

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：55502

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2023～2023

課題番号：23K19104

研究課題名（和文）合成燃料重質油成分を用いた船用機関の研究開発

研究課題名（英文）Research and Development of Marine Engines Using Synthetic Fuel Heavy Oil Components

研究代表者

寺田 将也（Terada, Masaya）

大島商船高等専門学校・商船学科・助教

研究者番号：00982703

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、C重油に合成燃料を混合し、燃焼特性を調査した。合成燃料を混合することで、低負荷時には着火遅れが短縮され、ディーゼルノックを抑制できることが確認された。また、負荷によって最適な合成燃料混合割合が変化することが予測され、各負荷条件に対する適切な割合を見極めることが重要であることが示唆された。さらに、高負荷域では燃料物性の依存度が低下し、合成燃料の影響が減少することが分かった。これらの知見は、合成燃料の実用化に向けた重要な指針となると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、合成燃料の導入がC重油の燃焼特性に与える影響を明らかにし、着火遅れやディーゼルノックの抑制、負荷条件に応じた最適混合比の重要性を示した。これにより、エンジン性能の向上や排出ガス削減に貢献する。学術的には、燃料の最適化に関する新たな知見を提供し、社会的には、合成燃料の実用化を通じて持続可能なエネルギー利用と環境保護に寄与する重要な指針となる。

研究成果の概要（英文）：This study investigates the combustion characteristics of a blend of C heavy oil and synthetic fuel. It was confirmed that mixing synthetic fuel with C heavy oil significantly shortens the ignition delay at low loads, thereby suppressing diesel knock. Furthermore, it was predicted that the optimal blending ratio of synthetic fuel varies depending on the engine load. This finding suggests the importance of determining the appropriate ratio for each load condition to maximize the benefits. Additionally, the study revealed that at high loads, the dependency on fuel properties decreases, thus reducing the impact of synthetic fuel. These insights are considered crucial guidelines for the practical implementation of synthetic fuels.

研究分野：内燃機関

キーワード：合成燃料 燃焼 内燃機関 カーボンニュートラル

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

現在、多くの船舶では低硫黄の A 重油や C 重油が使用されている。これらの燃料は、化石系燃料であり、製品寿命が長い船舶において、現在航行している船舶のカーボンニュートラル化は必要不可欠である。そのため近年では、図 1 に示すように、船用機関の代替燃料の研究が盛んに行われており、アンモニアや水素などの実証研究が行われようとしている。

一方で、アンモニアや水素を利用する場合、代替燃料の船舶までの供給方法や、船舶の燃料タンク、気体燃料

に対応した燃料噴射弁や配管、電子制御化等の改修が必須である。そのため、現在航行中や建造中の船舶の船舶に代替燃料を利用する場合、大規模な改修が必須である。また、バイオマス系の Renewable Diesel 等の燃料では、SAF 等の航空機での利用が考えられており、廃油が高騰している。そのため、船舶などの多量に燃料必要で尚且つ安価となる運用に利用することは難しい。

2. 研究の目的

船用機関を FT (Fischer-Tropsch) 合成で生成される重質油成分を使用することで、既存システムを使用した船舶のカーボンニュートラルを実現する。

3. 研究の方法

実験的検証

図 3 に示す船用 4 サイクルディーゼル機関の MU323 (松井鉄工所製) を用いて、研究を行う。本供試機関は、図 2 に示すように A 重油と C 重油を切り替え使用できるようにしている。また、研究年度で、新たに合成燃料を混合しうる新たなタンクを増設した。本タンクからの流量計と C 重油からの流量計から、体積混合割合を算出し実験を行った。

現在多くの船舶で使用されているプランジャポンプによる燃料噴射方式を採用しており、船舶への技術転換が容易に行える環境が整っている。それに加えて、海水系統、清水系統を持ち、実際の船舶の機関室が再現されている。そのため、FT 合成で生成された重質油成分を使用し、実際の船舶での利用を再現することが可能となっている。

また、燃焼解析を行うために、それぞれの気筒で筒内圧センサーを備え、吸入空気量および、排気圧センサー等を備えている。また、海水系統および潤滑油系統に流量計や熱電対を備えることで、ヒートバランス解析を行うことができる。

排気エミッションの測定では、testo 350 (testo 製) を有している。また、本年度に MEXA-7400D (堀場製作所製) を導入する予定である。そのため、定量的に排気エミッションを測定し、環境性能の評価が可能である。それに加えて、GC-2014 (島津製作所製) を有しており、酸素、一酸化炭素、二酸化炭素、窒素酸化物、メタン、総炭化水素以外の成分も分析が可能である。これらことから、燃焼特性および、環境性能を調査することが可能である。

