

2025年8月時点

# 事業戦略ビジョン

提案プロジェクト名：「舶用水素エンジン及びMHFSの開発」

実施者名：川崎重工業株式会社（幹事企業）、代表名：代表取締役社長 橋本 康彦

共同実施者：ヤンマーパワーテクノロジー株式会社

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



# 目次

## 0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

### 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) -1 研究開発目標（エンジン）
- (2) -1 研究開発内容（エンジン）
- (3) -1 実施スケジュール（エンジン）
- (1) -2 研究開発目標（MHFS）
- (2) -2 研究開発内容（MHFS）
- (3) -2 実施スケジュール（MHFS）
- (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）

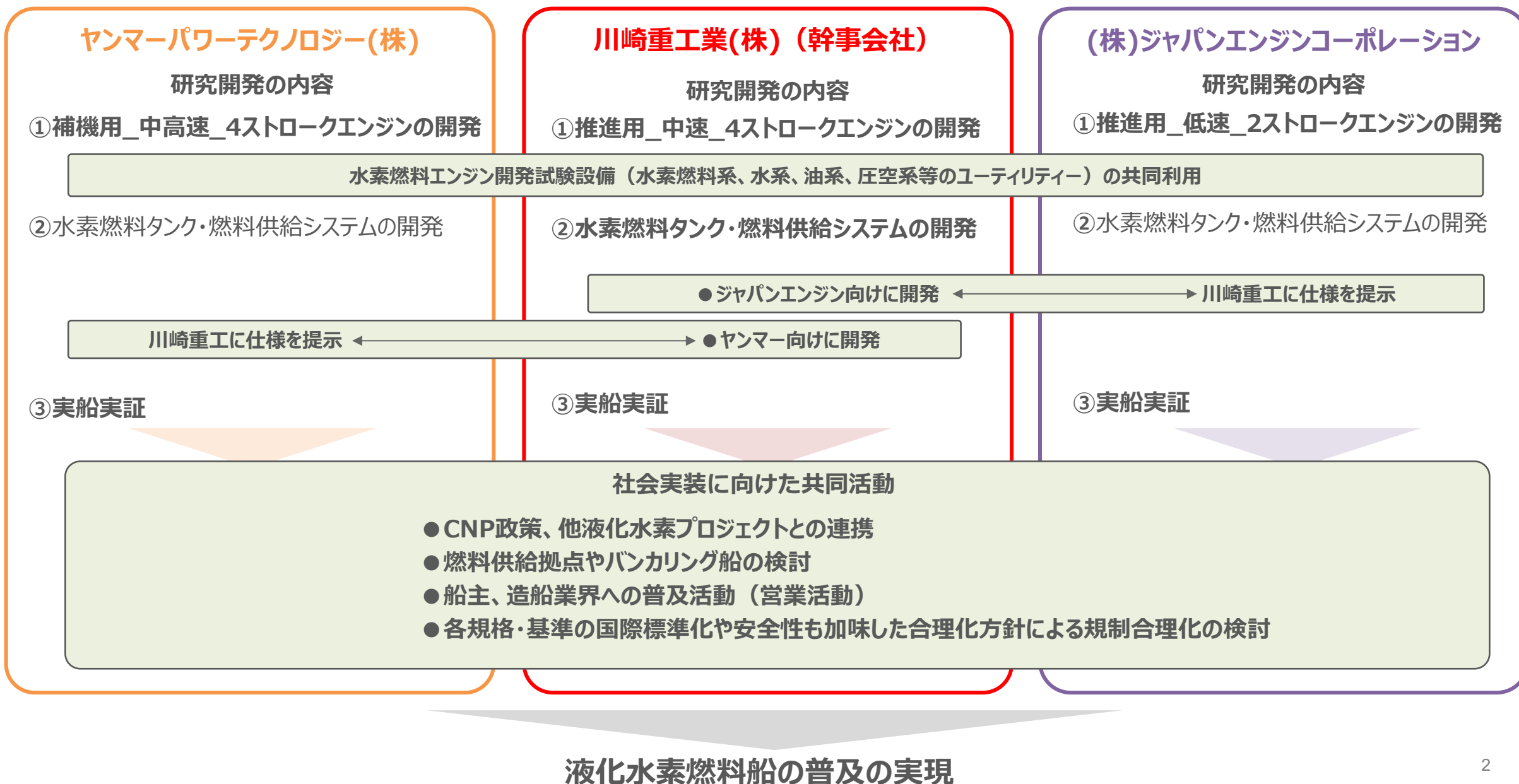
- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

### 4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針



## 0. コンソーシアム内における各主体の役割分担





0. 研究開発体制

共通の課題を効率よく解決し、最速の製品化を目指した体制を構築

現状の課題とコンソーシアム構築の背景

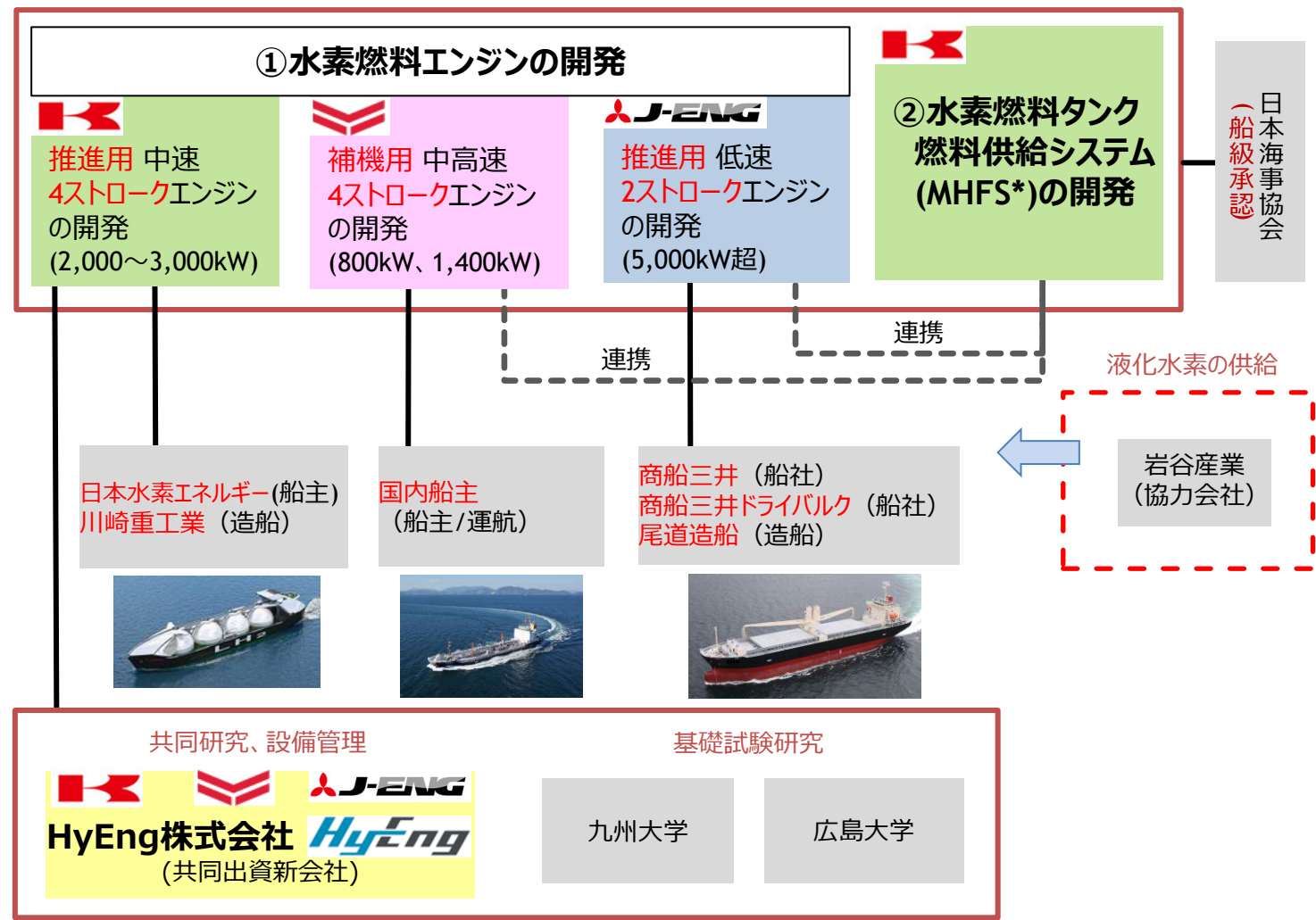
- ・2050年のカーボンニュートラルを達成する為に、GHG排出を大幅に削減可能な燃料転換が不可欠
- ・カーボンフリー燃料として水素燃料が有望視
- ・外航・内航大型船向け水素燃料エンジンは不在



共通課題を共同で効率良く解決し、純国産エンジンメーカーコンソーシアムによる世界に先駆けた水素燃料エンジンの開発

- 共通課題例：
- 水素脆化
  - 水素間欠燃焼
  - 水素燃料供給システム
  - 水素燃料 国際ルール対応 等

研究開発体制図



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



水素燃料船の普及拡大により、持続可能な社会の実現を目指す



推進用中速4ストロークエンジン  
水素燃料タンク・燃料供給システム



補機用中高速4ストロークエンジン



推進用低速2ストロークエンジン



コンソーシアムによる取組内容

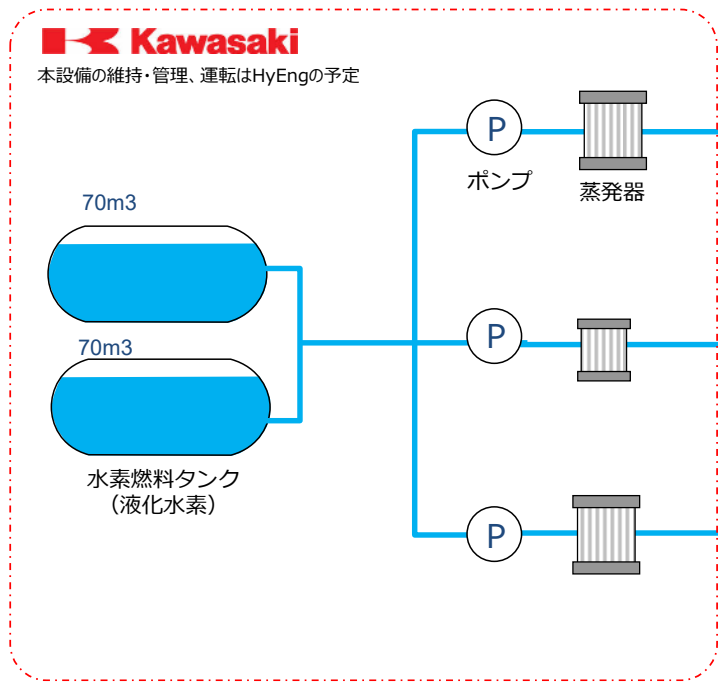
- ① 船用エンジンマーケットのボリュームゾーンとなる出力0.5MW～15MWをカバーする水素燃料エンジンをコンソーシアムにて同時並行開発
- ② 水素燃料供給システムも含めたインテグレーション提供
- ③ 水素燃料エンジン搭載を実現する国際ルール作り
- ④ 普及のための標準化戦略立案と共同実行



共同出資新会社を設立済み

水素燃料エンジン開発のセンター会社的な役割を目指す

共通水素供給設備

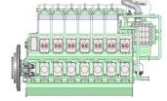


本設備の維持・管理、運転はHyEngの予定

水素エンジン運転設備



推進用 中速 4ストローク  
出力：2000～3000 kW  
回転数：720 rpm



補機用 中/高速 4ストローク  
出力：800kW/1400kW  
回転数：900rpm/1800rpm



推進用 低速 2ストローク  
出力：3000～15000kW  
回転数：79～215rpm





# 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

## 海運における脱炭素化に向けて、舶用水素エンジン市場が急速に拡大すると予想

### 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）

- 低炭素社会から脱炭素社会に意識が変化している。
- 海運においても脱炭素化が求められている。

#### （経済面）

- 削減効果の高い削減手段の必要性が高まっている。
- 経済的に合理的な燃料と舶用推進機関が求められている。

#### （政策面）

- IMO MEPC82で、舶用燃料のGHG強度を規制する制度と船舶からのGHG排出に課金しゼロエミッション燃料船への還付を行う経済的手法である課金・還付制度の両方からなる条約改正案が審議され、条約改正案が作成された。

