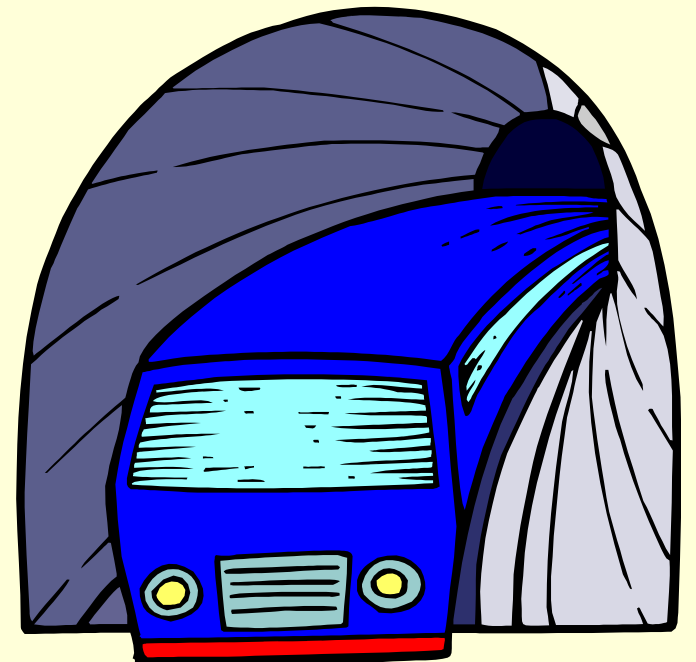
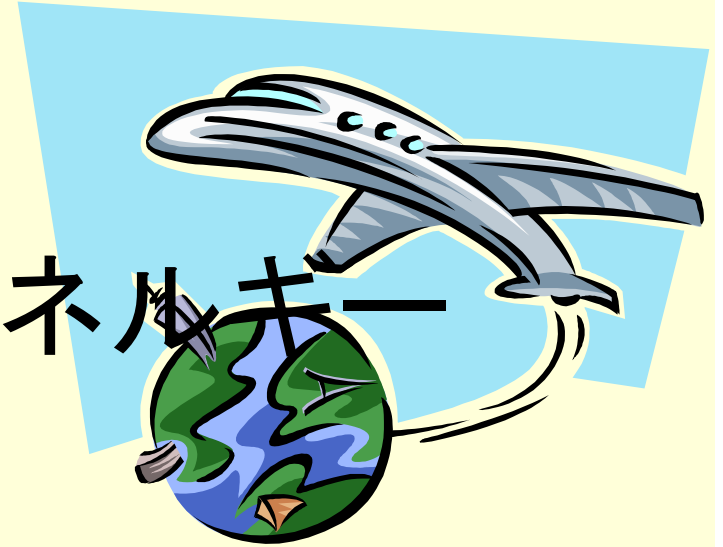
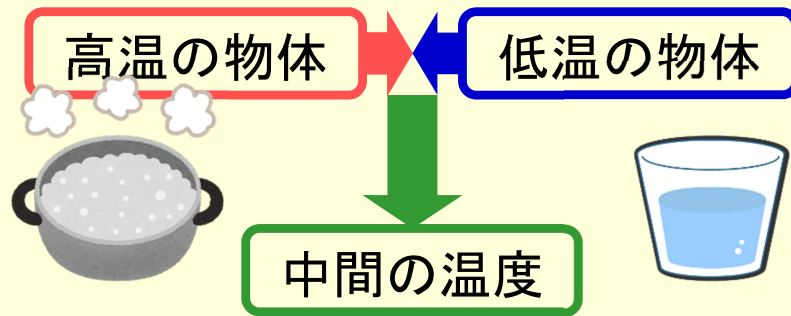


