

技術・市場・規制モデルを用いた ゼロエミッション船コンセプトの評価

知識・データシステム系 和中 真之介

小坂 浩之

環境・動力系

安達 雅樹

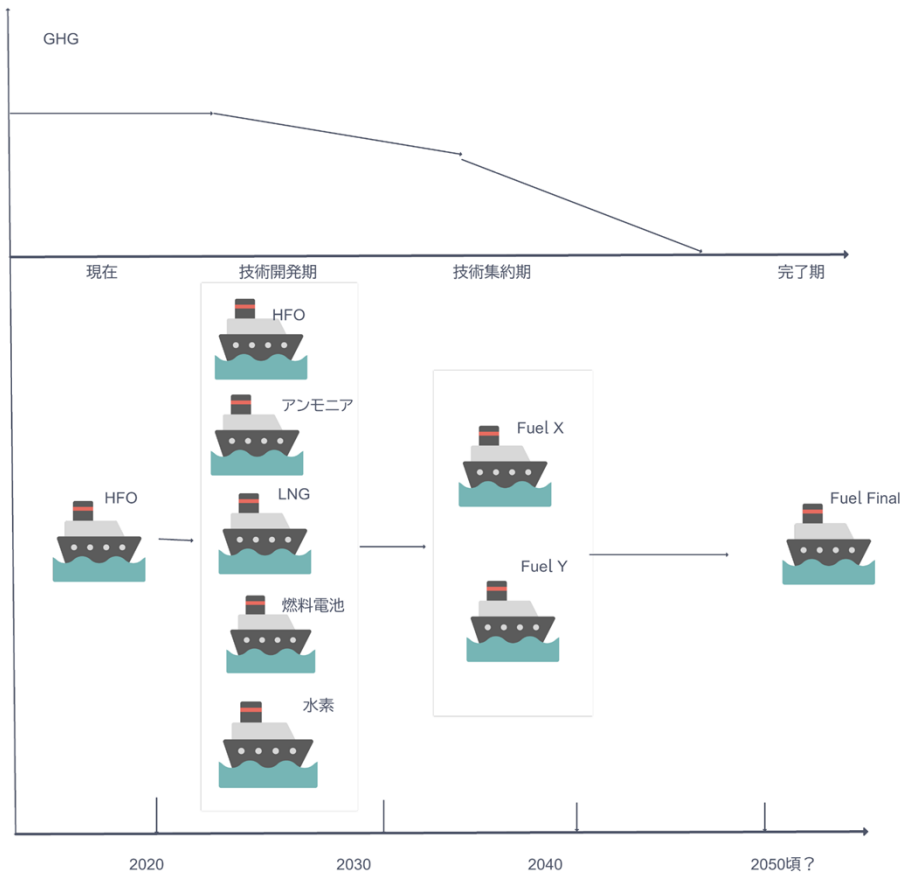


令和3年(第21回)海上技術安全研究所講演会

目次

- 背景
- 取り組みの概要
- ゼロエミッション船コンセプト評価のためのシミュレーション
 - 全体像
 - シミュレータの概要：モデル
 - シミュレーションのためのデータ
 - ケーススタディ
- 議論
- まとめ

背景：国際海運のゼロエミッション化



IMOの道筋 2008年に比して・・・
～2030年：40％以上の燃費性能の向上
～2050年：排出総量50％以上の削減
～2100年：排出量ゼロを達成
(→2050年までにネットゼロか?)

