

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：株式会社 商船三井、代表名：代表取締役社長 橋本 剛

（共同実施者：日立造船 株式会社[幹事会社]，ヤンマーパワーテクノロジー株式会社）

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

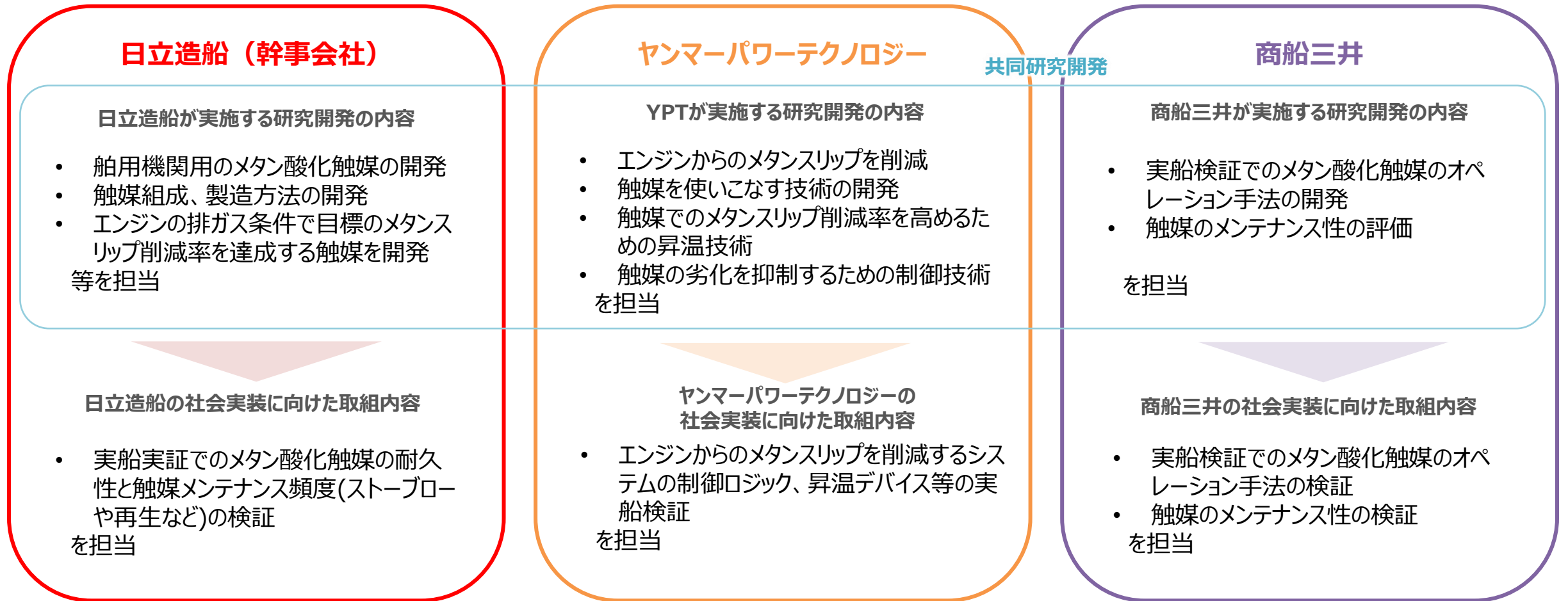
3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）

- (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

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担



（提案プロジェクトの目的：LNG燃料船からのメタンスリップ削減）の実現

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

カーボンニュートラル社会への架け橋となる燃料として、LNGが主要な役割を担うと予想

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）

- 世界各国で2050年のカーボンニュートラル目標の設定
- 世界が環境やサステナビリティ重視へと向かうなかでも、当面は「脱炭素」と「循環型経済」の二つがキーワードとなる
- 当社顧客（荷主等）の脱炭素社会に向けた意識の高まり

（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
- 投資家や金融機関においても、運用にESG評価を取り入れるなどの動きが広がっている（ポセイドン原則など、海運に特化した動きもある）

（政策面）

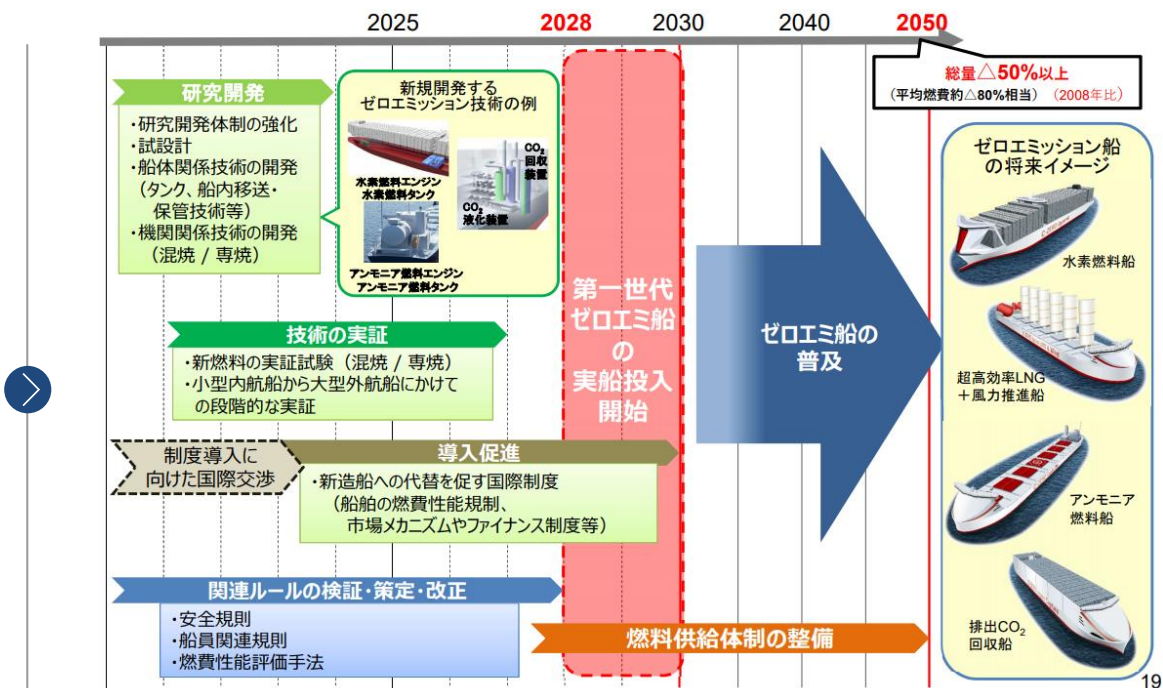
- IMO GHG strategy（'18年設定、'23年目標値強化見込み）
- IMO 既存船燃費性能規制や燃費格付け制度の施行（'23年から）
- EU ETS対象拡大やEU ETS対象拡大の議論
- IMOでのメタンスリップ低減に対する議論の高まり

（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低減に向けた動き

- 市場機会：
国際海運を担う外航船の低炭素化・脱炭素化が求められ、エネルギー効率改善だけでなく、クリーン代替燃料への転換が必須となる
- 社会・顧客に与えるインパクト：
LNGなどの代替燃料を用いた環境負荷の小さい輸送を提供することで、自社からの排出削減に加え、荷主など顧客のサプライチェーン上の低/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



出典：国交省「国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ」

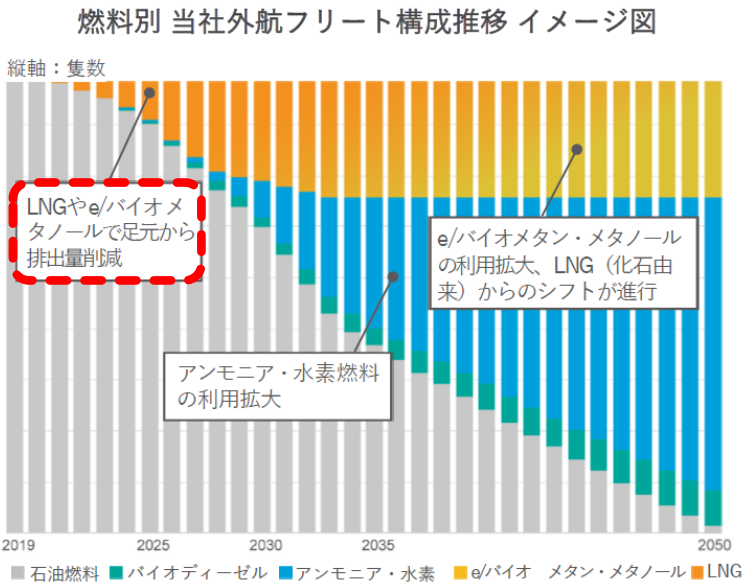
- 環境負荷低減に対する経営ビジョン：
『商船三井グループ 環境ビジョン2.2』
中心的な課題として取り組む気候変動対策に関し、2050年ネットゼロ・エミッションを軸とする3つの中長期目標を掲げ、その実現へ向けた具体的な道筋を示している

当社GHG削減への取組のうちLNG燃料船をターゲットとして想定

セグメント分析

当社はGHG排出削減において最大の役割を果たすグリーン代替燃料の導入を加速度的に進めます。まずは**LNGなど今すぐ実用可能な燃料に足元から取組み**、将来的にはアンモニアをはじめとする次世代燃料の普及による削減効果を最大限に取り込むことを目指します。

当社グループは内航船では電気推進のネットゼロ・エミッション船を2022年より運航開始しています。外航船では2020年代後半にネットゼロ・エミッション外航船の運航開始を目標としています。さらに2030年以降、取組みを加速させ、2035年に向けて130隻規模まで拡大し、GHG排出原単位を約45%削減する目標を掲げています。

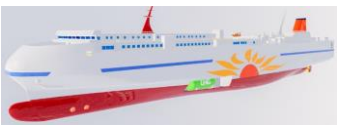


出典：「商船三井グループ 環境ビジョン2.2」

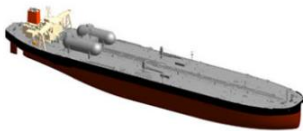
ターゲットの概要

当社グループでは既にLNGをはじめ複数のグリーン代替燃料船が具体化

LNG燃料タグボート 2019年 竣工済み	LNG燃料フェリー（2隻） 2023年竣工済み	LNG燃料フェリー（2隻） 2隻追加 25年竣工予定	LNG燃料自動車船（8隻） 24年から25年竣工予定
---------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------



ケープサイズバルカー（6隻） 2025年から2026年に竣工予定	VLCC（2隻） 2025年から2026年に竣工予定
--	--------------------------------------



- 環境負荷低減に対する経営ビジョン『商船三井グループ 環境ビジョン2.2』にて
- ✓ 多様な外航船への代替燃料展開を模索
 - ✓ LNGを燃料とした船を2030年までに90隻を投入、ネットゼロ・エミッション外航船隻数130隻まで拡大する計画を発表

代替燃料導入
マイルストーン

2030年 ゼロ・エミッション燃料
使用割合 5%

2030年 LNG/メタノール燃料
外航船隻数 90隻

2035年 ネットゼロ・エミッション
外航船隻数 130隻

1. 事業戦略・事業計画／（3）提供価値・ビジネスモデル

LNG燃料船およびメタンスリップ低減技術を用い環境負荷低減価値の提供

社会・顧客に対する提供価値

- LNG燃料船のメタンスリップ低減
- NOx , SOx規制の満足維持
- 自社運航船からのGHG排出削減に加え、荷主など顧客のサプライチェーン上の低/脱炭素化に貢献

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

LNG燃料船化の対象船種の拡大検討
(LNG燃料船90隻/2030年)

*18隻分の投資決定済み（2023年8月現在）

LNG燃料船へのメタンスリップ低減技術の導入検討



鉄鋼原料船



中小型バルカー・近海船



木材チップ船



油送船



LNG船・海洋事業



石炭船



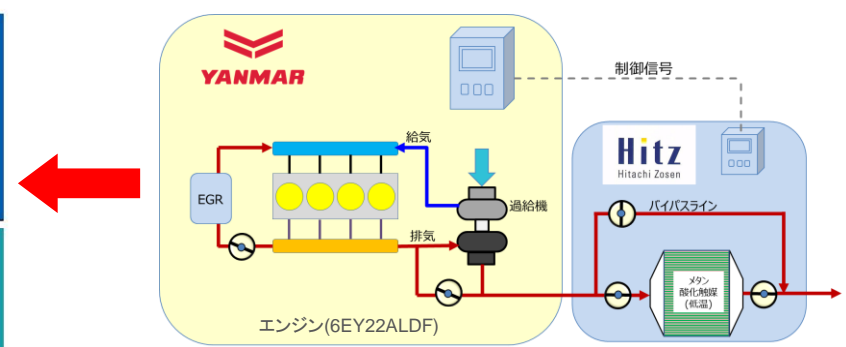
MOL
商船三井



自動車船



フェリー・内航RORO船



- メタンスリップ低減技術
- メタン酸化触媒
 - 空燃比リッチ化による低減

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）

標準化を活用し、メタンスリップ削減システムに関するルール形成を推進

海外の標準化や規制の動向

（海外の標準化動向）

- 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）
＊ Daphne Technology社はメタン除去技術でAiP（LR,DNV）取得
- メタンスリップの計測手法の標準化が求められる。



（規制動向）

- 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よう議論されている。

標準化の取組方針

- メタンスリップの計測、評価手法の確立

標準化の取組内容（全事業期間通じて）

（標準化によるイノベーション基盤の構築）

- メタンスリップ削減システムの安全性要件の確立
船級、造船所、触媒メーカー、エンジンメーカーと共同して
IGFコード、IGCコードをベースに安全性要件の作り込み推進
- 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

（標準化推進体制の構築）

- 国際機関の対応専任者を配置済み
- 経営レベルの「環境・サステナビリティ委員会」を新設済み、環境対応に取り組む各部横断のプロジェクトチームは既に複数あり、必要に応じて今後プロジェクトチームの立ち上げも検討する

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

- メタンスリップ低減技術の確立
- LNG燃料船の導入を加速
- GHG削減効果をLNG燃料船に展開

自社の強み

- ✓ LNG運搬船の所有・管理・運航は世界トップクラスのシェア
- ✓ 既に複数のLNG燃料船が具体化済み
- ✓ 世界最大のLNGバンカリング船を就航済み

LNG燃料タグボート
2019年 竣工済み



LNG燃料フェリー（2隻）
2023年竣工済み



LNG燃料フェリー（2隻）
2隻追加 25年竣工予定



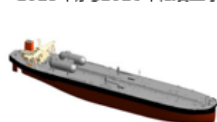
LNG燃料自動車船（8隻）
24年から25年竣工予定



ケープサイズバルカー（6隻）
2025年から2026年に竣工予定



VLCC（2隻）
2025年から2026年に竣工予定



自社の弱み及び今後の対応

- ✓ 大型LNG燃料船、LNGバンカリング船の経験が浅い
- ⇒LNG船のオペレーション、船舶管理の知見を活かして短期間でLNG燃料船を拡充し、内航船、外航船問わずLNG燃料船の分野でも世界有数の船社となることを目指す

他社に対する比較優位性

技術

- LNG運搬船は世界有数の運航隻数
- 浮体式LNG貯蔵再ガス化設備（FSRU）、およびLNGを使った洋上発電船就航済み
- LNG燃料タグ就航済み
- LNGバンカリング船就航済み
- LNG燃料フェリー建造中
- LNG燃料外航船を発注済み
- LNG燃料自動車船（8隻）建造決定



- LNG燃料船90隻（2030年）

* 18隻分の投資決定済み（2023年8月現在）

競合 A社

- LNG燃料船を就航済み
- LNGバンカリング船を就航済み

顧客基盤

- これまでのLNGプロジェクトを通じて築いたオイルメジャーや大手トレーダーとの強いパイプ
- 世界各地に広がるサービスネットワーク



- LNG燃料船の顧客となる自動車メーカーや鉄鋼メーカー、電力会社等へ当社と同様に営業活動を行っている

1. 事業戦略・事業計画／（5）事業計画の全体像

メタン削減量をCO2換算し、想定経済価値で試算、実証も含め2027年度頃の投資回収を想定



Region	Sector	2025	2040
Stated Policies			
Canada	Power, industry, aviation, others*	34	38
Chile	Power	8	20
China	Power, industry, aviation	17	35
European Union	Power, industry, aviation	34	52
Korea	Power, industry	34	52
South Africa	Power, industry	10	24
Sustainable Development			
Advanced economies	Power, industry, aviation**	63	140
Selected developing economies	Power, industry, aviation**	43	125

(*) CO2想定経済価値は、
IEAのSustainable Development Scenarioの水準である
約\$60/トン-CO2を用いる
(1ドル=143.0円換算/2024年1月)

研究開発投資額はコンソーシアム全体の金額を記載

出典元：International Energy Agency発行
World Energy Outlook 2020 P81より

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">コンソーシアム内でのエンジンメーカー・触媒メーカーとの協業による開発内容への反映	<ul style="list-style-type: none">2021-23年3年間で、低・脱炭素分野に約2,000億円の投資を計画インターナルカーボンプライシング(ICP)の導入（社内の脱炭素事業促進のため、また制度的カーボンプライスの備えとして導入）	<ul style="list-style-type: none">ステークホルダーとの共創を通して環境課題の解決に取り組む人・社会・地球のサステナブルな発展に貢献
進捗状況	<ul style="list-style-type: none">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	<ul style="list-style-type: none">2023-25年度で6,500億円程度を<ul style="list-style-type: none">①自社からのGHG排出削減②低・脱炭素エネルギー事業拡大への投資を計画	<ul style="list-style-type: none">プレスリリースなど積極的なPR活動を実施
国際競争上の優位性	<ul style="list-style-type: none">LNG燃料船の運航に伴う知見国際ルール制定参画によるルールの先取り市場展開		<ul style="list-style-type: none">低環境負荷のLNG燃料船による輸送サービスの提供による顧客確保・拡大

1. 事業戦略・事業計画／（7）資金計画

国の支援に加えて、約10.2億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	2027年度	...	～2035年度
事業全体の資金需要			約18.9億円						
うち研究開発投資			約12.2億円						
国費負担			約5.8億円						
自己負担			約13.1億円						

本事業期間にて発電機エンジンからのメタンスリップ削減技術開発を完了させた後、引き続きメタンスリップ削減技術の確立に向け、自己負担により継続的な研究開発投資を実施する予定

2. 研究開発計画

2. 研究開発計画／（1）研究開発目標

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)[日立造船]
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CO₂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。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（全体像）

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)
- 1. 触媒の開発 [日立造船]
模擬ガスでのメタン酸化率を確認
 - 2. 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エンジンは存在しない
 - 3. 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

- 1. 触媒組成、製法検討による性能向上
 - ① 触媒組成の最適化
 - ② 触媒製法の最適化
 - ③ 排ガスでの触媒評価から課題抽出、改善
- 2. メタンスリップ削減
 - ① メタン酸化触媒との協調制御
 - ② 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
- 3. 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

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）

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

a.触媒の開発

直近のマイルストーン

空間速度 $\geq 7,000\text{h}^{-1}$ にてメタン酸化率70%をDock To Dock相当の期間運転に目途



これまでの（前回からの）開発進捗

- ・吸着材と触媒の組成及び形状の最適化により耐久性が飛躍的に向上
当初計画の半分の触媒量(SV:14,000h⁻¹)で15,000時間の間、再生なしで性能維持の見込み
20,000hの間、性能維持できる仕様に目途がついた触媒が再生可能であることも確認済み
- ・実排ガスを使った試験で耐久性を確認中
短期間での触媒性能低下は見られず、さらし時間を長くして確認中

