

# 事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：触媒とエンジン改良によるLNG燃料船からのメタンスリップ削減技術の開発

実施者名：ヤンマーパワーテクノロジー株式会社、代表名：代表取締役社長 田尾 知久

---

(共同実施者：カナデビア 株式会社[幹事会社]， 株式会社 商船三井)

# 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) 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

## カナディア（幹事会社）

### カナディアが実施する研究開発の内容

- ・ 舶用機関用のメタン酸化触媒の開発
- ・ 触媒組成、製造方法の開発
- ・ エンジンの排ガス条件で目標のメタンスリップ削減率を達成する触媒を開発等を担当

### カナディアの社会実装に向けた取組内容

- ・ 実船実証でのメタン酸化触媒の耐久性と触媒メンテナンス頻度(再生など)の検証を担当

## ヤンマーパワーテクノロジー

### YPTが実施する研究開発の内容

- ・ エンジンからのメタンスリップを削減
- ・ 触媒を使いこなす技術の開発
- ・ 触媒でのメタンスリップ削減率を高めるための昇温技術
- ・ 触媒の劣化を抑制するための制御技術を担当

### ヤンマーパワーテクノロジーの社会実装に向けた取組内容

- ・ エンジンからのメタンスリップを削減するシステムの制御ロジック、昇温デバイス等の実船検証を担当

### 共同研究開発

## 商船三井

### 商船三井が実施する研究開発の内容

- ・ 実船検証でのメタン酸化触媒のオペレーション手法の開発
- ・ 触媒のメンテナンス性の評価

を担当

### 商船三井の社会実装に向けた取組内容

- ・ 実船検証でのメタン酸化触媒のオペレーション手法の検証
- ・ 触媒のメンテナンス性の検証を担当

# 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

## 世界的な温暖化対策の強化により全ての船舶に対するグリーン化要求が高まっている

### 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)

- ・ 温暖化問題の表面化
- ・ パリ協定('15年、2℃目標)→IPCC1.5℃特別報告書('18年)
- ・ 世界各国で2050年のカーボンニュートラル目標の設定

#### (経済面)

- ・ カーボンニュートラル目標達成のためには大規模投資を要する
- ・ EU Green Deal, 日本 グリーンイノベーション基金等の補助施策

#### (政策面)

- ・ IMO GHG strategy ('18年設定、'23年改訂・目標値強化)
- ・ IMO 既存船燃費性能規制や燃費格付け制度の施行 ('23年から)
- ・ EU ETS対象拡大やIMO中期対策枠組み具体化の動き
- ・ IMOでの未燃メタン排出（メタンスリップ）削減に対する議論の高まり（LNG主成分のメタンは温室効果がCO2の約25倍とされ問題視）

#### (技術面)

- ・ 欧州2/4-strokeエンジンメーカーのLNGエンジンのメタンスリップ削減に向けた動き

#### ● 市場機会：

全ての船舶の低炭素化・脱炭素化が求められ、短期的にも長期的にも有効なパワーソースであるガスエンジンについて未燃メタンも含めた正味のGHG排出量を削減するニーズ（必要性）が高まる。

#### ● 社会・顧客に与えるインパクト：

舶用ガスエンジンのメタンスリップを削減することで、顧客（船主やオペレータ）ビジネスの低/脱炭素化に貢献

### 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

#### ガス燃料の生産・供給・利用全体像

##### 生産地

天然ガス産地



##### カーボンニュートラル メタン生産地



##### CO2 (大気) 回収

##### CO2貯留

##### バイオガス

##### 下水、農業残渣等

##### バイオガス (メタン)

##### 水素解等 再エネ等

##### メタネーション

##### 合成メタン

##### ガス/水素/電力

##### ガス/ガソリン/ガ

##### ガス (LNG) 燃料船

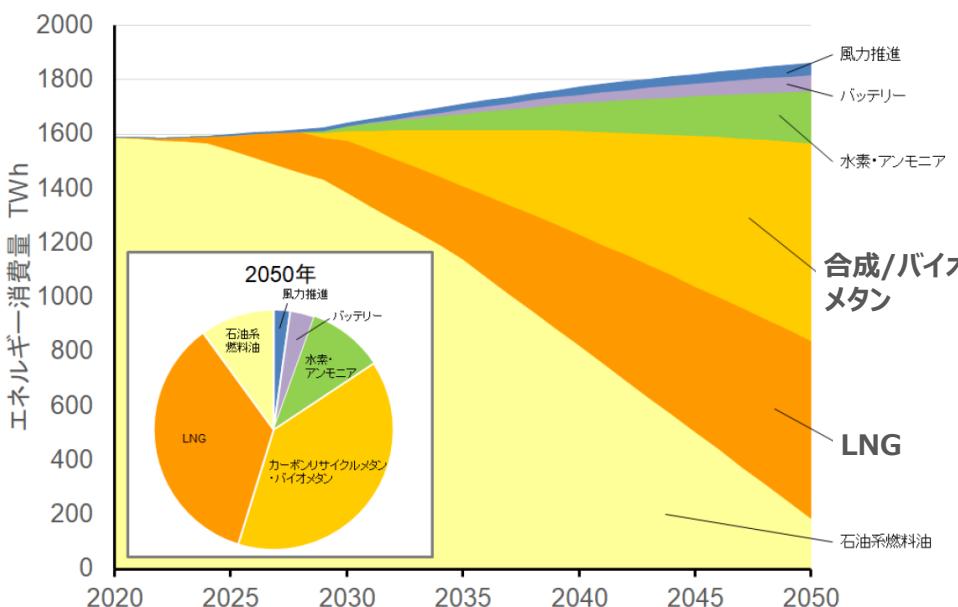
# 1. 事業戦略・事業計画／(2) 市場のセグメント・ターゲット

## 外航/内航問わず将来のIMOのメンタスリップ規制対応が求められるガス燃料船をターゲットとする

### セグメント分析

#### 船舶における燃料種別比率見通し

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における「LNG→カーボンリサイクルメンタントリオ」を参考



- 船舶におけるLNG利用は'20年代後半から普及が加速
- 合成/バイオメタンは'30年頃から普及し始め'50年にかけて拡大。LNGと併せて船舶において（メタン）ガス燃料が最も広く使用される。
- 水素・アンモニアが主体となる別シナリオにおいてもLNGは上グラフと同等のシェアを占めるとされ、過渡期の燃料として最重要視される。
- LNG・メタンは水素・アンモニアのみならずメタノールに対しても体積エネルギー密度が高く、外航・内航問わず適用可能

### ターゲットの概要

#### 市場概要と目標とする船種

- LNG（とその代替ガス）燃料船について、外航船は補機、内航船クラスは主機（と電気推進の補機）を対象とする
- 長期的（2050年頃）には船舶の約3割がLNG燃料を利用する見通し  
なお合成およびバイオメタンを含めるとガス燃料比率は約75%を占める（左記グラフ）
- IMOのメンタスリップ規制が施行されるとほぼ全てのガス燃料船が対象となる可能性
- LNGタンカーや港湾タグ、フェリーはガス燃料化事例が既に多く、今後も相対的にガス普及率が高いと考えられる

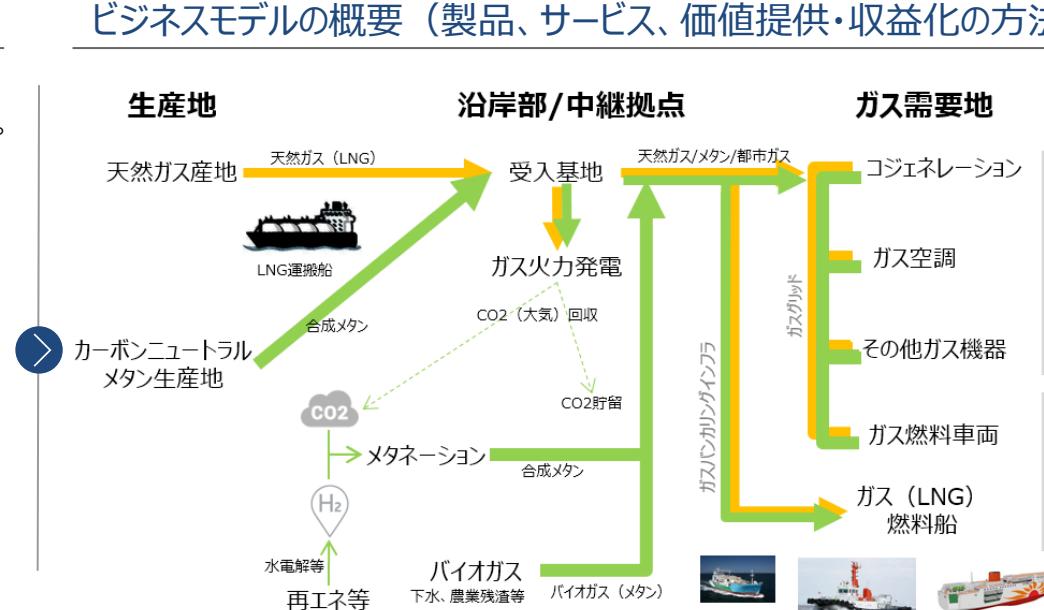
船種	市場成長率	顧客（船側）の課題	想定ニーズ
外航船	LNG需要増	<ul style="list-style-type: none"><li>GHG（メタン）規制適合</li><li>積荷の燃料利用</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>補機のLNG利用</li><li>ボイルオフガス（低圧）利用</li></ul>
	その他化石燃料需要減	<ul style="list-style-type: none"><li>GHG（メタン）規制適合</li><li>ペイロード確保</li><li>低コスト燃料の利用最大化</li></ul>	補機のLNG利用
	同上	<ul style="list-style-type: none"><li>同上</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>小型・高出力化（付帯設備含め）</li></ul>
内航船	再エネ関連船需要増	<ul style="list-style-type: none"><li>GHG（メタン）規制適合</li><li>船速や出力確保</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>小型・高出力化（付帯設備含め）</li><li>負荷応答性</li><li>ハイブリッド化</li></ul>
	人口増	<ul style="list-style-type: none"><li>GHG（メタン）規制適合</li><li>ペイロード、船速確保</li><li>冗長性、安全性確保</li><li>輸送サービス高付加価値化</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>小型・高出力化（付帯設備含め）</li><li>電気推進（ハイブリッド）化</li><li>静肃性</li></ul>
漁船		<ul style="list-style-type: none"><li>GHG（メタン）規制適合</li><li>ペイロード確保</li><li>バンカリングインフラの普及</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>液体バイオ燃料等での対応が主体になると想定</li></ul>

## 1. 事業戦略・事業計画／（3） 提供価値・ビジネスモデル

メタンスリップ削減技術を用いてGHG削減した機関を提供する事業を創出/拡大

## 社会・顧客に対する提供価値

- 舶用機関からのメタンスリップ削減  
～2026: 実船実証完了
  - NOx, SOx規制満足維持



今回は、下記機関にて技術開発を行い、  
今後、4ストローク主機関、補機関でのラインナップ化を推進する。

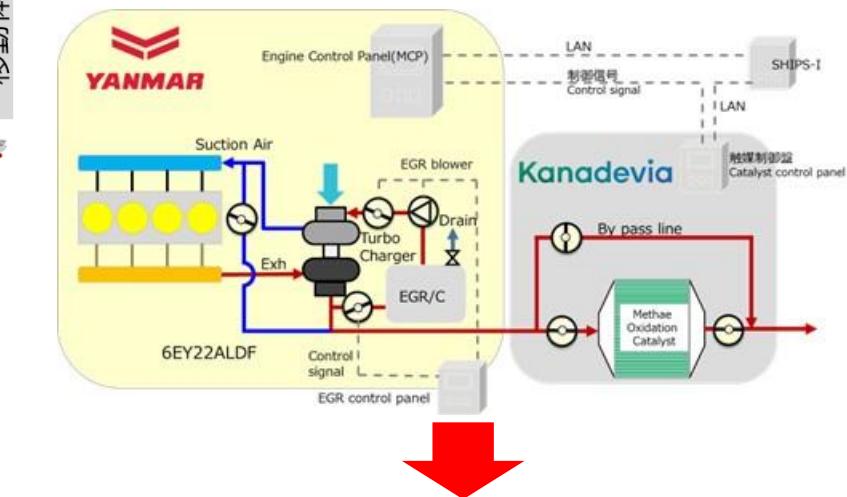


機関型式	6EY22ALDF
定格出力[kW]	800
定格回転数[min <sup>-1</sup> ]	900
シリンダー数	6
シリンダー径 x 工程[mm]	Φ220x320
用途	舶用補機関

## 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

- ## 1. メタンスリップ削減技術を用いた 舶用機関の市場投入(2026~)

- メタンスリップ削減技術
  - ・メタン酸化触媒
  - ・空燃比リッチ化による削減



- ・外航補機市場でのシェア堅持
  - ・国内外主機市場での拡販

# 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

- LNGエンジンのメタンスリップが課題として舶用業界で認識され  
このままではLNGエンジンの販売そのものの存続が危ぶまれる。  
IMO,EUにて具体的にメタンスリップがGHGとしてカウントし課金される規制が  
検討され、EUでは2026年からの導入が決定。IMOは現在協議中。



LNGエンジンからのメタンスリップ削減が急務

- エンジン改良と触媒との組合せにてメタンスリップ削減を図る技術の開発と共に  
メタンスリップ評価手法、安全要件の確立を図る。  
エンジンメーカーとしてキーとなる燃焼制御技術は、ノウハウ化及び知財占有化を進める。
- EGRや触媒を扱う技術は他の代替燃料にも活用可能であり、  
本PJを通じて技術確立を行う。

### 国内外の動向・自社のルール形成（標準化等）の取組状況

#### （国内外の標準化や規制の動向）

- メタンスリップ削減システムの安全性要件の確立(AiP取得の動き)
- メタンスリップの計測手法の標準化が求められる。
- IMOでの燃料のLCA(Life Cycle Assessment)の協議の中でLNG燃料エンジンからのメタンスリップ排出量を考慮する議論を実施中。

#### （市場導入に向けた自社による標準化、知財、規制対応等に関する取組）

- LCAガイドラインへの本取組内容の反映のため、海事局を通じてIMO傘下の  
通信部会CGにコメントを発信
- NKや海外船級とも意見交換を行い、安全要件や認証方法の確立に取組中

### 本事業期間におけるオープン戦略（標準化等）またはクローズ戦略（知財等）の具体的な取組内容（※推進体制については、3.(1)組織内の事業推進体制に記載）

#### 【オープン戦略】

- メタンスリップ削減システムの安全性要件の確立と標準化(オープン)  
船級、船主、造船所、触媒メーカー、エンジンメーカーが共同して  
IGFコード、IGCコードをベースに安全要件の作り込み推進  
2022/8/2 NK,コンソ内でHAZIDによるリスク評価を完了しシステム設計に展開済み  
※海外船級やコンソーシアム外の船社、造船所との協議、意見交換、情報収集も実施し  
システムとして最適なレイアウト設計を実現する。

- メタンスリップ計測、評価手法の標準化と規制導入によりメタンスリップ削減技術の普及を  
進める。コンソ内、NKとの評価手法に関し協議し、現状(6/22)に加え改善後のメタン  
スリップ評価を実施(1/24~25)し、NKより鑑定書を受領  
実船実証で船上でのメタンスリップ計測を実施(エンジン側のみ)

#### 【クローズ戦略】

- EGR等を用いた当社独自の燃焼制御技術や触媒性能を最適化する制御を主として  
ノウハウ化及び知財占有化を進める(クローズ)。  
触媒制御等に関するカナデビア殿との共同出願：5件出願済  
バルブ制御（EGR制御含む）に関するYPT単独にて1件出願済
- メタンスリップ削減技術の普及のために、標準化と知財を連動させる形で自社の  
技術的な強みをより活用できるような事業戦略を立案

# 1. 事業戦略・事業計画／(4) 経営資源・ポジショニング

## 自社の強みを活かして、社会・顧客に対してGHG排出削減という価値を提供

### 自社の強み、弱み（経営資源）

#### ターゲットに対する提供価値

- ・メタンスリップ削減技術の確立
- ・GHG削減効果を多数の船に展開



#### 自社の強み

- ・舶用ディーゼル補機関で世界トップシェア
- ・DFエンジンやSCRを自社開発できる技術力保有
- ・世界各地への販売、サービスネットワーク

#### 自社の弱み及び対応

- ・中国ライセンスメーカーに対する価格競争力
  - 他社本格展開前の市場実績蓄積  
サービスネットワークによる迅速な対応

### 競合との比較

#### 自社

#### 技術

- ・大形DFエンジン(燃焼)技術
- ・自社製エンジンへの尿素SCR適合  
(触媒装置設計)  
(エンジン制御/排ガス温度コントロール)
- ・エンジニアリング、アフターサービス面
- ・(将来)次世代燃料システム全体を  
インテグレーションする技術力

#### 顧客基盤

- ・ヤンマー舶用ディーゼルエンジンへの  
信頼度/期待感  
(舶用ディーゼル補機関で世界トップシェア確保)
- ・LNG-DFエンジン、SCRにおける市場投入実績
- ・世界各地に拡がるサービスネットワーク

#### 競合

- ・欧州ライセンサーもしくは  
欧州エンジニアリング会社からの  
技術供与によるエンジン開発

- ・低価格販売
- ・ネットワークは未熟  
(ただし急成長の可能性あり)

2021年に研究開発開始、2027年頃に事業化、2034年頃の投資回収を想定

年度	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	…	2034
								事業化	投資回収
売上高								事業化、市場導入・拡大	
研究開発投資 ※	12.2億円 (本事業の支援期間)							商品ライナップ拡充	
取組の段階	研究開発			実船実証			社会実装		
メタンスリップ削減効果								現行方式に比メタンスリップ70%削減	

