

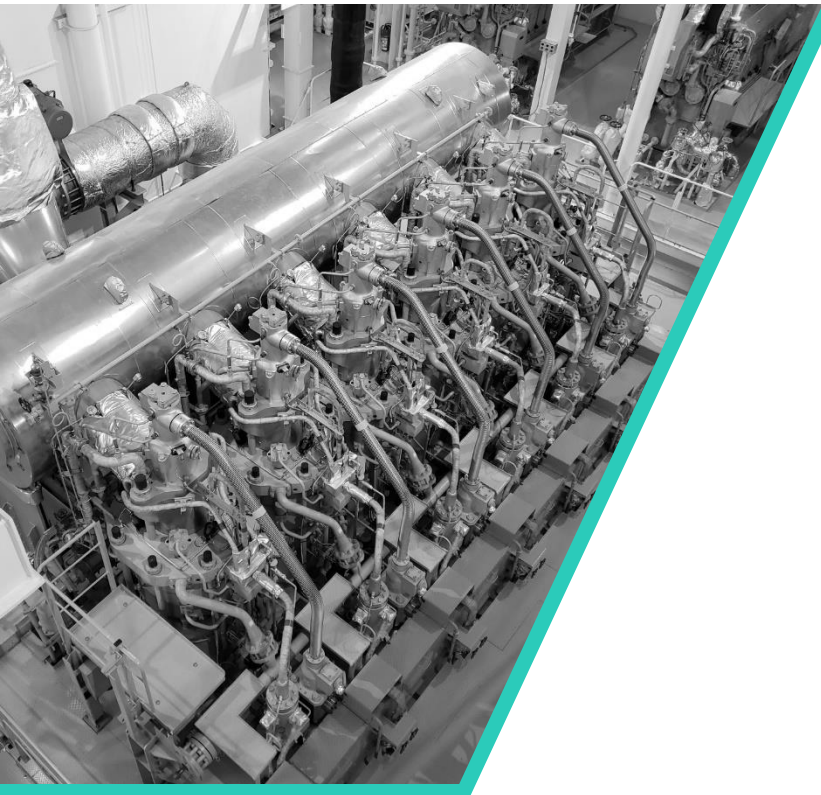
www.j-eng.co.jp



UEエンジンの脱炭素化に向けた取り組み

2023年12月5日

株式会社ジャパンエンジンコーポレーション
開発部 部長
江戸 浩二



1. J-ENGとUEエンジンについて
2. GHG削減に向けた取り組み

三菱重工船用機械エンジン株式会社

船用エンジン事業

- UEエンジン開発
- ライセンスビジネス
- アフターサービス

1955 UE初号機製造

船用機械事業

- MET過給機
- 船用タービン/ボイラ
- 舵取り機 他

ジャパンエンジンコーポレーション 2017年4月 発足



神戸発動機株式会社

- UEエンジン製造
- アフターサービス

1957 UEライセンス契約

高度技術支援

三菱重工業株式会社

総合研究所

技術戦略推進室

バリューチェーン本部

ICTソリューション本部

ジャパンエンジンコーポレーション

三菱重工業における約70年間(1955～2016)に亘る純国産ブランド **UEエンジン**の開発・製造を継承した、
開発・設計・製造・アフターサービスに一貫体制でワンストップ対応する、**世界で唯一のライセンサー**

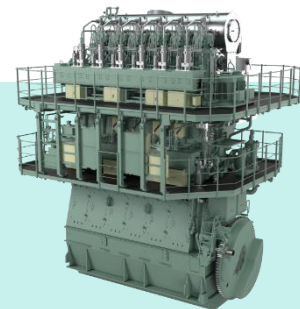
- ⇒ **エンジン開発のエキスパート集団** + 一貫体制を支える多様な組織・人的リソース
- ⇒ **蓄積された要素技術**の活用、**三菱重工業総合研究所**の活用
- ⇒ エンジン製造に係る国内**サプライチェーン**と、多くの**国内外友好顧客基盤**を有する



UEエンジン

海外ブランドに対抗出来る唯一の**純国産低速2ストロークエンジン**

- ⇒ 純国産技術による開発であり、**コア技術が海外へ流出しない**
- ⇒ キーテクノロジーは全て自社開発であり、**ブラックボックスがない**
- ⇒ 国内エンジンメーカーへの**ライセンス供与**による、製品の普及拡大に努める
- ⇒ 一方、国内先行者利益享受の後には、海外への技術移転も視野に、市場シェアの更なるアップ



UEエンジンの歴史（開発の変遷）



6UEC50LSH-Eco

5UEC50LSJ

6UEC42LSH-Eco

6UEC33LSH

6UEC35LSJ



6UEC50LSE



6UEC35LSE-Eco



8UEC60LSII-Eco

水素燃料エンジン

UEC35LSGH

UEC60LSJA

アンモニア燃料エンジン

UEC50LSJA

UEC60LSH-Eco

UEC35LSJ

UEC33LSH

UEC42LSH-Eco

UEC50LSJ

UEC50LSH-Eco

UEC33LSE

UEC80LSE-Eco

UEC35LSE

UEC35LSE-Eco

UEC45LSE

UEC45LSE-Eco

UEC50LSE

UEC50LSE-Eco

UEC60LSE

UEC60LSE-Eco

UEC68LSE

UEC52LSE

UEC52LSE-Eco

UEC-LSII

UEC-LSII-Eco

UEC-L/LA/LS

UEC-H/HA

UEC-A/B/C/D/E

Eco, LSJ : Electronically controlled engine

1955

1960 1970 1980 1990 2000 2005 2010 2015 2020 2025

グリーン技術

NOx

CO₂

GHG

SOx

DX

超低燃費 LSH エンジン

UEC33LSH

50LSH/42LSH version 4

新機種UEC60LSHの開発

層状水噴射 LSJ エンジン

MGO専焼UEC50LSJ

MGO専焼UEC35LSJ

⇒ シリーズ展開

デジタル技術

デジタルイゼーション推進

状態監視の高度化、CBM実現
⇒ デジタルツイン、自律・自動運転

NOx Tier3へ柔軟に対応

低圧 EGR

低圧 SCR

高圧 SCR

GHG削減

100%バイオ実証運転

アンモニア燃料エンジン

(UEC-LSJA)

水素燃料エンジン

(UEC-LSGH)

中国

韓国

日本

CSE

CSSC Engine Co., Ltd.
(Qingdao)



HHI

Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.
(Ulsan)



YMD

Yichang Marine Diesel Engine Co., Ltd.
(Yichang)



GDF

Guangzhou Diesel Engine Factory Co., Ltd.
(Jingjiang)



YDE

Zhejiang Yungpu Diesel Engine Co., Ltd.
(Ningbo)



BDD

Shipbuilding Industry Corporation (SBIC)
/Bach Dang Demco
(Haiphong, Vietnam)



ジャパンエンジン

本社工場
(兵庫県明石市)

