

国際海運ゼロエミッションへの道筋

— 2023 IMO GHG 削減戦略を理解する —

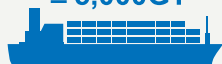
[日本語 / Japanese]

2030

40% improvement in energy efficiency

25% zero-emission fuels

≥ 5,000GT



GHG

2050

100% zero-emission fuels

GHG

2040

45% improvement in energy efficiency

72% zero-emission fuels

GHG

要旨

2023年7月、IMOは2018年に採択したGHG排出削減に関する初期戦略を改定し、2050年頃までのGHG排出ネットゼロ目標などを盛り込んだ2023 IMO GHG削減戦略を採択した。2023 IMO GHG削減戦略では、国際海運からのGHG排出削減目標や削減目安などの数値目標が次の通り掲げられている。なお、これらの目標および削減目安については、船舶が使用する燃料のライフサイクルGHG排出を考慮すべきであるとされている。

◆IMOで今後策定する対策(ルール)により達成を目指す目標

- ✓ 2050年頃までにGHG排出ネットゼロ
- ✓ 2030年までにゼロエミッション燃料などの5%~10%導入
- ✓ 2030年までにCO₂排出(単位輸送当たり)の40%削減(2008年比)

◆GHG排出ネットゼロ目標達成のための今後の削減目安

- ✓ 2030年までにGHG排出の20%~30%削減(2008年比)
- ✓ 2040年までにGHG排出の70%~80%削減(2008年比)

2023 IMO GHG削減戦略の数値目標が意味するものとは？

この度、日本海事協会(ClassNK)は、2023 IMO GHG削減戦略に関する理解の促進を目的として、2030年および2040年の削減目安とされている、GHG排出の2008年比での最低20%削減および最低70%削減などについて、これらを達成するために国際海運に許容される「GHG排出量」や必要となる「ゼロエミッション燃料・ゼロエミッション船の導入量」の試算を実施した¹。同試算結果の概要を次の通り示す。

◆2030年/2040年に国際海運に許容されるGHG排出量

2030年/2040年のGHG排出削減目安を達成するために国際海運に許容されるGHG排出量は表1の通りとなった。

2030年/2040年時点で国際海運に許容されるGHG排出量はそれぞれ5.85億トン/2.19億トンとなり、足元の2021年の7.98億トンよりそれぞれ約27%/73%の削減が必要となる。なお、このGHG排出量は、船舶が使用する燃料のライフサイクルGHG排出量として算出している。

表1-GHG排出削減目安を達成するために国際海運に許容される年間ライフサイクルGHG排出量

(単位: million ton CO_{2eq})

GHG排出量	2008年 (基準年)	2021年 (足元の実績)	2030年 削減目安 (2008年比20%削減)	2040年 削減目安 (2008年比70%削減)
ライフサイクルGHG排出量(WtW ²)	731	798	585	219
(内訳)GHG排出量(WtT ³)	110	122	88	33
GHG排出量(TtW ⁴)	621	676	497	186

(出典: ClassNK 試算)

¹ 国際航海に従事する総トン数5,000トン以上の船舶(IMO DCS対象船)を対象に試算した。

² 燃料の製造、輸送、貯蔵、船上使用におけるライフサイクル全体でのGHG排出。Well(井戸)からWake(航跡)まで。

³ 燃料の製造、輸送、貯蔵におけるGHG排出。Well(井戸)からTank(タンク)まで。

⁴ 燃料の船上使用におけるGHG排出。Tank(タンク)からWake(航跡)まで。

◆GHG 排出削減目安を達成するために必要となるゼロエミッション燃料・ゼロエミッション船の導入量

2030 年/2040 年の GHG 排出削減目安を達成するために必要となるゼロエミッション燃料およびゼロエミッション船の導入量は表 2 の通りとなった。

2030 年/2040 年の GHG 排出削減目安を達成するためには、国際海運で使用する燃料のうち、ゼロエミッション燃料をそれぞれ 25%導入/72%導入⁵する必要がある。このためには、現在の全セクター向けの生産規模に相当する(2030 年)、もしくはそれを上回る(2040 年)規模でのグリーン水素由来などのメタノールやアンモニアの確保が必要となる。

このゼロエミッション燃料導入量を使用するゼロエミッション船を確保するためには、2027 年～2030 年の 4 年間に新造船建造および既存船改造により年間 8,500 万 GT⁶のゼロエミッション船の導入が必要となる。また、その後、2040 年の GHG 排出削減目安の達成に必要なゼロエミッション船を確保するためには、2031 年～2040 年の 10 年間に新造船建造および既存船改造により年間 7,700 万 GT のゼロエミッション船の導入が必要となる。

表 2－GHG 排出削減目安を達成するために必要となるゼロエミッション燃料・ゼロエミッション船の導入量

		2030 年 GHG 排出削減目安達成 (ゼロエミ燃料 25%)	2040 年 GHG 排出削減目安達成 (ゼロエミ燃料 72%)	現在の全セクター向け 生産規模
ゼロエミ燃料の 導入量	メタノールの場合	106 mil. ton	311 mil. ton	106 mil. ton/年 (内、ゼロエミ燃料は 1%未満)
	アンモニアの場合	114 mil. ton	333 mil. ton	183 mil. ton/年 (内、ゼロエミ燃料は 1%未満)
ゼロエミ船の 導入量	～2026 年(発注残)	新造船 12 mil. GT	←	-
	2027 年～2030 年	新造船・改造 85 mil. GT/年	←	-
	2031 年～2040 年	-	新造船・改造 77 mil. GT/年	-
	合計	352 mil. GT	1,122 mil. GT	-
ライフサイクル GHG 排出量(WtW)		580 mil. ton CO _{2eq} (2008 年比 20.7%削減)	214 mil. ton CO _{2eq} (2008 年比 70.7%削減)	-

(出典:ClassNK 試算)

2030 年の GHG 排出削減目安の達成にはゼロエミッション燃料の 25%導入が必要であることを踏まえると、2023 IMO GHG 削減戦略における目標の一つである、ゼロエミッション燃料の 5%～10%導入の達成のみでは、2030 年の GHG 排出削減目安の達成は困難であると言える。

2030 年の GHG 排出削減目安の達成にはゼロエミッション船の早急な導入が求められるが、2030 年の GHG 排出削減目安の達成を経由しない場合でも、2027 年～2040 年の 14 年間で年間 8,000 万 GT のゼロエミッション船の導入が必要となる。

⁵ 消費エネルギーベース。

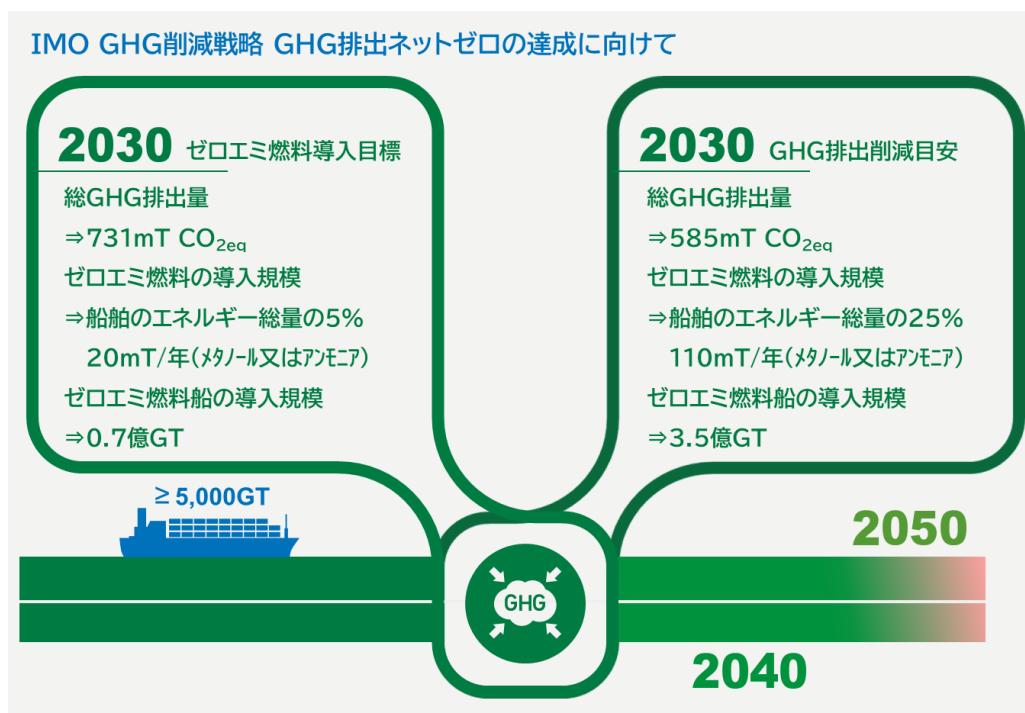
⁶ 現在の世界の造船建造量は年間約 6,000 万 GT。

2023 IMO GHG 削減戦略の数値目標の達成に向けて

2023 IMO GHG 削減戦略の数値目標を達成するためには、今後、国際海運において相当量のゼロエミッション燃料を確保する必要がある。一方で、現在のゼロエミッション燃料の生産規模を考慮すると、燃料の生産・流通セクターにおいては、カーボンフリーの水素や電力を含め、これまでの脱炭素化を上回るペースでの速やかな投資促進が必要となる。その投資判断を促すためには、有効なカーボンプライシングを含む規制の枠組みの早期導入が不可欠である。

ゼロエミッション船の建造・改造に関しては、毎年一定の規模での新造船建造および改造が行われれば、数値目標の達成に向けて、建造・改造能力に大幅な不足が生じる可能性は低いと考えられる。今後は、ゼロエミッション燃料の生産・流通基盤の整備のペースに合わせた建造・改造能力の確保が肝要となる。

