

2025年8月時点

# 事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：舶用水素エンジン及びMHFS\*の開発

実施者名：株式会社ジャパンエンジンコーポレーション

代表名：代表取締役社長 川島 健

幹事会社：川崎重工業 株式会社

共同実施者：株式会社 ジャパンエンジンコーポレーション  
ヤンマーパワーテクノロジー株式会社

# 目次

## 1. 事業戦略・事業計画

- (1) 産業構造変化に対する認識
- (2) 市場のセグメント・ターゲット
- (3) 提供価値・ビジネスモデル
- (4) 経営資源・ポジショニング
- (5) 事業計画の全体像
- (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
- (7) 資金計画

## 2. 研究開発計画

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
- (3) 実施スケジュール
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

## 3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）

- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

## 4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針

# 1. 事業戦略・事業計画

# 1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

## カーボンニュートラルへ向けた船用エンジン燃料の転換により、国内海事産業の発展に寄与

### カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

#### （社会面）

- 国際海運からのCO<sub>2</sub>排出量は、世界全体の約2.1%でありドイツ一国分に相当。世界の海上荷動き量は、拡大傾向にあり、国際海運からのCO<sub>2</sub>排出量は、何も対策を取らない場合、現状の7億トンから2050年に21.1億トンに増加。

#### （経済面）

- 世界の新造船建造量は、日本、中国、韓国が激しく競合。（日本はシェア21%）
- 海運・造船・船用を中心とした国内海事産業は、GDPの約1%を形成しており、船舶建造による経済波及効果が大い。

#### （政策面）

- IMOは2023年7月開催のMEPC80にてGHG削減戦略を見直し、国際海運におけるGHG削減目標を以下に設定。
  - 2030年までに平均燃費を40%以上改善  
GHG 総排出量の最低20%削減（30%削減を目指す）  
ゼロエミッション燃料等を最低5%普及（10%普及を目指す）
  - 2040年までにGHG総排出量を最低70%削減（80%削減を目指す）
  - 遅くとも2050 年頃までにGHGネット排出ゼロ
- 2025年4月開催のMEPC83にて、使用燃料のGHG強度を規制する制度、ゼロエミッション燃料船の導入促進制度につき合意がなされた。GHG排出削減の流れが加速すると予想される。

#### （技術面）

- 船舶用燃料として、従来の石油系燃料から、カーボンフリーな代替燃料（水素やアンモニアなど）への転換が必須であるが、これを直接燃焼可能な船用エンジンが存在しない。

#### 市場機会：

- カーボンフリー燃料エンジン搭載船の開発・市場投入・普及が必須である。

#### 社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

- 社会の要請に応じ国内海事クラスターが結集し、カーボンフリー燃料船を早期に市場投入することで、GHG削減に向けた取り組みとして、国際社会から評価を得ると共に、国内海事産業の競争力強化に寄与する。

### カーボンニュートラル社会における産業アーキテクチャ

#### 国内・海外船主

ゼロエミ船導入・普及のスピード感が不確定であった為、新造船の早期陳腐化への懸念も手伝い、高額な代替燃料船への既存船リプレイスに慎重であった。しかし、ここへきて、具体的・野心的なGHG削減目標が明確となり、且つ環境重視の企業風土醸成も高まって、GHG削減効果の大きい新造船へのリプレイス意欲が向上。2050年GHGネットゼロを宣言している船社が急増している。



#### 国内造船所

GHG削減効果の大きいカーボンフリー燃料エンジン搭載船の開発・市場投入が活発化。（ビジネスチャンスの拡大）



#### 国内エンジンメーカー

カーボンフリー燃料エンジン、並びに同燃料供給システムの開発・市場投入と安定供給が求められる。（ビジネスチャンスの拡大）



#### 国内ビジネスパートナー

新たな装置・部品に関する技術開発・受注機会の拡大（ビジネスチャンスの拡大）

#### 当該変化に対する経営ビジョン：

- 国内唯一の船用低速2ストロークエンジンのライセンサーとして、海外ブランドに対抗・差別化した水素燃料エンジンを開発し、市場投入・安定供給を図る。
- 国内エンジンメーカーにライセンスを供与することにより、国内エンジンメーカーの活性化、延いては、国内海事産業の発展にも寄与する。
- 国内先行者利益を確保した後は、当社をマザー工場とした、海外への技術移転による、更なる普及拡大も視野。

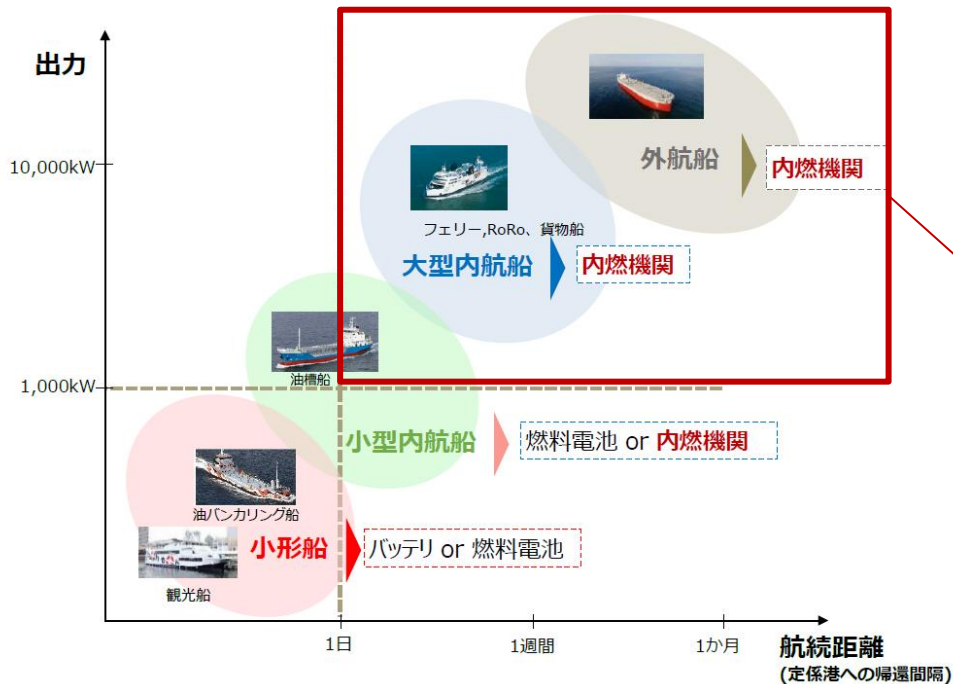
# 1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

## 舶用エンジンのボリュームゾーンであるボア60cm以下クラス主機関をターゲットとする

### セグメント分析

- ・航行距離が長く、大きな機関出力が必要な大型の船舶（外航船、内航船）は、内燃機関での代替燃料の対応が進む。
- ・国内で製造する主機関の約90%は、エンジンボア60cm以下クラスであり、ここがボリュームゾーン。（世界では約75%）

（新造船市場のセグメンテーション）



### ターゲットの概要

#### 市場概要と目標とするシェア・時期

2050年目標のIMOのGHGネット排出ゼロや、内航船にも係る国内2030年目標GHG▲46%に向けて規制対応の先取り対応ニーズは高まると予想され、2030年以降の新造船における水素燃料船の竣工割合が漸増すると予想される。

これを受けて水素燃料船の建造において、国産エンジンメーカーとして世界に先駆けて開発を進め、海外ブランドエンジンとの競合において、舶用エンジンのボリュームゾーンである中小型主機関クラスの水素燃料エンジンにおいて先行者利益を確保する。

舶用エンジンのボリュームゾーンであるボア60cm以下クラスの水素燃料主機関でシェアアップをターゲットとする。

# 1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

## 水素燃料Dual Fuelエンジンにより、画期的なGHG削減ソリューションを提供して事業を創出/拡大

### 社会・顧客に対する提供価値

- 国産ブランドによる、ブラックボックスのない、水素燃料低速2ストロークエンジンを開発し市場投入
- GHG削減効果  
将来的にGHG排出ゼロ目標
- 高圧直接噴射方式を用いたDual Fuelエンジン  
⇒水素燃料の需給に応じた水素使用量の最適化
- 他エンジンメーカーへのライセンス供与による、十分なエンジン供給体制を確保
- 工場運転用の水素供給設備などを活用し、乗組員のトレーニングも実施可能

### ビジネスモデルの概要（製品、サービス、価値提供・収益化の方法）と研究開発計画の関係性

- 2050年のカーボンニュートラルを達成する為には、船舶用エンジンからのGHG排出を大幅に削減可能な燃料転換が不可欠であり、代替燃料として水素燃料が有望視されている。  
しかしながら、**今現在は水素を直接燃焼できるエンジンが存在しない。**  
J-ENGは、**国産唯一の低速2ストロークエンジンのライセンサー**である強みを発揮し、この水素燃料低速2ストロークエンジンを開発し、社会・顧客からのGHG削減要請に応じる。  
また、マーケットのボリュームゾーンとなるボア60cm以下の中小型エンジンの開発により、国産ブランドエンジンとして**水素燃料エンジンを世界に先駆けて投入し、シェア拡大を図る。**
- また、他エンジンメーカーへの**ライセンス供与により、水素燃料エンジンの供給拡大**を図る。  
これにより、国内ライセンシーの受注機会の拡大が図れると共に、国内造船所の競争力強化、  
更には、ビジネスパートナーの技術力向上と受注拡大が期待される。**(海事クラスターのビジネスチャンス拡大)**
- 水素燃料エンジン開発の技術的課題と対策（今後取り組むべき開発要素）は以下の通り。
  1. 技術的課題
    - 水素の燃焼制御
    - 水素漏洩防止技術、漏洩時の緊急システムなどの安全性の構築
  2. 対応策
    - **高圧直接噴射方式の適用**により燃焼を制御し、また、**Dual Fuel仕様**とすることで水素燃料使用量を柔軟に調整可能であることから、合理的な実運航の実現に寄与する。
    - 水素を安全に**安定供給できる燃料供給装置**を同コンソーシアム内で開発する。



