

IMO の動向 - 船用燃料ライフサイクル GHG 強度ガイドライン



日本海事協会 開発本部 技術研究所

三宅 竜二

1. IMO の GHG 削減に関する動向
2. 船用燃料ライフサイクル GHG 強度ガイドライン
3. 今後の予定



GHG 削減と経済発展の両立の観点から、個船の**エネルギー効率（燃費）改善**に着目

設計上の燃費規制（スペック）

2013

- EEDI（エネルギー効率設計指標）
新たに建造される船舶が対象
⇒基準となる設計燃費を満足できない場合は就航できない

2018

■ 2018年 GHG 削減戦略（今世紀中出来る限り早期に GHG ゼロ排出）

2019

2023

- EEXI（就航船の燃費性能指標）
就航船を含む全ての船舶が対象
⇒基準となる設計燃費を満足できない場合は主機出力の制限（EPL）等が必要

■ 2023年 GHG 削減戦略（遅くとも2050年頃までに GHG ネットゼロ排出）

運航上の燃費規制（実燃費）

- SEEMP（船舶エネルギー効率管理計画）
就航船の燃費を計測・改善する計画を立てる

- IMO-DCS（燃料消費量報告制度）
就航船の燃料消費量を計測し、報告する

- 燃費実績の格付け制度（CII 格付け）
実燃費を格付けし、低評価船は改善措置を図る

中期対策の導入に向けた検討

- **技術的手法**と**経済的手法**の両方の要素から構成される対策案の検討を進める。
 - ・ **技術的手法**：燃料の GHG 排出強度を段階的に削減（規制）する制度がベース
 - ・ **経済的手法**：燃料への課金制度がベース
- 対策の候補について、各国に与える影響（**包括的影響評価**）等を考慮して制度案を具体化していく。
- 検討スケジュール

MEPC 81（2024年春）	技術的手法と経済的手法の組み合わせの審議
MEPC 82（2024年秋）	包括的影響評価の完了、具体的な条約改正案の審議
MEPC 83（2025年春）	中期対策の承認
臨時MEPC（2025年秋）	中期対策の採択
2027年中（採択から16か月後）	中期対策の発効

MEPC 82（2024年10月）に提案された主な中期対策案

制度の分類・制度名		提案国	概要
技術的手法と経済的手法の組合せ	柔軟性メカニズムを含むGHG Fuel Standard(GFS)と課金・還付制度の組合せ	EU各国 EC 日本	- 使用燃料のライフサイクル(Well-to-Wake)の年間GHG強度(gCO₂eq/MJ) を段階的に削減 - 規制適合のための柔軟性メカニズム(規制値の超過達成分/未達成分の複数船舶間での融通&過年度のバンキングの活用&IMOへの拠出金の支払い、による規制適合みなし) - ゼロエミ燃料の導入促進や途上国支援等のための課金・還付制度 - 収入は、①ゼロエミ燃料等の使用への還付、②途上国における海運の燃料転換支援、③海運の燃料転換に係る研究開発支援に活用
	IMSF&F (International Maritime Sustainable Fuels and Fund)	中国 ブラジル ノルウェー UAE、等	- 使用燃料のライフサイクル(Well-to-Wake)の年間GHG強度(gCO₂eq/MJ)に補正係数を掛けた値 (Well-to-Wakeを考慮した船上排出(Tank-to-Wake)の年間GHG強度) を段階的に削減 - 規制適合のための柔軟性メカニズム(規制値の超過達成分/未達成分の複数船舶間での融通&過年度のバンキングの活用&IMOへの拠出金の支払い、による規制適合みなし) - 収入はゼロエミ燃料への報奨に優先的に用い、残余を研究開発支援や途上国支援に活用 - 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で規制値を緩和する優遇措置
	GHG Fuel Standard(GFS)と課金の組合せ	島嶼国 (10カ国)	- 全ての船舶はGHG排出量に対して課金を支払う - 課金に加えて、GHG強度規制値を達成できない場合はサーチャージを支払う。サーチャージは不遵守を抑制するために十分に高率なものとする 課金額はCO2換算トン当たり150ドルとし、定期的に見直す - 課金収入は主に途上国支援に活用

- 一定の大きさ以上(例えば5,000GT以上)のすべての船舶が対象
- **燃料のライフサイクル全体の GHG 排出量（Well-to-Wake）が対象**
- 使用燃料の**年間 GHG 強度（gCO_{2eq}/MJ）を段階的に削減（規制）**