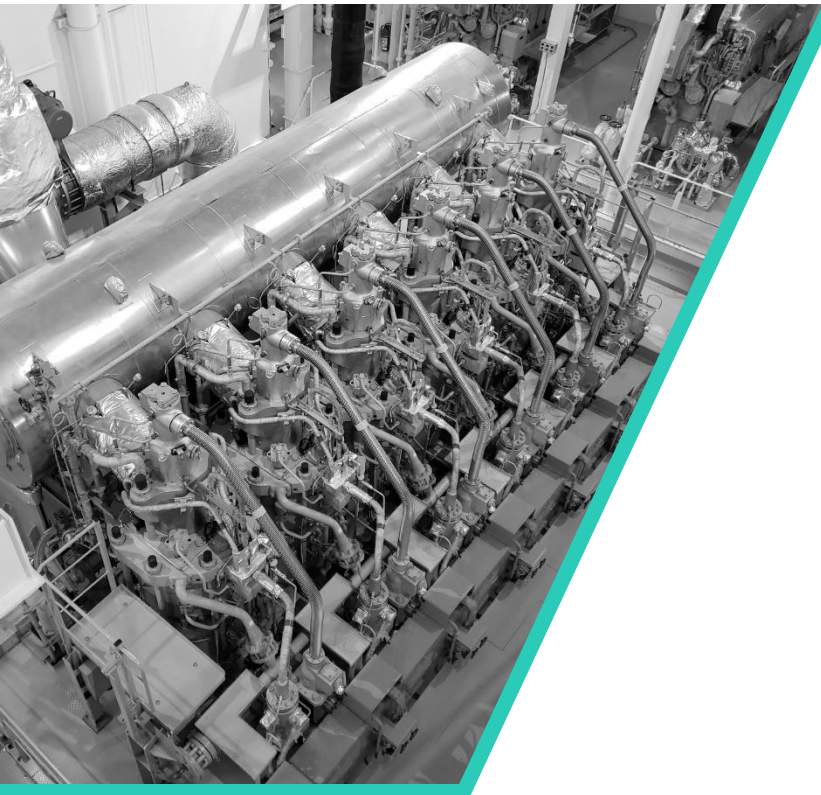


ベトナム

赤坂鐵工所

本社工場
(静岡県焼津市)



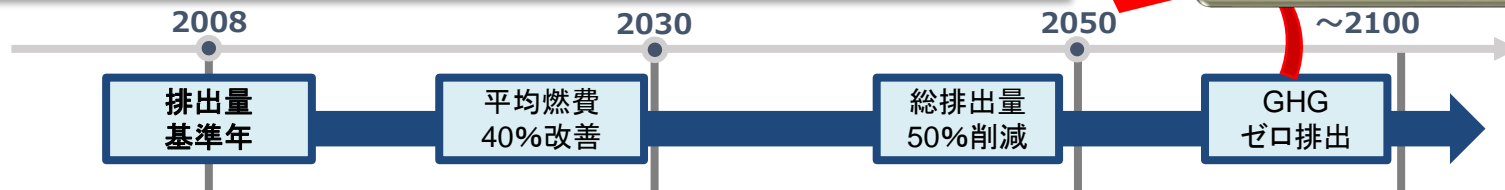


1. J-ENGとUEエンジンについて
2. GHG削減に向けた取り組み

国際海運のカーボンニュートラルに向けた最新の動き

2015年パリ協定⇒2018年 IMO-GHG削減戦略

カーボンニュートラルへ
向けた動きが大きく加速



2021年10月 国土交通省 『国際海運2050年カーボンニュートラルを目指し、IMOに提案』を表明

2021年10月 日本船主協会 『2050年GHGネットゼロへの挑戦』を表明

2021年10月 G20首脳宣言

2021年11月 COP26 (第26回気候変動枠組条約締約国会議)

2022年 5月 G7 気候・エネルギー・環境大臣会合

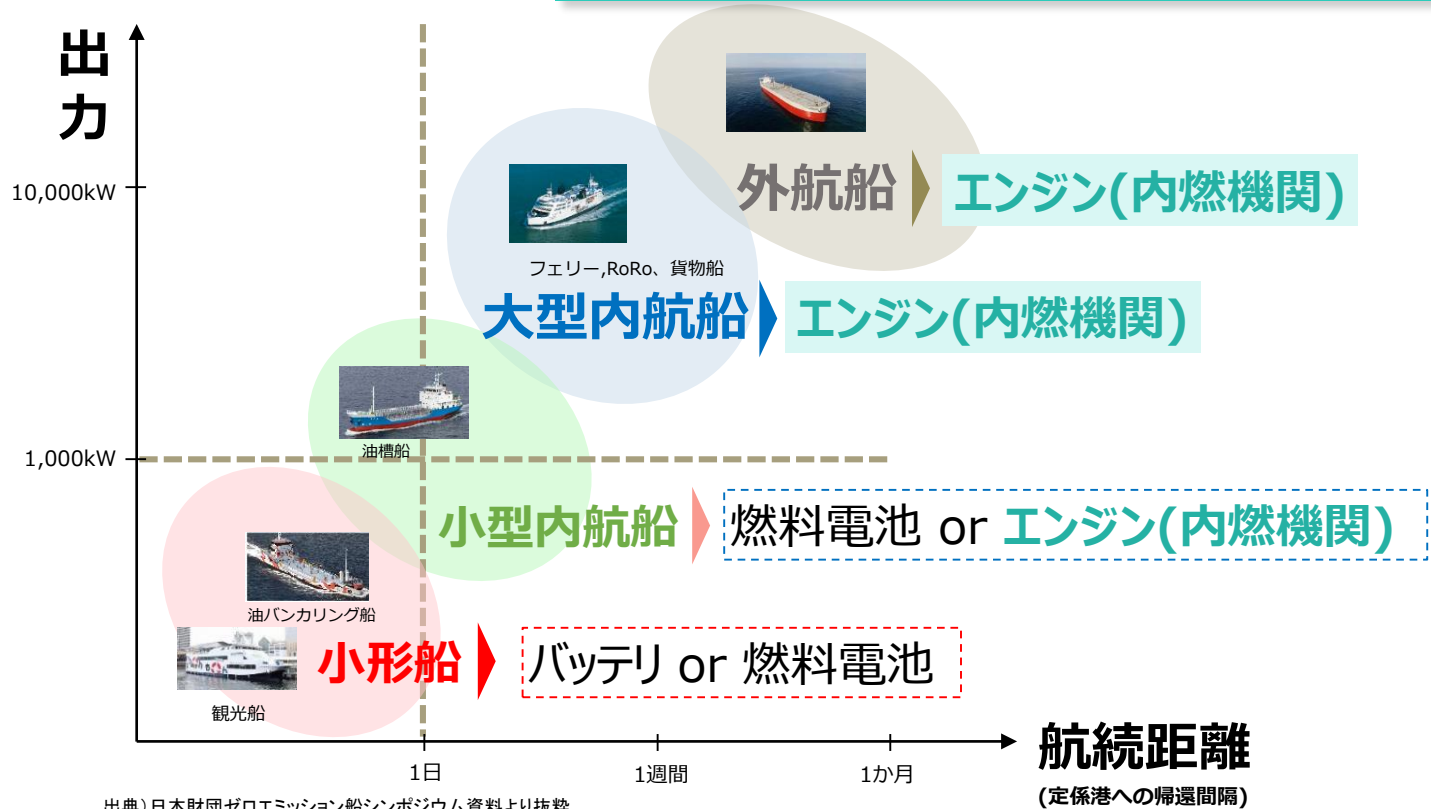
2022年 6月 IMO-MEPC78 GHG削減戦略改定の議論を進めることで合意

2022年11月 COP27 (第27回気候変動枠組条約締約国会議)

2022年12月 IMO-MEPC79 GHG削減戦略の見直し作業を継続

2023年 7月 IMO-MEPC80 【2050年頃までにGHG排出ゼロ】など新たに強化された削減目標を含む「2023年IMO温室効果ガス削減戦略」を採択

大型内航船・外航船には、内燃機関が必要



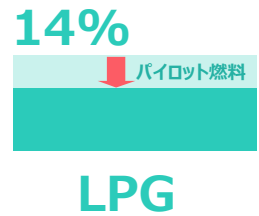
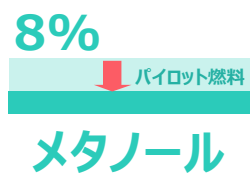
出典) 日本財団ゼロエミッション船シンポジウム資料より抜粋

