

国際海運 GHG ゼロエミッションプロジェクト

国際海運 GHG ゼロエミッションと
海事産業競争力に関する検討ワーキンググループ
2022 年度報告書

目次

第1章	検討体制
	1-1 「国際海運 GHG ゼロエミッションと海事産業競争力に関する検討ワーキンググループ」の設置
	1-2 会議の開催状況等
第2章	国際海運のカーボンニュートラル化に向けた動向
	2-1 IMO 等における規制等の動向
	2-2 関連業界の動向
第3章	海事産業の競争力強化に関する課題と対応の方向性（一部非公表）
	3-1 海事産業の競争力強化に関するヒアリングの実施
	3-2 課題と対応の方向性

第1章 検討体制

1-1 「国際海運 GHG ゼロエミッションと海事産業競争力に関する検討ワーキンググループ」の設置

1-1-1 背景

国際海運の2050年GHGネットゼロを実現するため、IMOにおいて、経済的手法と規制的手法で構成される中期対策の検討が行われている。経済的手法であっても規制的手法であっても、これらの規制が導入された際には、海事産業に与える影響は極めて大きくなると想定される。このため、海事産業に起こり得る変革を見極めつつ、2050年GHGネットゼロの実現を日本海事産業の競争力強化につなげる戦略の検討が必要となっている。

また、MEPC80（2023年7月予定）において、IMO GHG削減戦略の改定が予定されている。この戦略改定にあわせて、2020年に本プロジェクトで作成されたロードマップの見直しが必要であると考えられ、2050年ネットゼロの実現を海事産業の競争力につなげる方策をロードマップとして示していくことも重要となっている。

このため、国際海運GHGゼロエミッションプロジェクト（以下「ゼロエミPT」）の下に、「国際海運GHGゼロエミッションと海事産業競争力に関する検討ワーキンググループ」（以下「WG」）を設置し、検討を進めることとされた。

1-1-2 WGのメンバー

新たに設置されたWGのメンバー構成は、以下のとおり。

PM	坂下 広朗	一般財団法人 日本海事協会 会長
委員	稗方 和夫	東京大学 大学院 新領域創成科学研究科 教授
委員	平田 宏一	国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所 GHG削減プロジェクトチーム チーム長
委員	池田 真吾	川崎汽船株式会社 GHG削減戦略グループ グループ長
委員	米原 章浩	株式会社商船三井 環境・サステナビリティ戦略部 環境戦略チーム チームエキスパート
委員	高橋 正裕	日本郵船株式会社 執行役員（担当：環境グループ・技術本部統轄グループ）
委員	赤松 健雄	伊藤忠商事株式会社 機械カンパニー プラント・船舶・航空機部門 グリーン・イノベーション室長
委員	日高 豊	佐伯重工業株式会社 取締役 設計部部長 装置開発事業部 部長
委員	橘 洋一	ジャパンマリンユナイテッド 設計本部
委員	加藤 雅之	三菱造船（株） マリンエンジニアリングセンター 環境技術部プロジェクトチーム 主任
委員	咲本 裕介	株式会社三井E&S マシナリー 執行役員 ディーゼル事業部長
委員	清河 勝美	ヤンマーパワーテクノロジー(株) 特機事業部 システムエンジニアリング部

1-2 会議の開催状況等

2022年度においては、将来的なゼロエミッションを目指す上で日本海事産業が直面する課題、必要な対応等について検討を行い、その検討結果を踏まえ、2023年度におけるロードマップの見直しを行う方針とする。

2022年度における会議の開催状況は、下表のとおり。

2022年11月	第1回ゼロエミ PT ・国際海運 GHG ゼロエミッションと海事産業競争力に関する検討ワーキンググループの設置について
2022年11月17日	第1回 WG ・「国際海運 GHG ゼロエミッションと海事産業競争力に関する検討ワーキンググループ」の設置について ・IMO 等における国際海運のゼロエミッション化に向けた規制等の動向 ・国際海運のカーボンニュートラルに関する動向等 ・国際海運のカーボンニュートラルの影響、海事産業の競争力に関する論点
2022年12月下旬～ 2023年3月上旬	第1回 WGの結果を踏まえ、関連事業者へのヒアリングを実施
2023年3月16日	第2回 WG ・海外における国際海運カーボンニュートラルに関する動向 ・国際海運カーボンニュートラルと海事産業の競争力に関するヒアリング結果と今後の対応の方向性

第 2 章 国際海運の 2050 年カーボンニュートラルに 関する動向

2-1 IMO 等における規制等の動向

国際海事機関（IMO）では、2018 年 4 月に、IMO GHG 削減戦略が採択され、「2050 年に 2008 年比で GHG 排出 50%削減、今世紀中のできるだけ早期に排出ゼロ」が国際海運の GHG 排出削減目標とされている。

MEPC80（2023 年 7 月開催）においては、IMO GHG 削減戦略が改定予定とされており、「2050 年 GHG 排出ゼロ」を新たな目標とするべく議論が行われている。また、この目標達成に向けた中期対策については、規制的手法および経済的手法の 2 つを柱として、早期導入に向けた議論が行われている。

そのほか、EU や米国では、国際海運の GHG 排出削減に向けた規制導入の動きがあり、海事関係事業者はその対応が求められている。

2050 年カーボンニュートラルに向けた海事産業の競争力強化に関する検討を行う上で必要な規制等の動向について、【別添 1】のとおりまとめている。

（※別添 1 については、WG で使用した説明資料から、可能な範囲で時点修正を行っている。）

2-2 関連業界の動向

2050 年カーボンニュートラルに向けて、海事産業は、現在使用されている重油から、アンモニア、水素、合成燃料、バイオ燃料といった新燃料への転換が不可欠な時期を迎えている。

目標実現においては、ゼロエミッション船の技術開発、新燃料のサプライチェーンの確保、コストの増加、新たな規制への対応等の多くの課題があるが、その動向はまだ不透明となっている。海事産業の各ステークホルダーにおいては、様々な影響が想定されるものの、将来に向けた具体的な対応の判断が難しい状況にある。

その中で、欧州を中心に、現時点で建造可能なメタノール燃料船の発注が増加傾向にあり、我が国海事産業も今後の対応が求められている。

こうした海事産業をとりまく環境の変化については、常に把握していく必要があり、現時点の動向について【別添 2】のとおりまとめている。

（※別添 2 については、WG で使用した説明資料から、可能な範囲で時点修正を行っている。）

第3章 海事産業の競争力強化に関する課題と対応の 方向性

3-1 海事産業の競争力強化に関するヒアリングの実施

第1回WG（2022年11月開催）における議論において、整理すべき論点の洗い出しを行った。その結果を踏まえ、関連事業者に対して以下のとおりヒアリングを実施したところ、そのヒアリング結果の詳細は【別添3】（非公表）のとおりであった。

ヒアリング実施期間：2022年12月下旬から2023年3月上旬

ヒアリング協力事業者：造船関係 8社

船用機器関係 6社

海運関係 4社

金融関係 4社

3-2 課題と対応の方向性

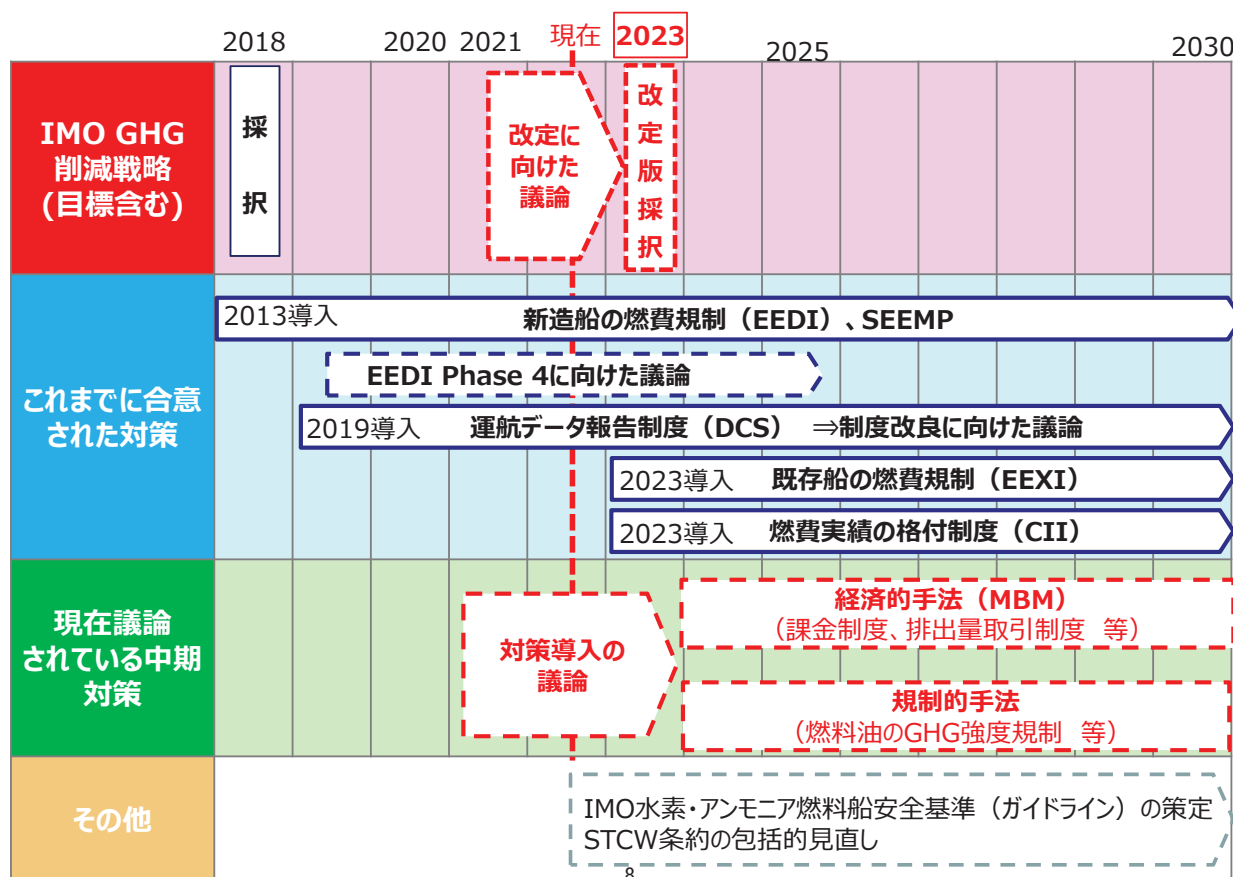
関係事業者へのヒアリング結果を踏まえ、①船舶設計・建造、②船用機器関連技術、③船舶の所有・運航、④一部燃料のガステストの実施、の4つの観点から【別添4】（非公表）、【別添5（別添4の簡略版）】のとおり課題と対応の方向性をとりまとめた。

