

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：アンモニア燃料国産エンジン搭載船舶の開発

実施者名：(株)IHI原動機、代表名：代表取締役社長 赤松 真生

(共同実施者：日本郵船(株) (幹事企業)、日本シップヤード(株)、(株)ジャパンエンジンコーポレーション)

目次

1. 事業戦略・事業計画	P.2
(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	P.12
(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）	P.30
(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	P.35
(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

GHG排出削減の国際的気運の高まりにより、グリーン関連海事産業が急拡大すると予想

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）

- 国際社会における地球温暖化対策に係る動きが加速
Sustainability(持続可能性)への意識の高まり
- サプライチェーン(Scope 3)におけるCO2排出削減要求の高まり

（経済面）

- Sustainabilityを判断軸とする「資本の脱炭素化」(ESG投資)
- 脱炭素化の定量評価が金融機関の融資基準に含まれる(ポセイドン原則)
- グリーンエネルギー市場の勃興
- 世界のGDP成長により海上荷動き量は拡大傾向

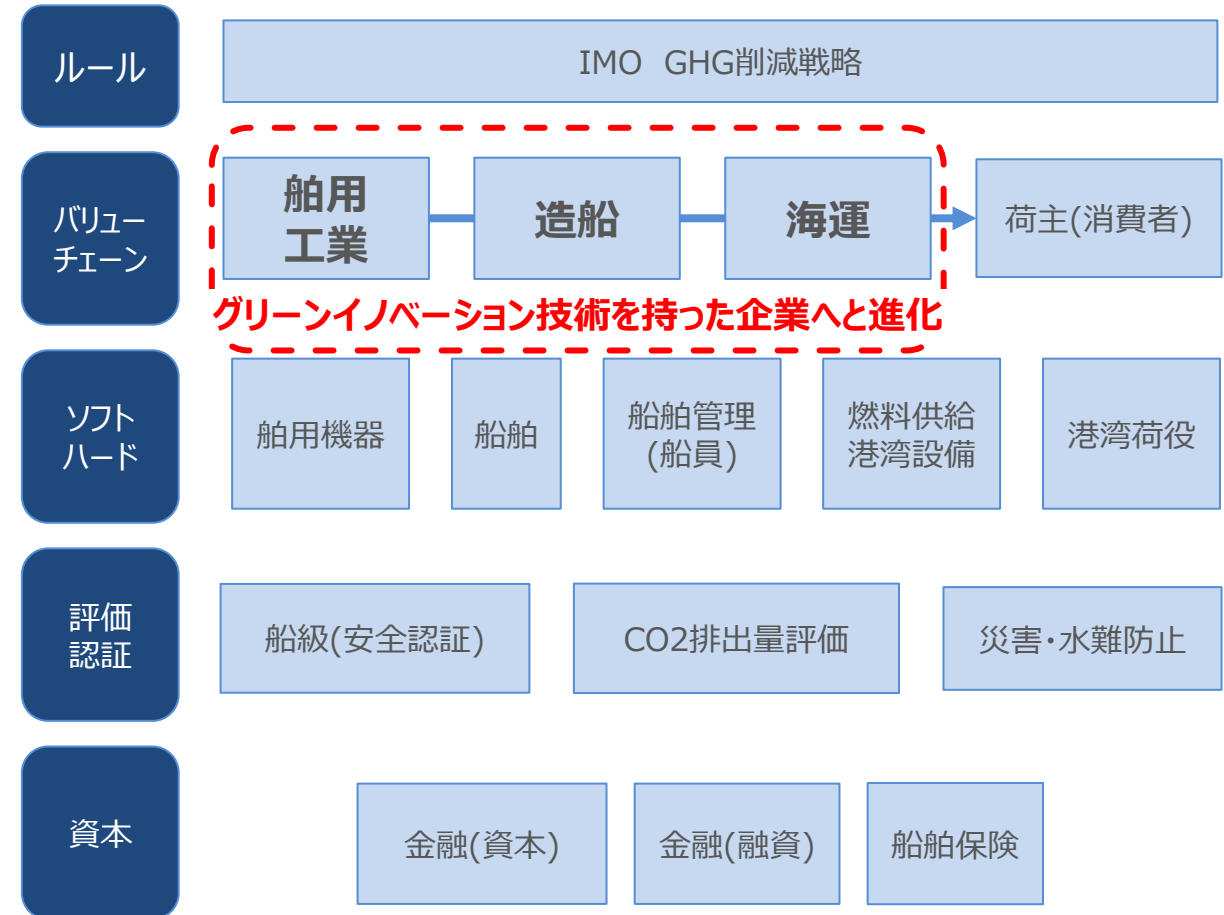
（政策面）

- 日本政府による「2050カーボンニュートラル」宣言(20年10月)
- IMO(国際海運)に対するゼロエミ化の要求(米国ケリー特使、21年4月)

（技術面）

- 船舶は代替燃料への転換が急務となり、燃料転換に伴うエンジンをはじめとした様々な機器の技術開発が加速

カーボンニュートラル社会における船舶産業アーキテクチャ



1. 事業戦略・事業計画／（1）産業構造変化に対する認識

GHG排出削減の国際的気運の高まりにより、グリーン関連海事産業が急拡大すると予想

市場機会及び社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

当該変化に対する経営ビジョン：

海運



●市場機会：

海運のゼロエミ化実現には代替燃料の導入・普及が必須。荷主のサービス選定基準が変化し、海上輸送における新たな事業機会が創出される。

●社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

次世代船舶の社会実装により、地球温暖化防止に貢献。Sustainableな物流インフラを確保する。

- 船舶産業のバリューチェーンの一翼を担う海運会社として、海運のゼロエミ化に積極的に取り組んでいく。
- 技術・経済性・環境の3点において国際競争力のある船舶を開発・運航することで、Sustainableな海上輸送サービスを提供する。持続的な輸送事業を通じて日本の海事クラスターの更なる技術開発・効率改善に寄与する。

造船



●市場機会：

環境規制が一段と厳しくなり、老齢船は市場から淘汰されるため、リプレース需要取り込みによる新造船の受注機会は増大する。

●社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

次世代船舶の社会実装により、地球温暖化防止に貢献する。

- 世界に遅れをとることなく、グリーンイノベーション技術を獲得し、国際競争に打ち勝てる次世代船舶を開発し、海事クラスターのゼロエミ化に積極的に取り組んでいく。

船用工業

（2ストロークエンジン）



（4ストロークエンジン）

株式会社IHI原動機
IHI Power Systems Co., Ltd.

●市場機会：

環境規制が一段と厳しくなり、代替燃料が利用可能なエンジン需要が拡大する。

●社会・顧客・国民等に与えるインパクト：

次世代エンジンの社会実装により、地球温暖化防止に貢献する。

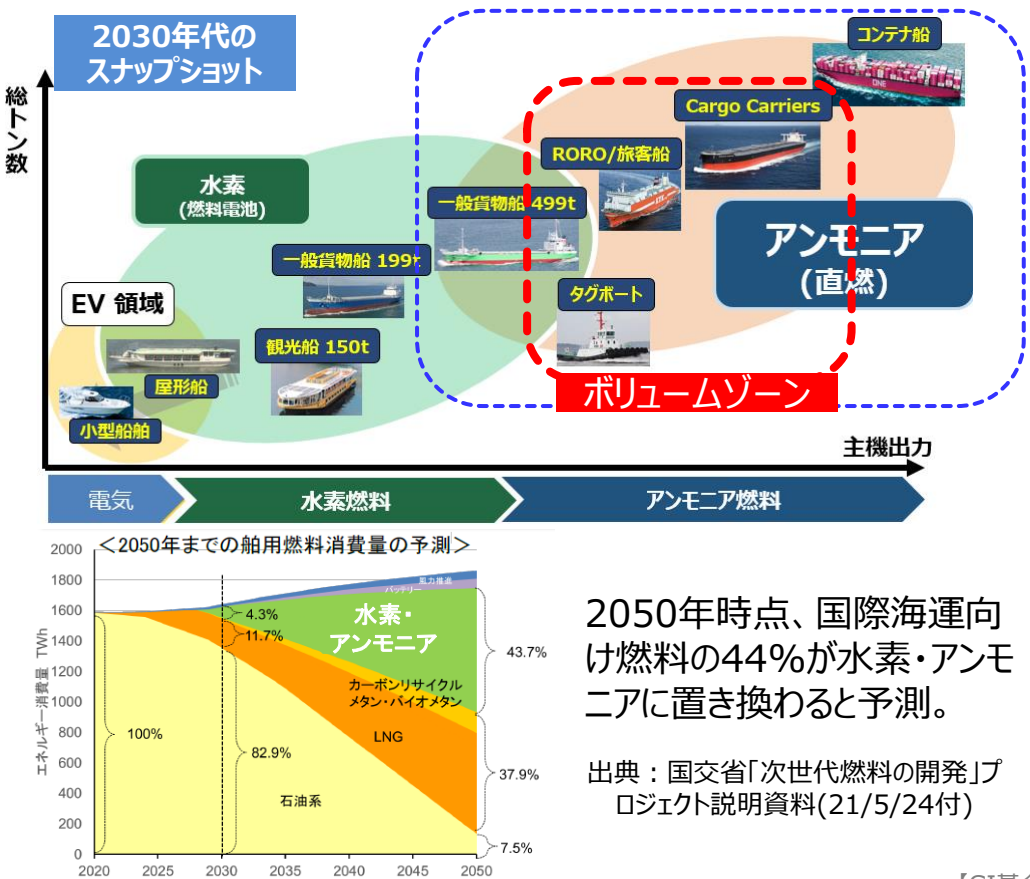
- （ジャパンエンジン・IHI原動機）海外ブランドに対抗・差別化した国際競争に打ち勝てる国産アンモニア燃料エンジンを開発し、市場投入・安定供給を図り、海事クラスターのゼロエミ化に積極的に取り組んでいく。
- （ジャパンエンジン）国内エンジンメーカーにライセンスを供与することにより、国内エンジンメーカーの活性化、延いては、国内海事産業の発展にも寄与する。
- （ジャパンエンジン）国内先行者利益を確保した後は、自社工場をマザー工場とした、海外への技術移転による、更なる普及拡大も視野。