※ 事業化・商品化のための開発投資を含む

# 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>積極的な知的財産権取得</li><li>コンソーシアム内の船社・触媒メーカーとの意見交換による開発内容への反映</li><li>開発段階からの船級との意見交換による国際ルール化への反映</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>LNGエンジンの生産のため、2022年度に1億円の設備投資を実施済</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>環境規制強化に対応した販売</li></ul>
進捗状況	<ul style="list-style-type: none"><li>開発初期の段階から船社、触媒メーカー、造船所、船級との意見交換を行い、作り込みを前倒しし、基本設計承認(AiP)を取得</li><li>陸上でPJ目標を達成し、実船実証に移行</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>社内生産設備のLNGエンジンの生産能力増強のため設備投資を実施済み、更に市場動向を見極めつつ、追加の設備投資を計画中</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>SEA JAPAN等の展示会や学会、学会誌での積極的なPR活動を実施</li></ul>
国際競争上の優位性	<ul style="list-style-type: none"><li>ユーザー視点に立ったシステム開発</li><li>国際ルール制定参画によるルールの先取り市場展開</li><li>海外船級やコンソーシアム外の船社、造船所等との協議を進め、システムに最適なレイアウト設計を実現する。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>次世代燃料エンジン開発・生産拠点整備により、GHG排出削減への流れを加速</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>早期開発による市場展開加速とシェア拡大</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

## LNGエンジンの生産能力増強のために設備投資を推進

LNGエンジンの生産量拡大に向けて出荷運転用のベンチを倍増するための設備投資を実行中。

LNG供給ユニットや制御盤等の設置によりLNGエンジン運転ベンチ数を増設する。2022年度下期より稼働済み。

更なる追加の設備投資を推進中。



現有LNGエンジン運転ベンチ



YPT尼崎工場



LNGエンジン運転ベンチを増設

## 1. 事業戦略・事業計画／(7) 資金計画

国の支援に加えて、7.6億円規模の自己負担を予定

### 資金調達方針

	2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度	2025 年度	2026 年度	2035年度まで合計
事業全体の資金需要				約10.5億円			
うち研究開発投資				約7.0億円			製品改良等に 投資を継続
国費負担 (委託又は補助)				約2.9億円			
自己負担				約7.6億円			

(外部調達の場合、想定される資金調達方法を記載)

- 外部調達の予定なし。

(上記の自己負担が会社全体のキャッシュフローに与える影響)

- 自己負担分として2026年度まで開発予算に織り込み済み。会社全体のキャッシュフローに与える影響はない。

## 2. 研究開発計画

## メタンスリップ削減率70%というアウトプット目標を達成するために必要な複数のKPIを設定

## 研究開発項目

LNG燃料船のメタンスリップ対策  
対象：4ストロークエンジン補機500kW以上

## アウトプット目標

2026年までにLNG燃料船のメタンスリップ削減率70%以上

## KPI

メタンスリップ削減率70%

1. 触媒の開発(2021年～2023年)[カナデビア]  
エンジン排ガスの条件で触媒を反応させて目標のメタンスリップ削減率を達成する
2. エンジンシステムの開発(2021年～2023年)[YPT]
  - 触媒のメタンスリップ削減率を高めるために排気温度を昇温し、触媒劣化を抑制してメンテナンスインターバルを満足
  - エンジン出口でのメタンスリップを削減

<ステージゲートクリア後>

3. 実船実証(2024年～2026年)[商船三井]  
開発した触媒とエンジンを組み合わせてメタンスリップ削減技術の運用手法の確立

## KPI設定の考え方

- 海運のゼロエミに貢献する。
- 現状のままでは、重油からLNGへの燃料転換でCO<sub>2</sub>は25%削減もメタンスリップによりGHG削減効果が薄れている。
- メタンスリップを70%削減し、燃料転換によるGHG削減効果を引き上げる。

## 各KPIの目標達成に必要な解決方法

## KPI

メタンスリップ削減率70%以上

## 現状

TRL3(実験による概念実証)

- 触媒の開発 [カナデビア]  
模擬ガスでのメタン酸化率を確認

- エンジンシステムの開発[YPT]  
リーンバーンをベースとした削減  
レベルに限定  
メタン酸化触媒を実用化した工  
ンジンは存在しない

- 実船実証[商船三井]  
船用脱硝触媒装置の搭載知  
見あるが、メタン酸化触媒の運  
用技術は未確立

## 達成レベル

TRL7(商業化前の実証)  
メタンスリップ削減率70%  
をエンジン排ガスにて確認<ステージゲートクリア後>  
TRL8(商業規模の実証)  
長期運用手法の確立

## 解決方法

- 触媒組成、製法検討による性能向上
  - 触媒組成の最適化
  - 触媒製法の最適化
  - 排ガスでの触媒評価から課題抽出、改善
- メタンスリップ削減
  - メタン酸化触媒との協調制御
  - エンジン本体の燃焼コンセプト見直しによるメタンスリップ削減
- 所有船へ開発した触媒とエンジンを組み合わせたシステムの適用

実現可能性  
(成功確率)1. 70%  
触媒に不利な温度条件でもシステムを成立させる2. 70%  
エンジン制御が難しい条件でもシステムを成立させる3. 90%  
1、2での課題を解決後に実施する

## 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

## 研究開発内容

1 実船  
実  
証：  
実証  
運航  
試験

## 直近のマイルストーン

実船改造（触媒の組  
込）

改造後の初期メタンスリッ  
プ評価

研究開発成果を展示会  
や学会、顧客向け説明  
会で発信する

## これまでの（前回からの）開発進捗

2023年度陸上試験と同仕様の触媒と吸着材の製造を完了  
実証船反応器内への組込工事を実施完了

寄港時乗船中の装置起動状態での初期メタンスリップ評価完了  
本船動向調整のため評価開始は計画より後ろ倒しとなっているが、耐久  
性評価に必要な稼働時間は確保可能な見込み

メタンスリップ削減装置の設置に関する費用対効果を精査中  
SEA JAPAN展示会にて本事業の成果を海事産業関係者に発信  
日本内燃機関連合会講演会にて本事業の成果を海事産業関係者に  
発信

## 進捗度

◎  
(理由) コンソ内日程を  
調整し組込工事を完了

◎  
(理由) 耐久性評価へ  
の影響は無い見込み

◎  
(理由) 社外への発信  
を実施済

## 各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度



## 研究開発内容

3

実船  
実証

## 直近のマイルストーン

実船実証の開始

2024年秋～

## これまでの（前回からの）開発進捗

実船でのメンテナスリップ、GHG評価手法の確立  
・陸上ベンチにて実船用の計測装置を用いて同等性を検証済み  
実船用のメンテナスリップ、GHGの評価手法を選定済み

## 実船でのシステム立上

システム立上に向け改裝工事計画を作成し、本計画に基づき  
YPTエンジニアが乗船しEGRシステム立上げを実施。試運転を完了し  
11/28にNK立会いによるEIAPP証書の差替えを実施。

## 実船での評価

NK,コンソ内で協議し実船試験方案をとりまとめ済み。  
オリジナル仕様でのメンテナスリップ評価とEGRシステム立上げ後の  
EGRおよび触媒でのメンテナスリップ削減率の初期評価を完了。  
陸上ベンチとほぼ同等の削減率を確認。

## 進捗度

進捗度：○

触媒システム稼働開始  
時期の遅れが発生も、問  
題無いレベルである。

## 個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

Kanadevia

## 研究開発内容

1 実船  
実  
証：  
実証  
運航  
試験

## 直近のマイルストーン

特になし

## 残された技術課題

特になし

## 解決の見通し

2 研究  
開発  
成  
果  
の  
発  
信

研究開発成果を展示会  
や学会、顧客向け説明  
会で発信する

社会実装に必要な課題の明確化

引き続き発信を行い、海事産業関係者の意見をヒア  
リングする

## 個別の研究開発における技術課題と解決の見通し



## 研究開発内容

## 直近のマイルストーン

## 残された技術課題

## 解決の見通し

3  
実船  
実証

実船実証の開始

2024年秋～

特になし



### これまでの研究開発目標の達成状況

Kanadevia

- ① 実船実証：Dock to Dockの期間にわたってメタンスリップ<sup>°</sup>削減率70%以上
- ② 研究開発成果の発信

### これまでの研究開発目標の達成状況

Kanadevia

- ① 実船実証：Dock to Dockの期間にわたってメタンスリップ<sup>°</sup>削減率70%以上
- ② 研究開発成果の発信

### ① 実船実証 : Dock to Dockの期間にわたってメタンスリップ削減率70%以上 **Kanadevia**

---

1. 実船改造（触媒の組込）
2. 改造後の初期メタンスリップ評価
3. 触媒抜取りによるサンプリング
4. 実船終了後の原状復帰

## 1. 実船改造 (触媒の組込)

Kanadevia

- ✓ 目的：陸上ベンチで実証されたシステムを本船の補機3台のうち1台に実装するために触媒を搭載する
- ✓ 実施項目
  - 実船用触媒および吸着材の製造準備
  - 本船動向を踏まえた搭載工事のスケジュール検討

### 実船用触媒および吸着材の製造準備

- ・ 2023年度陸上試験と同仕様の触媒と吸着材の製造を完了
- ・ 本船の動向をコンソ内で共有し組込工事を実施完了

**Kanadevia**



触媒(正方形)×10ケース



触媒(台形)×4ケース



吸着剤(正方形)×10ケース



吸着剤(台形)×4ケース

## 2. 改造後の初期メタンスリップ評価

Kanadevia

- ✓ 目的：メタンスリップおよびGHG削減率を実船で実証するために  
触媒出口でのメタンスリップおよびGHG排出量の評価を実施する
- ✓ 実施項目
  - メタンセンサ技術の調査

## メタンセンサ技術の調査

- 実船に搭載するメタン分析計の他に安価で実船環境で計測可能なセンサ技術を調査中

Kanadevia

Methane Abatement in  
Maritime Innovation Initiative  
(MAMII)

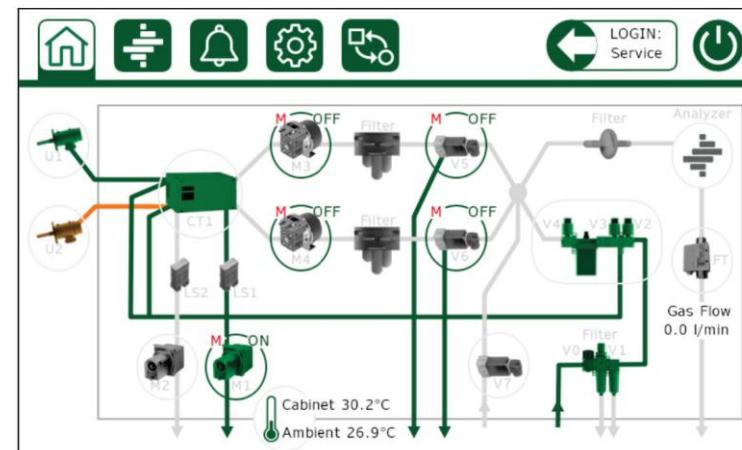


センサメーカー候補

Everimpact

- 商船三井が参画する環境イニシアチブMAMIIに参画しているセンサメーカーへのヒアリングを開始

Green Instrumentsより資料入手



G7200 MGMS	
Type	G7200
Function	Monitoring of CO2, SO2, NO2, NO, CH4, CO, N2O, H2O, and other relevant gasses.
Equipment including	Analyzer modules, gas cooler, gas pump (s), condensate pump(s), gas filtration system, flow transmitter, solenoid valves, air filter regulator and oil/particle separator, air dryer, HMI, PLC.
Certification	DNV, Rina, LR, CCS, KR, ClassNK, ABS, BV
Air supply	ISO 8573-1 Class 3-3-3 Free from traces of measured gasses. Approx 1 L/min. 4-10 bar.
Sample flow	0.33 – 1.67 l/min. Default 0,5L/min.
Ambient temperature	Class A From 5°C to 55 °C
Humidity	RH up to 96% at all relevant temperatures
Vibration	Class A
Analyzer Modules	
Type G7010	
Gas analyzer measuring principle	NDIR
Measuring gasses and typical ranges	CO2: 0 – 10 % SO2: 0 – 200 ppm Other ranges upon request

仕様一部抜粋

- スペックは実証船搭載機と同程度
- 測定対象の絞り込み可否、価格帯等についてヒアリング予定

## 実証試験での稼働時間と耐久性評価の計画

Kanadevia

- ・ 実証期間は当初計画の2年に対し1.5年となる見込みであり、6,000時間程度を確保予定。
- ・ 装置全体での性能劣化はほぼ確認されない予定であるが、抜出サンプルの性能測定を実施し 加速試験より推測されるメタン酸化性能の劣化傾向との比較を行うことで試算の妥当性を検証する計画。
- ・ 5,500~6,500時間の稼働時間内で劣化傾向との比較が可能な見込みであり、本評価により Dock to Dock期間相当分の装置全体性能の妥当性を評価する計画である。

### これまでの研究開発目標の達成状況

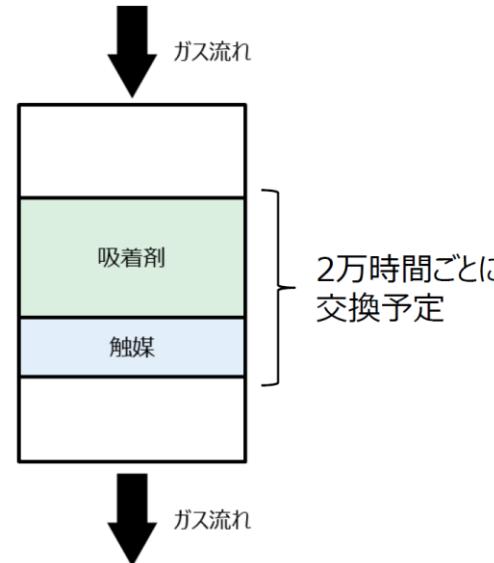
Kanadevia

- ① 実船実証：Dock to Dockの期間にわたってメタンスリップ<sup>°</sup>削減率70%以上
- ② 研究開発成果の発信

## 費用対効果の検討

Kanadevia

- 2023年度までの成果をもとに、メタンスリップ削減装置の設置に関する費用対効果を精査中



## 【想定内訳(触媒部分のみ)】

CAPEX：機器一式(反応器、制御盤など)、触媒、吸着剤

OPEX：触媒<sup>(※1)</sup>、吸着剤、消耗品(ガスケットなど)

※1 貴金属買取分を反映した金額

メタンスリップ削減装置設置による経済性メリットを明確に示し、業界関係社への発信を進める

### これまでの研究開発目標の達成状況



①エンジン出口でのメタンスリップ削減技術の構築

②触媒評価技術の確立

③実船での実証

### これまでの研究開発目標の達成状況



①エンジン出口でのメタンスリップ削減技術の構築

②触媒評価技術の確立

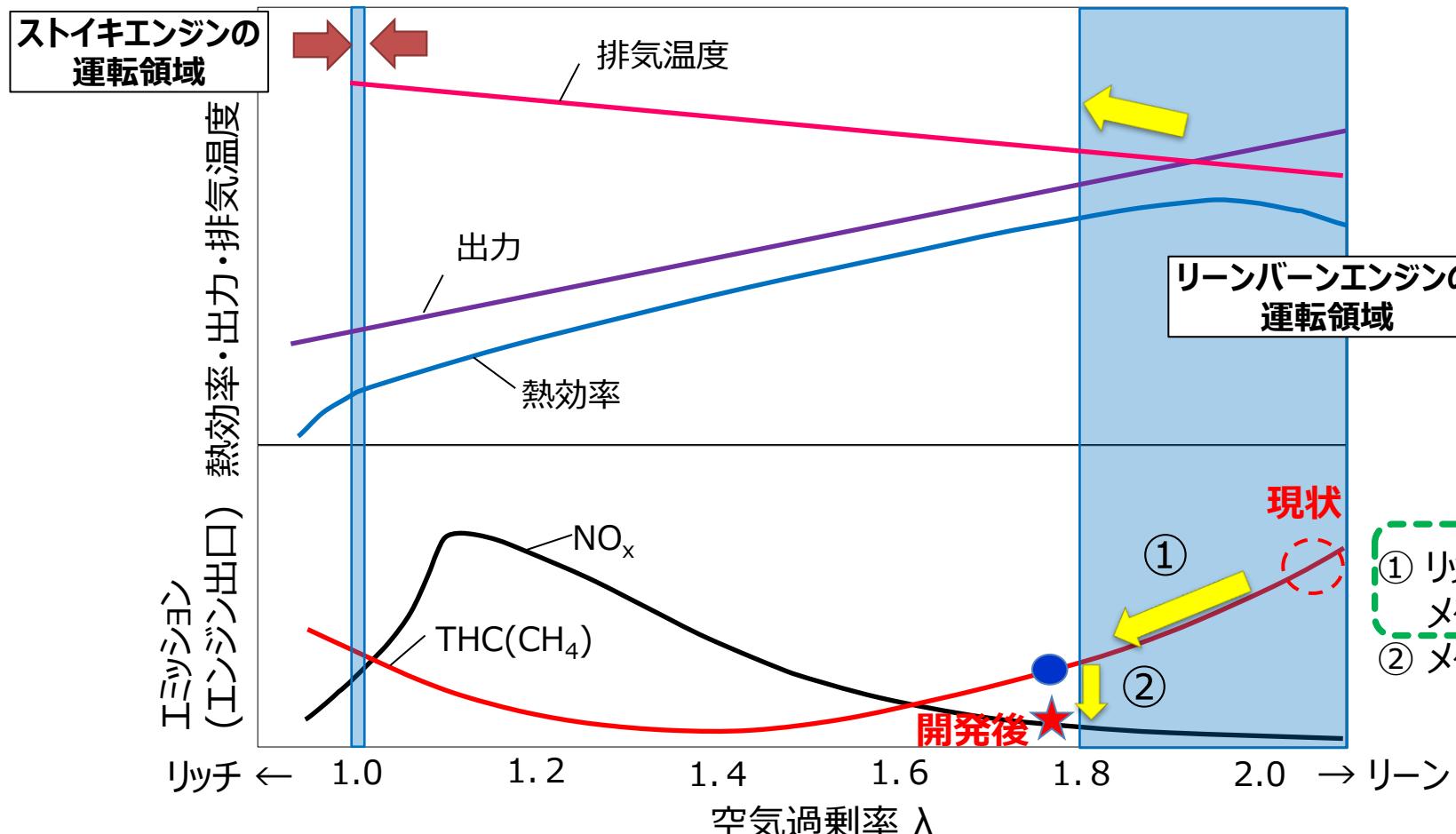
③実船での実証

燃焼制御によるCH<sub>4</sub>スリップ低減

：空気過剰率のリッチ化によるエンジン出口でのメタンスリップ削減と排気昇温



- ① エンジン燃焼コンセプトの見直し(空気過剰率のリッチ化)により、エンジン出口のメタンスリップ削減する
- ② エンジンチューニング(排気昇温)とメタン酸化触媒を組み合わせて、より効果的にメタンスリップを削減する



