

# Stirling Engines for Beginners

## 初心者のためのスターリングエンジン

---

[To English Page](#)

---

環境問題・エネルギー問題が取りざたされている現在、あらゆる熱源に対応でき、クリーンで環境に優しい動力源が必要とされています。外燃機関であるスターリングエンジンは多種多様な熱源に対応でき、原理的に非常に高い熱効率を達成することができるエンジンです。



[スターリングエンジンはどのように回っているの？](#)



[スターリングエンジンの形式と構造](#)



[スターリングエンジンの歴史](#)

---



[スターリングエンジンのホームページへ](#)

---

Koichi Hirata

---

# スターリングエンジンはどのように回っているの？

[To English Page](#)

## 1. 空気の性質

空き缶にゴム風船をつけてみましょう（図1）。そして、空き缶を暖めるとゴムは膨らみ（図2）、冷やすとゴムは縮みます（図3）。これは、空気が暖められると、図2の矢印で示すように、空気の圧力がゴム風船に働くためです。

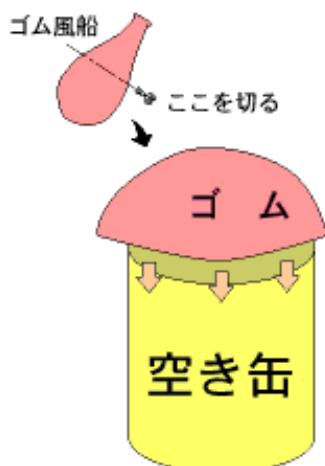


図1 空き缶とゴム風船

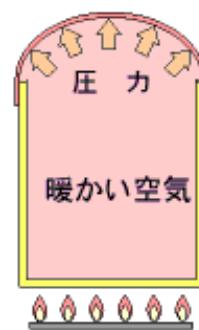


図2 空気が暖められると

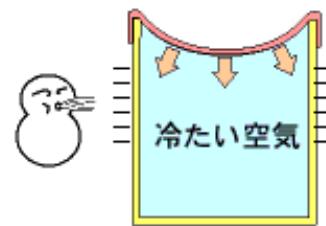


図3 空気が冷やされると

## 2. ディスプレーサピストンとは

次に、空き缶の中に、空き缶よりもやや小さめのピストンを入れてみましょう（図4）。このピストンは、空き缶の中の空気を、上下に移動させる働きをします。そして、空き缶の下を暖めて、上の部分を冷やしてみます。十分に温度差がついてから、ピストンを上下に動かしてみます。ピストンを上に動かしたとき、暖かい空気が多くなるので、図2と同じように、ゴムが膨らみます（図5）。逆に、ピストンを下に動かしたとき、冷たい空気が多くなるので、図3と同じように、ゴムは縮みます

