

# 2050年ゼロエミッションにむけて ～環境規制影響と技術導入検討～

2023年12月4日

株式会社MTI 船舶物流技術グループ

前田 佳彦

# 目次

1. 国際海運における、GHG排出削減に向けた動向
2. GHG排出量をシミュレーションする技術
3. GHG排出削減効果を推定する技術
4. 今後の展望とまとめ

# 目次

1. 国際海運における、GHG排出削減に向けた動向
2. GHG排出量をシミュレーションする技術
3. GHG排出削減効果を推定する技術
4. 今後の展望とまとめ

# 国際海運におけるGHG排出削減に向けた動向

IMO MEPC80にて、2023年版IMO GHG削減戦略として以下が採択された

- ✓ 2030年 GHG排出効率 40% 削減 (2008年比)
- ✓ 2040年 GHG総排出量 70% 削減 (2008年比)
- ✓ 2050年頃 GHGネット排出ゼロ

また、脱炭素の取り組みが、世界に先んじてEUで進められており、海事分野においても来年以降に以下規制が導入される予定

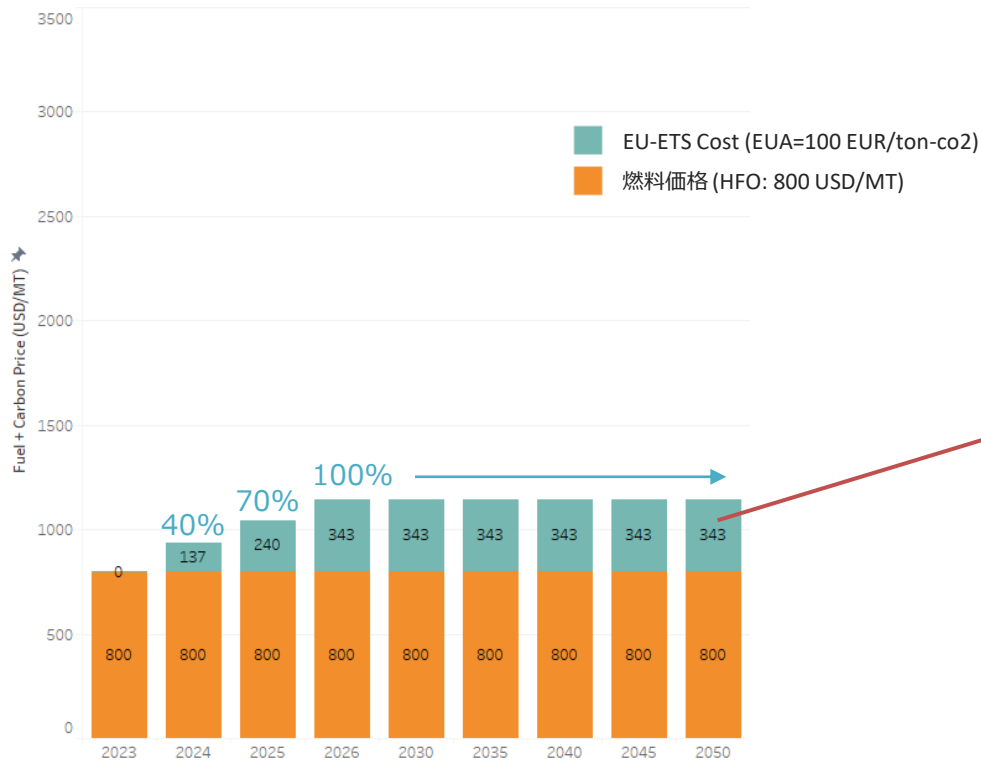
- ✓ 2024年～ 排出権取引制度(EU-ETS)の海事セクター導入
- ✓ 2025年～ 炭素課金制度(Fuel EU Maritime)の導入
- ✓ 2027年～ IMOによる全世界的なGHG削減対策が検討されている

# EU-ETS 2024年開始

年間CO2排出量に相当する排出枠の購入/償却が求められる

- 導入直後の2024年は排出量の40%、2025年は70%と段階的に導入、2026年から100%が対象
- 排出量に応じた排出枠（EUA: EU-Allowance）を購入する必要がある。

\* 2026年以降はCH4/N2Oも対象に含まれる



HFO燃料を利用する場合、EU-ETSの影響は

2026年以降 約 USD 343 / MT

$$3.114 \text{ t-co}_2/\text{t-fuel} \times 100 \text{ eur/mt} \times 1.1\text{usd/uer}$$

(前提条件)

HFO価格 USD 800/MT

HFOのCO2排出係数 3.114 (t-co2/t-fuel)

