

# 国際海運の2050年 カーボンニュートラル達成に向けて

---

2022年3月

国際海運GHGゼロエミッションプロジェクト

1. 背景
2. ゼロエミッション燃料の動向
  1. GHG排出ネットゼロを達成するための将来予想
  2. 新燃料製造プロジェクト動向(船用向け)
  3. 日本政府の新燃料の供給関連工程表
3. ゼロエミッション船技術開発の動向
  1. 技術開発課題
  2. 技術開発動向
4. GHG削減シミュレーション
  1. シミュレーション上の計算条件
  2. シミュレーション結果
5. 制度面等の環境整備

## 1. 背景

## 2. ゼロエミッション燃料の動向

1. GHG排出ネットゼロを達成するための将来予想
2. 新燃料製造プロジェクト動向（船用向け）
3. 日本政府の新燃料の供給関連工程表

## 3. ゼロエミッション船技術開発の動向

1. 技術開発課題
2. 技術開発動向

## 4. GHG削減シミュレーション

1. シミュレーション上の計算条件
2. シミュレーション結果

## 5. 制度面等の環境整備

# 国際海運2050年カーボンニュートラル(GHG排出ネットゼロ)

## IMO GHG削減戦略(2018年4月採択)の目標

- 2050年目標は2008年比で半減
- 今世紀中できるだけ早期に排出ゼロ

菅前総理による「2050年カーボンニュートラル」宣言(2020年10月)

IMOも上記戦略の見直しを2021年11月から開始、2023年春に見直し完了予定

- 2021年10月、斉藤国土交通大臣から、日本として国際海運2050年カーボンニュートラル(GHG排出ネットゼロ)を目指す旨を公表。日本船主協会も、日本の海運業界として「2050年GHG ネットゼロへ挑戦する」ことを表明。
- 同年11月に、上記目標を世界共通の目標として掲げるべきであるとIMOに米英等と共同提案。

- 2023年春の見直し完了時に国際海運2050年カーボンニュートラル目標の国際合意を目指す。
- 2050年にGHG排出ネットゼロを達成するため、主要な海運国・造船国として、国際海運からのGHG排出削減対策(経済的手法、規制的手法)について、議論を主導する。

# 【参考】各国のGHG排出ネットゼロ目標達成年

すでに達成	ブータン
2030年	バルバドス、モーリタニア、モルディブ
2035年	フィンランド
2040年	アイスランド、オーストリア
2045年	スウェーデン、ドイツ、ネパール
2050年 (計51か国)	<b>【先進国】</b> アイルランド、イタリア、英国、オーストラリア、カナダ、スイス、スペイン、スロベニア、 スロバキア、デンマーク、日本、ニュージーランド、ハンガリー、フランス、ブルガリア、米国、 ポルトガル、マルタ、ラトビア、リトアニア、ルクセンブルグ、欧州連合  <b>【途上国ほか】</b> アラブ首長国連邦、アルゼンチン、アンドラ、イスラエル、ウルグアイ、韓国、カンボジア、 キプロス、ケープ・ベルデ、コスタリカ、コロンビア、ジャマイカ、セーシェル、ソロモン諸島、 チリ、ドミニカ共和国、ナウル、ナミビア、バチカン、パナマ、フィジー、ブラジル、ベトナム、マーシャル諸島、 マラウイ、モナコ、モンテネグロ、ラオス、リベリア、ルワンダ
2053年	トルコ
2060年	ウクライナ、カザフスタン、サウジアラビア、スリランカ、中国、ナイジェリア、バーレーン、 ロシア
2070年	インド、モーリシャス
21世紀後半	シンガポール、タイ、マレーシア、モロッコ

(2022年3月19日調べ)

【出典】Levin, K., Fransen, T., Schumer, C., Davis, C., & Boehm, S. (n.d.). What Does "Net-Zero Emissions" Mean? 8 Common Questions, Answered. World Research Institute. <https://www.wri.org/insights/net-zero-ghg-emissions-questions-answered>

# 国際海運の更なるGHG排出削減に向けた政府間の枠組み

我が国は国際海運からの更なるGHG排出削減に向け、2つの政府間の枠組み（QUAD海運タスクフォース及びクライドバンク宣言）に参加。

## QUAD海運タスクフォース

- 2021年9月に米国において、第2回日米豪印首脳会合が開催された。
- 本会合では、多くの事項が合意されたところ、海運分野においても、気候変動に関して次の合意事項があった。

**海運分野に関する主な合意内容:**  
日米豪印各国は、(第2回日米豪印首脳会合のファクトシートより)

- ✓ 「日米豪印(QUAD)海運タスクフォース」を立ち上げることで、(中略)、ロサンゼルス、ムンバイ、シドニー及び横浜を含む各主要港に呼びかけ、海運のバリューチェーンをグリーン化し脱炭素化するためのネットワークを形成していく。
- ✓ タスクフォースは、(中略)、2030年までに、2~3件の低排出又はゼロ排出の日米豪印の海運回廊を確立することを目指す。

## クライドバンク宣言

- 2021年11月、国連気候変動枠組条約第26回締約国会議(COP26)において、議長国である英国の主導により提唱された宣言。
- 2020年代の中頃までに、GHGを排出しないゼロエミッション船が運航される「グリーン海運回廊」の6つ以上の開設を目指すもの。
- 宣言には我が国を含む22か国が署名。齊藤国土交通大臣は、本イベントにてビデオメッセージによりクライドバンク宣言への参加及び我が国の取組を発信した。



ビデオメッセージにて発信する齊藤国土交通大臣

# 【参考】その他の政府間の枠組み

## ミッションイノベーション (ゼロ排出海運ミッション)

- 2016年に米仏主導により、様々な分野における国際連携を促す枠組み「ミッション・イノベーション」が発足。
- 2022年3月現在、「ゼロ排出海運ミッション」を含む13分野が協力の対象となっている。
- 「ゼロ排出海運ミッション」には、デンマーク、ノルウェー、米国が主導し、その他、英国・韓国など10ヶ国と2団体が加盟。(2022年3月現在)

### 「ゼロ排出海運ミッション」の目標

1. ゼロエミッション船、燃料、燃料インフラに関する開発、実証、配備について、バリューチェーンの各パートが協調すること
2. 2030年までに、グリーン水素、グリーンアンモニア、グリーンメタノール、先進バイオ燃料など、ライフサイクル全体でゼロ排出の燃料で航行できる船舶が、世界の外航海運の少なくとも5%(燃料消費量ベース)を占めること
3. 主要な外航海運航路で上記燃料を主として使用する船舶が少なくとも200隻あること

## 2050年までのゼロエミッション 海運宣言

- COP26(2021年11月)において、デンマーク首相は、「2050年までのゼロエミッション海運宣言」を発表。
- 宣言には英国・米国等の14か国が署名。

### 宣言の内容

本宣言の署名国は、

1. 2050年までに国際海運からのゼロ排出を達成するために、国際協力を強化する。
2. 2050年目標や、その道筋となる2030年、2040年の目標がIMOにおいて採択されるよう、IMOの国際交渉において行動する。

# 2050年GHG排出ネットゼロ (カーボンニュートラル) を目指す代表的な荷主・海運会社

## エネルギー

- ・シェル: 2020年4月発表  
(対象: 製造)
- ・BP: 2020年2月発表  
(対象: 事業全体)

## 自動車

- ・トヨタ自動車: 2021年6月発表  
(対象: 製造) ※2035年を目標
- ・フォルクスワーゲン: 2021年4月発表  
(対象: 製造・製品)

## 海運会社

- |        |                     |
|--------|---------------------|
| 商船三井   | 2021年6月発表           |
| 日本郵船   | 2021年9月発表           |
| 日本船主協会 | 2021年10月発表          |
| 川崎汽船   | 2021年11月発表          |
| マースク   | 2022年1月発表 ※2040年を目標 |



## 資源

- ・Rio Tinto※: 2020年2月発表  
※鉄鉱石世界3大メジャー  
(対象: 事業全体)
- ・Vale S.A: 2020年5月発表  
(対象: 事業全体)

## 商社

- ・丸紅: 2021年3月発表  
(対象: 事業全体)
- ・住友商事: 2021年5月発表  
(対象: 事業全体)

# 国際海運の脱炭素化に取り組む国際団体(例)



- Clean Cargo (CC) <拠点：パリ・コペンハーゲン・サンフランシスコ、設立：2002年>
- 国際貨物輸送の環境への影響を低減するべく、企業間取引のリーダーシップ企業（海運+荷主企業）による国際イニシアチブ。
- 主要な荷主、輸送事業者、フォワーダー等の企業が参画（世界のコンテナ輸送の85%を占める）。

<参加企業> 荷主：アマゾン、イケア、BMW、ハイネケン、H&M、ナイキ、ミシュラン、…  
海運：マースク、CMA CGM、MSC、ONE、商船三井、コスコ、エバーグリーン、…

など、88の企業等が関与（2022.3.11調べ）

## <荷主系企業連合>



- Cargo Owners for Zero Emission Vessels (coZEV) <本部：ワシントン、設立：2021>
  - 国際海運の脱炭素化を加速させるための主要な荷主の間での相互協力を目指して設立された国際イニシアチブ。
  - ゼロエミッション船の活用により、**2040年までに、主要荷主による国際海上輸送の脱炭素化を目指す**とともに、パリ協定の目標達成のために2050年までのGHG排出ネットゼロを目指す。
- <参加企業> アマゾン、イケア、インディテックス、パタゴニア、ブルックス、ミシュラン、ユニリーバ、フロッグ、チボー



- Getting to Zero Coalition (GTZC) <設立：2019.9>
  - 国際海運の脱炭素化を加速させるための企業・機関・港湾・政府が参画する国際連合体。
  - **2030年までにゼロエミッション船の商用運航を目指す。**
  - 各国政府への提言をまとめた「Call to action for shipping decarbonization」を2021.9.22に発表
- <参加企業> マースク、ハパックロイド、ONE、日本郵船、商船三井、川崎汽船、日本海事協会、シェル石油、ヤラ

など、214の企業等が関与（2022.3.11調べ）

# 令和3年度のゼロエミッション・プロジェクトの事業

## 背景

- 2020年に現行のIMO GHG削減戦略の達成(2050年半減)を実現するためのロードマップを作成。
- その後、気候変動問題に関する情勢の変化等を踏まえ、我が国政府・業界がともに「2050年GHG排出ネットゼロ」を新たな目標として掲げている。
- また、IMOにおいても、GHG削減戦略の改定に向けた議論が2021年11月から開始されたところ。



**➡ 国際海運の2050年カーボンニュートラル(GHG排出ネットゼロ)達成に向けた方策を検討**

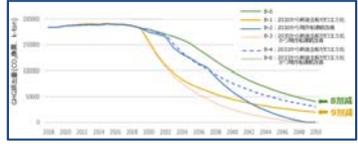
## 検討の進め方

### 代替燃料及び技術開発に関する情報・課題の整理

- 代替燃料の普及予測に関する最新情報の収集・整理
- ゼロエミッション船等の技術開発に関する課題と国内外の動向の整理  
今年度だけでなく今後も継続的に動向の把握に努める



様々なシナリオに基づくGHG排出削減シミュレーション

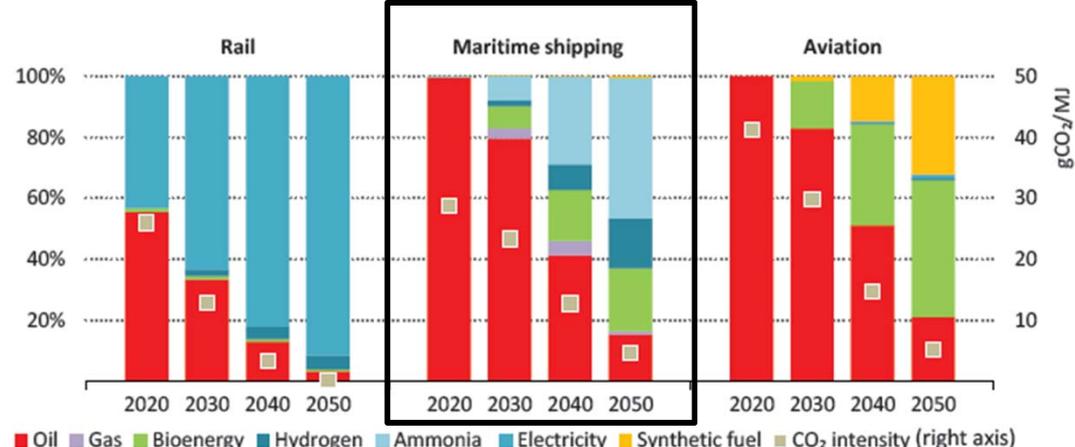
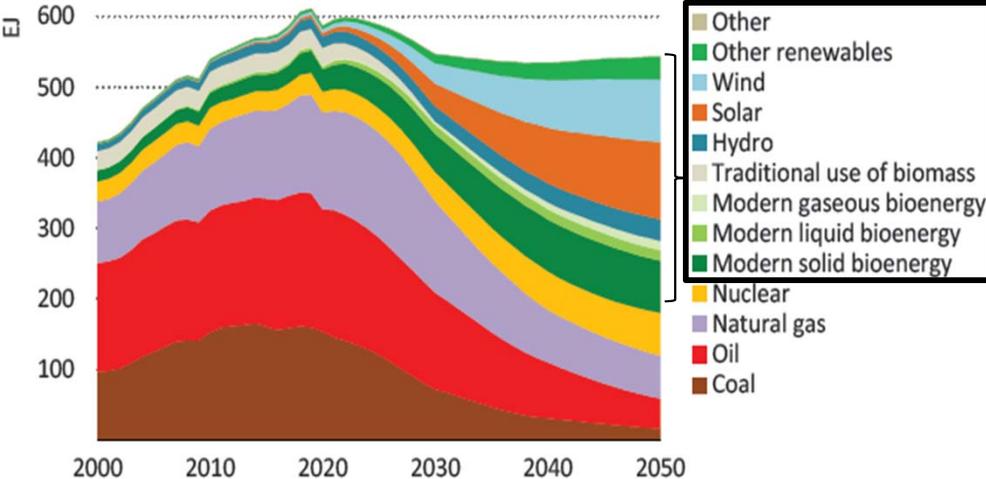


**2050年カーボンニュートラル(GHG排出ネットゼロ)達成に向けてどのような対策(環境整備)が必要か整理 ⇒IMOにおける、GHG削減戦略の改定や、中長期対策の議論への反映**

1. 背景
2. ゼロエミッション燃料の動向
  1. GHG排出ネットゼロを達成するための将来予想
  2. 新燃料製造プロジェクト動向(船用向け)
  3. 日本政府の新燃料の供給関連工程表
3. ゼロエミッション船技術開発の動向
  1. 技術開発課題
  2. 技術開発動向
4. GHG削減シミュレーション
  1. シミュレーション上の計算条件
  2. シミュレーション結果
5. 制度面等の環境整備

