



第23回 海上技術安全研究所講演会



水素エンジン等の次世代燃料研究の進捗

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

環境・動力系

市川 泰久

1. 海上技術安全研究所における次世代燃料研究
2. 水素・アンモニア燃料エンジン関連の研究
3. 水素／天然ガスの専焼・混焼エンジン研究の紹介
4. 次世代燃料エンジンの研究開発の展望

1. 海上技術安全研究所における次世代燃料研究

1. 1 海上技術安全研究所における次世代燃料研究



- IMOは**GHG削減戦略**を採択
- 日本政府は**カーボンニュートラル宣言**を表明

2050年までにカーボンニュートラルを達成



次世代燃料利用技術の研究が不可欠

カーボンフリー燃料

本講演内容

水素(H₂)

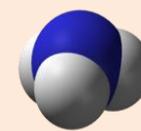
- ✓ クリーンな排気
- ✓ 他の燃料の原料
- ✓ 激しい燃焼特性
- ✓ 低い貯蔵性能
- ✓ 漏れやすい



当所にて
研究中...

アンモニア(NH₃)

- ✓ 良好な貯蔵性能
- ✓ 着火・燃焼が困難
- ✓ 有毒 (劇物)
- ✓ N₂O排出



当所にて
研究中...

※外航船で高い注目

カーボンニュートラル燃料

一つ前の講演内容

バイオ燃料 (FAME, HVO, SVO)

- ✓ ディーゼルを継続利用可
- ✓ 燃料の経時劣化

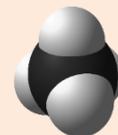
※内航船で高い注目

当所にて
研究中...

e-fuel (✓原料にカーボンニュートラルCO₂が必要)

メタン(CH₄)

- ✓ 利用技術が確立
- ✓ LNG設備利用可
- ✓ メタンスリップ



当所にて
研究中...

メタノール(CH₃OH)

- ✓ ディーゼル燃焼可
- ✓ 良好な貯蔵性能
- ✓ 有毒



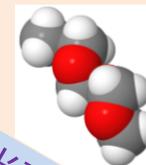
当所にて
研究中...

※外航船で高い注目

OME_n

オキシメチレンジメチルエーテル
(酸素を含有する着火性の良い合成燃料)

- ✓ ディーゼル燃焼可
- ✓ 軽油等と混合可
- ✓ 良好な着火性
- ✓ 製造コスト高



当所にて
研究中...

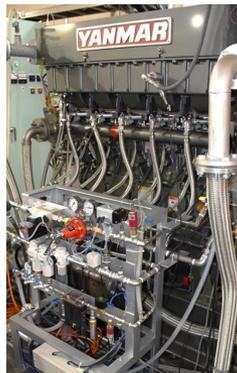
2. 水素・アンモニア燃料エンジン関連の研究

2. 1 水素・アンモニア関連研究の取り組み



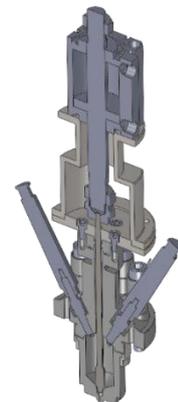
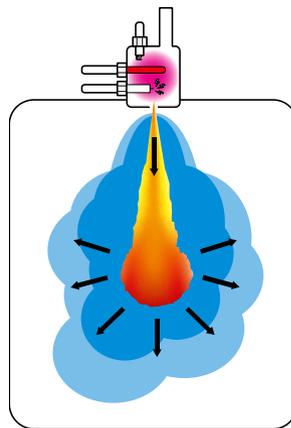
① 混焼技術の研究 ※継続

- ✓ エンジンを利用した混焼実験による、性能や課題の検討



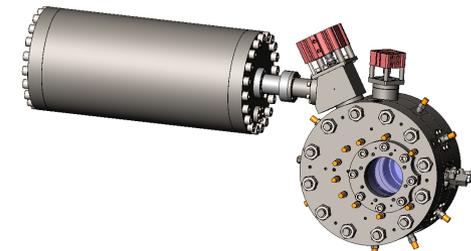
② 専焼コンセプトの開発 ※新規

- ✓ アンモニア専焼技術の開発と実証
- ✓ 副室、燃料改質、プラズマ...



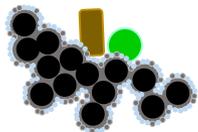
③ 燃焼解析技術の高度化と基礎燃焼の研究 ※新規

- ✓ シミュレーションのためのデータ蓄積
- ✓ コンセプト検証
- ✓ パラメータ最適化

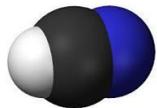


④ 有害排出物の調査、除去技術の研究 ※新規

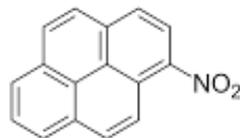
- ✓ 有害物質の同定と定量
- ✓ 除去技術の開発



粒子状物質



シアン化合物



ニトロ化PAHs

???

未知の物質

⑤ 国際基準・規則の策定・改定に貢献 安全管理技術の調査・検討 ※継続

- ✓ ルールのバックデータ調査、専門家派遣



2. 2 ①水素／天然ガス混焼、アンモニア／軽油混焼技術の研究

※第1期中長期計画からの継続研究

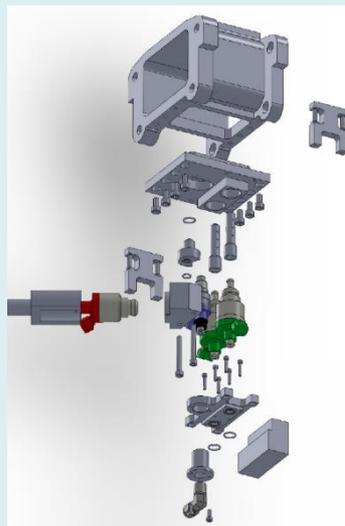


水素

- 天然ガスに水素を混焼利用する技術開発を実施。6気筒の実機エンジンに水素供給装置のレトロフィットシステムを開発し、幅広い負荷率で水素熱量混焼率90%以上を実証。
- 水噴射技術や排気再循環技術の効果検証。



