

ClassNK 代替燃料インサイト

Version 1.0
May 2024

- GHG排出削減が社会全体で喫緊の課題となる中、今後は国際海運においてもIMOやEUを中心にGHG排出規制がさらに強化される見通しであり、**船舶からのGHG排出がコストとなる**時代が到来しつつあります。このようなビジネス環境下では、船舶からのGHG排出をいかに計画的に削減するかが重要となりますが、そのためには、更なる燃費改善はもちろんのこと、環境負荷の小さい代替燃料の導入が不可欠となります。
- 一方で、船舶で利用可能な代替燃料は多岐にわたります。代替燃料の導入にあたっては、船舶の種類（船種）やサイズ、航路などに応じて**適切な燃料を選択**することが重要です。そのためには、技術的事項の検討だけでなく、燃料の調達可能性やコスト見直しなどを含む、代替燃料全体の動向把握も欠かせません。
- この度、ClassNKが発行した「**ClassNK 代替燃料インサイト**」は、皆さまの今後の燃料選択のサポートを目的としています。ClassNK 代替燃料インサイトが皆さまのGHG排出削減に向けた取り組みの一助となれば幸いです。

代替燃料導入のための4ステップ

Step 1

規制を理解する

Step 2

トレンドを知る

Step 3

代替燃料を理解する

Step 4

コストを把握する

需要サイド

就航船

37,000 隻^{*1}



従来燃料船
36,000 隻
(97%)



代替燃料船^{*2}
1,000 隻
(3%)

36,000隻の代替燃料船への転換が必要
(代替燃料船はゼロエミ燃料使用可)

^{*1}総トン数5,000トン以上 (2023年12月末時点、端数調整済)

^{*2}LNG燃料のLNG carrierを含む

燃料消費量

2.2億 ton/年^{*3}



従来燃料油
2.07億 ton
(94%)



代替燃料
0.13億 ton^{*4}
(6%)

全量ゼロエミ燃料に転換する場合の必要量

メタノールの場合 4.4億 ton/年

アンモニアの場合 4.7億 ton/年

水素の場合 0.7億 ton/年

^{*3}総トン数5,000トン以上の国際航海に従事する船舶 (IMO DCS対象船 約30,000隻) の2022年の年間燃料消費量 (従来燃料油換算)

^{*4}従来燃料油換算、うち99%がLNG燃料

供給サイド

造船所

建造船

1,300 隻^{*5}



従来燃料船
1,100 隻
(85%)



代替燃料船
200 隻
(15%)

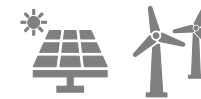
^{*5}総トン数5,000トン以上 (2023年、端数調整済)

グリーン燃料生産者

✓ メタノール 50万 ton/年^{*6}

✓ アンモニア 460万 ton/年^{*6}

✓ 水素 150万 ton/年^{*6}



^{*6}操業中・建設中・最終投資決定済 (全セクター向け)

その他セクター

- ✓ メタノール
化学 他
- ✓ アンモニア
電力、農業、化学 他
- ✓ 水素
電力、自動車、鉄鋼 他



生産されるグリーン燃料・グリーン化学品の多くは他セクター需要に向けられる見込み

バイオ燃料もGHG排出削減に貢献するものの、原料となるバイオマスの資源量には制約があり、需要はセクター間で競合

ClassNK 代替燃料インサイトの発行にあたって	02	代替燃料シェア	37
一目でわかる国際海運トランジションの現状	03	グリーン水素製造に必要となる再生可能エネルギー電力量	38
規制を理解する	05	国際海運で必要となるゼロエミッション燃料・ゼロエミッション船	39
Key Takeaways	06	代替燃料製造プロジェクト（水素）	40
GHG排出のコスト化	07	代替燃料製造プロジェクト（アンモニア）	44
GHG排出コストの増加	08	代替燃料製造プロジェクト（メタノール）	48
IMO GHG削減戦略	09	CCSプロジェクト	50
IMO 中期対策	10	バイオ燃料の供給可能性	51
欧州地域規制	11	バイオ燃料の使用	52
トレンドを知る	12	規則動向	53
Key Takeaways	13	ClassNK発行ガイドライン	54
代替燃料船のトレンド	14	コストを把握する	55
代替燃料船のトレンド（船種別）	16	Key Takeaways	56
代替燃料を理解する	24	コストの不確定要素（1. 建造コスト、2. 燃料コスト、3. 規制コスト）	57
Key Takeaways	25	コストシミュレーションの実施	61
国際海運において想定される燃料転換・技術オプション・規制	26	コストシミュレーションの実施例	62
燃料の物性	27	（参考）コストシミュレーション実施例の前提	63
燃料消費量の把握	31	ClassNKのサポート	64
航路の選定	33	2050年GHG排出ネットゼロへ向けて	65
「CO ₂ 排出量（TtW）」vs.「GHG排出量（TtW）」vs.「GHG排出量（WtW）」	34	お問い合わせ先	66
燃料転換によるCII格付け結果の比較	35		
代替燃料コスト	36		

— Step 1

規制を理解する

代替燃料の導入検討に際しては、今後強化が予定されているGHG関連規制について理解することが何よりも重要です。本章では、今後国際海運からのGHG排出削減対策として中心的な役割を果たすことになるIMOとEUのGHG関連規制についてご紹介します。



Key Takeaways

- ✓ ゼロ・低エミッション燃料の利用を促す規制が国際海運に相次いで導入される。
- ✓ IMOでは「中期対策」、EUでは「海運EU-ETS」と「FuelEU Maritime」がその中心的な役割を果たす。
- ✓ これらの規制により船舶が追加で負担することになるコストは、規制の内容次第ではあるが、将来的には年間の燃料コストに相当する水準に達する可能性もゼロではない。
- ✓ 対象となる排出や想定されるコストは各規制によっても異なるため、規制コストをフリート全体で最小化するためには、各規制の内容を十分に理解することが重要となる。
- ✓ ClassNKは、規制の内容理解をサポートするための情報提供を行っている。

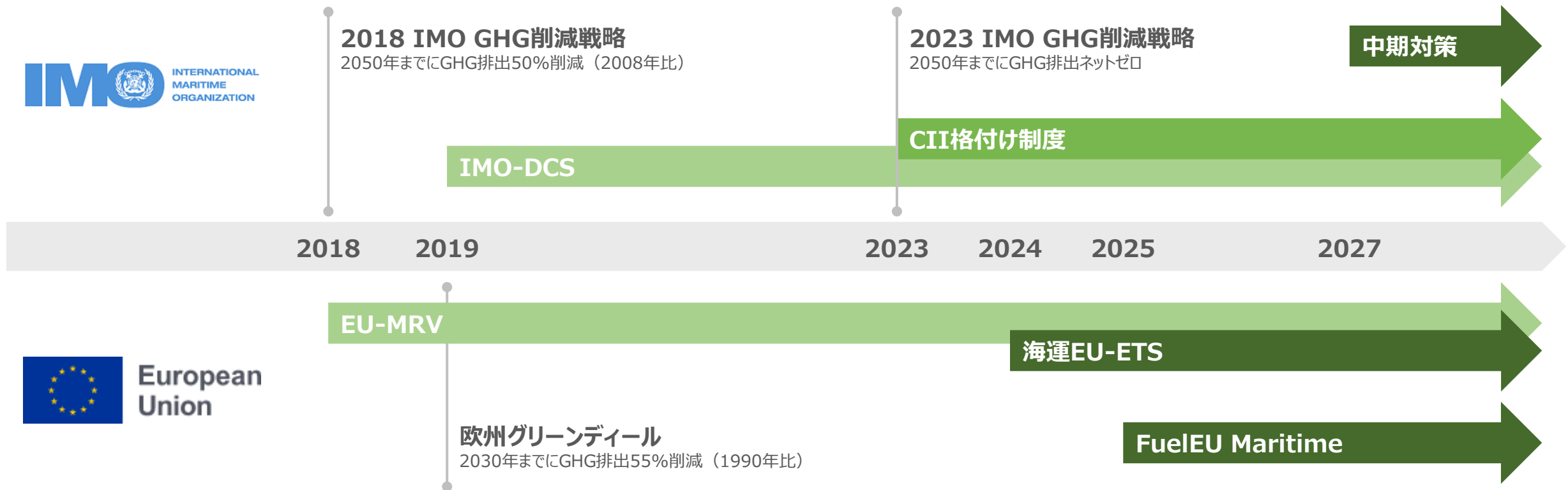


GHG排出のコスト化

船舶からのGHG排出の更なる削減を目指して、ゼロ・低エミッション燃料の利用を促す規制が今後国際海運に相次いで導入されます。IMOでは、2027年の導入に向けて新たな規制（中期対策）の枠組みが現在議論されています。欧州では、炭素課金制度である欧州排出量取引制度（EU-ETS）が2024年より海運セクターへ拡大されており、2025年には船舶で使用する燃料の脱炭素化を促進する規制であるFuelEU Maritimeが導入されます。これらの規制により今後は船舶からのGHG排出がコストとなるため、これからの海運ビジネスにおいては船舶からのGHG排出をいかに計画的に削減するかが重要な鍵となります。

GHG関連規制*の導入スケジュール

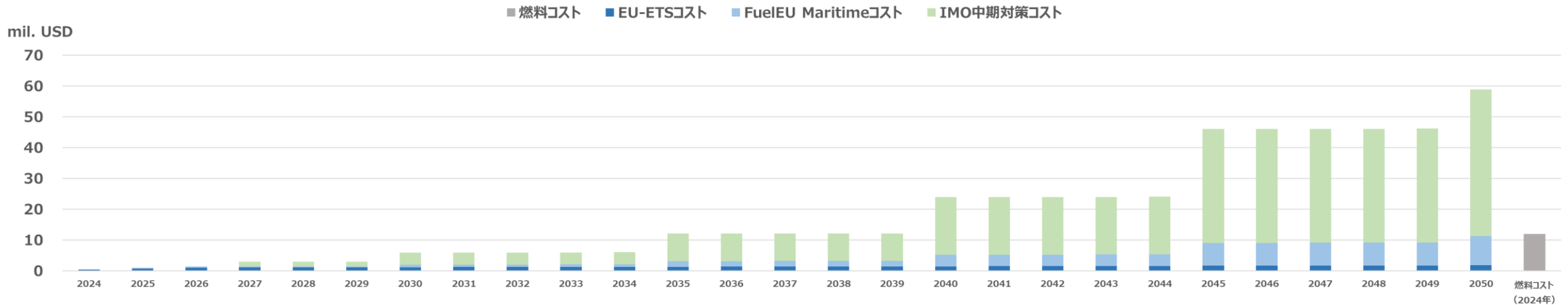
*ここでは運航上のGHG関連規制のみを掲載



GHG排出コストの増加

IMOやEUにおける規制は、いずれもゼロ・低エミッション燃料への移行を促すための規制です。そのため、規制対応のためのコスト（GHG排出コスト）は段階的に増加することが予想されます。フリートでのGHG排出コストが将来的にどの程度となるのかを把握することが代替燃料の導入検討における第一歩となります。

GHG排出コストの増加イメージ（従来燃料油の使用を継続する場合：14,000TEU Containershipを例に）



- 上図は、14,000TEU Containership を例に、従来燃料油の使用を継続した場合のGHG排出コストの毎年の増加イメージを示しています。
- 2027年に導入が予定されているIMOの中期対策の内容次第では*、毎年のGHG排出コストが燃料コストを早々に上回る可能性があります。

*上図では、中期対策として燃料のWell-to-WakeベースでのGHG強度規制が2027年に導入される場合を想定しています。

- 特に、EUの規制（EU-ETS、FuelEU Maritime）がEU関連航海によるGHG排出のみを規制の対象としているのに対して、IMOの規制は全航海によるGHG排出が規制の対象となるため、IMOの規制（中期対策）導入によるGHG排出コスト負担への影響は非常に大きなものとなる見込みです。

コストシミュレーション例はStep 4にも掲載 ➡

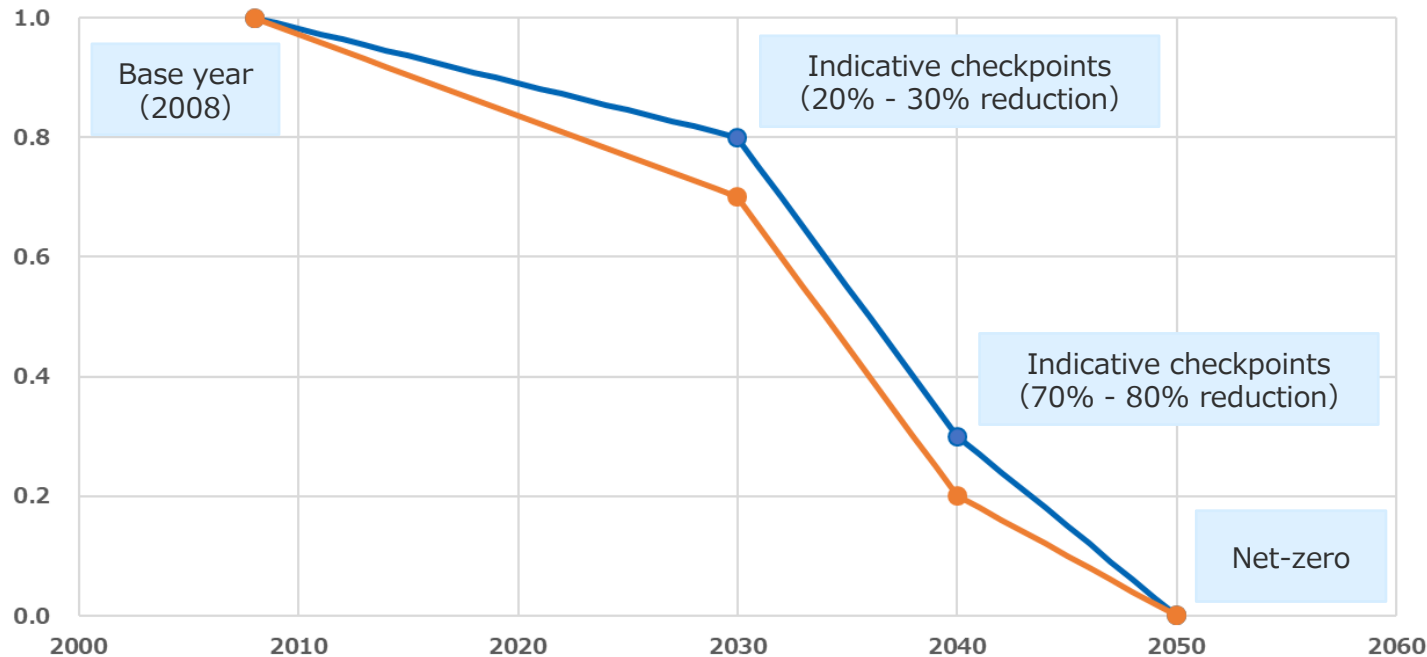


IMO GHG削減戦略

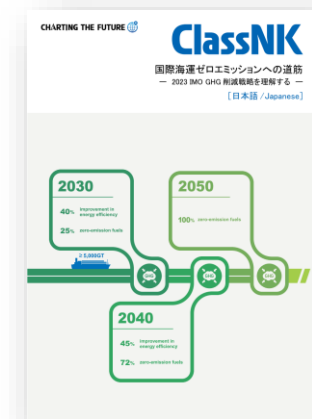
2023年7月、IMOは2018年に採択したGHG排出削減に関する初期戦略を改定し、2050年頃までのGHG排出ネットゼロ目標などを盛り込んだ「2023 IMO GHG削減戦略」を採択しました。同戦略は、国際海運からのGHG排出削減に関する今後の議論の基礎となるものであり、同戦略を理解することは海運ビジネスにおいても重要です。ClassNKは、同戦略を理解するためのホワイトペーパー「国際海運ゼロエミッションへの道筋 — 2023 IMO GHG削減戦略を理解する —」を発行しています。

IMO GHG削減目標

Total GHG emissions
in 2008 = 1.0



ホワイトペーパー「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 —」



(和)



(英)



IMO 中期対策

現在、IMOでは、ゼロ・低エミッション燃料の使用を促す新たな規制（中期対策）の導入に向けた議論が進められています。2025年に内容が確定し、2027年に開始が予定されているこの中期対策は、海運ビジネスに大きな影響を与えることになる規制であり、今後もIMOでの議論の動向を注視する必要があります。

IMOに提案されている中期対策の概要*（2024年3月 MEPC81時点） *中期対策はこれらの提案の内容を組み合わせることで最終化される見込み

	制度の分類・制度名	提案国	概要
技術的手法	GFS (Greenhouse Gas Fuel Standard)	EU各国、EC（欧州委員会）	<ul style="list-style-type: none"> 燃料のWell-to-Wake (WtW) ベースでのGHG強度 (gCO_{2eq}/MJ) を段階的に削減。 規制適合のための柔軟性メカニズム*あり。 *規制値の超過達成分⇔未達成分の船舶間での融通 & IMOへの拠出金支払いによる規制適合見なし
	IMSF&F (International Maritime Sustainable Fuels and Fund)	中国、ブラジル、ノルウェー、UAE、アルゼンチン、南アフリカ、ウルグアイ	<ul style="list-style-type: none"> 燃料のTank-to-Wake (TtW) ベースでのGHG強度 (gCO_{2eq}/MJ) を段階的に削減。 規制適合のための柔軟性メカニズム*および本規制により悪影響を被ると認められた一部の途上国航路に対する規制値緩和の優遇措置あり。 *WtWベースのゼロエミ燃料使用による規制値の超過達成分⇔未達成分の船舶間での排出枠融通 & IMOへの拠出金支払いによる規制適合見なし
経済的手法	Feebate ※Fee and rebate	日本	<ul style="list-style-type: none"> GHG排出量 (WtWベース or TtWベース) に応じて課金。 WtWベースのゼロエミ燃料使用船に対して還付。途上国支援も排除せず。
	Feebate	ICS、バハマ、リベリア	<ul style="list-style-type: none"> GHG排出量 (TtWベース) に応じて課金。 WtWベースのゼロエミ燃料使用船に対して還付。途上国支援にも活用。
	GHG Levy (Universal Mandatory Greenhouse Gas Levy)	島嶼国 (9ヶ国)	<ul style="list-style-type: none"> GHG排出量 (WtWベース) に応じて課金。 課金額はGHG排出量1トン当たりUSD150。5年ごとに増額。 課金収入は主に途上国支援に活用。
	名称未定 【新提案】	カナダ	<ul style="list-style-type: none"> GHG排出量 (TtWベース) に応じて課金。 課金額はGHG排出量1トン当たりUSD90。毎年増額。 課金収入はIMOが承認した基金で活用。
	Green Balance Mechanism 【新提案】	WSC	<ul style="list-style-type: none"> GFS規制値の未達成船に対して課金。 GFS規制値の一定割合以上での超過達成船に対して還付。

欧州地域規制

欧州では、欧州排出量取引制度（EU-ETS）の海運セクターへの適用が2024年に開始され、2025年にはFuelEU Maritimeが導入されます。欧州航路への配船に際しては、規制対応コストを可能な限り削減するためにも、これらの規制の内容を正確に理解することが重要です。ClassNKは、欧州地域規制に関して、規則の概要や規則対応のための必要な準備などをQ&A方式で解説した「海運EU-ETS対応に関するFAQ」「FuelEU Maritime対応に関するFAQ」をそれぞれ発行しています。

EUのGHG関連規制を理解するためのFAQ

海運EU-ETS対応に関するFAQ（第2.1版）



(和)



(英)



FuelEU Maritime対応に関するFAQ（第1版）



(和)



(英)



— Step 2

トレンドを知る

代替燃料の導入検討に際しては、代替燃料の採用動向や今後の見通しについて知ることが重要です。需要サイドの動向は燃料供給サイドにも影響を与えます。本章では、代替燃料の採用動向について、船種・サイズ別の動向を含めてご紹介します。





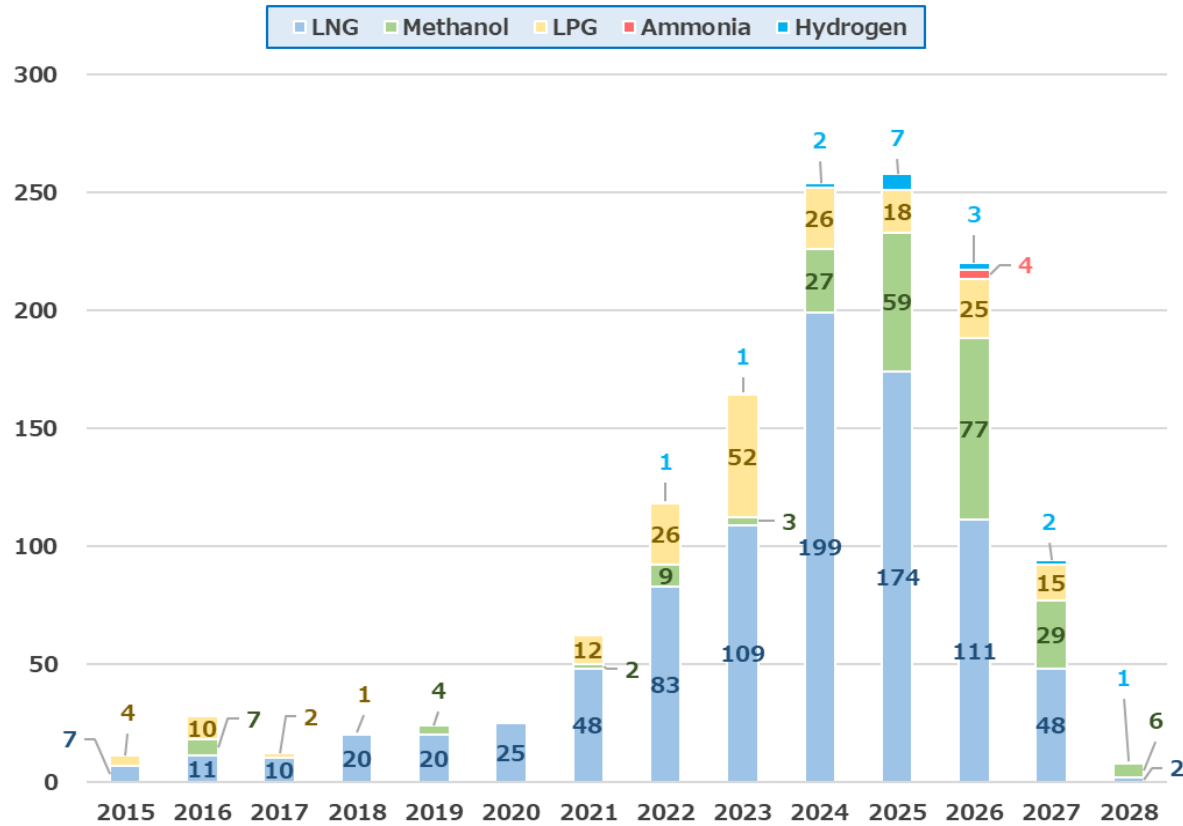
Key Takeaways

- ✓ ClassNKは、船舶における代替燃料の採用動向をまとめた。
- ✓ 集計対象は、IMO DCSやCIIの対象でもある総トン数5,000トン以上の船舶を対象としている（これらの船舶はIMOの中期対策の対象船となる可能性が高い）。また、代替燃料船の集計対象からLNG carrierを除外することで、LNG carrier以外の船種における代替燃料の採用状況をより正確に示している。
- ✓ 代替燃料船の隻数は着実に増加しており、2026年にはLNG carrierを除く代替燃料船の隻数が1,000隻を超える見通しである。
- ✓ メタノール燃料船の発注が目立つものの、代替燃料船の発注残の過半数は依然としてLNG燃料船である。
- ✓ 船種別に見ると、Bulk carrierとProduct/Chemical tankerの代替燃料船採用率が他の船種に比べて相対的に低い。なお、どの船種においても大型船だけでなく中小型船でも代替燃料船の採用実績があり、代替燃料使用における設計上の課題はクリアされつつある。