進捗度

進捗度：◎

目標としているDock To Dock相当の期間運転の方策に道筋を立てた

触媒製法の最適化



- ・製造設備の導入と量産条件の確立を行い、量産した吸着剤及び触媒の陸上試験反応器への据付を完了

進捗度：◎
・実証試験に対応可能な量産体制を確立

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）

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

触媒の
開発

直近のマイルストーン

陸上ベンチでの触媒によるメタンスリップ削減率:70%以上の達成
[ステージゲート目標]



これまでの（前回からの）開発進捗

[触媒評価技術の確立]

- ・触媒単体耐久評価装置での吸着剤、触媒のスクリーニングを実施しベンチ試験、実船実証用の吸着剤、触媒を選定完了。
- ・陸上ベンチでの触媒システムの評価
陸上ベンチでのエンジンと触媒組合せでの評価を実施し触媒で95~98%,エンジンとの組合せで97~99%の削減率を達成

進捗度

◎
(理由) 計画通りに耐久評価装置による触媒選定を完了
陸上ベンチでの目標メタンスリップ削減率を達成

2

エンジン
システム
の開発

陸上ベンチでのエンジン出口からのメタンスリップ削減:60%以上の達成
[ステージゲート目標]



[エンジン出口でのメタンスリップ削減技術の構築]

- ・単気筒試験機でのEGR率の見極め
EGR率20%でメタンスリップ削減率:64%を確認
- ・多気筒試験機用のEGR関連機器の設計
EGR関連装置、制御のベンチ評価結果による作り込み
- ・陸上ベンチ評価
EGR率等の最適化により、エンジン出口で実用負荷域で61~68%減を達成

◎
(理由)
メタンスリップ削減率60%達成

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

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

1
a.触媒の
開発

直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
空間速度 $\geq 7,000\text{h}^{-1}$ にてメタン酸化率70%をDock To Dock相当の期間運転に目途	特になし	
触媒製法の最適化	特になし	

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

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
1 触媒の開発	陸上ベンチでの触媒によるメタンスリップ削減率:70%以上の達成 [ステージゲート目標]	[触媒評価技術の確立] 特になし 日立造船殿と共同で推進する	日立造船殿と共同で推進する
2 エンジンシステムの開発	陸上ベンチでのエンジン出口からのメタンスリップ削減:60%以上の達成 [ステージゲート目標]	[エンジン出口でのメタンスリップ削減技術の構築] ・長時間使用時の各部品の信頼性	コンソメンバーと共に実船実証で検証を実施する。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

これまでの研究開発目標の達成状況

- ① 「メタン酸化触媒量として空間速度 $\geq 7,000\text{h}^{-1}$ にて
メタン酸化率70%の性能の確認」
- ② エンジン出口でのメタンスリップ削減技術の構築
- ③ 触媒評価技術の確立

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

これまでの研究開発目標の達成状況

- ① 「メタン酸化触媒量として空間速度 $\geq 7,000\text{h}^{-1}$ にて
メタン酸化率70%の性能の確認」
- ② エンジン出口でのメタンスリップ削減技術の構築
- ③ 触媒評価技術の確立

1. メタン酸化触媒及び吸着材の仕様確立

→メタン酸化触媒及び吸着材の耐久性を検証

2. 触媒槽構造の確立

→構造検討及び試作による検証

3. 多気筒試験機による評価

→実証装置・陸上試験の試験装置納入及び艤装状況を確認

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

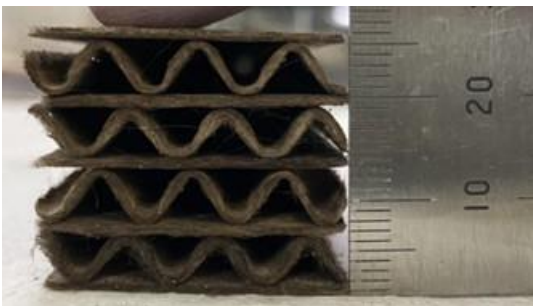
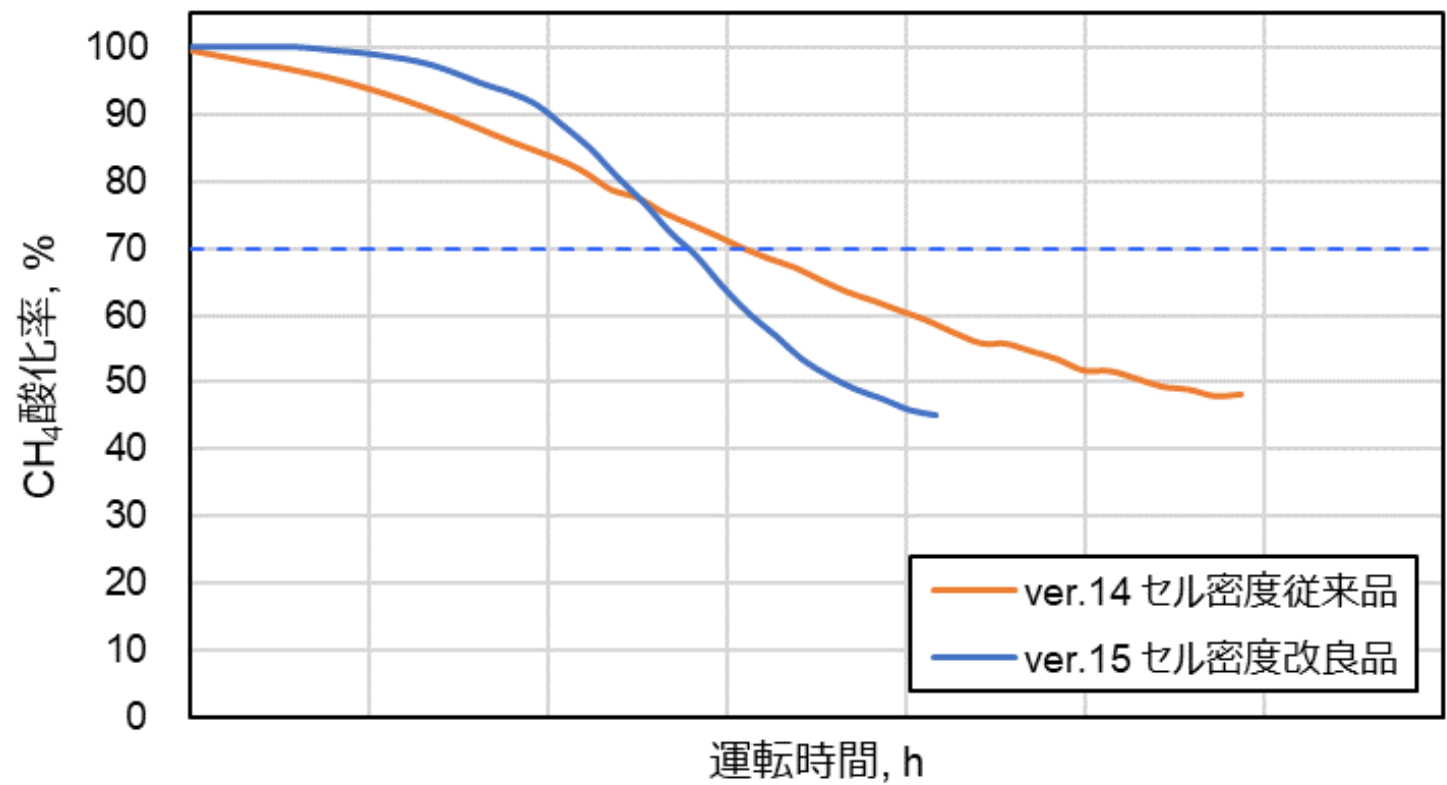
1）メタン酸化触媒及び吸着材の仕様確立

- ✓ 目的：Dock to Dock相当時間メタン酸化率70%を維持するための触媒及び吸着材の確立
- ✓ 実施項目
 - 課題：
Dock to Dock 時間相当性能を維持する触媒と吸着材を探索する
 - 方法：
触媒、吸着剤ともに高性能な組成を実証船に搭載する形状で耐久試験を実施する
耐久試験は加速試験で実施

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取り組み）

耐久性

セル密度を変えた触媒の耐久性を確認(SV: 7,000h⁻¹, 400℃, SO₂: 0.1ppm)



ver.14 セル密度従来品



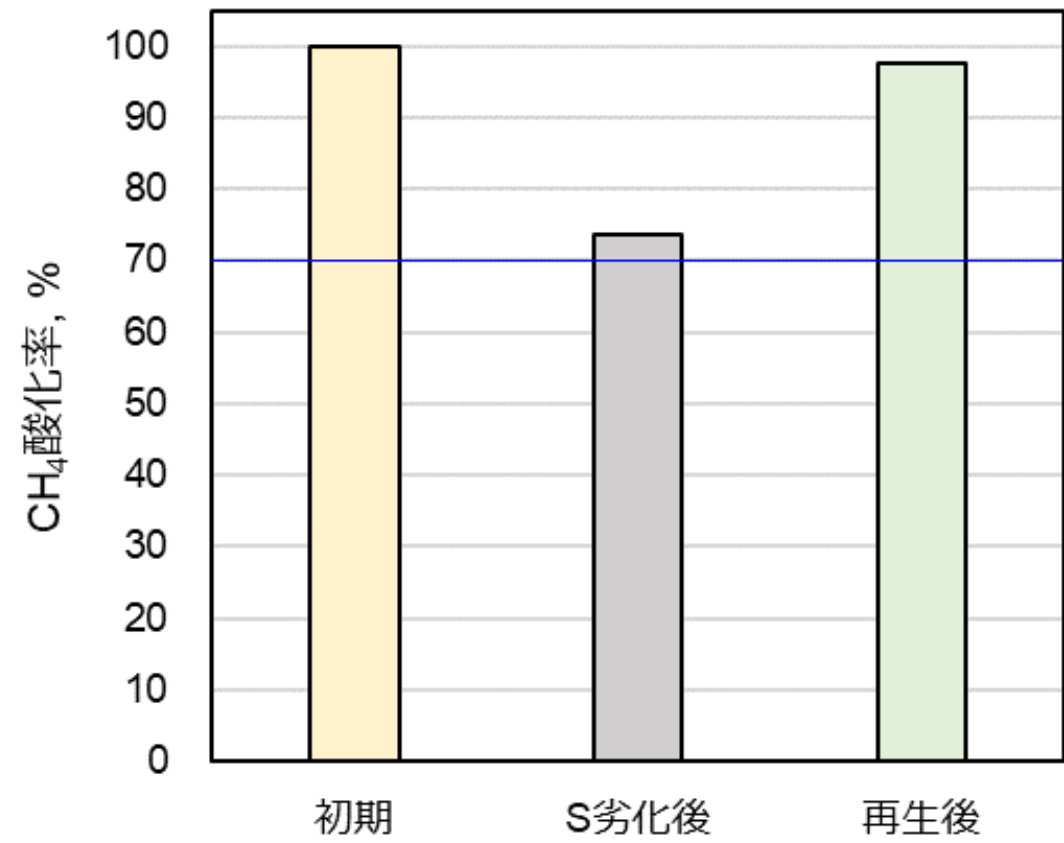
ver.15 セル密度改良品

セル密度従来仕様は劣化速度が緩やか

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取り組み）

触媒再生

SO₂での劣化後及び再生処理後の触媒性能を確認(SV: 7,000h⁻¹, 400℃)



【性能評価条件】

温度: 400℃
CH₄: 1,000ppm、O₂: 12%、H₂O: 8%

【Sさらし条件】

温度: 400℃、処理時間: --h
SO₂: 10ppm、CH₄: 1,000ppm、O₂: 12%、H₂O: 8%

【再生条件】

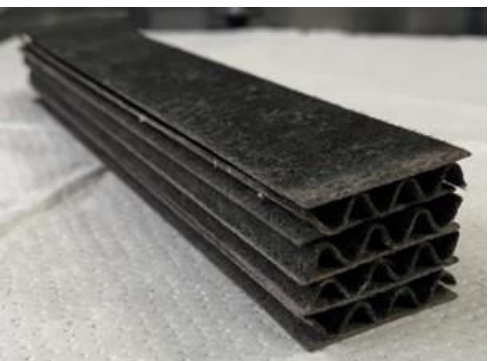
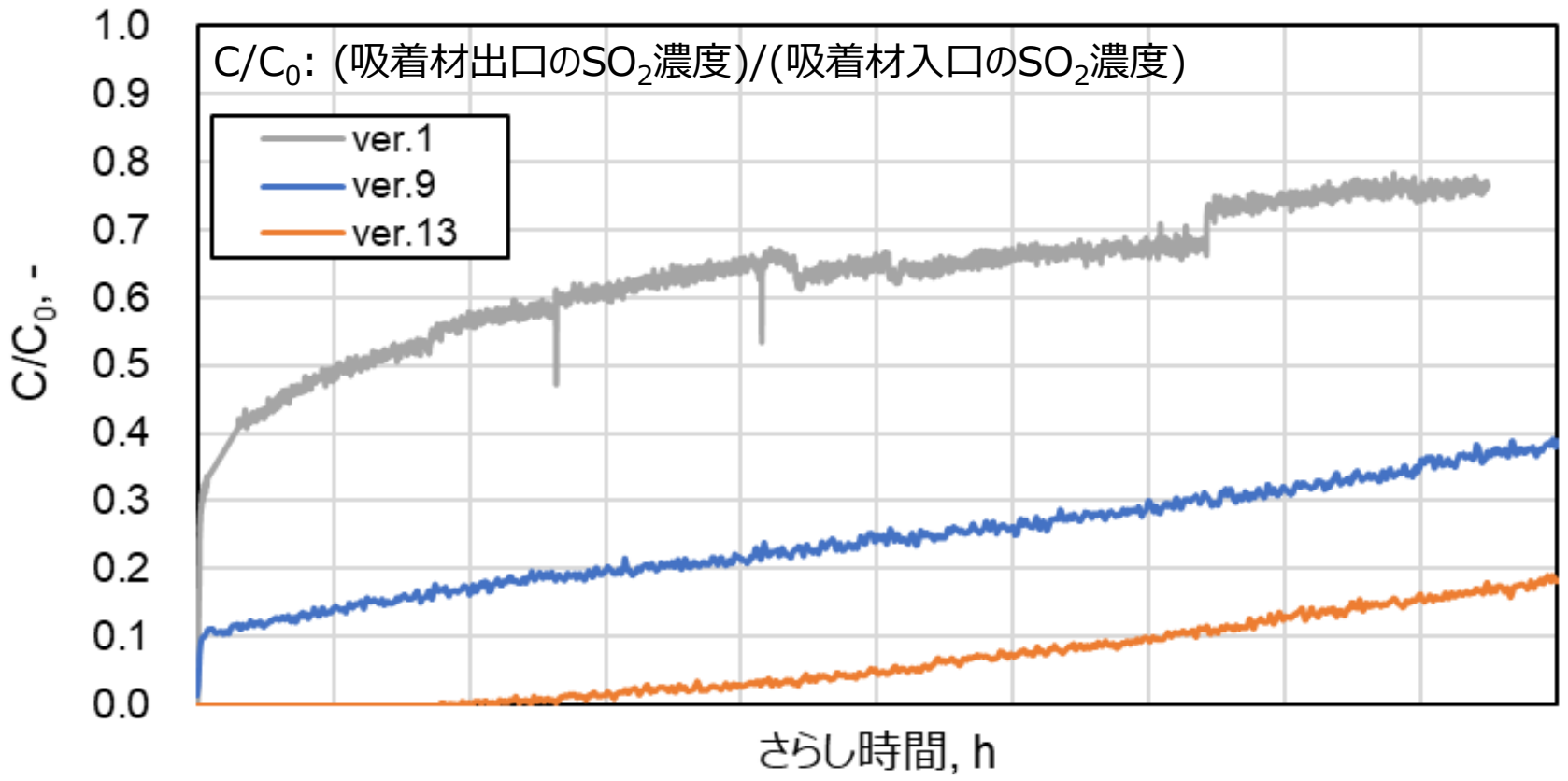
温度: --℃、処理時間: --h
CH₄: 1,000ppm、O₂: 12%、H₂O: 8%

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取り組み）

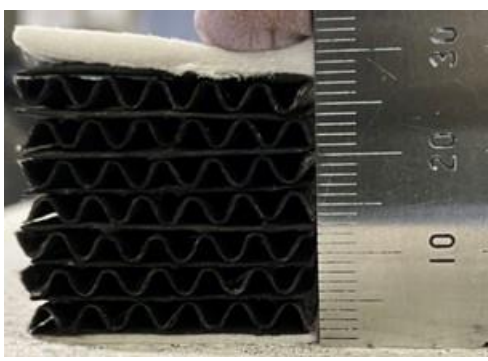
吸着材

セル密度を変えた吸着材の性能を確認

実機SO₂: 0.1ppmの場合、100倍加速想定



ver.9 セル密度従来品



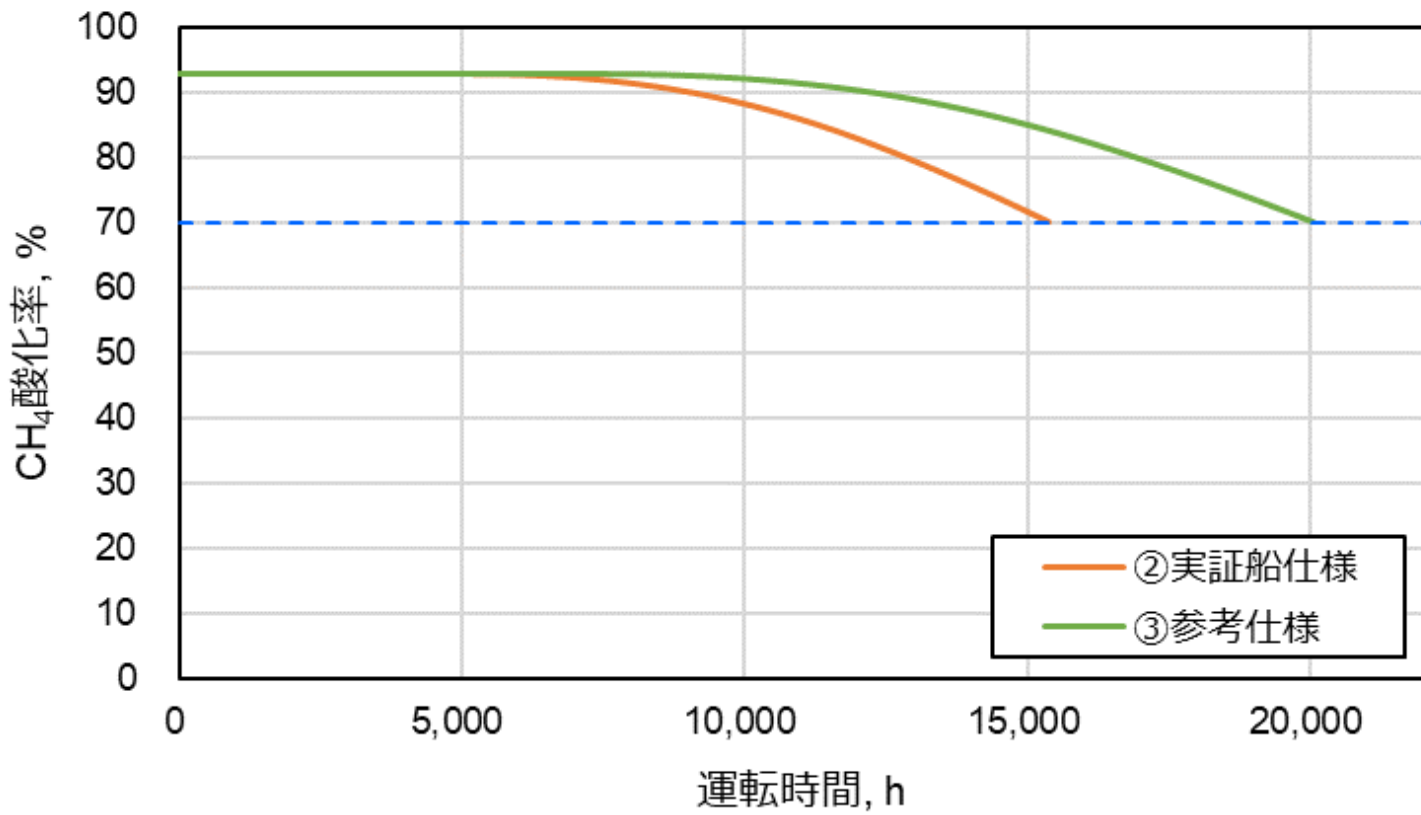
ver.13 セル密度改良品

セル密度改良により吸着性能が向上

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取り組み）

性能試算

吸着材及び触媒を組み合わせた実証船条件での性能試算を実施
(SV: 14,000h⁻¹, 400℃)



