

CHEMISTRY WORKBOOK 01

理論化学 問題集

理論化学は配点で全体の約半分を占め、無機も有機も最後は物質量の計算に落ちる。
ここが速く正確なら化学全体が安定する。48問すべて典型パターン。**新課程では熱化学がエンタルピー（ ΔH ）表記になり、発熱の符号が $-$ になった。**第5章で必ず上書きすること。

使い方

1周目 5分考えて出なければ解説へ。**単位と何 mol か**を必ず書きながら解く。

2周目 翌日か翌々日。式を立てるところまでを紙に書く。

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。

指示がなければ次の値を使う： $N_A = 6.0 \times 10^{23} \text{ /mol}$ 、 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ 、標準状態の気体 22.4 L/mol 、 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 。

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。

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 Pb 207

物質と濃度

記号の約束

n 物質の量 [mol] M モル質量・分子量・式量 [g/mol] N_A アボガドロ定数 c モル濃度 [mol/L]
 w 質量パーセント濃度 [%] d 密度 [g/cm³] V 体積 [L]

この章で使う武器

- $n = \frac{\text{質量}}{M} = \frac{\text{体積(L)}}{22.4} = \frac{\text{粒子数}}{N_A}$ (22.4 が使えるのは標準状態の気体だけ)
- モル濃度への換算は溶液1 Lで考える: $c = \frac{1000dw}{100M}$
- 希釈しても溶質の mol は変わらない: $c_1V_1 = c_2V_2$
- 反応式の係数比 = mol比。少ないほう (限定反応物) で生成量が決まる

1-1 mol換算 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

次の量を求めよ。

1. 水 H₂O 36 g は何 mol か。また分子は何個か。
2. 標準状態で 5.6 L の酸素 O₂ は何 g か。

1-2 濃度換算 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

質量パーセント濃度 98 %、密度 1.83 g/cm³ の濃硫酸がある。H₂SO₄ の分子量は 98 である。

1. この濃硫酸のモル濃度を求めよ。

1-3 希釈 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

18.3 mol/L の濃硫酸から、1.0 mol/L の希硫酸を 500 mL つくりたい。

1. 必要な濃硫酸は何 mL か。

1-4 量的関係 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

マグネシウム 2.4 g に、1.0 mol/L の塩酸 100 mL を加えた。反応は $\text{Mg} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$ である。

1. どちらが余るか。
2. 発生する水素は標準状態で何 L か。

1-5 平均分子量 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

空気は体積比で窒素 80 %、酸素 20 % の混合気体とみなせる。

1. 空気の平均分子量を求めよ。
2. 標準状態での空気の密度は何 g/L か。

ある化合物を分析したところ、質量パーセントで C 40.0 %、H 6.7 %、O 53.3 % であった。分子量は 180 である。

1. 組成式を求めよ。
2. 分子式を求めよ。

化学結合と結晶格子

記号の約束

a 単位格子の一辺 r 原子（イオン）の半径 M モル質量 [g/mol] N_A アボガドロ定数 d 密度 [g/cm³]
 Z 単位格子に含まれる原子の数

この章で使う武器

- 含有原子数：頂点は $\frac{1}{8}$ 、面の中心は $\frac{1}{2}$ 、内部は 1。単純1個・体心2個・面心4個
- 一辺と半径：単純 $a = 2r$ 、体心 $\sqrt{3}a = 4r$ 、面心 $\sqrt{2}a = 4r$
- 密度 $d = \frac{ZM/N_A}{a^3}$ (a はcmに直す)
- 配位数：単純6・体心8・面心12・六方最密12。充填率：52 %・68 %・74 %・74 %

2-1 数え方 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

面心立方格子について答えよ。

- 単位格子に含まれる原子は何個か。数え方も示せ。
- 配位数はいくらか。

2-2 半径 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

鉄は体心立方格子をつくり、単位格子の一辺は 2.86×10^{-8} cm である。

- 鉄の原子半径を求めよ。

2-3 密度 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

銅は面心立方格子をつくり、単位格子の一边は 3.62×10^{-8} cm である。銅のモル質量は 64 g/mol とする。

1. 銅の密度を求めよ。

2-4 イオン結晶 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

塩化ナトリウムは NaCl 型の結晶で、単位格子の一边は 5.64×10^{-8} cm である。NaCl の式量は 58.5 とする。

1. 単位格子に含まれる NaCl は何組か。
2. この結晶の密度を求めよ。

2-5 結晶の分類 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

ダイヤモンド、塩化ナトリウム、ドライアイス、銅について答えよ。

1. それぞれの結晶の種類（共有結合の結晶・イオン結晶・分子結晶・金属結晶）を答えよ。
2. 融点が最も高いものと最も低いものを答えよ。
3. 固体のまま電気を通すものはどれか。

2-6 充填率 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

面心立方格子の充填率（単位格子の体積のうち原子が占める割合）を求めよ。

1. $\sqrt{2}a = 4r$ を使って、充填率を計算せよ。

気体

記号の約束

P 圧力 [Pa] V 体積 [L] n 物質質量 [mol] R 気体定数 T 絶対温度 [K] M 分子量 w 気体の質量 [g]
 P_A 成分Aの分圧 [Pa]

この章で使う武器

- $PV = nRT$ (T は必ず絶対温度 $= 273 + t$)。 $R = 8.3 \times 10^3$ なら P は Pa、 V は L
- 分子量は $M = \frac{wRT}{PV}$
- 分圧 = 全圧 $\times$ モル分率。同じ容器・同じ温度なら圧力比 = mol比
- 蒸気圧：①全部気体と仮定して計算 ②飽和蒸気圧と比べる ③超えていたら圧力 = 飽和蒸気圧として mol を出し直す

