高校化学 L01 第 68 講 融解熱・蒸発熱と加熱曲線

対象：高 2 相当

この講でできるようになること

- 状態変化中の温度変化と、加えた熱の使われ方の違いを説明できる。
- 融解熱・蒸発熱の意味を説明し、1 g あたりの熱量を用いた計算ができる。
- 温度変化だけが起こる区間と状態変化が起こる区間を、式を使って区別できる。
- 加熱曲線を読み取り、各区間で起こる変化を説明できる。

1. 熱量と温度変化は同じではない

熱を加えると何が変化するか

物質に熱を加えると、物質の状態や温度が変化する。
ただし、「熱を加えること」と「温度が上がること」は同じではない。
例えば、固体の物質を加熱すると、初めは粒子の熱運動が活発になり、温度が上昇する。しかし、融点に達して融解が始まると、加えた熱は主に粒子どうしの配置や結び付きの状態を変化させるために使われる。
このとき、物質は熱を受け取っているが、温度はほぼ一定になる。
状態変化によって粒子そのものが別の物質へ変化するわけではない。これは化学変化ではなく、粒子の配置や運動状態が変化する物理変化である。

温度一定でも熱は受け取っている

状態変化中に温度が一定だからといって、物質が熱を受け取っていないわけではない。
また、状態変化中だからといって粒子の運動が完全に止まるわけでもない。例えば融解中の固体粒子や液体粒子は、それぞれの状態に応じて運動している。

2. 融解熱と蒸発熱

融解熱と蒸発熱

物質を状態変化させるために必要な熱を潜熱という。
特に、
- 固体を液体にするために必要な熱を**融解熱**
- 液体を気体にするために必要な熱を**蒸発熱**

という。
融解熱や蒸発熱は、単位質量あたり、または 1 mol あたりの熱量として表されることがある。
この講では、主に**1 g あたりの熱量**を扱い、単位は J/g を用いる。
融解や蒸発では熱を吸収するため吸熱であり、逆の凝固や凝縮では同じ条件なら対応する大きさの熱を放出する。

©ミライコーチング

水の融解熱と蒸発熱

約 101 kPa における水について、教材用概数として次の値を用いる。

変化	温度	熱量
融解	0 ℃	334 J/g
蒸発	100 ℃	2260 J/g

融解熱と蒸発熱は異なる温度での状態変化に対応する値であり、同じ温度で単純に比較するものではない。
また、蒸発熱が融解熱より大きいのは、液体から気体になるときには粒子どうしの距離や配置を大きく変えるため、多くのエネルギーが必要になるからである。

3. 熱量を求める式

状態変化と温度変化で使う式

状態変化を伴わず温度だけが変化するときは、与えられた比熱を用いて次の式を使う。
$Q = mc\Delta T$
・ Q：加えた熱量（J）
・ m：質量（g）
・ c：比熱（J/(g・℃)）
・ ΔT：温度変化（℃）
一方、状態変化に必要な熱量を求めるときは、$Q = mL$を使う。
・ L：1 g あたりの融解熱または蒸発熱（J/g）である。
状態変化中は温度が変化しないため、$Q = mc\Delta T$ の ΔT に 0 を入れて熱量を求めることはできない。状態変化に必要な熱は $Q = mL$ で考える。

加熱曲線の見方

一定圧力のもとで純物質を加熱すると、温度と加えた熱量の関係を加熱曲線で表すことができる。
横軸を加えた熱量、縦軸を温度として考えると、
・ 斜めに上昇する区間：単一の状態で温度が上昇している
・ 水平な区間：状態変化が進み、温度がほぼ一定である
と読み取る。
水の場合、約 101 kPa では 0 ℃付近で融解、100 ℃付近で沸騰が起こる。