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

海上輸送(外航・内航)のうち大型輸送船による海上輸送サービスのアンモニア燃料化を予想。
船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

- 高出力が求められる船舶ではアンモニア燃料が先行する可能性が高く、アンモニア燃料エンジンの普及が進むと予想。
- 主機ボリュームゾーンはエンジンボア60cm以下クラス（国内製造：約90%、世界：約75%）。



ターゲットの概要① -国産エンジン- ジャパンエンジン・IHI原動機

- 【2ストローク低速エンジン】
- 海外ブランドエンジンとの競合において、船用エンジンのボリュームゾーンであるボア60cm以下クラスのアンモニア燃料主機関で一定のシェアを獲得する。

	主なプレイヤー
外航主機 (ボア60以下)	海外メーカー(MAN、WinGD)

- 【4ストローク中速エンジン】
- 国内曳船におけるアンモニア燃料主機エンジンマーケットの高いシェアを獲得する。

	主なプレイヤー
曳船	IHI原動機・Y社

- 外航船舶におけるアンモニア燃料補機エンジンマーケットの一定のシェアを獲得する。

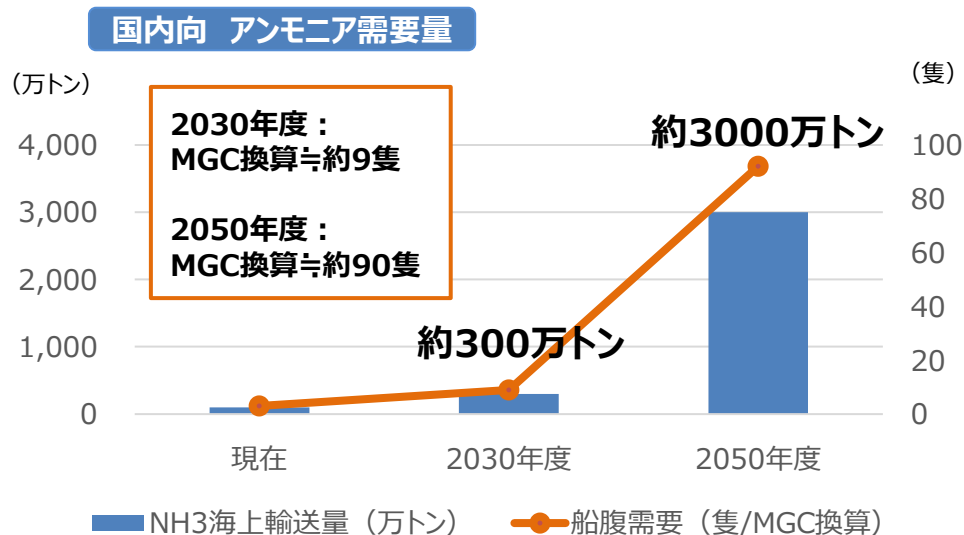
	主なプレイヤー
外航補機関	IHI原動機・Y社・D社・海外メーカー

1. 事業戦略・事業計画／（2）市場のセグメント・ターゲット

内航船舶主機、外航船舶主機・補機の連続開発を行う事で我が国の輸送船の燃料転換を加速。
外航船においては、我が国を中心に需要の急拡大が予想されるアンモニア輸送船を開発、社会実装を目指す。

ターゲットの概要② -造船・海上輸送- 日本シップヤード・日本郵船

- 現在のアンモニア海上輸送量は約2000万トン程度。うち日本の輸入量は約20万トン程度と小規模マーケット。
- 一方、燃料アンモニアの国内需要は**2030年に300万トン/年、2050年に3000万トン/年まで急拡大**すると想定されている。
- アンモニアは現在LPG(液化石油ガス)タンカーで輸送されており、船腹量は限定されている。上記輸送需要を取り込むにはアンモニア大型輸送船の開発が必要となる。
- 他国に先んじて開発を進める事で、**今後拡大するアンモニア海上輸送需要(造船・輸送)を機動的に取り込んでいく。**



* 出典：経産省「燃料アンモニア導入官民協議会 中間取りまとめ数値よりNYKにて作成

事業開発の流れ



1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

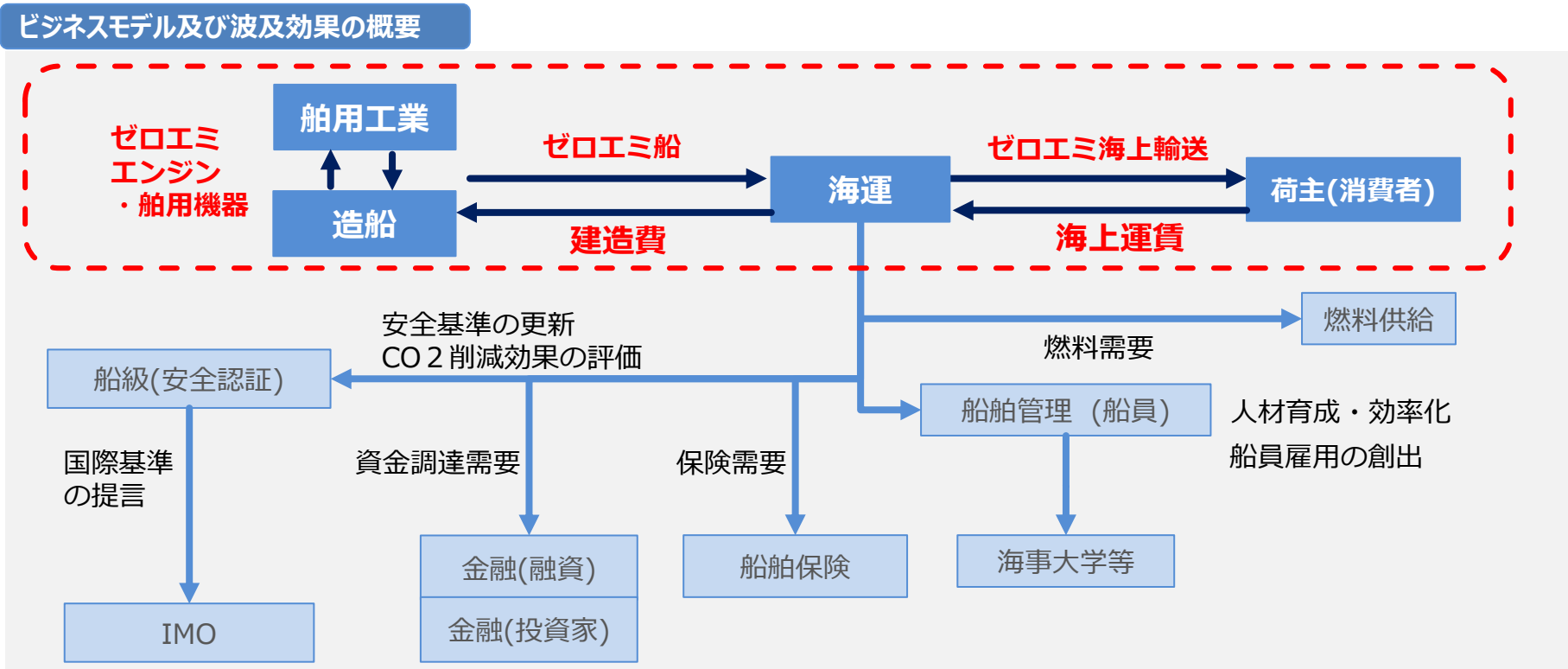
アンモニア燃料船を用いて、ゼロエミッション海上輸送サービスを提供する事業を創出・拡大

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

- ・【海運】環境負荷の低い海上輸送サービスを提供し、対価としての海上運賃を受領。
- ・【造船】ゼロエミ海上輸送サービスを実現する為のゼロエミ船舶の開発・提供。
- ・【船用工業】ゼロエミ船舶を実現する為のゼロエミ燃料エンジン、燃料供給システムの開発・提供。
- ・波及効果
 - 海事クラスターの幅広い裾野への経済波及効果（燃料・船舶管理・保険・金融・船級等）
 - ゼロエミに係る技術開発・ルール策定・人材育成・国際社会への貢献など海事クラスターとの連携