このとりまとめは、ヒアリング結果から得られた内容であり、2050年カーボンニュートラルの実現に関する全ての課題を把握したものではないため、引き続きヒアリングの実施が必要である。

また、対応の方向性については、具体的な取組に繋げていく必要があるため、引き続き関係者からの意見を聴取しながら検討を進める必要がある。

IMO等における国際海運の ゼロエミッション化に向けた規制等の動向

IMOにおける気候変動対策の流れ



【現在の議論の状況】

- 日本を含む先進国・島嶼国は、**ライフサイクル全体（燃料の製造・輸送から船上での燃焼まで）のGHG排出量について、2050年までにゼロを目指す**とすべきという考え。
- 2030年/40年の削減率については、先進国間でも考え方が異なる（米・英等は極めて野心的な目標を主張。日本は達成可能性を重視。）
- ゼロエミッション燃料（グリーンメタノール・グリーンアンモニア等）の使用割合目標（2030年に5%）**も多くの国が支持。
- 一方、一部の開発途上国（ブラジル、中国、インド等）は、**現行の目標の維持**を主張。

提案国	2030年	2040年	2050年
米国、カナダ、英国	<ul style="list-style-type: none"> ライフサイクルGHG排出量 37%削減 ライフサイクルGHG強度 65%削減 ゼロエミッション船の割合 5% 	<ul style="list-style-type: none"> ライフサイクルGHG排出量 96%削減 ライフサイクルGHG強度 98%削減 ゼロエミッション船の割合 XX% 	<ul style="list-style-type: none"> ライフサイクルGHGゼロ排出
島嶼国（フィジー、マーシャル、ソロモン、バヌアツ）	<ul style="list-style-type: none"> ライフサイクルGHG排出量 37%削減 ゼロエミ燃料割合 10% 	<ul style="list-style-type: none"> ライフサイクルGHG排出量 96%削減 ゼロエミ燃料割合 75% 	<ul style="list-style-type: none"> ライフサイクルGHGゼロ排出 ゼロエミ燃料割合 90%
EU	<ul style="list-style-type: none"> ゼロエミ燃料割合5%に前向きな立場 	<ul style="list-style-type: none"> 総量削減目標の設定（数字は未提示） 	<ul style="list-style-type: none"> ライフサイクルGHGゼロ排出（Phase out）
韓国	<ul style="list-style-type: none"> 現行目標を維持すべき（ゼロエミ燃料5%目標は支持する立場） 	<ul style="list-style-type: none"> 今次改定で設定するのは時期尚早（次回の改定で設定する事を明記） 	<ul style="list-style-type: none"> ライフサイクルGHGネットゼロ
日本	<ul style="list-style-type: none"> 現行目標を維持・ゼロエミ燃料5%目標は支持する立場 	<ul style="list-style-type: none"> 船上CO2排出量 50%削減 	<ul style="list-style-type: none"> ライフサイクルGHGゼロ排出を目指すべきとする立場
インド	<ul style="list-style-type: none"> ゼロエミ燃料割合5% 	<ul style="list-style-type: none"> 現行目標にないので不要 	<ul style="list-style-type: none"> 現行目標を維持すべき
アルゼンチン、ブラジル、中国、インド、南ア、UAE他	<ul style="list-style-type: none"> 現行目標を維持すべき 	<ul style="list-style-type: none"> 現行目標にないので不要 	<ul style="list-style-type: none"> 現行目標を維持すべき
現行目標	<ul style="list-style-type: none"> 船上炭素強度 40%削減 	-	<ul style="list-style-type: none"> 船上GHG排出 50%削減（今世紀中の早期にゼロ排出（Phase out）） 船上炭素強度 70%削減

※GHG(炭素)強度とは、トンマイル当たりのGHG(CO2)排出量を指す。

中期対策について

- ISWG-GHG13（第13回GHG中間作業部会。2022年12月5日～9日開催）において、各国から提案された以下の技術的手法案と経済的手法案について議論。

制度の分類、制度名		提案国	概要
技術的手法	燃料油規制 (GFS)	EU各国、ノルウェー、EC	<ul style="list-style-type: none"> 燃料のGHG排出強度 (gCO2/MJ)を規制。 燃料ライフサイクル (WtW)のGHG排出量が対象。規制値を段階的に強化（新たな削減目標と整合させる）。
	経済的手法	課金	
Feebate		日本	<ul style="list-style-type: none"> ゼロエミ船の導入促進 (first movers支援) のための課金・還付制度（船舶からのGHG排出量に応じて課金し、還付対象燃料を使用する船舶に還付）。
単純課金		マーシャル・ソロモン	<ul style="list-style-type: none"> CO2一トン当たり100ドルを課金。（課金額は順次増額）。収益の半分以上は途上国へ。
IMSF&R		アルゼンチン、ブラジル、中国、南ア、UAE	<ul style="list-style-type: none"> CIIを基準にした課金・還付（格付けD・E船から徴収し、A・B船に還付。途上国航路への配慮あり。） 収益は途上国支援、格付けの良い船舶への報償等。
F&R	ICS	<ul style="list-style-type: none"> 船舶からのCO2排出量に応じて課金し、還付対象燃料を使用する船舶に還付。 収益は還付、途上国支援、研究開発に活用。 	
排出割当	Cap&Trade	ノルウェー	<ul style="list-style-type: none"> 国際海運からの総GHG排出量に上限 (キャップ)を設け、オークションを通じて各船舶に排出枠を割り当て。排出枠は船舶間でも取引。 収益は途上国支援に活用

中期対策の提案に対する各国の意見

燃料規制（GFS）

- 多くの先進国（欧州・米国・カナダ・ノルウェー）及び海運業界団体（ICS・WSC）は導入を支持。
- 島しょ国は、**経済的手法とセット**であるべきと主張。
- 主要な途上国（中国、アルゼンチン、ブラジル、UAE、インド、ロシア等）は、**燃料のライフサイクル全体の排出量を規制**することや、**基準適合燃料の入手可能性・価格見通しの不透明さ**に関する懸念を表明。

経済的手法

◆ 日本提案に対する意見

- 課金の収益をゼロエミ燃料に還付するという考え方（＝first movers支援）について、引き続き検討を深める価値があると多くの国が発言。
- 同時に、燃料のライフサイクル全体の排出量を基にした制度に改良すべき、途上国支援の考え方をより明確にすべきとの意見あり。

◆ 中国等提案（IMFS&R）に対する意見

- 多くの途上国が導入を支持。
- 一方で、CIIに基づく制度であることに、欧州・米国をはじめ多くの国が反対（燃料転換を促す効果が低い、燃料のライフサイクル全体の排出量を基にした制度とすべき、CO2以外のGHGも対象とすべき、経済的手法の指標にCIIを使うのは不適切、途上国航路への配慮による市場歪曲など）

◆ ノルウェー提案（Cap & Trade）に対する意見

- 多くの国（欧州、英国、途上国等）が制度の複雑さを指摘。
- 加えて、途上国を中心に、排出権価格のボラティリティや、海運活動が制約される恐れを指摘。

IMOにおける今後の議論

- 中期対策の全体像（Basket of measures）として、経済的手法と技術的手法の提案をセットで今後さらに具体化していくことで合意されている。
- 経済的手法は、収入の使途（First Movers支援や途上国支援）、規模、徴収方法等の枠組みなどについて議論がなされると想定される。
- 技術的手法は、提案されているのはGFSのみであり、MEPC80以降、基準値などの制度の枠組みの議論が本格化すると考えられる。
- 日本は、経済的手法と技術的手法の両方の合意を目指す。