削減率（規制値）のイメージ

	年間のGHG強度レベル
2020	100%（現時点）
2025	95%
2030	85%
2035	70%
2040	50%
2045	20%
2050	0%

規制への適合方法（イメージ）

方法 ①

規制適合燃料を使用

又は

GHG強度は年間で算定するため、

『重油+バイオ燃料』や
『LNG+アンモニア』など、
燃料を併用して規制を達成することも可能



方法 ②

GHG強度が規制値を上回る場合、規制未達成分の排出枠を、**規制を超過達成し余剰排出枠を持っている船舶から取得**することで規制達成が可能



余剰排出枠



方法 ③

GHG強度が規制未達の場合、**未達成分の排出量に対してIMOに拠出金を支払う**ことで規制に適合。収入はゼロエミ燃料使用への還付や途上国支援等に活用

IMO(基金)



適合証明書

規制未達船

MEPC 82（2024年10月）の審議結果

- IMO net-zero framework（条約改正に盛り込む項目を整理した文書）を基に、主に以下の論点を審議し条約改正案として整理したが、**最終化には至らず**、中期対策の2027年発効に向けて、今後も審議を継続。
 - 中期対策の開始日
 - GHG 強度の算定方法
 - GHG 強度基準値の基準年や算定方法
 - GHG 強度規制値（削減率）
 - GHG 強度のデータ収集と報告
 - GHG 強度規制値を満足しない船舶に対する代替の規制遵守方法（柔軟性メカニズム）
 - ネットゼロへの移行にインセンティブを与える経済的メカニズム
 - 経済的手法による課金額の設定水準、徴収方法、収入の使途、管理及び監督体制、など
- 引き続き、次回 ISWG-GHG 18（2025年2月予定）と ISWG-GHG 19（2025年3月予定）において具体的な条約改正案を審議し、**MEPC 83（2025年4月予定）で中期対策の承認**を目指す。

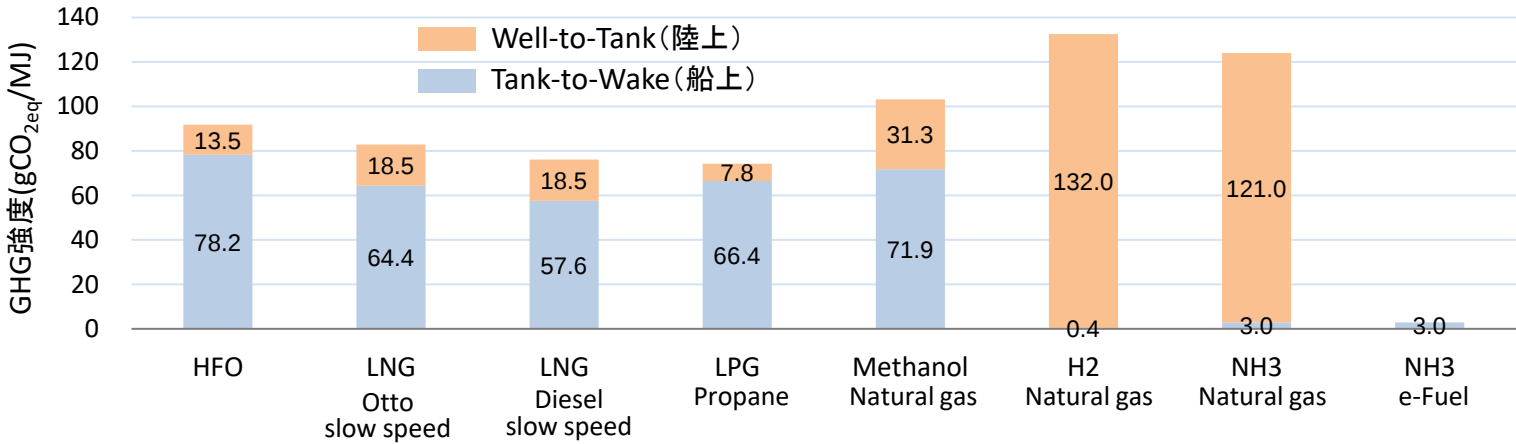
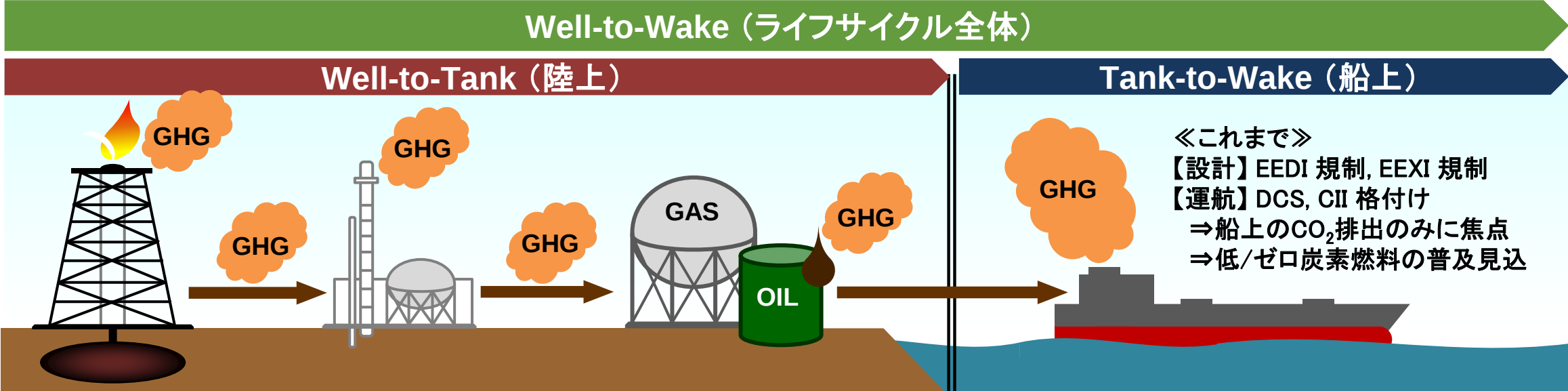
1. IMO の GHG 削減に関する動向