高速ガスエンジン



水素供給装置



水噴射装置

アンモニア

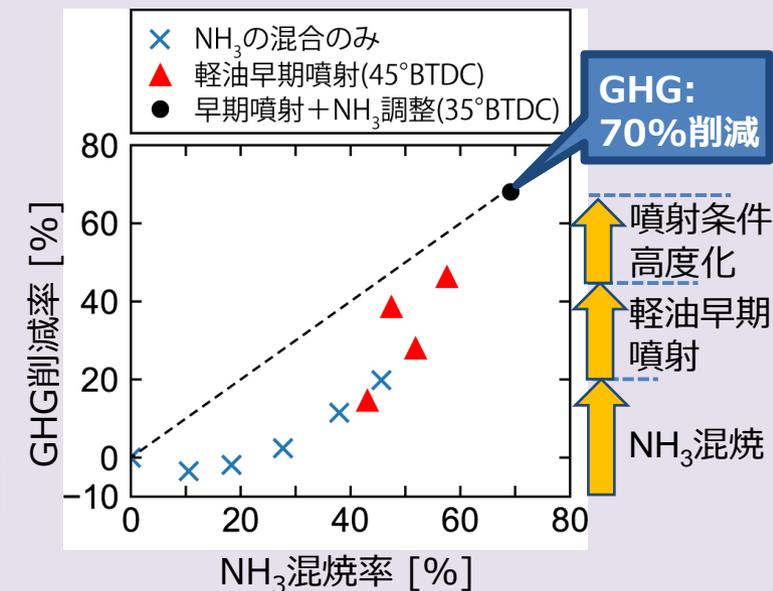
- 国内メーカーに先駆けて、軽油で運転するディーゼルエンジンにアンモニアを混焼する試験を実施し、エンジン特性や課題を明確にした。
- 軽油噴射制御の開発によってN₂O排出を抑制し、GHG削減率70%を達成した。



小型単気筒エンジン



船用中速ディーゼル機関



軽油の早期噴射の高度化による未燃NH₃とN₂Oの低減

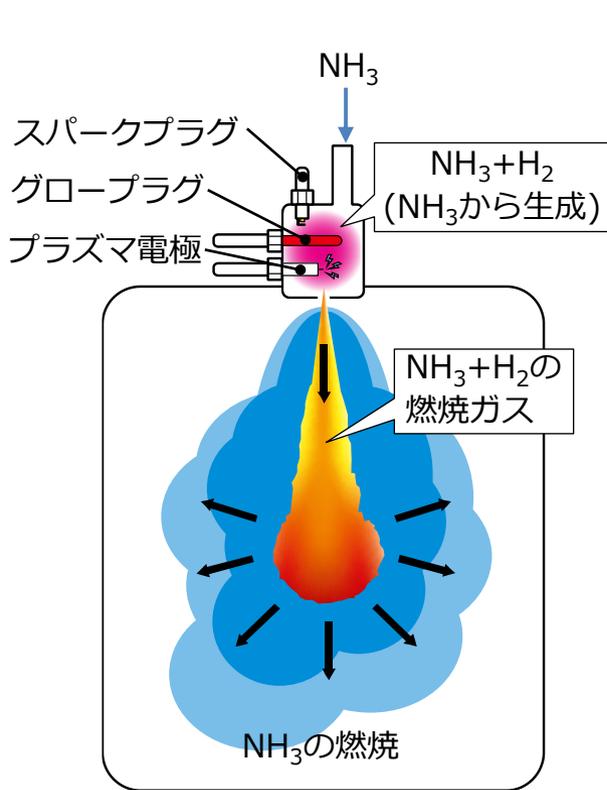
2. 3 ②水素専焼・アンモニア専焼コンセプトの開発

※第2期中長期計画からの新規研究

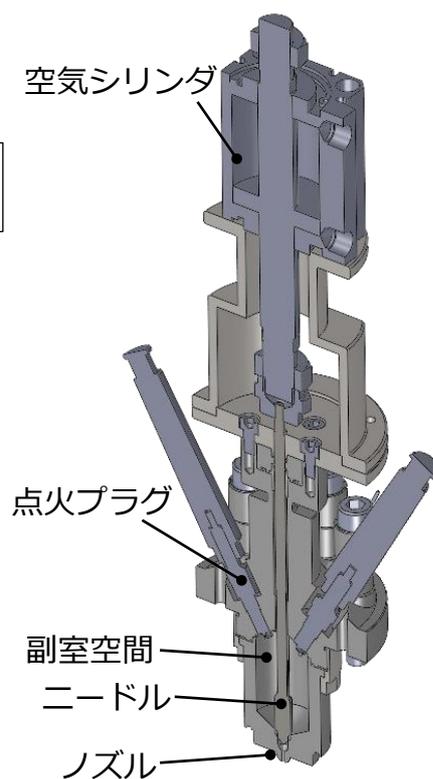


アンモニア専焼コンセプトの開発

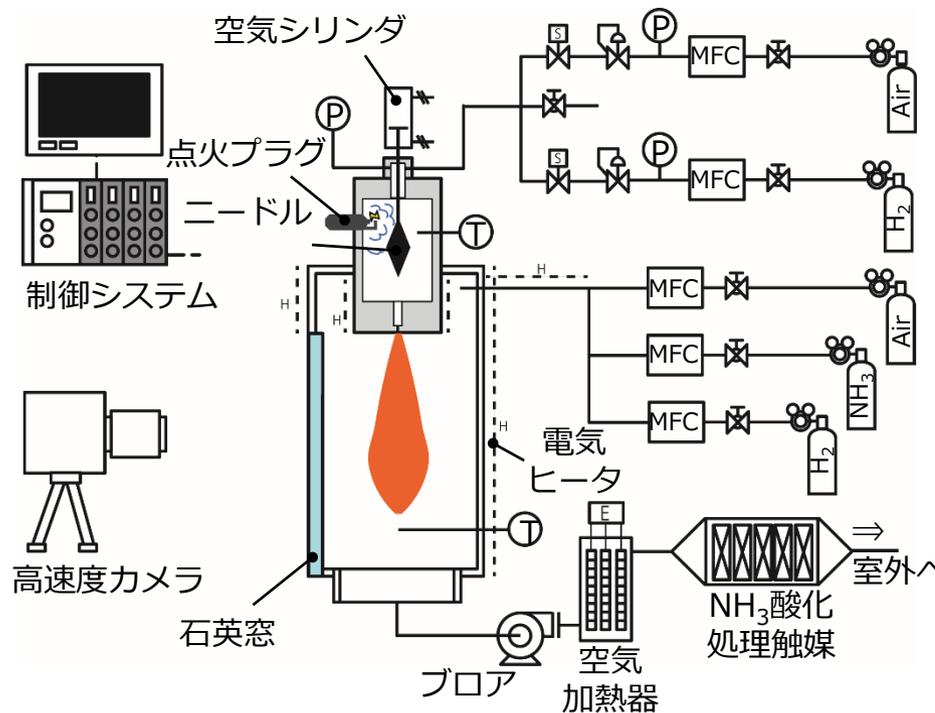
- NH_3 燃料は、着火しづらく燃烧速度が遅い。
- プラズマや熱分解を利用してアンモニア燃料のみで燃烧するための方法を、要素試験装置、高温高压燃烧容器を用いて開発する。第2期中長期計画中に実機関への適用を目指す。