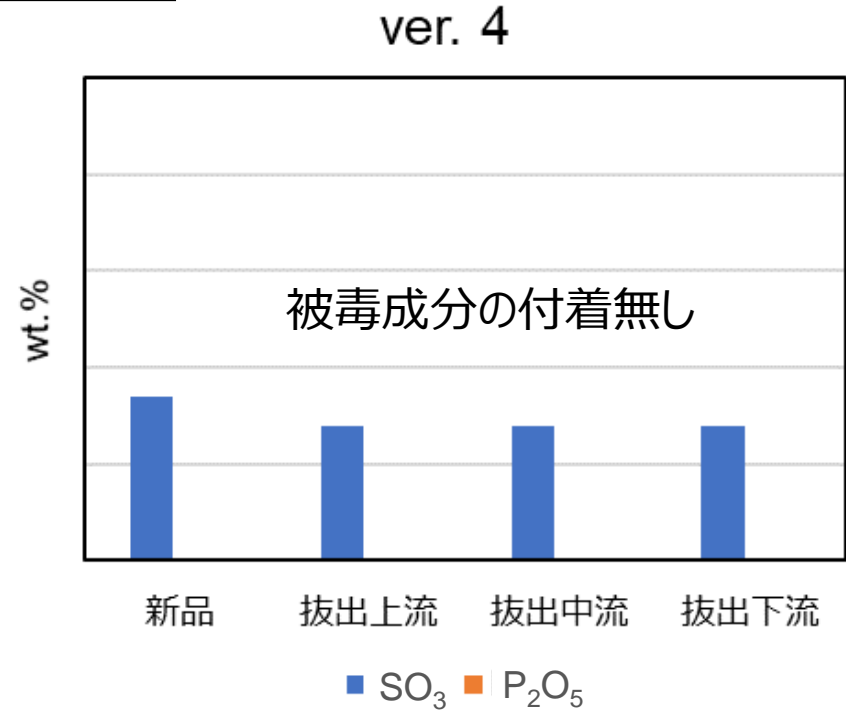
実証船仕様(②)はSV:14,000h⁻¹、再生なしで15,000hの間、70%性能を維持できる見込み
20,000hの間、70%性能を維持できる仕様(③)にも目途がついた

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取り組み）

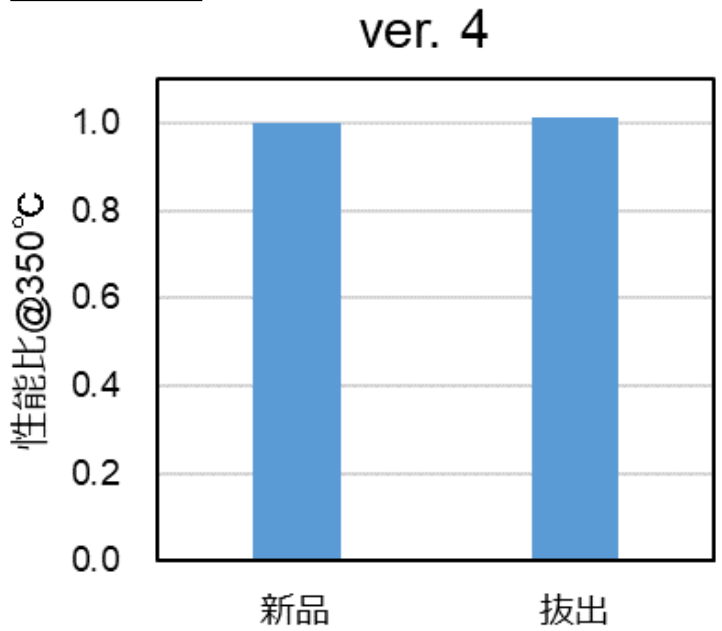
触媒耐久試験装置による評価
ガスエンジン排気を用いた触媒の耐久評価を開始



成分分析



性能評価



※2週間さらし後のサンプルを拔出評価

2週間のさらし期間(通ガス169時間)において劣化なし
長期間の耐久性評価を実施中

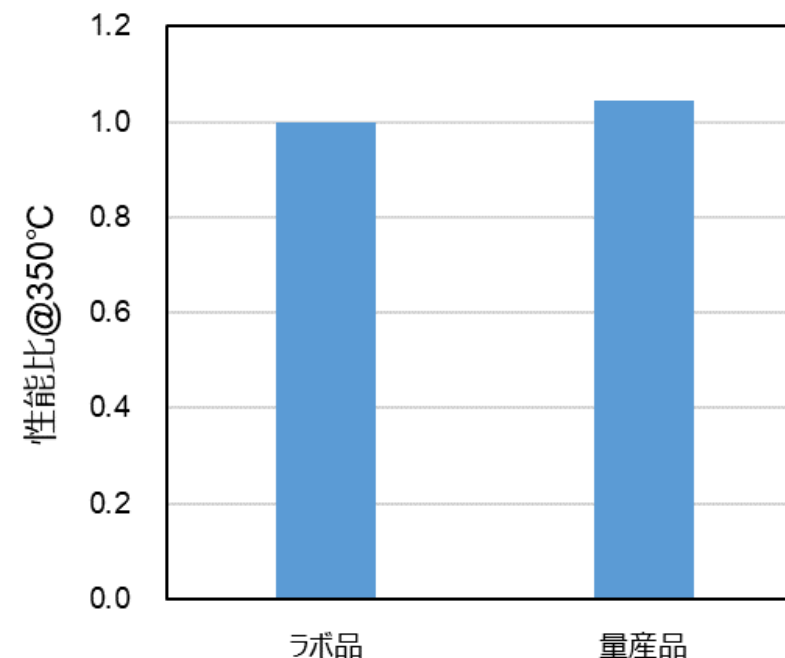
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取り組み）

触媒の量産

活性成分を触媒板に塗布するための量産設備を導入し、製造条件の検討を実施



塗布装置



性能試験結果

量産のための製造条件を確立
量産品の性能はラボ品と比べ遜色ないことを確認

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取り組み）

2) 触媒槽構造の確立

- ✓ 目的：触媒が適切に保持されていることを確認
- ✓ 実施項目
 - 課題：
船内での振動に対して適切に保持され、ガスシール性能を確保すること。
 - 方法：
日立造船が有する触媒の構造及び容器内の固定方法に関する特許を用いて、メタン酸化触媒の触媒ケース及びReactorの設計に展開させた。
 - 検証：
設計上のコンセプトに基づいた触媒保持が可能であることを、艤装前の触媒槽内に模擬の触媒ケース（内部に充填する触媒エレメントが無い状態の形状保持構造物）を充填して確認する。
- ✓ 検証結果：良好
 - 触媒ケースが触媒槽内に問題なく設置され、支持構造物によって保持されることを確認した。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取り組み）

3) 多気筒試験機による評価

✓ 実証装置の試験装置出荷



触媒槽



Air supply unit



制御盤



分析計

- 各機器を倉庫に集荷の上、検品実施。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取り組み）

✓ 実証装置への本船艀装



触媒槽



Air supply unit



制御盤



分析計

- 本船にて各機器の艀装工事実施。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取り組み）

✓ 陸上試験装置の設置



触媒槽



Air supply unit



制御盤



分析計

- 実証装置（本船用）と同じ仕様の機器を陸上試験用として別に用意して試験実施。
- 分析計は実証装置のものを移設して計測実施。

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取り組み）

✓ 陸上試験装置による検証実施

実証装置（本船用）の実施前に、同じ仕様を持つ陸上試験装置を用いて下記の通り試運転による動作確認を実施した。

1. 装置の動作確認

- 触媒装置が自動的に起動・停止することを確認。
- 触媒を加熱再生する装置が問題なく動作することを確認。

2. 装置の安全確認

- FMEAの各項目に基づき、装置が定められた動作を行うことを確認。

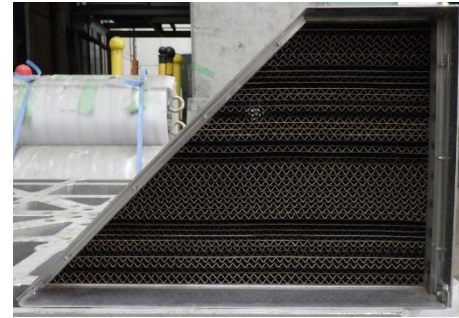
2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取り組み）

触媒の量産と反応器への据付

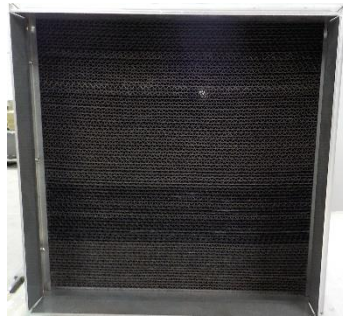
陸上試験に使用する吸着剤及び触媒の量産を実施



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

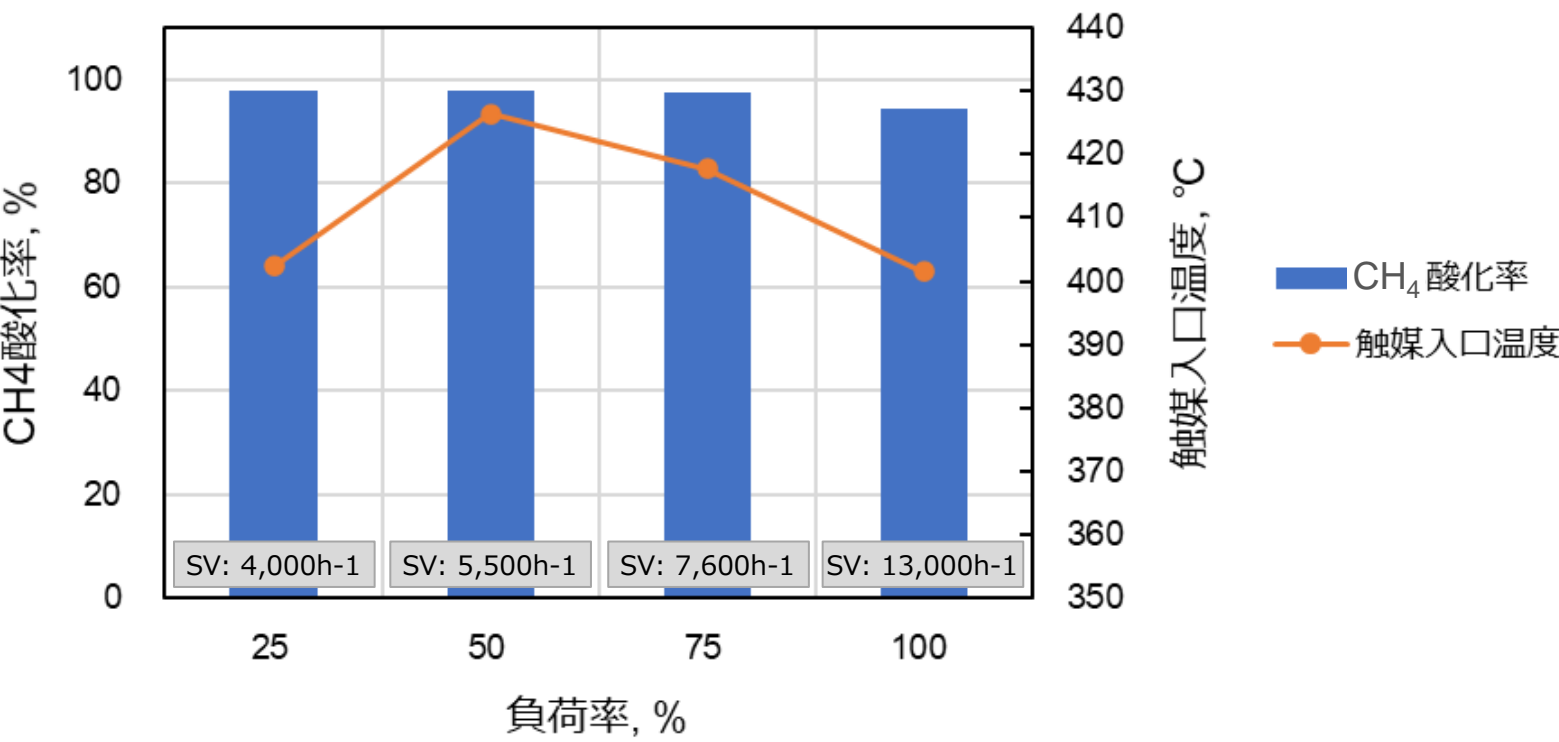
振動試験装置にて機械強度面に問題ないことを確認
陸上試験反応器への充填を完了

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取り組み）

✓ 陸上試験装置による触媒性能確認

各エンジン負荷条件における触媒によるメタン酸化率を計測した。

目標性能：メタン酸化率 $\geq 70\%$ (SV $\geq 7,000\text{h}^{-1}$)



各負荷条件において目標性能を達成

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

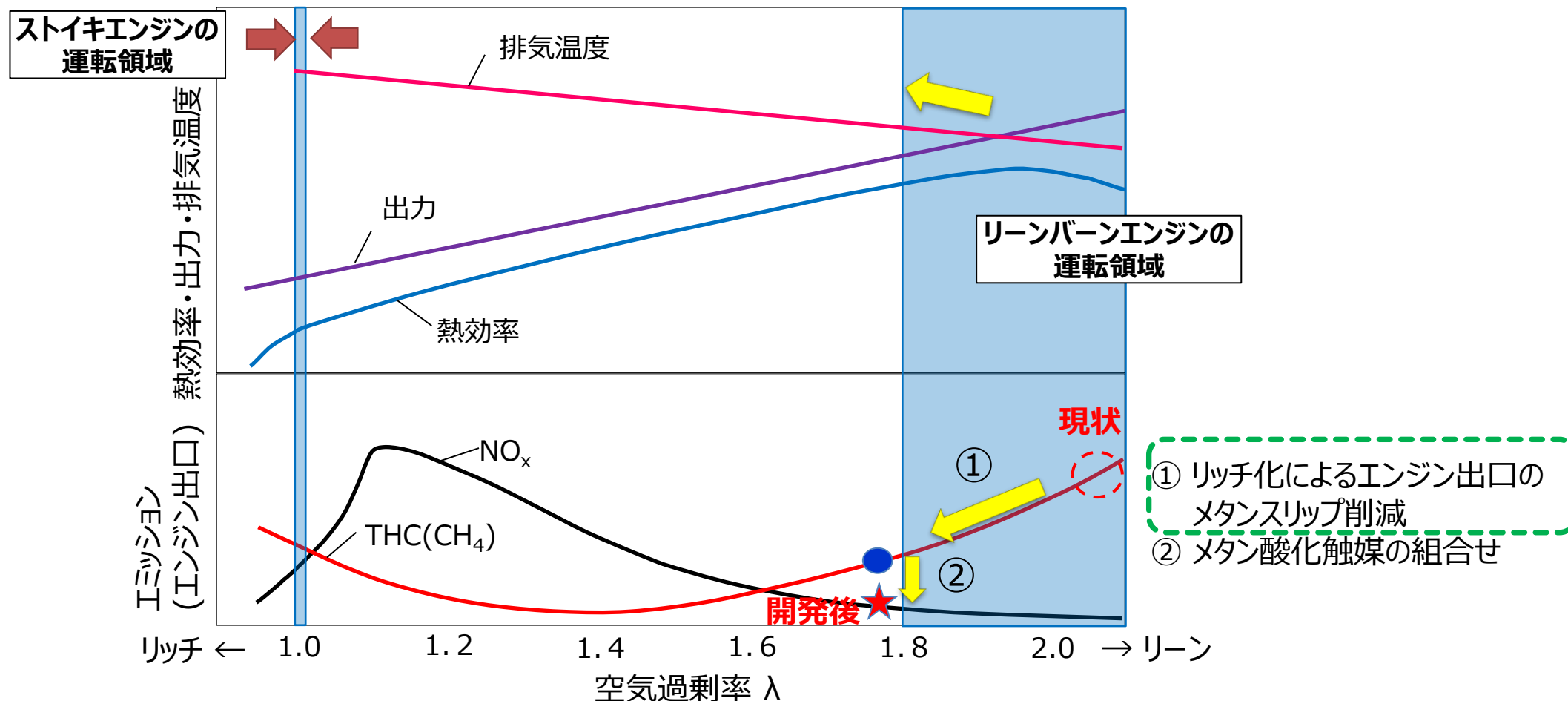
これまでの研究開発目標の達成状況

- ① 「メタン酸化触媒量として空間速度 $\geq 7,000\text{h}^{-1}$ にて
メタン酸化率70%の性能の確認」
- ② エンジン出口でのメタンスリップ削減技術の構築
- ③ 触媒評価技術の確立

燃焼制御によるCH₄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、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：エンジン出口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
 - 2. 多気筒試験機を用いた検討