代替燃料船のトレンド

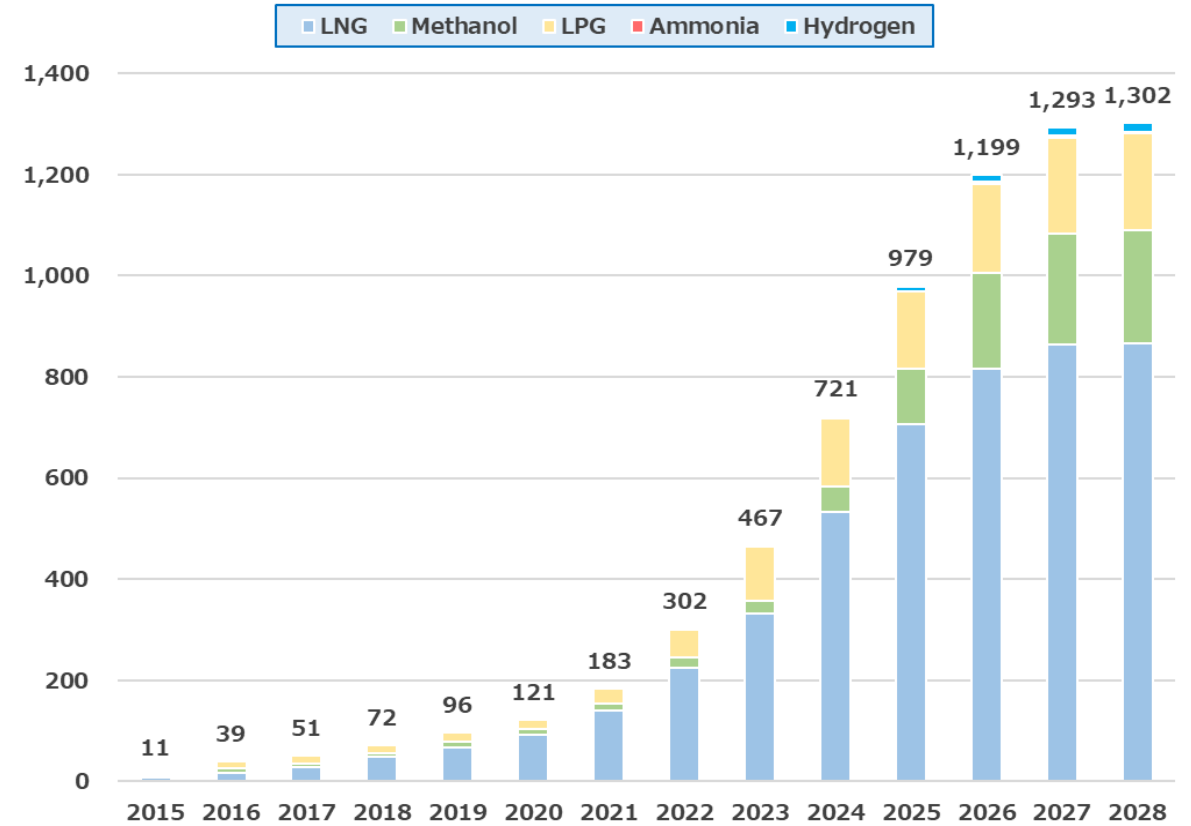
代替燃料船の“竣工”隻数の推移



- ✓ 2023年12月末時点（2024年以降は発注残）
- ✓ 総トン数5,000トン以上
- ✓ LNG燃料船にLNG carrierは含まない

代替燃料船の“就航”隻数の推移*

*2015年以降の竣工隻数の積み上げ。解撤は考慮せず。



- ✓ 2023年12月末時点（2024年以降は発注残を含む）
- ✓ 総トン数5,000トン以上
- ✓ LNG燃料船にLNG carrierは含まない

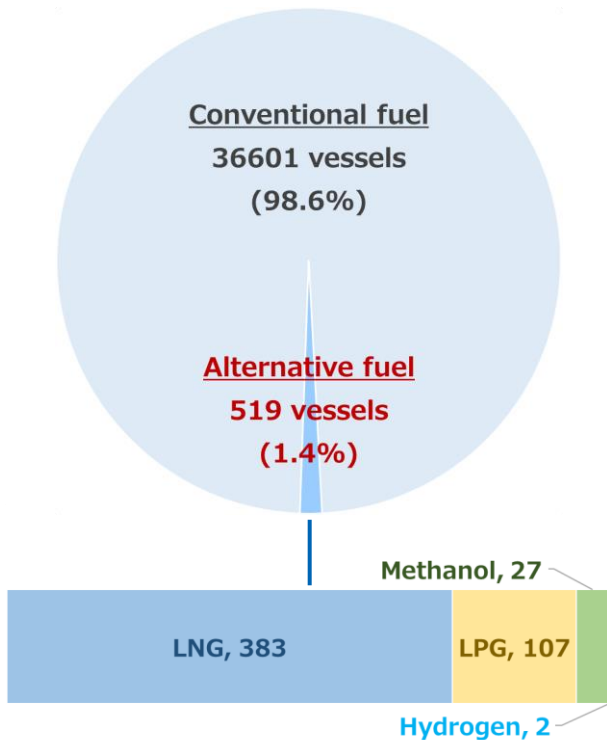
出典：本章に掲載の図表はいずれもClarkson Research Services Limitedのデータを基にClassNKにて作成



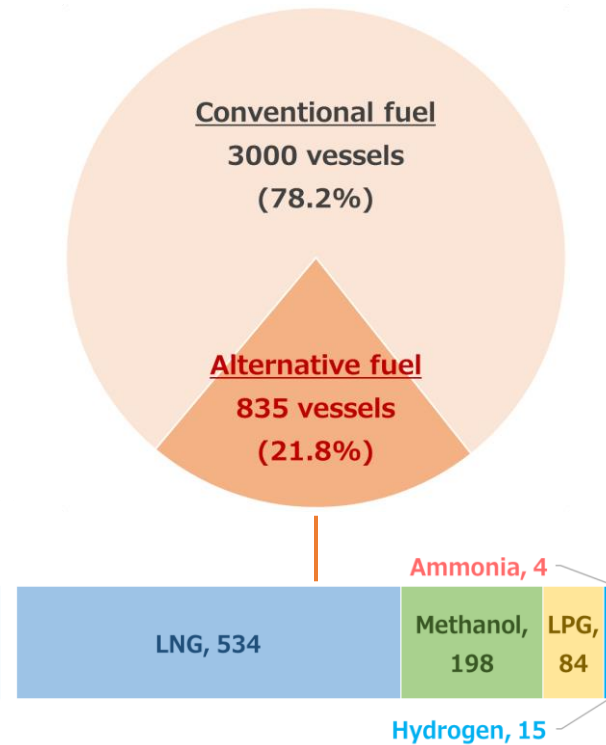
代替燃料船のトレンド

代替燃料船の割合

In service —



On order —



- ✓ 2023年12月末時点
- ✓ 総トン数5,000トン以上
- ✓ LNG燃料船にLNG carrierは含まない

代替燃料船の詳細（2023年6月末→2023年12月末の推移）

In service —

	As of Jun. 30, 2023	As of Dec. 31, 2023
Number of vessel	429 vessels (1.2%)	519 vessels (1.4%)
Total GT	26,539,215 GT (1.8%)	33,461,484 GT (2.2%)

半年間で90隻、7.0mil GTの増加となった。LNG燃料のContainership、Bulk carrierやLPG燃料のLPG carrierが相次いで竣工した結果、代替燃料船の増加に繋がった。

On order —

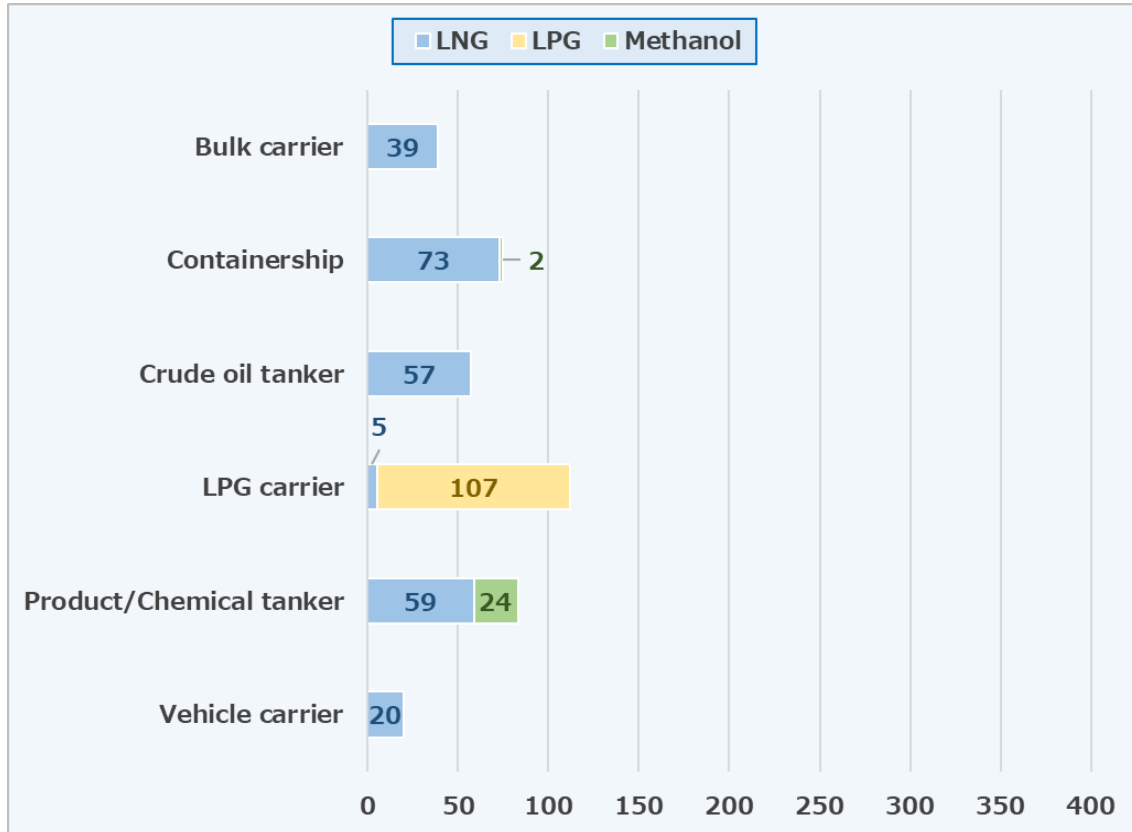
	As of Jun. 30, 2023	As of Dec. 31, 2023
Number of vessel	722 vessels (21.2%)	835 vessels (21.8%)
Total GT	58,698,042 GT (30.1%)	61,732,161 GT (30.9%)

半年間で113隻、3.0mil GTの増加となった。特にメタノール燃料船の発注が多く、16,000TEU超のContainershipを中心に、Bulk carrier、Vehicle carrier、Product/Chemical tankerなどでメタノール燃料の採用が拡大している。



代替燃料船のトレンド（船種別）

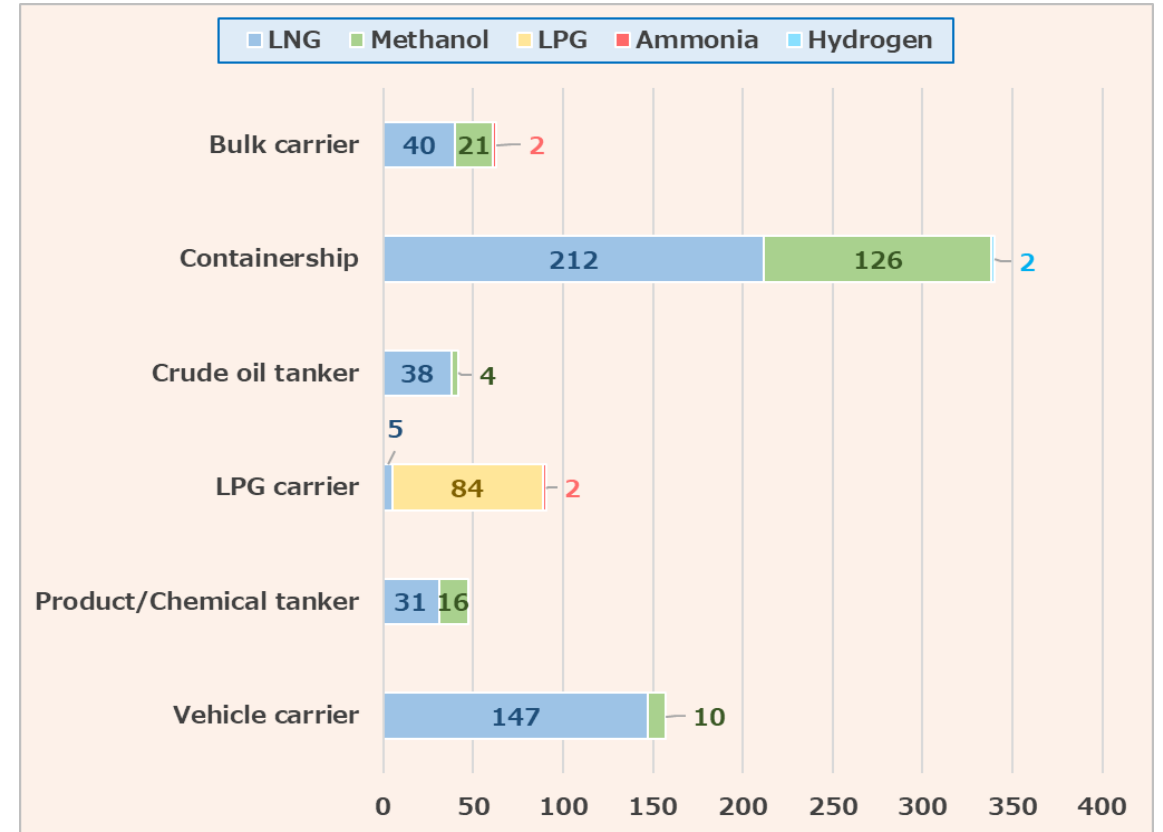
In service —



- ✓ 2023年12月末時点
- ✓ 総トン数5,000トン以上

➤ LPG carrierやメタノール運搬船が含まれるProduct/Chemical tankerを除き、どの船種においても代替燃料船のほとんどをLNG燃料船が占めている。

On order —



- ✓ 2023年12月末時点
- ✓ 総トン数5,000トン以上

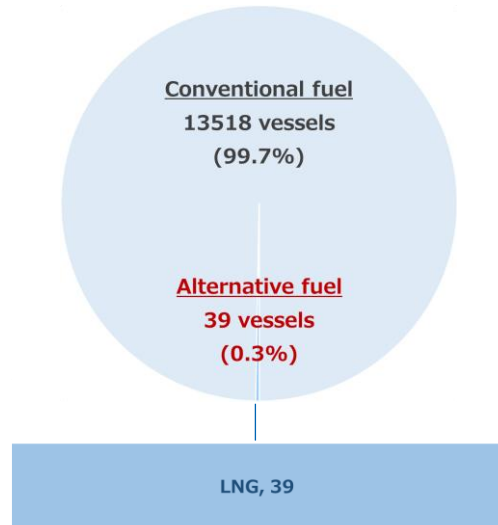
➤ Containershipを始めとして、メタノール燃料船の採用が拡大している。一部の船種ではアンモニア燃料船の発注も見られた。



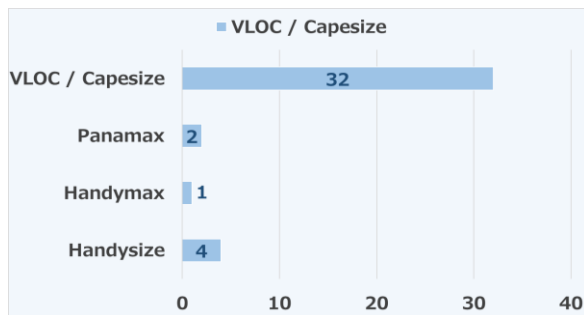
代替燃料船のトレンド（船種別）

Bulk carriers

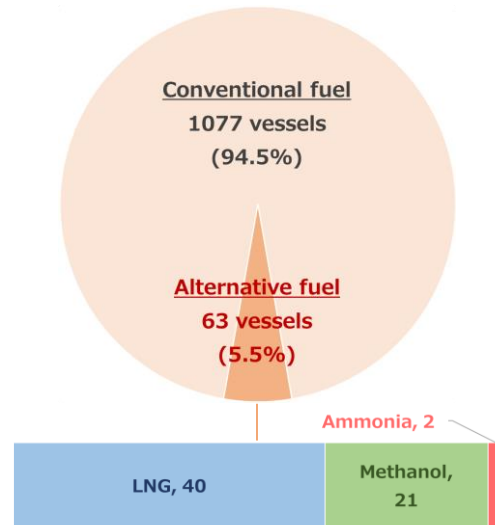
In service —



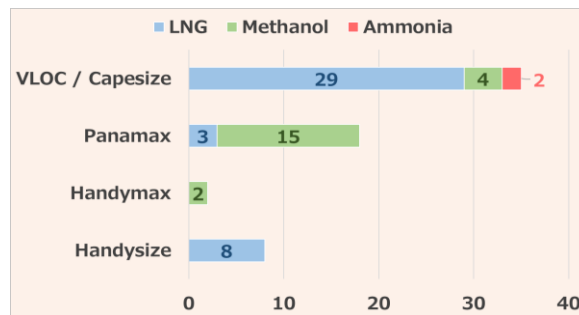
In service —



On order —



On order —



代替燃料船の詳細（2023年6月末→2023年12月末の推移）

In service —

	As of Jun. 30, 2023	As of Dec. 31, 2023
Number of vessel	29 vessels (0.2%)	39 vessels (0.3%)
Total GT	2,831,602 GT (0.5%)	3,622,799 GT (0.7%)

半年間で10隻、0.8mil GTの増加となった。サイズ別で見ると、増加分の半数以上はVLOC/Capesizeが占めていることから、これまでの傾向通り、大型サイズで代替燃料船が採用されるケースが多い。なお、竣工船はいずれもLNG燃料船であった。

On order —

	As of Jun. 30, 2023	As of Dec. 31, 2023
Number of vessel	50 vessels (5.0%)	63 vessels (5.5%)
Total GT	3,635,838 GT (9.0%)	4,926,559 GT (10.3%)

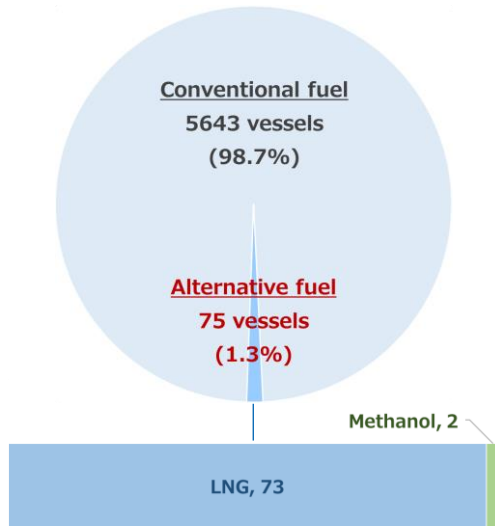
半年間で13隻、1.3mil GTの増加となった。サイズ別では、VLOC/CapesizeおよびPanamaxが大半を占めたことから、引き続き大型サイズでの採用が進んでいる。燃料別では、メタノール燃料船が最も多く、次いでLNG燃料船であった。また、VLOC/Capesizeではアンモニア燃料船の発注が見られた。



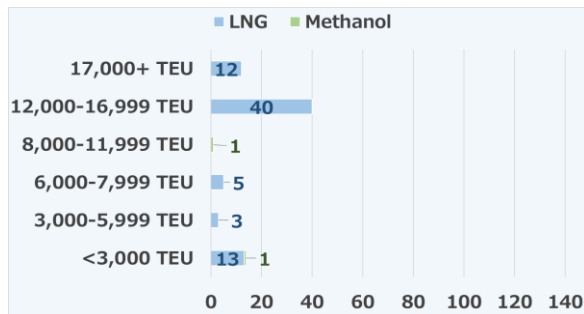
代替燃料船のトレンド（船種別）

Containerships

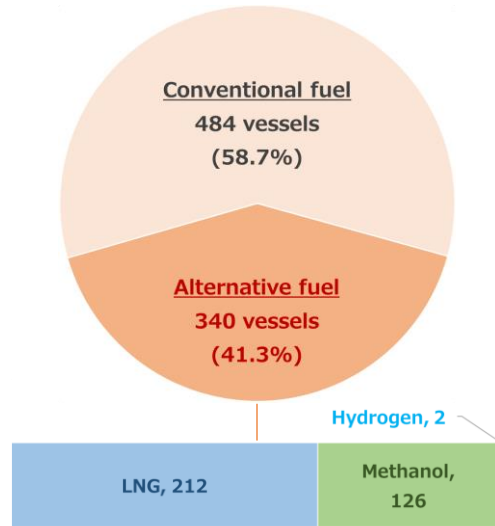
In service —



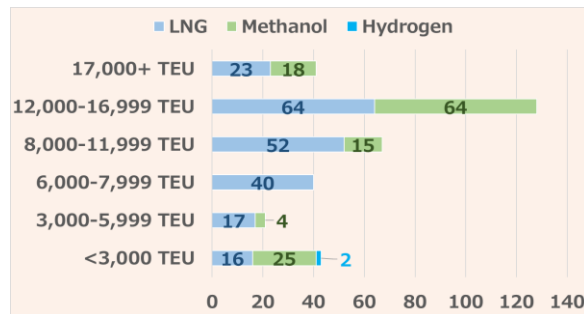
In service —



On order —



On order —



代替燃料船の詳細（2023年6月末→2023年12月末の推移）

In service —

	As of Jun. 30, 2023	As of Dec. 31, 2023
Number of vessel	55 vessels (1.0%)	75 vessels (1.3%)
Total GT	7,349,369 GT (2.6%)	9,683,956 GT (3.3%)

半年間で20隻、2.4mil GTの増加となった。サイズ別で見ると、15,000TEUの竣工が最も多く、7,000TEUや23,500TEUの竣工も見られた。燃料別では、ほとんどがLNG燃料船であった一方、メタノール燃料船の竣工も見られた。

On order —

	As of Jun. 30, 2023	As of Dec. 31, 2023
Number of vessel	300 vessels (33.9%)	340 vessels (41.3%)
Total GT	34,360,667 GT (48.7%)	38,028,991 GT (56.5%)

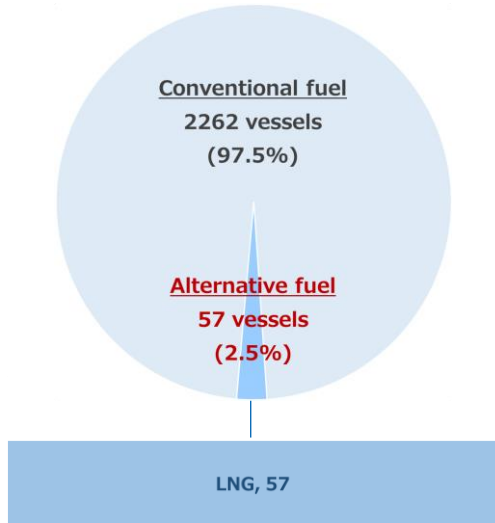
半年間で40隻、3.6mil GTの増加となった。サイズ別では、16,000TEU前後が半数を占め、次いで9,000TEU～10,000TEUの発注が多かった。燃料別では、メタノール燃料船が半数以上を占め、残りはLNG燃料船であった。竣工の傾向とは異なり、メタノール燃料船の採用が拡大している。



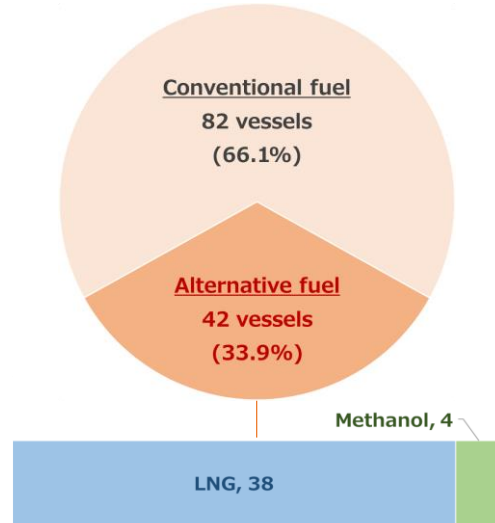
代替燃料船のトレンド（船種別）

Crude oil tankers

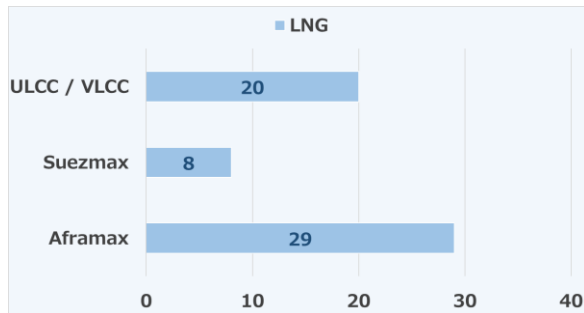
In service —



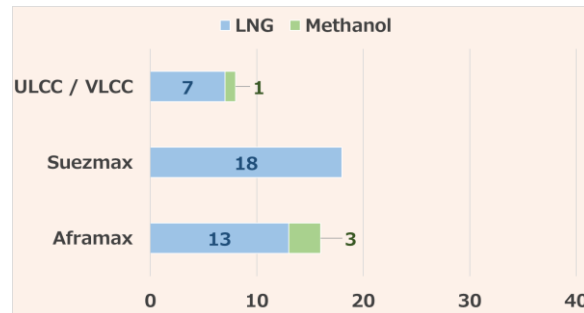
On order —



In service —



On order —



代替燃料船の詳細（2023年6月末→2023年12月末の推移）

In service —

	As of Jun. 30, 2023	As of Dec. 31, 2023
Number of vessel	48 vessels (2.1%)	57 vessels (2.5%)
Total GT	4,725,855 GT (1.9%)	5,775,831 GT (2.4%)

