

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：82627

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K15234

研究課題名（和文）ガスエンジン排ガスからのCO2回収技術に関する基礎的研究

研究課題名（英文）Carbon Dioxide Capture From Gas Engine Exhausts

研究代表者

高橋 千織（Takahashi, Chiori）

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・海上技術安全研究所・研究員

研究者番号：40399530

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：LNGの利用は水素・アンモニア利用までのブリッジ燃料として注目されているが、従来燃料に比べてCO2削減率は25%程度と見込まれるため、船上でのCO2回収（OCCS）の実現が望まれる。本研究では、経済性や安全性も考慮して、冷却・圧縮によるCO2の凝華を利用する技術をガス燃料船に適用する方法について検討した。ガスエンジンから排出されるCO2の60%回収目標を達成するための回収装置構成のうち、船用のガストライヤー等の調査を行ったり、実際に小型発電機用エンジンの排ガスからのCO2回収実験を行って、ドライアイスとして回収できることを確認したが、当初の予定していた凝華プロセスによる試験は実施できなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

LNGを利用したガスエンジンはGHG削減のためのブリッジ燃料として注目を集めており、短中期的に利用可能に最も現実的な選択肢と考えられている。ガスエンジンの利用は、大気汚染物質（SOxやブラックカーボンなど）も大幅に削減可能である。ただし、CO2排出率については最大でも25%程度の削減であり、かつCO2の25倍の地球温暖化係数を持つメタンスリップの問題が懸念事項として挙げられている。これらの課題を改善するため、船用ガスエンジンの排ガスからのCO2、CH4の回収を検討した。本技術により、将来的に大気中CO2と自然エネルギーを利用した合成メタンが普及すれば、ネガティブエミッションも可能である。

研究成果の概要（英文）：LNG and LPG have attracted attention as bridge fuels for net-zero GHG emissions until technologies are established for hydrogen and ammonia. However, the CO2 reduction rate using LNG and LPG is expected to be only about 25% compared to conventional fuels. Therefore, the CO2 capture on board (Onboard carbon capture and storage) system will be an attractive technology.

In this study, considering economics and safety, a method using CO2 sublimation by cooling and compression was studied for gas-fueled ships. To date, among the configurations of capture equipment required to achieve the goal of capturing 60% of the CO2 emitted from gas engines, it was investigated marine gas dryers and conducted experiments to capture CO2 from the exhaust gas of a small generator engine and confirmed that it is possible to capture it as dried ice. However, the initially planned tests using the pressure swing sublimation process weren't conducted.

研究分野：環境分析

キーワード：CO2回収 凝華

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化問題に対する全球的な取り組みが加速するなか、国際海事機関 (IMO) においても、以前より規制が強化されてきた NO_x、SO_x、PM に加えて、温室効果ガス (Greenhouse gas, GHG) の排出削減に向け、国際的な取り組みが強化されてきた。また、地球温暖化物質と考えられているブラックカーボン (BC) の排出規制についても北極海域に限定したものではあるものの、IMO での議論が始まり、注目を集めていた。このような状況の中、2018 年 4 月に行われた IMO の第 72 回海洋環境保護委員会 (MEPC 72) では、当時、一つの業界としては初めてとなる、GHG 削減戦略が採択された。本決議では、2008 年をベースに、2030 年までに国際海運全体の燃費効率を 40%改善、2050 年までに GHG 排出率の 70%削減と排出総量の半減を実現し、今世紀中のなるべく早期に GHG 排出ゼロを目指す目標を掲げた (当該 IMO GHG 削減戦略は、2023 年に改定されて、2050 年頃までに排出ゼロを目指すことになった)。このため、GHG 以外の大気汚染物質も低減しながら、GHG 排出量の大幅な削減、または GHG フリーを目指した技術の開発は非常に魅力的である。現在、これらの対策として、バイオ燃料の利用や燃料としての水素や水素キャリアとしてのアンモニア利用、燃料電池、バッテリー技術などを利用した電気推進など多くの研究が進められているが、供給量、供給インフラ、価格、装置サイズ、安全性などの点で、いずれの技術も船舶での利用には課題があり、船種、航路、船の大きさによって、使い分ける必要がある。

このような状況のもと、より環境負荷の低い船用技術の開発が望まれている。

2. 研究の目的

前述のような状況の中、本研究では、船用ガスエンジンに注目し、排ガスからの CO₂、CH₄ の回収技術とその再利用について検討することとした。

LNG を利用したガスエンジンに関しては、SO_x 規制に対応するための代替燃料として注目を集めており、すでに多くのエンジン製品が市場に提供されており、研究開始当初でもインフラ整備が進んだ北欧を中心に普及しつつあったこと、すなわち、短中期的に利用可能なエンジン技術として最も現実的であると考えたためである。特に、現在ガスエンジンとして最も普及している予混合・希薄燃焼方式 (リーンバーン) エンジンでは、後処理装置を用いなくても、SO_x 以外の他の大気汚染物質 (NO_x や BC など) も大幅に削減可能である。ただし、CO₂ 排出率については最大でも 25%程度の削減であり、かつ CO₂ の 25 倍の地球温暖化係数を持つメタンスリップの問題が懸念事項として挙げられている。

すなわち、これらの課題を改善するため、船用リーンバーン式ガスエンジンの排ガスからの CO₂、CH₄ の回収、再利用ができれば、GHG 排出の LCA 評価にも有利であるだけでなく、将来的に大気中の CO₂ と自然エネルギーを利用したメタネーションによる合成メタンが普及すれば、ネガティブエミッションも可能である。

