

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

共通の課題を効率よく解決し、最速の製品化を目指したコンソーシアム開発体制を構築

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**

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システム提供**
- 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**



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



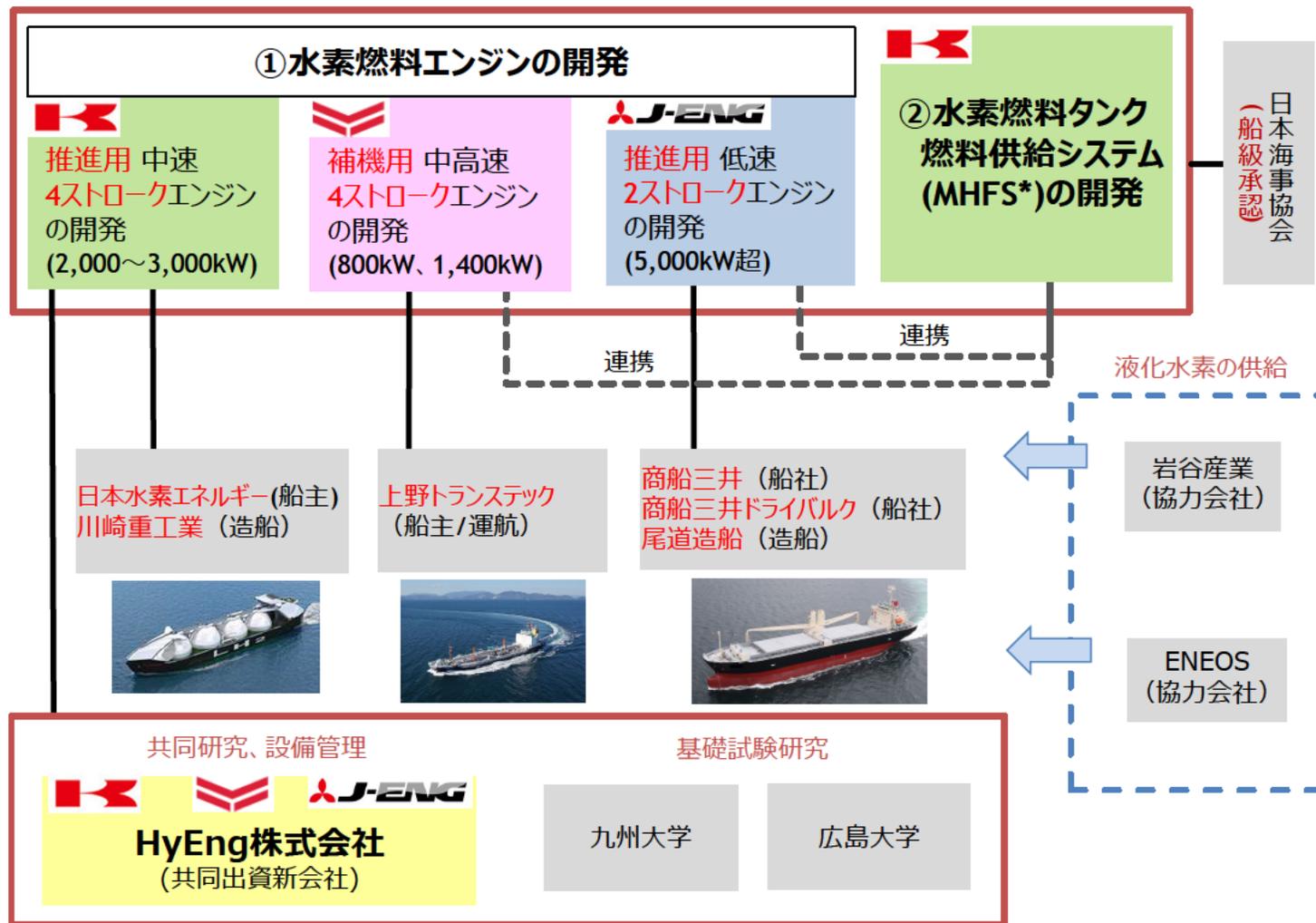
推進用低速2ストロークエンジン



水素燃料エンジン開発のセンター会社の役割を目指す