経済的手法

ゼロエミッション船への移行を**経済的に誘導**



規制的手法

ゼロエミッション船への移行を**強制的に推進**

両手法の組み合わせ

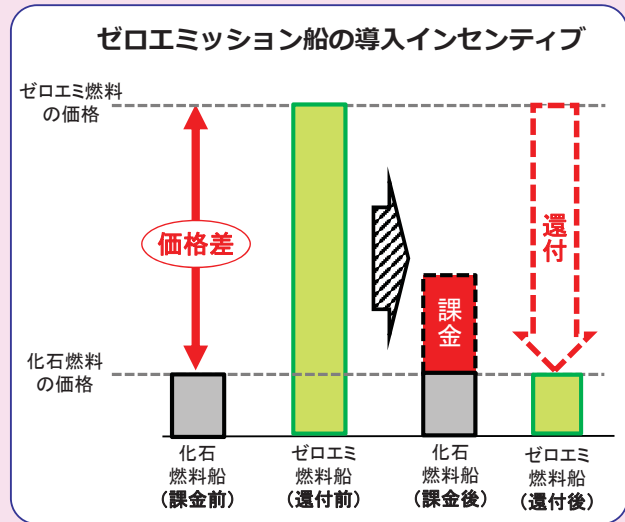
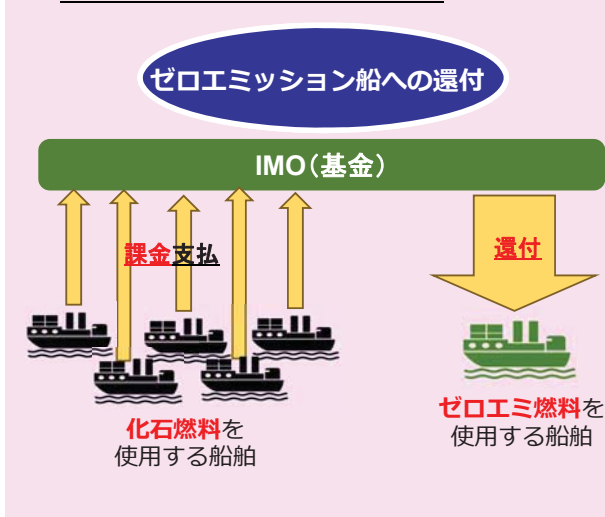
国際海運2050年カーボンニュートラルを実現

経済的手法(日本提案(Feebate))

◆ 制度案の概要

- **化石燃料への課金 (fee) と、ゼロエミッション船への還付 (rebate) を組み合わせた、課金・還付 (feebate) 制度**を提案。
- **化石燃料とゼロエミッション燃料の価格差を埋める**ことを主目的とした課金制度であり、ゼロエミッション燃料に還付を行うことで、**ゼロエミッション船の導入インセンティブ**を付与し、初期導入を促進する (**First Movers支援**)。

◆ Feebate制度のイメージ



燃料規制(GFS)の概要

◆ 制度概要

- 一定の大きさ以上 (例: 400GT/5,000GT) の全ての船舶が対象
- 使用した燃料の**年間GHG排出強度 (gCO₂eq/MJ) を規制**
- **燃料のライフサイクル全体のGHG排出量を規制**
- 規制値は改定するGHG削減戦略が掲げる目標に従う

Table 1: Illustrative example of GHG intensity pathways (fuel GHG intensity relative to 2008)

	High ambition	Current minimum ambition of the Initial IMO Strategy
2020	Current value	Current value
2025	95%	95%
2030	85%	85%
2035	70%	75%
2040	50%	65%
2045	20%	50%
2050	0%*	35%**

基準への適合方法 (イメージ)

パターン①

- ✓ 基準適合燃料を使う。
- ✓ **GHG排出強度は年間で算定**するため、『重油+バイオ燃料』や『LNG+アンモニア』など、燃料を併用して基準を達成することも可能。

パターン②

- ✓ GHG排出強度が基準値を上回る場合、基準未達成分の排出枠を、**基準を超過達成し余剰排出枠を持っている船舶から取得**することで基準達成が可能。

パターン③

- ✓ GHG排出強度が基準値を上回る場合、**基準未達成分の排出量に対して、拠出金を支払う**ことで基準適合となる。

※パターン②・③は柔軟性メカニズムと呼ばれている。米国は柔軟性メカニズムの採用には反対している。

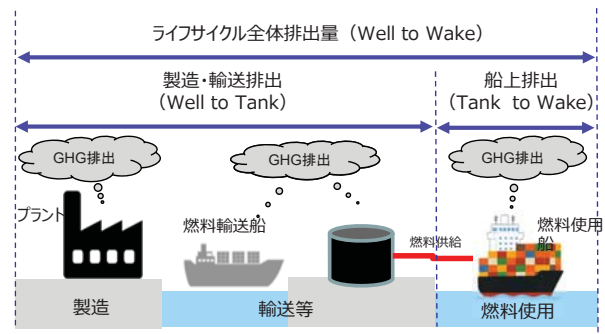
今後の議論動向等

- MEPC80以降、基準値などの制度の枠組みの議論が本格化すると考えられる。
- 想定される主な論点としては、経済的手法とどのように組み合わせるのか、適切な基準値、柔軟性メカニズムの要否 (一部の国は不要と主張)、燃料のライフサイクル全体の排出量を規制することは非等。
- MARPOL条約附属書VIの改正による導入が提案されており (経済的手法も同じ)、全会一致により成立することが望ましいが、それが難しい場合、ルール上は会議に出席している附属書VI加盟国の2/3賛成が必要。

(参考)船舶燃料のGHG排出量に関するLCA(Life Cycle Assessment)ガイドライン

背景

- 燃料の生産から消費(船上燃焼)までの全過程におけるGHG発生量の評価手法を確立することにより、海運事業者に対して、ライフサイクル全体でGHG排出量の少ない燃料の使用を促すことを期待。
- 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、船舶燃料のライフサイクル全体でのGHG排出量評価ガイドライン(LCAガイドライン)が必要。



IMOで検討開始

- MEPC 78で、LCAガイドラインを検討するための通信部会(CG)設立。
- CGでは、日本・オーストラリア・ノルウェー・欧州委員会(EC)が共同で作成した LCAガイドライン案をベース文書として検討が進められ、MEPC 80で最終化される予定。
- 国内の対応としては、海事分野の関係者に加え、資源エネルギー庁、環境省及び関係団体(石油連盟、日本ガス協会等)とも連携しつつCGでの検討に対応。

LCAガイドライン案の現状

MEPC80に報告予定の内容

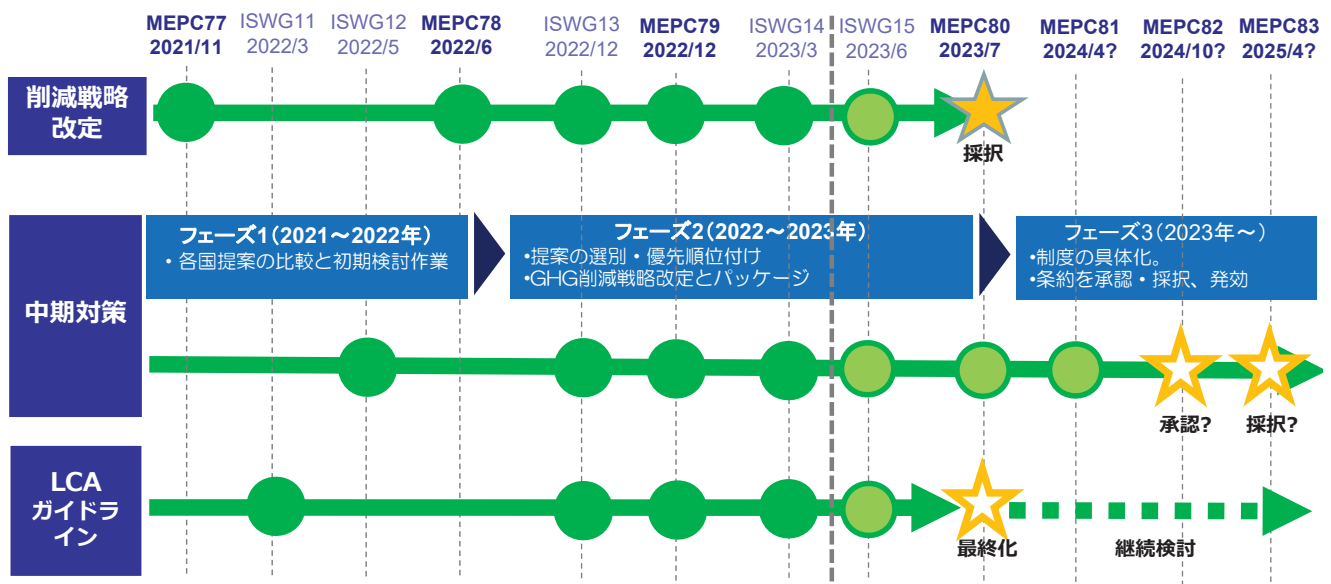
- 燃料の製造から船舶への供給までに生じる**陸上排出(WtT: Well-to-Tank)**と、**船上排出(Tank-to-Wake: TtW)**それぞれの計算方法
- 燃料の種類やWtTやTtW値等を記載したライフサイクルラベルの項目 (FLL : Fuel Lifecycle Label)
- 燃料の生産経路と原材料に応じた燃料リスト
- 燃料リストに掲載されているそれぞれの燃料のWtTデフォルト値 (代替燃料は情報不足により継続検討)
- FLLの認証、FLLに記載されたデフォルト値以外のWtTの検証の必要性 等

