰水	水酸化カルシウム Ca(OH) ₂ 水溶液
ソーダ石灰	酸化カルシウム CaO に濃 NaOH 水溶液をしみこませて乾燥させた、粒状の固体。

33 アルミニウム

解答 (1) (a) 3 (b) 13 (c) 3 (d) 陽 (e) 両性 (f) 大き (g) ボーキサイト (h) 酸化アルミニウム(アルミナ) (i) 氷晶石 (2) 熔融塩電解 (3) 表面がち密な酸化被膜におおわれて反応が進まなくなるから。

解説 (1) (e) 両性金属には、他にZn, Sn, Pbがある。
 (g) ボーキササイトの主成分は、Al₂O₃・nH₂Oと表される。
 (h), (i) Al₂O₃は融点が高い(2054℃)が、融解した氷晶石Na₃AlF₆(融点1010℃)にはよく溶ける。そのため、融解した氷晶石にAl₂O₃を溶かして電気分解を行う。Al₂O₃から電離したO²⁻は電子e⁻を失い、高温のため陽極の炭素(黒鉛)と反応して、COやCO₂となる。

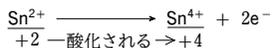


(3) イオン化傾向の大きいアルミニウムが濃硝酸に溶けないのは、表面にち密な酸化被膜をつくり、内部まで反応が進まないためである。このように、金属の起こりやすい反応が停止した状態を、不動態という。Al, Fe, Niなどは、塩酸・希硫酸には溶けて水素を発生するが、濃硝酸に対しては不動態になるため、溶けない。

34 スズと鉛

解答 (a) 14 (b) 4 (c) +2 (d) +4 (e) 還元 (f) 合金 (g) 鉛蓄 (h) 両性
 下線部の理由：鉛の表面が、水に溶けにくい塩化鉛(II)や硫酸鉛(II)におおわれて、反応が進まなくなるから。

解説 (e) 塩化スズ(II)は強い還元剤である。



(h) SnとPbは、AlやZnと同じく代表的な両性金属である。PbはH₂よりもイオン化傾向が大きいので、希酸(塩酸・硫酸など)と反応するが、希塩酸との反応で生じるPbCl₂や、希硫酸との反応で生じるPbSO₄は、水に溶けにくい。そのため、鉛の表面をおおってしまい、反応が停止する。

35 ナトリウムの化合物

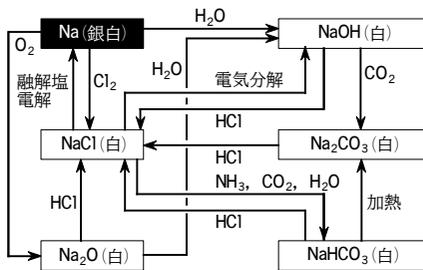
解答 (1) (a) $NaHCO_3 + HCl \rightarrow NaCl + H_2O + CO_2$
 (b) $2NaCl + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2 + Cl_2$
 (c) $2NaOH + CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$
 (d) $Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2$
 (2) エ, 塩基性(弱塩基性)

解説 (1) (a) 問題文中の4つのナトリウム化合物の中で、塩酸と反応して生じるBは、塩化物のNaClである。

高2化学総合S-SA 練習問題(無機化学)【解答】

- (b) NaCl水溶液の電気分解では、陽極にCl₂、陰極にNaOH(C)とH₂が生じる。
 [陽極] 2Cl⁻ → Cl₂ + 2e⁻
 [陰極] 2H₂O + 2e⁻ → H₂ + 2OH⁻
 反応を1つにまとめ、反応しなかったNa⁺を両辺に加えると、
 2NaCl + 2H₂O → 2NaOH + H₂ + Cl₂
- (c) NaOHは塩基なので、酸性酸化物のCO₂と反応してNa₂CO₃(D)になる。
 よって、AはNaHCO₃。

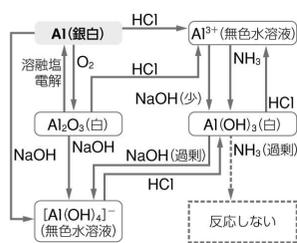
(2) NaHCO₃は、酸のHがH₂CO₃
 残っているから酸性塩である。ただし、NaHCO₃は弱酸と強塩基の塩であるH₂CO₃・NaOHから、加水分解して水溶液は塩基性を示す。