半年間で9隻、1.1mil GTの増加となった。サイズ別では、ULCC/VLCCが半数以上を占め、残りは Aframaxであった（いずれもLNG燃料船）。なお、この半年間でSuezmaxでの代替燃料船の竣工は確認できなかった。

On order —

	As of Jun. 30, 2023	As of Dec. 31, 2023
Number of vessel	37 vessels (44.0%)	42 vessels (33.9%)
Total GT	3,303,019 GT (48.4%)	3,736,624 GT (33.6%)

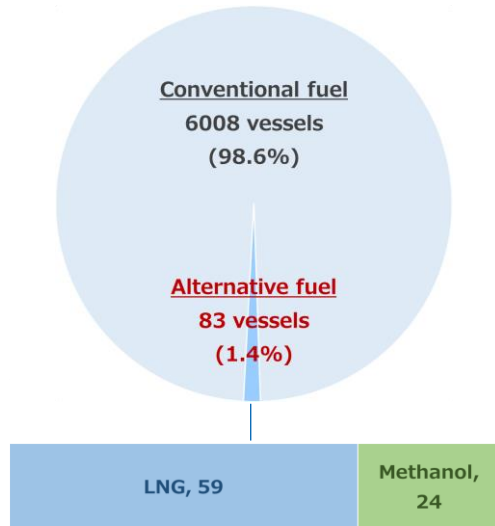
半年間で5隻、0.4mil GTの増加となった。サイズ別では、代替燃料の採用が遅れていたSuezmaxが最も多く発注され、次いでULCC/VLCCであった。燃料別では、LNG燃料船が最も多く発注され、次いでメタノール燃料船であった。



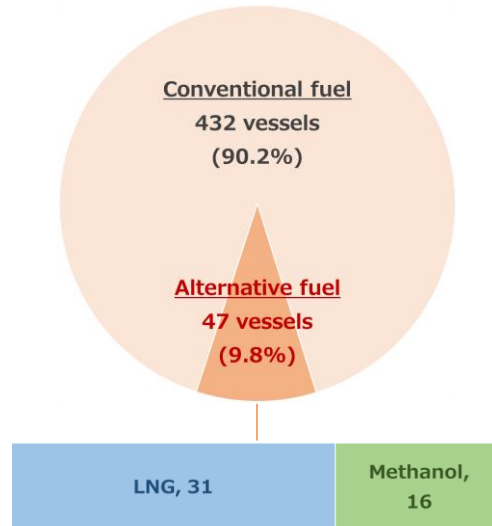
代替燃料船のトレンド（船種別）

Product/Chemical tankers

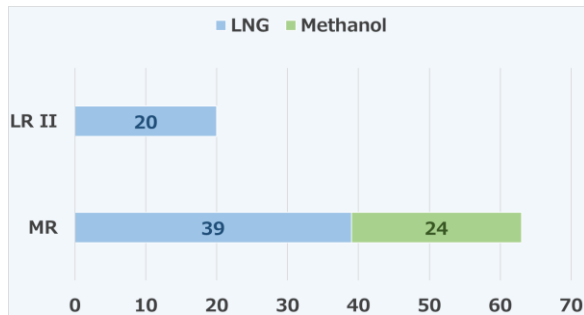
In service —



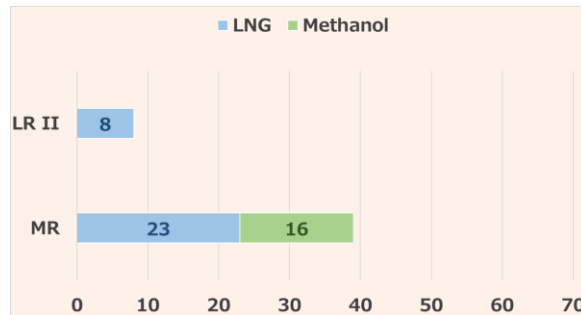
On order —



In service —



On order —



代替燃料船の詳細（2023年6月末→2023年12月末の推移）

In service —

	As of Jun. 30, 2023	As of Dec. 31, 2023
Number of vessel	74 vessels (1.2%)	83 vessels (1.4%)
Total GT	2,213,494 GT (1.6%)	2,596,463 GT (1.8%)

半年間で9隻、0.4mil GTの増加となった。サイズ別では、LRII、MRがそれぞれ半数ずつ竣工する一方で、LRIの増加はこの半年間では確認できなかった。燃料別では、LNG燃料船が大半を占める一方、少数ではあるがメタノール燃料船の竣工も見られた。

On order —

	As of Jun. 30, 2023	As of Dec. 31, 2023
Number of vessel	41 vessels (11.4%)	47 vessels (9.8%)
Total GT	1,212,658 GT (10.5%)	1,280,079 GT (8.3%)

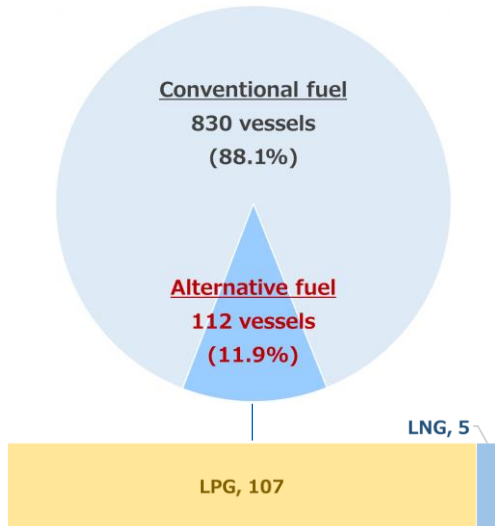
半年間で6隻、0.1mil GTの増加となった。サイズ別では、MRの発注が多く見られた。燃料別では、大半がメタノール燃料船であった。



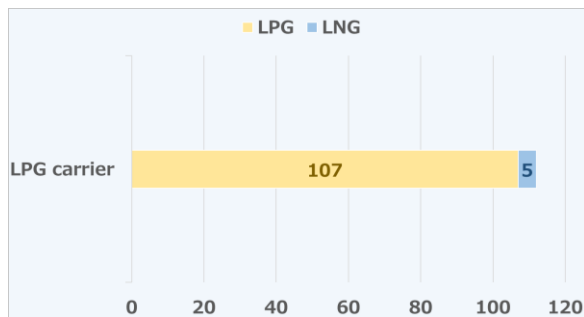
代替燃料船のトレンド（船種別）

LPG carriers

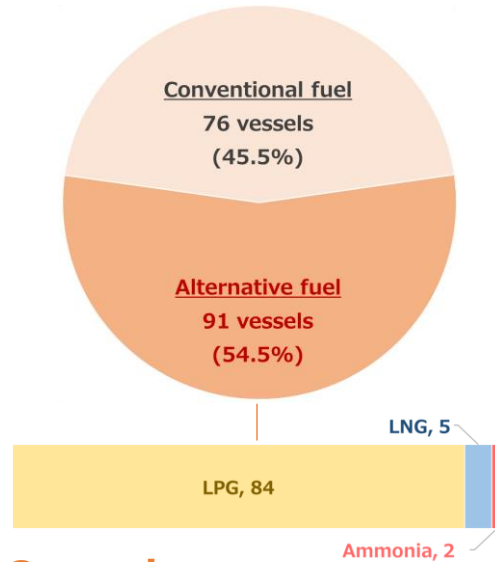
In service —



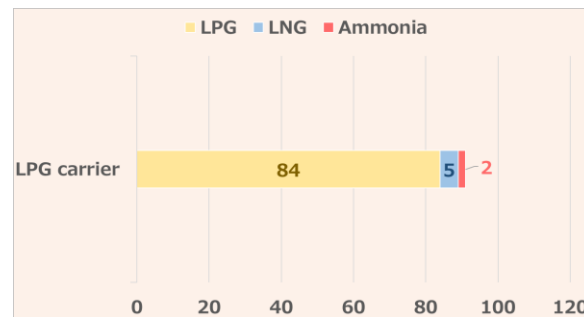
In service —



On order —



On order —



代替燃料船の詳細（2023年6月末→2023年12月末の推移）

In service —

	As of Jun. 30, 2023	As of Dec. 31, 2023
Number of vessel	85 vessels (9.4%)	112 vessels (11.9%)
Total GT	3,560,569 GT (13.5%)	4,834,491 GT (17.4%)

半年間で27隻、1.2mil GTの増加となった。サイズ別では、VLGC（80,000m³超）が主であった。いずれもLPG燃料船で、LPG燃料以外の代替燃料の竣工は確認できなかった。

On order —

	As of Jun. 30, 2023	As of Dec. 31, 2023
Number of vessel	87 vessels (67.4%)	91 vessels (54.5%)
Total GT	3,959,686 GT (72.4%)	3,781,639 GT (55.8%)

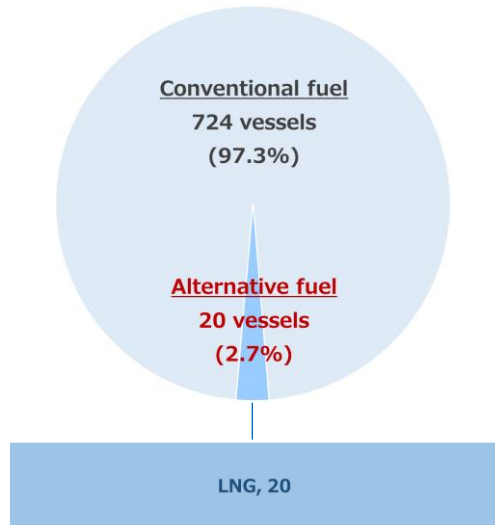
半年間で4隻の増加、0.2mil GTの減少となった。サイズ別では、In serviceと同様、VLGC（80,000m³超）が半数以上を占めた。いずれもLPG燃料船で、アンモニア燃料レディ船であった。



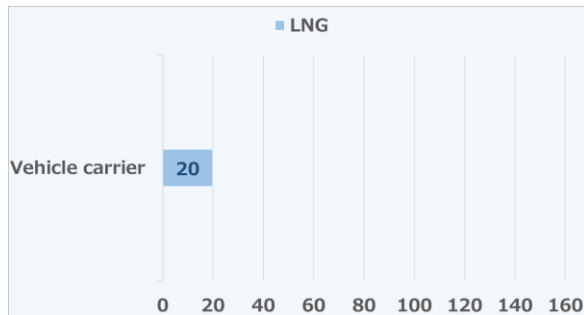
代替燃料船のトレンド（船種別）

Vehicle carriers

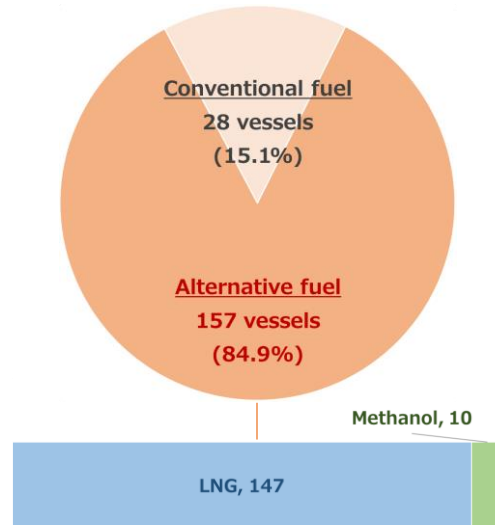
In service —



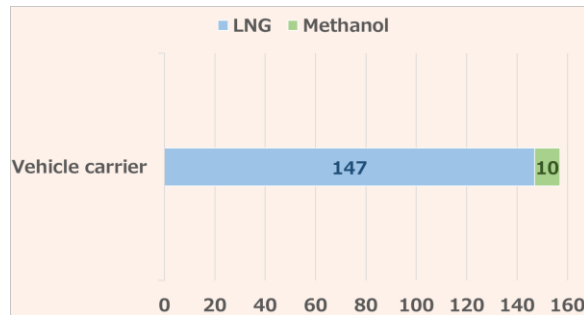
In service —



On order —



On order —



代替燃料船の詳細（2023年6月末→2023年12月末の推移）

In service —

	As of Jun. 30, 2023	As of Dec. 31, 2023
Number of vessel	13 vessels (1.8%)	20 vessels (2.7%)
Total GT	771,559 GT (2.0%)	1,275,216 GT (3.3%)

半年間で7隻、0.5mil GTの増加となった。サイズはいずれも7,000台積で、いずれもLNG燃料船であった。

On order —

	As of Jun. 30, 2023	As of Dec. 31, 2023
Number of vessel	126 vessels (84.0%)	157 vessels (84.9%)
Total GT	7,491,129 GT (80.0%)	9,978,269 GT (82.5%)

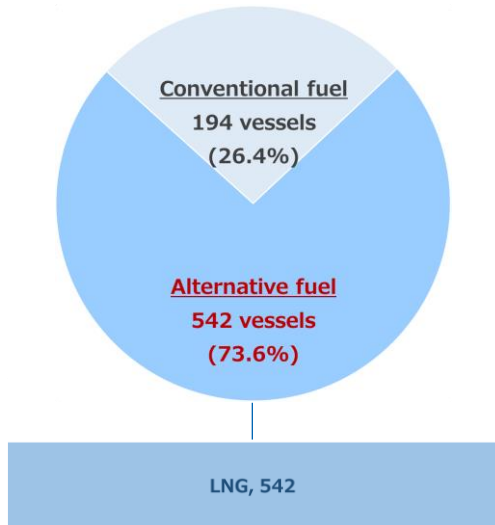
半年間で31隻、2.5mil GTの増加となった。サイズ別では、10,000台積が最も多かったが、4,000台積～10,000台積まで幅広いサイズで代替燃料船の発注が見られた。燃料別では、LNG燃料船が多くを占めたが、メタノール燃料船の発注も少数見られた。



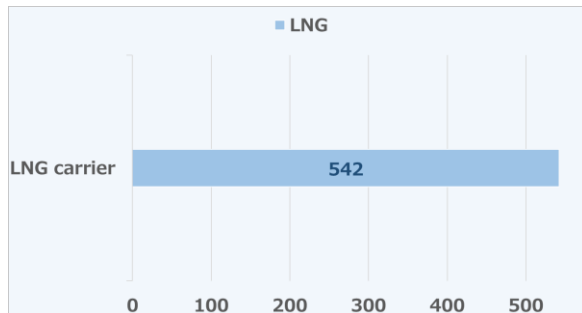
代替燃料船のトレンド（船種別）

LNG carriers（参考）

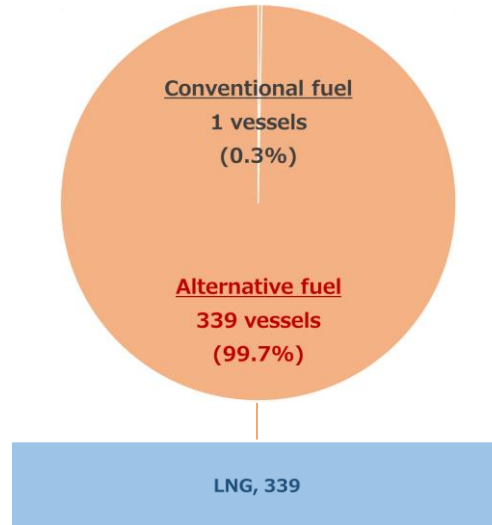
In service —



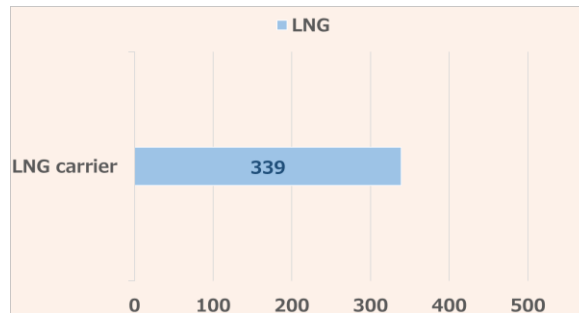
In service —



On order —



On order —



代替燃料船の詳細（2023年6月末→2023年12月末の推移）

In service —

	As of Jun. 30, 2023	As of Dec. 31, 2023
Number of vessel	515 vessels (72.5%)	542 vessels (73.6%)
Total GT	53,642,631 GT (72.0%)	56,307,657 GT (73.0%)

半年間で27隻、2.7mil GTの増加となった。いずれもLNG燃料船で、他の代替燃料船の竣工は確認できなかった。

On order —

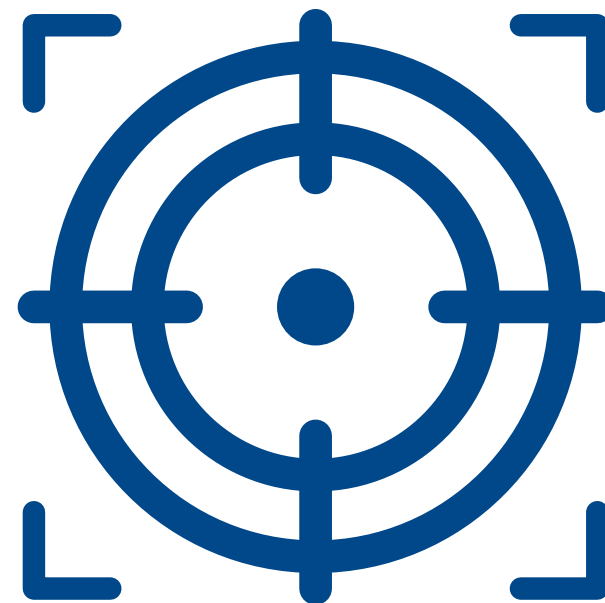
	As of Jun. 30, 2023	As of Dec. 31, 2023
Number of vessel	328 vessels (99.7%)	339 vessels (99.7%)
Total GT	35,434,449 GT (100.0%)	36,855,375 GT (99.9%)

半年間で11隻、1.5mil GTの増加となった。いずれもLNG燃料船であった。In serviceと同様、他の代替燃料船の採用は確認できなかった。

— Step 3

代替燃料を理解する

代替燃料の導入検討に際しては、各燃料の物性やGHG排出量の違いを理解し、コスト・供給量の見込みなどを把握することが重要です。本章では、国際海運での利用が想定される各代替燃料の特徴やコスト・供給量の見込みなどについてご紹介します。



Key Takeaways

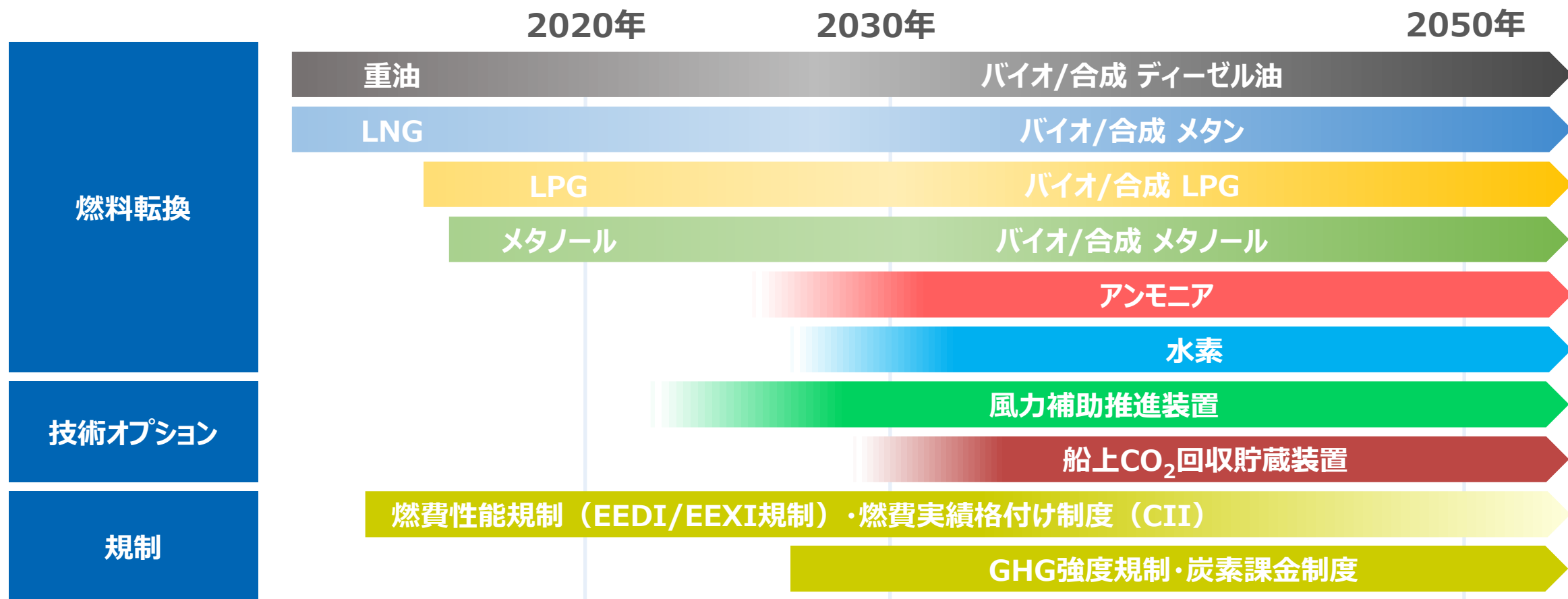
- ✓ 国際海運での利用が想定される各代替燃料はいずれもゼロエミッション/カーボンニュートラル燃料となり得る。
- ✓ 発熱量の関係から、代替燃料は従来燃料油よりも大きな燃料タンク容量を必要とするため（もしくは同量の燃料タンク容量で航続距離が短くなるため）、代替燃料船の導入に際しては予定航路を考慮した上でのフリート全体での総合的な検討が必要となる。
- ✓ 各代替燃料のGHG排出量は燃焼時だけでなくライフサイクル全体でも大きく異なるため、規制が対象とするGHG排出の範囲を十分に理解し、規制下における各燃料の強み・弱みを把握することが重要である。
- ✓ ゼロエミッション/カーボンニュートラル燃料のコストは、グリーン水素由来の燃料よりもバイオマス由来の燃料の方が安価とされるものの、バイオマスは供給量自体に制約があるため、入手可能性については注意を要する。
- ✓ ClassNKは、ゼロエミッション/カーボンニュートラル燃料の製造量調査を実施した。これらの燃料の国際海運での需要を考慮すると、当面の製造量は圧倒的に不足しており、製造規模の急速な拡大が求められる。



国際海運において想定される燃料転換・技術オプション・規制

国際海運において利用が想定される代替燃料は様々であり、どの燃料が主流となるのかについては現時点で未確定です。なお、製造方法によってはいずれの燃料もライフサイクル全体でゼロエミッション/カーボンニュートラルとなり得るため、各燃料の製造技術動向やコスト見通し、供給動向を踏まえながらの対応検討が必要となります。

燃料転換などのタイムライン



代替燃料を理解する

燃料の物性①

代替燃料は燃料によってエネルギー密度（重量あたり、体積あたり）が大きく異なるため、従来燃料油との比較において、必要となる燃料量や確保すべき燃料タンク容量が大きく異なります。まずは各燃料の物性を正確に理解することが代替燃料導入検討における第一歩となります。

物性一覧（概要）

燃料種類	HFO	LNG (メタン)	LPG		メタノール	アンモニア	水素
			プロパン	ブタン			
TtW CO ₂ 排出量 【HFO = 1】	1	0.73	0.85	0.86	0.90	0	0
TtW GHG排出量 【HFO = 1】	1	0.82	0.85	0.86	0.92	0.04	0.01
同量のエネルギーを得るのに必要な 燃料ton 【HFO = 1】	1	0.84	0.87	0.88	2.02	2.16	0.34
液体時 燃料タンク容量 【HFO = 1】	1	1.89	1.69	1.41	2.47	3.07	4.63
可燃性（爆発下限界）	0.7 vol%	5.0 vol%	2.1 vol%	1.8 vol%	6.0 vol%	15.0 vol%	4.0 vol%
毒性（TLV-TWA*）	-	-	-		200 ppm	25 ppm	-
低温・極低温（沸点）	- (Liquid at normal temp.)	-161℃	-42℃	-0.5℃	- (Liquid at normal temp.)	-33℃	-253℃

*TLV-TWA : Threshold Limit Value Time Weighted Average（時間加重平均曝露限界値）

出典：CO₂排出量およびGHG排出量はFuelEU Maritime規則に記載の排出係数を基にClassNKにて算出

代替燃料を理解する

燃料の物性②

ここでは各燃料の特徴について環境関連に焦点を当ててご紹介します。

物性一覧（環境関連）

燃料種類	HFO	LNG (メタン)	LPG		メタノール	アンモニア	水素
			プロパン	ブタン			
TtW CO ₂ 排出量 【HFO = 1】	1	0.73	0.85	0.86	0.90	0	0
TtW GHG排出量 【HFO = 1】	1	0.82	0.85	0.86	0.92	0.04	0.01
排ガス	<ul style="list-style-type: none"> ✓ NOx ✓ SOx ✓ PM 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ NOx ✓ 未燃メタン 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ NOx 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ NOx ✓ 未燃メタノール ✓ ホルムアルデヒド 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ NOx ✓ 未燃アンモニア ✓ N₂O 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ NOx ✓ 未燃水素