# GHG排出ネットゼロを達成するための将来予想

- IEAは2021年5月に「Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector」を発行。2050年に世界全体がGHG排出ネットゼロを達成するための将来予想（NZEシナリオ）を提示した。
- NZEシナリオにおいては、2050年時点で再生可能エネルギーが全エネルギーの3分の2を占める。輸送部門においては、鉄道は電化、航空はジェット燃料のバイオ化または合成燃料が主体。海運は、水素、アンモニア、バイオ燃料が主体。エネルギー密度と量、大型エンジンの開発スケジュール等からアンモニアおよびバイオ燃料が有力視されると分析している。なお、NZEシナリオ達成に向け、全世界で年間5兆ドル規模の投資が必要になると試算されている（現在は年間2兆ドル規模）。



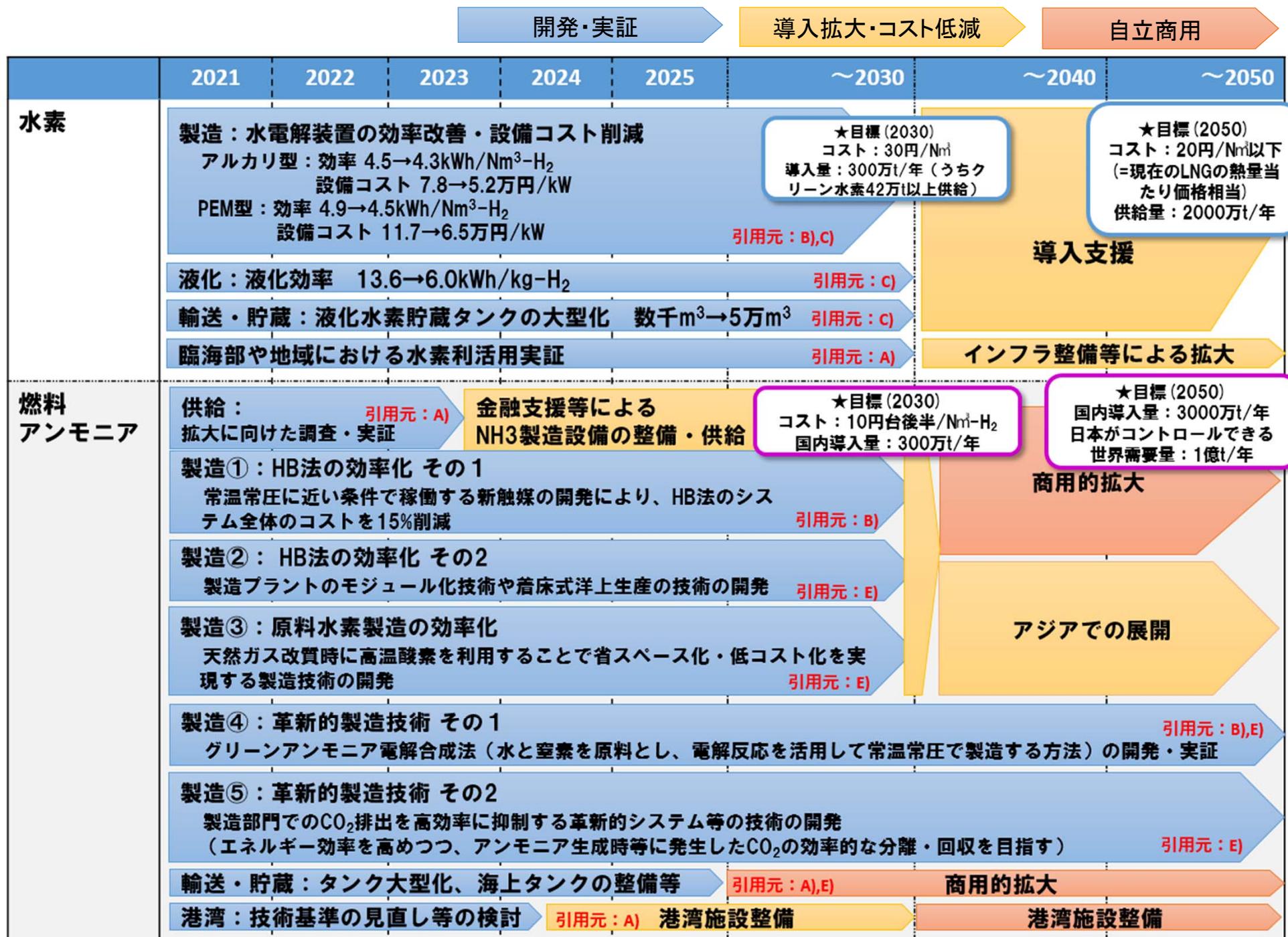
(出典) IEA: Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector

# 新燃料製造プロジェクト動向（船用向け）

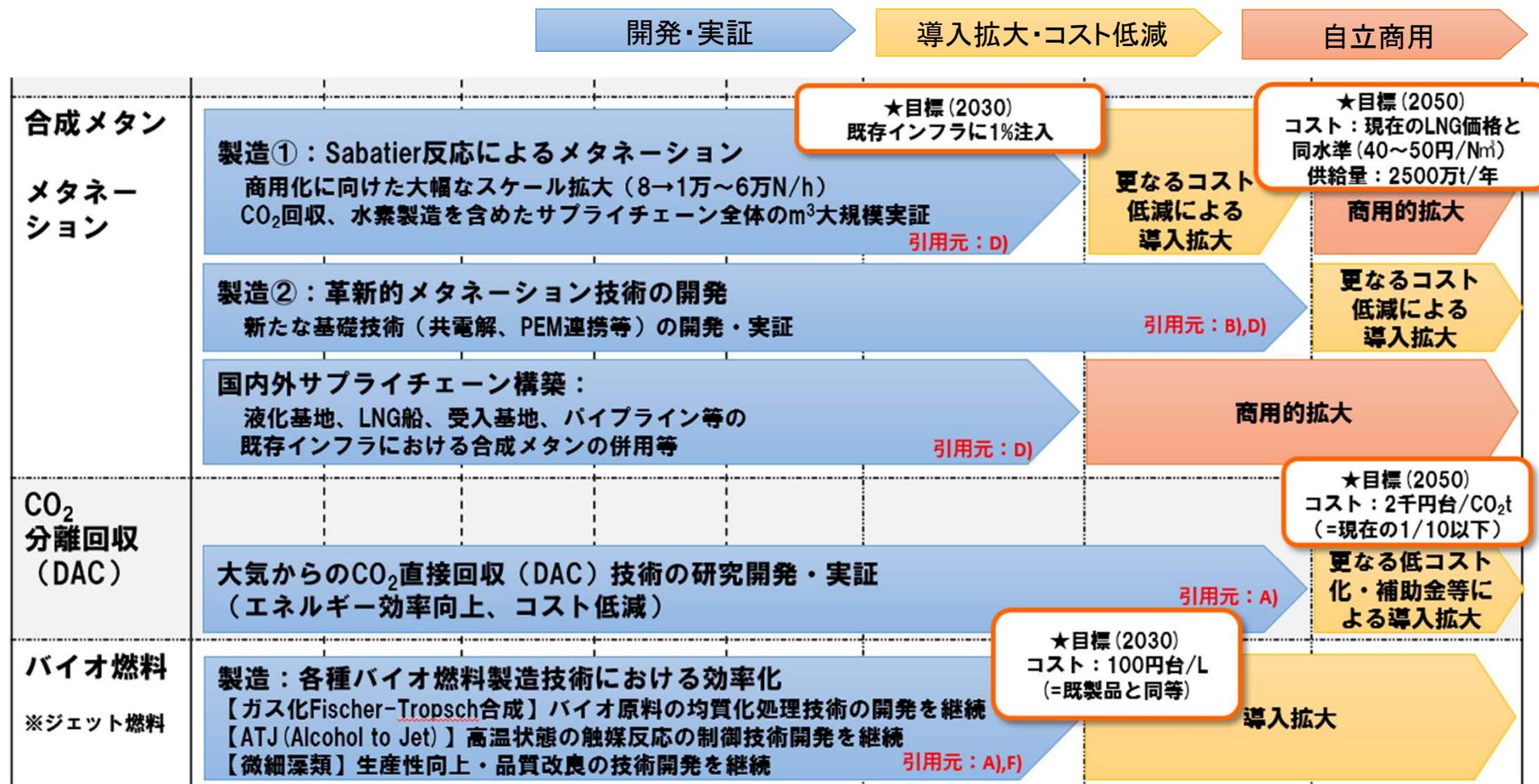
No.	燃料種類	生産国	生産開始年	年間生産量(t-H <sub>2</sub> )	プロジェクト概要
1	水素	Belgium	2022	11,000	Green-水素の生成設備の整備。
2	水素/アンモニア	Australia	2023	10,500	太陽光発電施設を建設し、生成されたグリーン水素をアンモニア生産工場へ供給。
3	水素/アンモニア	Norway	2023	800	グリーン水素を製造し、肥料の生産や燃料アンモニアに利用する。
4	水素	Denmark	2023	不明	洋上風力を用いて再生可能な水素を製造する。
5	水素	Norway	2023	不明	Green-水素の生成設備の整備。
6	水素/アンモニア	Netherlands	2024	不明	100MWの水電解設備及びGreen-アンモニアプラントの整備。
7	メタノール	Belgium	2024	不明	Green-水素からメタノールを生成するプラントの整備。
8	水素	Germany	2025	5,000	30MWの電解設備の整備。
9	水素	Netherlands	2025	86,000	ロッテルダム工業地域において、ブルー水素の大規模生産を実現する。
10	水素	Netherlands	2040	800,000	北海において、10ギガワットの風力エネルギーによりグリーン水素を製造する。
11	水素/アンモニア	Finland	不明	不明	洋上風力発電を用いて水素・アンモニアをオフショアで生産する施設を建設する。
12	水素	Germany	不明	不明	ハンブルク港において、風力発電で稼働する世界最大の水素電解プラントを建設する。
13	水素	Oman	不明	不明	太陽光発電からの水素生成のための設備の開発。
14	水素/アンモニア/メタノール	Oman	不明	40,000	ドゥクム(オマーン)において、グリーン水素の製造プラントを建設する。
15	メタノール	Norway	不明	不明	再生可能エネルギーと廃CO <sub>2</sub> ガスからメタノールを製造する施設を建設する。
16	水素/メタノール	Denmark	不明	不明	水素とe-fuelの生産施設を建設する。
17	メタノール	Belgium	不明	不明	アントワープにおいて、CO <sub>2</sub> と水素からメタノールを生成する工場を建設する。
18	メタン	Japan	不明	不明	CO <sub>2</sub> からメタンを生成し、船舶燃料に利用する。
19	メタノール	Sweden	不明	不明	CO <sub>2</sub> を回収・リサイクルしてe-メタノール燃料を生成する施設を建設する。
20	水素	Germany	不明	不明	2030年までに700メガワットの水素製造プラントを建設する。

出典：UMAS

# 日本政府の新燃料の供給関連工程表①



# 日本政府の新燃料の供給関連工程表②



※本頁及び前頁は以下を参考に作成

- A) 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（令和3年6月18日）
- B) グリーンイノベーション基金公募等情報
- C) 水素ロードマップ（経産省、令和2年6月8日）
- D) 「トランジションファイナンス」に関するガス分野における技術ロードマップ（経産省、令和4年2月）
- E) 燃料アンモニア導入官民協議会 中間取りまとめ（経産省、令和3年2月8日）
- F) NEDO 技術戦略研究センターレポート次世代バイオ燃料（バイオジェット燃料）分野の技術戦略策定に向けて

1. 背景
2. ゼロエミッション燃料の動向
  1. GHG排出ネットゼロを達成するための将来予想
  2. 新燃料製造プロジェクト動向（船用向け）
  3. 日本政府の新燃料の供給関連工程表
3. **ゼロエミッション船技術開発の動向**
  1. 技術開発課題
  2. 技術開発動向
4. GHG削減シミュレーション
  1. シミュレーション上の計算条件
  2. シミュレーション結果
5. 制度面等の環境整備

# ゼロエミッション船の技術開発課題①

		想定される船上利用	機関	船上貯蔵	補機・ 艙装品等	バンカリング	その他の 技術開発課題	技術開発以外 の課題
水素 燃料船	直接燃 焼	● 主機・補機	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ディーゼルサイクル: 高圧燃料供給装置(直噴の場合は30MPa程度)</li> <li>● オットーサイクル: 異常燃焼(ノッキング・失火・過早着火)の制御技術</li> <li>● 港湾内・狭水道における安全操船に資する、エンジン負荷変動への追従性確保・安定燃焼のための燃料油の使用量(混燃割合)の検討</li> </ul>	● 貯蔵時のスペース効率	● 低温及び水素脆性に対して強い艙装品	● 水素バンカリングの安全性		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 燃料供給体制の構築</li> <li>● 船舶及びバンカリングに関する安全基準の整備</li> <li>● 船員の能力要件の策定と国際基準化</li> <li>● 船員の確保・育成</li> <li>● 造船・船用における技術人材の育成</li> </ul>
	燃料電 池	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 大型船: 補機</li> <li>● 中小型船: 主機・補機</li> </ul>	● 陸用と同じく高効率な(60%程度)SOFC(固体酸化物形燃料電池)の開発(500~1000℃での発電に対応した熱変化に強い断熱素材)					
アンモニア 燃料船	直接燃 焼	● 主機・補機	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 未燃アンモニアの対応やパイロット燃料の低減技術</li> <li>● N<sub>2</sub>Oの詳細な実態把握(発生メカニズムの解明及び発生量の把握)及び削減対策(触媒による後処理等)</li> <li>● 港湾内・狭水道における安全操船に資する、エンジン負荷変動への追従性確保・安定燃焼のための燃料油の使用量(混燃割合)の検討</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>● アンモニア又はアンモニア改質水素を利用した船内電源・蒸気供給システム</li> <li>● 腐食・漏洩に対応した艙装品</li> </ul>	● アンモニアバンカリングの安全性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 腐食・漏洩対策(検知センサー等も含む)</li> <li>● アンモニアガス処理技術(バージガス、漏洩ガス、BOG)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 燃料供給体制の構築</li> <li>● 船舶及びバンカリングに関する安全基準の整備</li> <li>● 船員の能力要件の策定と国際基準化</li> <li>● 船員の確保・育成</li> <li>● 造船・船用における技術人材の育成</li> <li>● 環境影響評価</li> </ul>
	燃料電 池(アン モニア改 質又は直 接利用)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 大型船: 補機</li> <li>● 中小型船: 主機・補機</li> </ul>	● 陸用と同じく高効率な(60%程度)SOFC(固体酸化物形燃料電池)の開発(500~1000℃での発電に対応した熱変化に強い断熱素材)					

