

SETUP DRILL 21

エンタルピー・反応速度・平衡 設定別ドリル

反応の「熱」と「速さ」と「行き先」を6つの設定に分けた。

新課程では熱化学方程式ではなくエンタルピー変化 ΔH で書く。発熱が負、吸熱が

正——ここが旧課程と逆なので最初に体に入れる。

そして ΔH は経路によらない（ヘスの法則）。これが計算の柱になる。

使い方

1周目 設定の見出しと公式を読んだから5問続けて解く。

2周目 ΔH を書くたびに「発熱なら負」を口に出して確認する。

3周目 見出しを隠して、どの設定かを言い当ててから解く。

気体定数を R 、絶対温度を T とする。

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

問 題 編

解説は後半にまとめてある。先に見ないこと。

符号を必ず確認すること。

SETUP 01

エンタルピー変化の書き方

記号の約束

ΔH エンタルピー変化 (kJ/mol) Q 出入りする熱量

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「 ΔH 」「発熱」「吸熱」
2. → 発熱は $\Delta H < 0$ 、吸熱は $\Delta H > 0$
3. → 反応式の右に ΔH を書き添える形式

この設定で使う公式

- 発熱反応: $\Delta H < 0$ (系がエネルギーを失う)
- 吸熱反応: $\Delta H > 0$
- 書き方の例: $\text{C(黒鉛)} + \text{O}_2(\text{気}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{気}) \quad \Delta H = -394 \text{ kJ}$

1-1 符号 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

エンタルピー変化の符号について答えよ。

1. 発熱反応の ΔH の符号は。
2. 吸熱反応ではどうか。
3. なぜそう決めるのか。

1-2 書き換え ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

「メタン 1 mol を完全燃焼させると 891 kJ の熱が発生する」をエンタルピー変化を用いた式で表したい。

1. 反応式を書け（状態も示すこと）。
2. ΔH の値を符号つきで書け。

1-3 係数倍 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

$\text{H}_2(\text{気}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{気}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{液}) \quad \Delta H = -286 \text{ kJ}$ について答えよ。

1. 係数を2倍にすると ΔH はどうなるか。
2. 逆向きの反応の ΔH はどうなるか。
3. 水素 n mol の燃焼で出る熱量を求めよ。

1-4 いろいろな ΔH ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

次の用語を説明せよ。

1. 燃焼エンタルピー
2. 生成エンタルピー
3. 中和エンタルピー

1-5 状態変化 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

状態変化のエンタルピー変化について答えよ。

1. 氷が水になるときの ΔH の符号は。
2. 水が水蒸気になるときは。
3. 水蒸気の水になるときは。

ヘスの法則

記号の約束

$\Delta H_1, \Delta H_2$ 各段階のエントルピー変化

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「次の値を用いて求めよ」「直接測定できない」
2. $\rightarrow \Delta H$ は途中の経路によらない
3. $\rightarrow$ 式を足し引きして目的の式を作る

この設定で使う公式

- ΔH は始めと終わりの状態だけで決まる
- 式を k 倍すれば ΔH も k 倍、逆向きなら符号反転
- 目的の式ができるように足し引きし、 ΔH も同じ操作をする

2-1 考え方 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

ヘスの法則について答えよ。

1. どんな法則か述べよ。
2. なぜ成り立つのか。
3. 力学の何と同じ構造か。

2-2 足し引き ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

次の2式から $\text{C(黒鉛)} + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{気}) \rightarrow \text{CO}(\text{気})$ の ΔH を求めたい。

1. ① $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \quad \Delta H_1$ と ② $\text{CO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \quad \Delta H_2$ をどう組み合わせるか。
2. 求める ΔH を書け。

2-3 エネルギー図 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

エネルギー図（縦軸がエンタルピー）について答えよ。

1. 発熱反応では生成物は反応物より上か下か。
2. ΔH は図の何にあたるか。
3. 吸熱反応ではどうか。

2-4 溶解熱 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

無水硫酸銅 CuSO_4 の水への溶解エンタルピーを ΔH_1 、五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の溶解エンタルピーを ΔH_2 とする。

1. $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の ΔH を求めよ。
2. どちらの経路も同じ状態に着くことを確認せよ。