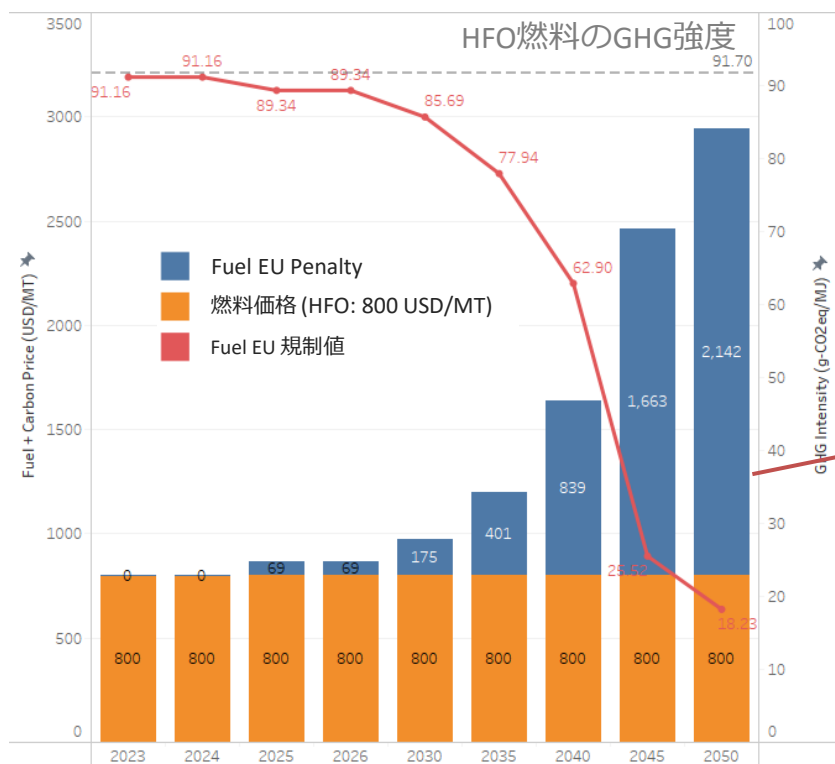
EUA = 100 EUR/t-co2

EUR = 1.1 USD

# Fuel EU Maritime 2025年開始

使用した燃料のGHG強度（エネルギー当たりのGHG排出量）に上限を設定。超過分に対しての罰金を支払う

- GHG強度は燃料のライフサイクル全体(Well to Tank含む)で評価される
- GHG強度の上限値は、年々引き下げられる(規制が強化される)



HFO燃料を利用する場合、Fuel EUの影響は

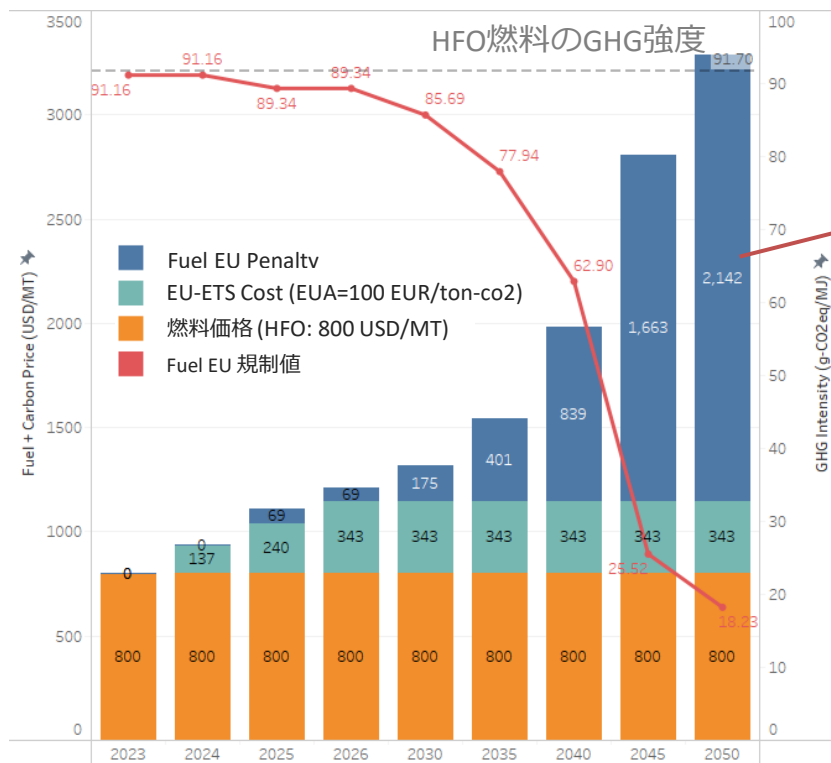
**2050年 約 2,142 USD / MT**

$((18.23-91.70) / 91.70) \times 40,500 \text{ MJ/MT} \times 0.06 \text{ eur/MJ} \times 1.1 \text{ USD/eur}$

(前提条件)  
 HFO価格 USD 800/MT  
 HFOのGHG強度 91.7 g-co2eq/MJ  
 EUR = 1.1 USD

# EU動向から推定されるコストインパクト

EU同等のカーボンプライシングの導入が全世界にて導入されたと仮定すると



HFO燃料を利用する場合、カーボンプライシングは  
**2050年 約 2,485 USD / MT**  
 343 usd/mt (EU-ETS) + 2,142 usd/mt (FuelEU)  
 (前提条件)  
 HFO価格 USD 800/MT  
 HFOのGHG強度 91.7 g-co2eq/MJ  
 EUR = 1.1 USD