36 アルミニウム

- 【解答】 (1) (ア) テルミット (イ) 両性 (2) 2Al + Fe₂O₃ → Al₂O₃ + 2Fe
 (3) Mg (理由) イオン化傾向が大きく、単体に強い還元力があるから。(25字)
 (4) 2Al + 2NaOH + 6H₂O → 2Na[Al(OH)₄] + 3H₂

【解説】 (2) AlのほうがFeよりもイオン化傾向が大きい(陽イオンになりやすい)ため、単体のAlがAl₂O₃に酸化され、同時にFe₂O₃が単体のFeに還元される反応が起こる。
 (3) マグネシウムは、Mg → Mg²⁺ + 2e⁻のように反応して還元剤としてはたらく。選択肢のうちMg以外の金属は、Feよりもイオン化傾向が小さいため、Fe₂O₃を還元することはできない。
 (4) 単体のAlは両性金属なので、強塩基の水溶液と反応して[Al(OH)₄]⁻となり溶ける。このとき水素H₂が発生する。



37 金属イオンの推定

- 【解答】 A: Pb²⁺ B: Al³⁺ C: Ca²⁺ D: Mg²⁺
 【解説】 (1) いずれも水酸化物が沈殿する。

- (2) (1) で生じた沈殿が過剰のNaOH水溶液に溶けるのは、両性水酸化物である。よって、A, BはPb²⁺, Al³⁺である。
 Pb(OH)₂ + 2OH⁻ → [Pb(OH)₄]²⁻
 Al(OH)₃ + OH⁻ → [Al(OH)₄]⁻
- (3) Cl⁻で沈殿するのは、Pb²⁺だけである。よって、沈殿をつくるAはPb²⁺、(2)で残ったBはAl³⁺である。
 (4) 橙赤色の炎色反応を示すのは、Ca²⁺である。よって、CはCa²⁺、残ったDはMg²⁺である。

38 化合物の推定

- 【解答】 A: H₂SO₄ B: NaHCO₃ C: CaCl₂ D: HCl E: Zn(NO₃)₂
 F: NaOH

【解説】 (a) 気体が発生する反応には、気体の弱酸の塩+強酸の反応、金属+酸の反応などがある。問題文の物質の中では、炭酸水素ナトリウムが気体の弱酸の塩なので、強酸の硫酸、塩酸との反応が該当する。
 2NaHCO₃(B) + H₂SO₄(A) または D → Na₂SO₄ + 2H₂O + 2CO₂
 NaHCO₃(B) + HCl(A) または D → NaCl + H₂O + CO₂

(b) 残りの物質のうち、沈殿の生成と溶解の2段階に反応するのは、硝酸アルミニウムに水酸化ナトリウム水溶液を加えたときである。
 Al(NO₃)₃(E) + 3NaOH(F) → Al(OH)₃(白) + 3NaNO₃
 Al(OH)₃ + NaOH(F) → Na[Al(OH)₄]

(c) (a), (b)より、CはCaCl₂である。CaCl₂とAで沈殿が生じるから、AはH₂SO₄とわかる。よって、DはHClである。

39 元素の周期表

- 【解答】 (a) 典型 (b) 遷移 (c) 4 (d) スカンジウム (e) 21 (f) Sc
 (g) N (h) 硬く (i) 高く (j) 高い (k) 有色
 【解説】 (d) 元素の周期表を原子番号順に見たとき、初めて登場する遷移元素は、カルシウム₂₀Caの次のスカンジウム₂₁Scである。
 (g) 遷移元素の最外殻電子の数はほとんど2個または1個で、2個のものが多い。原子番号の増加に伴って、内側の電子殻の電子が増えていく。

40 鉄の製造

- 【解答】 (1) (a) 石灰石 (b) 一酸化炭素 (c) 銑鉄 (d) 転炉 (e) 鋼
 (2) Fe₂O₃
 【解説】 (1) 銑鉄は、炭素による酸化鉄の還元によって行われる。その過程では特に、一酸化炭素の還元力が重要である。
 3Fe₂O₃ + CO → 2Fe₃O₄ + CO₂ …①
 +3 +2, +3
 Fe₃O₄ + CO → 3FeO + CO₂ …②
 +2
 FeO + CO → Fe(銑鉄) + CO₂ …③
 0
 (①式+②式×2+③式×6)÷3より、
 Fe₂O₃ + 3CO → 2Fe + 3CO₂
 銑鉄は、融点が低く、もろい。銑鉄の炭素含有率を0.02~2%に下げたものを鋼といい、硬くて強い。
 (2) 鉄鉱石には、磁鉄鉱(主成分Fe₃O₄、黒色)もある。