スターリングエンジンにおいて、このように空気を移動させて圧力の変化を作り出すピストンのことを、ディスプレーサピストンと呼んでいます。



図4 ディスプレーサピストン

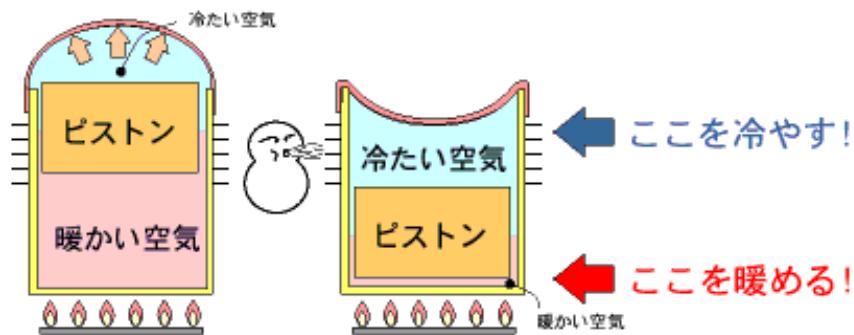


図5 ピストンの動き

### 3. クランク機構（回転運動と往復運動）

空気の性質とディスプレーサピストンの働きがわかりましたか。これらはスターリングエンジンがどのように動いているのかを理解するために、とても重要です。

まず、図4に示したピストンと折り曲げた針金とを糸でつなぎます（図6）。針金をまわすと、ピストンは上下に動きます。これをクランク機構と言います。

先ほどと同じように、空き缶の下を暖めて、上の部分を冷やしてみましょう。針金を手でまわすと、ピストンは上下に動き、ゴムが膨らんだり、縮んだりします（図7）。

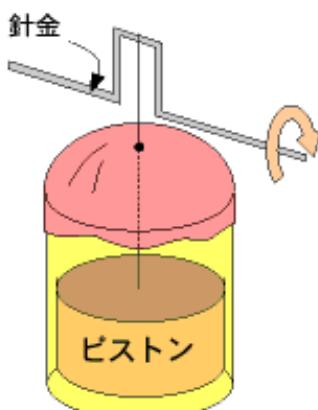


図6 クランク機構

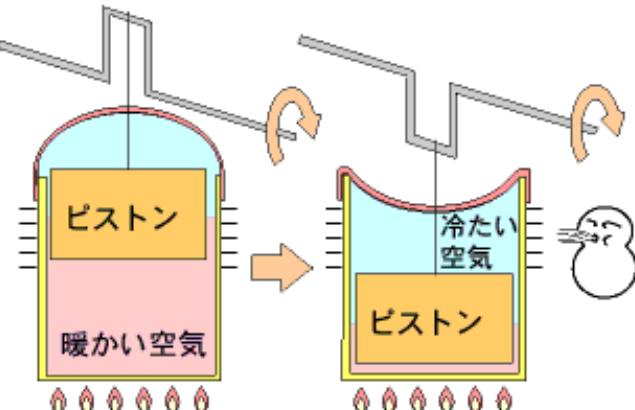
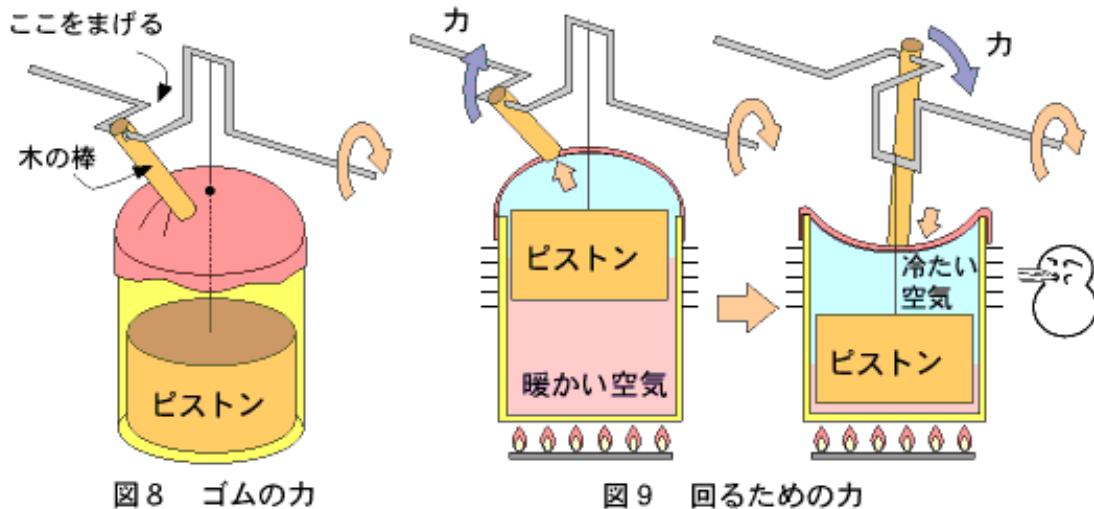


図7 クランク機構の動き

### 4. パワーピストン（ゴムの働き）

このゴムの動きを利用して、針金をまわすようにしたのがスターリングエンジンです。ゴムと針金とを棒でつないでみましょう。このとき、ゴムが膨らむときの力、あるいは縮むときの力が、針金をまわす方向にならなければいけません。つまり、ピス

トンが一番上にあるときに、ゴムの膨らむ力が針金をまわす力になるようにするので、ちょうどピストンと直角の位置で針金を曲げておく必要があります（図8）。このような角度で針金とつなぐことで、ゴムが縮むときの力も針金をまわす力になります（図9）。



## 5. フライホイル（スムーズな回転のために）

これだけでは、まだまわりません。このままの状態でまわしてみると、ゴムは膨らんだままになるか、あるいは縮んだままになるでしょう。連續してスムーズにまわるようにするためには、針金に回転するおもりをつける必要があります。それがフライホイルです。

普通のフライホイルは、丸い形をしています（図10）。しかし、ここでは簡単に作るために、針金のはしを曲げて、その先におもりをつけてみます（図11）。このおもりはフライホイルの働きをするのと同時に、ピストンのおもさと釣り合わせるような働きをします。ですから、ピストンと反対の位置につける必要があります。