背景：技術・市場・規制の不確実性

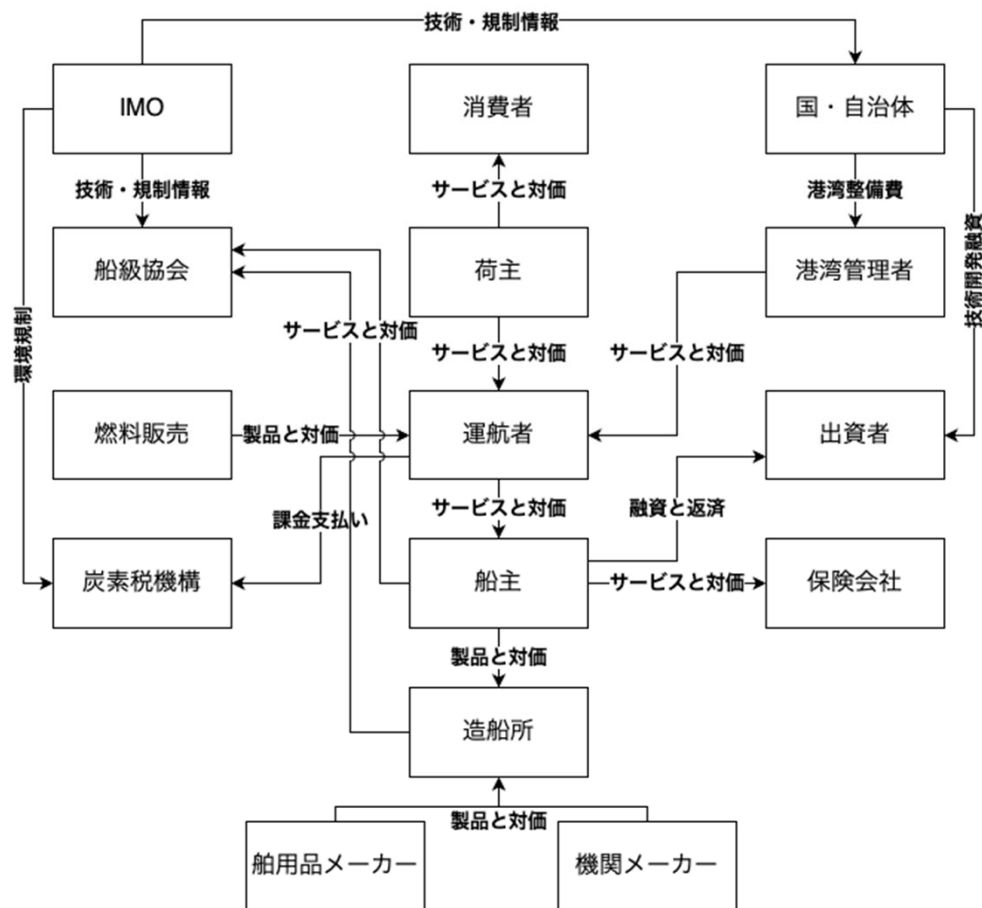
1. 機関・燃料技術: HFOからLNG, アンモニア、水素、CCS、FCなど
2. インフラの整備: 燃料転換に伴う港湾バンカリングインフラの整備
3. 規制、基準の整備: CII Rating, 炭素課金など
4. 荷主、船主、ファイナンスの投資環境: 運賃や燃料の高騰、不確実性の中での船舶への投資

=>意思決定、ロードマップ作成が困難

排出量0に至るまでにどのような船舶をいつ投入すればよいか？

環境的にも経済的にも最適な船舶の設計は？

背景：多様な利害関係者と合意形成



ゼロエミッション化の達成は、さまざまな利害関係者全員で解決する社会的問題



利害関係者間の合意形成が必要



合意形成のための予測・検討が必要

シミュレータを用いた戦略の立案

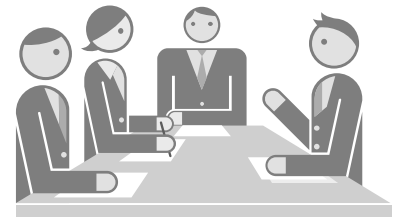
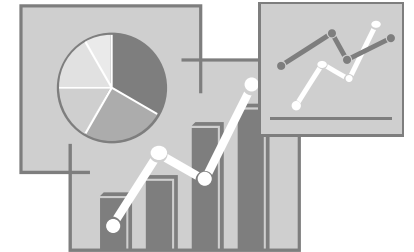
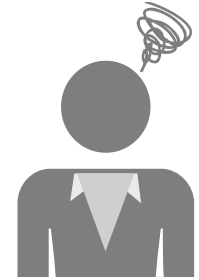
世界経済や技術開発動向、規制動向等には不確実性が伴う
「いつ、どんな船を造ればよいのか？」