# ゼロエミッション船の技術開発課題②

	想定される船上利用	燃焼	船上貯蔵	補機・艙装 品等	バンカリング	その他の 技術開発課題	技術開発課題 以外の課題
メタン(バイオ・合成)燃料船	● LNG 燃料船と同じ	● LNG 燃料船の技術を転用可能。 ● メタンスリップ対策(特に小・中出力の 4 ストロークエンジン。エンジン改良やメタン酸化触媒等の検討が進捗中)				● メタンリーク(低圧のコンプレッサーや FGSS からの排出、ガスフリー時の排出)の量の把握と対策。	● IMO において、燃料の船上排出がゼロ扱いとなる考え方の確立 ● 燃料供給体制の構築
ディーゼルオイル(バイオ・合成)燃料船	● 低硫黄重油への混合又は専焼(主機・補機)	● FAME:NOx 増加の抑制 ● FAME:NOx 規制への適合確保	● FAME:バイオディーゼルオイルに対する腐食対策 ● FAME:船内貯蔵時の変質対策			● 混合する際のスラッジの抑制	
メタノール(バイオ・合成)燃料船	● 主機・補機	● 技術的には確立					
レトロフィット技術(LNG 燃料船等から代替燃料船にレトロフィットする)を活用する船舶	● 主機・補機 ● (直接燃焼、燃料電池)	● 一部換装で新燃料を燃焼できる機関	● 兼用タンク、材料選定	● 一部換装又は兼用可能な補機・艙装品・計装機器類	● 兼用又は改造可能なバンカリング船	● 改造工事負荷の最小化	

# 水素燃料船の技術開発動向①:グリーンイノベーション基金

次世代船舶の開発

## 舶用水素エンジン及びMHFSの開発

MHFS: Marine Hydrogen Fuel System 舶用水素燃料タンクおよび燃料供給システム

### 事業の目的・概要

- ① 船舶から排出される温室効果ガスを削減するために、**コンソーシアム3社が出力範囲と用途の異なる舶用水素エンジンを並行して開発**する。開発したエンジンにより実船実証運航を行い、機能および信頼性を確認し、社会実装につなげる。
- ② **舶用水素燃料タンクおよび燃料供給システムを新開発**する。陸上試験を経て、補機用の中高速4ストロークエンジン、推進用の低速2ストロークエンジンの実証運航に適用し、機能および信頼性を確認し、社会実装につなげる。

### 実施体制

※太字: 幹事企業

- ① **川崎重工業株式会社**、ヤンマーパワーテクノロジー株式会社、株式会社ジャパンエンジンコーポレーション
- ② **川崎重工業株式会社**

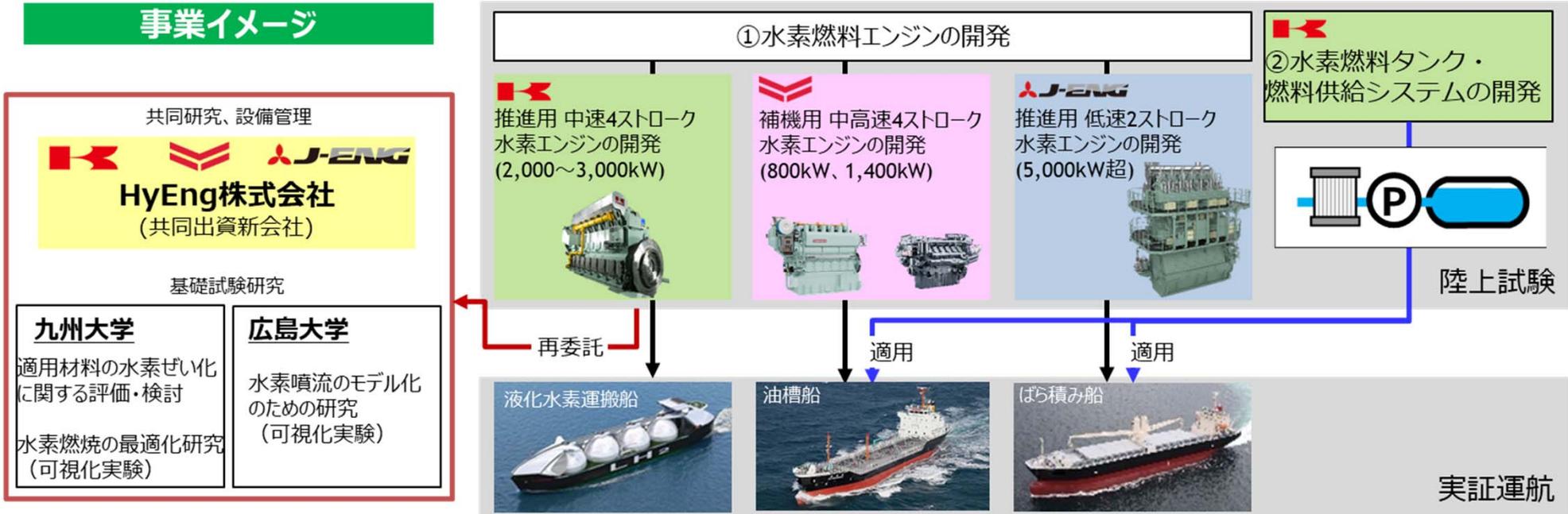
### 事業規模等

- 事業規模 (①+②) : 約219億円
- 支援規模 (①+②) \* : 約210億円  
\*インセンティブ額を含む。今後ステージゲートでの事業進捗などに応じて変更の可能性あり。
- 補助率など  
① : 9/10 → 2/3、② : 9/10 → 2/3 (インセンティブ率は10%)

### 事業期間

①、② 2021年度～2030年度(10年間)

### 事業イメージ



出典: 川崎重工業(株), ヤンマーパワーテクノロジー(株), (株)ジャパンエンジンコーポレーション

## 水素燃料船の技術開発動向②:国内外の動向

	出力(kW)	エンジンメーカー	開発目標年	備考
2スト	5000kW以上	J-ENG	2026年度※	GI基金
4スト	1000kW～ 2670kW	ABC、CMB	2020年	混燃(水素75%)
4スト	645kW	MAN	2021年	混燃(水素25%) 2020年代末に専焼エンジンを開発予定
4スト	776kW～ 2535kW	Rolls Roys, mtu	2023年	
4スト	不明	バルチラ	2025年	
4スト	2000kW～ 3000kW	川崎重工	2026年度※	GI基金
4スト	800kW	ヤンマー	2026年度※	GI基金(出力1400kWエンジンも順次開発)

※ 開発目標年は船舶搭載前の陸上試験完了を示す。

# 水素燃料電池船の技術開発動向

船種	船社	燃料電池の種類	実証運航目標年
実験船(12人)	戸田建設、長崎総合科学大学、NK	PEFC(30kW×2)、バッテリー(132kW)、モーター(220kW×2)を併用	2015年
旅客船(75人) Sea Change	SWITCH Maritime	不明(360kW) バッテリー(100kWh)を併用	2022年 All American Marine シップヤードで海上試 運転中
Ro-Ro旅客船 Topeka	Wilhelmsen	PEFC(3MW) バッテリー(1000kW)を併用	2024年
大型フェリー	KNUNDE HANSEN	PEFC	2027年

# アンモニア燃料船の技術開発動向①: グリーンイノベーション基金

次世代船舶の開発

## アンモニア燃料国産エンジン搭載船舶の開発

### 事業の目的・概要

- 海上輸送のゼロエミッション化推進・次世代船舶分野における日本海事クラスターの競争力維持・向上を目的として、**アンモニア燃料国産エンジンを搭載するアンモニア燃料船の研究開発**を行う。
  - ① **アンモニア燃料タグボート（内航船）の開発・運航**  
**国産4ストローク主機の開発**、安全性・実用性に配慮したアンモニア燃料船の設計、アンモニア燃料船に係る運航・メンテナンス手法の確立などに取り組み、2024年の竣工を目指す。
  - ② **アンモニア燃料アンモニア輸送船（外航船）の開発・運航**  
**国産2ストローク主機および国産4ストローク補機の開発**、外航船の船型主要目の開発とアンモニア燃料・荷役配管システムおよびオペレーションシークエンスの開発、アンモニア毒性に対する船内安全システムの確立、アンモニア燃料船に係る運航・メンテナンス手法の確立などに取り組み、2026年の竣工を目指す。

### 実施体制

※太字: 幹事企業

- ① **日本郵船株式会社**、株式会社IHI原動機
- ② **日本郵船株式会社**、株式会社ジャパンエンジンコーポレーション  
 株式会社IHI原動機、日本シッパード株式会社  
 (一般財団法人日本海事協会 \*NEDO助成先対象外)

### 事業規模等

- 事業規模 : 約123億円
- 支援規模\* : 約84億円  
\*インセンティブ額を含む。今後ステージゲートでの事業進捗などに応じて変更の可能性あり。
- 補助率など : 2/3→1/2 (インセンティブ率は10%)

### 事業期間

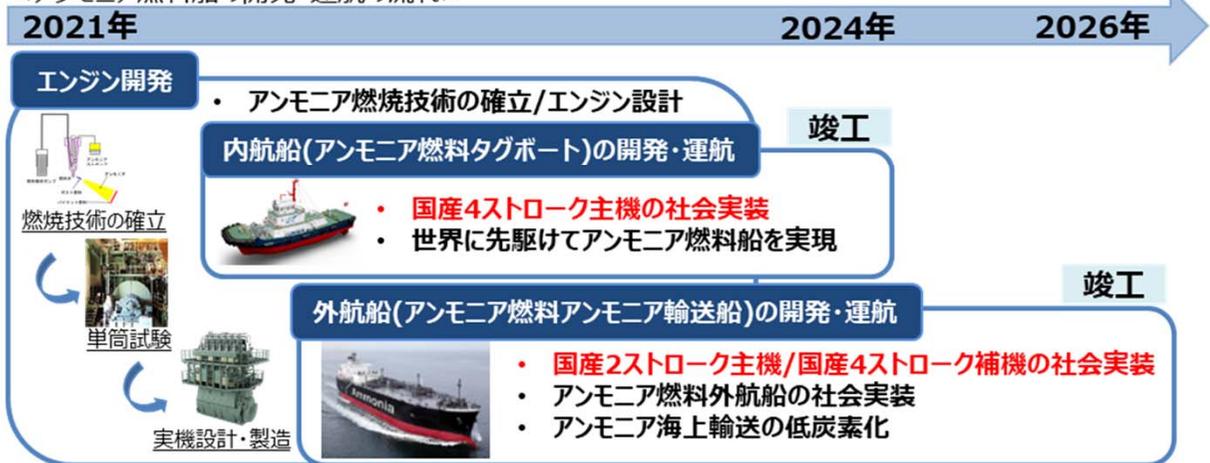
□ 2021～2027年度 (7年間)

### 事業イメージ

<アンモニア燃料エンジン開発>

①	用途	種類	ボア径 (mm)	出力 (kW)
	主機	4ストローク	280	約1,600
②	用途	種類	ボア径 (mm)	出力 (kW)
	主機	2ストローク	500	約8,000
	補機	4ストローク	200 250	約1,300

<アンモニア燃料船の開発・運航の流れ>



出典：日本郵船(株)、(株)ジャパンエンジンコーポレーション、(株)IHI原動機、日本シッパード(株)

# アンモニア燃料船の技術開発動向②：グリーンイノベーション基金

次世代船舶の開発

## アンモニア燃料船開発と社会実装の一体型プロジェクト

### 事業の目的・概要

- **2028年までの出来るだけ早期**にアンモニア燃料船を日本主導で社会実装し、日本の海事産業がゼロエミ船分野で長期に渡り優位性を維持出来る形を目指し、他国に先駆けて推進システム・船体開発および保有・運航を行う。
- 早期の社会実装実現のためにアンモニア燃料船の「開発」、「保有・運航」、「燃料生産」、「燃料供給拠点整備」の全域をカバーする「統合型プロジェクト」の一環として本事業を推進する。

### 実施体制

※太字:幹事企業

**伊藤忠商事株式会社**、  
川崎汽船株式会社、NSユナイテッド海運株式会社、  
日本シップヤード株式会社、株式会社三井E&Sマシナリー

### 事業期間

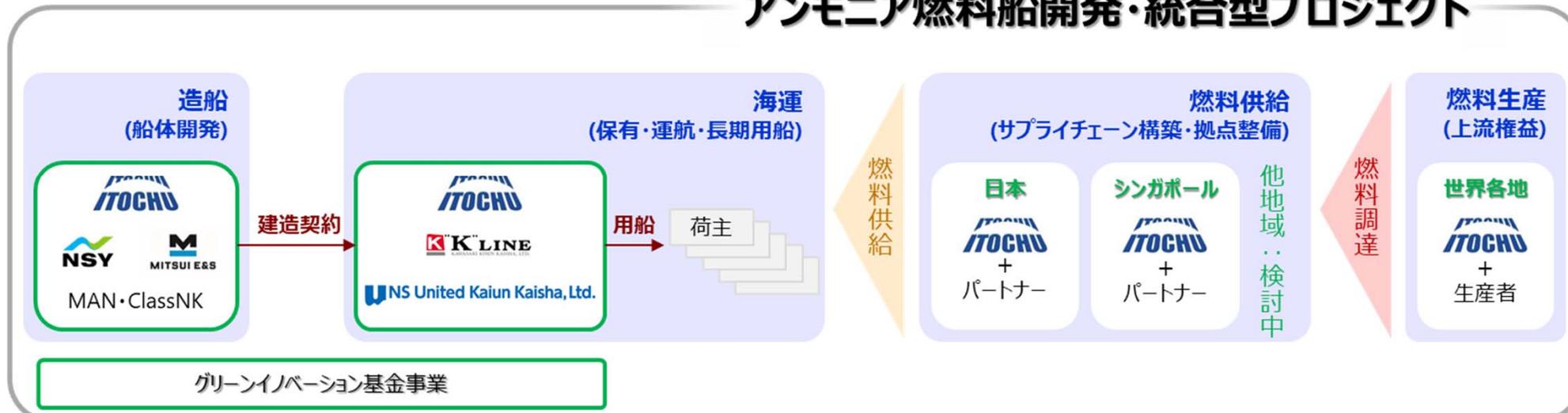
2021年度～2027年度(7年間)

### 事業規模等

- 事業規模：約30億円
  - 支援規模\*：約20億円
  - 補助率など：2/3 → 1/2（インセンティブ率は10%）
- \*インセンティブ額を含む。今後ステージゲートでの事業進捗などに応じて変更の可能性あり。

### 事業イメージ

## アンモニア燃料船開発・統合型プロジェクト



## アンモニア燃料船の技術開発動向③：国内外の動向

	出力(kW)	エンジンメーカー	開発目標年	備考
2スト	不明	MAN	2024年	4ストも開発予定 (目標年等は不明)
2スト	8000kW	J-ENG	2025年度央	GI基金
2スト	5000kW以上	WinGD	2025年	
4スト	不明	バルチラ	2023年	
4スト	1600kW	IHI原動機	2023年度	GI基金 主機用(内航船)
4スト	1300kW	IHI原動機	2025年度	GI基金 補機用