内燃機関の空気過剰率とエミッション、熱効率、出力の関係

## 研究開発の目的



- ✓ 目的：エンジンでのメタンスリップ削減技術の構築
- ✓ 削減目標：60%
- ✓ 実施項目：EGR+リッチ燃焼を用いた低減手法の構築

**1. 単気筒試験機を用いた検討：済**

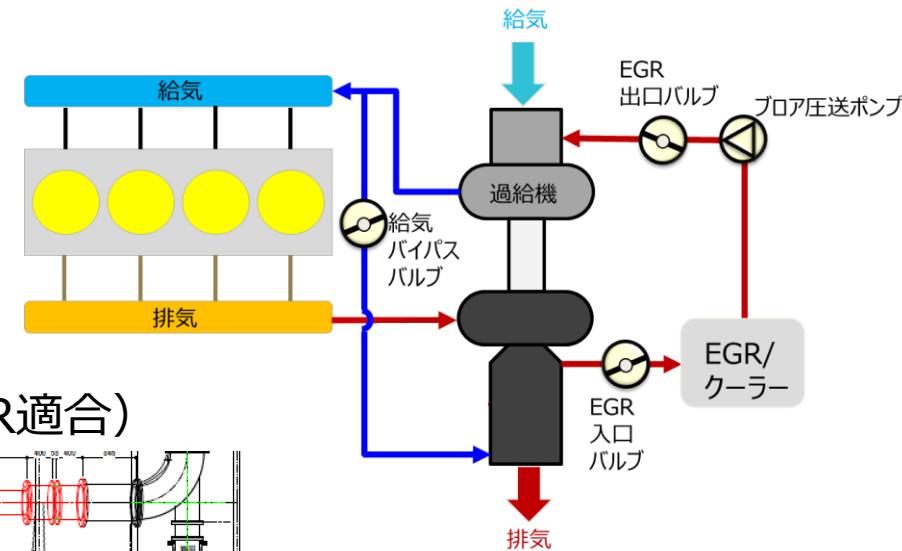
**2. 多気筒試験機を用いた検討：済**

→実機試験結果に基づき、EGRクーラ後の各部品の防錆処理の実施。  
制御ソフトの実機評価を完了  
EGR及び触媒付きでのメタンスリップ評価を完了

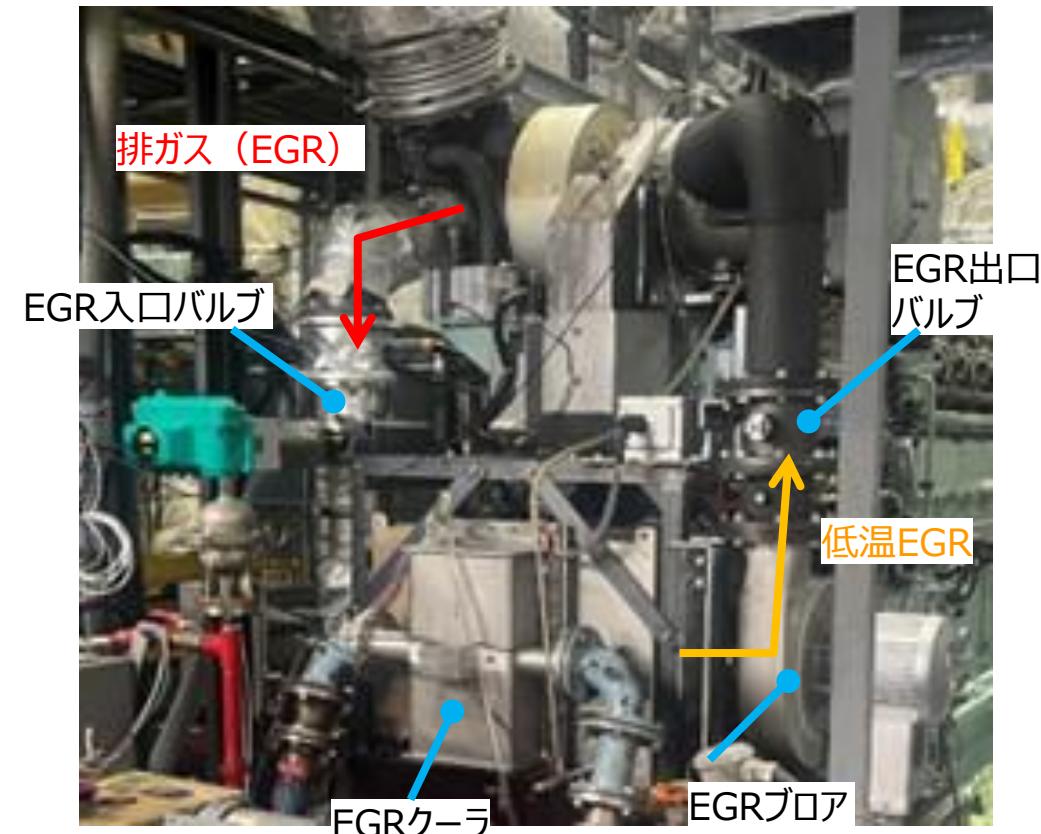
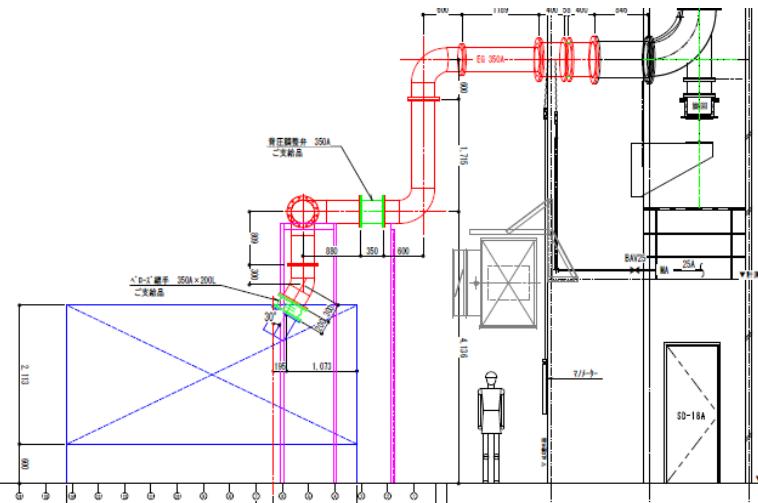
## 陸上試験機にEGRシステムを追装し、適合試験と制御確認を実施



- \* EGR経路には、耐食性の高いコーティングを施工
- \* 冷却後の排ガス温度の最適化によりEGRクーラードレン水の発生を抑制



エンジン単体試験 (EGR適合)



## 2. 研究開発計画／(2) 研究開発内容

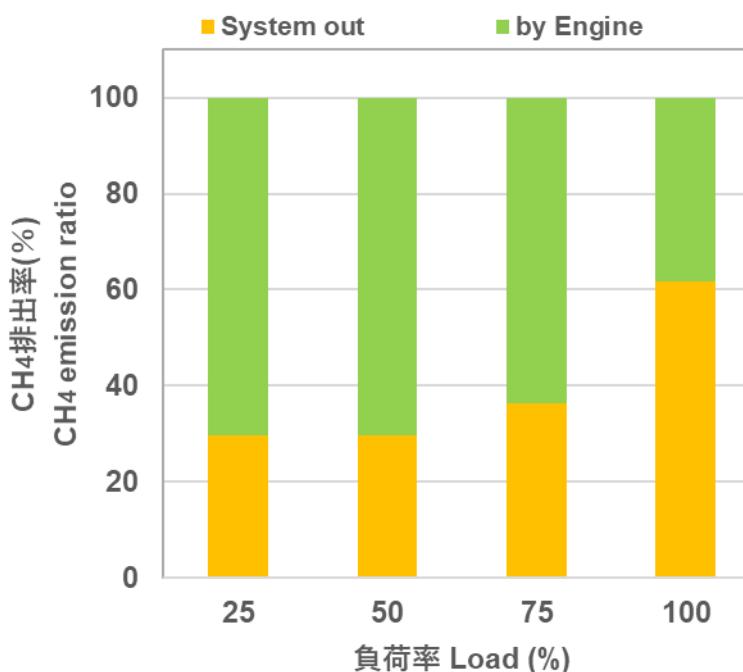
コンソーシアム共通

EGRとリッチ化の組合せによる改良によりエンジン出口でCH<sub>4</sub>を60%以上削減、

75%負荷以下の実用域で燃費も改善し、全域でGHGを大幅に削減

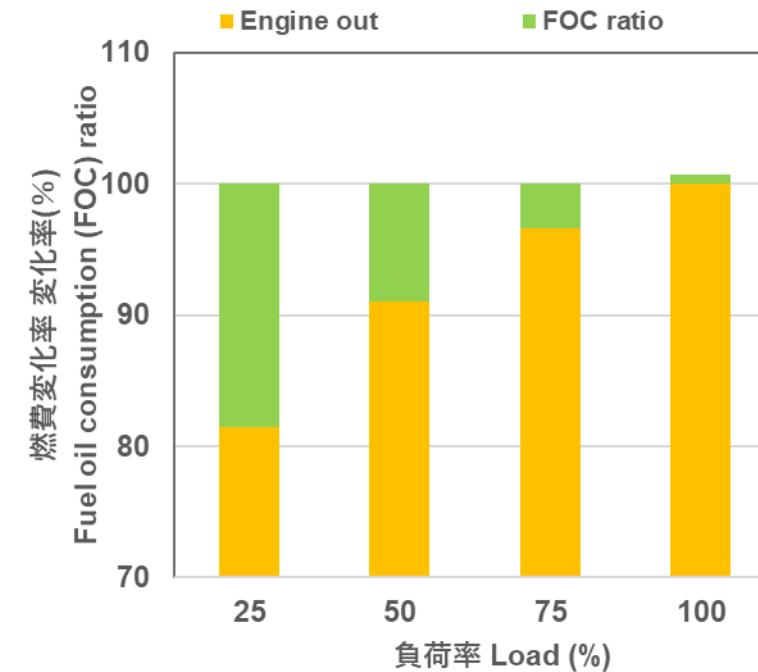
\*当技術適用前のオリジナルを100%とする。

【CH<sub>4</sub>排出率】



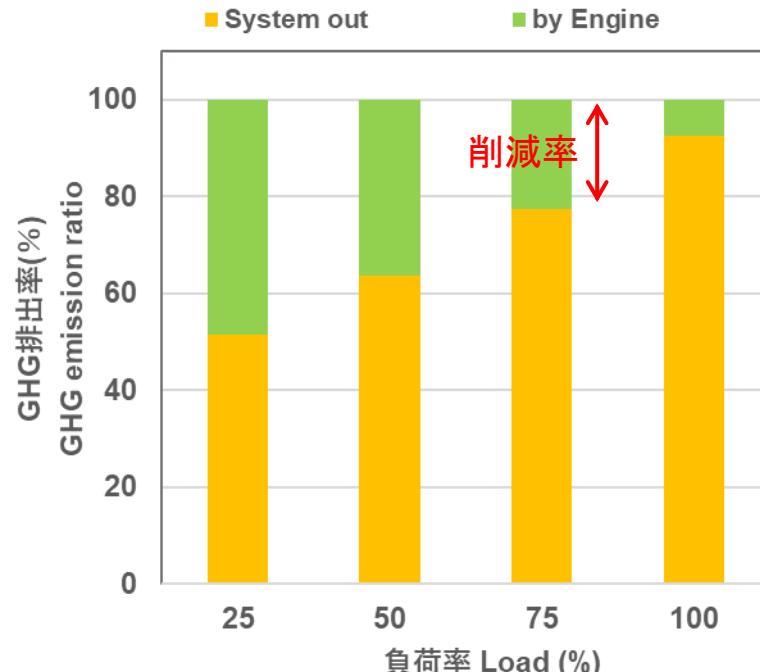
実用負荷域25～75%負荷において  
エンジン単体でCH<sub>4</sub>を64～70%削減

【燃料消費率 変化率】



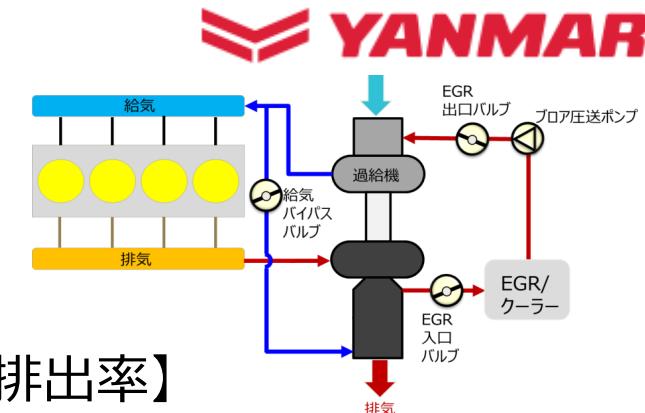
75%負荷以下では  
CH<sub>4</sub>の削減と共に燃費を改善

【GHG排出率】



エンジン出口でGHGを8～49%削減

※GHG排出量はCH<sub>4</sub>をCO<sub>2</sub>の28倍とし、システムのCO<sub>2</sub>排出量と合算して算出



### これまでの研究開発目標の達成状況



①エンジン出口でのメタンスリップ削減技術の構築

②触媒評価技術の確立

③実船での実証

## 研究開発の目的



- ✓ 目的：触媒評価技術の確立
- ✓ 実施項目：触媒要素試験装置と多気筒試験機を用いた評価

## 1. 触媒要素試験装置による評価

→触媒耐久試験装置の立上げを完了し、  
吸着剤,触媒のスクリーニングを完了

## 2. 多気筒試験機による評価

→陸上ベンチでの触媒システムの立上げを完了し  
エンジンとの組合せ評価を完了。

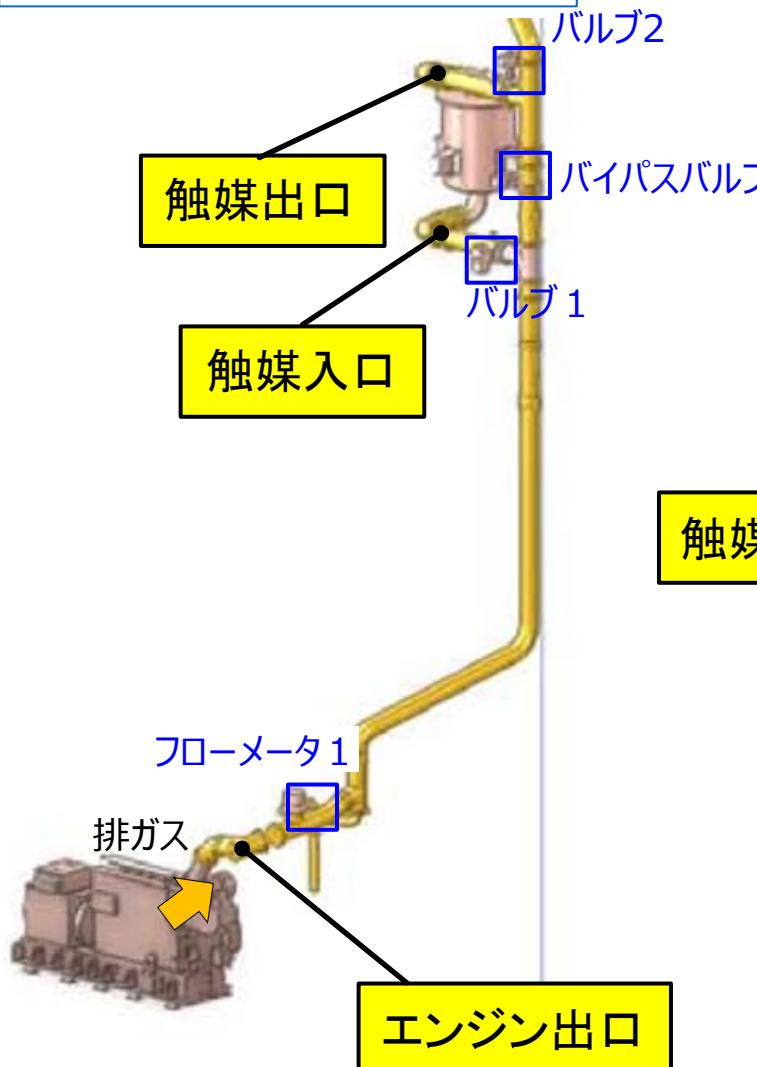
## 2. 研究開発計画／(2) 研究開発内容

コンソーシアム共通

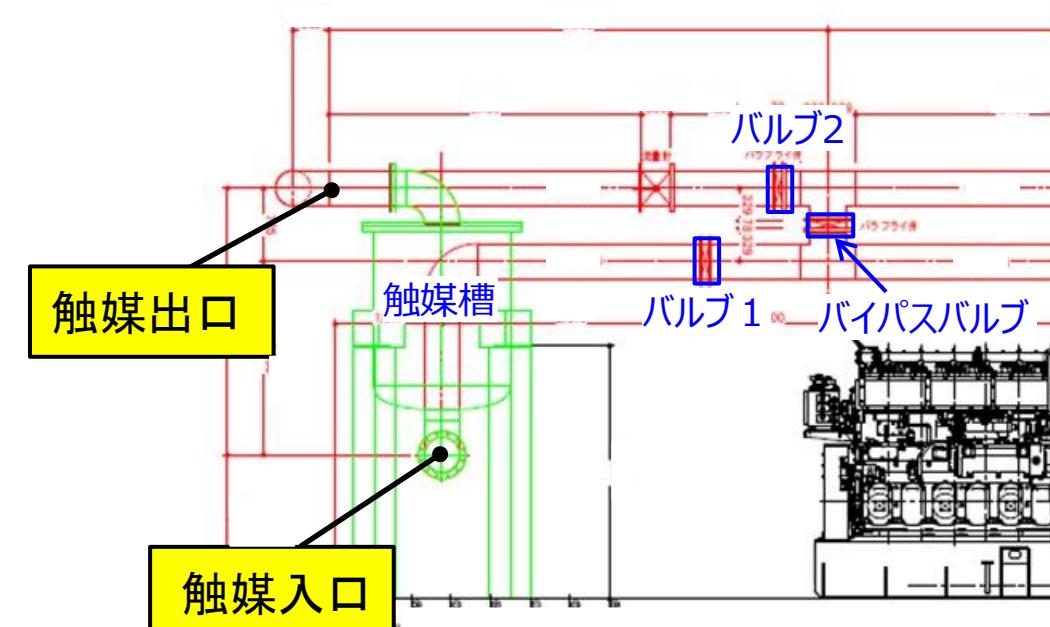
排ガス分析のサンプルポイントレイアウトを実船試験に合わせて陸上試験を実施  
実船排気管と同系統の排気管にて触媒を含む陸上試験を実施済み