船主・造船所・液化水素供給者・船級・大学等を含めた産・官・学の開発体制を構築

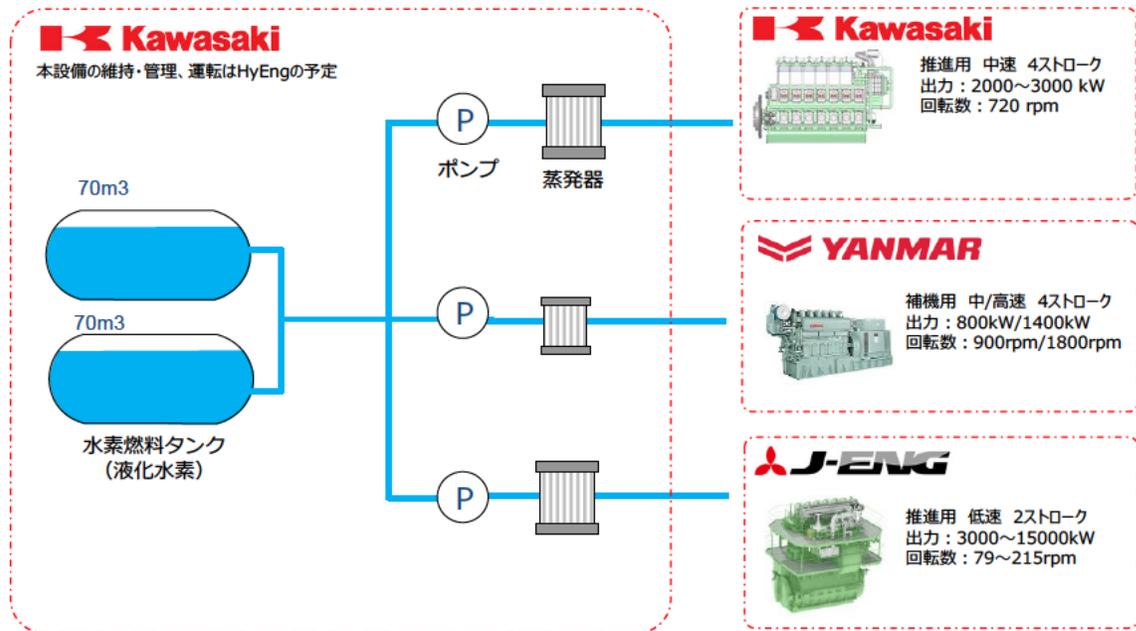
研究開発体制図



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

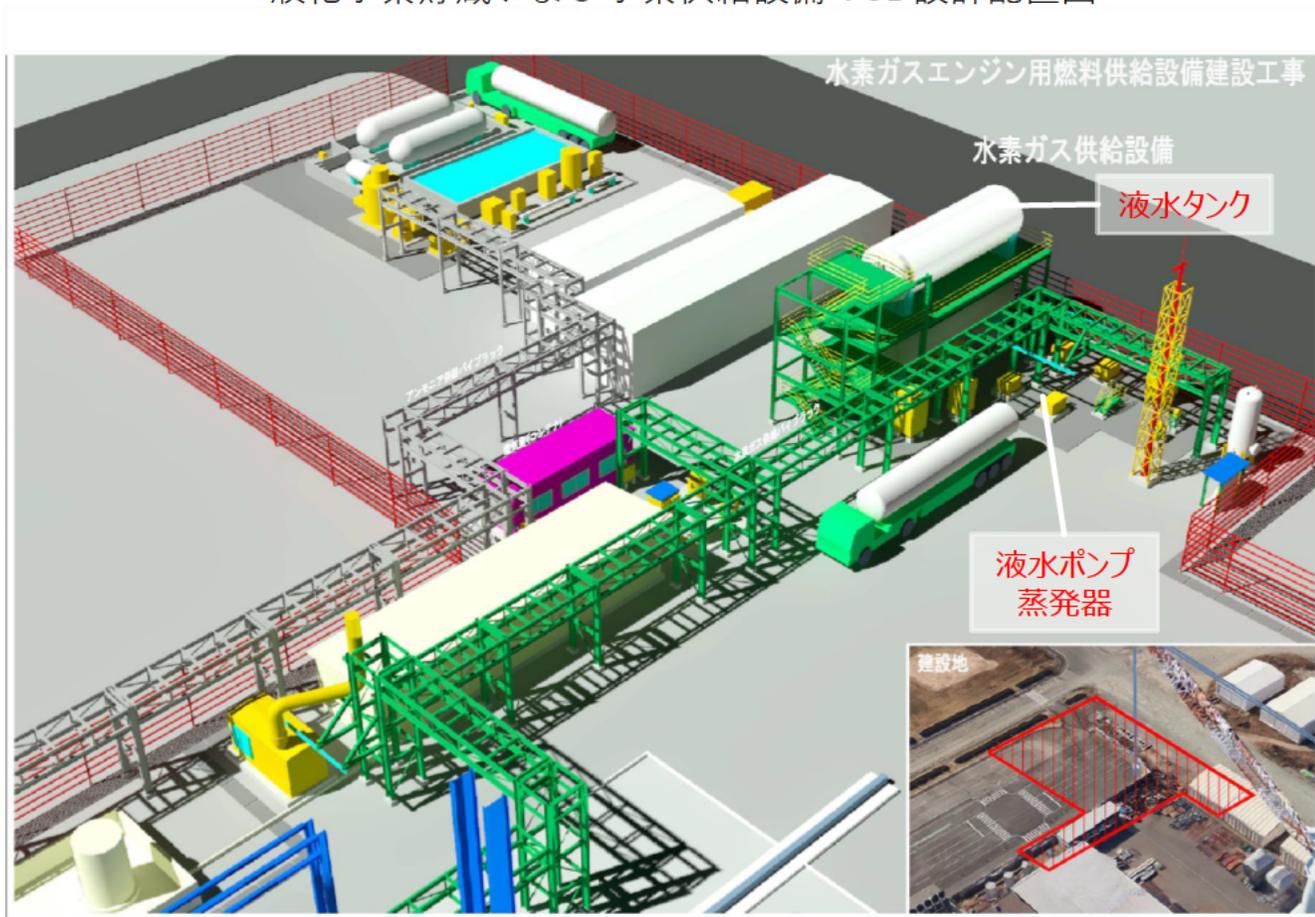
J-ENG本社工場(明石市) で共同試験運転を実施

共通水素供給設備



共通水素供給設備の設計進捗状況

液化水素貯蔵および水素供給設備の3D設計配置図

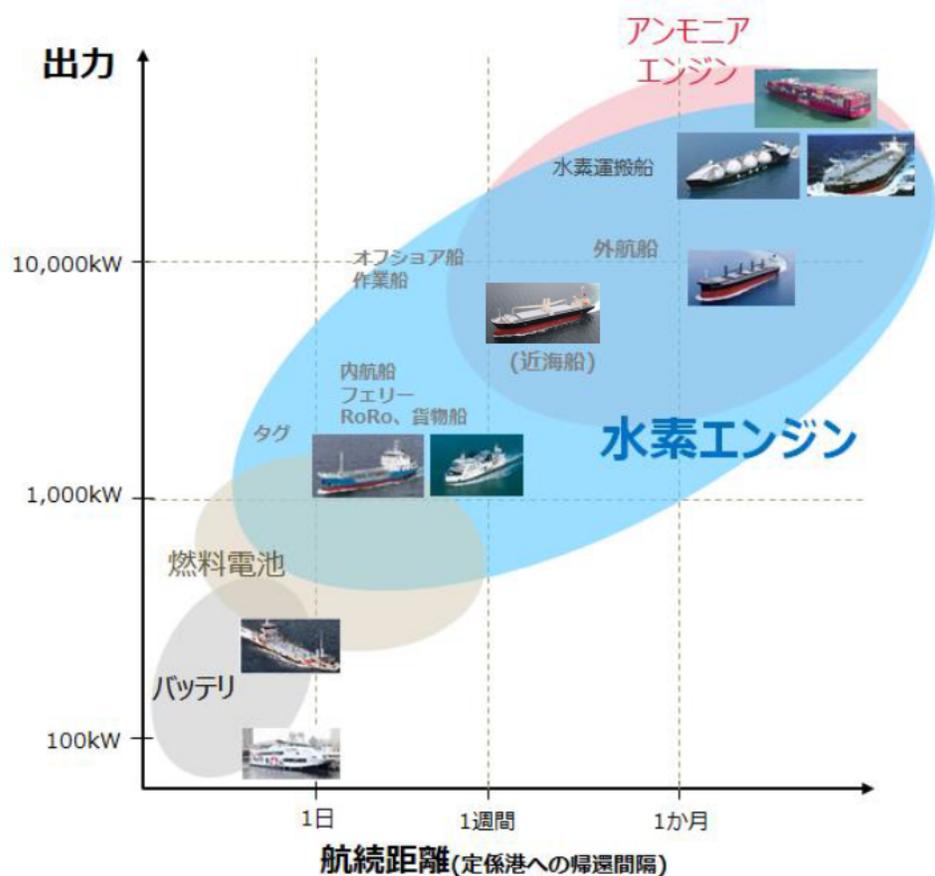


①全レンジをカバーするエンジン開発

3社で舶用水素燃料エンジン市場をフルカバーして牽引（機関出力:0.5~15MW）

セグメント分析

出力・航続距離に対する新燃料の適合性イメージ