3-1 状態方程式 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

27 °C、 1.0×10^5 Pa で 24.9 L を占める気体がある。

1. この気体は何 mol か。

3-2 分子量 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

ある気体 0.30 g が、 1.0×10^5 Pa、300 K で 249 mL を占めた。

1. この気体の分子量を求めよ。

3-3 分圧 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

容器に窒素 0.20 mol と酸素 0.30 mol を入れたところ、全圧は 1.0×10^5 Pa になった。

1. 窒素の分圧を求めよ。
2. 酸素の分圧を求めよ。

3-4 蒸気圧 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

容積 1.0 L の密閉容器に水 0.50 g を入れ、全体を 27 °C に保った。27 °C における水の飽和蒸気圧は 3.6×10^3 Pa である。

1. 水はすべて蒸発するか。
2. 気体として存在する水は何 g か。

3-5 水上置換 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

27 °C、大気圧 1.0×10^5 Pa のもとで、水上置換により気体を捕集した。27 °Cの水の飽和蒸気圧は 3.6×10^3 Pa である。

1. 捕集した気体そのものの分圧はいくらか。

3-6 実在気体 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

実在気体は理想気体からずれる。 $Z = \frac{PV}{nRT}$ とする。

1. 低温・高圧でずれが大きくなる理由を2つ挙げよ。
2. 中程度の圧力で $Z < 1$ になるのはどちらの理由によるか。

溶液

記号の約束

S 溶解度（水100 gに溶ける g 数） m 質量モル濃度 [mol/kg]（質量ではない） ΔT 沸点上昇度・凝固点降下度 [K]
 K_f モル凝固点降下 K_b モル沸点上昇 Π 浸透圧 [Pa] V 溶液の体積 [L]

この章で使う武器

- 溶解度は水100 gに溶ける g 数。析出量 = （入れた量） - （その温度の溶解度）
- 束一性 $\Delta T = Km$ （ m は質量モル濃度 mol/kg）。電解質は電離後の全粒子で数える
- 浸透圧 $\Pi V = nRT$ （形は状態方程式と同じ）
- ヘンリーの法則：溶ける気体の物質量は分圧に比例

4-1 溶解度 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

硝酸カリウムの溶解度（水100 gあたり）は 60 °Cで 110 g、20 °Cで 32 g である。60 °Cの飽和水溶液 210 g を 20 °Cまで冷却した。

1. 析出する結晶は何 g か。

4-2 凝固点降下 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (分子量 180) 18 g を水 200 g に溶かした。水のモル凝固点降下は $1.85 \text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ である。

1. 質量モル濃度を求めよ。
2. この水溶液の凝固点を求めよ。

4-3 電解質 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

塩化ナトリウム (式量 58.5) 5.85 g を水 500 g に溶かした。NaCl は水中で完全に電離するものとし、 $K_f = 1.85 \text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ とする。

1. 溶液中の全粒子の質量モル濃度を求めよ。
2. 凝固点降下度を求めよ。

4-4 浸透圧 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

ある高分子 1.0 g を水に溶かして 500 mL とした。27 °Cにおけるこの溶液の浸透圧は 4.98×10^3 Pa であった。

1. 溶質の物質量を求めよ。
2. この高分子の分子量を求めよ。

4-5 ヘンリー ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

1.0×10^5 Pa のもとで、ある気体は水 1 L に 0.0010 mol 溶ける。温度は一定とする。

1. 3.0×10^5 Pa のもとでは何 mol 溶けるか。
2. その気体の体積を、その圧力のもとで測ると何倍になるか。

4-6 コロイド ★★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

コロイドについて答えよ。

1. 横から光を当てると道すじが見える現象を何というか。
2. 水酸化鉄(III)のような疎水コロイドに少量の電解質を加えると沈殿する現象を何というか。
3. タンパク質のような親水コロイドに多量の電解質を加えると沈殿する現象を何というか。

エンタルピー（新課程）

記号の約束

ΔH エンタルピー変化 [kJ]（発熱で負・吸熱で正） Q 熱量 [J] c 比熱 [J/(g·K)] m 質量 [g] ΔT 温度変化 [K]

この章で使う武器

- 発熱 $\rightarrow \Delta H < 0$ 、吸熱 $\rightarrow \Delta H > 0$ 。反応式の右に ΔH を書き、状態（気・液・固）を必ず示す
- 生成エンタルピーから： $\Delta H = \Sigma(\text{生成物}) - \Sigma(\text{反応物})$ （単体は0）
- 結合エネルギーから： $\Delta H = \Sigma(\text{切る}) - \Sigma(\text{つくる})$ （向きが逆）
- 熱量 $Q = mc\Delta T$ 。1 mol あたりに直し、発熱なら負号をつける

5-1 符号 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

メタンの完全燃焼では、1 mol あたり 891 kJ の熱が発生する。

1. この反応を、新課程の書き方（ ΔH を付した反応式）で書け。
2. ΔH の符号が負である理由を述べよ。

5-2 生成エンタルピー ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

エタノールの完全燃焼 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{液}) + 3\text{O}_2(\text{気}) \rightarrow 2\text{CO}_2(\text{気}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{液})$ について答えよ。

生成エンタルピー[kJ/mol] : $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{液})$ -277、 $\text{CO}_2(\text{気})$ -394、 $\text{H}_2\text{O}(\text{液})$ -286

1. この反応の ΔH を求めよ。

5-3 ヘスの法則 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

次の2つの反応がわかっている。

- ① $\text{C}(\text{黒鉛}) + \text{O}_2(\text{気}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{気}) \quad \Delta H_1 = -394 \text{ kJ}$
② $\text{CO}(\text{気}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{気}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{気}) \quad \Delta H_2 = -283 \text{ kJ}$