2. 船用燃料ライフサイクル GHG 強度ガイドライン

3. 今後の予定



燃料の製造から供給までに大量の GHG が排出されているのでは？



出典：FuelEU Maritime (Regulation (EU) 2023/1805)

2023年 GHG 削減戦略

⇒削減目標が船上排出から
ライフサイクル全体での排出削減に変更

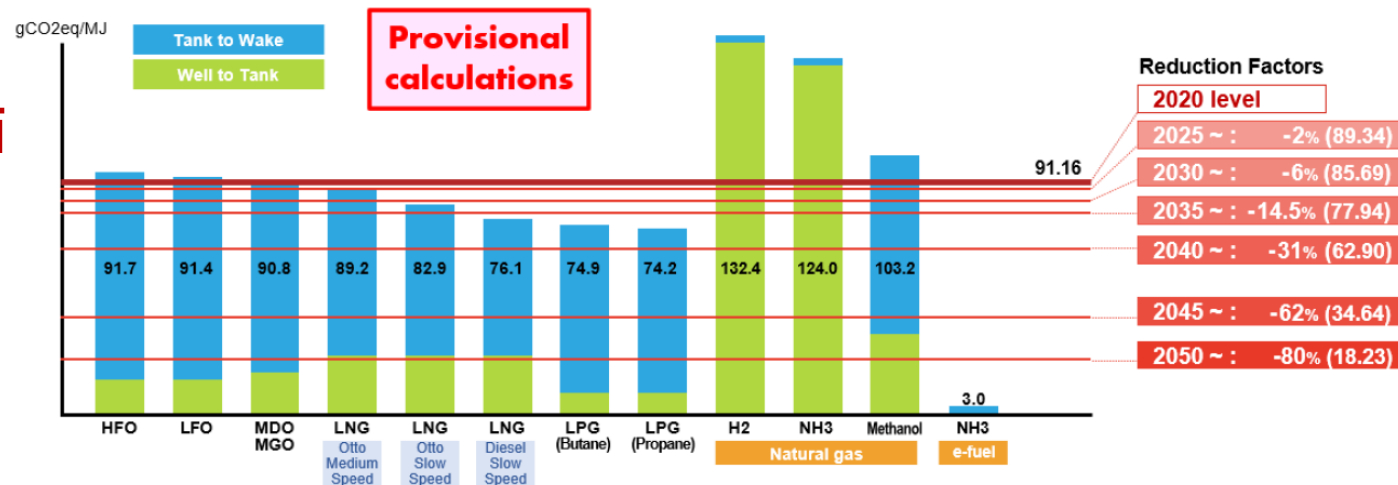
FuelEU Maritime (2025年開始)

■ 使用燃料の GHG 強度（エネルギー当たりの年間GHG排出量）に上限（5年ごとに強化）を設定

- ➡ 総トン数5,000トンを超える船舶
- ➡ EU 関連航海/EU域内停泊時に消費した燃料が対象
 - EU 発着航路運航において消費した燃料の50%
 - EU 域内航路運航において消費した燃料の100%
 - EU 域内港湾停泊における消費した燃料の100%

