

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

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

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）

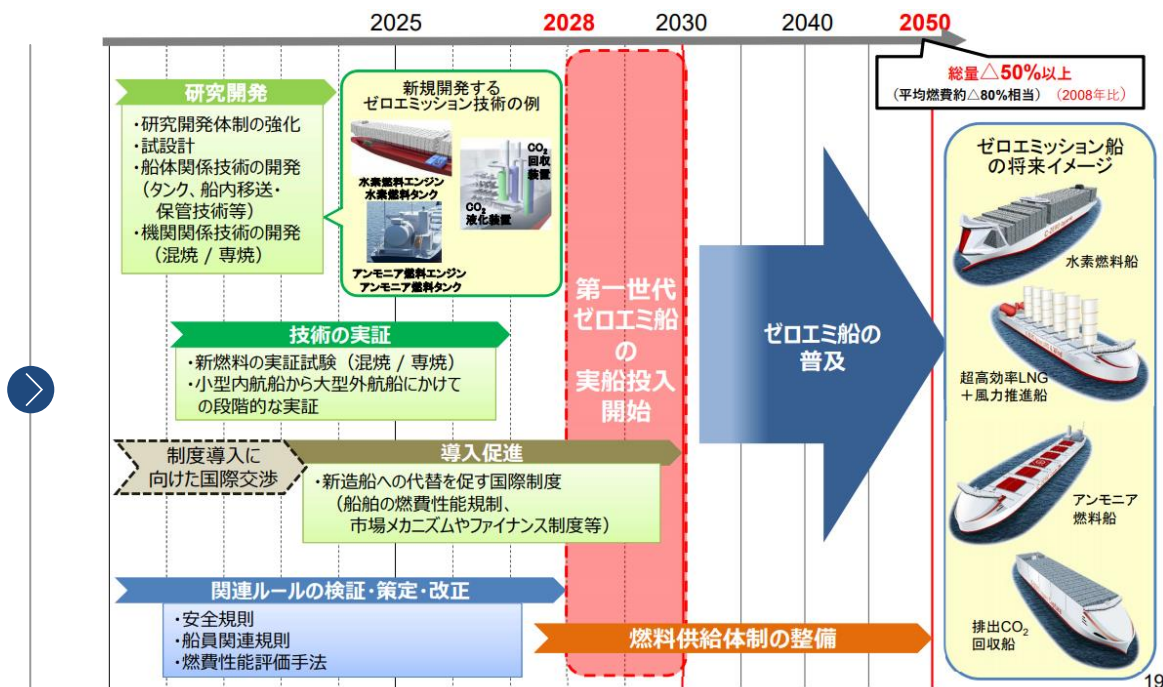
- IMO GHG strategy（'18年設定、'23年目標値強化見込み）
- IMO 既存船燃費性能規制や燃費格付け制度の施行（'23年から）
- EU ETS対象拡大やEU ETS対象拡大の議論
- IMOでのメタンスリップ低減に対する議論の高まり

（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」

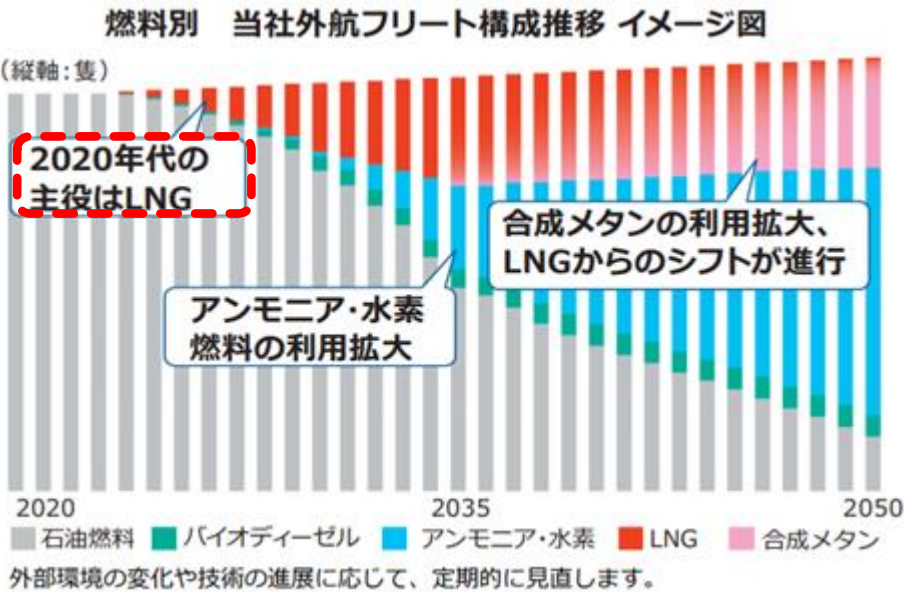
- 環境負荷低減に対する経営ビジョン：
『商船三井グループ 環境ビジョン2.1』
中心的な課題として取り組む気候変動対策に関し、2050年ネットゼロ・エミッションを軸とする3つの中長期目標を掲げ、その実現へ向けた具体的な道筋を示している

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・エミッション船を開発済み（2022年運航開始予定）ですが、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110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。



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



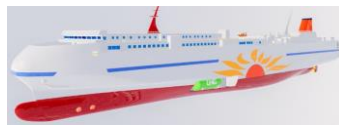
LNG燃料フェリー（2隻）

2022年末から2023年前半
順次竣工予定



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



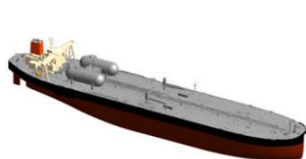
ケープサイズバルカー（4隻）

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2.1』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隻を投入する計画を発表



主なマイルストーン	
2020年代中	ネットゼロ・エミッション外航船 運航開始
2030年	LNG燃料船 約90隻(※2)
2035年	排出原単位 約45%削減 (2019年比、SBT認証取得予定) ネットゼロ・エミッション外航船 約110隻 (合成メタン/アンモニア・水素燃料/ バイオ・ディーゼル利用等)

※1 当社SCOPE 1排出量に該当する自社運航船のみ対象。

※2 LNG輸送船を除く。

© 2021 Mitsui O.S.K. Lines, Ltd.

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

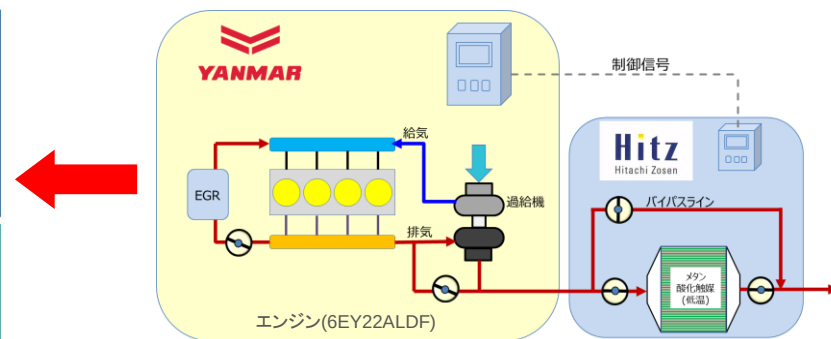
ビジネスモデルの概要（製品、サービス、価値提供・収益化の方法）と研究開発計画の関係性

LNG燃料船化の対象船種の拡大検討
(LNG燃料船 約90隻/2030年)

*16隻分の投資決定済み(2022年10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



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議論が開始されている。

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「いしん」
2隻追加 25年竣工予定



LNG燃料フェリー
2022年末から2023年前半
2隻順次竣工予定



LNG燃料フェリー
2隻追加 25年竣工予定



LNG燃料自動車船
8隻の建造決定
24年から25年竣工予定



ケーサイズバルカー（4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 約90隻（2030年）

* 16隻分の投資決定済み（2022年10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（2027年度頃の投資回収を想定）

	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	…
メタン削減量をCO2削減に換算した想定経済価値 (*1)	-	-	-	2027年度頃の投資回収を想定				…
研究開発投資	約 11.3億円 (*2)							
取組の段階	研究開発			実船実証			実船搭載	
メタンスリップ削減率					現行方式に比べてメタン70%削減			

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

（*1）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=143.6円換算/2022年10月）

（*2）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	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	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）	- 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	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	2022-24年度で5,300億円程度を ①代替燃料船隊整備 ②低・脱炭素エネルギー事業拡大への投資を計画	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	- 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		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16.1億円						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		
うち研究開発投資	約11.3億円								
国費負担	約5.9億円								
自己負担	約10.2億円								

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	アウトプット目標		
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800kW	2026年までにLNG燃料船のメタンスリップ削減率70%以上		
研究開発内容	KPI	KPI設定の考え方	
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	メタンスリップ 削減率 70%	● 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 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			
3 <ステージゲートクリア後> 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			

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を提案

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 触媒の開発 [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	メタンスリップ 削減率 70%	実験による概念実証（TRL3） 模擬ガスでのメタン酸化率を確認	商業化前の実証（TRL7） メタンスリップ削減率70%をエンジン排ガスにて確認	- 触媒組成、製法検討による性能向上 - 方式①触媒組成の最適化 - 方式②触媒製法の最適化 - 方式③排ガスでの触媒評価から課題抽出、改善	70% 触媒に不利な温度条件でもシステムを成立させる
2 エンジンシステムの開発[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		実験による概念実証（TRL3） 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		- メタンスリップ削減 - 方式①メタン酸化触媒との協調制御 - 方式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	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 <ステージゲートクリア後> 実船実証 [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		実験による概念実証（TRL3） 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	商業規模の実証（TRL8） 長期運用手法の確立	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	90% 上記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%の初期性能確認



これまでの（前回からの）開発進捗

・空間速度 $\geq 7,000\text{h}^{-1}$ 、375℃以上でメタン酸化率70%を達成
・上記結果をもってサブステージゲートを通過
・硫黄被毒による劣化後の触媒性能が従来と比較し向上する組成を見出した
・触媒の硫黄被毒の劣化を軽減するための方策を見出した



・2ストロークエンジン排ガスに技術展開する際の課題抽出

・2ストロークエンジン排ガス条件における触媒性能を試算
・触媒を過給機前設置する条件で70%以上のメタン酸化率を達成
・触媒設置による負荷追従性やレイアウトに問題はない

⇒上記、結果より2ストロークエンジンへ技術展開することは可能
ただし、他の対策技術や2ストロークエンジンのメタンスリップ特性を鑑み開発の可否は検討が必要

進捗度

進捗度：○
初期性能に関するマイルストーンは達成
耐久性向上のための対策は引き続き対策が必要

進捗度：○
技術面の課題についての検討はほぼ完了
市場動向を引き続き調査

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

触媒レイアウトの決定
[サブステージゲート目標]



これまでの（前回からの）開発進捗

性能シミュレーションツールを用いて触媒レイアウトが過給機前と過給機後での排気温度特性、メタンスリップ削減率、過渡応答性を評価し、触媒レイアウトを過給機後に確定した。

進捗度

◎
(理由) 計画通りにレイアウトを確定

サブステージゲートの審査をクリア

2

エンジン
システム
の開発

触媒の初期性能評価
[サブステージゲート目標]



日立造船で開発中の触媒の単体での酸化性能試験結果に基づき上記、過給機後の触媒レイアウトにて実船実証船のレイアウトも考慮してメタンスリップ削減率の机上評価を実施し、概ねメタンスリップ削減率：70%を達成できることを確認した。

◎
(理由)
目標メタンスリップ削減率達成に目処

サブステージゲートの審査をクリア

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

・空間速度 $\geq 7,000\text{h}^{-1}$ にてメタン酸化率70%の初期性能確認



残された技術課題

・耐久性の向上
Dock to Dock相当の期間性能維持



・触媒製法の最適化
触媒性能を達成する製造方法の確立
船用エンジンでの圧力や振動に耐える機械強度を有する

解決の見通し

実ガス試験で潤滑油などの触媒性能の影響を確認し組成を確立する

従来の脱硝触媒製造方法をベースに製造方法を確立する
製造した触媒の振動試験を実施し必要な強度を有することを確認する

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	触媒レイアウトの決定 サブステージゲート目標	直近のマイルストーンに関する残された技術課題は無し。 今後、次のステージゲートに向けて実船実証船での触媒システムの構築と安全性の確保を進める。	開発初期段階からのコンソーシアム内各社とNKとの安全性の事前検証を実施し、システム構築と共に安全性の確保の見込み
2 エンジンシステムの開発	触媒の初期性能評価 サブステージゲート目標	直近のマイルストーンに関する残された技術課題は無し。 今後、次のステージゲートに向けてエンジン改良との組合せによる更なる、メタンスリップ削減を図る。	EGRや燃焼改良との組合せにて更に削減見込み