©ミライコーチング

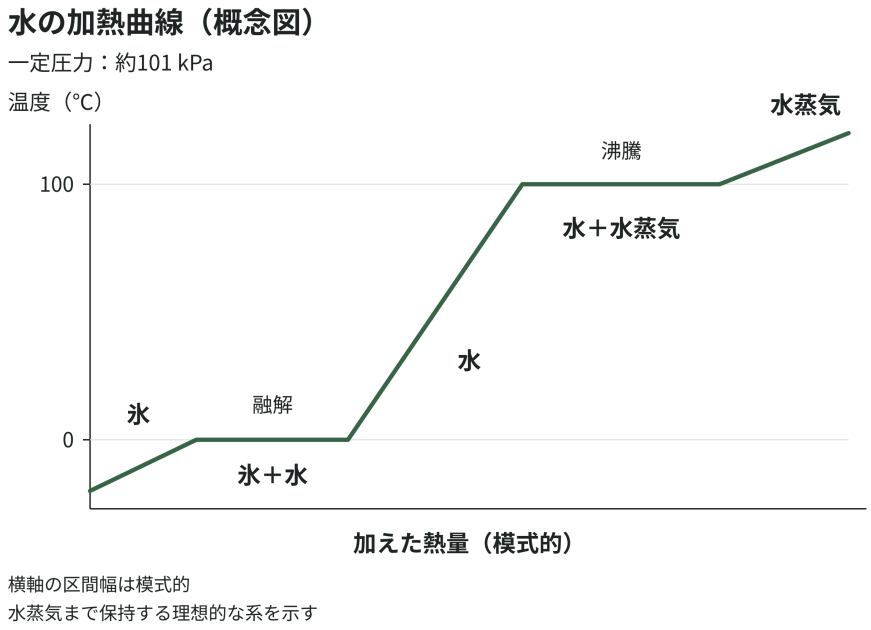


図 1　一定圧力で水を加熱するときの概念的な加熱曲線。

この図は水の加熱過程を理解するための概念図であり、横方向の区間の長さから潜熱の大きさを正確に比較するものではない。また、水蒸気も系内に保持される理想的な加熱過程を表している。

例題

例題 1

純水と氷が約 101 kPa、0 ℃で共存している透明な容器を考える。加えた熱によって氷が融解しており、まだ氷が残っているものとする。



図 2　透明な容器に氷と水が入った実験のイメージ。

1. 氷を加熱しているにもかかわらず、温度がほぼ 0 ℃で一定になる理由を説明せよ。
2. 氷がすべて融けた後、さらに熱を加えた場合の温度変化と粒子の運動の変化を説明せよ。

解答・解説

1.
氷が融解している間、加えた熱が主に粒子どうしの配置や結び付きの状態を変化させるために使われるからである。

融解中は固体と液体が共存しており、一定圧力のもとでは温度がほぼ一定になる。このときも物質は熱を受け取っている。

2.

氷がすべて融けた後は、液体の水だけになるため、加えた熱によって温度が上昇する。
このときは状態変化ではなく単一の状態での温度変化であり、粒子の熱運動が活発になる。
融解中とは異なり、加えた熱が主に粒子の運動状態の変化に関係する。

例題 2

0 ℃の氷 20 g を完全に融解させ、その後できた水を 20 ℃まで温める。
水の融解熱は 334 J/g、水の比熱は 4.2 J/(g・℃)とする。加えた熱はすべて試料へ伝わり、容器や周囲への熱損失は無視する。

1. 氷 20 g を完全に融解させるために必要な熱量を求めよ。
2. 融解後の水 20 g を 20 ℃まで温めるために必要な熱量と、全体で必要な熱量を求めよ。

解答・解説

1.

状態変化なので、$Q = mL$を用いる。
$Q = 20 \times 334$
$Q = 6680\text{J}$
したがって、必要な熱量は **6680 J** である。
融解中は温度変化ではなく状態変化が起こっているため、$Q = mc\Delta T$ではなく融解熱を用いる。

2.

融解後の水の温度変化には、$Q = mc\Delta T$を用いる。
$\Delta T = 20 - 0 = 20℃$
$Q = 20 \times 4.2 \times 20$
$Q = 1680\text{J}$
したがって、水を 20 ℃まで温める熱量は **1680 J** である。
全体では、$6680 + 1680 = 8360\text{J}$より、必要な熱量は **8360 J（8.36 kJ）**である。
融解の区間と温度上昇の区間では、使う式が異なることに注意する。

例題 3

仮想的な純物質 10 g を一定圧力で加熱した。加えた熱量 Q と温度の関係を次の条件で表す。
全ての熱は試料へ伝わり、容器や周囲への熱損失は無視する。この物質は実在の物質ではない。
A では全て固体、F では全て気体であり、気体も系内に保持される理想的な加熱過程を表す。

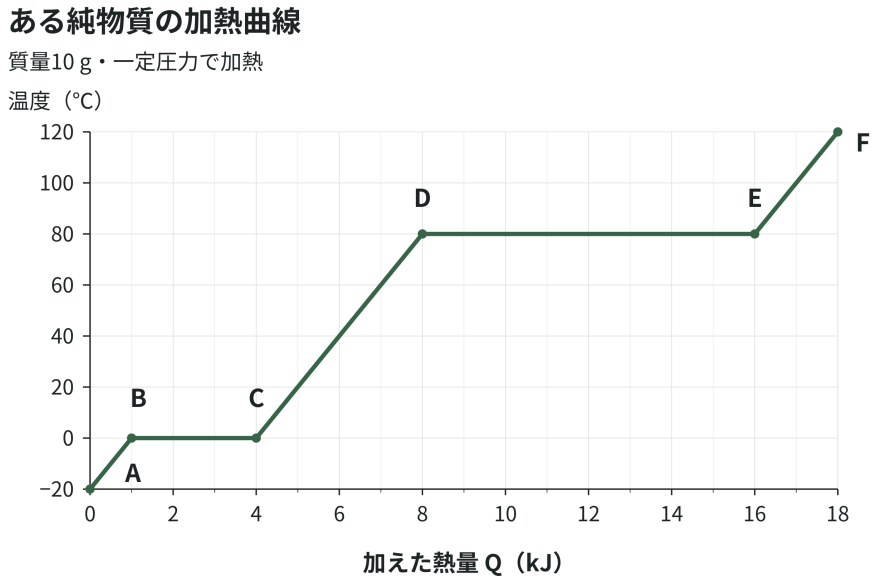


図 3　仮想的な純物質 10g に加えた熱量と温度の関係。

点 A〜F の座標は以下である。

点	Q（kJ）	温度（℃）
A	0	-20
B	1	0
C	4	0
D	8	80
E	16	80
F	18	120

1. 水平な区間 BC、DE が何を表すか。また、それぞれの区間で加えた熱量を答えよ。
2. この物質 10 g について、1 g あたりの融解熱と蒸発熱を求めよ。