出典：CO₂排出量およびGHG排出量はFuelEU Maritime規則に記載の排出係数を基にClassNKにて算出

代替燃料を理解する

燃料の物性③

ここでは各燃料の特徴について設計関連に焦点を当ててご紹介します。

物性一覧（設計関連）

燃料種類	HFO	LNG (メタン)	LPG		メタノール	アンモニア	水素
			プロパン	ブタン			
液体時 熱量当たり体積比 【HFO = 1】	1	1.89	1.69	1.41	2.47	3.07	4.63
液体密度 【ton/m ³ 】	0.96	0.42	0.5	0.6	0.79	0.68	0.07
液化温度（沸点）	-	-161℃	-42℃	-0.5℃	65℃	-33℃	-253℃
低位発熱量 【MJ/kg】	40.5	49.1	46.0	46.0	19.9	18.6	120.0
エンジン方式 (2ストローク)	ディーゼル	ディーゼル/ オットー	ディーゼル		ディーゼル	ディーゼル	ディーゼル
エンジン方式 (4ストローク)	ディーゼル	オットー	-		ディーゼル	ディーゼル/ オットー	オットー
船上での貯蔵方法	重力式タンク	Type A/B/C メムブレン	Type A/B/C		重力式タンク	Type A/B/C メムブレン	低温式 (Type C、メムブレン) 高圧式 (Type 1/2/3/4)

代替燃料を理解する

燃料の物性④

ここでは各燃料の特徴について安全関連に焦点を当ててご紹介します。

物性一覧（安全関連）

燃料種類	HFO	LNG (メタン)	LPG		メタノール	アンモニア	水素
			プロパン	ブタン			
爆発範囲 【Vol%】	0.7 - 5	5 - 15	2.1 - 9.5	1.8 - 8.4	6 - 50	15 - 33.6	4 - 75
引火点	>60℃	-187.7℃	-104℃	-60℃	9℃	132℃	-
着火点	>400℃	537℃	450℃	365℃	440℃	630℃	560℃
最小着火エネルギー	-	0.3 mJ	0.26 mJ	0.26 mJ	0.14 mJ	680 mJ	0.017 mJ
毒性 【ppm】 (ACGHI, TWA-TLV* ¹)	-	-	-		200	25	-
毒性 【ppm】 (ACGHI, TWA-STEL* ²)	-	-	-	1000	250	35	-

*¹American Conference of Governmental Industrial Hygienist（アメリカ産業衛生専門家会議）策定の毒性の基準。TLV-TWA（Threshold Limit Value Time Weighted Average：時間加重平均曝露限界値）は、1日8時間または週40時間の平均作業において繰り返し曝露されても作業者が健康上の悪影響を被ることがないと考えられる濃度を表す。

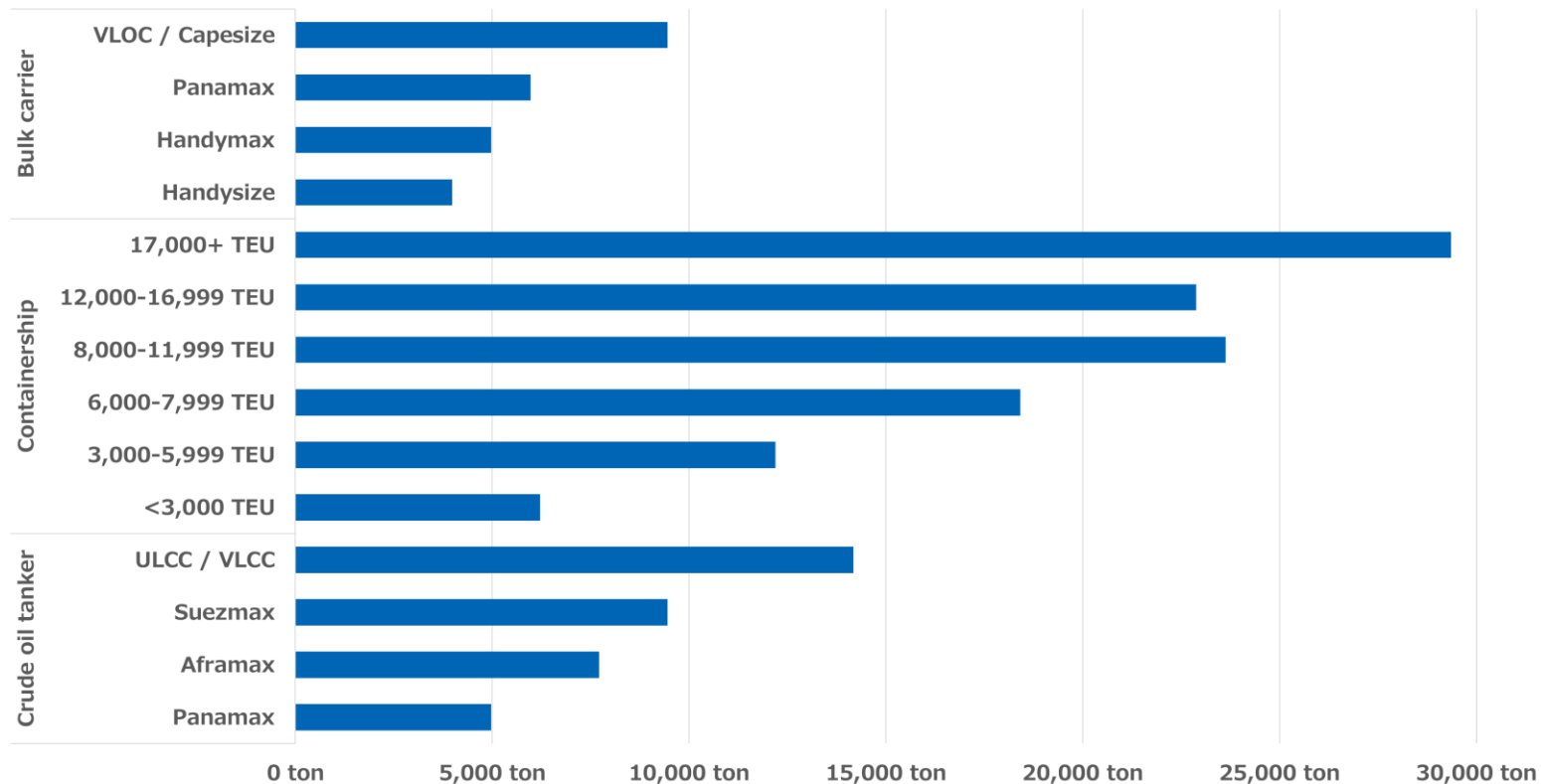
*²American Conference of Governmental Industrial Hygienist（アメリカ産業衛生専門家会議）策定の毒性の基準。TLV-STEL（Threshold Limit Value Short Term Exposure Limit：短時間曝露限界値）は、15分間連続で曝露されても毎日の曝露がTLV-TWA以下であれば作業者が健康上の悪影響を被ることがないと考えられる濃度を表す。

代替燃料を理解する

燃料消費量の把握①

代替燃料は従来燃料油と発熱量が異なるため、必要燃料量（ton）が従来燃料油と比較して変化します。代替燃料の導入を検討する際には、船種・サイズに応じて想定させる必要燃料量を燃料毎に把握することが重要です。

年間の燃料消費量イメージ（従来燃料油HFOの場合） — Bulk carrier、Containership、Crude oil tanker



代替燃料に転換した場合の必要燃料量（ton） 【従来燃料油比】

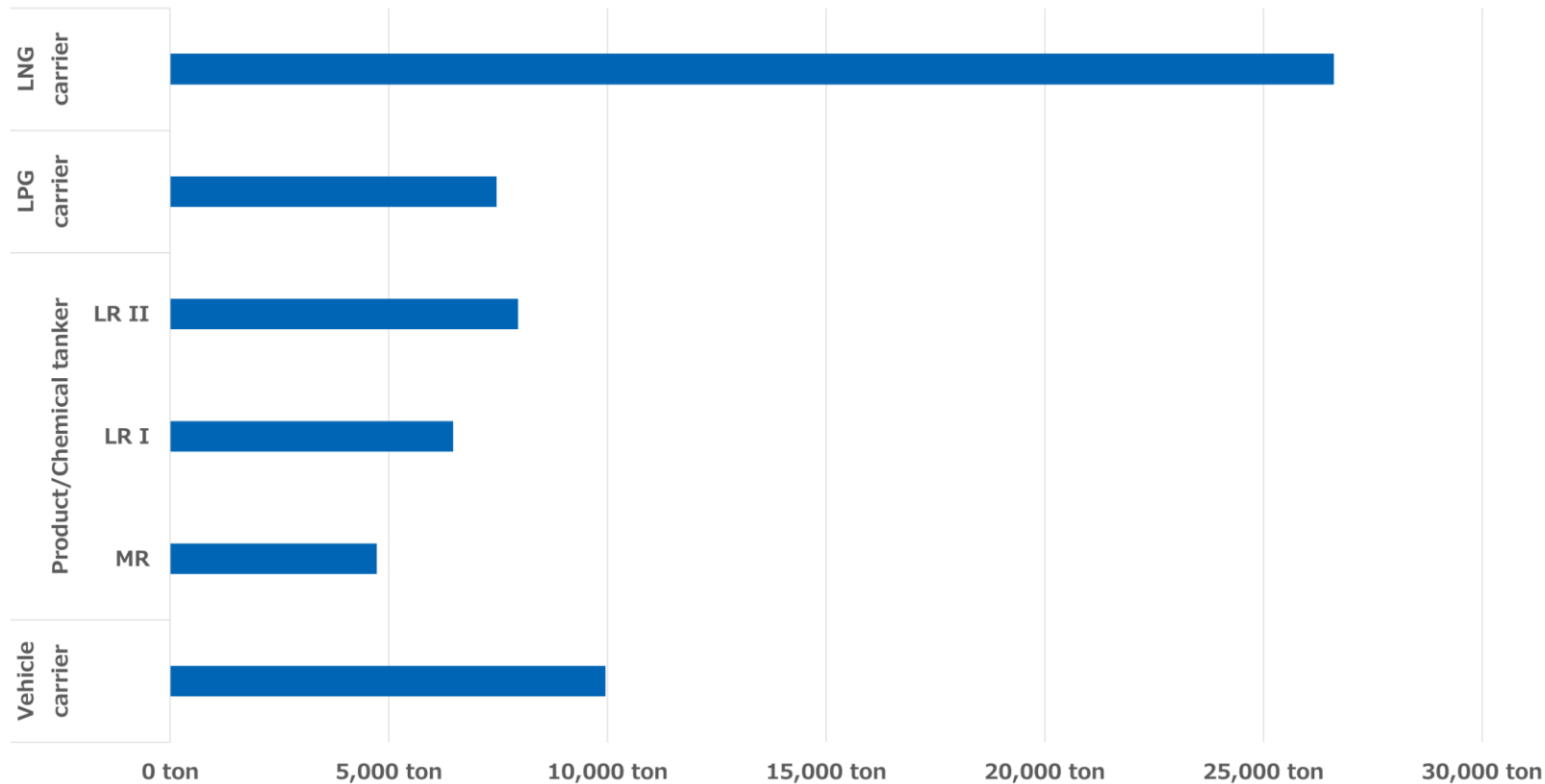


代替燃料を理解する

燃料消費量の把握②

代替燃料は従来燃料油と発熱量が異なるため、必要燃料量（ton）が従来燃料油と比較して変化します。代替燃料の導入を検討する際には、船種・サイズに応じて想定させる必要燃料量を燃料毎に把握することが重要です。

年間の燃料消費量イメージ（従来燃料油HFOの場合） — LNG carrier、LPG carrier、Product/Chemical tanker、Vehicle carrier



代替燃料に転換した場合の必要燃料量（ton）
【従来燃料油比】

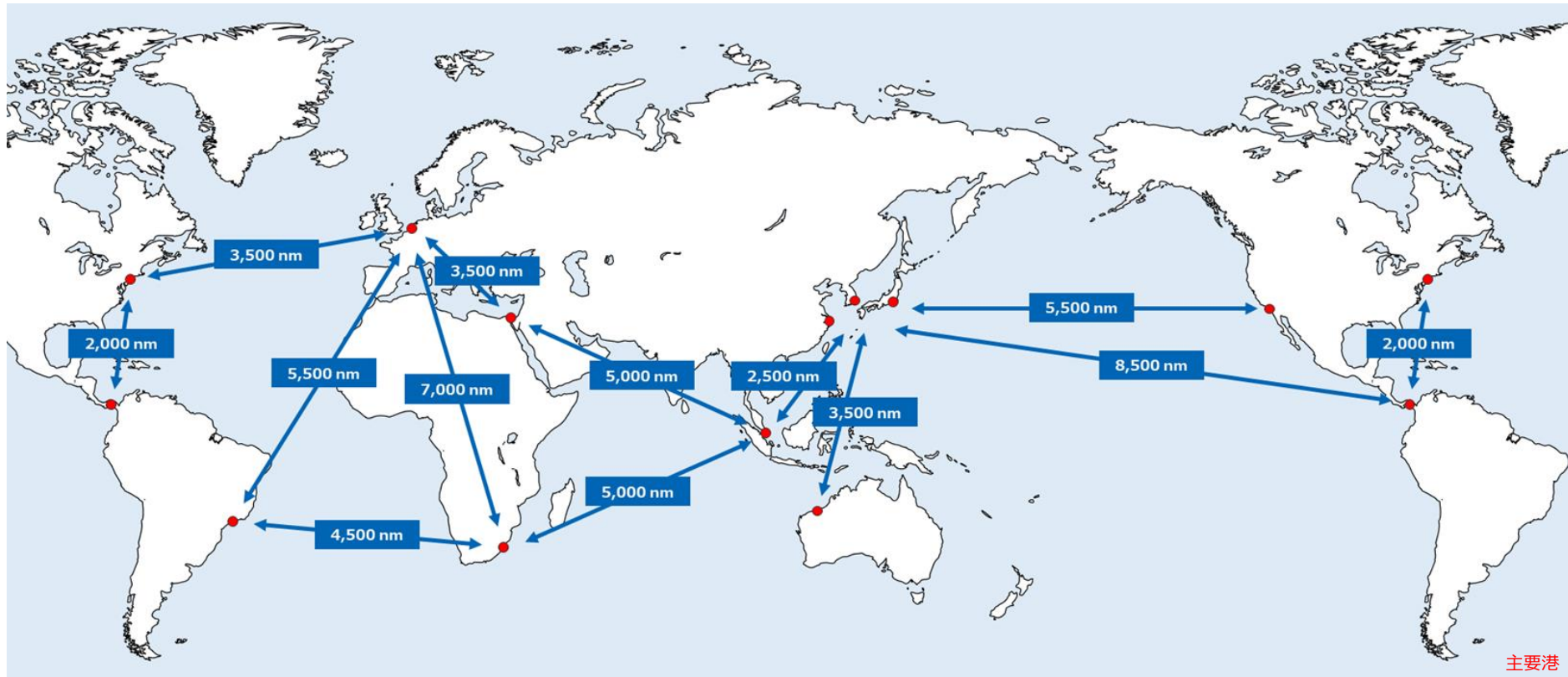
▶	LNG	0.84倍
▶	LPG	0.87倍
▶	メタノール	2.02倍
▶	アンモニア	2.16倍
▶	水素	0.34倍

代替燃料を理解する

航路の選定

代替燃料船は従来燃料船と比較して同じ燃料タンク容量でも航続距離が短くなり、必要燃料量（ton）も異なります。代替燃料船の導入を検討する際には、燃料種類およびバンキング拠点を加味した上での航路の選定が重要です。

主要航路における航海距離



206,000DWT Bulk carrierが積荷状態で日本 - 豪州間の3,500nmを片道航海する場合に必要な燃料量

- 従来燃料油 : 500 ton
- LNG燃料 : 420 ton
- LPG燃料 : 435 ton
- メタノール燃料 : 1,010 ton
- アンモニア燃料 : 1,080 ton
- 水素燃料 : 170 ton

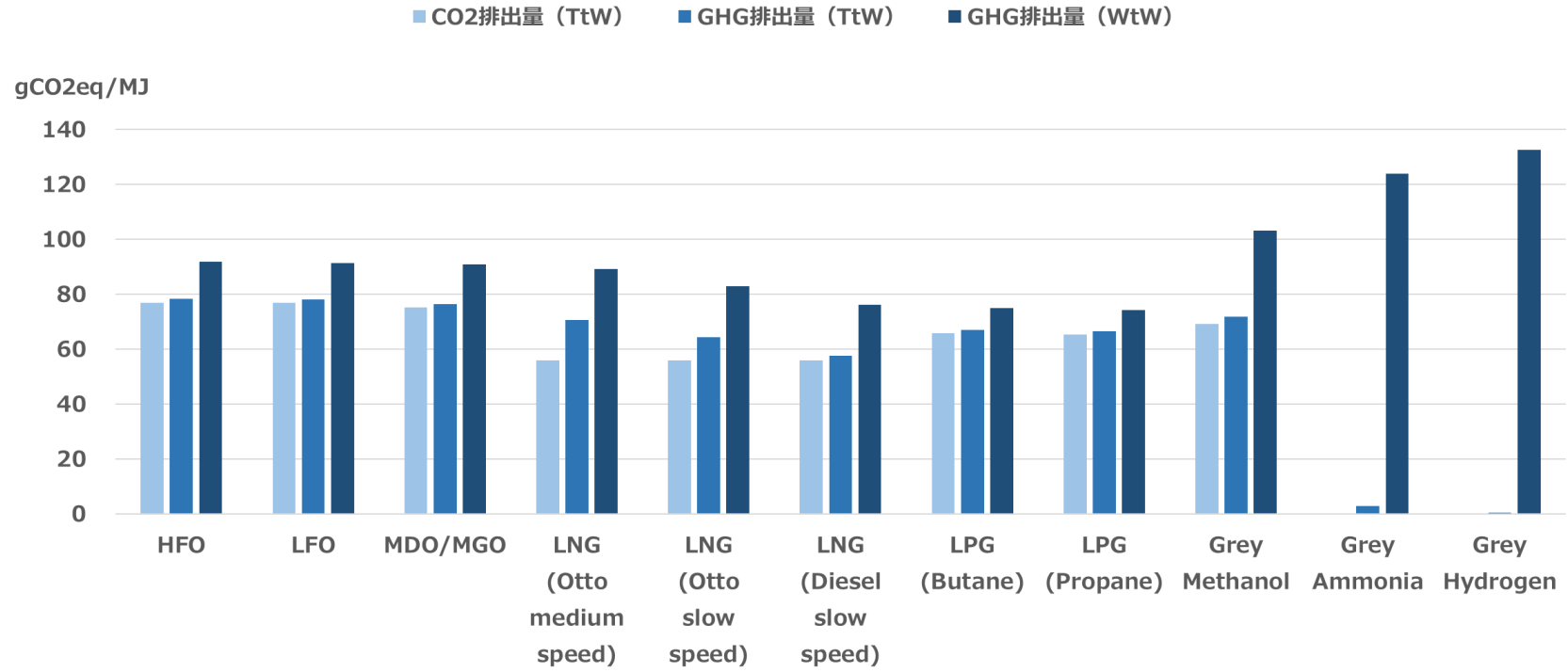


代替燃料を理解する

「CO₂排出量 (TtW)」 vs. 「GHG排出量 (TtW)」 vs. 「GHG排出量 (WtW)」

「CO₂排出 or GHG排出」「Tank-to-Wake排出 or Well-to-Wake排出」など、規制が対象とする排出の範囲は様々です。規制対応コストを最小化するためには、各規制における排出係数のデフォルト値を把握し、燃料毎の排出量の違いを理解することが重要です。(TtW : Tank-to-Wake、WtW : Well-to-Wake)

エネルギー当たりの排出量



規制が対象とする排出

IMOやEUにおける規制が対象とする排出は次の通りです。

- ✓ CII燃費実績格付け制度 : CO₂排出 (TtW)
- ✓ 海運EU-ETS (2026年~) : GHG排出 (TtW)
- ✓ FuelEU Maritime : GHG排出 (WtW)
- ✓ IMO中期対策 : 未定

最も排出コスト競争力のある燃料

各排出スコープにおいて最も排出量の少ない燃料は次の通りです*。(ゼロエミッション/カーボンニュートラル燃料を除く)

- ✓ CO₂排出 (TtW) の場合 : LNG
- ✓ GHG排出 (TtW) の場合 : LNG
- ✓ GHG排出 (WtW) の場合 : LPG

出典 : FuelEU Maritime規則に記載の排出係数を基にClassNKにて算出

*FuelEU Maritime規則に記載の排出係数で比較した場合



燃料転換によるCII格付け結果の比較

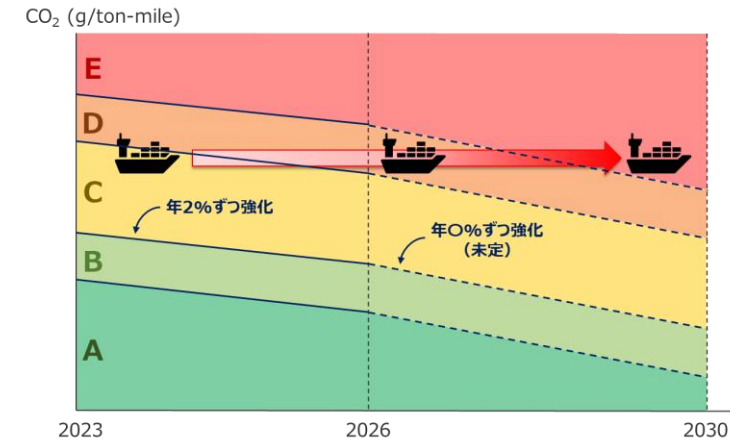
代替燃料の導入はCII格付けの改善においても非常に有効です。ここではハンディマックスサイズのBulk carrierを例に、従来燃料船からメタノール燃料船またはLNG燃料船へ転換した場合のCII格付けの比較結果をご紹介します。（CII：Carbon Intensity Indicators）

CII格付け比較（従来燃料船 vs. メタノール燃料船 vs. LNG燃料船：ハンディマックスサイズのBulk carrierを例に）

燃料種類	CII格付け				
	2023 (5%)	2024 (7%)	2025 (9%)	2026 (11%)	2027以降 (未定)
従来燃料油	C	C	D	D	-
メタノール 【従来燃料油比10%CO ₂ 削減】	B	C	C	C	-
LNG 【従来燃料油比27%CO ₂ 削減】	A	A	B	B	-

丸括弧内は基準値設定におけるCII reference lineからの削減率（2019年比）

CII格付け推移のイメージ



- 2022年の平均的な燃費実績に基づく、ハンディマックスサイズのBulk carrier（従来燃料船）のCII格付けは2023年時点で**C**であり、以降は上表の通りに推移します（燃費改善は想定せず）。
- 従来燃料油からメタノールへ転換した場合には、CII格付けは2023年時点で**C**から**B**に改善します（燃費改善は想定せず）。
- 従来燃料油からLNGへ転換した場合には、CII格付けは2023年時点で**C**から**A**に改善します（燃費改善は想定せず）。

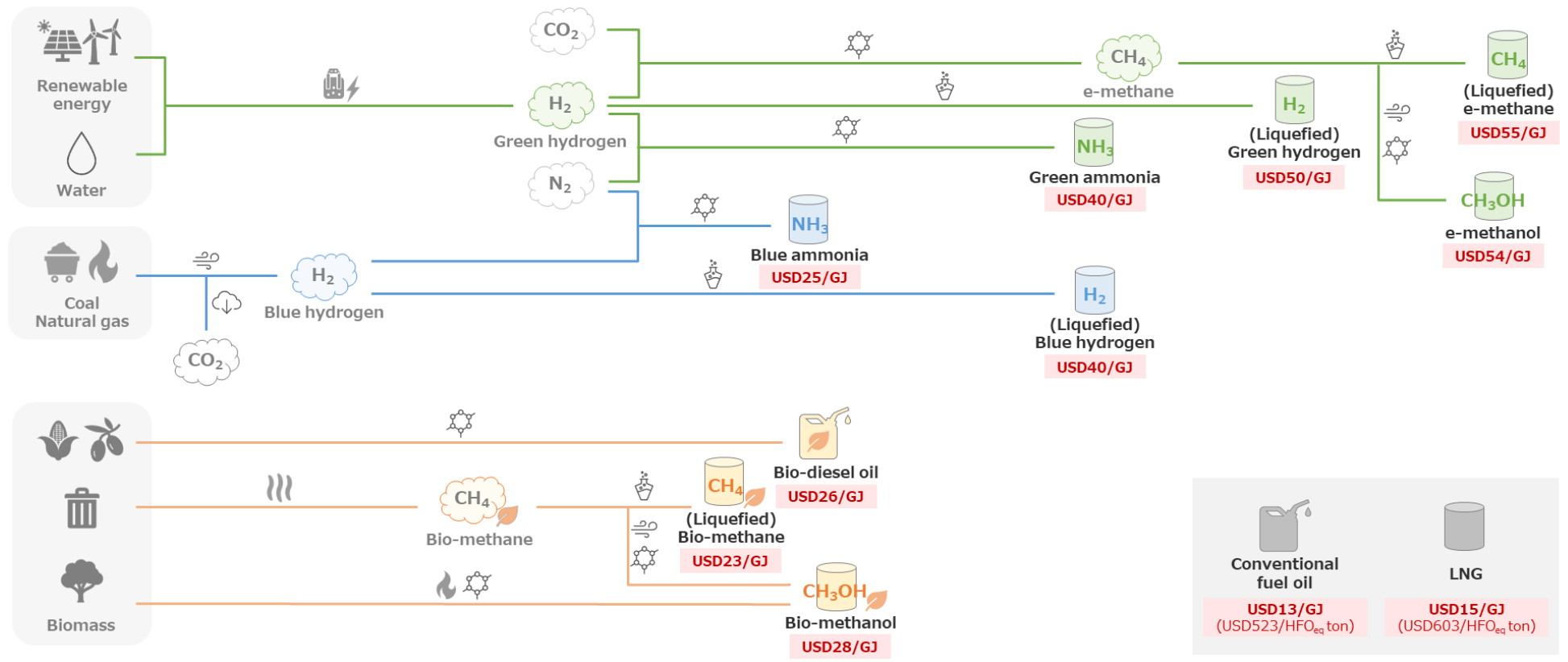


代替燃料を理解する

代替燃料コスト

船舶で利用可能な代替燃料は多岐にわたりますが、いずれの代替燃料もコストは従来燃料油の1.5倍～4倍程度割高（2030年時点）となる見込みです。生産拡大や規制導入により従来燃料油とのコスト差は将来的に縮小することが見込まれていますが、需給を踏まえた価格動向は不透明です。代替燃料の導入を検討する際には燃料コストの動向を見極めることが最も重要となります。

代替燃料の製造経路・コスト（コストは2030年時点での見込み）



代替燃料を理解する

代替燃料シェア

世界のフリートの年間の燃料消費量2.2億ton（2022年）のうち、LNG/LPG/メタノールなどの代替燃料が占める割合は6%に留まっています。代替燃料船の発注増加に伴いその割合は高まることが予想されますので、今後増加する代替燃料需要を満たすためには生産規模の更なる拡大が不可欠です。

IMO DCS対象船（総トン数5,000トン以上の国際航海に従事する船舶）の燃料消費量【単位：ton】

	Heavy Fuel Oil (HFO)	Light Fuel Oil (LFO)	Diesel/Gas Oil (MDO/MGO)	LNG	LPG (Propane)	LPG (Butane)	Methanol	Ethanol	Other	Total (HFO換算)
2019年 (27,221隻) (11.9億GT)	171,428,136	6,930,061	24,125,110	10,482,742	6,202	1,182	29,551	149	67,660	216,763,596
2020年 (27,723隻) (12.2億GT)	101,268,542	64,171,708	25,500,000	11,974,761	16,622	1,562	77,631	0	92,807	208,572,760
2021年 (28,171隻) (12.5億GT)	109,169,447	64,479,128	25,732,999	12,623,121	34,973	2,028	13,031	4,849	170,501	217,710,495
2022年 (28,834隻) (12.9億GT)	116,576,283	57,077,835	28,285,802	10,950,408	88,774	16,673	35,523	10,890	226,739	218,339,992

HFO換算 2.2億 tonを全て代替燃料に転換しようとする...

