高校化学 L01 第 90 講 生成・燃焼・溶解のエンタルピー

対象：高 2 相当

この講でできるようになること

- 生成エンタルピー、燃焼エンタルピー、溶解エンタルピーの意味を区別できる。
- それぞれが「何 1 mol あたり」のエンタルピー変化なのか説明できる。
- 与えられた反応量から、対応するエンタルピー変化を求められる。
- 物質の状態や溶液条件によってエンタルピー値が変わる理由を説明できる。

1. 反応エンタルピーの種類

エンタルピーは反応の条件で決まる

エンタルピー変化は、反応前後の状態の違いによって決まる。同じ化学式の物質でも、固体・液体・気体など状態が異なる場合や、溶液の条件が異なる場合は、対応するエンタルピー変化も異なる。

本講では 25 ℃、一定圧力、閉じた系、体積変化以外の仕事を考えない条件で比較する。

生成エンタルピー

標準生成エンタルピーとは、指定温度・標準圧力 1 bar の条件で、構成元素の基準状態にある単体から化合物 1 mol を生成するときのエンタルピー変化である。

例えば、水の生成では、水素と酸素の基準状態から液体の水 1 mol を生成する反応を考える。

基準状態にある単体の標準生成エンタルピーは 0 と定める。ただし、これは単体のエンタルピーそのものが絶対的に 0 であるという意味ではなく、基準として定めた値である。

燃焼エンタルピー

燃焼エンタルピーとは、物質 1 mol が指定条件で完全燃焼するときのエンタルピー変化である。

本講では炭化水素の完全燃焼では、生成物を二酸化炭素 $CO_2(g)$ と液体の水 $H_2O(l)$ として扱う。水の状態が変われば、対応するエンタルピー値も変化する。

溶解エンタルピー

溶解エンタルピーとは、溶質 1 mol を指定された条件の溶媒へ溶かし、指定条件の溶液をつくるときのエンタルピー変化である。

溶解エンタルピーは溶媒量や最終濃度などの条件によって変化するため、水 1 mol あたりの値として定義するものではない。

©ミライコーチング

三つのエンタルピーの違い

種類	基準となる変化
生成エンタルピー	基準状態の単体から化合物 1 mol を生成
燃焼エンタルピー	物質 1 mol を完全燃焼
溶解エンタルピー	溶質 1 mol を溶媒へ溶解

