

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

エネルギー・環境評価部門 * 平田 宏一

1. はじめに

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、港湾地域の大気環境汚染の原因となっている。その解決方法の一つとして、運航中のディーゼルエンジンから放出される排熱を電気エネルギーとして蓄え、停泊中に蓄電された電気エネルギーを利用するシステムの開発が考えられる。このような排熱回収システムを開発することによって、停泊中にディーゼルエンジンの運転が不要となり、港湾地域の環境保全を実現できる。

一方、400 程度の低温排熱を有効利用する技術は、あらゆる方式において確立されていないのが現状である。本研究では、400 程度の低温排熱を利用するスターリングエンジンを開発し、発電・蓄電を可能とする実証用システムを構築する。さらに、(i)低温排熱用熱交換器の要素技術の確立、(ii)排熱を高効率回収するためのエンジン基本構成の考案、(iii)ディーゼルエンジンからの排熱を利用した際の問題点の抽出と解決、(iv)発電・蓄電システム構成の最適化、(v)運航実態の調査に基づく実用時の仕様の明確化等を目的としている。以下、本研究の概略並びに現在開発を進めている実験用スターリングエンジンの進捗状況について報告する。

2. 内航船舶用排熱回収システム

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、港湾地域の大気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 2005 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。

本研究で開発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したシステムである（図 1）。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排熱回収システムを提案している。

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）に設定した。これは、実際の船舶における純停泊中の消費電力を全て賄うにはやや少ない電力量である。しかし、低温排熱を有効利用するための基盤技術を確立し、その後の実用開発を目指すための基礎となる研究目標であると考えている。

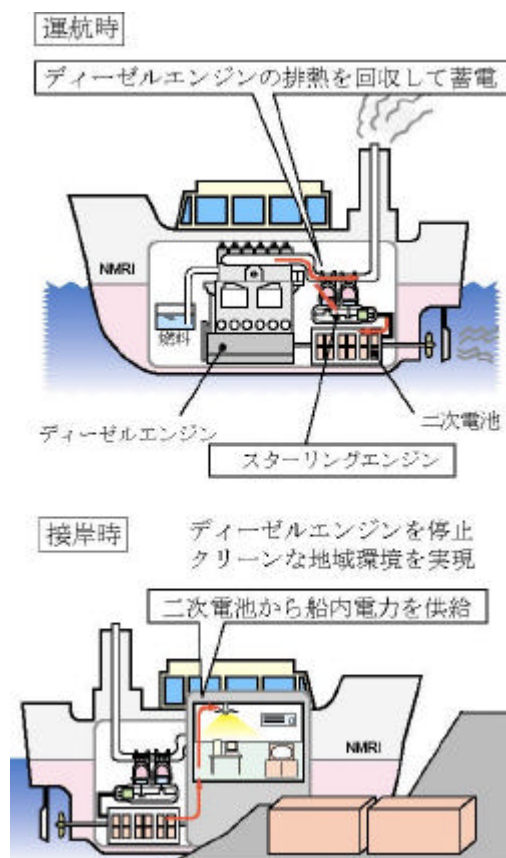


図1 港湾内の環境保全を目指した排熱回収システム

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。平成 17 年度は、排ガスを模擬した温度 400 の高温空気を利用して、目標出力 500 W の実験用スターリングエンジンを開発した(図 2)。

また、排熱回収率を向上させるエンジン構成として、スターリングエンジンを多段に配置する構成を検討している⁽²⁾。スターリングエンジンを多段に配置することにより、大きい温度落差を利用できるため、排熱エネルギーを有効に回収することができる。

(2) 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。

現在、排ガス温度および流量を入力条件として、熱



図 2 平成 17 年度に開発した実験用エンジン

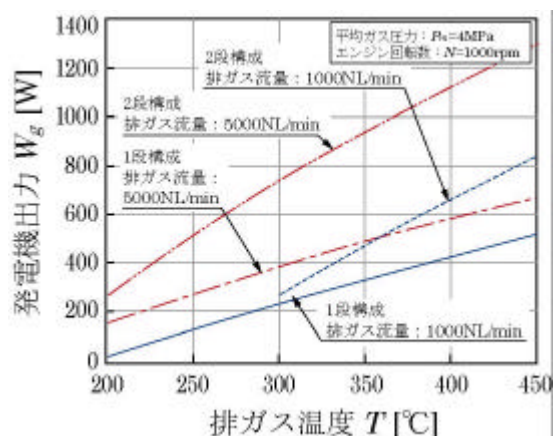


図 3 シミュレーション結果の一例

交換器における伝熱計算や各種熱損失を算出し、スターリングエンジンの出力性能を試算するシミュレーションの開発を進めている。図 3 は、上述の実験用スターリングエンジンの基本仕様に基づく計算結果の一例であり、排ガス温度および排ガス流量が出力に及ぼす影響が大きいことがわかる。今後、実験用エンジンの性能測定結果を踏まえて、シミュレーションの高精度化を図り、システムの設計手法の確立を試みる予定である。

(3) ディーゼルエンジン排熱による実証実験

平成 18 年度には、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)の排ガスを利用し、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。さらに、本研究の最終年度である平成 19 年度には、排熱回収スターリングエンジンを実際の船舶に設置・運航し、本システムの有効性を実証する予定である。

これらのエンジン開発並びにシステム開発において、本システムは共同開発者である(株)e スターとともに、量産化・低コスト化を踏まえた構成を提案し、可能な限りの小型化を試みる。

(4) 船舶とのマッチング

本研究を共同で進めている東海運(株)では、内航船舶における停泊中の使用電力や排気ガス温度の調査を進めている。今後、それらの調査結果に基づき、システム寸法や発電・蓄電量等、実際の船舶に実情に見合ったシステムを開発していく必要がある。

4. まとめ

本報では、平成 17 年度より開始された港湾内の環境保全を目指した排熱回収システムの研究について概説した。現在、目標出力 500 W の実験用スターリングエンジンを設計・試作し、排ガスを模擬した高温空気によってその性能測定を進めている。今後、実際のディーゼルエンジン排熱を利用した実証システムを完成させ、実用システムへと発展させていきたいと考えている。

本研究は、(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 基礎的研究推進制度「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」により実施されているものであり、関係各位並びに共同研究メンバーに対し、深い感謝の意を表したい。

参考文献

- (1) 読売オンライン, 社会ニュース, 2005 年 5 月 12 日。
- (2) 平田宏一, 川田正國, 実験用多段式スターリングエンジンの基本性能, 日本機械学会第 9 回スターリングサイクルシンポジウム講演論文集, p.15-18 (2005)。