#### （技術面）

- 将来の適切な舶用燃料(水素、アンモニア、メタノール)と機関のシステムが模索されている。
- 船舶のサイズや用途でそれらシステムの合理性は異なる。

#### ● 市場機会

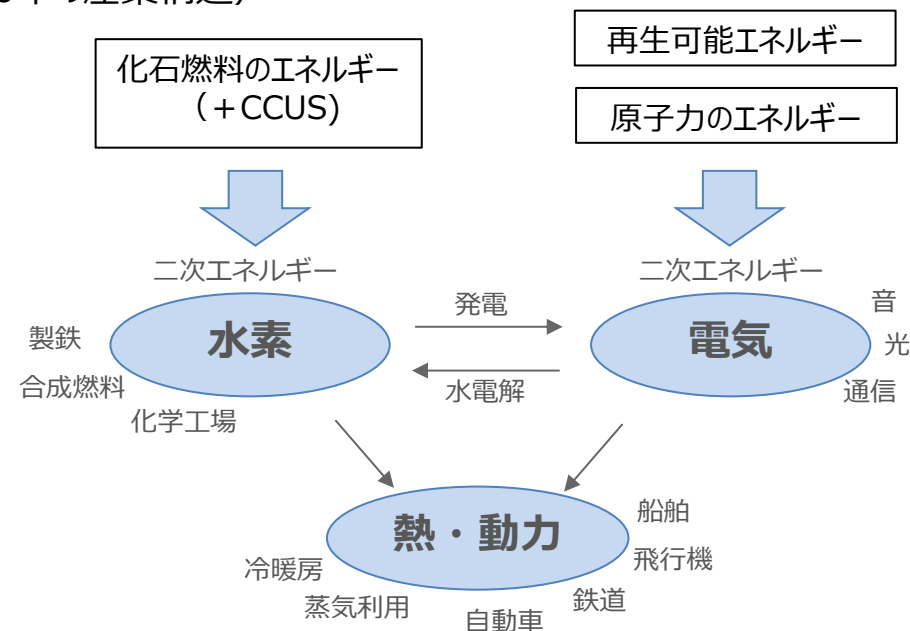
海運における脱炭素化に向けて、水素サプライチェーンの構築に合わせ、舶用水素エンジンの機器市場が急速に拡大すると予想。

#### ● 社会・顧客・国民等に与えるインパクト

一時的に海上輸送コストが上昇するが、技術の習熟と他のセクターも含む水素燃料の拡大普及により、影響は低減されてゆく。

### 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

#### （2050年の産業構造）



#### ● 当該変化に対する経営ビジョン

提案各社は舶用水素エンジン市場拡大に向けて、将来を見据え、安価、高効率なシステム・機器の研究開発を続け、市場の要請に応えていく。



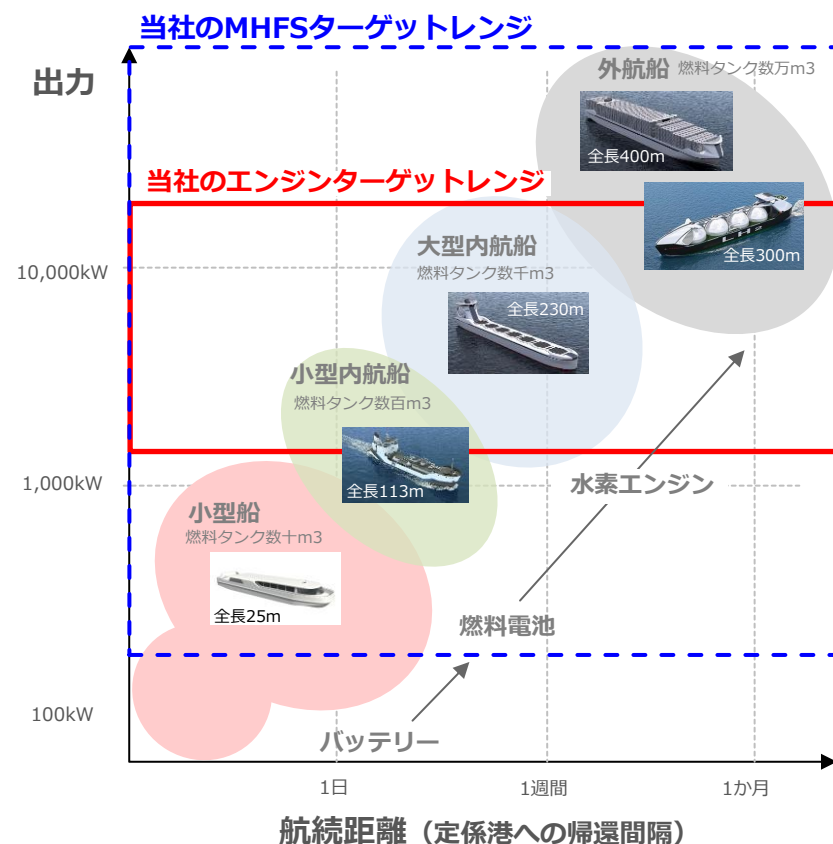
# 1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

- ① 舶用水素エンジン市場の中で機関出力2～30MWを要する船舶推進用をターゲットとする。
- ② MHFS\*については、すべての水素燃料船をターゲットとする

\*MHFS：舶用水素燃料タンク及び燃料供給システム

## セグメント分析

- ① 当社の開発する4サイクル中速エンジンは、単機出力で2～8MWであり、複数台搭載で30MW程度までをターゲットレンジとする。
- ② 当社の開発するMHFS\*は、液水燃料を使用するすべてのレンジ（燃料タンク：数十～数万m<sup>3</sup>）に対応することを目指す。



## ターゲットの概要

### 市場概要と目標とするシェア・時期

- ① 当社が狙う水素エンジンは単機出力2～8MWである。IMO・GHG削減戦略によれば、複数のシナリオにおいて、200TWh及び800TWhの普及可能性が示されている。当社の試算では、2050年の2～8MWレンジの水素エンジン市場は約1000～4000基を想定している。それらに対して、ライセンス生産含め下記の表のように目標シェアを設定した。
- ② MHFSについては、ライセンス生産を含め、2050年においてすべてのレンジで70～90%の高い目標シェアを設定した。

需要家	船主想定ニーズ	目標シェア(2050)	課題
外航船	機関 : 30以上MW	<b>対象外</b> <b>70%</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・多数の海外勢の参入に備えた差別化</li> <li>・燃料充填プロトコルの整備</li> <li>・バンカリング船を含めた燃料補給拠点の整備</li> <li>・海外における機器のメンテ拠点の整備</li> </ul>
	MHFS : 1.6万m <sup>3</sup> 以上		
外航船	機関 : 8～30MW <small>プロペラ直結除く</small>	<b>30%</b> <b>70%</b>	
	MHFS : 0.5～1.6万m <sup>3</sup>		
大型内航船	機関 : 2～8MW	<b>60%</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料充填プロトコルの整備</li> <li>・バンカリング船を含めた燃料補給拠点の整備</li> </ul>
小型内航船	MHFS : 100～1500m <sup>3</sup>	<b>90%</b>	
小型船	機関 : 燃料電池/バッテリー	<b>対象外</b> <b>90%</b>	同上
	MHFS : 15～100m <sup>3</sup>		

機関 : 数値はエンジン出力を示す  
 MHFS : 数値は液化水素タンク容量を示す



# 1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

当社が保有する液化水素技術と水素エンジン技術を用いて、舶用水素エンジンとMHFS\*を開発し、それらの製品の販売事業を創出/拡大

## 社会・顧客に対する提供価値

顧客である船主/造船会社に水素エンジン及びMHFS\*を製品として販売する。

### ①水素エンジン

単機出力：2~8MW

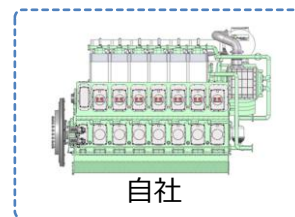
### ②MHFS\*

全ての出力レンジに対応

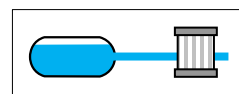
## ビジネスモデルの概要（製品、サービス、価値提供・収益化の方法）と研究開発計画の関係性

### 当社の研究開発計画

- ①自社エンジンの開発 ②コンソーシアムメンバーのMHFS\*も開発



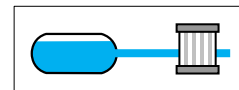
+



自社向け



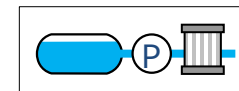
+



YPT向け



+



ジャパンエンジン向け

### ビジネスモデル

#### セット販売

当社、YPT、J-ENGを優先したMHFS\*とエンジンのセット販売

#### MHFS\*のみの販売

全てのレンジに対応した水素MHFS\*の販売





# 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社で取組中。

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／（3）提供価値・ビジネスモデル

## 当コンソーシアムが考える水素エンジン普及シナリオ

### 液化水素運搬船

ボイルオフした水素を燃料として活用する点、高効率の観点から水素レシプロ機関が嗜好される。

液化水素運搬船の普及拡大のため、今治造船殿・JMU殿と運搬船建造の共同検討を開始することを合意（2025年6月）。



### 水素燃料船

脱炭素燃料（水素・アンモニア・e-fuel）に関しては、燃料の量産により経済的合理性ができるまでは、化石燃料に比べコストは上昇する。



国際海運においては、

- ・2024年 EU-ETSが適用開始
- ・2025年 FuelEU Maritimeが適用開始
- ・2025年 IMO MEPC83で中期対策の規則案が合意

- ・使用燃料のGHG強度を規制
- ・規制適合余剰分の繰り越し、融通が可能
- ・基準値・規制値を超えると負担金を徴収しIMO基金へ支払

新ルールが脱炭素燃料を後押し。

一定数は、代替燃料船の導入が加速するとの船主殿ご意見有り。

現状、船舶により輸送する製品価格に及ぼす燃料費のコスト割合はそれほど高くない。

荷主による環境コスト負担の原則をどのように徹底するかがポイント。欧州の荷主は一部の環境コスト負担のムード有り。



# 1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

## 海外へのブランド認知・海外顧客への売り込み戦略についての考え

### GI先行実績を活かした海外展開

#### ・水素利用の拡大を図ろうとしている国々への集中展開

⇒欧州の内陸水運

⇒欧州域内海運



Samskip社Seashuttle 水素船プロジェクト例  
800TEUコンテナ船

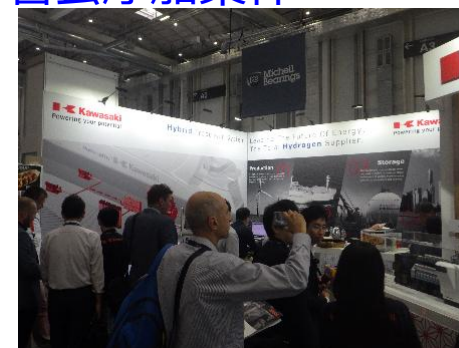
#### ・営業活動や展示会・学会等を通じたPR活動

→ アーリアダクションとして有望なクルーズ船、コンテナ船(小型)、海外官公庁船案件

に対する要望のヒアリング、課題検討の実施

→ 海外荷主、船主からの将来戦略についてのヒアリング

→ 水素燃料船のコンセプト設計船を提案へ



SMMハンブルグにて



CIMAC2025 Congressにて  
チューリッヒ

・船舶向けと共に陸上発電用としてプロモーションを行い認知度を高める。

・水素サプライチェーン構築活動と一体になった売り込み戦略



# 1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

当社が保有する液化水素及び水素エンジンの技術を用いて  
水素エンジンシとMHFS\*を顧客に提供する事業を創出/拡大

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

## 自社の強み、弱み（経営資源）

### ターゲットに対する提供価値

- ターゲットである船舶（ユーザ）に水素エンジン及びMHFSを供給/搭載することにより、その船舶はCO<sub>2</sub>を排出しない環境性の極めて高い船舶となる。

### 自社の強み

- 当社は世界初の液化水素運搬船を建造しており、船舶向けの水素機器の技術者を保有している。
- 当社はこれまで水素エンジンの基盤研究を行ってきた実績のある技術者を保有している。
- さらに大型の運搬船の建造を予定しており、開発される水素エンジンの搭載を予定している。
- 当社はガスエンジンメーカであり、製品生産工場も有している。