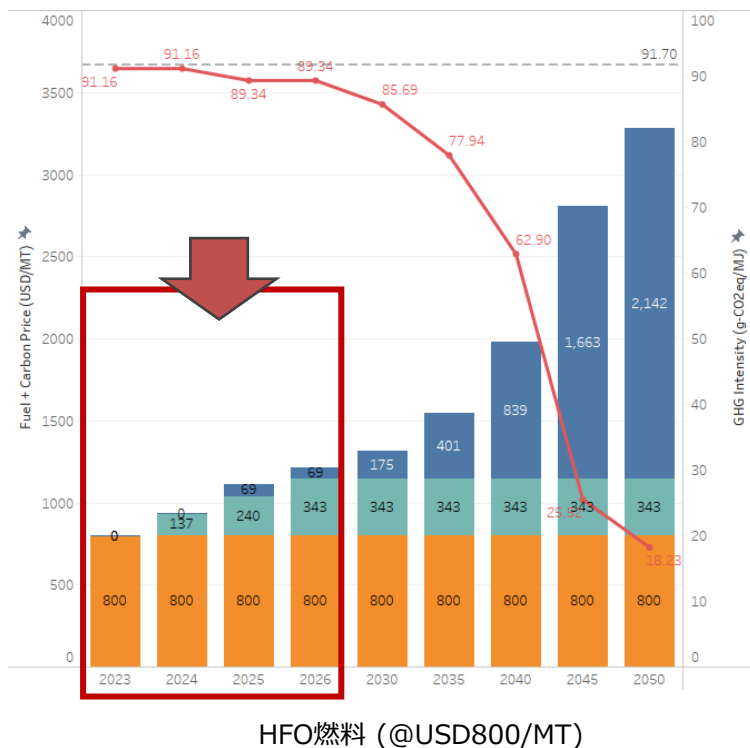
全世界的にカーボンプライシングが導入されると、高性能船舶による低消費燃料での運航をおこなうことの合理性が高くなり、それを測る「ものさし」も段階的にかわってくる