# 1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）

## 市場導入（事業化）しシェアを獲得するために、ルール形成（標準化等）を検討・実施

### 標準化戦略の前提となる市場導入に向けての取組方針・考え方

#### （将来考えられる海外の基準・規則動向）

- ISO 液化水素燃料
- ISO 液化水素バンカリング操作の安全性とリスク評価
- IMO 水素燃料船IGFコード
- IMO 新燃料(水素・アンモニア)使用時の排ガス計測方法

#### （将来規制動向）

- IMOによる船舶からの温室効果ガス(GHG)削減規制



- 公衆安全要求を基準・規則（国際条約・船級規則・国内法）に反映
- 新燃料使用に伴う共通課題を当コンソ・HyEng社で開発・解決
- 基準・規則適合および課題解決技術として、当コンソの製品および技術パッケージ（ライセンス）を提供
- 当コンソ製品および技術パッケージ（ライセンス）の優位性を見る形にするため、民間認証・格付などの新取組みを模索



#### 【現状】

- IMOによる船舶からの温室効果ガス(GHG)削減戦略の強化あり
- 上記標準化戦略の考え方に基づき、当コンソの要望としてClass NK殿と船級規則化における技術要件に関する議論を開始
- IMO水素燃料船ガイドライン策定において、コメント対応を国交省殿、船技協殿、海技研殿、ClassNK殿、当コンソ、HyEng社で取組。

### 国内外の動向・自社におけるルール形成(標準化等)への取組状況

- 水素エンジン事業～標準化戦略立案・推進を行う専門部署を各社で設立済
- 製品・技術パッケージ(ライセンス)を支える新技術の知的財産取得を確実に実施
- オープン＆クローズ戦略において、オープン領域とクローズ領域(例：コア技術／燃焼制御)について検討し、特にオープン部分における事業戦略を検討
- 水素燃料推進システム全体提供、船舶設計支援等、当コンソの優位性を活かした事業戦略を立案・推進



### 水素エンジンを含む推進システムに関わる具体的取組内容

- ゼロカーボン燃料の排ガス計測方法、NOx認証の取得方法
- 水素に対するシール技術（ガスケット、パッキン）の構築
- 配管材料等の選定・使用基準
- 様々な設置場所における水素漏洩検知センサーの選定・使用基準
- 水素燃料推進システムの取扱、安全対策の基準
- 水素燃料船に乗船する船員教育体制構築



#### 【現状】

- 排ガス計測方法、NOx認証において、ワーキングチームを3社で立上げ、共通化を推進。共通の認証方法についてClassNK殿と協議中
- 共通課題情報（シール、配管材料、センサー）を3社で共有するワーキングチームを設立済
- 船員教育については、代替燃料使用に伴う課題認識と技術動向共有のため、海技大学校との情報・意見交換を開始

# 1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル（標準化の取組等）

## 開発成果のオープン&クローズ戦略の検討推進



国際標準化等を通じて、開発成果を市場に実装・普及・拡大させるための需要の形成を進めると共に、特許化やノウハウの秘匿化によって自社の持続可能性を高めるためのオープン&クローズ戦略を策定・実施する。

### オープン化

- 多くの企業に共有する部分⇒**市場のパイを拡張**
  - ・ 国際的規制（IMO）→ IGFコード
  - ・ 国際標準化（ISO、IEC）
  - ・ 特許活用（ライセンス、無償開放）

### クローズ化

- 自社で独占する部分  
⇒**他社との差別化、自社の競争力確保**
  - ・ 特許活用（独占実施）
  - ・ 技術の秘匿（ノウハウ）化

### オープン

#### 標準化

一定のルールに従って規格や仕様を定め、市場への他社の参入を促進することで、市場拡大を図る。  
（例：エンジン本体部分、EGR機器 等）

### オープン

#### 特許のライセンス化

特許技術を利用（コア技術は秘匿）した製造図面提供を行い、市場における製品利用の普及・拡大（とコストダウン）を図る。  
（例：大形船用ディーゼル主機におけるライセンスエンジンをビジネス模範とし、同様のビジネス形態を目指す。）

### クローズ

#### ノウハウ or 知財占有化

自社が独占すべきコア部分をクローズして、自社の利益拡大を狙う。  
（例：燃焼制御技術、燃料噴射技術、EGR制御技術、異常燃焼検知・状態監視技術 等）

直近の活動：IMO 水素燃料船ガイドライン審議に国交省殿/船技協殿/海技研殿/ClassNK 殿と共に事業者として参画  
IMO CCC11では現実的な設計情報を打ち込むinf文章として、本プロジェクトの外航水素燃料船を紹介



# 1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

## 自社開発の強みを活かし、社会・顧客に対して純国産の高性能・高品質という価値を提供

### 自社の強み、弱み(経営資源)

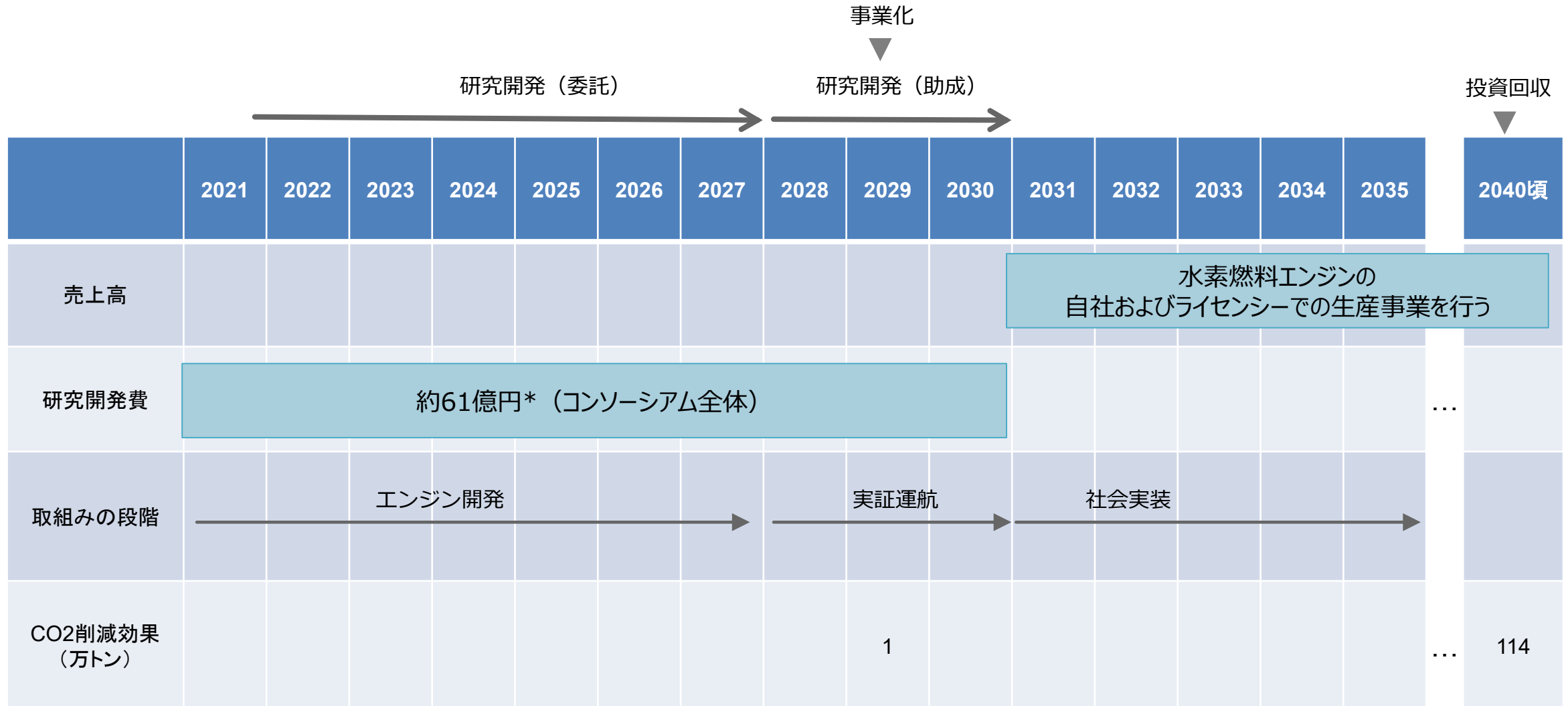
<u>ターゲットに対する提供価値</u> ・ <b>自社開発</b> に拠るブラックボックスのない、高性能・高信頼 <b>純国産</b> アンモニア燃料エンジンの提供 ・国内サプライヤーとの開発協業により、 <b>国産技術力のボトムアップ</b>
<u>自社の強み</u> ・船用低速2ストロークエンジンを <b>自社開発</b> (海外へのコア技術流出がない) ・開発・設計・製造から就航後のアフターサービスまでを一貫体制でワンストップ対応(スピーディーな製品改善)
<u>自社の弱み及び対応</u> 競合他社に劣後した市場シェアを、独自技術によるアンモニア燃料エンジンの投入により、 <b>ゲームチェンジャー</b> として挽回する