出典：国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップなどをもとに作成

ターゲットの概要

機関：数値はエンジン出力
MHFS：数値は液化水素タンク容量

川崎重工業

外航船	主機関：8~30MW MHFS：0.5~1.6万m ³ 以上	複数台搭載合計 ノボラ直結除く
大型内航船	主機関：2~8MW MHFS：100~1500m ³	
小型内航船	主機関：燃料電池/バッテリー MHFS：15~100m ³	

目標シェア(2050)

30%
70%

ヤンマーパワーテクノロジー

外航船	発電補機：0.5~2MW	50%
大型内航船	発電補機：0.5~2MW	90%
小型内航船		

J-ENG ジャパンエンジンコーポレーション

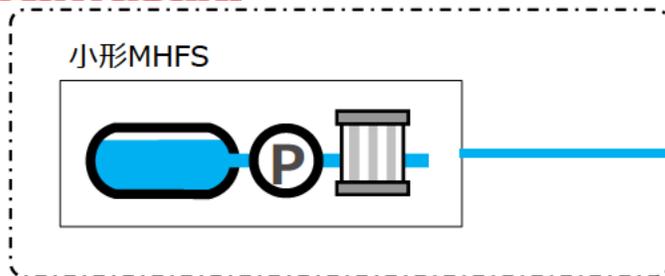
外航船	主機関：3~15MW	20~30%
-----	------------	--------