当面の目標・目安となる 2030 年までに残された時間はわずかであり、2023 IMO GHG 削減戦略の下、国際海運が一体となってゼロエミッションへの道をたどるためにも、国際機関、各国政府、海事産業界、エネルギー業界、荷主、金融業界といった、すべてのステークホルダーの協調した取り組みが早急に求められる。



目次

略語集.....	5
はじめに.....	6
方法論.....	8
(A)GHG 排出量.....	9
(B)2021 年の船舶のエネルギー消費量.....	11
(C)海上輸送量.....	12
(D)船舶のエネルギー効率.....	13
(E)燃料の GHG 強度.....	14
2030 年燃料導入目標を達成するシナリオ.....	16
2030 年 GHG 排出削減目安を達成するシナリオ.....	19
2030 年 GHG 排出削減目安を達成するシナリオ (参考:バイオディーゼルの場合).....	21
2040 年 GHG 排出削減目安を達成するシナリオ.....	22
考察:2023 IMO GHG 削減戦略の数値目標の達成に向けて.....	24
付録.....	25
参考文献.....	33



略語集

AER	Annual Efficiency Ratio
CH₄	Methane
CII	Carbon Intensity Indicator
CO₂	Carbon Dioxide
CO_{2eq}	Carbon Dioxide equivalents
DCS	Data Collection System
EEDI	Energy Efficiency Design Index
EEXI	Energy Efficiency Existing Ship Index
EJ	Exajoule
EU	European Union
GHG	Greenhouse gas
GT	Gross Tonnage
GWP	Global Warming Potential
HFO	Heavy Fuel Oil
IMO	International Maritime Organization
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LFO	Light Fuel Oil
LNG	Liquefied Natural Gas
LPG	Liquefied Petroleum Gas
MDO	Marine Diesel Oil
MGO	Marine Gas Oil
MJ	Megajoule
N₂O	Nitrous Oxide
TtW	Tank-to-Wake
WtT	Well-to-Tank
WtW	Well-to-Wake

はじめに

2023 IMO GHG 削減戦略

2023年7月、IMOは2018年に採択したGHG排出削減に関する初期戦略を改定し、2050年頃までのGHG排出ネットゼロ目標などを盛り込んだ、2023 IMO GHG 削減戦略を採択した。2023 IMO GHG 削減戦略では、国際海運からのGHG排出削減に関する「ビジョン」、「削減目標」、および「削減目安」が削減対策などと共に掲げられている。

◆ビジョン(Vision)

IMOは、国際海運からのGHG排出削減に引き続き取り組み、また、喫緊の課題として、本戦略の文脈において、公正かつ公平な移行を推進しつつ、可能な限り早い時期にGHG排出を段階的に削減(phase out)する。

◆削減目標(Levels of ambition)

1. 新造船のエネルギー効率の更なる改善を通じた船舶の炭素強度の引き下げ
 - 船舶のエネルギー効率設計要件の強化を目的として見直す。
2. 国際海運の炭素強度の引き下げ
 - 国際海運全体の平均として、単位輸送当たりのCO₂排出を2030年までに2008年比で少なくとも40%削減する。
3. GHG排出ゼロあるいはGHG排出ゼロに近い技術、燃料、エネルギー源の導入拡大
 - 2030年までに、国際海運が消費するエネルギーの内の少なくとも5%、そして10%を目指して、GHG排出ゼロあるいはGHG排出ゼロに近い技術、燃料、エネルギー源を導入する。
4. 国際海運からのGHG排出ネットゼロ実現
 - 国際海運からのGHG排出を可能な限り早い時期にピークアウトさせ、2050年までに、もしくは、2050年頃に、すなわち2050年に近い時期に、GHG排出ネットゼロを実現する。その一方で、パリ協定の第2条で定められた長期的な気温目標との整合性を保ちながら、「ビジョン」で提唱されているGHG排出の段階的な削減(phase out)に向けた取り組みを推進する。

◆削減目安(Indicative checkpoints)

1. 国際海運からの年間GHG総排出を2030年までに2008年比で少なくとも20%、さらに30%を目指して削減する。
2. 国際海運からの年間GHG総排出を2040年までに2008年比で少なくとも70%、さらに80%を目指して削減する。

表3-2023 IMO GHG 削減戦略

	2018年 初期戦略 (船上排出：Tank-to-Wake)	2023年 改定戦略 (ライフサイクル：Well-to-Wake)
ビジョン 最終的な 努力目標	GHGゼロ排出 (到達時期：今世紀中出来る限り早期)	GHGゼロ排出 (到達時期：出来る限り早期)
目標 レベル	■ 年間GHG総排出量目標 (2008年比) 2050年までに 最低50%削減	2030年までに 最低20%削減, 30%削減を目指す (削減目安) 2040年までに 最低70%削減, 80%削減を目指す (削減目安) 2050年頃までに ネット排出ゼロ
	■ GHG排出ゼロまたは排出ゼロに近い技術/燃料/エネルギー源の普及目標 (対 総エネルギー使用量)	2030年までに 最低5%普及, 10%普及を目指す
	■ 輸送効率 (単位輸送ごとのCO₂排出量) の改善目標 (2008年比) 2030年までに 最低40%改善 2050年までに 最低70%改善	2030年までに 最低40%改善

(出典:ClassNK 作成)

GHG 排出削減のための中期対策

IMO では、更なる GHG 排出削減のための中期対策として、技術的な要素と経済的な要素の両方から構成される対策案の検討を進めていくこと、および、当該検討のスケジュールなどがすでに合意されている。具体的には、船舶の年間 GHG 排出強度を段階的に削減していく制度(GHG Fuel Standard)や GHG 排出量に応じた課金制度(Levy)、化石燃料船への課金とゼロエミッション船への還付を組み合わせた制度(Feebate)などについて、各々が含む技術的な要素と経済的な要素の組み合わせに対する包括的影響評価を行った上で、同評価結果を考慮して制度案を具体化していくこととなっている。また、中期対策の具体的な制度を 2025 年中に IMO で採択し、2027 年に発効を目指すスケジュールが合意されており、これらは 2023 IMO GHG 削減戦略に盛り込まれている。

2023 IMO GHG 削減戦略の数値目標が意味するものとは？

2023 IMO GHG 削減戦略が採択された一方で、同削減戦略が国際海運にとって意味するところ、すなわち、「2023 IMO GHG 削減戦略の数値目標を達成するために国際海運に許容される GHG 排出量はどの程度であり、また、ゼロエミッション燃料やゼロエミッション船が国際海運にどの程度導入されていれば数値目標を達成することができるのか？」に関しては、現時点で海運業界内での共通認識はない。

そこで、この度、ClassNK は、2050 年 GHG 排出ネットゼロに向けた 2030 年および 2040 年の削減目安とされている、GHG 排出の 2008 年比で最低 20%削減・最低 70%削減などについて、これらを達成するために国際海運に許容される「GHG 排出量」および必要となる「ゼロエミッション燃料・ゼロエミッション船の導入量」の試算を実施した。

本書の目的は、2023 IMO GHG 削減戦略が求める行動を数値で視覚化し、同削減戦略に関する理解を促進することで、業界関係者間の幅広い議論を喚起し、国際海運ゼロエミッションの実現に向けた取り組みの加速に貢献することにある。本書が、国際海運ゼロエミッションの実現に向けて、海運に携わるすべてのステークホルダーの今後の取り組み検討の一助となれば幸いである。

方法論

本書では、次の方法により、2030年/2040年のGHG排出削減目安を達成するために国際海運に許容される「GHG排出量」および必要となる「ゼロエミッション燃料・ゼロエミッション船の導入量」を視覚化した。

◆GHG 排出量の算出方法

足元の2021年の船舶の燃料消費量を基に、海上輸送量の増加率および船舶のエネルギー効率の改善率を加味して2008年のGHG排出量を推定し、2030年/2040年のGHG排出削減目安を達成するために許容される(A)GHG排出量を算出。

◆ゼロエミッション燃料・ゼロエミッション船の導入量の算出方法

1. 足元の(B)2021年の船舶のエネルギー消費量を基に、今後の(C)海上輸送量の増加率および(D)船舶のエネルギー効率の改善率を考慮した上で、2030年/2040年の船舶のエネルギー消費量を算出。

$$\begin{aligned} & 2021 \text{ 年の船舶のエネルギー消費量} \times \text{海上輸送量増加率} \times \text{船舶のエネルギー効率改善率} \\ & = 2030 \text{ 年/2040 年の船舶のエネルギー消費量} \end{aligned}$$

2. 2030年/2040年の船舶のエネルギー消費量を賄う従来燃料やゼロエミッション燃料などの燃料構成を検討し、「それぞれの(E)燃料のGHG強度」を基に算出したGHG排出量と「GHG排出削減目安を達成するために許容されるGHG排出量」を比較。

$$\begin{aligned} & 2030 \text{ 年/2040 年の船舶のエネルギー消費量} \times \sum (\text{各燃料シェア} \times \text{各燃料のGHG強度}) \\ & \leq 2030 \text{ 年/2040 年のGHG排出削減目安を達成するために許容されるGHG排出量} \end{aligned}$$