解答・解説

1.
BC は**融解**、DE は**蒸発**を表す。
BC では温度 0 ℃のまま状態変化が進んでいる。加えた熱量は、$4-1=3\text{kJ}$である。
DE では温度 80 ℃のまま状態変化が進んでいる。加えた熱量は、$16-8=8\text{kJ}$である。
水平区間では温度上昇ではなく、状態変化に熱が使われている。

2.
融解熱は、$3000\text{J}\div 10\text{g}=300\frac{\text{J}}{\text{g}}$より、**300 J/g** である。
蒸発熱は、$8000\text{J}\div 10\text{g}=800\frac{\text{J}}{\text{g}}$より、**800 J/g** である。
水平区間の熱量をそのまま 1 g あたりの値にするのではなく、試料の質量で割ることに注意する。

演習問題

演習 1

次の問いに答えよ。

1. 純物質を一定圧力で加熱したところ、状態変化中に温度がほぼ一定になった。この理由を説明せよ。
2.「温度が一定なので、その物質は熱を受け取っていない」という説明が誤りである理由を説明せよ。

演習 2

水について次の条件で考える。
水の融解熱は 334 J/g、蒸発熱は 2260 J/g とする。

1. 氷 10 g を 0 ℃で完全に融解させるために必要な熱量を求めよ。
2. 水 5 g を 100 ℃で完全に蒸発させるために必要な熱量を求めよ。

演習 3

水の比熱を 4.2 J/(g・℃)とする。

1. 水 50 g の温度を 10 ℃上昇させるために必要な熱量を求めよ。
2. 温度変化だけが起こる区間で用いる式と、状態変化が起こる区間で用いる式をそれぞれ答えよ。

演習 4

例題 3 の仮想物質の加熱曲線について答えよ。

1. 点 C から点 D までの区間では何が起こっているか。また、この区間で温度が上昇する理由を説明せよ。
2. 点 E から点 F までの区間では何が起こっているか。また、加えた熱量を求めよ。

演習 5

次の説明の誤りを指摘し、正しく説明せよ。

1.「融解中は温度が一定だから粒子は動いていない。」
2.「融解熱とは物質を別の物質へ変化させるための熱である。」

©ミライコーチング

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

加えた熱が主に粒子どうしの配置や結び付きの状態を変化させるために使われるからである。
状態変化中は二つの状態が共存し、一定圧力では温度がほぼ一定になることがある。

2.

温度一定でも、物質は熱を受け取っている。
受け取った熱が温度上昇ではなく、状態変化に必要なエネルギーとして使われているためである。

解答 2

1.

状態変化なので、$Q = mL$を用いる。
$Q = 10 \times 334$
$Q = 3340\mathrm{J}$
したがって、必要な熱量は **3340 J** である。

2.

$Q = mL$より、
$Q = 5 \times 2260$
$Q = 11300\mathrm{J}$
したがって、必要な熱量は **11300 J** である。
蒸発では 1 g あたりに必要な熱量として蒸発熱を用いる。

解答 3

1.

温度変化なので、$Q = mc\Delta T$を用いる。
$Q = 50 \times 4.2 \times 10$
$Q = 2100\mathrm{J}$
したがって、必要な熱量は **2100 J** である。

2.

温度変化では、$Q = mc\Delta T$を用いる。
状態変化では、$Q = mL$を用いる。
状態変化中は温度変化がないため、$Q = mc\Delta T$をそのまま適用してはいけない。

解答 4

1.

C から D では、物質は液体の状態で温度上昇している。
この区間では状態変化が起こっていないため、加えた熱は主に粒子の熱運動を活発にするために使われ、温度が上昇する。

2.

E から F では、気体の状態で温度が上昇している。
加えた熱量は、$18 - 16 = 2$kJである。
この区間では状態変化ではなく、単一の状態での温度変化が起こっている。

解答 5

1.

融解中でも粒子は動いている。固体では粒子は一定の位置付近で振動しており、融解によって液体になる過程では粒子の配置や動き方が変化している。

2.

融解熱は物質を別の物質へ変化させるための熱ではない。融解熱とは、固体を液体へ状態変化させるために必要な熱であり、物質そのものが別の物質へ変化する化学変化ではなく、粒子の配置や結び付きの状態が変化する物理変化である。

©ミライコーチング