

## 第10回 熱移動と温度・熱力学第二法則(2)

### 1. Clausius/Kelvinによる第2法則

エネルギー保存則を満たしても、実際には起こらない変化がある。

例えば: 「Joule の仕事当量の実験」の逆の変化 ?

何か工夫すれば可能か ?

——> 外部よりエネルギー供給なければ  
不可能 !

なぜか ?      これは新しい原理なのだ

「ある1つの熱源を冷却することにより、その熱をすべて仕事に変えることは不可能である。」

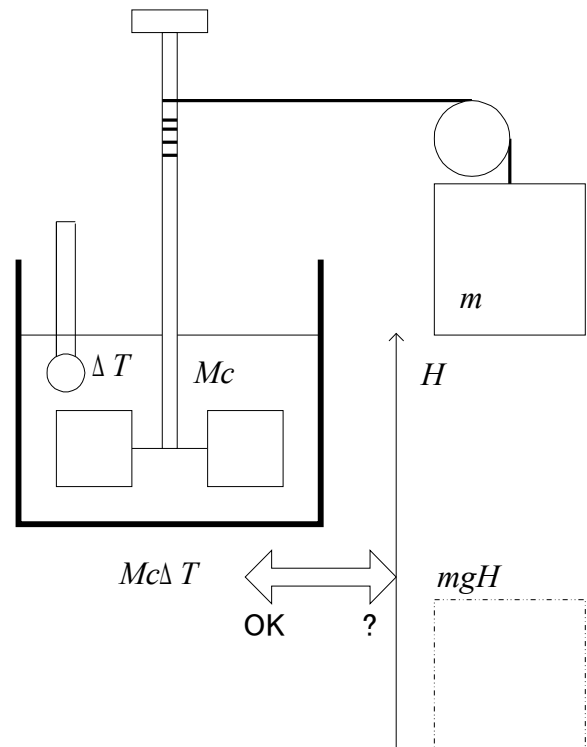
ケルビンの第二法則という。

Kelvin(William Thomson)

補足説明:

もし可能ならば、  
海水から永久に仕事を取り出せる。  
熱の一部ならば仕事に変えることができる。

熱機関の熱効率は、100 % にはなり得ない。



この種の現象は、他にもあるのでは ?

「熱はそれ自身で低温から高温へ移動することはできない。」

クラウジウスの第二法則:

補足説明:

外部から仕事を供給すると、熱を低温から高温へ移動させることは可能。  
冷凍機やヒートポンプはその例である。

ケルビンの第二法則 と クラウジウスの第二法則は、等価である。

(証明)

= 前半 =

ケルビンの第二法則が誤りだとすると、

ある温度(低温)の熱源の熱をすべて仕事に変えることができる。  
この仕事を、例えば物を回転させ、それを摩擦ブレーキで押さえて、  
すべてを熱に変えることができる。摩擦部分は、いくらでも高温にできる。  
つまり、低温の物体から高温の物体へ、何の補助もなく熱が移動している。  
クラウジウスの第二法則も成り立たない。

= 後半 =

クラウジウスの第二法則が誤りだとすると、

高温ガスの熱を使って一部を仕事に変え、残りの熱を海水中に捨てている火力発電所において、

海水に捨てた熱を高温ガスに戻すことができることになるので、

(海水の代わりに小さいプールで置き換えて熱機関の一部と考える)

結局、高温ガスの熱量を全て仕事に変えたことになる。

つまり、ケルビンの第二法則も成り立っていないことになる。

以上の 両方を合わせると、ケルビンの第二法則 = クラウジウスの第二法則

(証明おわり)

第2種永久機関:

一つの熱源の冷却による熱をすべて仕事に変える機械、または、

低温の物体の熱を他に何の補助も受けずに高温の物体へ移動させる機械を、

第2種永久機関という。

第二法則？ (どうやら、変化の方向を決める法則のようだ。)

これが法則か？ 法則らしくない？

定量的でない？ したがって、応用面で使えない？

定量化への流れ (つながりを理解することが必要)

(1) K/C の第二法則

(2) カルノーの定理、熱力学的温度

(3) クラウジウスの積分とエントロピー

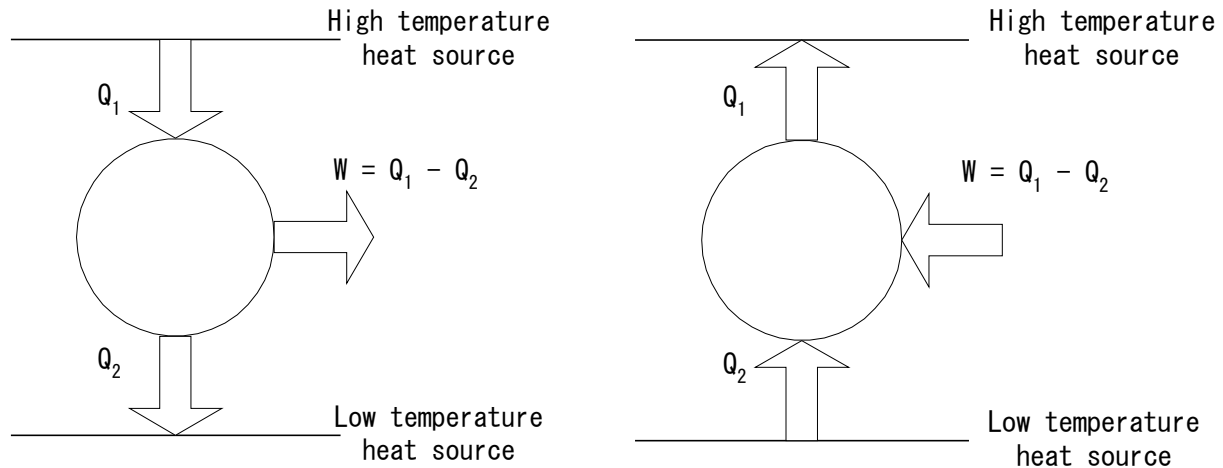
エントロピーで表した第二法則(エントロピー増大の法則)

## 2. 熱機関とヒートポンプ

熱機関では、作業物質は高温熱源から  $Q_1$  の熱量を受け取り、低温熱源に  $Q_2$  の熱量を捨てる。

1サイクルの仕事は  $W = Q_1 - Q_2$  となる(熱力学第一法則)。

$$\text{熱効率 } \eta = \frac{\text{得た仕事}}{\text{高温熱源から受け取った熱量}} = \frac{W}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$



冷凍機またはヒートポンプ(加熱暖房機)は、低温物体から熱を受け取り、高温物体へ熱を移す。

冷凍機またはヒートポンプは熱機関と逆の動作をする。

それらの性能は動作係数(成績係数またはCOP, Coefficient Of Performance)で表す。

$$\epsilon_r = \frac{Q_2}{W} \quad (\text{冷凍機のCOP})$$

$$\epsilon_h = \frac{Q_1}{W} \quad (\text{ヒートポンプのCOP})$$

## 3. 可逆サイクル

一巡して元に戻る状態変化をサイクルという。

サイクルを行う物質を作業物質(動作物質, 作業流体)という。

サイクルにおいては元の状態に戻るので  $\Delta U = 0$

つまりエネルギー保存則より  $Q = Q_1 - Q_2 = W$

可逆変化のみで構成されるサイクルを可逆サイクルという。

可逆サイクルは、熱と仕事に出入りを逆にして、同じサイクルを逆にたどることができる。