3. 2.が合致するシナリオに関して、必要となるゼロエミッション燃料やゼロエミッション船の導入量を算出。

試算における船舶およびGHG排出量のスコープは次の通りとした。

◆船舶のスコープ

国際航海に従事する総トン数5,000トン以上の船舶(IMO DCS⁷対象船)。

◆GHG 排出量のスコープ

船舶が使用する燃料の製造、輸送、貯蔵、船上使用におけるライフサイクル全体でのGHG排出量(WtW排出量)。

⁷ IMOにおける燃料消費量実績報告制度(2019年開始)。

(A)GHG 排出量

2030年/2040年のGHG排出削減目安を達成するために国際海運に許容されるGHG排出量

2023 IMO GHG 削減戦略においては、2008年を基準年として、2030年/2040年までのGHG排出削減目安が掲げられているものの、2008年時点での年間ライフサイクルGHG排出量やGHG排出削減目安を達成する年間ライフサイクルGHG排出量に関して、IMO内で合意された数値はない(今後、IMO内で議論されるものと思われる)。そこで、2023 IMO GHG 削減戦略が求める行動を視覚化するために、2008年、足元の2021年、および、2030年/2040年に国際海運に許容される年間ライフサイクルGHG排出量を試算した。結果は表4の通りとなった。

表4-GHG排出削減目安を達成するために国際海運に許容される年間ライフサイクルGHG排出量

(単位: million ton CO_{2eq})

GHG 排出量	2008年 (基準年)	2021年 (足元の実績)	2030年 削減目安 (2008年比 20%削減)	2040年 削減目安 (2008年比 70%削減)
ライフサイクルGHG排出量(WtW)	731	798	585	219
(内訳)GHG排出量(WtT)	110	122	88	33
GHG排出量(TtW)	621	676	497	186

(出典: ClassNK 試算)

(注記)

- GHG排出量にはCO₂排出量、CH₄排出量、N₂O排出量を含む。
- 排出係数およびLNG燃料のメタンスリップはEUのFuelEU Maritime規則⁸に掲載の排出係数およびメタンスリップ比率(1.7%)を使用。
- CO₂/CH₄/N₂OのGWPはIPCC Fifth Assessment Report(AR5)のGWP100を使用(CO₂:1、CH₄:28、N₂O:265)。

◆2008年GHG排出量

2021年の船舶のエネルギー消費量に、2008年から2021年までの「海上輸送量増加率」(+40%:推定値)および「船舶のエネルギー効率改善率」(-22%:推定値)を除することで2008年の船舶のエネルギー消費量を推計。推計された2008年の船舶のエネルギー消費量を基に、2008年当時の燃料構成⁹を考慮した上で2008年のGHG排出量を算出し、結果は7.31億トンとなった。

◆2021年GHG排出量

IMOより公表されている最新2021年の船舶の燃料消費量(IMO DCSデータの集計値:表5)¹⁰を基に2021年のGHG排出量を算出し、結果は7.98億トンとなった。

2008年のGHG排出量7.31億トンを基準とすると、2030年/2040年に国際海運に許容されるGHG排出量はそれぞれ5.85億トン/2.19億トンとなり、足元の2021年の7.98億トンよりそれぞれ約27%/73%の削減が必要となる。

⁸ REGULATION (EU) 2023/1805 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 September 2023 on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC

⁹ Third IMO GHG Study 2014, Table 3 参照。

¹⁰ MEPC 79/6/1

表 5－2021 年の船舶の燃料消費量(IMO DCS データの集計値)

(単位:ton)

燃料種類	燃料消費量
Diesel Gas/Oil (MDO/MGO)	25,732,999
Ethanol	4,849
Heavy Fuel Oil (HFO)	109,169,447
Light Fuel Oil (LFO)	64,479,128
Liquefied Natural Gas (LNG)	12,623,121
Liquefied Petroleum Gas (LPG) - Butane	2,028
Liquefied Petroleum Gas (LPG) - Propane	34,973
Methanol	13,031
Other	170,501

(出典:MEPC 79/6/1 を基に ClassNK 作成)



(B)2021 年の船舶のエネルギー消費量

2021 年の船舶のエネルギー消費量は、IMO より公表されている最新 2021 年の船舶の燃料消費量(IMO DCS データの集計値)を基に表 6 の通り算出し¹¹、結果は 8.79 EJ となった。

$$\begin{aligned}
 & 2021 \text{ 年の船舶のエネルギー消費量} \times \text{海上輸送量増加率} \times \text{船舶のエネルギー効率改善率} \\
 & 8.79 \text{ EJ} \\
 & = 2030 \text{ 年}/2040 \text{ 年の船舶のエネルギー消費量}
 \end{aligned}$$

表 6－2021 年の船舶の燃料消費量およびエネルギー消費量

燃料種類	燃料消費量 [ton]	エネルギー消費量 [EJ]
Diesel Gas/Oil (MDO/MGO)	25,732,999	1.10
Ethanol	4,849	-
Heavy Fuel Oil (HFO)	109,169,447	4.42
Light Fuel Oil (LFO)	64,479,128	2.64
Liquefied Natural Gas (LNG)	12,623,121	0.62
Liquefied Petroleum Gas (LPG) - Butane	2,028	0.0001
Liquefied Petroleum Gas (LPG) - Propane	34,973	0.002
Methanol	13,031	0.0003
Other	170,501	-

合計 8.79

(出典:ClassNK 試算)

(注記)

- 四捨五入の関係により内訳と合計は一致しない。

¹¹ 低位発熱量は EU の FuelEU Maritime 規則に掲載の低位発熱量を使用。

(C)海上輸送量

海上輸送量は、GHG 排出削減目安の達成に大きな影響を与える。世界の貿易拡大に伴い、海上輸送量(トンマイル)が増加すれば、従来燃料の使用を継続する限り GHG 排出量は増加し、GHG 排出削減目安の達成難易度は高まる。

海上輸送量は、Fourth IMO GHG Study 2020 における海上輸送量シナリオを参考に、2021 年から 2030 年にかけて 25%増加、2021 年から 2040 年にかけて 39%増加する場合を Base case とした¹²。

$$2021 \text{ 年の船舶のエネルギー消費量} \times \text{海上輸送量増加率} \times \text{船舶のエネルギー効率改善率} \\ +25\%/+39\% \\ = 2030 \text{ 年}/2040 \text{ 年の船舶のエネルギー消費量}$$

表 7－想定海上輸送量

(単位:billion ton-mile)

シナリオ	2008 年	2018 年	2021 年	2030 年	2040 年	2050 年
Base case ¹³ (2021 年比)	42,000	59,000	59,000	74,000 (+25%)	82,000 (+39%)	89,500 (+52%)
High case ¹⁴ (2021 年比)	42,000	59,000	59,000	88,000 (+49%)	109,000 (+85%)	126,000 (+114%)
Low case ¹⁵ (2021 年比)	42,000	59,000	59,000	67,000 (+14%)	76,000 (+29%)	82,000 (+39%)

(出典:ClassNK 試算)

表 8－海上輸送量(トンマイル)の主な 12 のシナリオ

Scenario	2018	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
SSP1_RCP19_G	59,230	62,325	66,513	70,718	74,748	78,894	83,850	88,222
SSP1_RCP60_G	59,230	62,658	71,758	79,580	86,313	92,376	98,000	102,981
SSP2_RCP19_G	59,230	62,616	67,206	71,907	75,242	78,475	80,895	84,206
SSP2_RCP60_G	59,230	62,619	72,318	80,691	87,696	94,013	99,853	105,388
SSP3_RCP34_G	59,230	61,733	68,249	73,563	75,337	77,171	80,097	82,728
SSP3_RCP60_G	59,230	61,733	68,844	74,810	78,730	82,325	85,366	88,107
SSP4_RCP26_G	59,230	62,331	68,305	72,744	76,570	79,750	82,162	84,157
SSP4_RCP60_G	59,230	62,331	70,864	77,742	82,722	87,030	90,479	93,472
SSP5_RCP19_G	59,230	63,289	74,133	85,008	89,869	95,049	97,299	100,620
SSP5_RCP60_G	59,230	63,289	75,973	88,207	98,646	108,584	117,920	126,971
OECD_RCP26_G	59,230	57,679	62,826	67,471	71,613	75,799	79,073	82,464
OECD_RCP45_G	59,230	57,692	64,656	70,875	76,384	81,766	86,549	91,204

(出典:Fourth IMO GHG Study 2020, Table 36)

¹² Base case 以外の場合の試算結果については付録に掲載。

¹³ 表 8 掲載の 12 のシナリオを基に、平均的な海上輸送量の増加を想定。

¹⁴ 表 8 掲載の 12 のシナリオのうち、海上輸送量の増加が最大となる場合。

¹⁵ 表 8 掲載の 12 のシナリオのうち、海上輸送量の増加が最小となる場合。

(D)船舶のエネルギー効率

船舶のエネルギー効率は、GHG 排出削減目安の達成に大きな影響を与える。各船舶のエネルギー効率が改善すれば、燃料消費量の削減に伴い GHG 排出量は減少し、GHG 排出削減目安の達成に貢献する。

2023 IMO GHG 削減戦略では、次の輸送効率改善目標が掲げられている。

- 国際海運全体の平均として、単位輸送当たりの CO₂ 排出を 2030 年までに 2008 年比で少なくとも 40%削減する。

船舶のエネルギー効率は、輸送効率改善目標の達成を前提として、2021 年から 2030 年にかけて 23%改善¹⁶、2021 年から 2040 年にかけて 30%改善¹⁷すると想定した。

$$2021 \text{ 年の船舶のエネルギー消費量} \times \text{海上輸送量増加率} \times \text{船舶のエネルギー効率改善率} \\ = 2030 \text{ 年/2040 年の船舶のエネルギー消費量} \\ -23\%/-30\%$$