今後更に検討が必要な事項

- 燃料のWtTデフォルト値の作成と継続的なレビュー
- FLLの認証、デフォルト値以外のWtTの検証方法
- 船上CCSのTtW計算への反映方法
- 新たな燃料が出てきた場合のデフォルト値の設定 等

IMOにおける検討スケジュール

- GHG削減戦略の改定はMEPC80で採択予定。
- 欧州は、中期対策を2027年1月から開始することを想定。逆算すると、MEPC82で承認、MEPC83で採択。



欧州連合(EU)のGHG削減目標及び本目標達成に向けた対策

EUが掲げる「**2030年までにGHGを55%削減（1990年比）**」という目標達成のため、欧州委員会（EC）は2021年7月14日に気候変動法案パッケージ「**Fit for 55**」を提案



EUのGHG削減目標

- 2050年までにGHGを実質的にゼロ
- 2030年までにGHGを55%削減（1990年比）

上記2030年目標達成のため、EUの行政府である欧州委員会（EC）は、気候変動法案パッケージ「**Fit for 55**」を2021年7月14日に提案

【Fit for 55に含まれる主な政策】

- EU排出量取引制度「EU-ETS」を改正し、海運・建築・道路交通分野へ適用
- 船舶燃料に起因するGHG排出削減規制「FuelEU Maritime」の導入
- エネルギー課税指令「ETD」を改正し、少なくともEU域内航海での使用目的で供給される船舶用燃料油への課税導入
- 航空機が使用する持続可能代替燃料の促進制度「FuelEU Aviation」の導入
- 自動車に対するCO2排出規制の強化
- 炭素国境調整措置メカニズムの導入

EU-ETSの海運分野への適用拡大

- EU-ETSの海運分野への適用拡大を含むEU-ETS改正案について、これまで欧州委員会、欧州議会、EU理事会の3者間で調整が進められてきた。
- 改正案について、3者間での概ねの合意がなされた**と欧州議会・EU理事会が12月18日に発表。欧州議会・EU理事会の報道発表によると、EU-ETSの海運分野への適用拡大に関する合意内容は次のとおり。

【概要】制度対象となる船舶(次頁参照)は、ある年のCO₂等排出量につき翌年の4月30日までに所定の排出枠(1トンのCO₂を排出する権利)を取得しておく必要がある。

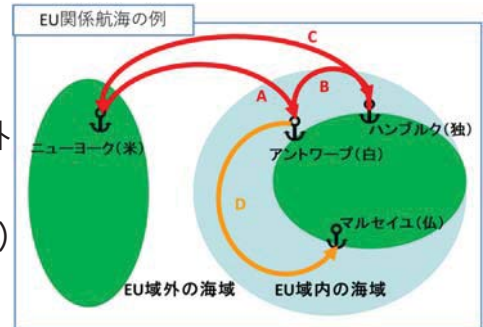
参考：排出枠の価格は12月15日時点で86.2€/CO₂-ton。価格は取引市場で決まるため常時変動。

【適合の責任者】 船舶運航に責任を負う会社

【適用】

以下の航海又は停泊が適用対象（右図参照）

- ① EU域外から域内の港湾、または EU域内の港湾から域外への航海における排出の50%（A, C）
- ② EU域内の港湾間の航海における排出の100%（B, D）
- ③ EU域内の港湾での停泊中における排出の100%



【収入の利用】 再生可能なソースによる発電、低所得者支援、海運の脱炭素化等。

【IMOが導入する経済的手法との関係】 IMOにおいて経済的手法が採択された際には、EU-ETSの改正を検討すると規定。

改正EU-ETSの適用関係の整理表

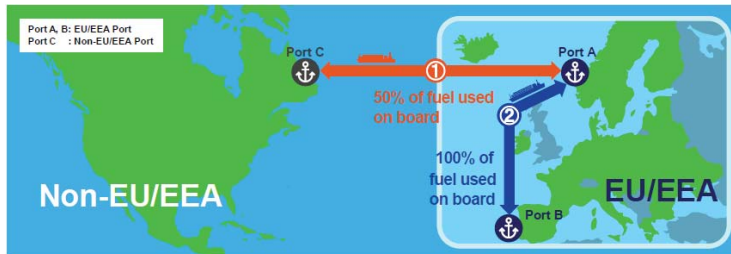
	2024.1	2025.1	2026.1	2027.1	2028.1	
5,000 GT以上の商船	排出量データ収集(CO ₂) (既存制度)	排出量データ収集(CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O)				(以降同じサイクル)
		排出枠取得 2024年のCO ₂ 排出量の40%分	排出枠取得 2025年のCO ₂ 排出量の70%分	排出枠取得 2026年のCO ₂ , CH ₄ , N ₂ O排出量の100%分	排出枠取得 2027年のCO ₂ , CH ₄ , N ₂ O排出量の100%分	
5,000 GT以上のオフショア支援船		排出量データ収集(CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O)			排出枠取得 (2027年のCO ₂ , CH ₄ , N ₂ O排出量の100%)	(以降同じサイクル)
400~5,000 GTの商船/オフショア支援船		排出量データ収集(CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O)				
		※排出枠取得義務を課す対象とするか検討 (2026年中)				

FuelEU Maritime の概要 (2025年1月1日発効予定)

1. 単位エネルギー当たりのGHG強度

【規制対象】

- **適用対象**：総トン数5000トン以上の船舶
- **適用対象者**：船主、又は船舶運航に責任を負う会社（船舶管理会社や裸用船契約者など）
- **適用対象燃料**：EU関連航海/EU域内停泊時に使用した燃料
- **対象となる航海**：
 - EU/EEA加盟国の港湾とEU/EEA加盟国以外の航路運航で使用した燃料の50%（航路①）
 - EU/EEA加盟国の港湾間の航路運航で使用した燃料の100%（航路②）
 - EU/EEA加盟国の港湾停泊時に使用した燃料の100%（港湾A,Bでの停泊）



【基準値】

- 燃料の製造、輸送、貯蔵及び船上での使用を含むライフサイクル全体でのGHG強度(エネルギー当たりのGHG排出量)が基準値(右表)を超えないこと
- 基準を満足している場合に翌年への繰り越し、船舶間における融通等が認められる。
- また、基準を満たさない船舶には罰金が科せられる。

年	基準値
2025.1.1 –	-2%
2030.1.1 –	-6%
2035.1.1 –	-14.5%
2040.1.1 –	-31%
2045.1.1 –	-62%
2050.1.1 –	-80%

2. EU港停泊中での陸電使用義務

- 総トン数5000トン以上のコンテナ船及び旅客船に対し、EU/EEA加盟国の港湾で停泊時の陸電使用を2030年1月から義務付け。
- 規制を満たさない船舶には罰金が科せられる。

FuelEU Maritime(2022年9月の欧州委員会検討中の案) (2025年1月1日発効予定)

Article 20 Penalties

- Where on 1 May of the year following the reporting period the ship has a compliance deficit, the company shall pay a remedial penalty. The Member State's competent authority shall, based on the information provided by the verifier, calculate the amount of the penalty on the basis of the formulas specified in Annex V, for the greenhouse gas intensity limits and, where applicable, the RFNBO quota, as referred to in Articles 4(2) and 4a(3) respectively.

(Omitted below)

下計算式中の○は、誤りの可能性

ANNEX V (Abstract)

FORMULAS FOR CALCULATING THE COMPLIANCE BALANCE AND REMEDIAL PENALTY LAID DOWN IN ARTICLE 20(1)

A. Formula for calculating the ship's compliance balance

- Remedial Penalty with respect to compliance balance for greenhouse gas intensity of the ship, in respect to Article 4.2

$$\text{Compliance balance [gCO}_2\text{eq/MJ]} = (\text{GHGIE}_{\text{target}} - \text{GHGIE}_{\text{actual}}) \times [\sum \text{M}_i \times \text{n}_{\text{fuel}_i} \text{LCV}_i + \sum \text{E}_{\text{eti}}]$$

gCO_2eq Grams of CO2 equivalent

$\text{GHGIE}_{\text{target}}$ Greenhouse gas intensity limit of the energy used on-board a ship according to Article 4(2) of this Regulation

$\text{GHGIE}_{\text{actual}}$ Yearly average of the greenhouse gas intensity of the energy used on-board a ship calculated for the relevant reporting period

- Compliance Balance with respect to RFNBO quota, in respect to Article 4a (3)

$$\text{CB_RFNBO [\% RFNBO]} = (\% \text{RFNBO}_{\text{quota}} - \% \text{RFNBO}_{\text{actual}})$$

CB_RFNBO Compliance Balance with respect to RFNBO quota, in respect to Article 4a(3)

$\% \text{RFNBO}_{\text{quota}}$ RFNBO quota of the yearly average energy used on-board a ship according to Article 4a(3) of this Regulation

$\% \text{RFNBO}_{\text{actual}}$ Percentage of the yearly average energy used on-board reported by a ship that is actually met with RFNBOs compliant with Article 9(1)(b)

Formula for calculating the penalty laid down in Article 20(1)

- Remedial Penalty with respect to compliance balance for greenhouse gas intensity of the ship, in respect to Article 4.2

$$\text{Penalty} = (\text{Compliance balance} / \text{GHGIE}_{\text{actual}}) \times \text{conversion factor from MJ to tonnes of VLSFO (41.0 MJ / kg)} \times \text{EUR 2400}$$