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

**「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%の初期性能の確認」**

「触媒反応器のレイアウトの決定と触媒の初期性能評価を完了」

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）

（b）触媒用エンジンシステムの基盤構築（完了時期：2023年度）

2022年度の目標

空間速度 $\geq 7,000\text{h}^{-1}$ にてメタン酸化率70%を確認

【結果】375℃以上で達成

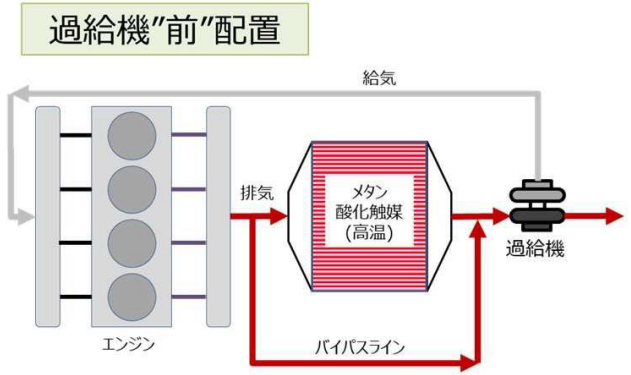
耐久性

加速試験結果をもとに性能を試算(SV: $7,000\text{h}^{-1}$, 400℃)

実機相当のSO₂で約1,000時間の耐久性を確認

2. 研究開発計画／（2）研究開発内容（これまでの取組）

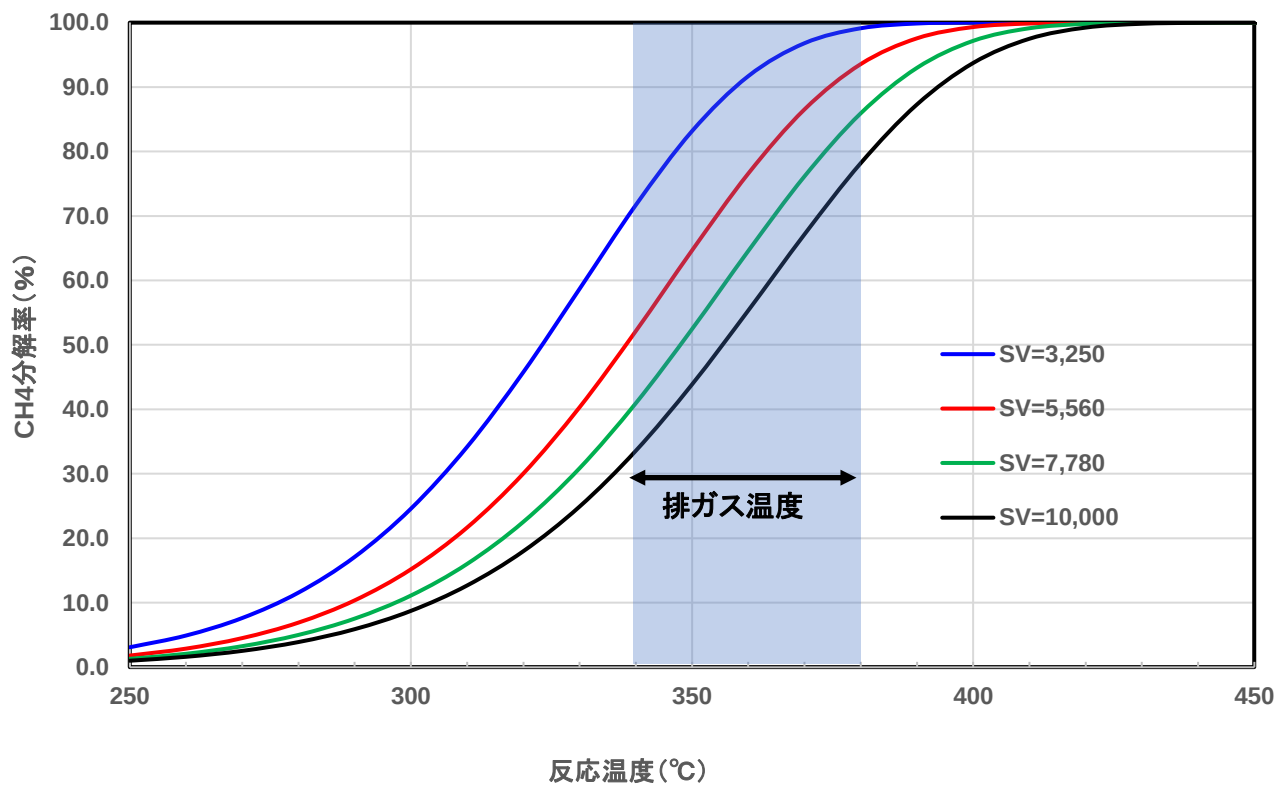
2ストロークエンジン排ガスに技術展開する際の課題



エンジン負荷 (%)	SV
25	3,250
50	5,560
75	7,780
100	10,000

触媒量はエンジン100%負荷時の排ガス量で設計
目標値は100%負荷時にSV=10,000

※SV (Space Velocity、空間速度)
単位時間あたりに触媒内を通過するガス量と触媒体積の比
同流量でSV大きくなると触媒体積は小さくなる
 $SV [h^{-1}] = Q [L/h] / V [L]$



- ・エンジンチューニングにより過給機前の排ガス温度は340℃から380℃の見込み
- ・各負荷において70%以上のCH₄分解率達成
- ・SCRの知見から、触媒設置による負荷追従性やレイアウトは問題ない
- ・2ストロークエンジンへの展開は可能

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

「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%の初期性能の確認」

「触媒反応器のレイアウトの決定と触媒の初期性能評価を完了」

2-1.触媒反応器レイアウトの検討の目的

2-2. 触媒反応器の過給機“前”配置の成立性の検証

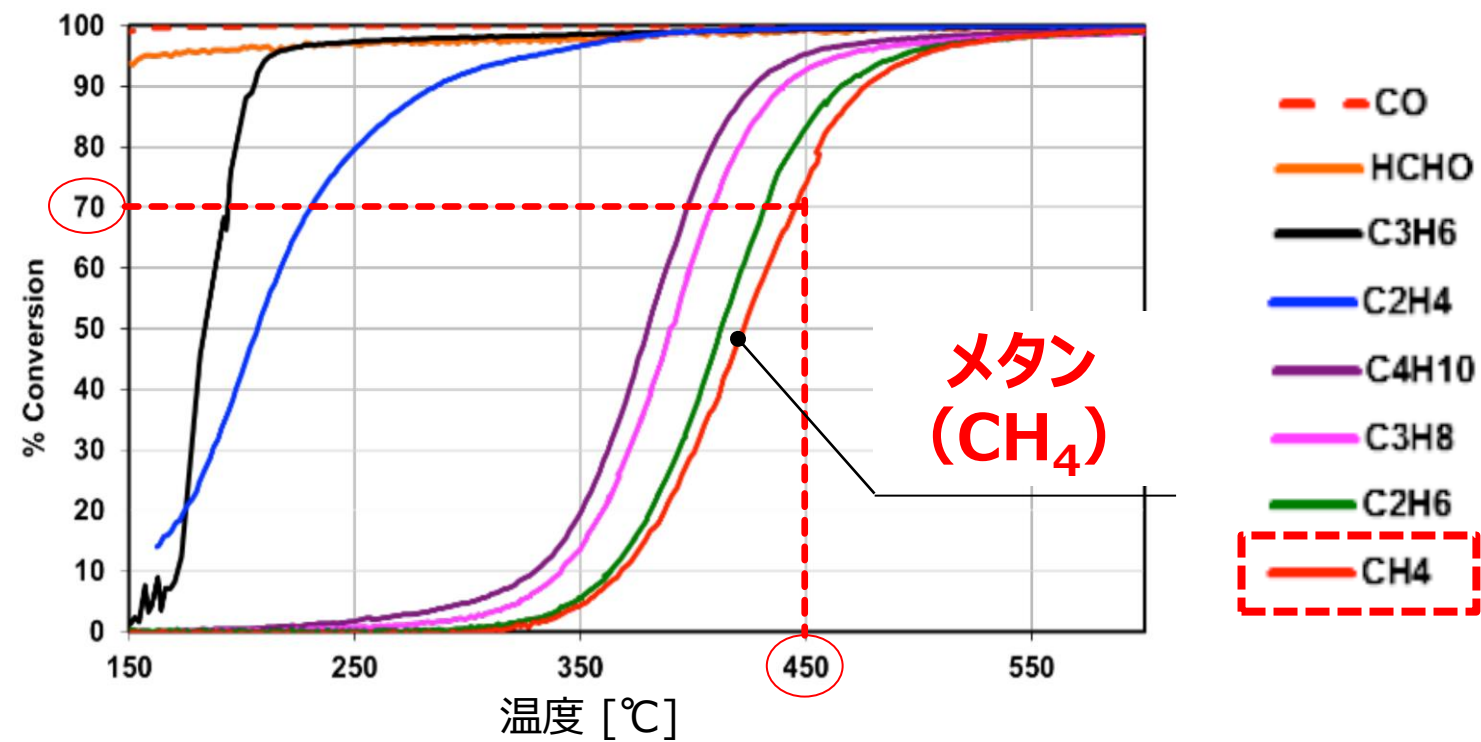
2-3.触媒反応器の過給機“後”配置の実現可能性の検討



2-1.触媒反応器レイアウトの検討の目的

メタン酸化触媒の課題：既存触媒では70%のメタン酸化率に450℃の高温が必要

メタン酸化触媒の課題：低温での触媒性能



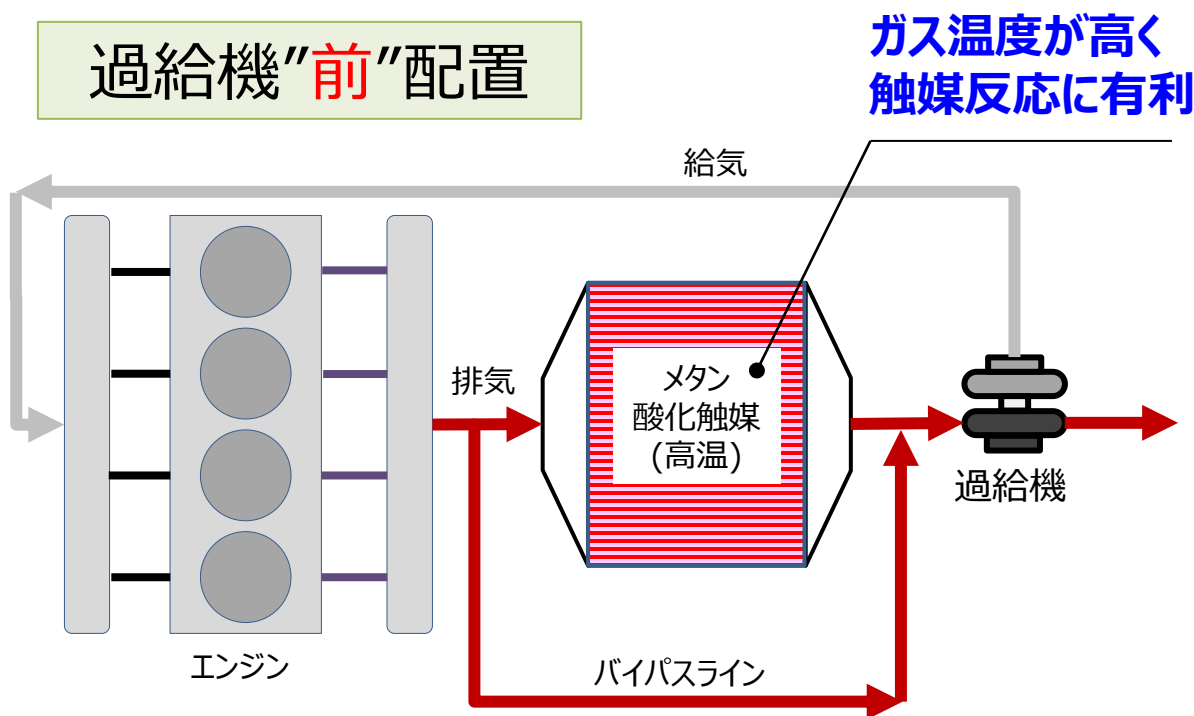
反応条件

O ₂	11.0%
Hydrocarbon as C ₁	1120ppm
CO	800ppm
CO ₂	10.0%
H ₂ O	10.0%
N ₂	Balance

