

スターリングエンジンによる船舶搭載エンジンの高効率化

A7 班

宮城県仙台第三高等学校

現在、船舶に搭載されている主なエンジンはディーゼルエンジンである。ディーゼルエンジンはエネルギー変換効率が良く、経済的であるが、環境に負荷がかかる。そこでディーゼルエンジンに代わる、地球に優しいエンジンを考えたい。船舶搭載エンジンに求められる条件は主に安全性と経済性の両立である。そこで、我々はスターリングエンジンの利用の是非を研究した。同エンジンは理論上はエネルギー変換効率が良く、冷却に使用する海水が無尽蔵に存在するため船舶との相性が良いが、実際は変換効率が悪く、耐久面に不安がある。よって安全性と経済性能を兼ね備えているとはいえ、船舶にメインエンジンとして搭載するのは現実的ではないという結論に至った。しかし、サブエンジンとしてディーゼルエンジンと併用することにより環境への負荷を軽減できる可能性がある。

1 背景

現在、主にディーゼルエンジンが船舶に搭載されている。ディーゼルエンジンはエネルギー変換効率が良く、燃焼条件も良いため省エネルギーと低コストを実現している。しかし窒素酸化物(NO_x)を生成しやすく、燃料に石油の残渣を使用することが多いため、それらが大気を汚染してしまい環境に負荷がかかる。そこで、船舶搭載エンジンに求められる安全性と経済性を兼ね備え、地球に優しいエンジンとしてスターリングエンジンを利用できるかを考える。スターリングエンジンとは温度差による気体の体積変化を利用した外燃機関で、理論上はエネルギー変換効率が存在する熱機関の中で最も高い。熱源の種類は問わず、特に海上においては冷却用の海水が無尽蔵に存在するため船舶と相性が良い。本研究では、小型スターリングエンジンを用いて実際のエネルギー変換効率と発電量を調べ、船舶搭載エンジンとしての可能性を探る。

2 材料と方法

写真1の市販小型スターリングエンジン(以下Sエンジン)と市販のアルコール(表1参照)を用いて実験を行う。方法は、このアルコールを用いてSエンジンを作動させたときの電流と電圧を測った後、アルコール5mlを完全燃焼させた時間を計り、実質的なSエンジンのアルコール5mlによる発電量を計算し、計算結果とアルコール5mlのもつ熱量を比較してSエンジンのエネルギー変換効率を考える。



	メタノール	エタノール
成分割合 (%)	75.00	25.00
密度 (g/cm ³)	0.7920	0.7890
熱量 (kJ/g)	22.60	29.70

小型市販スターリングエンジン (写真1, 左), 市販燃料の成分表 (表1, ※1, 右)

3 結果と考察

	エタノール	メタノール	アルコール
熱量 (kJ/5ml)	89.50	117.2	96.41

	電流 (mA)	電圧 (V)	発電出力 (W)
	10.00	2.750	0.02750
発電量	18.15 (J/660.0s)		
エネルギー変換効率	0.01883 (%)		

表2 市販アルコールの熱量 (上)
スターリングエンジンの発電量 (下)

表2より市販アルコールの持つ熱量は96.41 (kJ/5ml)であり、アルコール5mlが完全燃焼するのにかかった時間は660(s)であった。このことから660秒間にSエンジンが得る熱量は96.41 (kJ)であり、対して発電量は18.15 (J)であった。このときのSエンジンのエネルギー変換効率はおよそ0.019%となり、主流のディーゼルエンジンの約50%を大きく下回った。つまり、Sエンジンを船舶のメインエンジンとすることは現実的ではないといえる。また、周囲の熱媒体と冷媒体との温度差が小さくなるに従いSエンジンは停止することや、エンジン自体の揺れが

激しいことなど課題は多い。しかし、船舶搭載サブエンジンとしては、ディーゼルエンジンの排出熱を回収することにより船舶全体のエネルギー変換効率を向上させることに貢献するだろう。その場合、船舶による環境への負荷は軽減される。

今回の実験では熱媒体を空気にしたためアルコールの熱量を S エンジンに伝える際の熱量の損失が大きかった。実用化の際は、S エンジンと熱源とを繋ぐ熱媒体の流路における損失を無くすことが求められる。加えて、S エンジンの熱源を問わないという特徴を活かす場面は船舶以外にもあり、例えばゴミ処理施設や地熱発電所など熱源が確保できる施設や、LED 電球の微量な排熱で稼働する小型 S エンジンによるインテリア照明など多岐にわたる。今後は、環境にやさしいスターリングエンジンを実用化させるために上記の課題を克服できるようにしたい。

※なお、表中の値は有効数字 4 桁である。

【参考文献】

1 : スターリングエンジンとは, NPO 日本スターリングエンジン普及協会, 2020 年 6 月 22 日, <http://eco-stirling.com/about-se.html>

2 : 船舶用エンジンについて, 株式会社マキタ, 2020 年 6 月 22 日, https://www.makita-corp.com/recruit/about_makita/engine/

3 : (※ 1) NationalCenterforBiotechnologyInformation, 2020 年 6 月 29 日, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>