- Remedial Penalty with respect to RFNBO quota, with respect to Article 4a(3)

$$\text{Remedial Penalty (RFNBO)} = \text{abs}(\text{CB_RFNBO}) \times \text{Pd} \times 3$$

Remedial Penalty in EUR

$\text{abs}(\text{CB_RFNBO})$ Is the absolute value of the compliance balance for RFNBO

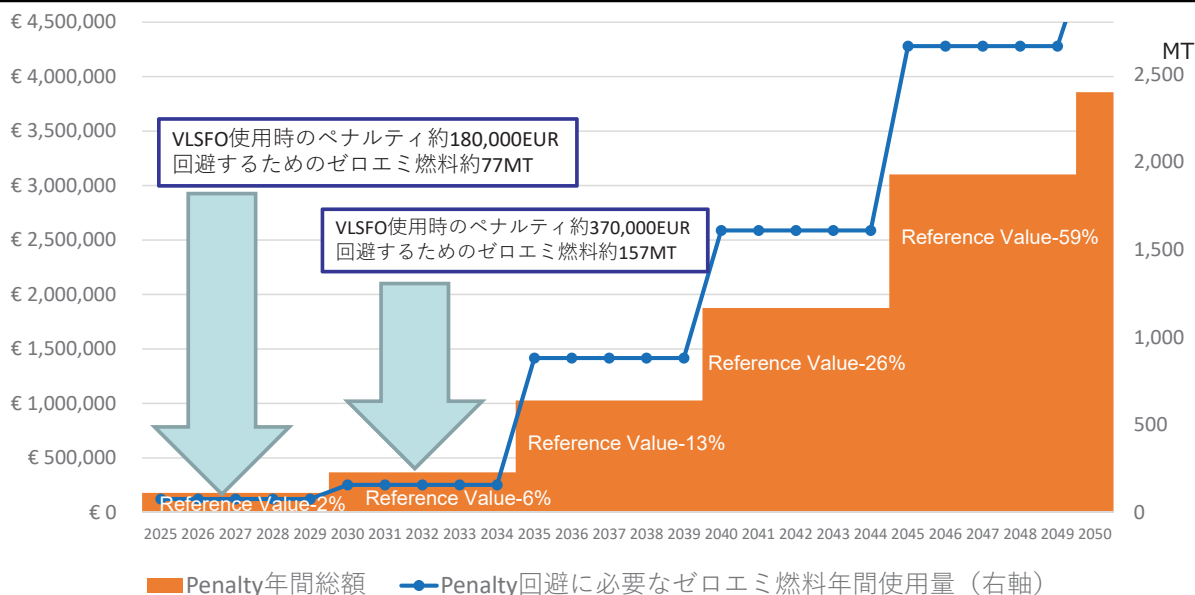
Pd Price difference between RFNBOs and fossil fuel compatible with ship installation

FuelEU MaritimeにおけるPenaltyのイメージ

注意：現時点で得られたFuel EU Maritimeの規則を踏まえて作成しており、内容に不明瞭な点（Compliance balanceの計算単位など）があり、試算結果が正しいとは限らないことに留意。

前提（次頁も同様）

- ・規制対象範囲内において2000MTのVLSFOを使用する前提。
- ・規制開始時のReference Valueは90.98gCO₂eq/MJ※、使用するゼロエミ燃料はWtW排出量0、発熱量19.9MJ/kg、RFNBO（非バイオ由来の燃料）。
- ・RFNBOに対するMultiplier調整の取扱いが規則からは読み取りにくいだが2034年まで2を乗じている。
- ・陸電・RFNBO未使用によるPenaltyが予め定められた時期から適用されると考えられるが、ここでは考慮していない。



※： FuelEU Maritime and EU ETS (Delft, CE Delft, February 2022)

FuelEU MaritimeにおけるPenaltyとゼロエミ燃料の価格の関係

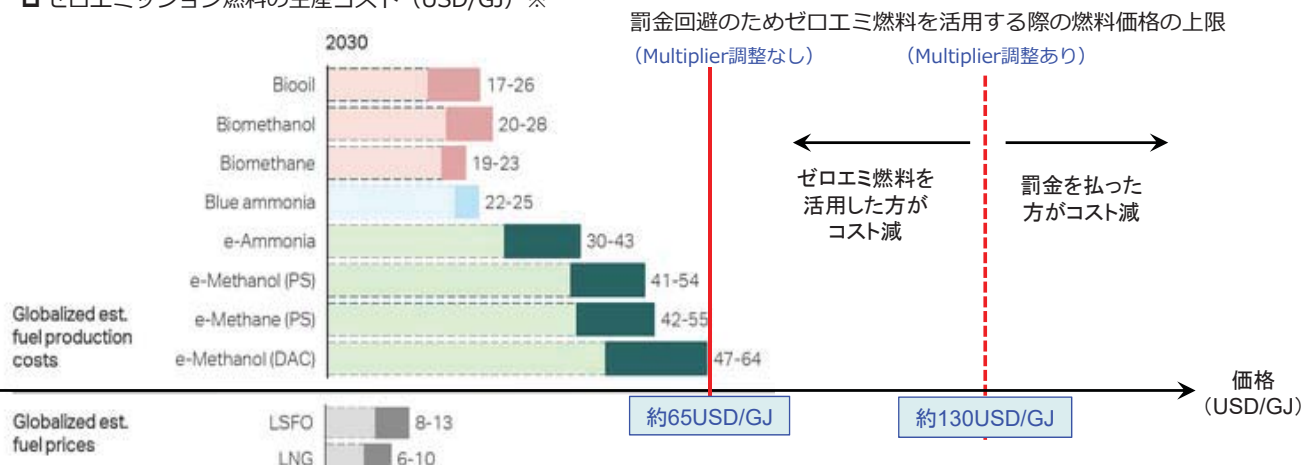
前提は前頁のとおり。

- Penaltyは、高価なゼロエミッション燃料を使用した方が重油を使用するよりも有利になるように制度設計されていると考えられる。

- ・規制対象域内で2000MTのVLSFO VLSFO使用時の罰金は約370,000EUR
- ・例えば、WtW排出ゼロのグリーンメタノールを使用した場合、規制開始当初、罰金回避に必要な量は153MT（Multiplier調整有は77MT）

➡ ゼロエミ燃料を活用する場合、燃料価格が約US65 \$ /GJ以下（Multiplier調整有であれば約US130 \$ /GJ以下）であれば、重油を活用するよりもゼロエミ燃料を活用するほうがコストを抑えることが可能。

□ ゼロエミッション燃料の生産コスト（USD/GJ）※



※： MMMC(Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping)のPosition Paper Fuel Option Scenarios (2021年10月)

米国における燃料油規制の動き

※法案の成立は不透明

- カリフォルニア州選出のAlan Lowenthal下院議員※1とNanette Barrangan下院議員※2より、欧州のFuel EU Maritimeを参考とした法案を提出。

※1：カリフォルニア州選出、2012年に初当選。
※2：カリフォルニア州選出、2016年に初当選。



出典：<https://lowenthal.house.gov/>
Alan Lowenthal
下院議員



出典：<https://barragan.house.gov/>
Nanette Barrangan
下院議員

- 7月12日のAlan Lowenthal議員のプレスリリースに添付されている法案概要は以下の通り。

- The Clean Air Act を改正して、“MARINE ZERO GREENHOUSE GAS FUEL STANDARD”のセクションを追加。
- ライフサイクル全体の年間のGHG排出強度を規制。基準値は以下の通り。

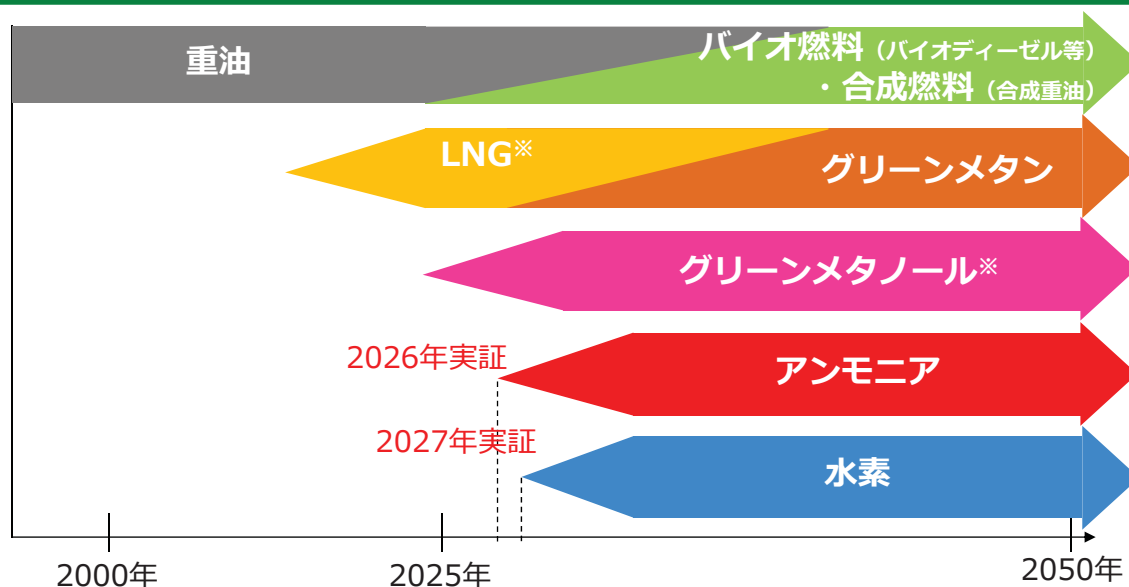
2024年	ベースライン	最終決定の時期
2027～2029年	20%削減	2026年1月1日までに決定
2030～2034年	45%削減	開始2年前
2035～2039年	80%削減	
2040年～	100%削減	

