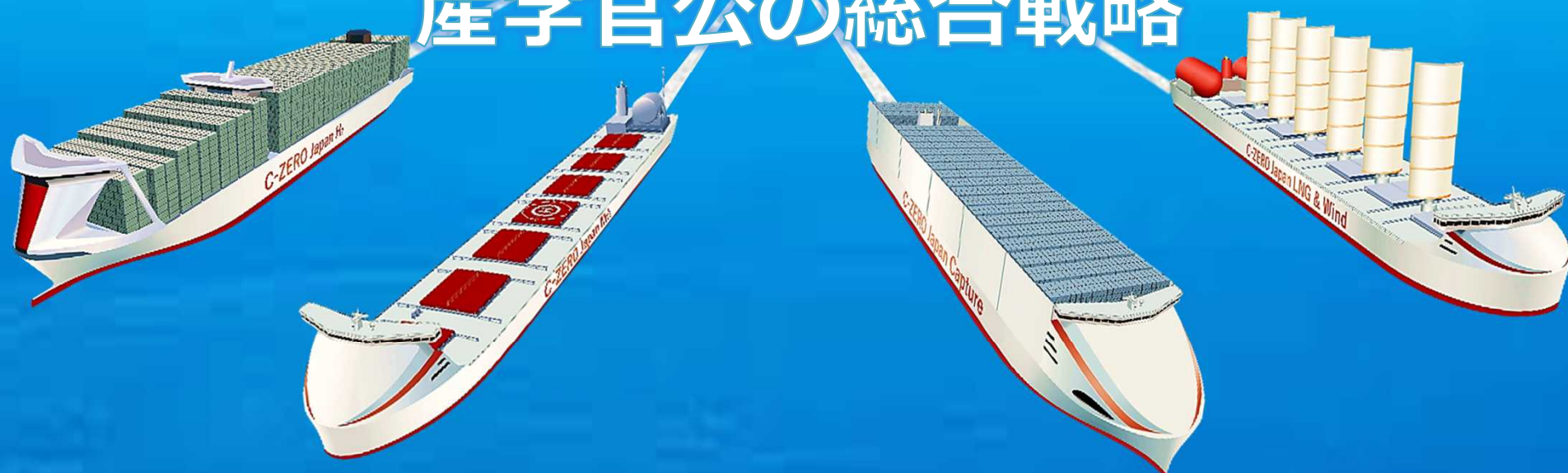


富士山  
大野村  
大野村

# 国際海運のゼロエミッションに向けた 産学官公の総合戦略



## 目次

1. 弊会のご紹介
2. 産学官公の連携による日本主導の国際ルール戦略
3. グリーン成長戦略としてのゼロエミッション船開発戦略
4. ゼロエミッション船の実現に向けた課題（他業界との連携含む）

- 世界有数の海運（世界第2位の実質船主国）・造船国（世界第3位）である日本の国際競争力の更なる強化を図るため、研究開発及び国際基準・規格化に一体的視野から戦略的に対応。
- 業界ニーズも踏まえつつ、我が国の技術力を背景として、社会的課題の解決に取り組むことにより、国際競争力の強化につなげるとともに、国際社会の安全確保・環境保全に貢献。



## 基準

調査研究により技術・科学的情報に基づく合理的かつ我が国産業界にもメリットある基準を策定。

(事例)

- 国際海運GHGゼロエミッションプロジェクトにおいて長期戦略（ロードマップ）を策定。
- これに従って、新造船・既存船への世界一律の燃費規制を我が国がリードして提案。



## 規格

国際基準に関連した重要規格等や我が国産業界の競争力強化につながる要望を踏まえた日本発ISO/IEC規格等の制定や審議へ対応。

(事例)

- 洋上風力発電設備の施工作業に関するガイドライン等の審議への対応。



## 研究開発

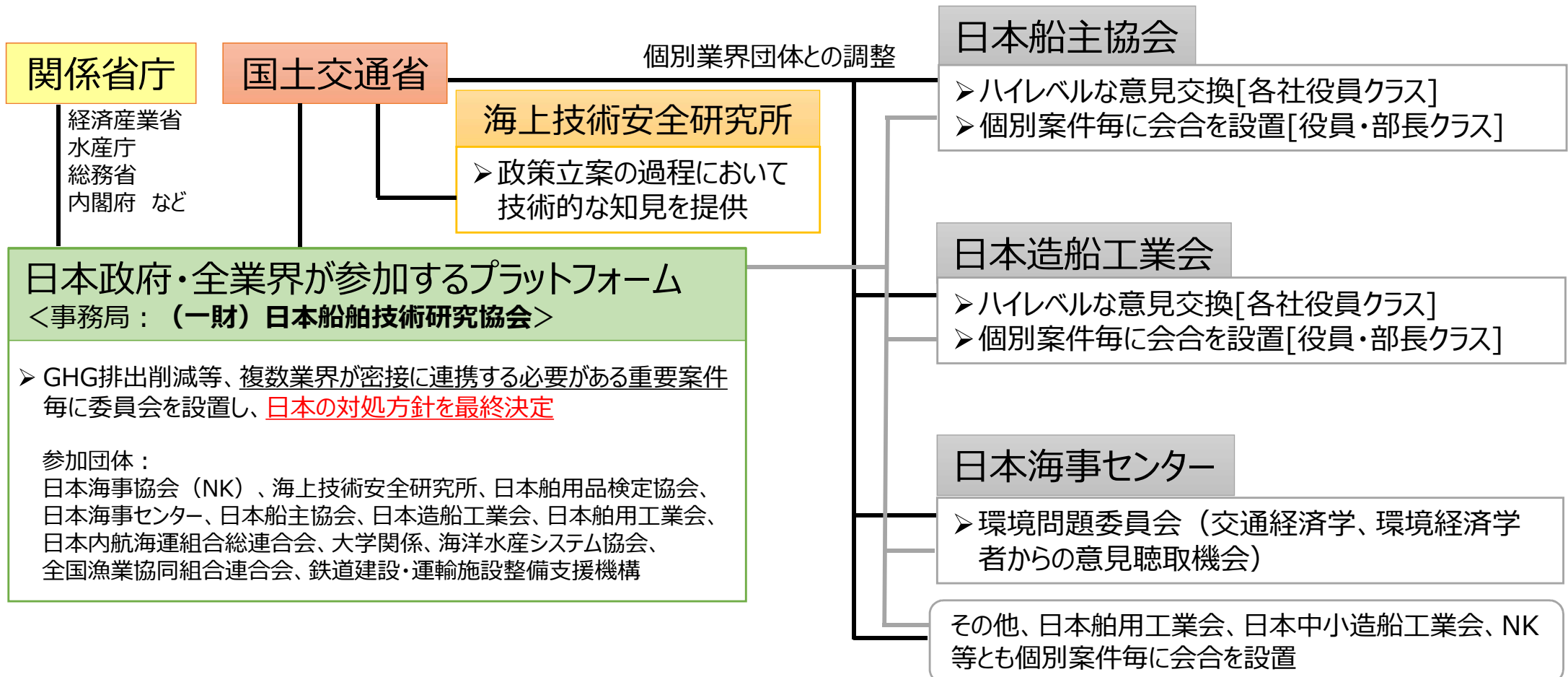
我が国技術基盤の強化、また優位性の確保や技術実用化のための基準・規格化までの戦略的研究開発を実施。

