

固体の比熱

□ 目的

混合法により固体の比熱を測定する。

□ 実験用具

熱量計、アルコール温度計、デジタル温度計、スタンド、電気ポット、ストップウォッチ、試料、ノギス、はかり

□ 原理

1 グラム [g] の物質の温度を 1 度 [K] 上げるのに必要な熱量をその物質の比熱という。質量 m [g] の物質の温度を θ [K] 上げるのに要する熱量が Q ジュール [J] であれば、この物質の比熱 C [J/gK] は

$$C = \frac{Q}{m\theta} \quad (1)$$

で与えられる。

比熱を測定するには、質量、温度および熱量を測定しなければならない。質量や温度はそれぞれ、てんびんや温度計を用いて測定することができるが、熱量を直接測定することはできない。熱量は保存量であり、他の物質に移ることができるので、比熱のわかっている水を使って、固体のもつ熱量を測定することができる。この方法を混合法とよんでいる。

すなわち、高温に熱した固体を室温程度のの水の中に入れると、固体の温度は下がり、同時に水の温度が上昇する。このとき、熱が他に逃げなかったとすれば、固体が失った熱量と水が受け取った熱量とは常に等しく、熱の移動が終わったところで最終的な温度になり、固体と水の温度は一致する。

例えば、質量 m_0 [g]、比熱 C [J/gK] の固体を高温 θ_1 [K] に熱した後、これをそれより低い温度 θ_2 [K] で質量 m_W [g] の水中に入れてよくかき混ぜた結果、温度が θ_0 [K] になったとする。

このとき、固体が失った熱の量は $m_0 C (\theta_1 - \theta_0)$ [J] となり、同時に水が得た熱の量は $m_W C_W (\theta_0 - \theta_2)$ [J] となる (ここで C_W [J/gK] は水の比熱である)。熱がほかに逃げなかった場合、この 2 つの量は等しくなる。

$$Q = m_0 C (\theta_1 - \theta_0) = m_W C_W (\theta_0 - \theta_2) \quad (2)$$

よって、この固体の比熱は、次のように表すことができる。

$$C = \frac{m_W C_W (\theta_0 - \theta_2)}{m_0 (\theta_1 - \theta_0)} \quad (3)$$

実際に熱量計を使って実験を行うときには、次のような補正を行わなければならない。測定しようとする固体のもつ熱量は、水だけでなく、水を入れる容器やかきまぜ棒の温度をも上昇させることになるので、そのことを考慮しなければならない。(デジタル温度計の水に浸かっている部分の温度上昇は、影響が小さいので、ここでは無視する。)

熱量計の容器とかきまぜ棒の質量の和を m_{Cu} [g]、比熱を C_{Cu} [J/gK] とすれば、 θ_2 [°C] から θ_0 [°C] まで温度が上昇する間に得た熱の量は

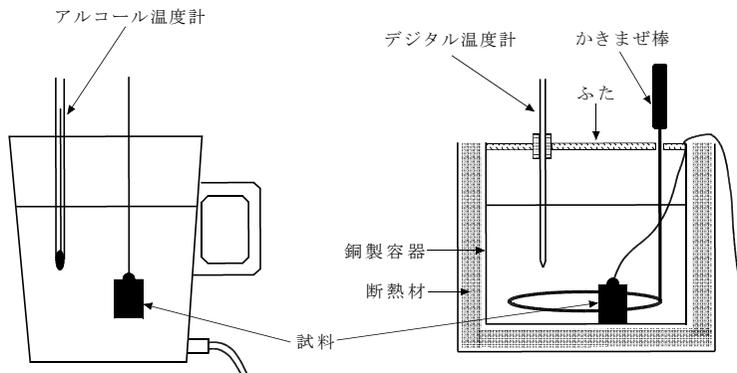
$$m_{Cu}C_{Cu}(\theta_0 - \theta_2) \text{ [J]}$$

となる。これらの補正を行うと、(3) 式は次のように書き変えることができる。

$$C = \frac{(m_W C_W + m_{Cu} C_{Cu})(\theta_0 - \theta_2)}{m_0(\theta_1 - \theta_0)} \quad (4)$$

なお、比熱の単位 [J/gK] は、絶対温度 K を用いて表されるが、この実験では温度差のみが問題となるので、水温の測定は °C を用いて読み取って差し支えない。