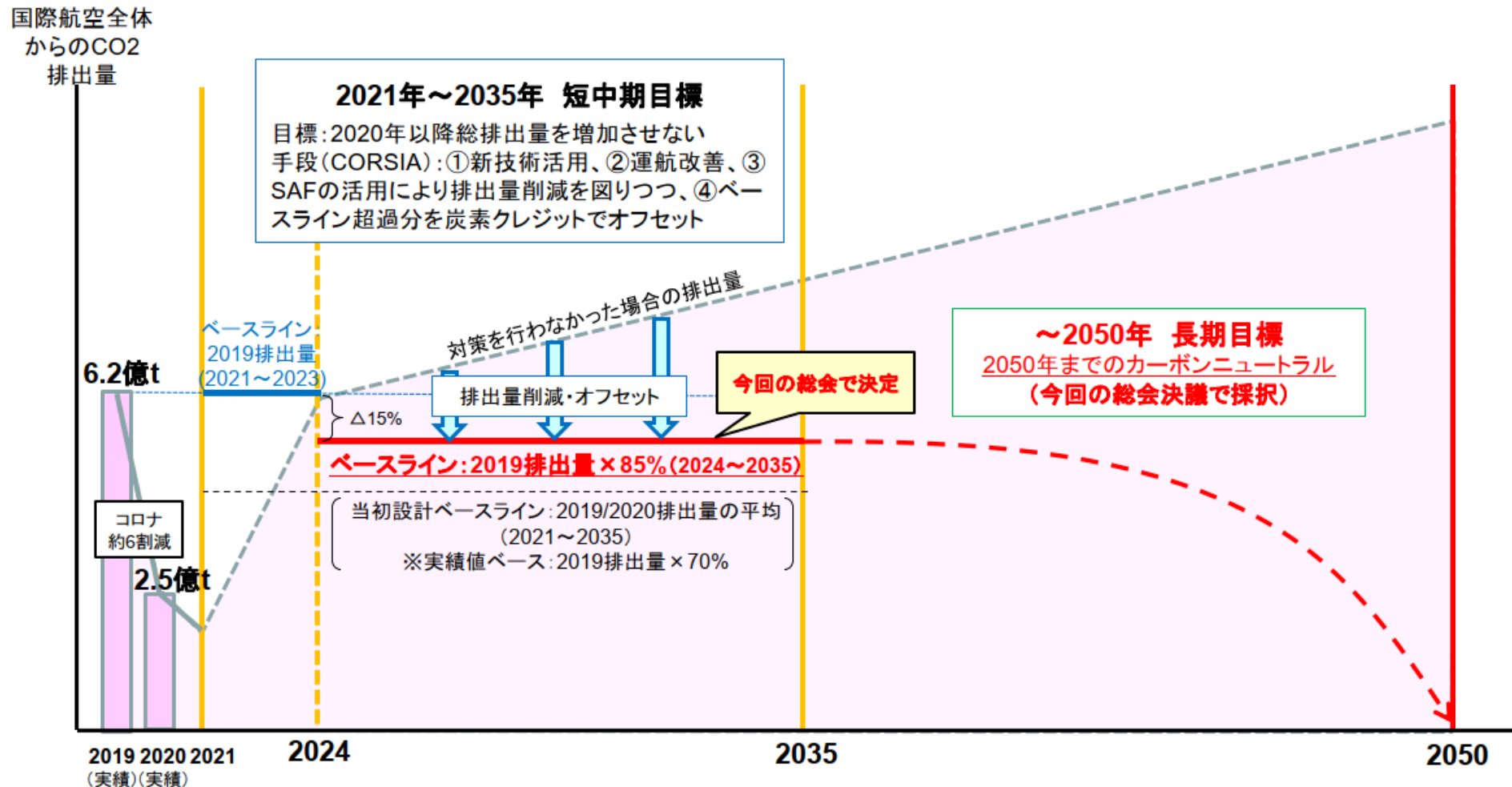
■ GHG 強度は、燃料の製造/輸送/貯蔵及び船上使用を含む**ライフサイクル全体で評価**

■ GHG 強度の上限値は **5年ごとに強化**



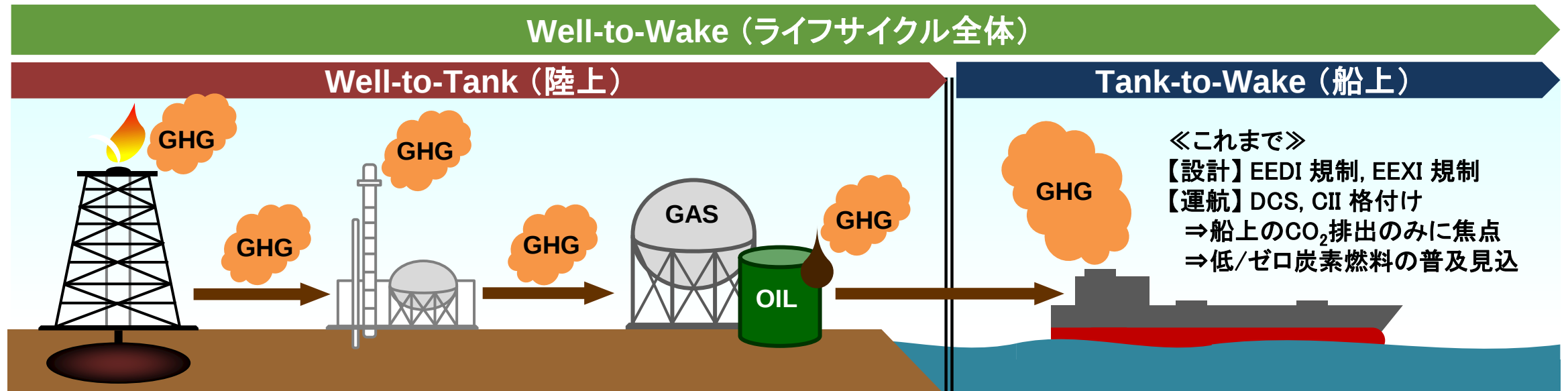
■ 基準値以上の達成分の翌年への繰越し、翌年分の前倒し使用、複数隻の差分をプールして使うことが認められる。基準を満たさない船舶は罰金が科される。

