

## 物質の三態と凝華

「環境エネルギーネットワーク 21」 主任研究員 岸本哲郎

主任研究員 石橋直彦

物質は温度や圧力により、固体・液体・気体の三つの状態になることが知られています。これを物質の三態（さんたい、three states）といいます。

一般に、物質の温度や圧力を変化させていくと、物質の状態が変わります。一番分かりやすいのは水で、一般の物質は状態が変わっても基本的には呼び名は変わりませんが、水（H<sub>2</sub>O）だけは例外で固体の状態を氷、液体を水、気体を水蒸気と呼びます。この状態は物質を構成する分子が集合する状態の熱運動の激しさと、分子に働く引力との関係によって決まります。これを図で表すと図1のようになります。

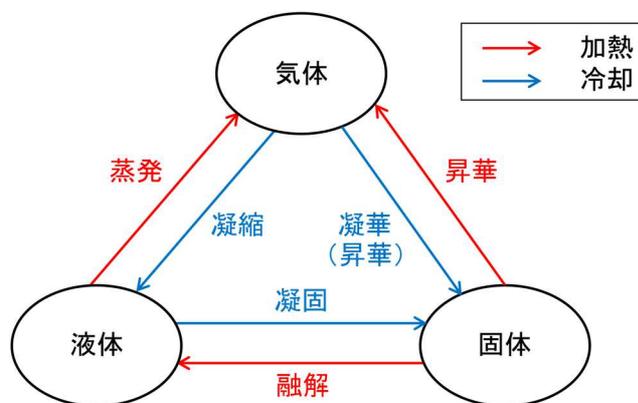


図1 物質の三態

物質の三態でのそれぞれの遷移の呼称は一般的によく知られているものですが、この中で気体から固体になる変化だけは従来は定まっていませんでした。この物質の三態の呼び方で固体から直接気体になる変化を昇華と呼んでいます。逆に気体から直接固体になる変化には決まった呼び方がありませんでした。従来はこれも昇華と言う呼び方をしているものもありました。英語では昇華を sublimation、気体から固体は deposition としっかり区別しています。公益社団法人日本化学会からは気体から固体へ遷移する呼称を「凝華」と呼ぶ提案がされており、2017年に教科書に採用されるなどこの凝華という呼称が定着しつつあります。

前述のように物質は温度や圧力により、固体・液体・気体の三つの状態になりますが、この状態図を水を例にとって表すと図2のようになります。温度と圧力によってはこの三つの状態が同時に存在する点があります。これを三重点（triple point）と呼びます。三重点とは、その物質の三つの相が共存して熱力学的平衡状態にある温度と圧力です。

また温度と圧力によって状態は変わってきます。

一番分かりやすいのは水で、大気圧下（ $1.013 \times 10^5$  Pa）では水は約  $0^\circ\text{C}$  で氷になり

100℃で沸騰し水蒸気になることはよく知られています。圧力が下がってくると100℃以下で沸騰して水蒸気になりますので、富士山の頂上などで米を炊くと生煮えになるのはこのためです。富士山の頂上は約650hPaなので沸騰は約88℃になります。

また物質の温度と圧力を高めていき、温度と圧力がそれぞれの臨界点(critical point)を超える高温・高圧になると、その物質は**超臨界状態** (supercritical state) という状態になり、粘性が気体とも液体ともいえない状態になります

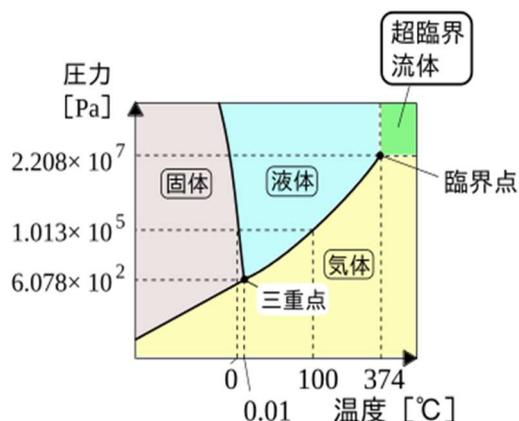


図2 水の状態図

物質の状態が遷移(変化)するときには熱の授受が起こります。例えば気体が液体になる時には凝縮熱を放出し、液体が気体になる時には気化熱を吸収します。冷凍空調機器はこの状態変化の時の熱の授受を利用しているのです。つまりフロンなどの冷媒を気体の状態から圧縮して凝縮器で液体にし、それを蒸発器で蒸発させると周りから気化熱を奪い取りますので、この原理で冷却を行っているのです。

図3は冷凍の原理を表した図です。圧縮機で圧縮した高温・高圧冷媒を凝縮器で熱を奪うと液の状態になります。これを膨張弁で膨張させると低温・低圧の液(一部ガス化する場合もあります)になり、蒸発器で周囲から熱を奪って低温・低圧のガスになります。これが冷凍の原理で、冷媒の状態変化に伴う熱の授受を利用しているのです。

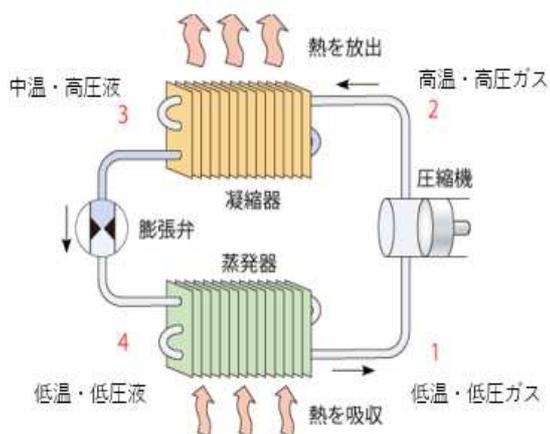


図3 冷凍の原理と冷媒の状態図

引用

Wikibooks 高等学校科学II/物質の3態

平田哲夫 例題で分かる工業熱力学 森北出版 2019年

細谷治夫 科学と教育 61巻7号