# EU動向から推定されるコストインパクト

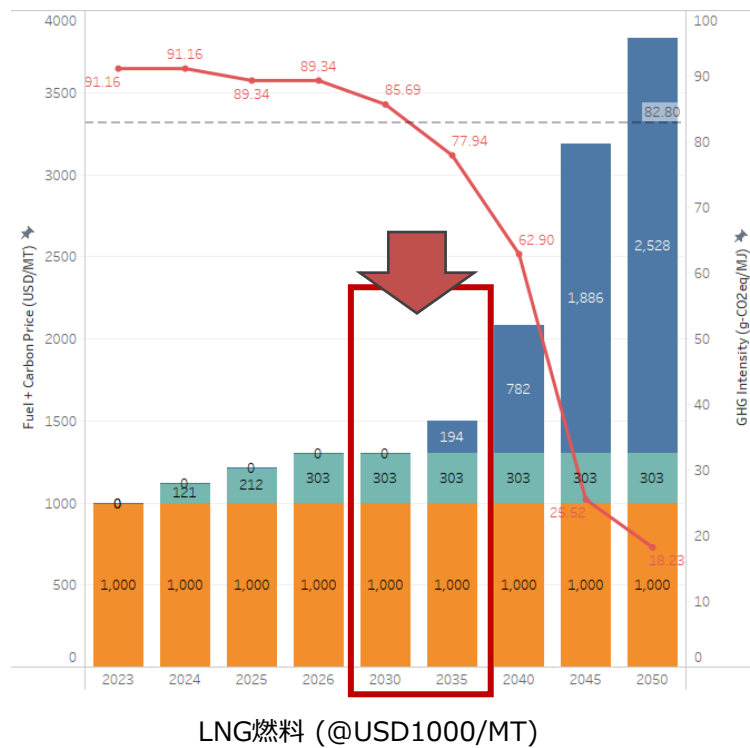
更に、HFO/LNG/NH3の各々の燃料を利用し続けるケースを比較すると、

カーボンプライシングの変化に伴って合理的な燃料油種が変化すると考えられる

## HFOを継続して利用

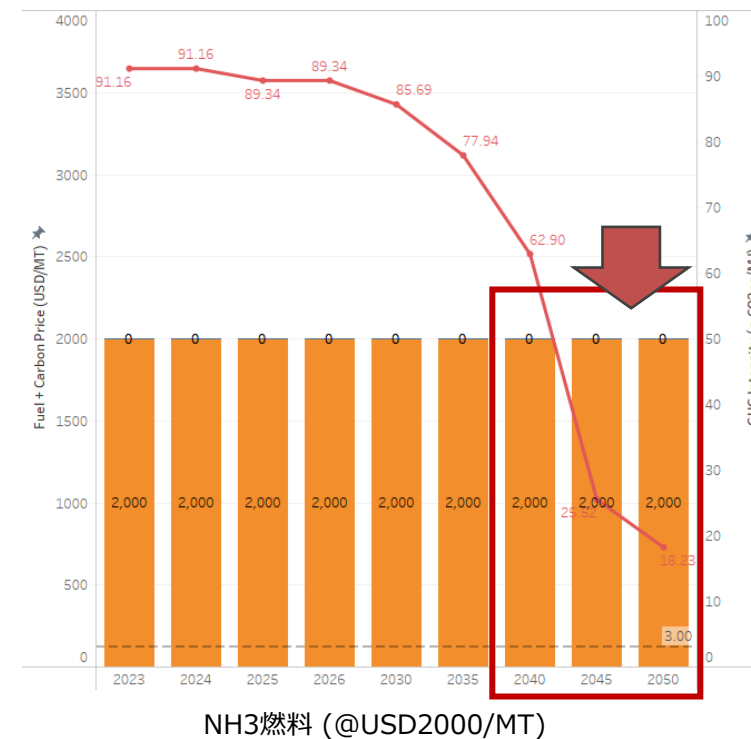


## LNG燃料を継続して利用



## NH3燃料を継続して利用

\* e-Ammonia を前提





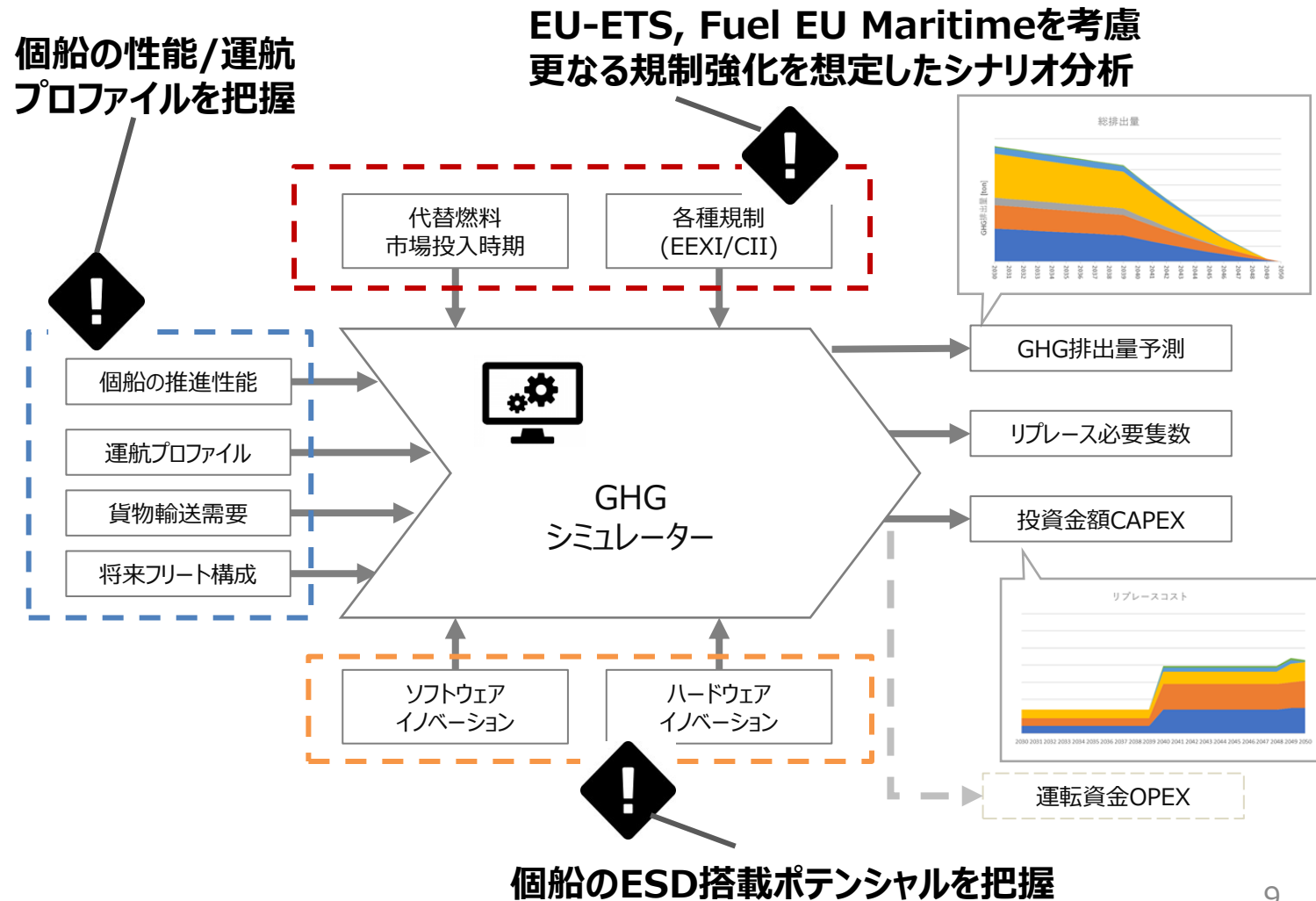
# 目次

1. 国際海運における、GHG排出削減に向けた動向
- 2. GHG排出量をシミュレーションする技術**
3. GHG排出削減効果を推定する技術
4. 今後の展望とまとめ