1. $\text{C}(\text{黒鉛}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{気}) \rightarrow \text{CO}(\text{気})$ の ΔH を求めよ。

5-4 結合エネルギー ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

アンモニアの生成 $\text{N}_2(\text{気}) + 3\text{H}_2(\text{気}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{気})$ について答えよ。

結合エネルギー[kJ/mol] : $\text{N}\equiv\text{N}$ 946、 $\text{H}-\text{H}$ 436、 $\text{N}-\text{H}$ 391

1. この反応の ΔH を求めよ。

5-5 熱量計算 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

1.0 mol/L の塩酸 100 mL に、1.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 100 mL を加えたところ、溶液の温度が 6.7 K 上昇した。溶液の密度を 1.0 g/cm³、比熱を 4.2 J/(g·K) とする。

1. 発生した熱量は何 kJ か。
2. 中和エンタルピー（水 1 mol あたりの ΔH ）を求めよ。

メタンの燃焼エンタルピーは、生成する水が液体のとき -891 kJ/mol である。水の蒸発エンタルピー $\text{H}_2\text{O}(\text{液}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{気})$ は $+44 \text{ kJ/mol}$ である。

1. 生成する水が気体である場合の ΔH を求めよ。

反応速度

記号の約束

v 反応速度 [mol/(L·s)] k 速度定数 $[A]$ Aのモル濃度 [mol/L] E_a 活性化エネルギー [kJ/mol] T 絶対温度 [K]

この章で使う武器

- $v = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t}$ (濃度-時間グラフの傾き)
- 速度式 $v = k[A]^a[B]^b$ 。次数 a, b は**実験で決める** (係数と一致するとは限らない)
- k を変えられるのは**温度と触媒だけ**。濃度では変わらない
- 触媒は活性化エネルギー E_a を下げる。 ΔH も**平衡の位置も変えない**

6-1 平均の速さ ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

ある反応で、反応物 A の濃度が 20 秒間に 0.80 mol/L から 0.50 mol/L に減少した。

1. この間の平均の反応速度を求めよ。

6-2 次数決定 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

反応 $A + B \rightarrow C$ について、次の実験結果が得られた。

実験1 : $[A]=0.10$ 、 $[B]=0.10 \rightarrow v = 0.0020 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$

実験2 : $[A]=0.20$ 、 $[B]=0.10 \rightarrow v = 0.0080 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$

実験3 : $[A]=0.10$ 、 $[B]=0.20 \rightarrow v = 0.0020 \text{ mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$

1. A、B それぞれについての反応次数を求めよ。
2. 速度式を書き、速度定数 k を求めよ。

6-3 温度 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

ある反応は、温度を 10°C 上げるとに反応速度が 2 倍になる。

1. 温度を 30°C 上げると、反応速度は何倍になるか。
2. 速度を 16 倍にするには何 $^\circ\text{C}$ 上げればよいか。

6-4 グラフ ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

反応物の濃度–時間グラフは、時間がたつほど傾きがゆるやかになる（下に凸の曲線になる）。

1. その理由を、速度式にもとづいて説明せよ。
2. 「平均の速さ」と「ある時刻での速さ」は、グラフ上でそれぞれ何にあたるか。

6-5 触媒 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

触媒について答えよ。

1. 触媒を加えると変化するものを、次から選べ。[活性化エネルギー／反応エンタルピー／平衡定数／到達する平衡の位置]
2. 触媒が反応を速くするしくみを説明せよ。

速度式が $v = k[A]$ の反応と、 $v = k[A]^2$ の反応がある。 v の単位は $\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ である。

1. それぞれの k の単位を答えよ。

化学平衡

記号の約束

K 平衡定数 K_a 電離定数 K_w 水のイオン積 1.0×10^{-14} K_{sp} 溶解度積 c はじめの濃度 [mol/L] α 電離度
 $[X]$ Xのモル濃度

この章で使う武器

- $K = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$ (指数は係数)。 K は温度だけで決まる
- ルシャトリエ：濃度を増やせばそれが減る向き、圧力を上げれば分子数が減る向き、温度を上げれば吸熱の向き
- 強酸 $[H^+] = c$ 、弱酸 $[H^+] = \sqrt{cK_a}$ 、緩衝液 $[H^+] = K_a \frac{[酸]}{[塩]}$
- 沈殿するかどうかは、イオン濃度の積と K_{sp} の大小で判定

7-1 平衡定数 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

体積 10 L の容器に H_2 と I_2 を 1.0 mol ずつ入れて一定温度に保つと、 $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$ の平衡に達し、HI が 1.6 mol 生成していた。

1. 平衡時の H_2 、 I_2 の物質量を求めよ。
2. 平衡定数 K を求めよ。

7-2 pH ★3周チェック ☐ ☐ ☐

0.010 mol/L の塩酸について答えよ（完全に電離するとする）。

1. pH を求めよ。
2. この溶液を水で 100 倍に薄めたときの pH を求めよ。

7-3 弱酸 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

0.10 mol/L の酢酸水溶液について答えよ。酢酸の電離定数は $K_a = 2.7 \times 10^{-5}$ mol/L、 $\log 1.64 = 0.21$ とする。

1. 水素イオン濃度を求めよ。
2. pH を求めよ。
3. 電離度を求めよ。

7-4 中和滴定 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

濃度のわからない酢酸水溶液 25.0 mL を、0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、中和までに 12.5 mL を要した。

1. 酢酸のモル濃度を求めよ。
2. この滴定に適した指示薬とその理由を答えよ。

7-5 緩衝液 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

酢酸 0.10 mol と酢酸ナトリウム 0.10 mol を水に溶かして 1.0 L とした。 $K_a = 2.7 \times 10^{-5}$ mol/L、 $\log 2.7 = 0.43$ とする。

