

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 新田 好古

本研究は、「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」と題し、船用エンジンの燃料としてガス燃料を使用する際に問題となる排気中に含まれる未燃のメタン（メタンスリップ）の低減を対象に、船舶の動力システムの構成を考慮したメタンスリップ低減手法に関する研究である。

目下、船舶からの二酸化炭素排出量低減のために、船用エンジンの燃料として天然ガスの利用が進められている。船舶の動力システムには、用途によって形式の異なる複数台のエンジンが搭載されている。また、航海領域によって運転条件が異なり、そのため使用するエンジンを切り替えることが必要で、考慮すべき要因が複雑なこともあり、これまでに実用に供することが可能なメタンスリップ低減手法は確立されていない。

本研究では、未燃メタンの大気への排出量低減を目指し、ガス燃料を用いるエンジンとディーゼルエンジンを組み合わせて利用する手法、および Pd（パラジウム）触媒を用いる手法を提案し、その有効性を実験により明らかにするとともに、ガス燃料を用いる船舶の動力システム構成および運用方法の提案を行っている。

第 1 章の「緒言」では、目下の海運における排出ガス規制や船舶の動力システムについて纏め、定置用ガスエンジンでのメタンスリップ対策の調査、Pd 触媒のエンジン排ガスへの適用に向けた課題を整理し、研究目的を設定している。

第 2 章は「C-EGR システムによるメタンスリップ低減効果の実験的検討」と題し、複数台のエンジンが搭載された船舶を想定し、ガスエンジンの排気を別のディーゼルエンジンに導入し、ガスエンジンからの未燃メタン排出低減を狙う Combined-EGR (Combined-Exhaust Gas Recirculation) システムを提案し、実機を用いたシステムを構築し、実験によってその有効性を検証している。構築したシステムでの実験では、リーンバーン方式のガスエンジンの排気に含まれる未燃メタンの 75%以上を削減できることが判明した。加えて、通常の EGR の効果と同様に、ディーゼルエンジンから排出される窒素酸化物の低減も可能であることを示した。特に、ディーゼルエンジンの過給時には、吸排気バルブが同時に開いている期間にガスエンジンから供給されたメタンが燃焼に関わる

ことなく未燃のままで排出されることや、ディーゼルエンジンの圧縮時のガス組成が変化することによる影響についても、単気筒エンジンを用いて調査を行い、ガスエンジンの負荷条件とディーゼルエンジンの負荷条件による未燃メタン低減率の変化およびそのメカニズムを示している。

第3章は「船用ガスエンジン排気中における Pd 触媒の評価手法の構築と有効性評価」と題し、リーンバーン方式のガスエンジンのみが搭載される船舶を想定した場合に必要な、別の提案を行っている。このような場合には、第2章で有効性を示した C-EGR システムが利用できないことから、後処理システムとしてメタン酸化触媒の利用を提案し、ガスエンジンの排気を想定した温度環境下や水分環境下でのメタン酸化触媒の有効性について検証している。Pd 触媒が、リーンバーンガスエンジンの排気温度下において高いメタン酸化性能を有している一方で、排気中に含まれる水分の影響で、温度に対する触媒の浄化率曲線がドライ条件と比較して 100 °C 程度高温側にシフトすることを示している。さらに現象の理解や、エンジンに適用する際に必要な触媒量を推定するために、ガスエンジンの排気環境下において触媒の有効な活性点量の評価を行っている。具体的には、CO（一酸化炭素）吸着量からメタンの酸化を阻害する H<sub>2</sub>O の吸着速度相当を推定することで活性点量やその時間変化を評価できる動的 CO 吸着量評価法を考案し装置の構築も行っている。この装置を用い、250-450°C の温度域において Pd 担持量や水分に対する触媒量が増加した場合の実験から、Pd 担持量と活性点量および H<sub>2</sub>O の吸着速度の関係を明らかにしている。

第4章は「ガス燃料船におけるメタンスリップ対策技術の適用と運用法」と題し、第2章で検討した C-EGR システムおよび第3章で検討した Pd 触媒のメタン低減効果の結果より推定される運転条件や触媒の条件を元に、ガス燃料を利用する船舶の主要な動力システム構成に対して、2つの提案した手法を適用するにあたりエンジンの排気量の組み合わせや、必要な触媒量などの設計指針および運用方法について提案している。

第5章では、本研究で得られた知見を纏めている。

以上のように、本研究は、ガス燃料を利用する船舶において生じるエンジン排気中の未燃のメタン低減に向けて、船舶特有の複数エンジンを利用する手法となる C-EGR システムおよびメタン酸化が可能な Pd 触媒を用いた後処理システムを提案し、その有効性を実験的に示すとともに、それらのシステムを適用するにあたっての設計指針および運用方法を提案するもので、船舶の動力システム工学の発展に寄与し、船舶からの温暖化ガス排出低減につながる工業的にも価値のあるものである。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。