研究開発の目的

- ✓ 目的：エンジン出口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

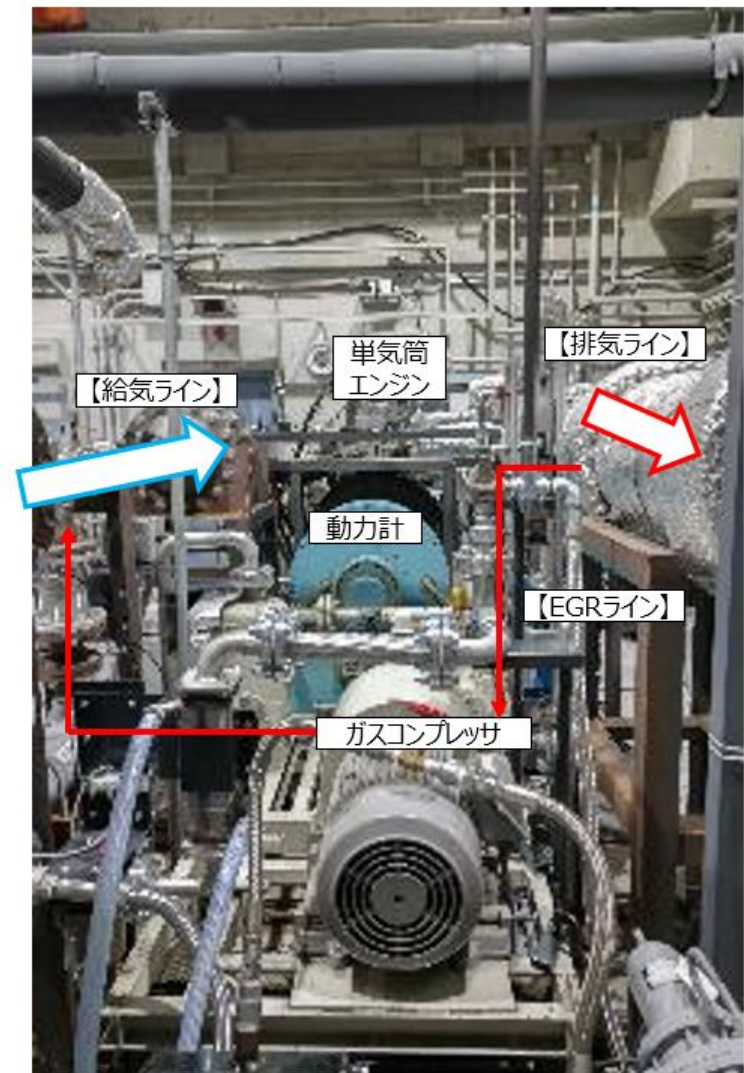
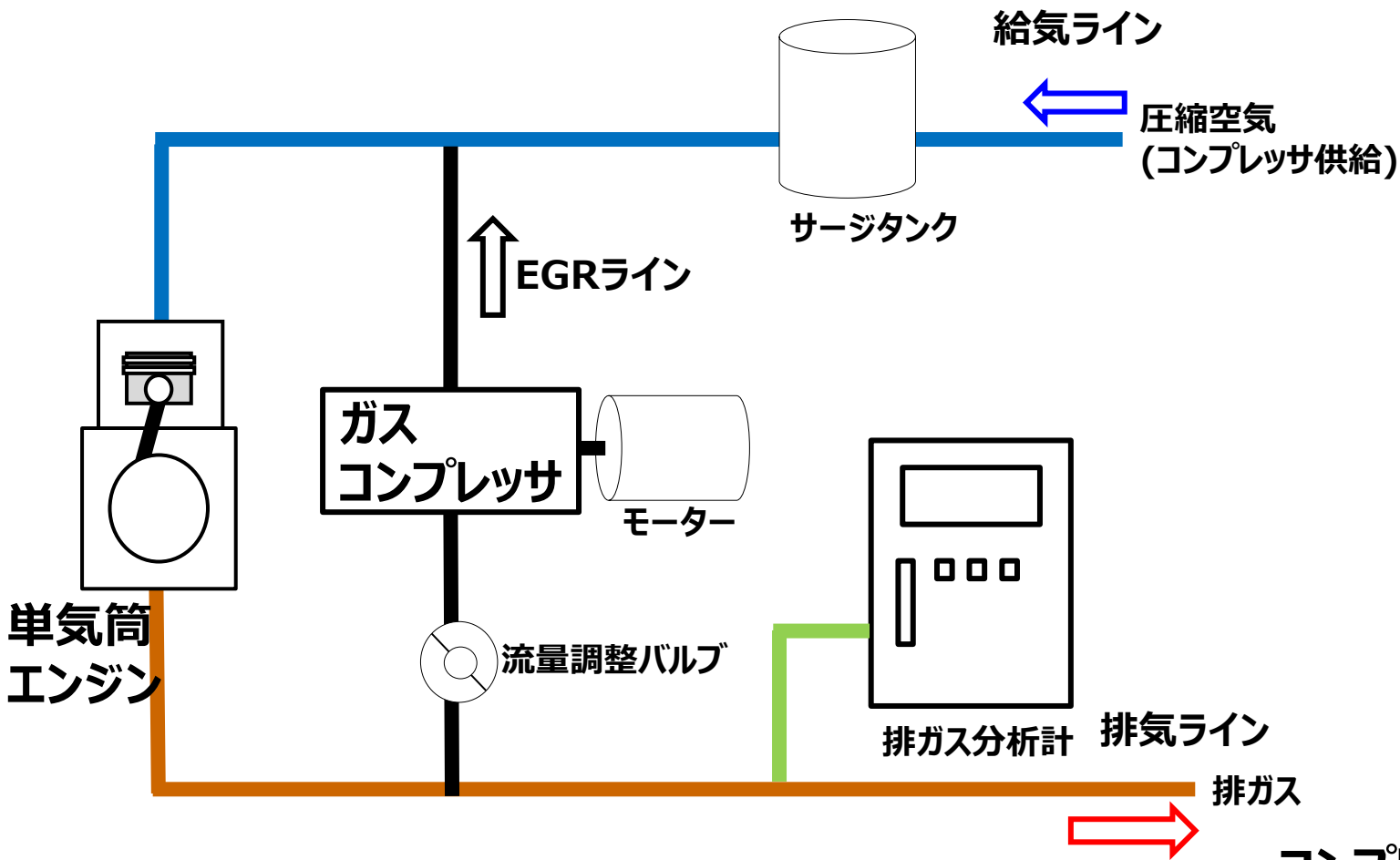
1. 単気筒試験機を用いた検討

→メタンスリップ削減率60%を達成するEGR率を見極め、最適化を実施

2. 多気筒試験機を用いた検討

単気筒試験機のEGRシステムを構築

✓ EGR試験設備の構築

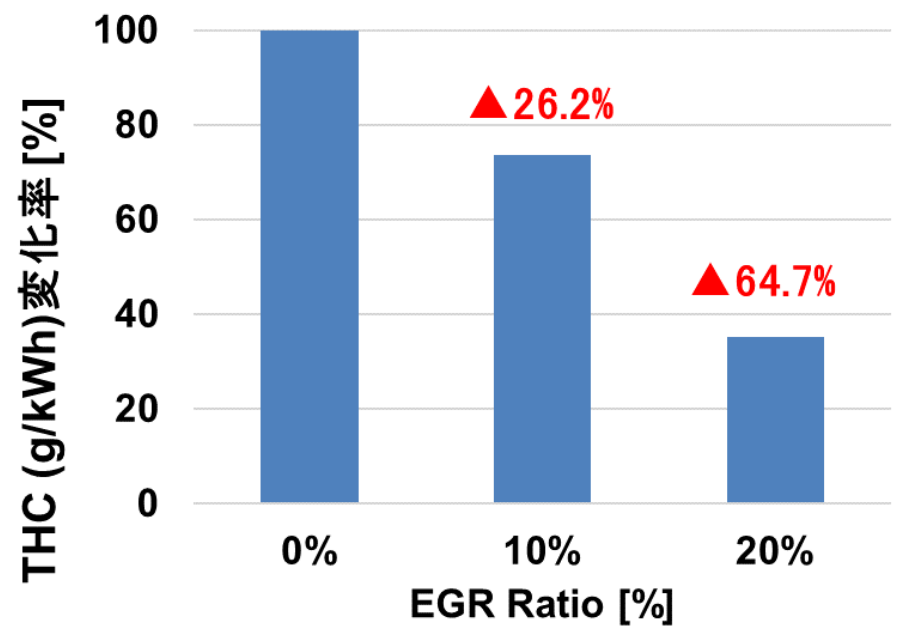


コンプレッサによるEGRシステムの構築完了

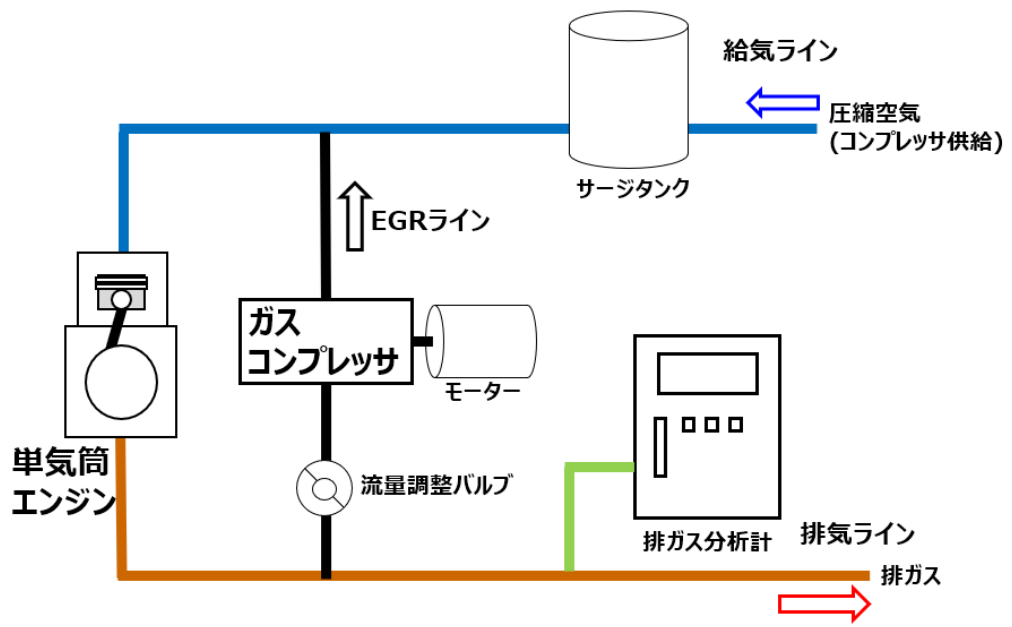
単気筒試験機結果

EGRとリッチ化により60%のTHC低減見込みを実証

- ✓ 試験条件
- エンジン回転数: 1,500min⁻¹
 - BMEP: 1.46MPa
 - 点火時期: 調整
 - EGR率: 0~20 %+リッチ化(※)
- ※EGR無し条件と同等のNOx排出レベル



評価条件を実機に合わせ込み
更に最適化を行い64.7%減を達成



※THC(全炭化水素): その大部分がCH₄

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

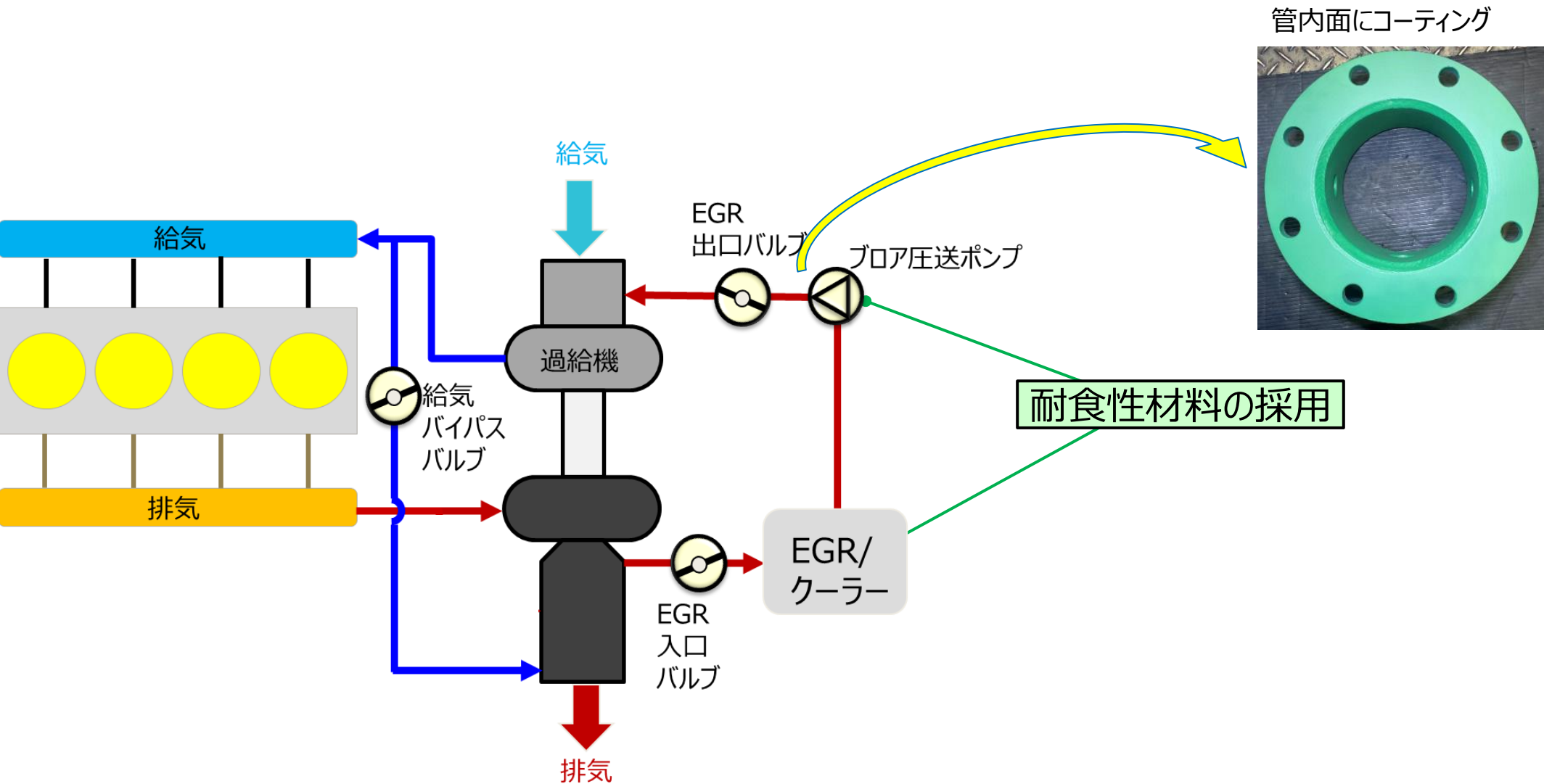
1. 単気筒試験機を用いた検討

2. 多気筒試験機を用いた検討

- ・実機試験結果に基づき、凝縮水に対応したシステム見直しとEGRクーラ後の各部品の耐食性の向上を実施。
- ・制御ソフトの机上評価を完了し、実機にて最終確認中
- ・EGR及び触媒付きでのメタンスリップ評価を完了

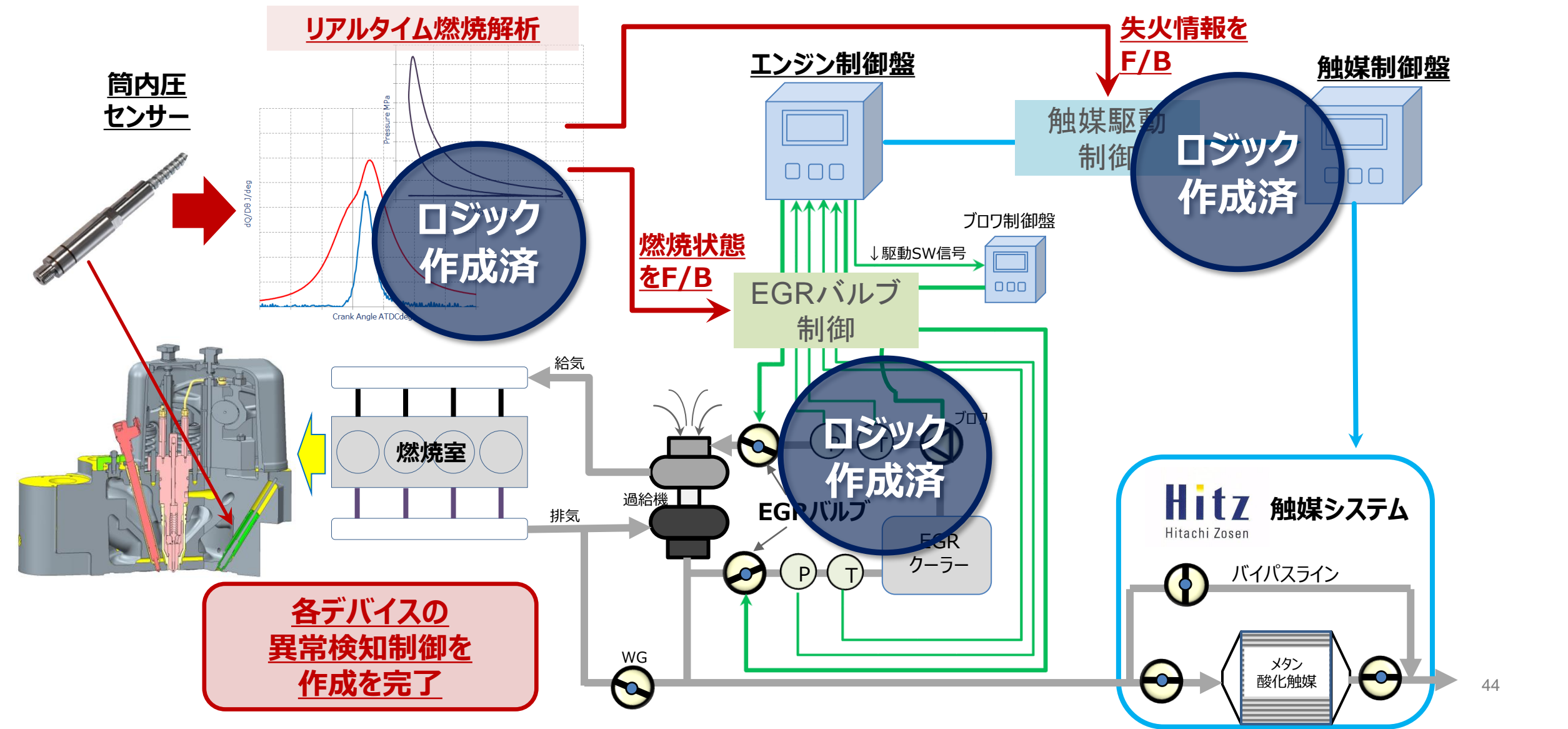
2.多気筒試験機を用いた検討

凝縮水に対応した冷却水システムを構築し,EGRクーラ後のガス配管及び機器に耐食性の高い材料の採用及び内面に耐酸性の高いコーティングを適用

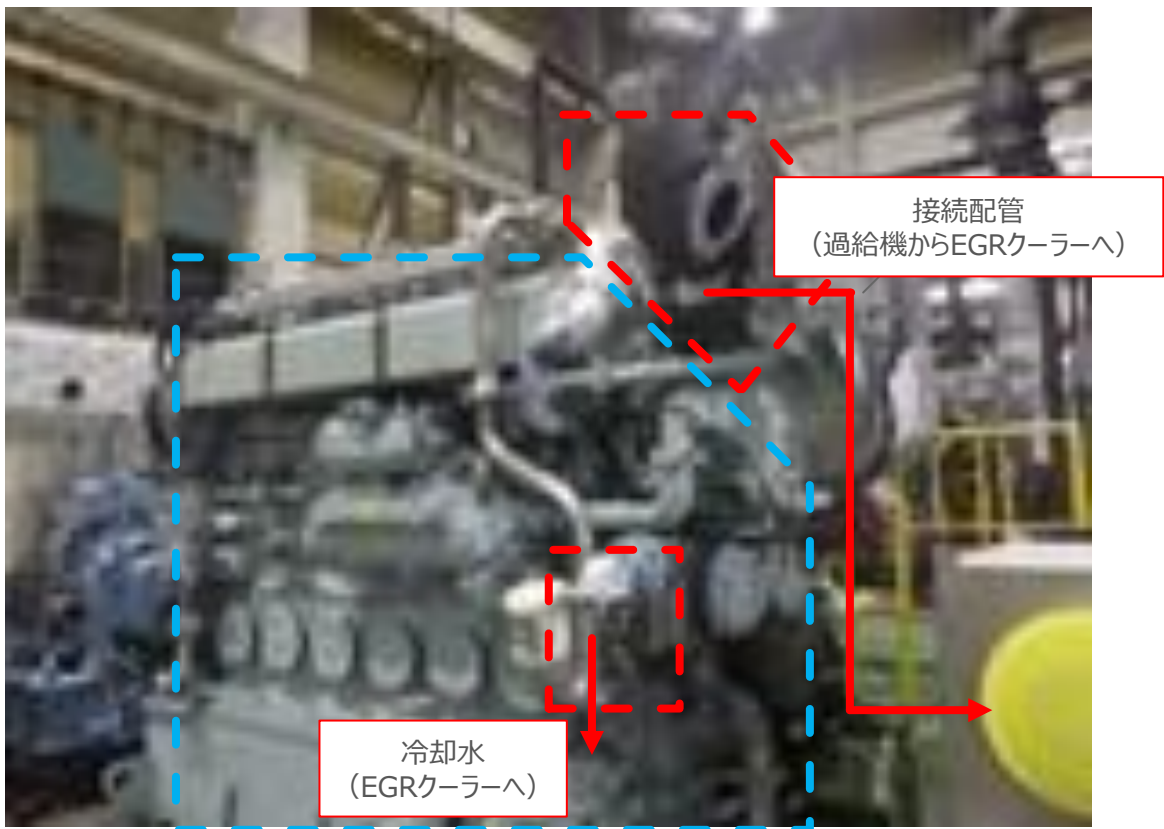


2.多気筒試験機を用いた検討

最適な自動燃焼制御を実現するEGRバルブ制御とリアルタイム燃焼解析制御のロジック作成は完了し、
実機にて最終確認試験中。 並行し、セーフティ部分のソフト確認中。



陸上ベンチ試験の準備を完了し、現行仕様でのメタンスリップ評価(NK立会)を完了後に
EGR仕様に改装



エンジンの外観

- - EGR改装部
- - 供試機関6EY22ALDF



MEXA-ONE



FTIR

排ガス分析計

オリジナル状態のメタンスリップ排出量の評価をNK立会の下、完了。(2023/6/22)