41 鉄イオンの反応

- 【解答】 (1) Fe²⁺: 淡緑色 Fe³⁺: 黄褐色
 (2) (A) 物質名: 水酸化鉄(II)、色: 緑白色
 (B) 物質名: 水酸化鉄(III)、色: 赤褐色
 (3) (C) エ (D) イ (E) ア
 【解説】 (2) NH₃水とNaOH水溶液のどちらを加えても、同じ反応が起こる。
 (3) Fe²⁺とK₃[Fe(CN)₆]水溶液による沈殿をターンプルブルー、Fe³⁺とK₄[Fe(CN)₆]

水溶液による沈殿をプルシアンブルーというが、同じ化合物であることが確認されている。K₃[Fe(CN)₆]、K₄[Fe(CN)₆]、KSCNは、鉄イオンの検出・確認に用いられる。

42 銅の反応

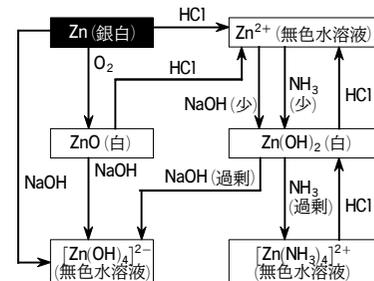
- 【解答】 (1) (A) CuO、黒色 (B) CuS、黒色 (C) Cu(OH)₂、青白色
 (2) テトラアンミン銅(II)イオン、[Cu(NH₃)₄]²⁺、深青色
 【解説】 (1) [Cu → Cu²⁺] 銅は塩酸や希硫酸とは反応しないが、熱濃硫酸とは反応する。
 Cu + 2H₂SO₄ → CuSO₄ + 2H₂O + SO₂
 [Cu²⁺ → B] Cu²⁺ + S²⁻ → CuS(黒)
 [Cu²⁺ → C] Cu²⁺ + 2OH⁻ → Cu(OH)₂(青白)
 [C → A] Cu(OH)₂ → CuO(黒) + H₂O
 [Cu → A] Cuの酸化物には、酸化銅(I) Cu₂O(赤色)と酸化銅(II) CuO(黒色)があるが、[C → A]の反応より、(A)はCuOである。
 (2) [C → D] Cu(OH)₂ + 4NH₃ → [Cu(NH₃)₄]²⁺(深青) + 2OH⁻

43 銀の反応

- 【解答】 (1) (A) Ag₂S、黒色 (B) AgCl、白色 (C) Ag₂O、褐色
 (2) ジアンミン銀(I)イオン、[Ag(NH₃)₂]⁺、無色
 (3) Ag + 2HNO₃ → AgNO₃ + H₂O + NO₂
 【解説】 (1) [Ag⁺ → A] 2Ag⁺ + S²⁻ → Ag₂S(黒)
 [Ag⁺ → B] Ag⁺ + Cl⁻ → AgCl(白)
 [Ag⁺ → C] 2Ag⁺ + 2OH⁻ → Ag₂O(褐) + H₂O
 (2) [C → D] Ag₂O + 4NH₃ + H₂O → 2[Ag(NH₃)₂]⁺(無) + 2OH⁻
 (3) 銀と希硝酸では、次の反応が起こる。
 3Ag + 4HNO₃ → 3AgNO₃ + 2H₂O + NO

44 亜鉛

- 【解答】 (a) 4 (b) 12 (c) 2 (d) 2Zn + O₂ → 2ZnO (e) 両性
 (f) Zn + H₂SO₄ → ZnSO₄ + H₂
 (g) Zn + 2NaOH + 2H₂O → Na₂[Zn(OH)₄] + H₂
 (h) Zn²⁺ + 2OH⁻ → Zn(OH)₂ (i) 白
 (j) Zn(OH)₂ + 4NH₃ → [Zn(NH₃)₄]²⁺ + 2OH⁻
 (k) 無
 【解説】 (c) Znは2価の陽イオンになりやすい。



(j) Zn(OH)₂は両性水酸化物で、NaOH水溶液に溶ける。また、NH₃水にも溶けるが、これは、Zn²⁺がNH₃と配位結合をして、錯イオンであるテトラアンミン亜鉛(II)イオン[Zn(NH₃)₄]²⁺をつくるからである。