海外エンジンメーカー
のシェア構造
切り崩しを狙う！

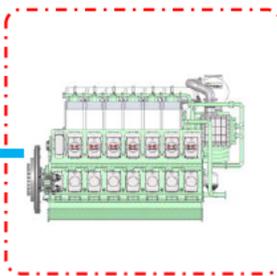
*MHFS：舶用水素燃料タンク及び燃料供給システム

各社共同による「船用水素エンジン+MHFS※」システム提供の目標

 **Kawasaki**



 **Kawasaki**



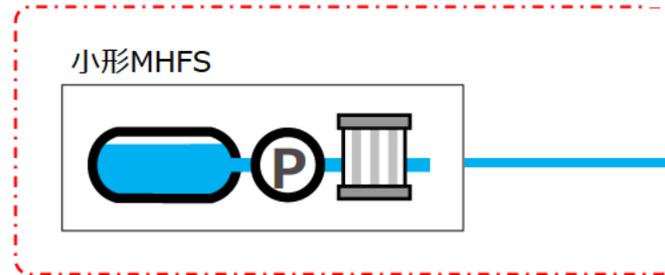
*MHFS (Marine Hydrogen Fuel System)
船用水素燃料タンク及び燃料供給システム

搭載



液化水素運搬船 主機+発電補機

 **Kawasaki**

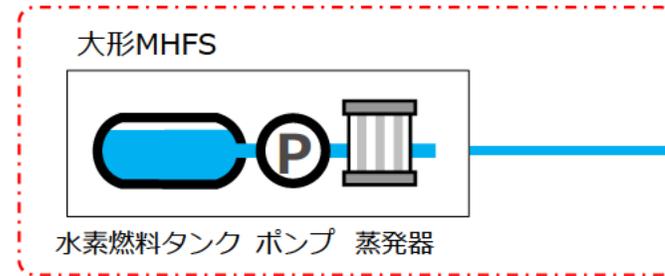


 **YANMAR**

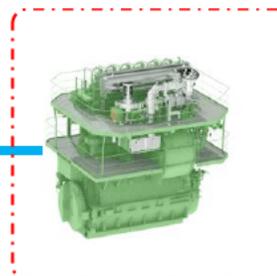


内航船 主機+発電補機+MHFS

 **Kawasaki**



 **J-ENG**



外航船 主機+発電補機+MHFS

水素燃料主機・水素燃料発電補機・MHFSをコンソーシアム内で保有→システム提供可能

③ 国際ルール作り（標準化の取組等）

開発成果を標準化し、国際ルール形成を推進



海外の規制・基準の動向

(将来考えられる海外の基準化動向)

- ISO 液化水素燃料

(将来規制動向)

- IMO規制 船舶からの温室効果ガス(GHG)削減規制
- IMO規制 新燃料(水素・アンモニア)使用時の排ガス計測方法



標準化の取組方針

- 新燃料使用に伴う共通開発課題をHyEng社で解決
- 課題を**規制・基準（国際条約・船級規則・国内法）に反映**
- 課題解決を**業界規格・国際標準とすべく他と連携**
- **民間認証・格付などの新取組みを模索**



知財、その他規制等に関する具体的取組方針・内容案

水素エンジンを含む推進システムに関わる具体的標準化取組内容

- ゼロカーボン燃料の排ガス計測方法、NOx認証の取得
- 水素に対するシール技術（ガスケット、パッキン）標準の構築
- 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開発・選定基準
- システムの取り扱い、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

標準化の取組内容（全事業期間通じて）

- 水素燃料船が社会課題解決として普及するための戦略立案を進める。
- 三社の強みを活かして初期シェア獲得をできるように事業戦略を立案する。先行者利益を確保しながら、参入障壁を築くなど、国際競争に勝ち抜く。
- 技術の標準化・ライセンス化を通じて、多様な事業者が新市場に参入／貢献しやすくなる技術的基盤を構築（例：水素燃料バンカリング等）
- 標準化・規格化を通じて、安全なシステムが使用者に提供できる環境を創生する。



- **水素エンジン事業戦略立案・推進を行う専門部署の立ち上げを検討**
- 目指す標準、規格に適合する新技術の知的財産取得を確実に実施
- 知財オープン&クローズ戦略において、**オープン領域とクローズ領域について仕分けし、標準化と知財を連動させ戦略を検討する。**
- **水素燃料推進システム全体を含む技術提供のしくみ(ライセンス化)を構築**