Class NK 立会検査 (2023.6.22)
オリジナルエンジンのメタンスリップ排出量

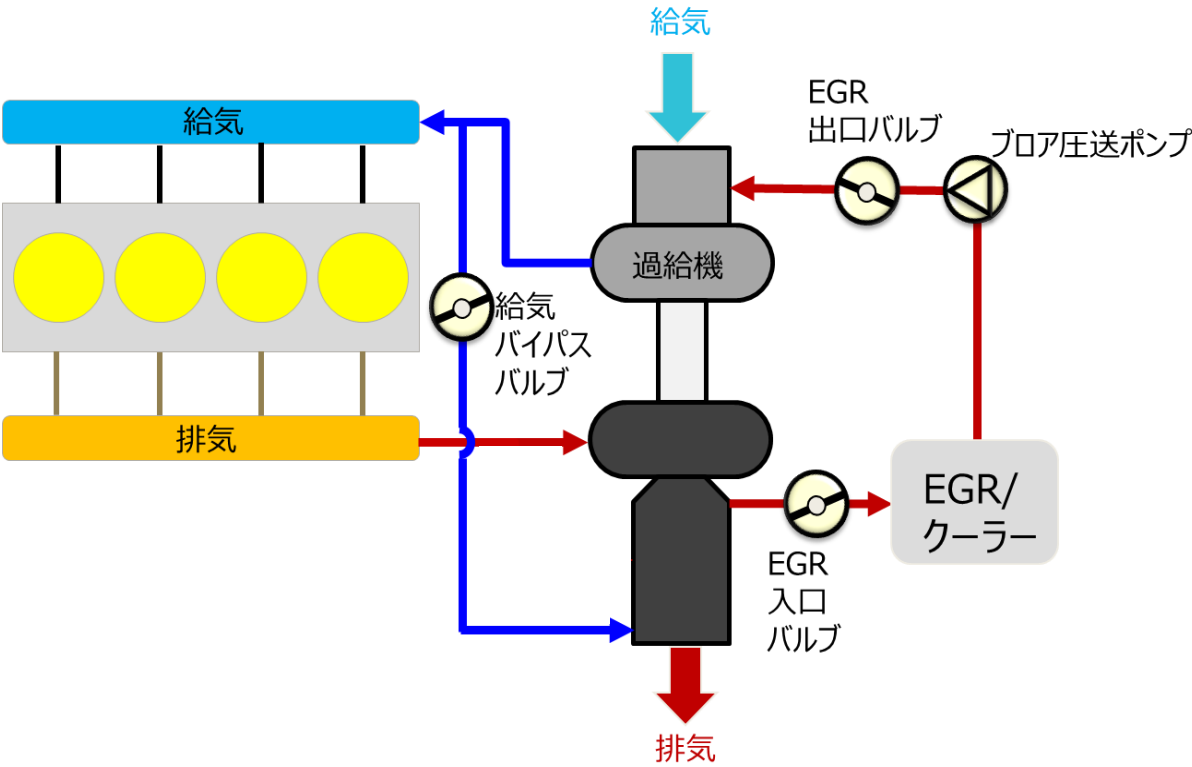
機関形式	6EY22ALDF
定格出力[kW]	800
定格回転速度[min^{-1}]	900
シリンダ数	6
シリンダ径×工程[mm]	$\Phi 220 \times 320$
検査モード	D2



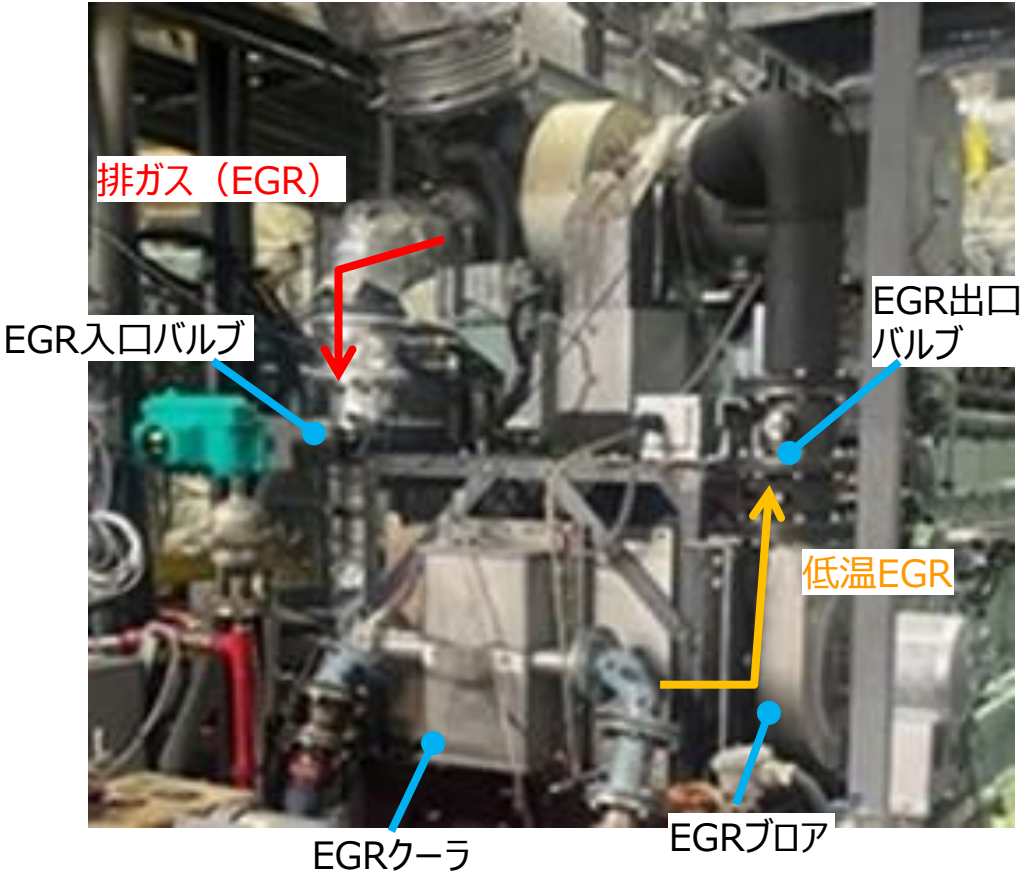
排ガス濃度チャート



陸上試験機にEGRシステムを追装し、適合試験を実施

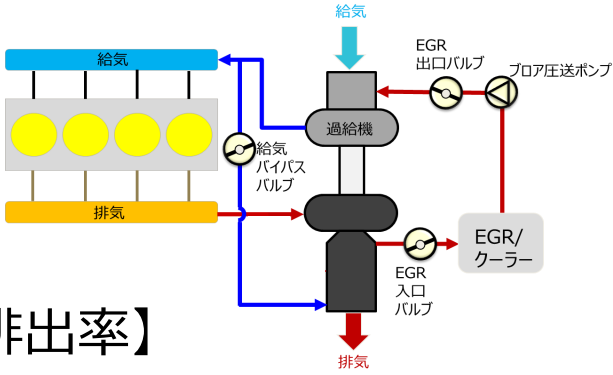


エンジン単体試験 (EGR適合)

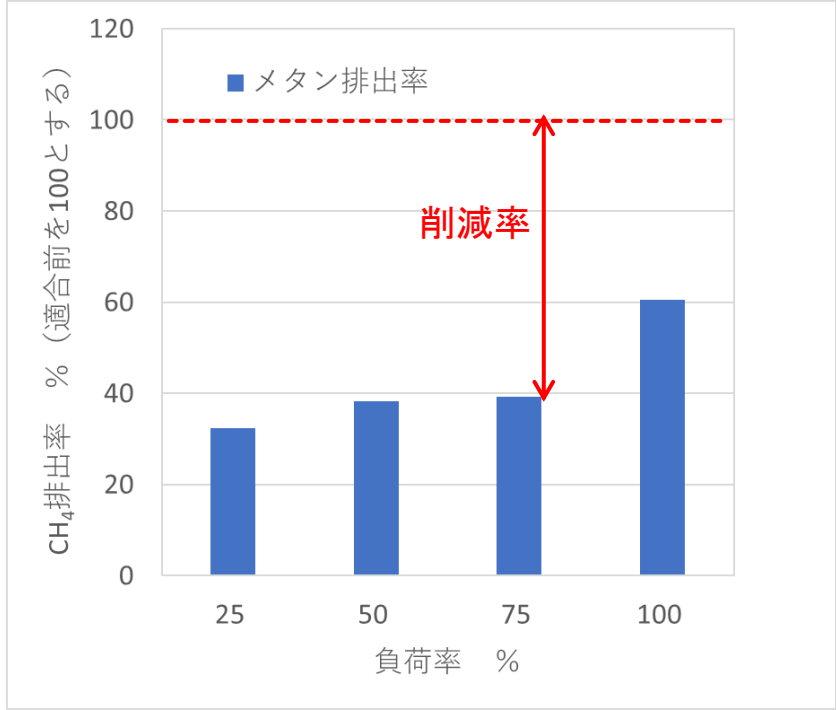


2.多気筒試験機を用いた検討

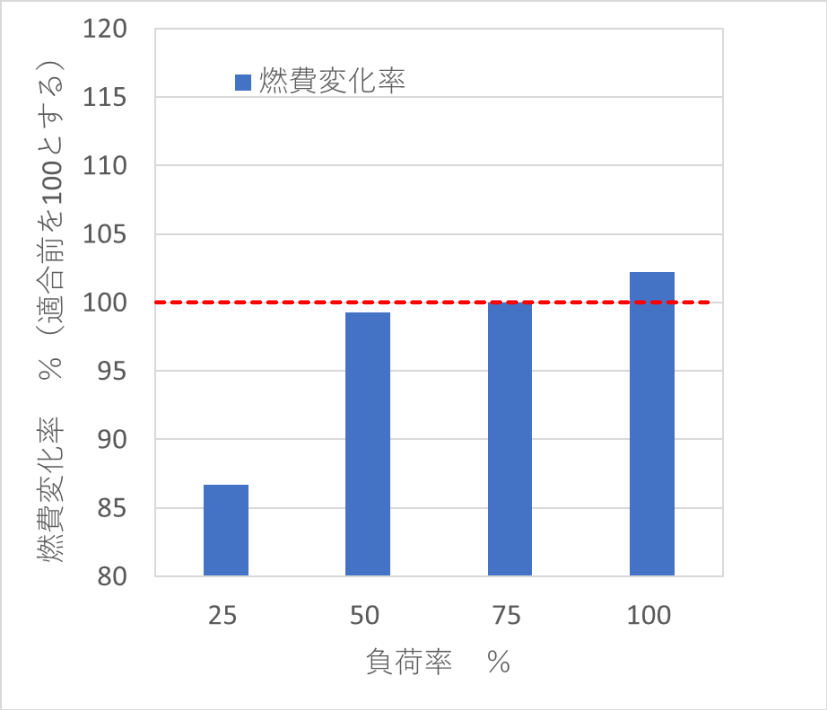
EGRとリッチ化の組合せによる改良によりエンジン出口でCH₄を60%以上削減、
75%負荷以下の実用域で燃費も改善し、全域でGHGを大幅に削減



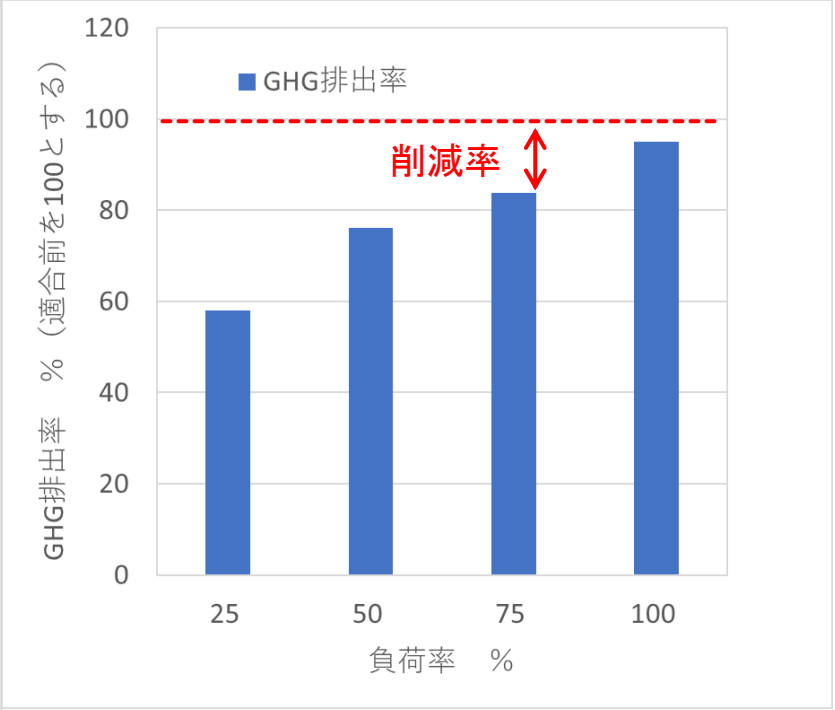
【CH₄排出率】



【燃料消費率 変化率】



【GHG排出率】



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容

これまでの研究開発目標の達成状況

- ① 「メタン酸化触媒量として空間速度 $\geq 7,000\text{h}^{-1}$ にて
メタン酸化率70%の性能の確認」
- ② エンジン出口でのメタンスリップ削減技術の構築
- ③ 触媒評価技術の確立

研究開発の目的

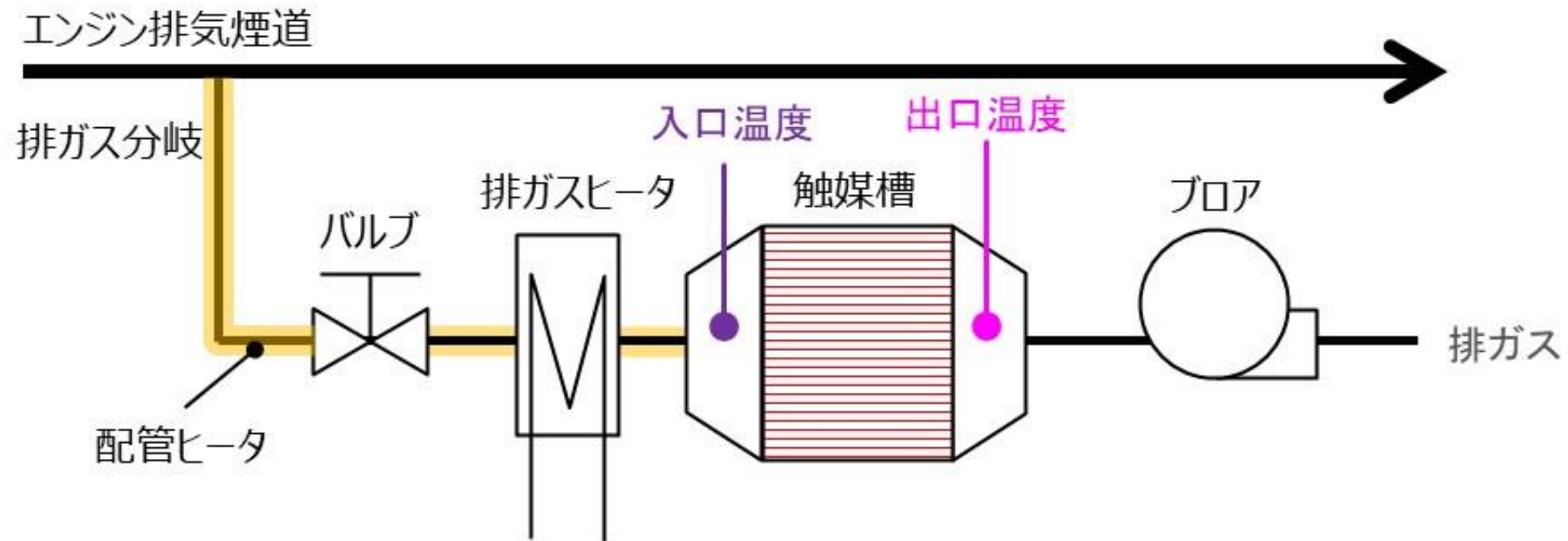
- ✓ 目的：触媒評価技術の確立
- ✓ 実施項目：触媒要素試験装置と多気筒試験機を用いた評価
 1. 触媒要素試験装置による評価
 2. 多気筒試験機による評価

