

CHEMISTRY WORKBOOK 02

無機化学 問題集

無機は覚える量が多いようで、バラバラに覚えるから多く感じているだけ。「周期表のどこか」「酸か塩基か」「酸化か還元か」の3本の幹に掛ければ、枝は自然に生える。48問すべて典型パターン。反応式は覚えるのではなく、型から書けるようにする。

使い方

1周目 5分考えて出なければ解説へ。色・状態・液性を必ず書きながら解く。

2周目 翌日か翌々日。反応式は「どの型か（弱酸遊離・酸化還元…）」を言ってから書く。

3周目 本番の速さで。1問2分。○ がつかない問題だけ参考書に戻る。

原子量：H 1.0 C 12 N 14 O 16 Na 23 Mg 24 Al 27 S 32 Cl 35.5 K 39 Ca 40 Fe 56 Cu 64
Zn 65 Ag 108 Ba 137 Pb 207

1章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

2章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

3章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

4章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

5章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

6章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

7章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

8章

- ☐ 1周
- ☐ 2周
- ☐ 3周

問題編

解説は後半にまとめてある。先に見ないこと。

標準状態の気体は 22.4 L/mol、 $N_A = 6.0 \times 10^{23}$ /mol とする。

周期表と元素の性質

記号の約束

Z 原子番号 価電子 結合に使われる最外殻の電子 I イオン化エネルギー（電子を奪うのに要る）

χ 電気陰性度（共有電子対を引く強さ）

この章で使う武器

- 同じ族は価電子の数が同じ → 性質が似る。1族（アルカリ金属）・2族・17族（ハロゲン）・18族（貴ガス）
- 右上ほど電子を欲しがる：イオン化エネルギー・電子親和力・電気陰性度が大きい（最大は電気陰性度がF、イオン化エネルギーがHe）
- 左下ほど原子半径が大きい
- 遷移元素：すべて金属／横で似る／複数の酸化数／有色のイオン／錯イオンをつくる／触媒になる

1-1 族の名前 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

周期表の族について答えよ。

1. 1族（Hを除く）の名称、価電子の数、なりやすいイオンを答えよ。
2. 17族の名称、価電子の数、なりやすいイオンを答えよ。
3. 18族の名称と価電子の数を答えよ。

1-2 周期性 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

次の量が周期表のどの向きに大きくなるか答え、最大のものを挙げよ。

1. イオン化エネルギー
2. 電気陰性度
3. 原子半径

1-3 典型と遷移 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

典型元素と遷移元素の違いを答えよ。

1. 性質が似るのは、族が同じ場合か、隣どうしの場合か。それぞれについて答えよ。
2. 遷移元素に共通する特徴を3つ挙げよ。

1-4 イオン半径 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

O^{2-} 、 F^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+} の4つのイオンについて答えよ。

1. これらの電子配置に共通することとは何か。
2. イオン半径の大きい順に並べよ。理由も述べよ。

1-5 同族の予想 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

ルビジウム Rb は第5周期の1族元素である。周期表の位置から次を推測せよ。

1. Rbはどんなイオンになりやすいか。
2. Rbの単体と水との反応は、Kと比べて激しいか穏やかなか。
3. Rbの単体はどのように保存すべきか。

次の元素を、金属・非金属に分類せよ。また、金属のうち両性元素はどれか。

Na Al Si S Cl Zn Fe Cu

1. 非金属をすべて選べ。
2. 両性元素をすべて選べ。
3. 両性元素とはどういう性質をもつ元素か。

気体の製法と捕集

記号の約束

弱酸遊離 強酸を加えて弱酸の気体を追い出す 弱塩基遊離 強塩基＋加熱 揮発性酸遊離 濃硫酸＋加熱
酸化還元 金属＋酸、酸化剤＋還元剤

この章で使う武器

- 発生 の型：①弱酸の遊離 ②弱塩基の遊離（加熱）③揮発性酸の遊離（濃硫酸＋加熱）④酸化還元 ⑤分解
- 捕集：水に溶けにくい→水上置換／溶けて空気より重い→下方置換／溶けて軽い→上方置換（ NH_3 だけ）
- 乾燥剤：濃硫酸・ P_2O_5 （酸性）は NH_3 に不可／ソーダ石灰（塩基性）は酸性気体に不可／ CaCl_2 は NH_3 に不可
- 検出： CO_2 →石灰水が白濁、 NH_3 →濃塩酸で白煙、 H_2S →酢酸鉛紙が黒変、 Cl_2/O_3 →ヨウ化カリウムデンプン紙が青紫

2-1 製法 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

次の気体の実験室での発生方法を、化学反応式で書け。また、それぞれ発生 の型を答えよ。

1. 二酸化炭素
2. アンモニア
3. 水素

2-2 捕集 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

次の気体の捕集法を答え、その理由も述べよ。

1. アンモニア
2. 塩素
3. 水素

2-3 乾燥剤 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

乾燥剤について答えよ。

1. アンモニアの乾燥に濃硫酸が使えない理由を述べよ。
2. 二酸化炭素の乾燥にソーダ石灰が使えない理由を述べよ。
3. アンモニアの乾燥に塩化カルシウムが使えない理由を述べよ。

2-4 塩素の製法 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱し、塩素を発生させた。発生した気体は、洗気びん2つ（水と濃硫酸）を通してから捕集する。

1. この反応の化学反応式を書け。
2. 2つの洗気びんを通す順番と、それぞれの目的を答えよ。
3. 捕集法を答えよ。

2-5 検出 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

次の気体を検出する方法を答えよ。

1. 二酸化炭素
2. アンモニア
3. 硫化水素

塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を試験管に入れて加熱し、アンモニアを発生させる。

1. 試験管の口を少し下げて加熱するのはなぜか。
2. 発生したアンモニアを水に通してはいけないのはなぜか。
3. この気体の捕集に適した方法を答えよ。

ハロゲン

記号の約束

ハロゲン 17族 (F, Cl, Br, I) 酸化力 相手から電子を奪う力 感光性 光で分解する性質 (ハロゲン化銀)

この章で使う武器

- 酸化力 $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$ (上ほど強い) / 沸点 $F_2 < Cl_2 < Br_2 < I_2$ (下ほど高い) —— 向きが逆
- 単体の色: F_2 淡黄・ Cl_2 黄緑・ Br_2 赤褐 (液体)・ I_2 黒紫 (固体・昇華)
- HF だけ弱酸で、水素結合のため沸点が異常に高い。ガラスを溶かす
- ハロゲン化銀: $AgCl$ 白・ $AgBr$ 淡黄・ AgI 黄 (AgF だけ水に溶ける)。感光性