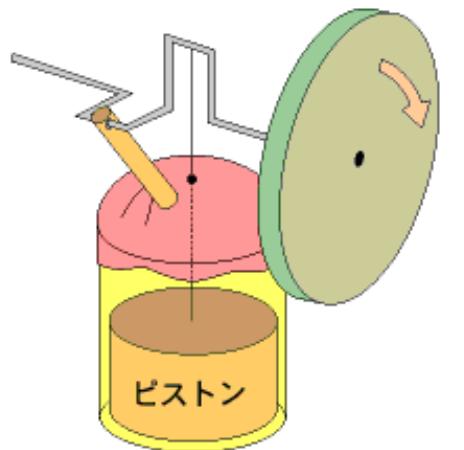


図10 丸い形のフライホイール

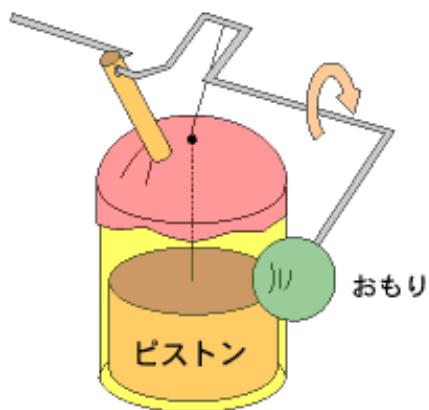


図11 簡単なフライホイール

## 6. スターリングエンジン

これでスターリングエンジンは完成です。

スターリングエンジンがどのようにまわっているのか、わかりましたか？

- はい、わかりました。
- いいえ、わかりません。
- このページを見る前から知っていました。

このページの説明はわかりやすいですか？

- はい、わかりやすいです。
- いいえ、わかりにくいです。

このページについて、何かご意見がありましたらお書きください。

よろしかったら、お名前とメールアドレスをお書きください。

お名前:

メールアドレス:

最後に

スターリングエンジンを理解するためには、空気の性質（熱力学）、クラシック機構（機構学）さらにフライホイル（材料力学・動力学）の知識が必要です。これらをなるべくわかりやすく書いたつもりです。わかりづらい点やお気づきの点、御意見などがありましたら、ご連絡ください。なお、このページはご自由に印刷、配布をされて構いません。

[Koichi Hirata \(khirata@gem.bekkoame.ne.jp\)](mailto:khirata@gem.bekkoame.ne.jp)

---

[「初心者のためのスターリングエンジン」へ戻る](#)



[スターリングエンジンのホームページへ](#)

Koichi Hirata

---

# Stirling Engines for Beginners

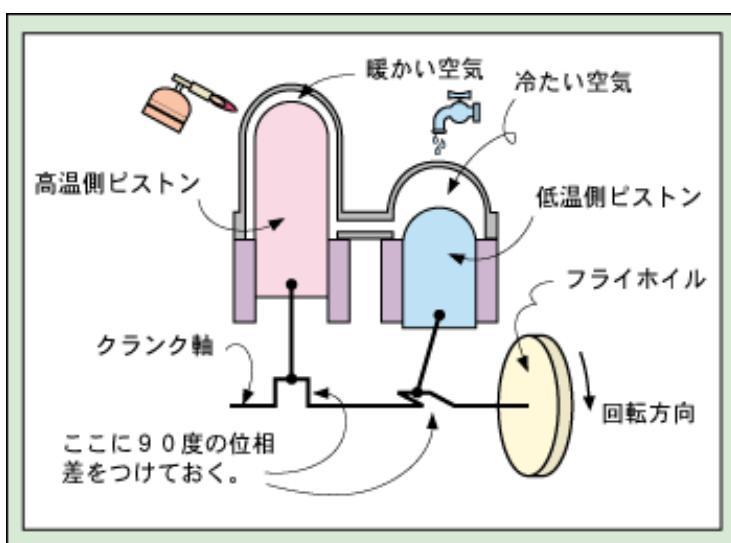
## スターリングエンジンの形式と構造

[To English Page](#)

スターリングエンジンには90度の位相差をつけた2つのピストンと温度差のある2つの空間が必要です。エンジン内部の気体は密封されていて大気との出入りはありません。

またスターリングエンジンは大きく分類すると2ピストン形スターリングエンジンとディスプレーサ形スターリングエンジンとに分けられます。2ピストン形スターリングエンジンは2つのパワーピストンで構成されています。ディスプレーサ形スターリングエンジンは1つのパワーピストンと1つのディスプレーサと呼ばれるピストンで構成されています。