2-5 組み立て ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

複数の式から目的の ΔH を求める手順を整理せよ。

1. 最初にやることは何か。
2. 次に何をするか。
3. 最後に何をするか。

SETUP 03

生成エンタルピーと結合エネルギー

記号の約束

ΔH_f 生成エンタルピー E 結合エネルギー

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「生成エンタルピーの値を用いて」 → 生成物－反応物
2. 問題文に「結合エネルギーの値を用いて」 → 切る－つくる
3. → 2つは向きが逆なので取り違えないこと

この設定で使う公式

- 生成エンタルピーから： $\Delta H = \Sigma \Delta H_f(\text{生成物}) - \Sigma \Delta H_f(\text{反応物})$
- 結合エネルギーから： $\Delta H = \Sigma E(\text{切る}) - \Sigma E(\text{つくる})$
- 単体の生成エンタルピーは 0

3-1 生成エンタルピー ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

反応 $A + B \longrightarrow C + D$ について、各物質の生成エンタルピーが分かっている。

1. 反応のエンタルピー変化を式で書け。
2. 単体の生成エンタルピーはいくらか。

3-2 結合エネルギー ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

$\text{H}_2(\text{気}) + \text{Cl}_2(\text{気}) \rightarrow 2\text{HCl}(\text{気})$ について、 $\text{H}-\text{H}$ 、 $\text{Cl}-\text{Cl}$ 、 $\text{H}-\text{Cl}$ の結合エネルギーを E_1 、 E_2 、 E_3 とする。

1. 切る結合とそのエネルギーの合計を書け。
2. つくる結合とその合計を書け。
3. ΔH を求めよ。

3-3 取り違い防止 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

2つの公式の向きが逆になる理由を説明せよ。

1. 生成エンタルピーはどんな量か。
2. 結合エネルギーはどんな量か。
3. だから式の向きがどうなるか。

3-4 状態に注意 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

結合エネルギーを使った計算について答えよ。

1. 結合エネルギーの値はどんな状態について定義されているか。
2. 生成物に液体の水が含まれるとき、どうすればよいか。

3-5 どちらを使うか ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

問題でどちらの方法を使うかの判断について答えよ。

1. 「生成エンタルピー」の表が与えられたら。
2. 「結合エネルギー」の表が与えられたら。
3. どちらも同じ答えになるか。

SETUP 04

反応速度

記号の約束

v 反応速度 k 反応速度定数 E_a 活性化エネルギー

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「反応速度」「濃度を変えると」「触媒」「温度を上げると」
2. → 速さを変える要因は4つ（濃度・温度・触媒・表面積）
3. → 速度式は実験から決まる（係数から決めてはいけない）

この設定で使う公式

- $v = k[A]^x[B]^y$ (x, y は実験で決める)
- 温度を上げる → k が大きくなる
- 触媒 → 活性化エネルギーを下げる (ΔH は変えない)

4-1 定義 ★

3周チェック ☐ ☐ ☐

反応速度について答えよ。

1. どのように定義されるか。
2. 単位は何か。

4-2 速度式 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

反応 $A + 2B \rightarrow C$ について、速度式を $v = k[A]^x[B]^y$ とする。

1. $x = 1$ 、 $y = 2$ と決めてよいか。
2. x 、 y はどう決めるか。
3. $[A]$ を2倍にしたら v が2倍になった。 x はいくらか。

4-3 温度 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

温度を上げると反応が速くなる理由を考える。

1. 分子の運動はどうなるか。
2. 衝突の回数はどうなるか。
3. より重要なのはどちらか。

4-4 触媒 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

触媒について答えよ。

1. 触媒は何を変えるか。
2. 反応のエンタルピー変化は変わるか。
3. 平衡はどちらに動くか。

4-5 エネルギー図 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

反応の進行とエネルギーのグラフについて答えよ。

1. 山の高さは何を表すか。
2. 始点と終点の高さの差は何か。
3. 触媒を入ると図はどう変わるか。

SETUP 05

化学平衡と平衡定数

記号の約束

K 平衡定数 $[A]$ A のモル濃度

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「 $\rightleftharpoons$ 」「平衡に達した」「平衡定数」
2. $\rightarrow$ 正反応と逆反応の速さが等しい状態
3. $\rightarrow K$ は温度だけで決まる

この設定で使う公式

- $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ に対し
- $K = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b}$
- K は温度が変わらなければ一定（濃度や圧力を変えても変わらない）