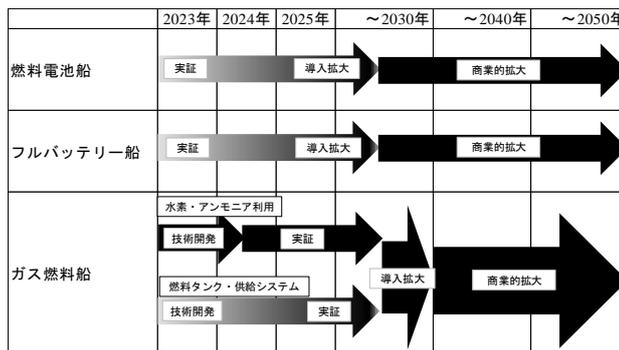


図 1 カーボンニュートラル船舶のロードマップ

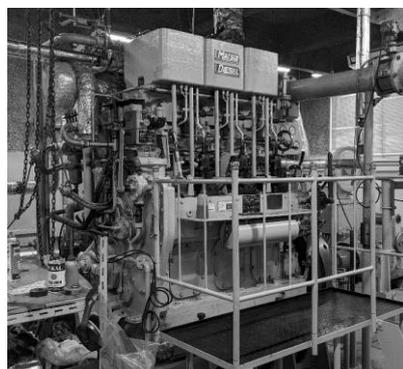


図 3 供試機関の外観

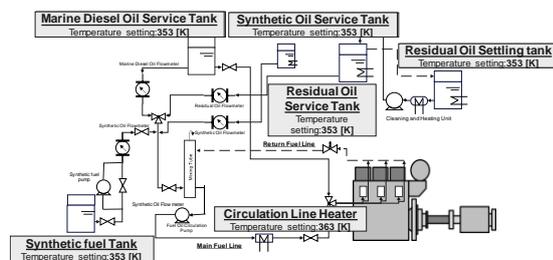


図 2 供試機関燃料油系統図

4. 研究成果

実験条件

沿岸での使用が多く、日常生活に大きな影響を与えると考えられる低負荷域での影響を調査するため、表 1 に示すように負荷率を 1/4, 3/8, 1/2 とした。また、C 重油専焼条件と合成燃料を 10%、30%混合し、燃焼への影響を調査した。

表 1 実験条件

Load Ratio	1/4	3/8	1/2
Engine Speed [rpm]	265	333	
Engine output [kW]	64	96	129
Fuel heating temperature [deg. C]	80		
Fuel blending ratio [vol.%] *	C100FT0	C90FT10	C70FT30

*C: Residual oil, FT: Synthetic oil

実験結果

図 4 に各条件での NOx 排出量、図 5 に負荷率 1/4 時に混合割合変更による筒内圧力・熱発生率の推移を示す。1/4 負荷条件・3/8 負荷条件では、C 重油専焼状態で NOx 排出量が最も少ない結果となった。1/4 負荷時では、上死点前に低温酸化反応が確認され、着火遅れが長期化することで、均一な予混合気となった雰囲気場で着火し燃焼が行われたと考えられる。そのため、上死点付近の NOx 排出量が抑制されたためだと考えられる。

3/8 負荷時では C 重油の沸点が高く、拡散燃焼期間中に高当量比部で燃焼が行われたため、NOx の排出を抑制できたと考えられる。

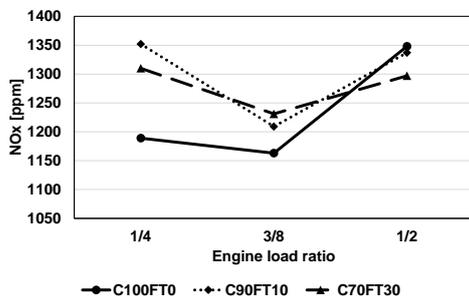


図 4 各種条件における NOx 排出量

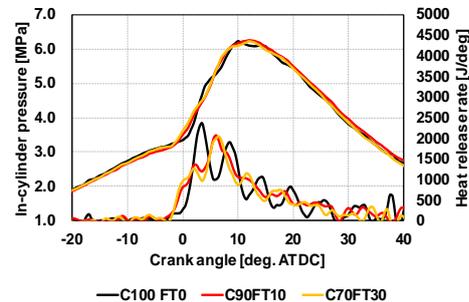


図 5 負荷率 1/4 時に混合割合変更による筒内圧力・熱発生率の推移

C 重油専焼条件では、-2[deg. ATDC]付近で、低温酸化反応が確認され、上死点付近から急速な高温酸化反応に移行することが確認された。そのため、1[deg. ATDC]付近から急激な圧力の上昇が発生し、その後、拡散燃焼に以降したと考えられる。

合成燃料 10%混合条件では、-2[deg. ATDC]付近で低温酸化反応の予兆が確認できるが、すぐに高温酸化反応に以降していることがわかる。また、混合割合を 30%にすると、低温酸化反応が喪失し、高温酸化反応のみの燃焼となった。これらのことから、パラフィン系の炭化水素を多く含む合成燃料を添加することで、着火遅れを抑制することが確認できた。そのため、ディーゼルノックの防止できることで、二酸化炭素排出量の削減と共に機関の長寿命化にもつながると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 櫻井 一雅 , 寺田 将也
2. 発表標題 船用重質燃料油の合成燃料混焼による影響
3. 学会等名 第27回動力・エネルギー技術シンポジウム
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------