社会・顧客に対する提供価値

- ・ 荷主（消費者）にとって先進的でサステナブル海事サプライチェーンの構築・運用
- ・ 船舶産業のゼロエミッション化を通じた地球温暖化防止への寄与



1. 事業戦略・事業計画／（4）経営資源・ポジショニング

広い研究開発、新技術受容性の強みを活かして、社会・顧客に対して脱炭素という価値を提供

自社の強み、弱み（経営資源）

ターゲットに対する提供価値

- アンモニアエンジン開発を通じたGHG削減による気候変動対策
- エネルギー・燃料転換による新たな経済効果創出
- 脱炭素燃料としてのアンモニアサプライチェーン構築に貢献



自社の強み

- 品質と技術力（多品種、広い出力レンジ）
- サポート力（信用）

活用；世界で唯一、高速、中速、低速、2&4ストロークで広域レンジの「総合エンジンメーカー」であり、アンモニア対応の主機補機一括システムでインテグレートし、運用サポートする。

自社の弱み及び対応

陸用ガス機関での知見を活かし船用LNG燃料機関を開発、納入しているが、それに比してカーボンフリー燃料に対応できる船用機関の知見の蓄積は現状では多くない。
対応：アンモニア燃料機関の開発を契機として脱炭素社会の実現に向けた対応を加速していく。

他社に対する比較優位性

	技術	顧客基盤	資源
現在> 自社	4st;0.3～6.6MW - 推進と動力系統を一括で管理するシステムインテグレータ	- 国内、アジア造船 - 中型、大型船舶主機 - 陸用発電事業者	- 開発、設計、製造 - IHIグループ連携による新技術取得
	- アンモニア内燃機関 - その他CN燃料準備 - 電動パワートレイン - 動力システムインテグレータ	- 既存顧客は維持 - 外航補機 - アンモニア転換機会を利用して参入する	新技術、応用システムの開発、設計、製造
競合A社	4st;0.01～4.5MW - エンジン供給のみ - 低コスト	- 主に国内、中韓の市場 - レジャーボート、小型漁船、外航補機	生産能力が5倍
競合B社	4st,0.8～20.0MW - 推進と動力系統を一括で管理する事業は苦戦 - 船内プラント機器全体のシステムインテグレータ	日本、中韓以外の世界の陸舶、用途も限らない市場、日本は障壁高いが参入取組みあり脅威	生産能力10倍

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

主機は5年間、補機は6年間の研究開発を行った後、2027年度以降に事業化、2036年頃の投資回収を想定



* アンモニア燃料タグボート・アンモニア燃料アンモニア輸送船の両プロジェクトのコンソーシアム全体の費用として。

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

顧客ニーズに最適化された商品開発を行い、次世代燃料船に係るビジネスに早期参入。
先行者として市場でのポジションを確立する。また、国産技術の国際標準化を推進する。

（船用工業 4ストロークエンジン）

	研究開発・実証	設備投資	マーケティング
取組方針	- 機関開発については、最初に燃焼技術を確立 - アンモニア機関開発の過程で得られたアンモニア燃焼に関する知見については特許を申請、取得	- 工場で実証機の運転を行うためにアンモニア供給設備を設置 - 出力が大きい主機の運転に合わせて供給量を設定	- デジタル化による価値創造を通して、お客さまのアセットをライフサイクルで最適化するサービスメニューを拡充 - リードタイム短縮、早期出図、調達期間の確保を図りコストダウンの実現 - プロダクト志向→ソリューション志向への対応力強化を図り、新たな発想とアプローチにより市場を開拓 - アフターサービスの更なる充実
国際競争上の優位性	世界で最初に就航するアンモニア燃料船の主機を納入する事でアンモニア機関開発の先駆者として日本のエンジンメーカとしての国際的な認知度アップを図る	他社にさきがけてアンモニア機関の実機運転が行える設備を持つ事により初号機納入以降の商用機販売にも展開	高速,中速4ストロークの広域な出力レンジでの対応が可能 アンモニア対応の主機補機一括システムでインテグレートが可能 充実したアフターサービス提供が可能

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、コンソ全体で約39億円規模の自己負担を予定

資金調達方針

（単位：百万円）

	2021 年度	...	2027 年度	2028 年度	...
事業全体の 資金需要	約123億円＊			本実証完了後、アンモニア燃料エンジン(主機と補機)による販売事業を行う。	
うち研究開発投資	約123億円＊				
国費負担※ (委託又は補助)	約84億円＊				
自己負担 (内部＋外部)	約39億円＊				

※インセンティブを含む

＊アンモニア燃料タグボート・アンモニア燃料アンモニア輸送船の両プロジェクトのコンソーシアム全体の費用として。

2. 研究開発計画

~アンモニア燃料エンジン及び実証船開発~

2. 研究開発計画／プロジェクト体制一覧

研究開発体制

本コンソーシアムの取り組み

本コンソーシアムでは下記のプロジェクト体制で「アンモニア燃料国産エンジンを搭載した船舶」の実現に取り組む。

	PJ① 内航船 (アンモニア燃料タグボート)	PJ② 外航船 (アンモニア燃料アンモニア輸送船)
竣工年(目標)	2024年	2026年
2st エンジン	-	J-ENG (主機) 
燃料供給システム	NYK (社外へ外注予定) 	J-ENG (社外へ外注予定) 
4st エンジン	IHI原動機 (主機) 株式会社IHI原動機 IHI Power Systems Co., Ltd.	IHI原動機 (補機) 株式会社IHI原動機 IHI Power Systems Co., Ltd.
船体開発	NYK (子会社へ外注予定) 	NSY 
運航	NYK (子会社へ外注予定) 	NYK 
船級	ClassNK 	

2. 研究開発計画／アンモニア燃料エンジン開発概要

アンモニア燃料エンジン開発の意義と求められる性能

船舶エンジンの分類

船舶のエンジンは以下に分類される。

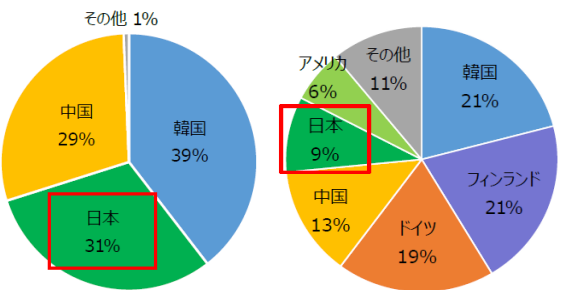
- ✓ 大型船の主機に用いられる低速 2 ストロークエンジン
- ✓ 中小型船の主機、各種船舶の補機に用いられる中速 4 ストロークエンジン

我が国の船用工業は

- ✓ 2 ストロークエンジンでは世界シェアの約 3 割(世界 2 位)
- ✓ 4 ストロークディーゼル機関では世界シェアの約 1 割(世界 5 位)

高い技術力により海事クラスターを支えている。

2/4 ストロークエンジン 国別生産状況



出典:国土交通省海事局資料

2 ストロークエンジン 世界 3 大ライセンス

会社名	概要
MAN – ES 社	●MANのライセンス ●世界トップシェア ●韓国(斗山/現代/ S T X 等) 日本(三井E&S/日立造船/川崎重工業) 中国(HUDONG/DALIAN等)等にてライセンス製造。
Win GD 社	●WinGD(旧Wartsila)のライセンス ●CSSC社(中国)とWartsila社(フィンランド)により設立。 2016年6月、CSSC社の100%子会社化。 ●中国(CSSC等)、韓国(現代等)、日本(IHI原動機等)等にてライセンス製造。
J-ENG 社	●UEエンジン(旧三菱UE)のライセンス。 ●自社工場での製造に加え、赤阪鐵工所、中国ライセンス等にてライセンス製造。

今後の拡大が見込まれるアンモニア燃料船のエンジン市場に向けて、海外メーカーよりも競争力(環境性能+経済性)のあるエンジンを国内で開発する必要がある。
また開発したエンジンは国内造船所のみならず海外造船所へ供給可能な環境を整備し、輸出または海外でのライセンス製造の割合を高めることにより、国内メーカーの国際市場におけるシェアを増大させることが重要。

競争力の高いはエンジンとは？

ユーザー(運航者)から見た船用エンジンの評価ポイント

以下の観点から船舶エンジンを評価し、搭載を検討する。

- 信頼性(耐久性)：事故・トラブルの少なさ
- 燃費：燃料消費量の少なさ
- 価格(コスト)：CAPEX/OPEXの少なさ
- GHG排出量、環境性能：CO₂/NO_x/N₂O排出の少なさ

アンモニア燃料特有の課題(難燃性/腐食性/毒性などの安全対策)を解決の上、実証を踏まえた評価を基に、競争力の高い国産エンジンを早期に市場導入・商業運航に繋げる必要がある。

2. 研究開発計画／アンモニア燃料エンジン開発概要

アンモニア燃料エンジンの技術課題

アンモニア物性に起因する技術課題

出典: J-ENG

1. 難燃性

- ➡ 燃焼速度が遅く(メタンの1/5)、自然発火温度651℃と高い。
不完全燃焼時、温暖化係数がCO₂比約300倍の亜酸化窒素(N₂O)が生成される懸念がある。
よって、最適な燃焼制御及び排ガス後処理装置による除去等が必要になる。

