

GHG削減に向けたヤンマーの取組みについて

2021年12月16日

ヤンマーパワーテクノロジー株式会社

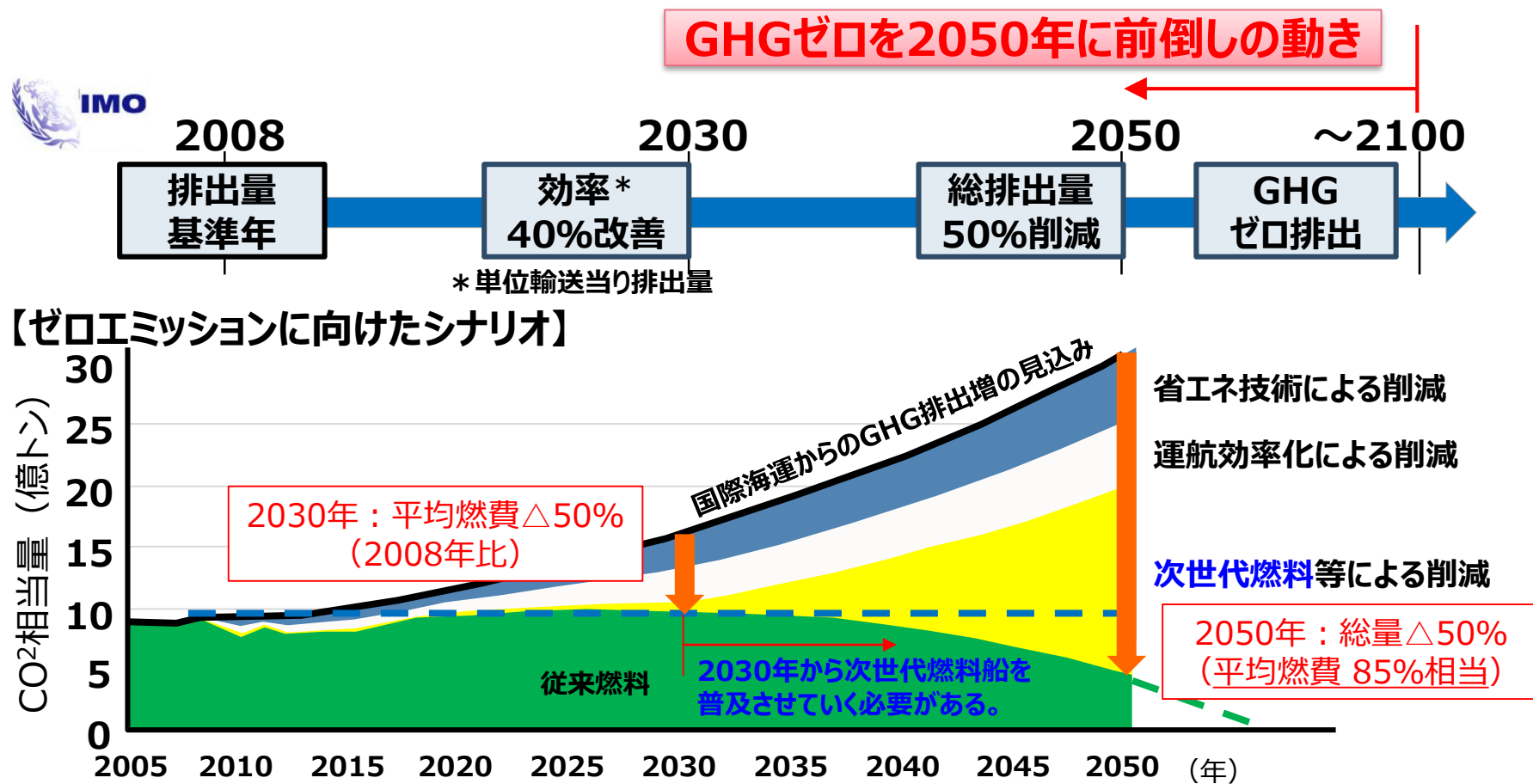
特機事業部

目次

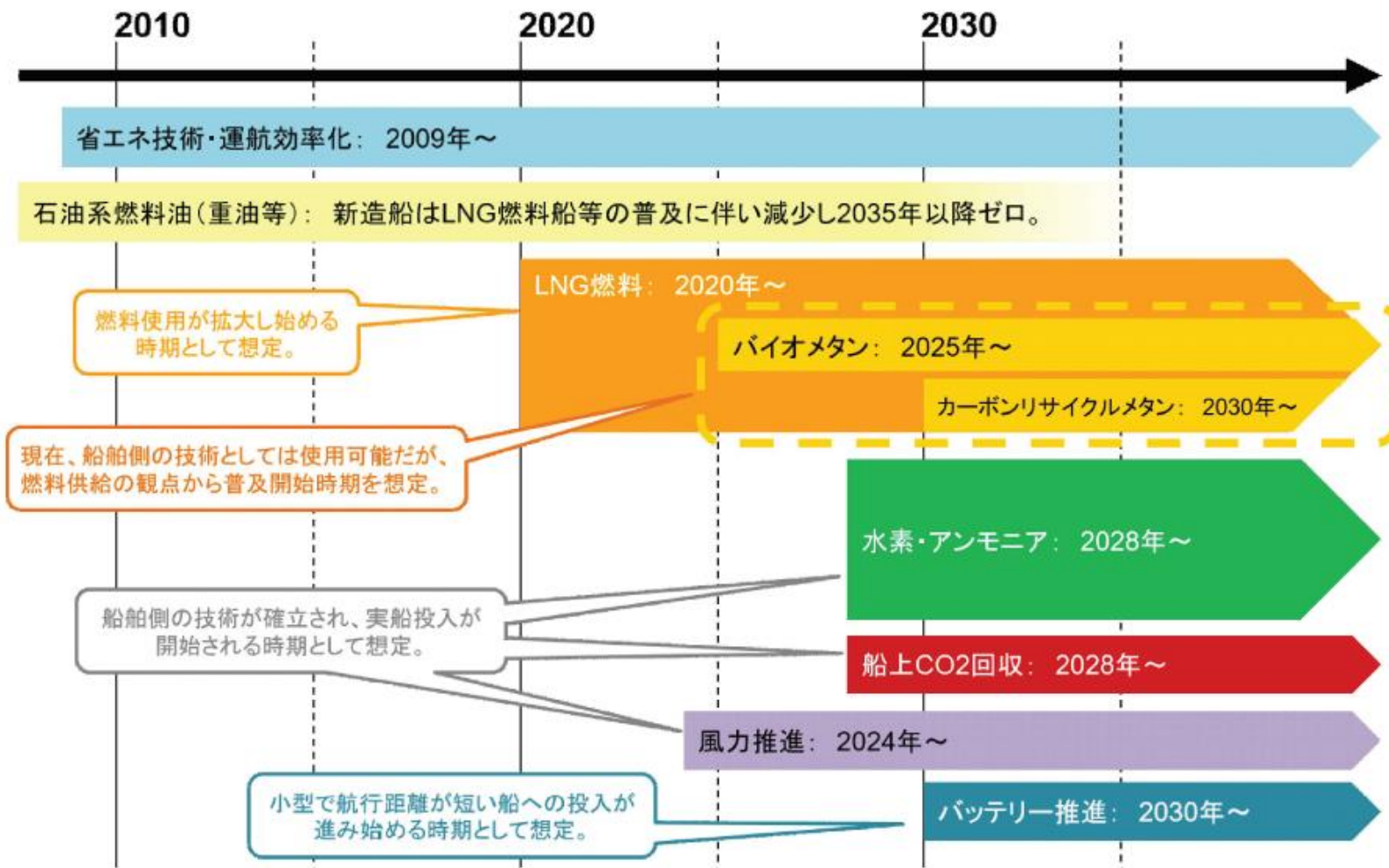
- 1. GHG削減の動向と燃料転換の動向**
- 2. LNG、水素、アンモニア燃料利用システムの開発状況**
- 3. 推進システムの将来**

