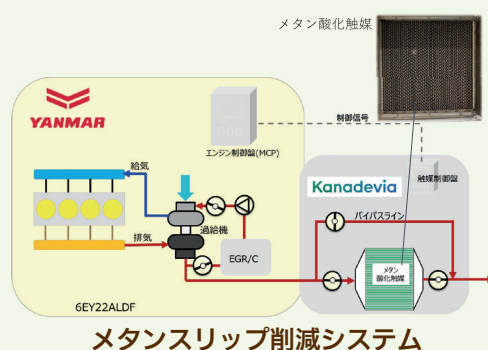


# GHG削減に寄与する触媒技術の紹介

当社では、温室効果ガス(GHG : Greenhouse Gas)削減に寄与する触媒の開発に取り組んでいる。本稿では、国立研究法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)のグリーンイノベーション (GI) 基金事業で取り組んでいるLNG燃料船でのメタンスリップ対策となるメタン酸化触媒とアンモニア燃料船でのN<sub>2</sub>O削減対策となるN<sub>2</sub>Oリアクタの各開発状況、およびアンモニアから水素を取り出すアンモニアクラッキング触媒について紹介する。

## キーワード

GHG削減, メタンスリップ, 亜酸化窒素 (N<sub>2</sub>O), アンモニアクラッキング



メタンスリップ削減システム

## ■メタンスリップ対策

CO<sub>2</sub>削減効果があるLNG燃料を利用する船用エンジンは既に多くの機種が市場投入されており、多数のLNG燃料船が就航している。しかしながらLNGを燃料とした場合、船用エンジンの排ガスに未燃焼メタンが含まれるという課題がある。本稿ではこの現象をメタンスリップと記載する。船用低速2ストロークDFエンジン（オートサイクル）では1.5-3.5g/kWh程度、中速4ストロークDFエンジンでは2.5g/kWh以上のメタンスリップがある。<sup>1)</sup>

メタンの地球温暖化係数はCO<sub>2</sub>の約28倍あるため、DFエンジンからスリップするメタンをCO<sub>2</sub>に換算すると、GHG排出量が増加し燃料転換による削減効果が消失するケースもある。燃料転換の効果を維持するためにはメタンスリップ対策は必須であり、国際海運において大きな課題である。

メタンスリップ対策のひとつとして、メタンを酸化しCO<sub>2</sub>として排出することでGHGを削減する手法がある。メタンを酸化するために触媒が使用されるが、メタンは炭化水素の中でも酸化されにくく、触媒を使っても70%のメタンを酸化させるためには450℃以上の温度が必要であることが課題であった。<sup>2)</sup>

船用エンジン排ガスにメタン酸化触媒を適用するため、当社では350℃で70%のメタンを酸化することを目標に2020年から触媒開発を開始した。当社は、ヤンマーパワーテクノロジー株式会社(以下、YPTと略す)と株式会社商船三井(以下、MOLと略す)と共に「触媒とエンジン改良によるLNG 燃料船からのメタンスリップ削減技術の開発」を開始した。このプロジェクトではYPTがエンジンの改良を行い、当社が開発した触媒と組み合わせてメタンスリップ削減システムを構築する。開発したシステムをMOLが運航する大型石炭運搬船にて実証試験を実施する。

2021年12月より開始した本プロジェクトは順調に進捗しており、2024年3月までにシステム構築が完了し、2024年秋ごろから実証試験を開始する。

当社が開発した触媒はYPTのエンジンを使ったベン

チ試験で概ね95%以上の高い酸化率を示し、YPTが行ったエンジン改良の効果と合わせてシステム全体で良好な結果が得られた。(図1)

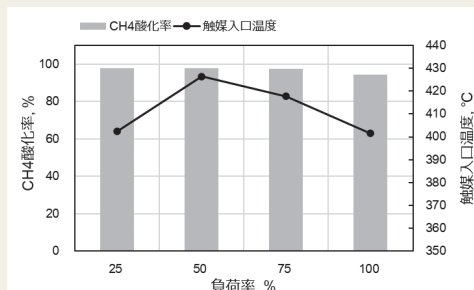


図1 陸上運転での触媒におけるメタン酸化率

実運航における触媒寿命は20,000時間程度と見込まれている。排ガス中に含まれるパイロット燃料由来の硫黄は触媒の性能を著しく低下させる。硫黄による触媒性能の低下は触媒の寿命にとって大きな課題である。当社では触媒の再生や排ガス中の硫黄を除去する吸着剤などの硫黄対策を検討し、結果として高性能な硫黄の吸着剤を完成させた。この吸着剤と触媒を組み合わせることで、20,000時間中に触媒の再生や交換もなく70%以上のメタンスリップを削減することが可能になった。

2024年からの実証試験でシステムの有効性を検証し、メタンスリップの削減技術を完成させる。日本発のGHG対策技術として広く世界で認められるよう、欧州をはじめとする海外にも積極的にPRし技術を普及していく。

## ■亜酸化窒素 (N<sub>2</sub>O) 対策

ゼロエミッション燃料として期待されているアンモニアは、燃焼時に窒素酸化物の一種である亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)を排出する。N<sub>2</sub>Oの地球温暖化係数はCO<sub>2</sub>の約265倍と言われており、排出量が少量でも影響が大きい。例えば、アンモニア95%、重油5%で燃焼した場合、100ppmのN<sub>2</sub>Oが発生すると、本来得られるはずのGHGの削減効果は半減する。そのためアンモニアがゼロエミッション燃料として活躍するためには、N<sub>2</sub>Oを削減させる対策が必要である。

