

スターリングエンジン発電機

Stirling Engine Generator

執筆者プロフィール



平田 宏一

Koichi HIRATA

1967 年 6 月生まれ

1992 年埼玉大学大学院理工学研究科機械工学専攻修了

1998 年埼玉大学大学院理工学研究科より博士(工学)を取得

■主として行っている業務 研究

スターリングエンジン / 魚口ボット / 船舶バリアフリーの研究

■所属学会および主な活動

日本機械学会, 日本設計工学会, 日本マリンエンジニアリング学会

■勤務先

(独) 海上技術安全研究所 環境・エネルギー研究領域 主任研究員

(〒181-0004 三鷹市新川 6-38-1 / E-mail: khirata@nmri.go.jp)

1. はじめに

18 世紀に発明されたスターリングエンジンは、発展と低迷を繰り返しながら、研究・開発が進められている外燃機関である。このエンジンは、高熱効率性、燃料の多様性、低公害性といった優れた特徴がある。そのため、省エネルギーや環境問題が深刻な社会問題となっている現在、スターリングエンジンへの期待が高まってきている。以下、スターリングエンジンの概要と開発状況について解説する。

2. 基本構造と特徴

図 1 にスターリングエンジンの基本構造を示す。スターリングエンジンは、一対のピストンと熱交換器等から構成されている。作動ガスを高温空間と低温空間の間を移動させることにより圧力変化を生じさせ、膨張・圧縮を繰り返して運転している。

圧力変化によって効率よく動力を得るためには、作動空間内に高压の作動ガスを封入し、運転するのが一般的である。また、伝熱性能の向上や熱交換器における圧力損失の低減の観点から、ヘリウム等の分子量の小さい作動ガスが用いられることが多い。

図 2 は各種エンジンの出力レベ

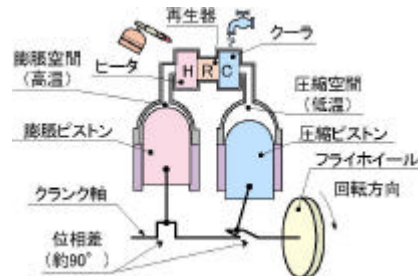


図1 スターリングエンジンの基本構造

ルと熱効率の関係を模式的に表している。スターリングエンジンは、比較的低い出力レベルにおいて、高い熱効率を得られやすいという特性がある。このような特性をうまく活かすことで、スターリングエンジンは様々な用途で活躍できるものと考えられる。

3. スターリングエンジン発電機の技術

スターリングエンジン発電機の歴史は古い。第二次大戦中には、オランダの Philips 社によって可搬式発電機が開発されている。その後、様々な技術が導入され、現在に至っている。

前述の通り、スターリングエンジンを高出力化するためには、エンジン内部を高圧に保つ必要がある。作動ガスを密閉するにはメカニカルシールなどのシール装置が使われてきたが、小出力のエンジンでは、その摩擦損失の割合が大きく、出力性能に大きく影響する。そこで、発電機を圧力容器に内蔵したハーメ

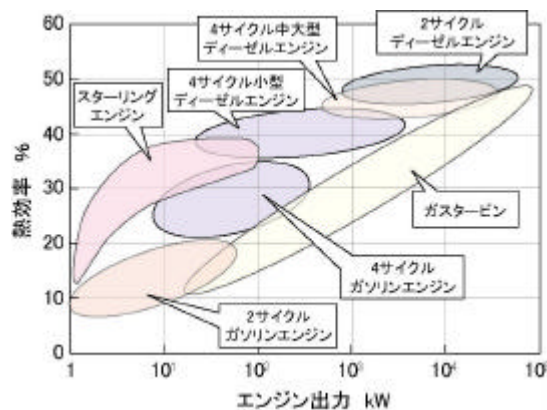


図2 各種エンジンの出力と熱効率

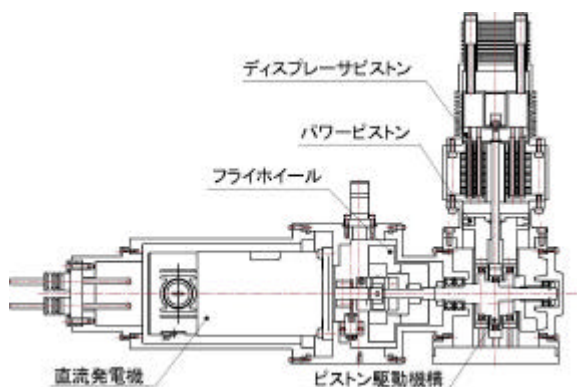


図3 ハーメティック式スターリングエンジン

ティック式と呼ばれる形式が最近の主流となっている。図3は、出力100 W程度の実験用ハーメティック式エンジンである。ハーメティック式とすることで、発電出力は40 %程度も向上できることが確認されている¹⁾。