5-1 定義 ★★

3周チェック ☐ ☐ ☐

$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ について答えよ。

1. 平衡定数の式を書け。
2. 平衡状態とはどんな状態か。
3. 反応が止まっているのか。

5-2 K の意味 ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

平衡定数 K について答えよ。

1. K が非常に大きいとき、平衡はどちらに寄っているか。
2. K は何によって変わるか。
3. 濃度を変えると K は変わるか。

5-3 計算 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

体積 V L の容器に A を n mol 入れ、 $A \rightleftharpoons 2B$ の平衡に達したところ、 A の x mol が反応していた。

1. 平衡時の A と B の物質量を求めよ。
2. 平衡定数を求めよ。

5-4 電離平衡 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

弱酸 HA の電離平衡 $\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-$ について答えよ。

1. 電離定数の式を書け。
2. 濃度 c 、電離度 α で表せ。
3. 薄めると電離度はどうなるか。

5-5 溶解度積 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

難溶性の塩 AgCl の飽和水溶液について答えよ。

1. 溶解度積の式を書け。
2. AgCl の溶解度を s mol/L として K_{sp} を表せ。
3. 塩化ナトリウムを加えると溶解度はどうなるか。

SETUP 06

ルシャトリエの原理

記号の約束

p 圧力 T 温度

この設定を見分ける手がかり

1. 問題文に「濃度を増やすと」「圧力を上げると」「温度を上げると」
2. → 加えた変化をやわらげる向きに動く
3. → 圧力は気体の係数の和、温度は ΔH の符号を見る

この設定で使う公式

- 濃度を増やす → それを減らす向きへ
- 圧力を上げる → 気体の分子数が減る向きへ
- 温度を上げる → 吸熱の向き ($\Delta H > 0$ の向き) へ

6-1 濃度 ★★

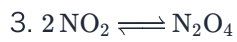
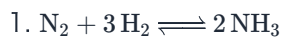
3周チェック ☐ ☐ ☐

$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ の平衡について答えよ。

1. N_2 を加えると平衡はどちらに動くか。
2. NH_3 を取り除くとどうか。
3. K は変わるか。

6-2 圧力 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

次の平衡で、圧力を上げると平衡はどちらに動くか。

**6-3** 温度 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$ $\Delta H = -92 \text{ kJ}$ の平衡について答えよ。

1. 正反応は発熱か吸熱か。

2. 温度を上げると平衡はどちらに動くか。

3. K はどうなるか。

6-4 体積と圧力 ★★★3周チェック ☐ ☐ ☐

平衡状態の気体について答えよ。

1. 容器の体積を小さくすると圧力はどうなるか。
2. 体積一定でアルゴン（反応しない気体）を加えると平衡は動くか。
3. 圧力一定でアルゴンを加えるとどうか。

6-5 総まとめ ★★3周チェック ☐ ☐ ☐

平衡移動の判断手順を整理せよ。

1. 濃度を変えたとき何を見るか。
2. 圧力を変えたとき何を見るか。
3. 温度を変えたとき何を見るか。

解説編

各問の冒頭に符号をどう決めたかを書いてある。

設定 1 エンタルピー変化の書き方

1-1 発熱は負

■(1) 負

■(2) 正

■(3) ΔH は物質（系）がもつエネルギーの変化だから。

熱を外に出せば、系のエネルギーは減るので負。

旧課程の「発熱＝正」とは逆。ここを最初に切り替える。

答 (1) 負 (2) 正 (3) 系のエネルギー変化を表すから

1-2 式に添える

■(1) $\text{CH}_4(\text{気}) + 2\text{O}_2(\text{気}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{気}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{液})$

■(2) 発熱なので $\Delta H = -891 \text{ kJ}$

状態（気・液・固）を必ず書く。

水が気体か液体かで値が変わるため。

係数は「その物質 1 mol あたり」になるようにそろえる。

答 $\text{CH}_4(\text{気}) + 2\text{O}_2(\text{気}) \longrightarrow \text{CO}_2(\text{気}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{液})$ 、 $\Delta H = -891 \text{ kJ}$