# メタンスリップ対策の技術開発動向：グリーンイノベーション基金

次世代船舶の開発

## 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

### 事業の目的・概要

- 海運業界の温室効果ガス削減に貢献するために、2026年までにLNG燃料船の**メタンスリップ削減率70%以上を達成**し、重油からLNGへの燃料転換による温室効果ガス削減効果を引き上げる。
- そのためにエンジン実稼働条件下で高いメタンスリップ削減性能を有する触媒の開発とエンジン出口からのメタンスリップ削減および触媒のメタンスリップ削減性能を高める燃焼方式を軸とした新たなエンジンシステムを開発する。
- その後、開発した**触媒とエンジンを組み合わせたメタンスリップ削減技術**を実船搭載し運用手法を確立する。

### 実施体制

※太字:幹事企業

- **日立造船株式会社**
- ヤンマーパワーテクノロジー株式会社
- 株式会社商船三井

### 事業規模等

- 事業規模 :約11億円
  - 支援規模\*:約6億円
  - 補助率など: 1/2 → 1/3 (インセンティブ率は10%)
- \*インセンティブ額を含む。今後ステージゲートでの事業進捗などに応じて変更の可能性あり。

### 事業期間

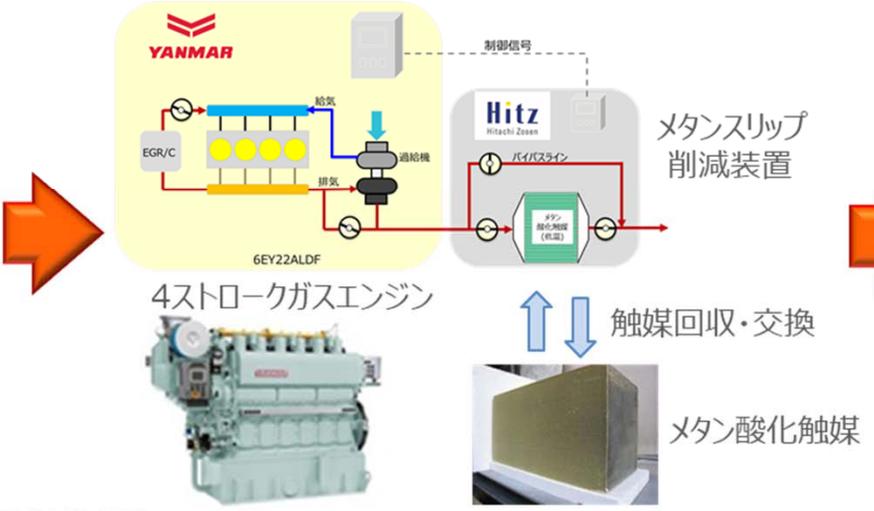
2021年度～2026年度(6年間)

### 事業イメージ

【拡大が予想されるLNG燃料船】



【LNG燃料船へのメタンスリップ削減技術の導入】



【実船実証】



株式会社名村造船所で建造し、株式会社商船三井が運航する大型石炭専用船にて実船実証を実施する。

出典：日立造船(株)、ヤンマーパワーテクノロジー(株)、(株)商船三井、(株)名村造船所

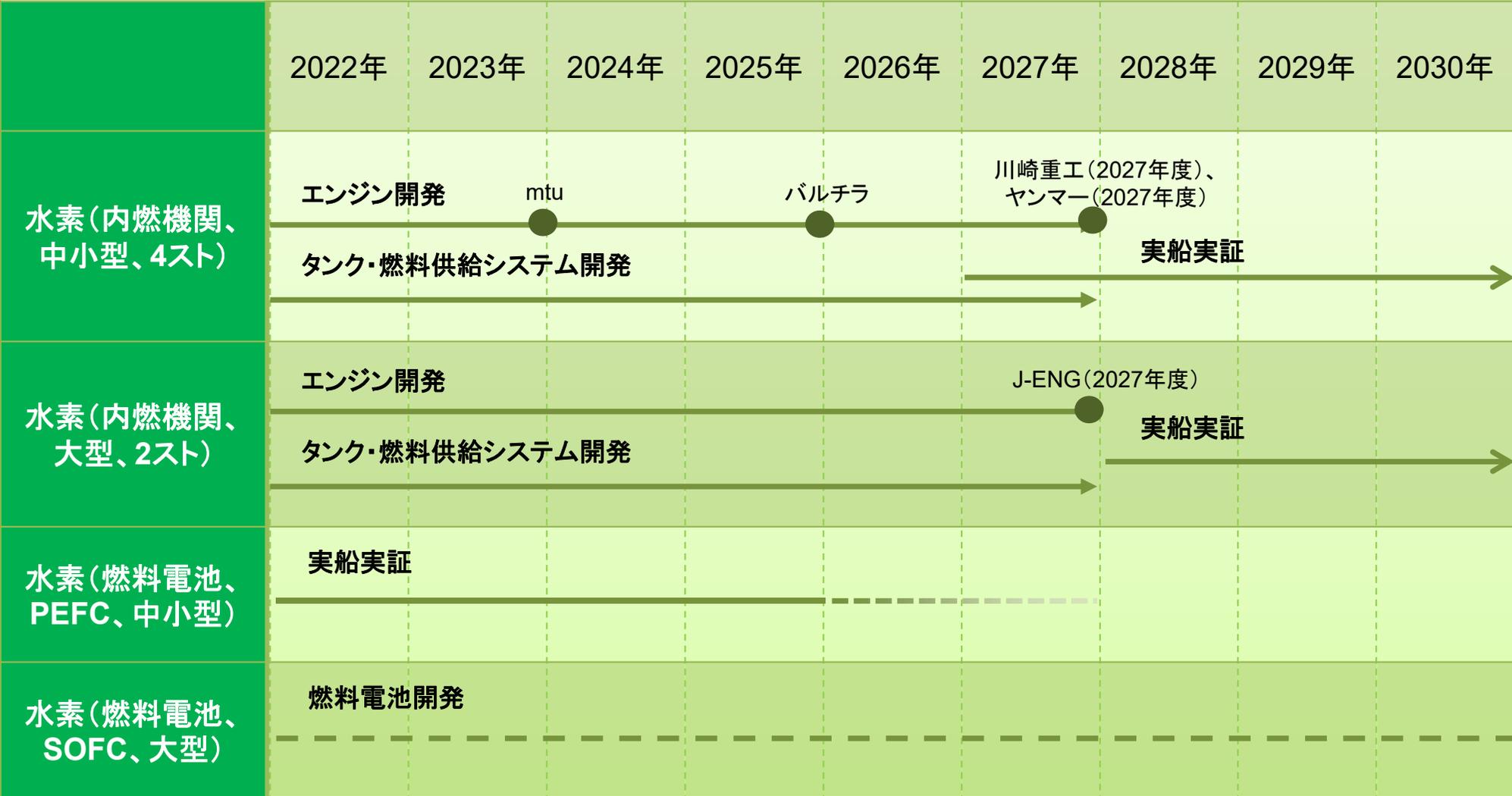
# 船上CO2回収の技術開発動向

- 三菱造船、川崎汽船、日本海事協会が、2021年10月、世界初の洋上用CO2回収装置検証プロジェクトで排ガスからのCO2分離・回収に成功した。
- しかしながら、CO2回収には以下の課題があることに留意する必要がある。
  - ✓ 燃料油によっては排ガスの前処理が必要(脱硝、脱硫等)
  - ✓ 回収後のCO2 体積・重量大
  - ✓ 三重点近傍でのCO2の貯蔵
  - ✓ 回収率向上が必要
  - ✓ 陸上CO2 受入れ施設の整備
  - ✓ 地層への封入・固定を行う事業者の存在が必要
  - ✓ 地層内固定のキャパシティも要考慮

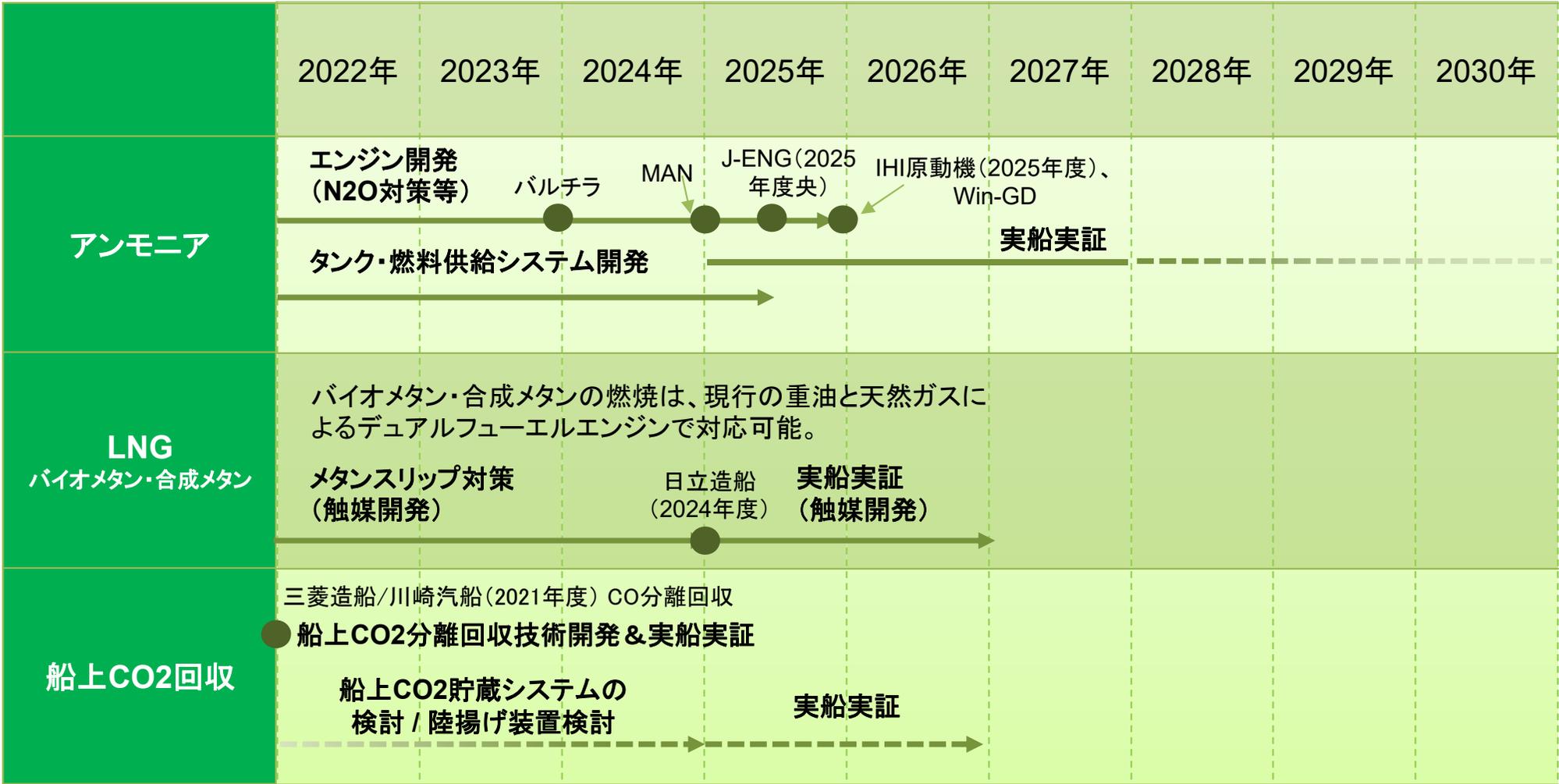


三菱造船、川崎汽船、日本海事協会によるプロジェクト：  
本船に搭載完了したCO2回収装置の様子

# 国内外の技術開発動向の整理表①



# 国内外の技術開発動向の整理表②



# 国際海運の2050年カーボンニュートラル達成に向けて

---

1. 背景
2. ゼロエミッション燃料の動向
  1. GHG排出ネットゼロを達成するための将来予想
  2. 新燃料製造プロジェクト動向(船用向け)
  3. 日本政府の新燃料の供給関連工程表
3. ゼロエミッション船技術開発の動向
  1. 技術開発課題
  2. 技術開発動向
4. GHG削減シミュレーション
  1. シミュレーション上の計算条件
  2. シミュレーション結果
5. 制度面等の環境整備