### 他社に対する比較優位性

		技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
自社	(現在)	純国産の船用低速2ストロークエンジンの <b>自社開発力あり</b> ⇒国内で唯一、 <b>海外ブランドエンジンに対抗</b> が可能 特許調査/特許マップ等により他社知財情報を収集・分析のうえ、当社 <b>標準化戦略</b> に反映	・ <b>多数の国内友好造船所/船会社</b> ・国内外ライセンスにも国内外顧客基盤あり	・自社開発のため、国内有力ビジネスパートナーとの、あらゆる領域での <b>多角的な協業</b> が可能 ・国内サプライヤーとの開発協業により、 <b>国産技術力のボトムアップ</b> が可能	・エンジン開発技術の <b>エキスパート集団</b> ・事業一貫体制による <b>多様な人材</b> ・社外総合研究所の <b>高度技術支援体制</b> ・ <b>自社試験エンジン</b> 保有 ・ <b>自社工場</b> によるエンジン製造 ・ <b>ライセンス</b> の活用
	(将来)	↓ アンモニア燃料を初めとした <b>カーボンフリー燃料エンジン</b> の <b>自社開発</b> を展開	↓ ・顧客基盤の更なる拡大 ・国内外ライセンスの <b>拡大</b> ⇒ <b>受注拡大・シェアアップ</b>	↓ アンモニア燃料エンジンとしての新規装置やシステムの開発・試作・製造を通じた、 <b>新規の協業範囲の拡大と深化</b> （中小企業、スタートアップとの連携検討も含む）	↓ ・ <b>カーボンフリー燃料対応技術の獲得</b> ・カーボンフリー燃料 <b>試験エンジン</b> の整備 ・カーボンフリー燃料 <b>試運転設備</b> の導入 ・シェア拡大に応じた <b>製造設備の拡充</b>
競合他社	(現在) ↓ (将来)	・海外ブランドエンジンを <b>ライセンス生産</b> ・新規開発技術は <b>グラントバック</b> 対象	・多数の国内友好造船所/船会社 ・同一海外ブランドエンジンによる国内競合環境にあり(コストが勝負) ・ライセンスによる <b>販売デリトリリー制限</b> あり	<b>ライセンサーの指定</b> するサプライヤーや製品に縛られるケースあり	・将来は、海外ブランドによるカーボンフリー燃料対応エンジンを <b>ライセンス生産</b>

# 1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

研究開発期間を経て、2029年度から事業化を想定。2040年頃までの投資回収を目指す。



\* 費用額については、事業開始時のものを示す

# 1. 事業戦略・事業計画／（6）研究開発・設備投資・マーケティング計画

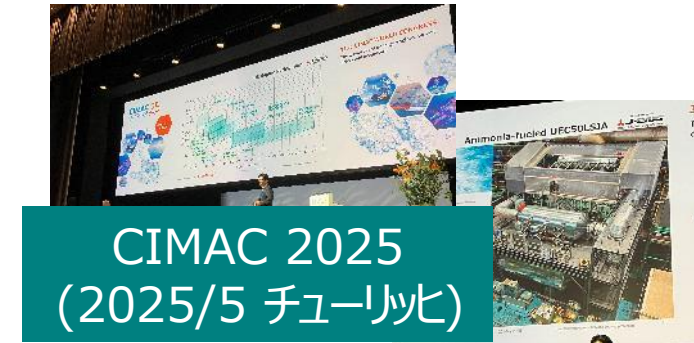
## 研究開発段階から将来の社会実装（設備投資・マーケティング）を見据えた計画を推進

	研究開発・実証	設備投資	マーケティング
取組方針	<ul style="list-style-type: none"> <li>自社で長年培ったエンジン技術と社外総合研究所の高度技術支援をベースに、ユーザーや船級を巻き込んだオープンイノベーションを図る。</li> <li>他社特許精査も踏まえた知財戦略を立案し、開発過程からオープン・クローズ戦略を推進。</li> <li>普及のためのオープン戦略、シェア拡大・収益獲得のためのクローズ戦略と標準化戦略に取組む。</li> <li>開発段階より船級を巻き込んだ標準化を推進。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>重油エンジン製造設備の一部を、水素燃料エンジン試験・製造設備として流用することで、当面の開発費抑制と製造合理化を図る。</li> <li>工業専用地としての人工島内岸壁に面した工場立地条件を活かした水素燃料の取扱いが可能。また、水素貯蔵・供給設備新設のための敷地確保が可能。</li> <li>将来的なエンジン増産ニーズに対しては、工場拡張の検討、更には他社へのライセンス供与による増産体制確保も可能。</li> <li>部品サプライチェーンは、既存ビジネスパートナーによる対応が可能であり、懸念なし。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>マクロには荷主/船会社/造船所/エンジンメーカーの4者間におけるBtoB製品であり、ターゲットを絞ったマーケティングを展開。</li> <li>顧客密着型営業に加え、ニュースリリース、カタログ展開、自社HP掲載、業界紙による広報、国内外海事展への出展などを実施。</li> <li>製品社会実装後の状況を迅速に設計にフィードバックし、継続的な製品品質を向上。</li> <li>進捗状況については、次頁をご参照下さい。</li> </ul>
国際競争上の優位性	<ul style="list-style-type: none"> <li>高圧直接噴射方式を用いたDual Fuelエンジンを、海外ブランドに先駆けていち早く市場投入し差別化を図る。</li> <li>オープンイノベーションと知財オープン・クローズ戦略により、技術の無差別な海外流出を防止しつつ、標準化と差別化を効果的に推進。国内海事産業の先行者利益創出に貢献する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>開発と製造体制については、国内外の他エンジンメーカーに対して遜色ない対応が可能。</li> <li>海外ライセンサーより販売テリトリー制限を受ける国内外の他エンジンメーカーに対して、当社は一切の制限はなく、且つ他社へのライセンス供与も可能で優位である。</li> <li>工場運転用の水素供給設備などを活用した、乗組員のトレーニングも実施可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>開発・設計・製造から就航後のアフターサービスまでを一貫してワンストップで対応する世界で唯一のライセンサーとしての強みを生かし、製品社会実装後の状況の迅速なフィードバックによる、改良・改善やアップグレード対応などが可能。</li> </ul>

# 1. 事業戦略・事業計画／（6）研究開発・設備投資・マーケティング計画

## 水素燃料エンジンに関するマーケティング進捗

国内外海事展への出展、業界団体主催のシンポジウム参加や論文投稿・発表、プレスリリース、マスメディア（新聞、テレビ）への取材対応、広告宣伝などの多様なチャネルを通じてIR・PR活動全般の強化を実施。



# 1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、コンソーシアム全体で77億円規模の自己負担を予定

	委託							補助							
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
事業全体の資金需要	約249億円*（コンソーシアム全体）										水素燃料エンジンの開発完了後、 自社およびライセンシーでの生産 事業を行う。				
うち研究開発投資	約229億円*（コンソーシアム全体）														
国費負担※ （委託及び補助）	約172億円*（コンソーシアム全体）														
自己負担※ （設備投資含む）	約77億円*（コンソーシアム全体）														

※消費税、インセンティブを含まない。  
事業終了後の資産買取り費用は含まない

\* 費用額については、事業開始時のものを示す

## 2. 研究開発計画



## 2. 研究開発計画／（1）研究開発目標（ジャパンエンジン）

### 水素燃料エンジン市場投入に向けてのKPI

#### 研究開発項目

推進用 低速2ストロークエンジンの開発

#### アウトプット目標

水素を燃料として使用する国産低速2ストロークエンジン(出力5,000kW級主機)の開発。脱炭素燃料である水素を使用した専焼エンジンを目指した開発を進め、GHG排出総量ゼロに取組み、実証運航にて安定運航を確認する。

