

温度は身近な量です。風邪気味の時に額に手を当てた、熱いやかんに触れた手を思わずひっこめ冷たい耳たぶを触った、といったことは誰にもあるでしょう。しかし温度は、長さや質量と違い直接目で見たり、手にとったりして比べられる量ではありません。温度とは何なのか。古代ギリシャでは空気や水と並んで、この世を形作る基本的な元素と考えられていました。18世紀になってすら、温度とは熱素と呼ぶ物質の移動によってもたらされるのだ、という説が多く of 学者に支持されていました。温度とは熱によってもたらされる物質の状態である、という事が理解されてきたのは、熱力学や統計力学が確立した、19世紀以降の事です。そして現在では熱とはエネルギーの一形態であることもよく知られています。

物体に手を当てたとき、温度が高いか低いかを感じるのは、熱エネルギーが手の温度を感じる受容体を刺激するからです。また、寒暖計が気温を表示するのは、大気の温度と寒暖計の温度が等しく（熱平衡となる）まで熱が移動し、寒暖計の水銀やアルコールが熱エネルギーに応じて膨張収縮することによります。

ここで高温の物体 A と低温の物体 B を接触したとしましょう。それぞれの温度は

$$T_A > T_B$$

とします。A からみると熱を奪われ（冷め）、B からみると熱をもらい（熱せられ）、やがて同じ温度  $T_C$  になります（図1）。このとき  $T_A > T_C > T_B$  です。このように2つの系が、熱をやり取りできる状態で接しているが、状態（温度）変化が起きない状況を「熱平衡」と呼びます。

さて、ここでさら低い温度  $T_D$  の物体 D をこれらの物体に接触させます。すると同様に熱平衡に到り、 $T_C > T_E$  なる温度、 $T_E$  になります。こうしてつぎつぎに物質を冷やしていけば（図2）、無限に冷たくなるのでしょうか。熱はエネルギーで、温度が低い方に移動します。冷やすためには一方の物体の温度は必ず他方より低くなければなりません。負のエネルギーというのは無いので、熱エネルギーがゼロに相当する温度以下には冷やせないことになります。この、これ以上冷やせない最低の温度、というのを「絶対零度」と呼びます。そして絶対零度を基準にした温度のことを「熱力学温度」と呼びます。

一方、日常的に私たちが温度を表すには摂氏（セ

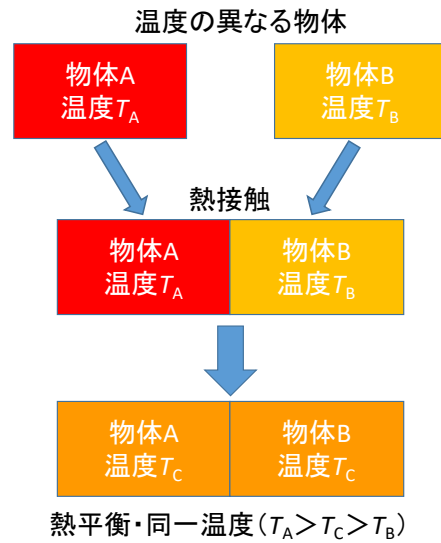


図1. 熱平衡と温度の概念

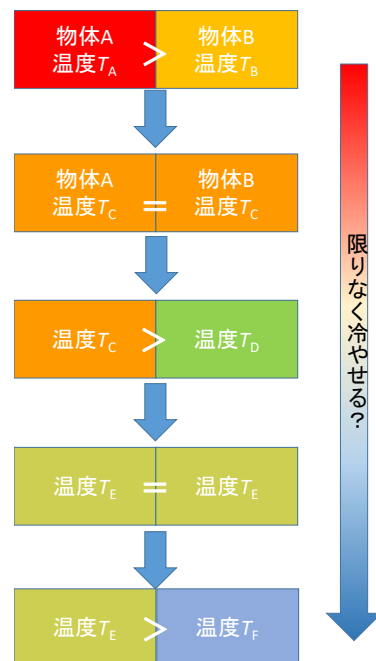


図2. 熱平衡と温度の概念2

ルシウス度) を使っています。セルシウス度は、氷点を  $0^{\circ}\text{C}$ 、沸点を  $100^{\circ}\text{C}$  として、その間を 100 等分した温度の目盛りです(なお今日では正確には氷点も沸点も  $0^{\circ}\text{C}$  および  $100^{\circ}\text{C}$  から僅かにずれていることが判っています)。このように定めた温度の目盛を低い方に延長していったとき、様々な実験や理論から、絶対零度は  $-273.15^{\circ}\text{C}$  である、ということが判っています。つまり摂氏  $0^{\circ}\text{C}$  とは、絶対温度を基準にすると目盛り 273.15 分だけ高い状態である、ということになります。ここで改めて絶対温度の単位として K (ケルビン) を導入します。摂氏と絶対温度は 摂氏 ( $^{\circ}\text{C}$ ) = 絶対温度 (K) - 273.15 ということになります。