# シミュレーションの共通設定とシナリオ毎の違い

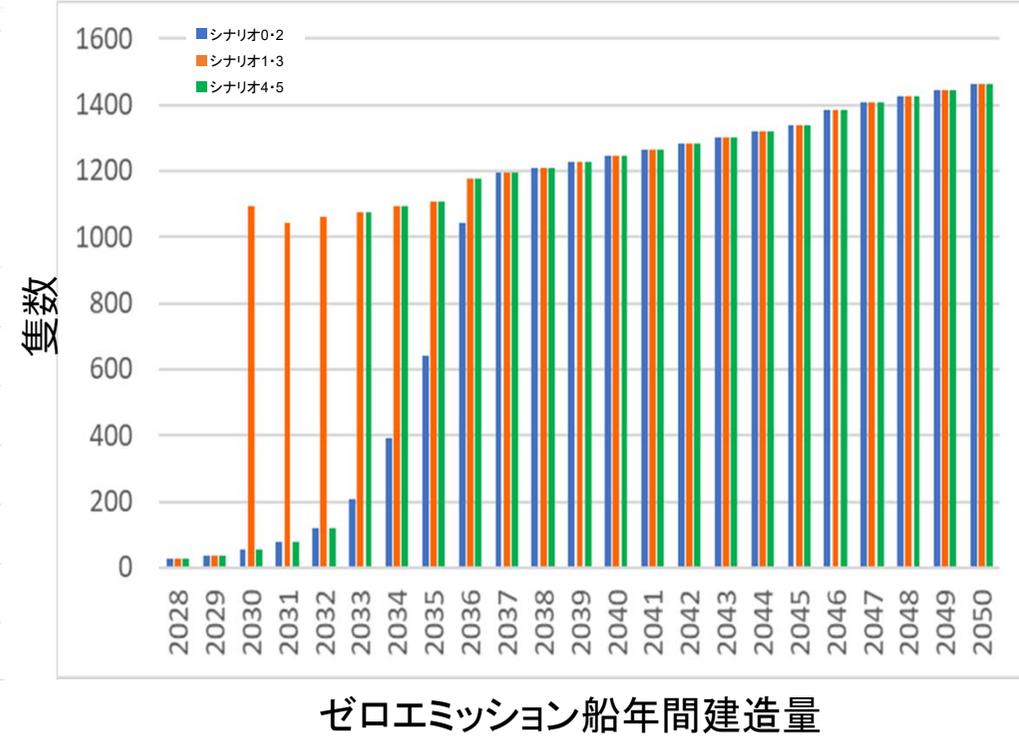
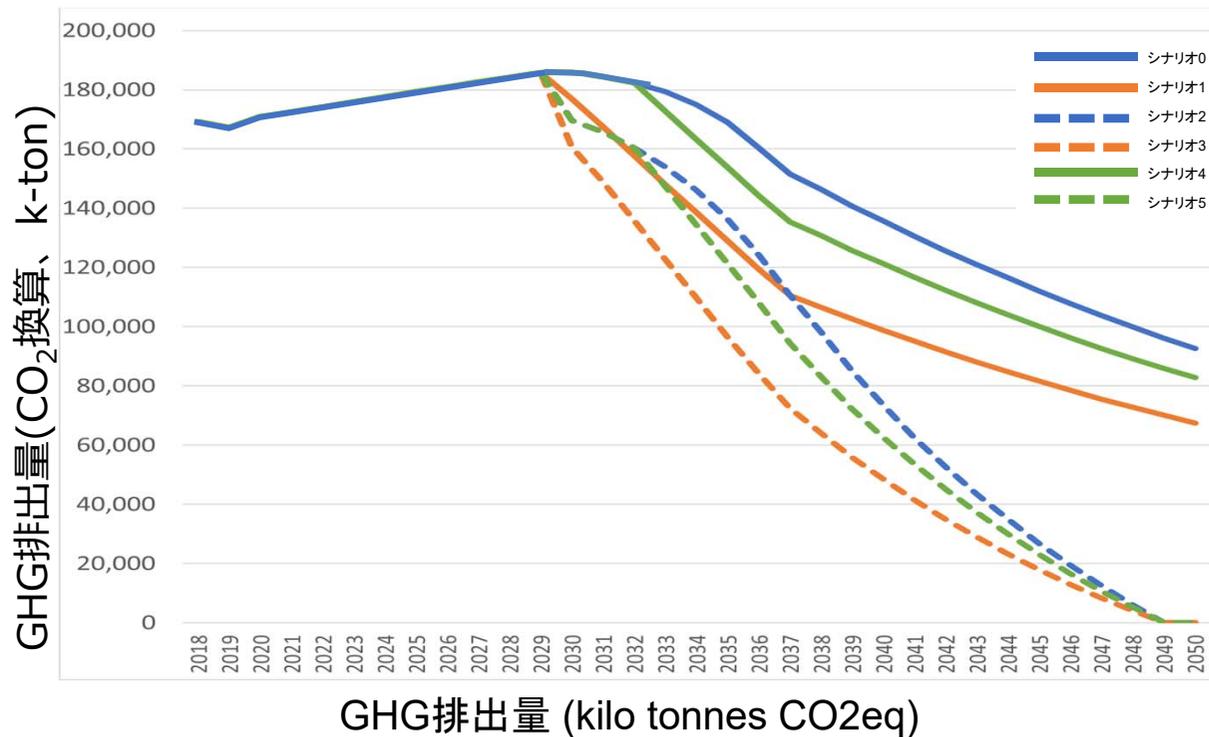
## 共通設定

- 【条件1】解撤率(前年の船腹量に対する解撤される船舶の割合)は、ばら積貨物船の場合は4%、タンカー、コンテナ船及び自動車運搬船の場合は3%
- 【条件2】老齢船の退出については、2018年の現存船から退出(CIIのD評価、E評価船から優先的に退出)するものとし、2018年の現存船がすべて解体された後は、性能に関わらず前年の現存船の4%又は3%の船腹量分だけ退出するものと仮定
- 【条件3】毎年投入される新造船は、燃費性能の良い船(CIIのA評価)であると仮定
- 【条件4】パイロット燃料の割合、メタンスリップの量、N2O排出量について仮定

シナリオ	2028	2030	2033	2050
0		ゼロエミ船		
1			2030年以降全新造船ゼロエミ化	
2			+ 2030以降現存船性能改善	
3		本格投入開始	2030年以降全新造船ゼロエミ化 + 2030以降現存船性能改善	
4				2033年以降全新造船ゼロエミ化
5				2033年以降全新造船ゼロエミ化 + 2030以降現存船性能改善

※1 新造船ゼロエミ化とは、当該年以降に新造される船舶はCII(AER)=0で運航することを指す。  
 ※2 現存船の性能改善とは、当該年以降、CIIがD/E評価の船は翌年にCII基準値を達成するよう、運航改善やドロップイン燃料の活用等によってCII(AER)が改善することを指す。  
 ※3 シナリオ0及び2については、2037年以降に投入される新造船はすべてゼロエミ船となる(詳しくは6.4.1参照のこと)。

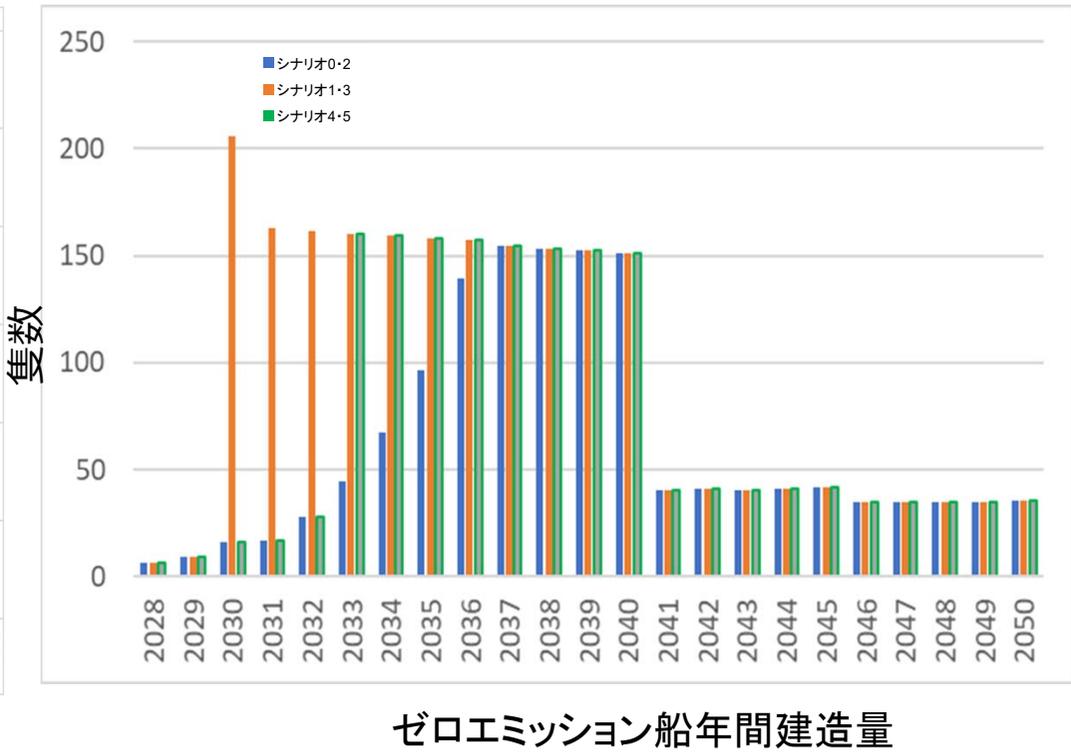
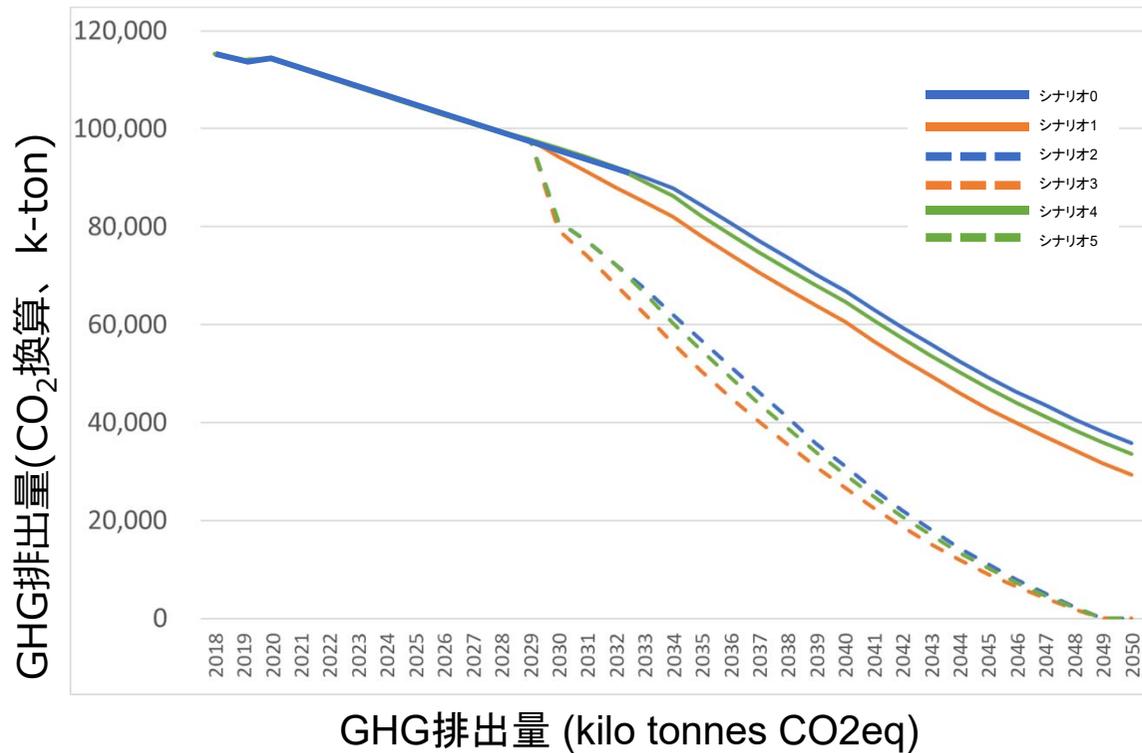
# シミュレーション結果(ばら積貨物船)



GHG排出削減量(2018年比)

シナリオ	説明	2040年	2050年
0		19.5%減	44.7%減
1	2030から新造全船ゼロエミ化	41.6%減	60.2%減
2	2030から現存船性能改善	56.6%減	99.9%減
3	2030から新造全船ゼロエミ化かつ2030から現存船性能改善	71.3%減	99.9%減
4	2033から新造全船ゼロエミ化	28.4%減	51.1%減
5	2033から新造全船ゼロエミ化かつ2030から現存船性能改善	63.0%減	99.9%減

# シミュレーション結果(タンカー)

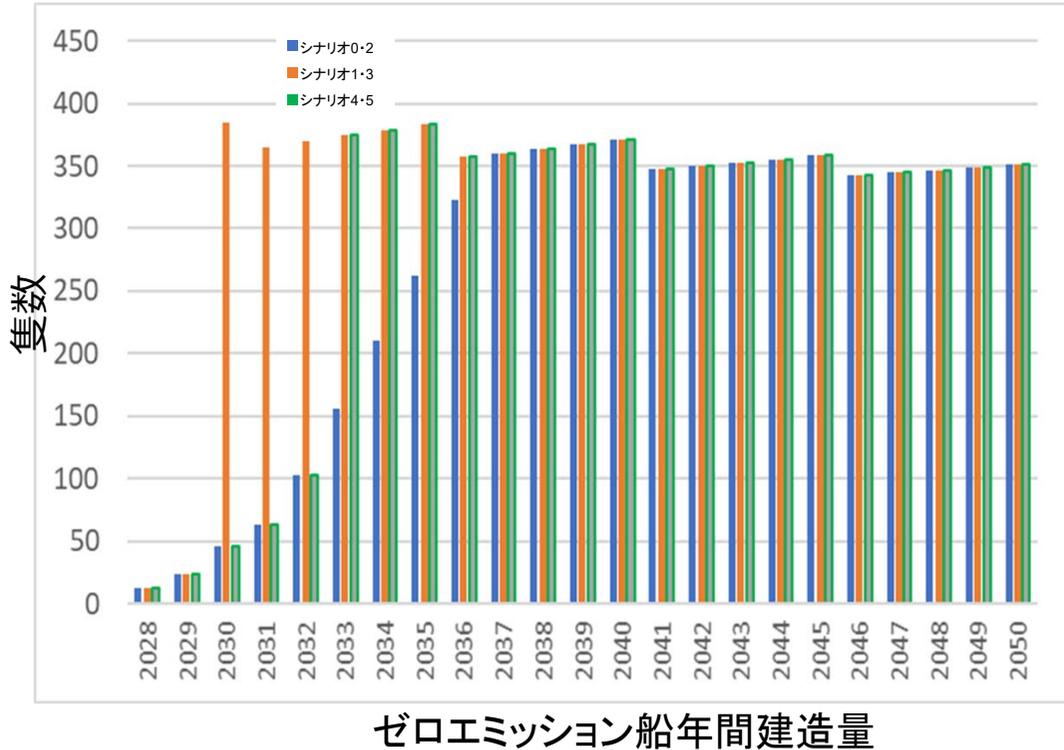
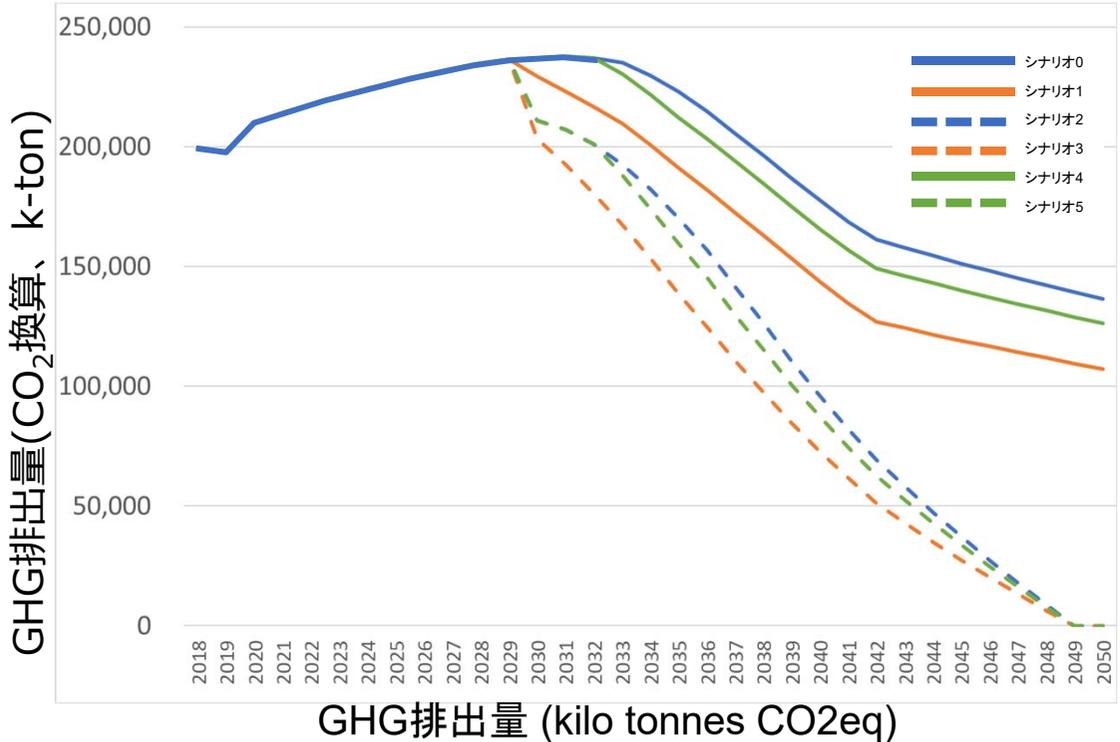


