



熱力学の起こり

■ 力学は基礎が固められた時代

- プリンキピア(1687)
- 同年に「新力学プロジェクト」(バリニオン)
- 公理、紐が支えるおもり、滑車、車輪と車軸、てこ、斜面、ねじ、くさび、流体のつりあい

■ しかし熱については・・・

- 「物質に押し込んだり押し出したりできるようなもの」という理解だった
 - 「熱」が入ると物体は膨張する.
 - 熱は拡散しようとする→熱は物質
- 「温度」と「熱」の違いは次第に認識されてきた
- 仕事の全部を熱に変える vs 熱の一部を仕事に変える

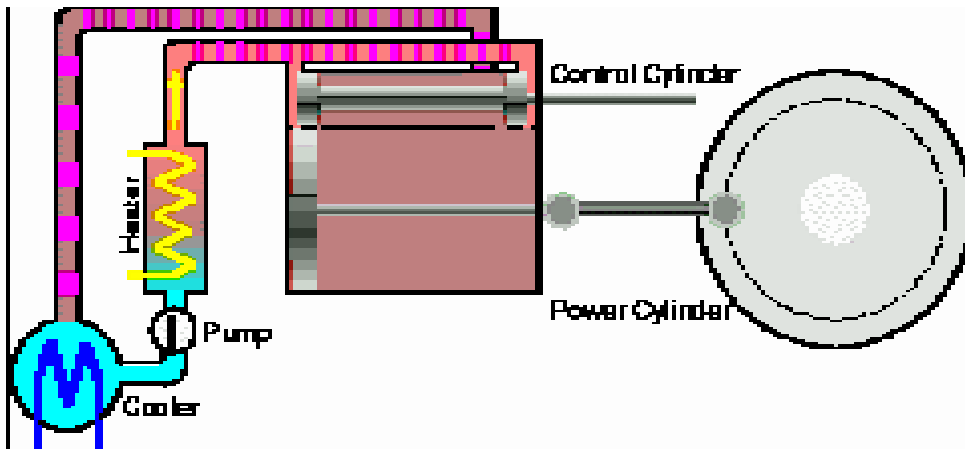


サディ・カルノー(1796-1832)

- 「熱から動力をつくる技術的な方法を，科学の段階にまで高めるには，全体の現象を個々のエンジン，機械，使うべき物質に関係なく，もっと一般的な見地から研究しなければならない。」(1824)

サイクル

- カルノーは1サイクルの動作に注目
- サイクル運動は実用としても、本質を見抜くための研究としても重要
 - サイクル中に流体が熱を出し入れし、仕事をする：熱が仕事をする
 - 流体が完全にもとにもどる：流体の種類に依存しないで原理を追求できる

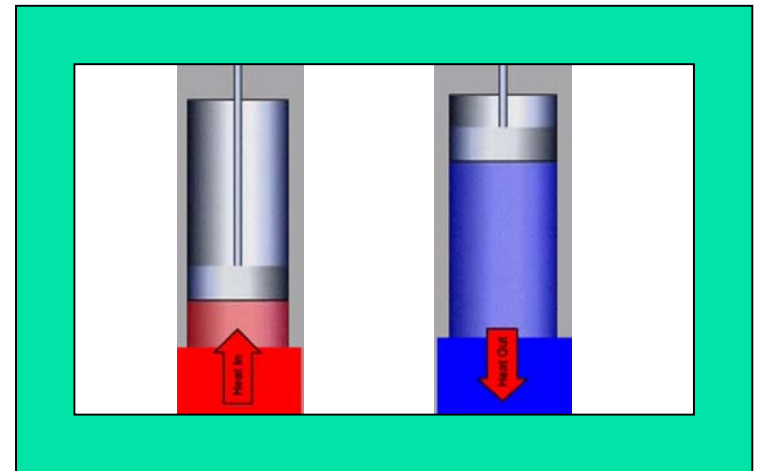


ワットの蒸気機関

- ・熱がボイラーの水に入る
- ・水が蒸発して蒸気になる
- ・蒸気が膨張して仕事をする
- ・自然に膨張を続けて仕事をし、温度を下げる
- ・蒸気が凝縮器に入り冷えて水となる
- ・水がボイラーに運ばれる(ポンプ)