(事例) 洋上大型風車作業船の実用化に向けた基礎検討

- 日本の気象・海象条件下で洋上大型風車を安全かつ効率的に設置可能な風車設置船・作業船のコンセプトの検討や実用化に向けた技術要素、基準・規制関係の整理や必要な対応について検討。

# 業界横断の連携プラットフォームとしての弊会の役割

- 国際海事機関（IMO）の審議に向けた対処方針や日本提案文書については、**国土交通省が各業界団体・関係機関等と密接に協議をして決定**
- 重要案件かつ複数業界が密接に関わる案件については、国土交通省や・関係団体が参加するプラットフォーム（事務局：**日本船舶技術研究協会**）において日本の方針を最終決定。
- IMO会合には弊会職員や業界団体も日本代表団の一員として出席。会議結果をいち早く業界内で正確に共有し、業界としての対応に向けた検討を開始する役割を担っている。

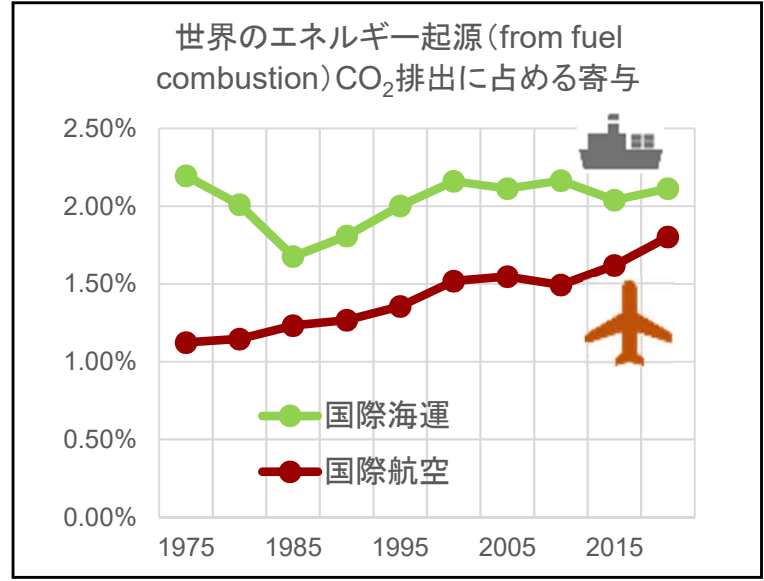
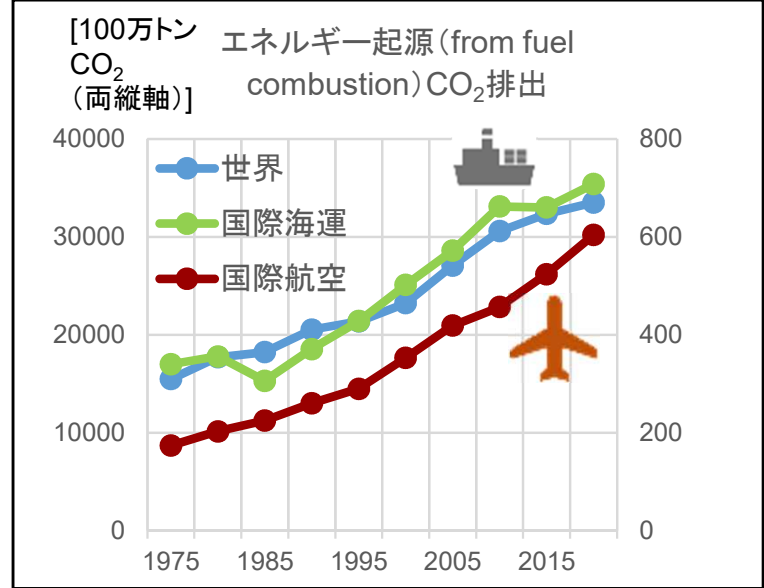
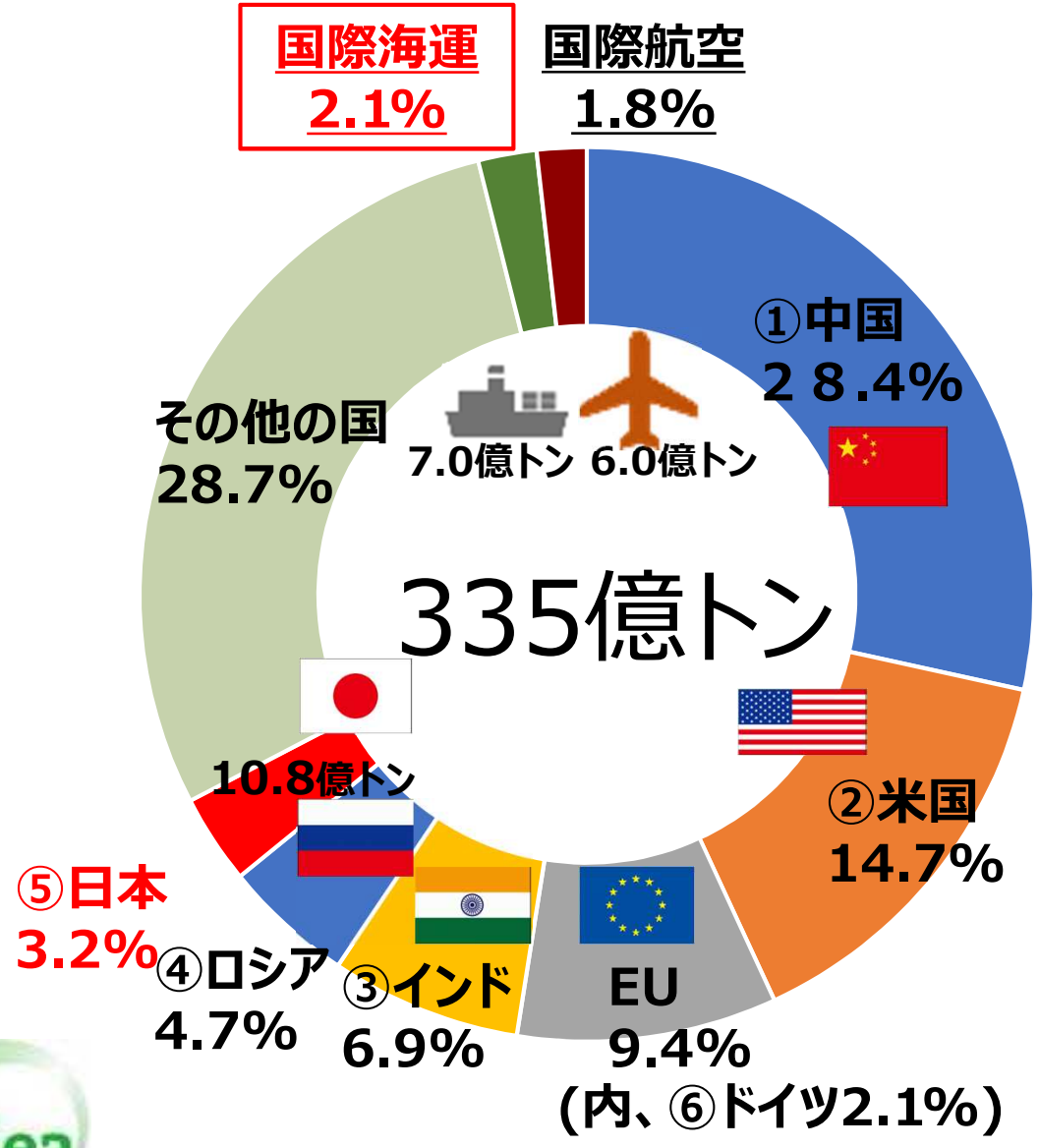