第41回 ICAO 総会（2022年10月）において、2050年までに**カーボンニュートラル（Well-to-Wake）**を目指す脱炭素化長期目標が採択



出典: 第2回SAFの導入促進に向けた官民協議会 説明資料, 国土交通省航空局, 2022年11月7日

	GHG 削減目標が Tank-to-Wake（船上）から Well-to-Wake（ライフサイクル） への変更による影響
2008年GHG排出量(基準値)	WtT(陸上)でのGHG排出を加えると、WtW(ライフサイクル)ではTtW(船上)比で約 18%増加 。
LNG燃料(化石由来)	TtW(船上)では重油比約18-26%改善するが、WtW(ライフサイクル)では液化による影響で重油比で約 10-17%改善に留まり 、改善効果が大幅に目減り。
水素/アンモニア(グレー)	TtW(船上)ではゼロエミッションだが、WtW(ライフサイクル)では 重油比35-45%悪化 するため、もはや使用する理由がない。
水素/アンモニア (ブルー/グリーン)	TtW(船上)とWtW(ライフサイクル)の両方でゼロエミッションのため、WtW(ライフサイクル)への変更による影響はない。
ゼロエミ燃料船	燃料由来により船上排出量は変わらないため、目標達成のためのゼロエミ燃料船導入割合はWtW(ライフサイクル)でも変わらないが、ゼロエミ燃料(ブルー/グリーン)の消費を抑えるために、 エネルギー効率改善 がより一層重要となる。
燃料製造に伴う電力	TtW(船上)では発電時に排出されるGHGはカウントされないため、火力発電等による電力は影響しないが、WtW(ライフサイクル)ではCCS付き火力発電や再生可能エネルギー発電による ゼロカーボン電力 が求められる。
ネットゼロ排出	WtW(ライフサイクル)におけるネットゼロ排出を達成するには、全ての船舶でブルーもしくはグリーン燃料を使用する必要があるため、 ブルー/グリーン燃料の供給状況に大きく左右 される。 2050年頃に全ての船舶にブルー/グリーン燃料を供給できない虞がある場合は、国際航空のように他セクターとのカーボンオフセットの導入も視野に入れる必要がある。