1. この溶液の pH を求めよ。
2. この溶液を水で 2 倍に薄めると pH はどうなるか。

塩化銀の溶解度積は $K_{sp} = 1.8 \times 10^{-10} \text{ (mol/L)}^2$ である。 $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ の硝酸銀水溶液と $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ の塩化ナトリウム水溶液を同体積混ぜた。

1. 混合直後の Ag^+ と Cl^- の濃度を求めよ。
2. 沈殿は生じるか。

酸化還元・電気化学

記号の約束

e^- 電子 F ファラデー定数 9.65×10^4 C/mol I 電流 [A] t 時間 [s] n 流れた電子の物質量 [mol]

Q 電気量 [C]

この章で使う武器

- 半反応式：①変化する原子 ②O を H_2O で ③H を H^+ で ④電荷を e^- で
- 滴定：(酸化剤が受け取る e^- の mol) = (還元剤が出す e^- の mol)
- 電子が出る極が酸化。電池ならそれが負極、電気分解ならそれが陽極
- $n = \frac{It}{F}$ (t は秒)。 e^- の mol を出してから、係数比で物質の mol に直す

8-1 酸化数 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

次の下線部の原子の酸化数を求めよ。

1. KMnO_4 の Mn

2. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ の Cr

3. H_2O_2 の O

8-2 半反応式 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

過マンガン酸イオン MnO_4^- は、硫酸酸性の水溶液中で Mn^{2+} に変化する。

1. この変化の半反応式を、手順にしたがって組み立てよ。

8-3 ファラデー ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

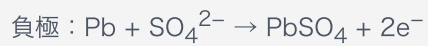
硫酸銅(II)水溶液を、5.0 A の電流で 1930 秒間電気分解した。Cu = 64、 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

1. 流れた電子は何 mol か。
2. 陰極に析出する銅は何 g か。

硫酸銅(II)水溶液の電解槽と、硝酸銀水溶液の電解槽を直列につなぎ、同じ電気量を流した。Cu = 64、Ag = 108 とする。

1. 電子 0.10 mol が流れたとき、それぞれの陰極に析出する金属の質量を求めよ。
2. 析出する物質量の比を答えよ。

鉛蓄電池を放電した。各極の反応は次のとおりである。



$\text{Pb} = 207$ 、 $\text{PbO}_2 = 239$ 、 $\text{PbSO}_4 = 303$

1. 電子 2.0 mol が流れたとき、負極の質量変化を求めよ。
2. 正極の質量変化を求めよ。

濃度のわからない過酸化水素水 10.0 mL に希硫酸を加え、0.020 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、20.0 mL で赤紫色が消えなくなった。



1. 過酸化水素水のモル濃度を求めよ。
2. この滴定で指示薬が不要な理由を述べよ。

解説編

式は書き写せる順に並べてある。

自分の答案と1行ずつ突き合わせて、どこで分かれたかを特定する。

第1章 物質量と濃度

1-1 3方向への換算

■(1) $n = \frac{36}{18} = 2.0 \text{ mol}$

分子数 $= 2.0 \times 6.0 \times 10^{23} = 1.2 \times 10^{24}$ 個

■(2) $n = \frac{5.6}{22.4} = 0.25 \text{ mol}$

質量 $= 0.25 \times 32 = 8.0 \text{ g}$

答 (1) 2.0 mol、 1.2×10^{24} 個 (2) 8.0 g

1-2 1 Lで考える

■溶液を 1 L (=1000 cm³) 取り出して考える

質量 : $1000 \times 1.83 = 1830 \text{ g}$

そのうち溶質は $1830 \times 0.98 = 1793 \text{ g}$

$n = \frac{1793}{98} = 18.3 \text{ mol}$

1 L あたりなので $c = 18 \text{ mol/L}$

答 約 18 mol/L

1-3 $c_1V_1 = c_2V_2$

■希釈しても溶質の mol は変わらない

$$18.3 \times V = 1.0 \times 0.500$$

$$V = 0.0273 \text{ L} = 27 \text{ mL}$$

(実験では水に濃硫酸を少しずつ加える。逆にすると危険。)

答 約 27 mL

1-4 限定反応物を見つける

■(1) それぞれの mol を出す

$$\text{Mg} : \frac{2.4}{24} = 0.10 \text{ mol} \quad \text{HCl} : 1.0 \times 0.100 = 0.10 \text{ mol}$$

Mg 0.10 mol と過不足なく反応する HCl は 0.20 mol 必要。実際は 0.10 mol しかない。

→ HCl が足りない (Mg が余る)

■(2) 少ないほう (HCl) で決まる

HCl 0.10 mol → H₂ は係数比 2:1 なので 0.050 mol

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

答 (1) Mg が余る (HCl が限定反応物) (2) 1.1 L

1-5 モル分率で重みづけ

■(1) 気体では体積比=mol比

$$\overline{M} = 28 \times 0.80 + 32 \times 0.20 = 22.4 + 6.4 = 28.8$$

■(2) 1 mol が 22.4 L を占める

$$\frac{28.8}{22.4} = 1.29 \text{ g/L}$$

答 (1) 28.8 (2) 1.3 g/L

1-6 質量% → mol比 → 組成式 → 分子式

■(1) 100 g あると考えて、それぞれの mol を出す

$$\text{C} : \frac{40.0}{12} = 3.33 \quad \text{H} : \frac{6.7}{1.0} = 6.7 \quad \text{O} : \frac{53.3}{16} = 3.33$$

いちばん小さい 3.33 で割る → C : H : O = 1 : 2 : 1

組成式は CH₂O

■(2) 組成式の式量は 12 + 2 + 16 = 30

$$\frac{180}{30} = 6 \rightarrow \text{分子式は C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \text{ (グルコース)}$$