GHG排出削減量(2018年比)

シナリオ	説明	2040年	2050年
0		42.0%減	69.0%減
1	2030から新造全船ゼロエミ化	47.6%減	74.5%減
2	2030から現存船性能改善	73.1%減	99.9%減
3	2030から新造全船ゼロエミ化かつ2030から現存船性能改善	76.9%減	99.9%減
4	2033から新造全船ゼロエミ化	44.0%減	70.9%減
5	2033から新造全船ゼロエミ化かつ2030から現存船性能改善	74.6%減	99.9%減

※ここで、タンカーとは原油タンカー及びプロダクトタンカーの合計

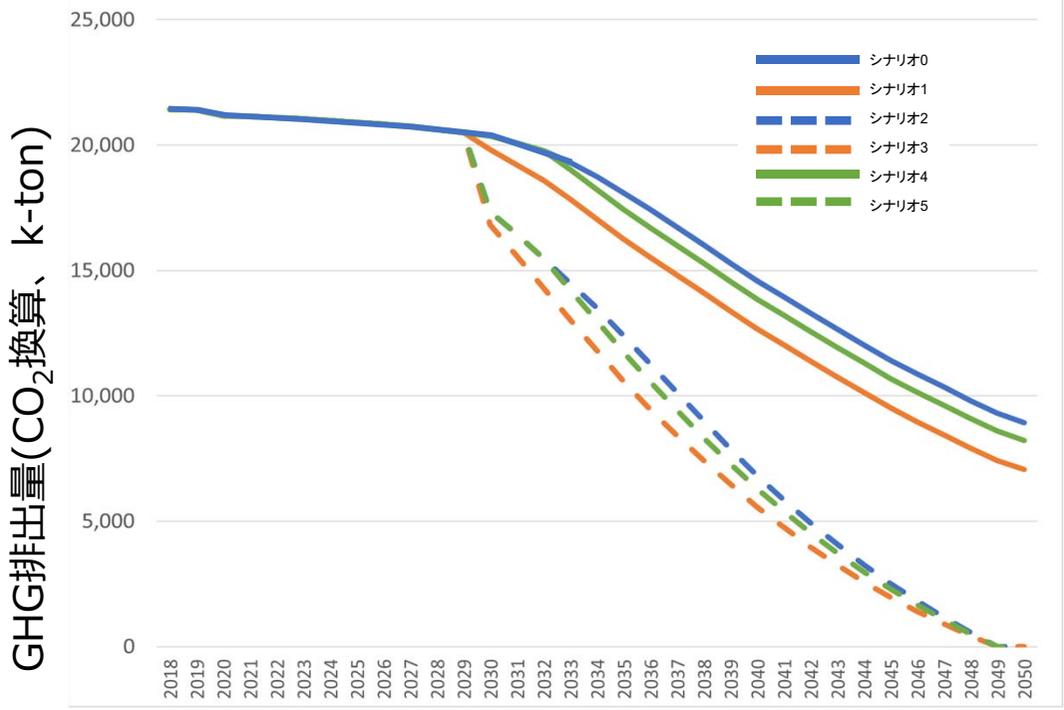
# シミュレーション結果(コンテナ船)



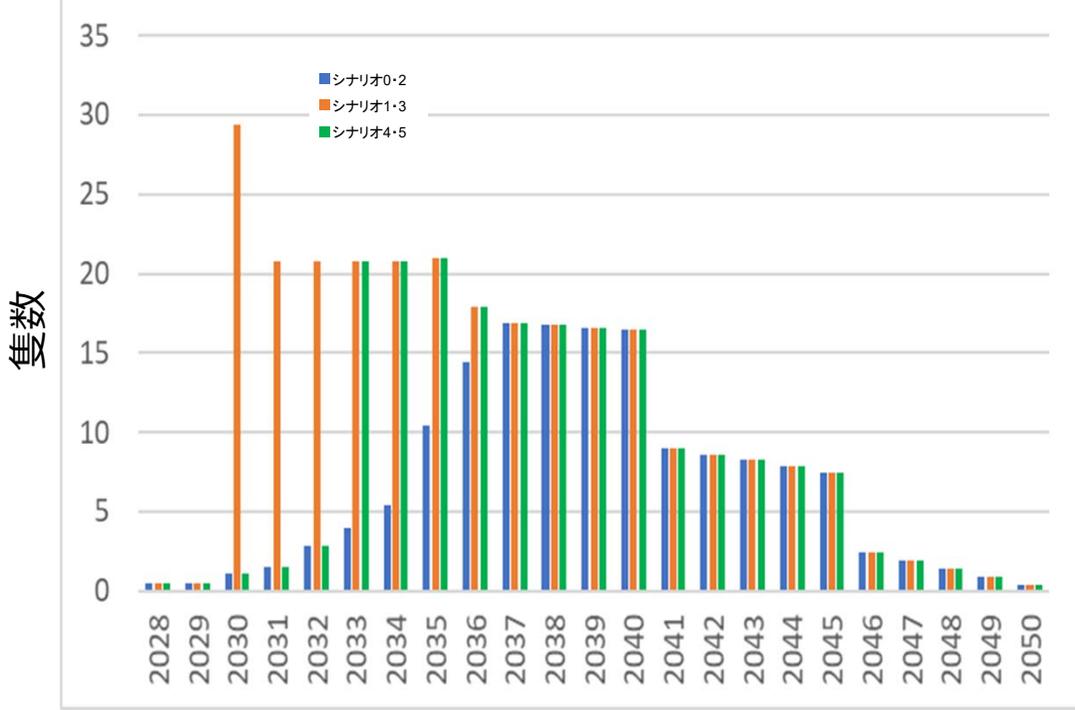
GHG排出削減量(2018年比)

シナリオ	説明	2040年	2050年
0		10.9%減	31.5%減
1	2030から新造全船ゼロエミ化	27.9%減	46.1%減
2	2030から現存船性能改善	52.0%減	99.9%減
3	2030から新造全船ゼロエミ化かつ2030から現存船性能改善	63.5%減	99.9%減
4	2033から新造全船ゼロエミ化	16.8%減	36.6%減
5	2033から新造全船ゼロエミ化かつ2030から現存船性能改善	56.3%減	99.9%減

# シミュレーション結果(自動車運搬船)



GHG排出量 (kilo tonnes CO<sub>2</sub>eq)



ゼロエミッション船年間建造量

GHG排出削減量(2018年比)

シナリオ	説明	2040年	2050年
0		32.0%減	58.3%減
1	2030から新造全船ゼロエミ化	40.9%減	67.0%減
2	2030から現存船性能改善	68.3%減	99.9%減
3	2030から新造全船ゼロエミ化かつ2030から現存船性能改善	74.1%減	99.9%減
4	2033から新造全船ゼロエミ化	35.4%減	61.6%減
5	2033から新造全船ゼロエミ化かつ2030から現存船性能改善	70.7%減	99.9%減

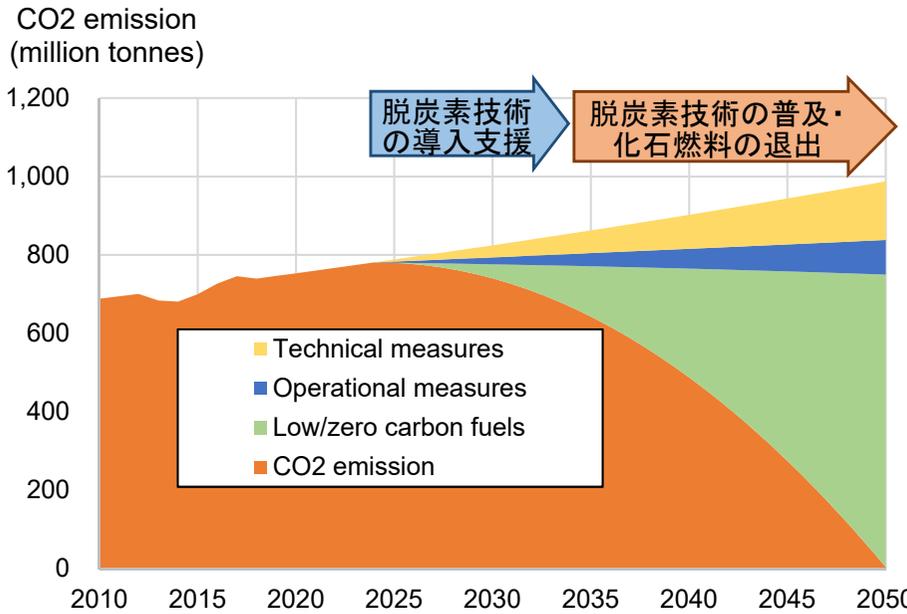
- 新造船のゼロエミ化を強制的に進めるだけでは、化石燃料船が一定程度残存するため、2050年のGHG排出量はゼロにならない(2018年比4～7割減程度)
- 2050年GHG排出ネットゼロを達成するためには、既存船の排出削減対策を確実に進めるための枠組みが必要。

1. 背景
2. ゼロエミッション燃料の動向
  1. GHG排出ネットゼロを達成するための将来予想
  2. 新燃料製造プロジェクト動向(船用向け)
  3. 日本政府の新燃料の供給関連工程表
3. ゼロエミッション船技術開発の動向
  1. 技術開発課題
  2. 技術開発動向
4. GHG削減シミュレーション
  1. シミュレーション上の計算条件
  2. シミュレーション結果
5. 制度面等の環境整備

# IMOにおける中長期対策の全体像

2050年ネットゼロ達成には、ゼロエミ燃料への確実かつ効果的な移行を実現する対策パッケージが必要。特に移行期における技術の確立状況と国際海運の持続可能な発展を考慮した対策を導入することが重要。

## GHG削減シナリオと中長期対策のイメージ



※グラフのCO2削減量はイメージ

中期 (脱炭素技術確立と導入支援)	長期 (脱炭素技術の普及・化石燃料の退出)
脱炭素技術が未確立の場合、早期の技術確立が必要。	
脱炭素技術は確立しているが高コストの場合、 <b>MBMを通じた、ゼロエミ化を率先して行うfirst moversへの支援(化石燃料船に比べて経済有利性を与えること)</b> が必要。(これによりゼロエミ技術・燃料の普及促進を加速)	<b>規制的手法</b> や高い炭素価格を伴う強力なカーボンプライシングなど、化石燃料の退出を促す対策が必要。

## • 総論的考え方

### 経済的手法(MBM)

- First moversを支援することにより、ゼロエミ技術・燃料の確立・普及を促進。
- 同時に、GHG排出に対する課金により、化石燃料船の代替を促進(ネガティブインセンティブを付与)。



### 規制的手法

- 規制的手法の導入により、化石燃料船からゼロエミ船へのトランジションを強制的に図る。
- 新造船に対する規制導入から開始し、後年には、既存船に対しても強制規制を導入することにより、国際海運のゼロエミ化を確実に実現。

# 経済的手法(MBM提案)に関する論点整理

現在のMBM提案	提案国	提案概要	論点① 価格の予見可能性	論点② 資金の使途
課金制度	マーシャル、ソロモン	CO2排出量当たり100ドル/トン <sup>1</sup> を課金(課金額は順次増額) 収入の半分以上を「緑の気候基金」に移管し、途上国の気候変動対策支援に活用。	制度上あらかじめ炭素価格が設定されているため、 <b>予見可能性が高い</b> 。	途上国支援に使われるため、 <b>first moversへの支援が行われない</b> 。
排出量取引制度(ETS)	ノルウェー	国際海運からの総GHG排出量に上限(キャップ)を設け、IMOが排出枠を有償で割り当て。各船はオークションを通じて排出枠を購入。 排出枠が足りない場合は、余剰枠を持つ船舶から不足分を購入。 収入を「緑の気候基金」に移管し、途上国の気候変動対策支援に活用。	炭素価格(排出枠の価格)は市場での取引により決定されるため、 <b>ボラティリティが高い</b> 。	途上国支援に使われるため、 <b>first moversへの支援が行われない</b> 。

## 留意点①ノルウェーの主張

- 課金制度では**排出削減効果が不明瞭**
- 課金制度は自国の**課税主権の考えに抵触**するため受け入れ難い

## 留意点②EUの動き

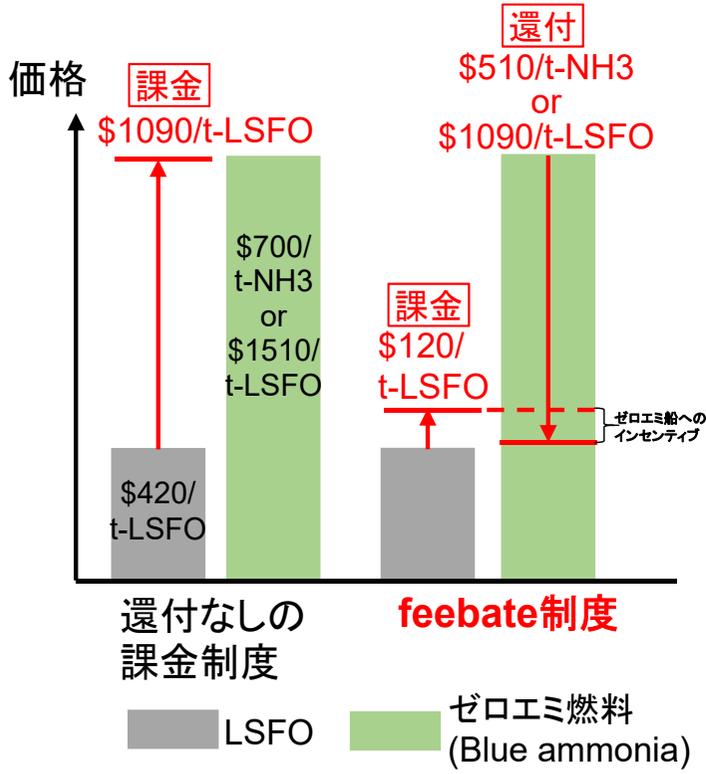
- EU-ETSをEU域内に寄港する国際海運に適用する法案を検討中

## 日本からの経済的手法(MBM)の提案における基本方針

1. **制度上あらかじめ炭素価格を設定し、予見可能性を高める。**
2. **収入の使途は、まずはfirst moversへの支援に充てる。**(なお、途上国支援の必要性を完全に排除するものではない)