- ベースラインは規制対象船舶が2024年に使用した燃料のGHG排出強度の平均。
- 対象船舶は400GT以上の船舶、米国管轄水域の港間の航海、米国と外国との間の航海、
- 技術的・経済的に実現不可能な場合は、適用期限までに利用可能なGHG強度の最も小さい燃料をベースとした基準を適用。
- IMOで導入されるGHG排出強度が同等又はより厳しい場合にはそれを受け入れる。
- 基準を満足できない場合にはCreditを認める。
- 2030年1月までに、米国の港内に停泊している船舶は、GHG、大気汚染物質の排出を禁止。

国際海運のカーボンニュートラル に関する動向等

船舶燃料の大転換

- 石炭⇒重油に匹敵する**船舶燃料の大転換期**
- **重油から、ゼロエミッション燃料**である**アンモニア・水素**等への移行が見込まれる
- **2050年までに、日本商船隊**（2240隻+a）を**ゼロエミッション船に代替**するためには、**約25～30兆円**の投資が必要



※現在、重油も使用可能な二元燃料の船舶として建造され&ている。

国産エンジンによるゼロエミッション船の開発・実証

グリーンイノベーション基金(次世代船舶の開発) : **350億円(10年間)**

- **水素・アンモニア等を燃料とするゼロエミッション船のコア技術となるエンジン、燃料タンク・燃料供給システム等の開発・実証**を実施

※アンモニア燃料船：2026年より実証運航開始、2028年までのできるだけ早期に商業運航実現
 水素燃料船：2027年より実証運航開始、2030年以降に商業運航実現

水素・アンモニア燃料エンジン



水素エンジンのイメージ

課題

- 水素**
 - ・異常燃焼(ノッキング)の発生
- アンモニア**
 - ・亜酸化窒素(N₂O)*の発生
 - ※CO₂の300倍の温室効果

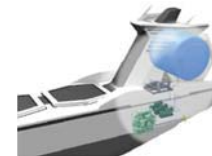
→ 高度な燃焼制御・燃料噴射技術



ゼロエミッション船
(水素・アンモニア、イメージ)



燃料タンク・燃料供給システム



水素燃料タンク、燃料供給システムのイメージ

課題

- 水素**
 - ・体積が重油の4.5倍
⇒貨物積載量の減少
 - ・金属劣化・水素漏洩の発生
- アンモニア**
 - ・毒性・腐食性あり

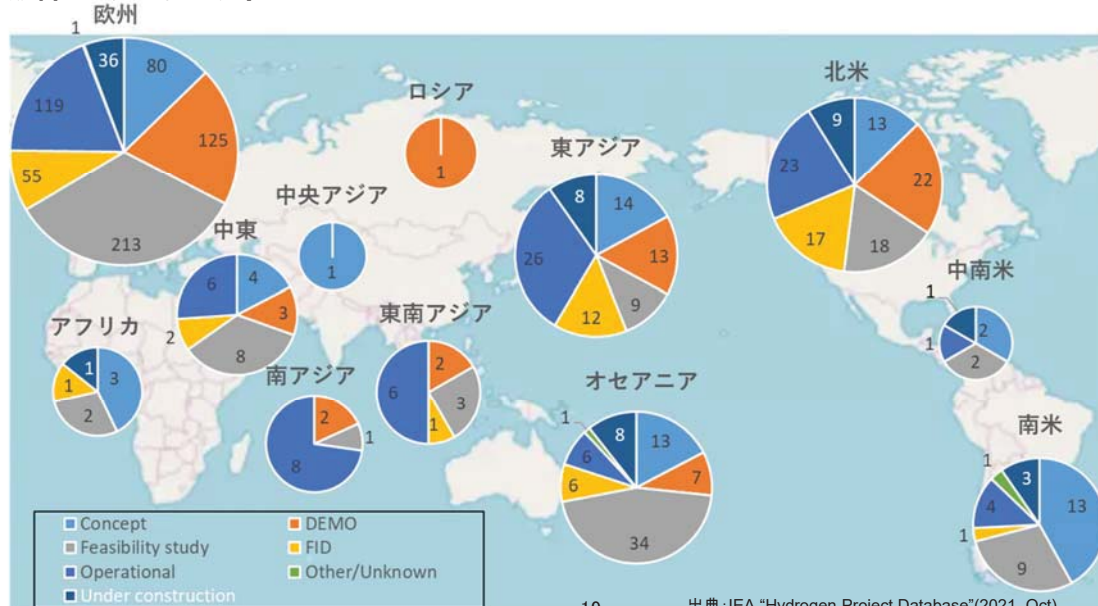
→ 省スペース化、構造・材料最適化

⇒ **エンジン等の国産化により、国際競争力を強化**

ゼロエミッション燃料の生産プロジェクト

- 再生可能エネルギーによる電気分解、炭素回収を前提とする化石燃料を利用した、液化水素、アンモニア、メタン、メタノールを生産するプロジェクトは多数存在する。船用燃料需要のみを想定してものではない。
- 海運会社も参画する生産・供給インフラ整備に関するプロジェクトも存在するが、最終投資決定に至ったプロジェクトは限られており、将来の需要に関する見通しを高める観点からも、IMOにおける規制的手法や経済的手法の導入が重要になるとされる。

ロ 燃料生産プロジェクト



ゼロエミッション燃料のサプライチェーンの構築に関する動向

- 主要燃料供給港では、ゼロエミ燃料のサプライチェーン構築（調達・貯蔵・供給）に向けた検討が開始されている。
- 参加企業は、商社、海運会社、船舶管理会社、造船企業、船級、エネルギー会社、アンモニア製造会社、ターミナル事業者、学術機関など。
- 検討事項は、プロジェクトにより異なるが、ゼロエミ燃料の確保、貯蔵、バンカリング基準、バンカー船の設計、ライフサイクルコストなど。
- メタノール燃料のバンカリング船については、シンガポール等向け複数隻の発注が表面化。

□ サプライチェーン構築に向けた検討事項のイメージ

調達	燃料製造社も協力し、サプライポテンシャル等の検討
貯蔵	燃料の物理化学的特性や地理的状況を踏まえた適当な貯蔵方法の検討
供給	バンカリングの安全評価、適切なバンカリングポイント、バンカー供給船の設計検討など

※プロジェクトによって検討事項は異なる。上記は凡その検討事項を示したものの。

□ アンモニアバンカー船の設計



出典：MOLホームページ

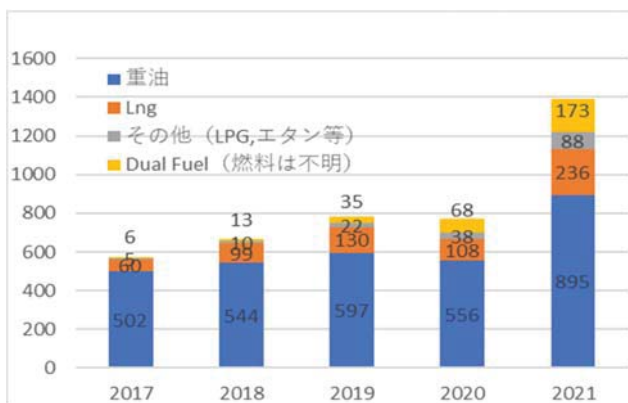


出典：NYKホームページ

新造発注船の燃料仕様の動向

- 2017～2021年の発注船の燃料仕様は、LNG、Dual Fuelが増加。
- 報道ベースではReady船の発注も増加。クラークソンリサーチによると、2022年の1～6月に発注されたアンモニアReady船は66隻。ただし、Readyの程度は不明。
- 2020年頃から、国内外において海運企業、造船・船用企業、エネルギー関連企業等によるゼロエミ船の設計・建造に関するプロジェクトが開始されている。

□ 2019～2021年発注船の燃料仕様



出典：HIS FairplayからMLIT作成

□ ゼロエミッション船の設計・開発の例



出典：NSY



出典：三菱造船



出典：GSC



出典：NYK

ゼロエミッション燃料の使用を想定した発注(報道ベース)①

(2023年4月19日時点)