□ 実験方法



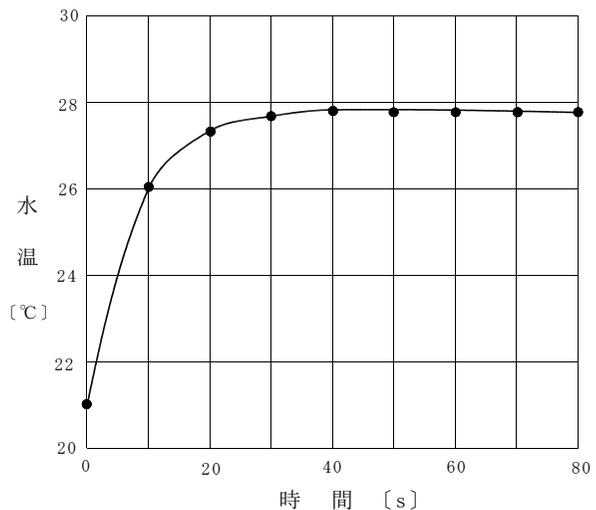
- (1) 電気ポットで湯を沸かす。
- (2) 熱量計の銅製容器とかきまぜ棒の金属部分(銅製)の質量の和 m_{Cu} [g] をはかりで測定する。実際に温度が上昇するのは金属部分だけなので、断熱容器とかきまぜ棒のつまみの部分は外して測る。
- (3) 試料を入れてもあふれない程度の水を容器に入れて、かきまぜ棒の金属部分とともにその質量 m_G [g] を測定する。 m_G [g] から m_{Cu} [g] を差し引いたものが水の質量 m_W [g] となる。
- (4) 試料の質量 m_0 [g] を測定する。
- (5) 試料を電気ポットの沸騰水の中に約 5 分間入れておく。この間の沸騰水の温度を数回測定し、その平均を試料の温度 θ_1 [°C] とする。このとき 試料および温度計が電気

ポットに接触しないように、スタンドを使ってつり下げようとする。

- (6) 試料を入れる直前の熱量計の水温 θ_2 [°C] を測定する。
- (7) 試料を手早く電気ポットから熱量計に移し、かきまぜ棒をたえず上下して水をよくかきまぜながら、水温を 10 秒ごとに測定する。最高温度 θ_0 [°C] に達して水温の上昇が止まるまで測定を行い、その変化をグラフに描く。
- (8) 試料の比熱 C を (4) 式から求める。水の比熱 C_W は 4.19 [J/gK]、銅の比熱 C_{Cu} は 0.385 [J/gK] ^{*1}として計算する。
- (9) 熱量計の水を入れ換えて再度同じ測定を行い、比熱 C の 2 回の結果の平均を取る。2 つの結果が著しく異なる場合には、その原因をよく考えて、測定をやり直す。
- (10) 簡単に測定できる物理量として、試料の密度を測定してみる。
- (11) 表 1 を用いて、試料が何であるかを推察する。

□ 実験例

時間 [s]	温度 [°C]
0	20.9
10	26.1
20	27.4
30	27.7
40	27.8
50	27.8
60	27.8
70	27.8
80	27.8



$$m_{Cu} = 112.1 \text{ [g]}$$

$$m_W = 204.0 \text{ [g]}$$

$$m_0 = 100.7 \text{ [g]}$$

$$\theta_2 = 20.9 \text{ [°C]}$$

$$\theta_1 = 98.6 \text{ [°C]}$$

$$\theta_0 = 27.8 \text{ [°C]}$$

$$C = \frac{(204.0 \times 4.19 + 112.1 \times 0.385) \times (27.8 - 20.9)}{100.7 \times (98.6 - 27.8)}$$

$$= 0.87 \text{ [J/gK]}$$

^{*1} 金属の比熱は温度によって変化する。そのため熱量計の銅製容器とかきまぜ棒の金属部分に使用する C_{Cu} および 表 1 の元素の比熱はこの実験において適当と思われる温度での値をそれぞれ使用している。

得られた比熱は 0.87 [J/gK] である。表 1 より、この試料はアルミニウムであると推測できる。

元素	比熱 [J/gK]	密度 [g/cm ³]	元素	比熱 [J/gK]	密度 [g/cm ³]
金	0.130	19.3	亜鉛	0.395	7.13
白金	0.134	21.5	鉄	0.462	7.87
スズ	0.234	7.31	クロム	0.464	7.20
銀	0.237	10.5	アルミニウム	0.914	2.70
銅	0.390	8.96	マグネシウム	1.036	1.74

表 1 元素の比熱 (60°C) と密度