様々なシナリオでフリートや燃料シェアの推移を表現できる
モデル・シミュレータを構築



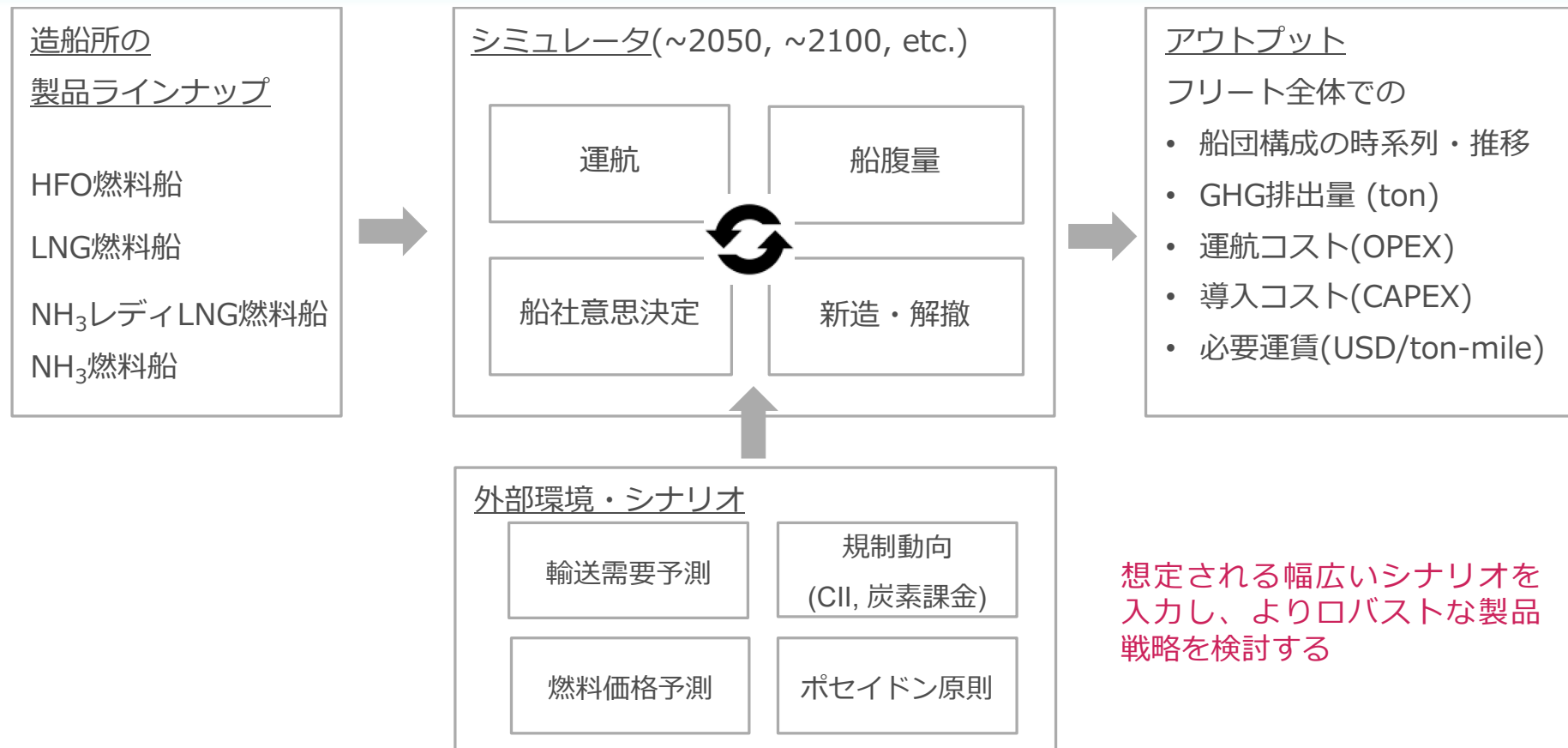
想定される幅広いシナリオをモデル・シミュレータで検討し、
ロバストな戦略を立案



本発表の概要

- 市場、技術開発、規制動向に不確実性を伴う中で、海運脱炭素化に向けた意思決定・戦略立案を支援するシミュレーションの開発
 - 多様なシナリオを入力し、評価するための技術、市場、規制のモデル化
 - データの活用
 - ケーススタディ: LNG燃料を経由する場合としない場合の比較
→シミュレータを用いた検討の1例として。

シミュレータの全体像¹⁾



1) 和中真之介, 稗方和夫, 大和裕幸, 国際海運ゼロエミッション達成のための環境・技術・経済のシミュレータによる評価, 日本海洋政策学会第13回年次大会, 2021

2021/12/16

令和3年(第21回)海上技術安全研究所講演会

8

CIIによる環境性能の評価/ポセイドン原則

- CII (Carbon Intensity Indicator) 評価

トンマイル当たりのCO₂排出量を以下の式で表される基準値と比較し、A~Eの評価づけを行う

基準値は削減率 RR に応じて毎年厳しくなる

$$CII_{i,\Delta t} = (1 - RR \cdot \Delta t) \cdot k \cdot a \cdot \overline{dwt_i}^{-c}$$