### 自社の弱み及び対応

- 当社の経営資源では、複数のボアサイズ/レンジのエンジンを同時に開発することは困難。
- ジャパンエンジンとヤンマーパワーテクノロジーとで分担開発する

## 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	<p>【現在】従来ガスエンジン、水素エンジン及び水素MHFS共に世界でトップの自社開発技術を保有。</p> <p>↓</p> <p>【将来】さらなる開発を継続して、世界でトップの技術の維持を目指す。</p>	<p>【現在】船用ディーゼルエンジンの顧客基盤を保有する。</p> <p>↓</p> <p>【将来】現在の顧客基盤を用いて水素エンジン及び水素MHFSを販売普及。</p>	<p>【現在】国内主体の部品サプライチェーン（SC）を保有。水素関連部品のSCも構築している。</p> <p>↓</p> <p>【将来】既存の部品SCで水素エンジン及び水素MHFSの部品を生産。</p>	<p>【現在】工場内に生産ライン及び技術者を保有。会社として水素ビジネスを強力に推進している。</p> <p>↓</p> <p>【将来】既存の生産ライン及び技術者を用いて水素エンジン及び水素MHFSを生産</p>
A社	<p>・水素技術を保有していない。しかし技術供与を受けている海外ライセンサーが水素技術開発を加速。その技術供与が強敵。</p>	<p>・船用エンジン業界で強固な顧客基盤を保有するものの世界的には減少方向。ライセンス生産のため販売先に制限有。</p>	<p>・国内主体に部品SCを保有。ただし新規の水素関連技術の部品については海外ランセンサーからの指示に従うと推測。</p>	<p>・工場内に生産ライン及び技術者を保有。ライセンス製品を主体としており開発用資源は限定的。</p>
B社	<p>・ガスエンジンの自社技術を保有するものの、性能は当社よりも劣る。水素技術は有していない。</p>	<p>・船用ディーゼルエンジンの顧客基盤を保有する。</p>	<p>・国内主体の部品SCを有している。</p>	<p>・工場内に生産ライン及び技術者を保有。</p>
C社				



# 1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

2021年に研究開発を開始、2028年頃より順次事業化、2035年以降の投資回収を想定

- ✓ 2021年より研究開発を開始し、2028年頃より製品ごとに順次事業化を目指す。
- ✓ 2035年以降に製品ごとに投資回収ができる見込み。

研究開発																			事業化				投資回収			
		21年度	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度	31年度	32年度	33年度	34年度	35年度	36年度	37年度								
売上高													エンジン生産事業を商業化													
研究開発費		約61億円＊（コンソーシアム全体）										➤ 本事業終了後も性能改善及びバリエーション展開の開発を継続														
取組 段階	エンジン開発	開発計画 検討	試験設備 設計	試験設備 機器製作	試験設備 建設	試験	実船 搭載	試験	試験	試験	試験															
	エンジン開発 （実船実証）	－	－	－	－	－	－	実船 実証	実船 実証	実船 実証	実船 実証	上市 準備	上市	販売	販売	販売	販売	販売								
CO2削減効果													約309万t													

＊ 金額は本事業開始時のもの



# 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>①水素燃料エンジンについて <ul style="list-style-type: none"> <li>3MWクラス(8シリンダ)の開発及び実船実証を行う。</li> <li>着火方式としてパイロット及び電気着火の開発を行う。</li> <li>机上で8MWクラス(18シリンダ)までのレンジの研究開発を行う。</li> </ul> </li> <li>②MHFS*について <ul style="list-style-type: none"> <li>小型(YPT社向)及び大型(J-ENG社向)のMHFS*の開発を行い実船実証を行う。</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①水素燃料エンジンについて <ul style="list-style-type: none"> <li>2031年度に、8MWクラス(18シリンダ) までのレンジのエンジンを製造できる生産ラインを整備する。</li> </ul> </li> <li>②MHFS（舶用水素燃料タンク及び燃料供給システム） <ul style="list-style-type: none"> <li>2031年度に、数十m<sup>3</sup>～1万m<sup>3</sup>までの液化水素MHFSの生産設備を整備する。</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実船実証に対して積極的に発表、視察/見学を受入、その有効性をPRし、将来の製品リリースにむけた営業を開始する。</li> <li>YPT社、J-ENG社及び3社の合弁HyEng社と協力してすべてのレンジを対象として、水素燃料エンジンとMHFS*のセット販売、さらには推進システムパッケージ、バンカリングシステムも含めたセット販売を積極的に行う。</li> </ul>
進捗状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>①水素燃料エンジンについて <ul style="list-style-type: none"> <li>陸上試験用エンジン(1号機)の陸上試験を開始。実船実証船の仕様変更に伴い、実船実証用エンジン(2号機)の仕様変更の検討を完了した。</li> </ul> </li> <li>②MHFS*について <ul style="list-style-type: none"> <li>小型MHFSは、生産設計を概ね完了。2026年夏頃完成に向け製造に着手した。</li> <li>大型MHFSは、詳細・生産設計を進捗中。2025年9月製造開始に向け準備中。</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①水素燃料エンジンについて <ul style="list-style-type: none"> <li>陸上実証試験に向け、3社共通の水素供給設備工事を完工。2025年2月に実液試運転を実施。低圧で運転できることを確認した。但し高圧で送液不安定になる事象が発生し、改良を準備中。</li> </ul> </li> <li>②MHFS（舶用水素燃料タンク及び燃料供給システム） <ul style="list-style-type: none"> <li>実証方法およびこれに伴う設備について検討開始。</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンソ3社にて、水素燃料コンセプト船の設計WGを設置。造船所を巻き込み、水素燃料船のコンセプト設計を実施し、水素燃料船の成立性、水素燃料が優位性を発揮できる領域（船種）を確認中。コンセプト船の発表を行う予定。</li> <li>CIMAC2025@Zurichにて水素ガスエンジンのポスター講演およびMHFSの論文・講演発表を実施。</li> </ul>
国際競争上の優位性	<ul style="list-style-type: none"> <li>現在、既存の外航船用舶用ディーゼルエンジン主機のほとんどは海外ライセンス製品で占められている。一方、水素エンジンにおいては、新たに世界で開発競争が開始されている。</li> <li>YPT社、J-ENG社と協力して、いち早くすべてのレンジに対応する純国産の水素エンジンを開発し、優位的なポジションを得る。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>今回研究開発される製品は、多くの国産部品の使用を想定しており、日本メーカの技術と設備が使用される。したがって、日本メーカの優位性が確保される。</li> <li>既存のエンジンの部品調達サプライチェーン、アフターサービス体制の大部分をそのまま利用でき、設備投資を最小限とすることが可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>YPT社、J-ENG社は、世界各国に事業拠点を有しており、それらの販売網を協力/利用して、今回研究開発される製品を世界各国に販売活動を行う。</li> </ul>



## 1. 事業戦略・事業計画／参考資料（将来の社会実装を見据えて行う、事業化面の取組内容）

### 国際水素サプライチェーンとリンクした水素燃料エンジンの市場投入

---

- ・**舶用水素燃料エンジン事業は、国際水素サプライチェーンとリンクした事業である。**
- ・**商用化実証および商用化により、安価で大量の水素の輸入が始まる2030年以降から水素を「使う」技術として、水素燃料エンジンの社会実装が始まるシナリオを描く。**



# 1. 事業戦略・事業計画／参考資料（将来の社会実装を見据えて行う、事業化面の取組内容）

## 国際水素サプライチェーン





# 1. 事業戦略・事業計画／参考資料（将来の社会実装を見据えて行う、事業化面の取組内容）

## 商用化へのステップとしての“商用化実証”

**2021年**

**パイロット実証** : 褐炭からの水素製造および長距離大量  
海上輸送の**技術・安全・運用上の  
成立性を実証**



**2020 年代半ば**

**商用化実証** : 機器サイズは商用規模（大型化）としつつ  
プラント構成はミニマム系列として**経済性を  
含めた商用化の成立性を見極める**  
**国や事業者視点では商用一歩手前の  
実証事業**



水素エンジンも搭載

**2030年**

**商用化** : 設備導入から運用に至るまで**経済的に  
自立し利益を生む実ビジネス**



水素エンジン船を想定

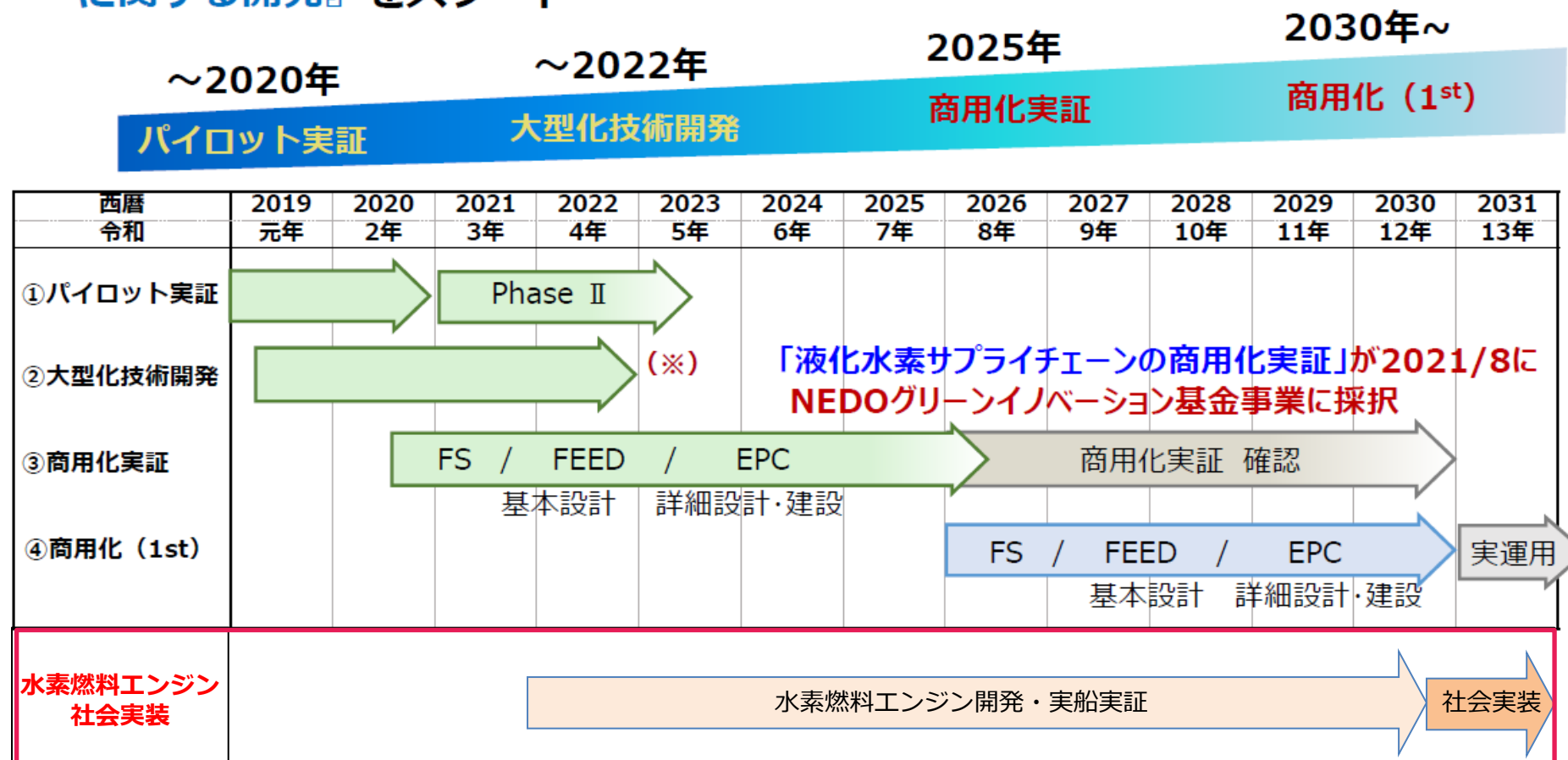
水素運搬船自身の推進システムも水素エンジンへの転換を想定



# 1. 事業戦略・事業計画／参考資料（将来の社会実装を見据えて行う、事業化面の取組内容）

## 商用化に向けたスケジュール

### ■ 川崎重工は2019年度から『液化水素の輸送貯蔵機器大型化および受入基地機器に関する開発』をスタート（※）



商用化実証および商用化により、安価で大量の水素の輸入が始まる2030年以降から水素を「使う」技術として水素燃料エンジンの社会実装が始まるシナリオを描く。



# 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

	委託事業							委託事業補助事業							
(単位：百万円)	21年度	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度	31年度	32年度	33年度	34年度	35年度
事業全体の資金需要	約249億円＊（コンソーシアム全体）										➤ 本事業終了後も性能改善及びバリエーション展開の開発を継続				
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）※1 国費負担（補助）※3	約172億円＊（コンソーシアム全体）														
自己負担 （設備投資含む）※2	約77億円＊（コンソーシアム全体）														