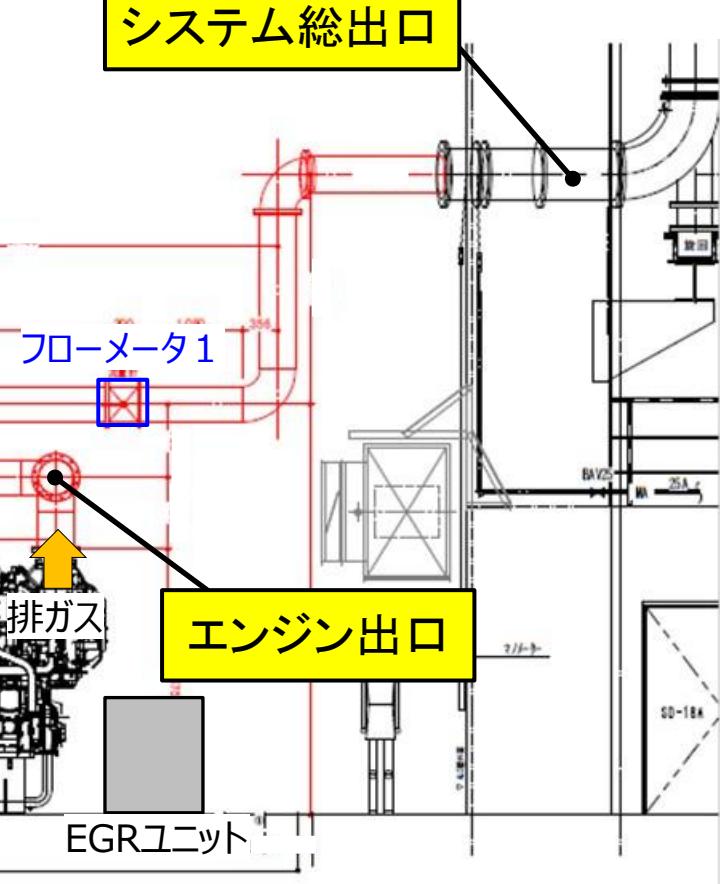
実船試験 ガス分析レイアウト



陸上試験 ガス分析レイアウト

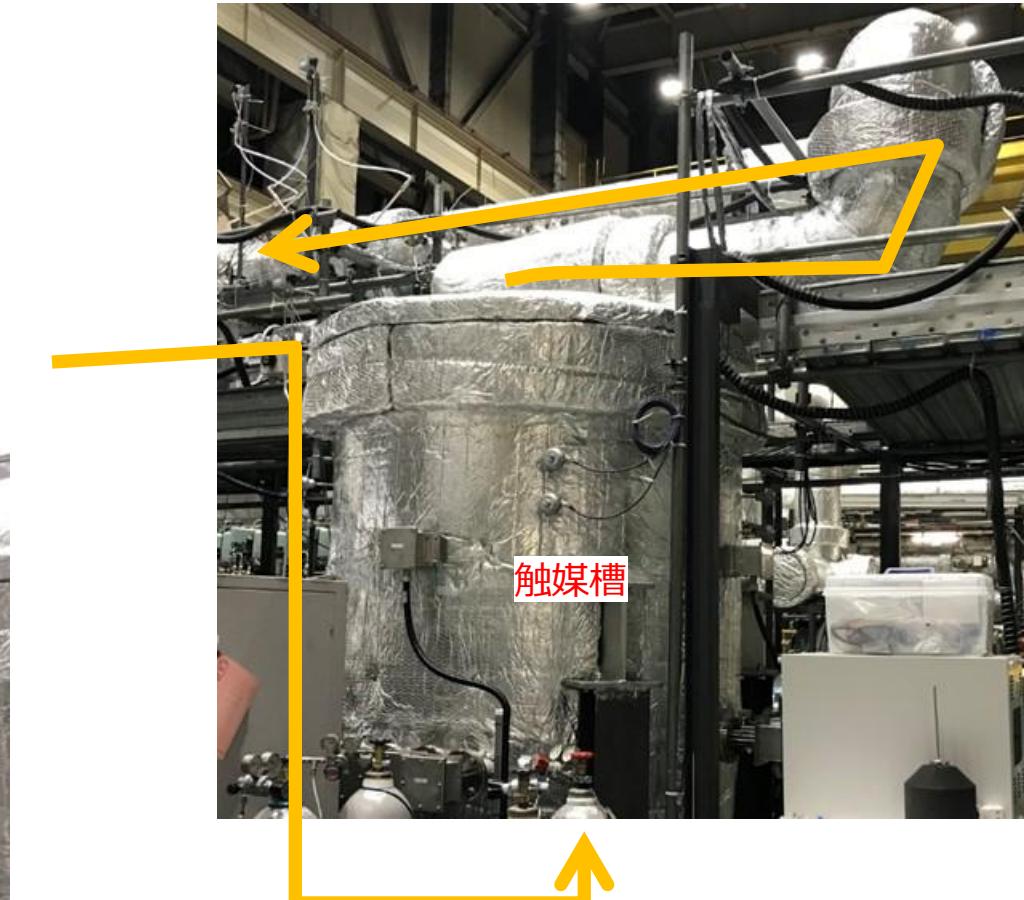
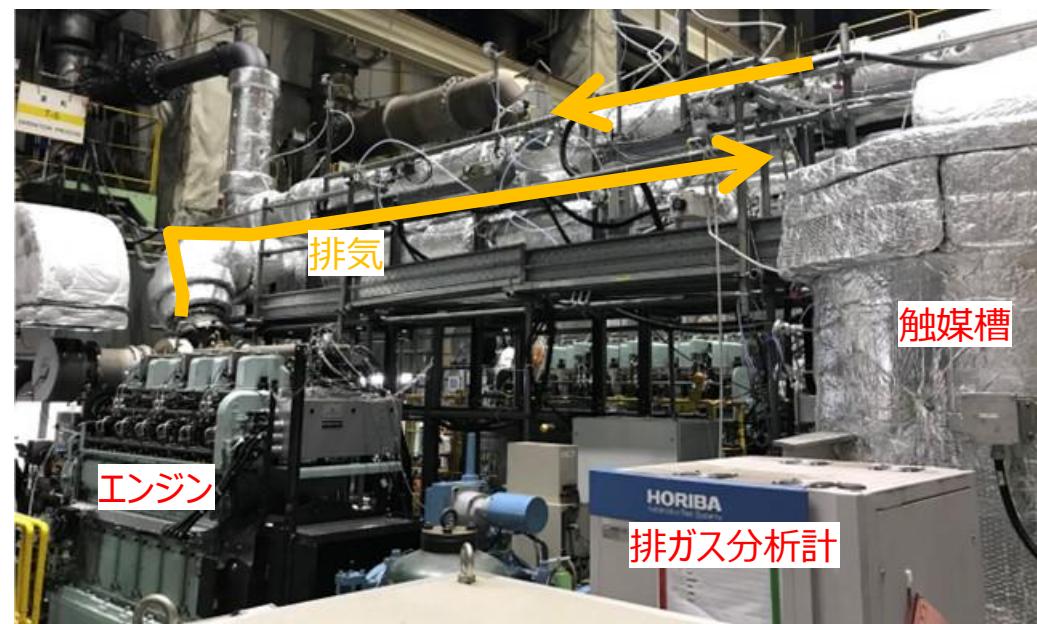
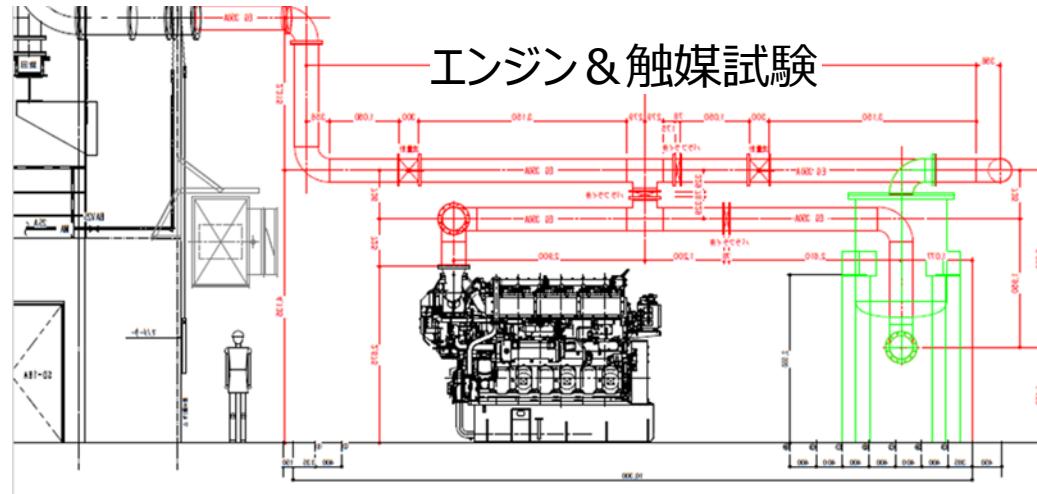


システム総出口



陸上試験にて排ガス分析計の比較評価を実施  
MEXA-ONE, Bex2000FT, VA-5000(実船試験用)

陸上ベンチに触媒槽を設置しエンジン（EGR）と触媒システムとを組み合わせた評価を完了



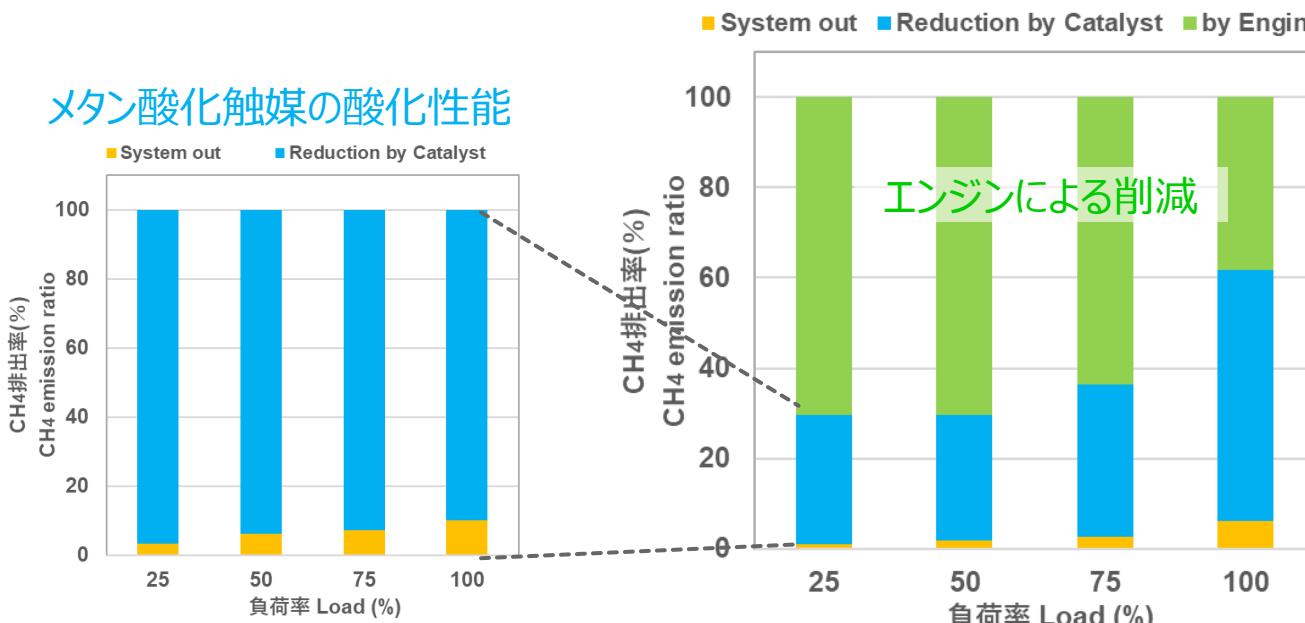
## 2. 研究開発計画／(2) 研究開発内容

コンソーシアム共通

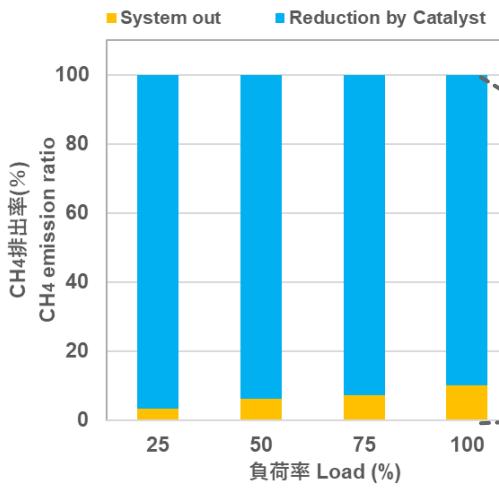
エンジン改良とメタン酸化触媒との組合せにより負荷域25～100%においてシステム出口で94～99%のCH<sub>4</sub>削減、GHG排出量19～65%削減を達成