ただし、 a, c は船種ごとのパラメータ。 k の値によってA~Eのラインが決まる

- ポセイドン原則

気候変動に関する取り組みを船舶融資の意思決定に組み込むための原則

署名した金融機関は、自社の船舶融資ポートフォリオについて、IMO目標への整合度合いを評価、公表することが求められる

モデル内では環境性能の良い燃料船舶の金利が優遇される仕組みをモデル化

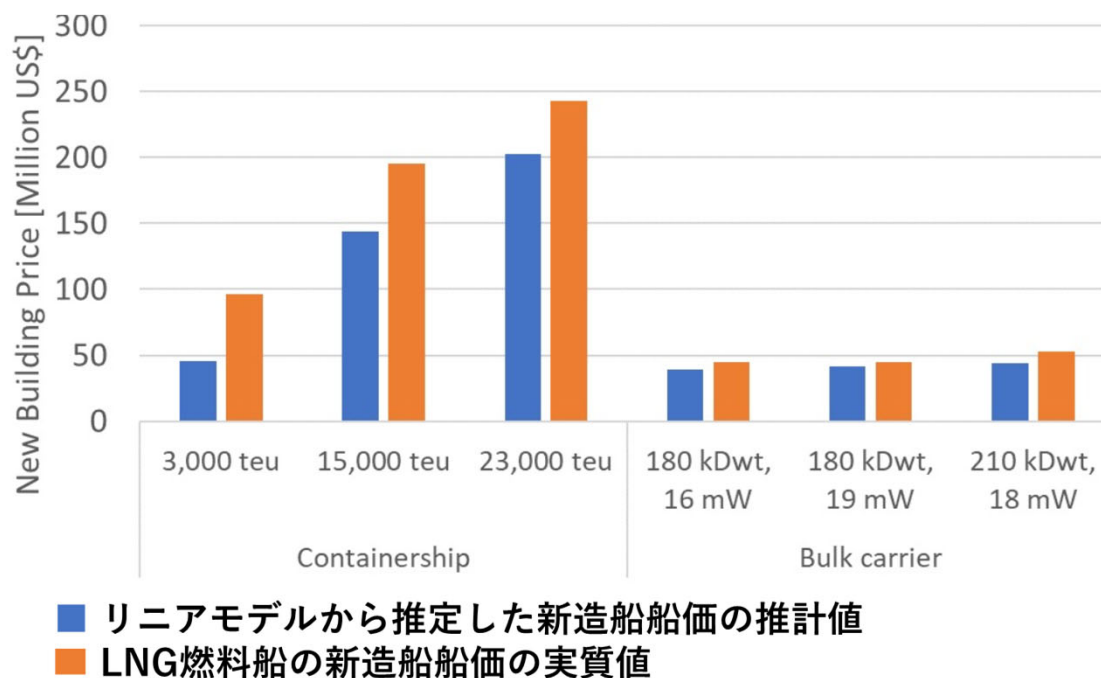
シミュレータの概要：モデル

- 運航モデル: 船種ごとの運航によるコスト、GHG排出量の計算
 - IMO 4th GHG Studyで使用された手法を採用
- 船社意思決定モデル: 各年で船社がどの船舶を購入するか？の意思決定のモデル
 - 炭素課金や規制による解撤を考慮して船舶ごとのライフサイクルコストを計算し、1年あたりのコストが最も低い船舶を購入する
- 新造・解撤モデル: 各年の新造船量・解撤量の予測
 - 解撤については、これまでの実績と同様の解撤とCII評価による解撤、船齢による解撤の3種類を考慮
 - CII評価による解撤では、毎年CIIを計算し、3年連続D評価 or E評価の船を解撤
 - 新造船量は次の年の輸送需要を満たすために必要な量とする(新造船腹量=船腹需要-既存の船腹量+解撤量)

シミュレーション構築のためのデータ

- IMO 4th GHG Study
 - 輸送需要予測、燃料価格、GHG排出量
- IHS Sea-web
 - 船舶リスト、建造量、解撤量の把握、港湾データの取得
- AXS Dry
 - 海上荷動き量の把握、港湾データの取得
- Clarkson Ship Intelligence Network
 - 市場の過去データ取得

実績データをもとにした船価の分析²⁾



※Ro-Ro/Container: 5962隻, Bulk carrier: 26336隻の分析

- コンテナ船とバルク貨物船の船価（実質値）に関するリニアモデル

$$NBP^m = a_0 + a_1 Dwt + a_2 Me + a_3 Eco$$

NBP^m : モデルでの船価(US\$)

Dwt : 載貨重量 (ton) Me : 主機出力(kW)

Eco : モダン主機に関するダミー変数(0,1)

a_0, a_1, a_2, a_3 : 係数(パラメータ)

回帰分析により推定

LNG燃料船船価は既存燃料船と比べて

- コンテナ船で1.2～2.1倍程度
- バルク貨物船で1.1～1.2倍程度

2) 安達雅樹, 小坂浩之, 貨物船の低エミッション化が与える船価への影響, JIME第91回学術講演会, 2021

ケーススタディ：概要¹⁾

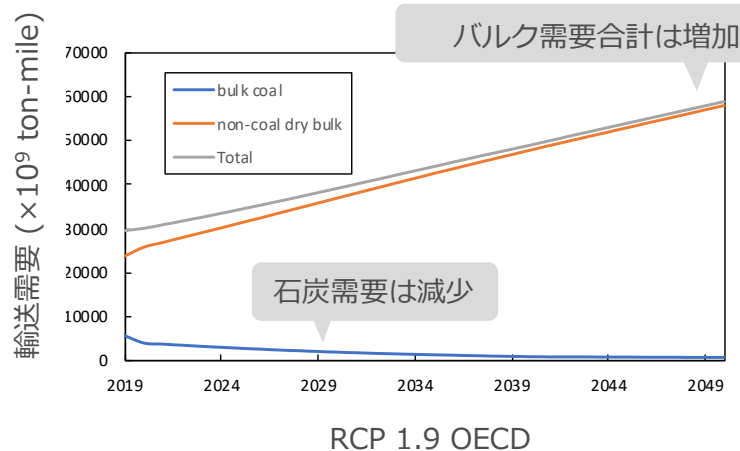
- 全世界の国際海運に従事するバルクキャリア(約10000隻)のゼロエミッション達成までの船舶の遷移状況を検討する
- 今後の需要を満たし、
 - (1) HFO → NH₃ (LNG燃料船を経由しない場合)
 - (2) HFO → LNG → NH₃ (LNG燃料を経由する場合)を比較する。
- 2018年から計算開始し、2060年までを計算した