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

触媒耐久試験装置 概略図

システム概略図



ガスエンジンの排ガスを耐久に必要な量だけ分岐し、触媒槽に導入する

触媒耐久試験装置の外観

屋外配管

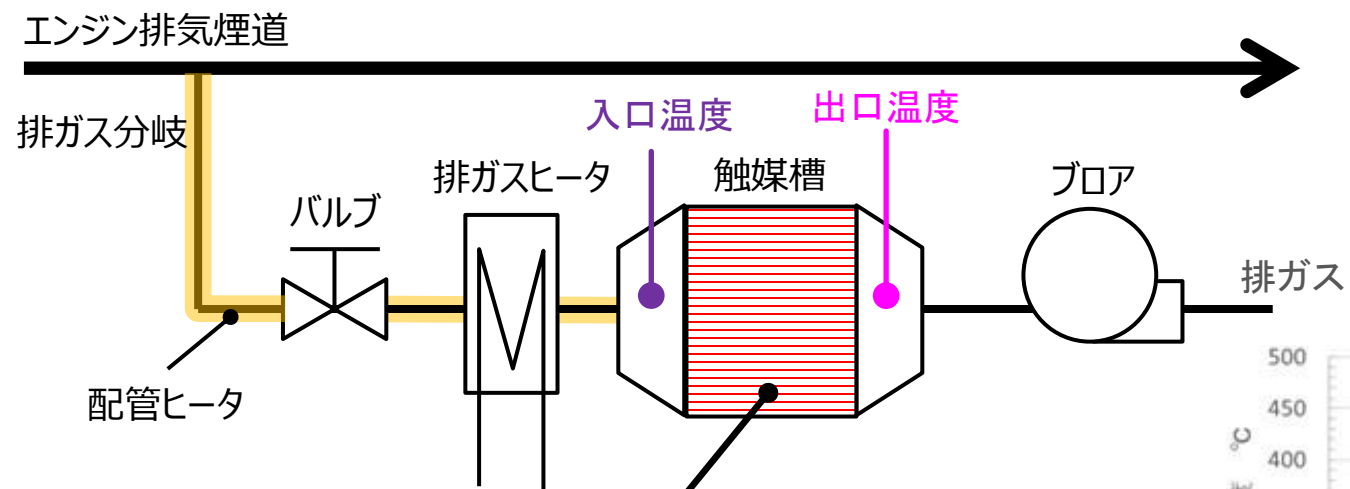


屋内配管

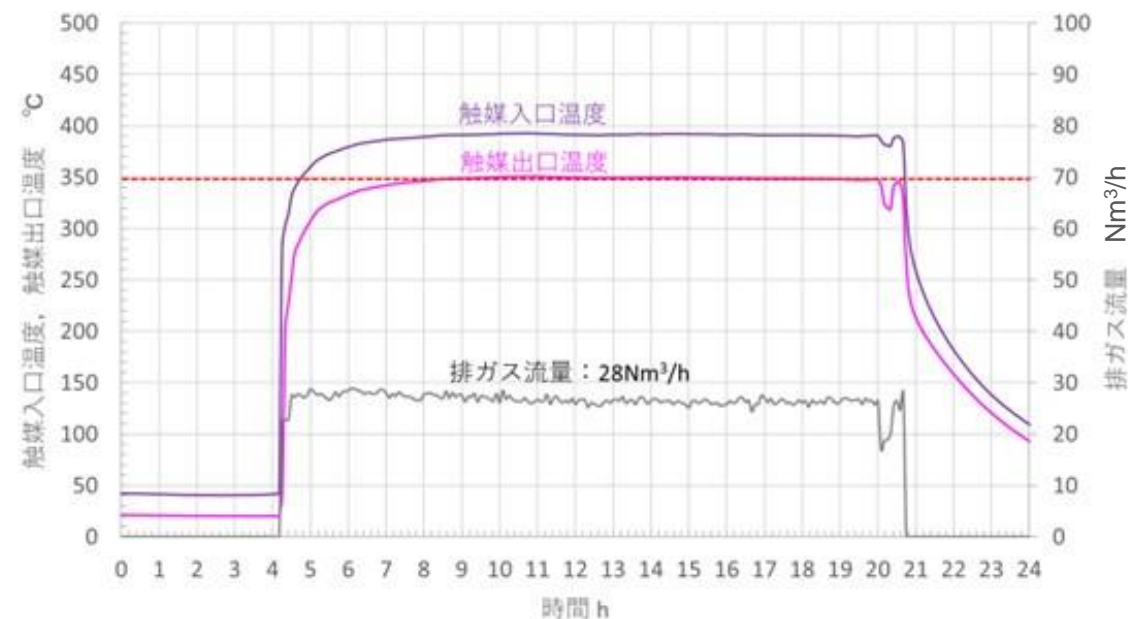


触媒耐久評価により陸上及び実船に投入する触媒と吸着剤を確定 更に耐久時間を延長し継続評価中

システム概略図



同時に5種類の仕様を耐久試験



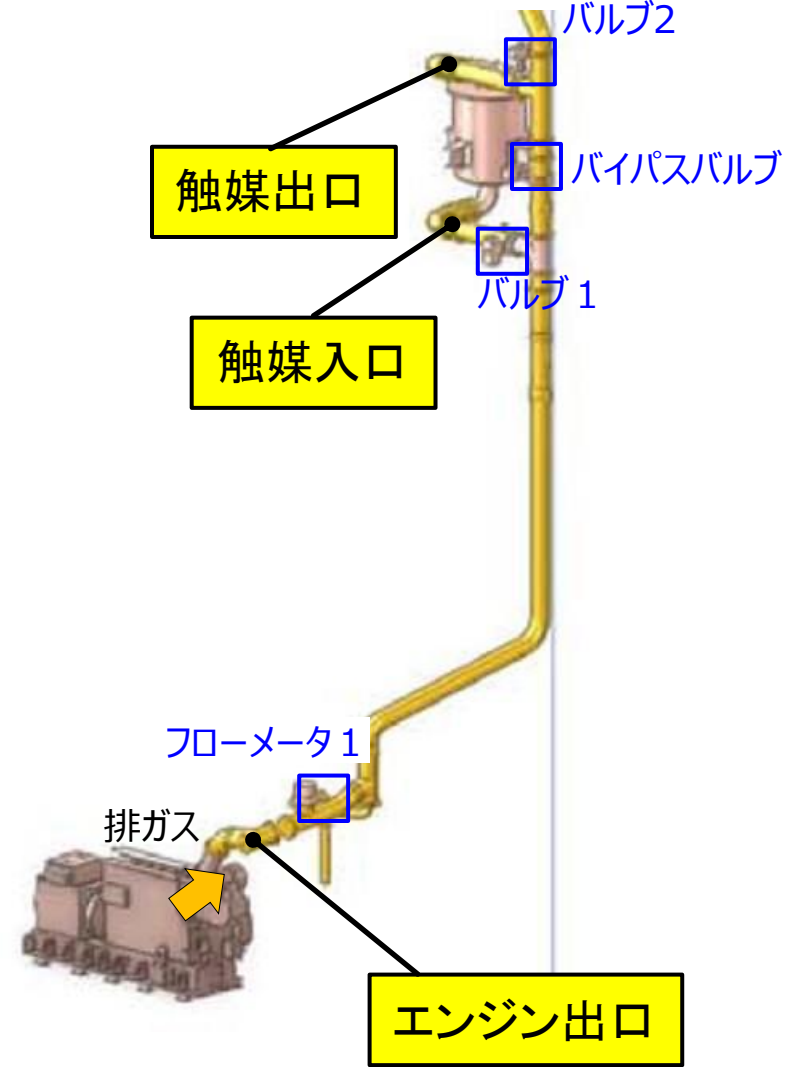
研究開発の目的

- ✓ 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
 - 2. 多気筒試験機による評価
 - 陸上ベンチでの触媒反応器の設置レイアウト検討

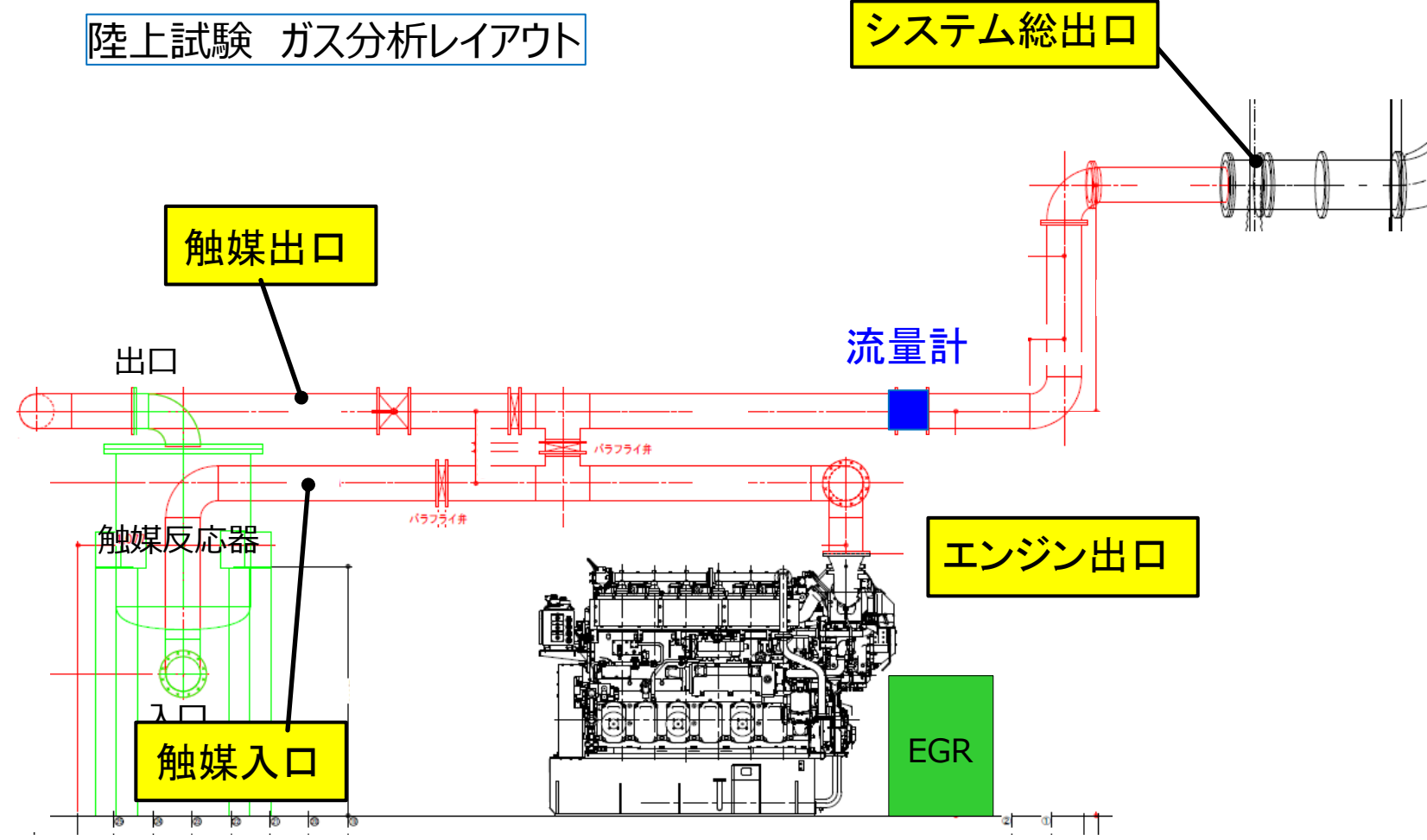
2. 多気筒試験機による評価

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

実船試験 ガス分析レイアウト



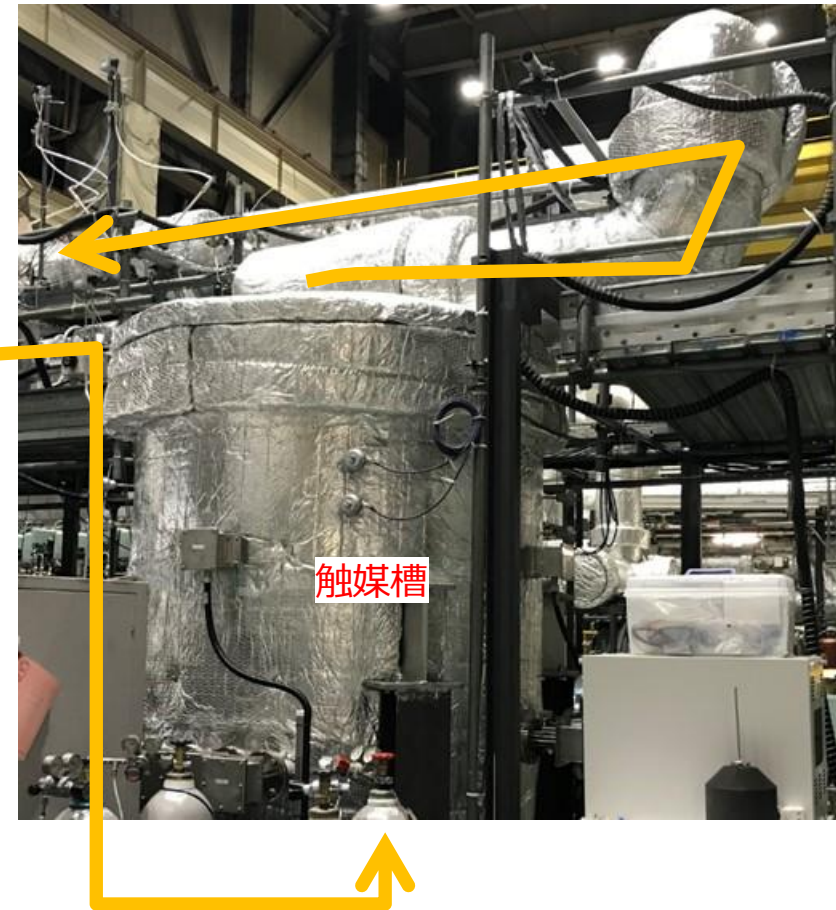
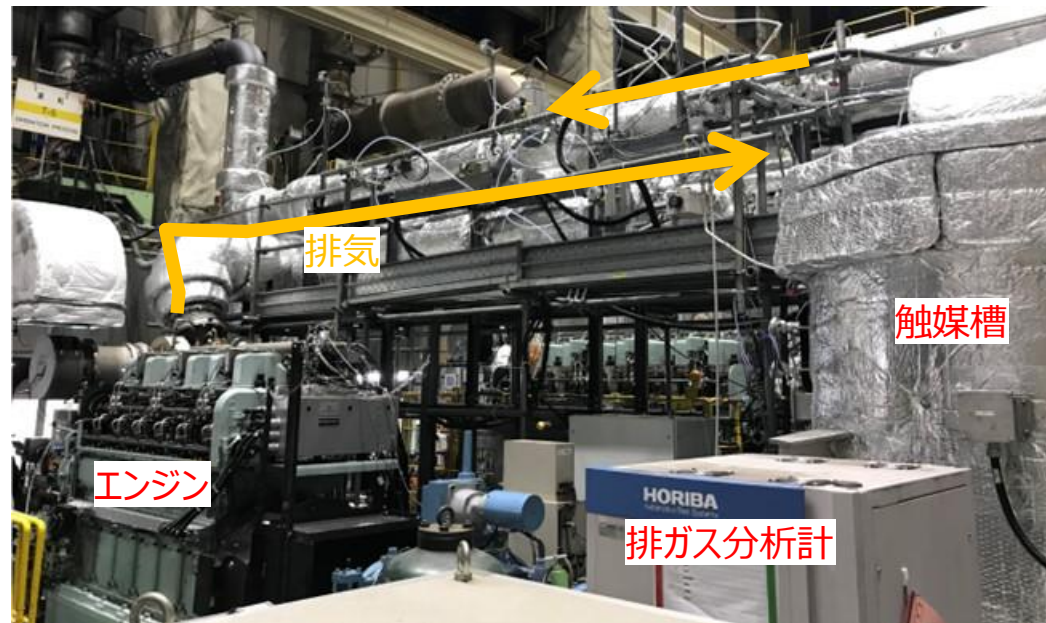
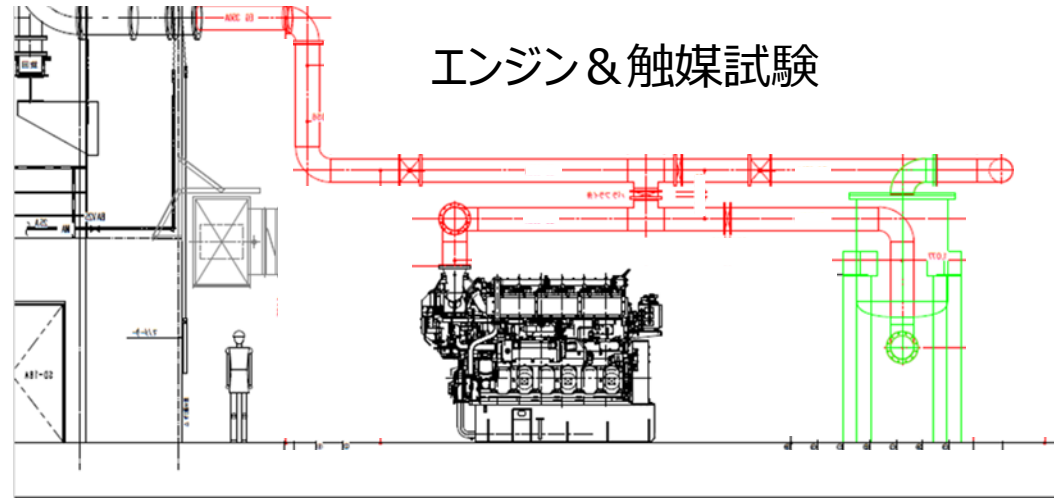
陸上試験 ガス分析レイアウト