【CH<sub>4</sub>排出率】



### メタン酸化触媒の酸化性能

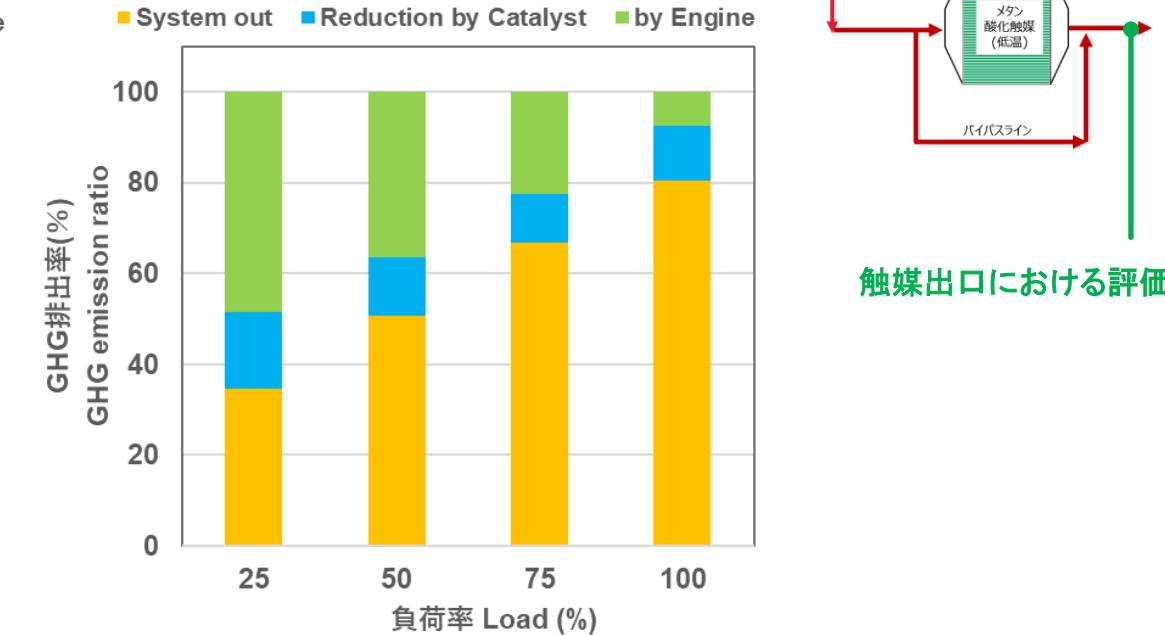


\*酸化触媒入口のメタン排出量を100%とする。

CH<sub>4</sub>酸化浄化率：90～97%

CH<sub>4</sub>排出量  
システム全体：94～99%削減

【GHG排出率】



触媒出口における評価

※GHG排出量はCH<sub>4</sub>をCO<sub>2</sub>の28倍とし、システムのCO<sub>2</sub>排出量と合算して算出

## 2. 研究開発計画／(2) 研究開発内容

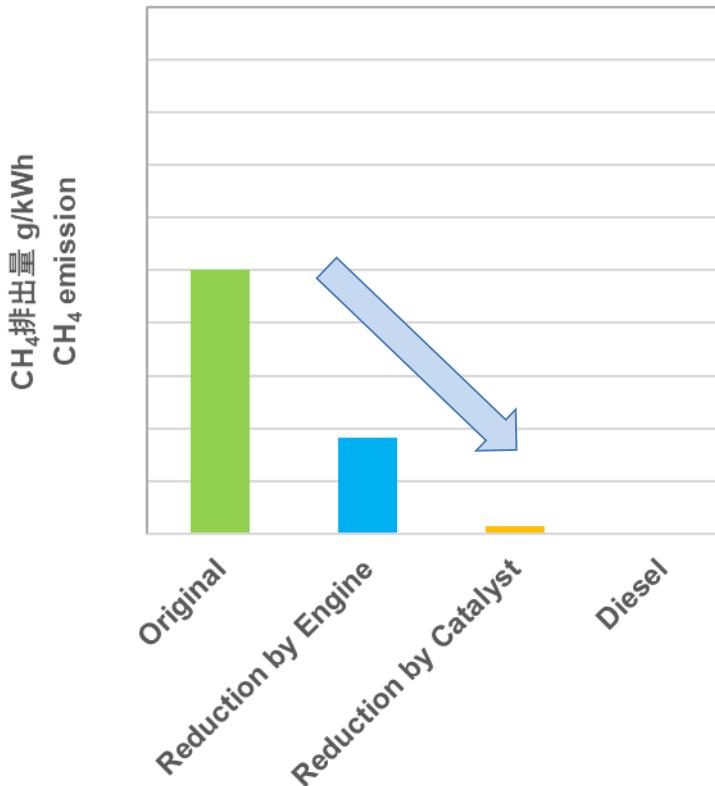
コンソーシアム共通

陸上試験において実用負荷75%のメタンスリップ排出量を大幅に低減した  
GHG排出量においてディーゼルモード以下の排出量まで低減した

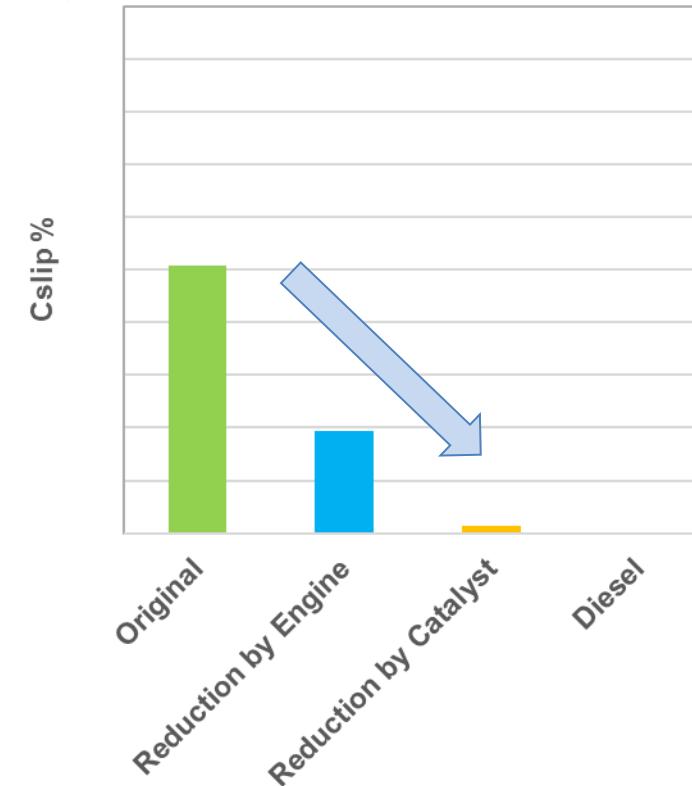


負荷率:75%

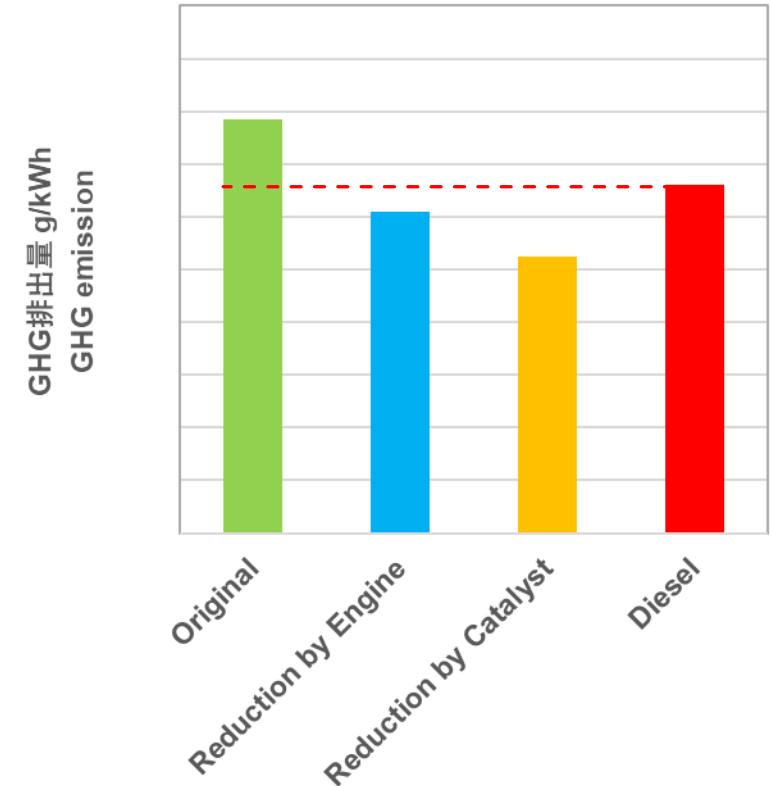
【CH<sub>4</sub>排出量】



【Cslip】



【GHG排出量】



※GHG排出量はCH<sub>4</sub>をCO<sub>2</sub>の28倍とし、システムのCO<sub>2</sub>排出量と合算して算出

## 2. 研究開発計画／(2) 研究開発内容

コンソーシアム共通

陸上ベンチでのエンジン改良とメタン酸化触媒との組合せ評価に

日本海事協会殿に立会頂き、メタンスリップ削減率を認める鑑定書を受領した



Form 130

NIPPON KAIJI KYOKAI

STATEMENT OF FACT

Statement No.: KB24MM0019-HS

Engine Manufacturer	Model Number	Serial Number	Test Cycle(s)	Rated Power (kW) and Speed (RPM)	Methane Slip Reduction Device
Yanmar Power Technology Co., Ltd.	6EY22ALDF	2996	D2	800 kW 900 RPM	Exhaust Gas Recirculation System and Methane Oxidation Catalyst System

THIS IS TO STATE:

- That, at the request of Yanmar Power Technology Co., Ltd. (YPT), our surveyor attended the methane slip amount measurement for the LNG combustion conditions of the above-mentioned marine dual fuel engine fitted with the methane slip reduction devices so as to verify the methane slip reduction effect of their devices in accordance with the test procedure submitted by YPT, on June 22, 2023, and January 24 and 25, 2024 at YPT Amagasaki Factory; and
- That our surveyor confirmed the methane slip reduction rate attributed to their reduction devices shows the following values in comparison with the active and non-active condition of their devices.

Engine Load	100% Load	75% Load	50% Load	25% Load
Methane Slip Reduction Rate	93.8%	97.4%	98.2%	99.0%

Specification of the above-mentioned dual fuel engine fitted with the exhaust gas recirculation system and the methane oxidation catalyst system is as per the attached Appendix A. Procedures for Measurement and Calculation of Methane Slip Amount are as per the attached Appendix B.

Test fuel characteristics, test conditions, operating values and test results are shown in "Emission Test Report (Doc. No. 6EY22ALDF900-800D2-G-2, 6EY22ALDF900-800D2-EGR, 6EY22ALDF900-800D2-EGR with Catalyst, YPT-L-ET-24-001)".

Issued at Tokyo on 5 April 2024

S. Oishi  
General Manager of Machinery Department  
NIPPON KAIJI KYOKAI

(Note) This statement focuses on the fact that was performed under the test conditions shown in this statement or the test reports only. The statement does NOT guarantee the same results at the other conditions e.g. engine model, fuel, ambient condition, setting, etc.

This Report is issued subject to the condition that it is understood and agreed that neither the Society nor any of its Committees is under any circumstances whatever to be held responsible for any inaccuracy in any report or certificate issued by this Society or its Surveyors or in any entry in the Record or other publication of the Society or for any error of judgment, default or negligence of its Officers, Surveyors or Agents.

97, 11, 10000 (K)



2024年4月10日 SEA JAPAN 2024 日本海事協会殿ブースにて

### これまでの研究開発目標の達成状況



- ①エンジン出口でのメタンスリップ削減技術の構築
- ②触媒評価技術の確立
- ③実船での実証

## 研究開発の目的 ③実船での実証



- ✓ 目的：実船での実証
- ✓ 実施項目：実船にシステムを搭載し、実稼働状態での評価を実施する
  1. 実船でのメタンスリップ、GHG評価手法の確立
  2. 実船でのシステム立上
  3. 実船での評価

## 研究開発の目的 ③実船での実証



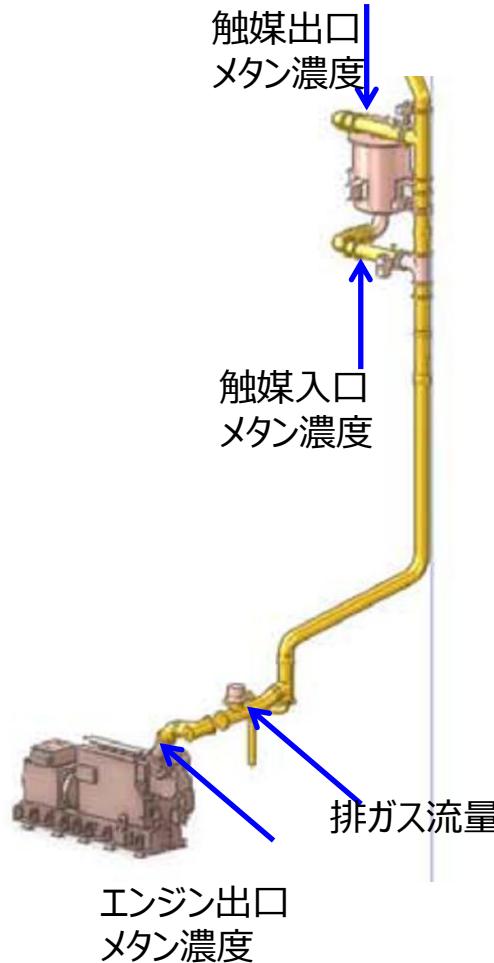
- ✓ 目的：実船での実証
- ✓ 実施項目：実船にシステムを搭載し、実稼働状態での評価を実施する
  1. 実船でのメタンスリップ、GHG評価手法の確立  
⇒ 陸上ベンチにて実船用の計測装置を用いて同等性を検証済み  
実船用のメタンスリップ、GHGの評価手法を選定済み
  2. 実船でのシステム立上
  3. 実船での評価



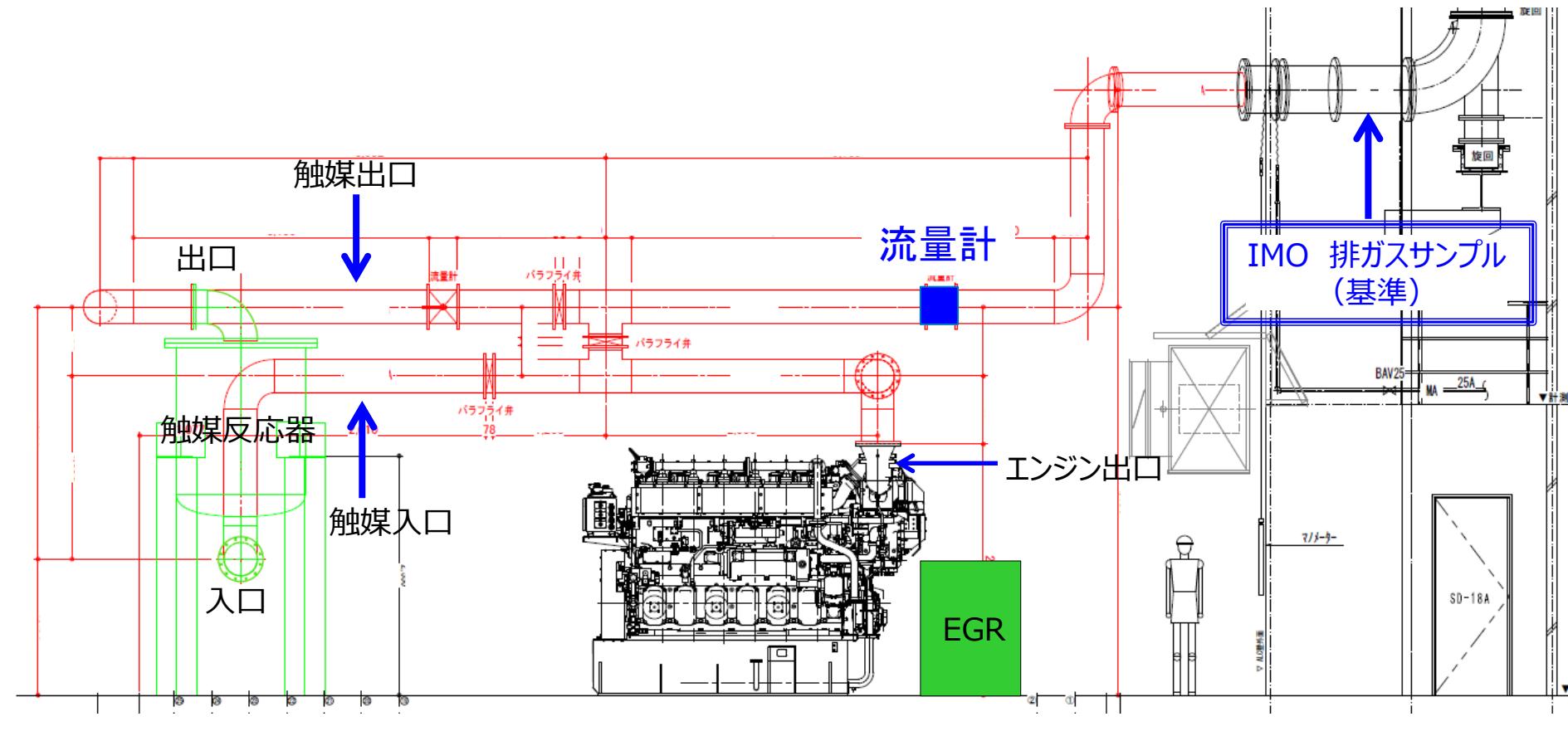
陸上試験にて実船試験のメタン削減率の計測方法を検証し、確立済み



【実船試験】



【陸上試験】



実船試験で使用する排ガス分析計の分析精度検証を陸上試験にて実施済み



分析計名称	MEXA-ONE-D1	VA-5000
メーカー	堀場製作所	堀場製作所
分析方法	水素炎イオン化型検出器 + 非メタンカッタ (NMC-FID)	非分散形赤外線吸収方式 (NDIR)
外観		
適用規格	IMO, JIS, CFR, ISO	—
備考	IMO: NOx認証に使用 水素ボンベが必要	実船試験にて使用 特殊なガスは不要

船上でのGHG評価のためCH<sub>4</sub>に加えCO<sub>2</sub>も計測可能な機器を選定

## 研究開発の目的 ③実船での実証



- ✓ 目的：実船での実証
- ✓ 実施項目：実船にシステムを搭載し、実稼働状態での評価を実施する
  1. 実船でのメタンスリップ、GHG評価手法の確立  
⇒陸上ベンチにて実船用の計測装置を用いて同等性を検証済み  
実船用のメタンスリップ、GHGの評価手法を選定済み
  2. 実船でのシステム立上  
⇒EGRシステムのシステム立上げを完了  
触媒を組込み、システム立上げを完了
  3. 実船での評価



## 2. 研究開発計画／(2) 研究開発内容

コンソーシアム共通

実船実証分科会を設置し、システム立上に向けた改装工事の方法、スケジュール  
本船で発生する課題に関し、メンバーで定期的な協議を実施し、円滑に推進中



	①日本⇒豪州	②豪州⇒日本	③日本寄港時	④日本⇒豪州 or 内地間便乗	⑤日本 or 豪州 寄港時
YPT	<ul style="list-style-type: none"> <li>オリジナル仕様でのCH<sub>4</sub>, GHGの評価</li> <li>エンジン改裝準備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エンジン改裝 (EGR関連機器の設置,立上)</li> <li>EGRシステム立上</li> <li>エンジン性能 CH<sub>4</sub>, GHG評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エンジンの テクニカルファイル 差替え(NK)</li> <li>EGRシステム確認 (NK)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エンジン+触媒 システム立上</li> <li>エンジン性能 CH<sub>4</sub>, GHG評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><del>触媒システムの テクニカルファイル 差替え with NK</del></li> <li>触媒システム確認</li> </ul>
KVC	—	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>触媒充填</li> <li>触媒システム立上</li> </ul>		
MOL	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業支援</li> <li>CH<sub>4</sub>, GHG評価確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業支援</li> <li>EGRシステム立上と 運転要領確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業支援</li> <li>EGRシステム確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業支援</li> <li>触媒システム立上と 運転要領確認</li> <li>CH<sub>4</sub>, GHG評価確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業支援</li> <li>触媒システム確認</li> </ul>

※黄色塗りつぶし部: 完了タスク

※赤字は更新部

## 研究開発の目的 ③実船での実証



- ✓ 目的：実船での実証
- ✓ 実施項目：実船にシステムを搭載し、実稼働状態での評価を実施する
  1. 実船でのメンテナブル性、GHG評価手法の確立  
⇒陸上ベンチにて実船用の計測装置を用いて同等性を検証済み  
実船用のメンテナブル性、GHGの評価手法を選定済み
  2. 実船でのシステム立上  
⇒EGRシステムのシステム立上げを完了  
触媒を組込みシステム立上げを完了
  3. 実船での評価  
⇒実船にてエンジン改良単体で陸上ベンチと同等の削減率を確認



## 2. 研究開発計画／(2) 研究開発内容

コンソーシアム共通

コンソ内実船での評価項目、手法を協議し、とりまとめを実施  
CH<sub>4</sub>, GHGの計測項目、計測条件を確定した。



メタンスリップ排出量 EGRシステム+触媒 評価

計測項目	単位	計測器	計測箇所	所掌
1 大気条件	°C, g/kg hPa	温湿度計 大気圧力計	過給機 サイレンサ近傍	YPT
2 エンジン出力	kW	MCP	機関室(MCP)	YPT
3 排ガス流量	Nm <sup>3</sup> /h	ピトー管差圧	触媒盤, データロガー	KVC, YPT
4 排ガス温度	°C	MCP	機関室(MCP)	YPT
5 メタン濃度	ppm	VA5000	触媒入口、出口	KVC
6 CO <sub>2</sub> 濃度	ppm	VA5000	触媒入口、出口	YPT, KVC

### 計測条件

サンプル時間 : 30min

サンプリングレート : 0.1~1sec (計測による)