第7章

気体分子の運動と熱エネルギー

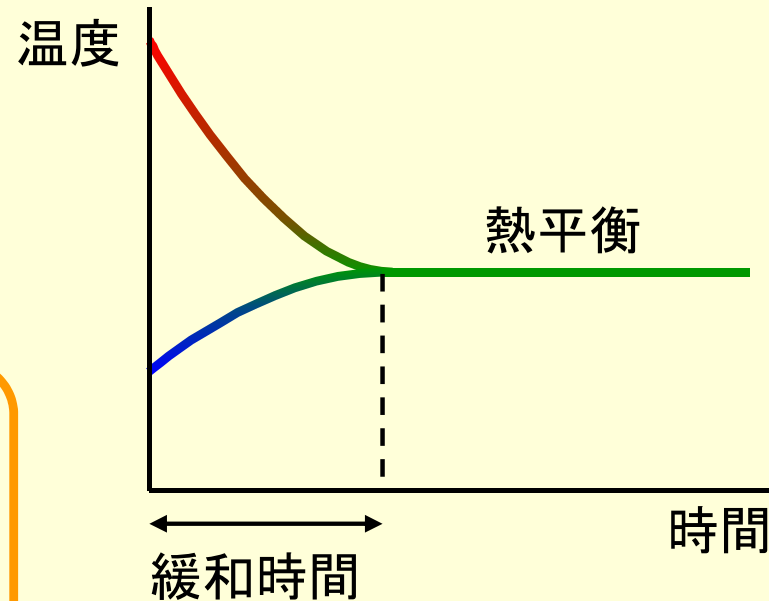


お湯と水を混ぜると？



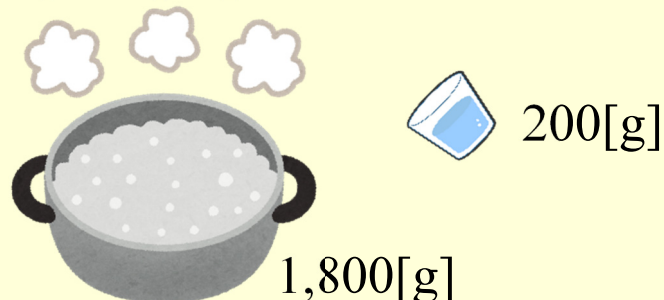
熱量保存の法則

物体Aと物体Bの間で熱の出入りが自由な状態にあるとき、十分な時間を経過すると、2つの物体はやがて熱平衡状態(同じ温度)になる。



例えば、 100°C のお湯 $1,800[\text{g}]$ と 20°C の水 $200[\text{g}]$ を混ぜると、何 $^{\circ}\text{C}$ になるか。

100°C と 20°C だから、 60°C ？



温度が変化すると...

- ・物体の体積は増加する
- ・例外は水

$0^{\circ}\text{C} \sim 4^{\circ}\text{C}$ では、温度が下がると体積が増加する。これは結晶(氷)ができるときに空隙が増加するため。

温度の表し方と熱量

摂氏温度[°C]: セルシウス (Celsius)

1気圧の水の氷点を0、沸点を100として、その間を100等分したもの。現在は、絶対温度から273.15を引いたものを摂氏温度としている。

華氏温度[°F]: ファーレンハイト (Fahrenheit)

1気圧の水の氷点を32、沸点を212として、その間を180等分したもの。

絶対温度[K]

自然界の現象(絶対0度になるとどんな気体でも圧力が0になる)を基に決めた温度目盛り。
正確には、水の3重点の温度を273.16とし、その時の体積を基準として、絶対温度を定める。

異なる温度を持った物質同士を混ぜたとき、その間で移動するエネルギーのことを熱量という。1[g]の物質の温度を1[K]上昇させるのに必要な熱量を比熱という。

$$\text{熱量} = \text{質量} \times \text{比熱} \times \text{温度変化}$$

比熱 水 4.2[J/g・K]

鉄 0.45[J/g・K]

銀 0.24[J/g・K]

100[°C]のお湯1,800[g]と20[°C]の水200[g]を混ぜると、何[°C]になるか。



混ぜた後の温度を x [°C]とすると、
お湯が失った熱量は、

水が得た熱量は、

混ぜた後の水の温度は、

温度の異なるものを混ぜる

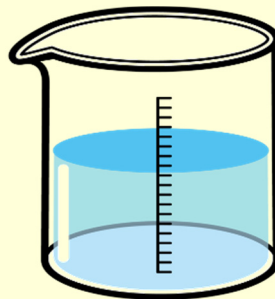
水の中に熱した鉄球を入れると水の温度が上がる。どれくらい上がるか計算してみよう。

質量400[g]の鉄球（比熱 $0.45[\text{J/g} \cdot \text{K}]$ ）を $270[^\circ\text{C}]$ に熱して、温度 $20[^\circ\text{C}]$ 質量2,100[g]の水（比熱 $4.2[\text{J/g} \cdot \text{K}]$ ）に入れた。温度はどれ位になるか。



鉄球が失う熱量

=



水が得る熱量

混ぜ合わせた後の温度は、



熱しすぎは危険です。ほどほどに



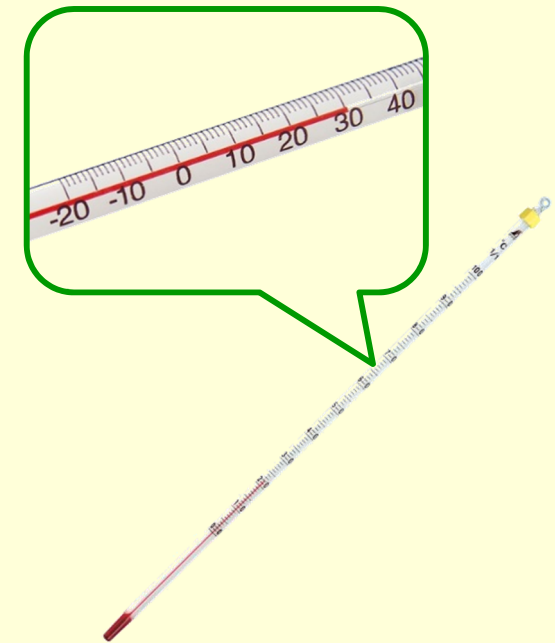
熱しすぎは危険です。ほどほどに

温度はどうやって測る？

液体温度計

水銀柱温度計 (ガラス管と水銀との熱膨張の差を利用)