低炭素・脱炭素燃料によるGHG削減率

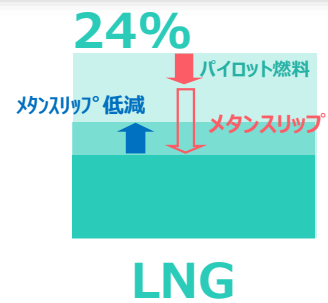
脱炭素燃料
N2Oの発生を抑制しつつ、アンモニアの混焼率を高めることが技術課題

低炭素燃料（化石燃料由来）
GHG削減効果 25%以下程度
⇒ ブリッジソリューションの位置づけ

ブリッジソリューション



低炭素燃料



LNG



アンモニア

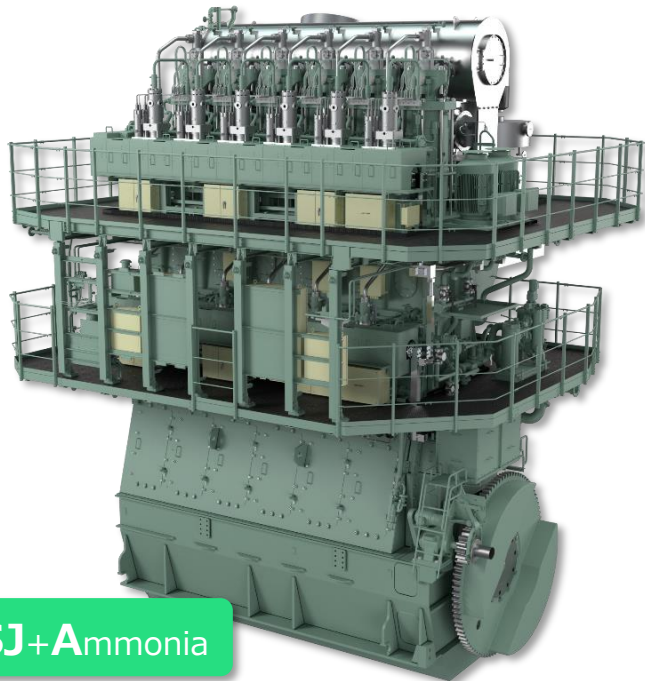


水素

カーボンニュートラル

UEC50LSJA

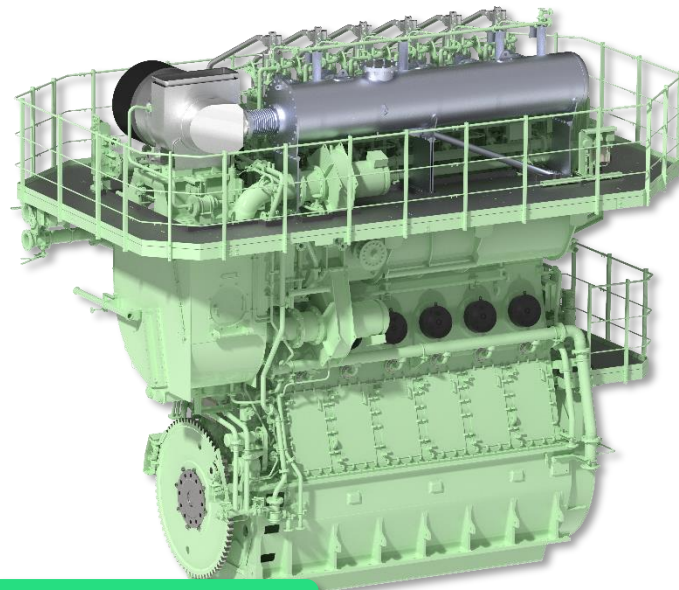
アンモニア燃料エンジン（2025年 完成予定）



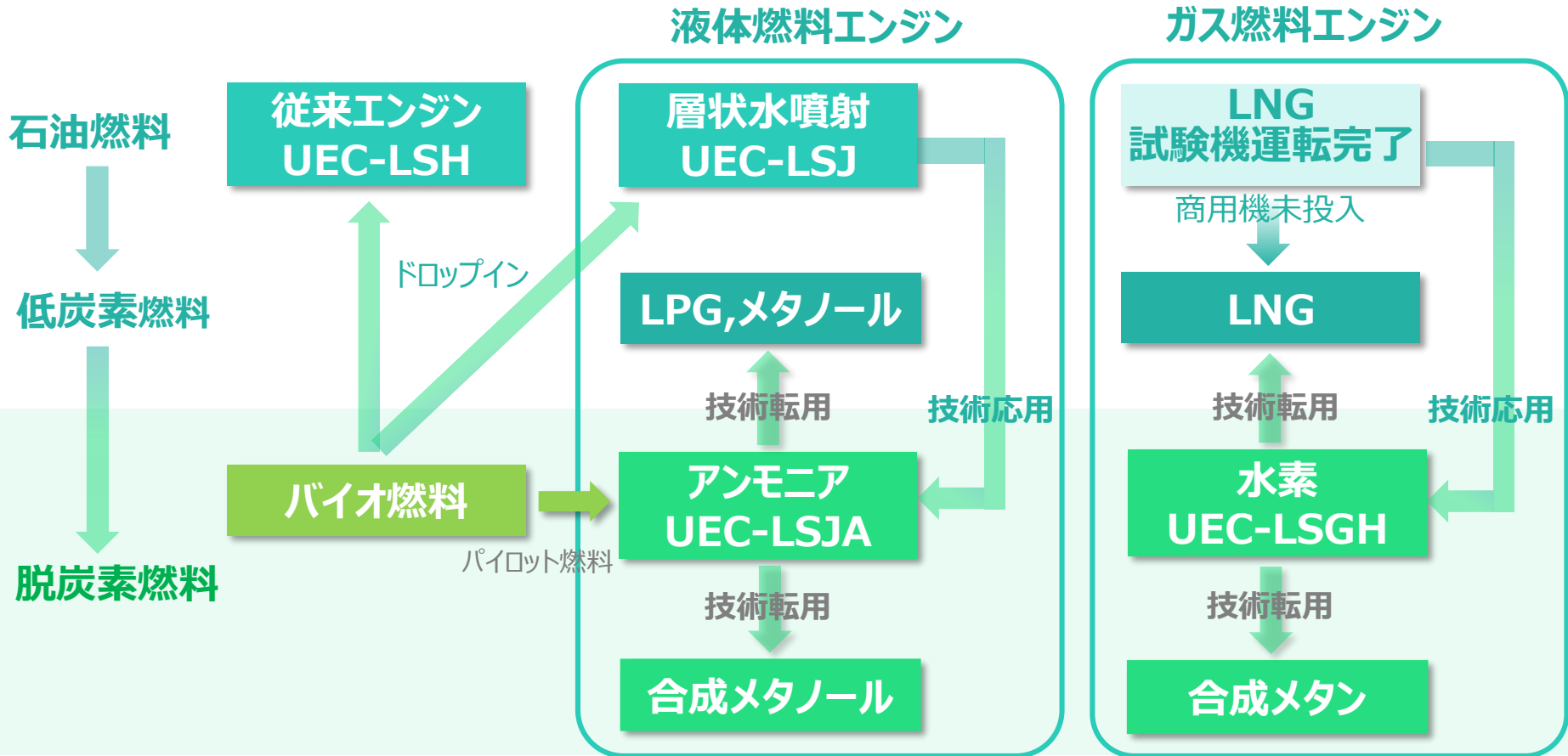
LSJ+Ammonia

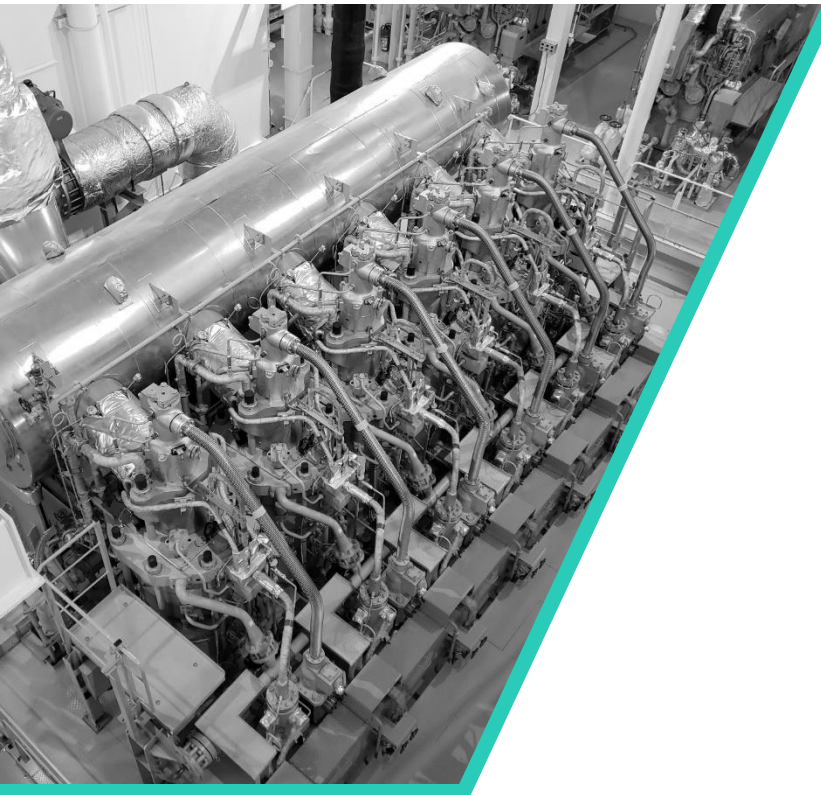
UEC35LSGH

水素燃料エンジン（2026年 完成予定）



LSGi+Hydrogen



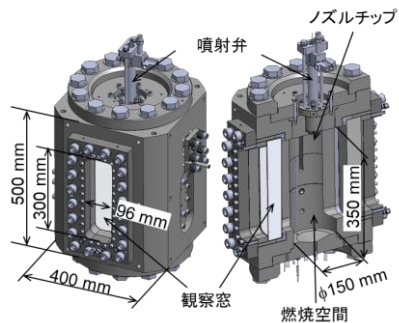


海技研殿とのコラボレーション

共同研究 『カーボンフリー燃料を用いた燃焼に関する共同研究』

低速大型2ストロークエンジンの燃焼を模擬することができる 可視化定容積燃焼容器とその実験システムを開発

- ✓ 温度・圧力形成法には、高温に加熱した容器に対して、高温・高圧のガスを充填する方法を採用
- ✓ 低速大型2ストロークエンジンの燃焼模擬のため、大型燃焼空間を設計
- ✓ 透過型光学計測が適用できるよう大型観察窓を対面する2カ所に設置



試験装置 (定容積燃焼容器)