舶用燃料の製造や流通過程における GHG 排出への関心の高まり

2023年 IMO GHG 削減戦略において、ライフサイクル全体における GHG 排出を考慮

MEPC 80 (2023年7月) 採択、MEPC 81 (2024年3月) 改正

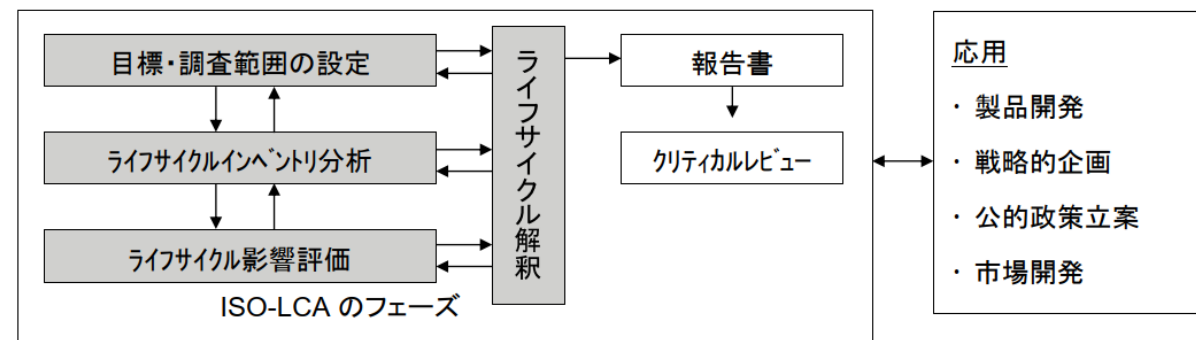
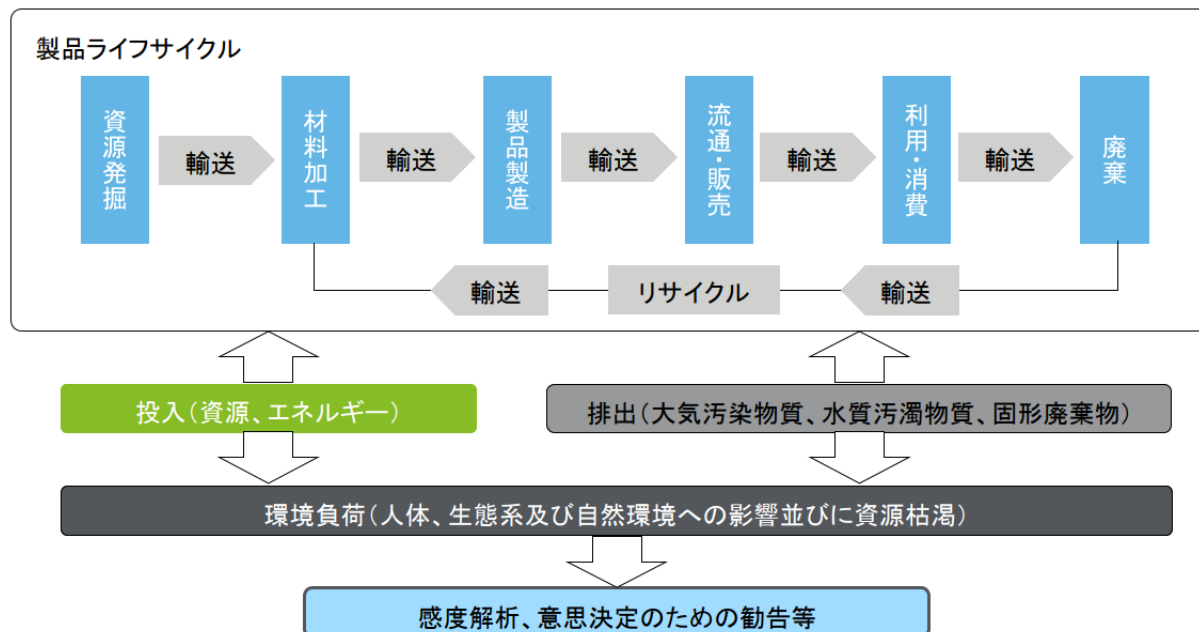
舶用燃料ライフサイクル GHG 強度ガイドライン

■ LCA ガイドラインの内容

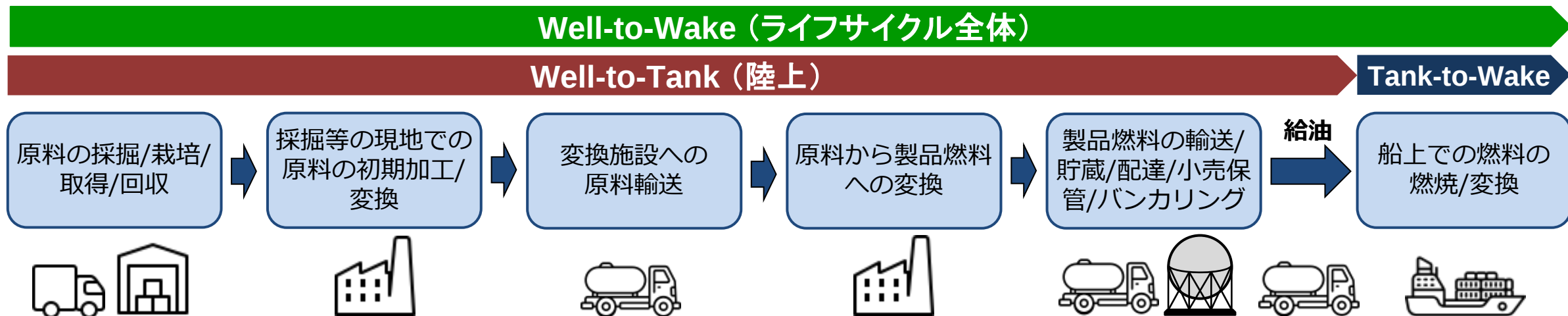
- ✓ 船用燃料の製造、輸送、船上での使用に至るライフサイクル全体での GHG 排出量の評価手法（LCA 手法、デフォルト値）
- ✓ 持続可能な船用燃料のテーマ／側面（持続可能性基準）
- ✓ 検証及び認証