(出典：CIMAC2019 paper 398(2019.6.10-14))

触媒反応器の過給機“前” or “後”配置により触媒性能やエンジン、触媒槽レイアウトに大きく影響を与えるため早期の目標達成のためにもPJ初期で確定する必要がある。

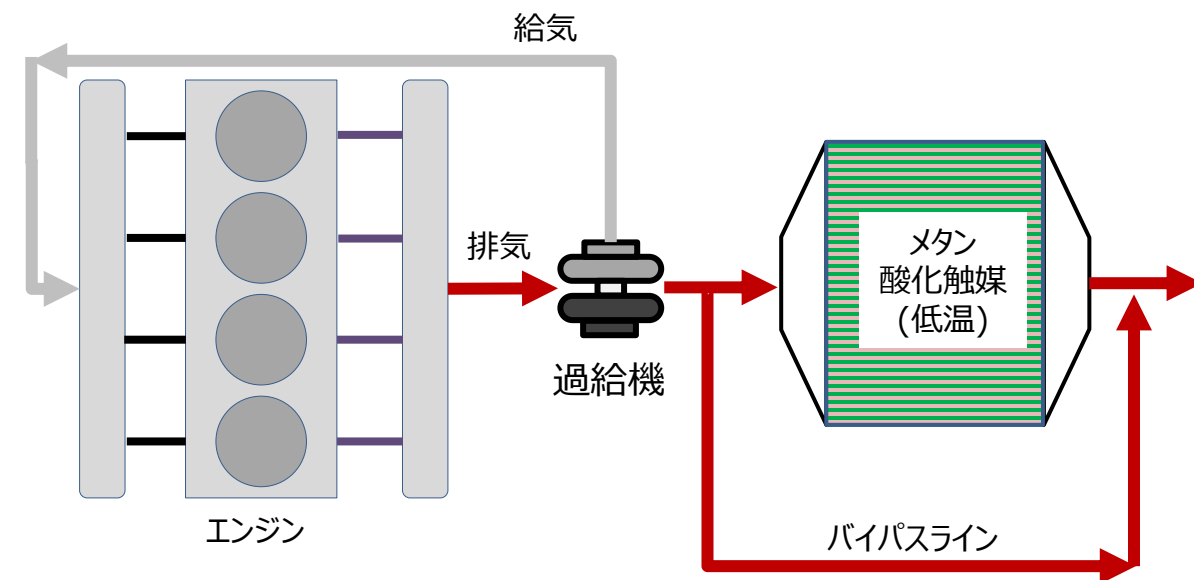
過給機“前”配置



[課題]

- ・搭載レイアウト（搭載制限）
- ・過渡応答性の悪化

過給機“後”配置

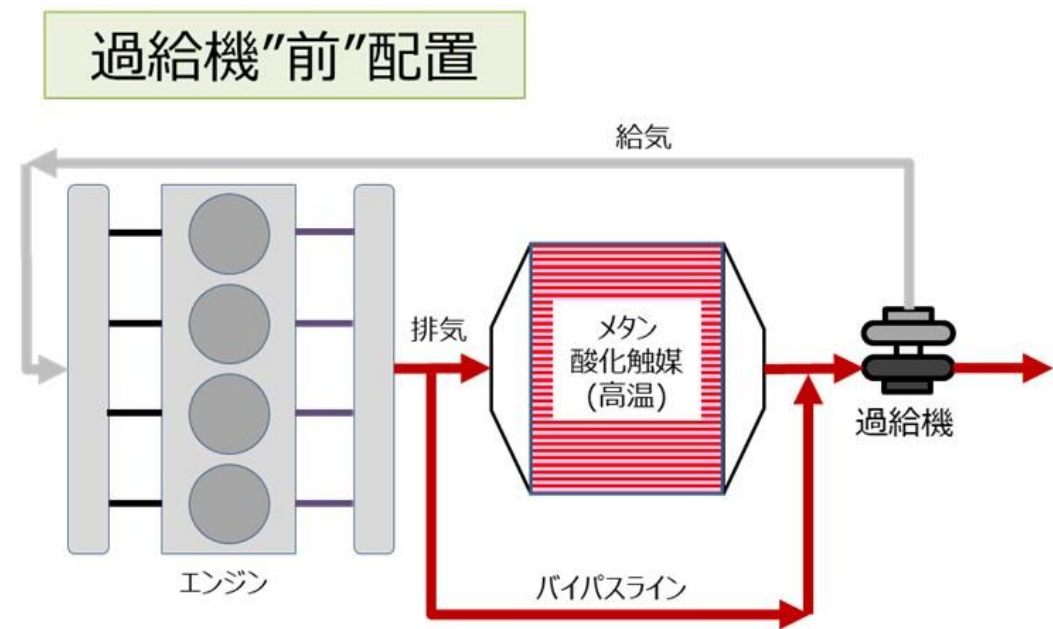


[課題]

- ・排気管での温度低下
- ・低温用メタン酸化触媒

過給機前後の各課題の成立性を検討し、実船試験搭載レイアウトを選定する

2-2.触媒反応器の過給機“前”配置の成立性の検証



触媒反応器設置レイアウト “過給機前”の成立性を下記指標により判断

① 触媒性能の比較

： 高圧・高温下における “過給機前触媒のコンパクト化”

② 搭載性の比較

： “コンパクト化過給機前触媒の搭載性”

③ 負荷追従（投入）性の比較

： 過給機前への配管・触媒設置による“過給機応答遅れによる負荷追従性悪化”

④ 過給機前触媒の信頼性検証

： エンジン排出THCの過給機前触媒での燃焼による“過給機前触媒の性能への影響”

触媒反応器設置レイアウト “過給機前”の成立性検討

① 触媒性能の比較

： 高圧・高温下における “過給機前触媒のコンパクト化”

② 搭載性の比較

： “コンパクト化過給機前触媒の搭載性”

③ 負荷追従（投入）性の比較

： 過給機前への配管・触媒設置による“過給機応答遅れによる負荷追従性悪化”

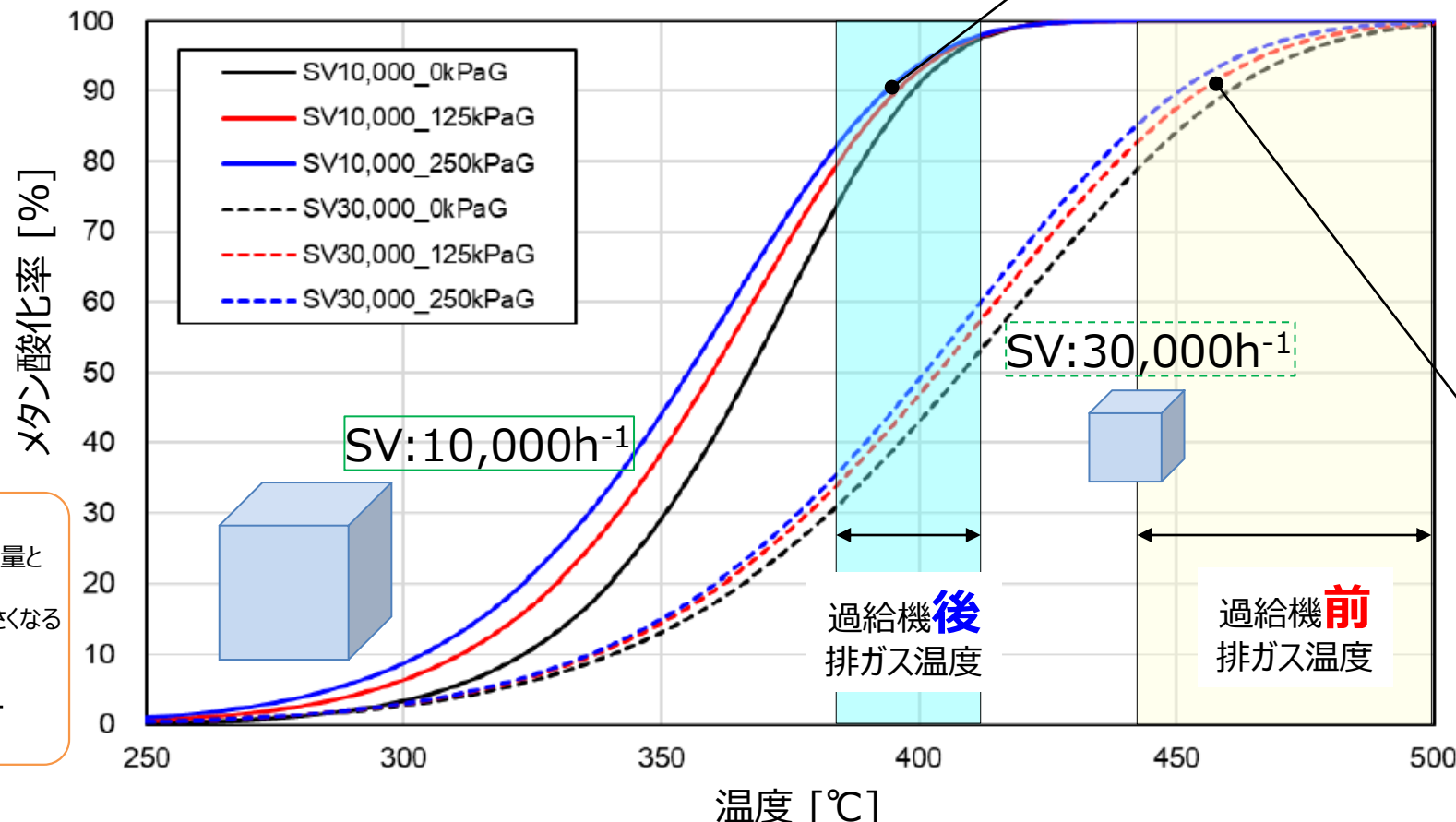
④ 過給機前触媒の信頼性検証

： エンジン排出THCの過給機前触媒での燃焼による“過給機前触媒の性能への影響”

メタン酸化触媒サイズは、過給機前^前に設置すると過給機後^後に比較し1/3に小型化できる。

今回開発のHitz殿触媒

過給機後^後の排ガス温度で
成立する触媒のSVは約**10,000h⁻¹**



過給機前^前の
排ガス温度で
成立する触媒の
SVは約**30,000h⁻¹**

過給機後と比較し
触媒サイズは
約1/3にできる

※SV (Space Velocity、空間速度)
単位時間あたりに触媒内を通過するガス量と
触媒体積の比
同流量でSV大きくなると触媒体積は小さくなる

$$SV [h^{-1}] = \frac{Q [L/h]}{V [L]}$$

以降の触媒SVは、過給機前^前 : 30,000h⁻¹、過給機後^後 : 10,000h⁻¹にて検討

触媒反応器設置レイアウト “過給機前”の成立性検討

① 触媒性能の比較

過給機前は触媒サイズの1/3化が可能。
以後、前：SV-30,000 h⁻¹、後：SV-10,000 h⁻¹にて検討

：高圧・高温下における “過給機前触媒のコンパクト化”

② 搭載性の比較

：“コンパクト化過給機前触媒の搭載性”