＊金額は本事業開始時のもの

※1 ,3 消費税抜き、インセンティブを含まない

※2 毎年委託事業のインセンティブ相当分は自己負担として計上

※4 助成事業終了後の資産買取り費用は含まない



## 2. 研究開発計画



## 2. 研究開発計画／（1）-1 研究開発目標（エンジン）

### 水素ガスエンジンの商用化を達成するために必要なKPI

#### 研究開発項目

#### 1. 推進用 中速4ストロークエンジンの開発

#### アウトプット目標

舶用水素ガスエンジンの商用化。  
将来のゼロエミッション化を見据え、脱炭素燃料である水素を使用するガスエンジンの開発を行い、実船実証にて安定運航を実現する。

#### 研究開発内容

① 多気筒エンジン舶用  
運用システムの開発

#### KPI

監督官庁の安全要求を満足する舶用水素エンジンを使用した推進システムの完成。

#### KPI設定の考え方

リスクアセスメントを実施することにより、監督官庁が要求する安全性を満足するシステムおよび制御を構築する。

② 多気筒エンジンの開発

異常燃焼抑制技術を適用したエンジンを船舶に適用する。  
平均有効圧力 $\geq 1600\text{kPa}$   
水素混焼率 $\geq 95\%$

単筒試験機にて先行開発した異常燃焼抑制技術を、多気筒エンジンに適用し、船舶で運用できるようにする。

③ 多気筒エンジンの実船  
実証

修理・復旧することなく3ヶ月以上運転継続する。

一定期間以上の実船運行により、実運転条件における信頼性・耐久性を確認する。

④ パイロット燃料を使わ  
ない燃焼技術の開発

平均有効圧力 $\geq 1600\text{kPa}$

①-③で開発したエンジンをベースに、パイロット燃料方式以外の燃焼技術を開発する。



## 2. 研究開発計画／（2）-1 研究開発内容（エンジン）

### 各KPIの目標達成に必要な解決方法（エンジン）

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 多気筒エンジン運用システムの開発	監督官庁の安全要求を満足する船用システムを開発する。	詳細設計中および製造着手 (TRL4)	要求を満足させる (TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>船級協会、造船所と共同で、天然ガスエンジン推進船とリスクが同等となるようアセスメントを実施し、要求仕様を定める。</li> <li>船級協会より、液化水素運搬船に適用可能なエンジン・制御システムの型式承認を取得する。</li> </ul>	船級協会および社内造船所と協力して実施する。 (90%)
2 多気筒エンジンの開発	異常燃焼抑制技術を適用したエンジンを船舶に適用する。 平均有効圧力 $\geq 1600\text{kPa}$ 水素混焼率 $\geq 95\%$	詳細設計中および製造着手 (TRL4)	多気筒エンジンを製造する (TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>単筒試験機にて先行開発した燃焼技術を多気筒エンジンに適用する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>過給機システムに適應した負荷変動対応EGRを開発し多気筒エンジンに搭載する。</li> <li>燃焼室部品は単筒機開発品を適用する。</li> </ul> </li> <li>①にて開発した船用運用システムおよびエンジンを船舶に搭載する。</li> </ul>	単筒試験機にて燃焼技術を確認する。 (90%)
3 多気筒エンジンの実船実証	修理・復旧することなく3ヶ月以上運転継続する。	基本設計に着手 (TRL3)	実証評価完了 (TRL8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>②で船舶に搭載した多気筒エンジンを用いて実船にて実証試験をする。</li> <li>実船試験で発生した問題点は、陸上の試験機にて再現試験をし、対応策を検討する。</li> <li>検討した対応策を実船実証に適用する。</li> </ul>	社内造船所と協力して実施する。 (80%)
4 パイロット燃料を使わない燃焼技術の開発	平均有効圧力 $\geq 1600\text{kPa}$	初期アイデアのみ (TRL1)	単筒機にて評価 (TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>既設の単筒試験機にて着火技術を確認する。</li> <li>水素によるエンジン起動の課題解決手法を確認する。</li> </ul>	①②で開発した技術を適用可能 (70%)



## 2. 研究開発計画／（2）-1 研究開発内容（エンジン）

### 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

	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 多気筒エンジン運用システムの開発	リスクアセスメントを実施し、安全要求に対応したエンジンシステムおよび制御方法を開発する。	➤	<ul style="list-style-type: none"> <li>各種リスクアセスメントおよび詳細制御設計を完了しClassNK殿より基本設計承認(AiP)を取得済み。</li> <li>制御装置(ハード)の作成が完了。</li> <li>制御検証装置(HILS)にて、制御ソフトの健全性確認を完了。</li> <li>実機試験にて、各種シーケンス確認等を実施中。</li> </ul>	○ 計画通り推進中
2 多気筒エンジンの開発	EGRシステムを搭載した実証エンジンの設計・製造を完了する。	➤	<ul style="list-style-type: none"> <li>エンジン本体及びEGRシステムの製造が完了し、7/末出荷済。</li> <li>2025/1月よりディーゼル運転による試験を開始した。また水素燃焼試験を2025/6月より開始した。</li> <li>3社共通の陸上水素供給設備の工事が完了。</li> <li>液化水素による試運転を開始。開発エンジンの水素運転は実施できる見込みではあるが、流量調整が必要な状況であり、改善工事を実施する計画。</li> </ul>	○ 計画通りに推進中。
3 多気筒エンジンの実船実証	(2030年度の取組)	➤	<ul style="list-style-type: none"> <li>実船実証船の船型変更の影響により、開発スケジュールの見直しを実施した。実船実証は2030年度になる計画。</li> </ul>	－
4 パイロット燃料を使わない燃焼技術の開発	(2026-30年度の取組)	➤	－	－



## 2. 研究開発計画／（2）-1 研究開発内容（エンジン）

### 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 多気筒エンジン運用システムの開発	リスクアセスメントを実施し、安全要求に対応したエンジンシステムおよび制御方法を開発する。	➤	<ul style="list-style-type: none"> <li>実機エンジンにて正常に作動するか、チューニング要否について確認が必要。（ディーゼルモードは概ね確認完了）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>陸上実証試験が開始されたため、順次確認が出来る見通し。</li> </ul>
2 多気筒エンジンの開発	EGRシステムを搭載した実証エンジンの設計・製造を完了する。	➤	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計検証したEGR特性や過給機性能が得られるか、実機で確認およびチューニングが必要。</li> <li>船舶搭載に耐える耐久性を有するか、実機での確認が必要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ディーゼルモードでの確認を実施中。準備が出来次第Hモードの性能確認を実施し、チューニングを検討する。</li> <li>燃焼室部材の耐久試験について、2025年度中に単筒機で実施予定。</li> </ul>
3 多気筒エンジンの実船実証	(2030年度の実証)	➤	—	—
4 パイロット燃料を使わない燃焼技術の開発	(2026-30年度の実証)	➤	—	—