HFO換算 2.2億 ton ▶ 全量 メタノールに転換する場合 **4.4億 ton**のメタノールが必要 (現在の全セクター向け生産規模 1.06億 ton/年*)

HFO換算 2.2億 ton ▶ 全量 アンモニアに転換する場合 **4.7億 ton**のアンモニアが必要 (現在の全セクター向け生産規模 1.83億 ton/年*)

HFO換算 2.2億 ton ▶ 全量 水素に転換する場合 **0.7億 ton**の水素が必要 (現在の全セクター向け生産規模 0.94億 ton/年*)

*生産量の約99%はグレー水素由来



代替燃料を理解する

グリーン水素製造に必要となる再生可能エネルギー電力量

グリーンアンモニアやグリーンメタノールの原料でもあるグリーン水素の生産拡大のためには、再生可能エネルギーの導入拡大が欠かせません。ここでは、グリーン水素製造に必要となる再生可能エネルギー電力量の目安についてご紹介します。

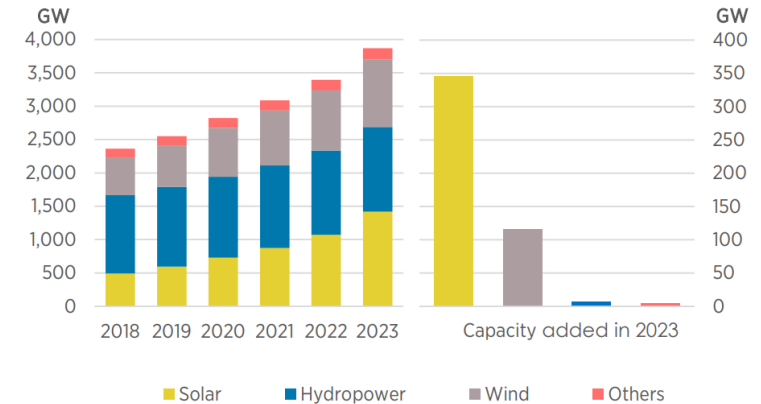
グリーン水素製造に必要となる再生可能エネルギー電力量



*2消費電力量は5.0kWh/Nm³-H₂として試算

世界の再生可能エネルギー設備容量の推移

Renewable power capacity growth



出典：IRENA (2024), Renewable capacity statistics 2024, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. (Highlights)

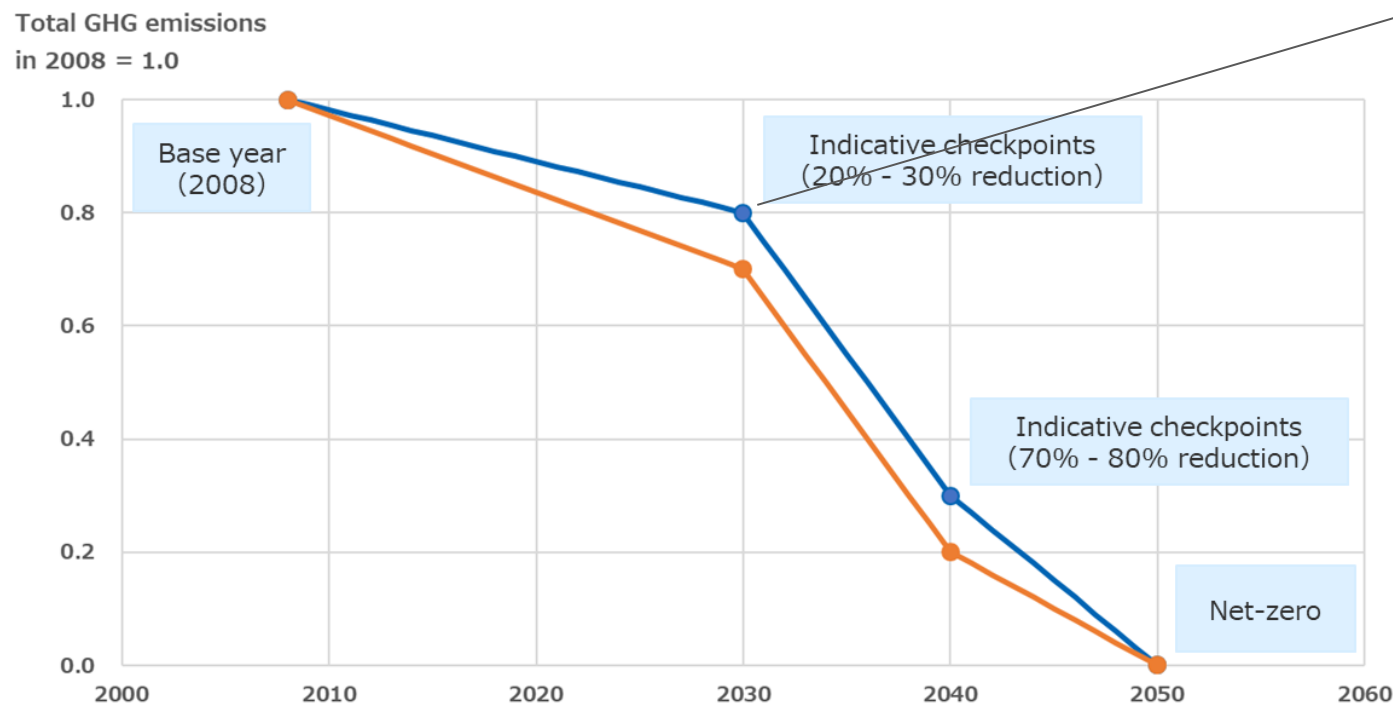
- 再生可能エネルギー設備容量は増加しているものの、現在、そのほとんどは電気として直接利用されています。国際海運の脱炭素化に向けて、今後はいかにグリーン水素製造用途として再生可能エネルギーを導入・拡大させていくかがポイントとなります。



国際海運で必要となるゼロエミッション燃料・ゼロエミッション船

IMOの「2023 IMO GHG削減戦略」において新たなGHG削減目標が定められ、今後、国際海運は2050年頃までのGHG排出ネットゼロへ向けての道筋を歩むこととなります。ここでは、その道筋におい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規模についてご紹介します。

IMO GHG削減目標における2030年削減目安の達成に必要なゼロエミッション燃料・ゼロエミッション船の導入規模



2030年削減目安 (Well-to-Wakeベース) の達成に必要なゼロエミッション燃料・ゼロエミッション船の導入規模*

*総トン数5,000トン以上の外航船 (IMO DCS対象船) を対象として試算

- ✓ ゼロエミッション燃料
国際海運で使用する燃料の25%がゼロエミッション燃料となる必要がある (2030年時点)
 - 全量グリーンメタノールの場合 : 1.06億 ton
 - 全量グリーンアンモニアの場合 : 1.14億 ton
- ✓ ゼロエミッション船
上記の燃料量を消費するのに必要となるゼロエミッション船 (2030年時点)
 - 3.52億 総トン

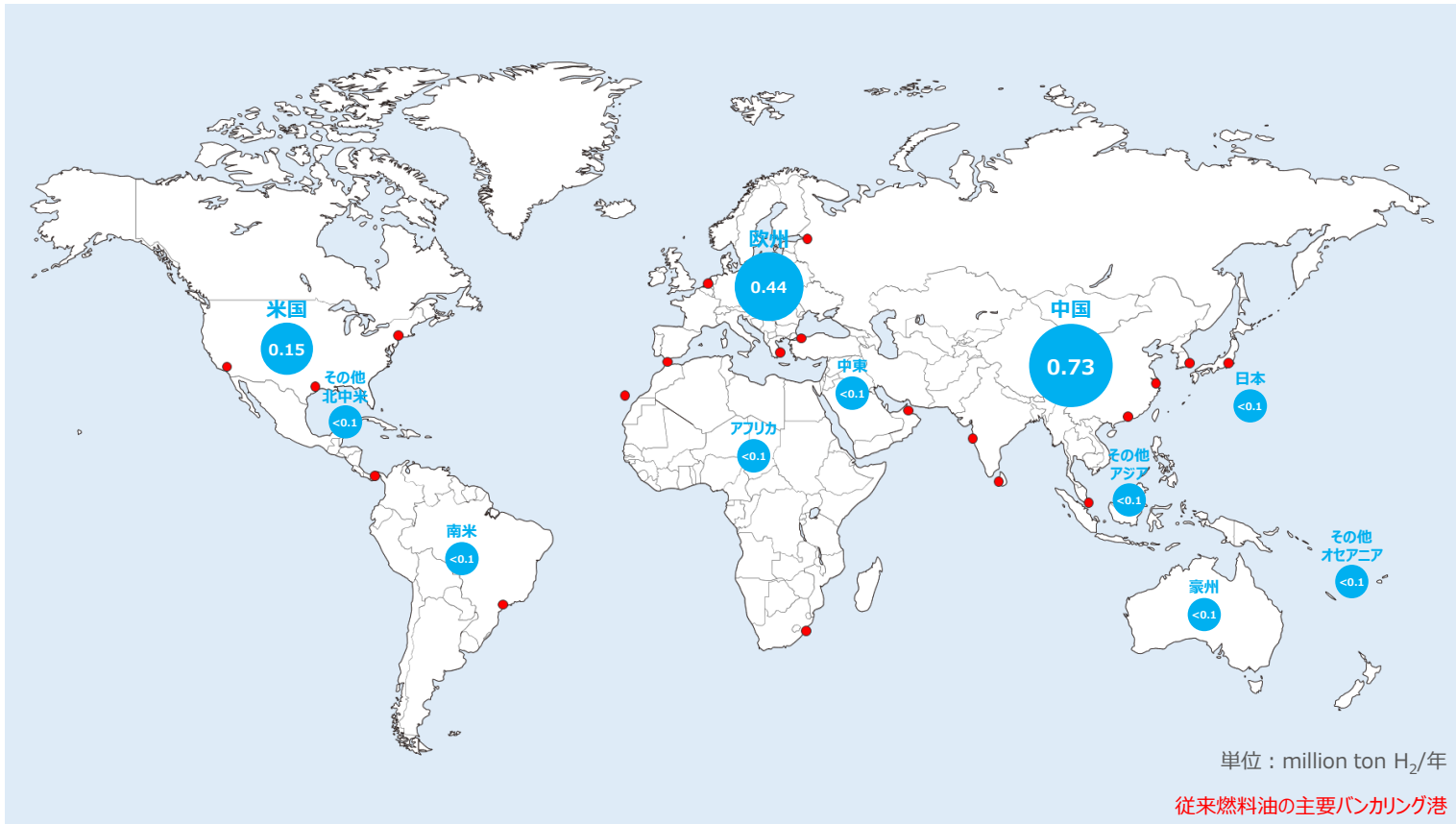
詳細はClassNK発行のホワイトペーパー「国際海運ゼロエミッションへの道筋 — 2023 IMO GHG削減戦略を理解する —」をご覧ください

代替燃料を理解する

代替燃料製造プロジェクト①（グリーン水素）

代替燃料の導入に際しては各燃料の供給見込みの把握が欠かせません。ここではグリーン水素の製造規模（製造予定含む）をご紹介します。水素は船用燃料としての直接利用はもちろんのこと、アンモニアやメタノールの原料にもなります。なお、製造プロジェクトは海運向けに限定されたものではありませんので、ご注意ください。

グリーン水素製造プロジェクト分布（操業中・建設中・最終投資決定済、全セクター向け、2023年10月時点）



国・地域	プロジェクト数	年間製造規模（合計）
中国	32	732,049 ton H ₂ /年
欧州	223	447,093
米国	29	155,849
豪州	26	61,687
その他北中米	16	40,462
その他アジア	26	12,493
南米	15	4,381
日本	16	2,150
アフリカ	2	1,286
中東	4	239
その他オセアニア	1	195
総計	390	1,457,884

出典：IEA(2023), Hydrogen Production Projects Databaseを基にClassNKにて作成



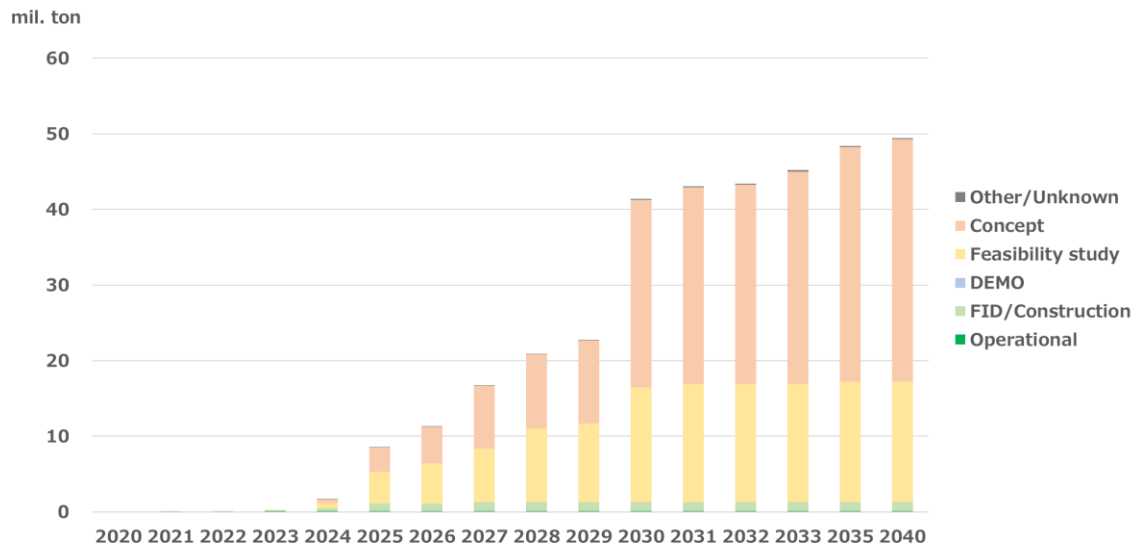
代替燃料を理解する

代替燃料製造プロジェクト①（グリーン水素）

2040年までに製造開始を計画しているグリーン水素製造プロジェクトに関して、そのほとんどはfeasibility study段階やconcept段階にあり、最終投資決定に至っていません。どの程度の製造量が見込まれるのか、今後もその動向を引き続き注視する必要があります。

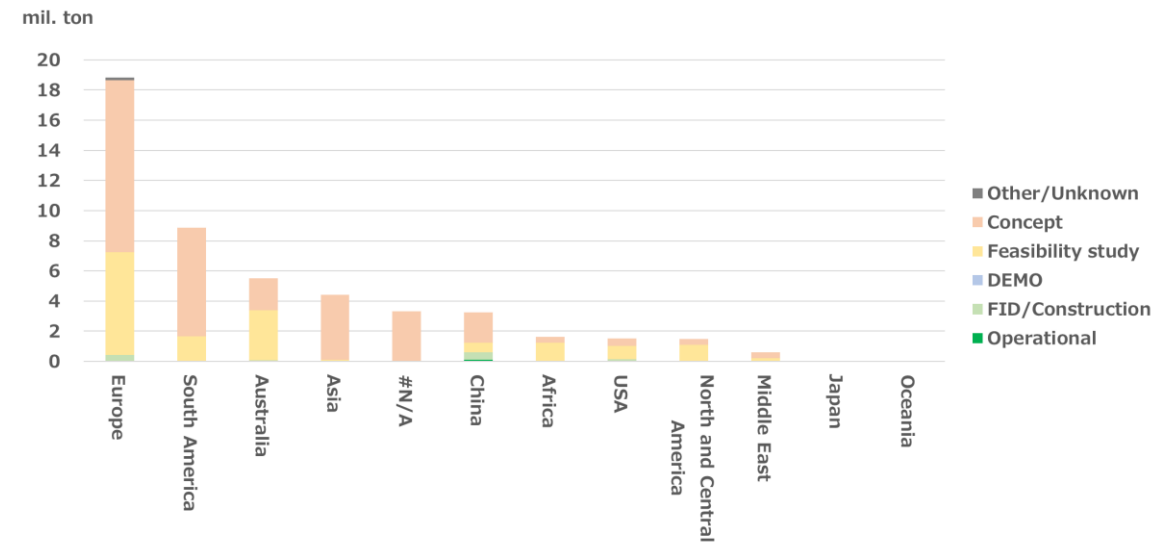
グリーン水素製造能力見込み（全セクター向け、2023年10月時点）

年別の製造能力見込み



- 2030年以降、グリーン水素製造能力は急拡大が見込まれているものの、プロジェクトのほとんどはfeasibility study段階やconcept段階にあります。

国別の製造能力見込み（2040年時点*） *2040年以降はプロジェクトなし



- 2040年までに製造開始を計画しているグリーン水素製造プロジェクトについて、その多くは欧州に所在しています。また、グリーン水素の製造適地とされている南米や豪州でも一定数のプロジェクトが計画されています。

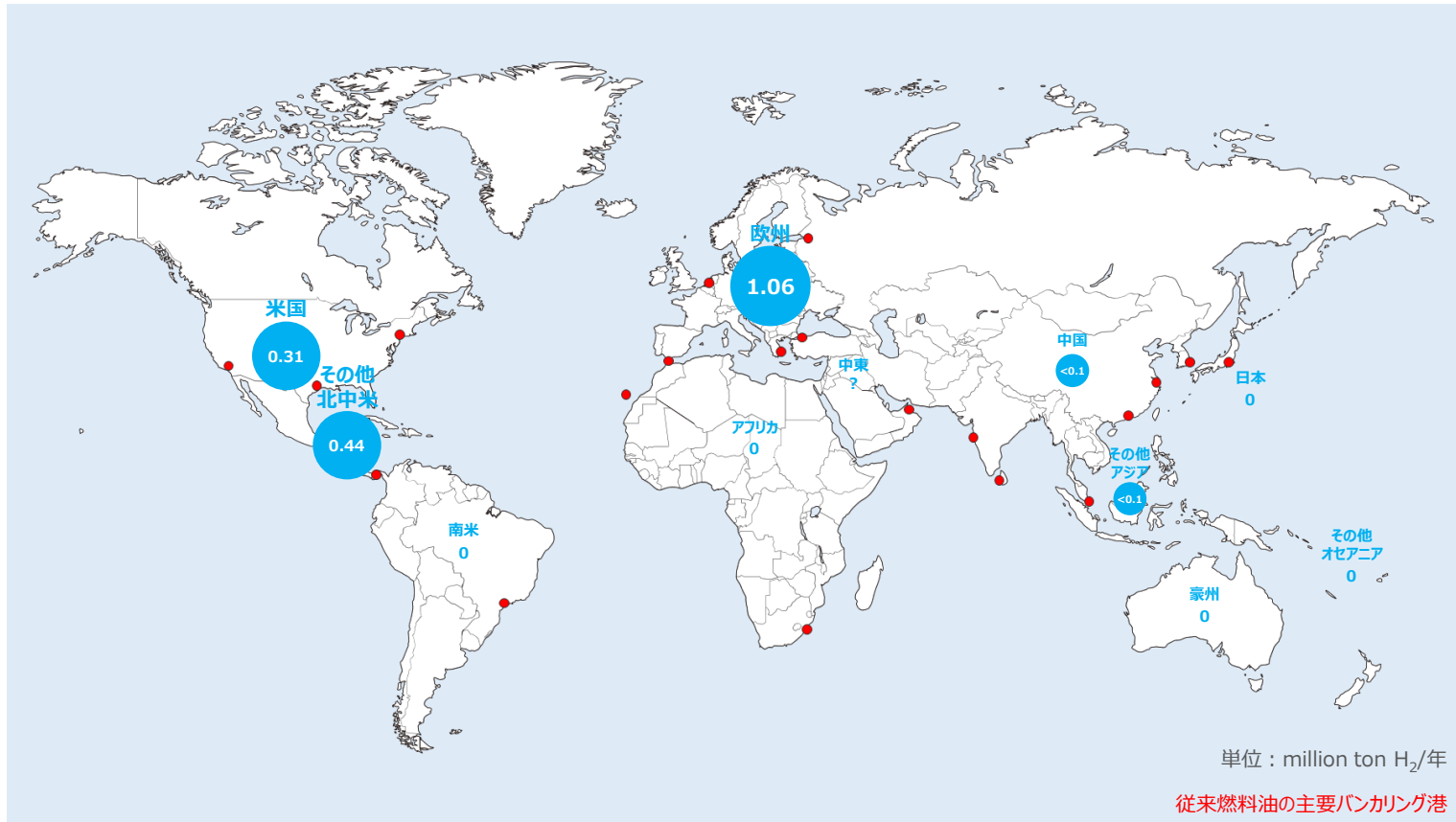
出典：IEA(2023), Hydrogen Production Projects Databaseを基にClassNKにて作成

代替燃料を理解する

代替燃料製造プロジェクト②（ブルー水素）

ここではブルー水素の製造規模（製造予定含む）をご紹介します。水素は船用燃料としての直接利用はもちろんのこと、アンモニアやメタノールの原料にもなります。なお、製造プロジェクトは海運向けに限定されたものではありませんので、ご注意ください。

ブルー水素製造プロジェクト分布（操業中・建設中・最終投資決定済、全セクター向け、2023年10月時点）



国・地域	プロジェクト数	年間製造規模 (合計)
欧州	4	1,060,151 ton H ₂ /年
その他北中米	4	440,000
米国	3	316,155
中国	2	54,575
その他アジア	1	1,825
中東	1	不明
南米	0	
アフリカ	0	
中東	?	
中国	<0.1	
日本	0	
その他アジア	<0.1	
豪州	0	
その他オセアニア	0	
米国	0.31	
その他北中米	0.44	
南米	0	
アフリカ	0	
中東	?	
中国	<0.1	
日本	0	
その他アジア	<0.1	
豪州	0	
その他オセアニア	0	
合計	15	1,872,706