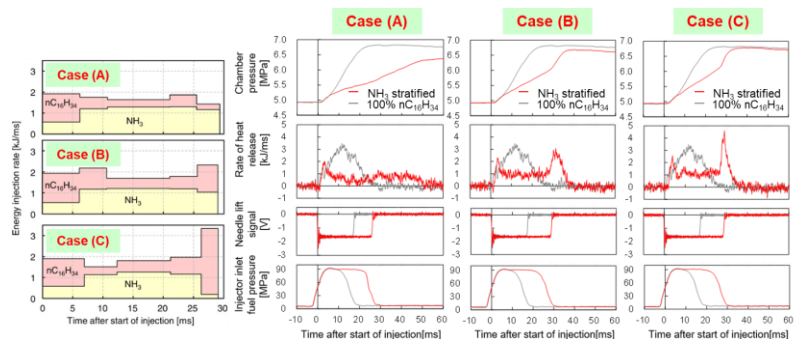
プレスリリース (2019/9/24)

海技研とカーボンフリー燃料を用いた燃焼に関する共同研究契約を締結

株式会社ジャパンエンジンコーポレーション(J-ENG)は、地球温暖化対策の一環である脱炭素化に向けた取り組みとして、水素やアンモニア等のカーボンフリー燃料を用いた燃焼に関する共同研究契約を、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(海技研)様と締結しました。

カーボンフリー燃料とは燃料中に炭素原子を含まない燃料のことで、燃焼時に二酸化炭素を排出しないことから、地球温暖化対策における温室効果ガス(GHG)の排出量を削減、或いはゼロにできると期待されています。なかでも水素エネルギーは脱炭素社会を達成するための有望なエネルギーキャリアとしての期待が高まっており、液化水素、アンモニアなどが注目されて、様々な研究が実施されています。

J-ENGは、海運業界におけるGHG削減と、将来のエネルギー社会のあり方として、地球温暖化が防止できる「脱炭素社会」の実現を目指すべく、新たな燃料の研究開発にも積極的に取り組んで参ります。



熱発生特性試験結果

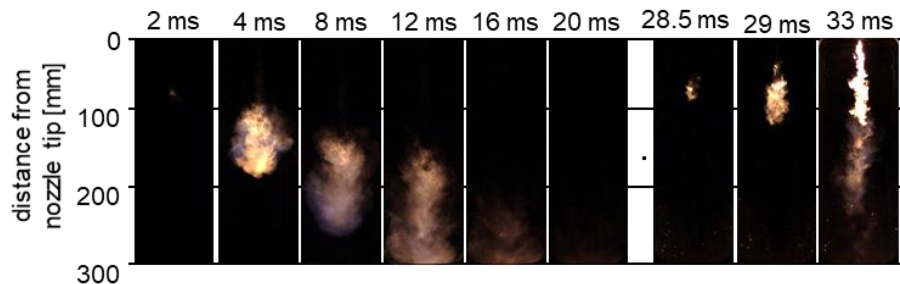
GI基金 NEDO助成事業『アンモニア燃料国産エンジン搭載船舶の開発』

層状アンモニアの基礎噴射・基礎燃焼試験を委託

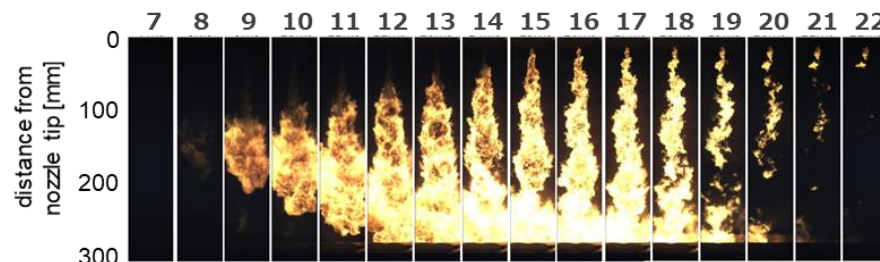
- ✓ 高速度カメラ等の光学計測機器による燃焼状態の観察
- ✓ 基本燃焼特性の考察
- ✓ 層状噴射において、ポスト燃料により、未燃NH₃およびN₂Oの排出が低減できることを確認