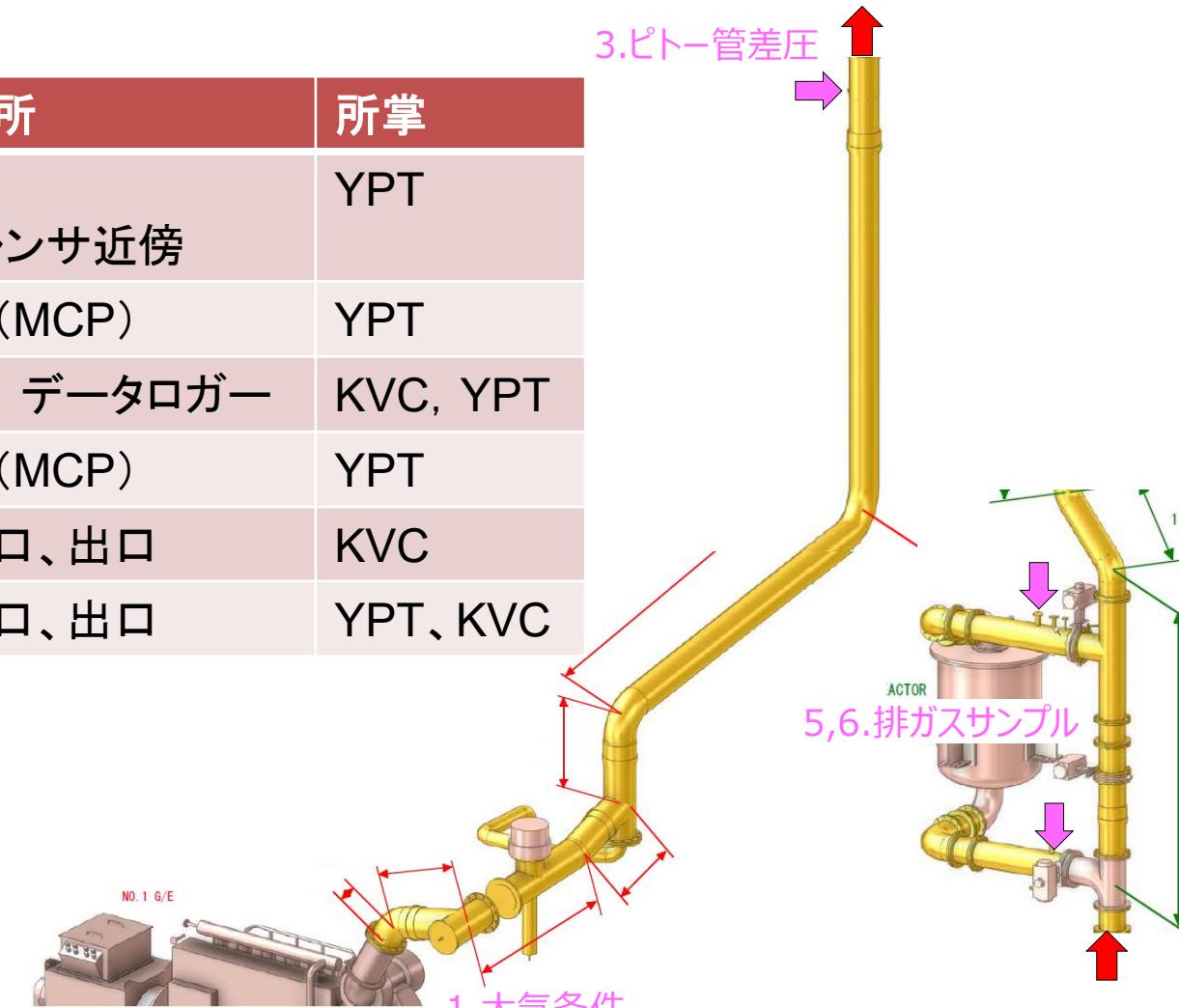
負荷 : 25, 50, 75%付近で計測 (検証試験時のみ)

※エンジン出力 : 20%以上 (15%以下でバイパスに切り替わります)

### メタンスリップ量評価方法

サンプル時間の平均値にて評価

$$\text{メタン排出量 (g/kWh)} = \text{排ガス流量} \times \text{ガス濃度} \times \text{ガス密度 (標準)} / \text{出力}$$



REIMEI 1号発電機をEGR仕様へ改裝しEGRシステムを立上げを完了



改裝前



建造時にEGRシステム用の架台を設置

EGRシステム改裝後



EGRシステムを設置しシステム立上げを完了

【参考】陸上試験



## 2. 研究開発計画／(2) 研究開発内容

コンソーシアム共通

排ガス分析計（陸上試験で検証）のメタン濃度、MCPのエンジンデータをサンプルし10分間の平均値にてメタン排出量の評価を実施済み



実船試験 排ガス計測システム



排ガスサンプル



バルブ

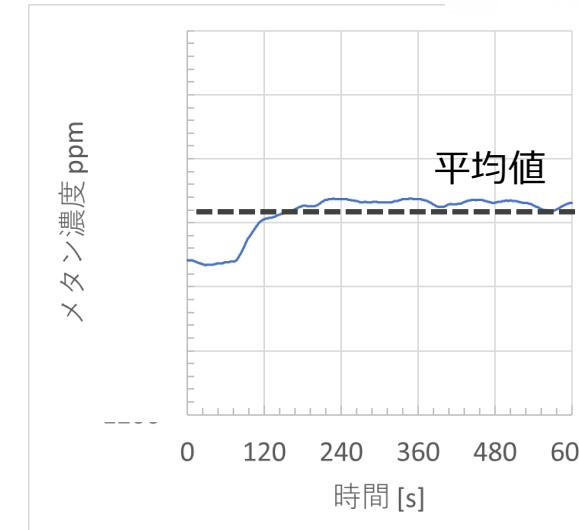


エンジン



排ガス分析計

10分間のデータを平均しメタン排出量を評価

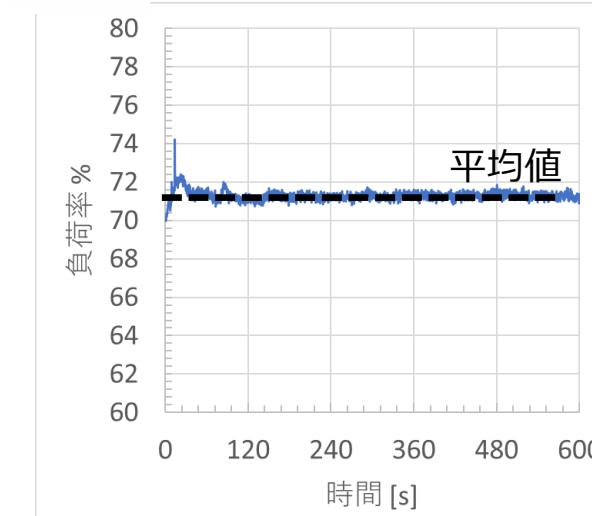


エンジンデータ計測

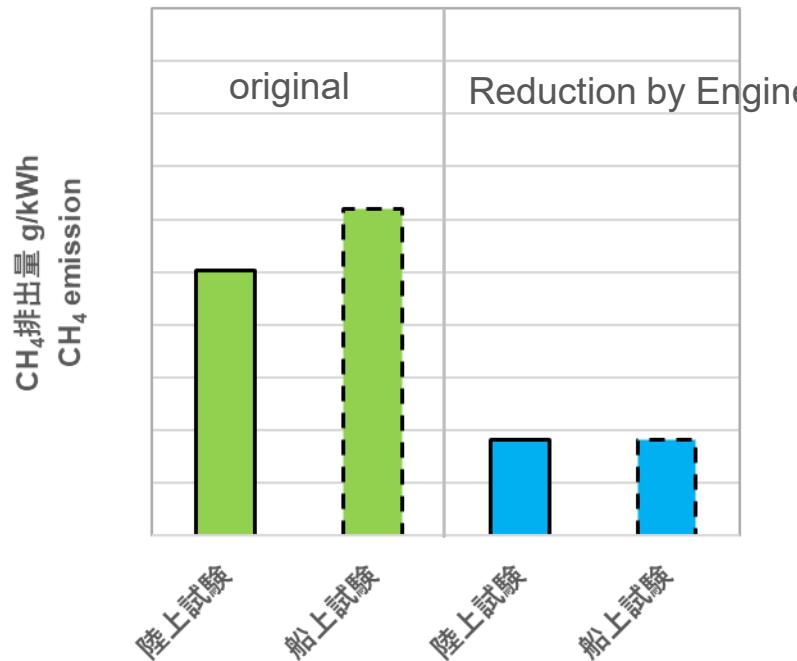


MCP  
(Main Control Panel)

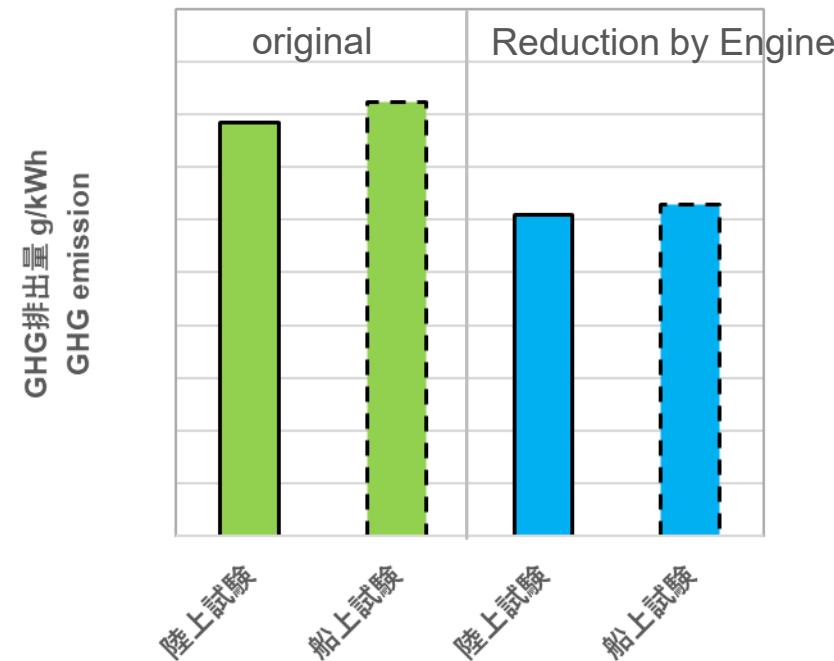
エンジンデータ



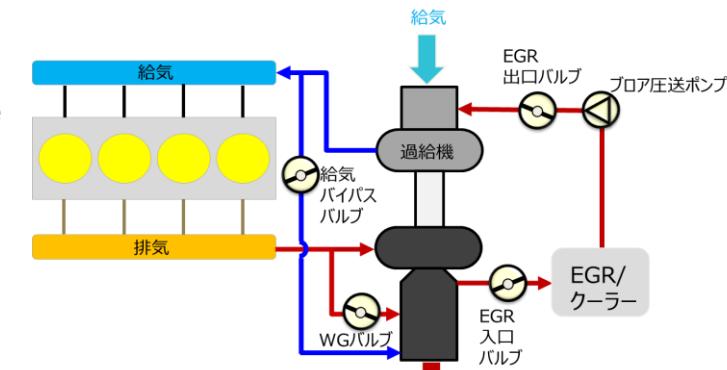
船上において陸上試験と同等のCH<sub>4</sub>排出量およびGHG排出量を確認  
(エンジン改良のみ)

【CH<sub>4</sub>排出率】

【GHG排出量】



実線: 陸上試験  
点線: 船上試験



※GHG排出量はCH<sub>4</sub>をCO<sub>2</sub>の28倍とし、システムのCO<sub>2</sub>排出量と合算して算出

## 2. 研究開発計画／(2) 研究開発内容

コンソーシアム共通

メタン酸化触媒により実船にて92%以上のメタン酸化率を達成した。  
EGRとの組合せにおいても陸上と同等の削減率を達成した。(初期値)



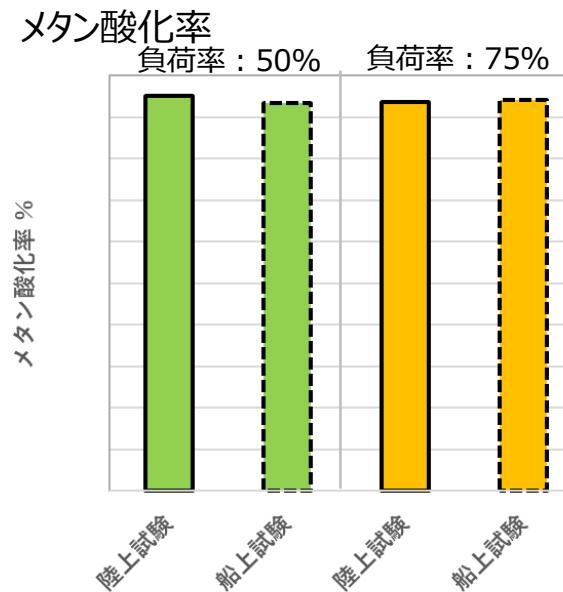
(エンジン改良 + メタン酸化触媒)

メタン酸化触媒 初期性能計測 (2025年5月)

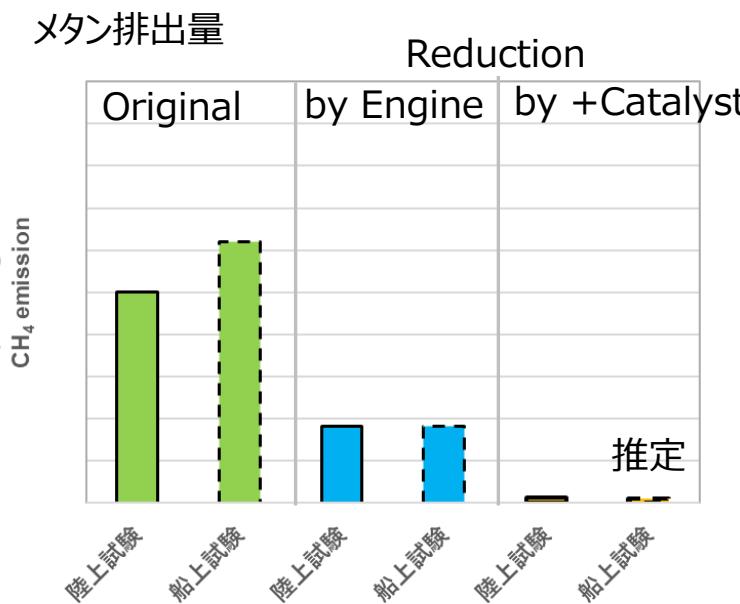
負荷率 : 75%

陸上試験

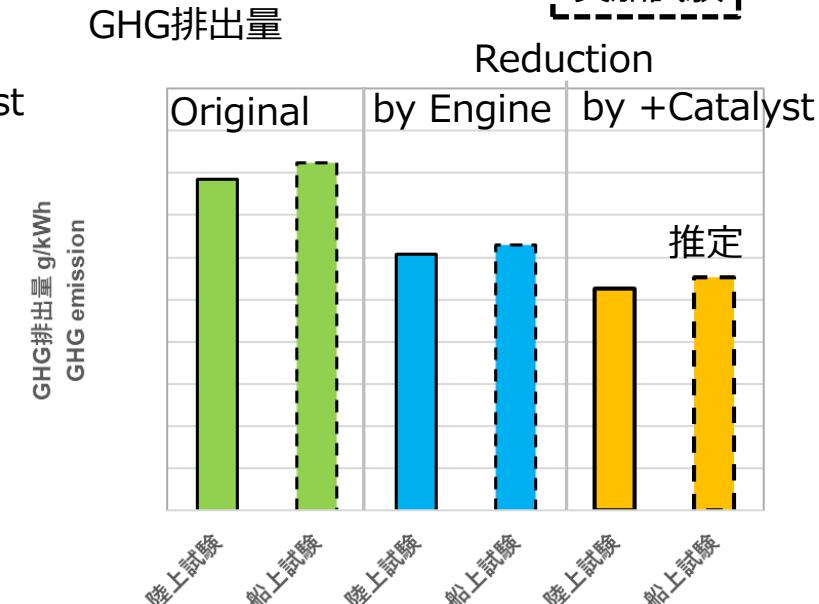
実船試験



実船において  
92%以上のメタン酸化率を達成



メタン酸化触媒のメタン酸化率からメタン排出量およびGHG排出量を推定  
陸上試験と同等の排出量であることが確認できた



船上にてパラメータチェックを実施しEIAPP証書の差替えを完了



## EIAPP証書

## パラメータチェックシート



ClassNK 立会検査



EGRブリードオフ排出装置手引書に基づき、  
本船エンジニアにて日常点検等を実施中

### EGRブリードオフ排出装置手引書



現状、EGRクラ出口温度  
の適正化によりEGRブリード  
オフ水の排出は無し

## 2. 研究開発計画／(2) 研究開発内容

コンソーシアム共通

### これまでの事業進捗まとめ

エンジン改良による  
メタンスリップ削減

 **YANMAR**

- ①単気筒エンジン試験:済
- ②燃焼、性能シミュレーションモデル構築  
触媒の初期性能評価:済
- ③多気筒エンジンでのEGR適合:済

メタンスリップ削減率を認める  
鑑定書をNKより取得  
('24/4/10)

陸上ベンチにてエンジン改良と  
メタン酸化触媒との組合せで  
メタンスリップ70%以上を達成



陸上ベンチでの開発目標を達成し、ステージゲート審査をクリア。



船上でEGRとメタン酸化触媒組合せでの初期評価を完了

触媒による  
メタンスリップ削減

**Kanadevia**

- ①触媒開発:済
- ②触媒要素評価  
耐久評価装置による評価:済
- ③触媒再生手法の検討、リスク評価:済
- ④触媒装置の設計、製作:済

 **YANMAR**  
**ClassNK**

実船実証船での  
触媒装置の搭載完了

実船実証船: 荘明



株式会社 **名村造船所**  
NAMURA SHIPBUILDING CO.,LTD.