③ 負荷追従（投入）性の比較

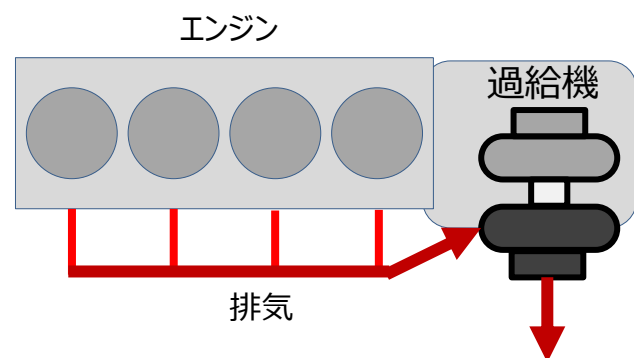
：過給機前への配管・触媒設置による“過給機応答遅れによる負荷追従性悪化”

④ 過給機前触媒の信頼性検証

：エンジン排出THCの過給機前触媒での燃焼による“過給機前触媒の性能への影響”

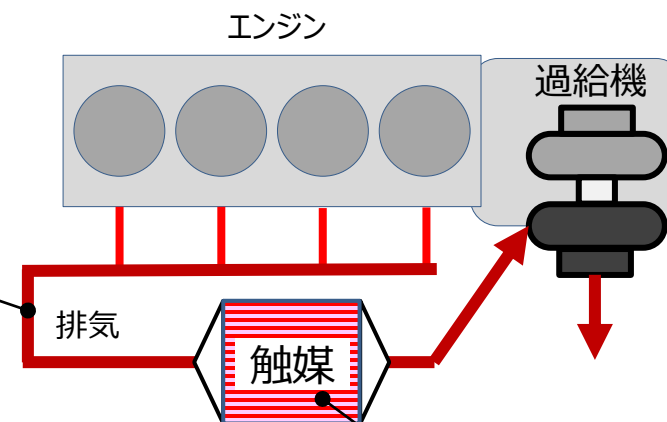
過給機前への触媒設置の為、排気配管の延長が必要

触媒なし（現行レイアウト）



過給機前触媒反応器設置のレイアウト

排気管追加長さ
3,000mm



過給機まで219.3Lの容積追加が必要
➡ 過給機の応答遅れが課題に

触媒反応器設置レイアウト “過給機前”の成立性検討

① 触媒性能の比較

： 高圧・高温下における “過給機前触媒のコンパクト化”

過給機前は触媒サイズの1/3化が可能。

以後、前：SV-30,000 h⁻¹、後：SV-10,000 h⁻¹にて検討

② 搭載性の比較

：“コンパクト化過給機前触媒の搭載性”

過給機までに 容積 219.3L、熱容量72.8kJ/K が追加

③ 負荷追従（投入）性の比較

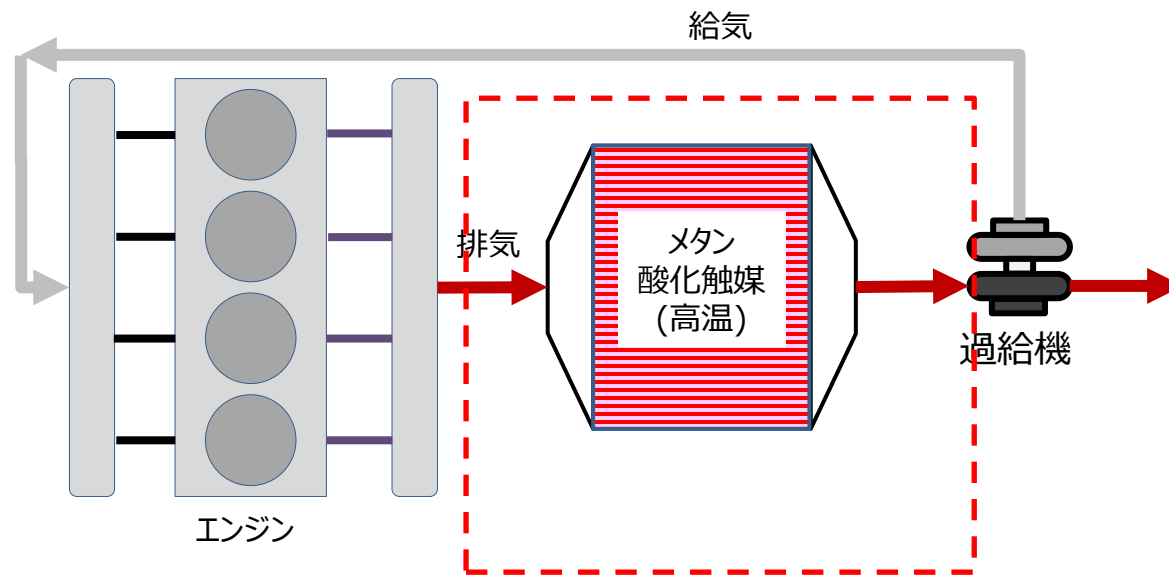
： 過給機前への配管・触媒設置による“過給機応答遅れによる負荷追従性悪化”

④ 過給機前触媒の信頼性検証

： エンジン排出THCの過給機前触媒での燃焼による“過給機前触媒の性能への影響”

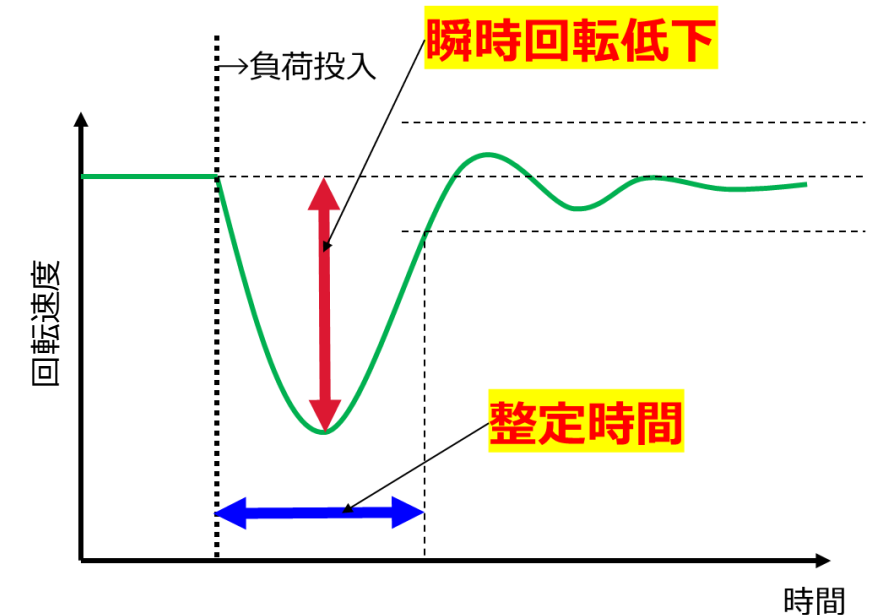
発電用補機エンジンでは負荷追従性が求められ、一定時間内に回転速度の整定が必要

過給機“前”配置



過給機まで219.3Lの容積追加が必要
➡ 過給機の応答遅れが課題に

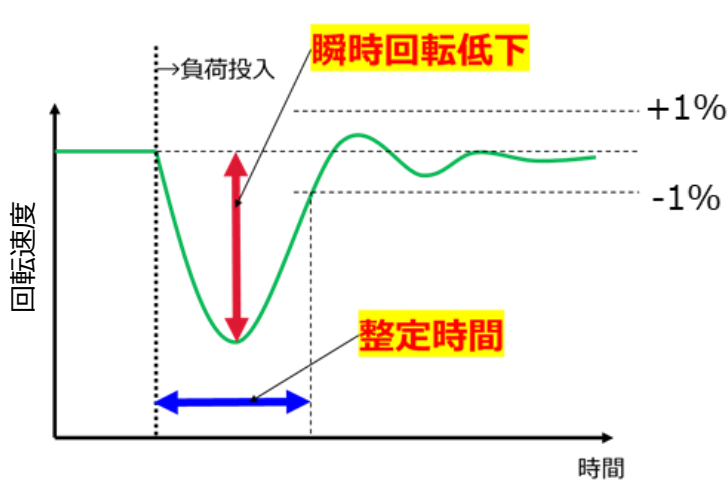
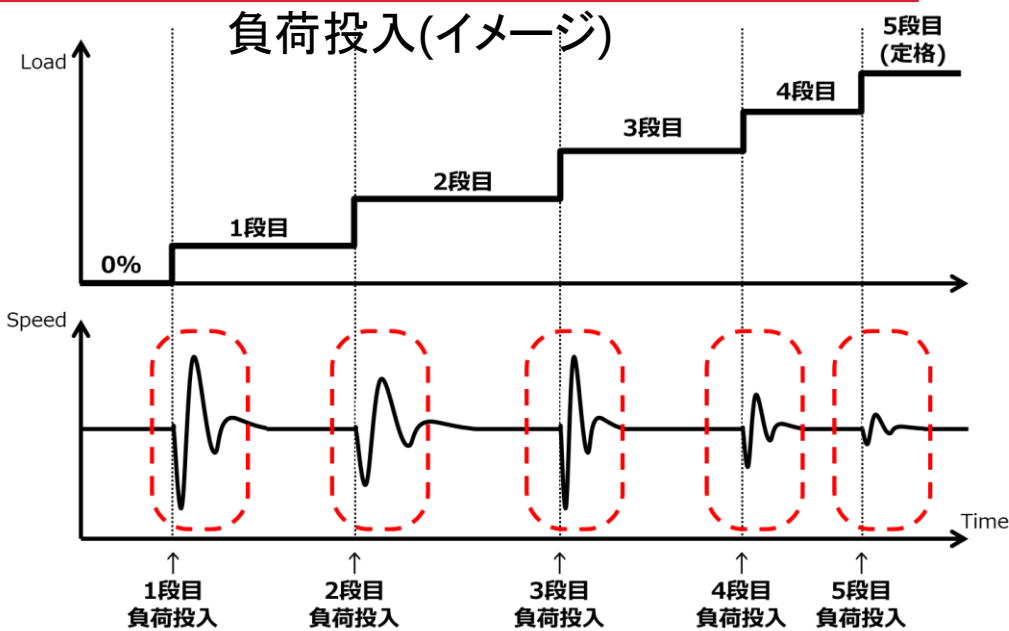
発電用補機エンジンでは、船内電力需要変動に応じた負荷追従性が求められる