実験時の外観（断熱材を設置）



燃焼観察結果（アンモニア層状噴射）

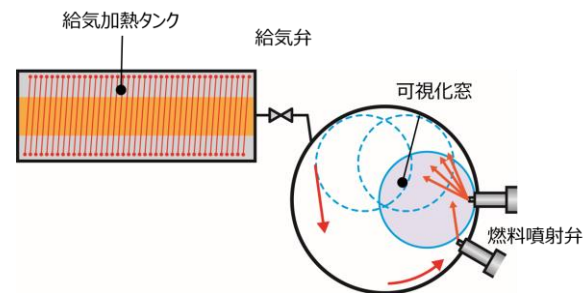
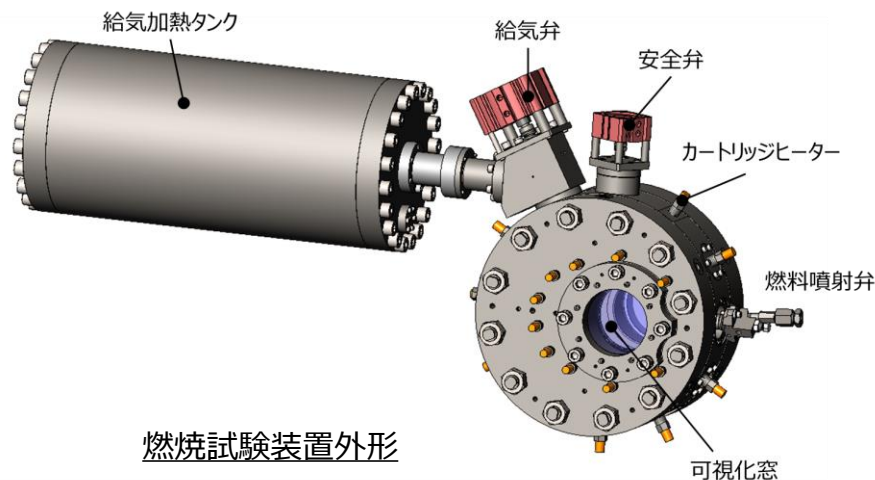


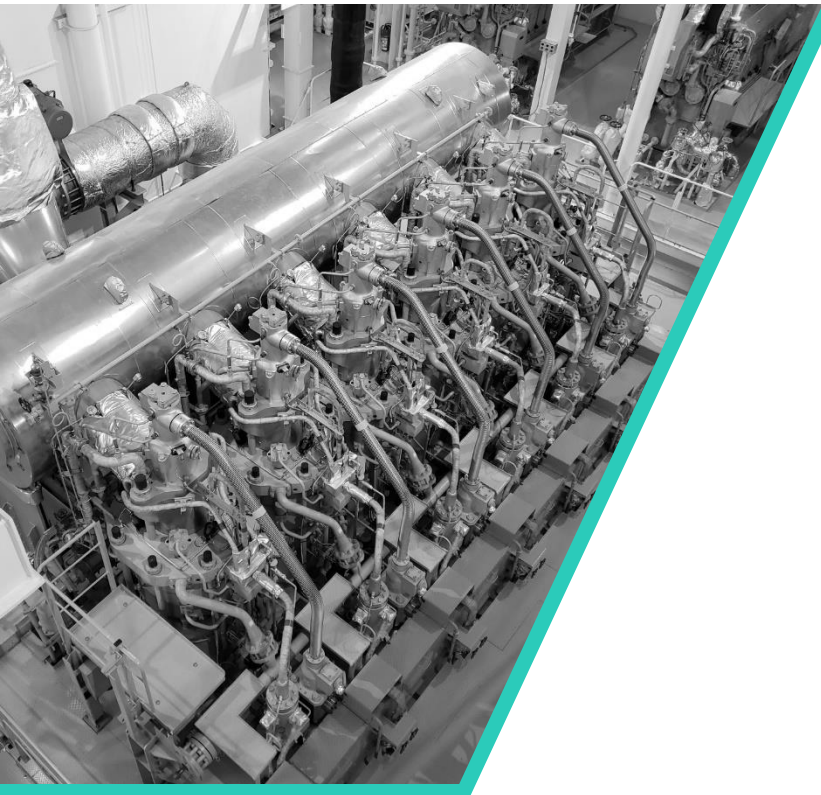
燃焼観察結果（従来燃料）

共同研究 『水素燃料を用いたディーゼル燃焼に関する共同研究』

水素拡散燃焼の基礎噴射・基礎燃焼試験の共同研究

- ✓ 筒内スワールの影響、複数噴孔での噴射・燃焼が考慮できる、海技研所有の可視化定容積燃焼容器を使用
⇒低速大型 2 ストロークエンジンの燃焼を模擬
- ✓ 可視化定容積燃焼容器による、水素拡散燃焼の燃焼状態の観察を実施
- ✓ 基本燃焼特性の考察





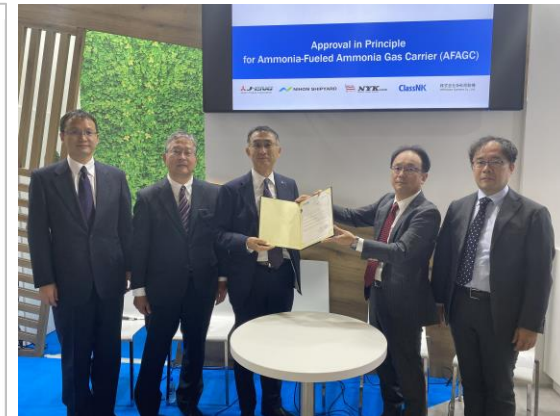
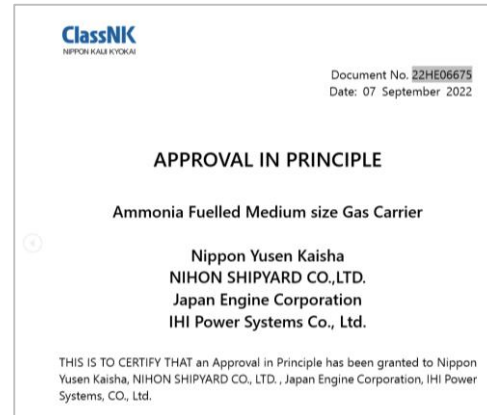
アンモニア燃料エンジンの開発

ボア50cmのアンモニア燃料
エンジン UEC50LSJA を開発。
2025年度に完成し、アンモニア
輸送船に搭載のうえ実証運航を
行います。



グリーンイノベーション基金事業
ジャパンエンジンコーポレーション
日本郵船様、日本シッパード様
IHI原動機様、日本海事協会様

2022年9月7日 日本海事協会様よりアンモニア
燃料アンモニア輸送船のAiPが授与されました。



2023年5月、低速2ストロークエンジンでは世界初となるアンモニア混焼運転をスタートした。今後、各種運転パラメータを最適化し、燃費や排ガス性能の見極め、安全性の実証を進めている。