1. GHG削減の動向と燃料転換の動向

IMOによる「GHG削減戦略」の採択と対応の方向性

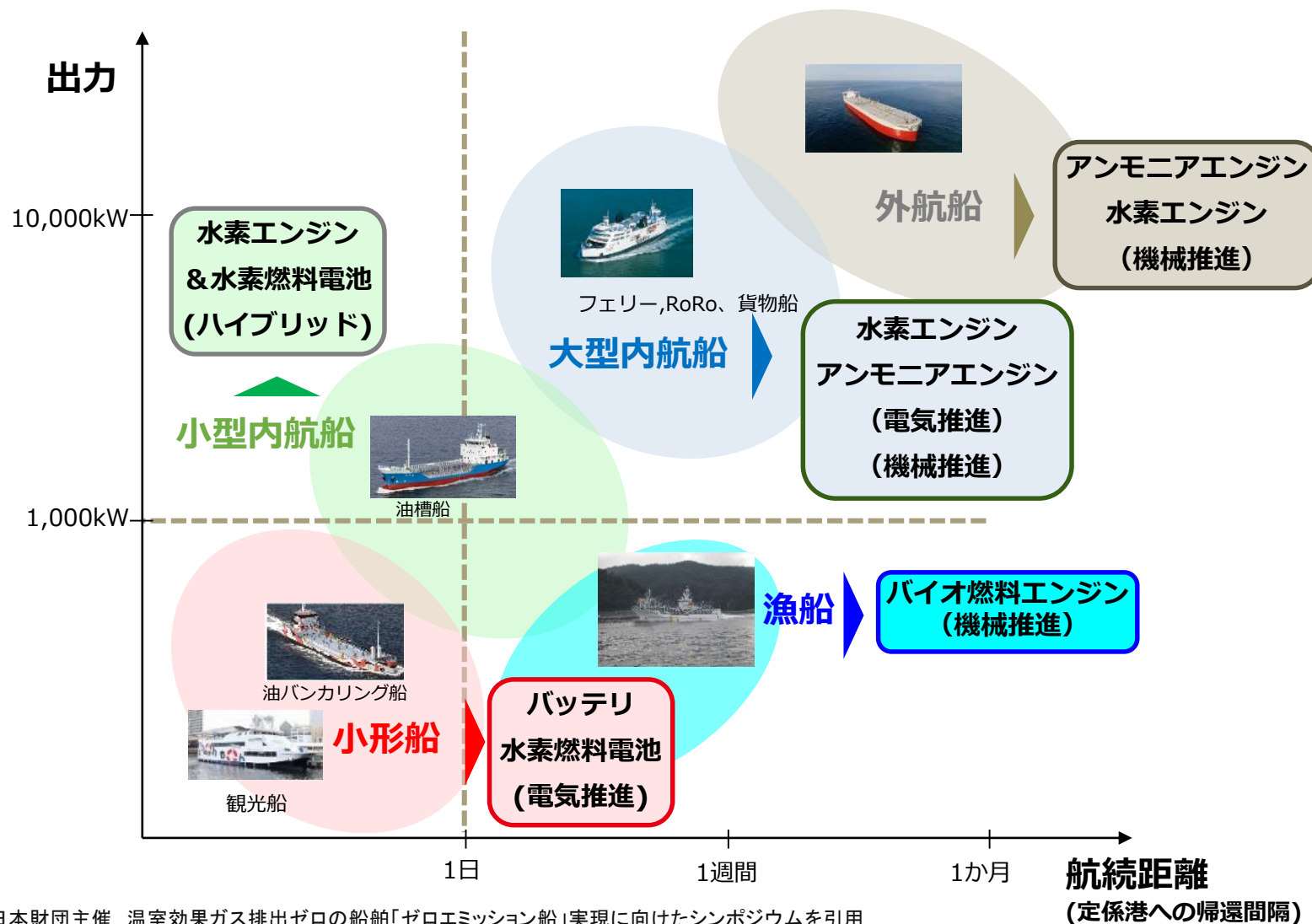


使用燃料等の変化に関する想定



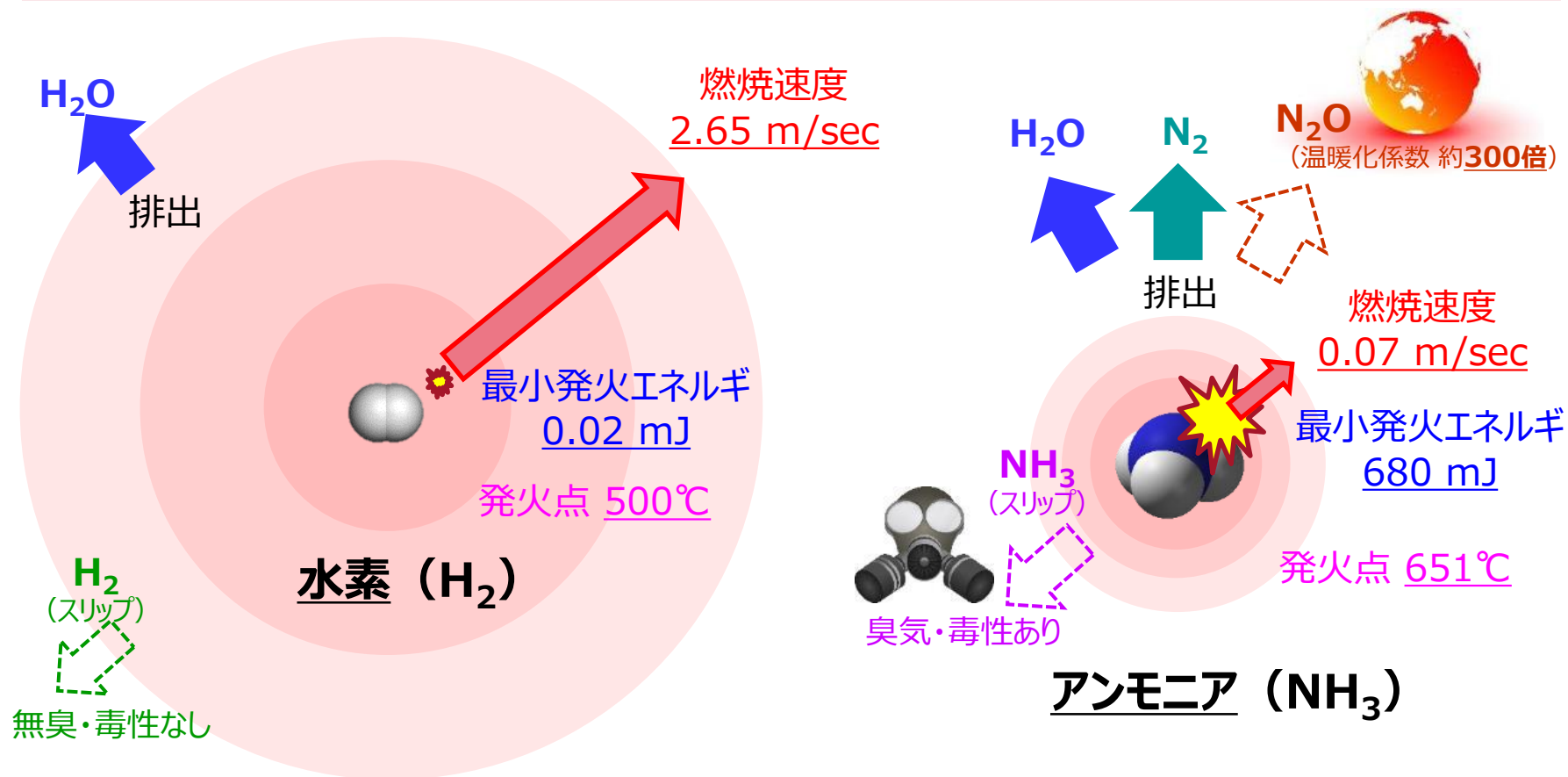
削減船の使用燃料等の変化に関する想定

出力と航続距離により船種毎のゼロエミッションに向けてのソリューションは異なる 航続距離の短い、10000kW未満の船舶の燃料は水素への移行が見込まれる



出典: 日本財団主催 温室効果ガス排出ゼロの船舶「ゼロエミッション船」実現に向けたシンポジウムを引用

水素・アンモニア燃料の特徴



水素は、発火点は高いが、燃焼速度が速く 点火エネルギーも小さい燃焼性の良い燃料である。
アンモニアは、発火点が高く、燃焼速度が遅く 点火エネルギーも大きい難燃性の燃料である。

水素・アンモニア燃料の特徴

燃料種	メリット	デメリット
水素	・燃焼速度が速い ・点火エネルギーが小さい。 ・燃焼性の良い燃料 ⇒ “専焼”により ゼロエMISSIONの達成が可能。	・タンク容量大、極低温保管に課題 ・水素脆性に対する検討が必要
アンモニア	・常温での保管可能、貯蔵面で メリットが大きい。 ・肥料用として大量に流通	・毒性がある ・燃焼時にN₂Oが排出される (地球温暖化係数298倍) ・燃焼速度が遅い ・点火エネルギーが大きい ・難燃性の燃料 ⇒ 継続的な燃焼アシストが必要 “混焼”がベースとなる

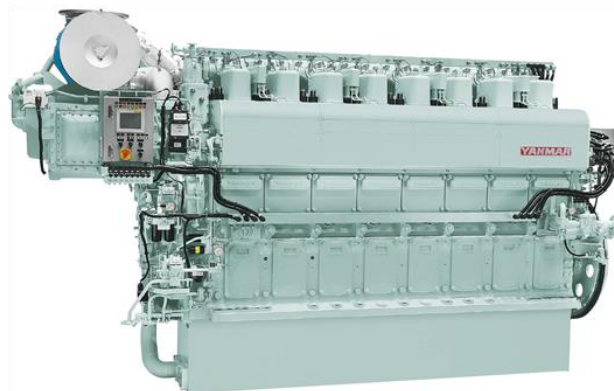
2. LNG、水素、アンモニア燃料利用システムの開発状況

船用DFエンジンの開発



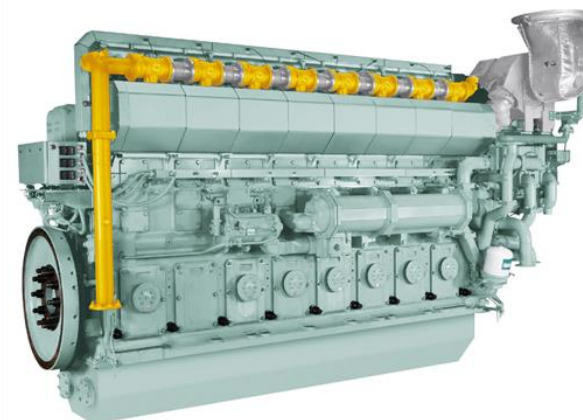
6EY22DF

- ✓ 800～1100kW
- ✓ 補機として'22末以降
納入予定



6/8EY26DF

- ✓ 1200～1960kW