1-3 比例する

■(1) 2倍になる (-572 kJ)。

■(2) 符号が変わる ($+286 \text{ kJ}$)。

■(3) $286n \text{ kJ}$ の発熱 ($\Delta H = -286n \text{ kJ}$)。

ΔH は物質質量に比例し、逆反応で符号が反転する。

この2つの性質がヘスの法則の計算を支える。

答 (1) 2倍 (2) 符号が変わる (3) $286n \text{ kJ}$

1-4 定義を区別

■(1) 物質 1 mol が完全燃焼するときの ΔH 。必ず負。

■(2) 成分元素の単体から化合物 1 mol ができるとき ΔH 。

■(3) 酸と塩基が中和して水 1 mol ができるとき ΔH 。

強酸と強塩基なら約 -56 kJ/mol 。

どれも「何が 1 mol なのか」が違う。

係数をそろえるときの基準になる。

答 (1) 1 mol の完全燃焼 (2) 単体から化合物 1 mol (3) 水 1 mol 生成

1-5 融解・蒸発も

■(1) 熱を吸収するので 正 (融解エンタルピー)。

■(2) やはり吸収するので 正 (蒸発エンタルピー)。

■(3) 逆向きなので 負 (熱を出す)。

汗が蒸発すると体が冷えるのは、蒸発が吸熱だから。

ばらばらになる向きは吸熱、集まる向きは発熱。

答 (1) 正 (2) 正 (3) 負

設定 2 ヘスの法則

2-1 経路によらない

■(1) 反応のエンタルピー変化は、途中の経路によらず、始めと終わりの状態だけで決まる。

■(2) エンタルピーが状態量だから。
その状態にあれば決まった値をもつ。

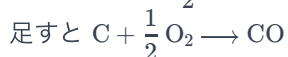
■(3) 位置エネルギー。
山の高さの差は、どの道を登っても同じ。
熱力学の U が状態量だったのと同じ話。

答 (1) 経路によらず始めと終わりで決まる (2) エンタルピーが状態量だから (3) 位置エネルギー

2-2 式を組む

■(1) 目的の式の左辺に C 、右辺に CO が要る。

①はそのまま、②は逆向きにして足す。



■(2) $\Delta H = \Delta H_1 - \Delta H_2$

逆にした式は符号を反転して足す。

CO の生成エンタルピーは直接測れない (CO_2 もできてしまう) ので、この方法で求める。

答 (2) $\Delta H = \Delta H_1 - \Delta H_2$

2-3 高さの差

■(1) 下 (エネルギーが下がったから熱が出た)。

■(2) 生成物の高さ - 反応物の高さ。

■(3) 生成物のほうが上にあり、 $\Delta H > 0$ 。

図を描けば符号を間違えない。

迷ったら縦軸に2本線を引いて差を見る。

答 (1) 下 (2) 生成物と反応物の高さの差 (3) 生成物が上で $\Delta H > 0$

2-4 間接的に測る

■(1) 経路A: CuSO_4 を直接溶かす (ΔH_1)

経路B: まず水和物にして (ΔH)、それを溶かす (ΔH_2)

$$\Delta H_1 = \Delta H + \Delta H_2$$

$$\Delta H = \Delta H_1 - \Delta H_2$$

■(2) どちらも最後は同じ濃度の硫酸銅水溶液。

だからヘスの法則が使える。

「同じゴールに2つの道」を見つけるのがヘスの使い方。

答 (1) $\Delta H_1 - \Delta H_2$ (2) どちらも同じ水溶液に着く

2-5 未知数として解く

■(1) 目的の式を書き、左辺と右辺の物質を確認する。

■(2) 与えられた式を、必要なら逆向き・何倍かにして、
足すと目的の式になる組み合わせを探す。

目的の式に出てこない物質が消えるようにするのがコツ。

■(3) ΔH にも同じ操作 (符号反転・倍率) をして足す。

式に対する操作と ΔH に対する操作をそろえる。

これだけで必ず解ける。

答 (1) 目的の式を確認 (2) 足すと目的の式になる組合せを作る (3) ΔH に同じ操作をして足す

設定 3 生成エンタルピーと結合エネルギー

3-1 生成物－反応物

$$\text{■(1)} \quad \Delta H = \{\Delta H_f(\text{C}) + \Delta H_f(\text{D})\} - \{\Delta H_f(\text{A}) + \Delta H_f(\text{B})\}$$