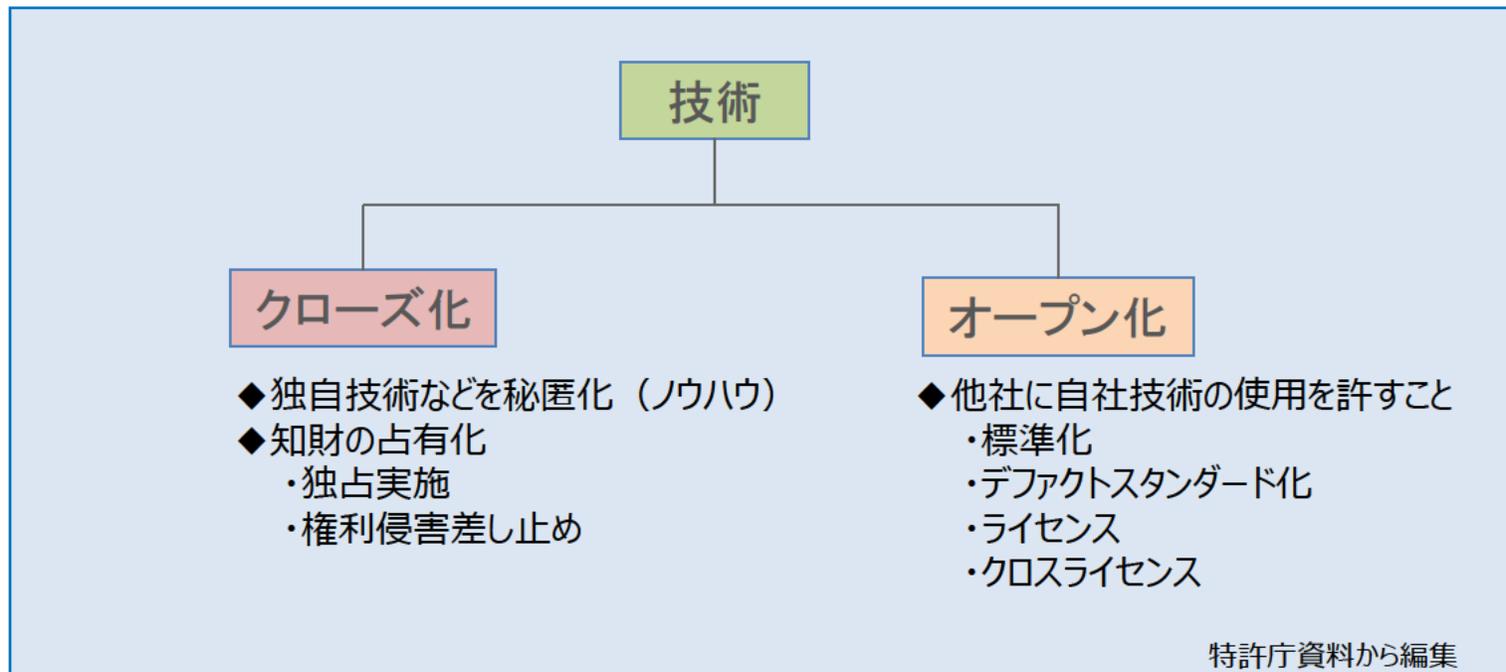
液化水素運搬船「すいそふるんていあ」の開発が、IMO暫定勧告成立に至り、今後はIGCコードの策定に繋がる様に、本プロジェクトの実行が**水素燃料船IGFコードの策定に繋がる様、開発結果・実証経験をコンソで集約し、関係各所と連携を取りながら進める。**

④標準化戦略（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



開発成果はオープン&クローズ戦略において、**オープン領域とクローズ領域について仕分けし**、標準化と知財占有化を検討する。



オープン 標準化

他社に対して自社の技術の一部をオープンにすることで、市場への他社の参入を誘導する。（イノベーションの誘発）
（例：エンジン本体部分、EGR機器 等）

オープン ライセンス

コア技術に関しては秘匿しつつ、製造図面提供を行い普及とコストダウンを狙う。
（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）

川崎重工業が仲間を集めて進める国際水素サプライチェーン



水素サプライチェーン商用化実証と水素燃料エンジンの開発スケジュール（連携）

商用化実証開発スケジュール

▼ :ステージゲート
(次ステージ移行判断)

項目	実施主体	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
		3年	4年	5年	6年	7年	8年	9年	10年	11年	12年
		(1年目)	(2年目)	(3年目)	(4年目)	(5年目)	(6年目)	(7年目)	(8年目)	(9年目)	(10年目)
調査の実施	日本水素エネルギー ENEOS 岩谷産業	→									
基本設計の実施と投資判断	日本水素エネルギー		→								
実証設備の建設の実施	日本水素エネルギー			→							
実証の実施	日本水素エネルギー							→			
水素燃料エンジン 社会実装		<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; margin-right: 10px;">水素燃料エンジン開発・実船実証</div> <div style="font-size: 2em; margin: 0 10px;">→</div> <div style="border: 1px solid blue; padding: 5px; margin-right: 10px;">社会実装</div> </div>									