- ✓ 主機として3隻(6台)納入実績
- ✓ 補機として1隻(3台)納入実績



6/8EY35DF

- ✓ 2210～4080kW
- ✓ 基礎試験完了(補機)
- ✓ '25年以降のリリース予定

【特徴】

- 制御システムプラットフォームは全て共通
- 各機種からの追加 & 改善機能のアップデートにより全機種で共有が可能

メタンスリップ削減へ向けた検討 → G H G 削減へ

舶用水素エンジン及びMHFSの開発

MHFS: Marine Hydrogen Fuel System 舶用水素燃料タンクおよび燃料供給システム

事業の目的・概要

- ① 船舶から排出される温室効果ガスを削減するために、**コンソーシアム3社が出力範囲と用途の異なる舶用水素エンジンを並行して開発**する。開発したエンジンにより実船実証運航を行い、機能および信頼性を確認し、社会実装につなげる。
- ② **舶用水素燃料タンクおよび燃料供給システムを開発**する。陸上試験を経て、補機用の中高速4ストロークエンジン、推進用の低速2ストロークエンジンの実証運航に適用し、機能および信頼性を確認し、社会実装につなげる。

実施体制

※太字: 幹事企業

- ① **川崎重工業株式会社**、ヤンマーパワーテクノロジー株式会社、株式会社ジャパンエンジンコーポレーション
- ② **川崎重工業株式会社**

事業期間

- ①、② 2021年度～2030年度(10年間)

事業規模等

- 事業規模 (① + ②) : 約219億円
- 支援規模 (① + ②) * : 約210億円
*インセンティブ額を含む。今後ステージゲートでの事業進捗などに応じて変更の可能性あり。
- 補助率など
① : 9/10 → 2/3、② : 9/10 → 2/3 (インセンティブ率は10%)

事業イメージ

共同研究、設備管理



基礎試験研究

九州大学

適用材料の水素ぜい化に関する評価・検討
水素燃焼の最適化研究 (可視化実験)