2. 毒性

- ➡ 粘膜に対する刺激性が高く、短期間で気道や肺に重大損傷を引き起こす。
配管二重化、パージ装置(※)、分離・回収装置などの安全対策を適用する必要がある。

(※)パージ装置: 空間内に不活性ガスを送り込み、その空間に滞留していたアンモニアガスを不活性ガスに置き換える形で除去する装置。

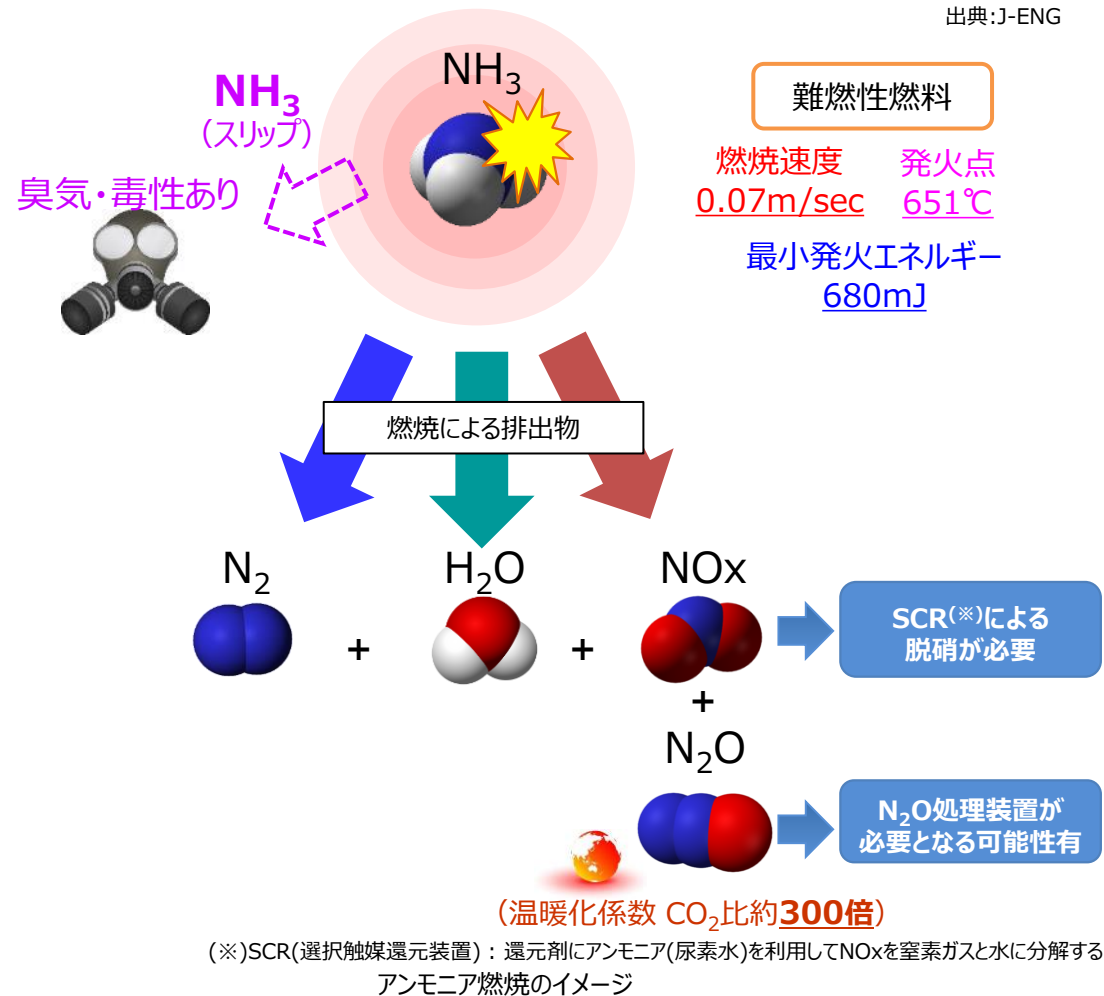
3. 腐食性

- ➡ 銅/合金/ニッケル合金及びプラスチックに対する腐食性がある。
応力腐食割れ(※)を引起こす性質を持つため、材料の選定及び応力腐食割れを防止する処置が必要になる。

(※)応力腐食割れ: 金属表面に腐食が生じ、引張応力が加わることで割れが生じる現象。

4. 貯蔵性

- ➡ 低位発熱量は18.8MJ/kgと低く、機関への燃料供給量が重油比2.3倍(=1/0.44)まで増えるため、適切な制御システム・安全機構の開発が必要となる。



ゼロエミッションを達成するためには、難燃性のアンモニア燃料の使用比率を高めながら、エンジン排ガス中に含まれるN₂O排出量をコントロール(ミニマイズ)する燃焼・対策が必要

2. 研究開発計画／アンモニア燃料エンジン開発概要

アンモニア燃料エンジン開発方針

エンジン開発における分類

船舶エンジン開発は以下のような観点を考慮しながら、網羅的に開発を進める事であらゆる船舶に対応できる技術確立する必要がある。

- 1.用途：主機として利用するのか、補機として利用するのか。

用途によってエンジンに求められる性能要件が異なる。

- 2.燃焼方式：拡散燃焼方式か、予混合方式か。

燃焼方式によって機関構成部品・燃焼制御方法が異なる。

- 3.出力：どの船型に搭載可能なのか。

必要な出力に応じて、ボア径(回転数)を調整し、最適な機関開発を実施する。



- 世界的にも舶用エンジンでアンモニアを燃焼させた試験結果等は発表されていない。
- 上記の各条件を網羅的に検証しながら、アンモニア燃料エンジン開発を進める必要がある。
 - 燃焼室へのアンモニア燃料の供給方法
 - アンモニア燃料への着火方法
 - アンモニア燃料の着火タイミング

船舶エンジンの用途

船舶エンジンは用途(主機/補機)により求められる性能が異なる。

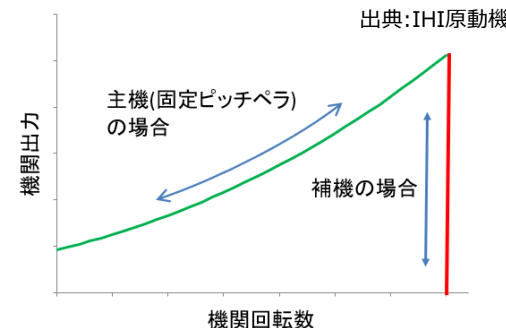
- 主機に求められる性能要件

船の推進プロペラを駆動する機関

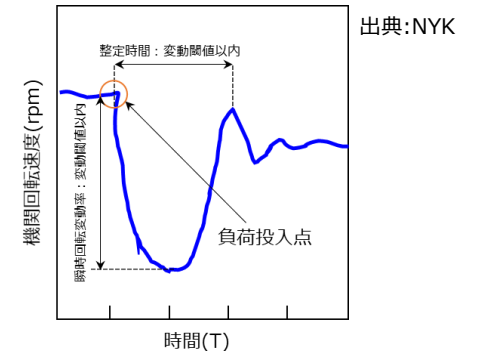
船の速度(曳航力)を調整するため推進用プロペラを駆動する機関であり、機関の回転速度をアイドル状態～定格回転速度まで変化させて使用する必要がある。

- 補機に求められる性能要件

船内で使用する電力を供給するため発電機を駆動する機関であり、周波数が安定した電力を供給するためには、一定の機関回転速度で安定して継続運転できる必要がある。
特に補機は機関にかかる**負荷の変化量が主機に比べて急激**であり、急激な負荷変化に対して機関回転速度の変動を抑える必要がある。



主機・補機における回転数・出力の関係(イメージ)



補機における負荷投入性維持性能 (イメージ)

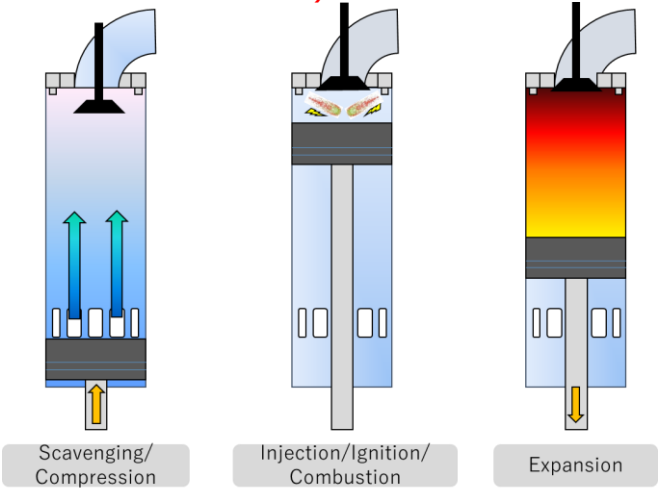
2. 研究開発計画／アンモニア燃料エンジン開発概要

アンモニア燃料エンジンの燃焼方式： 拡散燃焼方式/予混合方式

2ストロークエンジン： 拡散燃焼方式(高圧)

➡ 圧縮して高温になった圧縮空気中に高圧の燃料を噴射し、蒸発した燃料が自着火(拡散燃焼)する燃焼方式。

(2ストロークエンジンでは、液体アンモニアを噴射し筒内で蒸発させる時間が確保できるため、拡散燃焼方式を採用する。)