出典：IEA(2023), Hydrogen Production Projects Databaseを基にClassNKにて作成

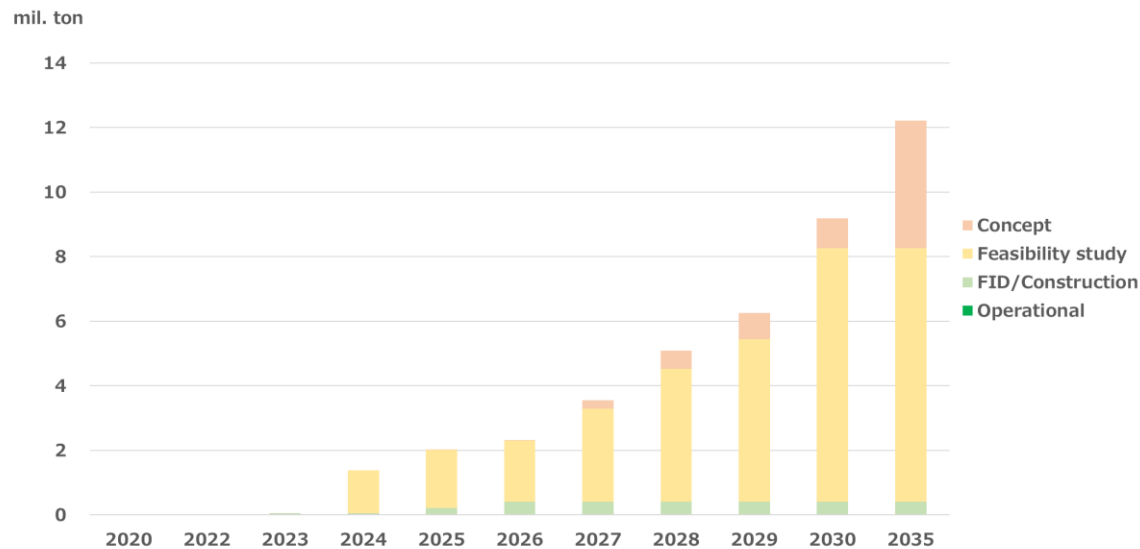
代替燃料を理解する

代替燃料製造プロジェクト②（ブルー水素）

2035年までに製造開始を計画しているブルー水素製造プロジェクトに関して、そのほとんどはfeasibility study段階やconcept段階にあり、最終投資決定に至っていません。どの程度の製造量が見込まれるのか、今後もその動向を引き続き注視する必要があります。

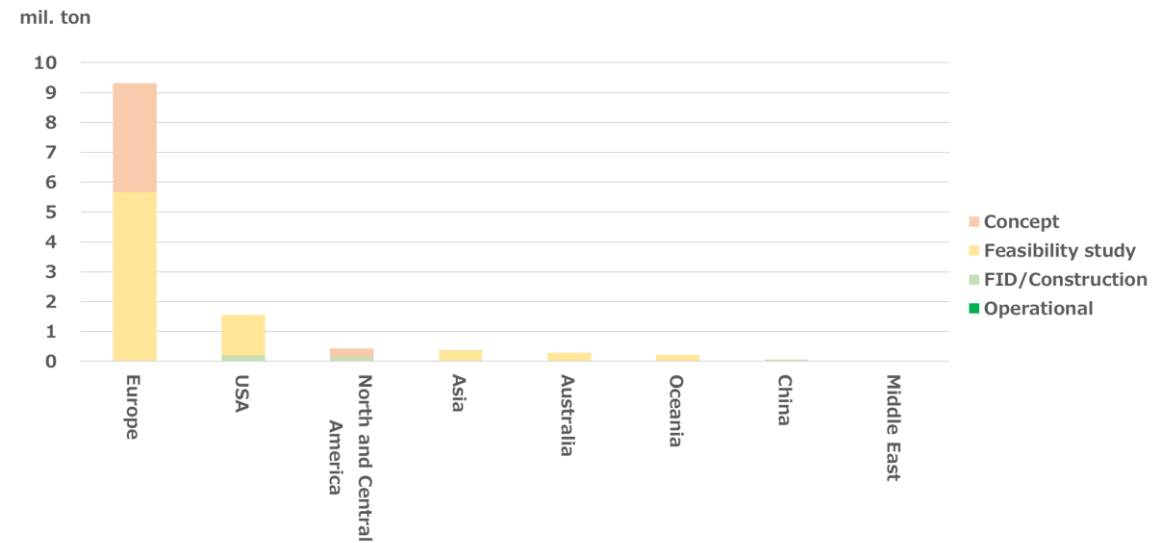
ブルー水素製造能力見込み（全セクター向け、2023年10月時点）

年別の製造能力見込み



- 2020年代後半以降、ブルー水素製造能力は拡大が見込まれているものの、プロジェクトのほとんどはfeasibility study段階やconcept段階にあります。

国別の製造能力見込み（2035年時点*） *2035年以降はプロジェクトなし



- 2035年までに製造開始を計画しているブルー水素製造プロジェクトについて、その多くは欧州に所在しています。

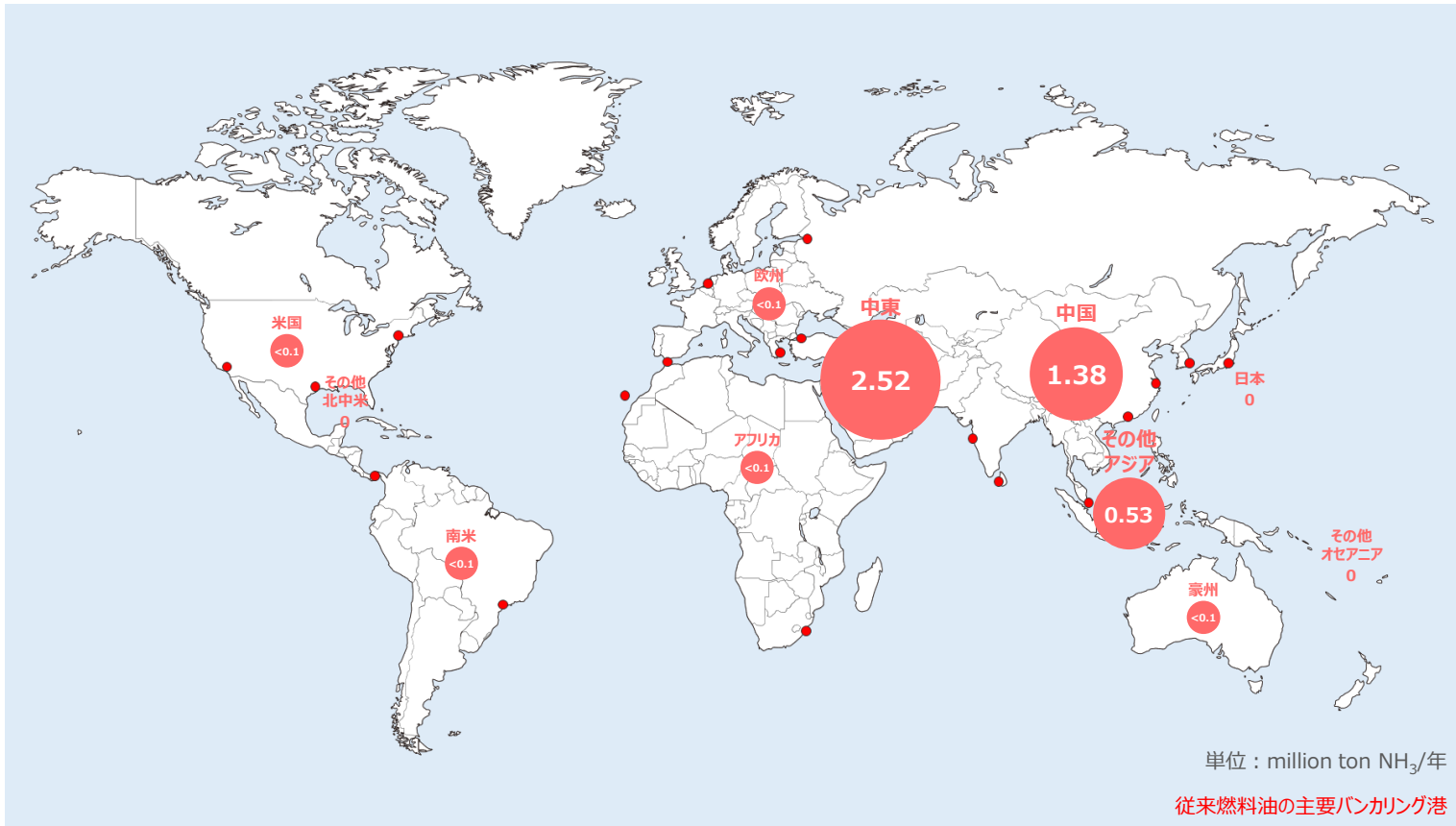
出典：IEA(2023), Hydrogen Production Projects Databaseを基にClassNKにて作成

代替燃料を理解する

代替燃料製造プロジェクト③（グリーンアンモニア）

ここではグリーンアンモニアの製造規模（製造予定含む）をご紹介します。アンモニアは船用燃料としての直接利用はもちろんのこと、水素キャリアとしての役割も期待されています。なお、製造プロジェクトは海運向けに限定されたものではありませんので、ご注意ください。

グリーンアンモニア製造プロジェクト分布（操業中・建設中・最終投資決定済、全セクター向け、2023年10月時点）



国・地域	プロジェクト数	年間製造規模（合計）
中東	3	2,523,652 ton NH ₃ /年
中国	11	1,385,574
その他アジア	3	535,113
南米	3	82,168
欧州	4	46,880
米国	1	18,824
豪州	1	9,621
アフリカ	2	481
総計	28	4,602,313

出典：IEA(2023), Hydrogen Production Projects Databaseを基にClassNKにて試算

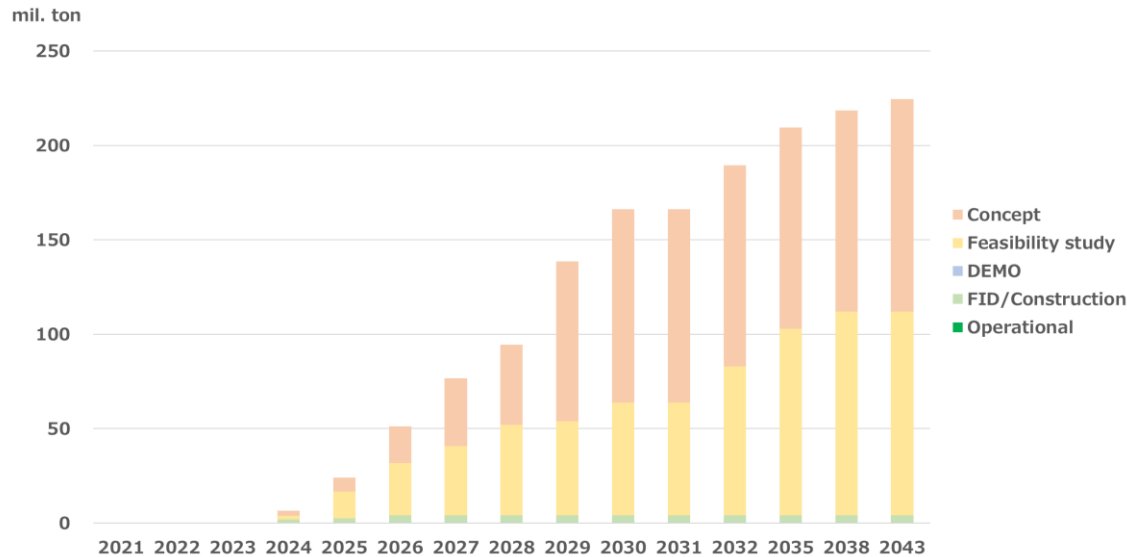


代替燃料製造プロジェクト③（グリーンアンモニア）

2043年までに製造開始を計画しているグリーンアンモニア製造プロジェクトに関して、そのほとんどはfeasibility study段階やconcept段階にあり、最終投資決定に至っていません。どの程度の製造量が見込まれるのか、今後もその動向を引き続き注視する必要があります。

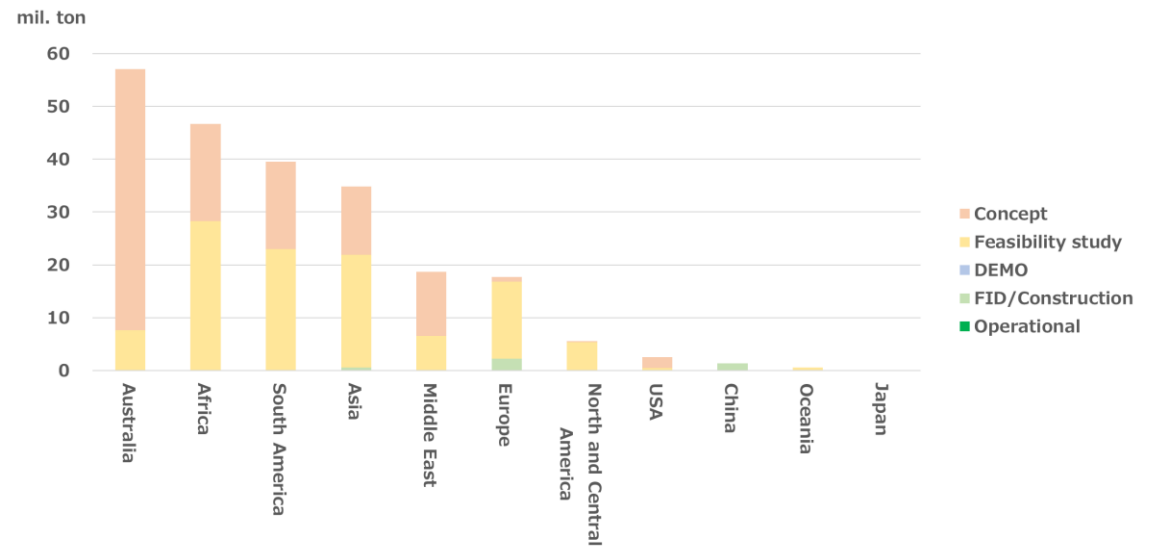
グリーンアンモニア製造能力見込み（全セクター向け、2023年10月時点）

年別の製造能力見込み



- グリーンアンモニア製造能力は段階的な拡大が見込まれているものの、プロジェクトのほとんどはfeasibility study段階やconcept段階にあります。

国別の製造能力見込み（2043年時点*） *2043年以降はプロジェクトなし



- 2043年までに製造開始を計画しているグリーンアンモニア製造プロジェクトについて、その多くは豪州、アフリカ、南米、その他アジアに所在しています。

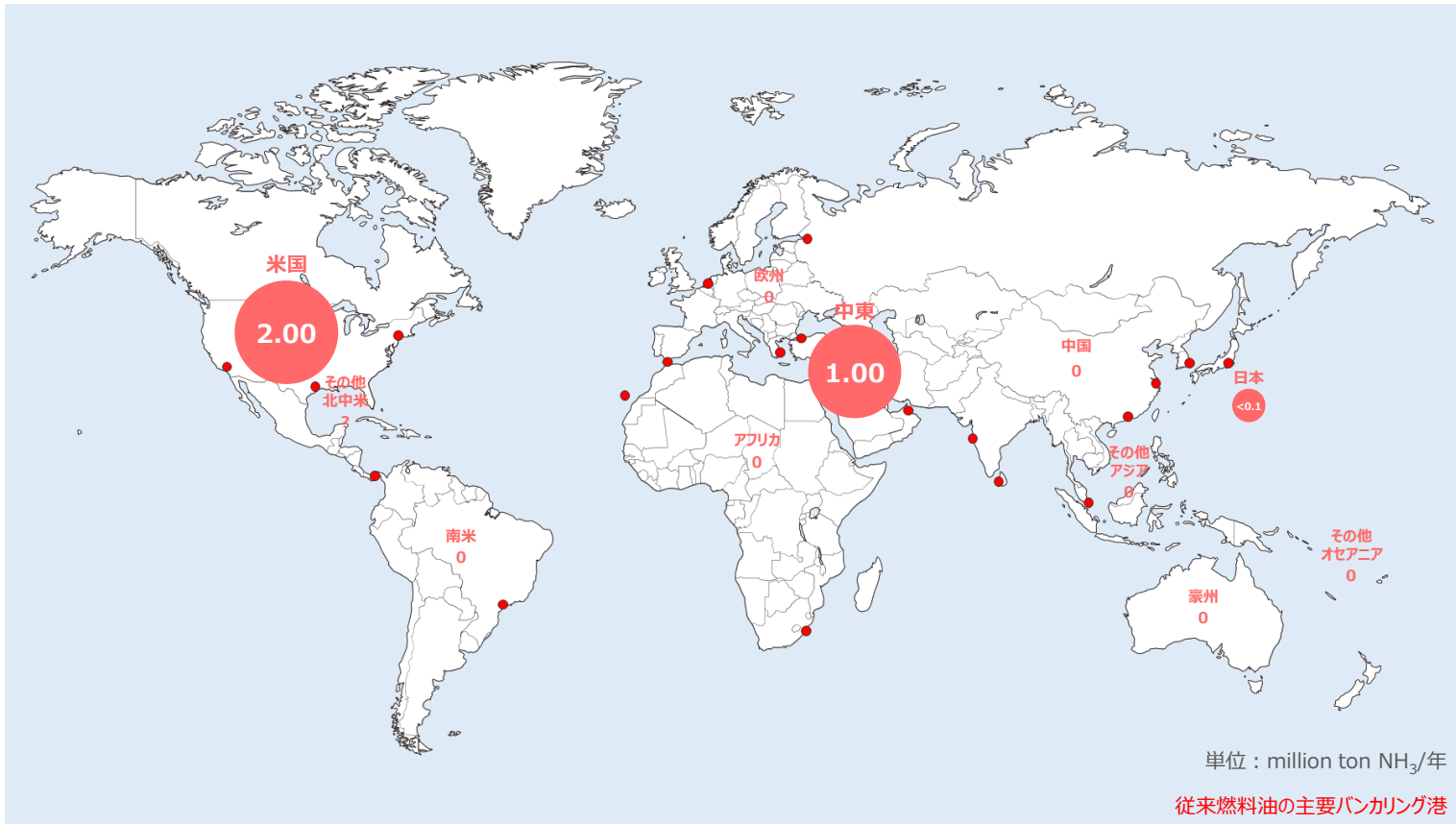
出典：IEA(2023), Hydrogen Production Projects Databaseを基にClassNKにて試算

代替燃料を理解する

代替燃料製造プロジェクト④（ブルーアンモニア）

ここではブルーアンモニアの製造規模（製造予定含む）をご紹介します。アンモニアは船用燃料としての直接利用はもちろんのこと、水素キャリアとしての役割も期待されています。なお、製造プロジェクトは海運向けに限定されたものではありませんので、ご注意ください。

ブルーアンモニア製造プロジェクト分布（操業中・建設中・最終投資決定済、全セクター向け、2023年10月時点）



国・地域	プロジェクト数	年間製造規模（合計）
米国	5	2,000,000 ton NH ₃ /年
中東	1	1,000,000
日本	1	3,887
その他北中米	1	不明
総計	8	3,003,888

出典：IEA(2023), Hydrogen Production Projects Databaseを基にClassNKにて試算

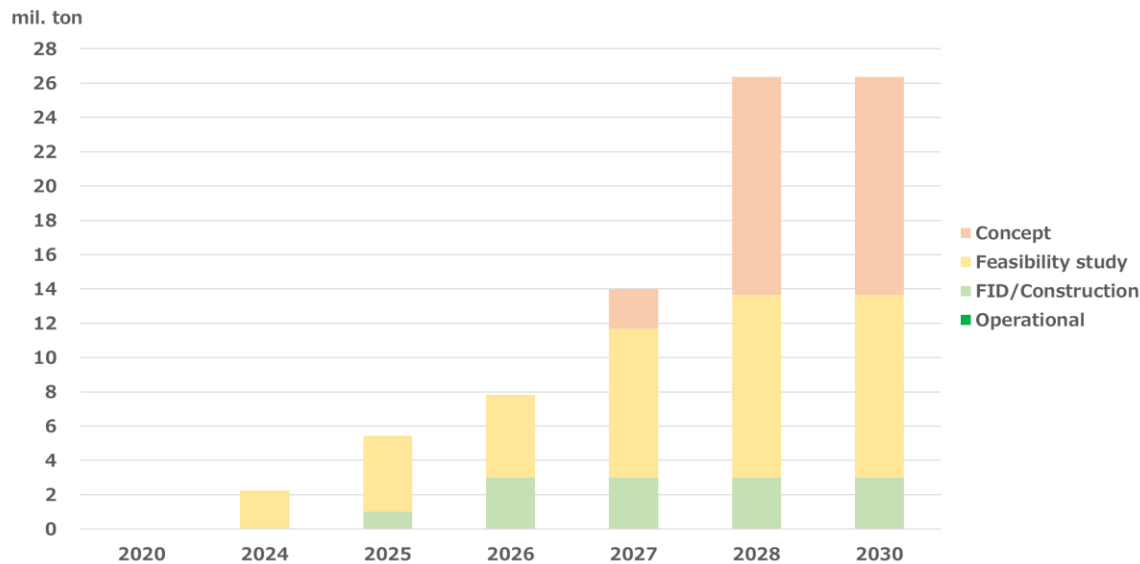
代替燃料を理解する

代替燃料製造プロジェクト④（ブルーアンモニア）

2030年までに製造開始を計画しているブルーアンモニア製造プロジェクトに関して、そのほとんどはfeasibility study段階やconcept段階にあり、最終投資決定に至っていません。どの程度の製造量が見込まれるのか、今後もその動向を引き続き注視する必要があります。