3-1 単体 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

ハロゲンの単体について答えよ。

- Cl_2 、 Br_2 、 I_2 の色をそれぞれ答えよ。
- 常温で液体のもの、固体のものをそれぞれ答えよ。

3-2 酸化力 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

ハロゲンの酸化力について答えよ。

1. 酸化力の強い順に F_2 、 Cl_2 、 Br_2 、 I_2 を並べよ。
2. 臭化カリウム水溶液に塩素を通すとどうなるか。化学反応式で書け。
3. 塩化カリウム水溶液に臭素を加えるとどうなるか。

3-3 銀塩 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

硝酸銀水溶液に、塩化物イオン・臭化物イオン・ヨウ化物イオンを含む水溶液をそれぞれ加えた。

1. 生じる沈殿の化学式と色をそれぞれ答えよ。
2. このうち、過剰のアンモニア水に溶けるものはどれか。
3. ハロゲン化銀に共通する、光に関する性質を答えよ。

3-4 フッ化水素 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

フッ化水素について答えよ。

1. HClと違い、HFの水溶液が弱酸である理由を述べよ。
2. HFの沸点が同族の水素化合物より著しく高い理由を述べよ。
3. HFをガラス容器に保存できない理由を述べよ。

3-5 塩素の反応 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

塩素の反応について答えよ。

1. 塩素を水に溶かしたときの反応を化学反応式で書け。
2. 塩素水に漂白・殺菌作用があるのは、生じた何のはたらきによるか。
3. 塩素を水酸化ナトリウム水溶液に吸収させたときの反応式を書け。

ヨウ素について答えよ。

1. ヨウ素デンプン反応では何色になるか。
2. ヨウ素は水に溶けにくいですが、ヨウ化カリウム水溶液にはよく溶ける。その理由を述べよ。
3. 塩素やオゾンの検出に、ヨウ化カリウムデンプン紙が使えるのはなぜか。

酸素・硫黄

記号の約束

同素体 同じ元素からなる性質の違う単体 酸性酸化物 非金属の酸化物 塩基性酸化物 金属の酸化物
両性酸化物 Al_2O_3 , ZnO

この章で使う武器

- 同素体：酸素は O_2 / O_3 （淡青・特異臭・強い酸化力）、硫黄は 斜方硫黄・単斜硫黄・ゴム状硫黄
- 濃硫酸の4性質：吸湿性（乾燥剤）・脱水作用（砂糖が炭に）・不揮発性（ HCl の製法）・熱濃硫酸の酸化力（銅を溶かす）
- SO_2 はふつう還元剤だが、 H_2S に対しては酸化剤（硫黄が析出して白濁）
- 接触法： $\text{S} \rightarrow \text{SO}_2 \rightarrow (\text{V}_2\text{O}_5) \rightarrow \text{SO}_3 \rightarrow \text{発煙硫酸} \rightarrow \text{濃硫酸}$

4-1 同素体 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

同素体について答えよ。

1. 同素体とは何か、説明せよ。
2. 酸素の同素体を2つ挙げ、後者の色とにおいを答えよ。
3. 硫黄の同素体を3つ挙げよ。

4-2 濃硫酸 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

濃硫酸の性質について答えよ。

1. スクロース（砂糖）に濃硫酸をかけると黒くなる。これは何という性質か。
2. 気体の乾燥剤に使えるのは何という性質か。
3. 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱すると塩化水素が発生する。これは濃硫酸の何という性質によるか。

4-3 接触法 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

硫酸の工業的製法（接触法）について答えよ。

1. 3つの段階を化学反応式で書け。
2. 使用する触媒を答えよ。
3. 三酸化硫黄を直接水に加えないのはなぜか。

4-4 SO_2 と H_2S ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

二酸化硫黄と硫化水素について答えよ。

1. 二酸化硫黄は、ふつう酸化剤・還元剤のどちらとしてはたらくか。
2. 二酸化硫黄と硫化水素を混合するとどうなるか。反応式も書け。
3. そのとき二酸化硫黄は酸化剤・還元剤のどちらか。

4-5 量的計算 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

接触法で硫黄から硫酸をつくる。硫黄の原子量を32、硫酸の分子量を98とする。

1. 全体を1本の式にまとめよ。
2. 硫黄 32 kg から、理論上は何 kg の硫酸が得られるか。
3. 実際の収率が 80 % のとき、得られる硫酸は何 kg か。

酸化物の分類について答えよ。

1. 酸性酸化物・塩基性酸化物とはどんな酸化物か。例も挙げよ。
2. 両性酸化物を2つ挙げよ。
3. 二酸化炭素を水に溶かしたときの液性を答えよ。

窒素・リン・炭素・ケイ素

記号の約束

不動態 表面に酸化被膜ができて溶けなくなる状態 触媒 反応を速くするが自身は変化しない

この章で使う武器

- 希硝酸→NO（無色・水上置換）／濃硝酸→NO₂（赤褐色・下方置換）
- 不動態：Al・Fe・Ni は濃硝酸に溶けない
- オストワルト法（HNO₃・触媒Pt）／ハーバー・ボッシュ法（NH₃・触媒Fe₃O₄）
- 黄リンは水中保存（自然発火）・赤リンはマッチ／SiO₂はHFにだけ溶ける／水ガラス→ケイ酸→シリカゲル

5-1 窒素酸化物 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

銅に硝酸を加えたときに発生する気体について答えよ。

1. 希硝酸を用いた場合に発生する気体の名称・色・捕集法を答えよ。
2. 濃硝酸を用いた場合について同様に答えよ。
3. 前者の気体を空気中に放置するとどうなるか。

5-2 オストワルト法 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

硝酸の工業的製法（オストワルト法）について答えよ。原子量は H 1.0、N 14、O 16 とする。

1. 3つの段階を化学反応式で書け。
2. 第1段階の触媒を答えよ。
3. 全体を1本の式にまとめ、アンモニア 17 kg から得られる硝酸の質量を求めよ。

5-3 不動態 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

不動態について答えよ。

1. 不動態とはどのような状態か説明せよ。
2. 濃硝酸で不動態になる金属を3つ挙げよ。
3. アルミニウムは希塩酸には溶けるのに濃硝酸には溶けない。この違いを説明せよ。