表 9－2018 年までの輸送効率

Year	EEOI (gCO ₂ /t/nm)				AER (gCO ₂ /dwt/nm)				DIST (kgCO ₂ /nm)				TIME (tCO ₂ /hr)			
	Vessel-based		Voyage-based		Vessel-based		Voyage-based		Vessel-based		Voyage-based		Vessel-based		Voyage-based	
	Value	Change	Value	Change	Value	Change	Value	Change	Value	Change	Value	Change	Value	Change	Value	Change
2008	17.10	-	15.16	-	8.08	-	7.40	-	306.46	-	350.36	-	3.64	-	4.38	-
2012	13.16	-23.1%	12.19	-19.6%	7.06	-12.7%	6.61	-10.7%	362.65	18.3%	387.01	10.5%	4.32	18.6%	4.74	8.1%
2013	12.87	-24.7%	11.83	-22.0%	6.89	-14.8%	6.40	-13.5%	357.73	16.7%	380.68	8.7%	4.18	14.6%	4.57	4.1%
2014	12.34	-27.9%	11.29	-25.6%	6.71	-16.9%	6.20	-16.1%	360.44	17.6%	382.09	9.1%	4.17	14.4%	4.54	3.5%
2015	12.33	-27.9%	11.30	-25.5%	6.64	-17.8%	6.15	-16.9%	366.56	19.6%	388.62	10.9%	4.25	16.6%	4.64	5.7%
2016	12.22	-28.6%	11.21	-26.1%	6.58	-18.6%	6.09	-17.7%	373.46	21.9%	397.05	13.3%	4.35	19.3%	4.77	8.7%
2017	11.87	-30.6%	10.88	-28.2%	6.43	-20.4%	5.96	-19.5%	370.97	21.0%	399.38	14.0%	4.31	18.2%	4.79	9.2%
2018	11.67	-31.8%	10.70	-29.4%	6.31	-22.0%	5.84	-21.0%	376.81	23.0%	401.91	14.7%	4.34	19.1%	4.79	9.2%

(出典:Fourth IMO GHG Study 2020, Table 2)

IMO では 2023 年より CII 燃費実績格付け制度が開始された。同制度の開始に伴い、今後は各船舶において格付けの維持・改善を目的として実燃費改善が図られることが予想される。同制度は、設計燃費規制である EEDI 規制/EEXI 規制と共に、船舶のエネルギー効率のより一層の改善に寄与する。

¹⁶ 2008 年比 40%改善に相当(AER ベース)。

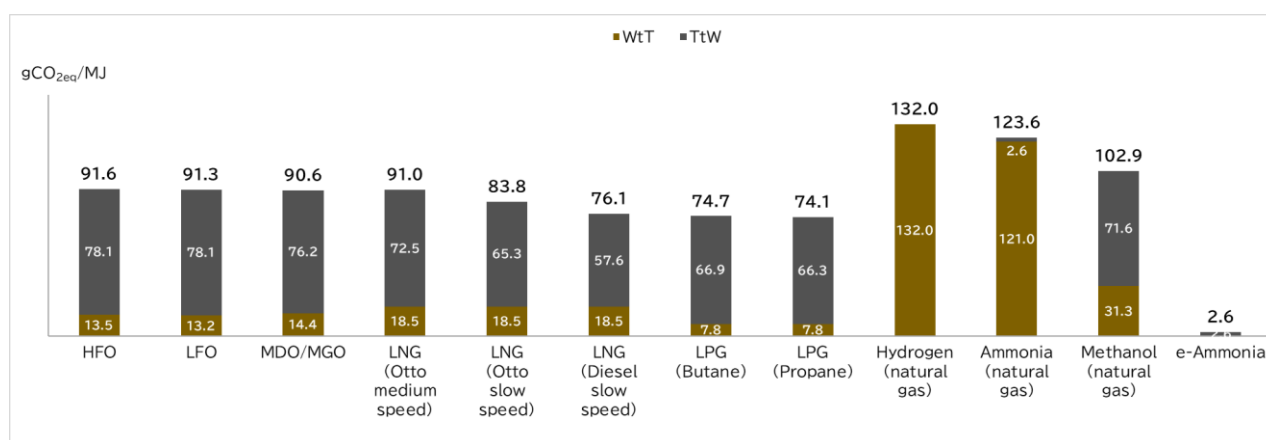
¹⁷ 2008 年比 45%改善に相当(AER ベース)。

(E)燃料の GHG 強度

燃料の GHG 強度とは？

燃料の GHG 強度とは、燃料の単位エネルギー当たりの GHG 排出量を意味する。GHG 強度をライフサイクル全体 (WtW) で評価する場合は、WtT での GHG 強度と TtW での GHG 強度の合計値が WtW での GHG 強度となる。

代表的な燃料の GHG 強度は図 1 の通りであり、GHG 強度は燃料種類・製造方法毎に定められた排出係数を基に算出可能である。



(出典: FuelEU Maritime 規則に掲載の排出係数などを基に ClassNK 作成)

図 1 - 燃料種類別の GHG 強度

GHG 強度をライフサイクル全体 (WtW) で評価する場合には、例えば、天然ガス由来の水素やアンモニア、メタノールの GHG 強度は、従来燃料以上の GHG 強度となり得ることに留意する必要がある。

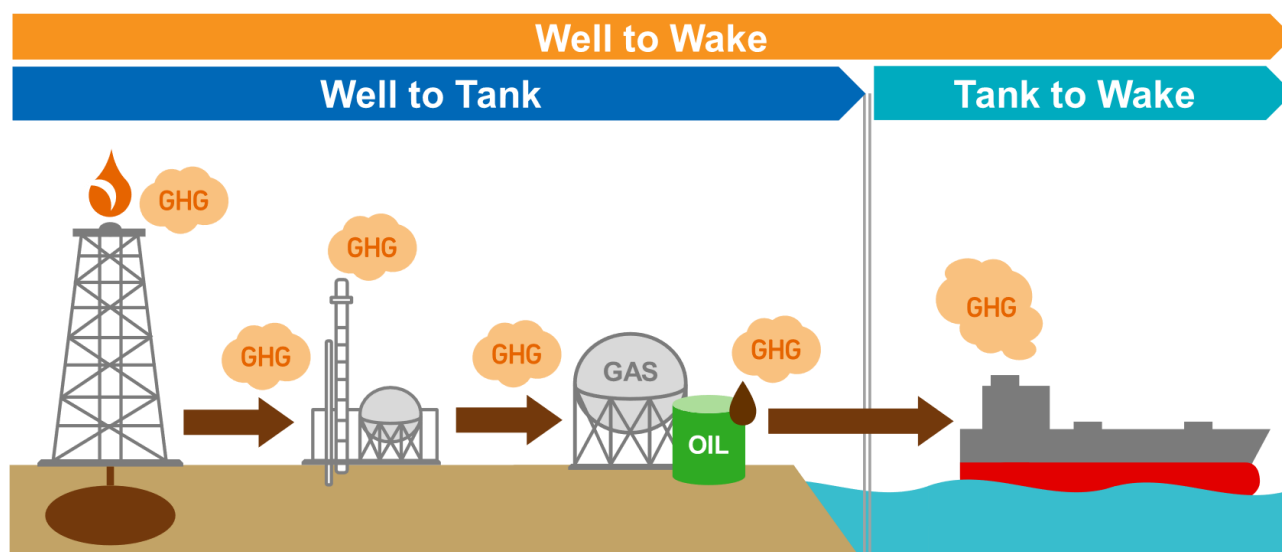


図 2 - 燃料のライフサイクル GHG 排出のイメージ

表 10－燃料種類別の低位発熱量・排出係数・未燃割合¹⁸

燃料種類	LCV [MJ/g]	CO _{2eq} WtT [gCO _{2eq} /MJ]	CO _{2eq} WtT [gCO _{2eq} /gFuel]	CO _{2eq} TtW [gCO _{2eq} /MJ]	CO _{2eq} TtW [gCO _{2eq} /gFuel]	未燃割合 [%]
HFO	0.0405	13.5	0.547	78.1	3.163	0.0
LFO	0.041	13.2	0.541	78.1	3.200	0.0
MDO/MGO	0.0427	14.4	0.615	76.2	3.255	0.0
LNG (Otto medium speed)	0.0491	18.5	0.908	56.6	2.779	3.1
LNG (Otto slow speed)	0.0491	18.5	0.908	56.6	2.779	1.7
LNG (Diesel slow speed)	0.0491	18.5	0.908	56.6	2.779	0.2
LPG (Butane)	0.046	7.8	0.359	66.9	3.079	0.0
LPG (Propane)	0.046	7.8	0.359	66.3	3.049	0.0
Hydrogen (Natural gas)	0.12	132.0	15.840	0.0	0.000	0.0
Ammonia (Natural gas)	0.0186	121.0	2.251	2.6	0.049	0.0
Methanol (Natural gas)	0.0199	31.3	0.623	71.6	1.424	0.0
e-Ammonia	0.0186	0.0	0.000	2.6	0.049	0.0

(出典:FuelEU Maritime 規則を基に ClassNK 作成)

¹⁸ REGULATION (EU) 2023/1805 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 September 2023 on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC

2030 年燃料導入目標を達成するシナリオ

2021 年の船舶のエネルギー消費量を基に海上輸送量の増加率および船舶のエネルギー効率の改善率を考慮して 2030 年の船舶のエネルギー消費量を算出すると、8.47EJ となった。

$$\begin{aligned}
 & 2021 \text{ 年の船舶のエネルギー消費量} \times \text{海上輸送量増加率} \times \text{船舶のエネルギー効率改善率} \\
 & \quad 8.79 \text{ EJ} \quad \quad \quad +25\% \quad \quad \quad -23\% \\
 & = 2030 \text{ 年の船舶のエネルギー消費量} \\
 & \quad 8.47 \text{ EJ}
 \end{aligned}$$