アルコール柱温度計 (アルコールとガラス管との熱膨張の差を利用)



白金抵抗温度計

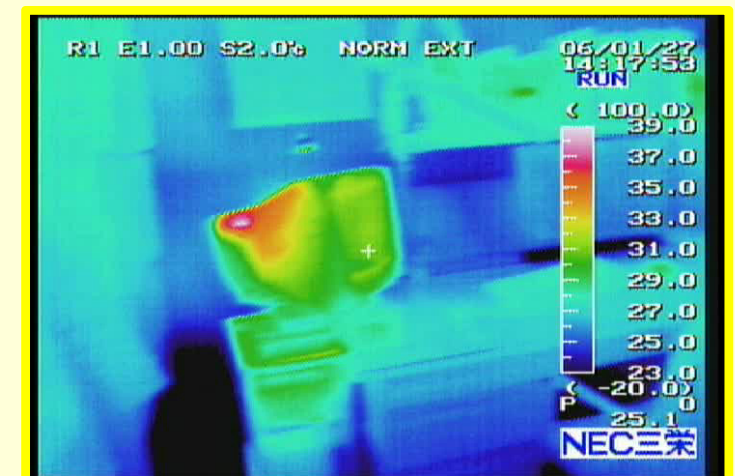
測定範囲は酸素の沸点 (-182.97°C) からアンチモンの凝固点 (630.5°C) までで、白金の電気抵抗変化を指標にしている。

熱電対温度計

一般使用は、白金-白金・ロジウム ($\text{Pt-Pt}\cdot 10\%\text{Rh}$ または $\text{Pt-Pt}\cdot 13\%\text{Rh}$) による熱電対で、一方の基準接点を 0°C に保ち (電子回路などで補正している)、他方の测温接点との間に生じる起電力 [mV] の値から被測定物体の温度を求める。

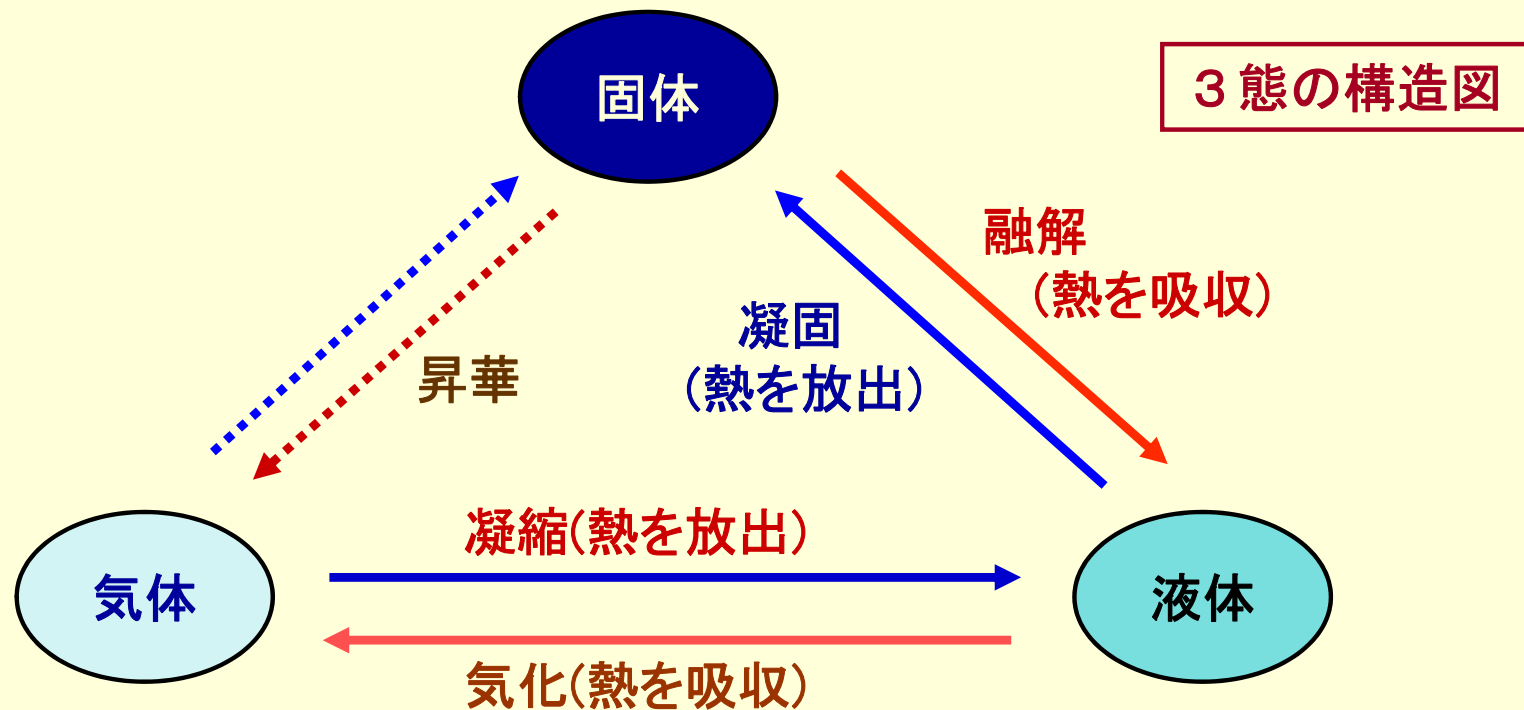
放射温度計 (赤外線サーモグラフィ)