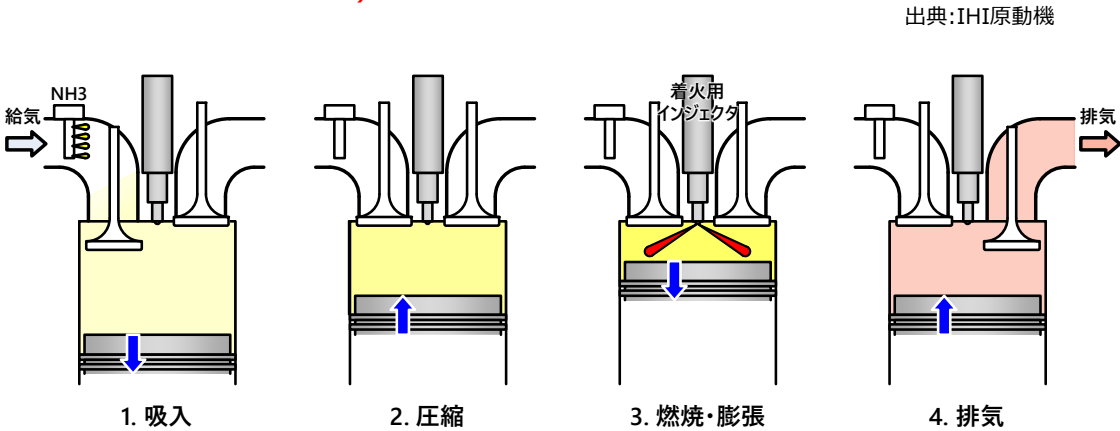


2ストロークエンジン(イメージ)

4ストロークエンジン： 予混合燃焼方式(低圧)

➡ 空気と燃料をあらかじめ混合(予混合)し、混合気を圧縮して着火源により燃焼する燃焼方式。

(4ストロークエンジンは小型であるため、高圧燃料供給管を配置する拡散燃焼方式を採用する事が難しい。)



4ストロークエンジン(イメージ)

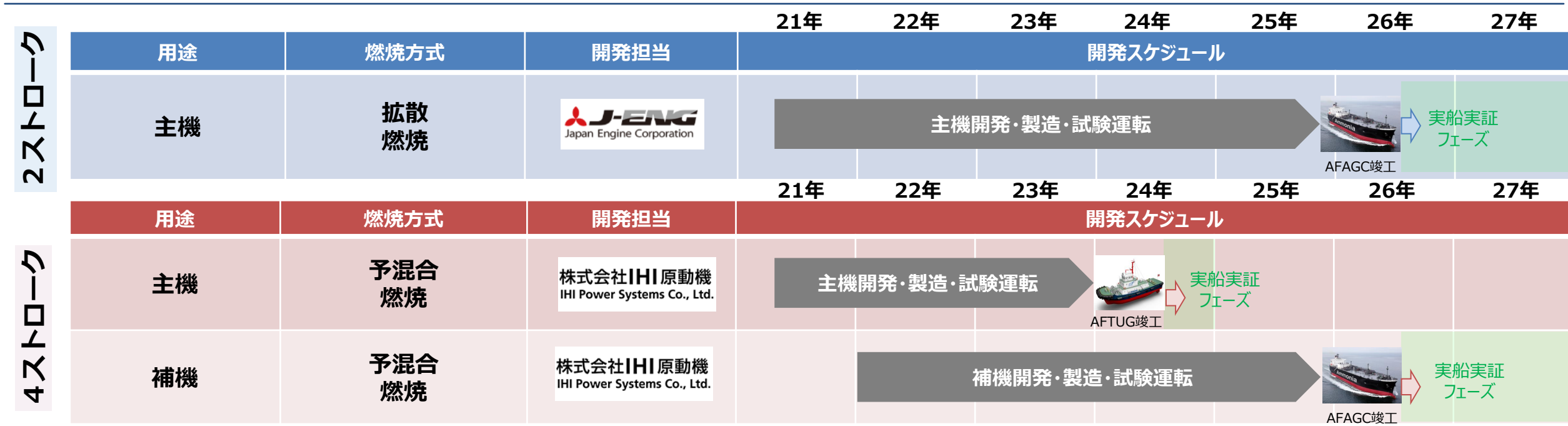
メリット	・ 難燃性であるアンモニアの高燃焼率化を狙う事が可能。 ・ 未燃アンモニアのスリップが少ない。
デメリット	・ 中圧(液体アンモニア状態)での燃料供給が必要になるため、供給圧力に応じた機器を設置する必要がある。

メリット	・ 低圧での燃料供給が可能。
デメリット	・ アンモニアの高燃焼率化難易度が高い。 ・ 未燃アンモニアのスリップが多い。

燃焼室内への燃料の供給方式が異なる(拡散燃焼は液体/予混合燃焼は気体)ため、機関の構造が異なる。

2. 研究開発計画／アンモニア燃料エンジン開発概要

アンモニア燃料エンジン開発内容



：実船実証(改良開発)フェーズ

項目	2ストローク主機 開発	4ストローク主機 開発	4ストローク補機 開発
開発要素	・アンモニア層状噴射系(J-ENG独自技術)の開発 ・難燃性であるアンモニアの着火と保炎 ・燃焼可能な最大混焼率や性能の見極め ・アンモニア供給装置の開発・設置	・アンモニア燃料噴射系の開発(予混合、パイロット噴射) ・難燃性であるアンモニアの着火と保炎 ・燃焼可能な最大混焼率や性能の見極め	・ボア径差による混焼率への影響検証。 ・ボア径に適合した機関構成部品・燃焼制御方法の見直し

2. 研究開発計画／実証船開発概要

アンモニア燃料実証船 開発要素

アンモニア燃料実証船開発 検討項目一覧

アンモニアを燃料とする実証船(新造船)を計画する際は下記に示す様々な要素を検討する必要がある。

No	大項目	No	大項目
1	ルール関連	12	排ガス後処理装置開発(N ₂ O/NOx)対策
2	運航条件・設計条件策定	13	毒性排除システム検討
3	船型主要目の決定	14	船内安全要件の確立
4	アンモニア燃料供給システム確立(Tank Type選定含む)	15	材料関連
5	圧力・温度制御システム	16	EEDI関連
6	主機開発関連(設計取り込み)	17	オペレーション/マニュアル
7	補機開発関連(設計取り込み)	18	リスクアセスメントの実施
8	荷役関係	19	建造コスト検討
9	艀装品配置	20	経済性検証
10	居住区配置	21	AiP取得
11	タンク配置		

特筆すべき開発項目

船種毎の特筆すべき開発項目は下記の通り。

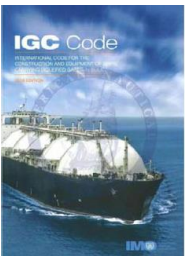
船種	開発項目
A-Tug 	・アンモニア燃料対応機器配置 限られた船上スペースを考慮の上、アンモニア燃料対応による追加設備の最適機器配置を実施し、既存船のオペレーション&メンテナンス性能を維持する。
船種	開発項目
A-FAGC 	・船内アンモニアハンドリングシステム アンモニア荷役配管システム/燃料供給システムを確立する。 ・オペレーショナルシークエンスの確立 これまでに無いアンモニア貨物/燃料オペレーションにおいて、新規のオペレーショナルシークエンスを確立する。

2. 研究開発計画／実証船開発概要

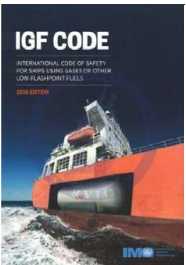
アンモニア燃料実証船 開発内容

アンモニア燃料利用に関するルール策定

現時点で、アンモニアを船用燃料として利用するための規則は存在しない。



- ✓ IGCコード
(液化ガス輸送のための船舶の構造び設備に関する国際規則)
⇒**毒性プロダクトであるアンモニアを燃料と使用することが認められていない。**



- ✓ IGFコード
(ガス燃料その他の低引火点燃料を使用する船舶の安全性に関する国際規則)
⇒**メタン(LNG)を想定した規則でありアンモニアは低引火点燃料ではなく対象外。**



- アンモニアの物性(毒性/可燃性/腐食性)を考慮し、環境/乗組員/船舶へのリスクを最小限にし、既存燃料と同等の安全性/信頼性を実現するための規則が必要。
- ガイドラインの作成にコンソメンバーが貢献、NYKの実証運航を通じて検証する。また策定したガイドラインについては、船技協(※)を通じてIMOへの提案へと導く。

(※)船技協(日本船舶技術研究協会)：国交省外郭団体

リスクアセスメントに基づいた代替設計

ガイドラインに適應できない事項については、HAZID※(リスクアセスメント)を通じた代替設計を進め、官庁からの承認取得を実施する必要がある。

(※) HAZID : Hazard Identification Study

アンモニアの毒性基準値

Effect	Ammonia concentration in air (by volume)
Readily detectable odour	20 – 50 ppm
No impairment of health for prolonged exposure	50 – 100 ppm
Severe irritation of eyes, ears, nose and throat. No lasting effect on short exposure	400 – 700 ppm
Dangerous, less than 1/2 hours exposure may be fatal	2000 – 3000 ppm
Serious edema, strangulation, asphyxia, rapidly fatal	5000-10000 ppm