GHG 排出削減目安を達成するために許容される GHG 排出量については、船舶のエネルギー消費量を基に、従来燃料やゼロエミッション燃料などの燃料構成(各燃料シェア)を検討することで、算出可能である。

$$\begin{aligned}
 & 2030 \text{ 年の船舶のエネルギー消費量} \times \Sigma(\text{各燃料シェア} \times \text{各燃料の GHG 強度}) \\
 & \quad 8.47 \text{ EJ} \\
 & \leq 2030 \text{ 年の GHG 排出削減目安を達成するために許容される GHG 排出量} \\
 & \quad 585 \text{ million ton CO}_{2\text{eq}}
 \end{aligned}$$

なお、2023 IMO GHG 削減戦略では、ゼロエミッション燃料などの導入目標として、次の目標が掲げられている。

- 2030 年までに、国際海運が消費するエネルギーの内の少なくとも 5%、そして 10%を目指して、GHG 排出ゼロあるいは GHG 排出ゼロに近い技術、燃料、エネルギー源を導入する。

そこで、まず初めに、2030 年ゼロエミッション燃料導入目標(最低 5%導入)¹⁹を達成するシナリオを検討した。

2030 年ゼロエミッション燃料導入目標を達成するためには？

本シナリオにおける 2030 年時点での燃料構成は表 11 の通りとした。

表 11－燃料構成(2030 年ゼロエミッション燃料導入目標達成ケース)

	従来燃料油	LNG	ゼロエミ燃料	合計
船舶のエネルギー消費量	7.20 EJ (85%)	0.85 EJ (10%)	0.42 EJ (5%)	8.47 EJ (100%)

(出典:ClassNK 試算)

(注記)

- LNG 燃料のエネルギー消費量シェアは、2021 年のシェア実績(7%)および 2023 年 9 月現在の LNG 燃料船の発注残を考慮し、2030 年に 10%まで拡大すると想定。

¹⁹ 導入目標における対象は GHG 排出ゼロあるいは GHG 排出ゼロに近い技術、燃料、エネルギー源と様々であるが、本書では導入目標の対象をゼロエミッション燃料に限定して試算した。

消費エネルギーベースでシェア 5%を占めるために必要となるゼロエミッション燃料の導入量は表 12 の通りとなった。2030 年ゼロエミッション燃料導入目標を達成するためには、2030 年時点で年間 2,100 万トンのメタノールもしくは年間 2,300 万トンのアンモニアが必要となり、かつ、これらのメタノールやアンモニアは、ライフサイクル全体でゼロエミッションの燃料となり得るグリーン水素由来などのメタノールやアンモニアである必要がある。なお、現在、全セクター向けに生産されているメタノール(主に化学品用途)やアンモニア(主に肥料用途)のほとんどは天然ガス由来であり、ライフサイクル全体では従来燃料より多くの GHG を排出する可能性があるため、国際海運におけるゼロエミッション燃料にはなり得ない。

表 12ーゼロエミッション燃料の導入量(2030 年ゼロエミッション燃料導入目標達成ケース)

燃料種類	2030 年 ゼロエミ燃料導入量 (ゼロエミ燃料 5%)	現在の全セクター向け 生産規模
メタノールの場合	21 mil. ton	106 mil. ton/年 (内、ゼロエミ燃料は 1%未満)
アンモニアの場合	23 mil. ton	183 mil. ton/年 (内、ゼロエミ燃料は 1%未満)

(出典:ClassNK 試算)

2030 年ゼロエミッション燃料導入目標の達成に必要な量のゼロエミッション燃料が確保された場合、同量を使用するために必要となるゼロエミッション船の導入量は表 13 の通りとなり、2030 年時点で 7,200 万 GT 規模のフリートが必要となる²⁰。2023 年 9 月現在のメタノール燃料船の発注残 1,200 万 GT を考慮すると、2027 年～2030 年の 4 年間でさらに年間 1,500 万 GT の新造船建造が必要となる。これは、現在の世界の年間新造船建造量の 4 分の 1 の規模に相当する。

表 13ーゼロエミッション船の導入量(2030 年ゼロエミッション燃料導入目標達成ケース)

	2021 年	～2026 年	2027 年～2030 年 ゼロエミ船導入量	2030 年
ゼロエミ船	既存船 0.75 mil. GT	新造船 12 mil. GT	新造船 60 mil. GT (15 mil. GT/年)	72 mil. GT
全船腹	1,250 mil. GT	1,330 mil. GT	-	1,430 mil. GT

(出典:ClassNK 試算)

(注記)

- 2026 年竣工までは 2023 年 9 月現在の発注残がベース。

²⁰ 年間でのエネルギー消費量を 6,000 MJ/GT と想定。

本シナリオにおける燃料構成に基づく2030年の国際海運からのGHG排出量は表14の通りとなった。2030年ゼロエミッション燃料導入目標達成ケースにおけるGHG排出量は7.31億トンとなり、2030年GHG排出削減目安(2008年比最低20%削減)を達成するために国際海運に許容されるGHG排出量5.85億トンを超過する。すなわち、2030年ゼロエミッション燃料導入目標の達成のみでは、2030年GHG排出削減目安の達成は困難であると言える。

表14-2030年の年間ライフサイクルGHG排出量(2030年ゼロエミッション燃料導入目標達成ケース)

	従来燃料油	LNG	ゼロエミ燃料	合計
船舶のエネルギー消費量	7.20 EJ (85%)	0.85 EJ (10%)	0.42 EJ (5%)	8.47 EJ (100%)
ライフサイクルGHG排出量 (WtW)	659 mil. ton CO _{2eq}	71 mil. ton CO _{2eq}	1 mil. ton CO _{2eq} (メタノール/アンモニア)	731 mil. ton CO_{2eq} (2008年比0%削減)
2030年GHG排出削減目安	-	-	-	585 mil. ton CO_{2eq}

(出典:ClassNK試算)

(注記)

- 従来燃料油のGHG強度(WtW)はHFO相当の91.6 gCO_{2eq}/MJと想定。
- LNG燃料のGHG強度(WtW)は83.8 gCO_{2eq}/MJと想定。
- ゼロエミッション燃料のGHG強度(WtW)は2.6 gCO_{2eq}/MJと想定。

2030年 GHG 排出削減目安を達成するシナリオ

次に、2030年 GHG 排出削減目安(2008年比最低20%削減)を達成するシナリオを検討した。

2030年の船舶のエネルギー消費量 $\times \Sigma$ (各燃料シェア \times 各燃料のGHG強度)

8.47 EJ

\leq 2030年のGHG排出削減目安を達成するために許容されるGHG排出量

585 million ton CO_{2eq}

本シナリオにおける2030年時点での燃料構成は表15の通りとなった。

表15－燃料構成(2030年GHG排出削減目安達成ケース)

	従来燃料油	LNG	ゼロエミ燃料	合計
船舶のエネルギー消費量	5.50 EJ (65%)	0.85 EJ (10%)	2.12 EJ (25%)	8.47 EJ (100%)
ライフサイクルGHG排出量 (WtW)	504 mil. ton CO _{2eq}	71 mil. ton CO _{2eq}	5 mil. ton CO _{2eq}	580 mil. ton CO _{2eq} (2008年比20.6%削減)
2030年GHG排出削減目安	-	-	-	585 mil. ton CO _{2eq}

(出典:ClassNK試算)

(注記)

- 従来燃料油のGHG強度(WtW)はHFO相当の91.6 gCO_{2eq}/MJと想定。
- LNG燃料のGHG強度(WtW)は83.8 gCO_{2eq}/MJと想定。
- ゼロエミッション燃料のGHG強度(WtW)は2.6 gCO_{2eq}/MJと想定。

ゼロエミッション燃料を消費エネルギーベースで25%導入することで、2030年GHG排出削減目安(2008年比最低20%削減)は達成可能となる。

消費エネルギーベースでシェア25%を占めるために必要となるゼロエミッション燃料の導入量は表16の通りとなった。2030年GHG排出削減目安を達成するためには、2030年時点で年間1.06億トンのメタノールもしくは年間1.14億トンのアンモニアが必要となる。

表16－ゼロエミッション燃料の導入量(2030年GHG排出削減目安達成ケース)

燃料種類	2030年 ゼロエミ燃料導入量 (ゼロエミ燃料25%)	現在の全セクター向け 生産規模
メタノールの場合	106 mil. ton	106 mil. ton/年 (内、ゼロエミ燃料は1%未満)
アンモニアの場合	114 mil. ton	183 mil. ton/年 (内、ゼロエミ燃料は1%未満)

(出典:ClassNK試算)

2030 年 GHG 排出削減目安の達成に必要となる量のゼロエミッション燃料が確保された場合、同量を使用するために必要となるゼロエミッション船の導入量は表 17 の通りであり、2030 年時点で 3.52 億 GT 規模のフリートが必要となる²¹。2023 年 9 月現在のメタノール燃料船の発注残 1,200 万 GT を考慮すると、2027 年～2030 年の 4 年間でさらに新造船建造および既存船改造により年間 8,500 万 GT のゼロエミッション船の導入が必要となる。

表 17—ゼロエミッション船の導入量(2030 年 GHG 排出削減目安達成ケース)