5-4 リン ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

リンの同素体について答えよ。

1. 黄リンと赤リンの、色・毒性・発火のしやすさを比べよ。
2. 黄リンの保存方法とその理由を答えよ。
3. 十酸化四リンの用途を答えよ。

5-5 ケイ素 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

二酸化ケイ素とその関連物質について答えよ。

1. 二酸化ケイ素の結晶の種類と、それに由来する性質を述べよ。
2. 二酸化ケイ素を溶かすことのできる酸を答えよ。
3. 水ガラスからシリカゲルをつくる流れを説明せよ。

アンモニアの工業的製法（ハーバー・ボッシュ法）について答えよ。反応は $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ $\Delta H = -92 \text{ kJ}$ である。

1. 用いる触媒を答えよ。
2. 収率を上げるには圧力を高くすべきか低くすべきか。理由も述べよ。
3. 収率だけを考えれば温度は低いほうがよいが、実際には約 500°C で行う。その理由を述べよ。

アルカリ金属・2族

記号の約束

潮解 空気中の水分を吸って溶ける 風解 結晶水を失って粉になる 炎色反応 炎に入れたときの特有の発色

この章で使う武器

- 炎色反応：Li赤・Na黄・K紫・Cu青緑・Ca橙赤・Sr紅・Ba黄緑（Mgは示さない）
- アルカリ金属の単体は灯油中に保存／黄リンは水中保存
- 潮解＝水を吸う（NaOH）／風解＝結晶水を失う（ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ）
- Mgの例外：冷水と反応しない・水酸化物は難溶・硫酸塩は可溶・炎色反応なし

6-1 炎色反応 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

炎色反応について答えよ。

1. Li、Na、K、Ca、Ba の炎色反応の色をそれぞれ答えよ。
2. カリウムの炎色反応を観察するとき、青色のコバルトガラスを通して見るのはなぜか。

6-2 Mgの例外 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

マグネシウムは2族だが、カルシウム以下の元素（アルカリ土類金属）とは性質が異なる。

1. 冷水との反応について、MgとCaを比べよ。
2. 水酸化物の水への溶けやすさを比べよ。
3. 硫酸塩の水への溶けやすさを比べよ。
4. 炎色反応について比べよ。

6-3 炭酸水素塩 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

炭酸水素ナトリウム 8.4 g を十分に加熱した。 NaHCO_3 の式量は 84、 Na_2CO_3 の式量は 106 とする。

1. 起こる反応を化学反応式で書け。
2. 残る固体の質量を求めよ。
3. 発生する二酸化炭素は標準状態で何 L か。

6-4 石灰水 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

石灰水に二酸化炭素を吹き込む実験について答えよ。

1. はじめに起こる変化と、その反応式を書け。
2. さらに吹き込み続けるとどうなるか。反応式も書け。
3. この後者の反応は、自然界のどんな現象と関係があるか。

6-5 潮解・風解 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

潮解と風解について答えよ。

1. 潮解とは何か。例も挙げよ。
2. 風解とは何か。例も挙げよ。
3. 水酸化ナトリウムを空気中に放置すると質量が増える。その理由を2つ挙げよ。

カルシウムの化合物について答えよ。

1. 石灰石を強く加熱すると何ができるか。名称と化学式を答えよ。
2. それに水を加えると何ができるか。
3. セッコウの化学式と用途を答えよ。

両性元素と遷移元素

記号の約束

両性元素 Al, Zn, Sn, Pb 錯イオン 金属イオンに分子やイオンが配位したもの 配位数 配位している分子・イオンの数

この章で使う武器

- 両性元素 **Al・Zn・Sn・Pb**：酸にも強塩基にも溶けて H_2 を発生
- 過剰 NaOH で溶ける $=\text{Al}(\text{OH})_3 \cdot \text{Zn}(\text{OH})_2$ ／過剰 NH_3 で溶ける $=\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{AgCl}$ (**Alは溶けない**)
- 色： Fe^{2+} 淡緑・ Fe^{3+} 黄褐・ Cu^{2+} 青・ CrO_4^{2-} 黄・ $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 橙・ MnO_4^- 赤紫
- 検出： $\text{Fe}^{3+} + \text{KSCN} \rightarrow$ **血赤**／ $\text{Fe}^{3+} + \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \rightarrow$ **濃青**

7-1 両性 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

アルミニウムについて答えよ。

- 塩酸に溶ける反応を化学反応式で書け。
- 水酸化ナトリウム水溶液に溶ける反応を化学反応式で書け。
- このような元素を何というか。他に3つ挙げよ。

7-2 分離 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

Al^{3+} と Zn^{2+} を含む水溶液がある。

1. 少量のアンモニア水を加えると、どちらも沈殿する。それぞれの化学式と色を答えよ。
2. さらにアンモニア水を過剰に加えるとどうなるか。
3. この操作で2つのイオンを分離できる理由を述べよ。

7-3 鉄 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

鉄イオンについて答えよ。

1. Fe^{2+} と Fe^{3+} の水溶液の色をそれぞれ答えよ。
2. Fe^{3+} にチオシアン酸カリウム水溶液を加えると何色になるか。
3. Fe^{2+} と Fe^{3+} に水酸化ナトリウム水溶液を加えたときの沈殿の色を答えよ。

7-4 銅 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

硫酸銅(II)水溶液について答えよ。

1. 少量のアンモニア水を加えたときに生じる沈殿の化学式と色を答えよ。
2. さらに過剰に加えるとどうなるか。生じるイオンの化学式と色を答えよ。
3. 銅は塩酸に溶けない。その理由を述べよ。

7-5 錯イオン ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

次の錯イオンについて答えよ。

$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$

1. それぞれの配位数を答えよ。
2. それぞれの立体的な形を答えよ。
3. $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ の名称を答えよ。

7-6 クロム ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

クロム酸イオンと二クロム酸イオンについて答えよ。

1. それぞれの色を答えよ。
2. クロム酸カリウム水溶液に硫酸を加えると色はどう変わるか。反応式も書け。
3. クロム酸イオンを含む水溶液に、 Ag^+ ・ Pb^{2+} ・ Ba^{2+} を加えたときの沈殿の色を答えよ。