#### 研究開発内容

① 高圧水素噴射特性の把握とCFD解析

② 水素燃料噴射系の開発

③-1 水素燃料を用いたフルスケールエンジンの開発

③-2 水素専焼技術の見極め

④ フルスケールエンジンを用いた実証運航

#### KPI

水素噴射挙動を反映したCFD解析による検証

パイロット燃料を使った水素燃料噴射系と、従来通り重油専焼も可能な燃料噴射系の開発

実機で水素燃料運転を行い、NOx排出量は現行機同等以下を達成

水素専焼を目指したパイロット燃料極小化のFS完了

実証運航において、運航不能となる重大トラブルゼロで3か月以上ドック入りすること無く運航

#### KPI設定の考え方

低速エンジンでも燃焼制御が可能な水素噴霧特性を把握し、CFDモデルでの実機開発の環境を構築

GHG排出量の削減を最大化しつつ、冗長性のあるDual Fuel仕様を実現

GHG排出量を削減しつつ、NOx規制クリアを実機で達成

将来的なGHG排出ゼロが達成できる水素専焼を目指した技術のFSを実施

各種制御・応急システムを搭載し、安全運航を実現

## 2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

### 水素燃料エンジン市場投入のための解決方法

	KPI	現状	達成レベル	解決方法
1 高圧水素噴射特性の把握とCFD解析	高圧水素噴射挙動を反映したCFD解析による検証	LNG噴射での実測をベースとしたモデルはあるが水素でのモデルはなし (TRL 提案時3→現状4)	噴霧の実測とシミュレーションの高精度化 (TRL4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>試験装置を使用した水素噴射の観察と、CFDによるシミュレーションとの合わせ込みによる解析モデルの構築</li> </ul>
2 水素燃料噴射系の開発	パイロット燃料を使った水素燃料噴射系と、従来通り重油専焼も可能な燃料噴射系の開発	水素燃料噴射系装置の設計・製造を完了し、装置による検証を完了 (TRL 提案時3→現状5)	水素燃料噴射系の図面化、単体試験装置による検証 (TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>シミュレーションを使用した噴射系最適設計</li> <li>使用材料の水素脆化対策</li> </ul>
3-1 水素燃料を用いたフルスケールエンジンの開発	実機で水素燃料運転を行い、NOx排出量は現行機同等以下を達成	LNGを用いた試験機での実績はあるが、水素の適用実績なし (TRL 3)	実機での陸上試験 (TRL7)	<ul style="list-style-type: none"> <li>実機の運転条件下で燃焼状態の最適化を実施</li> <li>リスクアセスメント手法による安全コンセプト確立</li> </ul>
3-2 水素専焼技術の見極め	水素専焼を目指したパイロット燃料極小化のFS完了	技術コンセプトの段階 (TRL3)	シミュレーション等による推定・評価 (TRL4)	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素専焼を目指し、極力パイロット燃料を減らす検討を実施</li> </ul>
4 フルスケールエンジンを用いた実証運航	実証運航において、運航不能となる重大トラブルゼロで3か月以上ドック入りすること無く運航	実船適用実績なし (TRL 提案時3→現状4)	実航海にて水素運転 (TRL8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>陸上、海上運転による信頼性の確認、および信頼性向上のための設計フィードバック</li> <li>実証運航による検証と改善設計の適用</li> </ul>

## 2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）

### 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

※進捗度

◎：開発項目が完了している  
○：計画どおりの進捗  
△：計画よりもやや遅れている  
×：計画よりも遅れている、もしくは問題がある

	直近のマイルストーン	これまでの（前回からの）開発進捗	進捗度(※)
1 高圧水素噴射特性の把握とCFD解析	高圧直接噴射方式での水素噴射特性の把握と解析モデルの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃焼CFDモデルを確立し、水素使用時の性能変化の確認を行った。</li> <li>九州大学における燃焼観察試験結果を元に解析精度の検証を完了した。</li> </ul>	◎
2 水素燃料噴射系の開発	高圧で直接噴射が可能なDF仕様の水素噴射系の開発と単体噴射試験の実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>2022年度中に設置した水素燃料単体噴射試験装置を用いて、高圧水素環境下での水素燃料噴射系装置の耐久試験までを実施し、フルスケールエンジンに採用する製品版仕様での長期信頼性を確認した。</li> <li>高圧水素噴射系で使用する主要部品について、水素環境下での材料試験を実施し、水素脆化の影響評価を完了した。</li> </ul>	◎
3-1 水素燃料を用いたフルスケールエンジンの開発	フルスケールエンジンを製造し、工場内で水素燃料運転を実施。(GHG排出量を95%以上削減しつつ、NOx規制をクリア)	<ul style="list-style-type: none"> <li>フルスケールエンジンの陸上運転設備として、工場における各種新設ユーティリティの検討を実施し、2024年1月に設置工事を完了した。</li> <li>水素燃料を用いたフルスケールエンジンの設計を計画通り進め、エンジン機器・部品の製造に着手した。</li> </ul>	○
3-2 水素専焼技術の見極め	水素専焼を目指したパイロット燃料極小化のFS完了	<ul style="list-style-type: none"> <li>2026年度より実施予定。</li> </ul>	○
4 フルスケールエンジンを用いた実証運航	2027年度末目標である海上試運転の実施に向け、水素燃料エンジン搭載船の設計と製造を実施。	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素燃料エンジン搭載船の建造、実証運航に関する検討を船主、造船所、船級協会と協議しながら継続推進中。</li> <li>2023年6月に液化水素タンクやMHFSの船体への配置に関するリスクアセスメント(Pre-HAZID)会議を実施し、基本設計承認(AiP)取得完了。</li> <li>2024年3月に水素燃料船全体を対象としたリスクアセスメント(本HAZID)を実施し、代替設計承認までの一つのマイルストーンとなる基本設計段階での予備設計承認を取得した。</li> <li>水素燃料エンジン搭載船のエンジンやMHFSに関連する船体構造の初期設計に着手した。</li> </ul>	○

## 2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

### 個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 高圧水素噴射特性の把握とCFD解析	高圧直接噴射方式での水素噴射特性の把握と解析モデルの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>高圧水素噴射条件下におけるCFD解析精度の確認。</li> <li>構築したモデルを活用し、エンジン性能の適正化の精査。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>九州大学における燃焼観察試験結果に基づいて解析精度の確認を完了。</li> <li>解析モデルを活用し、エンジン性能の適正化を行う。</li> </ul>
2 水素燃料噴射系の開発	高圧で直接噴射が可能なDF仕様の水素噴射系の開発と単体噴射試験の実施	<ul style="list-style-type: none"> <li>単体試験による動作特性、耐久性確認。</li> <li>水素脆化の影響の確認。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>単体試験にて作動確認や耐久性を検証する。</li> <li>水素脆化については、単体試験および九州大学での確認試験にて影響を評価する。</li> </ul>
3-1 水素燃料を用いたフルスケールエンジンの開発	フルスケールエンジンの陸上試験運転設備の計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>陸上運転設備の構築。</li> <li>2023年度からのエンジン本体の設計。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>試験設備の工事は予定通り完了見込み。</li> <li>エンジン本体の設計変更項目の洗い出しを完了しており、解析技術をフル活用して設計を行う。</li> </ul>
3-2 水素専焼技術の見極め	水素専焼を目指したパイロット燃料極小化のFS完了	<ul style="list-style-type: none"> <li>2026年度からの水素専焼技術の見極めの実施。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1, 2, 3-1の実施項目で、CFD解析モデルの構築やエンジン本体の設計を実施し、その知見や手法を用いて水素専焼技術の見極めを実施する。</li> </ul>
4 フルスケールエンジンを用いた実証運航	水素エンジンと水素供給システムの船舶への搭載性計画を完了	<ul style="list-style-type: none"> <li>リスクアセスメントの実施。</li> <li>水素燃料船の計画、実証運転計画の推進。</li> <li>水素供給、バンカリングなどの課題解決。</li> <li>水素による脆性・摺動性に及ぼす影響を考慮した設計の適用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素燃料船としてリスクアセスメントを実施し、LNG燃料船と同等の安全性を確保していることを確認する。</li> <li>造船所、船主、船級と実船実証の実現に向けて調整中。</li> <li>水素による脆性・摺動性については、単体試験および九州大学での確認試験にて影響を評価する。</li> </ul>



## 2. 研究開発計画／（2）-1 参考資料

### 研究開発のステップについて

2023年度末(1<sup>st</sup> ステージ)



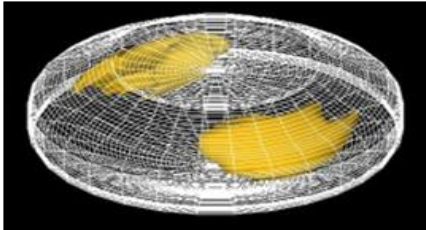
2027年度末(2<sup>nd</sup> ステージ)



2030年度末(3<sup>rd</sup> ステージ)

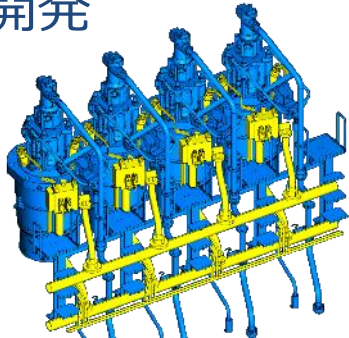
#### ①水素噴射特性の把握

- ・水素高圧噴射、燃焼解析



#### ②水素噴射系の開発

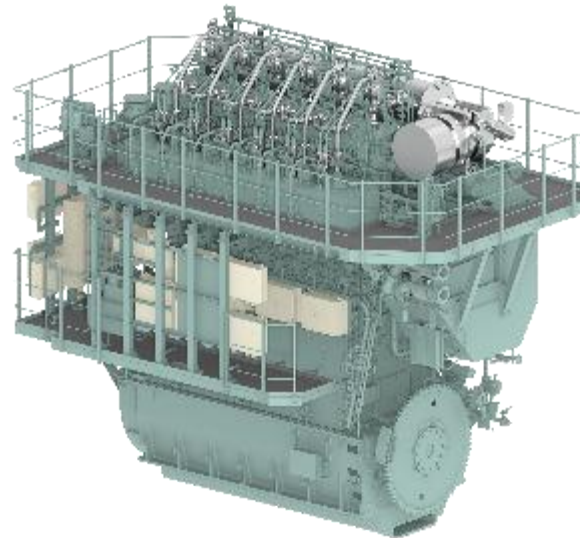
- ・各装置の設計
- ・単体試験



#### ③水素エンジン搭載船の計画設計

#### ④フルスケールエンジンの開発、 水素エンジン搭載船の設計・製造

- ・陸上試運転
- ・海上試運転



#### ⑤実証運航



実海域での負荷追従性の確認や信頼性の検証

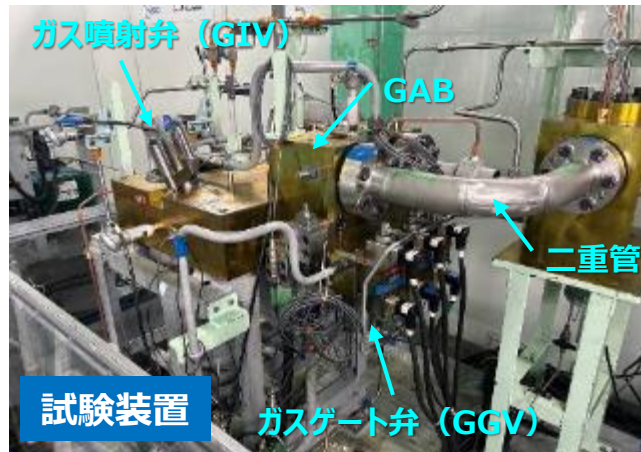
- 実船実証運航に向け、商船三井様、商船三井ドライバルク様、尾道造船様と協議し、**水素エンジン搭載船の建造や運航計画についての取組みを推進中**
- **代替設計承認の取得に向け、船級協会(NK様)との協議、リスクアセスメントの実施など具体的な取組みを推進中**