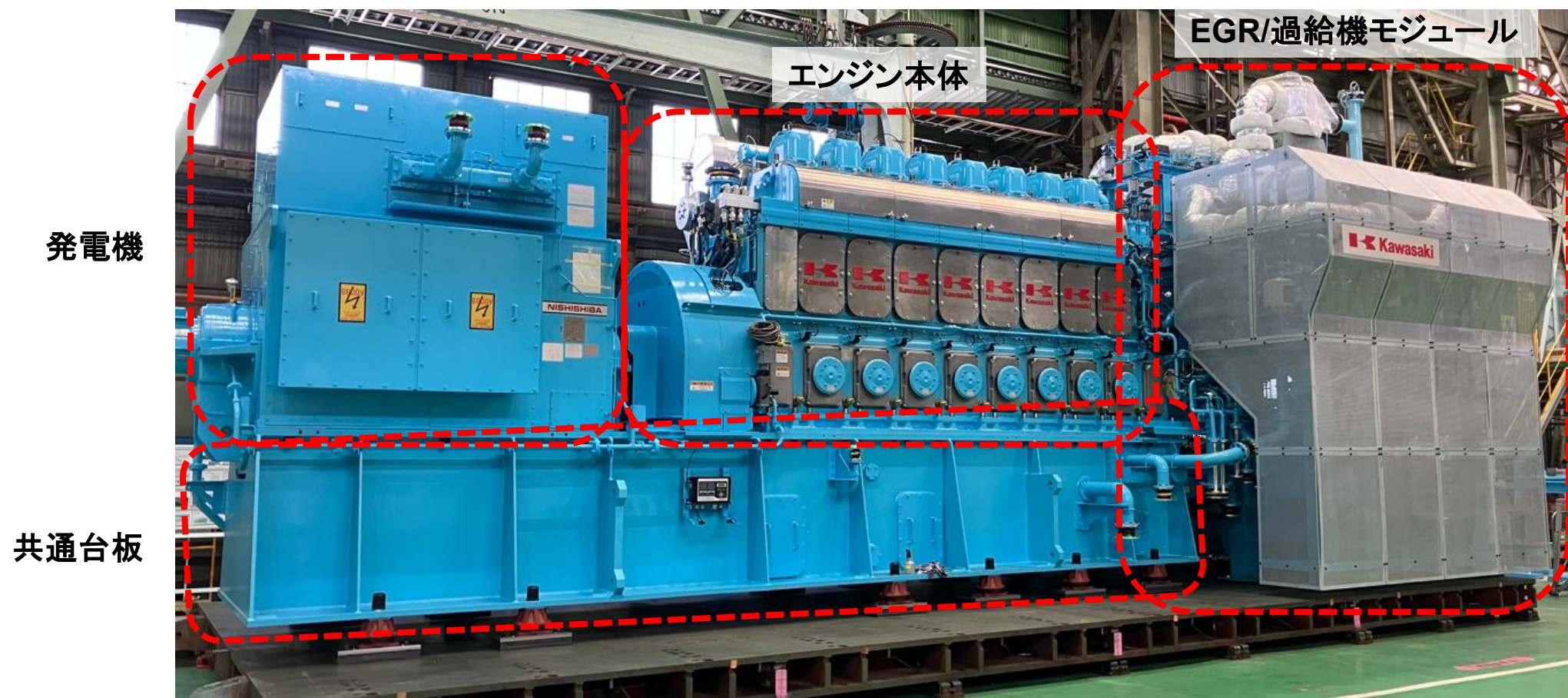


## 2. 研究開発計画／（2）-1 参考資料（個別の研究開発内容の詳細）

### 多気筒エンジンの開発

#### エンジン製造状況

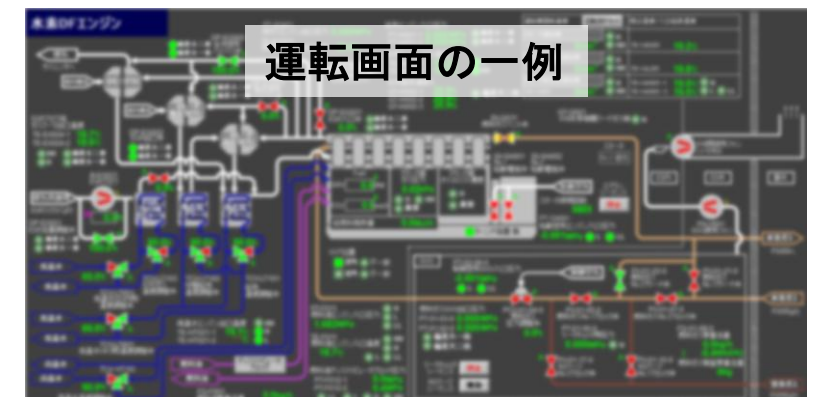
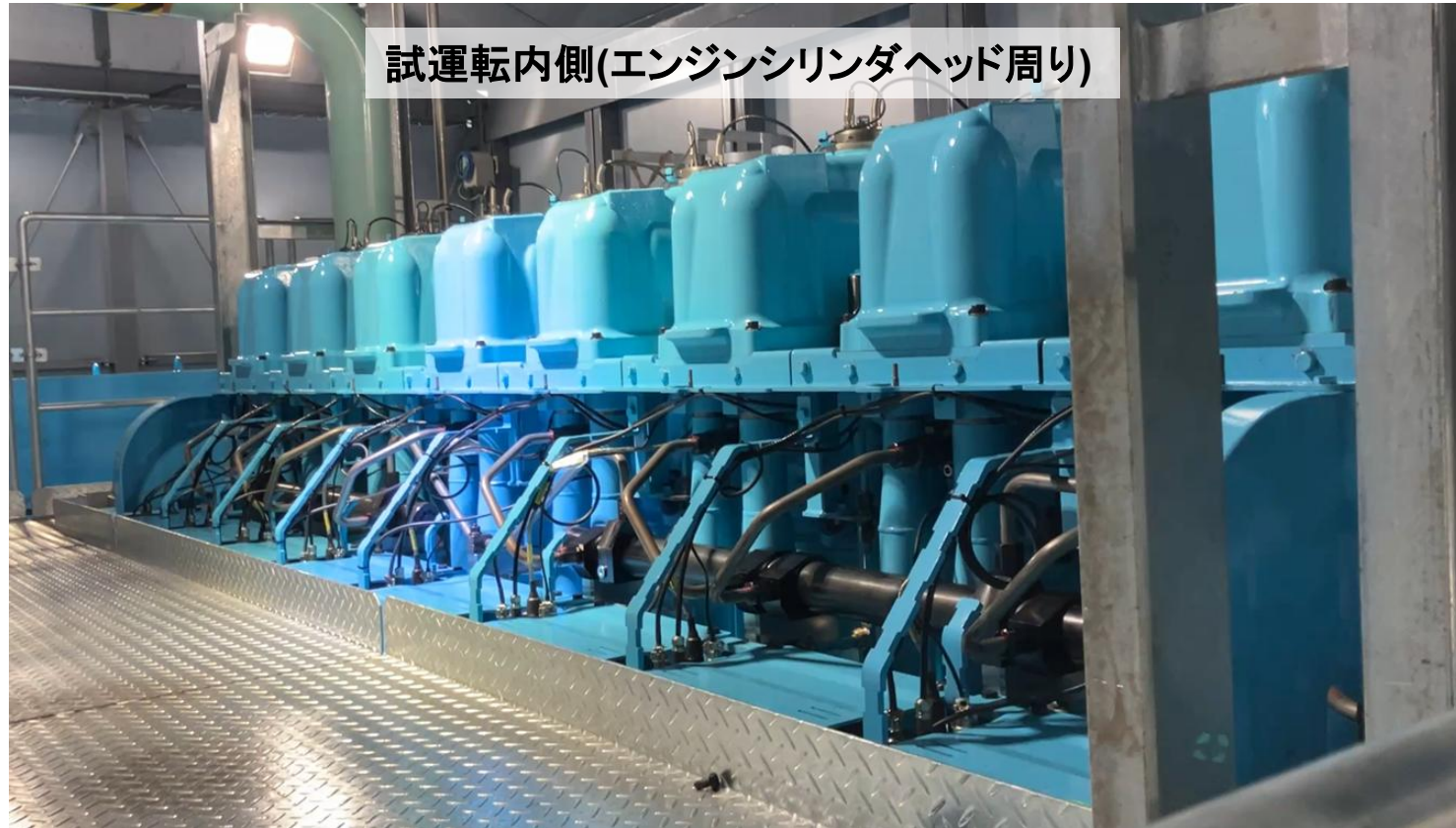
- KHI神戸工場での組立が完了し、7/29にJ-ENG本社工場に出荷済み。
- エンジン陸上試験を実施中。





## 2. 研究開発計画／（2）-1 参考資料（個別の研究開発内容の詳細）

### エンジン陸上実証試験





- J-ENG本社工場にて、ディーゼル油での試験を開始。
- 2025/6月下旬より、水素での運転を開始した。



## 2. 研究開発計画／（2）-1 参考資料（個別の研究開発内容の詳細）

### 実船実証エンジンの計画変更

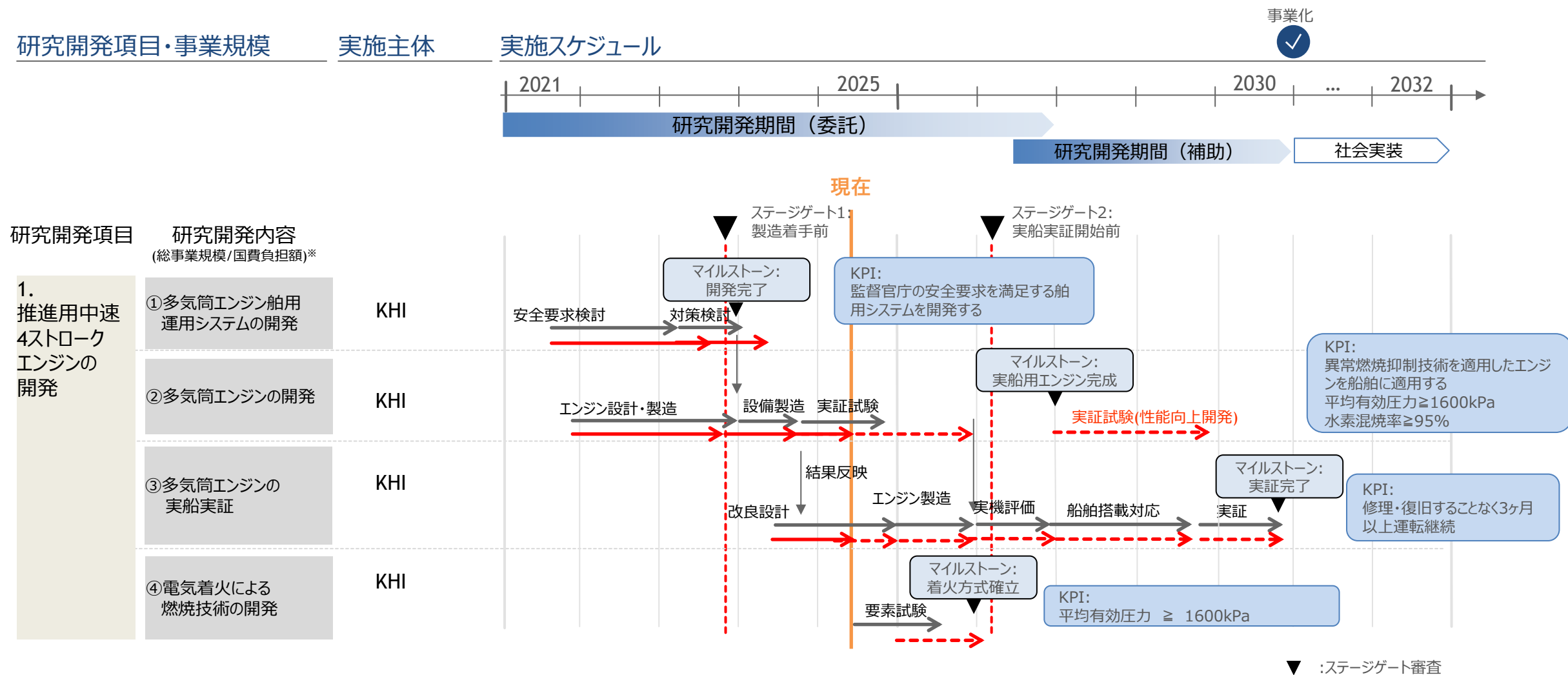
#### 実船実証船(液化水素運搬船)の仕様変更内容及び要求仕様

項目	変更前	変更後
船型	大型船 (16万 $\text{m}^3$ ) 	中型船 (4万 $\text{m}^3$ ) 
本件開発エンジンの用途	船内電力供給用の予備の補機発電機 (実証用)	推進用の予備の主発電機 (実証用)
エンジンタイプ	DFエンジン (水素＋燃料油)	DFエンジン (水素＋燃料油)
定格出力	3000 kWe (Dモードで可)	4500 kWe (Dモードで可)
負荷投入特性	—	主発電機負荷投入特性
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>本エンジンが無くても運行支障なし</li> <li>本エンジンが無くてもボイラーで水素BOG利用可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>本エンジンが無くても運行支障なし</li> <li>本エンジンが無い場合水素BOGは貨物タンクで蓄圧又はGCUで燃焼して廃棄</li> </ul>



## 2. 研究開発計画／（3）-1実施スケジュール

### 研究開発スケジュール（エンジン）





## 2. 研究開発計画／（1）-2 研究開発目標（MHFS）

# MHFS（舶用水素燃料タンク及び燃料供給システム）の商用化を達成するために必要なKPI

### 研究開発項目

#### 2.MHFS（舶用水素燃料タンク及び燃料供給システム）の開発

### アウトプット目標

#### MHFSの商用化。

当社の保有する舶用天然ガス供給設備および陸上用水素供給設備の技術を活用して、舶用特有の要求および監督官庁の安全要求を満足する水素供給システムを開発する。

### 研究開発内容

### KPI

### KPI設定の考え方

#### ① 小型MHFSの開発

MHFSがコンテナに収まるようにする。

小型水素ガスエンジンに適応し、船舶に搭載可能なMHFSを開発する。

#### ② 小型MHFSの陸上実証

出力変動時においても供給圧力がエンジン要求範囲に収まるようにする。

小型エンジンの出力変動などに追従可能なことを確認する。

#### ③ 小型MHFSの実船実証

修理・復旧することなく3ヶ月以上運転継続する。

実船にて一定期間以上運転することで、船体動揺を含む舶用運転条件における安定運転を確認する。

#### ④ 大型MHFSの開発

舶用に対応した200m<sup>3</sup>クラス以上の液体水素タンクを備えたMHFSを開発する。

推進用の大型直噴(高圧)水素ガスエンジンに適応し、船舶に搭載可能なMHFSを開発する。

#### ⑤ 大型MHFSの陸上実証

出力変動時においても供給圧力がエンジン要求範囲に収まるようにする。

大型エンジンの出力変動などに追従可能なことを確認する。

#### ⑥ 大型MHFSの実船実証

修理・復旧することなく3ヶ月以上運転継続する。

実船にて一定期間以上運転することで、船体揺れなどの様々運転条件における安定運航を確認する。



## 2. 研究開発計画／（2）-2 研究開発内容（MHFS）

### 各KPIの目標達成に必要な解決方法（MHFS\*）

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

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 小型MHFSの開発	MHFSがコンテナに収まるようにする。	舶用システムを検討中 (TRL2)	システムを製造する (TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>保有する舶用天然ガス供給システム技術を参考に、コンテナに収まるコンパクト設計を行う。</li> <li>監督官庁と共同で安全要求を作成し、安全要求に対応するシステムの開発を行う。</li> </ul>	天然ガス用の技術を保有 (90%)
2 小型MHFSの陸上実証	出力変動時においても供給圧力がエンジン要求範囲に収まるようにする。	舶用システムを検討中 (TRL2)	陸上試運転完了 (TRL6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>①で開発したMHFSを工場敷地内に設置し、低温液化ガス（窒素）による作動・性能試験を実施する。また、動特性解析（水素）のモデル構築に本試験結果を適用する。その後、船舶に搭載する。</li> </ul>	天然ガス用の技術を保有 (90%)
3 小型MHFSの実船実証	修理・復旧することなく3ヶ月以上運転継続する。	舶用システムを検討中 (TRL2)	実証評価完了 (TRL8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>②で船舶に搭載したMHFSを用いて実船にて実証試験をする。</li> <li>長期間運転により不具合の洗い出しおよび解決をする。</li> </ul>	天然ガス用の技術を保有 (90%)
4 大型MHFSの開発	舶用に対応した200m <sup>3</sup> クラス以上の液水タンクを備えたMHFSを開発する。	舶用システムを検討中 (TRL2)	システムを製造する (TRL5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>舶用小型MHFSのスケールアップによる大型システムを開発する。</li> <li>監督官庁と共同で安全要求を作成し、安全要求に対応するシステムの開発を行う。</li> </ul>	天然ガス用スケールアップ技術を保有 (90%)
5 大型MHFSの陸上実証	出力変動時においても供給圧力がエンジン要求範囲に収まるようにする。	舶用システムを検討中 (TRL2)	陸上試運転完了 (TRL6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>④で開発したMHFSの機器単体陸上試験と動特性解析により、エンジンが要求する供給圧力で安定供給できることを確認し、船舶に搭載する。動特性解析モデルは、陸上FGSSと小型MHFSのモデルと陸上試験結果との突き合わせにて大型MHFS検証用に構築する。</li> </ul>	天然ガス用の技術を保有 (90%)
6 大型MHFSの実船実証	修理・復旧することなく3ヶ月以上運転継続する。	舶用システムを検討中 (TRL2)	実証評価完了 (TRL8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>⑤で船舶に搭載したMHFSを用いて実船にて実証試験をする。</li> <li>長期間運転により不具合の洗い出しおよび解決をする。</li> </ul>	天然ガス用の技術を保有 (90%)