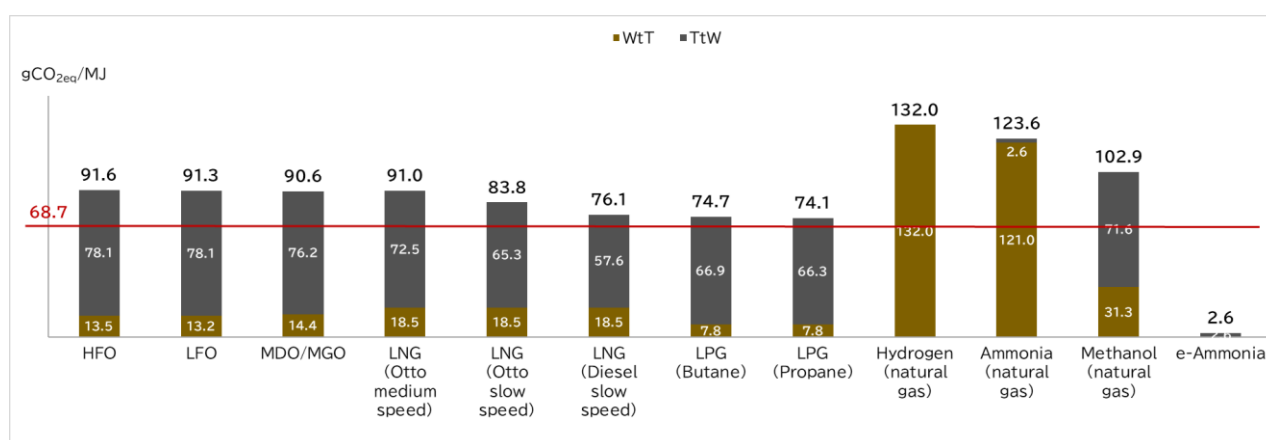
	2021 年	～2026 年	2027 年～2030 年 ゼロエミ船導入量	2030 年
ゼロエミ船	既存船 0.75 mil. GT	新造船 12 mil. GT	新造船・改造 340 mil. GT (85 mil. GT/年)	352 mil. GT
全船腹	1,250 mil. GT	1,330 mil. GT	-	1,430 mil. GT

(出典:ClassNK 試算)

(注記)

- 2026 年竣工までは 2023 年 9 月現在の発注残がベース。

参考 :2030 年 GHG 排出削減目安達成ケースで要求される国際海運全体での燃料の GHG 強度(WtW)の平均値は 68.7 gCO_{2eq}/MJ である。これは、仮に全フリートが LNG 燃料を使用したとしても達成不可能な水準である²²。



(出典:ClassNK 作成)

図 3—2030 年 GHG 排出削減目安(2008 年比最低 20%削減)を達成する燃料の GHG 強度(WtW)

²¹ 年間でのエネルギー消費量を 6,000 MJ/GT と想定。

²² 全フリートが LNG(Diesel slow speed)を採用した場合の燃料の GHG 強度(WtW)平均値は 76.1 gCO_{2eq}/MJ であり、68.7gCO_{2eq}/MJ を下回らない。メタンスリップ対策が実施された場合でも同様に達成は困難である。

2030年 GHG 排出削減目安を達成するシナリオ (参考: バイオディーゼルの場合)

2030年 GHG 排出削減目安の達成にはバイオディーゼルも一定の役割を果たし得る。バイオディーゼルは従来燃料主機関で使用可能なドロップイン燃料であり、IMO においても、一定の条件を満たしたバイオディーゼルについてはそのGHG削減効果が認められている。

そこで、2030年 GHG 排出削減目安(2008年比最低 20%削減)の達成をゼロエミッション燃料ではなくバイオディーゼルで実現するシナリオを検討した。

本シナリオにおける 2030年時点での燃料構成は表 18 の通りとなった。

表 18－燃料構成(2030年 GHG 排出削減目安達成ケース)

	従来燃料油	LNG	バイオディーゼル	合計
船舶のエネルギー消費量	5.16 EJ (61%)	0.85 EJ (10%)	2.46 EJ (29%)	8.47 EJ (100%)
ライフサイクル GHG 排出量 (WtW)	473 mil. ton CO _{2eq}	71 mil. ton CO _{2eq}	37 mil. ton CO _{2eq}	581 mil. ton CO _{2eq} (2008年比 20.5%削減)
2030年 GHG 排出削減目安	-	-	-	585 mil. ton CO _{2eq}

(出典: ClassNK 試算)

(注記)

- 従来燃料油の GHG 強度(WtW)は HFO 相当の 91.6 gCO_{2eq}/MJ と想定。
- LNG 燃料の GHG 強度(WtW)は 83.8 gCO_{2eq}/MJ と想定。
- バイオディーゼルの GHG 強度(WtW)は廃食油由来相当の 15.0 gCO_{2eq}/MJ と想定。

バイオディーゼル(B-100)を消費エネルギーベースで 29%導入することで、2030年 GHG 排出削減目安(2008年比最低 20%削減)は達成可能となる。

消費エネルギーベースでシェア 29%を占めるために必要となるバイオディーゼルの導入量は表 19 の通りとなった。2030年 GHG 排出削減目安を達成するためには、2030年時点で年間 6,600万トンのバイオディーゼルが必要となる。なお、現在、全セクター向けに生産されているバイオディーゼルは主に自動車燃料用途であり、国際海運での利用を想定すると、更なる生産拡大が欠かせない。

表 19－バイオディーゼルの導入量(2030年 GHG 排出削減目安達成ケース)

燃料種類	2030年 バイオディーゼル導入量 (バイオディーゼル 29%)	現在の全セクター向け 生産規模
バイオディーゼルの場合	66 mil. ton	42 mil. ton/年

(出典: ClassNK 試算)

2040 年 GHG 排出削減目安を達成するシナリオ

2021 年の船舶のエネルギー消費量を基に海上輸送量の増加率および船舶のエネルギー効率の改善率を考慮して 2040 年の船舶のエネルギー消費量を算出すると、8.60EJ となった。

$$\begin{aligned}
 & \text{2021 年の船舶のエネルギー消費量} \times \text{海上輸送量増加率} \times \text{船舶のエネルギー効率改善率} \\
 & \quad 8.79 \text{ EJ} \quad \quad \quad +39\% \quad \quad \quad -30\% \\
 & = \text{2040 年の船舶のエネルギー消費量} \\
 & \quad \quad \quad 8.60 \text{ EJ}
 \end{aligned}$$

次に、2040 年 GHG 排出削減目安(2008 年比最低 70%削減)を達成するシナリオを検討した。

$$\begin{aligned}
 & \text{2040 年の船舶のエネルギー消費量} \times \Sigma(\text{各燃料 シェア} \times \text{各燃料の GHG 強度}) \\
 & \quad \quad \quad 8.60 \text{ EJ} \\
 & \leq \text{2040 年の GHG 排出削減目安を達成するために許容される GHG 排出量} \\
 & \quad \quad \quad 219 \text{ million ton CO}_{2\text{eq}}
 \end{aligned}$$

本シナリオにおける 2040 年時点での燃料構成は表 20 の通りとなった。

表 20－燃料構成(2040 年 GHG 排出削減目安達成ケース)

	従来燃料油	LNG	ゼロエミ燃料	合計
船舶のエネルギー消費量	1.55 EJ (18%)	0.86 EJ (10%)	6.19 EJ (72%)	8.60 EJ (100%)
ライフサイクル GHG 排出量 (WtW)	142 mil. ton CO _{2eq}	72 mil. ton CO _{2eq}	0 mil. ton CO _{2eq}	214 mil. ton CO _{2eq} (2008 年比 70.7%削減)
2040 年 GHG 排出削減目安	-	-	-	219 mil. ton CO _{2eq}

(出典:ClassNK 試算)

(注記)

- 従来燃料油の GHG 強度(WtW)は HFO 相当の 91.6 gCO_{2eq}/MJ と想定。
- LNG 燃料の GHG 強度(WtW)は 83.8 gCO_{2eq}/MJ と想定。
- ゼロエミッション燃料の GHG 強度(WtW)は 0 gCO_{2eq}/MJ と想定。

ゼロエミッション燃料を消費エネルギーベースで 72%導入することで、2040 年 GHG 排出削減目安(2008 年比最低 70%削減)は達成可能となる。

消費エネルギーベースでシェア 72%を占めるために必要となるゼロエミッション燃料の導入量は表 21 の通りとなった。2040 年 GHG 排出削減目安を達成するためには、2040 年時点で年間 3.11 億トンのメタノールもしくは年間 3.33 億トンのアンモニアが必要となる。

表 21－ゼロエミッション燃料の導入量(2040年 GHG 排出削減目安達成ケース)

燃料種類	2040年 ゼロエミ燃料導入量 (ゼロエミ燃料 72%)	現在の全セクター向け 生産規模
メタノールの場合	311 mil. ton	106 mil. ton/年 (内、ゼロエミ燃料は 1%未満)
アンモニアの場合	333 mil. ton	183 mil. ton/年 (内、ゼロエミ燃料は 1%未満)

(出典:ClassNK 試算)

2040年 GHG 排出削減目安の達成に必要となる量のゼロエミッション燃料が確保された場合、同量を使用するために必要となるゼロエミッション船の導入量は表 22 の通りであり、2040年時点で 11.22 億 GT 規模のフリートが必要となる²³。2030年までに GHG 削減目安を達成する水準でのゼロエミッション船が導入されることを前提とすると、2031年～2040年の 10 年間では年間 7,700 万 GT のゼロエミッション船の導入が必要となる。2030年 GHG 排出削減目安の達成を経由しない場合は、2027年～2040年の 14 年間で年間 8,000 万 GT のゼロエミッション船の導入が必要となる。なお、2040年までに既存の LNG 燃料船で e-メタンなどの使用が拡大する場合は、ゼロエミッション船の必要導入量は減少する。

表 22－ゼロエミッション船の導入量(2040年 GHG 排出削減目安達成ケース)

	2030年	2031年～2040年 ゼロエミ船導入量	2040年
ゼロエミ船	352 mil. GT	新造船・改造 770 mil. GT (77 mil. GT/年)	1,122 mil. GT
全船腹	1,430 mil. GT	-	1,550 mil. GT