NH_3 燃烧のコンセプト

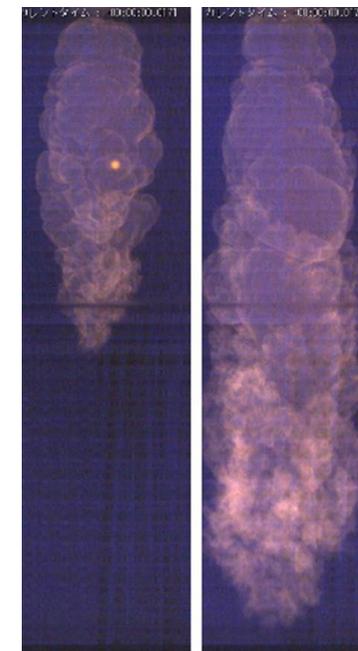


副室を模擬した
燃烧試験装置



$\text{NH}_3 + \text{H}_2$ 混合ガスの
燃烧試験

副室内当量比
 $\phi_{pre}=1.0$ $\phi_{pre}=2.0$



主室; $\text{NH}_3:\text{H}_2=60:40$ v/v%, $\phi_{main}=1.0$
燃烧可視化の例

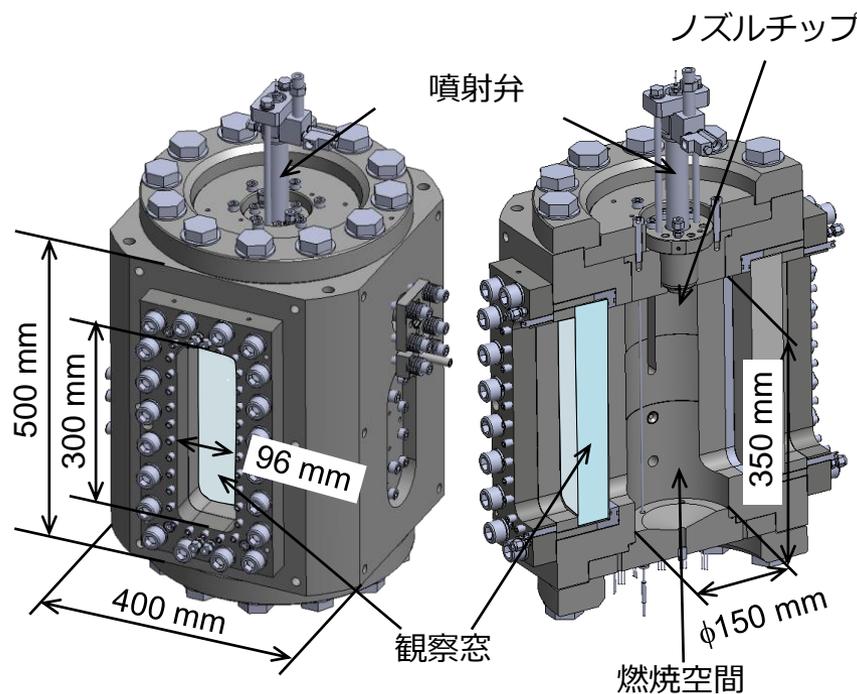
2. 4 ③水素・アンモニアの燃焼解析技術の高度化と基礎燃焼の研究

※第2期中長期計画からの新規研究



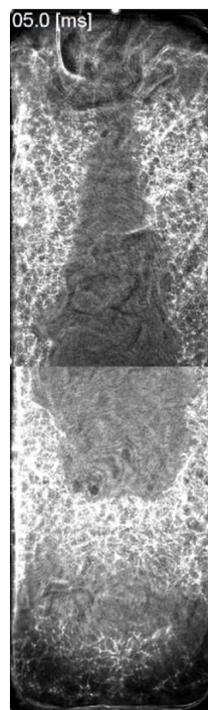
● 高度な大型試験装置と可視化計測手法による燃焼実験を実施

- 燃焼シミュレーションのための検証データの取得
- エンジン設計パラメータ（噴射条件等）適正化のための研究
- 補助燃料評価のための研究
- 新燃焼コンセプトの開発のための研究