## 2. 研究開発計画／（2）-1 参考資料

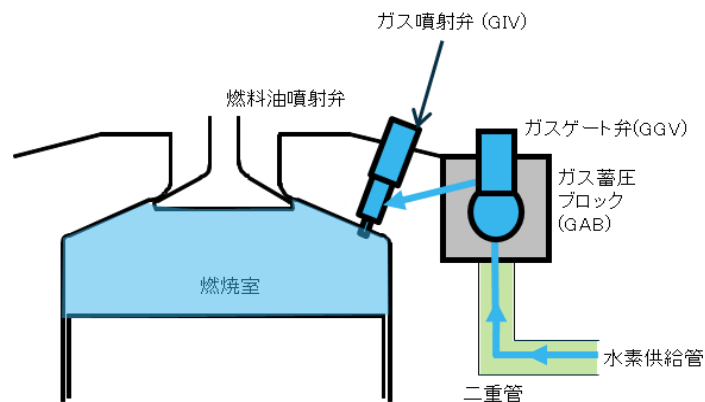
これまでの取り組みについて

水素燃料噴射系の開発

高圧水素ガス噴射1000万回の長期耐久試験を実施し、信頼性検証を完了

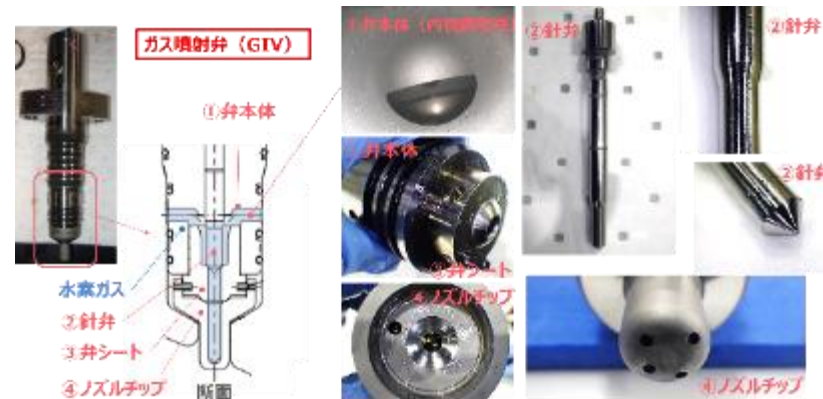


試験装置

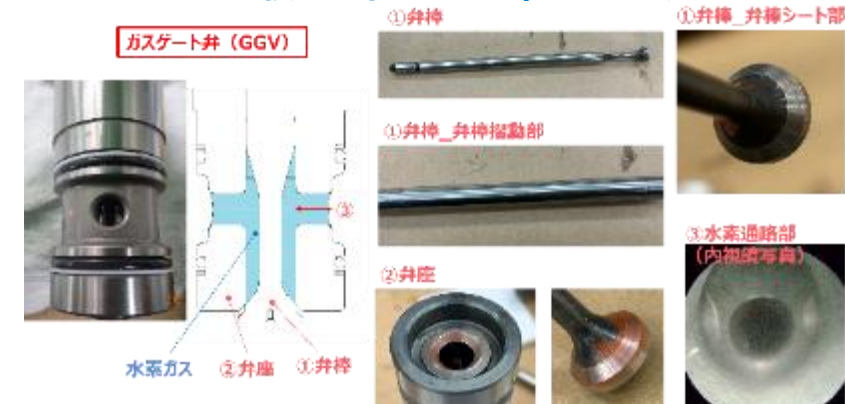


- : 圧力30MPa 水素濃度100%の系統
- : 圧力0.1~20MPa
- : 二重管アニュラススペース

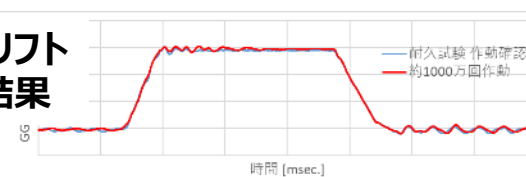
耐久試験後の開放点検結果⇒良好



耐久試験後の開放点検結果⇒良好



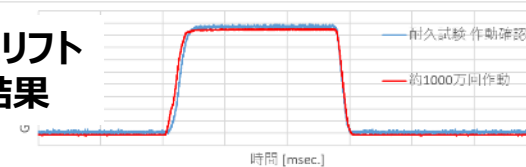
GGVリフト  
実測結果



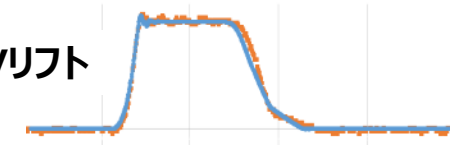
GIV1リフト  
実測結果



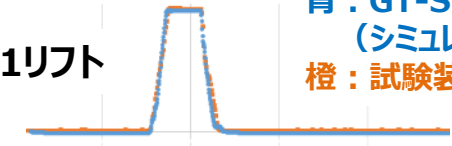
GIV2リフト  
実測結果



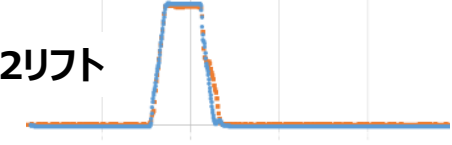
GGVリフト



GIV1リフト



GIV2リフト



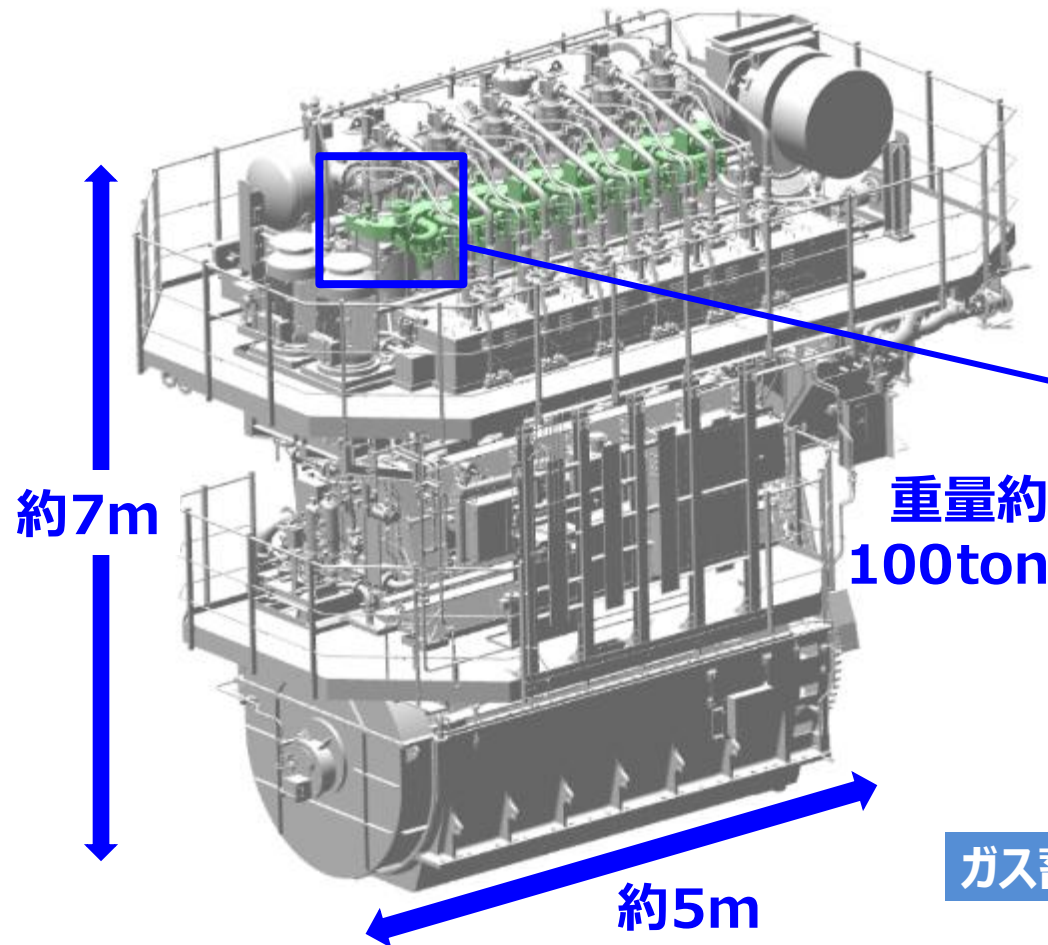


## 2. 研究開発計画／（2）-1 参考資料

これまでの取り組みについて

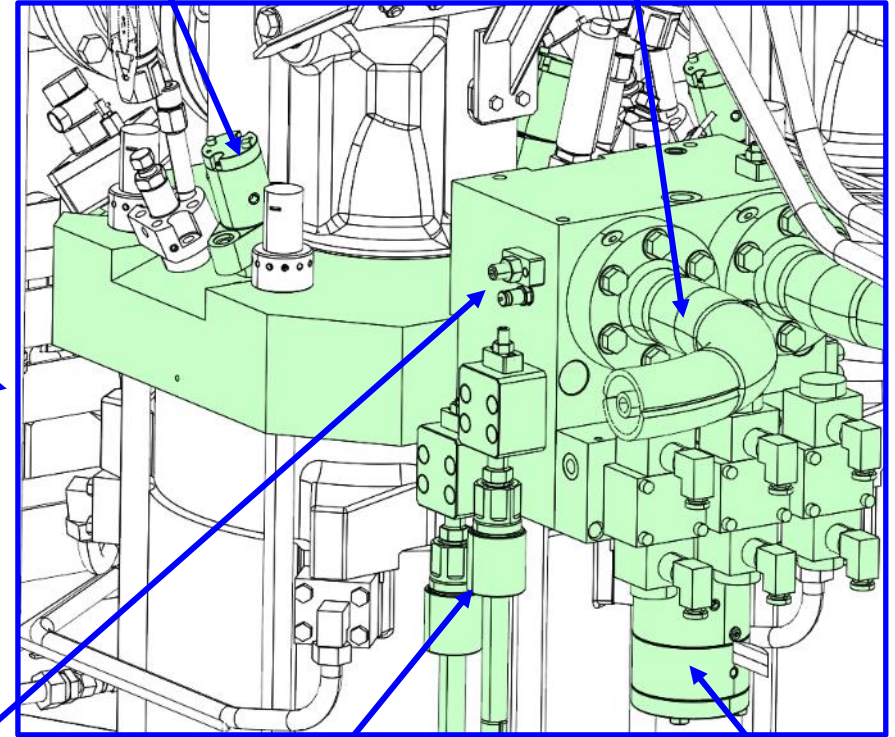
水素燃料を用いたフルスケールエンジンの開発

長期耐久試験結果をフィードバックしフルスケールエンジンの詳細設計進捗中。  
リードタイムの長い部品などの製造に着手



ガス噴射弁（GIV）

水素供給管（二重管）



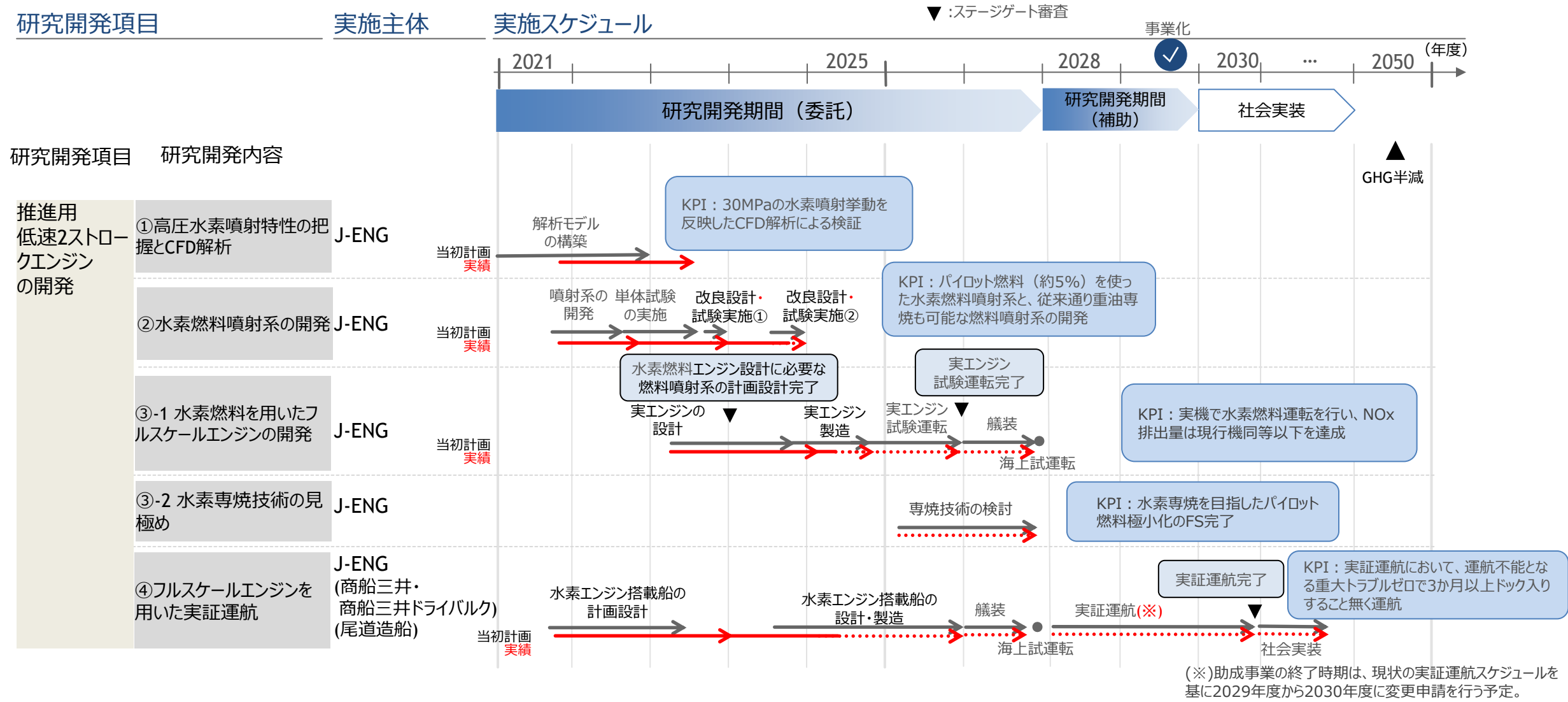
ガス蓄圧ブロック（GAB）

作動油・シール油

ガスゲート弁（GGV）

## 2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

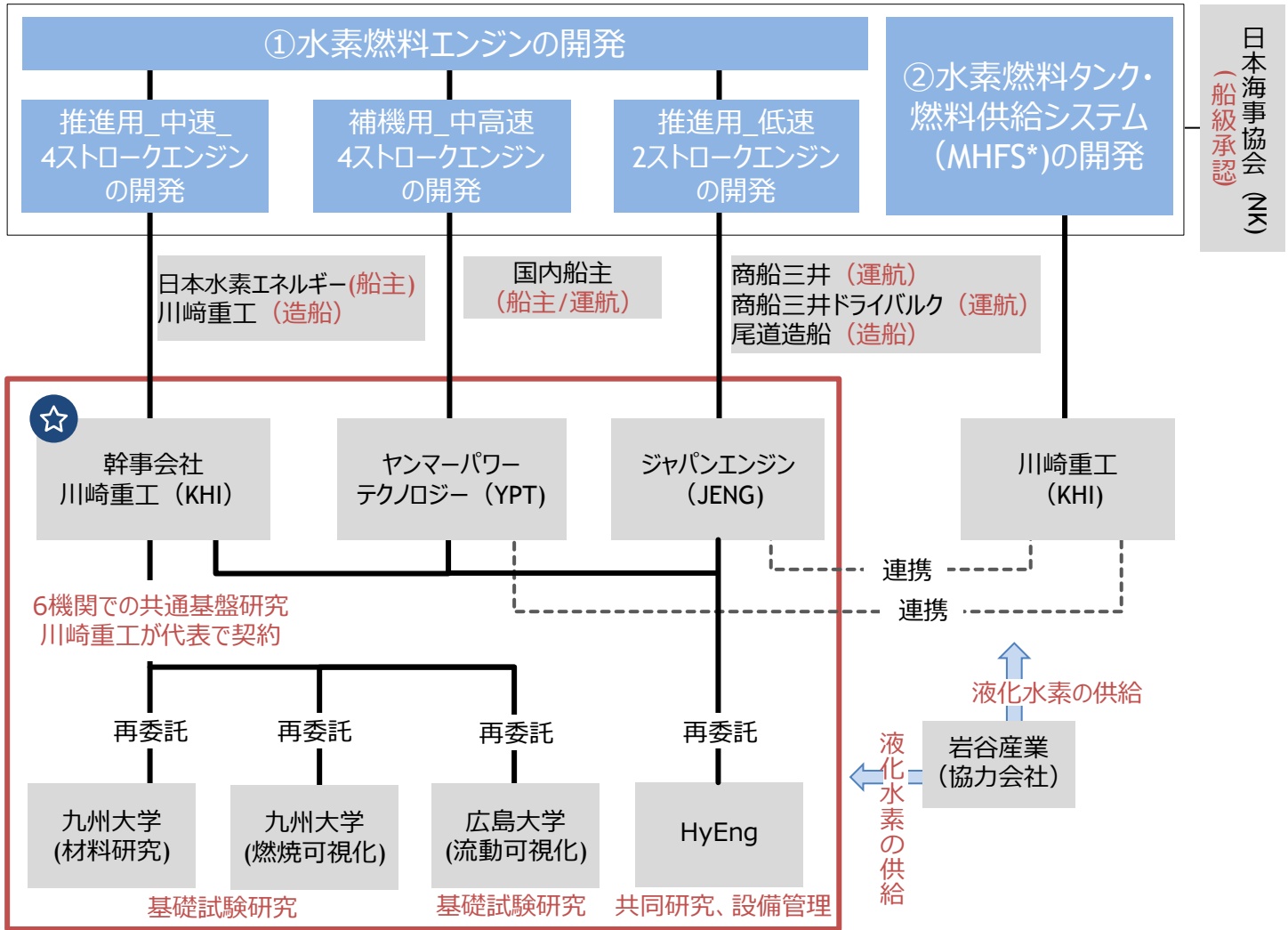
### 水素燃料エンジン市場投入、社会実装までのスケジュール



各社の共通の課題を効率よく解決し、最速の製品化を目指した研究開発体制を構築

\*MHFS（Marine Hydrogen Fuel System）：船用水素燃料タンク及び燃料供給システム

実施体制図



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- KHIが、プロジェクトの幹事会社を担う。