■ LCA（Life Cycle Assessment：ライフサイクルアセスメント）

- ✓ 製品又はサービスに係る原料の調達から製造、流通、使用、廃棄・リサイクルに至るライフサイクル全体を対象として、各段階の資源又はエネルギーの投入量と様々な排出物の量を定量的に把握し（インベントリ分析）、これらによる様々な環境影響又は資源・エネルギーの枯渇への影響等を客観的に可能な限り定量化し（影響評価）、これらの分析・評価に基づいて環境改善等に向けた意思決定を支援するための科学的・客観的な根拠を与える手法である。
- ✓ 国際標準化機構（ISO）では、ライフサイクル評価の実施事例の増加に伴い、その共通基盤を確立することが望ましいと判断し、評価手法を規格化し、ISO 14040:2006 には LCA の原則と枠組み、ISO 14044:2006 には LCA の技術的要求事項や指針が記述されており、この2つの基準によって LCA の実施方法を規定。



出典：水素サプライチェーンにおける温室効果ガス削減効果に関するLCAガイドライン Ver.2.1, 環境省



- ✓ 上記工程で排出される GHG を基にライフサイクル全体での GHG 排出量(**メタンリップ°**や**N₂Oも考慮**)を評価
- ✓ 回収 CO₂ の輸送や貯蔵等、その経路に応じて評価範囲(システム境界)を設定
- ✓ GHG 排出量の評価指標：**GHG 強度（単位エネルギーあたりの GHG 排出量：gCO_{2eq}/MJ_(LCV)）**

$$GHG_{WtW} = GHG_{WtT} + GHG_{TtW}$$

GHG_{WtW}	gCO _{2eq} /MJ _(LCV)	燃料の製造、輸送、船上での使用に至るライフサイクル全体での単位エネルギーあたりのGHG排出量
GHG_{WtT}	gCO _{2eq} /MJ _(LCV)	燃料のライフサイクルの上流（原料の採掘、加工、輸送等）での単位エネルギーあたりのGHG排出量
GHG_{TtW}	gCO _{2eq} /MJ _(LCV)	燃料のライフサイクルの下流（船上での使用）での単位エネルギーあたりのGHG排出量

Fuel Lifecycle Label (FLL)

- ✓ FLL は、船舶で使用された燃料やエネルギーキャリア(バッテリー等)のライフサイクルアセスメントに関する情報を収集・伝達するための技術ツールで、ライフサイクルにおける GHG 排出量の評価に使用
- ✓ FLL は、以下の 5 つの主要部分から構成

Part A-1	Part A-2	Part A-3	Part A-4	Part A-5
Fuel type (blend)	Fuel Pathway code	Lower Calorific Value (LCV, MJ/g)	Share in fuel blend (%MJ _(LCV) /MJ _(LCV))	WtT GHG emission factor (GWP100, gCO _{2eq} /MJ _(LCV))
Part B-1			Part B-2	
Emissions credits related to biogenic carbon source (e _c , in gCO ₂ / g fuel based on GWP100)			Emissions credits related to source of captured carbon (e _{ccu} , in gCO ₂ / g fuel based on GWP100)	
Part C-1		Part C-2		Part C-3
TtW GHG intensity Value 1 (carbon source NOT taken into account): TtW GHG emission factor (GWP100, gCO _{2eq} /MJ _(LCV))		TtW GHG intensity Value 2 (carbon source taken into account): TtW GHG emission factor (GWP100, gCO _{2eq} /MJ _(LCV))		Energy Converter
Part D			Part E	
WtW GHG emission factor (GWP100, gCO _{2eq} /MJ _(LCV)) Note: Part D = Part A-5 + Part C-2			Sustainability (Certification)	

Fuel list with fuel pathway codes 例（128種類の燃料経路）

Order	Group	Fuel type	Feedstock structure		Conversion/Production process		Fuel Pathway Code
			Feedstock Type	Nature/Carbon Source	Process Type	Energy used in the process	
1	HFO (VLSFO)	Heavy Fuel Oil (ISO 8217 Grades RME, RMG and RMK, 0.10 < S ≤ 0.50%)	Crude Oil	Fossil	Standard refinery process	Grid mix electricity	HFO(VLSFO)_f_SR_gm
11	LPG	Liquefied Petroleum Gas (Propane)	Crude Oil	Fossil	Standard refinery process and liquefaction	Grid mix electricity	LPG(Propane)_f_SR_gm
31	LNG	Liquefied Natural Gas (Methane)	Natural Gas	Fossil	Standard LNG production including liquefaction	Grid mix electricity	LNG_f_SLP_gm
35	LNG	Liquefied Natural Gas (Methane)	CO ₂ + H ₂	CO ₂ : Fossil Point Source Carbon Capture H ₂ : Fossil Steam Methane Reformation	Methanation and liquefaction	Grid mix electricity	LNG_fCO2_fH2_M_gm
90	Methanol	Methanol	2 nd and 3 rd Gen. feedstock	Biogenic	Gasification of Biomass and Methanol Synthesis	Grid mix electricity	MeOH_b_G_MS_gm
110	Hydrogen	Hydrogen	Water + Electricity	Renewable	Dedicated Photovoltaic and/or Wind and/or other Electrolysis and liquefaction	Renewable electricity	LH2_EL_r_Liquefied
120	Ammonia	Ammonia	N ₂ + H ₂	N ₂ : separated with renewable electricity H ₂ : produced from renewable electricity	Haber Bosch process	Grid mix electricity	NH3_rN2_rH2_HB_gm
126	Electricity	Electricity		Fossil/Renewable	-	Grid mix electricity	Electricity_gm
128	Wind propulsion						