2018 年に改定が予定される SI 基本単位のひとつに、「熱力学温度」があります。単位は前述したとおり K (ケルビン)、現在その定義は、「水の三重点の熱力学温度の  $1/273.16$  倍である」とされています。

水の三重点というのは、氷、水、水蒸気の 3 つの相が共存している状態で (図 3)、具体的には図 4 に示すようなガラス製容器に純水を封入したセルで実現されます。

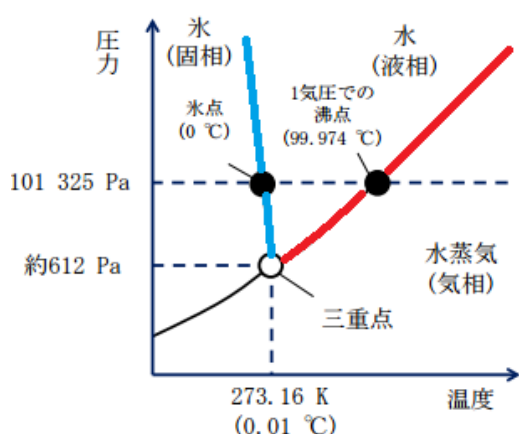


図 3. 水の三相

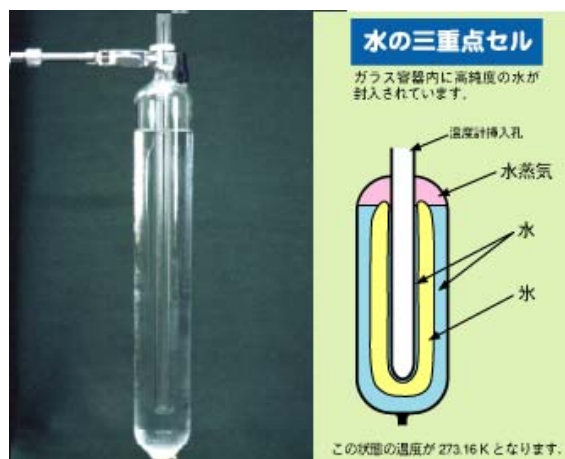


図 4. 三重点セル

セルの温度を常温から徐々に下げると、水と水蒸気の温度が下がると共に圧力も図 3 の赤い線に沿って低下していきます。そしてある程度温度が低下すると氷が生じる青い線に行き当たります。この時温度は  $0.01^{\circ}\text{C}$  になります。水の三重点と異なり、氷点は氷水が空気に触れている状態になるため、空気が溶けて凝固点降下の影響などが出ます。先に、「正確には氷点も沸点も  $0^{\circ}\text{C}$  および  $100^{\circ}\text{C}$  から僅かにずれていることが判っています」と言ったのはこのような事情によります。一方、水の三重点は  $0.1\text{ mK}$  程度の再現性が容易に得られます。ちょっとややこしいですが、歴史的に摂氏  $0^{\circ}\text{C}$  ~  $100^{\circ}\text{C}$  が決められた後、絶対温度が  $-273.15^{\circ}\text{C}$  と求められ、その後氷点より再現性のある水の三重点 ( $0.01^{\circ}\text{C}$ ) を基準に選び直したために、ケルビンのひと目盛りは「 $1/273.16$ 」となっているのです。さて、次回以降ケルビンの改定案を説明したいと思います。

注：高校物理では、熱力学温度を「絶対温度」と呼んでいますが同じ意味です。

また、絶対零度を  $-273^{\circ}\text{C}$  ( $0^{\circ}\text{C}=273\text{ K}$ ) としているようですが、正確には本項で示したとおり 摂氏 ( $^{\circ}\text{C}$ ) = 絶対温度 (K) - 273.15 です。

文責：臼田孝 本文章は個人の見解であり筆者が属する如何なる組織を代弁するものでもありません。引用明記のない写真・図版は筆者または産業技術総合研究所に帰属します。