出典：AMMONIA AS A MARINE FUEL SAFETY HANDBOOK

リスクアセスメント(イメージ)

Multiple fatalities	Catastrophic damage	E					
*Single fatality	Major damage	D					
Major injury	Localised damage	C					
Minor injury	Minor damage	B					
Zero injury	Zero damage	A					
People	Assets/ Environment		1	2	3	4	5
Severity ↑	Chance	Remote	Extremely Unlikely	Very Unlikely	Unlikely	Likely	
	Chance per year	<10 ⁻⁶ /y	≥10 ⁻⁶ /y <10 ⁻⁵ /y	≥10 ⁻⁵ /y <10 ⁻⁴ /y	≥10 ⁻⁴ /y <10 ⁻³ /y	≥10 ⁻³ /y	
Likelihood →	Chance in Vessel Lifetime	<1 in 40,000	≥1 in 40,000 <1 in 4,000	≥1 in 4,000 <1 in 400	≥1 in 400 <1 in 40	≥1 in 40	

出典：Safe and effective application of ammonia as a marine fuel, Delft University of Technology and C-Job Naval Architects, 2019



- 共同開発メンバーは官庁の協力を仰ぎながら、実証運航に向けた検討を推進する。

2. 研究開発計画

PJ① 内航船(アンモニア燃料タグボート)

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

アンモニア燃料船開発(タグボート)というアウトプット目標を達成するためのKPI

研究開発項目

アウトプット目標

1.アンモニア燃料中速4ストロークエンジン開発
(主機/予混合燃焼方式)

アンモニア燃料中速4ストロークエンジン(主機)を開発し、
アンモニア燃料混焼率80%以上を達成する。

研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方	主機対応	補機対応
1 アンモニア燃焼技術の確立	アンモニアの最適燃焼方法の確立	既存技術の反映も考慮した燃焼方法の設定。	検討を行う際は主機と補機それぞれの検討を行う。 補機についてはパイロット燃料へのバイオ燃料利用等更なるGHG削減に向けた対応も検討。	
2 実機開発	アンモニア機関の完成	実証船の就航時期を遅らせないための納期確保。	主機向けボア機関用図面を作成し、主機用機関を製作	補機向けボア機関用図面を作成し、主機用機関を製作
3 機関制御システムの開発	各負荷、および運転条件に合わせて制御を適切に実施 負荷切替がスムーズに実施可能	負荷の変化に迅速に追従して制御できるシステムの完成。	主機用途に合わせた制御システムを開発	補機用途に合わせた制御システムを開発
4 機関性能・排ガス性状検証	目標出力、目標排ガス性状の達成	実証船搭載時に船としての機能を確保できる機関性能の確保。 GHG削減の実現。	主機用機関を製作して工場にて実機による実証試験を実施し性能を計測、分析。	補機用機関を製作して工場にて実機による実証試験を実施し性能を計測、分析。
5 実証船による検証	実運航におけるGHG削減の実現(混焼率80%以上の達成)	実証船搭載時に船としての機能を確保したうえでGHG削減を実現。	実証船に計測装置を搭載し、実運航中の性能を計測、分析。	実証船に計測装置を搭載し、実運航中の性能を計測、分析。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法

研究開発項目		1.アンモニア燃料中速 4 ストロークエンジン開発（主機/予混合燃焼方式）		
	KPI	現状	達成レベル	解決方法
1	アンモニア燃焼技術の確立	アンモニアの最適燃焼方法の確立 アンモニア燃焼の実績無し (TRL 1)	アンモニア燃焼の制御可能 (TRL 6)	要素試験、および実証機での性能確認試験
2	実機開発	アンモニア機関の完成 アンモニアを燃焼できる機関の図面は存在しない (TRL 1)	実証機を完成させるために必要な各部品の要件を満たした図面の完成 (TRL 6)	要素試験結果等を反映して図面を作成
3	機関制御システムの開発	各負荷、および運転条件に合わせて制御を適切に実施 アンモニアを燃料として使用する機関を制御できるシステムは存在しない (TRL 1)	負荷の変化に迅速に追従して制御できるシステムの完成 (TRL 6)	要素試験の結果も反映して実証機で検証を実施
4	機関性能・排ガス性状検証	目標出力、目標排ガス性状の達成 アンモニアを燃料として使用できる機関は存在しない (TRL 1)	機関性能を確保した上で排ガス性状目標を達成 (TRL 6)	実証機での各使用条件を満足するための機関運転条件の調整の実施
5	実証船による検証	実運航におけるGHG削減の実現(混焼率80%以上の達成) アンモニアを燃料として使用できる機関を搭載した船は存在しない (TRL 1)	実運用に必要な機関の機能を損なわずにGHG削減を実現 (TRL 8)⇒商業運航(TRL 9)	工場での試験運転結果を踏まえて船で使用するための機関運転条件の調整を実施

2. 研究開発計画

PJ② 外航船(アンモニア燃料アンモニア輸送船)

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

アンモニア燃料船開発というアウトプット目標を達成するためのKPI

研究開発項目

アウトプット目標

4.アンモニア燃料中速 4 ストロークエンジン開発
(補機/予混合燃焼方式)

アンモニア燃料中速4ストロークエンジン(補機)を開発し、アンモニア燃料混焼率80%以上を達成する。また、パイロット燃料の変更等更なるGHG削減に向けた対応も検討する。

研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方	主機対応	補機対応
1 アンモニア燃焼技術の確立	アンモニアの最適燃焼方法の確立	既存技術の反映も考慮した燃焼方法の設定	検討を行う際は主機と補機それぞれの検討を行う。 補機についてはパイロット燃料へのバイオ燃料利用等更なるGHG削減に向けた対応も検討。	
2 実機開発	アンモニア機関の完成	実証船の就航時期を遅らせないための納期確保	アンモニア燃焼技術を反映した主機向けボア機関用図面を作成し、主機用機関を製作	アンモニア燃焼技術を反映した補機向けボア機関用図面を作成し、主機用機関を製作
3 機関制御システムの開発	各負荷、および運転条件に合わせて制御を適切に実施 負荷切替がスムーズに実施可能	実運用での機能を損なわず、負荷の変化に迅速に追従して制御できるシステムの完成	主機用途に合わせた制御システムを開発	補機用途に合わせた制御システムを開発
4 機関性能・排ガス性状検証	目標出力、目標排ガス性状の達成	実証船搭載時に船としての機能を確保できる機関性能の確保。 GHG削減の実現。	主機用機関を製作して工場にて実機による実証試験を実施し性能を計測、分析。	補機用機関を製作して工場にて実機による実証試験を実施し、性能を計測、分析。
5 実証船による検証	実運航におけるGHG削減の実現(混焼率80%以上の達成)	実証船搭載時に船としての機能を確保したうえでGHG削減を実現。	実証船に計測装置を搭載し、実運航中の性能を計測、分析。	実証船に計測装置を搭載し、実運航中の性能を計測、分析。

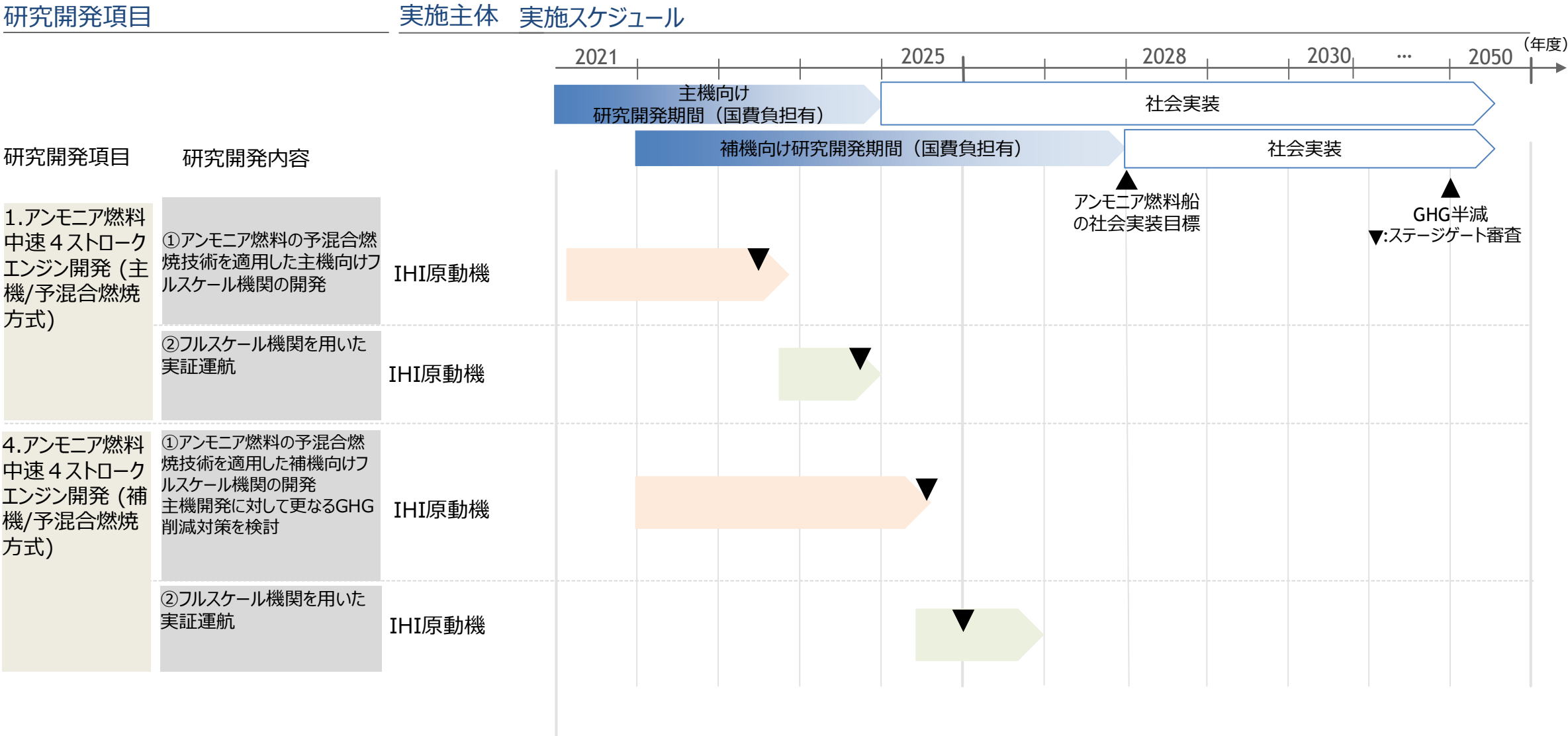
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法