広島大学

水素噴流のモデル化のための研究 (可視化実験)

①水素燃料エンジンの開発

推進用 中速4ストローク 水素エンジンの開発
(2,000～3,000kW)



補機用 中高速4ストローク 水素エンジンの開発
(800kW、1,400kW)



推進用 低速2ストローク 水素エンジンの開発
(5,000kW超)



②水素燃料タンク・燃料供給システムの開発



陸上試験

再委託

適用

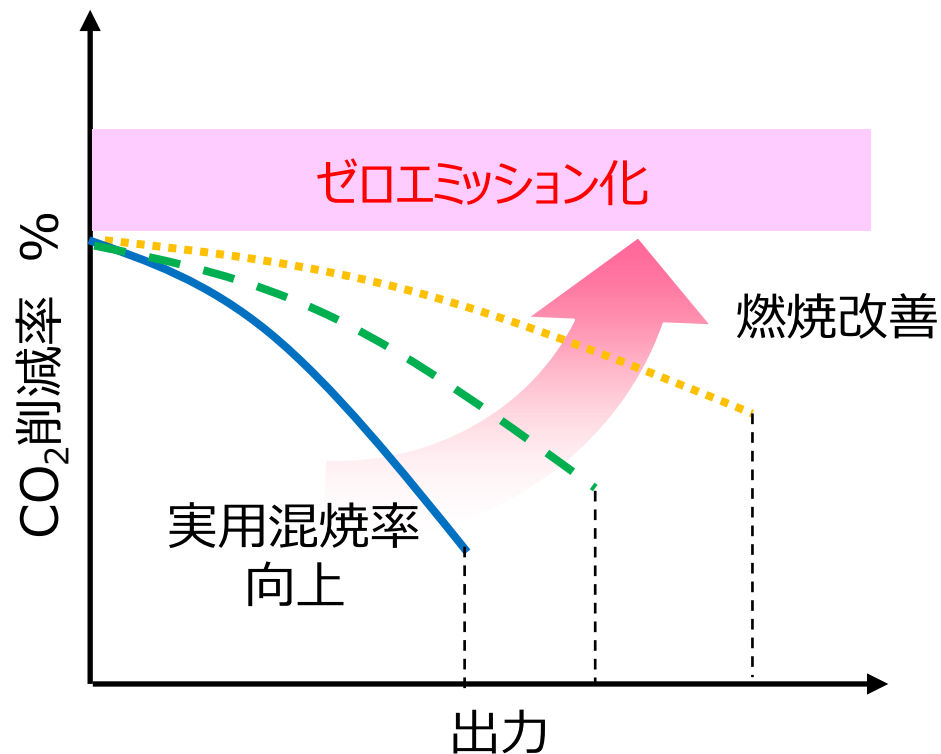
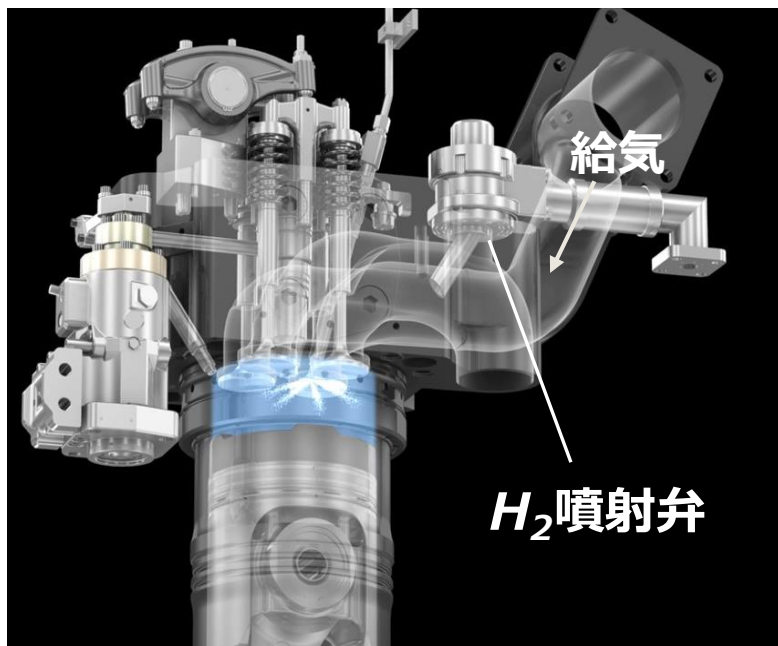
適用



実証運航

水素混焼エンジンのコンセプト

水素ポート噴射
(デュアルフューエルエンジンと類似構造)