45 プリキとトタン

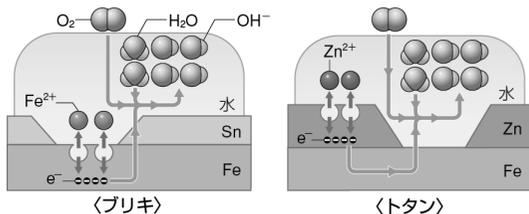
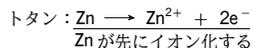
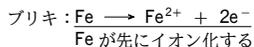
- 【解答】 (1) 鉄 鉄とスズでは鉄のほうがイオン化傾向が大きいから。

高2化学総合SA 練習問題（無機化学）【解答】

(2) 亜鉛 鉄と亜鉛では亜鉛のほうがイオン化傾向が大きいから。

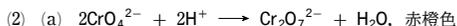
解説 プリキは、Feよりイオン化傾向が小さいSnを鉄板にめっきしたもので、鉄板だけのときよりさびにくい。

トタンは、Feよりイオン化傾向が大きいZnを鉄板にめっきしたものであるが、Znが酸化被膜を形成するため、鉄板だけのときよりさびにくい。プリキ・トタンに傷がつき鉄板が露出すると、イオン化傾向が大きいほうの金属が先にイオン化する。したがって、プリキは傷がつきにくい用途（缶詰の内壁など）に、トタンは傷がつきやすい用途（屋外の建材など）に用いられる。



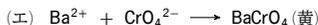
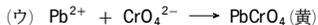
46 クロム酸塩

解答 (1) (a) ア (b) ウ, エ



解説 (1) (ア) $2Ag^+ + CrO_4^{2-} \rightarrow Ag_2CrO_4$ (赤褐)

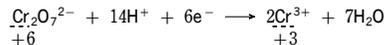
(イ) 変化なし



CrO_4^{2-} は、 Ag^+ , Pb^{2+} , Ba^{2+} の確認反応に用いられる。

(2) CrO_4^{2-} の Cr も、 $Cr_2O_7^{2-}$ の Cr も、ともに酸化数が +6 で、酸化も還元もされない。

硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液には、強い酸化作用がある。



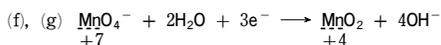
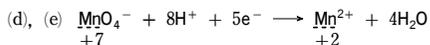
水溶液中では、クロムは、酸化数が +3 になる傾向が強い。クロム酸カリウムにも酸化作用があるが、弱い。

47 過マンガン酸カリウム

解答 (a) 黒紫 (b) 赤紫 (c) +7 (d) +2 (e) 淡桃 (f) +4

(g) MnO_2

解説 マンガンは、いろいろな酸化数をとる。



48 チタン・ニッケル

解答 (a) チタン (b) 光触媒 (c) ニッケル (d) クロム (e) ニッケル-水素

解説 酸化チタン (IV) TiO_2 は、光触媒として窓ガラスやビルの壁面などに用いられている。

ニッケルと銅の合金を白銅といい、貨幣 (50 円, 100 円) に用いられている。鉄, ニッケル, クロムなどの合金をステンレス鋼といい、さびにくく、台所用品, 鉄道車輛などに広く用いられている。ニッケル-水素電池は、内部抵抗が少なく、大電流を取り出すのに優れているので、利用が広がっている。

49 合金

解答 (1) (a) 化合物 (b) 混合物

(2) (a) 青銅 (ブロンズ) (b) ジュラルミン (c) ステンレス鋼 (d) 黄銅 (しんちゅう)

解説 (2) (a), (d) 銅の合金には、ほかに白銅 (Cu-Ni), 洋銀 (Cu-Ni-Zn) などがある。 (c) ステンレス鋼は、Cr の酸化物の薄膜が表面を保護している。

50 硫化物の沈殿

解答 (1) Ag_2S ・黒色, CuS ・黒色 (2) FeS ・黒色, ZnS ・白色

解説 イオン化傾向が小さい金属では、酸性, 塩基性によらず、硫化物が沈殿する。イオン化列の中ほどの Zn, Fe, Ni や Mn は、酸性では硫化物が沈殿しないが、中性～塩基性では硫化物が沈殿する。

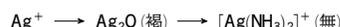
イオン化傾向が大きい金属では、硫化物は沈殿しない。

硫化物は沈殿しない	塩基性～ 中性で硫化物が沈殿				pH に関係なく硫化物が沈殿			
	MnS	ZnS	FeS	NiS	PbS	CuS	CdS	Ag_2S
K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+}	(淡桃)	(白)	(黒)	(黒)	(黒)	(黒)	(黄)	(黒)