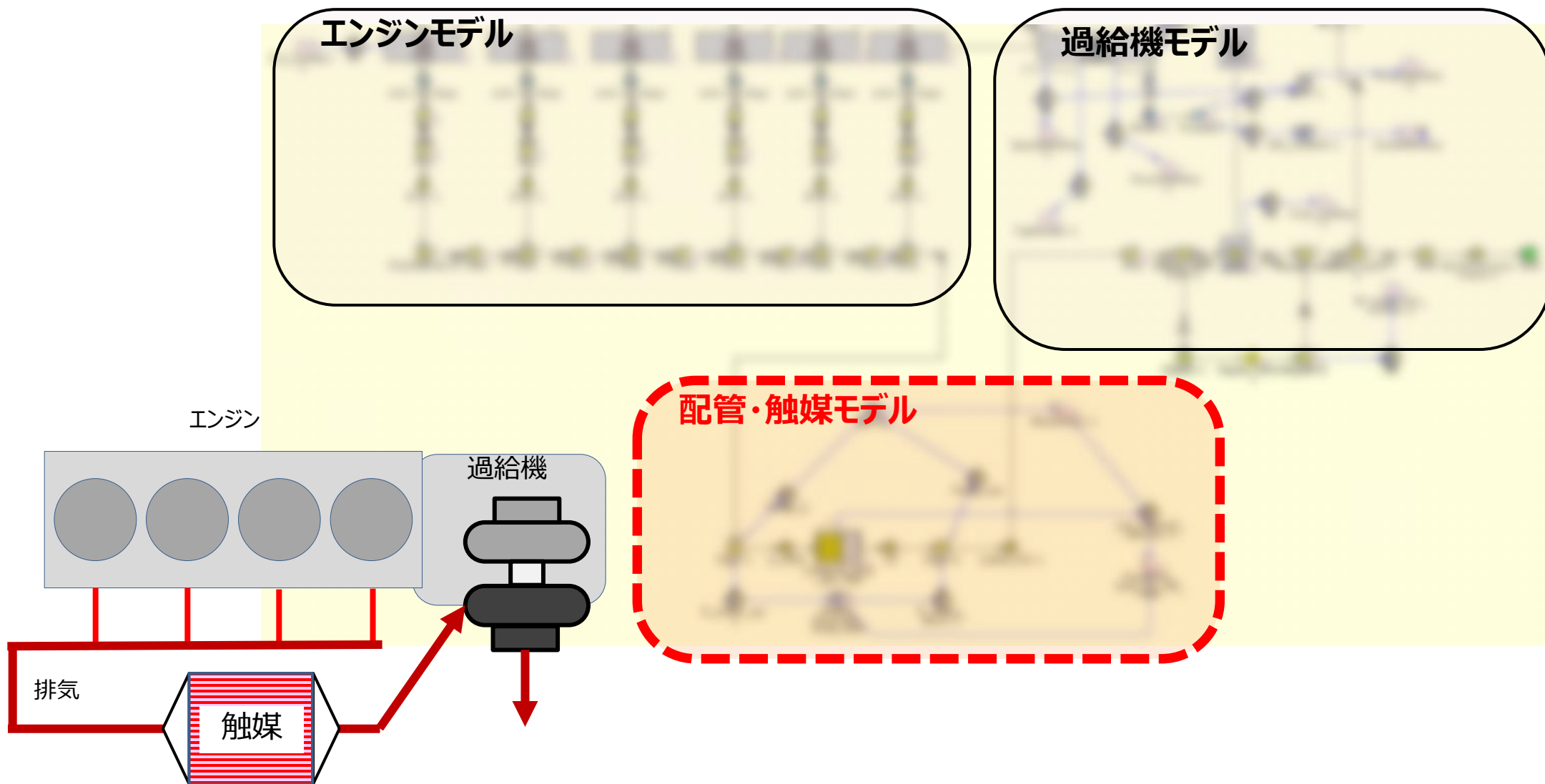
負荷投入によるエンジン回転数の
“瞬時低下率を最小化し、時間内に整定する”
必要がある

検討は1Dシミュレーションツールを用い、評価は現行機関の5段負荷投入とし、負荷投入性の判断基準は、船級ルールに従い行った。

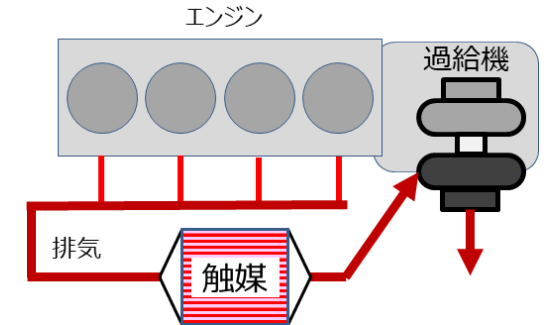
対象	6EY22ALDF ガスモード
使用ソフト	1Dエンジン性能シミュレーション GT-Power
投入負荷	5段投入 ※各負荷を矩形波にて模擬
エンジン回転速度	927 min ⁻¹ (1段目) → 900 min ⁻¹ (5段目)
負荷投入性 判断基準 (船級ルール)	エンジン回転速度 瞬時回転低下 ≤ 10% 整定時間 ≤ 5sec (±1%以内)



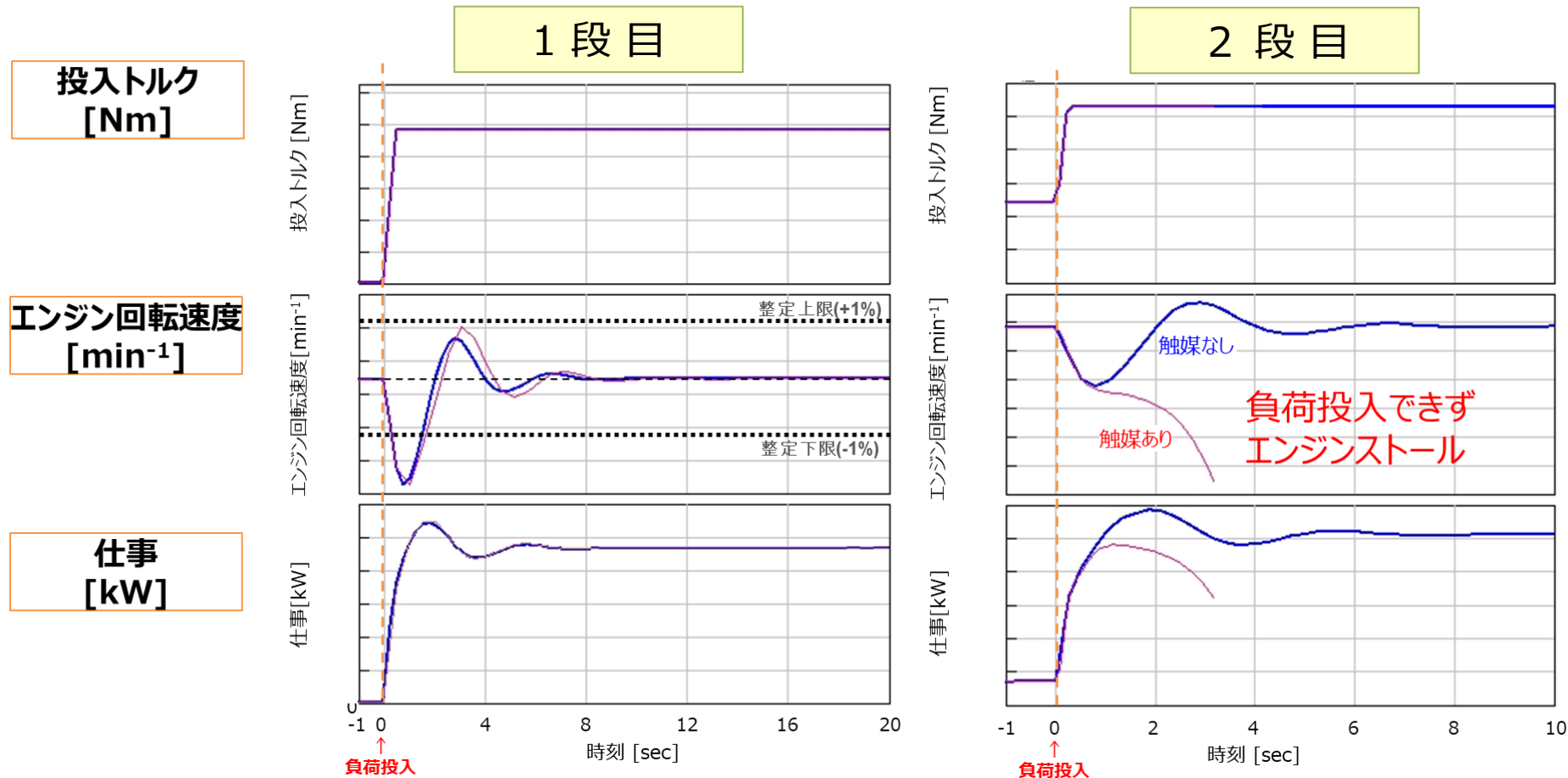
1D性能シミュレーションモデルを構築し 排気マニフォールド出口と過給機の上に、配管、触媒をモデル上に設置し性能検討を実施



過給機前に触媒を挿入すると負荷投入性能を満足しない



[1D性能シミュレーションモデルによる負荷投入性能の評価結果]



触媒反応器設置レイアウト “過給機前”の成立性検討

① 触媒性能の比較

： 高圧・高温下における “過給機前触媒のコンパクト化”

過給機前は触媒サイズの1/3化が可能。

以後、前：SV-30,000 h⁻¹、後：SV-10,000 h⁻¹にて検討

② 搭載性の比較

：“コンパクト化過給機前触媒の搭載性”

過給機までに 容積 219.3L, 熱容量 72.8kJ/Kが追加

③ 負荷追従（投入）性の比較

： 過給機前への配管・触媒設置による“過給機応答遅れによる負荷追従性悪化”

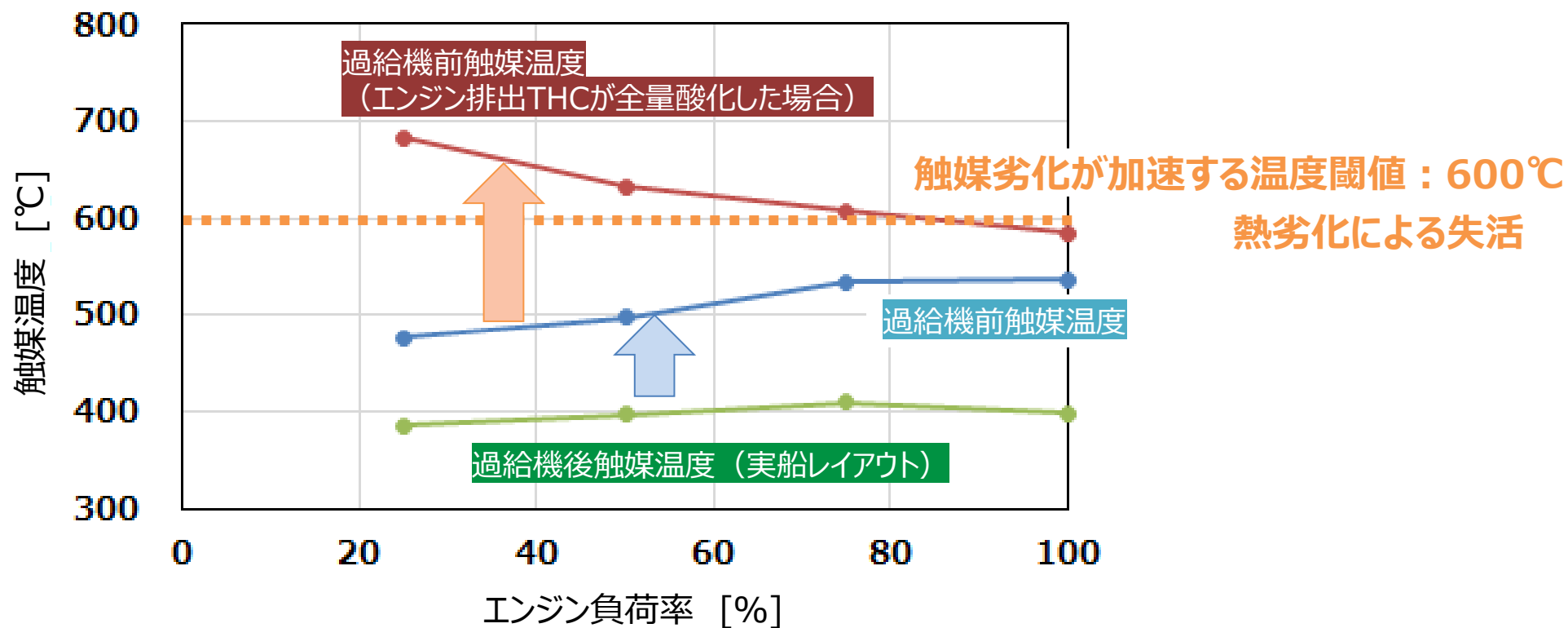
過給機前の容積が増加することにより、負荷追従性は要求性能未達

④ 過給機前触媒の信頼性検証

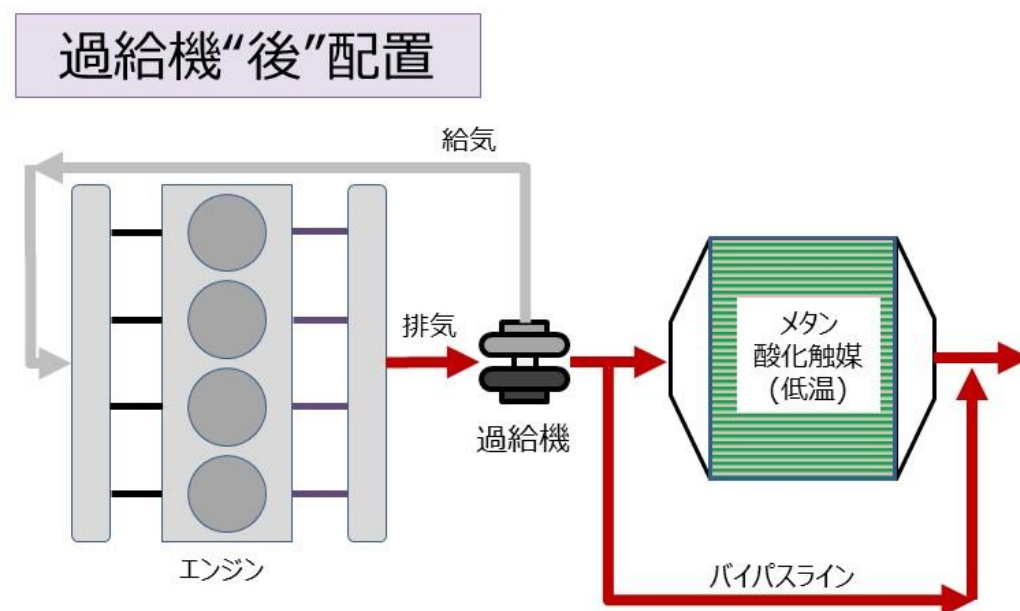
： エンジン排出THCの過給機前触媒での燃焼による“過給機前触媒の性能への影響”