船種・船型	隻数	発注者	造船所	納期	アンモニア	メタノール	備考	報道等
メタノールパンカリング船(6500重量トン)	6	コンソート・バンカーズ	招商局金陵船舶(南京)	—				2023/4 海事新聞
コンテナ船15kTEU	12	CMA-CGM	中国船舶集団(CSSC)の江南造船と大連船舶重工(DSIC)	—		DF		2023/4 海事新聞
BC82型	2	J・ローリツェン	常石造船	2026年後半		DF	備船先はカーギル	2023/4 海事新聞
自動車船9000台積	6	招商局能源運輸(CMES)	招商局工業集団	2025年後半～2026年前半		DF		2023/3 海事新聞
BC320型	—	ヴァーレ(伯)	—	—		DF	入札中(4月杢)	2023/2 海事新聞
BC72型	4	アルゴマ(加)×2 CSL(加)×2	江蘇揚子三井造船(YAMIC)	2025年から2026年		DF(MR)		2023/2 海事新聞
コンテナ船16kTEU	6	CMA CGM	江南造船集団有限責任公司	2025～2026年		DF		2023/2 国際船舶網
コンテナ船9kTEU	9	HMM	現代三湖重工業×7 HJ重工業×2	2025～2026年		DF		2022/2
BC66型	1	—	常石造船	2025年		DF		2023/2 常石造船プレス
コンテナ船13kTEU	12	CMA CGM	現代三湖重工業	2026年まで		DF		2023/2 TradeWinds
BC82型	2	三井物産	常石造船	2025年後半～2026年前半		DF	備船先はカーギル	2023/1 常石造船プレス
メタノールパンカリング船(4000重量トン)	1	グローバル・エナジー・トレーディング(GET)	佐々木造船	2023年末				2023/11 海事新聞
コンテナ船24kTEU	12	COSCO/OOCL	NACKS・DACKS	2026～2028年	-	DF		2022/10 TradeWinds
コンテナ船16kTEU	6	Maersk	現代重工業	2025年	-	DF		
コンテナ船15kTEU	6	CMA CGM	大連船舶重工集団有限公司(DSIC)	2025年下半年	-	DF		2022/8 TradeWinds
コンテナ船8kTEU	4	Pacific International Lines(PIL)	揚子江船業	2025年	LNG-AR	-	GTT Mark III SDARI設計	2022/7 国際船舶網

(用語) BC : Bulk Carrier DF : Dual Fuel AR : Ammonia Ready MR : Methanol Ready

(注) すべての発注船を網羅したものではない。

ゼロエミッション燃料の使用を想定した発注(報道ベース)②

(2023年4月19日時点)

船種・船型	隻数	発注者	造船所	納期	アンモニア	メタノール	備考	報道等
コンテナ船1300TEU	2	MPC Container Ships (MPCC)	泰州三福船舶工程有限公司	2024年下半年	-	DF		2022/3 国際船舶網
コンテナ船14kTEU	4	Pacific International Lines(PIL)	江南造船		LNG-AR	-		2022/3 国際船舶網
コンテナ船16kTEU	6	欧州船主	大連船舶重工集団有限公司(DSIC)		LNG-AR	-	MARIC設計	2022/2
BC210型	2	CMB	青島北海造船有限公司		AR	-		2022/2 国際船舶網
コンテナ船1170TEU	16	X-Press Feeders	新大洋造船有限公司×8 寧波新榮造船集団有限公司×8	2023～2024年	-	DF		2021/11 国際船舶網
コンテナ船16kTEU	8+4	Maersk	現代重工業	2024年以降	-	DF		2021/8 国際船舶網
コンテナ船	1	Maersk	現代尾浦造船		-	DF		2021/8 国際船舶網

(用語) BC : Bulk Carrier DF : Dual Fuel AR : Ammonia Ready MR : Methanol Ready

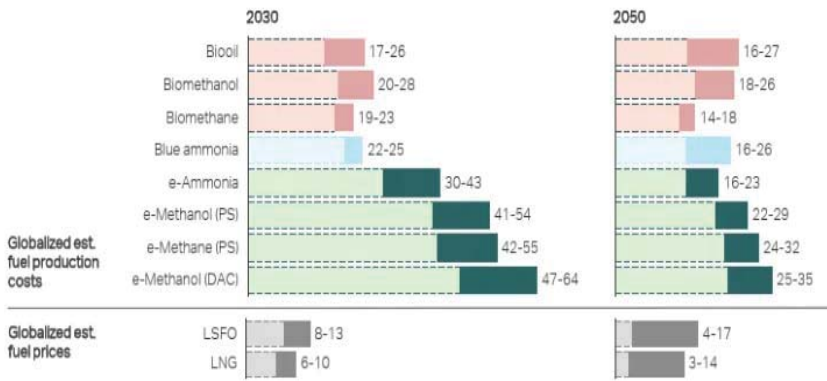
(注) すべての発注船を網羅したものではない。

ゼロエミッション燃料の価格試算、省エネの追求

- ゼロエミッション燃料の価格は、化石燃料よりも生産プロセスが複雑であることから、重油やLNGよりも高価になると見込まれる。
- 国際海運の脱炭素化への貢献と経済性を両立するエネルギー効率改善のための機器等の開発・実装が行われている。

□ ゼロエミッション燃料の価格の試算例

Fuel costs¹⁾ (USD/GJ) decline over time, though there remains uncertainty on absolute fuel cost levels



出典：MMMC(Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping)のPosition Paper Fuel Option Scenarios (2021年10月)

注：MMMCは、商業プラントにおける生産コストの平均から試算しているとしているが、価格予測として扱われるべきではないとしている。

□ 省エネ機器の例



出典：MOL

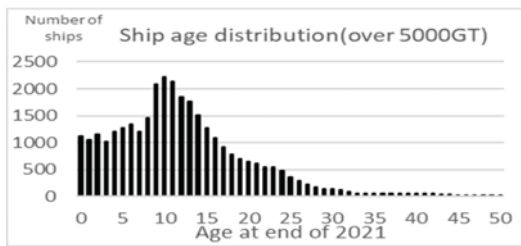


出典：KLINE

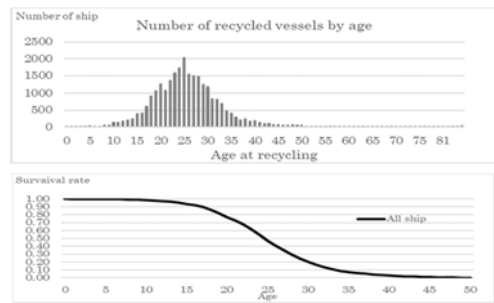
国際海運が2050年カーボンニュートラルの実現の道筋のイメージ

- 2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、日本海事産業が直面する課題、必要な対応、日本海事産業の好機とする方策の検討にあたり、2050年カーボンニュートラルを実現する道筋のイメージが必要。
- ここで示す2050年カーボンニュートラルの道筋は、あくまでも試算の一例である。

①現在の国際海運の船隊の船齢別隻数5000GT以上

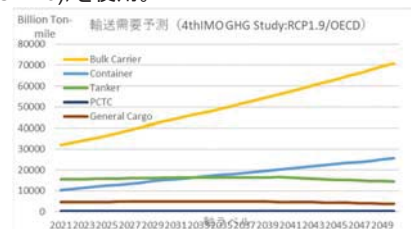


①'実績ベースの解撤年齢と残存率



①''将来の輸送需要

※IMO 4thGHG Studyにおける2.5度目標を達成を前提とした需要 (Logistics Model Scenario (SSP2, RCP2.6))を使用。



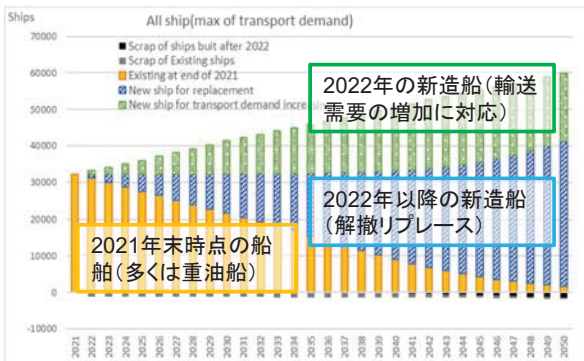
新造船リプレース

輸送需要増加に対応した新造船

続く

国際海運が2050年カーボンニュートラルの実現の道筋のイメージ

②現在の船舶の減少と今後の新造船



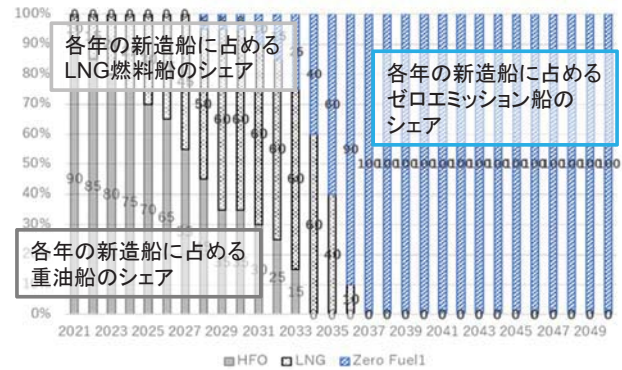
※将来の隻数に影響を与える船型の大型化、減速運航、トレードパターンの変化は考慮していない。

各年に導入される新造船の燃料仕様の割合から国際海運のCO2排出量を試算

※ ゼロエミ使用の船舶は、ゼロエミ燃料のみを使用するという前提。効率改善は、4th IMO GHG Studyに掲載されている2050年までに2018年比で約15%の改善を参入。