■(2) 0。

単体から単体をつくる反応は何も起きていないから。

だから反応式に単体があっても計算に入れなくてよい。

答 (1) 生成物の和 - 反応物の和 (2) 0

3-2 切る－つくる

■(1) $\text{H}-\text{H}$ 1本と $\text{Cl}-\text{Cl}$ 1本 $\rightarrow E_1 + E_2$

■(2) $\text{H}-\text{Cl}$ 2本 $\rightarrow 2E_3$

■(3) $\Delta H = (E_1 + E_2) - 2E_3$

切るのは吸熱（正）、つくるのは発熱（負）。

だから「切る－つくる」。

生成エンタルピーの「生成物－反応物」と向きが逆なので注意。

答 (1) $E_1 + E_2$ (2) $2E_3$ (3) $(E_1 + E_2) - 2E_3$

3-3 覚え方

■(1) 「その物質をつくるのに必要な（出る）エネルギー」。

物質そのものがもつエネルギーの目安なので、

生成物－反応物（高さの差）でよい。

■(2) 「その結合を切るのに必要なエネルギー」。

つまり反応物側が正の量。

■(3) だから切る（反応物）－ つくる（生成物）と逆になる。

「結合エネルギーは切るのに要る量」と覚えれば迷わない。

答 (1) つくるときに要る量 (2) 切るのに要る量 (3) だから向きが逆になる

3-4 気体でないと使えない

■(1) 気体の状態。

結合を切ってばらばらの原子にする話なので、

分子間力が無視できる気体で定義する。

■(2) 蒸発エンタルピーを足して気体に直してから計算する。

$\text{H}_2\text{O}(\text{液}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{気})$ の分を経由させる。

状態が違えば ΔH も違う —— これを忘れると値がずれる。

答 (1) 気体 (2) 蒸発エンタルピーを使って気体に直す

3-5 与えられた値で決まる

■(1) 生成物－反応物

■(2) 切る－つくる

■(3) なる（どちらもヘスの法則の言い換えだから）。

実際には測定誤差や近似で少しずれることがあるが、
考え方としては同じ。

与えられた表を見て、使う式を決める。

答 (1) 生成物－反応物 (2) 切る－つくる (3) 同じ

設定 4 反応速度

4-1 濃度の変化率

■(1) 単位時間あたりの濃度の変化

$$v = \left| \frac{\Delta[A]}{\Delta t} \right|$$

■(2) mol/(L·s) など。

反応物なら減少、生成物なら増加だが、
速度は正の値で表すので絶対値を取る。

答 (1) 単位時間あたりの濃度変化 (2) mol/(L·s)

4-2 実験で決める

■(1) いけない。

係数と反応次数は一致するとは限らない。

反応が何段階かで進むと、律速段階だけが速さを決めるため。

■(2) 実験で、片方の濃度だけを変えて調べる。

■(3) $2^x = 2$ より $x = 1$

「片方だけ変える」のが実験の要点。

答 (1) いけない (2) 実験で決める (3) 1

4-3 k が変わる

■(1) 激しくなる (平均の運動エネルギーが増える)。

■(2) 増える。

■(3) 「活性化エネルギー以上のエネルギーをもつ分子の割合」が

急激に増えることのほう。

衝突回数の増加は $\sqrt{T}$ 程度だが、

活性化エネルギーを超える分子の割合は指数関数的に増える。

だから 10 °C 上げるだけで数倍速くなる。

答 (1) 激しくなる (2) 増える (3) 活性化エネルギーを超える分子の割合

4-4 ΔH は変えない

■(1) 活性化エネルギーを下げる (別の経路を用意する)。

■(2) 変わらない。

始めと終わりの状態が同じなので、ヘスの法則から当然。

■(3) 動かない。

正反応も逆反応も同じだけ速くなるので、

平衡に達するまでの時間が短くなるだけ。

この3つはセットで問われる。

答 (1) 活性化エネルギー (2) 変わらない (3) 動かない (速くなるだけ)