過給機前^前の排ガス温度は高く、機関出口のTHC濃度が多いと
触媒は600℃以上の高温に曝され性能の著しい低下を招く。

過給機前^前の触媒の過昇温リスク

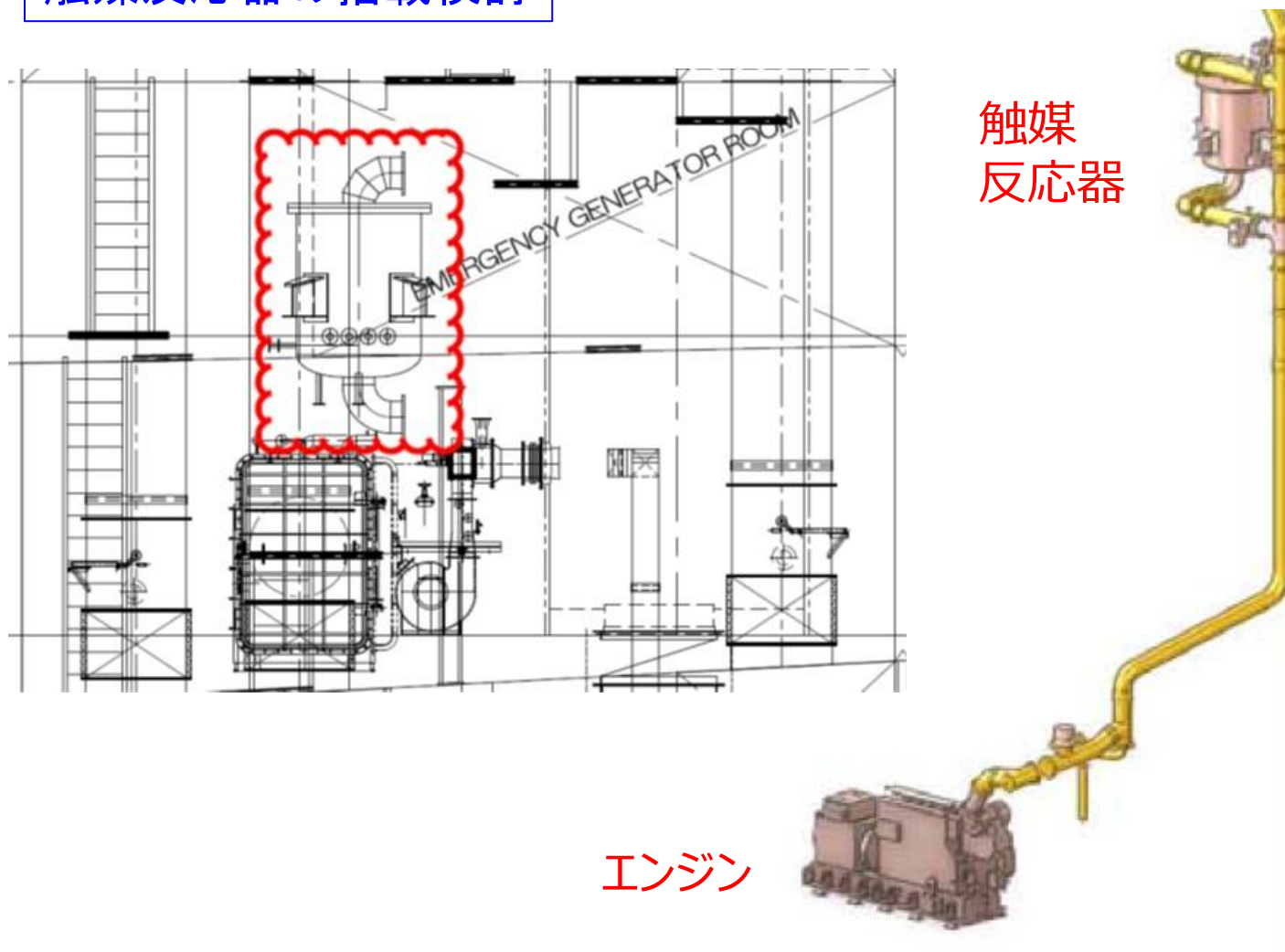


2-3. 触媒反応器の過給機“後”配置の実現可能性の検討

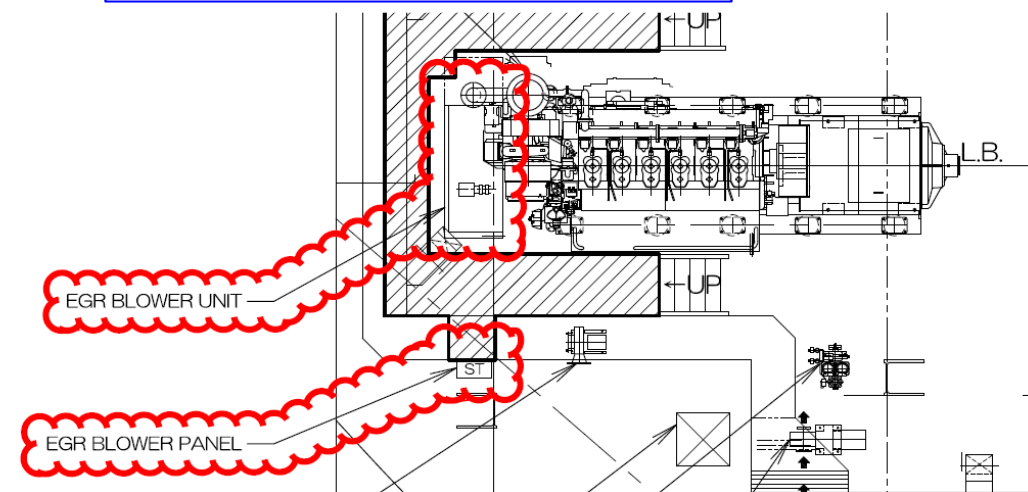


実船実証船での過給機“後”配置でのメタン触媒システムの 搭載可能性を検討し搭載可能であることを確認

触媒反応器の搭載検討



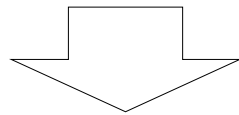
EGRシステムの搭載検討



実船試験での過給機“後”での触媒性能が目標性を達成可否を検討

検討目的

触媒反応器の過給機前設置では、
舶用補機関の要求性能を満たすことは現状難しい。



過給機後配置、名村造船所殿の実船レイアウトにおいて
目標触媒性能を満たすことが可能であることを検討。

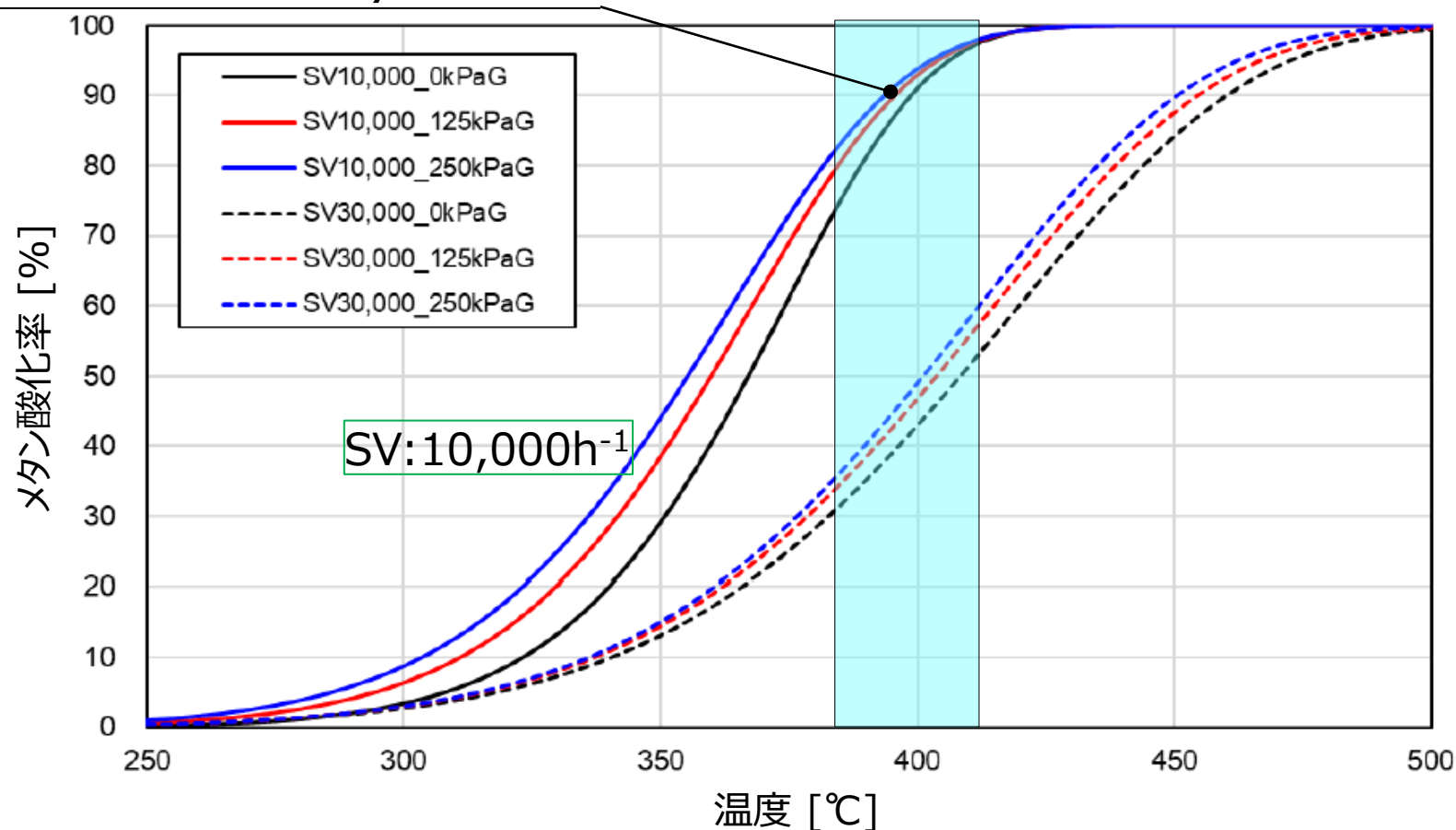


メタン酸化触媒サイズは、過給機後：10,000h⁻¹にて検討

今回開発のHitz殿触媒

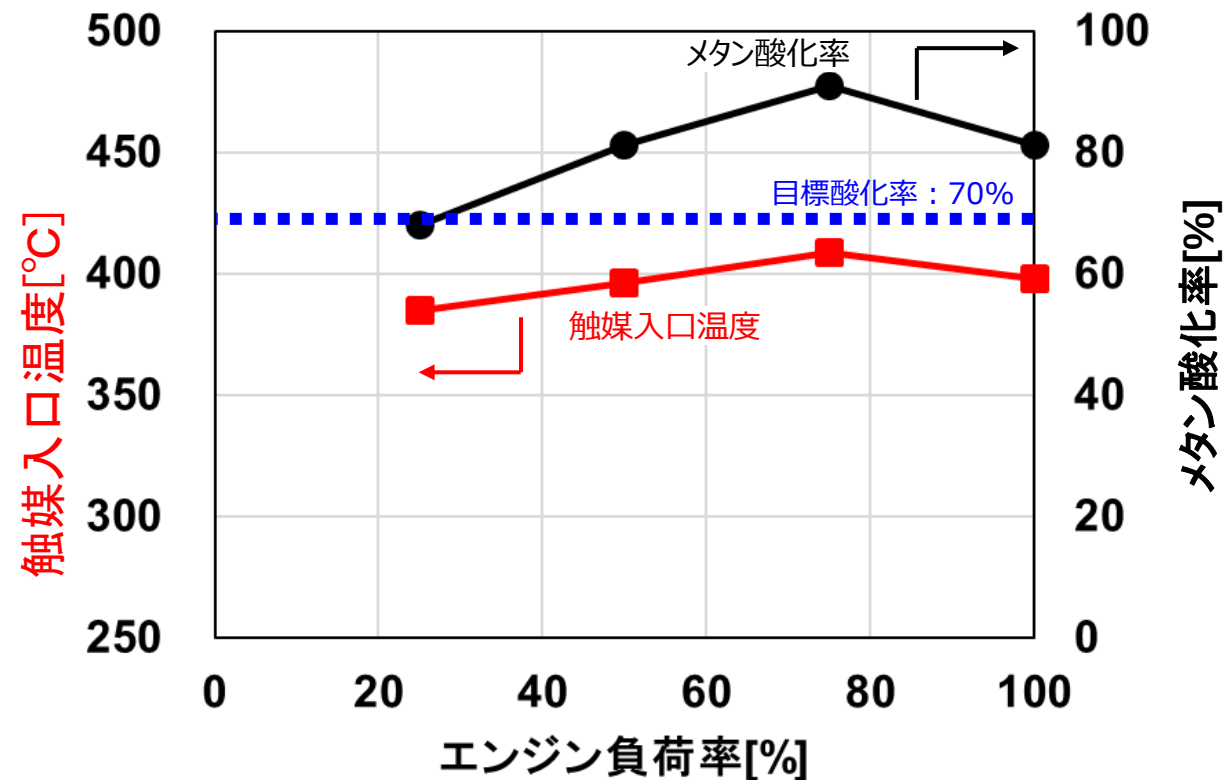
過給機後の排ガス温度で
成立する触媒のSVは約10,000h⁻¹

過給機後
排ガス温度



現行エンジンでも概ね目標酸化率70%を得ることが可能であることを確認

実船レイアウトにおける温度低下を考慮した、触媒入口温度と触媒性能の推定結果



YPT

エンジン排気温度の上昇
「リッチ燃焼 + EGR」

Hitz

触媒性能の改善
「触媒容積、触媒組成の検討」

今後の事業で更なる
改良を進め削減効果を高める

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計画



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を完了

③EGR機器選定、レイアウト設計



EGR装置のレイアウト設計

触媒による メタンスリップ削減

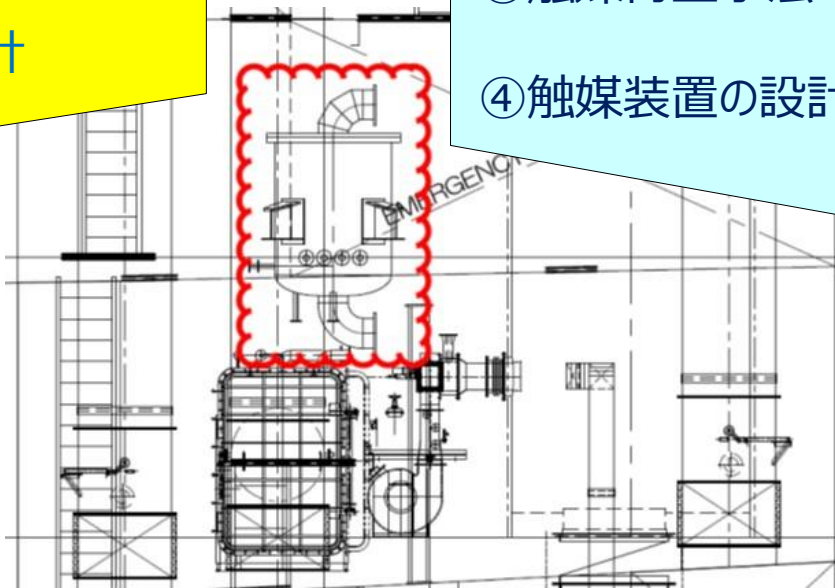


①触媒開発

②触媒要素評価

③触媒再生手法の検討、リスク評価

④触媒装置の設計検討



実船実証船での
触媒装置の搭載設計



Document No.
KB22MK0088
Date: 3 March 2022

APPROVAL IN PRINCIPLE

Methane slip oxidizing device

developed by YANMAR POWER TECHNOLOGY CO., LTD.,

Hitachi Zosen Corporation and Mitsui O.S.K. Lines, Ltd.

THIS IS TO CERTIFY THAT Approval in Principle is granted to YANMAR POWER TECHNOLOGY CO., LTD., Hitachi Zosen Corporation and Mitsui O.S.K. Lines, Ltd.