## 2. 研究開発計画／（2）-2 研究開発内容（MHFS）

### 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

	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 小型MHFSの開発	40-ft コンテナサイズに収まるコンパクトなMHFSユニットの開発を完了する。	➤	<ul style="list-style-type: none"> <li>詳細設計を完了、生産設計を概ね完了（発行図書の9割以上）した。</li> <li>船級審査・承認用の設計図書（約60図書）を出図、船級コメントは概ねCloseすることができている。</li> <li>25年4月より、製造を本格化した。（26年夏頃に完成予定）</li> </ul>	○ 計画どおり進捗中
2 小型MHFSの陸上実証	（26年度の取組）	➤	—	—
3 小型MHFSの実船実証	（2026-28年度の取組）	➤	—	—
4 大型MHFSの開発	船用に対応した大型の液化水素タンクを備えたMHFSの開発を完了する。	➤	<ul style="list-style-type: none"> <li>詳細設計を進捗中、特に主要機器のモジュール化に注力。（詳細設計は2Q、生産設計は3Qに完了予定）</li> <li>船級審査・承認用の設計図書（約60図書）の出図を開始、船級コメントに対応中。25年9月頃に主要な全図書の出図とコメントCloseをする。</li> <li>製造工程を確定させた。25年9月に製造開始、27年2月に完成とする。</li> <li>大型MHFSのプロセス動特性解析用のモデル構築に着手した。</li> </ul>	○ 計画どおり進捗中
5 大型MHFSの陸上実証	（26年度の取組）	➤	—	—
6 大型MHFSの実船実証	（2027-29年度の取組）	➤	—	—



## 2. 研究開発計画／（2）-2 研究開発内容（MHFS）

### 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 小型MHFSの開発	40-ft コンテナサイズに収まるコンパクトなMHFSユニットの開発を完了する。	➤	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 液水タンクの舶用化対応</li> <li>2. 燃料供給システムの小型化、液水タンクの大 型化（コンテナサイズの中で）</li> <li>3. 負荷変動や外乱に対して、安定した燃料供 給の継続</li> <li>4. リスクアセスメントによるリスクの抽出とハザード の検討、必要な軽減対策の提案</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 船体揺動の加速度条件に基づくタンク 支持構造の疲労評価を実施済。</li> <li>2. TCSの配管艤装の詳細／生産設計を 実施済。VRレビューを実施済。</li> <li>3. シミュレーション完了（問題なし）。</li> <li>4. HAZIDのFollow-up itemに関する図 書化を実施済。順次、関係各社に提 案する。船級にも図書提出済。</li> </ol>
2 小型MHFSの陸上実証	（26年度の取組）	➤	—	—
3 小型MHFSの実船実証	（2026-28年度の取組）	➤	—	—
4 大型MHFSの開発	（2023-25年度の取組）  舶用に対応した大型の液 化水素タンクを備えた MHFSの開発を完了する。	➤	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 液水タンクの舶用化対応</li> <li>2. 高圧30 MPaへの対応</li> <li>3. 負荷変動や外乱に対して、安定した燃料供 給の継続</li> <li>4. リスクアセスメントによるリスクの抽出とハザード の検討、必要な軽減対策の提案</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 大型タンクの船体配置、据付条件を建 造造船所と協議済。</li> <li>2. 舶用高圧液水弁、高圧液水ポンプの メーカー・型式選定、発注・契約済。</li> <li>3. プロセスシミュレーションによる応答性の検 証・評価を実施中。</li> <li>4. HAZIDのFollow-up itemに関する図 書化を実施中。</li> </ol>
5 大型MHFSの陸上実証	（26年度の取組）	➤	—	—
6 大型MHFSの実船実証	（2027-29年度の取組）	➤	—	—



## 2. 研究開発計画 / (2) -2 参考資料 (個別の研究開発内容の詳細)

### 小型MHFS - MHFS Package / Details -

#### ■ 40-ftコンテナモジュール計画・開発の状況

##### 40-ftコンテナモジュール・外寸

12,192 mmL x 2,438 mmW x 3,357 mmH

タンク総容積 : 30.88 m<sup>3</sup>

タンク外槽寸法 : 8,360 mmL x 2,400 mmφ

TCSの必要エリアを計画し、TCSとLH<sub>2</sub> TKのスペース配分を適切に見定め、タンク総容積とその寸法を確定させた。

タンク材質 : SUS304L (Inner & outer shell)

タンク設計温度 : 20 K (-253°C)

圧力 : 0.98 MPaG (逃し弁)

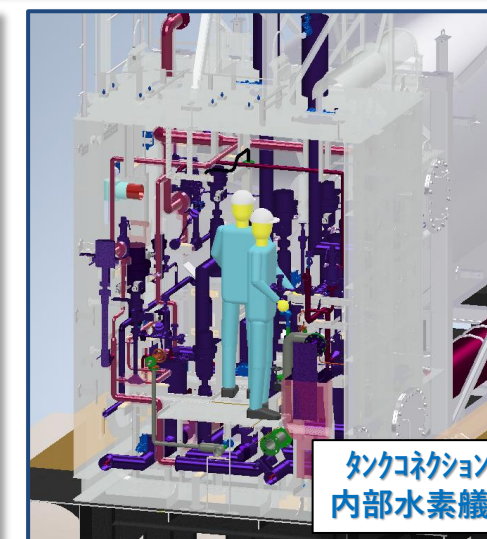
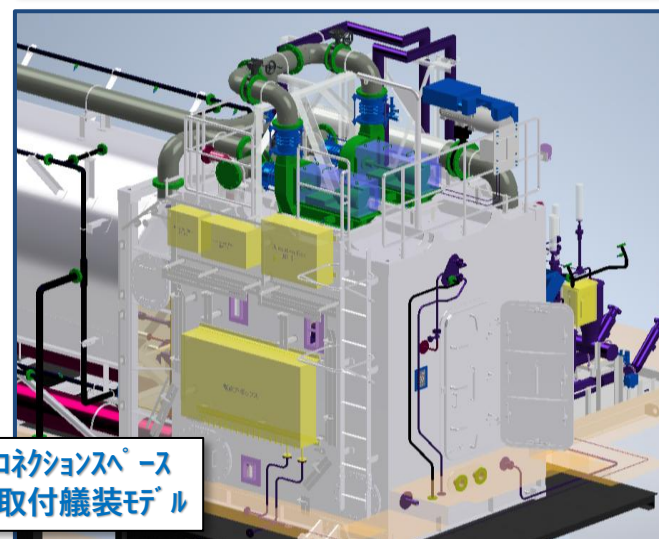
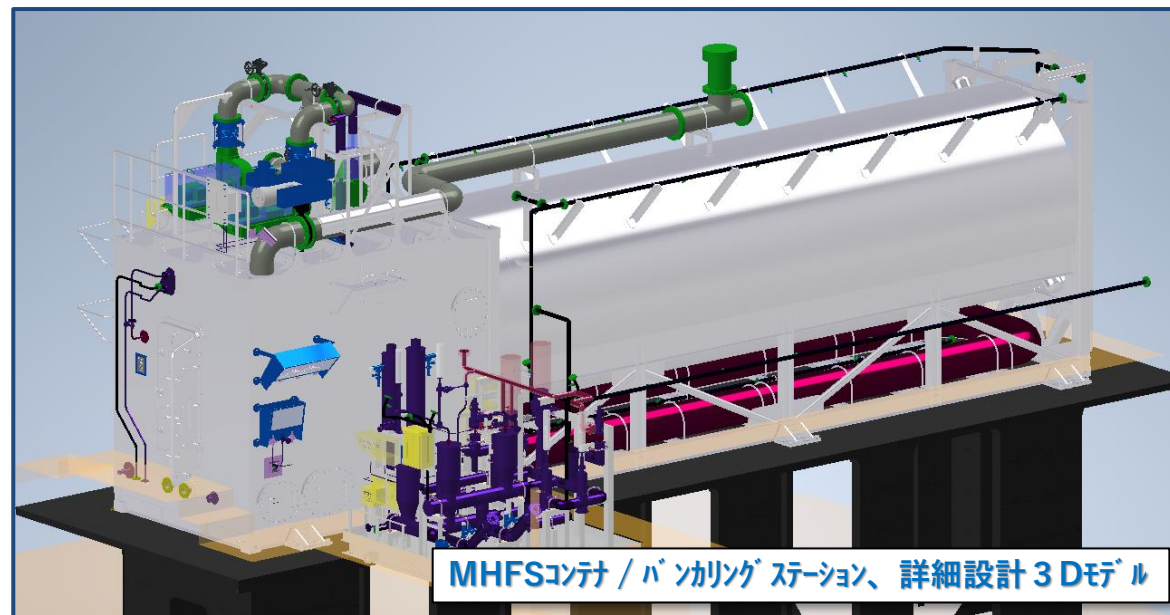
タンク圧力 : 蓄圧による。