アンモニア燃料試験エンジン



アンモニア燃料供給設備 及び関連機器

検証・最適化中

難燃性 燃焼速度がメタンの1/5と遅く、最低自発火温度651℃と高い
→独自の層状噴射技術による最適な燃焼制御

N2O 亜酸化窒素 温暖化係数がCO2比265倍のN2Oが生成される懸念あり
→層状噴射技術による生成量(排出量)のミニマイズ

Fuel NOx 燃料中にNを含み、Fuel NOx 発生の可能性あり
→排ガス後処理装置 (SCR) の適用

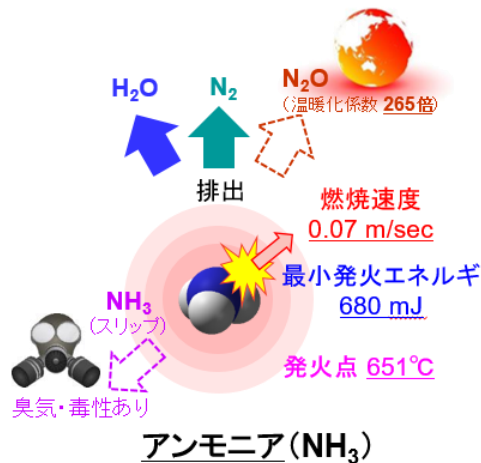
毒性・臭気
→配管二重管化、パージ装置、分離・回収装置
などの安全対策を適用

腐食性
→耐腐食性のある適切な材料を選定

NOxは重油より少ない

対応策を決定し、詳細設計中
リスクアセス実施、AIP取得済み

対応可能

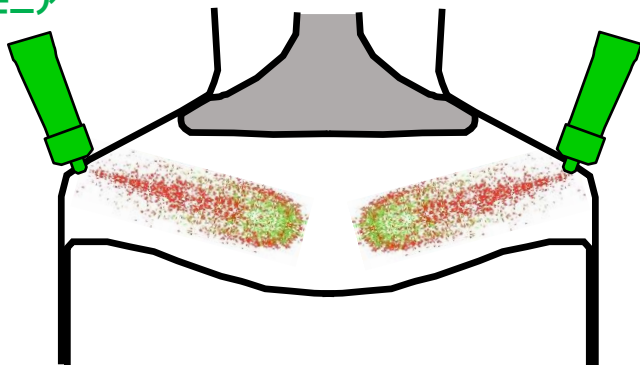


ジャパンエンジンの固有技術

層状噴射技術

(拡散燃焼)

パイロット燃料
+ アンモニア



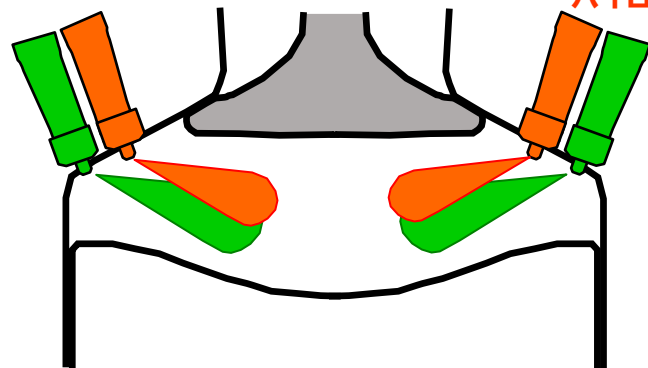
アンモニアと、アンモニアを着火・燃焼させるパイロット/ポスト燃料を、ひとつの噴射弁から層状に噴射する方式

パイロット着火方式

(拡散燃焼)

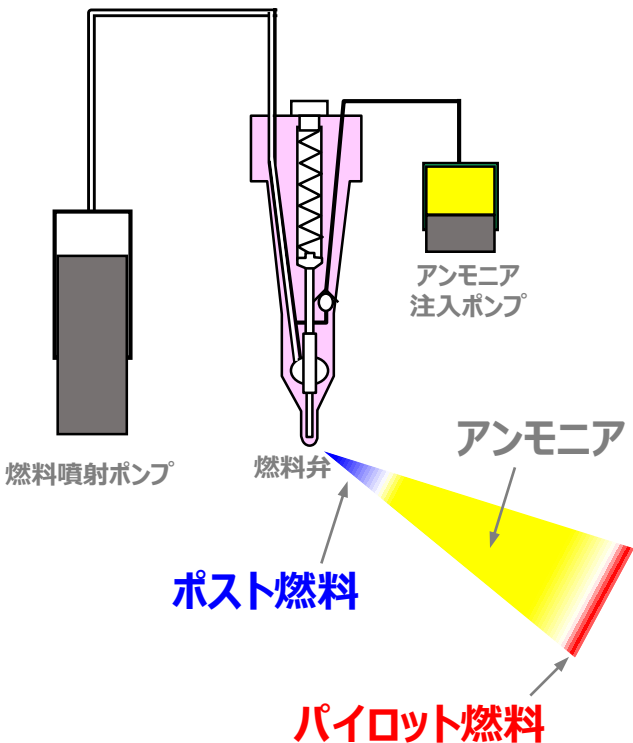
パイロット燃料

アンモニア



アンモニアと、アンモニアを着火・燃焼させるパイロット燃料が、各々独立した異なる噴射弁から噴射される方式

層状噴射技術によるアンモニア燃焼に最適な噴霧形成・燃焼制御



解析例

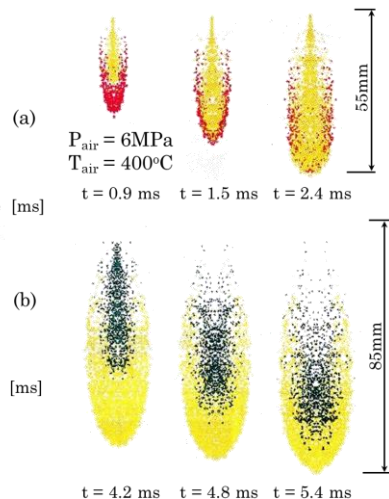
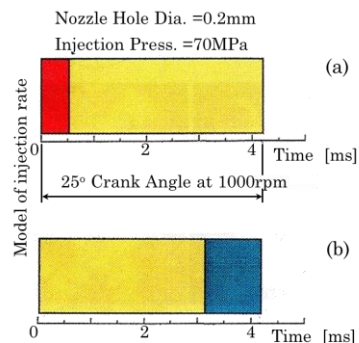


Bild 5: Computersimulation der Strahlbildung
Fig. 5: Numerical results of the spray characteristics

Source: Prof. Takasaki, Kyushu Univ.