ケーススタディ：設定

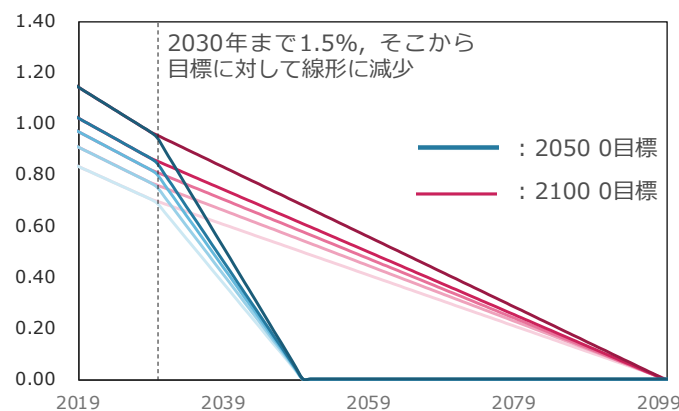
- 世界に1つだけの船社、造船所を想定
- 対象は約10,000隻のバルクキャリア
- 対象燃料種はHFO、LNG、NH₃、各燃料は、全ての港において供給可能
- アンモニア燃料主機は全ての期間で開発済み（投入可能）
- パイロット燃料未考慮：アンモニア燃料船はGHG排出ゼロと仮定
- 規制についてはCII評価(A - E)をもとに考慮する
- 炭素課金については仮設定した
- ポセイドン原則のモデル化として、環境性能が良い船舶には金利の優遇を設定