沈殿・系統分析・工業的製法

記号の約束

K_{sp} 溶解度積（小さいほど沈みやすい） ろ液 沈殿をこしたあとの液 陽極泥 電解精錬で陽極の下にたまる不純物

この章で使う武器

- 沈殿： $\text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$ 白・ PbCl_2 白／ $\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4$ 白／ $\text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CaCO}_3$ 白／ $\text{CrO}_4^{2-} \rightarrow \text{Ag}_2\text{CrO}_4$ 赤褐・ PbCrO_4 黄
- 硫化物：酸性でも沈む＝ CuS 黒・ CdS 黄・ PbS 黒／塩基性で沈む＝ ZnS 白・ FeS 黒・ MnS 淡赤
- 系統分析： $\text{HCl} \rightarrow \text{酸性H}_2\text{S} \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{塩基性H}_2\text{S} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{炎色反応}$
- 触媒：ハーバー Fe_3O_4 ／オストワルト Pt ／接触法 V_2O_5 ／アンモニアソーダ法は触媒なし

8-1 沈殿の色 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

次の水溶液に試薬を加えたときに生じる沈殿の化学式と色を答えよ。

1. 硝酸銀水溶液に塩酸
2. 塩化バリウム水溶液に希硫酸
3. 硫酸銅(II)水溶液に硫化水素（酸性条件）
4. 硝酸鉛(II)水溶液にクロム酸カリウム水溶液

8-2 系統分析 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

Ag^+ 、 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Zn^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Na^+ を含む水溶液から、これらを順に分離したい。

1. 最初に加える試薬と、そのとき沈殿するイオンを答えよ。
2. 次に酸性のまま硫化水素を通したとき沈殿するイオンを答えよ。
3. 続いてアンモニア水を加えたとき沈殿するイオンを答えよ。
4. 最後まで沈殿しないイオンと、その確認方法を答えよ。

8-3 分離の工夫 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

次の2つのイオンを分離する方法を、1つの試薬を使って説明せよ。

1. Al^{3+} と Zn^{2+}
2. Ag^+ と Pb^{2+}

8-4 工業的製法 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

次の工業的製法について、つくられる物質と使用する触媒を答えよ。

1. ハーバー・ボッシュ法
2. オストワルト法
3. 接触法
4. アンモニアソーダ法

8-5 量的計算 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

アンモニアソーダ法について答えよ。式量は NaCl 58.5、 Na_2CO_3 106、 NaHCO_3 84 とする。

1. 主な2つの反応を化学反応式で書け。
2. 塩化ナトリウムと炭酸ナトリウムの物質量の比を答えよ。
3. 塩化ナトリウム 117 kg から理論上得られる炭酸ナトリウムは何 kg か。

金属の製錬について答えよ。

1. 溶鉱炉で鉄鉱石を還元しているのは何か。
2. アルミニウムを水溶液の電気分解ではつukれない理由を述べよ。
3. 銅の電解精錬で、陽極の下にたまる不純物を何というか。また何が含まれるか。

解説編

反応式は「型」から導けるように並べてある。

丸暗記した式と一致しなかったときは、型のほうを確認する。

第1章 周期表と元素の性質

1-1 価電子とイオン

■(1) アルカリ金属。価電子は1個。1個失って1価の陽イオンになりやすい。

■(2) ハロゲン。価電子は7個。1個もらって1価の陰イオンになりやすい。

■(3) 貴ガス（希ガス）。価電子は0（閉殻で安定しているため、結合をつくらない）。

答 (1) アルカリ金属・1個・1価の陽イオン (2) ハロゲン・7個・1価の陰イオン (3) 貴ガス・0

1-2 増える向きを言葉で説明する

■(1) 右上へ行くほど大きい。最大は He。閉殻の電子は奪いにくい。

■(2) 右上へ行くほど大きい（貴ガスを除く）。最大は F。原子が小さく、核が電子を強く引くため。

■(3) 左下へ行くほど大きい。電子殻が増え、また最外殻電子が核から遠くなるため。

3つとも「右上ほど電子を欲しがり、左下ほど電子を手放したがる」の言い換え。

答 (1) 右上・He (2) 右上・F (3) 左下

1-3 5つの違い

■(1) 典型元素は同じ族（縦）で似る。遷移元素は隣どうし（横）でも似る。

遷移元素は内側の電子殻に電子が入っていくため、最外殻の電子数がほとんど変わらないから。

■(2) ・すべて金属である

- ・複数の酸化数をとる (Fe^{2+} と Fe^{3+} 、 Cu^+ と Cu^{2+})
- ・有色のイオンが多い (Cu^{2+} は青、 Fe^{3+} は黄褐)
- ・錯イオンをつくりやすい
- ・単体や化合物が触媒になるものが多い ($\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot \text{Pt} \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{MnO}_2$)

答 (1) 典型=族が同じ、遷移=隣どうし (2) すべて金属/複数の酸化数/有色イオン/錯イオン/触媒 から3つ

1-4 電子数が同じなら核電荷で決まる

■(1) いずれも電子が10個で、Ne と同じ電子配置（等電子イオン）。

■(2) 電子数が同じなら、原子番号（核の正電荷）が大きいほど電子を強く引きつけて小さくなる。

原子番号は $\text{O}(8) < \text{F}(9) < \text{Na}(11) < \text{Mg}(12)$ なので

$\text{O}^{2-} > \text{F}^- > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$

「陰イオンは大きく、陽イオンは小さい」も同じ理由で説明できる。

答 (1) 電子10個でNeと同じ配置 (2) $\text{O}^{2-} > \text{F}^- > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$ （核電荷が大きいほど小さい）

1-5 知らない元素も族から推測する

■(1) 1族なので価電子1個 → Rb^+ （1価の陽イオン）

■(2) 同族では下へ行くほど陽性が強く反応が激しい。RbはKより下なのでより激しい。

■(3) 水とも空気中の酸素とも激しく反応するので、灯油（石油）中に保存する。

知らない元素でも、族と周期がわかれば性質は推測できる —— これが周期表の使い方。

答 (1) Rb^+ (2) Kより激しい (3) 灯油中に保存

1-6 金属・非金属・両性

■(1) Si・S・Cl (Siは半金属とされるが、単体は金属的な光沢をもつものの非金属に分類する)

■(2) Al・Zn

■(3) 酸の水溶液にも強塩基の水溶液にも溶ける元素。

両性元素は Al・Zn・Sn・Pb の4つ (「あ・あ・すん・なり」)。

例: $2\text{Al} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$ / $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$

答 (1) Si・S・Cl (2) Al・Zn (3) 酸にも強塩基にも溶ける

第2章 気体の製法と捕集

2-1 型を言ってから式を書く

■(1) 弱酸の遊離 (強酸が弱酸を追い出す)