**MOL** 商船三井

## 具体的な実証方案

実船実証について、2024年度～2026年度にて実施予定。

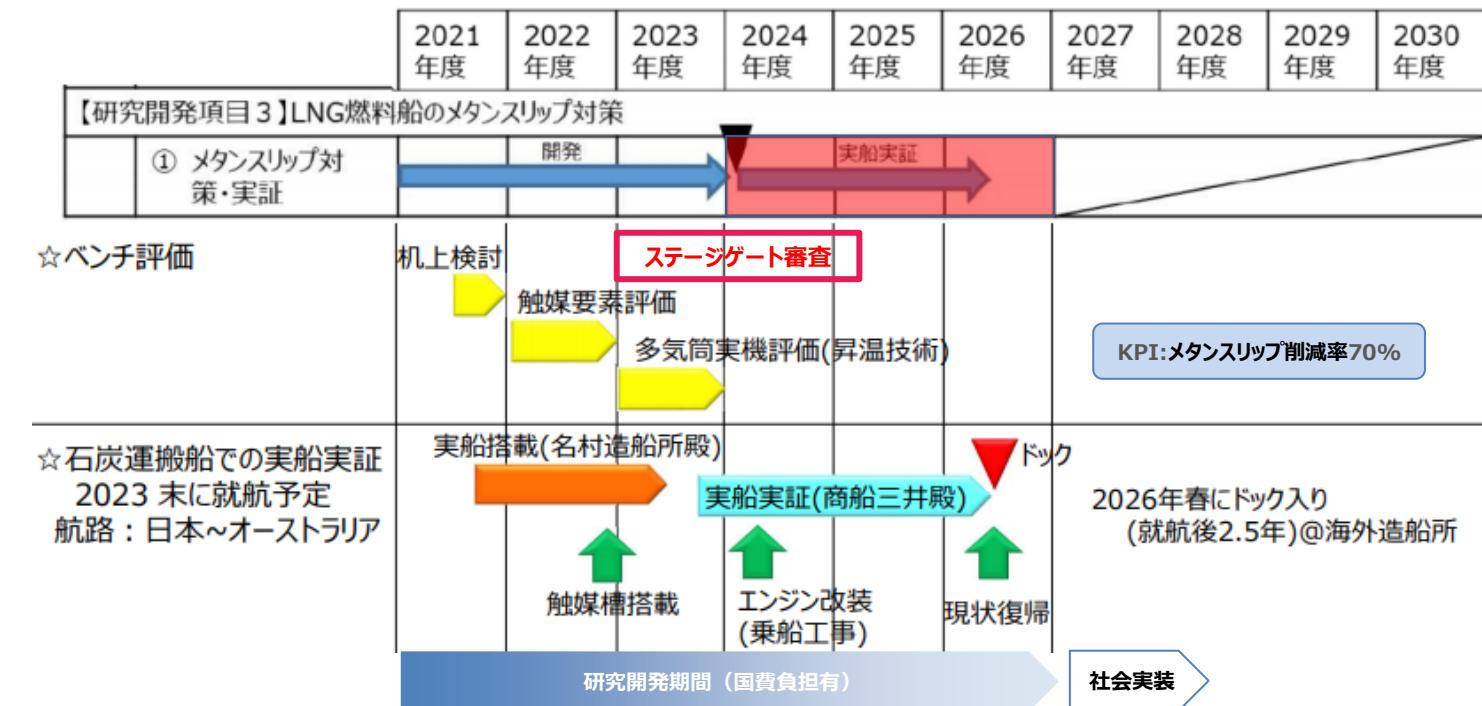
その具体的な内容としては、コンソ3社および関係各社において、

- 陸上試験において確認された所定の性能および機能について、船上でも同様に達成できることを確認する。
- 運行上問題ないこと、およびシステム運用・性能面の確認を行う。
- メタンスリップ削減率・各性能およびメンテナンス性を評価し、システム全体が実船上において問題ないことを証明する。
- 実証試験中の排ガス計測については、メタンのみではなくCO2も含めたTotal GHGの排出量についても併せて評価する。

商船三井として、

- ヤンマーが実施するシステム運用・性能面の検証、カナデビアが実施する触媒耐久性評価のため、実証船を運航する。
- 基本的に日本～オーストラリア、カナダ、インドネシア等の往復航路にて、2025年初夏頃から開始し約1.5年間試験を継続、2027年までを計画している。

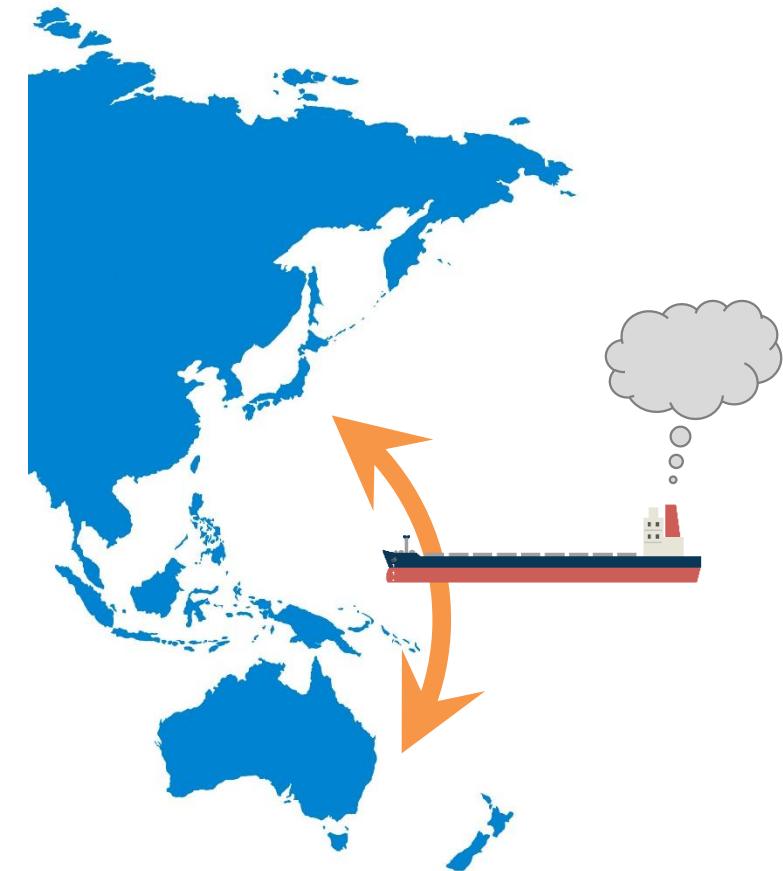
また、今回開発された装置の社会実装を目指すと共に、メタンスリップの計測に関する船上実測・陸上認証等のルール化についての調査や対応についても取組みを進める。



## 具体的な実証方案

装置の評価およびメタンスリップ計測に関し、具体的な実証方案についてコンソにて作成を完了。以下の要素を盛り込んだものとすることとしている。

- 期間を通し、エンジン排気（＝触媒槽入口）と触媒槽出口でのメタンスリップを連続計測し、エンジン単体での性能の評価および触媒の性能評価を行うとともに、装置の安定性やメンテナンス性についても評価を行う。
- 航海ごとおよび月・年ごとのメタンスリップ積算量を計測し、一定期間の排出実態を把握する。単位出力・単位時間あたりの排出量についても計測し評価に供する。
- 長期時間使用した吸着剤およびメタン酸化触媒の回収調査を行う。評価用サンプルは半年に1回を基本として吸着剤、触媒の各1ブロックを回収する。実証試験完了時には全てのブロックを回収し分析を実施、分析結果および遠隔監視データを各社で共有し寿命推定を行う。



## 具体的な実証方案

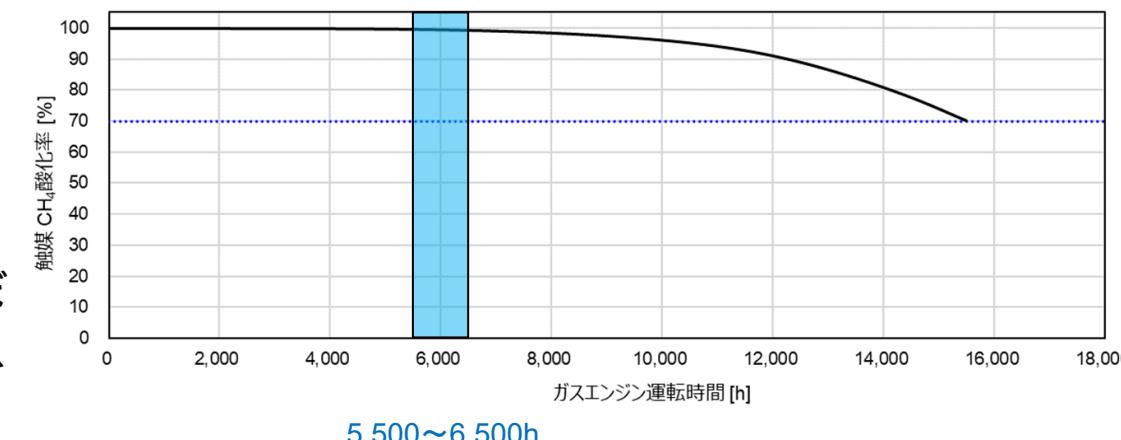
触媒性能の経時変化、及び装置全体の性能評価については、以下の通り検証する。

- 実証期間中の装置稼働時間の見込みは6,000時間程度。  
(24時間×365日×1.5年÷3台 +  $\alpha$ 、通常航海中の発電機運転は1台 出入港・入港中のみ2台)
- 各船級規則上最長のDock to Dock (定期検査) 期間は5年であることから、1年の半分程度の期間 (4,000時間) 発電機を運転することを想定し、触媒性能を20,000時間担保することを目指し開発している。  
(今回の実証用装置では槽の設計上、触媒手前の吸着材量を増やせず寿命15,000時間の仕様にて評価・検証する)
- 多くの船舶は運用上2.5年前後時点で中間検査のためDockに入り、本船REIMEIも同様。  
2.5年間発電機3台を均等に使用した場合、1台の運転時間は約7,300時間 +  $\alpha$  (並列運転分) となる。

→ 今回の実船実証においては一般的な船舶におけるDock to Dock

期間の2.5年分相当の装置稼働時間を確保し、最長の5年とした場合の約半分程の期間にて検証する。

期間を通し装置全体の継続的な安定性やメンテナンス性を確認すると共に、新品状態から期間終了までメタン酸化率の低下がほぼ発生しないことを検証し、同時に抜き出したサンプルの加速試験を陸上にて行い装置全体の評価を行う。

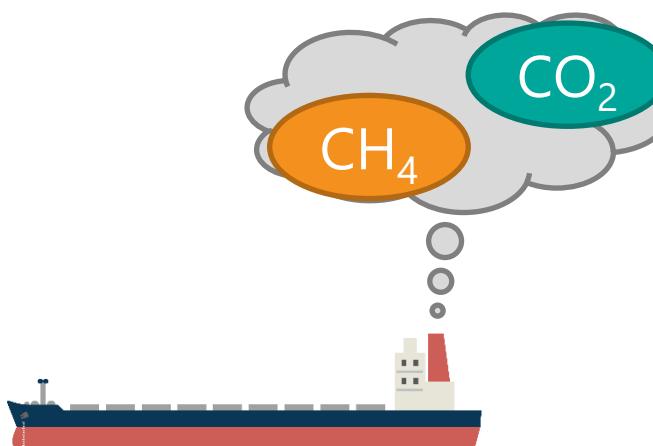


## 具体的な実証方案

今回の主目的であるメタンスリップ削減およびその装置評価に加え、関連する下記内容についても将来的な重要度は大きいものと考えられ、実証期間中の取組みに加えるものとする。

- ・ 上記と同じ内容の計測を、排ガス中のCO<sub>2</sub>についても同時にTotal GHGでの評価も行う。
- ・ メタンスリップの計測手法についても今回新たに構築しており、その有効性についても評価を行う。EUやIMOによるメタン排出への課金や規制等を見据え、各社今後の方針策定や対応を視野に入れた知見を得たい。
- ・ MEPC 83で採択されたメタンスリップ認証および評価のガイドラインや、排出係数の見直し等の議論、作業部会での進捗等について把握し、業界の最新動向について注視する。

また、IMOのGHG規制におけるメタンスリップ評価の議論において、当案件での知見に基づく意見を発信したい。



## [メタン計測器の選定(陸上ベンチ)]

1. Flame ionization detector + Nonmethane cutter  
水素炎イオン化型検出器 + 非メタンカッタ
2. Fourier transform infrared analyzer (FTIR)  
フーリエ変換赤外分光光度計  
※JIS規格を除く
3. Gas chromatograph with a flame ionization detector  
ガスクロマトグラフ 付き 水素炎イオン化型検出器

JIS, CFR, ISO

CFR, ISO

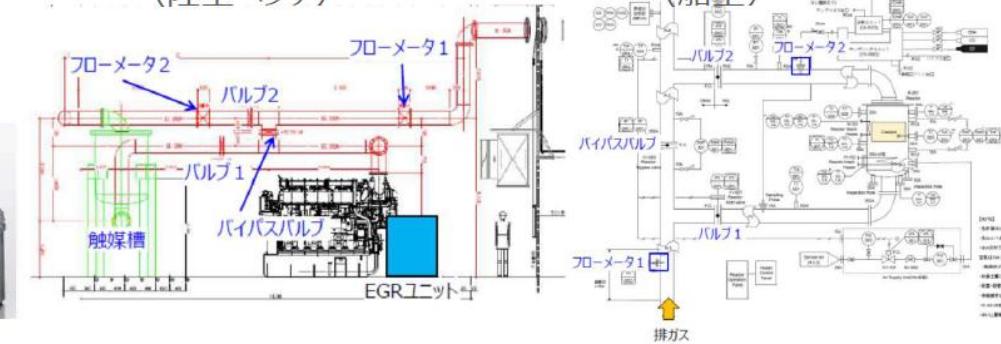
JIS, CFR, ISO

## [メタン計測器の選定(船上)]

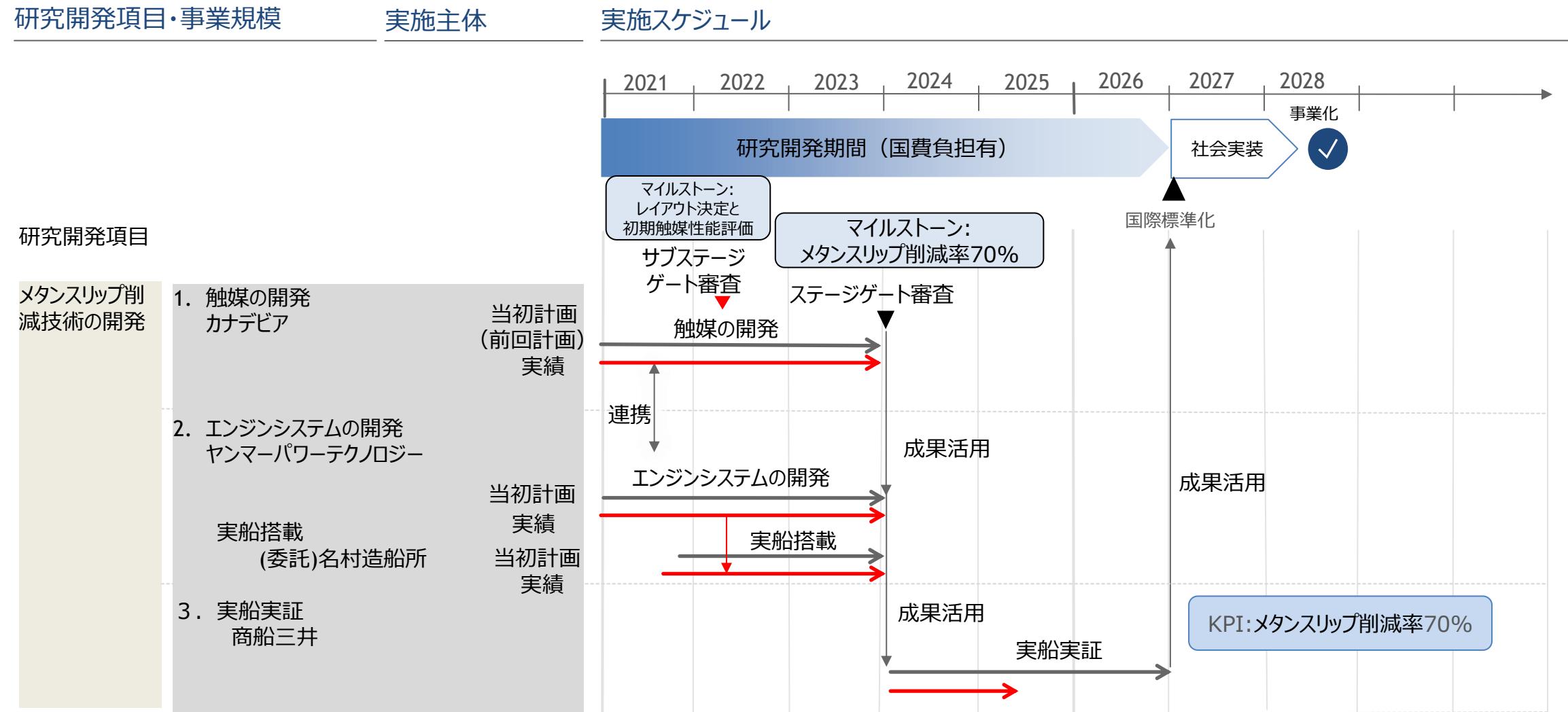
メーカー：堀場製作所

型式：VA-5113

分析方式：非分散形赤外線吸収法 (NDIR)

[サンプリングポイントの検討]  
(陸上ベンチ)