答 (1) CH₂O (2) C₆H₁₂O₆

第2章 化学結合と結晶格子

2-1 含有数と配位数

■(1) 頂点8個と面の中心6個

$$8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 1 + 3 = 4 \text{ 個}$$

■(2) 同じ層に4個、上の層に4個、下の層に4個で 12

答 (1) 4個 (2) 12

2-2 体心は立体の対角線

■体心立方では、立方体の対角線上で3個の原子が接している

対角線の長さ $\sqrt{3}a$ が原子4個ぶんの半径にあたる： $\sqrt{3}a = 4r$

$$r = \frac{\sqrt{3} \times 2.86 \times 10^{-8}}{4} = \frac{4.95 \times 10^{-8}}{4} = 1.24 \times 10^{-8} \text{ cm}$$

答 $1.24 \times 10^{-8} \text{ cm}$

2-3 格子内の質量 ÷ 体積

■単位格子に含まれる原子は 4 個。その質量は

$$\frac{4 \times 64}{6.0 \times 10^{23}} = 4.27 \times 10^{-22} \text{ g}$$

■単位格子の体積

$$(3.62 \times 10^{-8})^3 = 4.74 \times 10^{-23} \text{ cm}^3$$

■密度

$$d = \frac{4.27 \times 10^{-22}}{4.74 \times 10^{-23}} = 9.0 \text{ g/cm}^3$$

答 約 9.0 g/cm^3

2-4 NaCl型は格子内4組

■(1) Na^+ : 頂点 $8 \times 1/8$ + 面 $6 \times 1/2$ = 4個 (面心立方の位置)

Cl^- : 辺の中点 $12 \times 1/4$ + 中心1 = 4個

→ 4組

$$\text{■(2) } d = \frac{4 \times 58.5 / (6.0 \times 10^{23})}{(5.64 \times 10^{-8})^3} = \frac{3.90 \times 10^{-22}}{1.79 \times 10^{-22}} = 2.2 \text{ g/cm}^3$$

答 (1) 4組 (2) 約 2.2 g/cm^3

2-5 結合の種類と性質

■(1) ダイヤモンド＝共有結合の結晶、NaCl＝イオン結晶、ドライアイス＝分子結晶、銅＝金属結晶

■(2) 最高はダイヤモンド（共有結合が全体に広がる）、最低はドライアイス（弱い分子間力だけ、しかも昇華する）

■(3) 銅のみ（自由電子があるため）。NaCl は固体では通さず、融解または水に溶かせば通す。

（例外：黒鉛は共有結合の結晶だが電気を通す。層状で、平面内を電子が動けるため。）

答 (1) 順に 共有結合／イオン／分子／金属 (2) 最高ダイヤモンド・最低ドライアイス (3) 銅

2-6 球の体積 ÷ 格子の体積

■原子の体積：格子内に4個あるので

$$4 \times \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{16}{3}\pi r^3$$

■格子の体積： $\sqrt{2}a = 4r$ より $a = \frac{4r}{\sqrt{2}} = 2\sqrt{2}r$

$$a^3 = (2\sqrt{2}r)^3 = 16\sqrt{2}r^3 = 22.6r^3$$

■充填率

$$\frac{16\pi/3}{16\sqrt{2}} = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} = 0.740 \rightarrow 74\%$$

答 約 74 %

第3章 気体

3-1 代入するだけ

■ $T = 273 + 27 = 300 \text{ K}$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{1.0 \times 10^5 \times 24.9}{8.3 \times 10^3 \times 300} = \frac{2.49 \times 10^6}{2.49 \times 10^6} = 1.0 \text{ mol}$$

答 1.0 mol

3-2 $M = wRT/PV$

■ $n = \frac{w}{M}$ を $PV = nRT$ に代入して $M = \frac{wRT}{PV}$

体積を L に直す：249 mL = 0.249 L

$$M = \frac{0.30 \times 8.3 \times 10^3 \times 300}{1.0 \times 10^5 \times 0.249} = \frac{7.47 \times 10^5}{2.49 \times 10^4} = 30$$

答 30

3-3 モル分率をかける

■全 mol は $0.20 + 0.30 = 0.50 \text{ mol}$

■(1) $1.0 \times 10^5 \times \frac{0.20}{0.50} = 4.0 \times 10^4 \text{ Pa}$

■(2) $1.0 \times 10^5 \times \frac{0.30}{0.50} = 6.0 \times 10^4 \text{ Pa}$

和が全圧になることを確認する。

答 (1) $4.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ (2) $6.0 \times 10^4 \text{ Pa}$

3-4 仮定 → 比較 → 出し直し

■(1) まずすべて気体だと仮定して圧力を計算する

$$n = \frac{0.50}{18} = 0.028 \text{ mol}$$

$$P = \frac{nRT}{V} = \frac{0.028 \times 8.3 \times 10^3 \times 300}{1.0} = 6.9 \times 10^4 \text{ Pa}$$

これは飽和蒸気圧 $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$ を大きく超える → 一部は液体のまま残る

■(2) 液体があるので、圧力は飽和蒸気圧に等しい

$$n_{\text{気}} = \frac{3.6 \times 10^3 \times 1.0}{8.3 \times 10^3 \times 300} = 1.4 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$1.4 \times 10^{-3} \times 18 = 0.026 \text{ g}$$

答 (1) すべては蒸発しない (2) 約 0.026 g (残り約 0.47 g は液体)