同じ反応でも、何を 1 mol 基準にしているかを確認することが重要である。

2. 生成エンタルピー

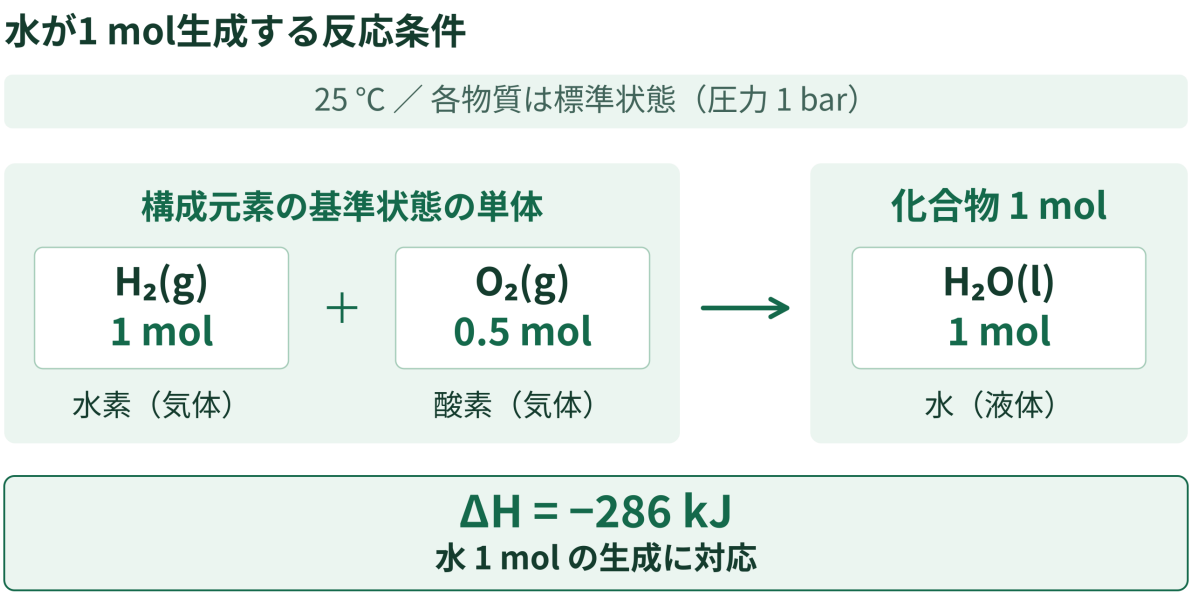

図 1　単体から液体の水 1mol を生成する反応条件。

生成量とエンタルピー

生成エンタルピーは、化合物 1 mol が生成するときの変化を表す。

例えば、

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$$

では、水 1 mol 生成に対応するエンタルピー変化を考える。

3. 燃焼エンタルピー

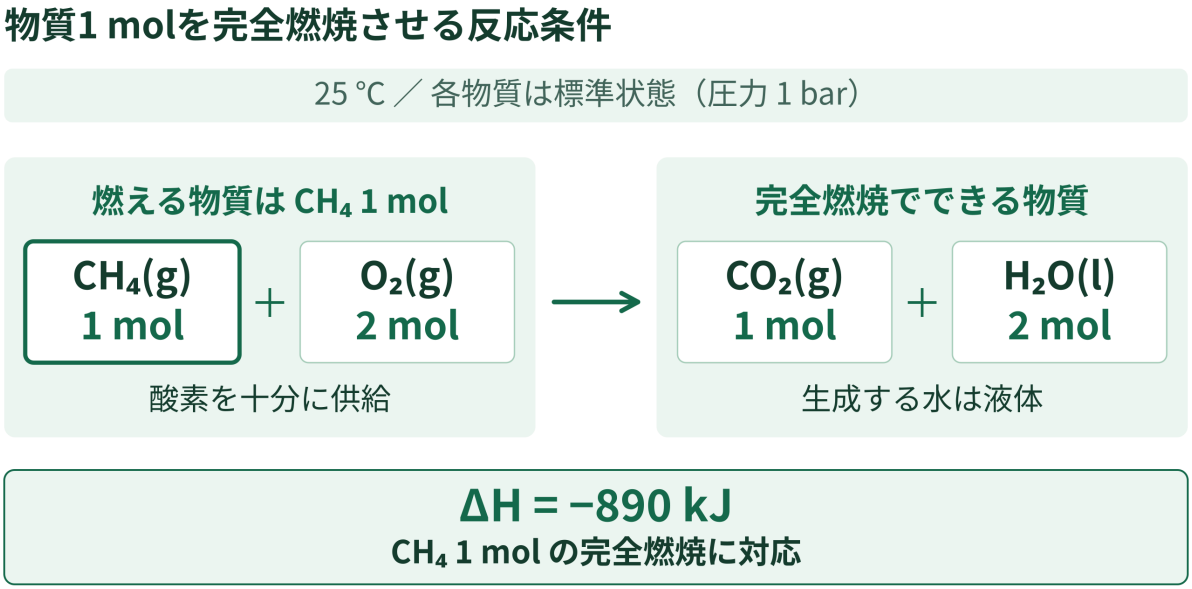

図 2　メタン 1mol を完全燃焼させる反応条件。

燃焼する物質を基準にする

燃焼エンタルピーでは、酸素の量や生成物の量ではなく、燃焼する物質 1 mol を基準にする。

そのため、メタンの燃焼エンタルピーは「メタン 1 mol が完全燃焼したとき」のエンタルピー変化として考える。

4. 溶解エンタルピー

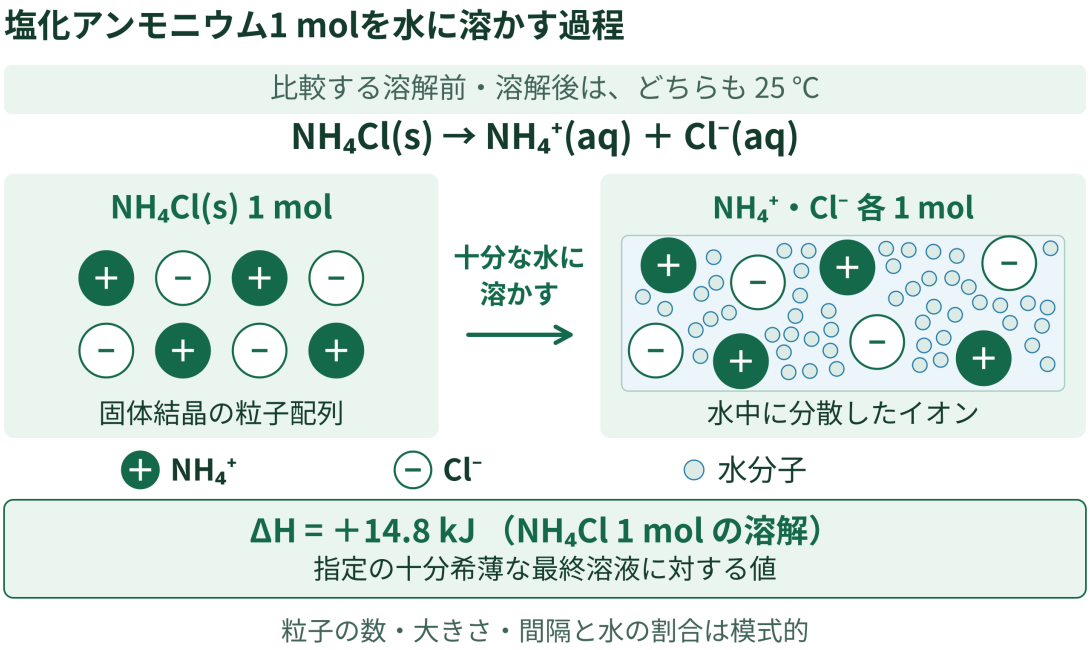

図 3　塩化アンモニウム 1mol を十分な水に溶かす前後。

溶解エンタルピーの条件

溶解エンタルピーは、溶質 1 mol を溶かす過程に対応する。溶解前後を同じ温度条件で比較し、指定された最終溶液条件での変化として扱う。

溶解時に温度が変化して見える場合でも、その短時間の温度変化だけから溶解エンタルピーの符号を判断するのではなく、指定された反応前後の状態を比較する。

本講で使うデータ

以下の値は計算用に与える。暗記する必要はない。

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$$

$$\Delta H = -286\,\mathrm{kJ}$$

水の標準生成エンタルピーは $-286\,\mathrm{kJ\,mol^{-1}}$ である。

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$$

$$\Delta H = -890\,\mathrm{kJ}$$

メタンの燃焼エンタルピーは $-890\,\mathrm{kJ\,mol^{-1}}$ である。

$$NH_4Cl(s) \rightarrow NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$$

溶解エンタルピーは $+14.8\,\mathrm{kJ\,mol^{-1}}$ とする。

必要なモル質量は、$H_2 = 2.00\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$、$H_2O = 18.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$、$CH_4 = 16.0\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$、$NH_4Cl = 53.5\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$ を用いる。