対象物から出ている熱赤外線放射エネルギーを検出し、見かけの温度に変換して、温度分布を画像表示する。



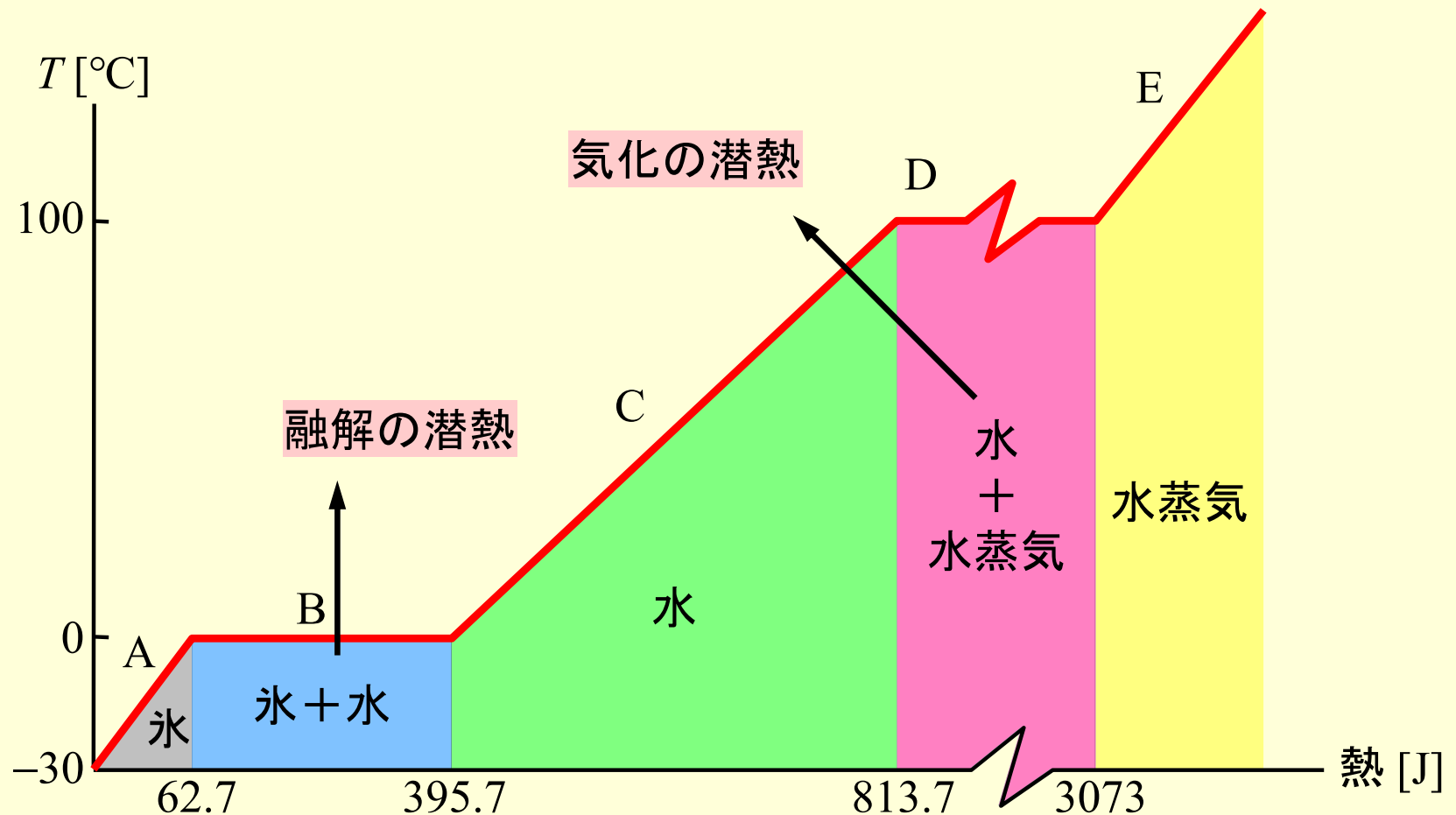
温度と物質の姿

物質は固体、液体、気体の3つの状態のどの状態にもなることができるが、ある状態から他の状態に移るには、温度が変わらなくても熱エネルギーの放出と吸収が行われる。



氷が解けていく温度、お湯が沸く温度

物質が液体から気体に変わる時など、各分子間距離が大きくなるのでその結合を断ち切って分子を引き離すには仕事が必要である。相変化が起こっている間は熱エネルギーがこの操作に使われ、温度は上昇しない(沸騰した水を加熱してし続けても水温は100℃以上にならない)。このように相変化に伴う熱を**潜熱**という。

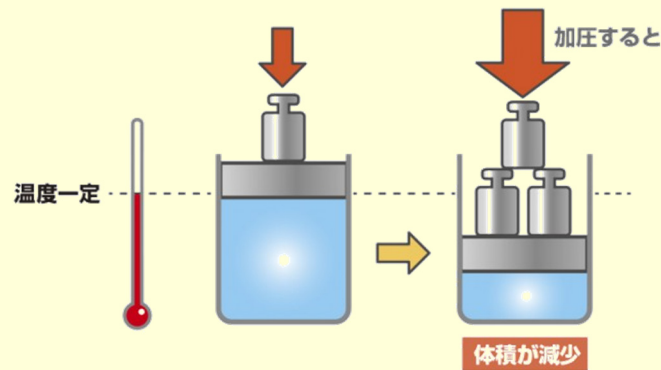


熱と圧力の関係

ボイルの法則

気体の温度が一定のとき、体積と圧力は反比例する。

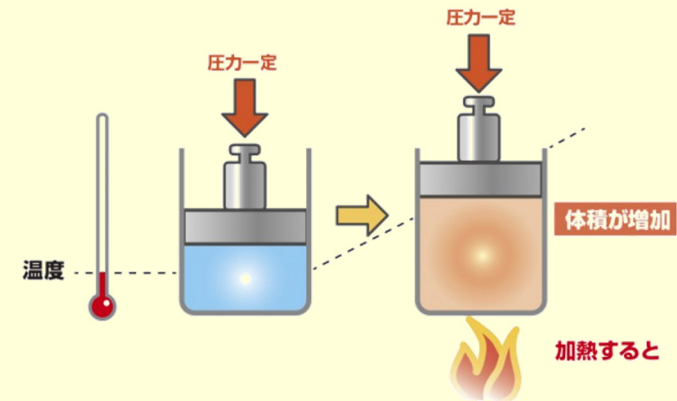
$$\text{圧力 } p \times \text{体積 } V = \text{一定}$$



シャルルの法則

気体の圧力が一定のとき、体積は絶対温度に比例する。

$$\text{体積 } V = \text{係数} \times \text{絶対温度 } T$$



ボイル・シャルルの法則

ボイルの法則とシャルルの法則を組み合わせると、

$$\frac{\text{圧力 } p \times \text{体積 } V}{\text{絶対温度 } T} = \text{一定}$$