# GHGシミュレータをブラッシュアップ

個船単位での最適化を新造船/就航船双方で進めるべく、シミュレータをアップデート

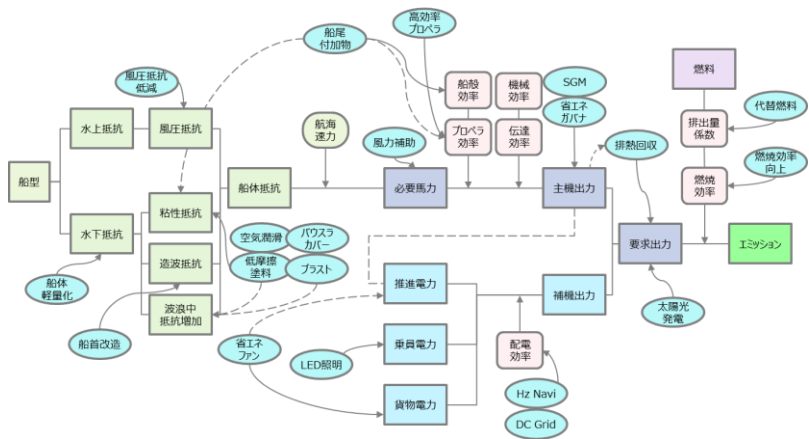
- 各種規制のフォローアップ
  - ✓ EU-ETS、Fuel EU Maritime
  - ✓ 更なる規制強化に合わせたシナリオ分析
- 個船単位での特性を考慮
  - ✓ ESD搭載ポテンシャル  
\* ESD: Energy Saving Devices
  - ✓ 性能/運航プロファイル



# 個船シミュレーション | エネルギー効率の最大化

個船のGHG削減ポテンシャルに基づき、現在とりえる対策案から、効果的なアクションを把握したうえで実行に移す

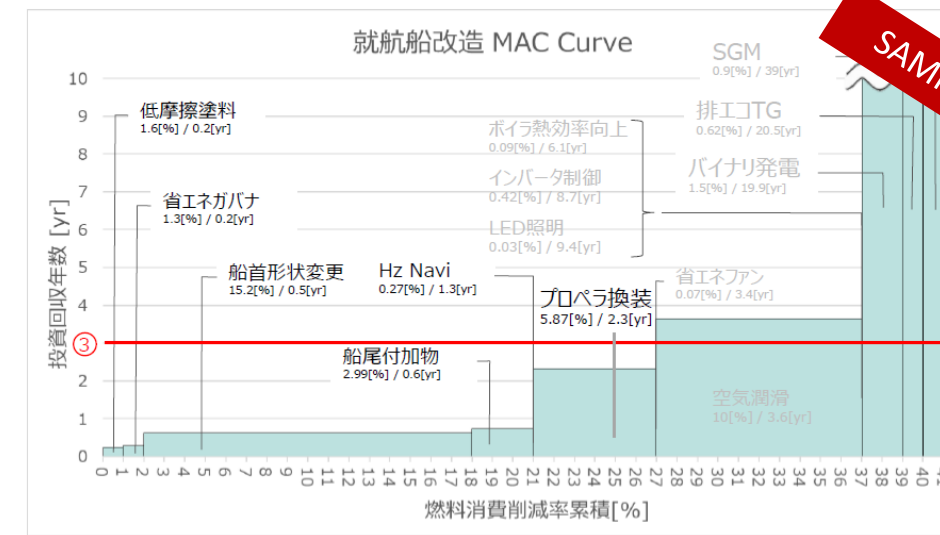
## エミッションフロー



対象船舶毎に抵抗/推進/電力/燃料などの要素に分解、GHG削減ポテンシャルを把握

## MAC(\*)カーブ

\* 限界削減費用曲線 (Marginal Abatement Cost)