The AIP is for the design concept of the Methane slip oxidizing device, and it is based on "Part GF; Ships using low-flashpoint fuels" of the Society's Rules and Guidance for the Survey and Construction of Steel Ships incorporating "International Code of Safety for Ships using Gases or other Low-flashpoint Fuels (IGF Code), IMO Res. MSC.391 (95)" and "Part N; Ships carrying liquefied gases in bulk" of the Society's Rules and Guidance incorporating "International Code of the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (IGC Code), IMO Res. MSC.548".

The documents/drawings specified in the annex to this letter have been reviewed and it is verified that the basic design of the system is feasible for the intended application.

Conditions on this approval are set out in the Annex to letter KB22MK0088. For final approval of the system, a complete set of documentation is to be approved by the Society in accordance with relevant class rule.

Takeshi Shimada
General Manager of Machinery Department
NIPPON KAIJI KYOKAI

触媒装置の基本設計承認を
NKより取得(2022/3/8)



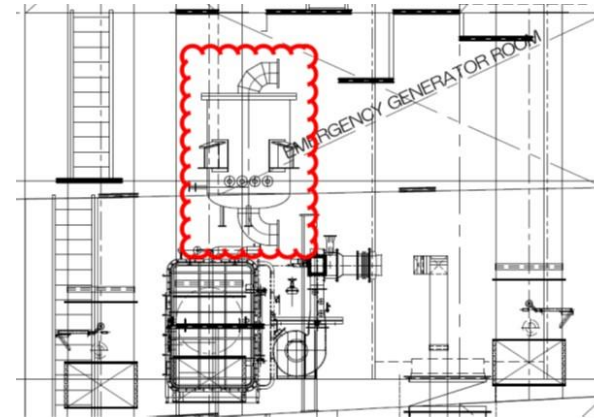
株式会社 名村造船所
NAMURA SHIPBUILDING CO., LTD.



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



Hitz
Hitachi Zosen

YANMAR

MOL 商船三井



Hitz
Hitachi Zosen

YANMAR

MOL 商船三井



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

ClassNK

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／（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