- KHIは、推進用中速4ストローク水素エンジンの開発及び、YPT社とJ-ENG社向けのMHFSの開発を行う。
- YPT社は、発電補機用中高速4ストローク水素エンジンの開発を行う。
- J-ENGは、推進用低速2ストローク水素エンジンの開発を行う。
- 上記3社及びHyEng（上記3社の合併会社）、九州大学、広島大学の6機関で共通基盤技術の研究を行う。
- HyEngは安全性、材料、燃焼の研究を行う。
- 九州大学は、水素対応の材料試験、燃焼試験を行う。
- 広島大学は、水素燃料の混合気形成・流動可視化試験を行う。
- 岩谷産業は、エンジン開発試験用及び実船実証用に、液化水素を供給する。

研究開発における連携方法

- 6機関の共通基盤研究を実施するために、九州大学、広島大学とはKHIが代表で、HyEngとは個社ごとに再委託契約を締結する。
- YPT及びJ-ENGはKHIに対して、それぞれの開発エンジンに必要なMHFSの仕様を示し、それらを基に、KHIがMHFSの研究開発を行う。またエンジンとMHFSを組み合わせた実船実証を共同で行う。
- KHI, YPT, J-ENGから岩谷産業に、試験や実証に必要な液化水素の発注を行う。また、将来の水素燃料のバンカリングシステムや拠点の共同検討を行う。

## 2. 研究開発計画／（5）技術的優位性（ジャパンエンジン）

### 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
推進用 低速2ストローク エンジンの開発	1 高圧水素噴霧特性の把握とCFD解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>試験装置 RCEM（急速圧縮膨張装置）による可視化技術</li> <li>流体・燃焼解析の技術</li> </ul>	<p>→ 【優位性】・独自の開発技術を保有</p> <p>【リスク】・解析ツールの新規開発が必要になる</p>
	2 水素燃料噴射系の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>LNGエンジンの燃料噴射系の開発技術</li> <li>自社開発の制御技術</li> <li>LNGエンジン開発における実証技術</li> </ul>	<p>→ 【優位性】・独自技術による高性能化</p> <p>・ブラックボックスのない自社開発の制御システム</p>
	3-1 水素燃料を用いるフルスケールエンジンの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>LNGエンジンの燃料噴射系並びにエンジン開発技術</li> <li>LNGエンジンにおける制御系・状態監視システム等の電子制御技術</li> </ul>	<p>→ 【優位性】・独自技術による高性能化、高信頼性</p> <p>・国産自社開発であり、海外への技術流出なし</p> <p>【リスク】・競合他社に対抗するための設計変更</p> <p>・安全規則の変化に伴う追加対策</p>
