

## 第2章 熱現象

### はじめに

熱現象を身近に知るために、様々な温度計とその測定原理を取り上げてみた。また、断熱圧縮、断熱膨張などの熱膨張現象、蒸発熱、対流、輻射熱、融点降下などの現象を身近な実験で体験的に考察した。

## §2.1 温度計

われわれは寒暖を感覚として感じるが、その原因は温度である。しかし主観的な感覚では量を扱う自然科学にはなりえない。温度計は客観的に温度を示すものである。

### 1 - A ) 色々な温度計

温度を測定する際は、目的によって種々の温度計を使用する。よって、目的にあった温度計の選択および正しい使用法が温度測定の基本となる。なお、より精度の高い温度を必要としたり、古い温度計を使用する場合は、凝固点や沸点のわかっている標準物質や標準温度計を用いて温度の補正を行う。

1 程度の精度で温度を測定する場合は、水銀温度計やアルコール温度計などの液体温度計を用い、0.1 以上の精度を必要とする場合は、熱電対温度計や抵抗温度計を用いる。

#### < 主な温度計の使用温度範囲と特徴 >

水銀温度計	- 30 ~ 350 の範囲の温度測定が可能。 精度も高いので化学実験などでよく使用されるが、ガラス製でこわれやすい。
アルコール温度計	- 20 ~ 200 の範囲の温度測定が可。 液体温度計の一つであるが、水銀温度計に比べて精度が劣る。アルコールのかわりにトルエンやペンタンを封入したものは - 100 ~ - 200 程度のごく低温の温度測定も可能。
熱電対温度計	- 200 ~ 2000 の範囲の温度測定が可能。 2 種の金属または合金を接続したものを熱電対といい、その 2 つの接点を異なる温度にすると起電力が発生する。この起電力は 2 種の金属または合金の組合せと温度に依存するため、一方の接点を既知(標準)温度に保ち、他方の接点を未知(測定)温度としたときに生じる起電力を測定して温度を求めるのが熱電対温度計。 < 金属の組合せによる測定温度範囲 > 白金ロジウム合金(+)と白金(-) : 0 ~ 1064 クロメル(+)とアルメル(-) : - 250 ~ 1200 銅(+)とコンスタンタン(-) : - 200 ~ 400 (参考) ・アルメル : ニッケルとアルミニウムの合金 ・クロメル : ニッケルとクロムの合金 ・コンスタンタン : ニッケルと銅の合金 0 の接合端で + の金属から - の金属へ電流が流れる。

サーミスター温度計	半導体の種類によって様々な範囲の温度測定が可能。電気抵抗の温度係数が大きい負の値を持つ半導体を使用した抵抗温度計の一つで、温度に敏感なためわずかな温度差や急激な温度変化の測定も可能である。このような特性を利用して、恒温槽などの温度制御にも使用されている。半導体としては、マンガンやニッケルなどの数種類の金属酸化物を混合焼結したものが用いられている。
白金抵抗温度計	- 260 ~ 630 の範囲の温度測定が可能。白金の電気抵抗が温度に伴って変化することを利用した温度計。安定性がよく、微小温度変化などの精密測定に適するため、標準温度計や精密高温槽の温度制御などにも使用される。
光高温計	700 ~ 2000 の範囲の温度測定が可能。黒体放射の法則を利用して温度を測定する温度計で、溶鉱炉や電気炉などの高温測定に有効。