例題

例題 1

図の水素と酸素から液体の水 1mol を生成する反応条件を考える。

$$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$$

水の生成エンタルピーは $-286\,\mathrm{kJ\,mol^{-1}}$ とする。

1. 生成エンタルピーの 1 mol 基準は、H_2、O_2、H_2O のどれに対応するか理由を説明せよ。
2. 液体の水 0.500 mol が生成するときの系の ΔH を求めよ。

解答・解説

1.
生成エンタルピーは、**化合物 1 mol を生成する変化**を基準にする。

したがって、この場合は生成する $H_2O(l)$ 1 mol に対応する。

2.
水 1 mol 生成で $\Delta H = -286\,\mathrm{kJ}$ なので、0.500 mol では、$-286 \times 0.500 = -143\,\mathrm{kJ}$となる。 答えは$\boldsymbol{\Delta H = -143\,\mathrm{kJ}}$である。

例題 2

図のメタン 1mol を完全燃焼させる反応条件を考える。

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$$

メタン 1 mol の完全燃焼で $\Delta H = -890\,\mathrm{kJ}$ とする。

メタン 3.20 g を完全燃焼させる。酸素は十分にあるものとする。

1. 反応したメタンの物質量を求めよ。
2. この燃焼で放出される熱量の大きさを求めよ。

解答・解説

1.
メタンの物質量は、$\frac{3.20}{16.0} = 0.200\,\mathrm{mol}$である。 答えは **0.200 mol** である。

2.
メタン 1 mol で 890 kJ 放出されるため、0.200 mol では、$890 \times 0.200 = 178\,\mathrm{kJ}$となる。 答えは **放出熱量 178 kJ** である。

例題 3

図の塩化アンモニウム 1mol を十分な水に溶かす前後の条件を考える。

$$NH_4Cl(s) \rightarrow NH_4^+(aq) + Cl^-(aq)$$

塩化アンモニウム 1 mol の溶解エンタルピーを $+14.8\,\mathrm{kJ\,mol^{-1}}$ とする。

塩化アンモニウム 2.675 g を十分な水へ溶かす。

1. 溶けた塩化アンモニウムの物質量を求めよ。
2. この溶解過程の系の ΔH と、吸熱反応か発熱反応かを答えよ。

解答・解説

1.
物質量は、$\frac{2.675}{53.5} = 0.0500\,\mathrm{mol}$である。 答えは **0.0500 mol** である。

2.
1 mol の溶解で $+14.8\,\mathrm{kJ}$ なので、$14.8 \times 0.0500 = 0.740\,\mathrm{kJ}$となる。 答えは**$\Delta H = +0.740\,\mathrm{kJ}$、吸熱反応**である。