	3-2 水素専焼技術の見極め	<ul style="list-style-type: none"> <li>流体・燃焼解析の技術</li> <li>自社開発の制御技術</li> <li>LNGエンジン開発における実証技術</li> </ul>	<p>→ 【優位性】・独自技術による高性能化、高信頼性</p> <p>・国産自社開発であり、海外への技術流出なし</p> <p>【リスク】・競合他社に対抗するための設計変更</p>
	4 フルスケールエンジンを用いた実証運航	<ul style="list-style-type: none"> <li>蓄積した自社開発技術と長年のアフターサービス実績による、迅速な製品改良技術</li> </ul>	<p>→ 【優位性】・開発・製造・アフターサービス一貫体制による迅速な改良対応</p> <p>【リスク】・他社の先行した就航実績の積み上げ</p>

# 3. イノベーション推進体制

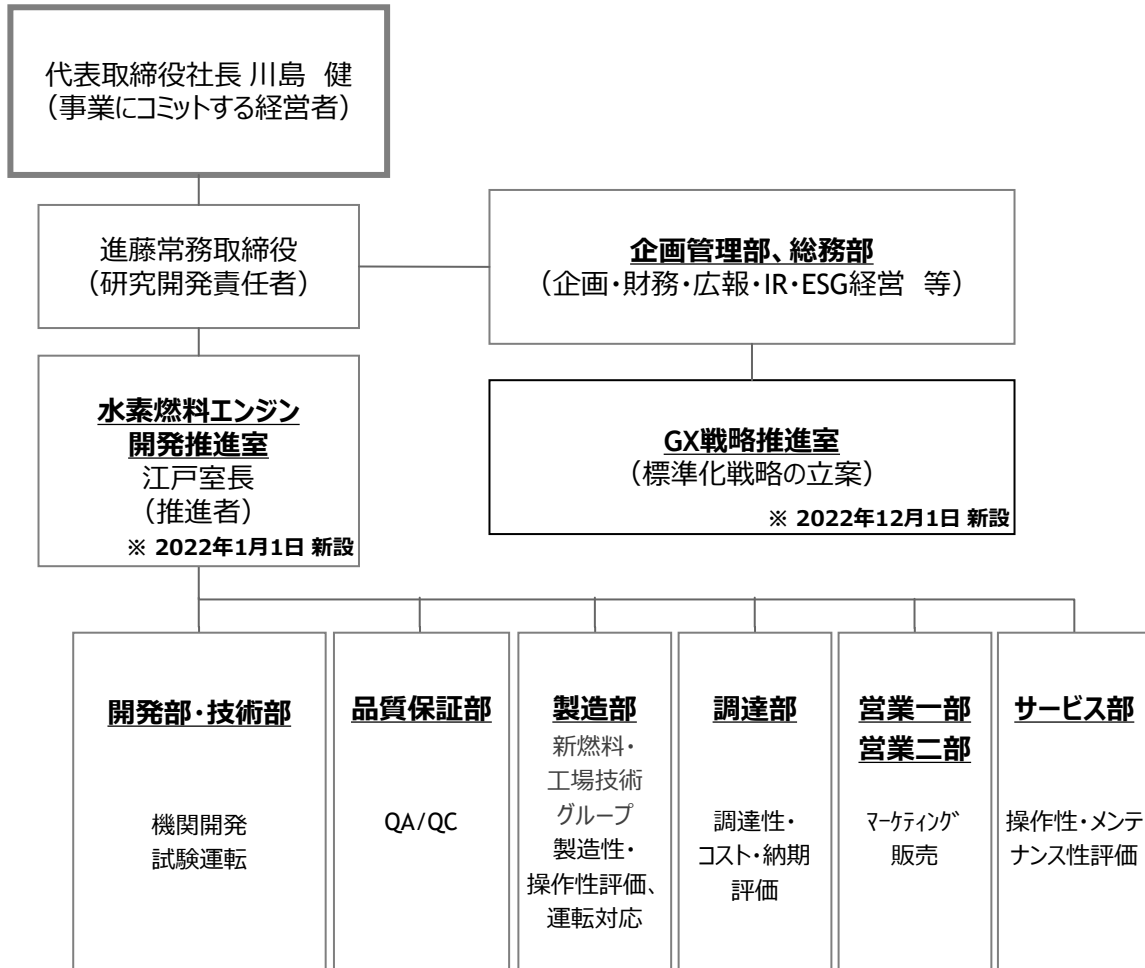
(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)



### 3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制

## 経営者のコミットメントの下、専門部署に複数チームを設置

#### 組織内体制図



開発から製造、アフターサービスまでの一貫体制で水素燃料エンジンの市場投入を玉成する

#### 組織内の役割分担

##### 研究開発責任者と担当部署

- 研究開発責任者
  - 進藤常務取締役：研究開発全般の取り纏め責任者  
実績/独自開発のUEエンジン全般の開発取り纏め
- 水素燃料エンジン開発推進室を2022/1/1に新設。  
開発～事業化までを強力に推進
  - 江戸室長：開発推進室長（チームリーダー）  
実績/独自開発のUEエンジンにおけるLSE、LSH、LSJシリーズなどの新型機関の開発
  - 品質保証、調達、技術、サービス、製造の各部署が分野毎の評価実施
- 水素燃料エンジン開発推進室・開発部・技術部での開発従事メンバーを任命。
- 水素燃料エンジン開発推進室に加え
  - 計画設計担当
  - 詳細装置設計担当
  - 機関最適化担当
  - 開発・設計業務全般担当を配置した。
- 標準化推進体制
  - 標準化戦略に関する社内司令塔として2022年12月1日付けでGX戦略推進室を設置
- 新燃料エンジンの製造・運転の本格化に伴い、2025年4月1日付けで製造部に新燃料・工場技術グループを新設、プラント運用・安全管理体制を強化