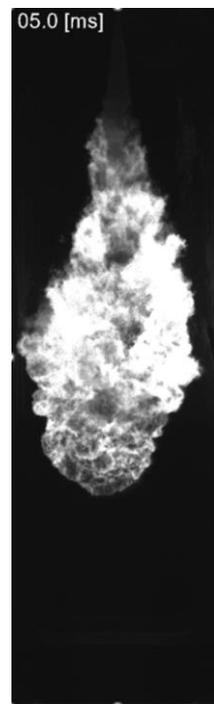


開発済み円筒型大型燃焼容器の外観

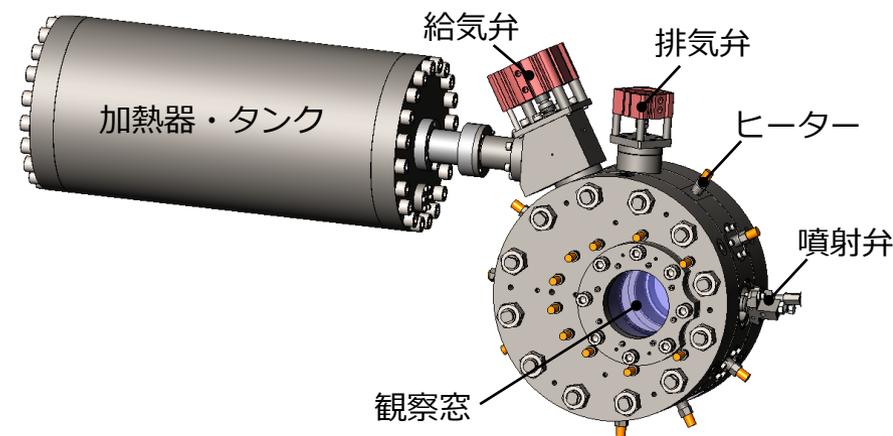
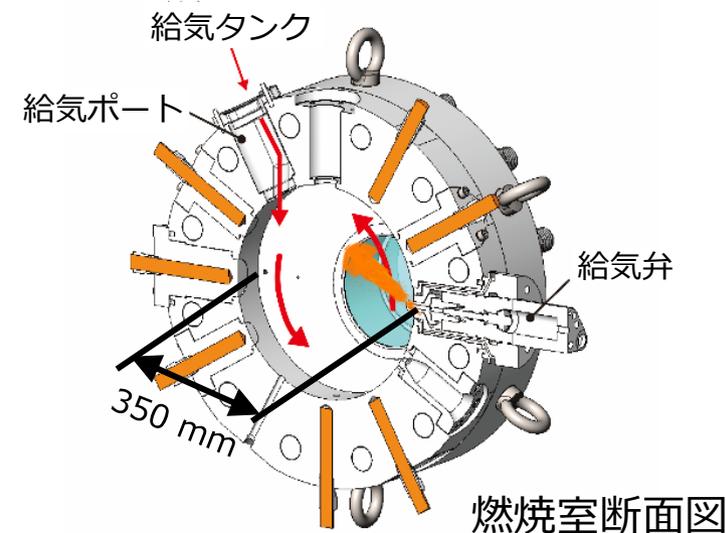
(株) ジャパンエンジンコーポレーションと共同開発、NH₃層状噴射の研究を実施



セタン
非燃焼噴霧
(シャドウグラフ)



セタン
燃焼噴霧
(直接撮影)



新規開発中のパンケーキ型大型燃焼容器外観

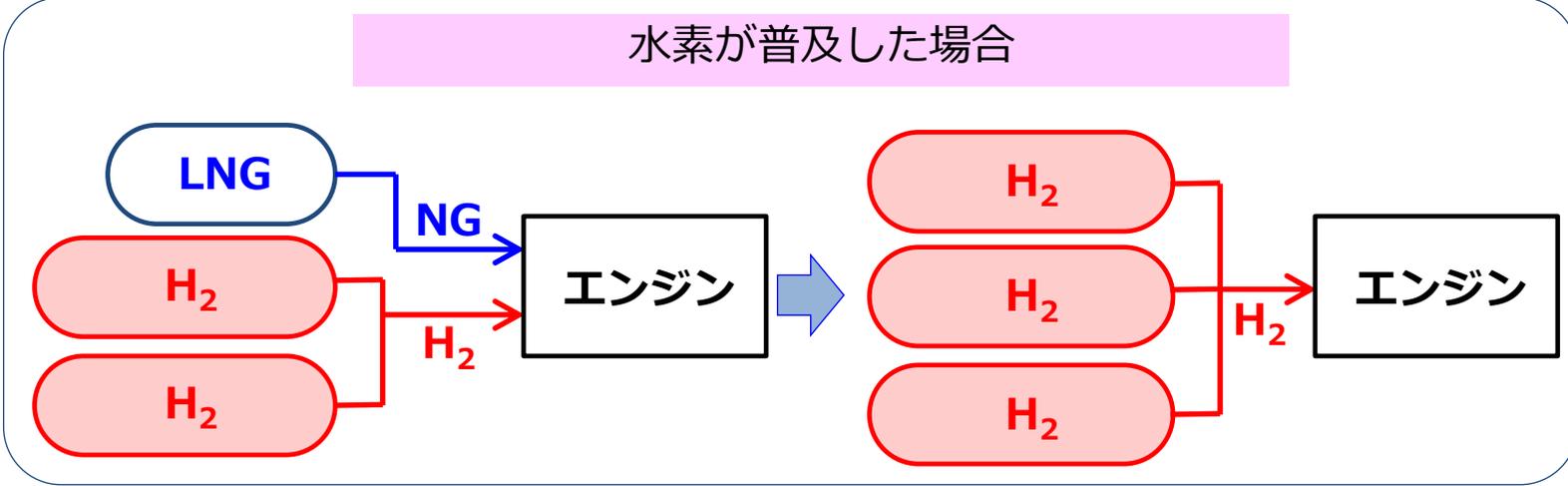
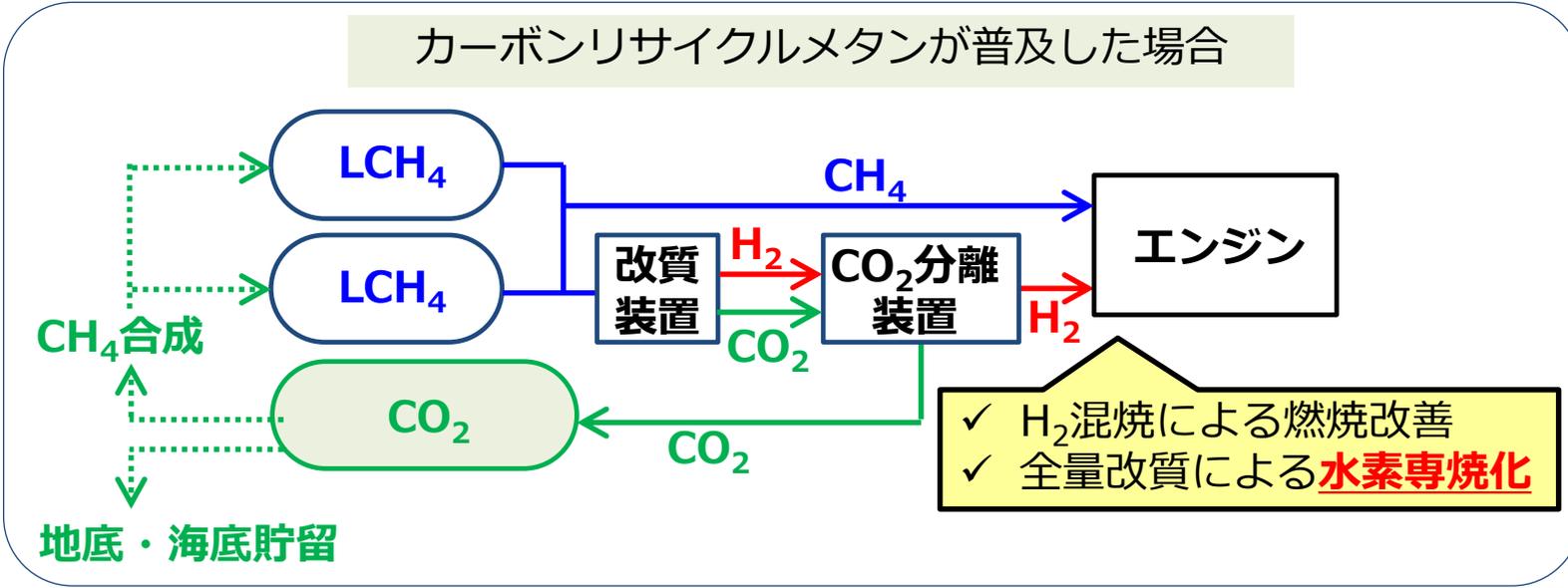
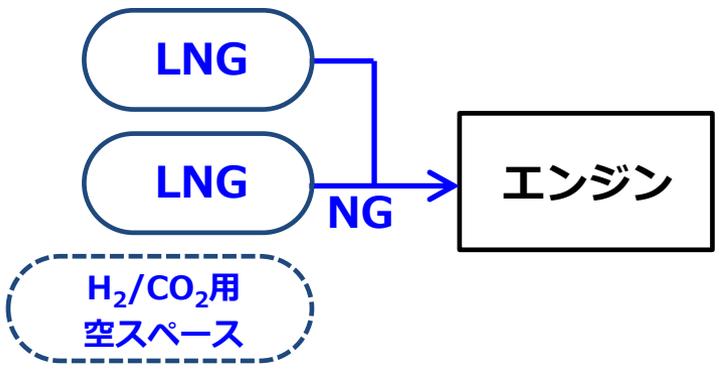
(株) ジャパンエンジンコーポレーションと水素ディーゼル燃焼の共同研究を実施中