1サイクルの間にかかる変化

- 流体は元の状態に戻る
→変化しない
- 高温の炉から流体が
熱を吸収する
- エンジンが
仕事をする
- 低温の凝縮器で流体が
熱を放出する



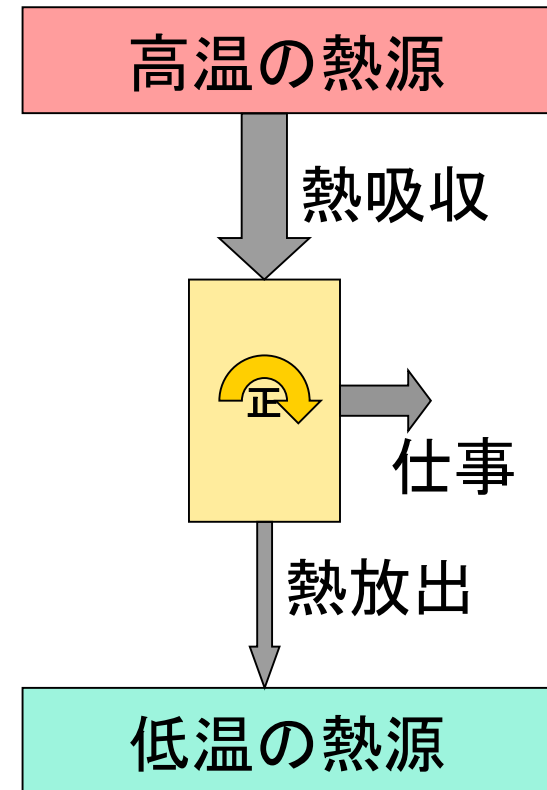
ワットの機関を抽象化する

力学的な仕事をする熱的な現象は、
熱を1つの物体から他の**低温の物体へ**移すことである

だが、**熱の移動で仕事がされない**こともある(無駄な熱の移動)

エンジンの機能の概念モデル

- 熱エネルギーを吸収
 - 一部を仕事に変える
 - 熱エネルギーを放出
-
- エンジンの効率
外部にする仕事
÷ 吸収した正味の熱



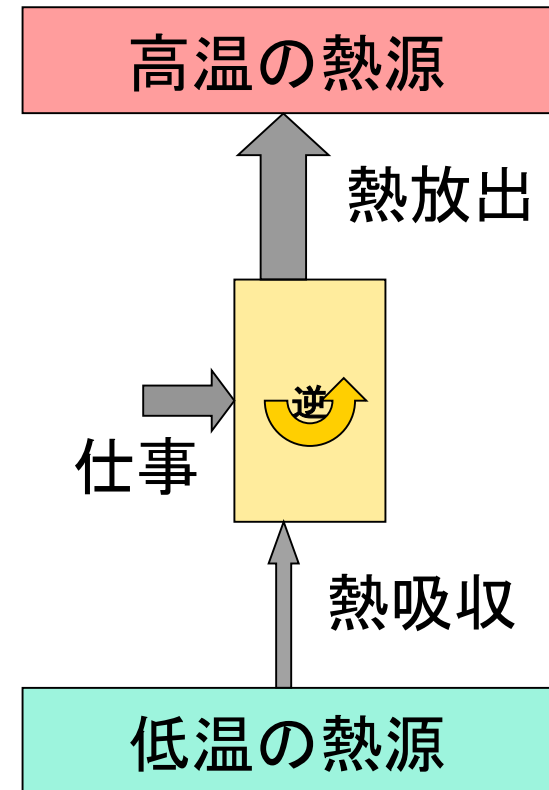


熱機関の逆運転

- 熱ポンプ(冷凍機)
 - 外から仕事をするとき、低温の熱源から熱を吸収し、高温の熱源で熱を放出する
 - たとえば
 - 低温のところで液体を蒸発させ(熱を奪う)
 - 圧縮し(外から仕事をする)
 - 高温のところで液体にもどす(熱を放出)