対策毎に、投資回収期間を縦軸、GHG削減ポテンシャルを横軸とした棒グラフで表し、限界削減コストが低い対策から順に並べてアクションを促す

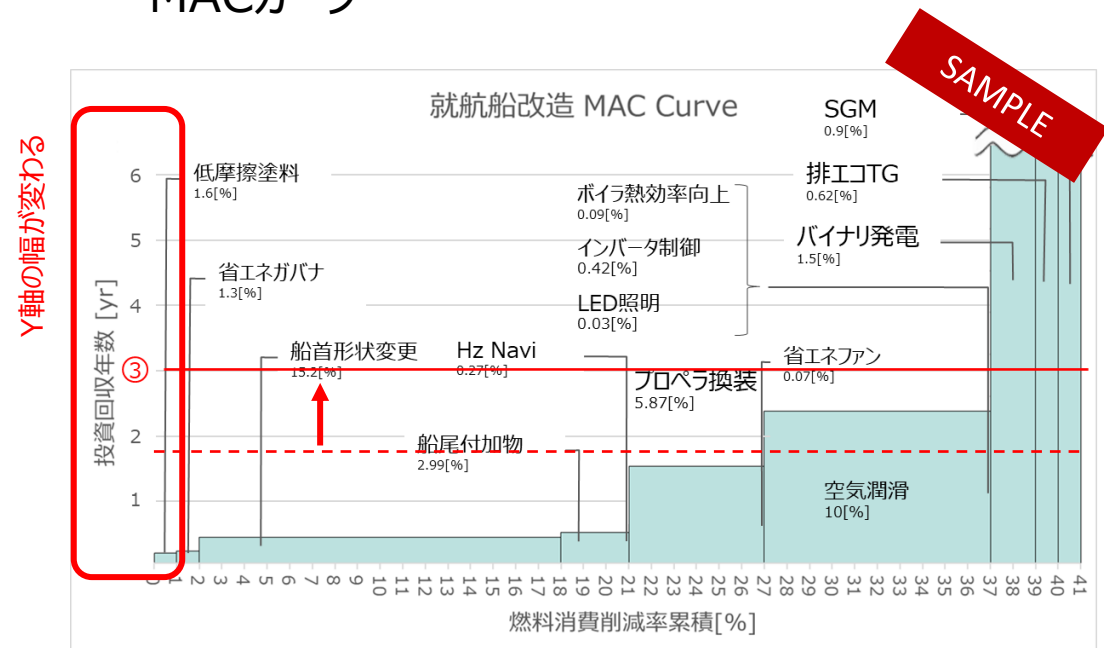
# 個船シミュレーション | 導入技術の検討

船舶性能が向上することは、燃料コストとあわせカーボンプライシングにも影響  
 カーボンプライシングの変化にともなって、エネルギー効率向上による効果は大きくなる

- 投資回収年数が短くなる

投資回収期間が長く導入が見送られていた技術についても、  
 カーボンプライシング導入にともなって効果が大きくなる

MACカーブ



# 短期シミュレーション | 導入技術の検討

船舶性能が向上することは、燃料コストとあわせカーボンプライシングにも影響  
 カーボンプライシングの変化にともなって、エネルギー効率向上による効果は大きくなる

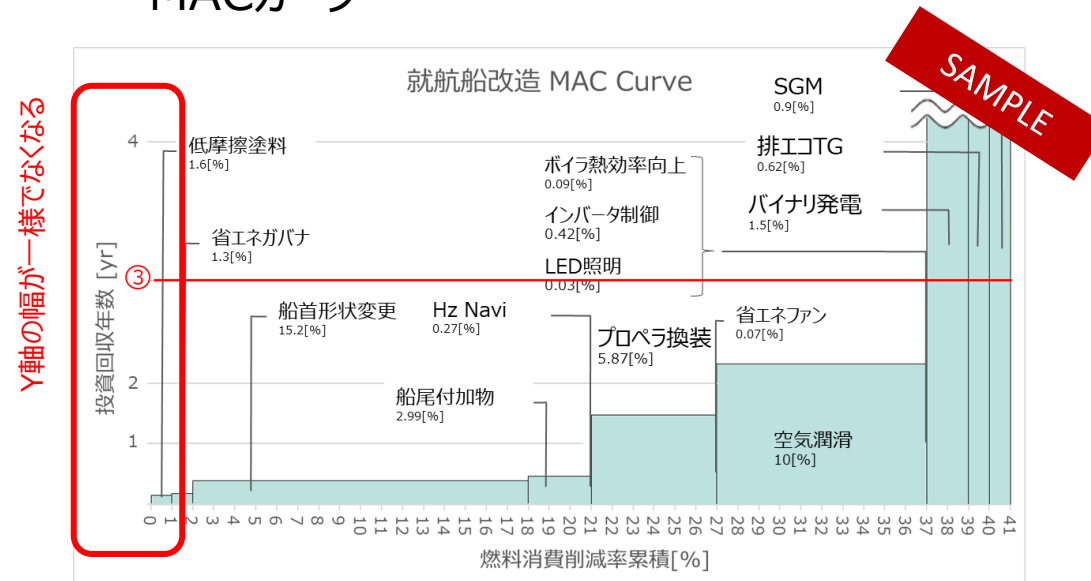
- 投資回収年数が短くなる

投資回収期間が長く導入が見送られていた技術についても、カーボンプライシング導入にともなって効果が大きくなる

- 効果が年を経るごとに変わってくる

段階的にカーボンプライシングのインパクトが大きくなるため、足下では効果が低くても、導入タイミングによっては大きな効果が見込めるケースも出てくる

MACカーブ



# 短期シミュレーション | 導入技術の検討


船舶性能が向上することは、燃料コストとあわせカーボンプライシングにも影響  