となる。

右辺の値は、容器の中にどんな気体がどれくらい入っているかによって決まる。

状態方程式

ボイル・シャルルの法則の右辺は、容器中の物質の種類と量によって決まる値である。ただし、現実には極端に低温や高圧な状態では成り立たない。そこでどのような状態でもボイル・シャルルの法則が成り立つ理想的な気体(理想気体)を考える。

原子や分子の数はとても多いので、アボガドロ数 6.02×10^{23} [個]を用いて表し、これを1[mol]といいます。

このアボガドロ数を用いると、ボイル・シャルルの法則の右辺は、

$$\text{モル数 } n[\text{mol}] \times \text{気体定数 } R[\text{J/mol} \cdot \text{K}]$$

と表すことが出来るので、

$$\text{圧力 } p[\text{Pa}] \times \text{体積 } V[\text{m}^3]$$

$$= \text{モル数 } n[\text{mol}] \times \text{気体定数 } R[\text{J/mol} \cdot \text{K}] \times \text{絶対温度 } T[\text{K}]$$

と表すことができる。これを理想気体の状態方程式という。

アボガドロの法則

全ての気体は、同じ温度、同じ圧力のもとでは、同じ体積の中に同じ数の分子を含む。

273[K]、 1.013×10^5 [Pa] (1気圧)を標準状態といい、この状態の1[mol]の気体は、どんな気体でも体積が $2.24 \times 10^{-2}[\text{m}^3]$ (22.4ℓ) になる。

