

スターリングエンジンを用いた内航船用排熱回収システムの提案

Concept of Heat Recovery System with Stirling Engine Generator for Ship

○ 正 平田 宏一（海技研） 加納 敏幸 正 川田 正國
赤澤 輝行（e スター） 井上 敏彦（東 海運） 飯田 光利

Koichi HIRATA, Toshiyuki KANO and Masakuni KAWADA, National Maritime Research Institute,
Shinkawa 6-38-1, Mitaka, Tokyo

Teruyuki AKAZAWA, e-stir Co., Ltd., Toshihiko INOUE and Mitsutoshi Iida, Azuma Ship Co., Ltd.

Key words: Stirling Engine, Waste Heat Recovery System, Generator and Freight Ship

1. まえがき

港湾に停泊している船舶のディーゼルエンジンから放出される排ガスは、港湾地域の大气環境汚染の原因となっている。本報で提案する排熱回収システムは、港湾地域の環境汚染を改善することを目的とし、運航中の推進に使うディーゼルエンジンの排熱エネルギーをスターリングエンジンによって回収し、電気として蓄え、停泊中の船内電力に使用する。したがって、船舶が停泊している際、発電用ディーゼルエンジンの運転が不要となり、港湾地域の環境汚染が改善され、クリーンな地域環境を保つことができる。

本報では、平成 17 年度より 3 年計画で開始した鉄道建設・運輸施設整備支援機構からの受託研究「港湾内の環境保全を目指した内航船舶用排熱回収システムの開発」の研究計画を紹介する。

2. 港湾地域の環境問題

港湾に停泊している船舶のディーゼルエンジンから放出される排ガスは、港湾地域の大气環境汚染の原因となっている。昨今の社会情勢を見ても、京都議定書が本年 2 月に発効されるなど、環境負荷低減の一層の促進が急務となっているのは明らかである。また、大都市地域においては、CO₂ばかりではなく、NO_x や SO_x の排出量低減についても重要な課題である。

東京都環境局によると、東京港に停泊中の船舶から 1 年間に排出される SO_x は 1898 トンとなり、品川区や港区等の沿岸 6 区で自動車が出す量の約 8 倍に上ると推計されている¹⁾。最近の東京都における対応では、発電用ディーゼルエンジンの運転を抑えるために、接岸時には陸からの電力を供給することにより船舶内の電力需要を賄うことを義務づける動きもある。しかし、この方法は大規模なインフラ整備が必要不可欠であり、全ての港にこのような設備を整備するのは莫大な費用と時間を要すると考えられる。

3. 内航船用排熱回収システム

3.1 排熱回収システムの概要 上述の通り、本研究で提案する排熱回収システムは、運航中の推進に使うディーゼル

エンジンの排熱エネルギーを回収し、電気として蓄える。そして、港湾内では蓄電された電気エネルギーを利用することで、発電用ディーゼルエンジンの運転を不要とし、港湾地域の環境保全の実現を目指す（図 1）。

排熱回収の方法としては、スターリングエンジンの他、熱電発電や吸収式ヒートポンプなどがある。表 1 にそれらの特徴を整理した結果を示す。スターリングエンジンは、大出力化や高効率排熱回収等、発展性が高く、他の装置と比べて優位であると考えられる。

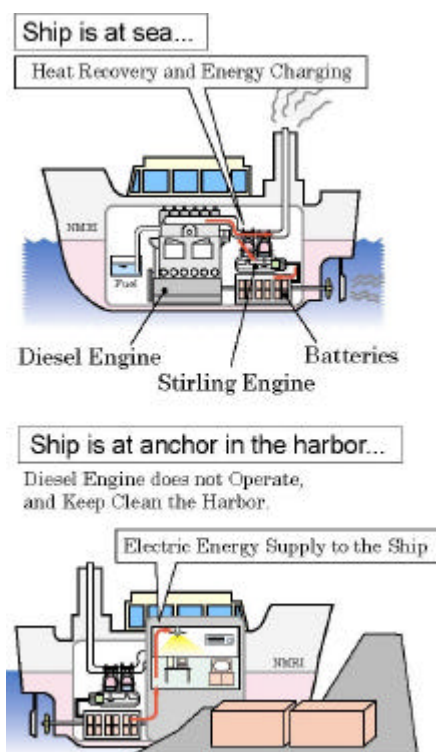


Fig. 1, Concept of Waste Heat Recovery System for Ship

Table 1, Estimation of Heat Recovery Systems

	構成システム	発電特性	コスト	耐久性	技術課題	発展性
i	スターリングエンジン	○	○			○
ii	熱電発電			×		
iii	排熱エコノマイザ		○	○	○	×
iv	吸収式ヒートポンプ	×		○	○	×
v	ターボチャージャ	○	○			

3.2 システム構成案 船舶主機関であるディーゼルエンジンにおいては、燃料が持つエネルギーの約 30 % が排ガスに放出されている。本研究で提案している排熱回収システムは、その排熱を利用してスターリングエンジン発電機を運転し、船内に搭載された二次電池に充電する。