3. 水素／天然ガスの専焼・混焼エンジン研究の紹介

3. 1 水素／天然ガスの専焼・混焼エンジンのコンセプト



初期：LNG燃料船
(カーボンニュートラルレディ船)



カーボンニュートラル化の方向性やインフラの整備状況、地域ごとの違いに応じて、柔軟に対応できる、カーボンニュートラルレディ船を想定

3. 2 水素／天然ガスの専焼・混焼エンジン研究の 目的と発表の概要



研究の目的

水素専焼、天然ガス専焼，両燃料混焼の全てが可能な中・高速4ストロークガスエンジン技術を開発する。
特に燃焼速度が速く、着火し易い水素の燃焼制御技術、安全管理技術に着目する。

研究の手段

発電出力400kWの都市ガス用リーンバーンガスエンジンに対して、水素供給システムをレトロフィットし実験的に研究

発表の概要

幅広い負荷率において、水素高混焼率時の燃焼特性、NOx排出率、未燃燃料排出などのエンジン基本性能を、都市ガス専焼時と比較した結果を紹介する。

<水素高混焼率運転時のエンジン調整の方針>

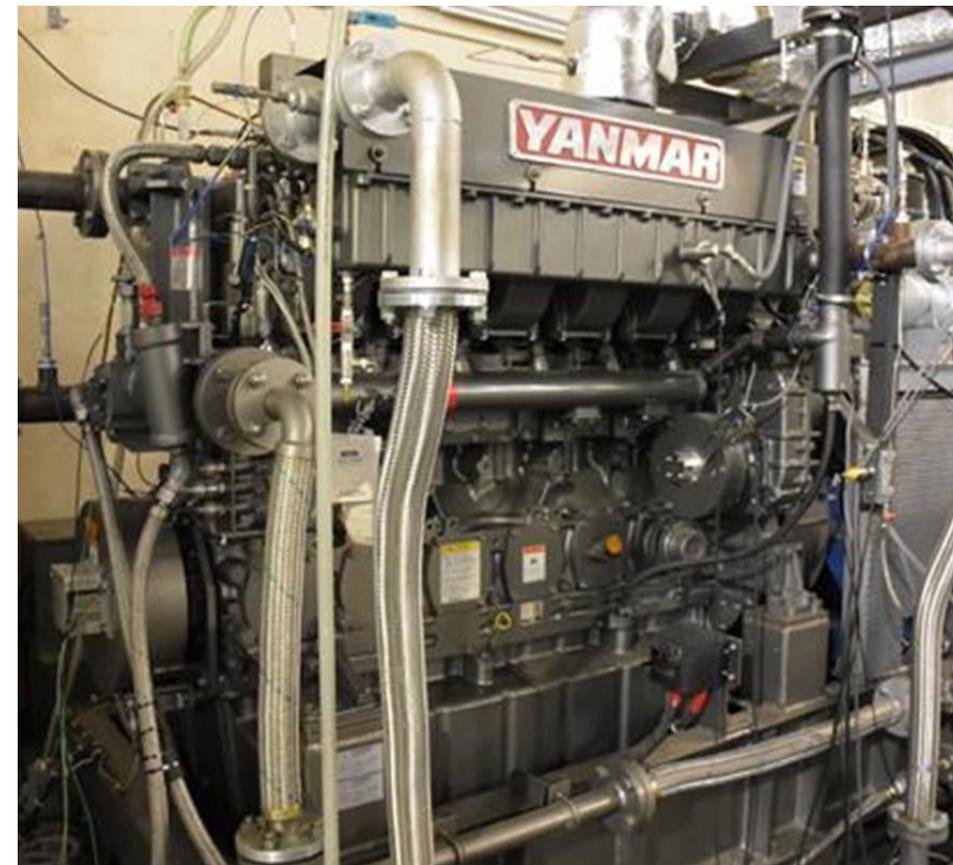
- 水素の急速な燃焼を抑制するためメインスロットルを全開にして可能な限り希薄化
- 燃焼安定化のために副室燃料供給を停止
- 燃焼重心位置が都市ガス専焼運転に近づくように点火時期を調整