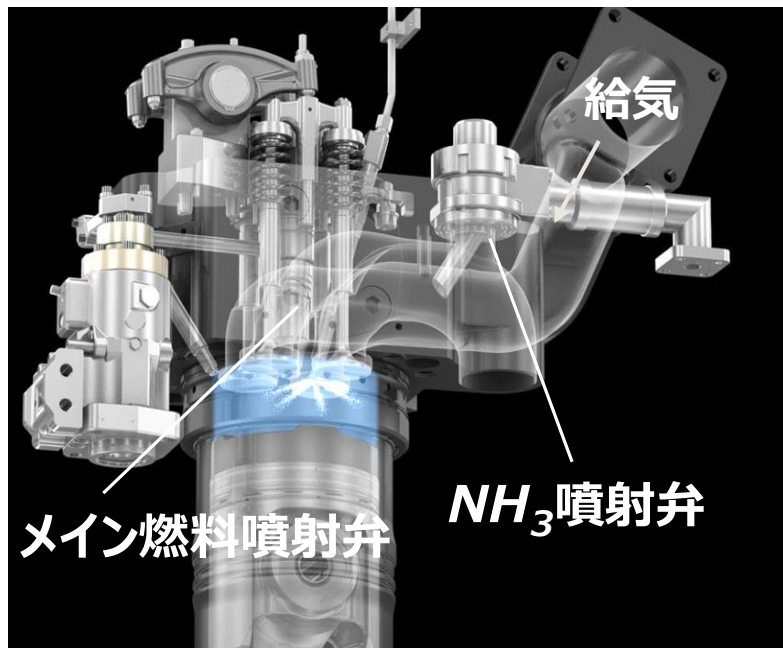


水素は燃焼速度が速い → 過早着火への対応がキーポイント

混焼率 (CO₂削減率) の向上と出力アップ → ゼロエミッション化へ

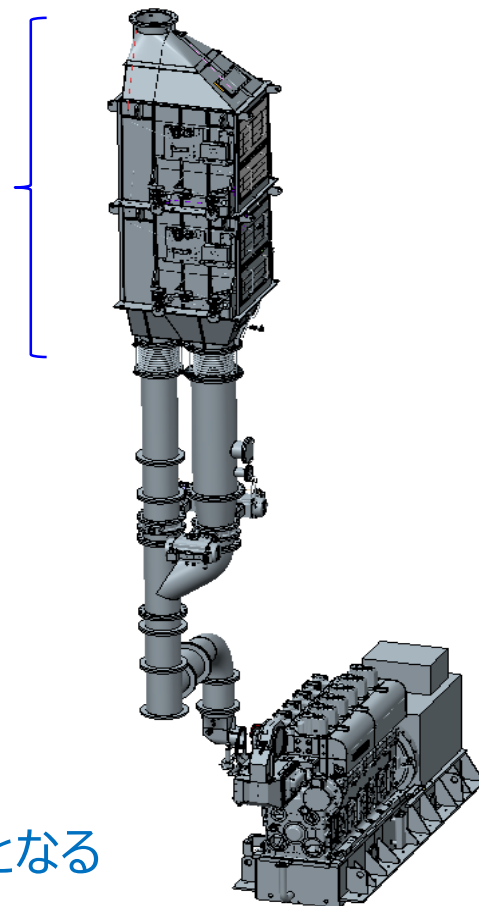
アンモニア混焼エンジンのコンセプト

アンモニアポート噴射+メイン燃料噴射



後処理装置

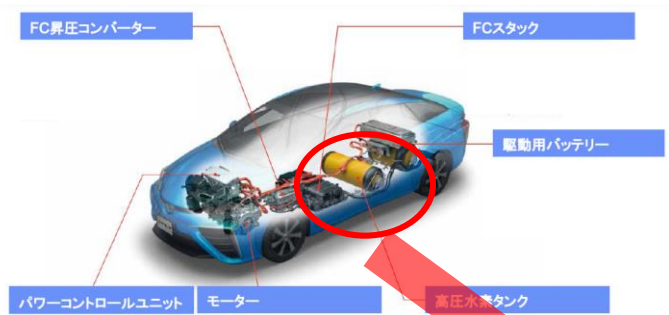
- NO_x
 - 未燃NH₃
 - N₂O
- 除去が必要



アンモニアは難燃性の燃料 → 化石燃料等との“**混焼**”がベースとなる
中高速機関では燃焼時間の確保が難しい → **未燃アンモニア**の発生

→ 現行のSCR（NO_x除去）に加えて、**未燃NH₃及びN₂Oに対する後処理技術が必要**

船用燃料電池システム



トヨタMIRAIの燃料電池システムを ヤンマーでマリナイズして搭載

- ・冷却方式：ラジエータ空冷→水冷
- ・パワーマネジメント：2台連携、統合制御
- ・船級規則対応：防爆、通風設計等

トヨタFCスタック(発電部)

種類: 固体高分子形
最高出力: 114 kW (155 PS)
体積出力密度: 3.1 kW/L
加湿方式: 内部循環方式(加湿器レス)

FC昇圧コンバーター

最大出力電圧: 650 V
相数: 4 相

補機部

水素循環ポンプ等



船用燃料電池システム実証試験艇（社会実装に向けた課題洗い出しを実施）



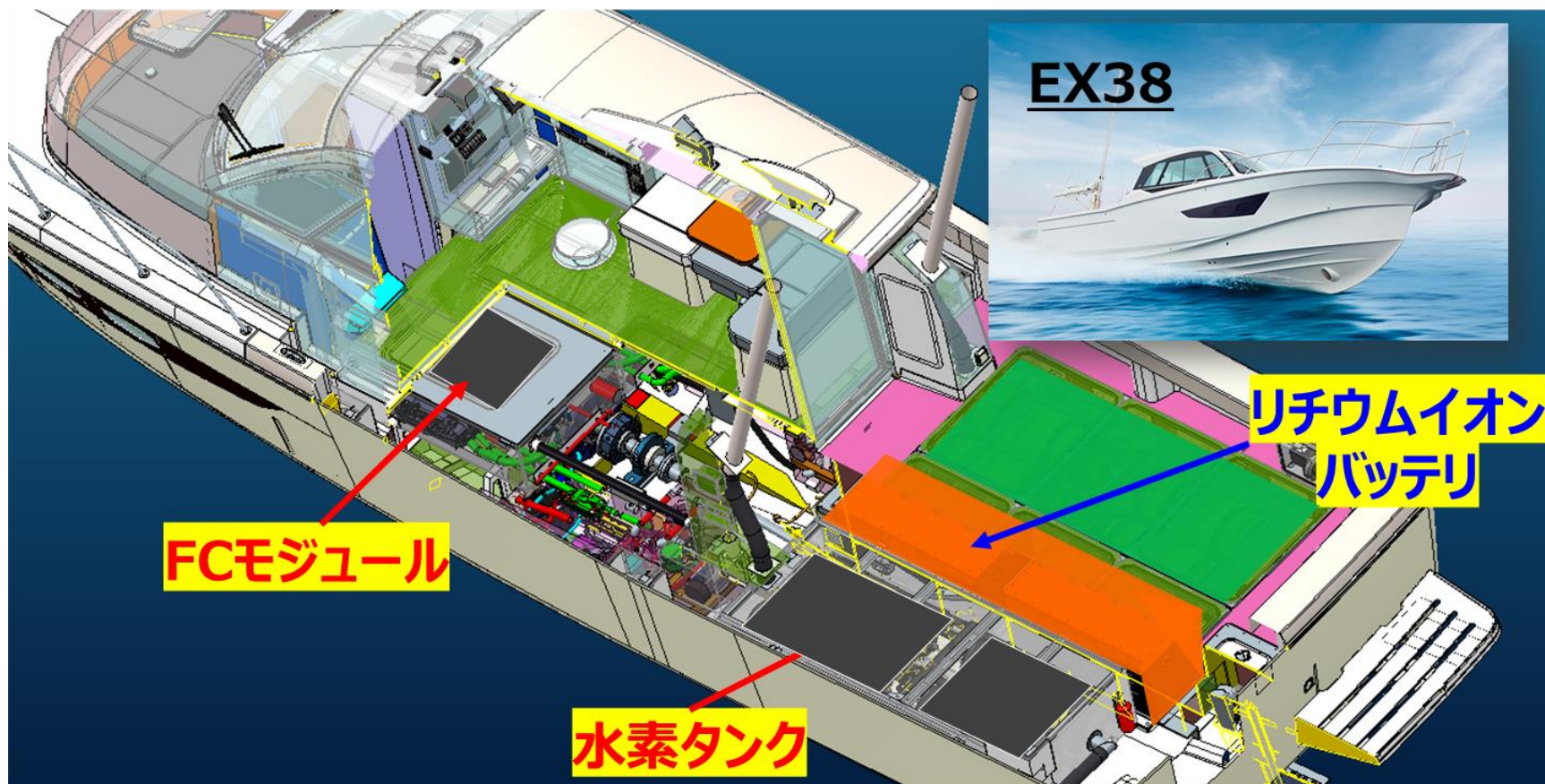
船体イメージ

■定格出力**250kW**の純電動パワートレインを搭載

全長	12.4m
全幅	3.4m
総トン数	7.9トン
FCシステム (トヨタ製MIRAI搭載品)	最高出力：92kW×2台
高圧水素タンクユニット (トヨタ製MIRAI搭載品)	最大充填圧力：70MPa 最大水素搭載量：2.3kg×8本
リチウムイオン電池 (東芝製SCiB)	公称容量：32kWh 最高出力：150kW
推進モータ	定格出力：250kW
航海速力	最高速度：22ノット
定員	10名