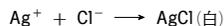
51 イオンの推定

解答 (1) ウ (2) ア (3) キ (4) オ (5) カ

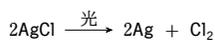
解説 (1), (3) アンモニア水を加えると沈殿が生じるが、過剰に加えると沈殿が溶けるのは、金属イオンが NH_3 と錯イオンをつくるもので、 Cu^{2+} , Ag^+ , Zn^{2+} である。



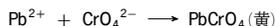
(2), (5) 塩酸を加えて塩化物が沈殿するのは Ag^+ , Pb^{2+} である。



$AgCl$ は、① アンモニア水に溶ける ② 感光性である ことで確認。



$PbCl_2$ は熱水に溶けることで確認。また、 Pb^{2+} は CrO_4^{2-} で黄色沈殿が生じることで確認。



(4) Fe^{3+} は $K_4[Fe(CN)_6]$ により濃青色沈殿を生じ、 Fe^{2+} は $K_3[Fe(CN)_6]$ により濃青色沈殿を生じる。

52 遷移金属の推定

解答 A : Cu B : Mn C : Au D : Fe E : Ag

解説 問題文の記述をまとめると、次のようになる。

金属	(a) 色	(b) 希硫酸との反応	(c) 硝酸との反応	(d) 酸化物
A	有色	×	○	
B		○		BO_2 (黒色)
C	有色	×	×	
D		○		D_3O_4 (黒色)
E		×	○	

(a) より、有色の A, C は銅 (赤色) と金 (黄色)。

(b) より、希硫酸に溶ける B, D は、水素よりイオン化傾向が大きい鉄とマンガン。

(b), (c) より、希硫酸には溶けないが硝酸に溶ける A, E は銅と銀。

以上から、A は銅, E は銀, C は金。

(d) より、+4 の酸化数をとる B はマンガンを、 MnO_2 は黒色。よって、D は鉄で、 Fe_3O_4 は黒色。

53 金属イオンの分離

解答 (1) イ, $AgCl$ (2) ウ, $Pb(OH)_2$ (3) エ, $Fe(OH)_2$ (4) エ, $Cu(OH)_2$ (5) エ, Ag_2O

解説 硝酸, 酢酸で沈殿する金属イオンはない。

(1) HCl では、 $AgCl$ が沈殿し、 Cu^{2+} は沈殿しない。



NH_3 水では、 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$, $[Ag(NH_3)_2]^+$ になり、ともに沈殿しない。 $NaOH$ 水溶液では、 $Cu(OH)_2$, Ag_2O が生じ、ともに沈殿する。

(2) H_2SO_4 では、 $BaSO_4$, $PbSO_4$ が生じ、ともに沈殿する。 NH_3 水では、 Ba^{2+} は沈殿しない。 Pb^{2+} は $Pb(OH)_2$ が沈殿する。



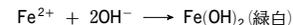
$NaOH$ 水溶液では、 Ba^{2+} は沈殿しない。 Pb^{2+} は $[Pb(OH)_4]^{2-}$ になり、沈殿しない。

(3) HCl では、ともに沈殿しない。

H_2SO_4 でも、ともに沈殿しない。

NH_3 水では、 $Al(OH)_3$, $Fe(OH)_2$ が生じ、ともに沈殿する。

$NaOH$ 水溶液では、 Al^{3+} は $[Al(OH)_4]^-$ になり、沈殿しない。 Fe^{2+} は $Fe(OH)_2$ が沈殿する。



(4) K^+ はいずれの場合も沈殿しない。

H_2SO_4 では、 Cu^{2+} は沈殿しない。

NH_3 水では、 Cu^{2+} は $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ になり、沈殿しない。

$NaOH$ 水溶液では、 $Cu(OH)_2$ が沈殿する。

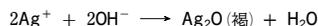


(5) H_2SO_4 では、ともに沈殿しない。

NH_3 水では、 $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$, $[Ag(NH_3)_2]^+$ が生じ、ともに沈殿しない。

高2化学総合S・SA 練習問題（無機化学）【解答】

NaOH水溶液では、 Zn^{2+} は $[Zn(OH)_4]^{2-}$ になり、沈殿しない。 Ag^+ は Ag_2O になり沈殿する。



54陽イオンの系統分離

解答 (a) イ (b) エ (c) ウ

解説 (ア)~(オ)に含まれるイオンは次の通り。

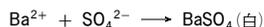
(ア) H^+ , NO_3^- (イ) H^+ , Cl^- (ウ) NH_4^+ , OH^- (エ) NH_4^+ , SO_4^{2-}