3社コンソーシアムは、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。

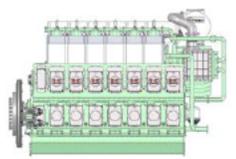
各社と共同による「舶用水素エンジン+MHFS※の開発」および「実船実証」

Kawasaki

商用実証船の液化水素運搬船へ搭載
そのボイルオフガスを利用した実船実証を行う。
液化水素運搬船は水素燃料供給装置を含む。

Kawasaki

商用化実証船に
発電補機として搭載



搭載



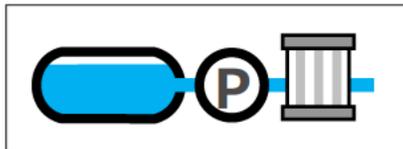
液化水素運搬船 発電補機

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

日本水素エネルギー (船主)
川崎重工業 (造船)

Kawasaki

小形MHFS



YANMAR

陸上試験を行った後、船に搭載



搭載

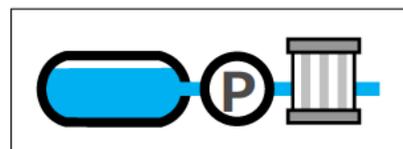


内航タンカー 主発+MHFS

上野トランステック
(船主/運航)

Kawasaki

大形MHFS



水素燃料タンク ポンプ 蒸発器

J-ENG

陸上試験を行った後、船に搭載



搭載



外航バルカー 主機+MHFS

商船三井 (船社)
商船三井ドライバルク (船社)
尾道造船 (造船)

舶用水素エンジン+MHFSのシステム提供を実船実証で実現する。

水素運搬実証船・水素燃料実証船 プロジェクト進捗状況

プロジェクト	実施者・協力者	進捗状況・予定	
 <p>液化水素運搬船 発電補機</p>	<p>  (水素エンジン) 日本水素エネルギー (船主) (川崎汽船) (船社) 川崎重工業 (造船所) 海上安全技術研究所 (国交省) 日本海事協会 (船級協会) </p>	<p>2022年 9月 ; 液化水素運搬船への水素エンジン搭載に関するHAZID* WS完了。 10月 ; HAZID*完了 10月 ; AiP*取得予定</p>	
 <p>内航タンカー 主発+MHFS</p>	<p>  (水素エンジン)  (MHFS) 上野トランステック (船主/運航) 日本海事協会 (船級協会) </p>	<p>2022年 9月 ; IGF GAP調査 10月 ; リスクアセスメント/ 同等性評価の実施要領書の起案と3者協議</p> <p>2023年 2月 ; リスクアセスメント/ HAZID会議 3月 ; 初期リスクアセスメント作業完了 → AiP*取得予定</p>	<p>NK殿にて「水素燃料船ガイドライン」の作成作業を開始。 (発行目標 : 2024/3)</p>
 <p>外航バルカー 主機+MHFS</p>	<p>  (水素エンジン)  (MHFS) 商船三井 (船社) 商船三井ドライバルク (船社) 尾道造船 (造船所) 日本海事協会 (船級協会) </p>	<p>2022年 水素燃料船の船型・配置コンセプトの初期レビュー、HAZIDの進め方調整済 12月 ; 船主も含めたリスクアセスメント活動を開始</p> <p>2023年 ; リスクアセスメント/ HAZID会議 ; 初期リスクアセスメント作業完了 → AiP*取得予定</p>	<p>本PJTに適用する予定。 水素燃料船を対象とする 新船級符号の取得が可能 になる見込み。</p>

*HAZID
 (Hazard Identification Study)
 安全性評価手法

*AiP (Approval in Principle)
 設計に関する基本承認

プロジェクトの推進体制 (川崎重工業)



日本水素エネルギー(船主)
川崎重工業(造船)



代表取締役社長
橋本 康彦
(事業にコミットする経営者)

コンソーシアム

HyEng株式会社
(共同出資新会社)

戦略立案
チーム
※新組織設立
検討中

技術開発本部
本部長 中谷 浩

水素戦略本部
本部長 原田 英一

エネルギーソリューション&マリンカンパニー
プレジデント 渡辺 達也
バイスプレジデント 村上 直樹

システム技術開発センター
センター長 加賀谷 博昭

技術研究所
所長 川崎 卓巳

技術総括部
総括部長 森本 勝哉

エネルギーディビジョン
ディビジョン長 杉本 智彦

船用推進ディビジョン
ディビジョン長 甲斐 芳典

開発部
部長 岩崎 英和

レシプロエンジン技術部
副部長 東田 正憲
(研究開発責任者)

品質保証部

調達部

製造部

インテグレーションシステム
開発部
要素技術研究

エネルギーシステム研究部
機械システム研究部
環境システム研究部
強度研究部
材料研究部
要素技術研究

水素エンジン
及びMHFS
開発サポートチーム
要素技術研究

水素エンジン
開発・設計チーム
エンジン開発・試験
エンジン本体設計

MHFS
開発チーム
MHFS開発
MHFS設計

事業戦略立案
チーム
※新組織設立
検討中

研究開発内容の詳細 (川崎重工業)