3-5 水蒸気のみだけ引く

■捕集した気体には水蒸気が混じっている

(気体の分圧) + (水の飽和蒸気圧) = 大気圧

$$P = 1.0 \times 10^5 - 3.6 \times 10^3 = 9.64 \times 10^4 \text{ Pa}$$

この分圧を使って mol を計算する。水蒸気を忘れると数 % ずれる。

答 $9.6 \times 10^4 \text{ Pa}$

3-6 $Z = PV/nRT$ のずれ方

■(1) 理想気体は「分子自身の体積が0」「分子間力がはたらかない」と仮定している。実在気体では

- ・分子間力がはたらく（低温で分子が遅くなると影響が出る）
- ・分子自身の体積が無視できない（高圧で分子どうしが近づくと効く）

■(2) 分子間力によって引き合い、体積が理想より小さくなるので $Z < 1$ 。

さらに高圧になると分子自身の体積のほう効いて $Z > 1$ に転じる。

答 (1) 分子間力/分子自身の体積 (2) 分子間力

第4章 溶液

4-1 飽和溶液を冷やす

■60 °Cの飽和水溶液 210 g の内訳を出す

水100 g に 110 g 溶けて 210 g になっている。つまりちょうど水100 g ぶん。

■20 °Cでは水100 g に 32 g しか溶けられない

$110 - 32 = 78$ g が析出する。

答 78 g

4-2 非電解質はそのまま

$$\text{■(1) 溶質の mol} = \frac{18}{180} = 0.10 \text{ mol, 溶媒は } 0.200 \text{ kg}$$
$$m = \frac{0.10}{0.200} = 0.50 \text{ mol/kg}$$

$$\text{■(2) } \Delta T = K_f m = 1.85 \times 0.50 = 0.925 \text{ K}$$

凝固点は $0 - 0.93 = -0.93$ °C

答 (1) 0.50 mol/kg (2) -0.93 °C

4-3 粒子の数を数え直す

$$\text{■(1) NaCl の mol} = \frac{5.85}{58.5} = 0.100 \text{ mol}$$

電離して Na^+ と Cl^- になるので粒子は2倍の 0.200 mol

$$m = \frac{0.200}{0.500} = 0.400 \text{ mol/kg}$$

$$\text{■(2) } \Delta T = 1.85 \times 0.400 = 0.74 \text{ K}$$

同じ 0.10 mol でも、グルコースなら 0.37 K。電離を数え忘れると半分になる。

答 (1) 0.400 mol/kg (2) 0.74 K

4-4 高分子の分子量測定

■(1) $\Pi V = nRT$ を n について解く

$$n = \frac{\Pi V}{RT} = \frac{4.98 \times 10^3 \times 0.500}{8.3 \times 10^3 \times 300} = \frac{2.49 \times 10^3}{2.49 \times 10^6} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{■(2) } M = \frac{w}{n} = \frac{1.0}{1.0 \times 10^{-3}} = 1.0 \times 10^3$$

分子量が大きいと mol が小さく、沸点上昇では測れないほど小さな変化になる。浸透圧なら測れるので高分子の分子量測定に使われる。

答 (1) 1.0×10^{-3} mol (2) 1.0×10^3

4-5 molは比例・体積は不変

■(1) 溶ける物質量は分圧に比例

$$0.0010 \times 3.0 = 0.0030 \text{ mol}$$

■(2) mol は 3 倍だが、測る圧力も 3 倍なので $V = nRT/P$ は変わらない (1倍)。

「その圧力のもとで測れば体積は同じ」「標準状態に直せば3倍」—— どちらを聞かれたかを読む。

答 (1) 0.0030 mol (2) 1 倍 (変わらない)

4-6 用語の区別

■(1) チンダル現象 (コロイド粒子が光を散乱するため)

■(2) 凝析。疎水コロイドは電荷の反発だけで分散しているので、少量の電解質で電荷が中和されて集まる。価数が高いイオンほど効果が大きい。

■(3) 塩析。親水コロイドは多数の水分子をまとっているため、多量の電解質で水を奪う必要がある。

(関連：半透膜で不純物イオンを除くのが透析、粒子の不規則な動きがブラウン運動。)

答 (1) チンダル現象 (2) 凝析 (3) 塩析

第5章 エンタルピー (新課程)

5-1 新課程の書き方

■(1) 状態を必ず書く



■(2) 発熱は物質のもつエネルギーが減って、その分が熱として外に出る変化。

ΔH は「反応後 - 反応前」なので負になる。

(旧課程の熱化学方程式では右辺に $+891 \text{ kJ}$ と書いた。符号が逆に見えるので注意。)

答 (1) $\text{CH}_4(\text{気}) + 2\text{O}_2(\text{気}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{気}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{液}) \quad \Delta H = -891 \text{ kJ}$ (2) 生成物のほうがエネルギーが低いから

5-2 生成物 - 反応物

$$\Delta H = \Sigma(\text{生成物の生成エンタルピー}) - \Sigma(\text{反応物の生成エンタルピー})$$

O_2 は単体なので 0。

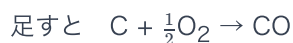
$$\Delta H = \{2 \times (-394) + 3 \times (-286)\} - (-277)$$

$$= (-788 - 858) + 277 = -1369 \text{ kJ}$$

答 $\Delta H = -1369 \text{ kJ}$ (発熱)