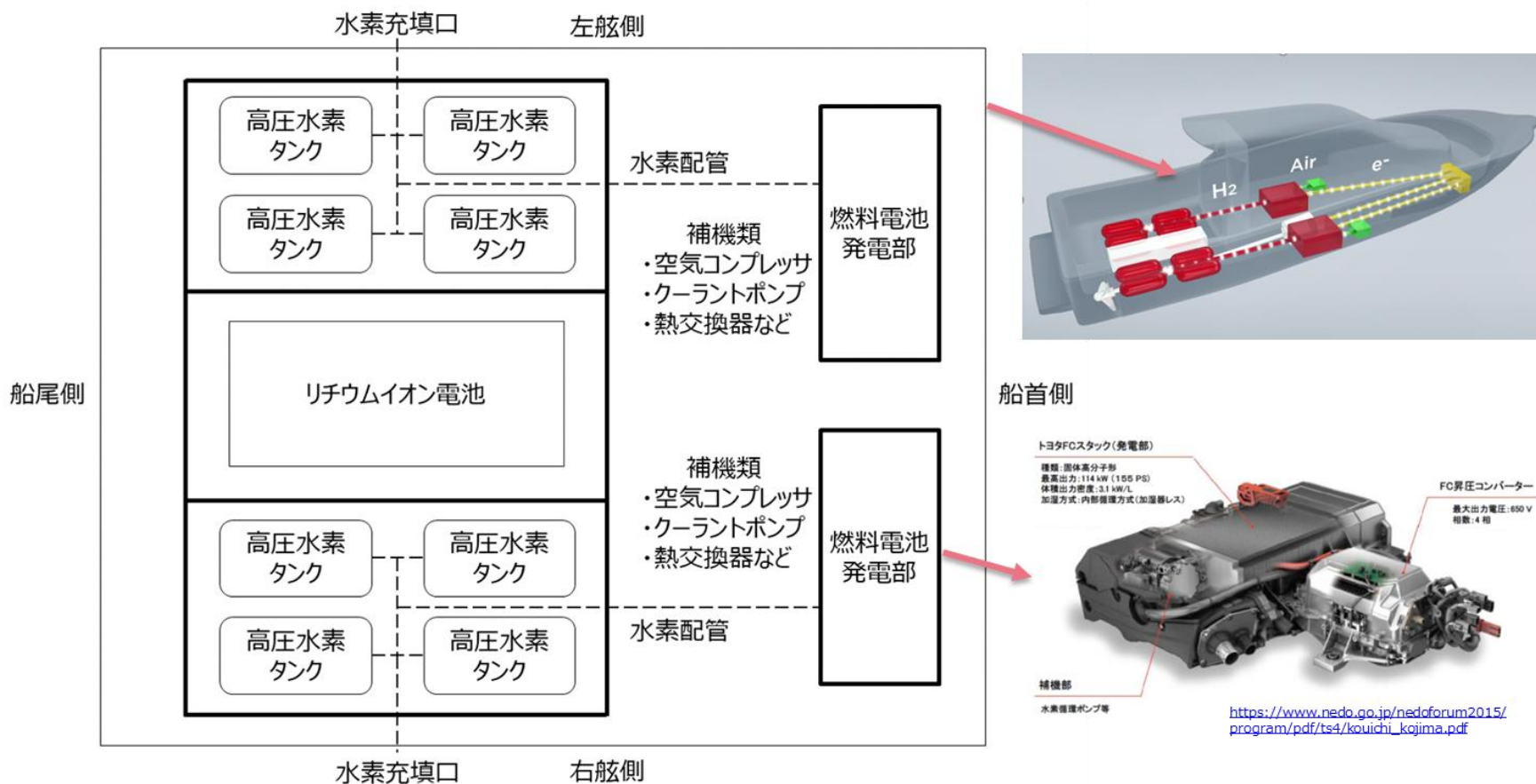
船体イメージ

- 水素タンク、FCモジュール、バッテリーを**すべて船体内部に搭載**
- 「水素燃料電池船の安全ガイドライン」に従って設計



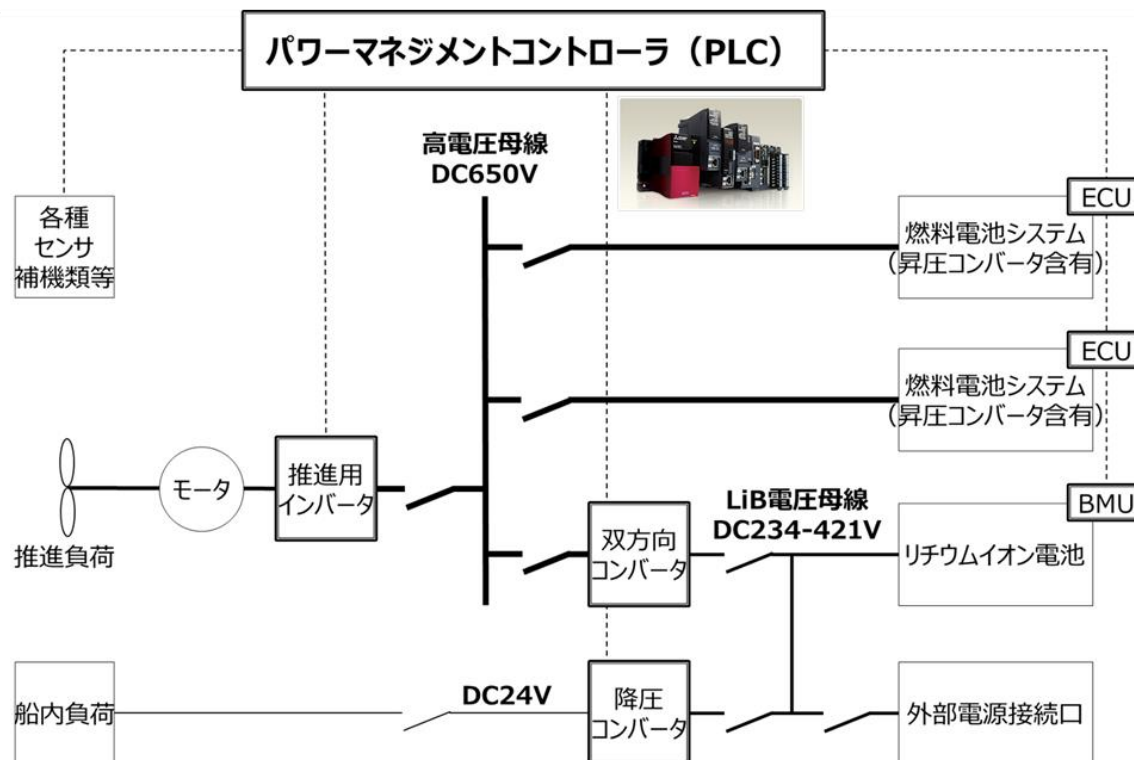
甲板下の機器レイアウト概要図（主要機器抜粋）

■ 燃料電池システム、高圧水素タンクユニット、リチウムイオン電池、推進モータ等の主要機器を全て甲板下の船体内部に搭載



パワーマネジメントシステム

- 推進負荷の急激な増減等に燃料電池システムの出力行制御が対応できない場合には、自動的にリチウムイオン電池による出力アシスト／吸収、モータ回転数を制限