【エンジン開発】

2023年度末(1st ステージゲート) →

- ① 船用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。
- 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を完了する。

2027年度末(2nd ステージゲート) →

- ③ 多気筒エンジンの製造
出力 2600kW
水素混焼率 $\geq 95\%$



2030年度末(3rd ステージゲート)

- ④ 多気筒エンジンの実船実証
実運用での負荷変動対応。
長期信頼性の確認。



【MHFS開発】

2023年度末(1st ステージゲート) →

- ① 小型MHFS設計完了
ヤンマー殿開発エンジン向けの小型コンパクトなMHFSの設計を完了する。

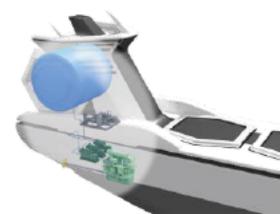


- ② 大型MHFS設計完了
J-ENG殿向けの大型かつ高圧のMHFSの設計を完了する。

2028年度末(2nd ステージゲート) →

- ③ 小型MHFS製造
ヤンマー殿開発エンジン向けの小型コンパクトなMHFSの製造を完了する。

- ④ 大型MHFS製造
J-ENG殿向けの大型かつ高圧のMHFSの製造を完了する。

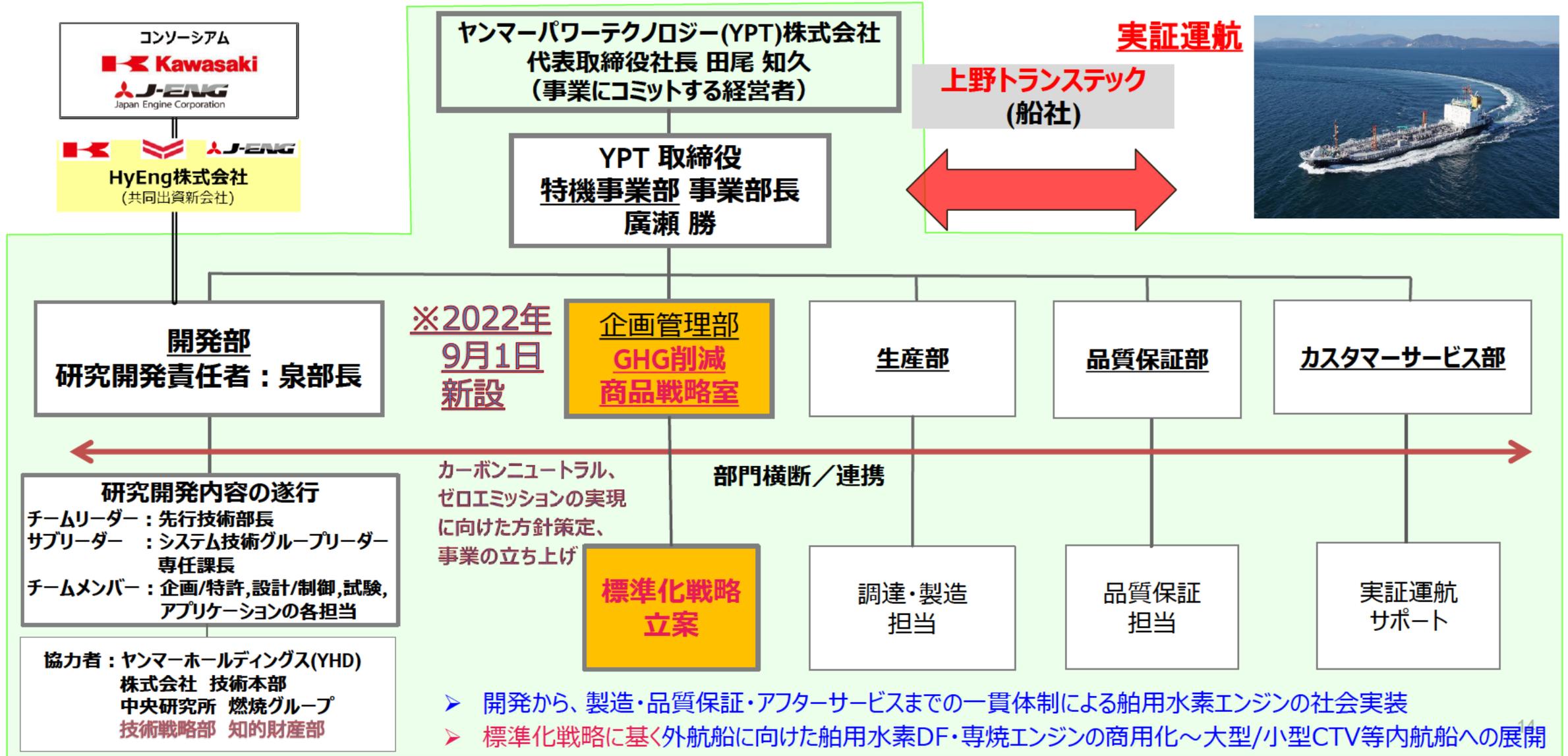


2030年度末(3rd ステージゲート)