## 目次

1. 弊会のご紹介
2. 産学官公の連携による日本主導の国際ルール戦略
3. グリーン成長戦略としてのゼロエミッション船開発戦略
4. ゼロエミッション船の実現に向けた課題（他業界との連携含む）

# 国際海運からのCO<sub>2</sub>排出量

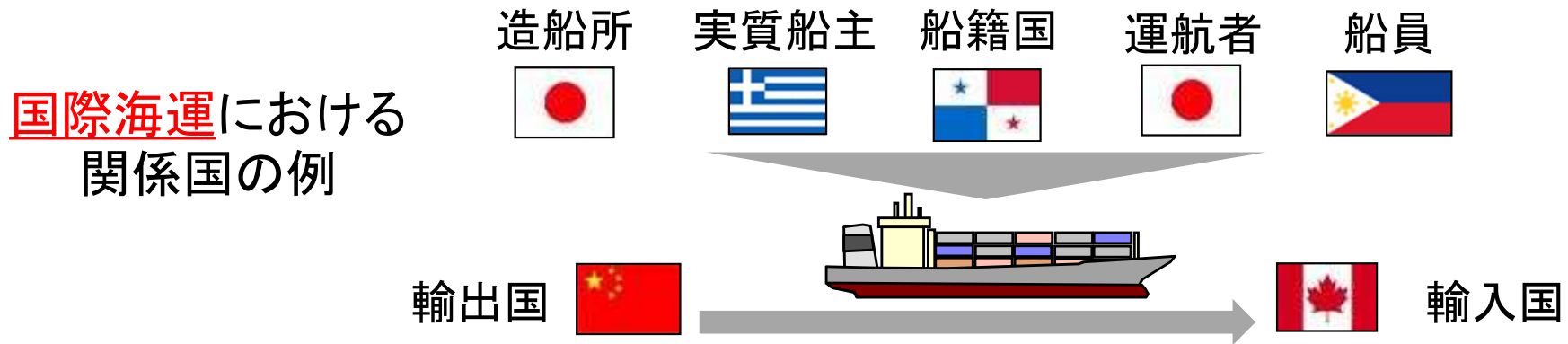
- 国際海運からのCO<sub>2</sub>排出は、世界全体の約2.1%(ドイツ一国分に匹敵)
- 世界経済の成長につれて海上輸送も伸びるため、何も対策を取らない場合、**2050年までに約7.0%まで増加**



出典 : IEA 「CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion: Overview」

# 国際海運と内航海運における排出削減枠組み

- **国際海運**は、関係国が多岐に渡る等の理由で、GHG削減対策は国別削減対策の枠組みに馴染まず、**国際海事機関 (IMO)** における統一的な検討が委ねられている。
- **内航海運**におけるCO<sub>2</sub>排出は、**国連気候変動枠組条約 (UNFCCC)** の枠組みにおける国別の排出量にカウントされ、**各国で対策を検討**している。



## 国際海事機関 (IMO)

- 海事分野に関する国連の専門機関
- 無差別原則を基に国際統一ルールを策定
- 2013年から新造船の燃費性能規制を導入
- 2018年にGHG削減戦略を採択

### 国際海運からのCO<sub>2</sub>

国際海運からの排出量：約7.0億CO<sub>2</sub>トン（2018年）  
（世界全体の排出量（約335億CO<sub>2</sub>トン）の約2.1%）

## 国連気候変動枠組条約 (UNFCCC)

- CBDR（共通だが差異ある責任）の原則
- 2015年にパリ協定を採択し、国別削減目標の作成等を義務化（※日本は2030年度に2013年度比26%削減する目標を表明）

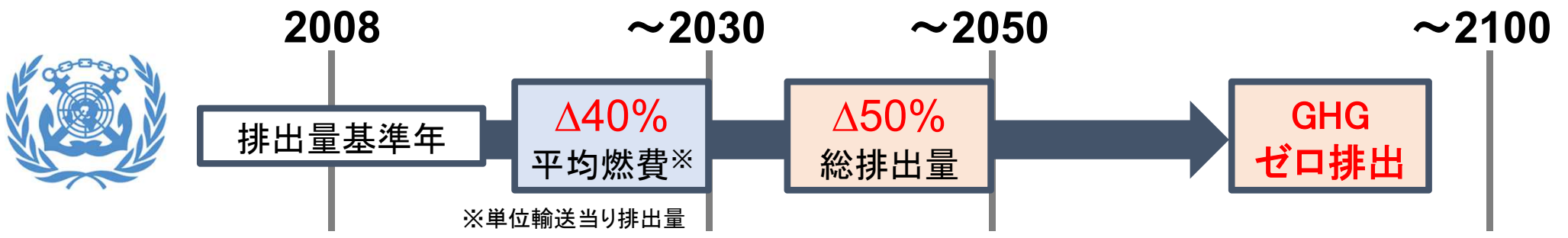
### 内航海運からのCO<sub>2</sub>

日本の内航海運の排出量：約0.1億CO<sub>2</sub>トン（2016年）  
（日本全体の排出量（約12.1億CO<sub>2</sub>トン）の0.86%）