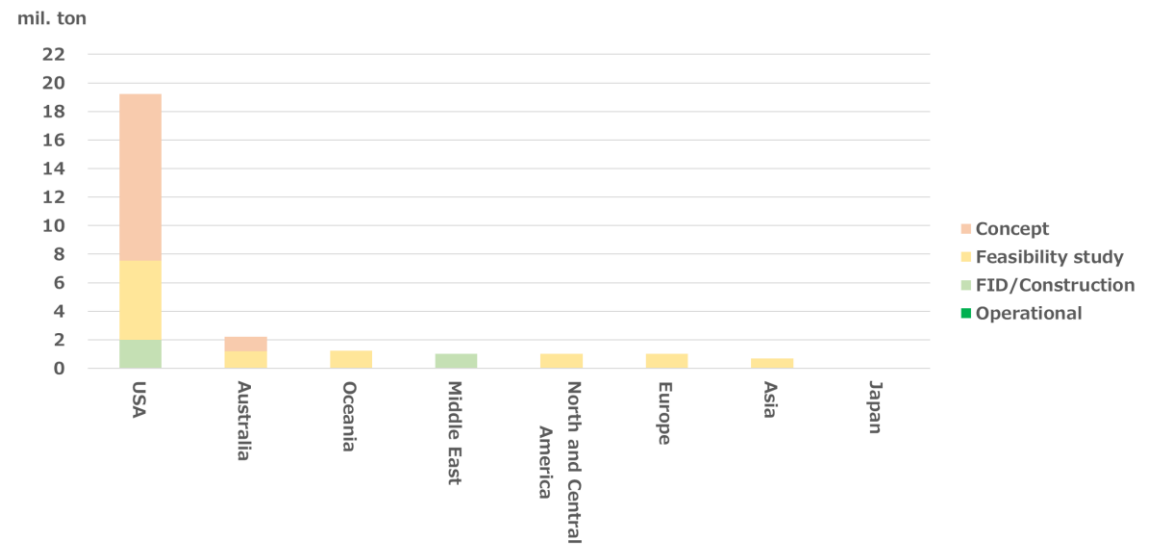
ブルーアンモニア製造能力見込み（全セクター向け、2023年10月時点）

年別の製造能力見込み



- ブルーアンモニア製造能力は段階的な拡大が見込まれているものの、プロジェクトのほとんどはfeasibility study段階やconcept段階にあります。

国別の製造能力見込み（2030年時点*） *2030年以降はプロジェクトなし



- 2030年までに製造開始を計画しているブルーアンモニア製造プロジェクトについて、そのほとんどは米国に所在しています。

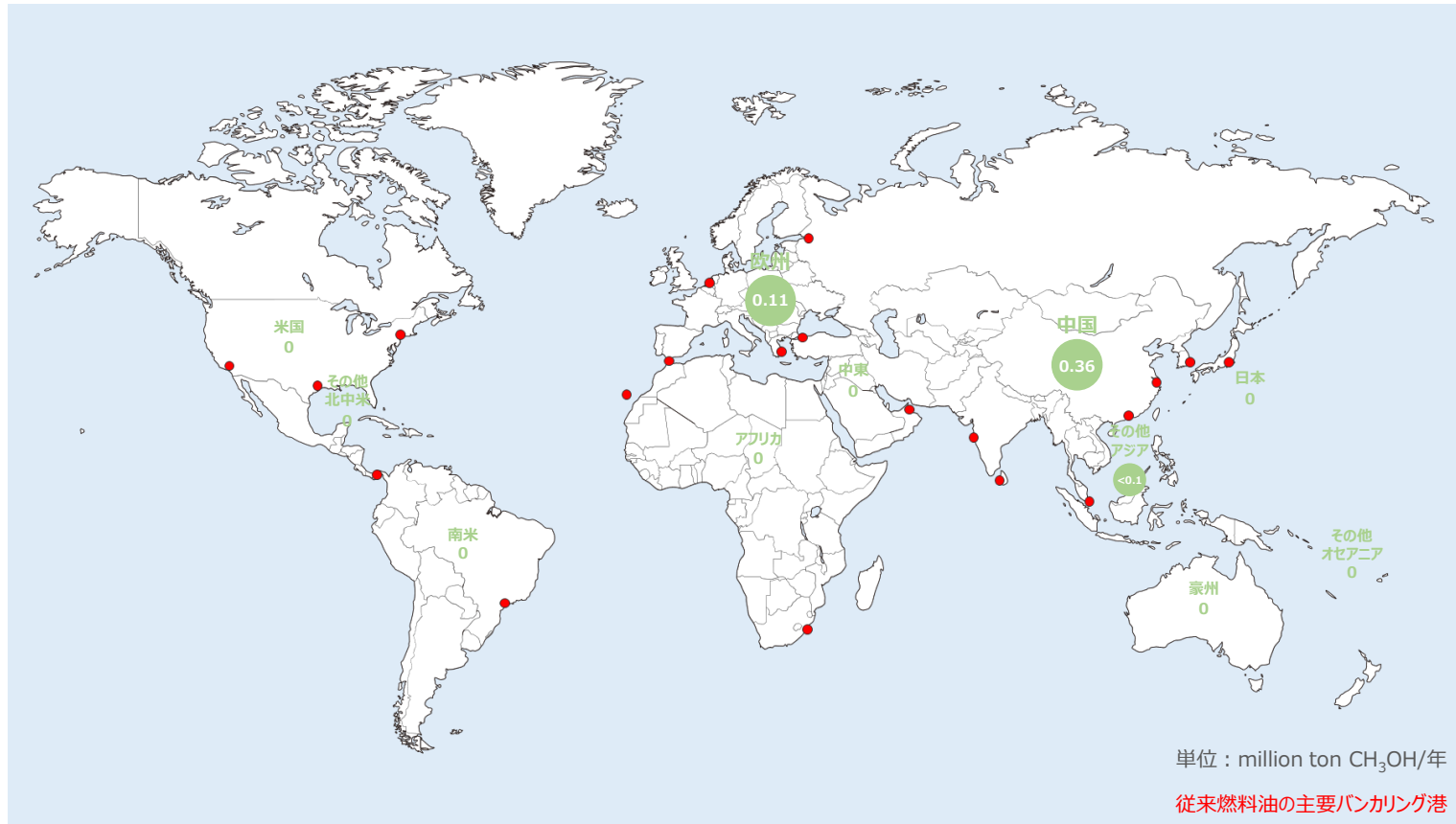
出典：IEA(2023), Hydrogen Production Projects Databaseを基にClassNKにて試算

代替燃料を理解する

代替燃料製造プロジェクト⑤（グリーンメタノール）

ここではグリーンメタノールの製造規模（製造予定含む）をご紹介します。メタノールは船用燃料としての直接利用はもちろんのこと、バイオ燃料であるFAME（Fatty Acid Methyl Ester：脂肪酸メチルエステル）の製造にも必要となります。なお、製造プロジェクトは海運向けに限定されたものではありませんので、ご注意ください。

グリーンメタノール製造プロジェクト分布（操業中・建設中・最終投資決定済、全セクター向け、2023年10月時点）



国・地域	プロジェクト数	年間製造規模（合計）
中国	3	365,867 ton CH ₃ OH/年
欧州	9	119,675
その他アジア	1	3,918
総計	13	489,461

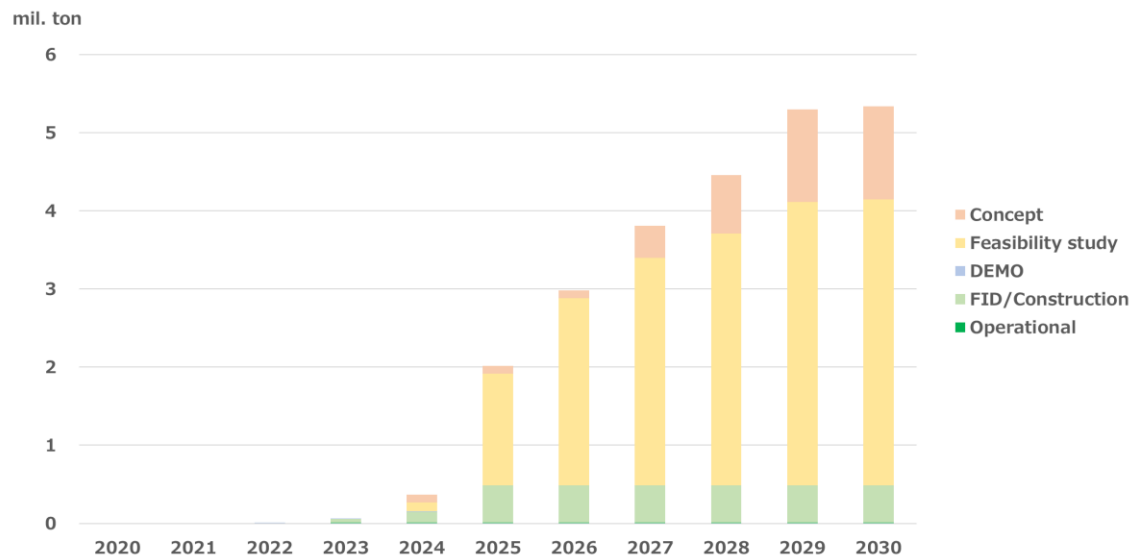
出典：IEA(2023), Hydrogen Production Projects Databaseを基にClassNKにて試算

代替燃料製造プロジェクト⑤（グリーンメタノール）

2030年までに製造開始を計画しているグリーンメタノール製造プロジェクトに関して、そのほとんどはfeasibility study段階やconcept段階にあり、最終投資決定に至っていません。どの程度の製造量が見込まれるのか、今後もその動向を引き続き注視する必要があります。

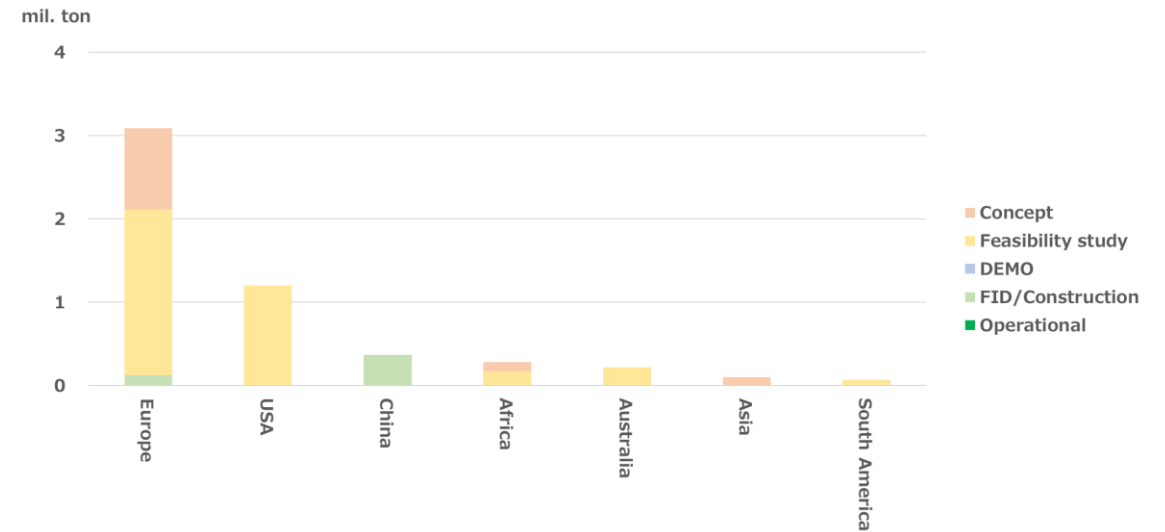
グリーンメタノール製造能力見込み（全セクター向け、2023年10月時点）

年別の製造能力見込み



- グリーンメタノール製造能力は段階的な拡大が見込まれているものの、プロジェクトのほとんどはfeasibility study段階やconcept段階にあります。

国別の製造能力見込み（2030年時点*） *2030年以降はプロジェクトなし



- 2030年までに製造開始を計画しているグリーンメタノール製造プロジェクトについて、その多くは欧州、米国に所在しています。

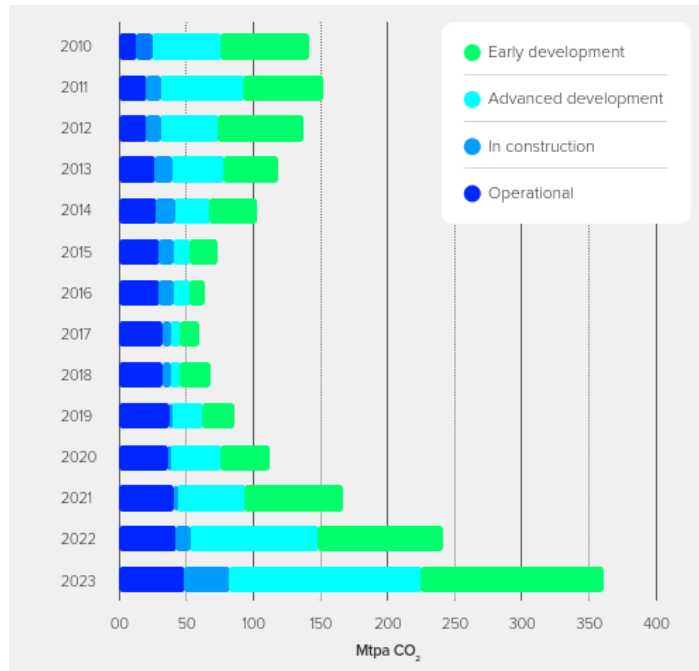
出典：IEA(2023), Hydrogen Production Projects Databaseを基にClassNKにて試算

CCSプロジェクト

船舶からのGHG排出を削減するためには、代替燃料の導入だけでなく、船上CCS（Carbon Capture and Storage）の活用も有効な手段です。船上CCSの活用においては、回収したCO₂をどこで陸揚げし、貯留するのが重要な検討課題となります。ここでは貯留施設の開発動向や分布についてご紹介します。

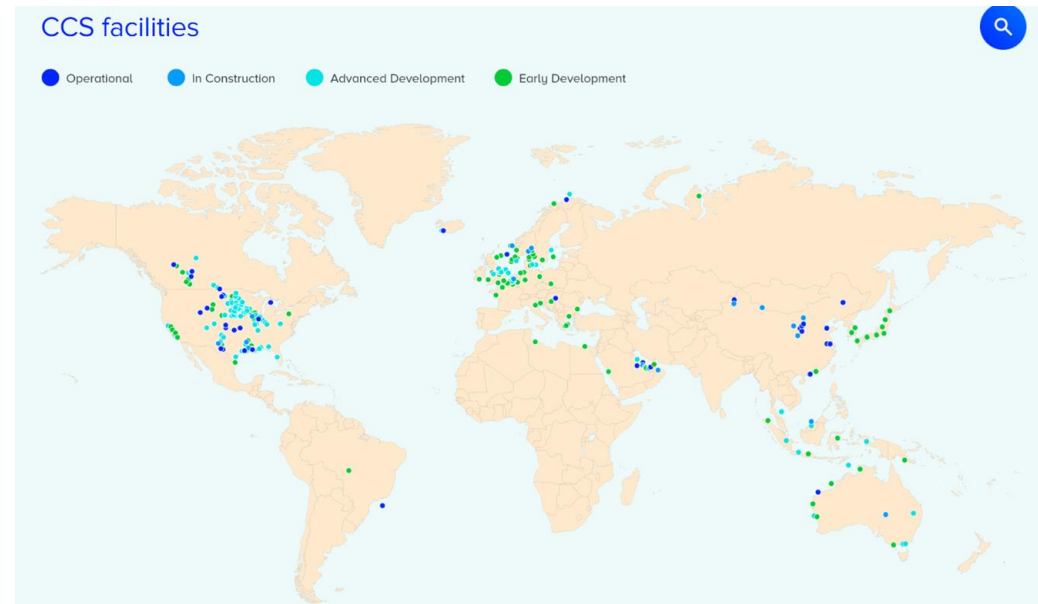
貯留施設の開発動向・分布

貯留施設の開発動向



- 2023年には世界全体で4,900万ton*¹のCO₂貯留がありました。*¹重油約1,600万ton分の排出量に相当

貯留施設の分布



- 2023年時点で稼働中の施設*²は米国に集中しているものの、欧州を始めとして世界の各地域で建設・開発が進められています。

*²ほとんどは原油増進回収を目的としたCO₂貯留

代替燃料を理解する

バイオ燃料の供給可能性

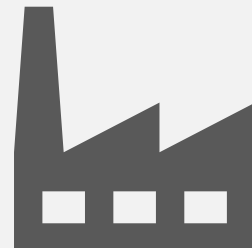
バイオ燃料は、その原料となる植物が成長過程で大気中のCO₂を吸収することからライフサイクル全体ではカーボンニュートラルな燃料とされ、また、既存のエンジンの大規模な改造を経ずに使用可能なドロップイン燃料として注目を集めています。一方で、バイオ燃料はその原料となるバイオマスの資源量に制約があり、他セクターとも需要が競合するため、安定的な調達可能性については留意が必要です。

「供給量⇔需要量」と「生育時間⇔使用时间」のギャップ



供給少
生育遅

バイオ製品・燃料製造



需要多
使用早

製造
建設 セメント
プラスチック
熱 電気 航空
海運

CO₂吸収

カーボンニュートラル？

CO₂排出



代替燃料を理解する

バイオ燃料の使用

船舶からのGHG排出削減のためにはバイオ燃料の使用も重要な選択肢の一つですが、その使用に際しては、使用上の注意点を十分に理解し、また、どのようなバイオ燃料であれば規制においてCO₂削減効果が認められるのかについて事前に認識しておくことが重要です。

バイオ燃料使用のための2ステップ

1. 使用上の注意点を理解する

バイオ燃料は、原料や製造方法によって性状が大きく異なります。使用に際しては、各燃料の特徴や使用上の注意点、起こり得るトラブルを事前に把握する必要があります。ClassNKは、「バイオ燃料使用に向けたテクニカルガイド」による情報提供を通じてバイオ燃料の使用をサポートしています。

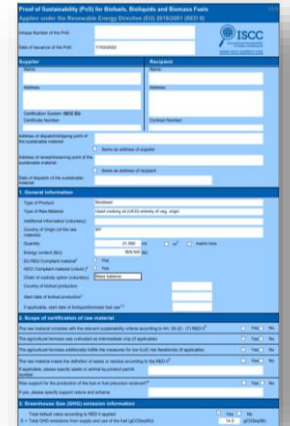
2. CO₂削減効果が認められるバイオ燃料を手配する

CO₂削減効果が認められるバイオ燃料は規制によって異なります。燃料の手配に際しては、規制の要件を満足する燃料か否かを事前にご確認ください。

バイオ燃料使用に向けたテクニカルガイド（第1.1版） 2024年4月 Proof of Sustainabilityイメージ



本テクニカルガイドは、ClassNKウェブサイトのマイページにログイン後、メニュー「ガイドライン」よりご覧いただけます
https://www.classnk.or.jp/account/ja/Rules_Guidance/ssl/guidelines.aspx



規制	CO ₂ 削減効果が認められるための要件	CO ₂ 削減効果	必要書類 (燃料サプライヤー手配)
IMO (CII格付け制度)	<ul style="list-style-type: none"> 国際的な認証制度（ISCC、RSB、等）における「持続可能性基準」の満足 GHG強度（Well-to-Wake）33 gCO_{2eq}/MJ以下 	当該バイオ燃料のGHG強度および低位発熱量に基づき算出されたCO ₂ 換算係数による	Proof of Sustainabilityまたはこれと同様の書類
EU (海運EU-ETS)	再生可能エネルギー指令における「持続可能性基準」および「GHG排出削減基準」の満足	CO ₂ 排出量は0となる	Proof of Sustainabilityまたはこれと同様の書類

代替燃料を理解する

規則動向

IMOではこれまでにゼロ・低エミッション燃料を始めとする各代替燃料に関する規則やガイドラインの策定が進められてきました。ここでは、各代替燃料に関するIMOの規則・ガイドラインおよびそれらに対応するClassNKの規則・ガイドラインについてご紹介します。

代替燃料等に関する規則・ガイドライン

代替燃料・関連技術	IMO 規則・ガイドライン	ClassNK 規則・ガイドライン
LNG	IGF Code	鋼船規則 / 検査要領 GF編 低引火点燃料船
メタノール	Interim Guidelines for the Safety of Ships Using Methyl / Ethyl alcohol as Fuel (MSC.1/Circ.1621)	代替燃料船ガイドライン（第2.1版） A部 メタノール/エタノール燃料船の安全に関するガイドライン B部 LPGを燃料として使用する船舶の安全に関するガイドライン C部 アンモニアを燃料として使用する船舶の安全に関するガイドライン 附属書1 代替燃料船Ready
LPG	Interim Guidelines for the Safety of Ships Using LPG Fuels (MSC.1/Circ. 1666)	
アンモニア	Under development (2024年9月 CCC10で最終化予定)	
水素	Under development (2024年9月 CCC10で最終化予定)	Under development
燃料電池	Interim Guidelines for the Safety of Ships Using Fuel Cell Power Installations (MSC.1/Circ.1647)	燃料電池搭載船ガイドライン（第2版）

発効済み規則

発行済みガイドライン

開発中ガイドライン

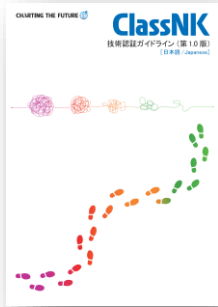


代替燃料を理解する

ClassNK発行ガイドライン

ClassNKは、各種ガイドラインの発行を通じて、基本設計承認（Approval in Principle）の発行や代替燃料船のレトロフィットに関する技術的なサポートを実施しています。代替燃料船の導入検討時には、ぜひこれらのガイドラインをご活用ください。

ClassNK 代替燃料関連ガイドライン一覧



技術認証ガイドライン
March 2022



基本設計承認及び一般設計承認に
関するガイドライン
March 2022



大容量蓄電池ガイドライン
January 2023
updated



風力を利用した船舶補助推進装置
に関するガイドライン
April 2023
updated



液化水素運搬船ガイドライン
August 2023
updated



船上CO₂回収貯蔵装置ガイドライン
June 2023
updated



燃料電池搭載船ガイドライン
September 2023
updated



バイオ燃料使用に向けたテクニカルガイド
April 2024
updated



代替燃料船ガイドライン
January 2024
updated

これらのガイドラインは、ClassNKウェブサイトのマイページにログイン後、メニュー「ガイドライン」よりご覧いただけます
https://www.classnk.or.jp/account/ja/Rules_Guidance/ssl/guidelines.aspx

— Step 4

コストを把握する

代替燃料の導入検討に際しては、燃料毎のトータルコストを把握することが最も重要です。本章では、燃料転換において考慮すべきコスト要因やClassNKが実施するコストシミュレーションについてご紹介します。



Key Takeaways

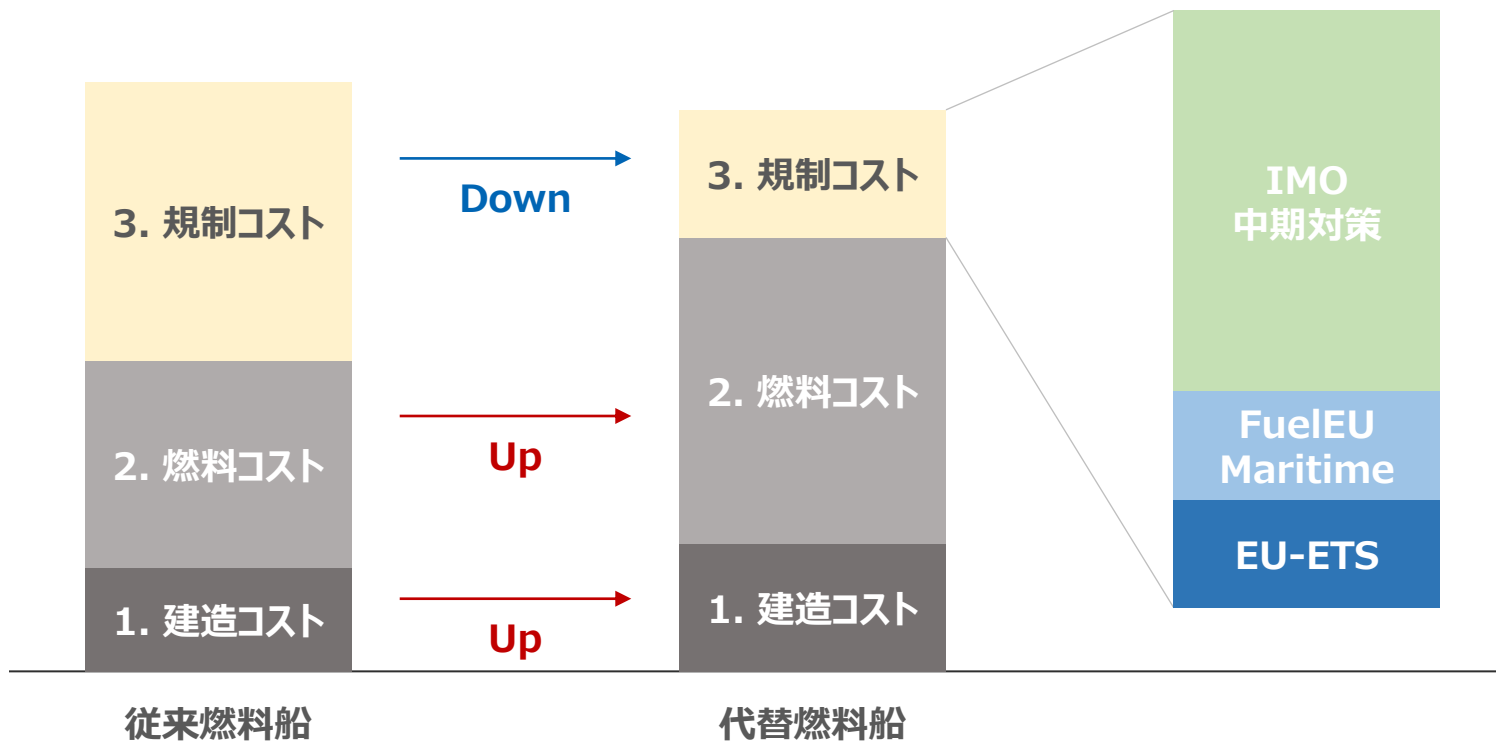
- ✓ 代替燃料船の導入における主要コストは、建造コスト・燃料コスト・規制コストである。
- ✓ IMOやEUの規制に適応するための規制コストは、燃料使用によるGHG排出量に依存する。規制コストを把握するためには、各船舶のGHG排出量を燃料転換による削減可能性を含めて把握する必要がある。
- ✓ なお、EUの規制（海運EU-ETSおよびFuelEU Maritime）はEU関連航海におけるGHG排出を対象とする一方、IMOの規制（中期対策）は全航海におけるGHG排出が対象となる可能性が高く、その分、規制コスト負担も比較的大きくなるため、留意が必要である。
- ✓ ClassNKは、燃料転換によるコストシミュレーションを実施する用意ができています。IMOの規制（中期対策）の内容が2025年に確定次第、ClassNKはコストシミュレーションの計算サービスを提供する。

コストを把握する

コストの不確定要素（1. 建造コスト、2. 燃料コスト、3. 規制コスト）

代替燃料の導入に際しては、燃料毎のトータルコストを把握した上での比較検討が欠かせません。コスト要因は様々ですが、建造コスト・燃料コスト・規制コストはその大部分を占めます。これらのコストが今後どのように変動するのかの見通しを立て、適切な燃料選択を適切なタイミングで行うことが今後の海運ビジネスの優劣を分けることとなります。