3. 研究の方法

本研究では、環境負荷が少ない CO₂ 回収システムを具体化するため、以下のステップで研究を実施する予定であった。

- 最適な船上 CO₂ 回収システムの試設計と評価
- ガスエンジン排ガス性状の計測実験
- 小型試験装置を用いた CO₂ 回収実験
- LNG 燃料船への CO₂ 回収システム搭載シミュレーション

最適な船上 CO₂ 回収システムの試設計と評価

LNG 燃料船上で実行可能な GHG 排出削減技術の検討のため、複数の要素技術を組み合わせ、実践搭載に十分な省エネ CO₂ 回収システムの構築を検討する。このため、31 年度 (1 年目) には、システムの試設計を行うために必要となる要素技術 (例えば、廃熱回収、脱水、脱硫など) をリスト化する。製品として存在する技術に関しては、それらの製品仕様を利用したプロトタイプのシステム設計を行う。これをベースに熱物質収支計算ソフトによるシステムの評価を実施し、課題を明らかにする。CO₂ 回収の液化コストについても検討するための文献調査など基礎データの収集を行う。

さらに R2 年度 (2 年目) は、初年度の検討結果をもとに実船搭載に必要な要素技術の見直しを行い、要素技術の取捨選択 (必要であれば、各技術方式の変更) 配置を再検討し、システムの再設計と再評価を行う。

ガスエンジン排ガス性状の計測実験

初年度は、ガス機関の排ガス成分の詳細分析を行い、TSS 法での CO₂ 回収に阻害要因となるガス成分の解明を行い、CO₂ 回収率を向上するための前処理技術について検討する。

2 年目は、メタンスリップの低減のため、EGR 等を利用した対策技術の検討を行う。実験はボンベガスを用いた模擬ガスで行い、EGR 稼働時の排ガス性状について検討する。

小型試験装置を用いた CO2 回収実験

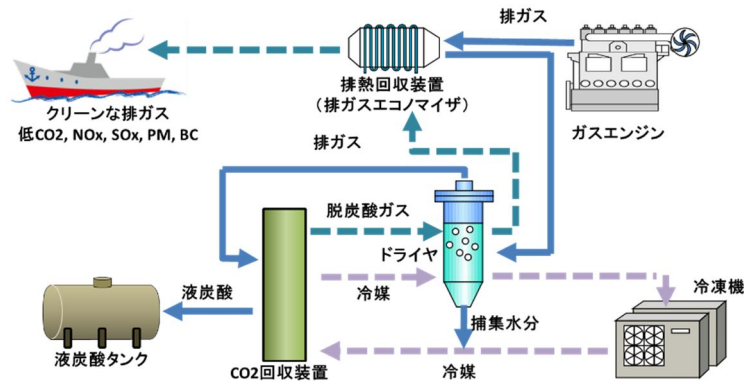
の結果をもとに、2 年目より小型試験装置の設計と作製を行い、33 年度（3 年目）に CO2 回収試験を行う。

LNG 燃料船への CO2 回収システム搭載シミュレーション

以上の結果をもとに 3 年目に、特定の船舶をサンプルとした CO2 回収システム搭載シミュレーションを行い、実現性についての検討を行う。

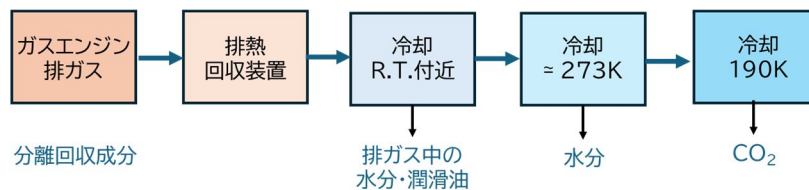
4. 研究成果

まず、経産省が公開したカーボンリサイクル技術ロードマップ（令和元年 6 月）などを参考に、CO2 回収システムの技術課題の動向、目標を調査するとともに、プロセスの概念検討を行った。当初、CO2 が、 -78.5°C で液化することなく凝華する特性を利用することを利用し、以下のような構成を検討していた。



船上におけるガスエンジン排ガスからの CO2 回収システムのイメージ

しかしながら、ガスエンジンの排ガスの成分分析等の結果から、ガスエンジンであっても排ガス中には相当量の潤滑油起因の炭化水素が含まれることがわかり、ドライヤに悪影響を与えることがわかった。ドライヤに入れる手前で、もう一段階、水分、潤滑油除去のための冷却工程を入れた方が良かったことがわかった。



CO2 回収のための排ガス冷却プロセス

実際に LNG 運搬船の見学などを行い、船上設備の調査を行った。また、ガスエンジンから排出される CO2 の 60% 回収目標を達成するための回収装置構成のうち、船用のガスドライヤー等の調査を行ったり、実際に小型発電機用エンジンの排ガスからの CO2 回収実験を行って、ドライアイスとして回収できることを確認したが、当初の圧力スイングを利用した凝華プロセスによる試験は、コロナによる研究停止中に業務、職責の変更により、研究の実施が困難となり、実施することができなかった。

現在、IMO においても Ob-board CCS は非常に注目されており、活発な議論がされている。技術的な要素開発の他、エネルギー収支として成立するのか、検討することが最も重要である。本研究の範囲では、実施に至らなかったが、船舶利用の場合、船舶特有の運用条件等があるので、それらの条件も含めて検討が必要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔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
---------	---------