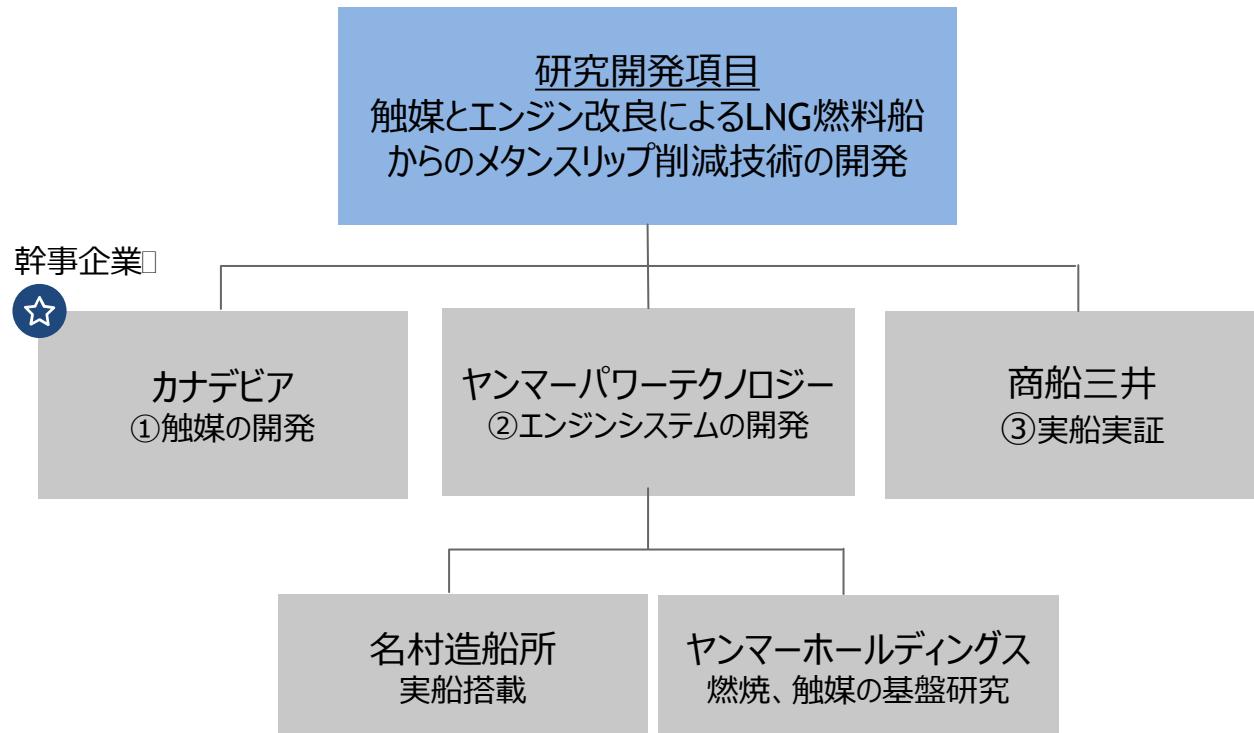
## 複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画



## 各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

## 実施体制図

※金額は、総事業費/国費負担額



## 各主体の役割と連携方法

## 各主体の役割

- 研究開発の全体の取りまとめは、カナデビアが行う
- カナデビアは、触媒の開発を担当する
- ヤンマーパワーテクノロジーは、エンジンシステムの開発を担当する
- 名村造船所は、実船実証のための準備として装置を船へ設置する
- 商船三井は、カナデビアの触媒、ヤンマーパワーテクノロジーのエンジンを用いて実船での実証運転を担当する

## 研究開発における連携方法

- 各社間での定例会にて情報共有し連携してプロジェクトを推進する
- Web会議システムを積極活用し定例会の頻度を上げ連携を高める

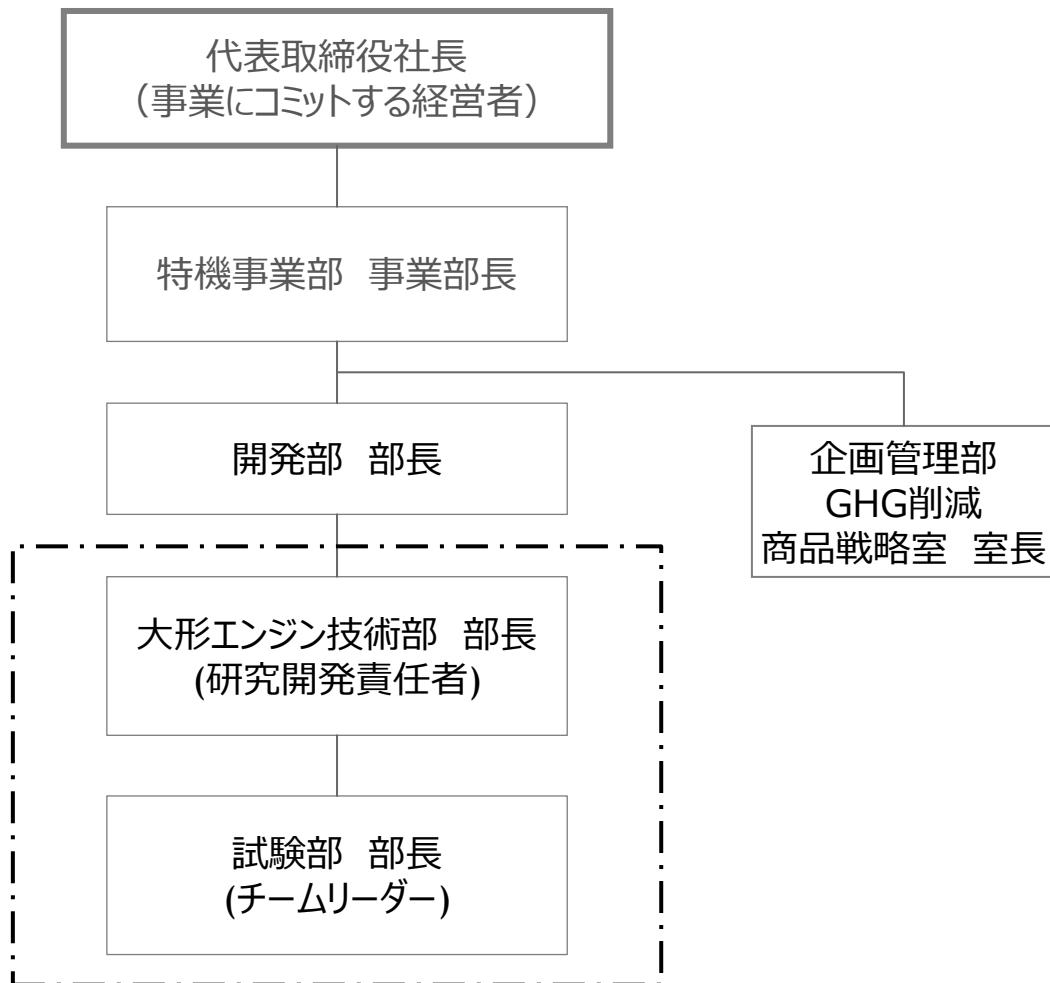
## 国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
メタンスリップ削減技術の開発	<p>1. 触媒の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>脱硝触媒の製造技術 <a href="https://www.hitachizosen.co.jp/business/field/energy/denitration.html">https://www.hitachizosen.co.jp/business/field/energy/denitration.html</a></li> <li>舶用脱硝触媒装置の製造技術 <a href="https://www.hitachizosen.co.jp/business/field/marine/diesel/">https://www.hitachizosen.co.jp/business/field/marine/diesel/</a></li> </ul>	<p>→</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>優位性：舶用触媒の製品化の知見、国内外への販売実績あり</li> <li>リスク：4ストロークエンジンへの触媒搭載実績なし</li> </ul>
	<p>2. エンジンシステムの開発</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>舶用,陸用向けのディーゼル,LNG,DFエンジンを製品ラインナップ</li> <li>自社開発の舶用脱硝触媒システム</li> </ul>	<p>→</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>優位性：多種燃料対応エンジン、脱硝触媒の製品化の技術力と販売実績</li> <li>リスク：舶用へのメタン酸化触媒の適用実績なし</li> </ul>
	<p>3. 実船実証</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>多くのLNG燃料船のオペレーション実績</li> <li>多くの舶用脱硝触媒システムのオペレーション実績</li> </ul>	<p>→</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>優位性：多種燃料対応エンジン、脱硝触媒のオペレーションノウハウと実績</li> <li>リスク：メタン酸化触媒の適用実績なし</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)

# 経営者のコミットメントの下、関係部門連係のもと開発部主導で推進

## 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：  
舶用4ストロークディーゼル・DFエンジン、SCRの開発等の実績
- チームリーダー：  
舶用4ストロークディーゼル・DFエンジン、SCRの開発等の実績
- 担当チーム  
開発部

大形エンジン技術部：エンジン設計を担当  
試験部：ベンチ, 実船での評価を担当  
アプリケーション技術部：実船搭載を担当  
先行技術部：触媒の開発を担当

### GHG削減商品戦略室での活動推進

- メンバーには、開発・営業・知財・企画機能等から中堅を兼務で登用
- カーボンニュートラル・ゼロエミッション商品参入/普及の実現に向けた、事業環境分析からの仮説設定と標準化戦略/普及戦略の立案・遂行中

### 部門間の連携方法

- 事業部内で月1回を目処に定期報告を実施
- PJチームによる定期ミーティング

## 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
  - 「A SUSTAINABLE FUTURE —テクノロジーで、新しい豊かさへ。—」をブランドステートメントとして掲げ、持続可能な社会の実現を目指し、「人間の豊かさ」と「自然の豊かさ」の両立を「新しい豊かさ」と位置付ける。
  - お客様の課題を解決とともに、「未来に向けて人間と自然が共生する」という我々が担っている社会的責任を果たすべく、「グループ環境ビジョン 2030」を掲げ、ホームページ上でも明示 2050年度に向けた中長期での5つの戦略課題の1つとして「循環する資源を元にした環境負荷フリー・GHGフリー企業への挑戦」を掲げ、「YANMAR GREEN CHALLENGE2050」を設定し、各事業・コーポレートでの対応を加速
  - YPT特機事業部では、脱炭素社会の実現に貢献すべく、ソリューション提案を継続推進。2024年1月には舶用水素燃料電池システムで日本海事協会から国内初のAiPを取得、市場投入 バッテリシステム、バイオ/LNG-DFなどGHG削減商品を提供中
- ・ 事業のモニタリング・管理
  - 事業運営・管理体制 公的研究費を活用して実施する補助事業等の運営・管理を適正に行うため、最高管理責任者の下、補助事業統括、推進管理、事業推進、内部監査それぞれの責任者を設定

### - 経営層の指示

経営層（最高管理責任者）への進捗報告、事業推進に関する監査を定期的に実施する仕組みを社内規程として制定している。

### - 社内外からの意見取り込み

弊社グループ内の研究部門の他、大学や社外の協力会社等から幅広い意見を取り入れられる体制で事業を推進している。

### (2) 経営者等の評価・報酬への反映

- ・ 2021年度のYPT特機事業部中期ローリングにおいて重点戦略テーマとして、「カーボンニュートラル拡大に向けた多燃料パワーソース獲得」を設定 2022年度にYPT特機事業部方針の重点課題として設定後、継続して、月例会議にて進捗を報告・管理
- ・ 2025年度も、YPT特機事業部方針の重点課題の1つとして、「パワーソース多燃料化商品投入」を掲げ、本メタンスリップ削減エンジンシステム開発を重点フォロー中
- ・ 重点課題の達成度は事業部の評価項目となっており、事業の進捗状況が事業部長の評価に反映される仕組みとなっている。

### (3) 事業の継続性確保の取組

- ・ 2021年度から継続して2025年度もYPT特機事業部中期ローリングにおける重点戦略テーマに位置づけをした上で、機能別戦略として具体的なアクションプランを作成し、中期関連資料として関連部門長で共有済み。
- ・ 中期事業戦略は、事業部長の引継ぎ資料の1項目として扱われるため、正確かつ確実に引継ぎが実施される体制を担保している。

## 経営戦略の中核にGHG削減事業を位置づけ、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
  - 2021年度ヤンマーグループ中期戦略立案方針において、長期的に目指す姿の1つとして「循環する資源を元にした環境負荷フリー・GHGフリーの企業になる」を掲げ、グループとして脱炭素戦略を策定
  - 当社尼崎工場では2024年度からCO<sub>2</sub>排出0のグリーン電力購入を開始したとともに、場内設置の太陽光パネルの増設を実施(GXリーグへは現状未参画だが、CSRDを通じてヤンマーグループとして気候変動に対するリスクと機会の分析を進めており、気候変動への対策は確実に推進)
- 経営戦略への位置づけ、事業戦略・事業計画の決議・変更
  - YPT特機事業部として、カーボンニュートラル実現に向けた商品ロードマップ、研究開発費投資計画を策定  
毎年の中期ローリングにてリバイスを実施  
毎月開催の事業部内執行会議において、重点課題として計画の進捗を継続フォロー
- コーポレートガバナンスとの関連付け
  - YHDの中期戦略レビュー（グループ戦略会議）で承認済  
2023年度、中期事業戦略ローリング内容について承認済  
2024年度もローリング実施予定
  - YHD主催の事業報告会にて、重点課題であるカーボンニュートラルへの対応進捗を月次で報告

### (2) 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
  - グループ全体を包括する脱炭素戦略内のグループ水素戦略を加速
  - ヤンマーグループのブランドステートメント「A SUSTAINABLE FUTURE」の実現に向け、CSR報告書等により、適宜、推進事項を開示中
  - GI基金採択はプレスリリースにて公表済み(2021年10月26・27日)
  - 2023バリシップ・Nor-Shipping・MARINTECH CHINA、ギリシャ技術セミナー、Sea Japan・Posidonia2024などでメタンスリップ低減技術の取り組みを積極的に情報発信
  - Sea Japan2024では、国内初のAiP・SOFをNKブースで受領、プレスリリースともに情報発信
  - 2024/5/29には社員含む1,000人以上の規模で技術懇談会を開催  
メタンスリップ低減技術の確立にむけた取り組みを関係各所に紹介
  - 2024/9SMM\*出展、シンガポール船主大会出席  
ほか欧州、中国など船主、造船所を訪問しアピール
  - バリシップ2025でのPRはじめ、2025年度も活動を継続
- 企業価値向上とステークホルダーへの説明
  - 非上場であるため、投資家への説明予定は無いが、金融機関等へは実施
  - 2024年株式会社日本政策投資銀行のDBJ環境格付けにおいて、“最高ランクA”を20年連続で取得
  - 定期的に開催している取引先、従業員への事業状況説明会などの場で、特機事業部方針とその進捗報告を継続実施
  - タウンホールミーティングや説明会を定期、不定期で従業員向けに開催

# 温室効果ガス排出削減のための取組状況

## 温室効果ガス排出削減のための取組状況

- 当社は、GXリーグに参画しておらず、また「2022年度CO<sub>2</sub>排出量が20万t未満の企業」に該当
- 温室効果ガス排出削減のための具体的な取り組みは以下の通り。

### 【電気】

- 事業継続計画対応でDFエンジンを既に設置しており、カーボンニュートラル (CN) ガスの使用比率を段階的に上げる中期計画で太陽光パネルの設置を増設
- また、CO<sub>2</sub>排出0のグリーン電力を2024年から購入開始  
(営業所使用の通常電力の25年使用率は全体の約2%程度)

### 【ガス】

CO<sub>2</sub>排出実質0であるCNガスの使用比率を25年77%→30年100%へと段階的に上げる

### 【石油】

- 当社が多数製品を納入しているバルクキャリアの建造が増加する事もあり、石油使用量は30年まで対25年比2%程度増加し、また30年にカーボンクレジットを100%購入予定
- 一方、水素燃料電池システムの商品化により、ディーゼルエンジンの需要から水素燃料電池の需要へ一部シフトし、試運転時の石油使用量が減少
  - R15年度（2033年度）CO<sub>2</sub>排出量▲74.8t想定  
(エンジン試運転 CO<sub>2</sub>排出量2.2t/台×34台)
- 本事業で、水素専焼エンジンが商品化されれば、更にCO<sub>2</sub>排出量の削減が可能

### 【社外への公開状況】

- 当社のCO<sub>2</sub>排出削減の取り組みは、自社ホームページYANMAR GREEN CHALLENGE 2050にて公開
- また、同ホームページ内で『環境負荷の少ない製品や部品・材料等を優先的に購入』するためのグリーン調達ガイドラインを公開  
<https://www.yanmar.com/jp/about/ygc/>

	2025	2026	2027	2028	2029
総電力使用量 (MWh)	39,791	40,698	41,616	42,546	43,488
自社設置	自家発電 <sup>※1</sup> (%)	20	20	19	19
コーポレートPPA (長期電力 購入契約)	オンサイトPPA (%)	2	2	2	2
	オフサイト バーチャルPPA (%)	8	16	23	31
系統電力	グリーン電力 (%)	68	60	54	47
	通常電力 (%)	2	1	1	1
ガス使用量 (GJ)	153,877	159,028	166,292	174,026	182,271
CNガス (%)	77	82	86	91	96
石油類使用量 (KL)	7,716	7,730	7,776	7,823	7,871
石油類由来CO <sub>2</sub> 排出量 (t-CO <sub>2</sub> )	20,471	20,499	20,613	20,732	20,853

## 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
  - 現在の開発部員からDFエンジンや触媒の知見を持つメンバーを選抜
  - LNGエンジンの増産に向けて生産設備増強を実施
  - 短期的な経営指標に左右されず、資源投入を継続
  - 国費以外にも研究開発投資・設備投資等に自社で資金投入を実施  
※「資金計画」シート参照
- 機動的な経営資源投入、実施体制の柔軟性確保
  - 事業の進捗状況や事業環境の変化を踏まえ、必要に応じて、開発体制や手法等の見直し、追加的なリソース投入等を行うために、現場への権限委譲等をふくめ準備、体制を構築
  - 必要に応じて、目標達成に向け、躊躇なく大学等の研究機関を活用
  - 顧客である運航会社・造船所と共同でプロジェクトを推進することにより、開発状況を定期的に確認

### 専門部署の設置

- 専門部署の設置
  - 開発部内で重点テーマとして取組み専門部署は設置しない。
  - 事業環境の変化に合わせて、産業アーキテクチャや自社のビジネスモデルを不斷に検証する体制を構築する。
  - GHG削減商品戦略室での活動推進  
2022年9月に設置、標準化戦略の立案・推進中  
各機能の中堅・若手社員が現業と兼務する形で編成し育成機会を提供
- 若手人材の育成
  - 中堅・若手社員を中心に開発チームを結成し、育成機会を提供
  - 本プロジェクトにおける、触媒メーカー、造船所、船社など関係各所とのコラボレーションを活用し、社内外技術者、関係者と交流を図ることで、視野を広げ、能力の向上につなげる。

## 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、下記等の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

- 開発目標未達による遅延のリスク  
→ 2024年頃にステージゲートを設けて判断  
→ 触媒側とエンジン側でお互いの技術を補完

##### 社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- 建造遅延による実船の手配遅延リスク  
→ 進捗確認にて、計画を管理する

##### その他（自然災害等）のリスクと対応

- パンデミックによる機器手配遅延のリスク  
→ 判明次第、関係各所へ連絡  
スケジュールを立て直す
- 台風、落雷による停電  
→ バックアップ電源準備する
- 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  
→ 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  
等の協議を行う。

- 
- 事業中止の判断基準：
    - 実船実証にあたり、船の運航に影響を与えることが判明した場合、対策を講じても改善が見られない場合、対策案が尽きた場合に中止する