## IMO GHG (温室効果ガス) 削減戦略

・2018年4月、GHG削減戦略採択

**長期目標** 今世紀中のなるべく早期に、国際海運からの**GHGゼロ排出**を目指す。



## 日本の国際海運GHGゼロエミッションプロジェクト

・2018年8月、我が国の産学官公の連携で設立

### 【2030年目標に向けて】

- ✓ 燃費の悪い船舶の**燃費改善**や**高性能な船舶への代替**を促進する新たな国際枠組の案の作成
- ✓ 国際海事機関に提案(2019年5月)、**2023年までの構築**を目指す

### 【2050年目標・ゼロ目標に向けて】

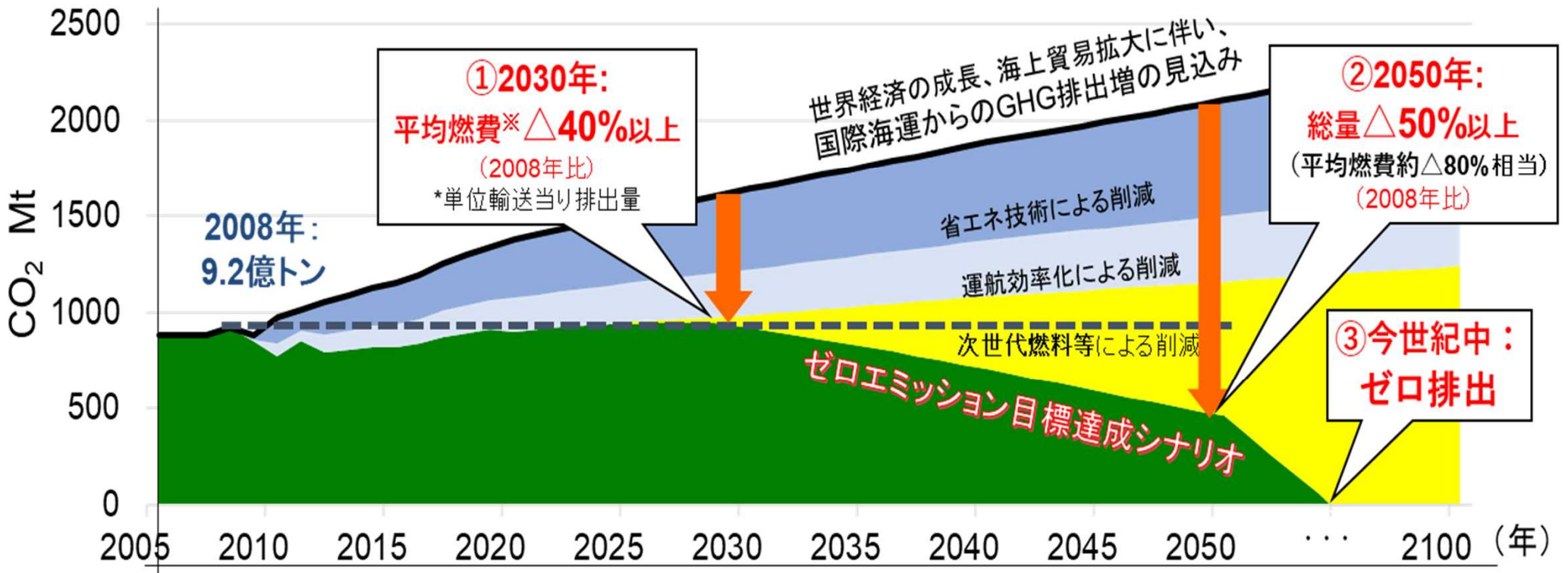
- ✓ 次世代の**低炭素燃料**への代替や**船上炭素回収技術**などのイノベーションの推進、**経済的手法導入**などの**ロードマップを策定(2020年3月)**し、将来のゼロエミッション実現に向けた取組の加速を図る。

### 関係団体・機関 (現時点メンバー)



# 国際海運分野からの温室効果ガス（GHG）削減目標について

- IMOは2018年に温室効果ガス（GHG）削減戦略を策定し、本戦略では国際海運における以下のGHG削減目標に合意。
  - ① 2030年までに平均燃費を40%以上改善（2008年比）
  - ② 2050年までにGHG総排出量を50%以上削減（2008年比）
  - ③ 今世紀中できるだけ早期にGHG排出ゼロ
- 目標達成に向けた対策をMEPCで審議中。



※2008年以降の排出実績はIMO調査「Fourth IMO GHG Study 2020」による。

- 国際海運の世界統一的な環境ルールを審議・策定するのは、国連の専門機関である国際海事機関（IMO）  
海洋環境保護委員会（議長：齋藤英明氏（国土交通省大臣官房技術審議官））
- 特に国際海運の気候変動対策への関心は高く、注目度が非常に高い委員会
- これまで我が国はルール策定の議論を主導し、世界有数の造船・海運大国として、国際海運の環境対策への貢献と我が国海事産業の国際競争力強化を図ってきた。



過去の海洋環境保護委員会の様子  
(IMO本部(ロンドン))

COVID-19の  
影響で、最近の  
IMOの会議は  
**オンライン形式**  
で開催。



2020年11月開催の海洋環境保護委員会の様子  
(**オンライン**形式)

国際海運の世界統一の環境ルールは、国連の専門機関である国際海事機関(IMO)の海洋環境保護委員会(MEPC、議長:斎藤英明氏(国土交通省大臣官房技術審議官))において審議・策定。

【これまでの成果(いずれも日本主導で策定)】

- 2013年 **新造船の燃費性能規制** 導入以降、段階的に強化。省エネ船舶の普及を促進。
- 2019年 **燃料油消費量報告制度** 毎年の運航データを報告・集約。船舶の燃費実績を見える化。

【現在、審議中のルール】

**既存船の燃費性能規制**

既存船への燃費規制適用は初。性能の劣る既存船にペナルティ(出力制限や改造による燃費改善)を与え、新造船への代替を促進。本ルールは、日本主導での19カ国\*での共同提案がベース。

\* 日本、韓国、中国、シンガポール、マレーシア、インド、イタリア、キプロス、クロアチア、スペイン、デンマーク、ドイツ、フランス、ノルウェー、UAE、ガーナ、ナイジェリア、カナダ、パハマ、国際海運会議所