研究開発項目 4.アンモニア燃料中速 4 ストロークエンジン開発（補機/予混合燃焼方式）				
	KPI	現状	達成レベル	解決方法
1 アンモニア燃焼技術の確立	アンモニアの最適燃焼方法の確立	アンモニア燃焼の実績無し (TRL 1)	アンモニア燃焼の制御 (TRL 6)	要素試験、および実証機での性能確認試験
2 実機開発	アンモニア機関の完成	アンモニアを燃焼できる機関の図面は存在しない (TRL 1)	実証機を完成させるために必要な各部品の要件を満たした図面の完成 (TRL 6)	要素試験結果等を反映して図面を作成
3 機関制御システムの開発	各負荷、および運転条件に合わせて制御を適切に実施	アンモニアを燃料として使用する機関を制御できるシステムは存在しない (TRL 1)	実運用での機能を損なわず、負荷の変化に迅速に追従して制御できるシステムの完成 (TRL 6)	要素試験の結果も反映して実証機で検証を実施
4 機関性能・排ガス性状検証	目標出力、目標排ガス性状の達成	アンモニアを燃料として使用できる機関は存在しない (TRL 1)	機関性能を確保した上で排ガス性状目標を達成 (TRL 6)	実証機での各使用条件を満足するための機関運転条件の調整の実施
5 実証船による検証	実運航におけるGHG削減の実現(混焼率80%以上の達成)	アンモニアを燃料として使用できる機関を搭載した船は存在しない (TRL 1)	実運用に必要な機関の機能を損なわずにGHG削減を実現 (TRL 8)⇒商業運航(TRL 9)	工場での試験運転結果を踏まえて船で使用するための機関運転条件の調整を実施

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

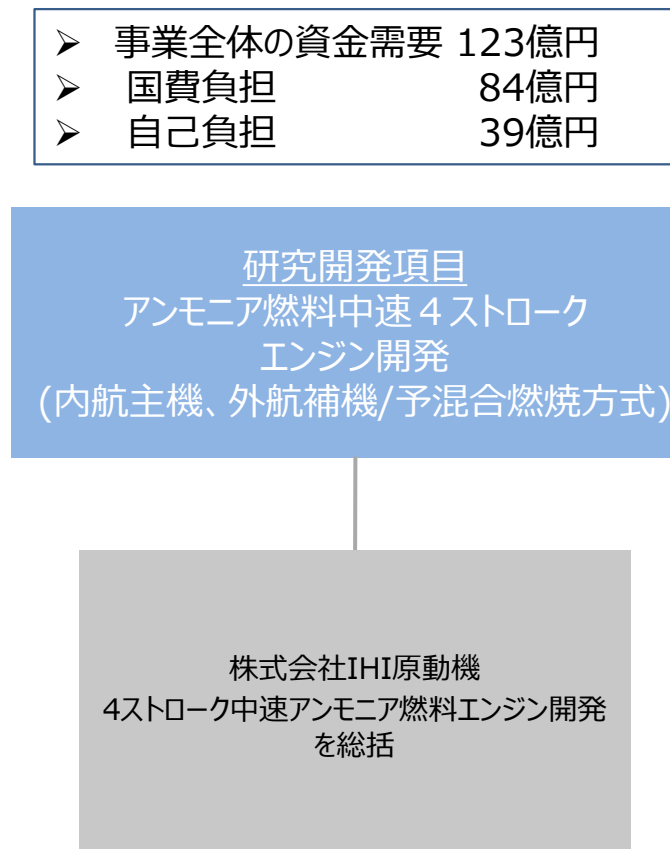
アンモニア燃料エンジン市場投入、社会実装までのスケジュール



2. 研究開発計画／（4）研究開発体制

研究開発実施体制と役割分担

実施体制図



各主体の役割と連携方法

各主体の役割

- 研究開発項目の全体取りまとめはIHI原動機が行う。
- 部品製作メーカはアンモニア機関完成に必要な構成部品の製作を行う。
(IHI原動機より発注を行う。)
- アンモニア供給装置製作メーカは工場での実証機運転にあたりアンモニアを供給する装置一式を製作、納入する。
(IHI原動機より発注を行う。)
- 後処理装置メーカは工場での実証機運転にあたり排ガスを浄化する装置一式を製作、納入する。また、実証船へ納入して使用する排ガスの浄化装置一式を製作、納入する。
(IHI原動機より発注を行う。)

* アンモニア燃料タグボート・アンモニア燃料アンモニア輸送船の両プロジェクトのコンソーシアム全体の費用として

※ 総事業規模は、実施者の自己負担も含めた総投資額

※ 国費負担額はNEDOからの委託費・補助金の額(インセンティブを含む)

2. 研究開発計画／（5）技術的優位性

国際的な競争の中における技術等の優位性

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
アンモニア燃料 中速 4 ストローク エンジン開発 (主機、補機/予混 合燃焼方式)	1 アンモニア燃焼 方法の検討	LNG燃料を使用した DF機関の燃焼制御技術	→ LNG燃料のDF機関は2015年から現在まで国内外の実船で使用。 アンモニア燃焼方式としてLNG燃料船と同じ予混合方式の採用を計 画しており、タグボートの実運航で収集してきた機関負荷の関係の実 データを把握した上でアンモニア燃料船の検討が行える。
	2 機関要目の 検討	LNG燃料を使用した DF機関の機関仕様と 機関要目	→ 実績のあるLNG燃料DF機関の機関要目を基礎としてアンモニア機関の 検討を行う事ができる。
	3 機関構成部品 の評価	LNG燃料を使用した DF機関の機関構成部品	→ 実績のあるLNG燃料DF機関の機関部品構成の耐久性評価結果を基 礎としてアンモニア機関の評価を行う事ができる。
	4 機関制御シス テムの開発	LNG燃料を使用した DF機関の燃料制御技術	→ 燃焼制御技術と同様にタグボートの実運航の中で把握、蓄積してきた 機関の使用条件を踏まえて開発を行う事ができる。