2. 多気筒試験機による評価

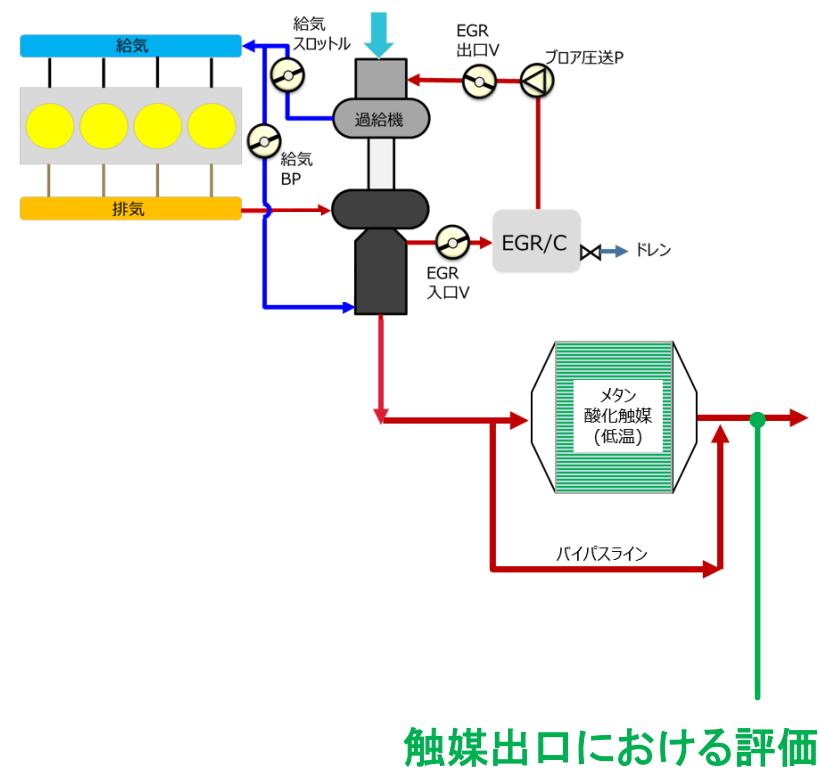
陸上ベンチに触媒槽を設置完了

エンジン（EGR）と触媒システムとを組み合わせた評価を実施

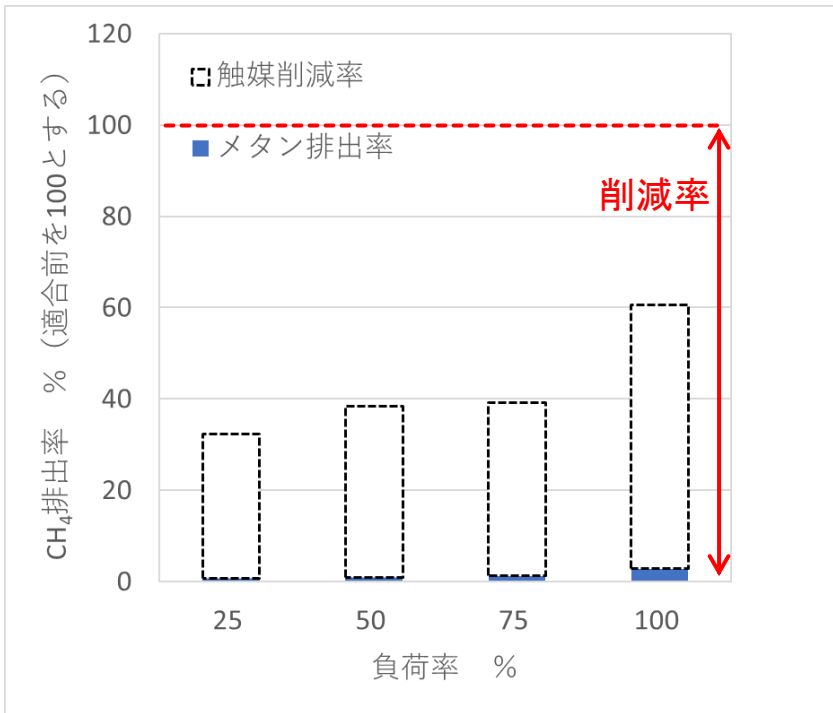


2. 多気筒試験機による評価

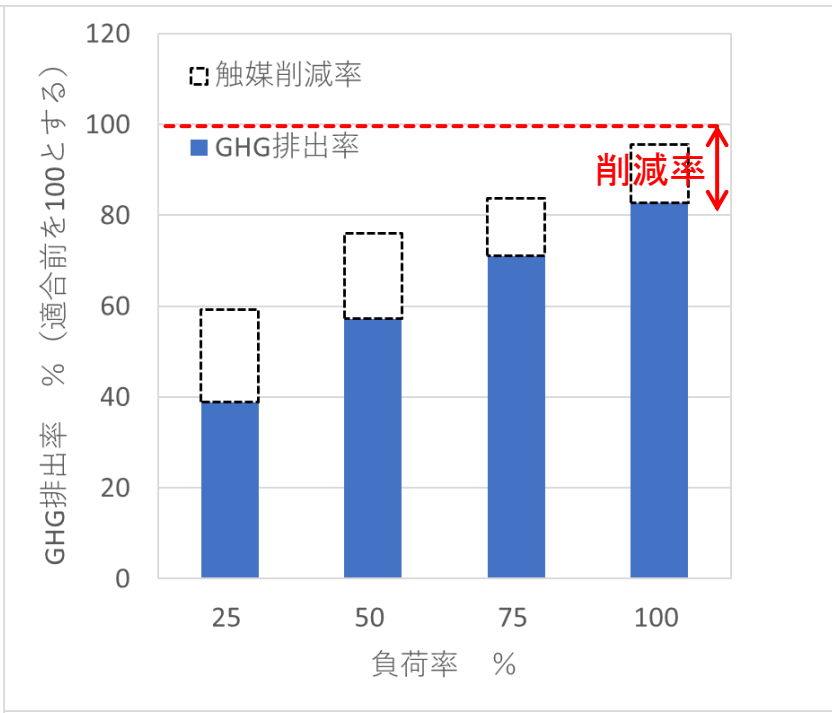
エンジン改良とメタン酸化触媒との組合せにより負荷域25～100%においてシステム出口で97～99%のCH₄削減、GHG排出量20～65%削減を達成



【CH₄排出率】



【GHG排出率】

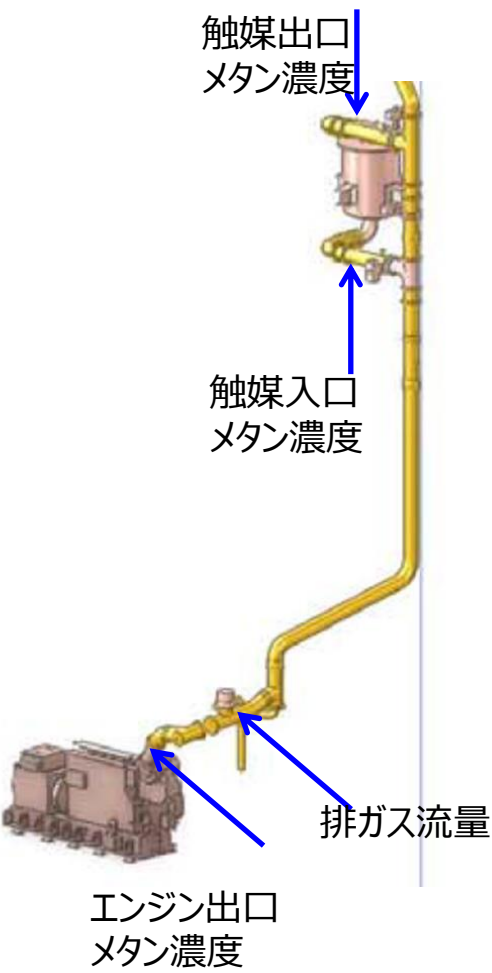


研究開発の目的

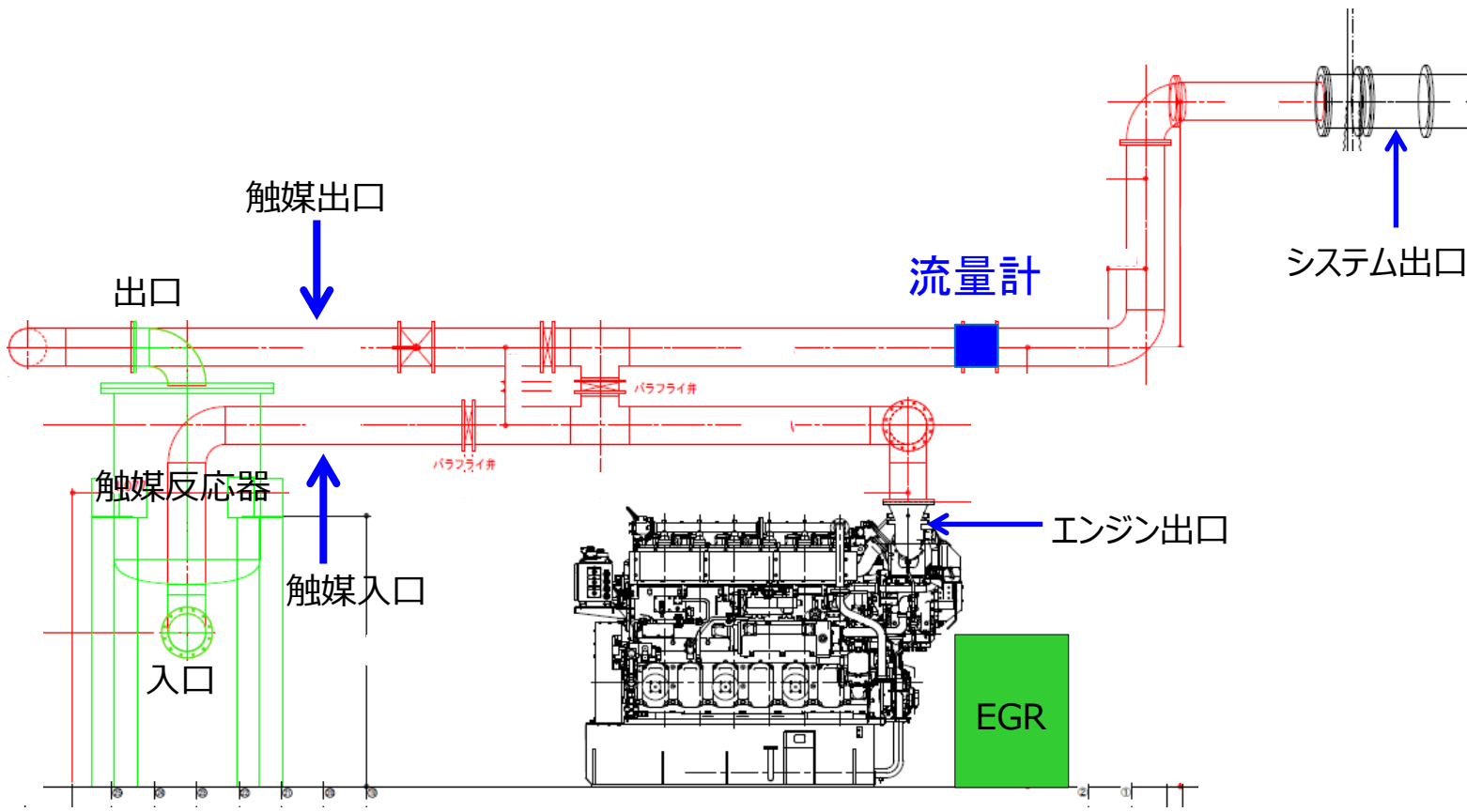
- ✓ 目的：触媒評価技術の確立
- ✓ 実施項目：触媒要素試験装置と多気筒試験機を用いた評価
 - 1. 触媒要素試験装置による評価
 - 触媒耐久試験装置の立上げ
 - 2. 多気筒試験機による評価
 - 船上計測 手法の検証

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



【実船試験】



【陸上試験】

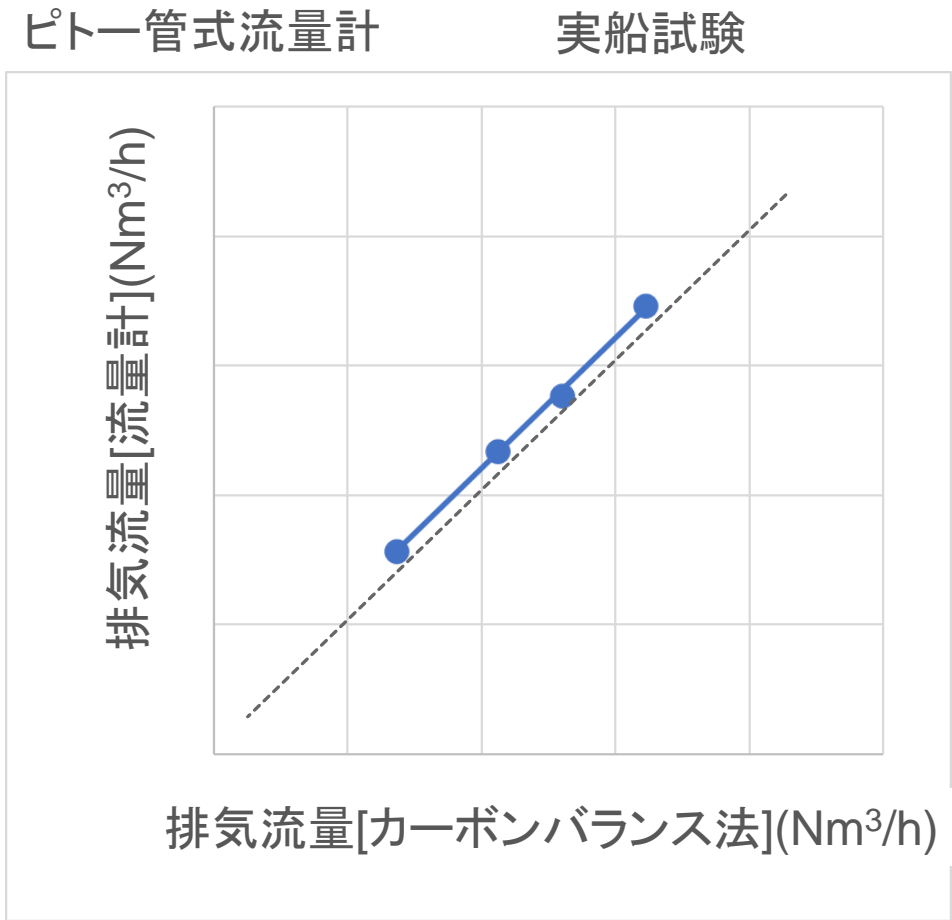
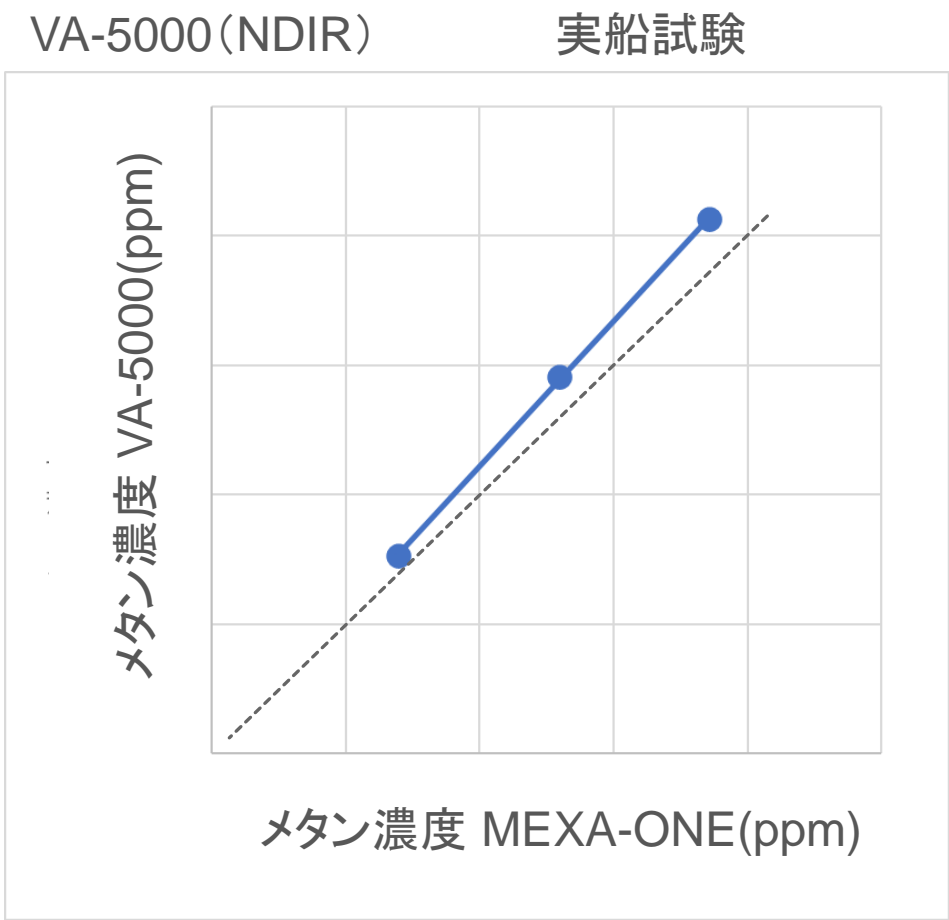


実船試験にて使用する排ガス分析計の分析精度検証を陸上試験にて実施

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	—

2. 多気筒試験機による評価

実船試験に使用する計測器の分析精度を検証
実船試験では陸上試験結果を元にした補正を行うことで評価が可能



実船搭載状況をコンソ内で確認を実施



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



- 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



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



触媒による メタンスリップ削減



- 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

実船実証船での
触媒装置の搭載完了



触媒装置の基本設計承認を
NKより取得('23/3/8)

実船実証船イメージ図



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

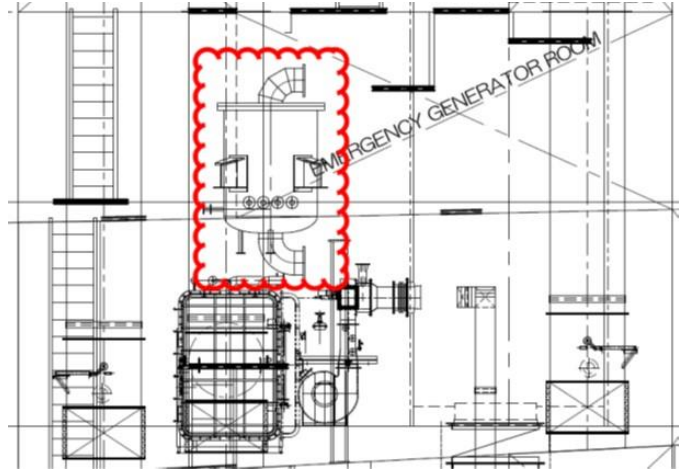


商船三井

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）

オペレーター目線で実船配置、本船仕様、安全確認作業への関与

- 触媒装置の基本設計承認をNKより取得
- 実船仕様および配置の検討への関与
 - 実船オペレーションを想定した本船仕様の検討
- 実船における安全確認作業(HAZID)の実施
 - オペレータ目線での安全評価
 - FAT立会いによる実船での運用についての事前検討
 - 安全対策の本船仕様への反映検討
- 洋上での機関改修および触媒搭載についてのスタディ開始
 - 本船就航後の実船運用開始までの必要作業についての検討
 - 必要の場合は本船乗組員へのアシスト要請、またそれに先立っての船舶管理会社との認識の共有



2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（今後の取組）

実船運用技術の確立、計測、評価の検討

- ・ 本船への機器搭載の立会いおよび確認
 - ✓ 建造監督との連携による搭載確認
 - ✓ 建造ヤードとの綿密な打合せ、共有認識の維持
- ・ メタン酸化触媒の運用技術の確立
 - ✓ 発電機、触媒再生オペレーションの検討
 - ✓ 船舶管理会社との連携・情報共有、不具合発生時等の対応に関する、連絡体制および緊急対応についての
方案作成
- ・ メタンスリップ計測、評価検討への関与
 - ✓ コンソ各社と共に計測、評価手法の確立
(各メーカーの計測器および計測方式、およびそれぞれの
利点・欠点等に関する情報収集)
 - ✓ 実船搭載後の課題抽出およびそのフィードバック



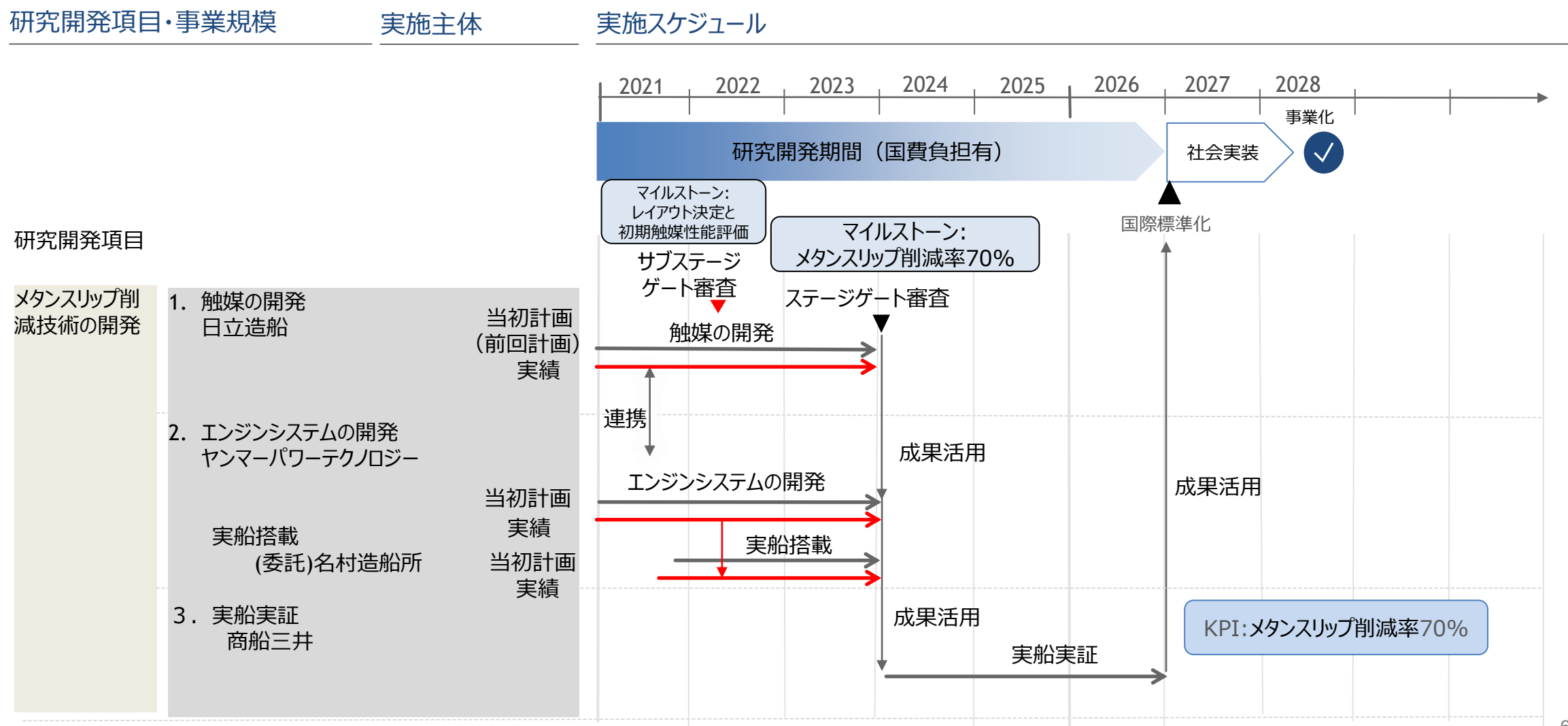
株式会社 名村造船所
NAMURA SHIPBUILDING CO., LTD.