演習問題

演習 1

次の反応を考える。

I：

$$C(\text{黒鉛}) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$$

II：

$$CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$$

III：

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$$

1. 標準生成エンタルピーに対応する反応式をすべて選び、理由を説明せよ。
2. III の反応で $\Delta H = -572\,\text{kJ}$ のとき、水の生成エンタルピーを求めよ。

演習 2

メタンの完全燃焼を考える。

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$$

メタン 0.250 mol が完全燃焼した。

1. 系の ΔH を求めよ。
2.「酸素 1 mol あたりがメタン燃焼エンタルピーの定義である」という説明を訂正せよ。

演習 3

塩化アンモニウムの溶解を考える。十分希薄な条件で比例近似が成り立つ。

1. NH_4Cl 0.200 mol を溶解したときの系の ΔH を求めよ。
2.「溶解エンタルピーとは水 1 mol を使ったときの値である」という説明を訂正せよ。

演習 4

次の反応を考える。

$$C(\text{黒鉛}) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$$

$$\Delta H = -394\,\text{kJ}$$

1. 生成エンタルピーとして、この値は何 1 mol に対応するか答えよ。
2. 燃焼エンタルピーとして、この値は何 1 mol に対応するか答えよ。

©ミライコーチング

演習 5

エンタルピーの定義について考える。

1.「標準状態の単体の標準生成エンタルピーが 0 なので、すべての単体や同素体のエンタルピー自体が 0 である」という説明を訂正せよ。
2.「水が液体か気体か、また溶液の最終濃度が違っても、同じエンタルピー値を使える」という説明を訂正せよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

生成エンタルピーは、構成元素の基準状態にある単体から化合物 1 mol を生成する変化である。

したがって、I のみが該当する。I は基準状態の単体である炭素と酸素から CO_2 1 mol を生成する反応である。II は CO が化合物であり、基準状態の単体からの生成ではないため該当しない。III は水 2 mol 生成する反応であり、水 1 mol 基準の生成エンタルピーの 2 倍に対応するため、そのままでは該当しない。

2.

III は水 2 mol 生成で−572 kJ なので、水 1 mol では、$\frac{-572}{2} = -286\,\mathrm{kJ}$となる。 答えは**$-286\,\mathrm{kJ\,mol^{-1}}$**である。

解答 2

1.

メタン 1 mol 燃焼で−890 kJ なので、$-890 \times 0.250 = -222.5\,\mathrm{kJ}$となる。 答えは**$\Delta H = -222.5\,\mathrm{kJ}$**である。

2.

燃焼エンタルピーは、酸素ではなく**燃焼する物質 1 mol** を基準にする。

したがって、メタン 1 mol の完全燃焼に対応する値として定義される。

解答 3

1.

1 mol の NH_4Cl 溶解で+14.8 kJ なので、$14.8 \times 0.200 = 2.96\,\mathrm{kJ}$となる。 答えは**$\Delta H = +2.96\,\mathrm{kJ}$**である。

2.

溶解エンタルピーは、水ではなく**溶質 1 mol を溶かす変化**を基準にする。

また、溶媒量や最終濃度など条件によって値が変わるため、水 1 mol あたりの値ではない。

解答 4

1.

生成エンタルピーとしては、基準状態の炭素と酸素から **CO_2 1 mol を生成する変化**に対応する。

2.

燃焼エンタルピーとしては、**炭素 1 mol が酸素と完全燃焼する変化**に対応する。

同じ反応が、CO_2生成と炭素燃焼の両方の意味をもつ。

解答 5

1.

誤りである。 標準生成エンタルピー 0 とは、指定温度・標準圧力で選ぶ基準状態にある単体を基準として値を定めているという意味であり、単体のエンタルピー自体が絶対的に 0 という意味ではない。25℃、1bar では炭素は黒鉛を基準とし、ダイヤモンドの標準生成エンタルピーは 0 ではない。

2.

誤りである。 エンタルピー値は物質の状態や条件によって変化する。液体の水と気体の水では状態が異なり、溶解エンタルピーも最終濃度などの条件によって変化するため、同じ値をそのまま使うことはできない。

©ミライコーチング