主要コストのイメージ



- ✓ 代替燃料船の導入により、従来燃料船との比較において建造コスト・燃料コストは増加、規制コストは減少することが見込まれます。
- ✓ 規制コストの主な要因は、欧州のEU-ETSおよびFuelEU Maritime、そしてIMOの中期対策です。
- ✓ EUの規制はEU関連航海におけるGHG排出を対象とする一方、IMOの規制は全航海におけるGHG排出が対象となる可能性が高く、その分、規制コスト負担も比較的大きくなることが予想されます。

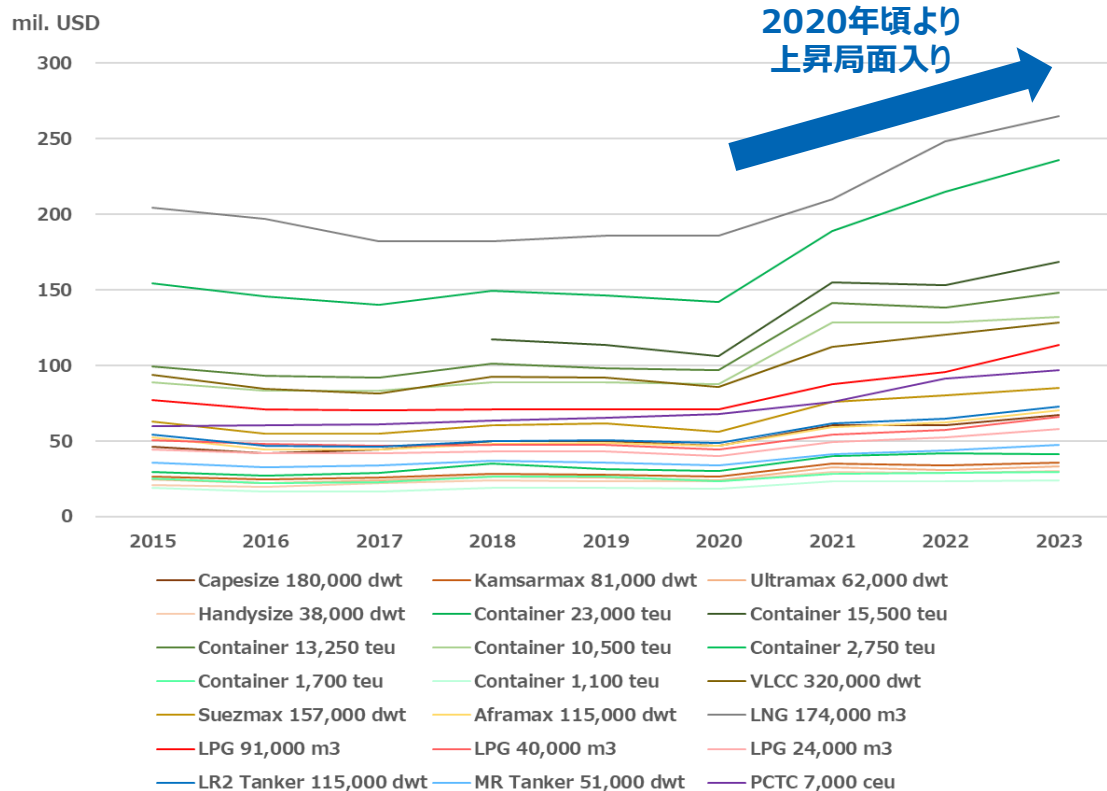


コストを把握する

コストの不確定要素 (1. 建造コスト)

これまでとは異なる燃料タンクや燃料供給システムを要する代替燃料船の建造コストは、従来燃料船の建造コストよりも割高となります。鋼材価格に大きく左右される建造コストの2050年までの見通しは不透明ですが、長期的な船価水準を見極めた上での投資が重要となります。

建造コスト（船価）のこれまでの推移および代替燃料船の建造コスト



代替燃料船の建造コスト【従来燃料船比】

LNG	+19%
LPG	+19%
メタノール	+11%
アンモニア	+19%

✓ 船種・サイズにもよりますが、代替燃料船の建造コストは従来燃料船の建造コストよりも10%~20%割高となります。

出典：Clarkson Research Services Limitedの資料を基にClassNKにて作成

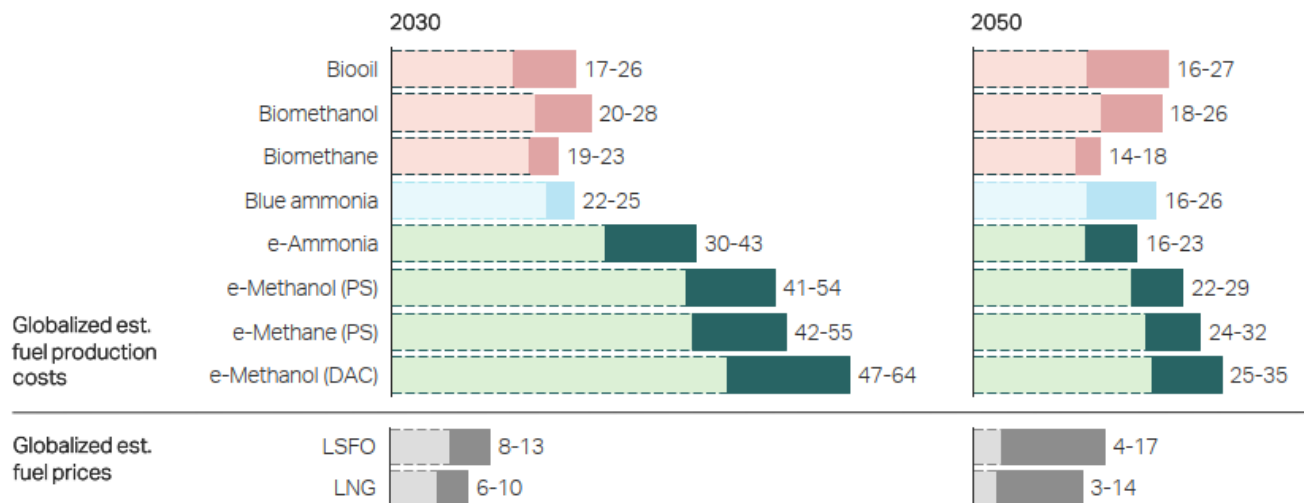
コストを把握する

コストの不確定要素（2. 燃料コスト）

船舶で利用可能な代替燃料は多岐にわたりますが、いずれの代替燃料もコストは従来燃料油よりも割高となる見通しであり、一方で、今後は生産拡大や規制導入により従来燃料油とのコスト差は縮小することが見込まれています。代替燃料の導入を検討する際には、燃料コストの動向を見極めることが最も重要となります。

燃料コストのイメージ

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



- ✓ 代替燃料は「**バイオマス由来の燃料**」と「**グリーン水素および回収CO₂から製造されるe-燃料**」に大きく分けられます。
- ✓ 「**バイオマス由来の燃料**」の主なコスト要因はバイオマス価格です。バイオマスの価格は、バイオマスの資源量や他セクターの需要動向に左右されます。
- ✓ 「**グリーン水素および回収CO₂から製造されるe-燃料**」の主なコスト要因はグリーン水素価格です。グリーン水素の価格は、再生可能エネルギーや水電解装置のコストに左右されます。
- ✓ 代替燃料のコストは2050年時点においても従来燃料油のコストよりも割高となる可能性があります。



Source: NavigaTE. The illustration illustrates the cost of fuels based on a global weighted average for non-subsidized, stand-alone, commercial scale plants. These fuel costs should not be interpreted as a prediction of fuel prices.
 1) Production, logistics, and storage at port. 2) Assumptions provided in the appendix. 3) Assumptions related to cost of renewable energy is outlined in the appendix.

出典 : Maersk Mc-Kinney Moller Center for Zero Carbon Shipping (2021), Position Paper Fuel Option Scenarios

コストの不確定要素（3. 規制コスト）

今後、国際海運ではゼロ・低エミッション燃料の利用を促す規制が相次いで導入されます。欧州では欧州排出量取引制度（EU-ETS）が2024年より海運セクターへ拡大され、2025年にはFuelEU Maritimeが導入されます。IMOでは2027年の導入に向けて新たな規制（中期対策）の枠組みが議論されています。各規制により生じるコストにはいずれも不確定要素があり、トータルコスト試算においては留意が必要です。

今後の国際海運における3大GHG規制

1. EU-ETS（2024年～）

- ✓ 対象となるGHG排出量に対して、それに相当する排出枠の償却を要求
- ✓ 排出枠は市場を通じて調達する必要があり、排出枠価格は需給バランス等に応じて日々変動
- ✓ 変動する排出枠価格はEU-ETSコストにおける主な不確定要素

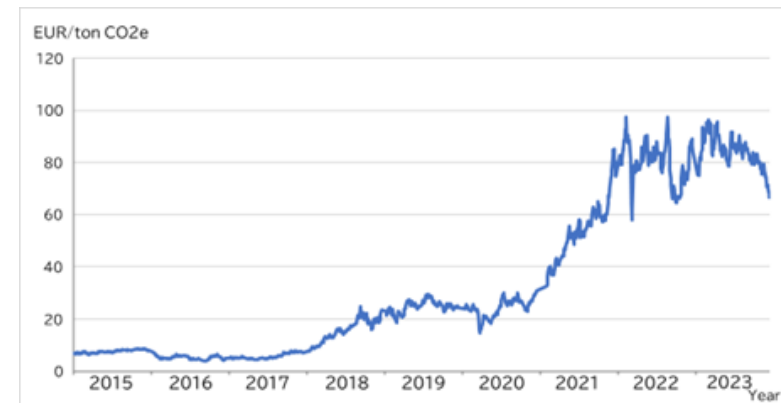
2. FuelEU Maritime（2025年～）

- ✓ 燃料のGHG強度（エネルギー当たりのGHG排出量）に基準値を設け、基準値を超過した船舶に対して罰金の支払いを要求
- ✓ 罰金の総額は「基準値の超過割合」と「エネルギーの使用量」により決定
- ✓ 罰金の発生を回避するための柔軟性措置（バンキング、ボローイング、プーリング）が用意されており、柔軟性措置利用の巧拙がFuelEU Maritimeコストを左右

3. IMO中期対策（予定：2027年～）

- ✓ 規制の内容自体が未確定（2025年中に規制内容が確定する予定）

欧州エネルギー取引所のプライマリーマーケットでの
排出枠価格の推移

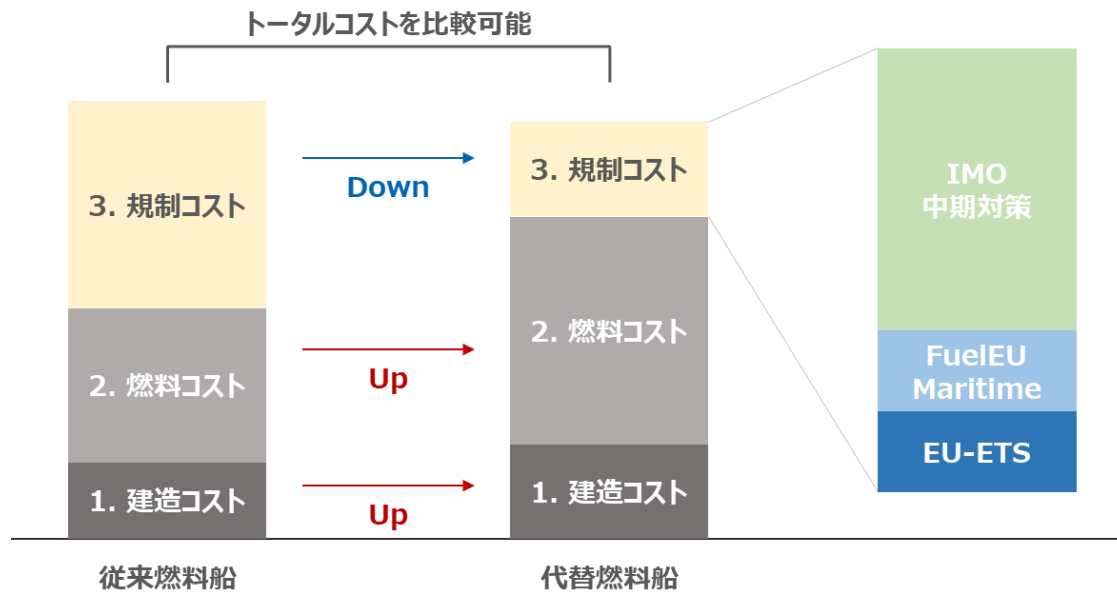


出典：欧州エネルギー取引所が公開している排出枠価格データを基にClassNKにて作成

コストシミュレーションの実施

ClassNKは、皆さまの今後の燃料選択のサポートを目的として、従来燃料船から代替燃料船へ燃料転換（リプレイス）する場合のコストシミュレーションを実施しています。ここでは、コストシミュレーションの概要についてご紹介します。

コストシミュレーションの概要



- ✓ コストの大半を占める、建造コスト・燃料コスト・規制コストのみに焦点を当てて計算。
- ✓ 同じ船種・サイズの船舶に対して、「従来燃料船を採用した場合のトータルコスト」と「代替燃料船を採用した場合のトータルコスト」を比較。
- ✓ 燃料種類および燃料消費量を基に、想定される燃料コストや規制コストを計算。燃料コストや規制コストについては次のような前提の設定も可能。

- 緩やかな移行ケース（規制コスト 低、ゼロエミッション燃料コスト 高）
海運脱炭素への緩やかな移行を前提とするケース。GHG排出規制は緩く、ゼロエミッション燃料のコスト低下は緩やかに進む。
- 段階的な移行ケース（規制コスト 中、ゼロエミッション燃料コスト 中）
「緩やかな移行ケース」と「急速な移行ケース」の中間的なケース。
- 急速な移行ケース（規制コスト 高、ゼロエミッション燃料コスト 低）
海運脱炭素への急速な移行を前提とするケース。GHG排出規制は厳しく、ゼロエミッション燃料のコスト低下は急速に進む。

- ✓ IMO中期対策の内容確定後（2025年予定）はより正確な試算が可能に。ClassNKはコストシミュレーションの計算サービスを提供予定。

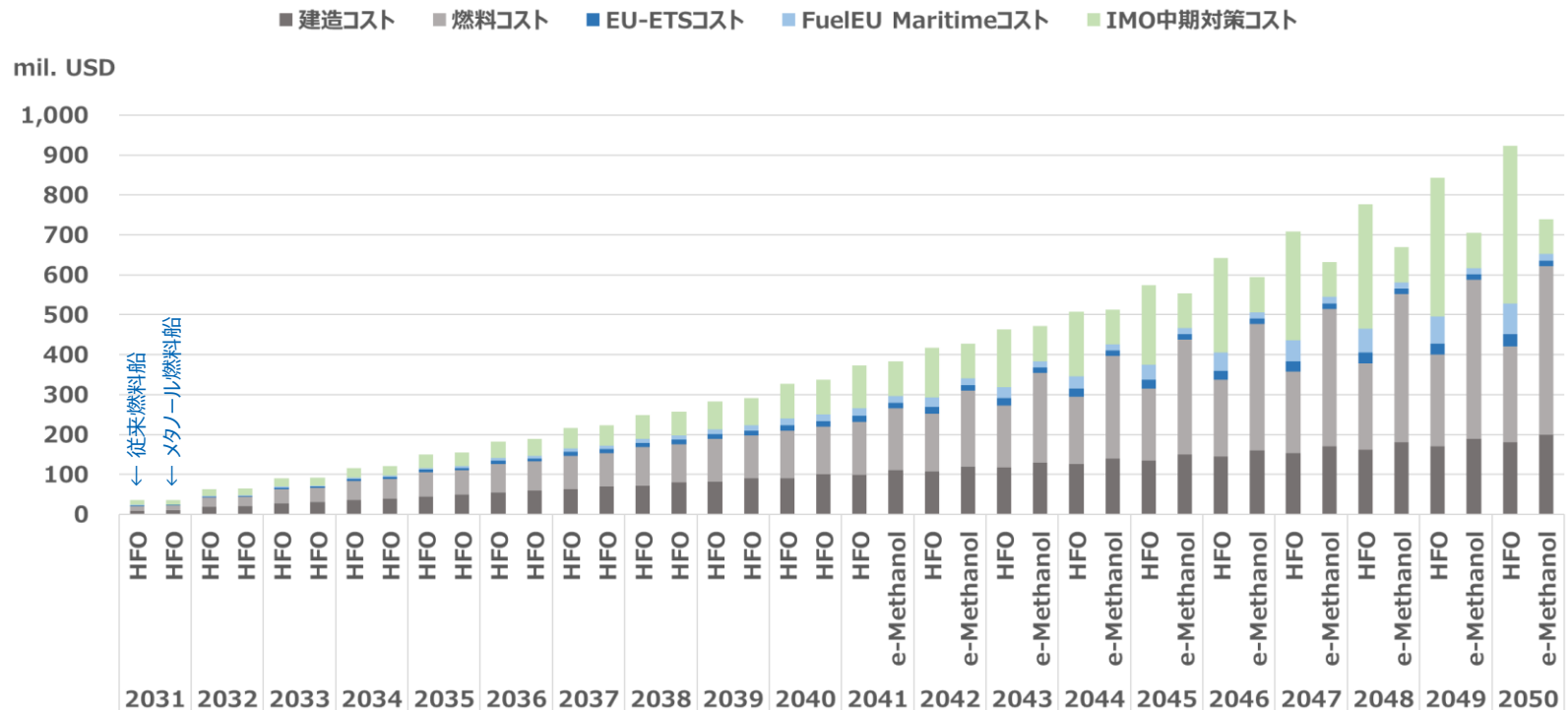


コストを把握する

コストシミュレーションの実施例

代替燃料船の導入に際しては、燃料コスト・規制コストを睨みながら適切なタイミングでゼロエミッション燃料への転換を図ることが重要です。ここでは14,000TEU Containershipを例に、段階的な移行ケースにおいて従来燃料船を採用した場合とメタノール燃料船を採用した場合のトータルコストの比較結果をご紹介します。

コストシミュレーションの実施例（従来燃料船 vs. メタノール燃料船 14,000TEU Containership：段階的な移行ケース）



<前提>

- ✓ 2031年竣工
- ✓ 建造コストは20年間で按分して毎年積み上げ

<グラフの見方>

- ✓ 左側の棒グラフ：従来燃料船を採用した場合の累計コスト（燃料はHFOのみを選択可能）
- ✓ 右側の棒グラフ：メタノール燃料船を採用した場合の累計コスト（燃料はHFOもしくはe-Methanolを選択可能）

<コストシミュレーション結果>

- メタノール燃料船については、**2041年からはe-Methanolを選択した方がコスト優位となる**（「e-Methanolの燃料コスト」<「HFOの燃料コスト+規制コスト」となる）
- メタノール燃料船の累計コストは**2045年**に従来燃料船の累計コストを**下回る**



コストを把握する

(参考) コストシミュレーション実施例の前提

従来燃料船 vs. メタノール燃料船 14,000TEU Containershipにおけるコストシミュレーション実施例の前提は次の通りです。

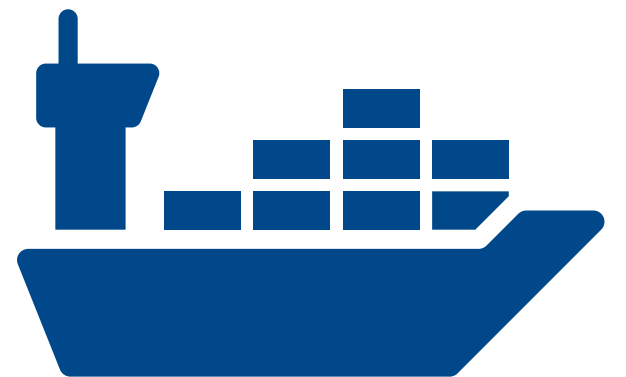
青字はコストにおける主な不確定要素

	項目	単位	2024 (参考)	2031	2050	備考	
ベース	船価 (メタノール燃料船)	-	-	-	-	USD 199,800,000 (従来燃料船+11%)	
	燃料消費量 (HFO)	ton	-	23,000	23,000	メタノール燃料船においても同エネルギーを消費	
	燃料価格 (HFO)	USD/ton	522.6 (=13.0 USD/GJ)	522.6	522.6		
	燃料価格 (e-Methanol)	緩やかな移行 ケース	USD/ton	1,233.8 (=62.0 USD/GJ)	1,061.1	592.2	2024年比で毎年2.0%ずつ低下
		段階的な移行 ケース*1	USD/ton	1,233.8 (=62.0 USD/GJ)	1,043.8	528.1	2024年比で毎年2.2%ずつ低下
		急速な移行 ケース	USD/ton	1,233.8 (=62.0 USD/GJ)	1,026.5	463.9	2024年比で毎年2.4%ずつ低下
EU規制関連	EU規制対象排出 (全排出に占める割合)	%	20	20	20		
	EU-ETS排出枠価格	緩やかな移行 ケース	USD/tonCO _{2eq}	70.0	74.9	88.2	2024年比で毎年1%ずつ上昇
		段階的な移行 ケース*1	USD/tonCO _{2eq}	70.0	84.7	124.6	2024年比で毎年3%ずつ上昇
		急速な移行 ケース	USD/tonCO _{2eq}	70.0	94.5	161.0	2024年比で毎年5%ずつ上昇
	FuelEU Maritimeコスト	-	規制の通り (2025)	規制の通り	規制の通り	HFOのGHG強度 (gCO _{2eq} /MJ) は91.7 e-MethanolのGHG強度 (gCO _{2eq} /MJ) は0.0	
IMO規制関連	IMO規制対象排出 (全排出に占める割合)	%	100	100	100		
	IMO中期対策コスト*2	-	FuelEU Maritimeと 同内容 (2027)	FuelEU Maritimeと 同内容	FuelEU Maritimeと 同内容	HFOのGHG強度 (gCO _{2eq} /MJ) は91.7 e-MethanolのGHG強度 (gCO _{2eq} /MJ) は0.0	

*1前スライドのコストシミュレーション実施例では「段階的な移行ケース」で試算した。

*2IMO中期対策はFuelEU Maritimeと同内容とし、規制の対象となる排出は全航海における排出を対象とした。

ClassNKのサポート

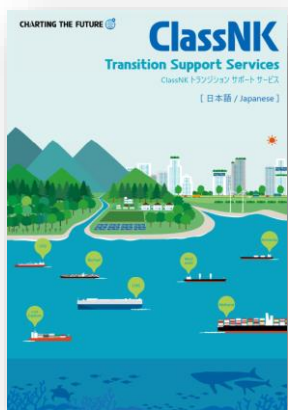




2050年GHG排出ネットゼロへ向けて

2050年頃までのGHG排出ネットゼロに向けて、今後、国際海運は燃料の大転換期を迎えることとなります。一方で、ゼロエミッション燃料の供給体制は現時点では十分に整備されてはならず、そのため、当面は様々なGHG排出削減手段を活用しながらゼロエミッションへの移行を進める必要があります。ClassNKは、代替燃料船に対する基本設計承認（AiP）の発行や燃費改善技術・船上CCSの実証プロジェクトへの参画、GHG排出量の検証等によって得られた知見を活かし、皆さまのゼロエミッションへの円滑な移行（トランジション）を包括的にサポートすることを目的として、「[ClassNK トランジション サポート サービス](#)」を展開しています。船舶からのGHG排出削減に向けた取り組みに「ClassNK トランジション サポート サービス」をぜひご活用ください。

ClassNK トランジション サポート サービス



(和)



(英)



代替燃料 サポート

(アンモニア / メタノール / LNG)
LPG / バイオ燃料

導入サポート	テクニカルサポート
オペレーションサポート	認証サポート

燃費改善 サポート

燃費改善サポート

船上CCS サポート

導入サポート	認証サポート
--------	--------

GHG排出マネジメントサポート

GHG排出マネジメントツール

規制を理解する

国際海事機関(IMO)	欧州連合(EU)
-------------	----------

ClassNK トランジション サポート サービス全般に関するお問い合わせ先：

一般財団法人日本海事協会
グリーントランスフォーメーションセンター

TEL: 03-5226-2031

E-mail: gxc@classnk.or.jp

ClassNK 代替燃料インサイトは、国際海運における代替燃料の動向に応じて今後も継続的にアップデートしていきます。本書の内容詳細やご意見・ご要望についてはこちらまでお問い合わせください。

一般財団法人日本海事協会 グリーントランスフォーメーションセンター

〒102-8567

東京都千代田区紀尾井町4番7号

管理センター本館

TEL: 03-5226-2031

E-mail: gxc@classnk.or.jp



THANK YOU

著作権・商標権について：

本資料に掲載している内容（文章・資料・画像等）の著作権および商標類（商号、商標、ロゴ、サービスマーク等）は、本会およびそのグループ会社、関連会社または第三者に帰属しており、各国の著作権法、各種条約およびその他の法律で保護されています。無断で複製、転用、転載等、使用することはできません。

免責事項：

本会は、本資料の内容について細心の注意を払って情報を掲載しておりますが、その有用性や正確性に関して保証するものではありません。本資料のご利用により発生したいかなる損害についても、本会はその責任を負いません。