3. 3 水素供給システムをレトロフィットしたエンジン



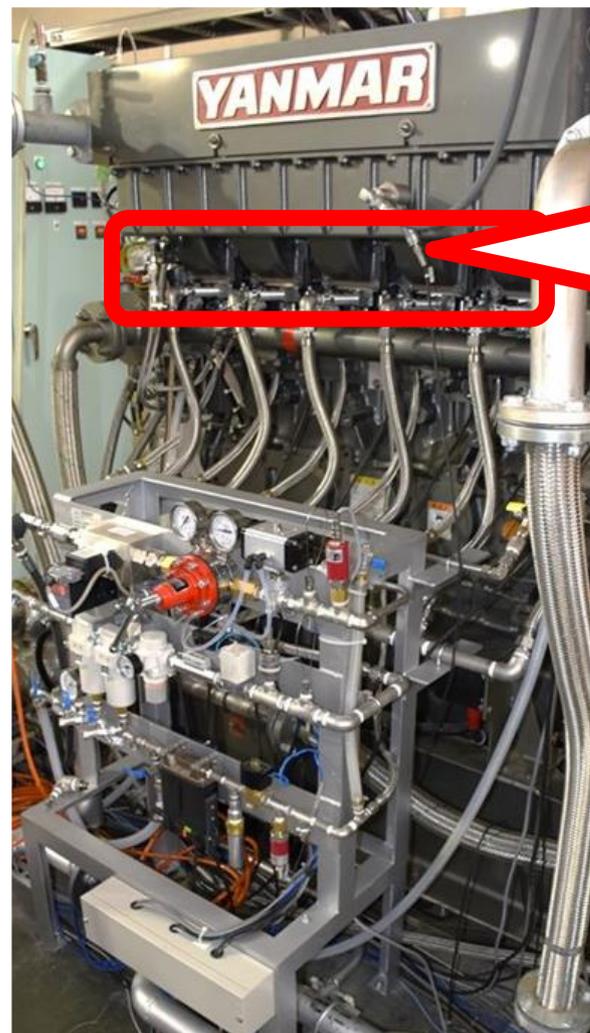
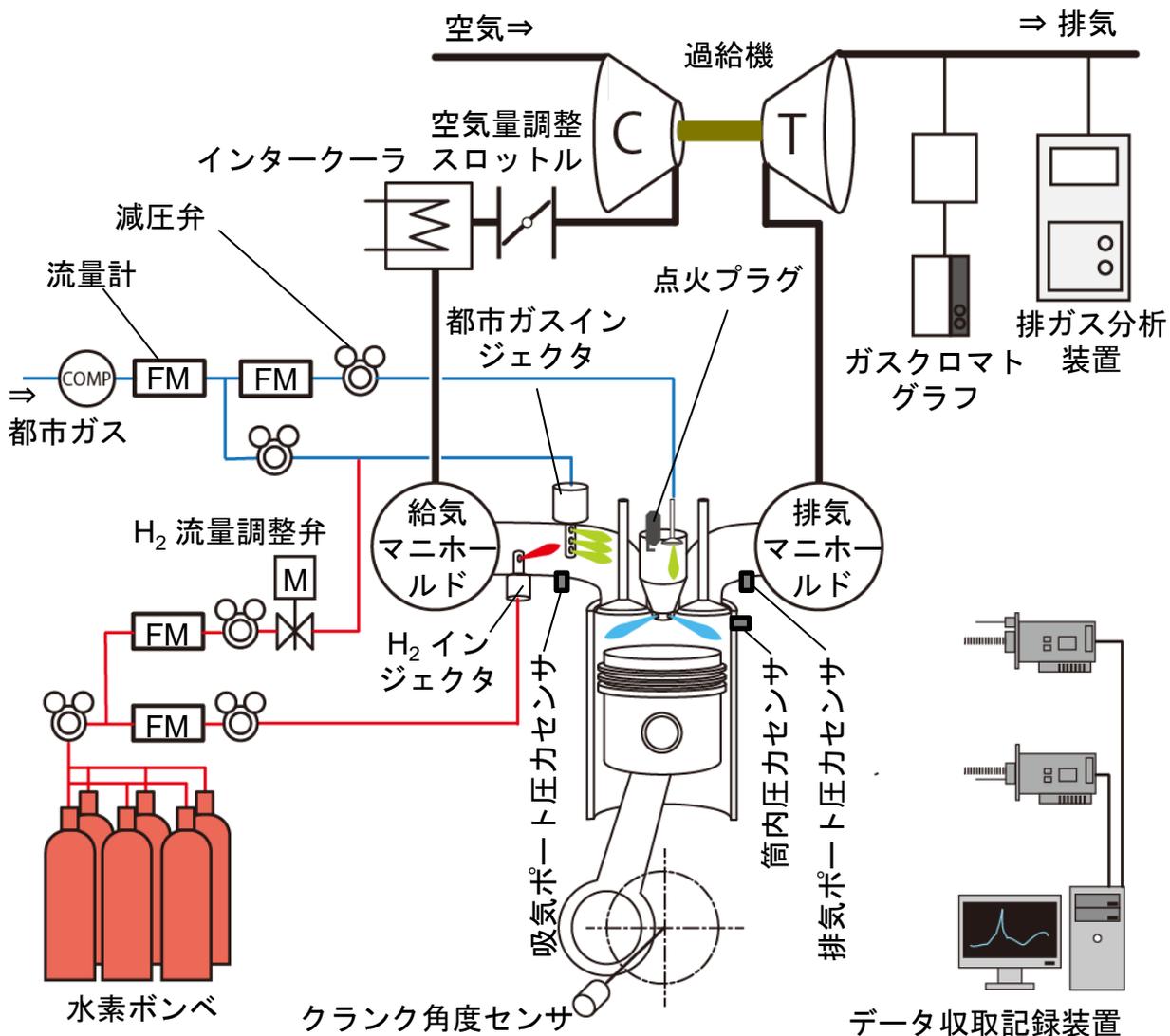
ガス機関の諸元

名称	AYG20L-SE (ヤンマー)
発電出力/回転速度	400 kWe / 1800 min ⁻¹
燃焼方式	ガス専焼/副室火花点火 /希薄燃焼
ボア/ストローク	155 mm / 180 mm
気筒数	6 気筒
総行程容積	20 L
負荷	発電機 + 抵抗器
使用燃料	都市ガス(13A)