5-3 経路の引き算

■求めたい反応は ①－② でつくれる



$$\Delta H = -394 + 283 = -111 \text{ kJ}$$

エネルギー図で「C の高さ」「CO の高さ」「CO₂ の高さ」を描くと一目で見える。

答 $\Delta H = -111 \text{ kJ}$

5-4 切る － つくる

■切る結合：N≡N が1本、H-H が3本

$$946 + 3 \times 436 = 946 + 1308 = 2254 \text{ kJ (吸熱・正)}$$

■できる結合：NH₃ 2分子ぶんで N-H が6本

$$6 \times 391 = 2346 \text{ kJ (発熱・負)}$$

$$\Delta H = 2254 - 2346 = -92 \text{ kJ}$$

生成エンタルピーの式（生成物－反応物）とは向きが逆なので、混同しないこと。

答 $\Delta H = -92 \text{ kJ}$

5-5 $Q=mc\Delta T \rightarrow 1 \text{ molあたり}$

■(1) 溶液の質量は $100 + 100 = 200 \text{ g}$ (密度 1.0)

$$Q = mc\Delta T = 200 \times 4.2 \times 6.7 = 5628 \text{ J} = 5.6 \text{ kJ}$$

■(2) 中和で生じた水の mol



$$\Delta H = -\frac{5.63}{0.10} = -56 \text{ kJ/mol}$$

強酸と強塩基の中和エンタルピーは、組み合わせによらずほぼ -56 kJ/mol になる（正味の反応が $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ だけだから）。

答 (1) 約 5.6 kJ (2) 約 -56 kJ/mol

5-6 水の状態で値が変わる

■メタン 1 mol の燃焼では水が 2 mol できる

液体の水 2 mol を気体にするには $2 \times 44 = 88$ kJ を吸収する (正)

$$\Delta H = -891 + 88 = -803 \text{ kJ}$$

気体のほうがエネルギーが高いので、発熱量は小さくなる。だから反応式に状態を書かないと値が決まらない。

答 $\Delta H = -803 \text{ kJ}$

第6章 反応速度

6-1 減少量 ÷ 時間

$$\blacksquare v = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = \frac{0.80 - 0.50}{20} = 0.015 \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$$

答 0.015 mol/(L·s)

6-2 1つだけ変える実験を探す

■(1) 実験1と2 : [B] を固定して [A] を2倍 → v は4倍

$$2^a = 4 \text{ より } a = 2 \text{ (A について2次)}$$

実験1と3 : [A] を固定して [B] を2倍 → v は変わらない

$$2^b = 1 \text{ より } b = 0 \text{ (B について0次)}$$

$$\blacksquare(2) v = k[A]^2$$

$$\text{実験1を代入 : } 0.0020 = k \times (0.10)^2 = 0.010k \rightarrow k = 0.20 \text{ L/(mol}\cdot\text{s)}$$

反応式の係数 (1と1) とは一致していないことに注意。

答 (1) A : 2次、B : 0次 (2) $v = k[A]^2$ 、 $k = 0.20 \text{ L/(mol}\cdot\text{s)}$

6-3 2のべき乗

$$\blacksquare(1) 2^{30/10} = 2^3 = 8 \text{ 倍}$$

$$\blacksquare(2) 2^n = 16 \text{ より } n = 4 \rightarrow 10 \times 4 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

答 (1) 8 倍 (2) 40 °C

6-4 減り方が一定でない理由

■(1) 速度は濃度に依存する ($v = k[A]^a$)。反応が進むと $[A]$ が減るので、速度そのものが小さくなる。したがって傾きはだんだんゆるやかになる。

■(2) 平均の速さ=2点を結ぶ直線の傾き、ある時刻での速さ=その点における接線の傾き。

答 (1) 濃度が下がると速度も下がるから (2) 平均=2点を結ぶ直線の傾き、瞬間=接線の傾き

6-5 変えるもの・変えないもの

■(1) 変化するのは活性化エネルギーだけ。

反応エンタルピー ΔH は始点と終点で決まる (ヘスの法則) ので変わらない。平衡定数も平衡の位置も変わらない。

■(2) 活性化エネルギーの小さい別の反応経路をつくるため、同じ温度でも山を越えられる分子の割合が増え、速く平衡に達する。

答 (1) 活性化エネルギー (2) より低い活性化エネルギーの経路をつくるから

6-6 単位から次数がわかる

■1次: $k = \frac{v}{[A]} = \frac{\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})}{\text{mol}/\text{L}} = /s$

■2次: $k = \frac{v}{[A]^2} = \frac{\text{mol}/(\text{L} \cdot \text{s})}{(\text{mol}/\text{L})^2} = \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{s})$

逆に、 k の単位を見れば何次反応かがわかる。

答 1次: $/s$ (s^{-1}) 2次: $\text{L}/(\text{mol} \cdot \text{s})$

第7章 化学平衡

7-1 変化量の表を書く

■(1) 反応した H_2 を x mol とすると、 HI は $2x$ mol できる

$$2x = 1.6 \text{ より } x = 0.80$$

残り: $\text{H}_2 = 1.0 - 0.80 = 0.20 \text{ mol}$ 、 I_2 も 0.20 mol

■(2) 濃度に直す (体積 10 L)

$$[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = 0.020, [\text{HI}] = 0.16 \text{ mol/L}$$

$$K = \frac{0.16^2}{0.020 \times 0.020} = \frac{0.0256}{0.00040} = 64$$

この反応は左右で分子数が同じ (2:2) なので、 K に体積が残らない。

答 (1) とともに 0.20 mol (2) $K = 64$

7-2 強酸はそのまま

■(1) $[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-2} \rightarrow \text{pH} = 2$

■(2) $[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-4} \rightarrow \text{pH} = 4$

薄め続けても pH は 7 に近づくだけで、7 を超えて塩基性にはならない。

答 (1) 2 (2) 4

7-3 $\sqrt{cK_a}$

■(1) 弱酸は電離度が小さいので $[\text{H}^+] = \sqrt{cK_a}$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{0.10 \times 2.7 \times 10^{-5}} = \sqrt{2.7 \times 10^{-6}} = 1.64 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