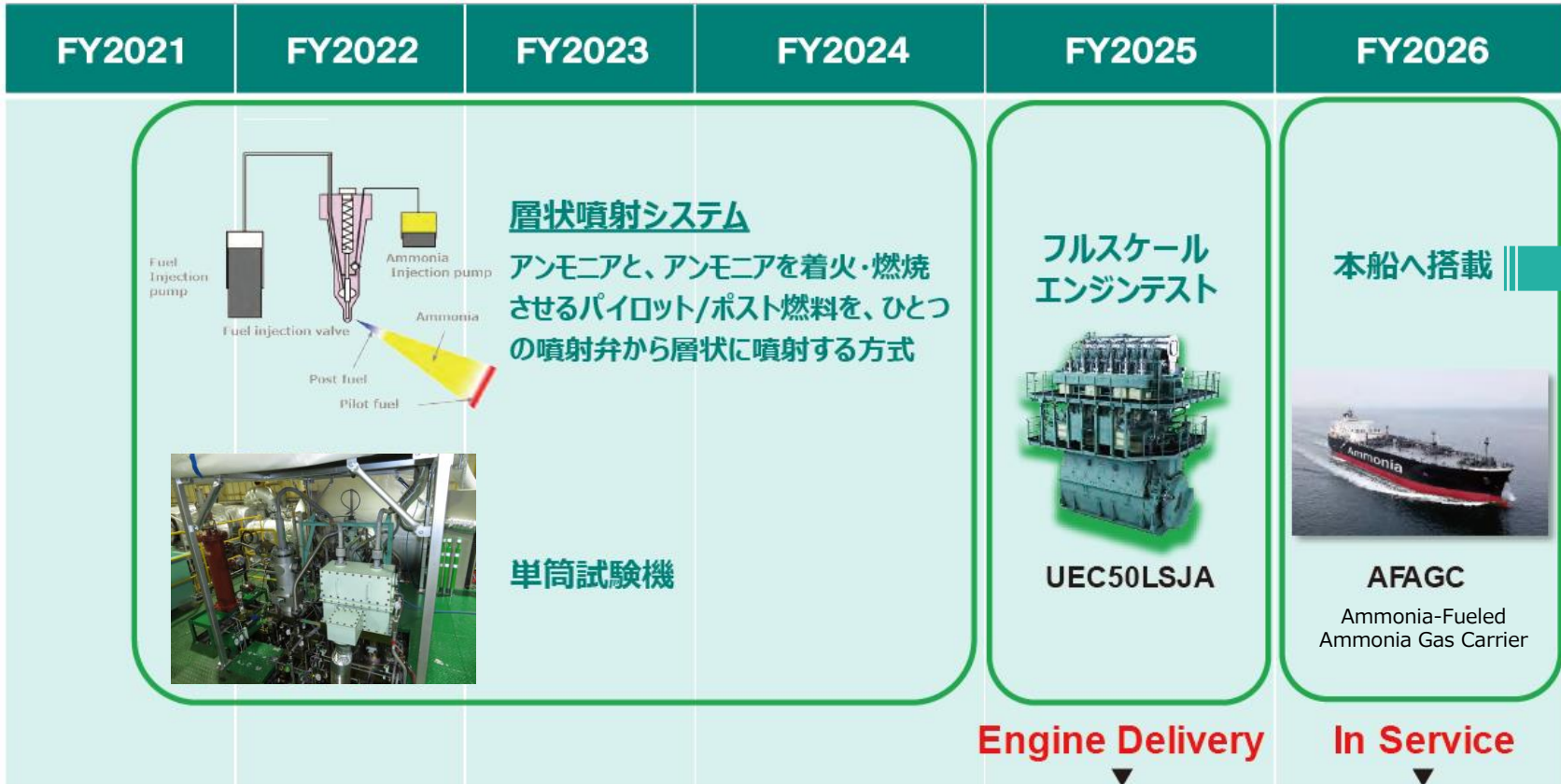
アンモニア噴霧の着火と保炎をサポート
最初に噴かれたパイロット燃料噴霧(赤)が、アンモニア噴霧(黄)を包み込むように拡散することで、確実に着火し、保炎をサポート

未燃アンモニアとN₂Oの生成を抑制
最後に噴かれたポスト燃料噴霧(青)が、アンモニア噴霧(黄)を高温の火炎周辺部に押し出すように拡散し、燃焼を活性化



**燃焼期間全域に亘り
安定的な燃焼を実現**

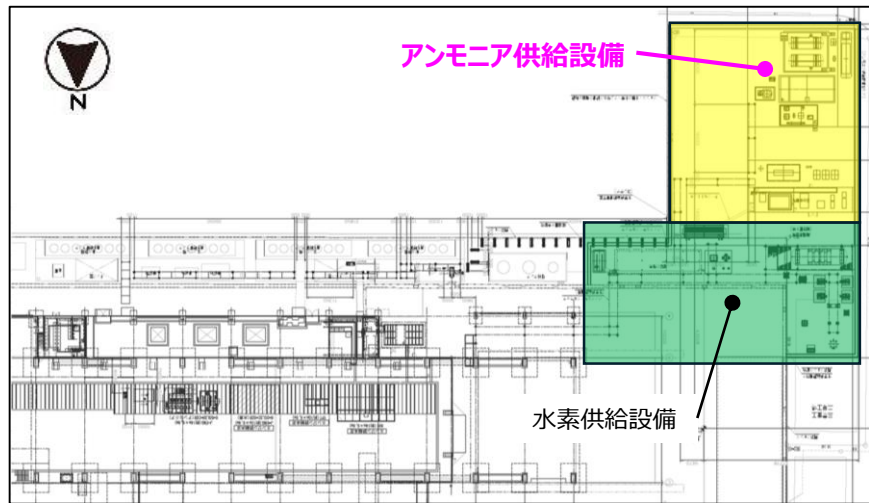
アンモニア燃料エンジンの開発スケジュール



実証運航



【アンモニア供給設備全景】(2023年10月末時点)



- 予定通り工事進捗中
- 2024年5月頃 完成予定

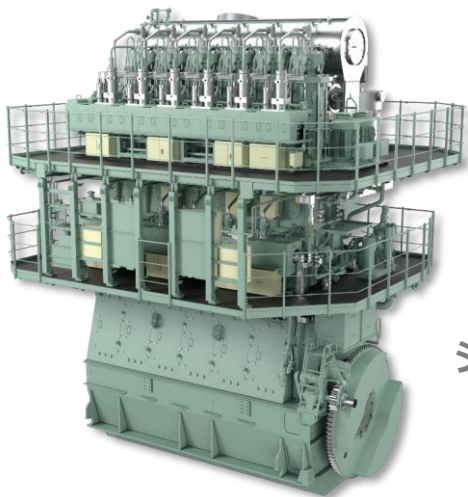


アンモニア貯槽

ボア50クラスのアムモニア燃料エンジンに続き、UEC60LSJAの開発にも着手。

UEC50LSJA

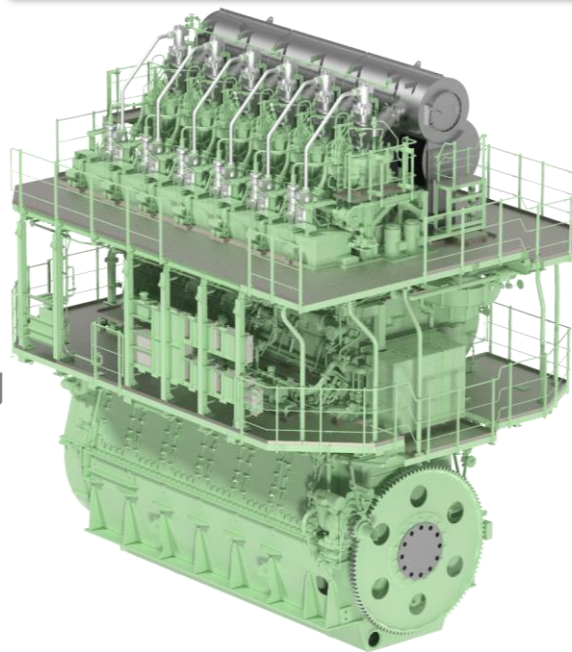
(2025年 完成予定)



シリーズ展開

UEC60LSH/LSJA

(2026-27年頃 完成予定)