図 2 にシステム構成案を示す。停泊時に必要となる電気エネルギーは船舶の大きさや種類によって異なる。本研究では、500 トン程度の比較的小さい貨物船を想定し、停泊時に必要な船内電力量を 100 kWh (10 kW × 10 時間程度) に設定している。したがって、船舶の運航時間を 2 日程度 (約 50 時間) と仮定し、発電出力 2 kW の小型発電システムの構築を本研究の最終目標としている。

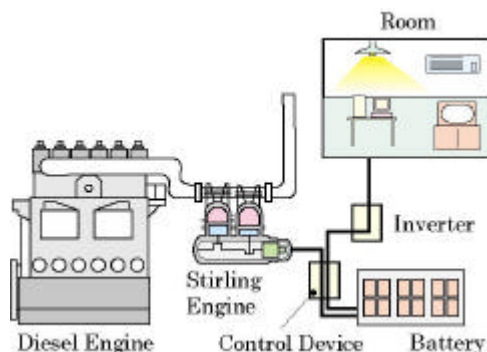


Fig. 2, Waste Heat Recovery System

3.3 研究項目の概要 本研究は平成 17 年度から 3 年計画で進められている。以下、主な研究項目を概説する。

(1) 排熱回収システムの基本設計手法の確立

熱エネルギーバランスの最適化、システム寸法・形状を踏まえた設置スペースの極小化、さらに実用に向けた低コスト化を踏まえて、使用状況に合わせたシステム基本設計手法の確立を目指している。

(2) 排熱利用スターリングエンジンの開発

限られた温度・熱量の熱源から熱回収を行うことを考えた場合、スターリングエンジンへの熱入力と作動温度レベルの制限から、様々な技術課題を解決する必要がある。初年度の目標は、排ガスを模擬した温度 400 / 10 kW の高温空気を利用して、発電出力 500 W を達成するスターリングエンジンを開発することである。

(3) 最適な二次電池の選定

設置スペース、重量、性能、設置コスト及び実用時の安全性・信頼性を踏まえて、最適な二次電池を選定する。

(4) 陸上予備試験の実施

本研究の 2 年目には、海上技術安全研究所内に設置されている船用ディーゼルエンジン (出力約 300 kW) を利用し、排熱利用スターリングエンジンの陸上予備試験を実施する予定である。

(5) 船上実証試験の実施

本研究の 3 年目には、排熱回収スターリングエンジンを目標性能 (発電出力 2 kW) まで発展させ、実際の船舶に

設置・運航し、本システムの有効性を実証する予定である。スターリングエンジンは量産化・低コスト化を踏まえた構成とし、可能な限りの小型化を試みる。また、排ガス流路の最適化が重要な研究課題の一つとなる。

3.4 排熱利用スターリングエンジン 図 3 に現在設計を進めている排熱利用スターリングエンジンの基本構造を示す。エンジン形式は β 形であり、低温の排気ガスから熱エネルギーを有効に取り込むため、特殊な形状のヒータを検討している。熱交換器の詳細な寸法・形状については、材質や強度等を踏まえて検討を進めている状況である。

同図においてピストン駆動機構には、スコッチ・ヨーク機構を採用している。これは、1995 年に日本機械学会 RC127 研究分科会で開発された 100 W 級スターリングエンジン "Ecoboy-SCM81" の構造を参考にしている²⁾。

低温の排気ガスを利用して有効な発電出力を得るスターリングエンジンは開発実績がなく、基本設計においては回転数の予測が極めて難しい。したがって、従来の高性能スターリングエンジンよりもやや低めの定格回転数に設定しているため、エンジンが大型化している。

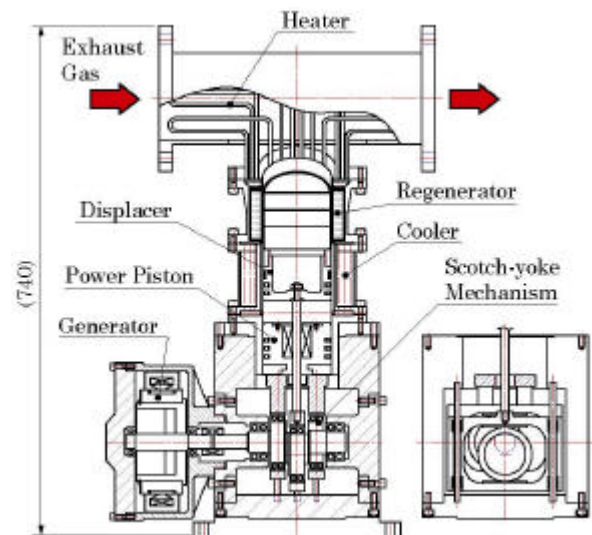


Fig. 3, Concept Drawing of Prototype Stirling Engine (September 2005)

4. あとがき

本報では、港湾内の環境保全を目指した内航船舶用排熱回収システムの研究概要について解説した。今後、排熱利用スターリングエンジンの詳細設計を進め、実証システムを構築していく予定である。研究成果については、随時、報告していきたいと考えている。

文 献

- (1) 読売オンライン, 社会ニュース, 2005 年 5 月 12 日.
- (2) 平田ほか 3 名, 小型発電機用スターリングエンジンの開発に関する基礎研究 (第 1 報 エンジンの設計・試作並びに性能特性), 機論, B 編, 第 64 巻, 621 号, 1600-1607 (1998).