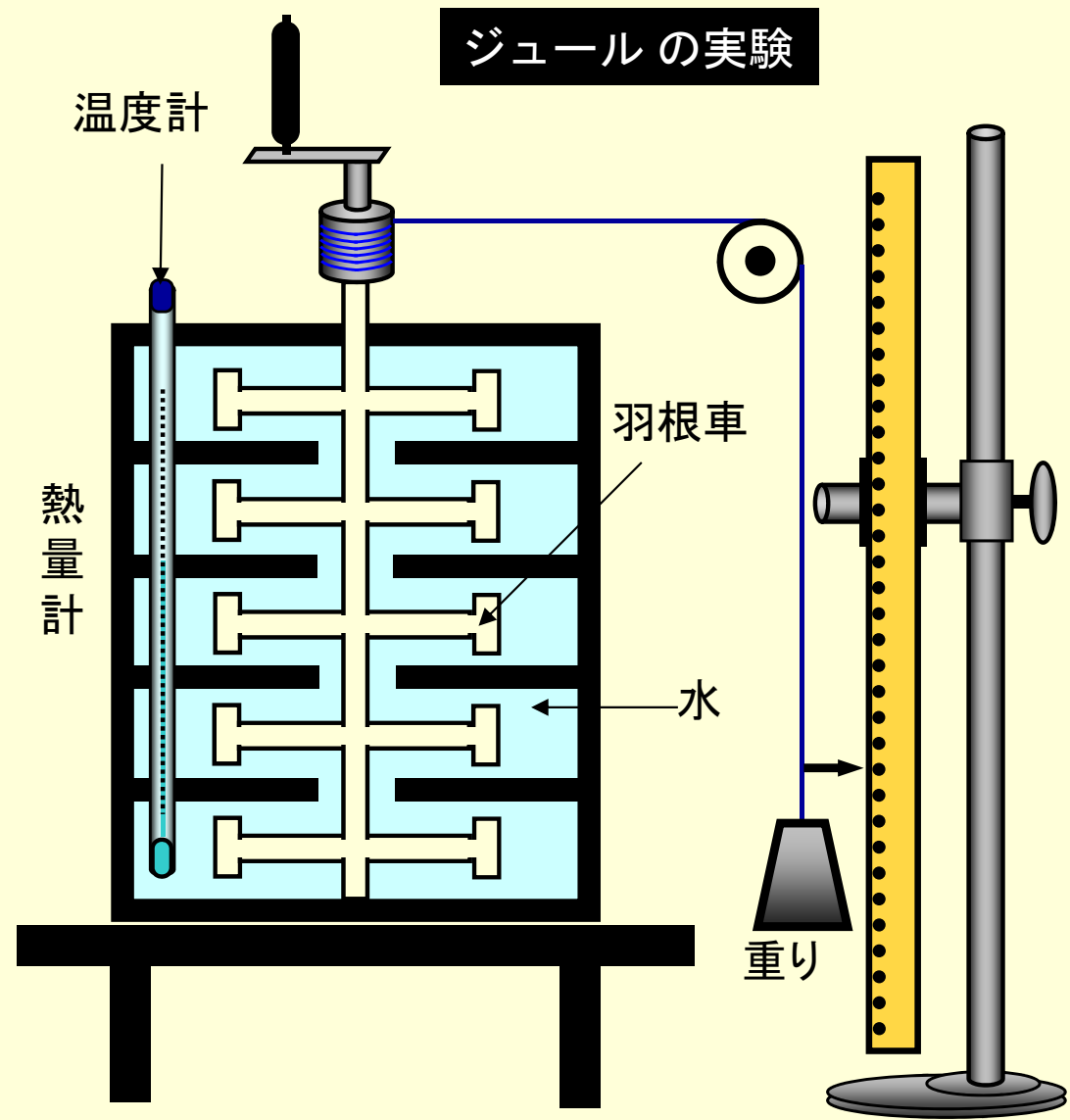
水をかき混ぜると温度が上がる？

熱量と力学的エネルギーの間に
関係のあることをジュール(Joule)
がはじめて実証した。消費した**力
学的エネルギー(仕事) W** と、**発生
した熱量 Q** との比は常に一定の値
であり、