- ⑤ MHFSの実船実証
実運用での負荷変動対応。
長期信頼性の確認。



プロジェクトの推進体制 (ヤンマーパワーテクノロジー)



研究開発内容の詳細 (ヤンマーパワーテクノロジー)

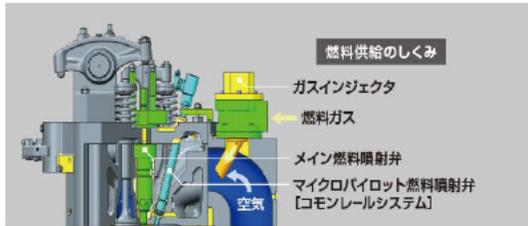
2023年度末(1st ステージゲート) ➡ 2026年度末(実船実証移行見込み審査) ➡ 2028年度末(2nd ステージゲート)

① 安全対策・水素脆化対策

水素燃料エンジン向けの
材料選定指針立案

② 水素燃焼・制御技術確立

中速単筒機による水素高混焼実証



③ 水素DF実機開発

水素高混焼、出力800kW

中速エンジン
設計完了



① 安全対策・水素脆化対策

機関室の安全対策指針策定

② 水素燃焼・制御技術確立

高速単筒機による水素専焼実証



③ 水素DF実機開発

・陸上試験完了
・実証運航船上での試運転実施

④ 水素専焼実機開発

水素専焼、出力1400kW
高速エンジン設計完了



⑤ 実証運航 (～2027年度, ※)

水素DF中速エンジンでの完了

④ 水素専焼実機開発

・陸上試験完了
・実証運航船上での試運転実施



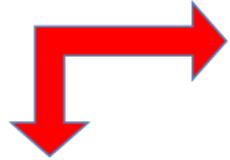
2030年度末(3rd ステージゲート※)

⑤ 実証運航

水素専焼高速エンジンでの完了

水素燃料インフラ整備状況を踏まえ、
**「補機用中速・高速4ストローク
水素燃料エンジン」の2機種を**
市場投入する。

プロジェクトの推進体制 (ジャパンエンジンコーポレーション)



実証運航

MOL

商船三井(船社)
商船三井ドライバルク(船社)
尾道造船(造船)



研究開発内容の詳細 (ジャパンエンジンコーポレーション)

2023年度末(1st ステージゲート)



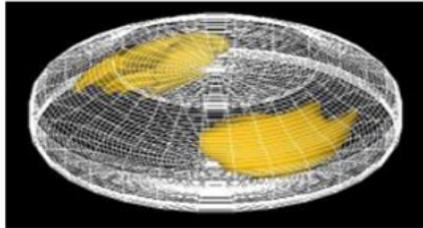
2027年度末(2nd ステージゲート)



2029年度末(3rd ステージゲート)

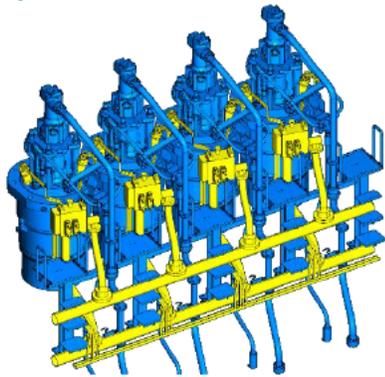
①水素噴射特性の把握

- ・水素高圧噴射、燃焼解析



②水素噴射系の開発

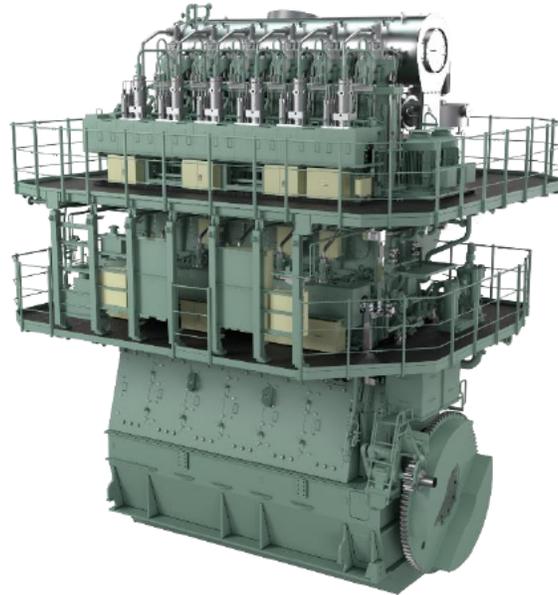
- ・各装置の設計
- ・単体試験



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

⇒商船三井様、商船三井ドライバルク様、
尾道造船様と定期的に打合せを実施し、
**社会実装に向けた具体的な取組みを
推進中**

⇒船級協会(NK様)と**代替設計認証、
リスクアセスメント実施に向けた取組み
を推進中**

世界の人々の豊かな生活と地球環境の未来に貢献する

“Global Kawasaki”