上に挙げた表のなかで熱電対について実験を示す。

### 熱電対

用意するもの デジタルボルトメータ、ビーカー2個（いずれも水を入れ、一つに氷を入れる）、銅コンスタンタン熱電対

熱電対をデジタルに接続する。（V ボタンに切換える）

イの先端を温める（手で握る）と電圧値が大きくなり、冷やすと小さくなることを確認する。

アを氷水につけ、イを水につけると温度差の違いによって電圧値が変化する。

< 電圧 ∝ 温度差 >

以上のような方法によりかなりの精度で水の温度  $\theta$  を測定することができる

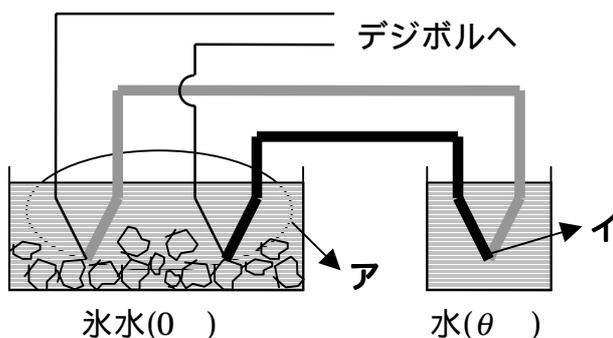


図 2 - 1

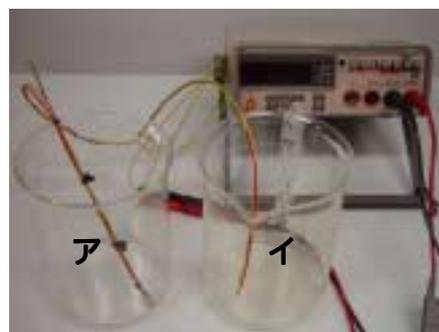
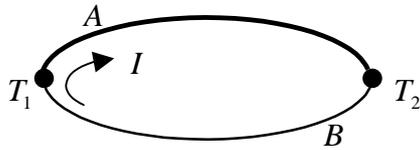


図 2 - 2 銅 - コンスタンタン 熱電対

2種の異なる金属を2箇所で接続して閉回路を作り、下図のようにその接合点を異なる温度 $T_1, T_2$ に保つとその間に電位差が生ずる。 **ゼーベック効果**



2種類の金属 A, B を接続し、その接点を異なる温度 $T_1, T_2$ に保持すると電流が流れる。

図 2 - 3

これは熱起電力によるもので、この一对の材料を熱電対という。

発生する熱起電力を $\Delta V$ 、両接点の温度差を $\Delta T$ とすると

$$\frac{\Delta V}{\Delta T} = \eta \quad , \quad \eta = a + b\Delta T \quad \eta : \text{熱電能} \quad (a, b \text{ は定数})$$

となる。

### 熱起電力の性質

異種金属の一方の中間に第3導体を接続しても、その両端の温度差が同じであれば全体の熱起電力は変わらない。(中間物質の法則)

接点温度が $T_2, T_1$ と $T_1, T_0$ の2つの熱電対があるときその起電力の和は接点温度が $T_2, T_0$ の熱電対の起電力に等しい。

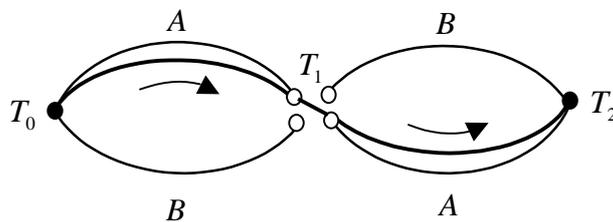


図 2 - 4

端子温度が $T_2, T_1$ の熱電対(A, B)の起電力と他の熱電対(B, C)の起電力の和は同じ端子温度の熱電対(A, C)の起電力に等しい。

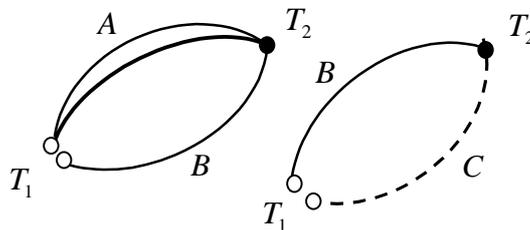


図 2 - 5

## § 2.2 熱膨張

気体の膨張は理想気体に対するボイル・シャルルの法則、あるいは実在気体に対するファン・デルワールス方程式によって記述される。後者に含まれる係数 a, b は気体の分子間力と排除体積によって決まる定数となっている。液体や固体ではその膨張はすべて個々の構成原子または分子に依存する膨張率で表される。

## 2 - B ) 水のみ鳥

鳥のおもちゃ。鳥は身体をゆすり、そのうちにくちばしをコップの水の中に突っ込んで水を飲む動作をする。満足した鳥はまた起き上がり、同じ動作を繰り返す。鳥は何のエネルギーを使って運動しているのだろう。

### < 水飲み鳥の動作のしくみ >

▶ 本体はガラス細工で出来ていて、中にエーテルが入れてあり、空気は抜いて封じてある。鳥の頭の部分は外側をフェルトのようなもので覆われており、水に濡れるようにできている。鳥の中央を支えている台の部分はブリキで出来ている。鳥はこの支えを支点として振動できるようになっている。

はじめに頭の部分を濡らしておき、振動させると、エーテルの液面がだんだん管の中を上がっていく。これは、頭を濡らしている水が蒸発する時に蒸発熱を奪い、これによって温度が下がり、頭の中を満たしていたエーテルの蒸気が凝縮して液体になる。すると、頭部の圧力が減ってエーテルを吸い上げる。(図 2 - 8)