(オ) Na^+ , OH^-

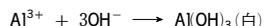
(a) Ag^+ だけを沈殿させるのは、 Cl^- を含む(イ)。



(b) Ba^{2+} だけを沈殿させるのは、 SO_4^{2-} を含む(エ)。



(c) 残っている Cu^{2+} も Al^{3+} も OH^- と反応して沈殿をつくる。



NaOH水溶液を過剰に加えると、 $Al(OH)_3$ は溶解するが、 $Cu(OH)_2$ は溶解しない。



NH_3 水を過剰に加えると、 $Cu(OH)_2$ は溶解するが、 $Al(OH)_3$ は溶解しない。



よって、(c)は(ウ)となる。

55陽イオンの系統分離

解答 (1) A : $PbCl_2$ B : CuS

(2) 硫化水素で還元されて生じた鉄(II)イオンを酸化して鉄(III)イオンにもどすため。

(3) ナトリウムイオン

溶液Dを白金線につけて外炎の中に入れ、黄色の炎色反応を示すことを確かめる。

解説 操作1で塩酸を加えて生じる沈殿は、 $PbCl_2$ (白色)。



操作1のあとのろ液は酸性なので、操作2で硫化水素を通じると生じる沈殿は、 CuS (黒色)。

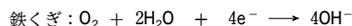


操作2で通じた H_2S により、溶液中の Fe^{3+} は Fe^{2+} に還元されている。操作3では、ろ液を煮沸して H_2S を追い出したのち、酸化剤として希硝酸を加えることで Fe^{2+} を Fe^{3+} にもどしている。これは、酸化鉄(II)よりも酸化鉄(III)のほうが溶解度が小さいので、操作4で沈殿させやすいからである。

操作4のあとのろ液には Na^+ が含まれている。 Na^+ の存在は、炎色反応が黄色になることで確かめられる。

56鉄の反応

解答 (1) 青 : Fe^{2+} 赤 : OH^-



(3) ア

解説 (1) 青に変化した部分では、 Fe^{2+} が生じて $K_3[Fe(CN)_6]$ と反応し、濃青色沈殿(ターンブルブルー)が生じたと考えられる。



赤に変化した部分では、 OH^- が生じてフェノールフタレイン溶液が赤くなったと考えられる。



e^- が鉄くぎから銅線へ移動し、全体として電池のようにはたらいている。

(2) シャーレAではイオン化傾向が $Fe > Cu$ のため、 Fe がイオンになって溶けるが、シャーレBでは $Zn > Fe$ なので、 Fe ではなく Zn が溶ける。



生じた電子は鉄くぎへ移動して、次の反応が起こる。



(3) 生じた OH^- により、フェノールフタレイン溶液が赤くなる。

57元素の推定

解答 A : Hg B : Au C : Fe D : Cu E : Ag

解説 単体の融点から、AはHgとわかる。

Bの単体は非常に安定であるからPtかAuで、有色の金属光沢をもつことから、Ptではなく、BはAu(黄金色)である。

ヘキサシアニド鉄(III)酸カリウムで濃青色沈殿をつくるのは Fe^{2+} であるから、CはFeである。

水溶液が青色なのは Cu^{2+} だけなので、DはCu。 Fe^{2+} は淡緑色、 Ni^{2+} は緑色である。アルカリ金属、Ca、Sr、Ba以外の金属の水酸化物は、水に溶けない。

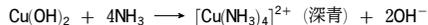


鉄は銅よりイオン化傾向が大きいので、銅(II)イオンを含む水溶液に鉄を入れると、鉄が溶けて銅(暗赤色)が析出する。



塩化物が水に溶けないのは $AgCl$ と $PbCl_2$ だけなので、EはAgである。AgFは水に溶けるが、 $AgCl$ 、 $AgBr$ 、 AgI は水に溶けない。

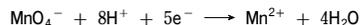
$Cu(OH)_2$ 、 $AgCl$ はアンモニア水に溶ける。



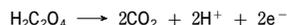
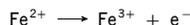
58塩の推定