■(2) $\text{pH} = 3 - 0.21 = 2.79$

■(3) $\alpha = \frac{[\text{H}^+]}{c} = \frac{1.64 \times 10^{-3}}{0.10} = 1.6 \times 10^{-2}$ (約 1.6 %)

同じ濃度の塩酸なら $\text{pH} = 1$ 。弱酸のほうが pH は大きい。

答 (1) $1.6 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ (2) 約 2.8 (3) 約 0.016

7-4 強弱は関係ない

■(1) 中和は「酸の出せる H^+ の mol = 塩基の出せる OH^- の mol」。強弱は関係ない。

$$c \times 25.0 = 0.10 \times 12.5 \rightarrow c = 0.050 \text{ mol/L}$$

■(2) 中和点にできるのは酢酸ナトリウム。これは加水分解して塩基性を示す。

変色域が塩基性側にあるフェノールフタレイン (8.0~9.8) を使う。メチルオレンジ (3.1~4.4) では早く色が変わってしまう。

答 (1) 0.050 mol/L (2) フェノールフタレイン (中和点が塩基性のため)

7-5 比で決まる

■(1) 緩衝液では $[\text{H}^+] = K_a \times \frac{[\text{酸}]}{[\text{塩}]}$

比が 1 : 1 なので $[\text{H}^+] = K_a = 2.7 \times 10^{-5}$

$$\text{pH} = 5 - 0.43 = 4.57$$

■(2) 酸も塩も同じだけ薄まるので比は変わらない → pH はほとんど変わらない。

これが緩衝作用。少量の酸や塩基を加えても同様に pH が動きにくい。

答 (1) 約 4.6 (2) ほとんど変わらない

7-6 積とKspを比べる

■(1) 同体積を混ぜると体積が2倍になるので濃度は半分

$$[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-] = 5.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

■(2) 積を計算して K_{sp} と比べる

$$5.0 \times 10^{-6} \times 5.0 \times 10^{-6} = 2.5 \times 10^{-11}$$

$$2.5 \times 10^{-11} < 1.8 \times 10^{-10} \rightarrow \text{沈殿しない}$$

「混ぜたら薄まる」を忘れると、逆の結論になる。

答 (1) ともに $5.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ (2) 積が K_{sp} より小さいので沈殿しない

第8章 酸化還元・電気化学

8-1 ルール通りに数える

■規則：単体は0、化合物中の H は +1、O は -2、全体の和は 0（イオンなら電荷）

$$\text{■(1)} (+1) + x + 4 \times (-2) = 0 \rightarrow x = +7$$

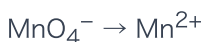
$$\text{■(2)} 2 \times (+1) + 2x + 7 \times (-2) = 0 \rightarrow 2x = 12 \rightarrow x = +6$$

$$\text{■(3)} \text{過酸化物は例外で } -1 \text{ (H が } +1 \text{ なので } 2 \times (+1) + 2x = 0)$$

答 (1) +7 (2) +6 (3) -1

8-2 4ステップで組み立てる

■① 変化する原子を書く



■② O の数を H_2O で合わせる（左に O が4個）



■③ H の数を H^+ で合わせる（右に H が8個）



■④ 電荷を e^- で合わせる（左 $-1 + 8 = +7$ 、右 $+2$ ）



答 $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$

8-3 電子のmolを先に出す

$$\blacksquare(1) \quad n = \frac{It}{F} = \frac{5.0 \times 1930}{9.65 \times 10^4} = \frac{9650}{96500} = 0.10 \text{ mol}$$



$$\text{電子 } 2 \text{ mol で銅 } 1 \text{ mol} \text{ なので } 0.10 \times \frac{1}{2} = 0.050 \text{ mol}$$

$$0.050 \times 64 = 3.2 \text{ g}$$

答 (1) 0.10 mol (2) 3.2 g

8-4 同じ電気量・違う価数

■直列なのでどちらの電解槽にも同じ電気量が流れる



$$0.10 \times \frac{1}{2} = 0.050 \text{ mol} \rightarrow 0.050 \times 64 = 3.2 \text{ g}$$



$$0.10 \times 1 = 0.10 \text{ mol} \rightarrow 0.10 \times 108 = 10.8 \text{ g}$$

$$\blacksquare \text{物質量の比 } \text{Cu} : \text{Ag} = 0.050 : 0.10 = 1 : 2$$

価数の逆比になる。

答 (1) Cu 3.2 g、Ag 10.8 g (2) Cu : Ag = 1 : 2

8-5 両極とも重くなる

■(1) 負極 : 電子2 mol あたり Pb 1 mol が PbSO₄ 1 mol に変わる

$$303 - 207 = +96 \text{ g (増加)}$$

■(2) 正極 : 電子2 mol あたり PbO₂ 1 mol が PbSO₄ 1 mol に変わる

$$303 - 239 = +64 \text{ g (増加)}$$

放電すると両極とも重くなり、電解液の硫酸は薄くなる（密度が下がるので充電の目安になる）。

答 (1) 96 g 増加 (2) 64 g 増加

8-6 電子のmolでつり合わせる

■(1) (受け取る e^-) = (放出する e^-)

$$5 \times 0.020 \times \frac{20.0}{1000} = 2 \times c \times \frac{10.0}{1000}$$

$$5 \times 4.0 \times 10^{-4} = 2 \times c \times 1.00 \times 10^{-2}$$

$$2.0 \times 10^{-3} = 2.0 \times 10^{-2}c \rightarrow c = 0.10 \text{ mol/L}$$

■(2) MnO_4^- は赤紫色で、反応すると無色の Mn^{2+} になる。終点を過ぎると赤紫色が消えずに残るので、それ自体が指示薬のはたらきをする。

答 (1) 0.10 mol/L (2) MnO_4^- 自身が赤紫色で、終点で色が残るから