$$W = JQ$$

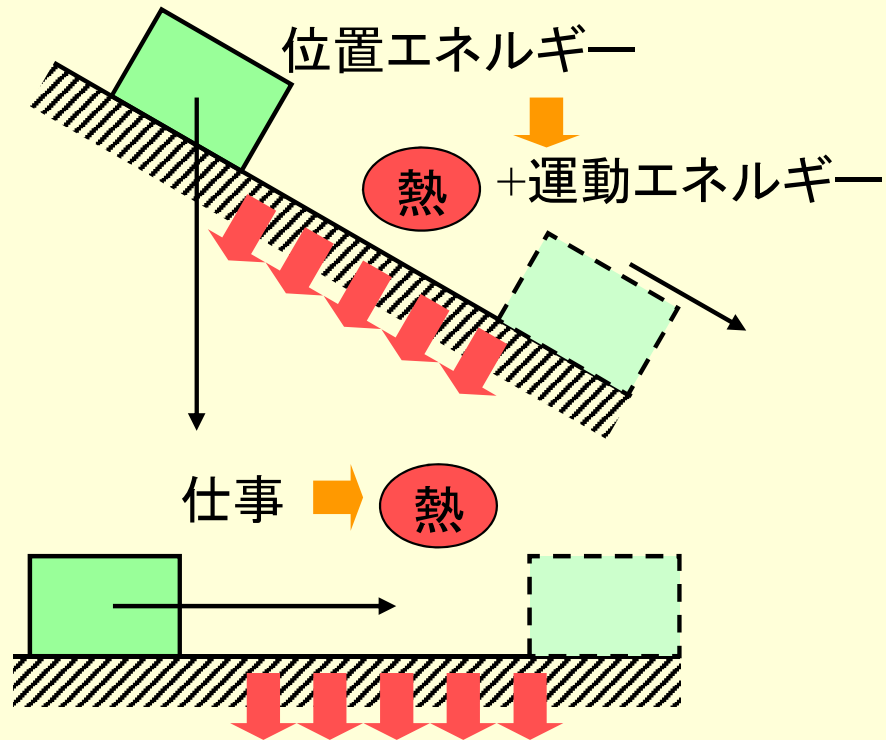
ここで、1[cal(カロリー)]の熱量を
得るには、4.18605[J(ジュール)]を
仕事が必要とする。上式中の J を
熱の仕事当量という。

1[cal]は1[g]の水を14.5[°C]から
15.5[°C]まで温度を上げるために
必要な熱量である。



重りの力学的エネルギー＝水に与えられる熱量

摩擦のある床で物を動かす



摩擦のある場合に力学的な仕事をする
と熱が発生する。

多くの人の実験により、熱もエネルギー
であることが判明した。

熱力学の第一法則

熱により力学的変化を生じたり、力学的変化により熱が発生したり、これらが互いに変化するときは、力学エネルギー保存の法則(位置エネルギー+運動エネルギー=一定)を拡張して考えればよい。すなわち「**物体の全エネルギーの増加は、物体が外からなされた仕事と吸収した熱エネルギーの総和に等しい**」といえる。これを**熱力学の第一法則**(エネルギー保存の法則)という。

外から加えた仕事を W' 、外から加えた熱量を Q とすると、内部エネルギー U の増加分 ΔU は、

$$\Delta U = W' + Q$$

と表すことができる。

熱と仕事の関係

Jouleの実験

仕事(重りの落下)

↓ (ファンの回転)

熱(水の温度上昇)