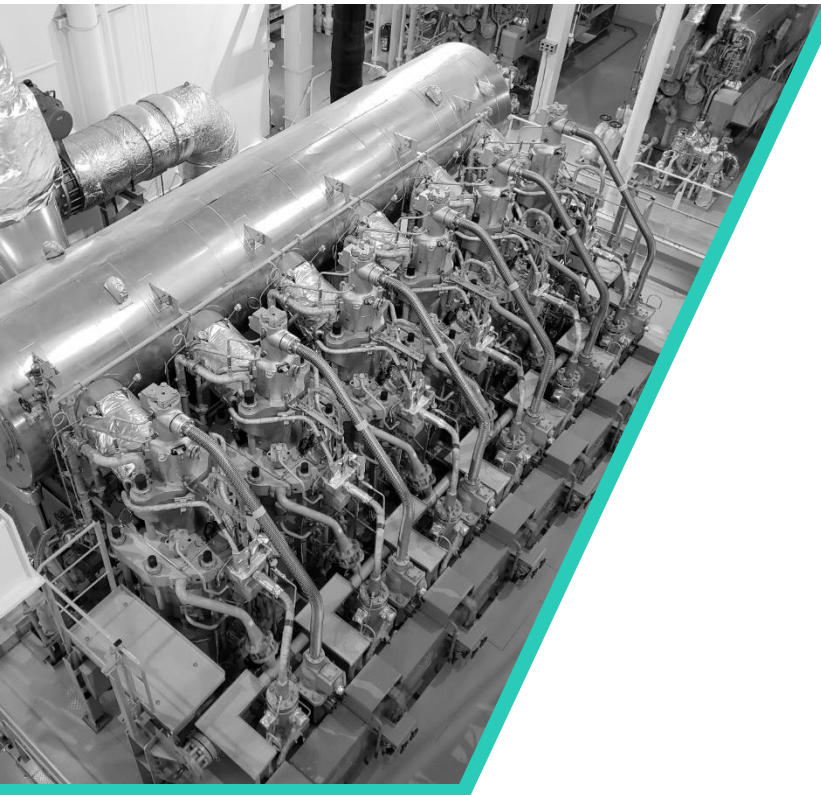
開発コンセプト

1. 市場ニーズにベストフィット

VLGC(Very Large Gas Carrier)、
ケープサイズバルカー、石炭運搬船、
自動車運搬船等に最適なレーティングマップ

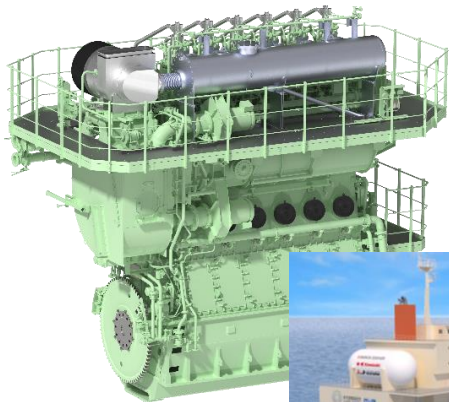
2. 低燃費・環境性

世界トップの低燃費エンジン
アンモニア燃料噴射系を搭載可能



水素燃料エンジンの開発

ボア35cmの水素燃料エンジン
UEC35LSGH を開発。
2026年度に完成し、ばら積み船
に搭載のうえ実証運航を行います。



出典：ジャパンエンジンコーポレーションプレスリリース

実証運航
商船三井様
商船三井ドライバルク様
尾道造船様
ジャパンエンジンコーポレーション

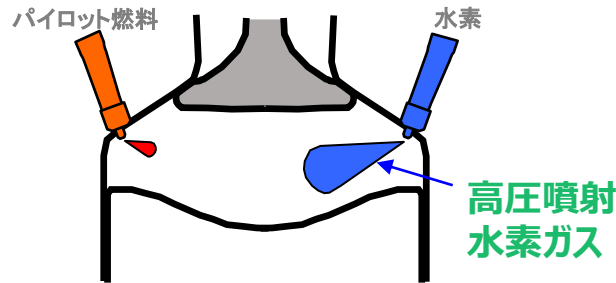
グリーンイノベーション基金事業
ジャパンエンジンコーポレーション
川崎重工業様
ヤンマーパワーテクノロジー様

2023年10月 日本海事協会様より
水素燃料船のAiPが授与されました。

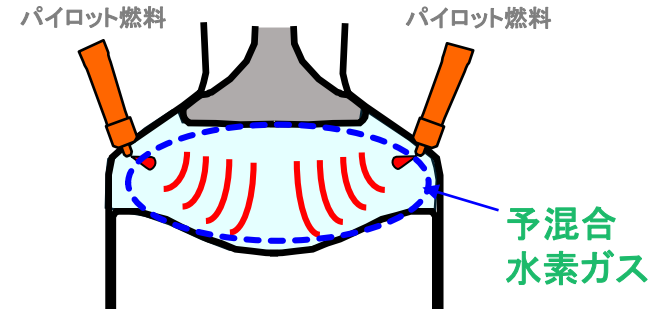


安定燃焼の確保と 水素100%専焼を目指して

高圧噴射方式



予混合方式



長所

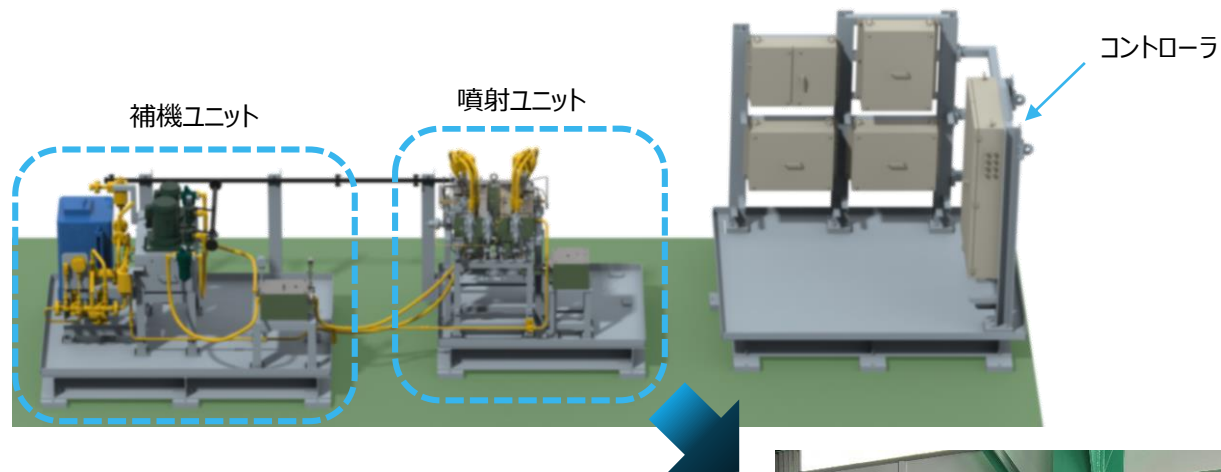
- ・安定した燃焼を確保
→ 高圧縮比による高効率化と高出力化が可能
(現状と同機関サイズで同出力を確保)

短所

- ・高圧ガス供給 (例えば30MPa)
- ・高NOx

- ・低圧ガス供給 (例えば1MPa)
- ・低NOx

- ・異常燃焼が起きやすい(過早着火、ノッキング)
→ 低圧縮比による高温・高圧状態の緩和
→ 効率低下、低出力化(機関の大型化)が必要



➤ J-ENG本社工場に、水素燃料噴射装置を設置し、作動試験を実施中。

➤ 水素燃料噴射装置の構造や仕様などの設計細部の検証を進め、基礎データを蓄積している。



- 2050年カーボンニュートラルを目指す動きが加速していく中、国際海運におけるGHG削減のソリューションとして、**脱炭素燃料を使用可能な内燃機関を開発**することが、喫緊の課題。
- ジャパンエンジンは、カーボンニュートラルへ向けた有望な選択肢である、**アンモニア燃料エンジン**と**水素燃料エンジン**の開発を推進しています。
- 日本の経済と安全の基盤となる海事産業の更なる発展を目指し、GHG排出を削減できる**次世代船舶の供給という大きな変革に挑戦**して参ります。

Thank you

Japan Engine Corporation

1, Minamifutami, Futami-cho, Akashi, Hyogo Pref., 674-0093, Japan

www.j-eng.co.jp