 カーボンプライシングの変化にともなって、エネルギー効率向上による効果は大きくなる

- 投資回収年数が短くなる

投資回収期間が長く導入が見送られていた技術についても、カーボンプライシング導入にともなって効果が大きくなる

- 効果が年を経るごとに変わってくる

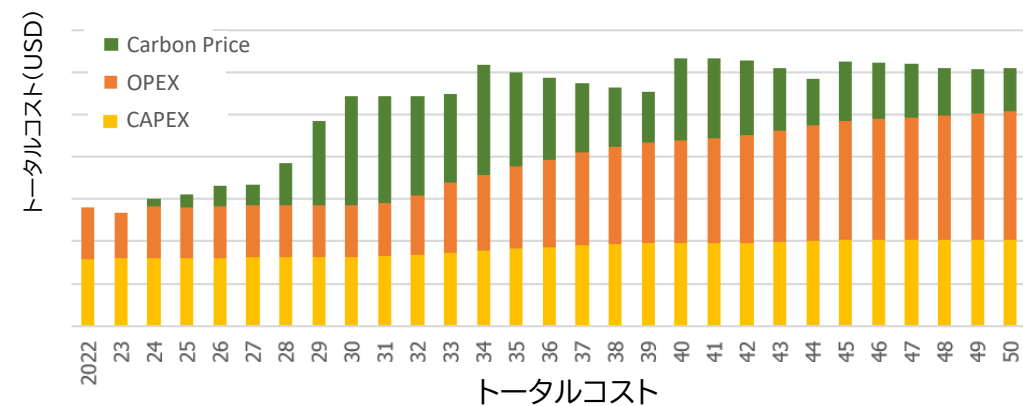
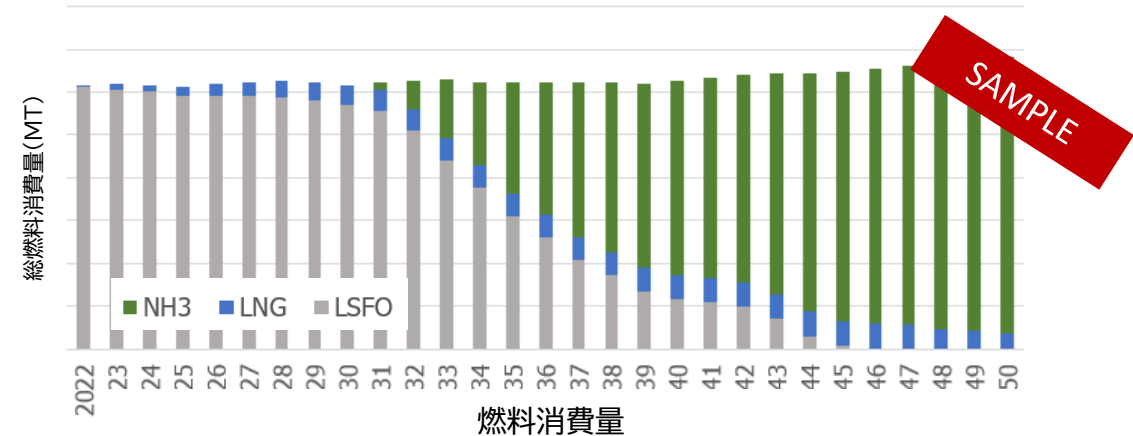
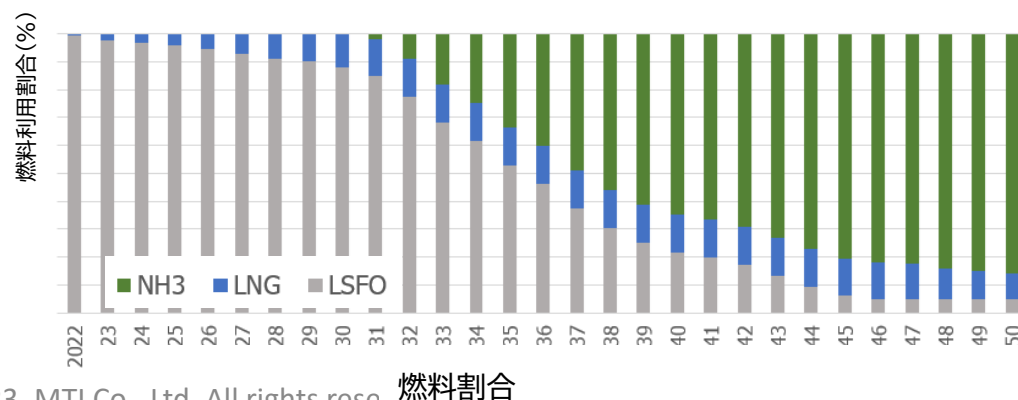
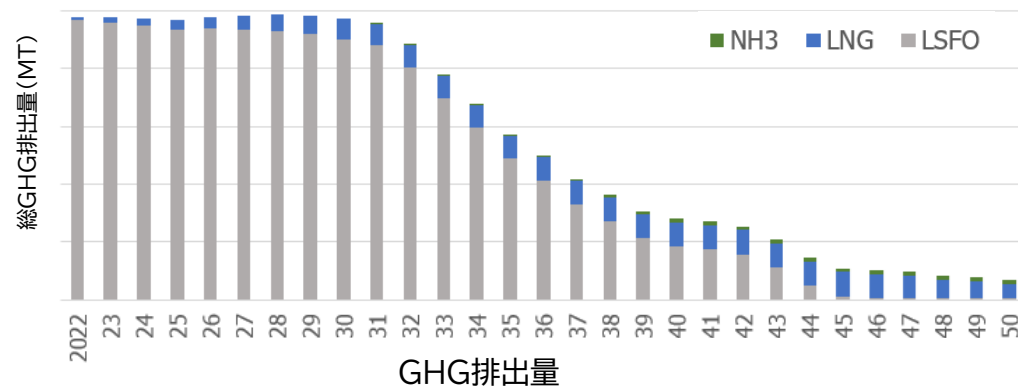
段階的にカーボンプライシングのインパクトが大きくなるため、足下では効果が低くても、導入タイミングによっては大きな効果が見込めるケースも出てくる



船舶毎の特性を考慮したうえで、  
 船舶のライフサイクルを見据え  
 効果検証が必要となる

# 中長期シミュレーション | 代替燃料によるゼロエミ化の加速

大規模かつ計画的なゼロエミ燃料船の導入は経済合理性を鑑みても進んでいくと予想される  
 本船毎にライフサイクルコストをシミュレーションしたうえで、燃料転換を検討していく必要あり  
 また、インパクトが大きくなる2040年代を見据えて、計画的なアクションが求められる



# 目次

1. 国際海運における、GHG排出削減に向けた動向
2. GHG排出量をシミュレーションする技術
- 3. GHG排出削減効果を推定する技術**
4. 今後の展望とまとめ