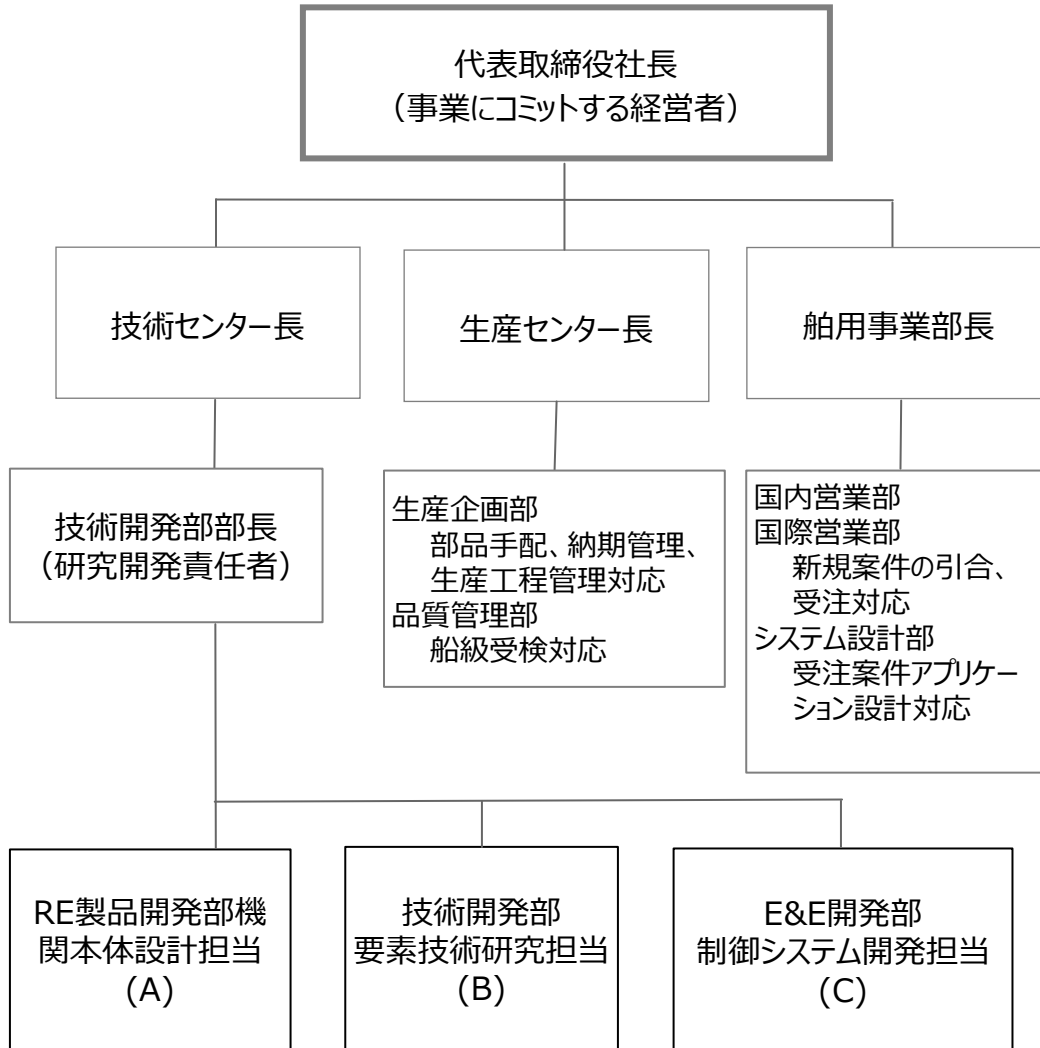
3. イノベーション推進体制

(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



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
 - 技術センター 技術開発部 部長：開発統括を担当
 - 実績：高速、中速機関の自社開発を担当
- 開発担当チームの対応内容 注)人数は開発期間内の最盛期人員を示す。
 - チームA：機関本体設計を担当
 - チームB：要素技術研究を担当
 - チームC：制御システム開発を担当
- チームリーダー
 - チームA：技術センターRE製品開発部
実績：排ガス規制対応機関開発を担当
 - チームB：技術センター技術開発部
実績：高効率レシプロ機関要素技術研究を担当
 - チームC：技術センターE & E開発部
実績：遠隔監視システム開発を担当

部門間の連携方法

- 開発を担当する3チームにおいてはチームリーダを含む担当者レベルでの同期を図る。
- 生産管理部門とは社内ワーキンググループを設置し、定期会合を開催して情報共有、協力体制の構築を行う。

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

経営者等による本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

- 基本方針
IHI原動機の基本方針として、「①環境対応」、「②システムインテグレーション」、「③ライフサイクルビジネス、ソリューションビジネス」を重点注力分野と定め、この「①環境対応」の中では、アンモニアをはじめとするカーボンニュートラル機関への転換を中心的施策と位置付けた。
- 社内外への発信と周知
社内には年度重点施策を文書化して、全社集会等で説明・周知している。さらに目標管理システム（MBO；Management By Objectives）で本事業関係者を含む従業員の個人目標として設定・実行管理される。ステークホルダーへは「環境報告書」、プレスリリース等にて定期的に発信している。
- 構造改革やグループ連携
成長事業と位置づけた事業へのリソースシフト、業務プロセスの変革を「つなぐプロジェクト」と呼ぶグループ横断的な改革・改善の取組みを実施中である。また、本事業はIHIグループとして進めるアンモニアサプライチェーンと関連しており、今年度新設されたIHI社長直轄の戦略技術統括本部とは定期的にコミュニケーションを図り、本事業の新たな発想や合理性を高めることにしている。

・ 事業のモニタリング・管理

- 管理と指示
社長を議長として事業部長・センター長等から構成される経営会議（経営・業務執に関する重要事項を審議）にて、本事業の進捗が報告され、経営陣より計画遂行に関する指示が出される。
- レビュー
経営会議における重要な報告・意思決定（指示）は、取締役会にて報告・審議がなされる。

（2）経営者等の評価・報酬への反映

・ 評価システム

左記の基本方針の周知で記載した、目標管理システム（MBO）は経営者や関係担当役員にも適用されており、評価・報酬と連動する仕組みである。

（3）事業の継続性確保の取組

・ 事業の継続性について

基本方針は会社方針であり、経営者の交代自体が当該事業継続へ直接影響するものではない。一方個別の経営施策は外部環境等の変化に応じて、関係部門とのコミュニケーションや経営会議を経て、通常は1年ごとに見直しながら継続や軌道修正される。

当該事業は、日本政府や国際社会でも環境対策の他、経済対策としても取り上げられる施策にも直結する事業であり、IHI原動機にとっても将来に向けて動力エネルギーサービス事業を継続する上で重要な技術的取組みである。さらに本事業は複数社共同体で同様の主旨を共有することから、相互に協力して技術的な課題も解決していく所存である。

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

経営戦略の中核に本事業を位置づけ、広く情報発信

（1）取締役会等での議論

- **カーボンニュートラルに向けた全社戦略**

- カーボンニュートラル戦略

IHI原動機ではアンモニアエンジン開発以外の取組として、陸用の脱炭素事業検討、電動化とエネルギーマネジメント事業（先ずは技術育成）と生産活動からの炭素排出削減についての全社戦略を策定中である。それらの取組は経営会議で定期的に報告・議論され、必要に応じて指示が出される。なお、それぞれの解決技術や考え方は相互に利用することで開発期間を短縮したり、リソースを抑制する可能性にも期待している。

- **事業戦略・事業計画の決議・変更**

- 決議；2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、研究開発計画に関連する事業戦略又は事業計画は、経営会議に付議され、社長を含む経営会議メンバーの認識を合わせ、合意を得たのち、社長決裁される。
 - 見直し；経営会議の定期報告事項としており、必要に応じて臨時にも実施、事業環境変化で見直しを行う。
 - 周知；経営会議決議事項は各部門長を経由して実務者へ周知している。

- **決議事項と研究開発計画の関係**

上記で決議された研究開発計画は必要不可欠な要素として、優先度を高く位置づけている。

（2）ステークホルダーに対する公表・説明

- **情報開示（ステークホルダーへの説明）の方法**

- 環境報告書

社長あいさつとして前述の基本方針を明示して、IHI原動機事業の直接的な製品サービスの社会的価値と、その事業活動に伴う環境への取組成果を数値化してトレンドデータでも示し、すべての利害関係者へ公表・説明する機会としている。
本事業は政府基金を有効活用して何か年にも及ぶ重要な事業になるので、この報告書では継続的に進捗を報告していく。

- プレスリリース

本事業が採択された場合は、研究開発計画の概要をプレスリリースにより対外公表する。

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、着実に社会実装まで繋げられる組織体制を整備

機動的に経営資源を投入し、着実に社会実装までつなげられる組織体制を整備

経営資源の投入方針

- 対応人材の確保
 - 機関開発の各工程（機関本体設計、要素技術研究。制御システム開発、部品手配・日程管理、アンモニア供給設備設置、船級承認）を担う各部門で対応人員を選出し、全社的に柔軟な支援体制のもと、選出された人員中心のプロジェクト体制を組んで対応。
- アンモニア燃料供給設備の導入
 - アンモニア機関開発、および実証試験を行うにあたってアンモニア燃料の供給が必須。
 - 工場内の遊休地を利用し、他の重油燃料供給設備の設置位置などを考慮した安全対策を充分に行った上でアンモニア燃料供給設備を設置。
 - 本設備は新燃料機関開発完了後の新燃料対応機関製作においても運転対応用に有効に活用。
- 納入後の実船稼働状況の把握と改善箇所の設計への反映
 - 機関納入後も開発プロジェクトで獲得した知見を活かし、実船稼働状況の把握を行って改善必要事項は設計図面等への反映を実施。

4. その他

4. その他／（１）想定されるリスク要因と対処方針

研究開発（技術）におけるリスクと対応

- 需要増加に伴うアンモニア燃料入手困難
- 供給会社と年間の供給量を事前協議して工場で行う実証試験運転用アンモニア燃料を確保

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- 排ガス等とともに機関から船外へ排出されるアンモニアによる健康被害の発生
- 日本海事協会に協力を仰ぎ、アンモニアを船外へ排出した場合でも健康被害を出さないための対策を日本海事協会が発行するアンモニア船ガイドラインに沿って適用

その他（自然災害等）のリスクと対応

- 工場での実証機関運転のためのアンモニア燃料供給設備（屋外設置）の自然災害による損傷
- 供給設備メーカーと協議して自然災害による影響を考慮した対応（自然災害への予防策と被災時のバックアップ方法等）を実施



事業中止の判断基準

- アンモニア機関研究開発の中止判断
- ディーゼル機関と比べてGHG削減効果の見通しが立たない。
- 社会実装の中止判断
- アンモニア機関初号機を搭載する実証船の何らかの不適合。