温度制御 : 但し、蓄圧可能な期間の検討を要す

##### Tank Connection Space (TCS)

タンク加圧蒸発器、燃料蒸発器・加熱器、ガスバッファ容器、装備品 (弁、VIP、計装品) 等をコンパクトに格納する。1種危険場所。

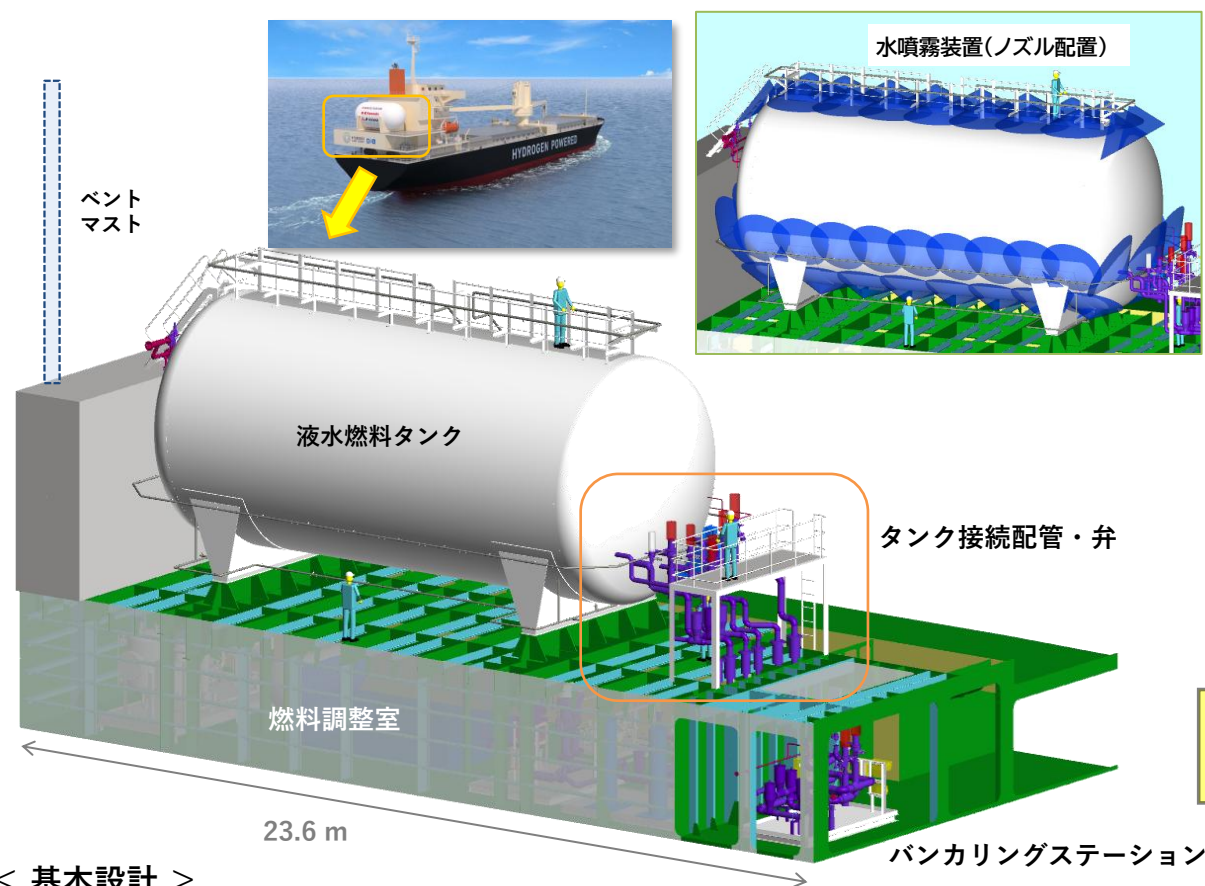
設置場所 : 実証船 (内航タンカー) 上甲板  
暴露・開放場所





## 2. 研究開発計画／（2）-2 参考資料（個別の研究開発内容の詳細）

### 大型MHFS - Arrangement of MHFS on board the Ship -



#### < 基本設計 >

タンク、機器の船上配置・艤装計画は完了

#### < 詳細設計 >

機器、艤装品に合わせたアップデート中

タンク水噴霧装置 → ノズル配置を決定（済）

タンク接続配管・弁 → タンク詳細設計との調整（進行中）

ベントマスト → 船体振動・液空対策（進行中）

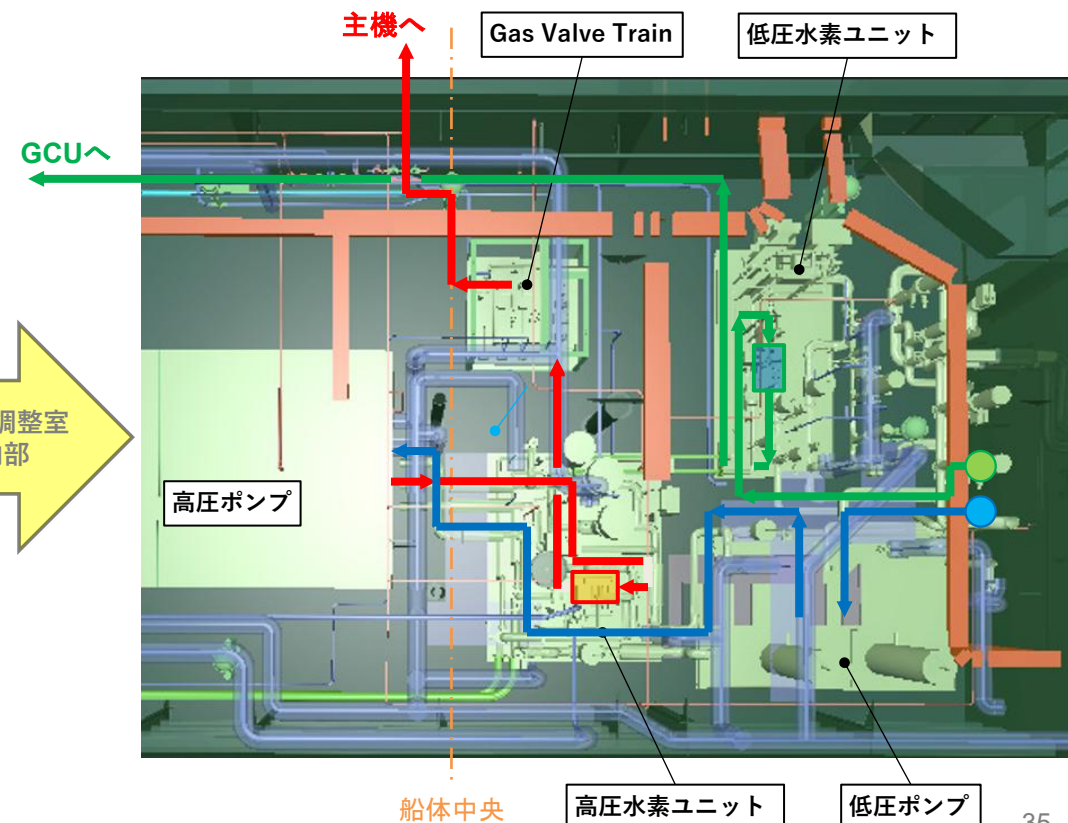
#### < 詳細設計 >

機器、艤装品の情報、造船所側の設計進捗に応じてアップデート中  
KHI製造でユニット化する範囲

→ 造船所はユニット間の連絡管のみ施工となるように範囲拡大（済）

配管応力計算（進行中）

船上特殊工事の施工確認（進行中）





## 研究開発スケジュール (MHFS\*)

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



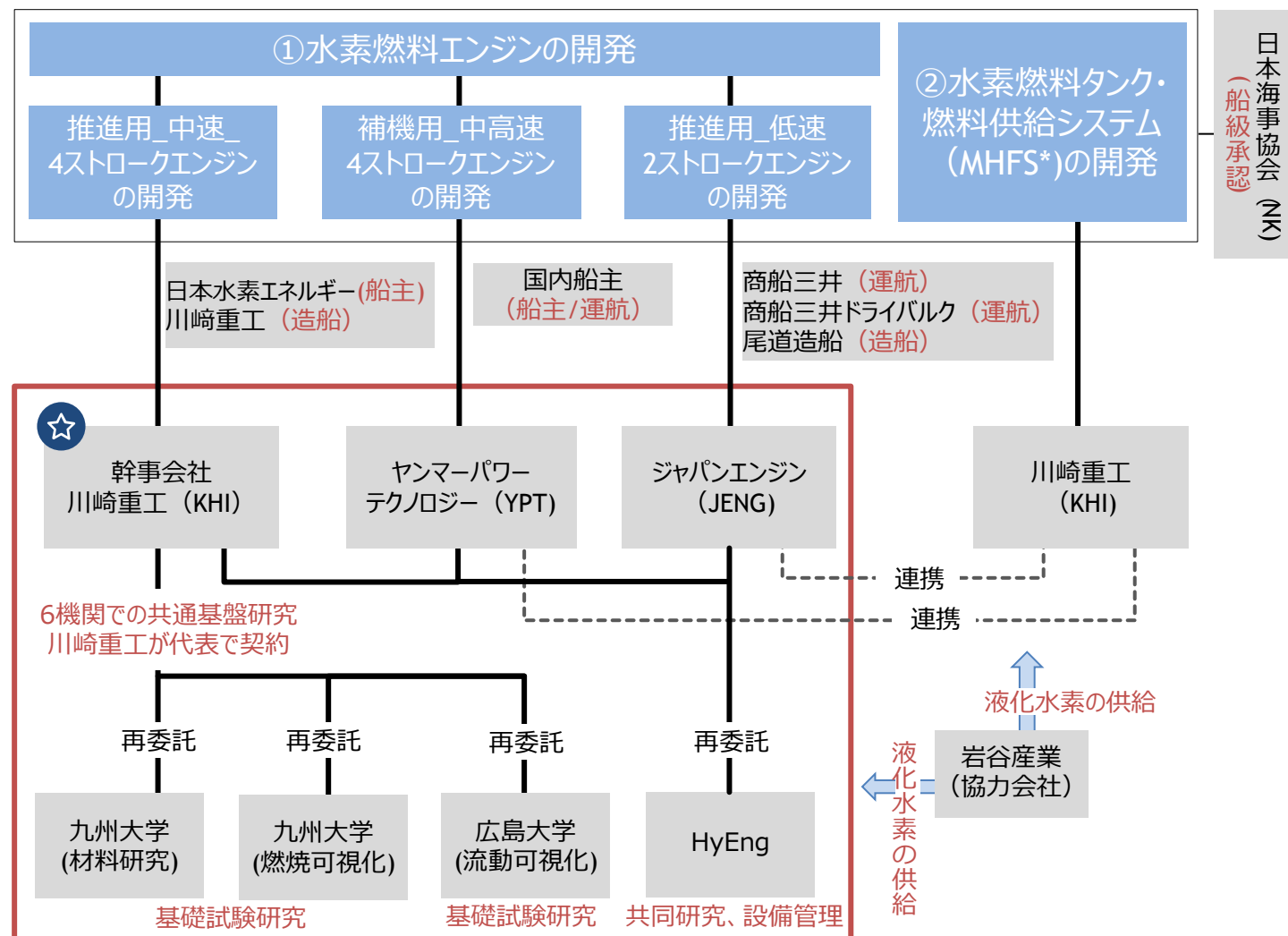


## 2. 研究開発計画／（4）研究開発体制

# 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

### 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
1. 推進用 中速4ストロークエンジンの開発	1 多気筒機運用システムの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>船舶天然ガスエンジンの安全対策技術</li> <li>天然ガス燃料船の安全対策技術</li> <li>小型液化水素運搬船の安全対策技術</li> </ul>	→ <ul style="list-style-type: none"> <li>小型液化水素運搬船「すいそふろんていあ」を開発・建造しており、水素特有の技術要件を既に把握している。</li> </ul>
	2 多気筒エンジンの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>船舶天然ガスエンジンの開発・設計・製造技術</li> <li>天然ガス燃料船の開発・設計・製造技術</li> <li>単気筒水素試験機関による燃焼開発技術</li> <li>自社開発EGR技術（2サイクルDF機関）</li> </ul>	→ <ul style="list-style-type: none"> <li>社内でエンジン設計・船舶設計とデータを共有し、設計の早い段階からすり合せができる。</li> <li>国内初LNGバンカリング船「かぐや」を開発・建造しており、バンカリングのノウハウの蓄積がある。</li> </ul>
	3 多気筒エンジンの実船実証	<ul style="list-style-type: none"> <li>船舶エンジン部品信頼性評価技術</li> <li>材料評価技術</li> </ul>	→ <ul style="list-style-type: none"> <li>社内に水素関連機器の開発実績があり、信頼性評価のノウハウを保有している</li> </ul>
	4 パイロット燃料を使わない燃焼技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>ガス燃料点火技術</li> <li>単気筒水素試験機関による燃焼開発技術</li> </ul>	→ <ul style="list-style-type: none"> <li>火花点火式の船舶天然ガスエンジンを商品化しており、ノウハウを蓄積している</li> </ul>



## 2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

### 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
2. MHFS（舶用水素燃料タンク及び燃料供給システム）の開発	1 小型MHFSの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>舶用天然ガス供給システム技術</li> <li>陸上用水素供給システム技術</li> <li>天然ガス燃料船の安全対策技術</li> </ul>	→ <ul style="list-style-type: none"> <li>小型液化ガス運搬船「すいそふろんていあ」を開発・建造しており、水素特有の技術要件を既に把握している。</li> </ul>
	2 小型MHFSの陸上実証	<ul style="list-style-type: none"> <li>舶用天然ガス供給システム技術</li> <li>陸上用水素供給システム技術</li> </ul>	→ <ul style="list-style-type: none"> <li>舶用天然ガス供給設備の実績があり、舶用化の課題を把握できている。</li> <li>陸上用水素供給設備の製造実績があり、水素利用における課題を把握できている。</li> </ul>
	3 小型MHFSの実船実証	<ul style="list-style-type: none"> <li>液化水素運搬船建造技術</li> </ul>	→ <ul style="list-style-type: none"> <li>小型液化水素運搬船「すいそふろんていあ」を開発・建造しており、水素特有の技術要件を既に把握している。</li> </ul>
	4 大型MHFSの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>①に同じ</li> </ul>	→
	5 大型MHFSの陸上実証	<ul style="list-style-type: none"> <li>②に同じ</li> </ul>	→ <ul style="list-style-type: none"> <li>小型から大型までのガス供給設備の実績があり、スケールアップ設計のノウハウがある。</li> </ul>
	6 大型MHFSの実船実証	<ul style="list-style-type: none"> <li>③に同じ</li> </ul>	→