### 2ピストン形スターリングエンジン



2ピストン形スターリングエンジンは左図のような構造をしています。左側のピストン上部の空間は常に暖められ、右側のピストンの上部の空間は常に冷やされています。

次のボタンをクリックすると2ピストン形スターリングエンジンの動作原理を見ることができます。

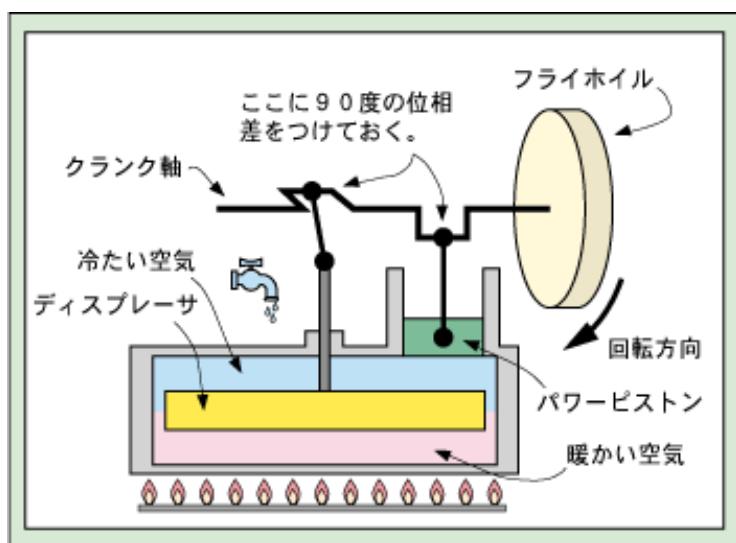
[静止画像](#)

[アニメーション](#)

(Netscape2.0が必要です。)

---

## ディスプレーサ形スターリングエンジン



ディスプレーサ形スターリングエンジンは左図のような構造をしています。ディスプレーサピストンは高温空間と低温空間の空気を入れ換える役割をします。

次のボタンをクリックするとディスプレーサ形スターリングエンジンの動作原理を見ることができます。

[静止画像](#)

[アニメーション](#)

(Netscape2.0が必要です。)

[「初心者のためのスターリングエンジン」へ戻る](#)



[スターリングエンジンのホームページへ](#)

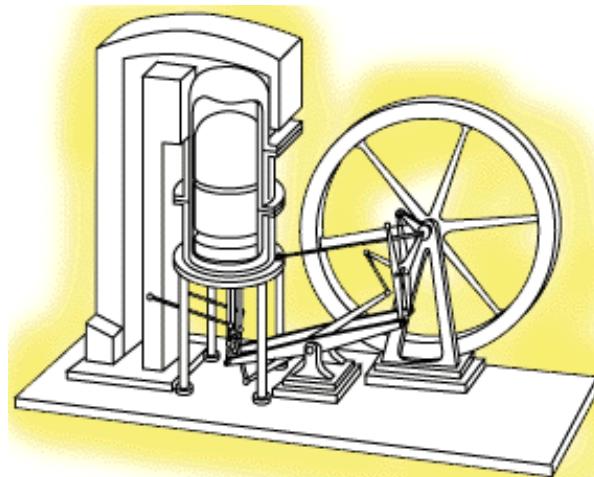
Koichi Hirata

# Stirling Engines for Beginners

## スターリングエンジンの歴史 No.1

[To English Page](#)

スターリングエンジンは1816年にスコットランドの牧師、ロバート・スターリングによって発明されました。当時、全盛であった蒸気エンジンに対抗して爆発の危険が少ないエンジンとして脚光を浴びました。



ロバート・スターリングのスターリングエンジン(1816)

[次ページへ](#)

[「初心者のためのスターリングエンジン」へ戻る](#)



[スターリングエンジンのホームページへ](#)

Koichi Hirata

# Stirling Engines for Beginners

## スターリングエンジンの歴史 No.2

---

[To English Page](#)

---

その後、高出力、高効率を目指して、多くのスターリングエンジンが作られました。しかし、1877年にN. オットー（ドイツ）により発明されたオットーエンジン（現在のガソリンエンジン）、1893年にR. ディーゼル（ドイツ）により発明されたディーゼルエンジンが当時のスターリングエンジンに比べて高性能であったため、スターリングエンジンは次第にオットーエンジン、ディーゼルエンジンの陰に隠れ、小出力の範囲で細々と生産されるようになりました。