従来技術として、アジピン酸製造プラントなどの化学プラント排ガス中に含まれている $\text{N}_2\text{O}$ を対策する触媒は存在する。しかし、化学プラントの排ガスは船用エンジン排ガスに比べ温度が $400\text{--}600^\circ\text{C}$ と高く、触媒の性能に影響する硫黄や水分が少なく、同じ触媒を船用に転用することは難しい。当社はより低温で $\text{N}_2\text{O}$ が分解可能な触媒を開発し、触媒を搭載した $\text{N}_2\text{O}$ 削減システムを開発している。この開発は2024年度よりGI基金事業として日本郵船株式会社と日本海事協会とのコンソーシアムで取り組んでいる。

この事業では、2ストロークエンジンの排ガスに含まれる $\text{N}_2\text{O}$ を除去する。この開発の難しさは排ガス温度の低さにあり、当社が培ってきた触媒技術が活かされる。

## ■ アンモニアクラッキング技術の展開

上述した通り、アンモニアはゼロエミッション燃料として期待されている。アンモニアは直接燃焼されるほかに水素キャリアとしても考えられている。アンモニアが水素キャリアとして利用される場合、水素を取り出す技術(クラッキング技術)が必要になる。触媒を使ったアンモニアのクラッキングに関する研究は、近年NEDOや戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)といった国の支援を受けて行われている。当社では2010年頃からアンモニアクラッキング触媒の開発を行い、現在はこの触媒を使ったシステムを開発している。

通常、アンモニアの分解は下記の反応式で表わされる。アンモニアから水素を取り出す反応は吸熱反応であり、分解に必要なエネルギーが過剰になることが多い。また、触媒に使用される金属はRuなどの貴金属であることもクラッキング技術の実用化の障壁となっている。



これに対し、当社の触媒は一部のアンモニアを燃焼して発生する酸化熱で分解反応を進める自己熱改質反応となる。これにより、適切な投入エネルギーでアンモニアから水素を取り出すことが可能になる。また触媒に使用される金属も卑金属で、貴金属触媒に比べ安価である。

他社においても自己熱改質タイプの触媒は開発されているが、多くはコーセライトなどの基材にコーティングしたハニカム構造であり、使用中に触媒が剥離する課題が挙げられている。<sup>3)</sup>これに対し、当社の触媒は同じハニカム構造でありながら、自社で開発した触媒の成形技術を活用し、基材と一体となった触媒にすることでこの課題を克服している。(図3)

## ■ おわりに

2050年にGHG排出ゼロを目標に、国内外でGHG排出削減に関する研究、開発が進められている。当社はカーボンニュートラル社会の実現に向け、ゼロエミッション

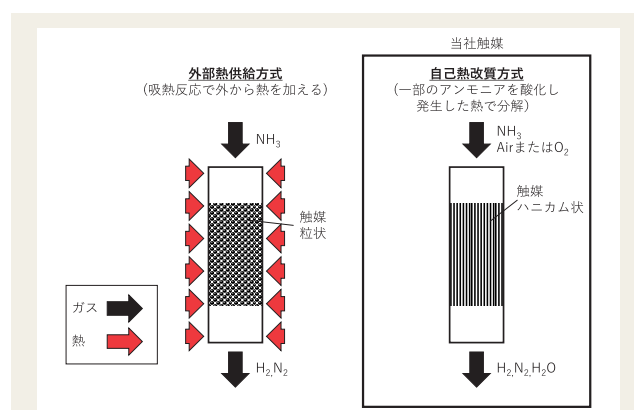


図2 アンモニア分解方式の違い

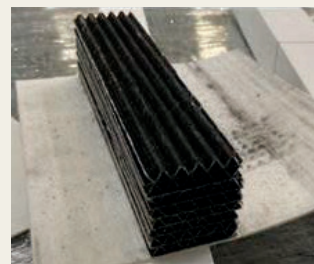


図3 自社製触媒

燃料の課題を解決する触媒やシステムの開発に取り組んでいる。船用SCRと同様に、海運、船用産業において触媒技術の価値はますます向上すると考えられる。

## 参考文献

- 1) Mathias M., Hans-Philipp W., Franz K., Dorthe J., MAN Energy Solutions - Technologies to reduce methane slip of dual fuel engines, Paper No.141 CIMAC congress Busan (2023)
- 2) Joseph McCarney, Recent Insights into How Catalytic Aftertreatment Can Be Used to Resolve Methane Slip from Lean Burn Natural Gas Engines, Paper No.398 CIMAC congress Vancouver (2019)
- 3) 終了報告書SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）課題名「エネルギーキャリア」研究開発テーマ名「アンモニア燃料電池」研究題目「固体酸型燃料電池—アンモニアオートサーマル分解触媒反応器システムの開発」株式会社日本触媒

## 出典元

村田直宏, 小玉哲男, 日野なおえ: 船用SCRの進化とアンモニア燃料のための触媒技術, 日本マリンエンジニアリング学会誌, 第59巻, 第3号 (2024)p.94-99

※本稿は出典元で発表した内容を一部再構成した内容である。

## 【問い合わせ先】

カナデビア株式会社 脱炭素化事業本部  
脱炭素化システムビジネスユニット  
カーボンニュートラル触媒事業推進室  
Tel: 06-6555-9886  
E-mail: hitzgiho001@kanadevia.com