■(2) 弱塩基の遊離 (強塩基が弱塩基を追い出す。加熱が必要)



■(3) 酸化還元 (水素よりイオン化傾向の大きい金属+酸)



答 (1) $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (弱酸遊離) (2) $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3$ (弱塩基遊離) (3) $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$ (酸化還元)

2-2 2つの問いで決める

問い①水に溶けるか 問い②空気より重いかの2つで決まる。

■(1) NH_3 : 水に非常によく溶ける/分子量17で空気(約29)より軽い → 上方置換

■(2) Cl_2 : 水に溶ける/分子量71で空気より重い → 下方置換

■(3) H_2 : 水に溶けにくい → 水上置換 (最も純度が高く取れるので、可能なら第一選択)

答 (1) 上方置換 (水に溶け、空気より軽い) (2) 下方置換 (水に溶け、空気より重い) (3) 水上置換 (水に溶けにくい)

2-3 酸と塩基が出会わないように

- (1) 濃硫酸は酸性。塩基性の気体である NH_3 と中和反応してしまうから。
- (2) ソーダ石灰は塩基性。酸性の気体である CO_2 を吸収してしまうから。
- (3) CaCl_2 は中性だが、 NH_3 と結合して $\text{CaCl}_2 \cdot 8\text{NH}_3$ をつくってしまうから。これだけが例外で、ねらわれやすい。

答 (1) 酸性の乾燥剤が塩基性の NH_3 と反応するから (2) 塩基性の乾燥剤が酸性の CO_2 を吸収するから (3) NH_3 と化合物をつくるから

2-4 精製の順番に理由がある



MnO_2 が酸化剤、 HCl の一部が還元剤としてはたらく酸化還元反応。加熱が必要。

■(2) 水 → 濃硫酸 の順。

- ・ 水：一緒に出てくる塩化水素を溶かして除く
- ・ 濃硫酸：水を通したときに含まれた水蒸気を除く

順番を逆にすると、乾燥させたあとに水を通すことになって意味がなくなる。

■(3) 水に溶け、空気より重いので 下方置換。

答 (1) $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$ (2) 水 (HCl を除く) → 濃硫酸 (水分を除く) (3) 下方置換

2-5 何を見て何と判断するか

- (1) 石灰水に通すと白濁する (CaCO_3 が生じる)。さらに通し続けると溶けて澄む。
- (2) 濃塩酸をつけたガラス棒を近づけると白煙 (NH_4Cl の微粒子)。湿った赤色リトマス紙を青に変える、でもよい。
- (3) 腐卵臭／酢酸鉛紙を黒変させる (PbS が生じる)。

答 (1) 石灰水が白濁 (2) 濃塩酸で白煙／赤色リトマスが青 (3) 腐卵臭／酢酸鉛紙が黒変

2-6 操作には必ず理由がある

- (1) 反応で水が生じる。その水が試験管の口のほうで冷えて水滴になり、加熱部に流れ落ちると急冷で試験管が割れる。だから口を下げて水滴を外へ流す。
- (2) アンモニアは水に非常によく溶けるので、水に通すとほとんど溶けてしまうから。
- (3) 上方置換 (水に溶け、空気より軽い)。

答 (1) 生じた水が加熱部に流れて試験管が割れるのを防ぐため (2) 水に非常によく溶けるから (3) 上方置換

第3章 ハロゲン

3-1 色と状態

■(1) Cl_2 は黄緑、 Br_2 は赤褐、 I_2 は黒紫（蒸気は紫）。

■(2) 液体は Br_2 （ハロゲンで唯一）、固体は I_2 （昇華する）。

F_2 と Cl_2 は気体。分子量が大きいほど分子間力が強く、沸点が高くなる。

答 (1) 黄緑・赤褐・黒紫 (2) 液体は Br_2 、固体は I_2

3-2 強いものが弱いものを追い出す

■(1) $\text{F}_2 > \text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$ （上ほど強い）

■(2) Cl_2 のほうが酸化力が強いので、 Br から電子を奪って Br_2 を遊離させる

$\text{Cl}_2 + 2\text{KBr} \rightarrow 2\text{KCl} + \text{Br}_2$ （溶液が赤褐色になる）

■(3) Br_2 は Cl を酸化できないので 反応しない。

強い酸化剤が弱いほうを追い出すという一方通行。

答 (1) $\text{F}_2 > \text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$ (2) $\text{Cl}_2 + 2\text{KBr} \rightarrow 2\text{KCl} + \text{Br}_2$ （赤褐色になる） (3) 反応しない

3-3 色と溶解性

■(1) AgCl （白）・ AgBr （淡黄）・ AgI （黄）

■(2) AgCl 。 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ （ジアンミン銀(I)イオン）となって溶ける。 AgBr はわずかに、 AgI はほとんど溶けない。

■(3) 感光性。光が当たると分解して銀が析出し、黒ずむ。写真フィルムに利用されていた。

なお AgF だけは水に溶けるので沈殿しない。

答 (1) AgCl 白・ AgBr 淡黄・ AgI 黄 (2) AgCl (3) 感光性（光で分解して銀が析出）

3-4 HFだけ全部ちがう

■(1) HF 分子どうしが水素結合で強く結びついており、水中で電離しにくいから。

■(2) 分子間に水素結合がはたらくため、分子を引き離すのに大きなエネルギーが要るから。 H_2O や NH_3 が同族の中で沸点が高いのと同じ理由。

■(3) ガラスの主成分である SiO_2 を溶かしてしまうから。ポリエチレン容器に保存する。

$\text{SiO}_2 + 6\text{HF} \rightarrow \text{H}_2\text{SiF}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$

答 (1) 水素結合が強く電離しにくいから (2) 分子間に水素結合があるから (3) ガラス（ SiO_2 ）を溶かすから

3-5 水と塩基で違う

■(1) $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$ (次亜塩素酸)

■(2) 次亜塩素酸 HClO 。強い酸化作用をもち、色素を分解し細菌を殺す。

■(3) $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$

生じた次亜塩素酸ナトリウムが家庭用の漂白剤。

塩素系漂白剤と酸性の洗剤を混ぜてはいけないのは、この反応が逆に進んで有毒な Cl_2 が出るため。

答 (1) $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$ (2) 次亜塩素酸 HClO (3) $\text{Cl}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$

3-6 検出と溶解

■(1) 青紫色。

■(2) $\text{I}_2 + \text{I}^- \rightarrow \text{I}_3^-$ という三ヨウ化物イオンができ、これが水に溶けるから。