解答 (1) なし (2) カ、キ (3) イ

解説 (1) 過マンガン酸カリウムの赤紫色が消えるのは還元剤との反応である。

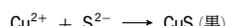


与えられた物質の中で、還元作用があるのは $FeSO_4$ と $H_2C_2O_4$



しかし、どちらも酸素は発生しないので、該当する物質はない。

(2) 酸性溶液で硫化物が沈殿するイオンは Ag^+ 、 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Hg^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Sn^{2+} などで、 $(CH_3COO)_2Cu$ 、 $AgNO_3$ が該当する。



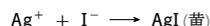
(3) 亜鉛を加えると単体が析出する金属イオンは、亜鉛よりイオン化傾向が小さい金属のイオンで、 Fe 、 Cu 、 Ag のイオンが該当する。このうち、単体が塩酸、希硫酸と反応して水素を発生するのは、水素よりイオン化傾向が大きいFeのみである。



59銀イオンによる定量

解答 0.382倍

解説 生じた沈殿は、 AgI と $AgCl$ である。



$AgCl$ は NH_3 水に溶けるが、 AgI は NH_3 水に溶けない。



よって、残った沈殿は AgI である。 AgI 0.235 g中の I^- の質量は、

$$0.235 \text{ g} \times \frac{\frac{I}{127}}{\frac{108}{Ag} + \frac{127}{I}} = 0.127 \text{ g}$$

0.127 gの I^- を含むKIの質量は、

$$0.127 \text{ g} \times \frac{\frac{K}{39} + \frac{I}{127}}{I} = 0.166 \text{ g}$$

NaClの質量は、 $0.600 \text{ g} - 0.166 \text{ g} = 0.434 \text{ g}$

よって、 $\frac{0.166 \text{ g}}{0.434 \text{ g}} \approx 0.382$ (倍)

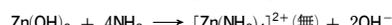
60塩の推定

解答 A : カ B : ウ C : ア D : ク E : キ

解説 [実験1, 2] NH_3 水で沈殿を生じるのは、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Ag^+ →

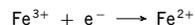
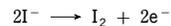
$Fe(OH)_2$ (緑白)、酸化鉄(III)(赤褐)、 $Cu(OH)_2$ (青白)、 $Zn(OH)_2$ (白)、 Ag_2O (褐)。

これらのうち、過剰の NH_3 水に溶けるのは $Cu(OH)_2$ 、 $Zn(OH)_2$ 、 Ag_2O である。



よって、Aは $ZnSO_4$ 、 $AgNO_3$ のいずれか、Bは $FeCl_2$ 、 $FeCl_3$ のいずれかである。

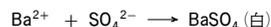
[実験3] デンプンで青紫色を示すのはヨウ素であるから、Cはヨウ素を含むKIである。Bは I^- を I_2 にするから、酸化作用のある $FeCl_3$ となる。



[実験4] 実験1よりAは $ZnSO_4$ 、 $AgNO_3$ のいずれかであるから、

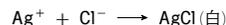
① Aを $ZnSO_4$ とすると、Dは $BaCl_2$ となる(Zn^{2+} で白色沈殿をつくる陰イオンは選択肢の物質中には含まれていない)。

高2化学総合S・SA 練習問題（無機化学）【解答】

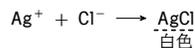


② A を AgNO_3 とすると、D は FeCl_2 か BaCl_2 である (NO_3^- では沈殿は生じない)。

FeCl_3 は B なので、不適。



〔実験5〕 B は FeCl_3 、D は実験4より BaCl_2 か FeCl_2 である。これらと反応して NH_3 水に可溶の白色沈殿をつくる E は AgNO_3 である。

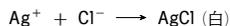


よって、実験4より A は ZnSO_4 、D は BaCl_2 となる。

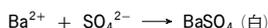
61 沈殿の生成

- 〔解答〕 (1) AgCl (白色)、 PbCl_2 (白色)
 (2) CaSO_4 (白色)、 BaSO_4 (白色)、 PbSO_4 (白色)
 (3) $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (白色)、 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ (緑白色)、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (青白色)、 Ag_2O (褐色)
 (4) Ag_2CrO_4 (赤褐色)、 BaCrO_4 (黄色)、 PbCrO_4 (黄色)

〔解説〕 (1) Cl^- で沈殿するイオンは、 Ag^+ と Pb^{2+} である。



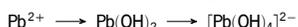
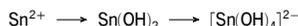
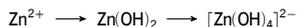
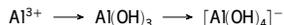
(2) SO_4^{2-} で沈殿するイオンは、 Ca^{2+} 、 Sr^{2+} 、 Ba^{2+} 、 Pb^{2+} である。