・・・では、水の温度を上げると仕事を
することができるか？

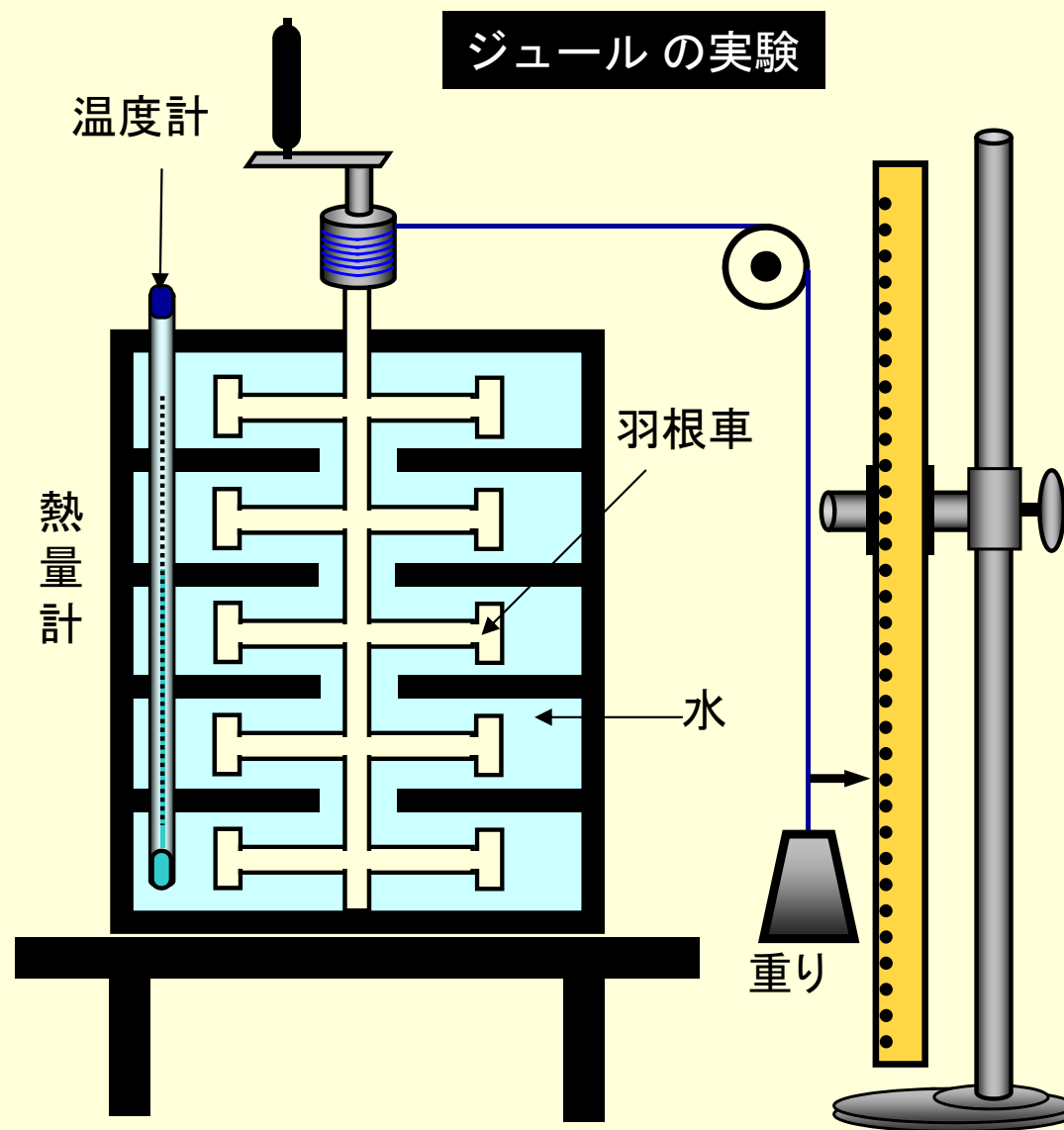
これは・・・

仕事: 規則的な分子運動

熱: 不規則的な分子運動

不規則な分子運動が、自然に規則的な分子運動に戻ることは確率的にあり得ない。すなわち、熱現象には方向性がある(**不可逆変化**)。

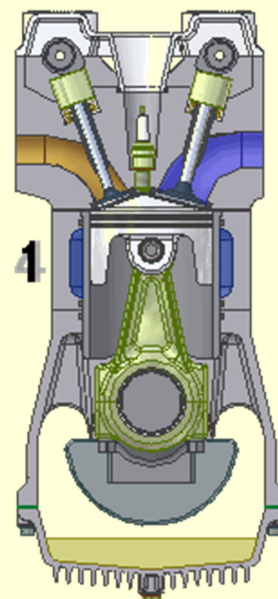
熱力学の第二法則は、このような熱と仕事の転換の可能性について制限を述べたものである。



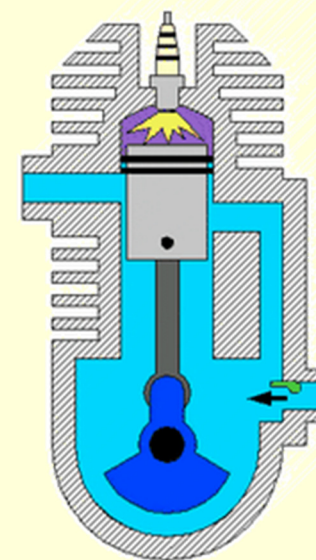
熱機関

熱の形式でエネルギーが供給される原動機を熱機関という。

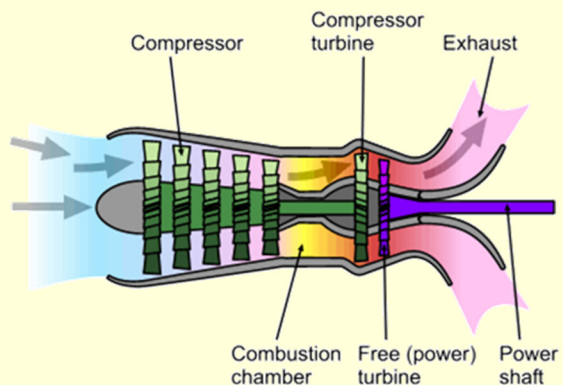
- **内燃機関** ～機関内部で燃料を燃焼させる機関(ピストンエンジン・ガスタービンエンジン)
- **外燃機関** ～機関内部にある気体を機関外部の熱源で加熱・冷却する機関(例, 蒸気機関・蒸気タービン・スターリングエンジン・原子力発電)
- **火力発電** ～物質を燃焼させることでファンを回し, エネルギーを得る。



4ストローク
エンジン



2ストローク
エンジン



ジェットエンジン

蒸気機関