■(3) 塩素やオゾンは酸化力が強いので、 I^- を酸化して I_2 にする。生じた I_2 がデンプンと反応して青紫になる。酸化力の検出という点で共通。

答 (1) 青紫色 (2) I_3^- となって溶けるから (3) I^- を酸化して I_2 を生じ、デンプンと反応するから

第4章 酸素・硫黄

4-1 名前と性質

■(1) 同じ元素からできているが、性質の異なる単体のこと。

■(2) O_2 と O_3 (オゾン)。オゾンは淡青色で特異臭をもち、強い酸化力を示す。

■(3) 斜方硫黄・単斜硫黄・ゴム状硫黄 (常温で安定なのは斜方硫黄)。

同素体をもつ主な元素は $\text{S} \cdot \text{C} \cdot \text{O} \cdot \text{P}$ (「スコップ」)。

答 (1) 同じ元素の単体で性質が異なるもの (2) O_2 と O_3 (淡青色・特異臭) (3) 斜方硫黄・単斜硫黄・ゴム状硫黄

4-2 性質と使い道をセットで

- (1) 脱水作用。有機化合物からHとOを水の形で奪い、炭素が残る。
- (2) 吸湿性。すでに存在する水分を吸収する性質。脱水作用とは別物。
- (3) 不揮発性。揮発性の酸 (HCl) を加熱で追い出せる。



(4つ目の性質は熱濃硫酸の酸化力で、銅を溶かしてSO₂を発生させる。)

答 (1) 脱水作用 (2) 吸湿性 (3) 不揮発性

4-3 3段階と触媒



■(3) 反応が激しすぎて硫酸の霧になってしまい、うまく吸収できないから。そこで濃硫酸に吸収させて発煙硫酸とし、これを希硫酸で薄める。

答 (1) $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 / 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{V}_2\text{O}_5} 2\text{SO}_3 / \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ (2) V_2O_5 (3) 反応が激しすぎて霧になるから

4-4 どちらが酸化剤か

■(1) ふつうは還元剤 (Sの酸化数+4がさらに+6になれる)。



■(3) Sの酸化数が +4 → 0 に減少しているので、SO₂は酸化剤としてはたらいっている。

H₂Sは非常に強い還元剤なので、相手のSO₂が押し負ける形になる。相手次第で役割が変わる典型例。

答 (1) 還元剤 (2) $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \rightarrow 3\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$ (白濁) (3) 酸化剤

4-5 全体式にまとめる

■(1) 3段階をまとめると、S 1 mol から H_2SO_4 1 mol



■(2) 硫黄 32 kg は 1.0 kmol (32 kg/kmol)



■(3) $98 \times 0.80 = 78.4 \text{ kg}$

工業的製法の計算は、途中を飛ばして最初と最後のmol比だけ見るのが定石。

答 (1) $\text{S} + (3/2)\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ (2) 98 kg (3) 約 78 kg

4-6 酸性・塩基性・両性

■(1) 酸性酸化物：非金属の酸化物。水に溶けて酸になる、または塩基と反応する ($\text{CO}_2 \cdot \text{SO}_2 \cdot \text{SO}_3 \cdot \text{NO}_2 \cdot \text{P}_4\text{O}_{10}$)

塩基性酸化物：金属の酸化物。水に溶けて塩基になる、または酸と反応する ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot \text{MgO}$)

■(2) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{ZnO}$ (酸とも強塩基とも反応する)

■(3) $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ となり 弱い酸性。石灰水 (塩基) と反応して沈殿するのもこのため。

答 (1) 酸性=非金属の酸化物 (CO_2 など)、塩基性=金属の酸化物 (CaO など) (2) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{ZnO}$ (3) 弱い酸性

第5章 窒素・リン・炭素・ケイ素

5-1 濃いか薄いかで変わる

■(1) 一酸化窒素 NO 。無色。水に溶けにくいので水上置換。



■(2) 二酸化窒素 NO_2 。赤褐色。水に溶け空気より重いので下方置換。



■(3) 空気中の酸素と反応して、ただちに赤褐色の NO_2 になる ($2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$)。

答 (1) NO ・無色・水上置換 (2) NO_2 ・赤褐色・下方置換 (3) 酸化されて赤褐色の NO_2 になる

5-2 全体式でmol比を見る

■(1) ① $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$

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

③ $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ (生じたNOは②へ戻して再利用)

■(2) 白金 Pt

■(3) 全体では $\text{NH}_3 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (NH_3 1 mol から HNO_3 1 mol)

NH_3 17 kg は 1.0 kmol ($M = 17$) $\rightarrow$ HNO_3 も 1.0 kmol

HNO_3 のモル質量は 63 なので 63 kg

答 (1) 上の3式 (2) 白金Pt (3) $\text{NH}_3 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 、63 kg

5-3 どの金属がどの酸か

■(1) 金属の表面に緻密で丈夫な酸化被膜ができ、内部が保護されてそれ以上反応が進まなくなる状態。

■(2) Al・Fe・Ni

■(3) 濃硝酸は酸化力が非常に強いので、Alの表面をすばやく酸化して緻密な Al_2O_3 の膜をつくる。希塩酸には酸化力がないので膜ができず、Alがそのままイオンになって H_2 を発生しながら溶ける。

アルマイト (表面を人工的に酸化させたアルミ製品) はこの性質の応用。

答 (1) 表面に緻密な酸化被膜ができて反応が止まる状態 (2) Al・Fe・Ni (3) 濃硝酸の強い酸化力で保護膜ができるから

5-4 保存法が問われる

■(1) 黄リン：淡黄色・猛毒・空気中で自然発火する (発火点が約 35°C と低い)

赤リン：赤褐色・毒性は低い・自然発火しない (マッチの側薬に使う)

■(2) 水中に保存する。空気に触れると自然発火してしまうから。

(ナトリウムやカリウムは水と反応するので灯油中保存。混同しないこと。)