エム・オー・エル・シップマネジメント株式会社
MOL Ship Management Co., Ltd.

2. 研究開発計画／（3）実施スケジュール

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



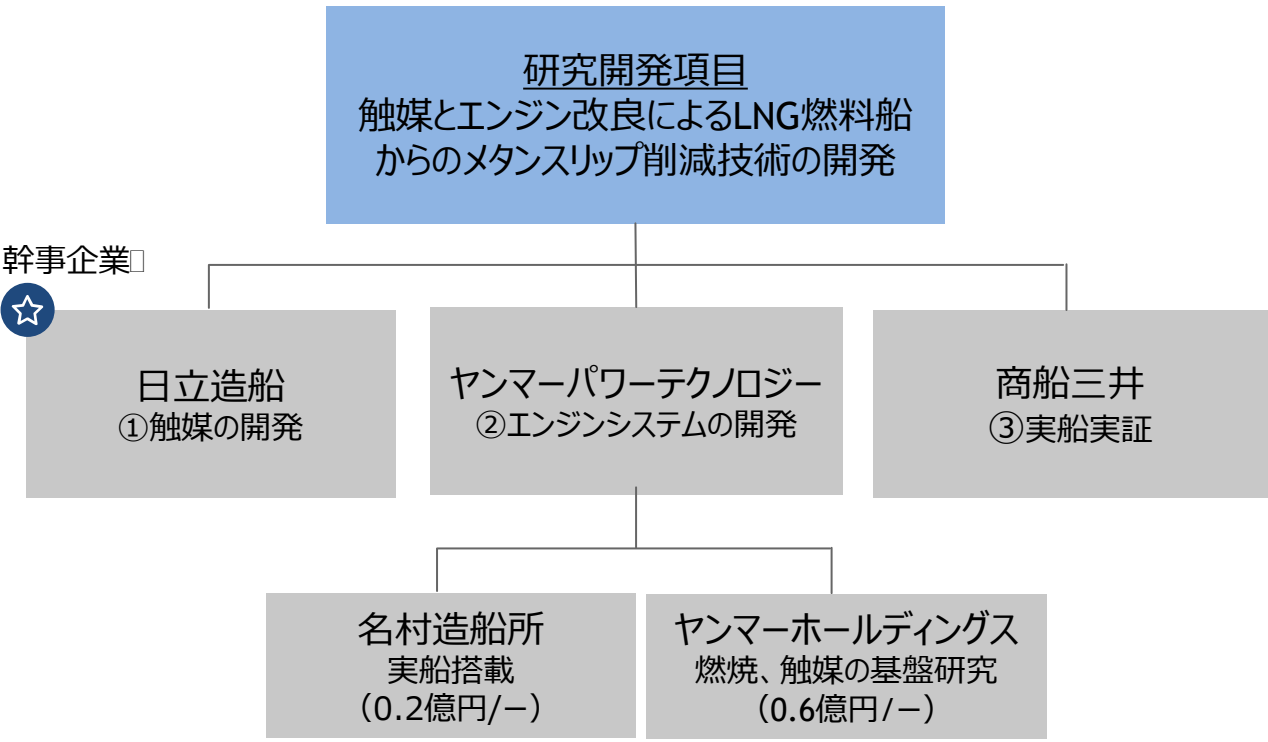
※総事業規模は、実施者の自己負担も含めた総投資額、国費負担額はNEDOからの委託費・補助金の額

2. 研究開発計画／（4）研究開発体制

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、日立造船が行う
- 日立造船は、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、日立造船の触媒、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

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	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	<div>1. 触媒の開発</div> <div><ul style="list-style-type: none">脱硝触媒の製造技術 https://www.hitachizosen.co.jp/business/field/energy/denitration.html船用脱硝触媒装置の製造技術 https://www.hitachizosen.co.jp/business/field/marine/diesel/</div>	<div>→</div> <div><ul style="list-style-type: none">優位性：船用触媒の製品化の知見、国内外への販売実績ありリスク：4ストロークエンジンへの触媒搭載実績なし</div>
	<div>2. エンジンシステムの開発</div> <div><ul style="list-style-type: none">船用、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自社開発の船用脱硝触媒システム</div>	<div>→</div> <div><ul style="list-style-type: none">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リスク：船用へのメタン酸化触媒の適用実績なし</div>
	<div>3. 実船実証</div> <div><ul style="list-style-type: none">多くのLNG燃料船のオペレーション実績多くの船用脱硝触媒システムのオペレーション実績</div>	<div>→</div> <div><ul style="list-style-type: none">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リスク：メタン酸化触媒の適用実績なし</div>

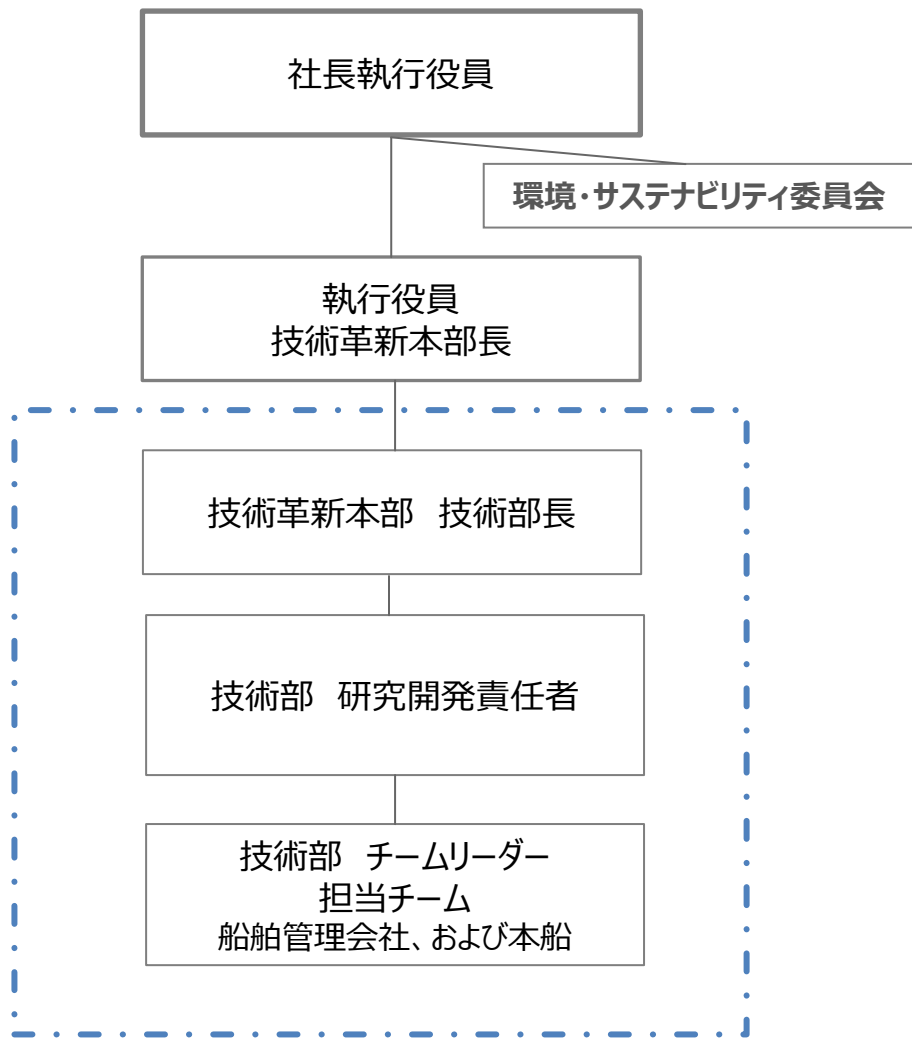
3. イノベーション推進体制

(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、専門部署を設置

組織内体制図



組織内の役割分担

『環境・サステナビリティ委員会』
経営会議の下部組織であり、中長期的な環境目標の策定に加え、その達成状況や環境・エミッションフリー事業の推進状況についてレビューを行う。

研究開発責任者と担当部署

- 研究開発責任者（技術部）：実船実証および標準化に向けた技術開発を担当
- チームリーダー（技術部）：実船実証および標準化に向けた技術開発を担当
- 担当チーム
 - 技術部 ゼロエミッション技術革新チーム：実船実証および標準化に向けた技術開発を担当
 - 船舶管理会社及び本船：実船実証での装置運用、検証を担当

部門間の連携方法

- 月1回を目処に定期報告を実施

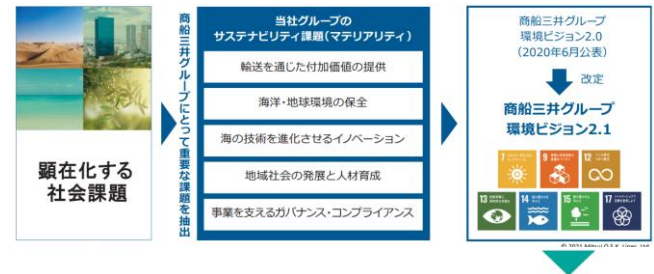


3. イノベーション推進体制／（2）マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与

経営者等によるサステナビリティ推進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

- 「環境ビジョン2.1」の策定および「環境ビジョン2.2」への改定
 - 環境負荷低減への取り組みを一段と加速させるべく「商船三井グループ 環境ビジョン2.0」をアップグレードした「環境ビジョン2.1」に改定（2021年6月）
 - 更に当社の取り組みを具体化し実効性を強化すべく「環境ビジョン2.2」へ改定（2023年4月）



出典：「商船三井グループ 環境ビジョン2.1」

- 環境ビジョン2.1からの変更点
- 1. 商船三井の描くGHG排出削減経路「ネットゼロ・エミッションへのPathway」の具体化（⇒P.13）
 - 2. 2050年までの中間地点にマイルストーンを整備し、ネットゼロに向けたアクションの実効性を強化（⇒P.14）

出典：「商船三井グループ 環境ビジョン2.2」

- サステナビリティ推進担当執行役員を新たに設置
2019年4月、SDGsへの貢献に向けた戦略立案・施策実施を統括し推進する、サステナビリティ推進担当執行役員を設置
（サステナビリティを俯瞰した立場から管理・推進する役割と位置付け直すことにより、環境戦略や事業を通じたSDGs への貢献を一段と強力に推進）
- 環境・サステナビリティ戦略部を新たに設置
2021年4月、当社グループの環境戦略とサステナビリティ課題への取り組みを統括し、それを全社横断的に推進していくための組織として、環境・サステナビリティ戦略部を設置

- サステナビリティ計画「MOL Sustainability Plan」を新たに策定
 - サステナビリティ課題の解決に向けた取り組みを加速すべく、サステナビリティ計画「MOL Sustainability Plan」を新たに策定（2022年3月）



（2）経営者等の評価・報酬への反映

- 取締役会の実効性について、毎年自己アンケートの実施及びその結果に基づく取締役会での討議により、評価・分析を実施

（3）事業の継続性確保の取組

- 『環境・サステナビリティ委員会』の設置
 - 経営会議の下部組織である「環境・サステナビリティ委員会」において、経営計画と連動した中長期的な環境目標の策定に加え、その達成状況や低・脱炭素事業の推進状況等についてレビューを行っている
 - また、「商船三井グループ 環境ビジョン2.2」で掲げる目標「2050年までにグループ全体でのネットゼロ・エミッションの達成」に向け、クリーン代替燃料の導入やさらなる省エネ技術の導入、効率運航の深度化、低・脱炭素事業開発等の様々な戦略を通じ、取り組みを推進する

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

経営計画において環境戦略を最重要課題と位置づけ

環境戦略を最重要課題と位置づけ

- 「3つの主要戦略」と「サステナビリティ課題」における環境戦略
 - RollingPlan2022から継承する「3つの主要戦略」に加えて、その基盤整備にもあたる「サステナビリティ課題への取組」のうちの最重点5項目を、経営計画「BLUE ACTION2035」の中心に据える



- インターナルカーボンプライシング(ICP)の導入
 - 社内の脱炭素事業促進のため、また制度的カーボンプライス導入への備えとして、2021年度にICPを導入済み

設定価格	国際エネルギー機関（International Energy Agency）公表のSDS(Sustainable Development Scenario)水準である、2025年 約60ドル/トン-CO ₂ 、2040年 約140ドル/トン-CO ₂ を採用
対象	GHG排出を伴う事業、投資
活用方法	GHG排出量に社内炭素価格を適用した経済性指標を、投資評価の参考とする。

- 環境マネジメントシステムの導入
 - 当社の事業における環境リスクや機会を適切に把握・管理するため、環境マネジメントシステム「MOL EMS21」を構築し、継続的な改善活動を実施
(環境マネジメントシステムの国際規格であるISO14001認証を取得済み)

ステークホルダーに対する開示・説明

- 環境戦略の骨子である「環境ビジョン 2.2」について、当社HPにて一般公開
- 「環境ビジョン 2.2」で示したロードマップと整合した経営計画を策定しており、担当役員がメディア・機関投資家向けに説明
更に、統合報告書「MOLレポート」では、経営計画における環境戦略の位置付けについて説明し、経営計画とサステナビリティ課題への取組を両輪として推進していく考えであることを提示
当社が「海運業を中心とした社会インフラ企業グループ」という将来像をより明確にし、これまでの「総合海運企業」と何が異なるのか、具体的にどの様になろうとしているのか、深く理解して頂くことを目指している
- TCFD提言に基づく開示に賛同を表明しており、HPで気候変動シナリオ分析結果を開示。また、「環境ビジョン 2.2」実現のための具体的な取り組み事例についても、サービスサイトにてわかりやすく紹介しています
- より詳細な情報は、以下リンク先よりご参照ください

- [商船三井グループ 環境ビジョン2.2](#)
- [経営計画「BLUE ACTION 2035」](#)
- [統合報告書「MOLレポート2022」](#)
- [TCFD提言に基づく開示](#)
- [商船三井サービスサイト 企業資料ダウンロード](#)

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

経営資源の投入方針

① 自社からのGHG排出削減
② 低・脱炭素エネルギー事業拡大に2023-25年度で合計6,500億円の投資
1.5℃目標に則した削減に向け、積極的な資本支出を実施している

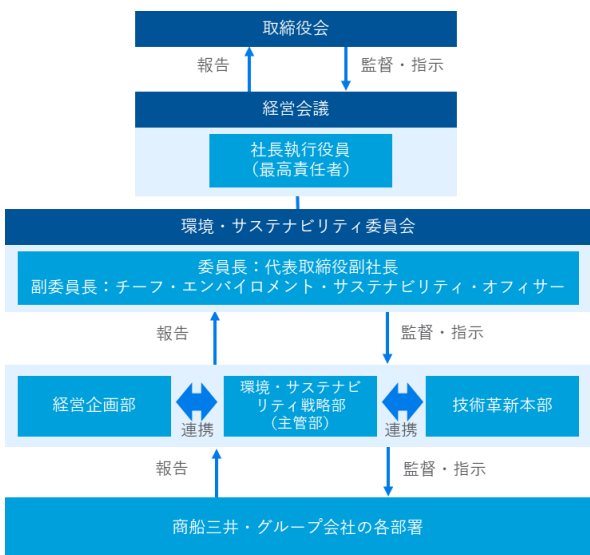
	投資額目安(註)(23～25年度累計)
自社からのGHG排出削減	3,500億円
低・脱炭素エネルギー事業拡大	3,000億円
環境投資額合計	6,500億円

投資額全体12,000億円に占める割合
50%以上
1.5℃目標に則した削減に向け、積極的な資本支出を実施

環境マネジメント体制

・ 社長執行役員を最高責任者とした環境マネジメント体制を構築

- 環境に関する取組については、経営会議の下部機関である環境・サステナビリティ委員会を中心に審議を行う
- 取締役会は環境に関する取組への監督責任を負っており、特に重要な事項については取締役会での決議を経て決定



・ 代替燃料の導入推進に向け、社内横断プロジェクトチームを組成

技術革新を加速させる体制

・ 技術革新本部

- 安全運航および環境負荷低減の深度化、技術開発のさらなる強化に向け、「技術革新本部」を新設（2018年）
- LNG燃料を含む、代替燃料を使用する船舶の開発を実現すべきテーマの一つとして取組んでいる

・ サステナビリティ計画「MOL Sustainability Plan」を新たに策定

- 当社事業にイノベーションを起こし、「安全輸送・社会インフラ事業を通じた付加価値の提供」「海洋・地球環境の保全」にも通じる様々な社会課題の解決に貢献することを目指す（2022年3月）



その他の取組み

・ グリーンボンド、サステナビリティボンドの発行

- 世の中の環境やSDGsに対する意識の高まりを資金調達面でも活かす取り組みとして、2018年度にはグリーンボンドを100億円、2019年度にはサステナビリティボンドを200億円発行しました。グリーンボンドとサステナビリティボンドともに、機関投資家および個人投資家向けに発行

・ トランジション・リンク・ローンによる資金調達

- LNG燃料フェリー2隻向けおよびウインドチャレンジャー（硬翼帆式風力推進装置）を搭載した世界初のばら積み船の建造資金として「シンジケーション方式トランジション・ローン」による資金調達契約を締結

・ トランジション・ローンによる資金調達

- 世界最大級のLNG燃料供給船第2船「Gas Vitality」(以下「本船」)の建造資金として、トランジション・リンク・ローンによる資金調達契約を締結

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、船の運航の影響が避けられない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

- コロナ禍による機器手配遅延のリスク
- 判明次第、関係各所に連絡
スケジュールを立て直す
- 台風、落雷による停電
- バックアップ電源を確保する



- 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