可逆エンジン

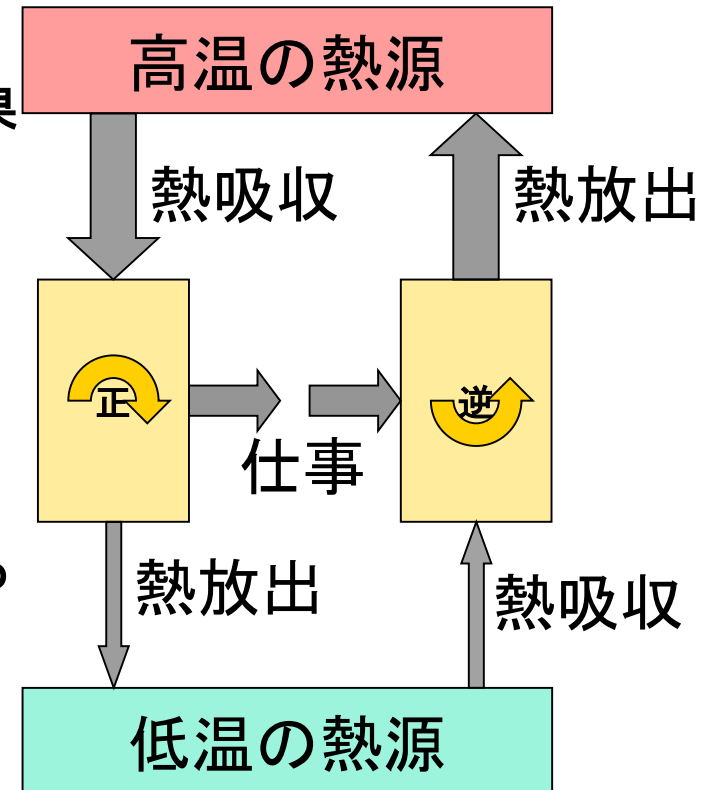
- 正運転のときと同じ量の仕事を外部からすると
- 正運転のときと同じ量の熱を逆向きに移動する



可逆エンジンは最大効率で動く 無駄に熱を使わない

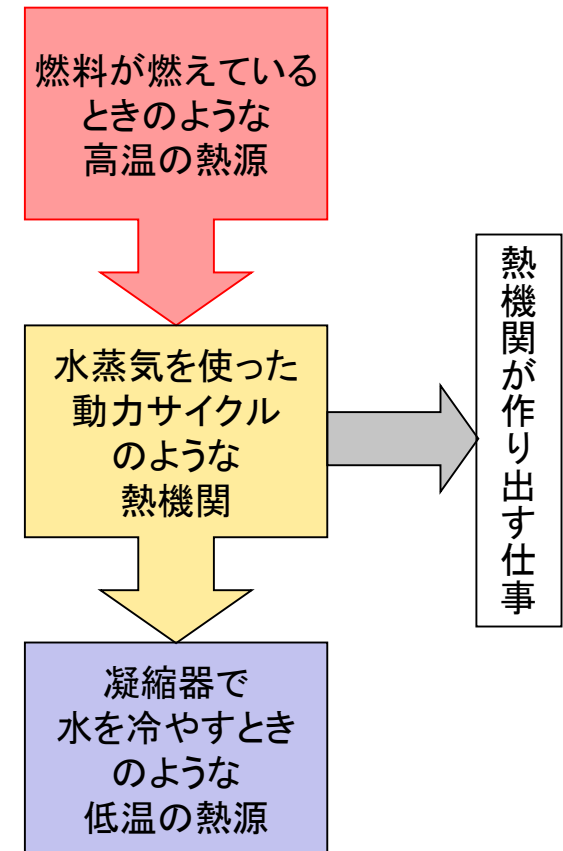
■ 定義

- 逆運転により同じ大きさで逆向きの熱効果が現れるもの
- 可逆エンジンを組み合わせる(図)
 - 外界になんら変化を起こさない
 - 可逆エンジンより効率がよいもの？
 - 2つの熱源の温度を決めたとき, その範囲で最大効率
 - もっと効率のよい可逆エンジンと組み合わせると, 正運転で生じた余分の仕事を取りだし, かつ外界に影響を与えない
 - 永久機関ができる
- 可逆エンジンは構造や動作気体によらず最大効率で動く



熱機関の基本的なプロセス

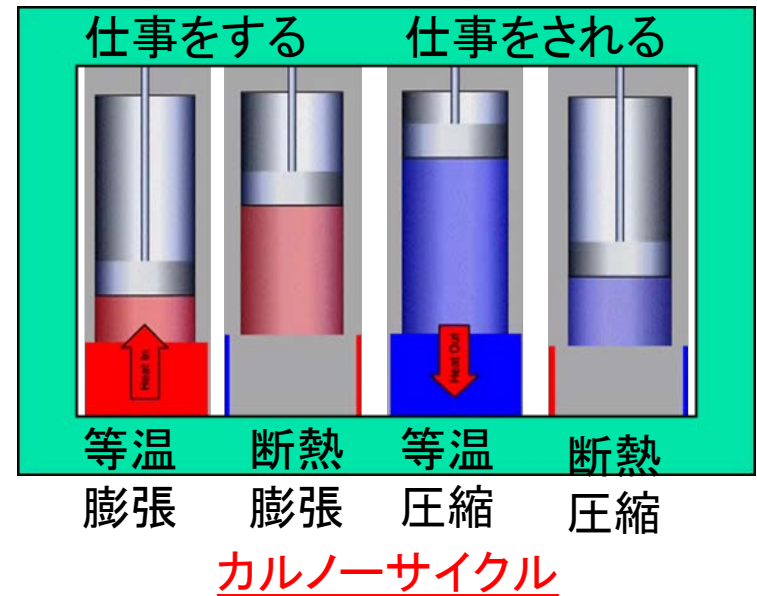
- 一般性のある結論
 - 熱の吸収と放出, 外部への仕事
 - 気体, 液体, 固体...
- 最大でどれだけの仕事を取り出せるか?
 - 熱源の温度による