輸送需要、CII Rating、炭素課金

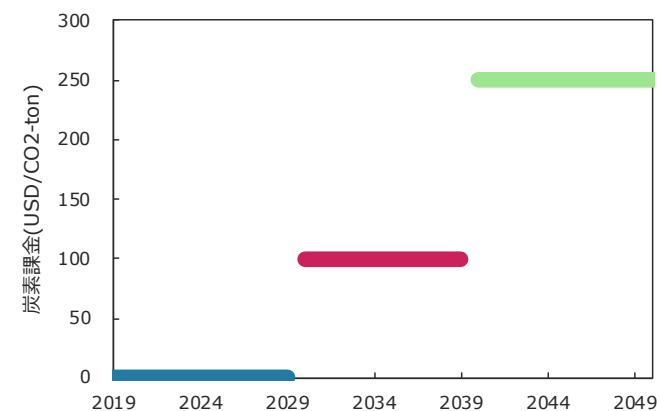
輸送需要予測



CII Reference lineの変化



炭素課金の設定



IMO 4th GHG Studyで示された複数シナリオのうち、RCP 1.9 OECDを選択

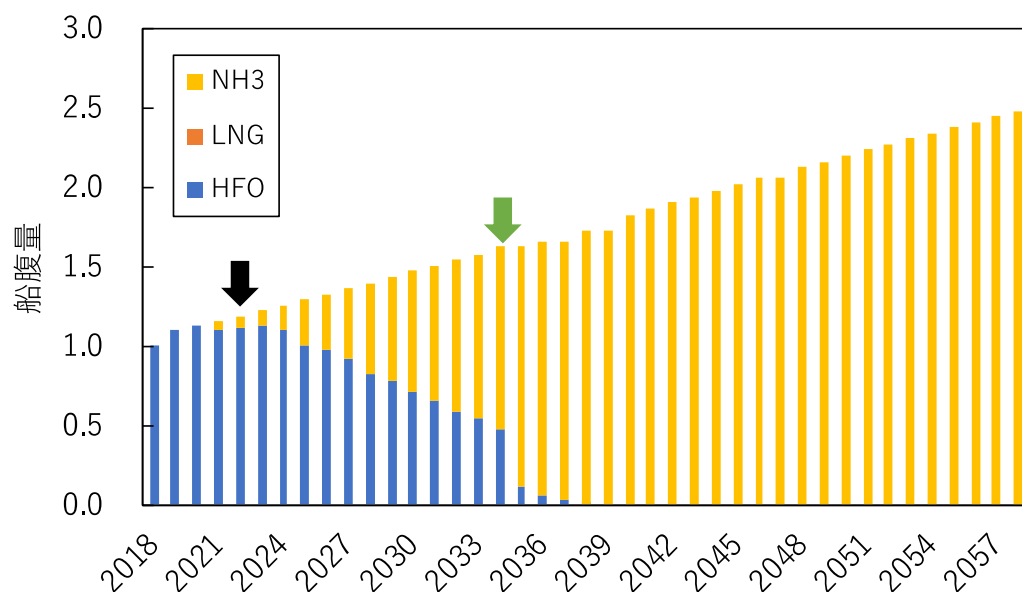
2050年0, および2100年0の目標に対して線形に減少すると仮定

海技研による仮設定

船腹量と船団構成の推移

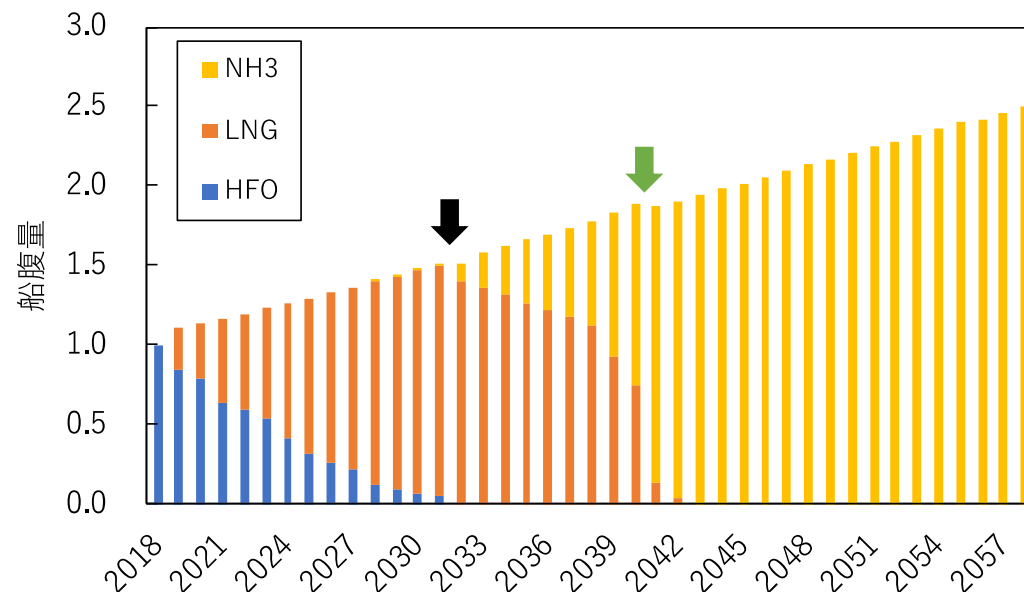
➡ NH₃導入時期
➡ NH₃普及時期

LNG燃料船を経由しない場合



- アンモニア燃料船の導入時期が早い
→ 早期のインフラ整備が必要

LNG燃料船を経由する場合



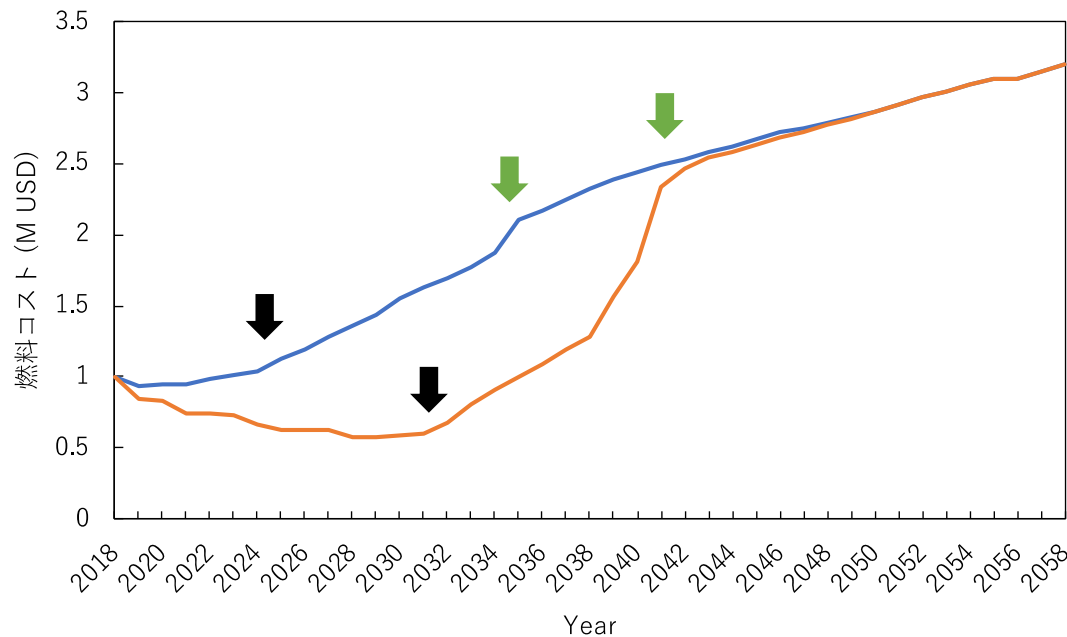
- 2040年頃に大きな転換(建造需要が増加)
→ 需要を受ける造船所側にも準備が必要