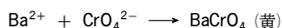
(3) アルカリ金属のイオンと Ca^{2+} 、 Sr^{2+} 、 Ba^{2+} は、 OH^- で沈殿しない。



また、 Al^{3+} 、 Zn^{2+} 、 Sn^{2+} 、 Pb^{2+} は、 OH^- で水酸化物の沈殿になるが、この沈殿は過剰の NaOH 水溶液に溶ける (両性水酸化物)。



(4) CrO_4^{2-} で沈殿するイオンは、 Ag^+ 、 Ba^{2+} 、 Pb^{2+} である。



62 錯イオン

〔解答〕 a, b, c

〔解説〕 (a) 正 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ などがある。

(b) 正 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ など、 Ag^+ の錯イオンは配位数が2である。

(c) 正 水溶液中の金属イオンは、水を配位子とした $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ のようなアクア

錯イオンとして存在している。

(d) 誤 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ は、3 価の陰イオンである。

63 金属イオンの分離

〔解答〕 (a) AgCl (b) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ (c) Pb^{2+} (d) CuS (e) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$

(f) $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ (g) ZnS (h) CaCO_3 (i) K^+

〔解説〕 金属イオンの系統的分離法とイオンの確認を示す。

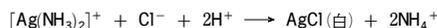
① 塩酸を加えて生じる沈殿は AgCl (白色) と PbCl_2 (白色)。

AgCl は熱水に溶けない。⇒ (a) は AgCl

AgCl は過剰のアンモニア水には錯イオンを生じて溶ける。⇒ (b) は $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$

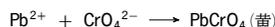


この溶液に硝酸を少量ずつ加え、再び AgCl の白色沈殿を生じることで Ag^+ を確認する。



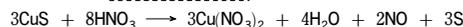
PbCl_2 は熱水に溶ける。⇒ (c) は Pb^{2+}

K_2CrO_4 を加え、 PbCrO_4 の黄色沈殿が生じることにより Pb^{2+} を確認する。



② ① の沈殿をろ過したあとのろ液は酸性なので、硫化水素を通じるときに生じる沈殿は CuS (黒色)、 HgS (黒色)、 CdS (黄色) など。⇒ (d) は CuS

CuS を熱硝酸に溶かしたのち、過剰の NH_3 水を加えて深青色になることで、 Cu^{2+} を確認する。⇒ (e) は $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$



③ ② の沈殿をろ過したあとのろ液を煮沸して H_2S を追い出したのち、 NH_3 水を十分に加えると、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ (白色) が沈殿する。

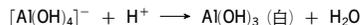


$\text{Al}(\text{OH})_3$ は両性水酸化物なので過剰の NaOH 水溶液に溶ける。

⇒ (f) は $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$



(f) の溶液に塩酸を加えると白色沈殿が生じ、続いて沈殿が溶ける。これに NH_3 水を加えると白色沈殿が生じることで、 Al^{3+} の確認をする。



④ ③ の沈殿をろ過したあとのろ液 (塩基性になっている) に、硫化水素を通じると生じる沈殿は ZnS (白色)、 MnS (淡桃色) である。塩基性で H_2S により白色沈殿が生成することにより、 Zn^{2+} の確認をする。⇒ (g) は ZnS



⑤ 炭酸アンモニウムで沈殿するのは、 CaCO_3 (白色)、 BaCO_3 (白色) である。

⇒ (h) は CaCO_3



沈殿は、希酸に溶かして炎色反応で確認する。

Ca^{2+} : 橙赤色、 Ba^{2+} : 黄緑色

⑥ ⑤ のろ液には Na^+ 、 K^+ 、 (Mg^{2+}) が含まれるから、炎色反応で確認する。

⇒ (i) は K^+

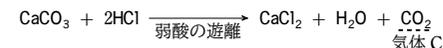
Na^+ : 黄色、 K^+ : 赤紫色

64 陰イオンの分離

〔解答〕 (1) (A) オ、ケ (B) ウ (D) コ (2) CO_2 (3) CO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 I^-

〔解説〕 沈殿 A に含まれるのは、水に難溶性白色のカルシウム塩である CaCO_3 と CaSO_4

である。 CaCO_3 は塩酸に溶け、 CaSO_4 は塩酸に溶けない。



沈殿 B は、水に難溶性黄色の銀塩なので AgI である。

沈殿 D は、 $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{BaCO}_3$ により生じた BaCO_3 である。

以上より、初めの試料溶液には、 CO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 I^- が含まれていたことがわかる。