# GHG排出削減効果を推定する技術

GHG削減対策ためのコストが発生する前段階において導入効果を推定  
 運航プロファイルや本船特性を考慮したうえでの投資効果を把握する



## ハードウェア

- 船体抵抗の削減 → 船体付加物
- 推進効率向上 → 風力推進装置
- 船内電力の活用 → 電化インテグレーション



## ソフトウェア

- 燃料消費量削減
  - Weather Routing の深度化
  - 平準化運航の推進
- 輸送効率の向上
  - 荷役最適化



## データ収集

Noon Report / IoT データを活用  
 海気象などの外部データを紐付け

## データ解析

実海域性能、船体動揺などのモデルを作成  
 運航プロファイルに基づき燃料消費量を推定

## シミュレーション

シナリオベースでシミュレーションを実施  
 実航海に沿った条件での評価が可能に

# 効果を推定する技術 | 風力推進アシスト装置

「運航データ」を前提としたシミュレーションを実施。搭載効果を精度高く推定する

- 対象となる「風力推進アシスト装置 x 本船」ごとに、想定する運航データを考慮した評価
- コンピューター上でのシミュレーションによって、船速、航路特性（南北/東西航路）、季節特性（風力/風向）の定量評価

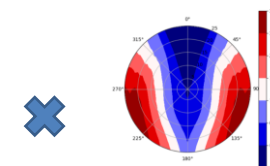
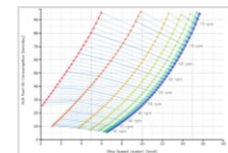
メーカースペック情報を参考にしつつも、対象船舶の特性を考慮した評価の実施

## データ収集



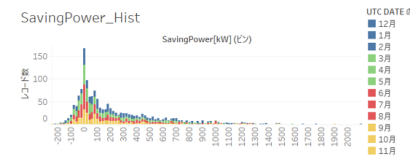
過去データよりの想定運航プロファイルを作成  
あわせて、海気象遭遇確率を推定する

## データ分析



実海域におけるスピードパワーカーブを作成  
各々の運航点における風力推進装置の効果を分析

## シミュレーション



候補対象船/航路/季節における効果を算出

# 効果を推定する技術 | 運航最適

実運航データをもちいて、減速航海/平準化運航の削減効果を推定する

- 対象となる「船舶」ごとに運航方法について仮説検証、想定する運航データを考慮した評価
- コンピューター上でのシミュレーションによって、船速、ビジネス要因（滞船など）、海気象特性（季節ごと）の定量評価

個々の航海では見えずらい効果をシミュレーション活用することで評価

## データ収集

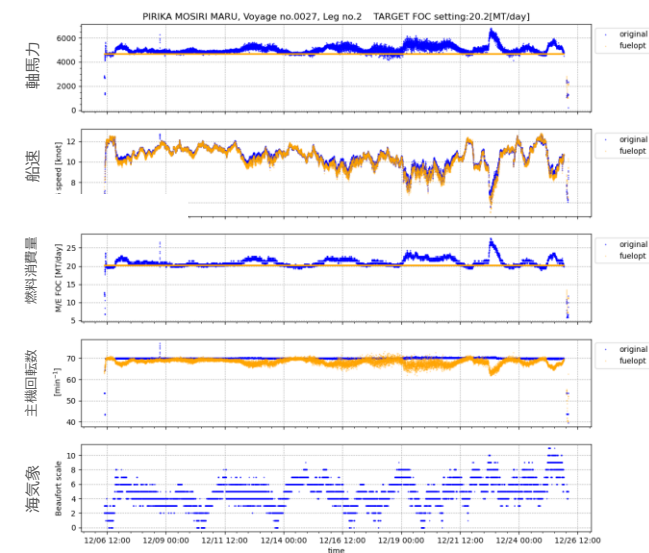
過去データより航海単位での運航実績を取得

## データ分析

実海域におけるスピードパワーカーブを作成  
想定するシナリオに基づく燃料消費量へのインパクトを分析

## シミュレーション

航海もしくは想定期間での効果を積算



# 目次

1. 国際海運における、GHG排出削減に向けた動向
2. GHG排出量をシミュレーションする技術
3. GHG排出削減効果を推定する技術
4. 今後の展望とまとめ

# 今後の展望

国際海運、ならびに周辺を取り巻く環境の変化を考慮して、以下状況にあわせたシミュレーションを検討する必要あり

- IMOならびに各国のカーボンプライシング導入動向

現状ではEUが先行して取組んでいるが、IMOをはじめとした世界動向にあわせた組込みを

- 貨物/トレードレーンの変化

新興国の経済成長、カーボンニュートラルにともなう貨物/トレードレーンの変化が見込まれる

- 船舶建造キャパシティ、燃料供給体制

船舶建造/燃料供給体制について制約条件の設定

- 気候変動リスクにともなう運航への影響

異常気象が運航に及ぼすリスクについての評価

# まとめ

- カーボンプライシングがドライバーとなり、船舶のゼロエミ化がすすむと考えられる
- ゼロエミ化に向けては、変動する外的要因も様々あり。状況とシナリオにあわせて、シミュレーションのアプローチも動的に変化していく
- 引き続き、MTIではデータドリブンでの意思決定を支援していく

**ご清聴どうもありがとうございました。**