さらに、スターリングエンジンの小型化を目指す場合、フリーピストン式と呼ばれる形式が利用されることがある。これは、ピストン系の共振現象を利用して作動するエンジンであり、クランク機構を持たないのが特徴である。往復運動を行うピストンとリニア発電機を一体構造とすることでエンジン発電機の小型化を図ることができる。さらに機構部の摩擦損失が大幅に低減されるため、高効率化が可能となる。当初、この形式のエンジンは宇宙分野での開発が盛んであったが、最近では国内外の関連企業によって民生用途での製品化が進められている。図4は、2005年4月に松下電器産業社のベンチャー企業として発足したeスター社が開発しているフリーピストン式エンジンである。同社では、セラミックス製熱交換器や新型リニア発電機など、高性能化・量産化のための新しい技術開発を進めている²⁾。

4. これからの用途開発

スターリングエンジン発電機の用途開発について考えてみる。小型で高効率なエンジンが開発されれば、家庭用コジェネレーションシス

テムの普及が期待できる。これは燃料が持つ熱エネルギーを発電と給湯に効率よく変換するものであり、エネルギーの有効利用が可能となる。

また、多様な燃料から動力を取り出すことができるという、このエンジンの特徴を活かすことで、排熱利用発電が可能となる。排熱には、工場排熱や内燃機関の排ガスなどがあり、一般に温度が低い。低温度熱源を利用するスターリングエンジンの実用化には、高性能熱交換器の開発など、様々なブレークスルー技術が必要であるが、排熱の総エネルギー量は極めて大きく、300～400 程度の排熱を有効に回収する技術が確立されれば、その用途は極めて広い。図5は、その一例として、著者らが研究を進めている船舶用排熱回収システムの概要である。

一方、木質チップや発酵メタンなどを利用するバイオマスエネルギー利用や太陽熱利用の研究・開発も活発に行われている。さらに、発展途上国や山岳地向けのエンジン開発も有望である。そのような用途では、低コスト化とメンテナンス性の向上が重要課題となり、太陽熱などの自然エネルギーを有効に利用できれば、将来の地球環境保全に役立つのは間違いない。

5. まとめ

以上、スターリングエンジンの優れた特徴をやや強調して、関連技術

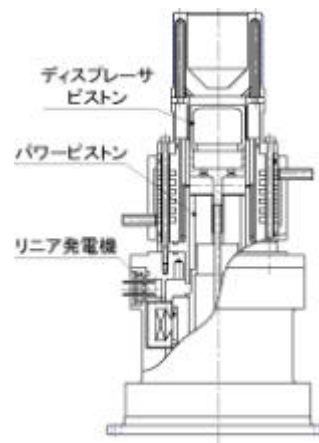


図4 フリーピストン式スターリングエンジン

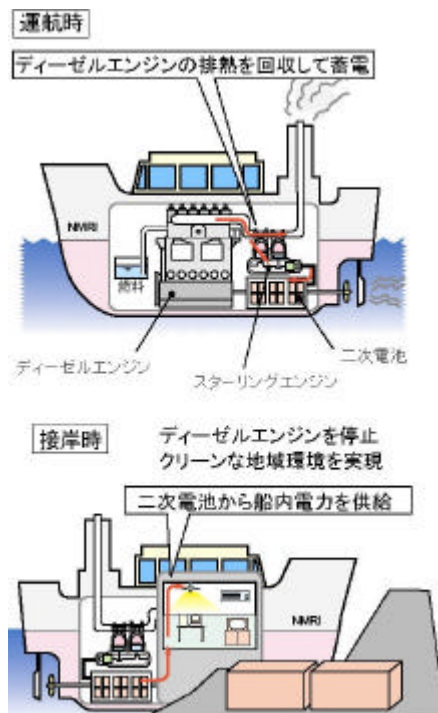


図5 船舶用排熱回収システムのイメージ図

や用途開発について解説してきたが、このエンジンにはいくつかの問題点もある。例えば、高効率化のためには、耐熱性・耐圧性が高い特殊材料を使用することがあり、製作コストが高くなること、運転実績に乏しく信頼性が十分でないことなどである。これらの課題を克服し、スターリングエンジンが様々な分野で活躍することを期待している。

参考文献

- (1) HIRATA, K., Mechanical Loss Reduction of a 100 W Class Stirling Engine, Proc. of 11th International Stirling Engine Conference, p.338-343, 2003.
- (2) eスター社ホームページ, <http://estir.jp/>