続く

②'新造船に占める燃料仕様の割合

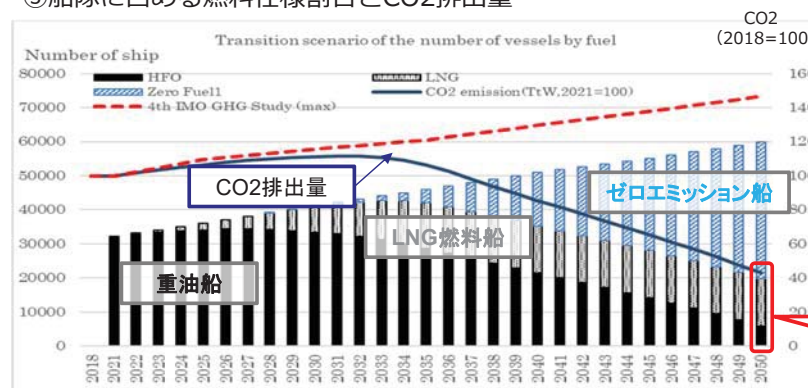


国際海運のCO2排出量と燃料仕様の関係を試算するための仮想的に設定したもので、前提は以下のとおり。

- ▶ LNG燃料船については、ゼロエミッション船の市場投入が開始される2028年までは、近年のLNG燃料船の竣工隻数のトレンドで推移
- ▶ 2028年以降にゼロエミッション船が市場投入され、当初は徐々に増加し、2030年代に急速に普及

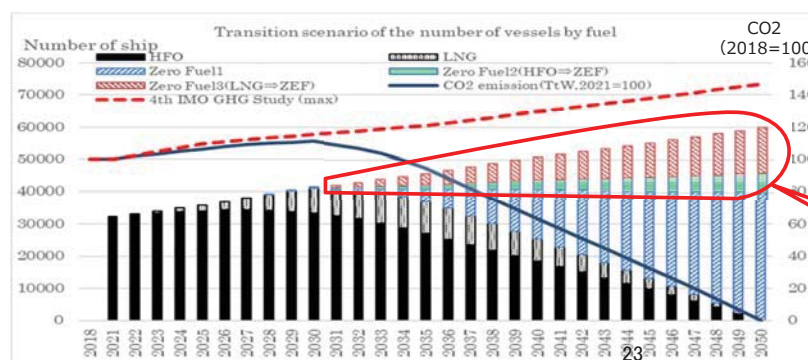
国際海運が2050年カーボンニュートラルの実現の道筋のイメージ

③船隊に占める燃料仕様割合とCO2排出量



- 2030年代に新造船はゼロエミッション船が大宗を占める前提であっても、従来のリブレースのペースでは、2050年時点においても化石燃料船(重油、LNG)が存在し、2050年カーボンニュートラルは達成できていない。

④船隊に占める燃料仕様割合とCO2排出量(既存船も対応)



- 2050年カーボンニュートラルを達成するためには、③で2050年時点で残存する重油船、LNG燃料船は、ドロップイン燃料の使用、早期リブレースなどの対応が必要。

□規制や経済的手法の検討動向



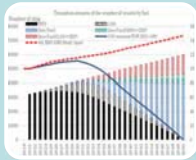
- 2050年カーボンニュートラルを具体化する規制等の議論が本格化。
- 現在提案されている対策は、現存船と新造船の区別はない。
- 燃料の選択肢を狭めるものにはならない（経済的手法等の中で取扱いの差はありえる。）。

□ゼロエミッション燃料等に関する動向



- ゼロエミッション燃料には複数の選択肢。
- プロジェクトは多数あるが投資決定に至っている事例は限定的。（船用燃料需要のみを想定していない。他セクターと競合？）
- 燃料のサプライチェーン構築に向けた検討、ゼロエミッション船の技術開発が進展。
- ゼロエミッション燃料は、重油、化石燃料よりも高価になる見通し。

□2050年カーボンニュートラルの実現の道筋

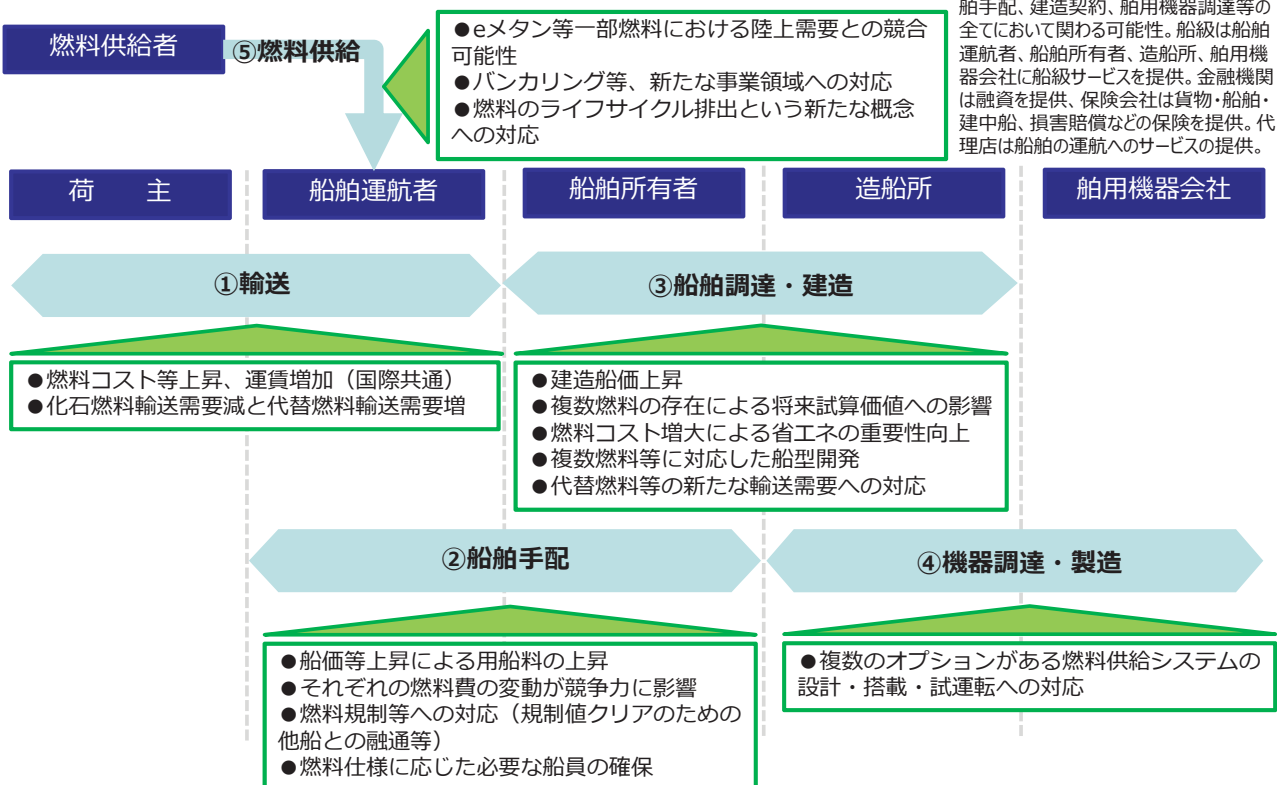


- 従来の船舶の使用年数を前提とすると、ゼロエミッション船が急速に普及したとしても達成は容易ではない。
- 重油やLNGを燃料とする船舶の早期リプレースなどの対応が必要となる可能性。

海事産業のステークホルダーへの影響の例

□ 海事産業の主要なステークホルダー間の関係と想定される影響※

※ 下図は全てのステークホルダーを網羅したものではない。商社は、輸送、燃料手配、船舶手配、建造契約、船用機器調達等の全てにおいて関わる可能性。船級は船舶運航者、船舶所有者、造船所、船用機器会社に船級サービスを提供。金融機関は融資を提供、保険会社は貨物・船舶・建中船、損害賠償などの保険を提供。代理店は船舶の運航へのサービスの提供。



2050年カーボンニュートラルの課題の例

新たな事業機会等の例

船舶設計・建造	<ul style="list-style-type: none"> ● ゼロエミッション船の技術開発 ● 燃料オプションが増加することへの設計、建造における対応 ● 建造船価の上昇 	<ul style="list-style-type: none"> ● 燃料供給システムや省エネ機器の設計・搭載 ● 設計能力向上に資する造船、舶用、エンジニアリング向けのデータシェアサービス
船舶所有・運航	<ul style="list-style-type: none"> ● ゼロエミッション燃料船の選択 ● 新たな規制や経済的手法への対応 ● 新たな燃料に対応する船員確保・育成 	<ul style="list-style-type: none"> ● 新たな輸送需要への対応（代替燃料、CO2） ● 輸送ノウハウを活かした国内外における貯蔵、バンカリング事業 ● 新たな燃料規制に含まれる可能性のある基準値を満足する船舶と満足しない船舶間の融通等の対応のための運航アレンジ
燃料確保	<ul style="list-style-type: none"> ● 燃料サプライチェーンの構築 ● eメタン等一部燃料における陸上需要との競合可能性 ● ライフサイクルという概念への対応 ● 燃料供給コストの上昇 	<ul style="list-style-type: none"> ● 燃料確保等のための燃料事業への参画 ● 燃料認証、ライフサイクルGHG排出量評価

- 課題の解決、新たな事業機会の獲得に向けた検討は一部で既に開始（例えば技術開発、燃料サプライチェーンの構築に関する取組等）。
- 課題解決や新たな事業機会への対応に向けて、例えば産官学が連携して取り組むべきこと等について、ヒアリング等により確認。

別添 3

(非公表)

別添 4

(非公表)

国際海運のゼロエミ化に係る課題と対応の方向性(案)の概要

- 以下は、国際海運のゼロエミ化に向けて、それぞれのステークホルダーにおける課題、たたき台として対応の方向性(案)について、一覧にまとめたものである。
- 必要な対応の内容について検討を行うとともに、ゼロエミ化の動向等を踏まえて、対応時期(時間軸)を含めてさらに検討。