# 我が国が提案するMBM ①Febbate制度

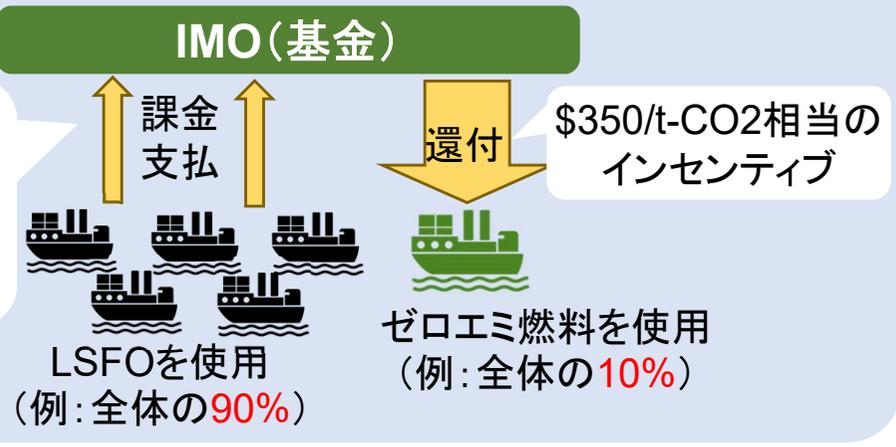
我が国が提案するMBMとして、化石燃料への課金(fee)と、ゼロエミ燃料への還付(rebate)を組み合わせた、**課金・還付(febbate)制度を提案**。還付なしの課金制度と比べて、課金額を低く設定しつつ、ゼロエミ船へのインセンティブを付与できる。



## Febbate制度のイメージ

低硫黄燃料(LSFO)とゼロエミ燃料の価格差が\$1090/t-LSFO(\$350/t-CO2)の場合、\$120/t-LSFO(\$38/t-CO2)の課金で燃料価格差以上のインセンティブ付与が可能。(\$1090/t-LSFOをそのまま課金した場合、過大な負担が発生)

右記のインセンティブ付与には  
 $\$350/tCO2 \times 10/90 = \$38/tCO2$ の課金が必要



## 課金・還付の対象燃料

課金対象燃料	還付対象燃料
化石燃料	船上のCO2排出量がゼロの燃料 ex) 水素、アンモニア

## 課金・還付額の設定方法

還付額は**ゼロエミ燃料に対して十分なインセンティブが確保されるレベル**に設定(2つの方法を提案)。

オプション①  
 従来燃料との**価格差のみ**を考慮して設定

オプション②  
 従来燃料との**価格差+α**を考慮して設定

注: カーボンオフセットクレジットの活用をどのように制度上盛り込むのかは引き続き検討が必要。

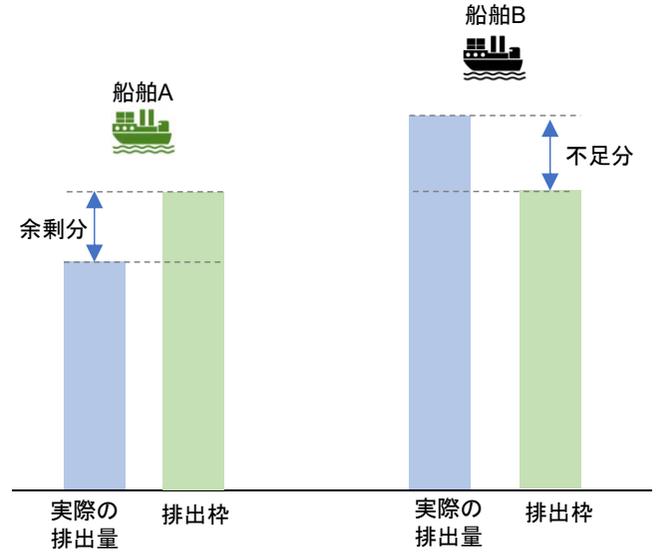
# 我が国が提案するMBM ②排出枠の固定額での有償割当制度

feebate制度では、達成できる排出削減量が確定的ではないという、課金型制度の課題を払しょくすることができない。

したがって、各船舶に排出枠を割当てる個船キャップの設定により削減目標とリンクさせるコンセプトを検討。排出枠は、ベンチマーク(トンマイルあたりのGHG排出量)と輸送活動量の実績値に基づき割り当て、その割当価格はIMOがあらかじめ設定(固定)する(価格設定の考え方はfeebateと基本的に同じ)。

**各船舶の排出枠(キャップ)  
=ベンチマーク×輸送活動量**

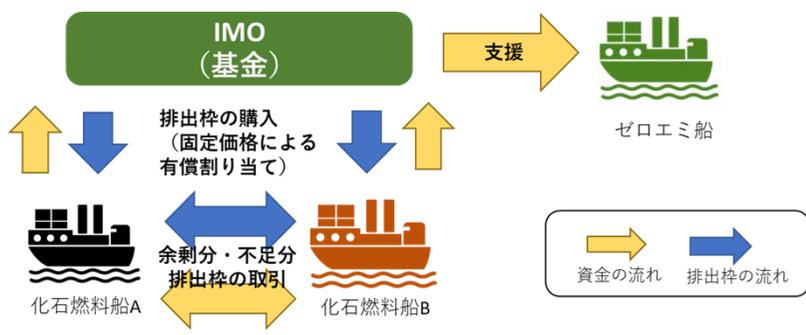
※ベンチマーク(トンマイルあたりのGHG排出量)は船種・サイズごとに設定



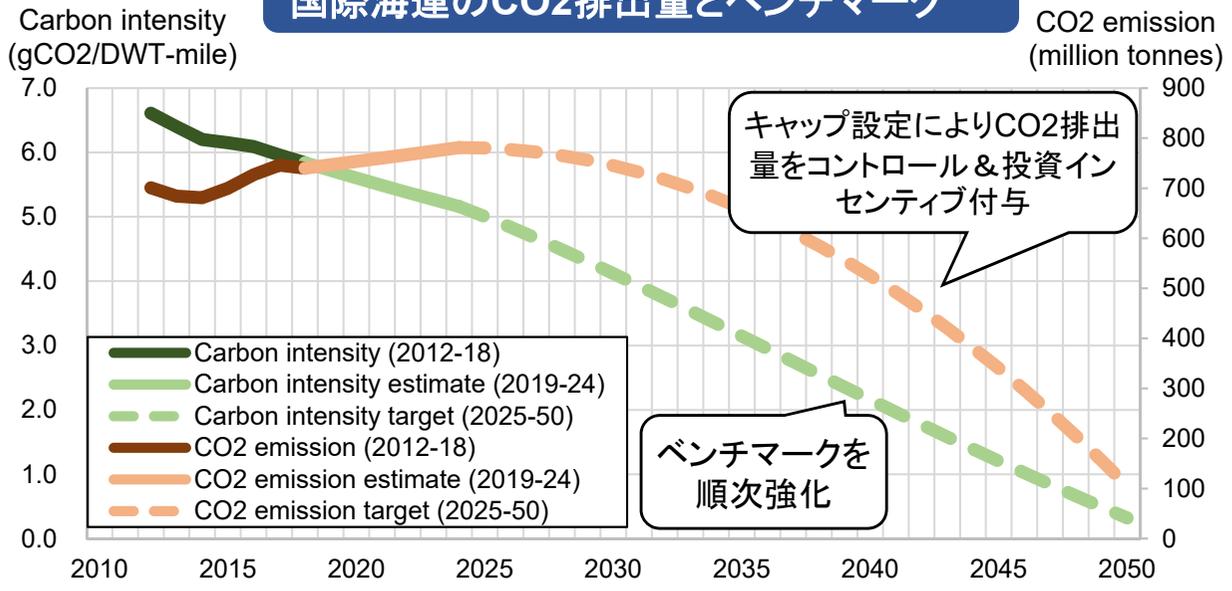
ベンチマークに比べて性能(トンマイルあたりのCO2排出量)が良い船は排出枠が余り、他船に売却可能

ベンチマークに比べて性能(トンマイルあたりのCO2排出量)が悪い船は排出枠が不足し、他船から枠を購入

## 制度のイメージ



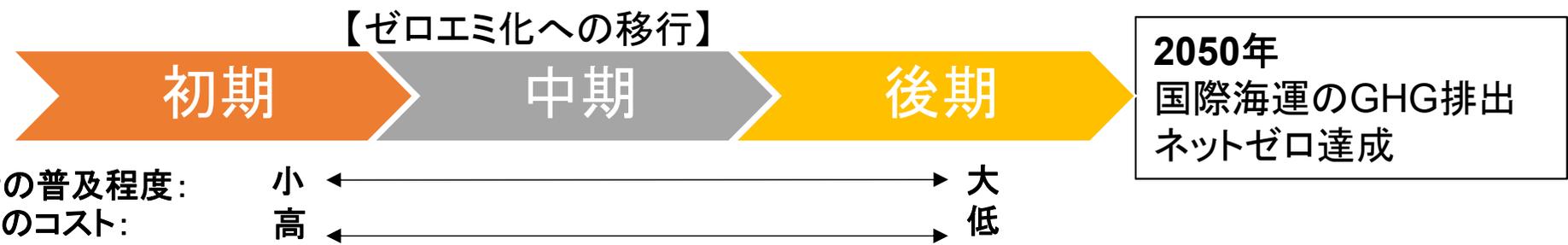
## 国際海運のCO2排出量とベンチマーク



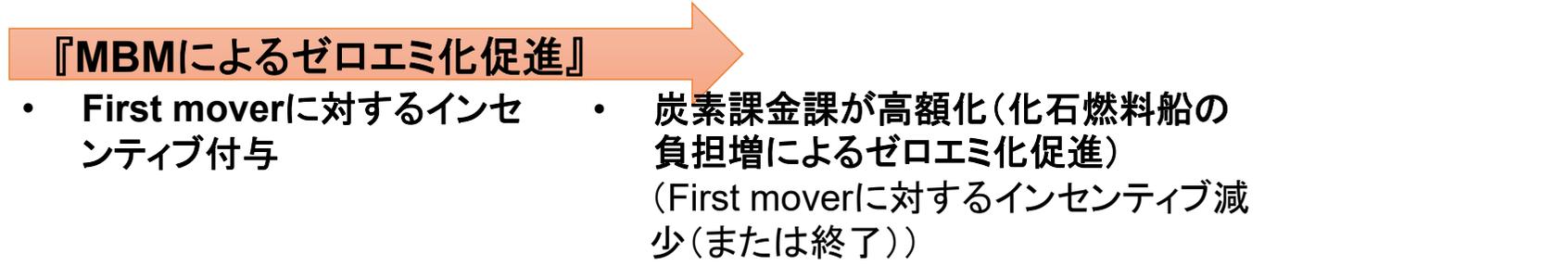
※ベンチマークを徐々に強化することによって、着実な排出削減に誘導

# 中長期対策における規制的手法のあり方

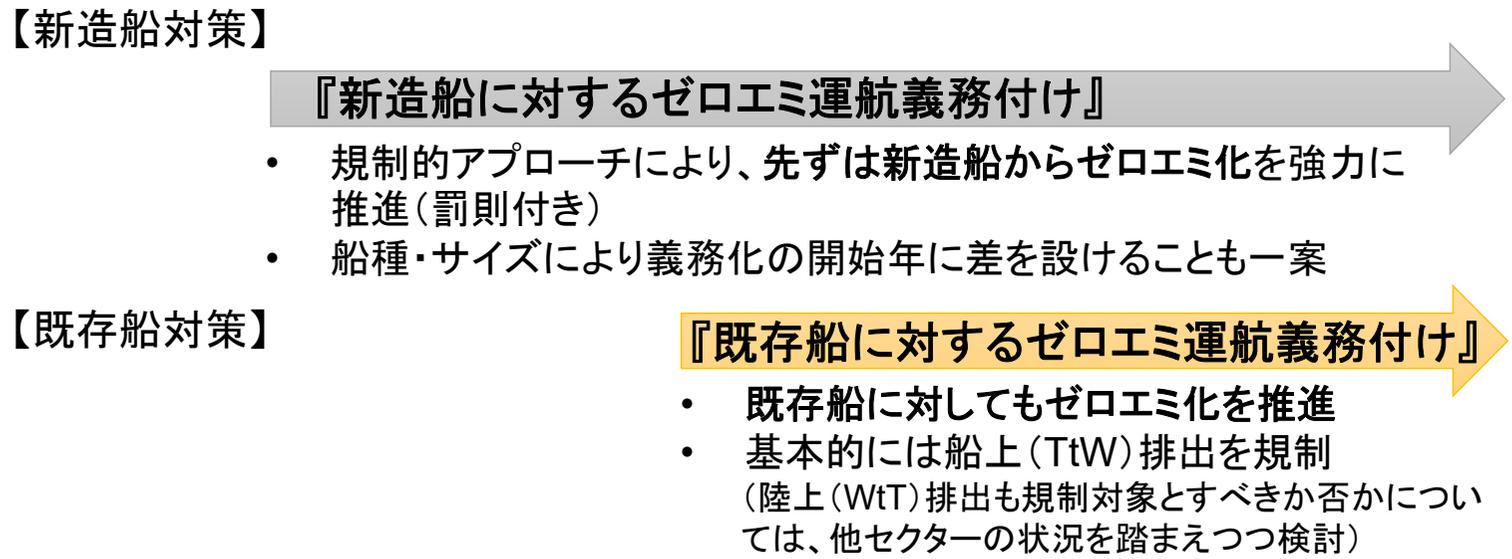
国際海運のGHG排出ネットゼロを達成するためには、ゼロエミ技術・燃料が一定程度普及した段階で、規制的手法の導入により、化石燃料船からゼロエミ船へのトランジションを強制的に図る必要。



## 経済的手法 (※Feebate制度等)



## 規制的手法



# 船舶燃料に関するLCA(Life Cycle Assessment)ガイドライン

これからのGHG削減対策は、船舶の燃料転換(化石燃料から脱炭素燃料へ)を前提とするため、以下を含む船舶燃料のLCAガイドラインが必要

- 燃料の多様化に対する船上燃焼時のGHG排出量を計算する手法
- 燃料のサプライチェーンの段階を含めGHG排出量のモニタリング(LCA)を行う手法

## 背景

- 現状のMARPOL条約附属書VIにおいては、代替燃料の船上燃焼時におけるGHG発生量を計算する手法が無い。
- また、このような代替燃料を使用した場合、当該燃料の生産から消費までの過程で、化石燃料よりもGHG発生量が増加しないよう、同過程のGHG排出量のモニタリング手法の確立が必要。