##### チーム、グループ間の連携方法

- 開発会議による進捗報告、レビュー
- QCD連絡会における設計レビュー



### 3. イノベーション推進体制／（2）マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与

## 経営者等による水素燃料エンジン事業への関与の方針

#### 1. 経営者等による具体的な施策・活動方針

##### ● 経営者のリーダーシップ

- 国内外における2050年のカーボンニュートラルに向けた取り組みの中、海事産業においてはゼロエミッション船実現が必須となっており、重油からカーボンフリー燃料への一大転換期を迎えていると認識している。
- 当社事業においても、これに対応した次世代燃料エンジン開発に取り組むことを社内外に示しており、水素燃料エンジンについては、ゼロエミが達成可能となる有効な打ち手、且つ、逸早く市場投入することで競合他社に先行できる有力な事業と位置付けている。
- 当社水素燃料エンジンの優位性、当該事業の重要性を、顧客、株主、投資家等、あらゆるステークホルダーに対して、PR、IR活動等を通じて発信中である。（これまでに、中期事業計画、プレスリリース、展示会等で発信済）
- 開発費には手厚くリソースを配分することで、従来技術の延長線上にない革新的な脱炭素エンジンの具現化に挑戦する。

##### ● 事業のモニタリング・管理

- 当該事業はプロジェクト管理することとし、定期的に経営層を交えた開発レビュー会を開催中である。
- レビュー会に加え、週次で実施している経営会議等においても定常的にフォローしており、経営者からのタイムリーに指示をしている。
- 社方針において、次世代アンモニア/水素燃料エンジンの開発推進を掲げており、社内レビューに加え、顧客およびサプライヤーなどからのフィードバックも幅広く取り入れ事業を進めている。
- 開発計画に示したKPIについて、進捗状況を社内会議で定期的にモニタリングしている。

#### 2. 事業の継続性確保の取組

- 水素燃料エンジン事業の成否は、当社の舶用主機関事業の将来を左右する重要な事業であり、経営層が交代する場合にも、持続的な発展のために、事業を引き継ぎ、事業完遂に向けた取組みを積極的に推進していく計画である。
- 水素燃料エンジンの後続受注を図りつつ、QCD向上に継続的に取り組み、拡販とシェアアップを狙う計画である。

### 3. イノベーション推進体制／（3）マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ

## 経営戦略の中核に水素燃料エンジン事業を位置づけ、企業価値向上とステークホルダーとの対話を推進

#### 1. 取締役会等での議論、コーポレートガバナンスとの関係

##### • カーボンニュートラルに向けた全社戦略

- 環境負荷の軽減は、当社のESG経営の重要な目標の一つであり、製品および製造活動におけるカーボン排出の削減を推進している。
- 当該活動を進めるにあたっては、国の指標と連動し、2050年カーボンニュートラル実現を目指している。
- 2024年度からGXリーグに参画している。

##### • 事業戦略・事業計画の決議・変更

- 重要な研究開発は、取締役会での決議事項となっているほか、取締役会の下部組織となる社内経営会議においても、全社の幹部社員が参加し、社の方針や懸案事項等の協議、決定を実施している。
- 今回の事業においても、進捗状況は、社内経営会議等で定期的にモニタリングしていることに加え、内容によっては取締役会にも付議する予定である。
- また、事業について決議された内容は、経営会議、全社部長会などの社内会議を通じ全社に周知するほか、社基本方針の伝達、社員集会、社内報などの各種媒体・手段を通じて社内に広く周知している。

##### • 決議事項と研究開発計画の関係

- 当社では、研究開発能力を、製品競争力を維持し、事業を伸長させていくための重要な経営資源として位置付けており、有価証券報告書、短信などでもその旨を記載している。

##### • コーポレートガバナンスとの関連付け

- 取締役の選任にあたっては、業務執行の管理・監督機能等を考慮しており、また、取締役の報酬は、職責による固定給と業績連動報酬を組み合わせることで、事業戦略の成果を取締役の評価、報酬に反映させている。

#### 2. ステークホルダーとの対話、情報開示

- **本プロジェクトは当社が目指す成長戦略である脱炭素エンジン事業の中核に位置付けられる。今後もトップコミットメントの具体的な形として社内外に発信していく。**

##### • 中長期的な企業価値向上に関する情報開示

- 2022年5月に新たに策定・公表した中期事業計画の中で、本件取組みを弊社の主要戦略として位置付けており、中長期的に企業価値を向上させる成長ドライバーとして、適時開示資料などを通じて発信を継続している。
- 具体的には、金融商品取引法や東証規則に則り、適時適切に情報を開示している。これに加え、会社独自の取組みとして、ホームページ上でのニュースリリースや、事業報告書を紙面およびオンライン上で発行しているほか、業界紙その他に広告を出稿するなどし、IR活動を展開している。

##### • ステークホルダーへの説明

- 投資家・金融機関等： 開示資料や定期的な面談を通じて説明。
- 取引先・サプライヤー： 定期的な面談や説明会などを通じて説明。
- 情報発信： ニュースリリースや広告などで情報を発信。

### 3. イノベーション推進体制／（4）マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

## 機動的に経営資源を投入し、社会実装、企業価値向上に繋ぐ組織体制を整備

#### 1. 経営資源の投入方針

- **全社事業ポートフォリオにおける本事業への人材・設備・資金の投入方針**
  - 本事業は、中長期的に企業価値を向上させる成長ドライバーとして位置付けており、短期的な経営指標に左右されず継続的に経営資源を確保・投入中である。
  - 開発開始時の体制に対し、その後の開発の進捗、課題解決に対応すべく、必要なスキルを持った人材について、社内異動、兼務、新規採用等でフレキシブルに人員を配置中である。
  - 既存の工場建屋・運転設備等も活用しつつ、水素燃料エンジン用の燃料供給装置、運転設備を設置中である。
  - 本事業にかかる研究開発、設備に対し、国費負担以外は自社で資金を投入中である。（詳細は「資金計画」のシートを参照）
- **機動的な経営資源投入、実施体制の柔軟性の確保**
  - 事業の進捗状況は社内の会議体において定期的に報告し、課題発生時には、追加的なリソース投入を含め、適時適切に対応中である。
  - 産学官連携での開発を進めるとともに、知見ある外部の研究所などのリソースも有効活用中である。  
また、水素燃料エンジンを製造するにあたっては、既存のビジネスパートナーを中心にサプライチェーンも整備し、社内外関係先で一丸となって取り組み中である。
  - 本プロジェクトのコンソーシアムの中には顧客となる船主・造船所が含まれており、開発・実機検証時にフィードバックを得て、細部をブラッシュアップできる体制にある。
  - 潜在顧客に対しても、計画仕様を提示することで広く顧客ニーズをすくい上げ、細部をブラッシュアップしていく予定である。

#### 2. 開発推進体制の構築

- **開発推進体制**
  - 迅速な意思決定を行うため、開発設計部門と、関連各部門を含めた全社横断的な組織にて開発推進。
  - 開発～事業化までを強力に推進すべく、水素燃料エンジン開発推進室を2022/1/1に新設。開発部・技術部のメンバーも参画し、計画設計担当、詳細装置設計担当、機関最適化担当、及び開発・設計業務全般担当の構成で開発推進体制を構築した。
  - 開発研究責任者が経営者と逐次情報共有、経営判断を行う。
  - 状況に応じて、中途採用や社外リソースの活用を柔軟に検討する。
- **標準化推進体制**
  - 標準化戦略に関する社内司令塔として2022年12月1日付でGX戦略推進室を設置
- **若手人材の育成（含む標準化戦略人材）**
  - 開発設計部門の各チームには、若手人材を抜擢しており、本事業に積極的に関与させることで、将来のエネルギー・産業構造転換を見据え、中長期的かつ広範囲な視点を持ち、新技術への対応や、標準化、開発をけん引するスキルを育成中。
  - 経営戦略と連動させた人材戦略のもとで、多様な個人が事業のアウトプットを意識しながら、主体的、意欲的に活躍し、イノベーションを生み出す環境とすることで、中長期的な企業価値の創造にも繋げていく。

## 4. その他

## 4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対して十分な対策を講じるが、対象とする市場が無く技術的開発意義がない事態に陥った場合には事業中止も検討

### 研究開発（技術）におけるリスクと対応

- 異常燃焼が多発して運転ができなくなることで、水素燃料運転を達成できないリスク  
→ 高圧噴射方式を採用し燃焼制御を実施
- 水素脆化により、所期信頼性が確保できないリスク  
→ 耐水素脆化性のある適切な材料を選定
- 水素漏洩により、安全性を確保できないリスク  
→ 配管二重管化、パージ装置などの安全対策を適用

### 社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- 水素のインフラ整備が遅れることで、燃料供給に制約がでるリスク  
→ 主機関を、水素燃焼と、従来燃料(重油)の2つの燃料モードで運転可能なDual Fuel仕様とすることで、水素供給が可能となる次港までの運航を確保

### その他（自然災害等）のリスクと対応

- 自然災害を含む不可抗力による遅延。  
→ 工場設備への影響、部材状況について、情報確認をタイムリーに行い、リスクを最小化する。
- 事業の継続性を担保するためのBCPは整備されており、必要に応じて事業プロセスに冗長性を取り入れるとともにレジリエンスを高めていく。  
また、危機管理と迅速な復旧を可能にするための組織体制作りにも、継続して取り組んでいく。

### ● 事業中止の判断基準：

- ①技術面：いかなる手法を尽くしても、目標とする成果を得られないことが確実となり、製品が完成し得ない
- ②マーケット面：水素燃料エンジンの需要が、今後とも実社会で一切生じず、開発した製品を社会実装する余地がない
- ③その他：自然災害等で当社の有する設備等が壊滅し、今後の事業継続・再開が不可能となる