(出典:ClassNK 試算)

²³ 年間でのエネルギー消費量を 5,500 MJ/GT と想定。

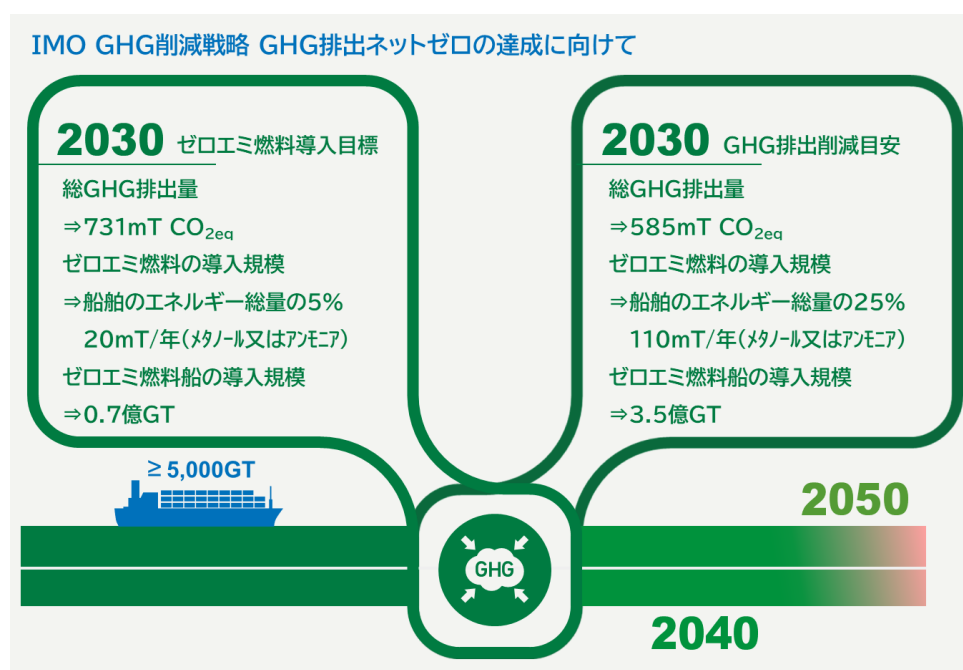
考察:2023 IMO GHG 削減戦略の数値目標の達成に向けて

2023 IMO GHG 削減戦略に関する理解の促進を目的として、同削減戦略における数値目標がどのような意味を持つのかについて検討を行ったが、検討の結果、数値目標を達成するためには、今後、国際海運において相当量のゼロエミッション燃料を確保する必要があることが明らかとなった。ゼロエミッション燃料の候補であるメタノールやアンモニアに関しては、現在はそのほとんどが天然ガス由来の「非ゼロエミッション燃料」であり、ライフサイクル全体でゼロエミッションの燃料となり得るメタノールやアンモニアの生産は皆無に等しい。このため、燃料の生産・流通セクターにおいては、カーボンフリーの水素や電力を含め、これまでの脱炭素化を上回るペースでの速やかな投資促進が必要となる。その投資判断を促すためには、有効なカーボンプライシングを含む規制の枠組みの早期導入が不可欠である。

ゼロエミッション燃料を使用するために必要となるゼロエミッション船の建造・改造に関しては、毎年一定の規模での新造船建造および改造が行われれば、数値目標の達成に向けて、建造・改造能力に大幅な不足が生じる可能性は低いと考えられる。一方で、国際海運におけるゼロエミッション燃料の主力は現時点では未確定であり、将来的には複数のゼロエミッション燃料が船舶の種類・サイズ・航路に合わせて使用される可能性も考慮すると、今後は、様々なゼロエミッション燃料の生産・流通基盤の整備のペースに合わせた建造・改造能力の確保が肝要となる。

当面の目標・目安となる 2030 年までに残された時間はわずかであり、2023 IMO GHG 削減戦略の下、国際海運が一体となってゼロエミッションへの道をたどるためにも、国際機関、各国政府、海事産業界、エネルギー業界、荷主、金融業界といった、すべてのステークホルダーの協調した取り組みが早急に求められる。

本書が、2023 IMO GHG 削減戦略に関する理解を促進し、業界関係者間の幅広い議論を喚起することで、国際海運ゼロエミッションの実現に向けて、海運に携わるすべてのステークホルダーの今後の取り組み検討の一助となれば幸いである。



付録

GHG 排出量

(単位: million ton CO_{2eq})

GHG 排出量	2008年 (基準年)	2021年 (足元の実績)	2030年 削減目安 (2008年比 20%削減)	2030年 削減目安 (2008年比 30%削減)	2040年 削減目安 (2008年比 70%削減)	2040年 削減目安 (2008年比 80%削減)
ライフサイクル GHG 排出量(WtW)	731	798	585	512	219	146
(内訳)GHG 排出量(WtT) GHG 排出量(TtW)	110 621	122 676	88 497	77 435	33 186	22 124

(出典: ClassNK 試算)

海上輸送量

(単位: billion ton-mile)

シナリオ	2008年	2018年	2021年	2030年	2040年	2050年
Base case (2021年比)	42,000	59,000	59,000	74,000 (+25%)	82,000 (+39%)	89,500 (+52%)
High case (2021年比)	42,000	59,000	59,000	88,000 (+49%)	109,000 (+85%)	126,000 (+114%)
Low case (2021年比)	42,000	59,000	59,000	67,000 (+14%)	76,000 (+29%)	82,000 (+39%)

(出典: ClassNK 試算)

2030年 GHG 排出削減目安(2008年比 20%削減)を達成するシナリオ例

GHG 排出量(WtW) (2021年比)	海上輸送量 (2021年比)		船舶のエネルギー効率 (2021年比)	燃料構成 (2030年時点)	
-27%	Base case	+25%	-17%	従来燃料油	58%
				LNG	10%
				ゼロエミ燃料	32%
			-23%	従来燃料油	65%
				LNG	10%
				ゼロエミ燃料	25%
			-30%	従来燃料油	72%
				LNG	10%
				ゼロエミ燃料	18%
	High case	+49%	-17%	従来燃料油	48%
				LNG	10%
				ゼロエミ燃料	42%
			-23%	従来燃料油	53%
				LNG	10%
				ゼロエミ燃料	37%
-30%	従来燃料油	59%			
	LNG	10%			
	ゼロエミ燃料	31%			
Low case	+14%	-17%	従来燃料油	67%	
			LNG	10%	
			ゼロエミ燃料	23%	
		-23%	従来燃料油	73%	
			LNG	10%	
			ゼロエミ燃料	17%	
-30%	従来燃料油	81%			
	LNG	10%			
	ゼロエミ燃料	9%			

本書で分析したシナリオ

(出典:ClassNK 試算)

2030年 GHG 排出削減目安(2008年比 20%削減)を達成するシナリオ例(バイオディーゼルの場合)

GHG 排出量(WtW) (2021年比)	海上輸送量 (2021年比)		船舶のエネルギー効率 (2021年比)	燃料構成 (2030年時点)	
-27%	Base case	+25%	-17%	従来燃料油	53%
				LNG	10%
				バイオディーゼル	37%
			-23%	従来燃料油	61%
				LNG	10%
				バイオディーゼル	29%
	-30%	従来燃料油	70%		
		LNG	10%		
		バイオディーゼル	20%		
	High case	+49%	-17%	従来燃料油	41%
				LNG	10%
				バイオディーゼル	49%
-23%			従来燃料油	47%	
			LNG	10%	
			バイオディーゼル	43%	
-30%	従来燃料油	54%			
	LNG	10%			
	バイオディーゼル	36%			
Low case	+14%	-17%	従来燃料油	63%	
			LNG	10%	
			バイオディーゼル	27%	
		-23%	従来燃料油	71%	
			LNG	10%	
			バイオディーゼル	19%	
-30%	従来燃料油	80%			
	LNG	10%			
	バイオディーゼル	10%			

本書で分析したシナリオ

(出典:ClassNK 試算)

2030年 GHG 排出削減目安(2008年比 30%削減)を達成するシナリオ例

GHG 排出量(WtW) (2021年比)	海上輸送量 (2021年比)		船舶のエネルギー効率 (2021年比)	燃料構成 (2030年時点)	
-36%	Base case	+25%	-17%	従来燃料油	50%
				LNG	10%
				ゼロエミ燃料	40%
			-23%	従来燃料油	56%
				LNG	10%
				ゼロエミ燃料	34%
			-30%	従来燃料油	62%
				LNG	10%
				ゼロエミ燃料	28%
	High case	+49%	-17%	従来燃料油	40%
				LNG	10%
				ゼロエミ燃料	50%
			-23%	従来燃料油	45%
				LNG	10%
				ゼロエミ燃料	45%
-30%	従来燃料油	50%			
	LNG	10%			
	ゼロエミ燃料	40%			
Low case	+14%	-17%	従来燃料油	57%	
			LNG	10%	
			ゼロエミ燃料	33%	
		-23%	従来燃料油	62%	
			LNG	10%	
			ゼロエミ燃料	28%	
-30%	従来燃料油	69%			
	LNG	10%			
	ゼロエミ燃料	21%			

(出典:ClassNK 試算)

2030年 GHG 排出削減目安(2008年比 30%削減)を達成するシナリオ例(バイオディーゼルの場合)