燃料コストの比較

LNG燃料船あり

LNG燃料船なし

➡ NH₃導入時期
➡ NH₃普及時期



- LNG燃料船がない場合、ある場合に比べてコスト増

(HFOに比べてLNG燃料価格が安くなるという想定)

→燃料価格に依存するので、バンカー価格などに注意

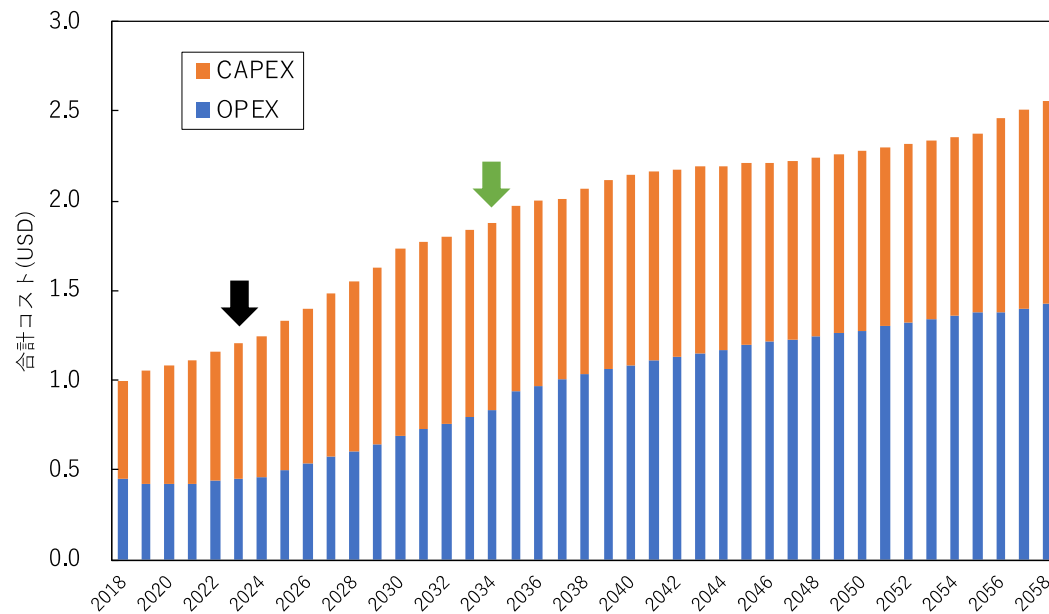
→バンカー拠点整備が課題

(LNG、アンモニアと2度の整備が必要)