- 2020年 MEPC75(11/16-20)で条約改正案を承認。
- 2021年 MEPC76(6/10-17)で条約改正案を採択予定。
- 2023年 最短の場合には、2023年に発効の見込み。

**経済的手法**

国際海運の脱炭素化を一層加速させるため、抜本的な燃料転換等を促進する経済的手法(例:燃料油課金)の議論を開始予定。

【参考】

- 2018年のMEPC議長として、我が国の斎藤英明氏(国土交通省大臣官房技術審議官)がアジアから初めて議長に選出。
- 2019~2021年の議長にも連続して再選。



議事進行を行う斎藤議長



審議の様子

# 規制作りと技術開発を車の両輪として実施（事例紹介）

- IMOにおける規制作りと技術開発の促進を車の両輪として推進
- 新造船の燃費規制(EEDI規制)導入と省エネ技術開発の支援を平行して実施
- 日本建造船は、高い燃費性能で評価、受注シェアも向上

## IMOにおける規制策定の主導

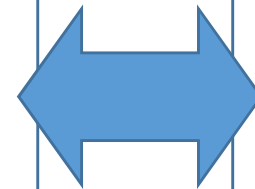
### 新造船の燃費規制

- ✓ 2008年から**日本船舶技術研究協会のプラットフォーム**で産官学公と検討を行った上で、**日本から提案**
- ✓ 2011年採択、2013年から実施、2015年以降段階的に規制強化

## 国内における環境技術開発の推進

### 海洋環境イニシアチブ

- ✓ 2009年から2016年にわたって、国の予算事業として、**補助総額約32億円**を投下
- ✓ **我が国造船業界の先進的な省エネ技術開発への補助**を実施。



IMOの燃費規制に合わせ、我が国建造船の環境性能をいち早く向上させ、

**日本への建造発注の増加（世界シェア2013年13%⇒2015年32%）**

## 目次

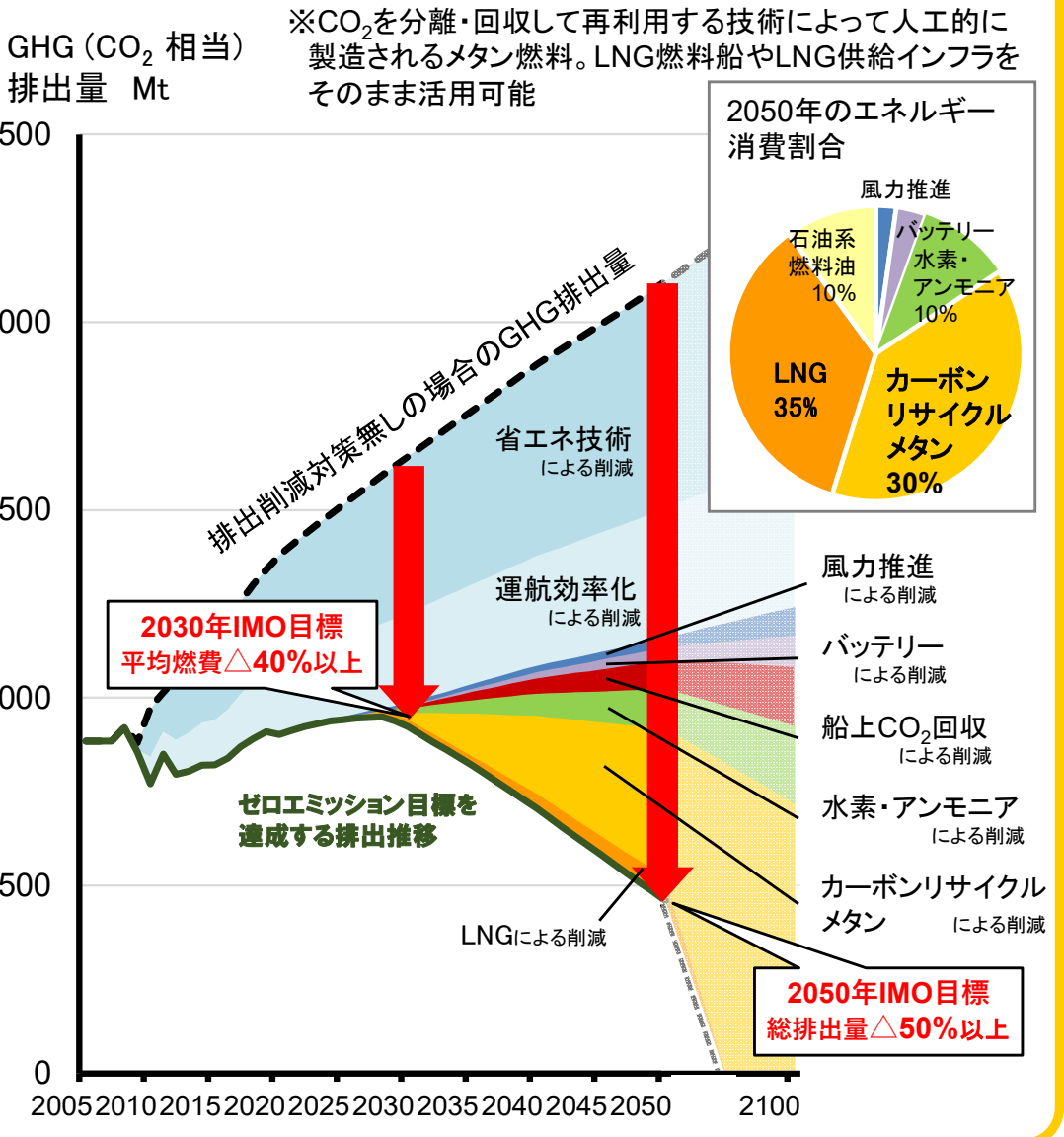
1. 弊会のご紹介
2. 産学官公の連携による日本主導の国際ルール戦略
3. グリーン成長戦略としてのゼロエミッション船開発戦略
4. ゼロエミッション船の実現に向けた課題（他業界との連携含む）