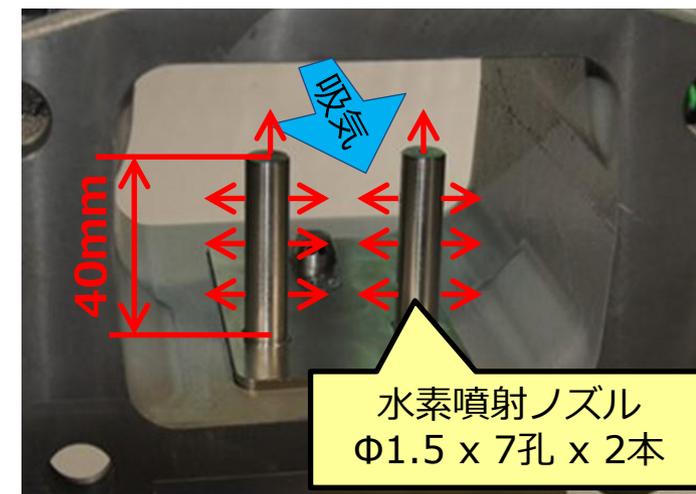
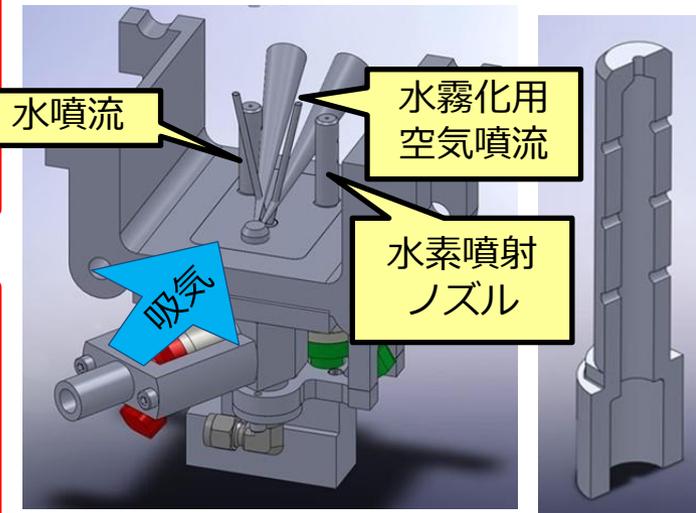