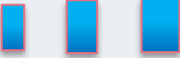
高圧水素(70MPa)充填試験

■ 移動式水素ステーションから船体へ70MPa水素充填を実施



3. 推進システムの将来

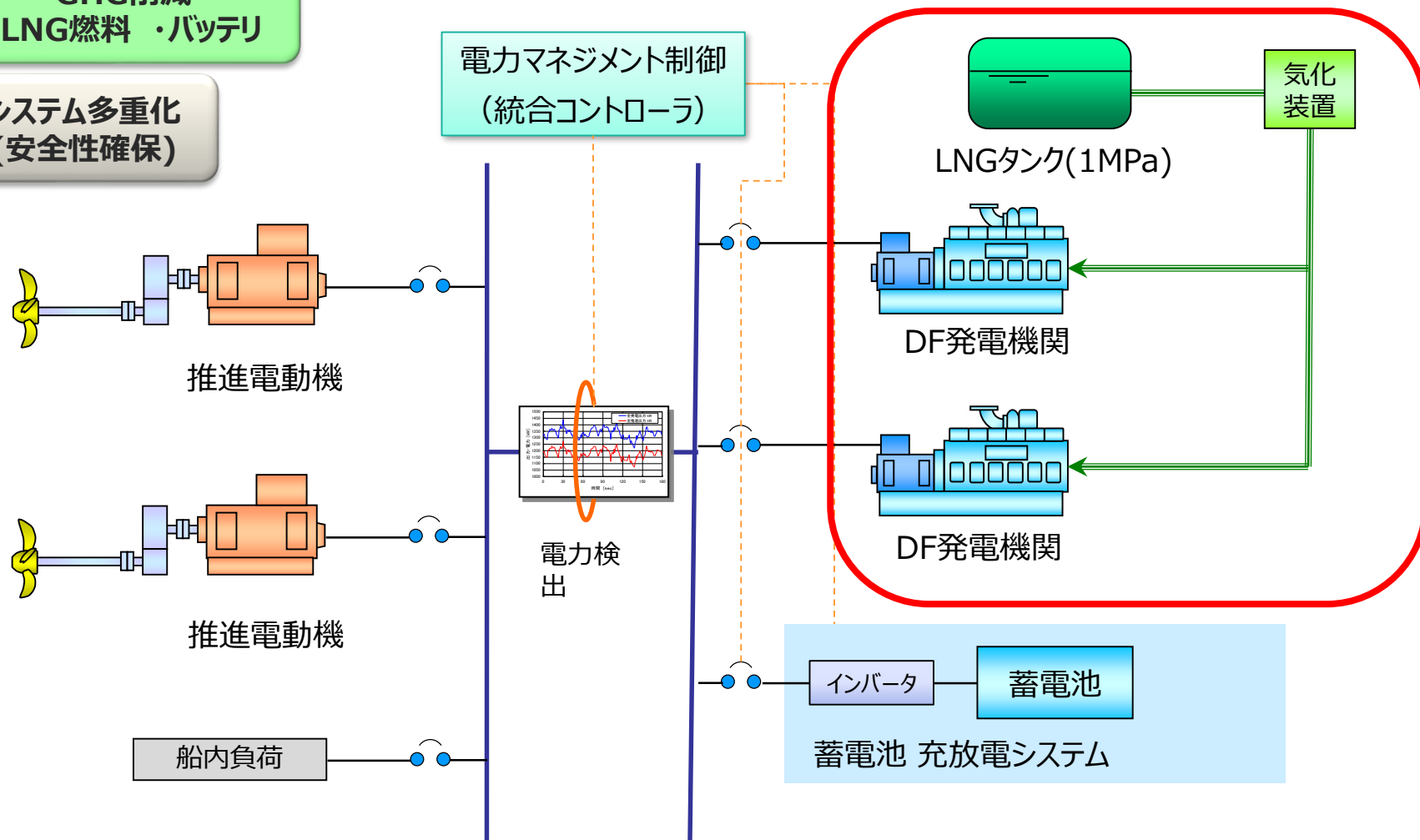
想定される推進システム

	水素燃料普及まで	水素燃料普及後
LNGハイブリッド推進 (実用化済み)	CO ₂ 削減率：25%	(合成メタン利用時) CO ₂ 削減率：100%
水素FCハイブリッド推進 (小型船)		CO ₂ 削減率：100%
水素エンジン推進 (中・大型船)		(水素専焼エンジン採用時) CO ₂ 削減率：100%
水素ハイブリッド推進 (中・大型船)		(水素専焼エンジン採用時) CO ₂ 削減率：100%