	利点	課題
LNG (液化天然ガス)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 実用化済(-163°Cで貯蔵)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub>削減量が不十分(重油から約26%減)。</li> <li>• メタンスリップ(温室効果がCO<sub>2</sub>の約25倍)対策が必要。</li> </ul>
メタノール	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 実用化済</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub>削減量が不十分(重油から約10%減)。</li> </ul>
水素	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub>排出量ゼロ。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 極低温(-253°C)での液化貯蔵が必要。</li> <li>• 燃焼性が高く、制御が難しい。</li> <li>• タンク容積が大きい(重油の約4.5倍)。</li> </ul>
アンモニア	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub>排出量ゼロ。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 毒性があり、燃えにくい。</li> <li>• 排ガス中に、N<sub>2</sub>O(温室効果がCO<sub>2</sub>の約300倍)が発生する可能性がある。</li> </ul>
バイオメタン・ カーボンリサイ クルメタン(※)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 実質的にCO<sub>2</sub>排出量ゼロ。</li> <li>• LNG燃料船やLNGの供給インフラをそのまま使用可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub>排出量ゼロと取り扱うための国際的な仕組みが必要。</li> </ul>
船上CO <sub>2</sub> 回収	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 脱炭素燃料の供給に依らず、船舶で排出抑制が可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub>回収・貯蔵装置の小型化・回収効率の向上が必要。</li> </ul>
風力	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub>排出量ゼロ(自然エネルギーを利用)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 不安定、自然条件や進路に依存。</li> </ul>
バッテリー	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 小型船用は実用化済。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 容量不足、充電に時間を有する。</li> <li>• 一定年数で交換が必要。</li> </ul>

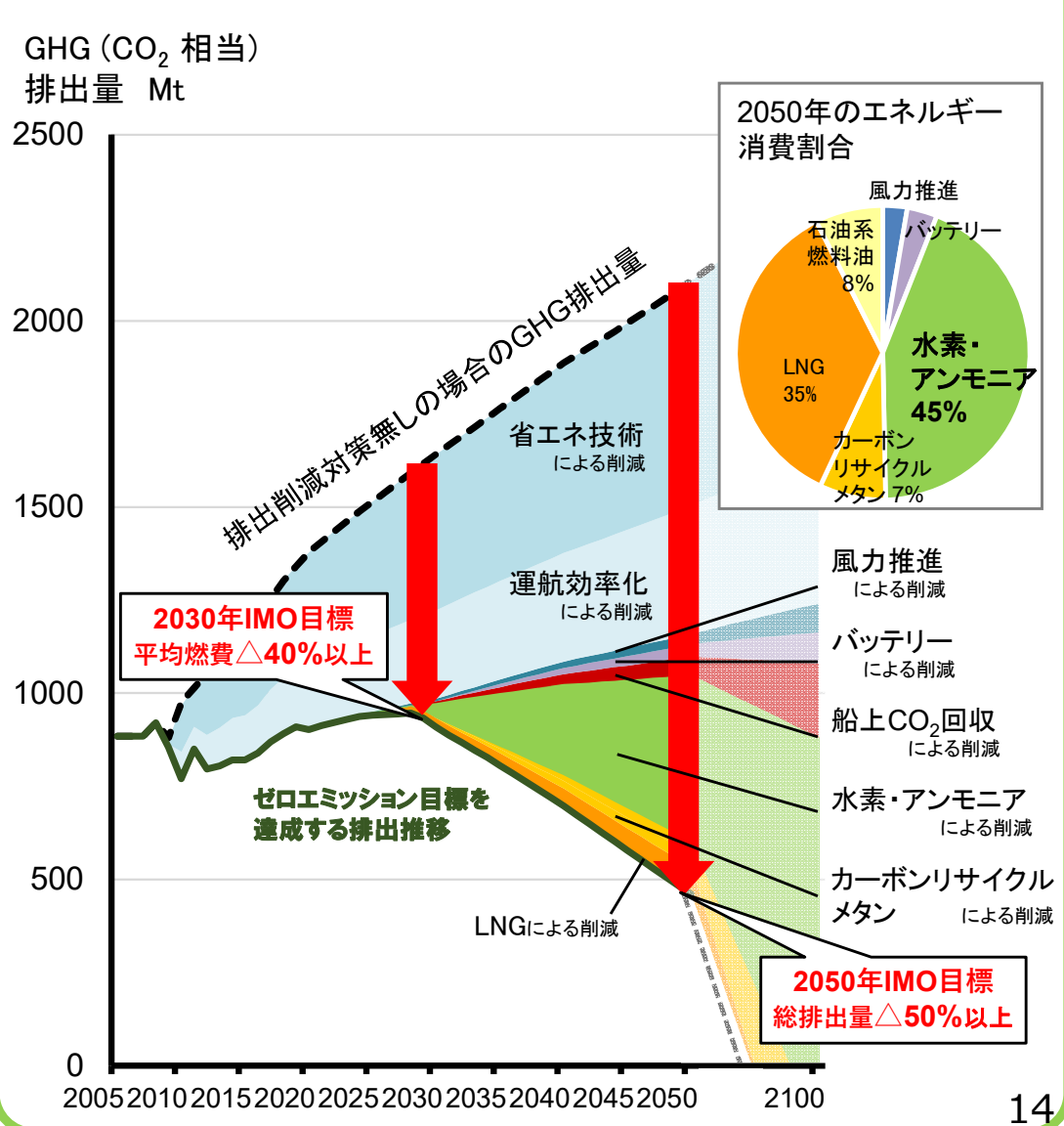
(※) 水素と回収したCO<sub>2</sub>によって、人工的に製造されるメタン燃料

## ◆ IMOのGHG削減目標を達成する国際海運の燃料転換シナリオとして、以下2つを策定

### LNG→カーボンリサイクルメタン\*移行シナリオ



### 水素・アンモニア拡大シナリオ



2025

2028

2030

2040

2050

**研究開発**

- 研究開発体制の強化
- 試設計
- 船体関係技術の開発 (タンク、船内移送・保管技術等)
- 機関関係技術の開発 (混焼 / 専焼)

新規開発するゼロエミッション技術の例

水素燃料関連機器

CO<sub>2</sub>回収装置  
CO<sub>2</sub>液化装置

アンモニア燃料タンク、アンモニア燃料エンジン

**技術の実証**

- 新燃料の実証試験 (混焼 / 専焼)
- 小型内航船から大型外航船にかけての段階的な実証

**導入促進**

制度導入に向けた国際交渉

- 新造船への代替を促す国際制度 (船舶の燃費性能規制、市場メカニズムやファイナンス制度等)

**関連ルールの検証・策定・改正**

- 安全規則
- 船員関連規則
- 燃費性能評価手法

第一世代ゼロエミ船の実船投入開始

燃料供給体制の整備



総量△50%以上  
(平均燃費約△80%相当) (2008年比)

