

スターリングエンジンをを用いて、エネルギーの移り変わりを実感します
エネルギー資源について考えよう（発展）

ガソリンやディーゼルで走る自動車は、ガソリンと空気の混合気体を直接シリンダー内で燃焼させ、発生した高温・高圧の気体を用いて仕事をさせる熱機関です。このような熱機関を内燃機関とよびます。これに対して、スターリングエンジンは、シリンダー外で発生した熱を用いて仕事をさせる外燃機関です。このときの熱源は、工場などから出される温かい排水、太陽エネルギーなどが利用できます。このため、実用には多くの課題がありますが、エネルギー問題や環境問題に対して有効であるため、「未来のエンジン」とよばれています。

1 スターリングエンジンを動かしてみよう

(1) 準備するもの

スターリングエンジン(フリーピストン型), マグカップ, 熱湯

スターリングエンジン(低温度差型), ステンレスカップ, カップ麺の容器

(2) スターリングエンジンの観察

スターリングエンジン(フリーピストン型)

マグカップを熱湯で満たし, 右図のようにスターリングエンジンを置く。このとき, 熱湯がこぼれないように注意する。しばらくしてから上部のピストンを静かに押すと, ピストンが上下方向に振動する。

スターリングエンジン(低温度差型)

カップ麺の容器に熱湯を入れ, 熱湯の中にステンレスカップをかぶせ, 右下図のように, スターリングエンジンを置く。しばらくしてから, フライホール上に描かれた矢印の方向に静かに回すと, フライホールが回転し続ける。

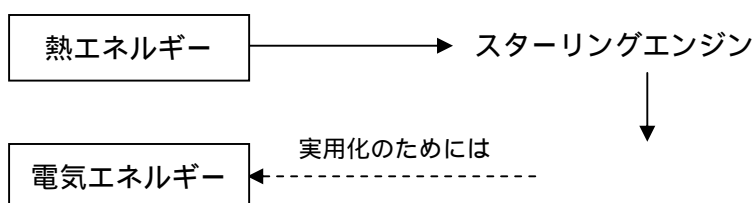
気温が高い夏には, カップ麺の容器に氷を入れ, その上にスターリングエンジンを置き, しばらくしてから, フライホール上に描かれた矢印とは逆方向に静かに回すと, 回転し続ける。

注意

スターリングエンジンの下部を直接加熱しないようにする。



(3) エネルギーの移り変わりと考察

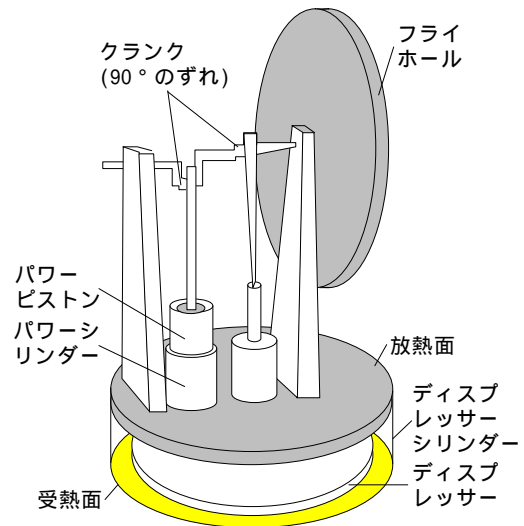


スターリングエンジンについて

(1) 歴史と原理

スターリングエンジンは、1816年にスコットランド出身のロバート・スターリングが、発明したものです。当時ワット式蒸気機関が主流でしたが、高圧化による事故が続いたこともあり、スターリングは安全性が高く、効率的な動力源の開発を行いました。

スターリングエンジンは、シリンダーの中の空気を外部から加熱して、空気の膨張による仕事をピストンによって機械的な仕事に変化する外燃機関です。スターリングエンジンは、最も熱効率が最も高い熱機関であり、カルノーサイクル(等温膨張 断熱膨張 等温圧縮 断熱圧縮)に近い作動サイクルを行うことができます。

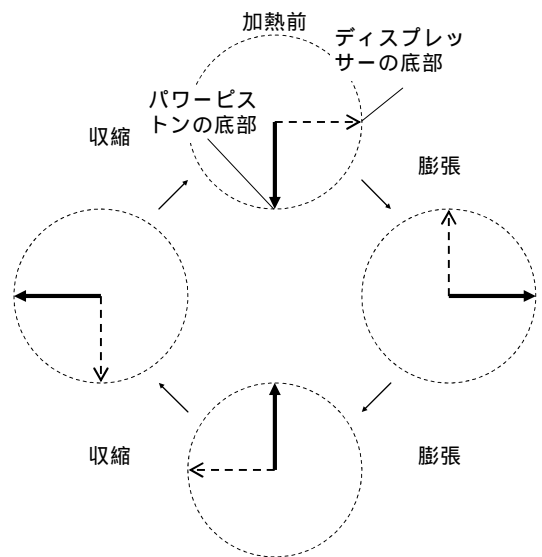


(2) 低温度差型スターリングエンジンのしくみ

ディスプレッサーシリンダーの底面の受熱面を外から加熱すると、シリンダー内の空気が膨張してディスプレッサーとシリンダーの間を通り、シリンダー上部の低温部に移動します。

移動した空気が、パワーシリンダー内のパワーピストンを動かしながら仕事をして、これと連動するディスプレッサーによって高温部に戻されます。パワーピストンとディスプレッサーはクランクによって90°ずれています。右図は、2つの動きを模式的に表したものです。

ディスプレッサーシリンダーの空気が高温部と低温部の間を移動することによって熱のエネルギーが仕事に変換されます。1サイクルで、右下図のP-V曲線に囲まれた面積に相当する仕事をします。

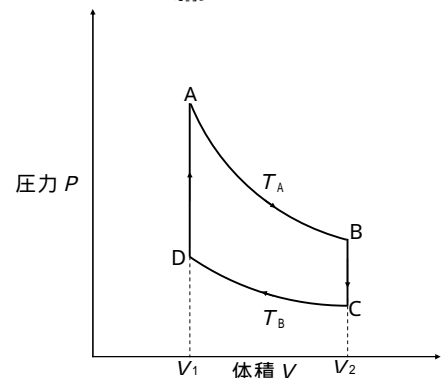


(3) 熱効率

ディスプレッサーシリンダーの空気が理想気体であると仮定すると、熱効率 e は、次の式で表すことができます。

$$\begin{aligned}
 A \quad B \quad 0 &= Q_{AB} - W_{AB} \\
 B \quad C \quad U_{BC} &= Q_{BC} \quad C \quad D \quad 0 = Q_{CD} - W_{CD} \\
 D \quad A \quad U_{DA} &= Q_{DA} \quad U_{DA} = -U_{BC} \\
 e &= \frac{W_{AB} + W_{CD}}{Q_{AB}} = \frac{\int_{V_1}^{V_2} P(V)dV + \int_{V_2}^{V_1} P'(V)dV}{\int_{V_1}^{V_2} P(V)dV} = \frac{T_A - T_B}{T_A}
 \end{aligned}$$

これより、ディスプレッサーシリンダーの受熱面の温度と放熱面の温度差が大きければ、熱効率が高くなります。



A B 等温膨張 B C 定積冷却
C D 等温圧縮 D A 定積加熱