- ・ 実船における安全確認作業(HAZID)の確認・本船仕様への反映

- HAZID結果を本船仕様へ反映

- ・ 洋上での機関改修および触媒搭載についてのスタディ

- 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



- ・ メタン酸化触媒の運用技術の確立

- 発電機の最適負荷調整、触媒再生オペレーションの検討



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



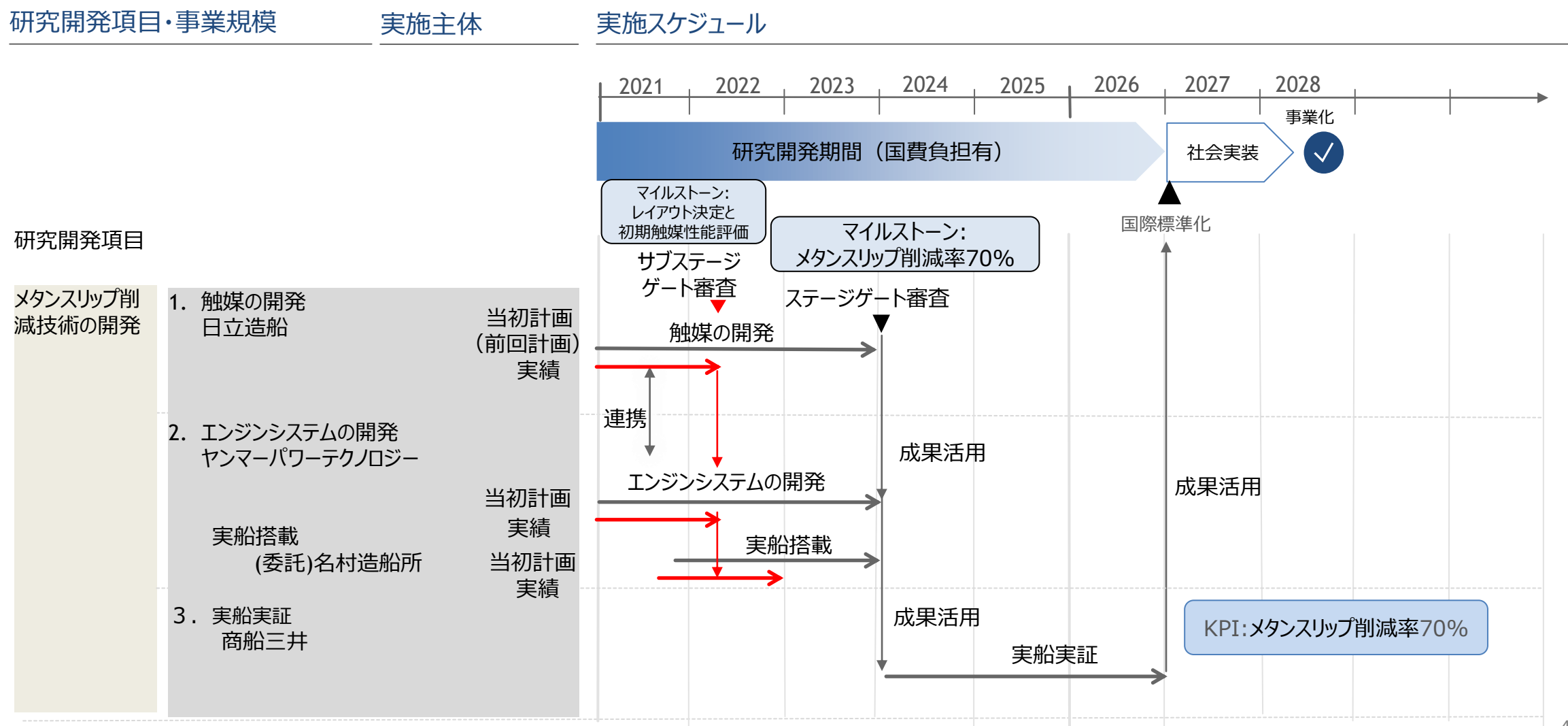
- ・ メタンスリップ計測、評価検討への関与

- コンソ各社と共に計測、評価手法の確立

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



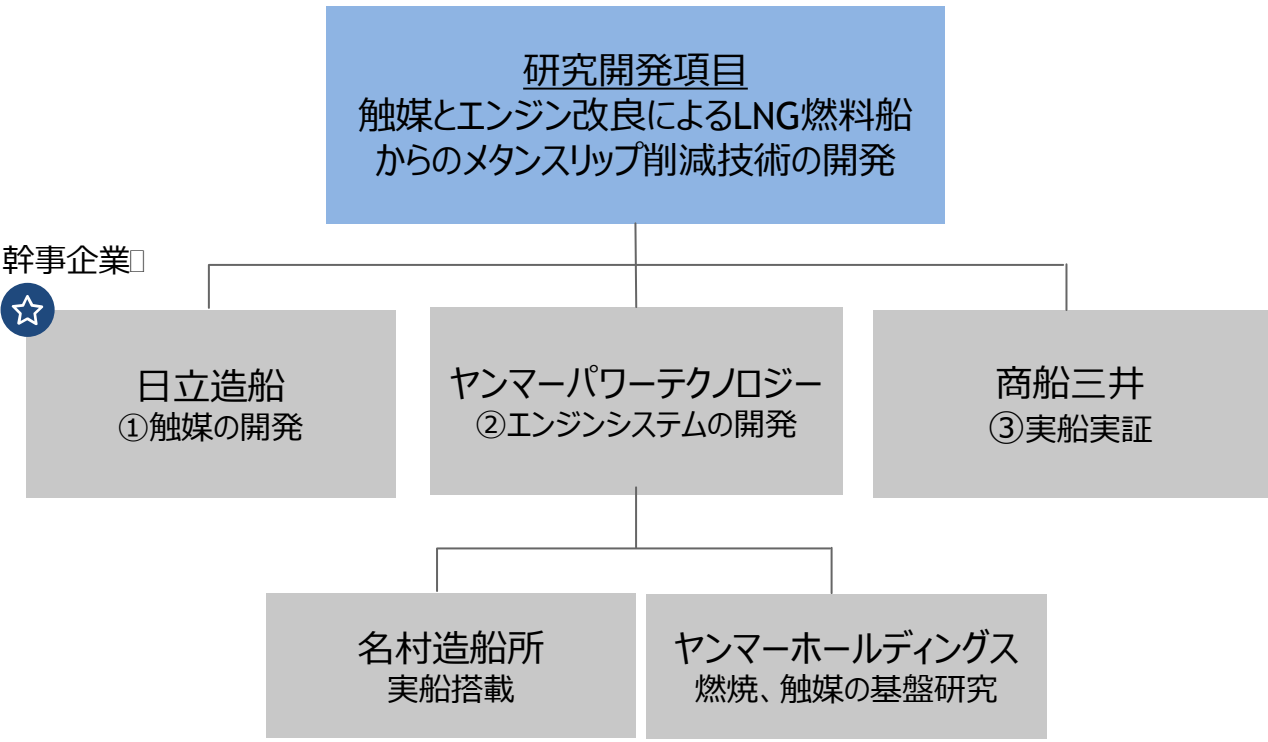
※総事業規模は、実施者の自己負担も含めた総投資額、国費負担額はNEDOからの委託費・補助金の額

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	1. 触媒の開発 - 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/	→ - 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
	2. エンジンシステムの開発 - 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	→ - 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
	3. 実船実証 - 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	→ - 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

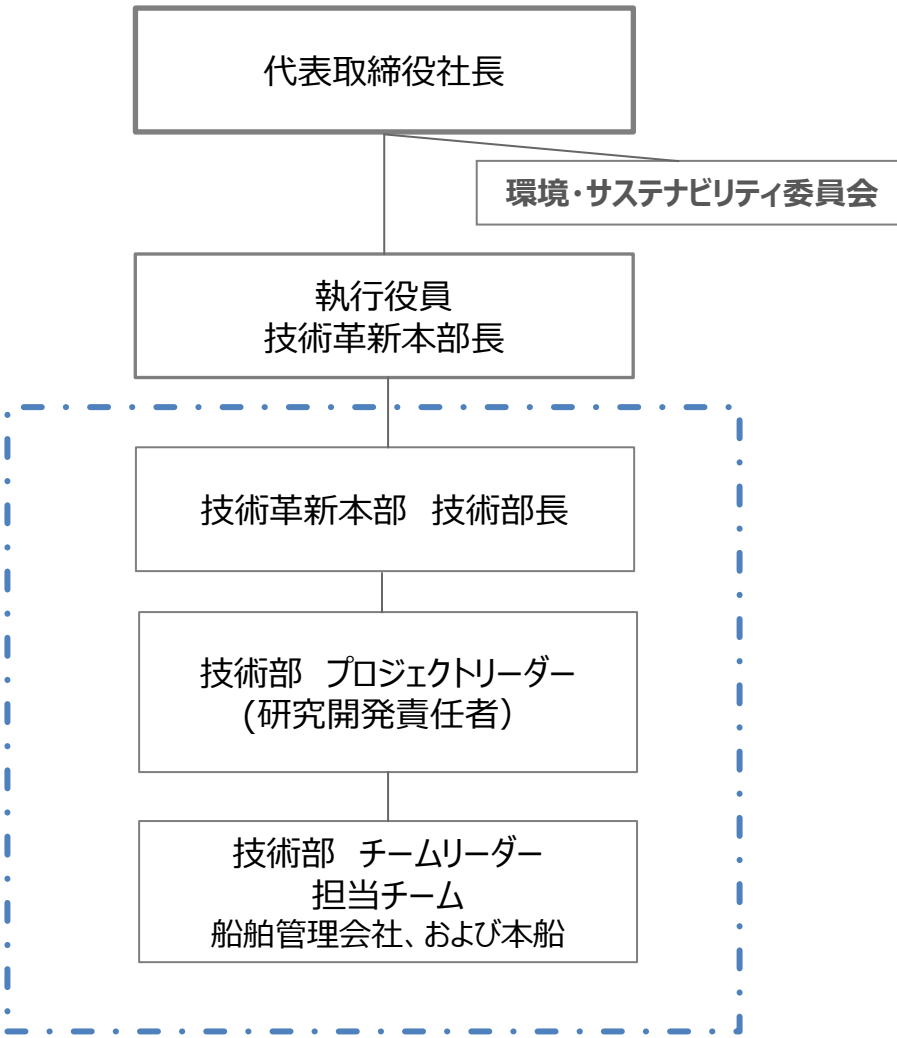
3. イノベーション推進体制

(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

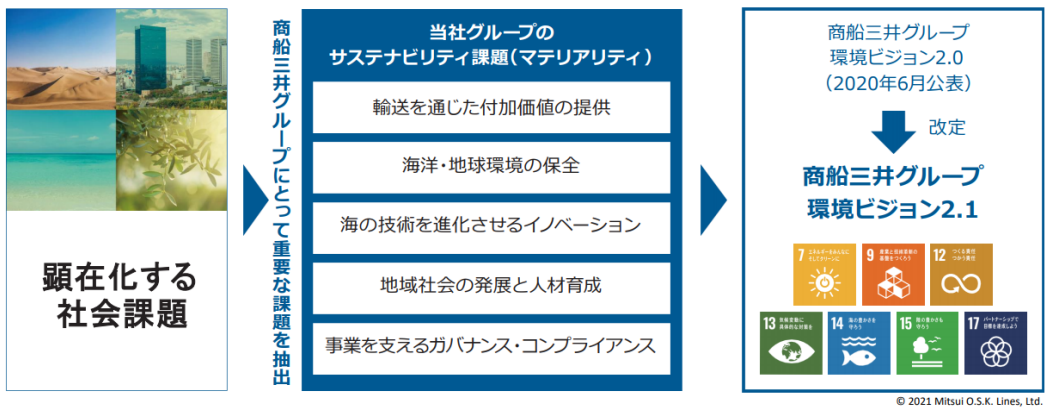


3. イノベーション推進体制／（2）マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与

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」を新たに策定
 - 環境負荷低減への取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「商船三井グループ 環境ビジョン2.1」に改定（2021年6月）



出典：「商船三井グループ 環境ビジョン2.1」

- 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）

- 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）



Environment
海洋・地球環境の保全

事業を通じて与える海洋および地球環境への負のインパクト（海洋環境汚染、大気汚染、生物多様性の阻害、気候変動等）を最小化し、世界中の人々が暮らす地球を持続可能なものとすることを目指します。





Innovation
海の技術を進化させるイノベーション

クリーンエネルギーやICTを活用する技術を高めることで、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します。



（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
- 業績目標達成の動機付けとなる業績連動性を有し、当社戦略項目における施策の達成度を定量的に評価する体系

（3）事業の継続性確保の取組

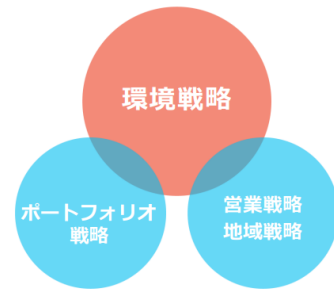
- 『環境・サステナビリティ委員会』の設置
 - 経営会議の下部組織である「環境・サステナビリティ委員会」において、経営計画と連動した中長期的な環境目標の策定に加え、その達成状況や低・脱炭素事業の推進状況等についてレビューを行っている
 - また、「商船三井グループ 環境ビジョン2.1」で掲げる目標「2050年までにグループ全体でのネットゼロ・エミッションの達成」に向け、クリーン代替燃料の導入やさらなる省エネ技術の導入、効率運航の深度化、低・脱炭素事業開発等の様々な戦略を通じ、取組みを推進する

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本柱への環境目線の強化
 - 経営計画においても環境戦略を最重要課題と位置づけ、ポートフォリオ戦略、営業戦略においても環境目線での取組みを強化



- ・ 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2.1」について、社長、CESOからメディア・機関投資家向けにオンライン説明会を実施しており、他ステークホルダーにもご覧頂けるよう、動画と質疑応答を和英両方で一般公開

・「環境ビジョン2.1」で示したロードマップと整合した経営計画を毎年ローリング形式で策定しており、担当役員自らがメディア・機関投資家向けに説明
更に、統合報告書「MOLレポート」では、環境戦略について経営計画とサステナビリティ計画の両方の切り口から互いの関連性を示しながら統合的に説明することにより、当社がどの様に企業価値を高めていこうとしているのか、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 2.1」実現に向けたより具体的な取り組み事例についても、サービスサイトに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2.1](#)
- [経営計画「Rolling Plan 2022」](#)
- [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

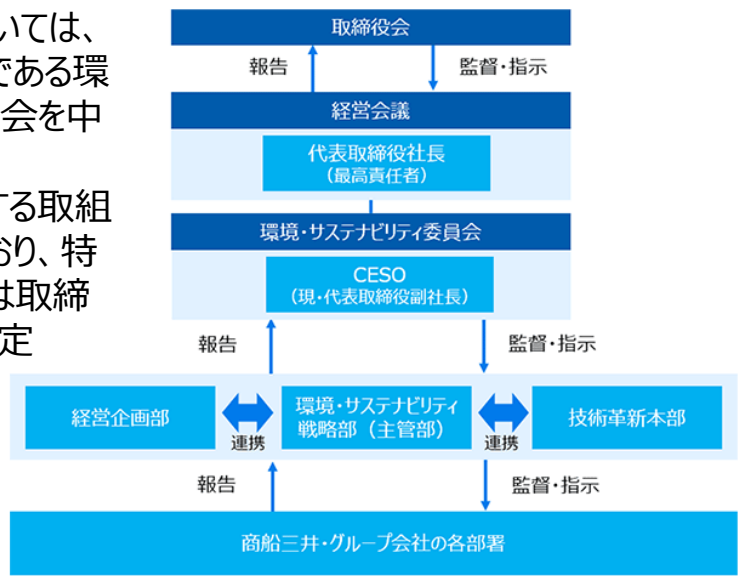
- ①代替燃料船隊整②低・脱炭素エネルギー事業拡大に
2022-24年度で5,300億円程度の投資を計画

単位：億円 全て22～24年度発生ベース		21年度末時点 意思決定済	22～24年度 新規投資予定	小計
環境投資	①代替燃料船隊整備	900	2,450	3,350
	②低・脱炭素エネルギー事業拡大	800	1,150	1,950

環境マネジメント体制

- 代表取締役社長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