ゼロエミッション船の将来イメージ

水素燃料船

超高効率LNG + 風力推進船

アンモニア燃料船

排出CO<sub>2</sub>回収船



- 将来におけるGHGゼロエミッションの実現に向けて、「国際海運GHGゼロ・エミッションプロジェクト」では、検討の中で有望とされた各種の代替燃料やCO<sub>2</sub>削減技術を使用した船舶のコンセプト設計を実施。
- あわせて、このコンセプト設計をベースとした、究極のエコシップ「ゼロエミッション船」のイメージを作成。

### C-ZERO Japan H<sub>2</sub>

我が国の陸上分野でも利用が広がっている水素燃料は、燃焼によるCO<sub>2</sub>が発生しないクリーンな燃料です。



C-ZERO Japan H<sub>2</sub> 主要目

全長	399.90 m
船長	383.00 m
全幅	61.50 m
深さ	33.00 m
液化水素タンク	30,000 m <sup>3</sup>
コンテナ個数	21,000 TEU
冷凍コンテナプラグ	1,100 TEU
計画速力	22.5 knots
航続距離	11,500 NM
主機最大出力	60,000 kW
発電機	5000kW×3台

### C-ZERO Japan LNG & Wind

世界各国で導入が進んでいるLNG燃料は、現在主流の船舶用C重油に比べるとCO<sub>2</sub>排出量を20%程度削減できます。低速設計や風力推進等の既存技術を更に組み合わせると、CO<sub>2</sub>排出量の削減率を86%まで高めることが可能です。将来的には、カーボンリサイクル燃料の導入によりゼロエミッションの達成も可能となります。



C-ZERO Japan LNG & Wind 主要目

全長	229.00 m
船長	225.00 m
全幅	42.00 m
深さ	20.60 m
載貨重量	102,000 ton
LNGタンク	3,800 m <sup>3</sup>
計画速力	11.5 knots
推進モーター定格出力	1,750kW×2台

### C-ZERO Japan NH<sub>3</sub>

アンモニアも、水素と同様に燃焼に際してCO<sub>2</sub>を発生しません。毒性など注意すべき課題はありますが、水素と比べると貯蔵が容易です。



C-ZERO Japan NH<sub>3</sub> 主要目

全長	233.00 m
船長	225.5 m
全幅	32.26 m
深さ	20.10 m
載貨重量	81,000 ton
アンモニアタンク	1,550 m <sup>3</sup>
計画速力	14.2 knots
主機最大出力	9,660 kW
発電機	600 kW×3台

### C-ZERO Japan Capture

排気ガスからCO<sub>2</sub>を回収する技術は、陸上の発電所等では実用化されつつあります。CO<sub>2</sub>回収装置を船舶に搭載できるようになれば、燃料を選ばずにCO<sub>2</sub>排出ゼロの達成が可能となります。

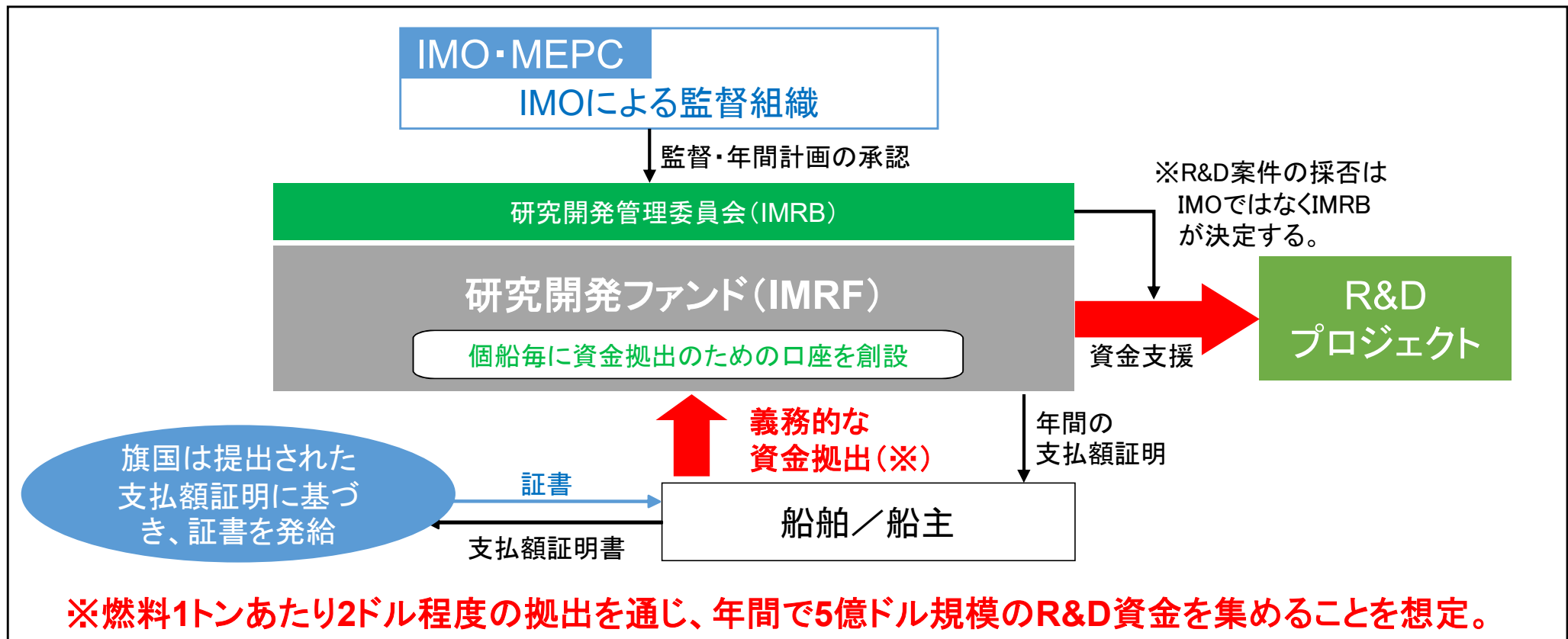


C-ZERO Japan Capture 主要目

全長	399.90 m
船長	383.00 m
全幅	61.00 m
深さ	33.50 m
コンテナ個数	21,300 TEU
メタノールタンク	13,200 m <sup>3</sup>
CO2タンク	6,400 m <sup>3</sup> × 2 sets
計画速力	21.8 knots
主機最大出力	55,000 kW
発電機	6,870 kW × 5台

- 2019年12月、複数の国際海運団体による共同提案。 ※共同提案団体： ICS、BIMCO、CLIA、INTERCARGO、INTERFERRY、INTERTANKO、IPTA、WSC
- MEPC75(2021年11月)において実質審議の開始。
- 外航船舶に対し、燃料消費トン当たり\$2程度の資金拠出を義務付け。
- 当該資金を財源に、国際的な研究開発基金(IMRF: IMO Maritime Research Fund)を創設し、低炭素技術の研究開発を支援。