■(3) 強い吸湿性があるので乾燥剤。水を加えて加熱するとリン酸 H_3PO_4 になる。

答 (1) 黄リンは淡黄・猛毒・自然発火、赤リンは赤褐・毒性低・発火しない (2) 水中保存 (自然発火を防ぐため) (3) 乾燥剤

5-5 SiO₂からシリカゲルまで

■(1) 共有結合の結晶。SiとOが立体的に共有結合でつながっているため、融点が非常に高く、硬く、水に溶けず、電気を通さない。

■(2) フッ化水素酸 (HF) のみ。

■(3) SiO₂ に NaOH (またはNa₂CO₃) を加えて加熱 → ケイ酸ナトリウム

水を加えて煮ると粘性の大きい水ガラス

塩酸を加えるとケイ酸 H₂SiO₃ が沈殿

これを乾燥させると多孔質のシリカゲル (乾燥剤) になる。

答 (1) 共有結合の結晶 (融点が高い・硬い・電気を通さない) (2) フッ化水素酸 (3) SiO₂→ケイ酸ナトリウム→水ガラス→ケイ酸→シリカゲル

5-6 理論化学とつなぐ

■(1) 四酸化三鉄 Fe₃O₄ (鉄を主成分とする触媒)

■(2) 高くする。気体の分子数が左辺4に対し右辺2なので、圧力を上げると分子数が減る右向きに平衡が移動する (ルシャトリエ)。

■(3) 正反応が発熱 ($\Delta H < 0$) なので、低温ほど平衡は右に寄る (収率は上がる)。

しかし低温では反応速度が遅すぎて、平衡に達するまでに時間がかかりすぎる。

そこで収率と速さの折り合いをつけた温度を選び、触媒で速度を補っている。

平衡 (第7講) と反応速度 (第6講) の両方が同時に問われる典型問題。

答 (1) Fe₃O₄ (2) 高くする (分子数が減る向きに移動するから) (3) 低温では反応速度が遅すぎるため、収率と速さを両立させる温度にしている

第6章 アルカリ金属・2族

6-1 色を言えるか

■(1) Li 赤 / Na 黄 / K 紫 / Ca 橙赤 / Ba 黄緑

(他に Cu 青緑、Sr 紅。Mgは示さない。)

■(2) 試料にナトリウムがわずかでも混じっていると強い黄色が出て紫色が見えなくなる。コバルトガラスは黄色い光を吸収するので、Kの紫色だけを見ることができる。

答 (1) 赤・黄・紫・橙赤・黄緑 (2) Naの強い黄色を吸収して、Kの紫色を見分けるため

6-2 4点セットで覚える

■(1) Mgは冷水と反応しない（熱水とは反応する）。Caは冷水と反応してH₂を発生する。

■(2) Mg(OH)₂は水に溶けにくい。Ca(OH)₂は溶けて強塩基性を示す（石灰水）。

■(3) MgSO₄は水に溶ける。CaSO₄・BaSO₄は溶けにくい（BaSO₄は白色沈殿）。

■(4) Mgは炎色反応を示さない。Caは橙赤色。

この4点がそのまま出題される。「Mgだけ仲間はずれ」と覚える。

答 (1) Mgは冷水と反応しない (2) Mg(OH)₂は難溶、Ca(OH)₂は可溶 (3) MgSO₄は可溶、CaSO₄は難溶 (4) Mgは示さない

6-3 分解の量的計算

■(1) $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

■(2) NaHCO₃ は $\frac{8.4}{84} = 0.10 \text{ mol}$

係数比 2 : 1 より Na₂CO₃ は 0.050 mol

$0.050 \times 106 = 5.3 \text{ g}$

■(3) CO₂ も 0.050 mol

$0.050 \times 22.4 = 1.12 \text{ L}$

（ふくらし粉が生地をふくらませるのは、このCO₂による。）

答 (1) $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (2) 5.3 g (3) 1.12 L

6-4 白濁して、また澄む

■(1) 白濁する（炭酸カルシウムの沈殿）

$\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$

■(2) 白濁が消えて澄む（水に溶ける炭酸水素カルシウムになる）

$\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(HCO}_3)_2$

■(3) 鍾乳洞ができる現象。CO₂を含む地下水が石灰岩を溶かし、水が蒸発したりCO₂が抜けたりすると逆反応でCaCO₃が再び析出して鍾乳石になる。

答 (1) 白濁 ($\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$) (2) 澄む ($\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(HCO}_3)_2$) (3) 鍾乳洞の形成

6-5 逆向きの現象

■(1) 潮解：固体が空気中の水分を吸収して溶けてしまう現象。例：NaOH、CaCl₂

■(2) 風解：結晶が結晶水を失って粉状になる現象。例：Na₂CO₃・10H₂O

■(3) ① 空気中の水分を吸収するから（潮解）

② 空気中の二酸化炭素を吸収してNa₂CO₃になるから



だからNaOHの正確な濃度は、はかり取った質量からは決められない（標準溶液にできない）。

答 (1) 水分を吸って溶ける (NaOH) (2) 結晶水を失って粉になる (Na₂CO₃・10H₂O) (3) 水分の吸収とCO₂の吸収

6-6 名前でつなが

■(1) 生石灰（酸化カルシウム）CaO

CaCO₃ → CaO + CO₂（この反応で発生するCO₂はアンモニアソーダ法で利用される）

■(2) 消石灰（水酸化カルシウム）Ca(OH)₂。多量の熱を出す。

CaO + H₂O → Ca(OH)₂（この飽和水溶液が石灰水）

■(3) CaSO₄・2H₂O。加熱して焼きセッコウ（CaSO₄・½H₂O）とし、水を加えると固まる性質を利用して型取り・建材・医療用ギプスに使う。

答 (1) 生石灰 CaO (2) 消石灰 Ca(OH)₂ (3) CaSO₄・2H₂O、型取りやギプス

第7章 両性元素と遷移元素

7-1 2本の式を書く

■(1) $2\text{Al} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$

■(2) $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$

生じるのはテトラヒドロキシドアルミン酸イオン [Al(OH)₄]⁻。

■(3) 両性元素。他に Zn・Sn・Pb（「あ・あ・すん・なり」）。

どちらの反応でも水素が発生することが共通。

答 (1) $2\text{Al} + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$ (2) $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$ (3) 両性元素 (Zn・Sn・Pb)

7-2 NH_3 で溶けるかが分かれ目

■(1) $\text{Al}(\text{OH})_3$ (白) と $\text{Zn}(\text{OH})_2$ (白)。どちらも白色沈殿。

■(2) $\text{Zn}(\text{OH})_2$ だけが溶ける ($[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ となる)。 $\text{Al}(\text{OH})_3$ は溶けずに残る。

■(3) Zn^{2+} はアンモニアと錯イオンをつくるが、 Al^{3+} はつくらないから。

したがって、ろ過すれば沈殿にAl、ろ液にZn と分けられる。

(過剰NaOHではどちらも溶けてしまうので分離できない —— ここが問われる。)