### 初期のスターリングエンジン

「この写真は1993年にアントホーヘン（オランダ）にて行われた第6回スターリングエンジン国際会議で撮影したものです。」

---

[前ページへ](#) [次ページへ](#)

[「初心者のためのスターリングエンジン」へ戻る](#)



[スターリングエンジンのホームページへ](#)

Koichi Hirata

---

# Stirling Engines for Beginners

## スターリングエンジンの歴史 No.3

[To English Page](#)

再び、スターリングエンジンが脚光を浴び始めたのは1940年頃、オランダのフィリップス社が携帯用無線機の動力源としてスターリングエンジンの研究を開始したときからです。1950年頃、出力200W程度の試作スターリングエンジンが完成しましたが、小電力で起動するトランジスタが発明されたことにより実用化にはりませんでした。



フィリップス社のスターリング発電機

「この写真は1993年にアイントホーヘン（オランダ）にて行われた第6回スターリングエンジン国際会議で撮影したものです。」

# Stirling Engines for Beginners

## スターリングエンジンの歴史 No.4

[To English Page](#)

その後、スターリングエンジンは欧米で広く研究されるようになり、1973年のオイルショックによる脱石油化、省エネルギー化の影響を受けて大きく発展していきました。一方、日本におけるスターリングエンジンの研究開発は欧米諸国より約20年遅れて開始されました。1982年には通産省のムーンライト計画の一環として、6カ年計画で汎用スターリングエンジンの研究開発が開始され、ヒートポンプやコジェネシステムを主目的とした高性能エンジンが開発されました。



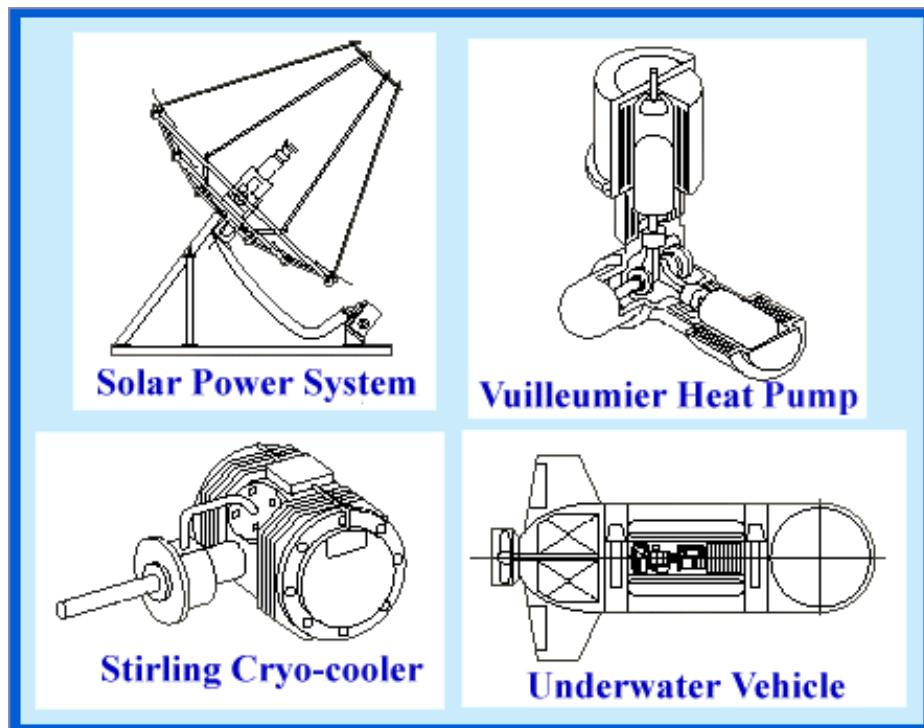
2 kW級実験用スターリングエンジン（船舶技術研究所）

# Stirling Engines for Beginners

## スターリングエンジンの歴史 No.5

[To English Page](#)

そして現在、国の中でも太陽熱利用スターリングエンジン、地熱利用スターリングエンジン、海中動力用スターリングエンジン、空調スターリングシステム、スターリング冷凍機などの研究開発が活発に行われています。



様々なスターリングエンジン

[前ページへ](#)

[「初心者のためのスターリングエンジン」へ戻る](#)