# 3. イノベーション推進体制

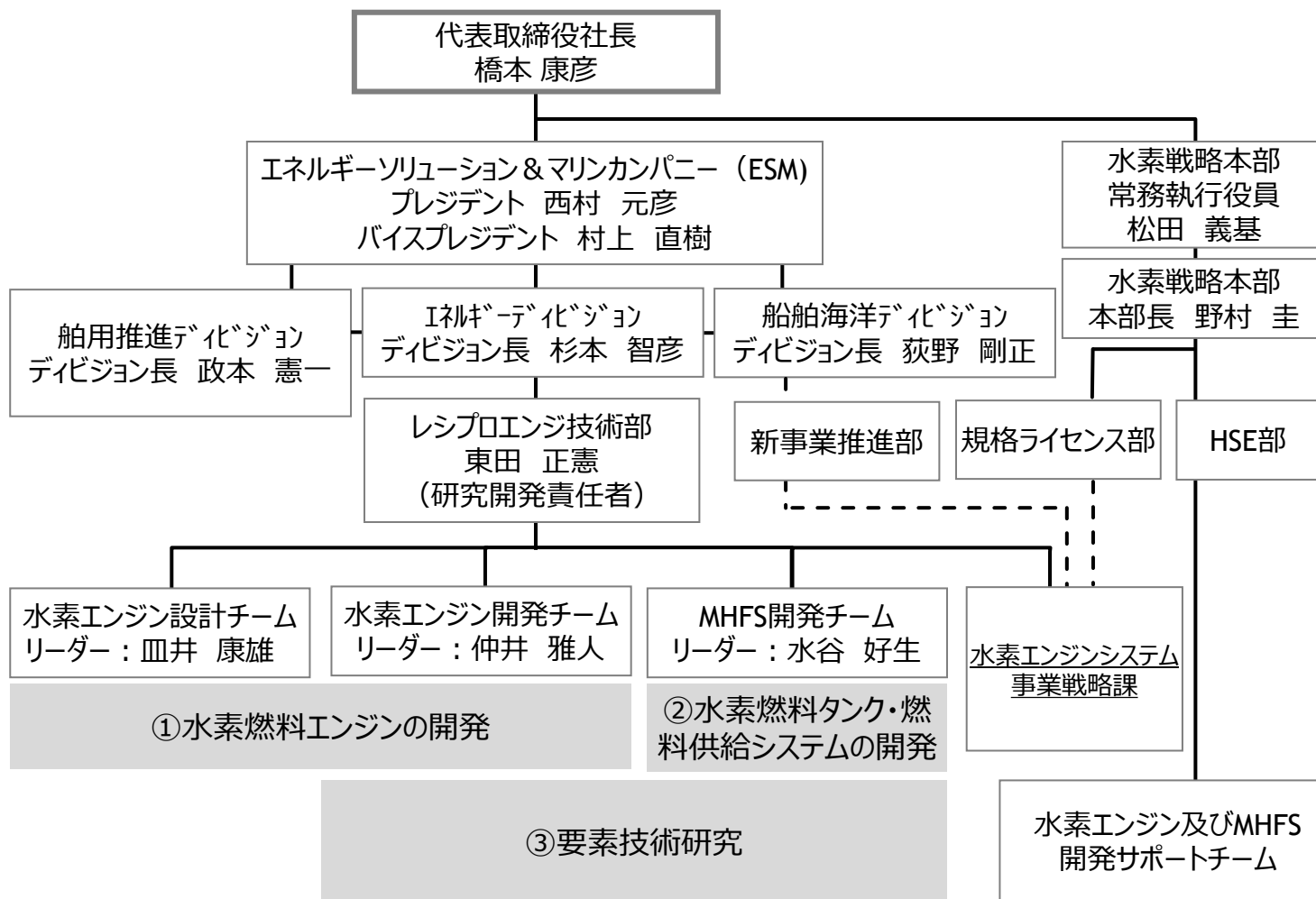
(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)



### 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、専門プロジェクトチームを設置

組織内体制図



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
  - 東田正憲
- 開発チーム
  - 水素エンジン開発チーム：専任6人、併任3人規模
  - 水素エンジン設計チーム：専任3人、併任9人規模
  - MHFS開発チーム：専任14人規模
  - 開発サポートチーム：専任1人、併任14人規模
- チームリーダー
  - 仲井雅人：ガスエンジンの製品化、水素エンジンの研究開発実績有
  - 皿井康雄：高速4ストロークエンジンの設計開発実績有
  - 水谷好生：液化水素運搬船の研究開発実績有

#### 部門間の連携方法

- 定期的な進捗確認会議を実施
- プロジェクトチーム連携用に窓口担当を配置



### 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

## 経営者等による今回プロジェクトへの関与の方針

### 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

- 水素事業を当社中核事業に位置付け、社会実装への取り組み継続を広範なステークホルダーへ自ら発信している。
- 水素燃料船のさらなる将来を見据え、水素燃料の供給から水素燃料エンジンまでの一連のシステムに対する研究開発を続け、市場の要請に応じていくことを社内外の幅広いステークホルダーに対して自ら発信している。

- 事業戦略・事業計画の決議・変更

- 中期経営計画は、3年に1度を基本として目標を定めるが、適宜、報告会等による進捗管理を通じて、必要に応じて事業戦略ないし事業計画の変更を行い、経営会議等で議論
- トランプ政権による化石燃料回帰は、むしろ石油・石炭からLNGへの転換を促し、将来の液化水素へのCN転換の足掛かりとして見ており、現時点で事業戦略の変更は不要
- 2030年代半ば頃までは、混焼発電需要はアンモニア等が先行し、液化水素はモビリティ需要が先行
- 環境系ではない一般投資家からの資金調達に向けて、事業説明会・シンポジウム・各種メディアを通じて、クリーンで安全性の高いCNエネルギーである液化水素の優位性を訴求

- 事業のモニタリング・管理

- 社長直轄の報告会議、カンパニー内の報告会議を定期的に行い、事業の進捗状況を確認し進捗を管理のうえ、必要な判断・社内指示を実施中。
- 報告会議においては、NEDO殿を初めとする事業関連のステークホルダーの方針、マーケット等の市場、他社の状況等も共有し、総合的な判断を行っている。
- 報告会議を基本とした事業管理を行い、WG等に対する透明性を持った適切な説明を実施している。

### 経営者等の評価・報酬への反映

- プロジェクトチームの配置メンバーおよびその管理職は、2021年4月から開始された「新人事処遇制度」において本事業を具体的な評価対象とし、事業内における各メンバーの役割・達成度に応じた評価および報酬反映を行っている。

### 事業の継続性確保の取組

- 本事業を中期経営計画等に反映し、経営層全体として、本事業の進捗、方向性を共有し、経営者の任期完了後の交代時においても事業進捗を遅滞させることない継続性を確保する。



### 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エンジンシステム事業を位置づけ、企業価値向上とステークホルダーとの対話を推進

### 取締役会等コーポレート・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
  - 2022/4/1よりGXリーグに参画。水素発電を軸とした自主的な取り組みによりカーボンニュートラル実現を目指すことを宣言している。
  - グループビジョン2030において、水素関連事業の重要事業の一つとして位置づけ、当社が行う水素関連事業との連携を図りながら2050年のカーボンニュートラル(CN)に向けた活動を推進。
- 経営戦略への位置づけ、事業戦略・事業計画の決議・変更
  - 中期経営計画は、3年に1度を基本として目標を定めるが、適宜、報告会等による進捗管理を通じて、必要に応じて事業戦略ないし事業計画の変更を行い、経営会議等で議論
  - トランプ政権下の天然ガスの採掘の活性化は安価な天然ガスを安定的に市場に供給することとなり、その先を見据えたカーボンニュートラルに向けて親和性の高い安価なブルー水素の普及を促進する。
  - 2030年代半ば頃までは、液化水素はモビリティ需要が先行。当社は大きな需要がある発電・製鉄・一般産業の水素利用を見据えて水素サプライチェーンの構築を推進
  - 環境系ではない一般投資家からの資金調達に向けて、事業説明会・シンポジウム・各種メディアを通じて、クリーンで安全性の高いCNエネルギーである液化水素の優位性を訴求

- コーポレートガバナンスとの関連付け
  - 当社は執行役員制度を採用しており、取締役は会社全体の経営計画の承認を行い、各事業（カンパニー・ディビジョン）の運営は執行役員等が担っている。執行役員は每期所掌する事業の戦略・計画ならびに目標を策定のうえ施策を実施し、その達成度に応じて評価されるとともに報酬等に反映される。

### ステークホルダーとの対話、情報開示

- 中長期的な企業価値向上に関する情報開示
  - 中期経営計画等の I R 資料・統合報告書、CSR報告書等において、事業戦略・事業計画の内容を明示的に位置づけ発信する。
  - 採択された場合に、研究開発計画の概要をプレスリリース等により対外公表する。
- 企業価値向上とステークホルダーとの対話
  - 中期経営計画の説明会などを通じて、機関投資家等のステークホルダーへの説明を実施して行く。
  - 研究開発の主要なマイルストーン達成時において対外的な公表を積極的に実施して行く。



### 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

#### 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
  - プロジェクトチームを立ち上げ、専門性のあるメンバーを配置。
  - 川崎重工業(株)神戸工場に有する組立工場・運転場、および播磨工場に有する試験設備等を活用して効率的な事業推進を図る。
  - ジャパンエンジン二見工場内に、ジャパンエンジン、ヤンマーパワーテクノロジー、当社の3社共通の水素エンジン試験運転設備、液化水素供給設備を設置。迅速、効率的な本開発のために供す。
  - 事業終了後の商用事業では適切な設備投資を行って製品供給を行う。
- 機動的な経営資源投入、実施体制の柔軟性確保
  - 2022年度4月よりエネルギープラントカンパニーと船舶海洋カンパニーを統合し、エネルギーソリューション＆マリンカンパニーとして編成。水素関連機器開発に対して、リソースの効率的かつ柔軟性を持った投入を可能とする体制を構築。
  - 経営層も含むプロジェクト進捗報告会議を毎週定例で行い、問題点把握、予算変更措置に直結できる体制を構築済。

#### 専門部署の設置と人材育成

- 専門部署の設置
  - 2022年度4月から、本社組織として水素関連を統括する水素戦略本部を設置。事業運営を行うカンパニーと連携したプロジェクト組成、開発、プロジェクト運営を行っている。
  - 左記のとおり、これまで分かれていたエネルギープラントカンパニーと船舶海洋カンパニーを統合し、エネルギーソリューション＆マリンカンパニーを設立。水素関連の陸舶リソースの統合によるシナジー効果を狙う。
- 人材育成
  - 将来のエネルギー・産業構造転換を見据え、プロジェクトチームには若手を積極的に配置している。
  - 必要な技術・スキルの育成に努めるべく2021年度より新人事制度を導入。
  - 社内公募、中途採用、新入社員配置を駆使し、新規人材の確保と育成を図っている。



## 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を失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

- 開発において、想定していた以上の困難さが発見され、目標として設定した技術の達成が、現実的に困難であるリスク

#### ＜リスク対応＞

NIMSなどを初めとする社外との連携を図る。必要に応じて、競合他社との共同開発も視野に入れ、開発計画を変更しながら目標の達成を目指し、目標値の再設定も検討する。

- 技術確立はできても、その技術に基づいて製作した製品が価格や性能的に競合他社の製品に対して競争力を持たず、市場に受け入れられないリスク

#### ＜リスク対応＞

社外の技術動向の収集と社内コスト管理を徹底し、必要に応じて、市況を踏まえた目標値の変更を行う。

### 社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- 社会トレンドが変化し、液化機の必要性が低下するリスク

#### ＜リスク対応＞

社会情勢等の情報収集に努め、液化機の需要が変化した場合は、要素技術を転用可能な他のマーケットへターゲットを変更し、開発計画および、達成目標の調整を行う。

### その他（自然災害等）のリスクと対応

- 天災地変、風水害その他の誰の責に帰すことができない事由が発生するリスク

#### ＜リスク対応＞

本開発を一旦中断の上、該当事由が収束次第、開発計画、スケジュールの見直し等をNEDO殿と協議する。



### ● 事業中止の判断基準：

- 再設定した目標値では受け入れられる市場が存在せず、技術的開発意義も無いと判断される場合。

- 転用可能な市場が存在せず、技術的開発意義も無いと判断される場合。

- 事由発生後の状況において、開発計画やスケジュールの変更を行っても開発継続が困難であると判明した場合。