GHG 排出量(WtW) (2021年比)	海上輸送量 (2021年比)		船舶のエネルギー効率 (2021年比)	燃料構成 (2030年時点)	
-36%	Base case	+25%	-17%	従来燃料油	44%
				LNG	10%
				バイオディーゼル	46%
			-23%	従来燃料油	50%
				LNG	10%
				バイオディーゼル	40%
	-30%	従来燃料油	57%		
		LNG	10%		
		バイオディーゼル	33%		
	High case	+49%	-17%	従来燃料油	32%
				LNG	10%
				バイオディーゼル	58%
-23%			従来燃料油	37%	
			LNG	10%	
			バイオディーゼル	53%	
-30%	従来燃料油	43%			
	LNG	10%			
	バイオディーゼル	47%			
Low case	+14%	-17%	従来燃料油	51%	
			LNG	10%	
			バイオディーゼル	39%	
		-23%	従来燃料油	58%	
			LNG	10%	
			バイオディーゼル	32%	
-30%	従来燃料油	66%			
	LNG	10%			
	バイオディーゼル	24%			

(出典:ClassNK 試算)

2040年 GHG 排出削減目安(2008年比 70%削減)を達成するシナリオ例

GHG 排出量(WtW) (2021年比)	海上輸送量 (2021年比)		船舶のエネルギー効率 (2021年比)	燃料構成 (2040年時点)	
-73%	Base case	+39%	-23%	従来燃料油	16%
				LNG	10%
				ゼロエミ燃料	74%
			-30%	従来燃料油	18%
				LNG	10%
				ゼロエミ燃料	72%
	-36%	従来燃料油	21%		
		LNG	10%		
		ゼロエミ燃料	69%		
	High case	+85%	-23%	従来燃料油	10%
				LNG	10%
				ゼロエミ燃料	80%
-30%			従来燃料油	11%	
			LNG	10%	
			ゼロエミ燃料	79%	
-36%	従来燃料油	13%			
	LNG	10%			
	ゼロエミ燃料	77%			
Low case	+29%	-23%	従来燃料油	18%	
			LNG	10%	
			ゼロエミ燃料	72%	
		-30%	従来燃料油	20%	
			LNG	10%	
			ゼロエミ燃料	70%	
-36%	従来燃料油	23%			
	LNG	10%			
	ゼロエミ燃料	67%			

本書で分析したシナリオ

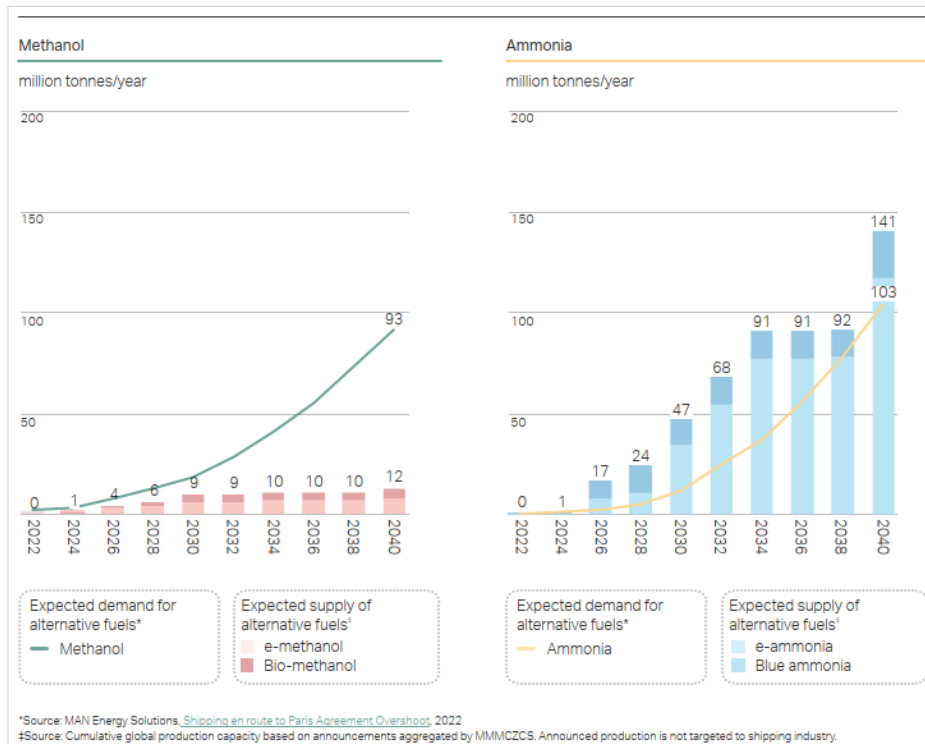
(出典:ClassNK 試算)

2040年 GHG 排出削減目安(2008年比 80%削減)を達成するシナリオ例

GHG 排出量(WtW) (2021年比)	海上輸送量 (2021年比)		船舶のエネルギー効率 (2021年比)	燃料構成 (2040年時点)	
-82%	Base case	+39%	-23%	従来燃料油	7%
				LNG	10%
				ゼロエミ燃料	83%
			-30%	従来燃料油	9%
				LNG	10%
				ゼロエミ燃料	81%
			-36%	従来燃料油	11%
				LNG	10%
				ゼロエミ燃料	79%
	High case	+85%	-23%	従来燃料油	3%
				LNG	10%
				ゼロエミ燃料	87%
			-30%	従来燃料油	4%
				LNG	10%
				ゼロエミ燃料	86%
-36%	従来燃料油	6%			
	LNG	10%			
	ゼロエミ燃料	84%			
Low case	+29%	-23%	従来燃料油	9%	
			LNG	10%	
			ゼロエミ燃料	81%	
		-30%	従来燃料油	10%	
			LNG	10%	
			ゼロエミ燃料	80%	
-36%	従来燃料油	12%			
	LNG	10%			
	ゼロエミ燃料	78%			

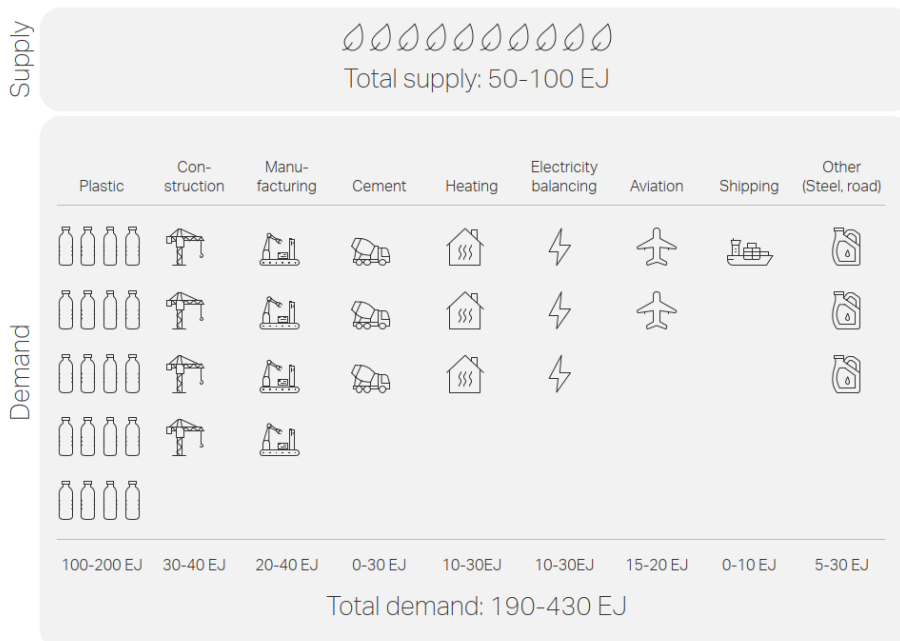
(出典:ClassNK 試算)

メタノールおよびアンモニアの追加供給見込み



(出典: Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping²⁴)

バイオディーゼルの原料となるバイオマスの需給見込み



(出典: Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping)

²⁴ ClassNK は同センターに Mission Ambassador として参画している。

参考文献

1. EU (2023), REGULATION (EU) 2023/1805 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 September 2023 on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1805&qid=1695616852849> [Accessed 12 October 2023]
2. IEA (2022), Renewables 2022. Available: <https://www.iea.org/reports/renewables-2022/transport-biofuels> [Accessed 12 October 2023]
3. IMO (2014), THIRD IMO GREENHOUSE GAS STUDY. Available: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf> [Accessed 12 October 2023]
4. IMO (2020), FOURTH IMO GREENHOUSE GAS STUDY. Available: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Fourth%20IMO%20GHG%20Study%202020%20-%20Full%20report%20and%20annexes.pdf> [Accessed 12 October 2023]
5. IMO (2023), 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships (Resolution MEPC.377(80)). Available: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/annex/MEPC%2080/Annex%2015.pdf> [Accessed 12 October 2023]
6. IRENA and AEA (2022), Innovation Outlook: Renewable Ammonia, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, Ammonia Energy Association, Brooklyn. Available: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/May/IRENA_Innovation_Outlook_Ammonia_2022.pdf?rev=50e91f792d3442279fca0d4ee24757ea [Accessed 12 October 2023]
7. Maersk Mc-Kinney Moller Center for Zero Carbon Shipping (2022), Maritime Decarbonization Strategy 2022. Available: <https://cms.zerocarbonshipping.com/media/uploads/publications/Maritime-Decarbonization-Strategy-2022.pdf> [Accessed 12 October 2023]
8. Methanol Institute (2023), METHANOL PRICE AND SUPPLY/DEMAND. Available: <https://www.methanol.org/methanol-price-supply-demand/> [Accessed 12 October 2023]

本書に関するご質問は以下へお願いいたします。

一般財団法人日本海事協会 ゼロエミトランジションセンター

Tel : 03-5226-2031

E-mail : zxc@classnk.or.jp

一般財団法人 **日本海事協会**

企画本部 ゼロエミトランジションセンター

〒102-8567 東京都千代田区紀尾井町4番7号

Tel : 03-5226-2031

E-mail : zxc@classnk.or.jp

www.classnk.or.jp