ガス機関の外観

3. 4 独自に開発した水素供給システム

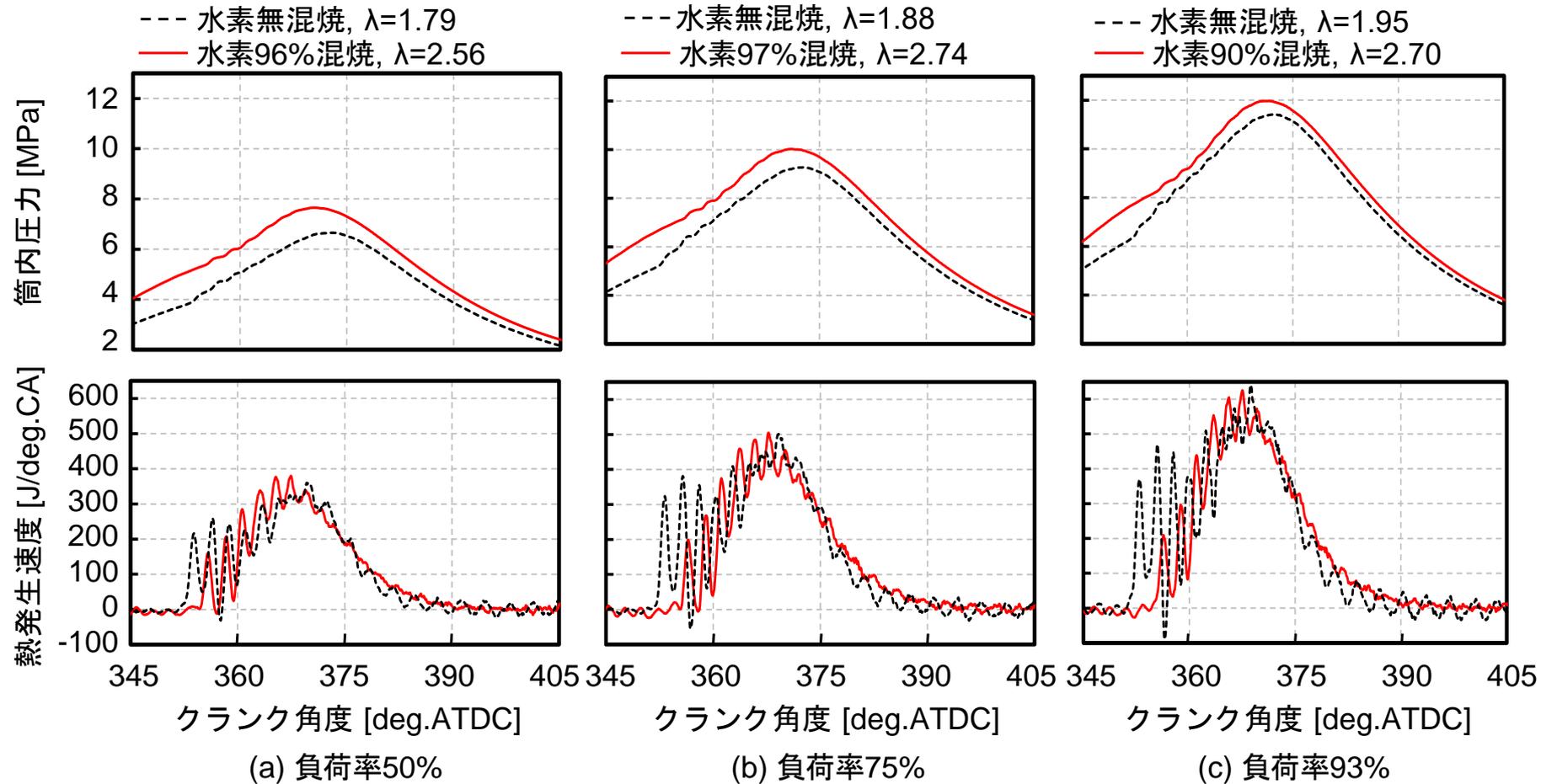


水素供給システム設置の様子



水素噴射ノズル設置の様子

3. 5 水素高混焼率運転時の燃焼特性

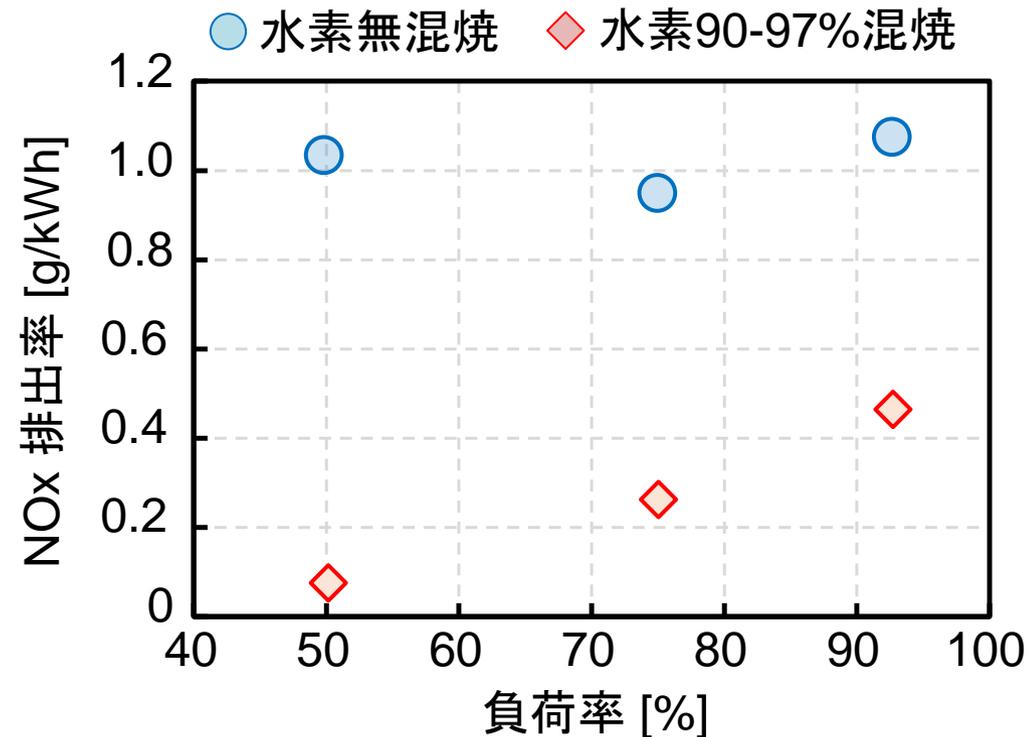
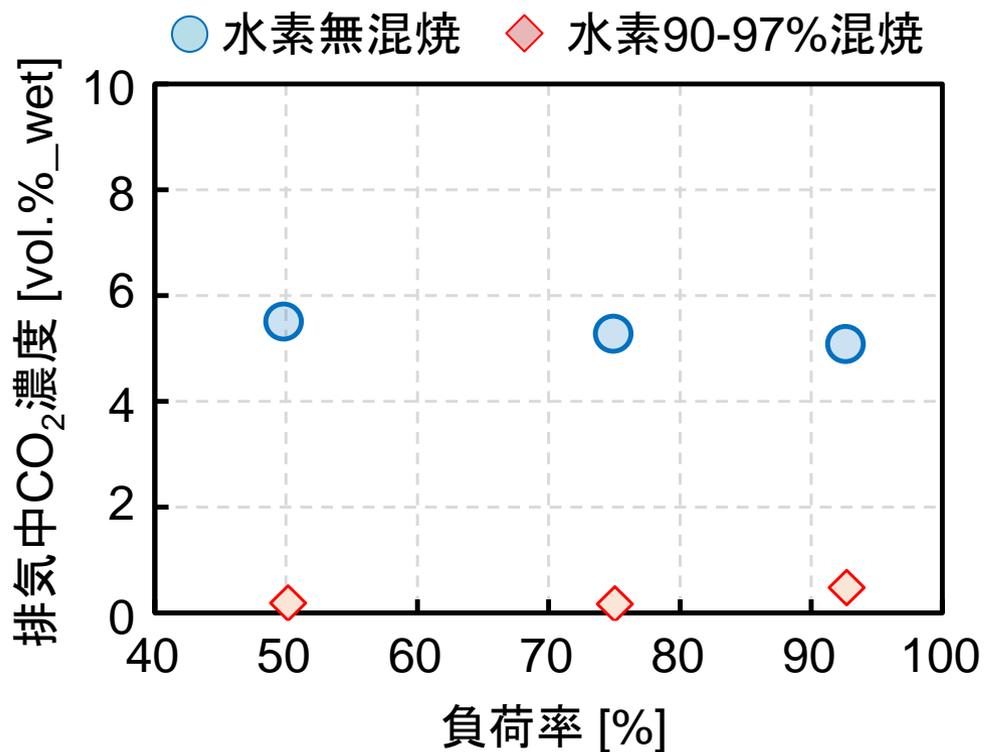


- ✓ 安定燃焼と燃焼速度抑制が可能
- ✓ 最大筒内圧力は僅かに増大
- ✓ 異常燃焼は発生していない



適切な燃焼制御が可能であることが明らかになった。

3. 6 水素高混焼率運転時の排気特性 (CO₂とNOx)



✓ CO₂、NOx排出は大幅に低下



クリーンな排気により運転できることが明らかになった。

現在、船用水素専焼エンジンの実現に向けて、ヤンマーパワーテクノロジー（株）と共に研究開発を推進しており、安定運転技術の確立を目指す。

4. 次世代燃料エンジンの研究開発の展望



海上技術安全研究所では、次世代燃料エンジンに関する、チャレンジングな技術開発（アンモニア専焼技術など）や民間企業では実施困難な課題（燃焼可視化研究など）について研究を積極的に推進する。

研究で得た知見を講演会や論文、データベースなどによって広く公開するとともに、民間企業との共同研究・開発を行い、舶用産業における技術開発の活性化に貢献する。

国際基準・規則の策定への参画や、行政からの技術的要請に積極的に関与し、船舶からのGHG削減に関する国際競争力強化や海上輸送の安心・安全に貢献する。

ご清聴ありがとうございました