カルノーエンジンの思想

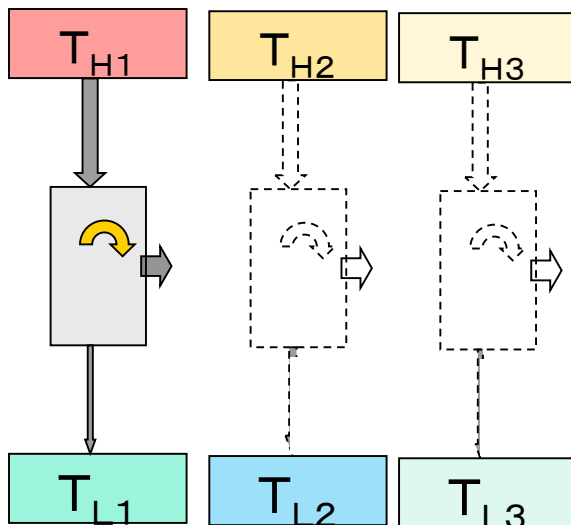
熱を無駄なく仕事に変える工夫
逆に運転すると熱の流れが逆転

- エンジンと外部熱源の熱の授受は、無限に小さな温度差で。有限の温度差があると「仕事に使えない熱」の流れが生じる。
→等温過程(熱源が1つ:その温度が一定→シリンダーをその温度に保つ)
無限にゆっくりでないと実現しない。
- 熱を仕事に変えるときは、
熱を外部に逃がさないようにして
無駄をなくす。
→断熱過程
- 気体の圧力と外力(圧力)は
常にほとんど等しい:
そうでないとピストンが動いても
十分に仕事をしない。
→準静過程(ほとんど平衡状態)、無限にゆっくりと。



カルノーエンジンの汎用性

- 熱源のペアを多数用意し, その間を移動させれば, 任意の準静過程を実現できる.



熱の理論

熱素説の破綻

■ 熱素とよばれる流体を仮定

- 熱は失われない
 - どのような物体にも入り込み、それを膨張させる
 - ある物質ではそれを分解して蒸気にする
 - 摩擦すると熱素が絞り出される

熱素説はその後40年近く否定されることなく続いた。

ランフォードの功績とは、ほんとうはどれほどのものなのか。「運動」がランフォードにとって何を意味していたのか？

■ ランフォード伯爵：大砲の穴あけを観察（1798）

- 際限なく熱が出る、切り屑の熱容量は変わらない
- 熱の重さは測定できない
- 「運動以外のものを考えることは困難である」

■ デービー卿：真空中で氷とロウを摩擦（1799）

- 溶解→熱素がつけ加わる！？

熱力学第1法則

- **マイヤー**
 - 「ある重さの水を0℃から1℃まで温めることは、同じ重さの水を365mの高さから落とすことと同等である」(1842)
- **ジュール**
 - 熱の出入りが物体の変形とは無関係(水の攪拌, 電流による熱)
 - 水の攪拌: 温度上昇と必要とした仕事の関係を精密に測定(1843-1847)
- **トムソン(ケルビン卿), クラウジウス**
 - カルノーの理論(熱素説による)とジュールの研究(1849, 1850)
 - 熱の一部が仕事に使われ, 他の一部は暖かい物体から冷たい物体に移り, このふたつの部分の割合は, 生じた仕事の量とある一定の関係にある。
 - 「力学的な仕事は何らかの方法で純粋な熱源から作られたり, または純粋に熱として失われるときには, 仕事と同じ量の熱が消滅しているか発生している」



熱力学第2法則

- 外から何の作用も受けずに自分だけで動く機械を使って、一つの物体から他の高温の物体に熱を運ぶことは不可能である。(クラウジウス)
- 非生物の物体の場合、まわりの物体のどれよりも低い温度に冷やしておいたのでは、その物体のどの部分からも力学的な効果を作り出すことは不可能である。(トムソン)