答 (1) $\text{Al}(\text{OH})_3$ 白・ $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 白 (2) $\text{Zn}(\text{OH})_2$ だけ溶ける (3) Zn^{2+} だけがアンモニアと錯イオンをつくるから

7-3 色と検出

■(1) Fe^{2+} は淡緑色、 Fe^{3+} は黄褐色。

■(2) 血赤色になる。 Fe^{3+} だけの反応なので、 Fe^{3+} の検出に使う。

■(3) $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$ (緑白色)、 $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$ (赤褐色)

$\text{Fe}(\text{OH})_2$ は空気中の酸素で酸化されて、しだいに赤褐色の $\text{Fe}(\text{OH})_3$ に変わる。

答 (1) 淡緑色・黄褐色 (2) 血赤色 (3) 緑白色・赤褐色

7-4 2段階で考える

■(1) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (青白色の沈殿)

■(2) 溶けて $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ (テトラアンミン銅(II)イオン) となり、深青色の溶液になる。

■(3) 銅はイオン化傾向が水素より小さいので、水素を発生させて溶けることができない。

溶かすには硝酸や熱濃硫酸のような酸化力のある酸が必要。

答 (1) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ・青白色 (2) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ ・深青色 (3) イオン化傾向が水素より小さいから

7-5 配位数と形

■(1) 順に 2、4、4、6

■(2) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ … 直線形

$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ … 正方形

$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ … 正四面体

$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ … 正八面体

配位数が同じ4でも、CuとZnで形が違うのがポイント。

■(3) ヘキサシアニド鉄(III)酸イオン (配位数6=ヘキサ、CN=シアニド、全体が陰イオンなので「～酸イオン」)。

答 (1) 2・4・4・6 (2) 直線形・正方形・正四面体・正八面体 (3) ヘキサシアニド鉄(III)酸イオン

7-6 平衡で色が変わる

■(1) CrO_4^{2-} (クロム酸イオン) は黄色、 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (二クロム酸イオン) は橙色。

■(2) 黄色から橙色に変わる。



H^+ が増えると平衡が右に移動する (ルシャトリエ)。塩基を加えると逆に黄色へ戻る。

■(3) Ag_2CrO_4 赤褐色、 PbCrO_4 黄色、 BaCrO_4 黄色

答 (1) 黄色・橙色 (2) 橙色に変わる ($2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$) (3) 赤褐・黄・黄

第8章 沈殿・系統分析・工業的製法

8-1 試薬ごとにまとめる

■(1) AgCl (白色) $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl} \downarrow$

■(2) BaSO_4 (白色) 水にも酸にも溶けない。X線撮影の造影剤に使う。

■(3) CuS (黒色) 溶解度積が非常に小さいので、酸性でも沈殿する。

■(4) PbCrO_4 (黄色) クロムイエローという顔料。

答 (1) AgCl 白 (2) BaSO_4 白 (3) CuS 黒 (4) PbCrO_4 黄

8-2 順番そのものが答え

■(1) 希塩酸 → Ag^+ (AgCl 白色沈殿)

■(2) Cu^{2+} (CuS 黒色沈殿)。酸性では S^{2-} が少ないので、溶解度積の極端に小さいものだけが沈む。

■(3) Fe^{3+} ($\text{Fe}(\text{OH})_3$ 赤褐色沈殿)。

※このとき、 H_2S で還元された Fe^{2+} を硝酸で酸化して Fe^{3+} に戻しておく必要がある。

(続けて塩基性で H_2S を通すと Zn^{2+} が ZnS として、 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ を加えると Ca^{2+} が CaCO_3 として沈む。)

■(4) Na^+ 。炎色反応(黄色)で確認する。

毎回「沈殿はろ過して除き、ろ液に次の試薬を加える」という流れ。

答 (1) 希塩酸・ Ag^+ (2) Cu^{2+} (3) Fe^{3+} (4) Na^+ (炎色反応の黄色で確認)

8-3 性質の差を1つつける

■(1) 過剰のアンモニア水を加える。

どちらも水酸化物の白色沈殿になるが、 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ だけが $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ となって溶ける。

→ 沈殿が Al 、ろ液が Zn 。

■(2) いずれも塩酸で白色沈殿(AgCl ・ PbCl_2)になるが、 PbCl_2 は熱水に溶ける。

→ 熱水を注いで、溶けたほうが Pb 、残ったほうが Ag 。

(別法：過剰のアンモニア水で AgCl だけが溶ける、でもよい。)

「両方沈むが、片方だけ溶ける条件を探す」のが分離問題の型。

答 (1) 過剰のアンモニア水(Zn だけ溶ける) (2) 熱水を加える(PbCl_2 だけ溶ける)

8-4 製法と触媒の対応

■(1) アンモニア/触媒 Fe_3O_4 (四酸化三鉄)

■(2) 硝酸/触媒 Pt (白金)

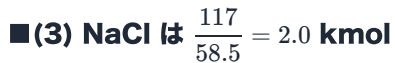
■(3) 硫酸/触媒 V_2O_5 (酸化バナジウム(V))

■(4) 炭酸ナトリウム/触媒は使わない

毎年のように問われるので、4つセットで覚える。

答 (1) アンモニア・ Fe_3O_4 (2) 硝酸・ Pt (3) 硫酸・ V_2O_5 (4) 炭酸ナトリウム・触媒なし

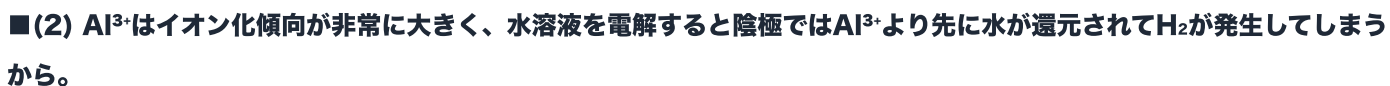
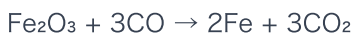
8-5 NaClとNa₂CO₃のmol比



(②で出るCO₂と、NH₄Cl + Ca(OH)₂ から回収するNH₃を再利用するのがこの製法の要点。)

答 (1) 上の2式 (2) 2 : 1 (3) 106 kg

8-6 還元のかたが違う



そのため氷晶石に溶かして熔融塩電解を行う。



答 (1) 一酸化炭素CO (2) 水が先に還元されH₂が出るから (だから熔融塩電解) (3) 陽極泥 (金・銀などを
含む)