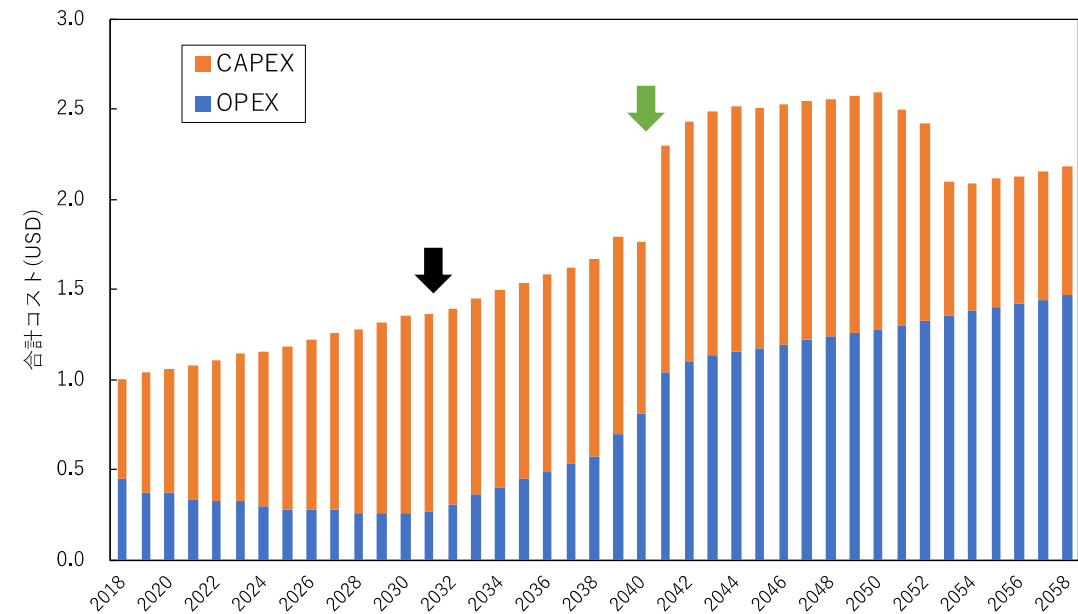
OPEX+CAPEXの比較

➡ NH₃導入時期
➡ NH₃普及時期

LNG燃料船を経由しない場合



LNG燃料船を経由する場合

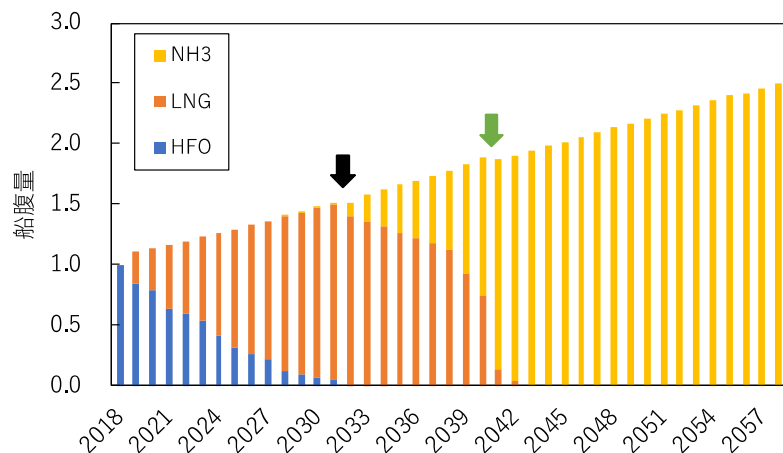


- LNG燃料船を使用するとOPEXは節約できるが、リプレイス量が増えるため、2040年からCAPEXは増加

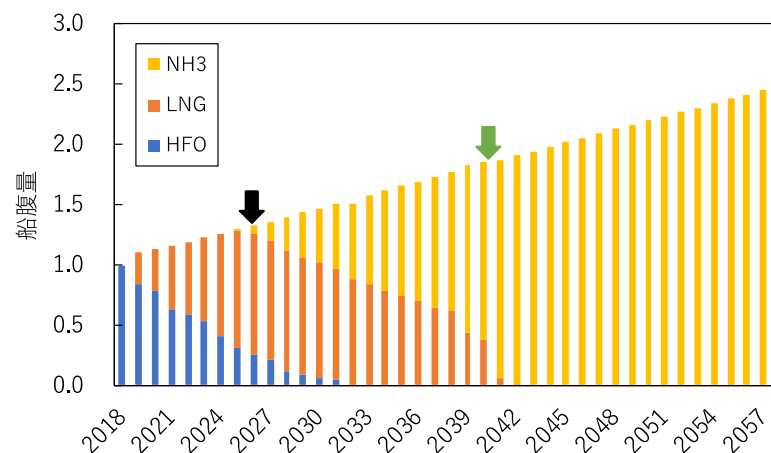
炭素課金の影響(LNG燃料船がある場合)

➡ NH₃導入時期
➡ NH₃普及時期

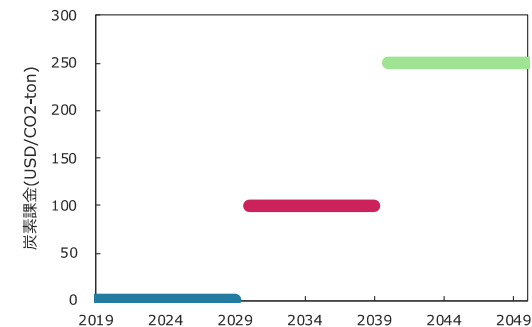
炭素課金がない場合



炭素課金がある場合



炭素課金の設定



- 炭素課金によってアンモニア燃料とLNG燃料の価格差のメリットが減少し、アンモニア燃料船導入のタイミングが早まり、結果としてアンモニア燃料船の導入量が増加する

議論

- 国際海運のゼロエミッション化に向けて積極的なアクションが必要
- LNG燃料船はゼロエミッション燃料までの繋ぎとして重要であるが、バンカリングや船のリプレイスを考慮するとCAPEXが高くなる可能性がある
→アンモニアレディのような柔軟性をもつ船舶、計画的なバンカリング設備の整備
- 造船需要を受ける造船所にも準備が必要
短期的に需要は増加→受け皿となれるような技術、生産性の向上

まとめ

- 市場、技術開発、規制動向に不確実性を伴う中で、海運脱炭素化に向けた意思決定・戦略立案を支援するシミュレーションの開発を行った

- 多様なシナリオを入力し、評価するための技術、市場、規制のモデル化
- データの活用
- ケーススタディ: LNG燃料を経由する場合としない場合の比較
→ LNG燃料を経由する場合のメリット・デメリット

メリット

NH₃等ゼロエミッション技術普及までの繋ぎ役

燃料コストを抑えられる

デメリット

遷移の回数を増えることによるCAPEXの増加 → 今後はNH₃レディ等のコンセプト評価を

ご清聴ありがとうございました。

本研究は、一般財団法人次世代環境船舶開発センターと共同で行っているものです。
ここに謝意を表します。



令和3年(第21回)海上技術安全研究所講演会