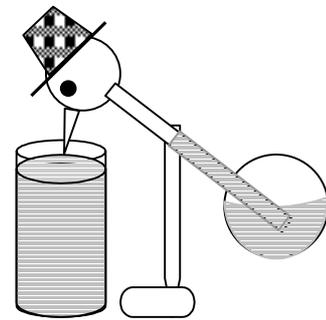


図 2 - 8

エーテルを吸い上げると頭の方が重くなって、頭は次第に下に傾き、遂にはくちばしをコップの水面に突っ込む。同時に鳥のお尻の部分でガラス管がエーテルの液面から顔を出し、上部のエーテル液は管を下がって、お尻の部分に下がる。すると、重心が下がって、鳥は再び起き上がる。(図 2 - 9)  
鳥は振動を続け、この動作を繰り返す。

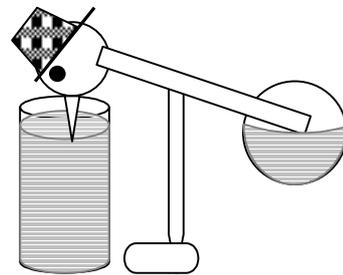


図 2 - 9

## 2 - C ) 凝結核と霧の発生

フラスコにアルコールを少量入れ、(タバコの)煙も少し入れておく。

フラスコ内の空気を膨張させる(ピストンを引く)と断熱膨張(温度降下)によって霧が発生し、ピストンを押すと断熱圧縮(温度上昇)によって霧が消える。

(タバコの)煙が凝結核となっている。

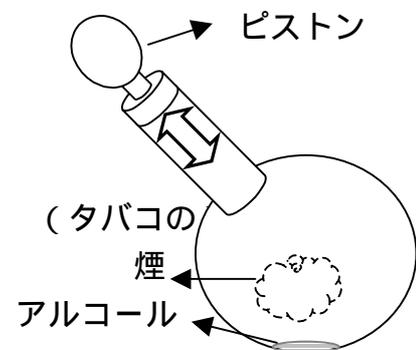


図 2 - 10 霧の発生実験

## 2 - H ) バイメタル < 応用 1 >

熱膨張率の異なる 2 枚の薄い金属を張り合わせたもので、熱すると膨張率の大きい金属の方が余計に伸びるので、目に見えるほど曲がる。

金属としては膨張率の大きい真鍮(67%Cu、33%Zn 合金)と熱膨張の小さいインバー(36%Ni、64%Fe 合金)の組み合わせが用いられる。2 枚の金属を重ねて圧延して一体にする。これをひげぜんまいのように巻き、その中央の端に指示針をつけると、温度の変化によって針が回転し、指針温度計となる。

白色の方が膨張係数が大きい。

図 2 - 14 バイメタル

## 2 - I ) 蛍光灯のスタータ (点灯管) < 応用 2 >

点灯管に電流が流れるとバイメタル(青色)の部分が熱によって伸び、反対側の極板に近づく。反対側の極板との距離が非常に近づいてスイッチが入り、蛍光灯の電極を数秒間予熱して、蛍光灯を点灯させる。

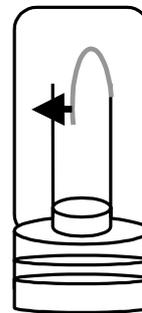


図 2 - 15 点灯管

## § 2 . 3 相変化

水は水蒸気→水→氷 と変化するのは気体→液体→固体と相変化する典型的な例である。液体の中での相変化の一つは過冷却として知られる。固体の中でも相変化が起こる。

## 3 - A ) 酢酸の過冷却

試験管に酢酸を入れ、氷水で冷却する。酢酸は冷却されて過冷却状態(無色透明)になる。ガラス棒で試験管の内壁をこすると、過冷却状態が壊され、一瞬のうちに酢酸が固体(白色)に変化する様子が確認できる。

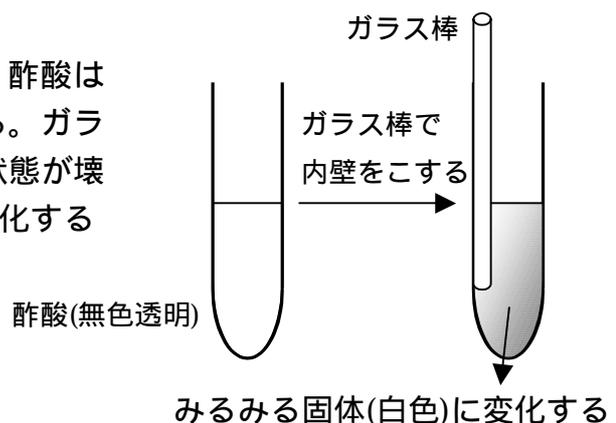


図 2 - 19 酢酸の過冷却