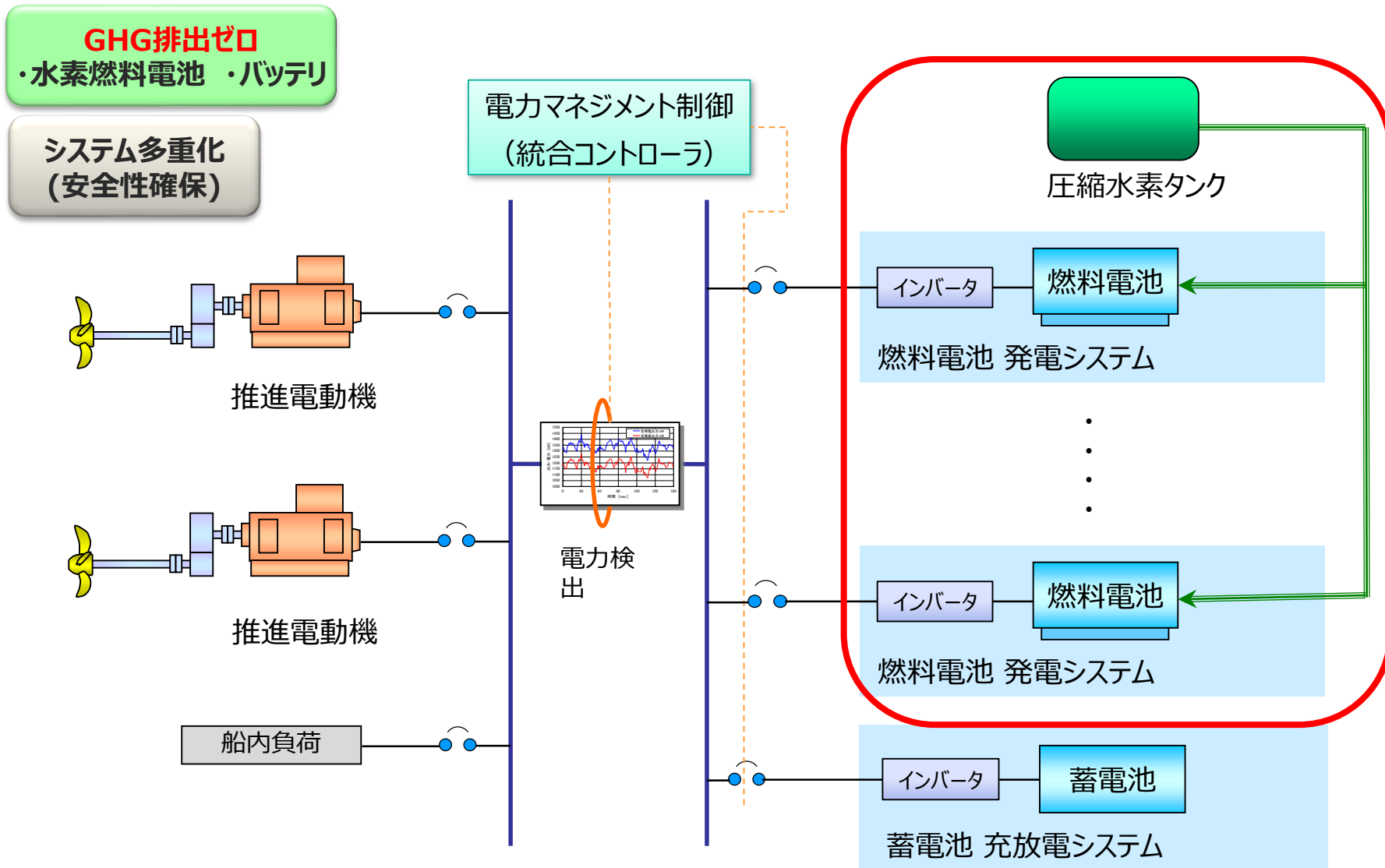
LNGハイブリッド推進システム（LNG DFエンジン+バッテリー）

GHG削減
・LNG燃料 ・バッテリー

システム多重化
(安全性確保)

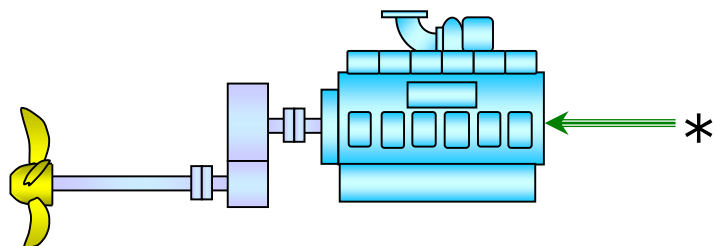


水素FCハイブリッド推進システム（水素燃料電池+バッテリー）

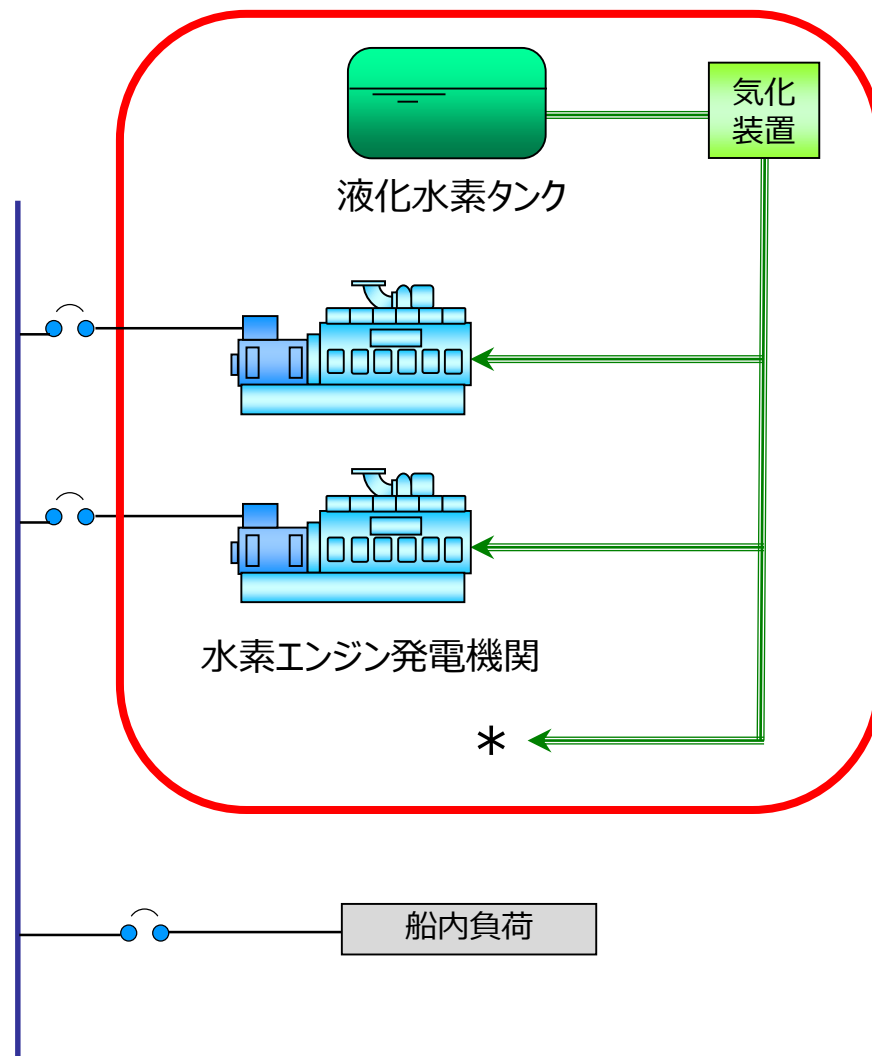


水素エンジン推進システム（水素エンジン主機関＋水素エンジン発電機関）

GHG排出ゼロ
・水素エンジン



主機においてはハイブリッドシステム
が必要なケースも考えられる



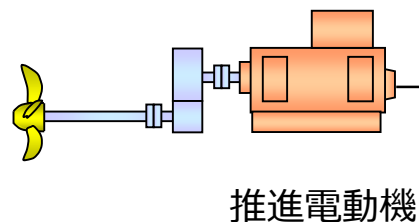
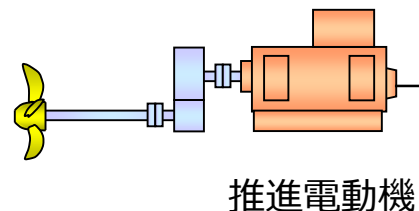
水素ハイブリッド推進システム（水素(エンジン・燃料電池) + バッテリ)

GHG排出ゼロ

- ・水素エンジン ・水素燃料電池
- ・バッテリー

システム多重化
(安全性確保)

電力マネジメント制御
(統合コントローラ)



船内負荷