## 構想の経緯・概要



- IMRFは、第75回海洋環境保護委員会（MEPC 75、2020年11月16日）の審議の結果、有志国で引き続き検討を進め、更なる具体的な提案を提出することとなった。
- 現在、我が国は国際海運団体と連携し、IMRFの条約改正案等の素案について議論中。
- MEPC76に条約改正案を日本主導で提案予定。

## 目次

1. 弊会のご紹介
2. 産学官公の連携による日本主導の国際ルール戦略
3. グリーン成長戦略としてのゼロエミッション船開発戦略
4. ゼロエミッション船の実現に向けた課題（他業界との連携含む）

- 技術開発

- 公的金融（出融資等）やIMRF等の枠組みを活用できるのではないか。

- 船価やオペレーションコストの上昇

- 海運事業者だけでこれら費用を負担するのは限界があるのではないか。

- 新燃料の価格低減

- 従来の燃料に比べて著しく高価な場合、普及が遅れる可能性があるのでは。

- 燃料供給体制の整備

- 安全な燃料供給が可能なバンカリング体制の整備が必要。

# 参考資料

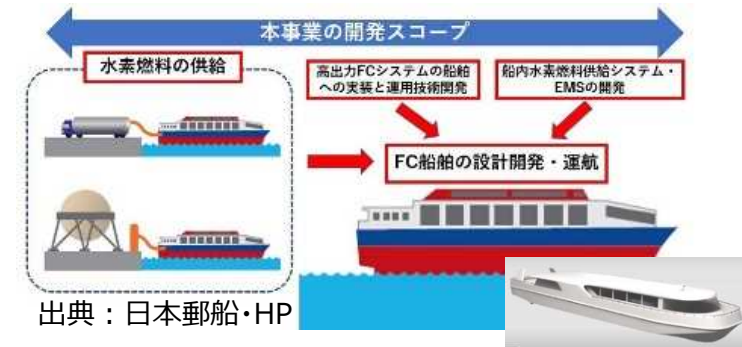
- 小型の内航旅客船やプレジャーボートを対象として、水素燃料電池船の開発・実証が活発に進められている。
- 水素燃料電池は、出力や容量の制約から短距離・小型船での利用に適したシステムであり、かつ、内燃機関の船舶に比べて船内の騒音を大幅に軽減するメリットがあるため、内航船（特に旅客船）への活用が期待される。  
一方、長距離運航・大出力を必要とする大型の外航船では水素燃料電池の利用は困難である。

## 水素燃料電池船

### 高出力燃料電池搭載の内航船の開発（2020年～2025年）

- 日本郵船等（※1）が共同で、高出力燃料電池を搭載した内航向け中型観光船を開発を行い、2024年の実証運航（日本初）を目指す。同事業はNEDOの技術開発として採択された。

※1 日本郵船、川崎重工業、東芝エネルギーシステムズ、日本海事協会、ENEOS



出典：日本郵船・HP

高出力FC船の開発・実証事業イメージ

### 水素燃料電池船と船舶用ステーションの開発（2020年～2025年）

- 岩谷産業等（※2）が共同で、水素燃料電池船と水素供給・夜間充電の船舶用ステーションの商用化運用のフェジビリティスタディを開始。
- 2024年から実証実験を始め、大阪・関西万博の開催中に旅客船としての運航を目指す（万博後も商用利用を予定）。

※2 岩谷産業、東京海洋大学、関西電力、名村造船所、日本政策投資銀行（公表機関のみ）

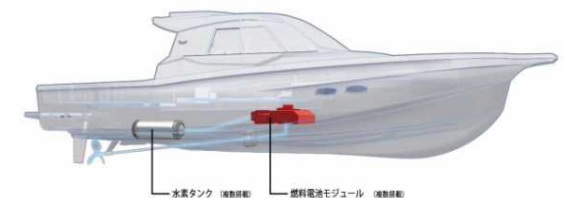


出典：岩谷産業HP

水素燃料電池船の完成イメージ

### 船用燃料電池システムの開発（2020年～）

- ヤンマーHD・ヤンマーパワーテクノロジーが、トヨタMIRAI用燃料電池ユニットと高圧水素タンクを使用した船舶用燃料電池システムの開発を開始。
- 2020年度内を目標に自社製ボートによる実証試験を実施し、燃料電池ユニット等のマリナイズによる搭載性及び航続時間の向上を目指す。



出典：ヤンマーHD・HP  
燃料電池ユニットパッケージングイメージ

- 大型の外航船に活用が期待されるカーボンフリーのガス燃料として、アンモニアを燃料とする内燃機関を搭載する船舶の共同開発や、アンモニア燃料サプライチェーン構築に関する研究が進められている。
- 日本の造船設計技術を集約し、中長期的な環境規制の強化に対応する高度な環境性能技術の開発や、次世代のGHG排出削減船の開発を行い、世界の海運業界にソリューションとして提案するため、今治造船等※が共同で（一財）次世代環境船舶開発センターを2020年10月に設立。

※ 今治造船、大島造船所、尾道造船、サノヤス造船、ジャパンマリンユナイテッド、新来島どつく、住友重機械マリンエンジニアリング、名村造船所、日本海事協会、三菱造船

## アンモニア燃料船

### アンモニア焚機関搭載船舶の共同開発（2020年～）

- 伊藤忠商事等（※1）が、ドイツのMAN社が開発を進めているアンモニアを燃料とする内燃機関を搭載する船舶の共同開発に取り組むことに合意。

※1 伊藤忠商事、今治造船、三井E&Sマシナリー、日本海事協会、伊藤忠エネクス

### 船用アンモニア燃料のサプライチェーン構築に向けた共同研究（2020年～）

- 伊藤忠商事等（※2）が、シンガポールでのアンモニア燃料の船用供給に関するサプライチェーン構築に関する共同研究に取り組んでいくことを合意。

※2 伊藤忠商事、伊藤忠エネクス、VOPAK Terminal Singapore Pte Ltd

### アンモニア燃料タグボートの開発（2020年～）

- 日本郵船等（※3）が共同でタグボートへのアンモニアの船用燃料導入に関して技術と運航の両面から研究開発を開始。

※3 日本郵船、IHI原動機、日本海事協会



出典：日本郵船・HP

アンモニア燃料タグボートの外観イメージ

## 水素燃料船

現在、水素を燃料とする内燃機関を搭載する船舶の開発案件で、公表されているものはない。