

機関に係わる新しい技術課題(5)

- エネルギーの有効利用技術とスターリング機関 -

独立行政法人 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 平田宏一

1. はじめに

交通機関の動力源としては、小型乗用車では小型・軽量のガソリン機関、航空機では大推進力が得られるジェット機関、そして船舶の主機関としては高効率なディーゼル機関が主流である。また、最近では環境保全並びにエネルギーの有効利用の観点から、燃料電池等の新しい動力源や電気推進船や電気自動車等の電気エネルギーを利用した動力システムの研究開発が活発になされている。今回は、ディーゼル機関よりも古くに発明され、発展と低迷を繰り返しながら開発が進められてきたスターリング機関について述べ、エネルギーの有効利用技術について考える。

2. スターリング機関の概要

図1にスターリング機関の動作原理を示す。スターリング機関は、2つのピストン、熱交換器および90°の位相差を持つクランク機構から構成され、同図に示すように、作動ガスを加熱・冷却することで生じる圧力変動を利用して運転している。スターリング機関は燃料の爆発を利用しないため、静粛な運転が可能である。また、化石燃料に限らず、あらゆる熱源を利用できる。さらに、加熱・冷却行程において再生熱交換器に蓄えた熱エネルギーを再利用することで熱効率を高められるという特徴がある。

スターリング機関は1816年に発明されて以来、国の内外で様々な研究開発が進められてきた。近年では、1980年代に実施された通商産業省のムーンライト計画において、国内

4社は熱効率30～35%の高性能機関を開発し、本機関の高熱効率性を実証している。

最近では、都市ガスを燃やして電気と温水を作り出すコージェネレーションシステムの研究開発が活発に行われている。これは、小規模な発電を家庭あるいは地域に分散させ、高効率で無駄の少ないエネルギー利用を目指したものである。同様に、エネルギーの有効利用に着目して、工場排熱やごみ焼却炉等の熱を利用した廃熱利用スターリング機関、生ごみ・糞尿を発酵させて生成するメタンガスや木質チップを利用したバイオマス利用スターリング機関も注目を浴びている。

一方、船舶の分野では、静粛性・高効率性の特徴を活かして、一部の軍事用潜水船の動力源としてスターリング機関が利用されているが、一般の貨物船や旅客船等で使われた事例は見当たらない。

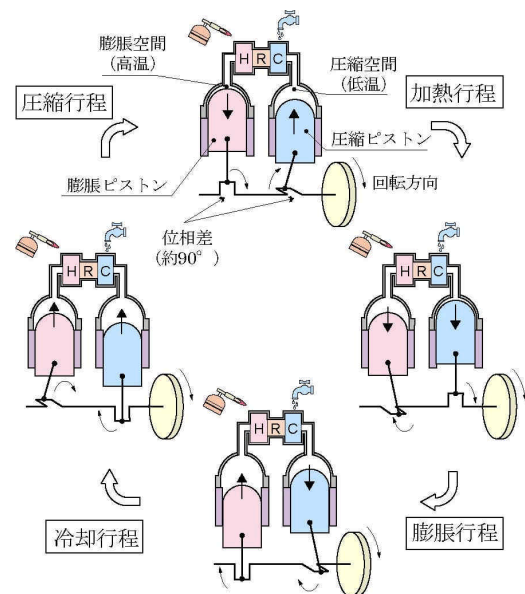


図1 スターリング機関の動作原理

3．船舶分野における適用可能性

上述の通り，優れた特徴を有するスターリング機関であるが，船舶分野での応用については，活発な研究開発がなされていないのが実情である。以下，船舶分野におけるスターリング機関の適用可能性について考えてみる。

3.1 大型船舶の主機関としての利用

ディーゼル機関の代替動力源として，大型船舶の主機関への適用を検討する。全長 300 m 程度の貨物船の主機関は 20,000 kW 程度の出力を必要とする。図 2 は，経験則やシミュレーション計算を利用して概念設計を行った大型船舶用スターリング機関である。同出力レベルのディーゼル機関と比べると，高さはほとんど変わらないが，長さが約 2 倍の寸法となっている。スターリング機関が大型化する要因としては，高压容器として構成されるシリンダ並びに熱交換器に高い強度を必要とすること，さらに大容量の熱を授受するために大型の熱交換器が必要となること等があげられる。また，熱効率の面でも，現在のディーゼル機関に対して優位性は確認できず，スターリング機関を大型船舶の主機関として適用するためには，多くのブレイクスルー技術が必要であると推測される。

3.2 主機関の排熱利用

船用ディーゼル機関は，燃料が持つ熱量の 35～40 %が排気ガスの熱として放出される。すなわち，出力が 20,000 kW のディーゼル機関の排気ガスから，5 %程度の熱を回収ができれば，補機 1 台分の動力を補うことができる。燃焼ガス等の高温熱源を用いたスターリング機関で熱効率 5 %を達成することは難しいことではない。しかし，排気ガスの温度が 300～400 °C であることを考えると，実際に使

用できる熱量に制限を受け，しかも機関の理論熱効率が著しく低下するため，実用レベルの機関を開発できるかどうか現状では判断できない。排熱利用機関では，排熱の熱量だけでなく，温度レベルが重要な検討課題である。

3.3 その他の動力回収

陸上施設では，飲食店や宿泊施設等の生ごみを利用したバイオマス発電やごみ焼却炉の熱を利用した動力回収が検討されている。同様に，旅客船等では，多くの生ごみが発生するため，それをメタン発酵させて発電することが可能であろう。このような用途については，機関の設置場所や船舶のエネルギーバランスを考慮したシステム的な設計が必要不可欠である。

4．まとめ

大型船舶の主機関には，今後も重油を燃料としたディーゼル機関が使われ続けるであろう。船用ディーゼル機関の完成度はかなり高く，さらなる熱効率向上はかなり難しいところまで来ている。そのため，本稿で述べたディーゼル機関からの排熱利用や化石燃料以外の熱源の活用等は，今後の技術課題の一つであると考えられる。また，海上・陸上を問わず，高性能な動力システムが実用機として使われるためには，性能ばかりでなく，生産コストや運転コストとのバランスが重要であることを忘れてはならない。

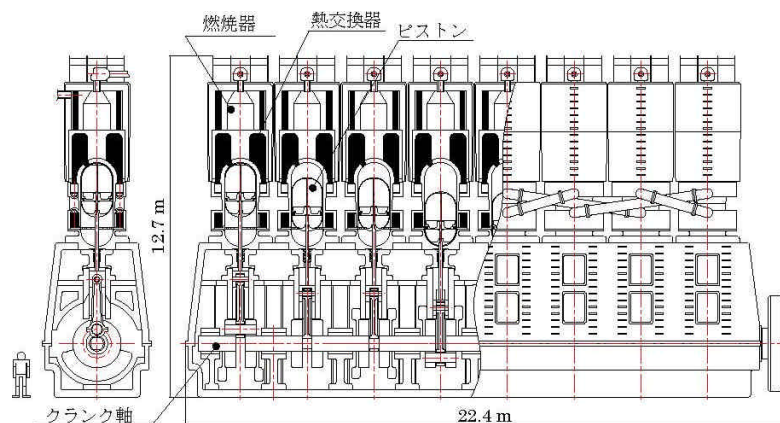


図 2 20,000 kW 級スターリング機関の概念図