4-5 山と高さ

■(1) 活性化エネルギー E_a (反応の速さを決める)。

■(2) ΔH (反応の熱を決める)。

■(3) 山が低くなるだけで、

始点と終点の高さは変わらない。

山の高さ = 速さ、高さの差 = 熱。

この2つは独立で、混同しやすいので図で区別する。

答 (1) 活性化エネルギー (2) ΔH (3) 山が低くなるだけ

設定 5 化学平衡と平衡定数

5-1 生成物が分子

■(1) $K = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$

■(2) 正反応と逆反応の速さが等しくなった状態。

見かけ上、濃度が変化しなくなる。

■(3) 止まっていない。

どちらの向きにも進み続けているが、差し引き 0 になっている。

動的平衡という。

答 (1) $\frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$ (2) 正逆の速さが等しい (3) 止まっていない

5-2 大きいと右へ

■(1) 分子（生成物）が大きいので 右（生成物側）。

■(2) 温度だけ。

■(3) 変わらない。

濃度を変えれば平衡は移動するが、

移動した先で K は元の値に戻る。

K が変わるのは温度を変えたときだけ。

答 (1) 右 (2) 温度 (3) 変わらない

5-3 変化量を x で置く

■(1) A : $n - x$ mol、B : $2x$ mol

■(2) 濃度に直すと $\frac{n - x}{V}$ 、 $\frac{2x}{V}$

$$K = \frac{\left(\frac{2x}{V}\right)^2}{\frac{n - x}{V}} = \frac{4x^2}{V(n - x)}$$

「はじめ・変化・平衡」の3行の表を書くのが定石。

変化の行は必ず係数の比になる。

答 (1) $n - x$ と $2x$ (2) $\frac{4x^2}{V(n - x)}$

5-4 同じ枠組み

■(1) $K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$

■(2) $K_a = \frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$

■(3) $\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{c}}$ より、 c が小さいと α は大きくなる。

薄めるほどよく電離する（オストワルトの希釈律）。

電離平衡も普通の化学平衡の1つ。同じ道具で扱える。

答 (1) $\frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$ (2) $\frac{c\alpha^2}{1-\alpha}$ (3) 大きくなる

5-5 沈殿の平衡

■(1) $K_{sp} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$

（固体は濃度に入れない。）

■(2) $K_{sp} = s \times s = s^2 \rightarrow s = \sqrt{K_{sp}}$

■(3) Cl^- が増えるので、 K_{sp} を保つには

$[\text{Ag}^+]$ が減らなければならない

→ 溶解度は小さくなる（共通イオン効果）。

積が一定なら、片方が増えれば他方が減る。

答 (1) $[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$ (2) s^2 (3) 小さくなる

設定 6 ルシャトリエの原理

6-1 減らす向きへ

■(1) N_2 を減らす向き＝右。

■(2) NH_3 を増やす向き＝右。

■(3) 変わらない（温度が同じだから）。

実際のアンモニア合成では、生成物を冷却して液化して取り除き、

平衡を右に寄せ続けている。

答 (1) 右 (2) 右 (3) 変わらない

6-2 係数の和を比べる

■(1) 左 4 分子 → 右 2 分子。減る向きは右。

■(2) 左 2 → 右 2 で同じ。

→ 圧力を変えても動かない。

■(3) 左 2 → 右 1。右へ。

気体の係数の和だけを比べる（固体・液体は数えない）。

答 (1) 右 (2) 動かない (3) 右

6-3 ΔH で決まる

■(1) $\Delta H < 0$ なので発熱。

■(2) 温度を上げると吸熱の向き＝逆反応の向き＝左へ動く。

■(3) 生成物が減るので K は小さくなる。

温度だけが K を変える。

だから温度変化のときだけ「 K が変わる」と答えてよい。

答 (1) 発熱 (2) 左 (3) 小さくなる

6-4 何を一定にするか

■(1) 上がる。

■(2) 動かない。

全圧は上がるが、各成分の分圧（濃度）は変わらないから。

■(3) 動く。

全圧を保つには体積が増え、各成分の分圧が下がるので、

気体の分子数が増える向きへ動く。

見るべきは全圧ではなく分圧（濃度）。

答 (1) 上がる (2) 動かない (3) 動く（分子数が増える向き）

6-5 3つの見方

■(1) その物質を減らす（増やす）向き。

■(2) 両辺の気体の係数の和。

同じなら動かない。

■(3) ΔH の符号。

上げたら吸熱の向き、下げたら発熱の向き。

この3つの見方だけで、平衡移動はすべて判断できる。

そして K が変わるのは温度のときだけ。

答 (1) その物質を減らす向き (2) 気体の係数の和 (3) ΔH の符号