## IMOの審議状況

- 日本が主導して、オーストラリア・ノルウェー・欧州委員会(EC)と作成したLCAガイドライン案をベースに、今後更に各国と策定作業を進める。
- 日本等が作成したLCAガイドライン案のポイントは次頁の通り。

# 日本・オーストラリア・ノルウェー・EC等提案:LCAガイドライン

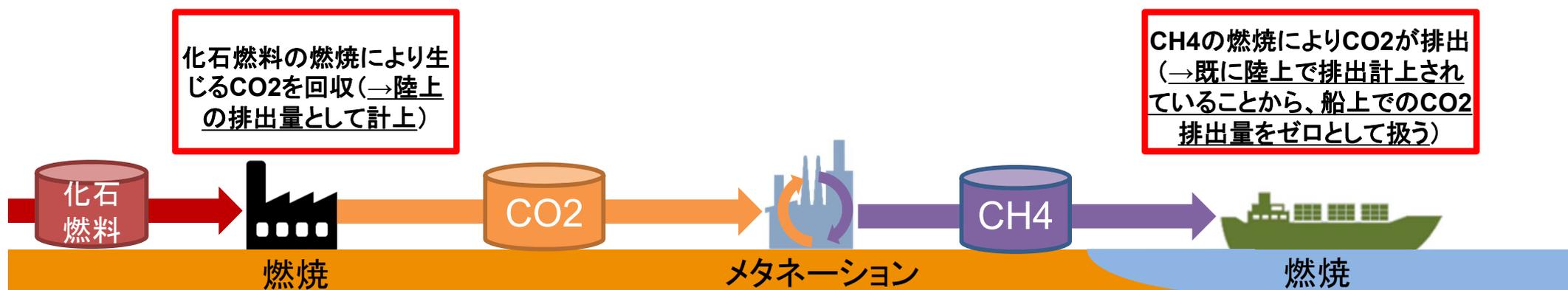
## ポイント

- ① 燃料の製造から船舶への供給までに生じる陸上排出と、船上排出に分割して計算する。
- ② GHG排出量の評価は、IPCCガイドライン(※1)との整合性を保つ。  
例えば回収されたCO<sub>2</sub>を原料として製造されるカーボンリサイクル燃料については、回収したCO<sub>2</sub>は陸上の排出量として計上され、船上でのCO<sub>2</sub>排出量はゼロとして扱う。
- ③ 燃料毎のサプライチェーンにおけるGHG排出量の詳細な計算手法に加えて、燃料毎に簡易的に計算可能なデフォルト値(※2)も定める。
- ④ 持続可能な船舶燃料を定義する。
- ⑤ 上記の計算結果の認証手法を定める。

※1 「気候変動に関する政府間パネル国別温室効果ガス排出インベントリガイドライン」:陸上におけるGHG排出量の算定方法をまとめたもの。各国はIPCCガイドラインを基に、国内のGHG排出量を算定。

※2 陸上排出については、いまだデータが不足しており、デフォルト値を定めるには相当の時間を要す。

## ポイント②のイメージ



# 国際海運の2050年カーボンニュートラル達成に向けて

- 国際海運のゼロエミッションに向けた今後の動向は、燃料供給サイド、技術開発課題、コスト等の不確定要素があり、断定的な将来予測を行うことは困難。今後も継続的に動向の把握に努める。
- 本報告は、現時点で入手可能な情報に基づいており、2050年までに国際海運からのGHG排出ネットゼロを達成するために導入すべきGHG削減対策の分析・検討を踏まえ、必要となるゼロエミッション船技術開発及び制度面の環境整備等の内容・時期を提示した。
- 2050年のGHG排出ネットゼロの達成に向けて、引き続きゼロエミッション燃料の供給見通し及びゼロエミッション船の開発動向等に関する情報の把握・整理を随時行い、以下についてさらなる検討を進めていく必要がある。
  - ゼロエミッション燃料の船舶分野への供給及び価格の見通し
  - ゼロエミッション船の早期導入に向けた技術開発課題及び成熟度の整理
  - IMOにおける議論の進捗を踏まえた中長期対策の在り方

# 參考資料

---

## 【条件1】解撤率に関する仮定

新造船の投入と老齢船の退出のスピード、つまり代替建造のスピード(解撤率)については、**平均船齢(20年~33年)も考慮して、現実的な数値を仮定してシミュレーション** (以下)。

- ✓ **3%** (タンカー、コンテナ船及び自動車運搬船) 又は**4%** (ばら積貨物船)

ばら積貨物船、タンカー、コンテナ船の解撤率(%)の推移 (2008~2020) ※

	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ばら積貨物船	1.3	3.3	0.9	3.9	<b>4.6</b>	2.4	1.6	3.2	3.4	1.2	0.5	0.9	1.5
タンカー	1.3	2.3	3.2	1.7	2.8	1.9	1.2	0.5	0.3	1.7	<b>3.3</b>	0.6	0.3
コンテナ船	1.0	2.3	0.7	0.5	2.2	2.6	2.1	0.8	<b>3.2</b>	2.1	0.4	1.0	0.9
全船種	1.3	2.7	2.0	2.5	<b>3.3</b>	2.3	1.6	1.8	2.2	1.5	1.5	0.9	1.1

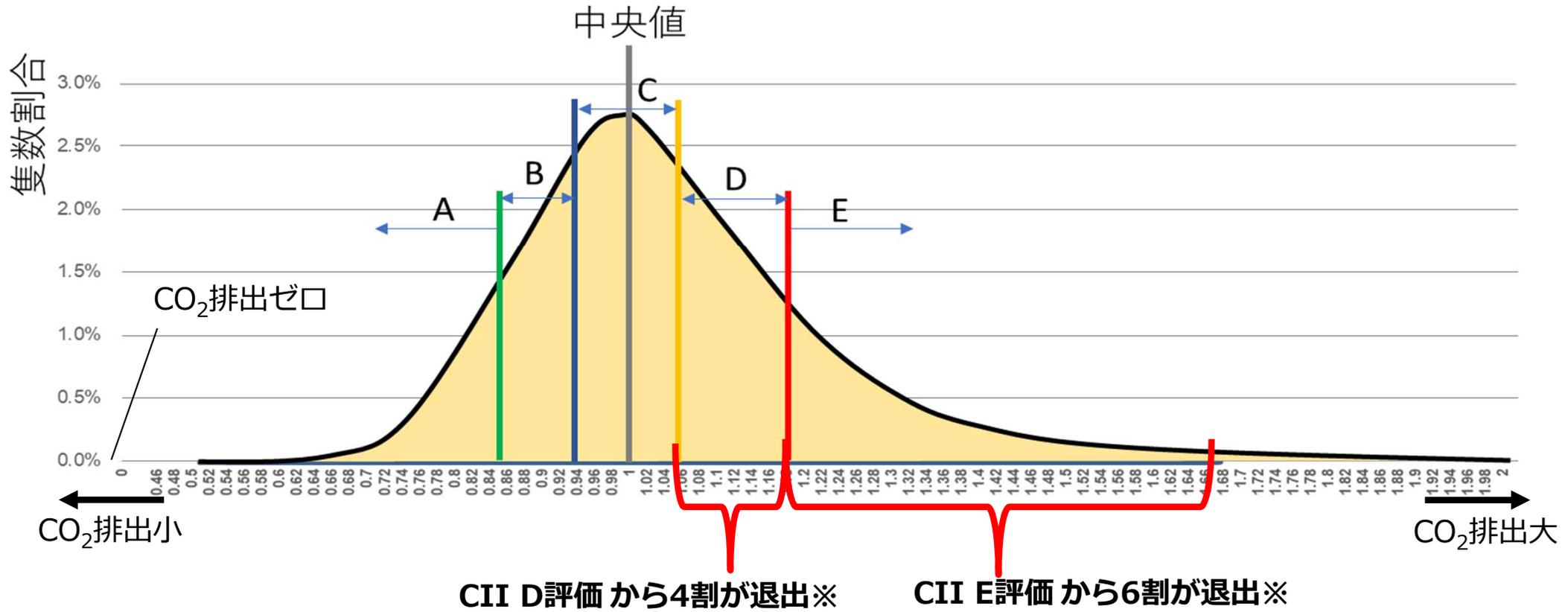
赤字は、2008~2020年間の過去最大の年間解撤率

※IHS Markitの船舶データをもとに事務局で計算

※自動車運搬船の解撤率については、全船種の解撤率をもとに設定

# 【条件2】老齢船の退出に関する仮定

- 解撤される船舶の内訳として、2018年の現存船については、世界のフリートのAER(トンマイルあたりCO<sub>2</sub>排出量)分布の中からCIIのD評価船から4割、E評価船から6割が退出すると仮定。(環境性能の低い船=老齢船とする仮定、下図参照。)
- 2019年以降の建造船については、2018年の現存船が全船解撤された後に解撤が始まることとし、性能・船齢に関わらず、その時点での就航船の全AER値において、全頁記載の解撤率の隻数だけ等しく解撤されることとする。

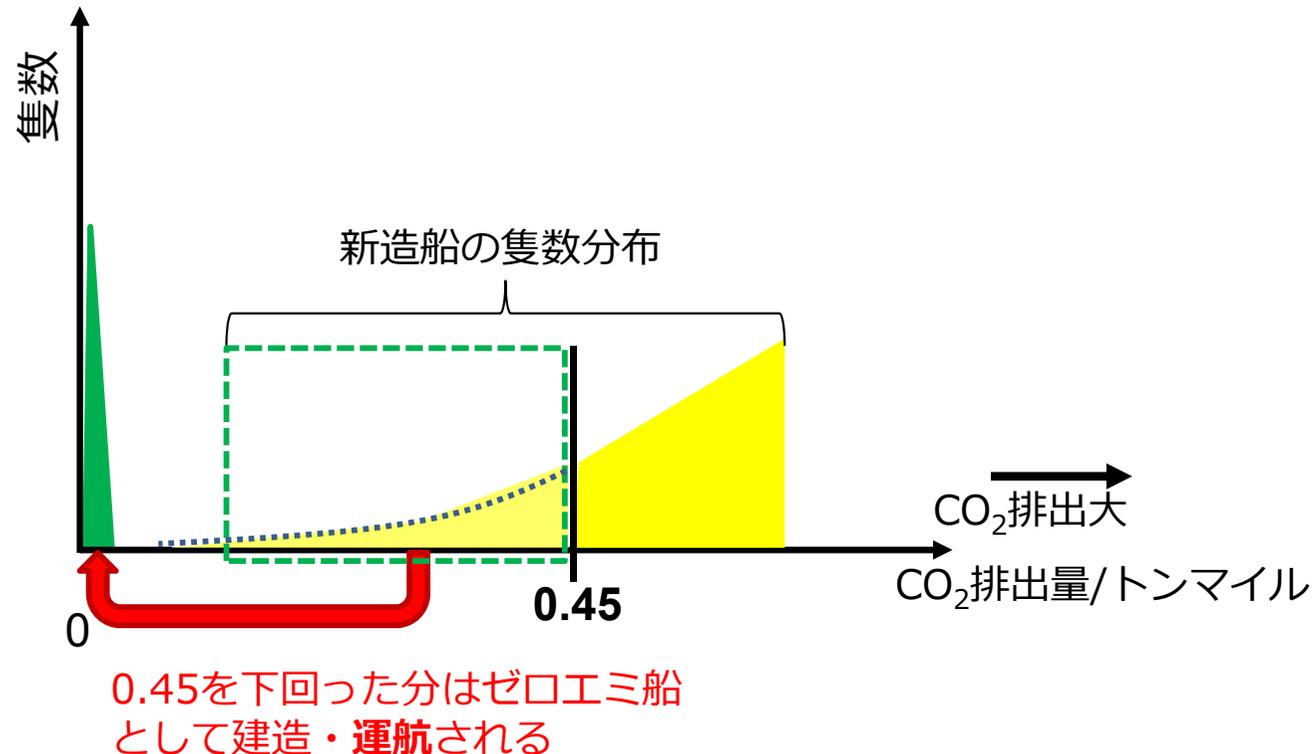


※DWTに対して、毎年同じ隻数割合だけ退出

注：ここでいうCIIは、フリートの中でのトンマイルあたりCO<sub>2</sub>排出量 (AER)の分布を議論するために便宜上用いるものであり、如何なる制度・規制も意味しない。

## 【条件3】新造船の性能分布に関する仮定

- 毎年投入される新造船のAERの隻数分布は、3.3%ずつ改善するものとし、分布の形状は、2018年のA評価船の形状と相似形とする（新造量は、毎年の解撤量+輸送量増加に伴う増加船腹分）。
- 化石燃料船によるAERの下限は、技術上0.45前後と思われる→0.45を下限と仮定。
- フリート全体のAER分布の左方向シフトに伴い、**新造船のAERが0.45を下回る場合も生じる。下回った分はゼロエミ船として建造・運航されるものと仮定。**
- 新造船が全船ゼロエミ船となる年について、2030年、2033年、2037年の3種類を設定。
- なお、ゼロエミ船の建造プロジェクトの動向を踏まえ、**ゼロエミ船は2028年以降投入されると仮定。**



# 【条件4】パイロット燃料の割合、メタンスリップの量、N2O排出量について仮定

- 本シミュレーションでは、水素・アンモニア・メタンを燃料とした場合のパイロット燃料（燃料がアンモニア及びメタンの場合）の割合、メタンスリップの量（燃料がメタンの場合）及びN2O排出量について、以下の表のとおり仮定を置くこととした。
- 具体的には、海上技術安全研究所の知見により2030年、2040年及び2050年における各値について設定し、間の年については線形補完を行うことにより値を算出。
- なお、ゼロエミッション船の燃料割合については、**2050年においてアンモニア燃料船が55%、水素燃料船が44%**。また、化石燃料船の新造船に占めるLNG燃料船の隻数割合については、2040年に85%となるように設定（2019年から割合は線形に増加。IMOの第4次GHG Studyに基づく）。

パイロット燃料に関する仮定

	LNG・メタン	水素	アンモニア
2030	5%	0%	5%
2040	3%	0%	3%
2050	0%	0%	0%

メタンスリップの量に関する仮定

2030	0.004 g/g-fuel (16 g-CO2/kWh)
2040	0.002 g/g-fuel (8 g-CO2/kWh)
2050	0.0006 g/g-fuel (2.4 g-CO2/kWh)

N2O排出量に関する仮定

2030	0.0005 g/g-fuel (50 g-CO2/kWh)
2040	0.00025 g/g-fuel (25 g-CO2/kWh)
2050	0.000025 g/g-fuel (2.5 g-CO2/kWh)

# 【追加要素】現存船の性能改善有無

- 本シミュレーションでは、シナリオ2, 3, 5では、2030年以降に現存する化石燃料船が性能改善を行う。
- 具体的には、前年にCII基準線(CIIのC評価相当)を上回るCO<sub>2</sub>排出を行った船舶は、レトロフィットやドロップイン燃料の活用等により翌年に当該基準線までCII (AER) の改善を行うものと仮定。

