

博士論文(要約)

ガス燃料船のメタンスリップ後処理システムに関する研究

新田 好古

本研究の目的

本研究の目的は、船用リーンバーンガスエンジンを対象に、メタンスリップ後処理対策技術として、以下の2種類のメタンスリップ低減技術についてその効果検証を行い、ガス燃料船の動力システムごとに対応可能なメタンスリップ対策技術及びその運用方法を提案するものである。

- (1) 複数のエンジンを組み合わせたメタンスリップ低減技術として、船用ディーゼルエンジンとガスエンジンを組み合わせた C-EGR (combined exhaust gas recirculation) システムを提案した。このシステムは、ガスエンジン排ガスをディーゼルエンジン供給することにより、船用ディーゼルエンジンの NO_x 低減とガスエンジンからのメタンスリップを再燃焼させる同時低減を目的としたシステムである。本研究では C-EGR によるメタンスリップと NO_x の同時低減効果を実際の船用エンジンを用いて検証を行った。
- (2) エンジン単独のメタンスリップ低減技術として、Pd 触媒を用いて排ガス中の CH₄ を酸化する方法について検討を行った。本研究では、特に排ガスの温度及び組成が Pd 触媒の CH₄ 酸化性能に与える影響を調査し、反応器設計に必要なパラメータを得る手法及び排ガス温度及び組成下で有効に作用する Pd 触媒の活性点の状態を評価する方法を開発した。

本研究の結言では、ガス燃料船に搭載される動力システムの構成例を調査し、これらの C-EGR システム及び Pd 触媒によるメタンスリップ後処理技術の適用の可否及びその運用方法を提案した。本研究で得られた知見は、ガス燃料船のメタンスリップ後処理システムについて、そのシステム構成と運用方法を新たに提案するものであり、船舶からの GHG 削減に貢献するものである。

論文の構成

本論文は、全8章で構成されている。

第1章では研究背景として、海上輸送における船舶の排ガス規制の動向について説明している。さらに、今後の普及が見込まれるガス燃料船に搭載されるガスエンジンから、温室効果ガスの未燃メタンが排出されるメタンスリップの削減に向けた先行研究の現状について説明した。さらに、本研究の目的について説明した。

第2章では、本論文に用いた実験装置及び測定機器の概要を説明している。

第3章では、ガス燃料船においては、燃料及び燃焼形態の異なる複数のエンジン搭載される可能性があることに着目し、船用ディーゼルエンジンの窒素酸化物(NOx)排出とリーンバーンガスエンジンからのメタンスリップを同時に削減する対策技術の開発を目的に、リーンバーンガスエンジンの排ガスをディーゼルエンジンに供給する C-EGR (Combined-EGR) システムを提案し、船用ディーゼルエンジンの排ガ斯特性の改善効果を実験的に検討した結果を示す。

第4章では、C-EGR システムにおいて、エンジンの運転状態が変化した時に、船用ディーゼルエンジンに供給される吸気ガスの組成が変化し、筒内圧力及び温度に影響を与え、NOx 生成と CH₄ 排出に影響を与える可能性が考えられる。このため、本システムのさらなる CH₄ 及び NOx 低減効果の向上を目的に、CH₄ 吹抜け量変更実験及び吸気組成変更実験を行い、CH₄ 及び NOx 排出に与える影響を実験的に調査した。

第5章では、船用リーンバーンガスエンジンのメタンスリップの後処理対策技術として CH₄ 酸化能力が高い Pd 触媒を用いた反応器を用いることが考えられる。模擬ガスエンジン排ガスの温度及び組成が Pd 触媒の CH₄ 酸化性能に与える影響及び Pd 触媒のキャラクタリゼーションが CH₄ 酸化性能に与える影響を調査し、メタンスリップの後処理が可能な触媒反応器の設計に必要なパラメータを得た。

第6章では、反応器に使用する Pd 触媒の選定法として、排ガス温度及び組成下で有効に作用する Pd 触媒の活性点の状態を評価する方法を開発し、その有効性を実験的に検証した。

第7章では、総合考察としてガス燃料船に搭載される動力システムの構成例を調査し、C-EGR システム及び Pd 触媒によるメタンスリップ後処理技術の適用の可否及びその運用方法を提案した。

第8章では、本研究の結論を示した。

本論文と関係する論文等

(1) 学術雑誌等 (査読あり)

主著

- [1] Yoshifuru Nitta, Yasuhisa Ichikawa, Koichi Hirata, Yudai Yamasaki, “Study on Deactivation of Pd Methane Oxidation Catalyst for Marine Lean Burn Gas Engine using Micro-reactor”, マリンエンジニアリング,(投稿中)
- [2] Yoshifuru Nitta, Yoichi Niki, Koichi Hirata, Yudai Yamasaki, “Effects of the Combustion Characteristics of Diesel Engine by the Intake of Exhaust Gas from Gas Engine” マリンエンジニアリング, Vol.53 (4), pp.119-124, 2018
- [3] Yoshifuru Nitta, Dong-Hoon Yoo, Sumito Nishio, Yasuhisa Ichikawa, Koichi Hirata, Yudai Yamasaki, “Evaluation of Emissions Characteristics of Marine Diesel Engine Intake of Exhaust Gas of Lean Burn Gas Engine”, Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, Vol.140 (2), 2018, 022802.

(2) 国際会議(口頭発表, 査読あり)

主著

- [4] Yoshifuru Nitta, Yoichi Niki, Koichi Hirata, Yudai Yamasaki, “Effects of the combustion characteristics of diesel engine by the intake of exhaust gas from gas engine”, Proceedings of the International Symposium on Marine Engineering (ISME), B13-313, Tokyo, Japan, Oct. 2017.
- [5] Yoshifuru Niitta, Dong-Hoon Yoo, Sumito Nishio, Yasuhisa Ichikawa, Koichi Hirata, Yudai Yamasaki, “Evaluation of Emissions Characteristics by Charging Exhaust Gas from Lean Burn Gas Engine into Marine Diesel Engine”, Proceedings of the ASME 2016 Internal Combustion Engine Division Fall Technical Conference, ICEF2016-9350, Oct. 2016.

(3) 国内学会・シンポジウム等における発表(査読なし)

主著

- [6] 新田好古, 市川泰久, 平田宏一, 山崎由大, “船用ガスエンジン排ガス中水分が Pd 触媒のメタン酸化性能に与える影響”, 第 29 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 26, 2018.
- [7] 新田好古, 仁木洋一, 平田宏一, 山崎由大, “未燃メタンを含むガスエンジン排ガスを吸入した船用ディーゼルエンジンの排気特性 (排ガス組成及びその供給タイミングの影響)”, 第 27 回内燃機関シンポジウム講演論文集, 講演番号 65, 2016.
- [8] 新田好古, 柳東勲, 西尾澄人, 市川泰久, 平田宏一, “船用ディーゼルエンジンとガスエンジンを組み合わせた EGR システムによる排ガス特性の改善”, 第 85 回マリンエンジニアリング学会学術講演会講演論文集, 17-18, 2015.

以上