- GHG 強度や各種係数を実際に計算/計測するには、かなりの時間と労力を要するため、デフォルト値が使用でき、**デフォルト値は代表的かつ保守的な仮定を基に設定**
- GHG 強度や各種係数のデフォルト値を設定するには、**少なくとも 3つの異なる代表的な排出源において、各排出源でGHG強度や各種係数を求め、その中の上限値（保守的な値）をデフォルト値**として採用
- GHG 強度や各種係数のデフォルト値よりも優れた値を使用したい場合、第三者認証を条件に、ガイドラインに規定された方法論に従い求められた、**実際の値を使用可能**
- 純粋な**化石由来燃料**の場合、GHG強度(WtT：陸上)の実際の値は認められず、**デフォルト値のみ**使用
- 燃料経路(Fuel Pathway)がガイドラインに設定されていない燃料の場合、経路の詳細情報を提出し、第三者認証を受ければ、実際の値を使用可能
- **GHG強度(WtT：陸上)のデフォルト値**は、化石由来の重油とバイオ燃料のFAMEやHVOの**合計5種類**しか設定されていない
- **メタンスリップに関するデフォルト値**は、LNGエンジンのオットーサイクルや高圧式などの種類に応じて設定されているものの、漏出メタンやアンモニアエンジンの**N₂Oに関するデフォルト値**は設定されていない
- **排ガス後処理システム**は、処理能力が様々なため、**デフォルト値を設定せず**に、第三者による検証及び認証を条件に、実際の排出係数を使用

■ 船用燃料の持続可能性はライフサイクルにおいて、以下の環境テーマ・側面を考慮して評価

1. **GHG** : 持続可能な船用燃料は、ライフサイクルベースで従来の船用燃料(DCSデータ3年分の液体石油製品のエネルギーベース加重平均)よりもGHG排出量が少ない。
2. **炭素源** : 持続可能な船用燃料は、化石エネルギー源の使用によるGHG強度を増加させず、回収・貯留された炭素の永続性を確保すると同時に、経済部門間のダブルカウントを回避する。
3. **電力/エネルギー源** : WtTで大量の電力投入を必要とする持続可能な船用燃料や、船舶に直接供給される電力は、再生可能、原子力、生物由来の電力・エネルギーを使用することで生産される。これらは、現在または長年の需要レベルに追加されるか、オフピーク時に余剰電力を使用することで生産される。
4. **直接的土地利用変化** : 持続可能な船用燃料は、炭素蓄積量の多い土地から得られるバイオマスから作られるものではない。持続可能な船用燃料の生産は、直接的な土地利用の変化に起因する排出を最小化する。
5. **間接的土地利用変化** : 持続可能な船用燃料の原料の栽培は、評価される製品システムの外で発生する土地の使用や管理に否定的な変化を引き起こすことを最小限に抑える。
6. **水** : 持続可能な船用燃料の生産は、水質と利用可能性を維持または向上させる。
7. **空気** : 持続可能な船用燃料の生産は、空気の質への悪影響を最小限に抑える。
8. **土壌** : 持続可能な船用燃料の生産は、土壌の健全性を維持または向上させる。
9. **廃棄物と化学物質** : 持続可能な船用燃料の生産は、廃棄物の責任ある管理と化学物質の使用を維持または強化する。
10. **環境保全** : 持続可能な船用燃料の生産は、生物多様性と生態系、あるいは保全サービスを維持または強化する。

- 持続可能性のテーマ・側面は設定されたが、具体的な認証基準が規定されていないため、今後、検討される予定
- その他の社会的・経済的持続可能性のテーマ・側面については、今後、検討される予定
- 持続可能な燃料として、**ICAO CORSIAでは基準燃料に対してGHG強度が10%減**を、**EU 再生エネルギー指令(RED III)では70%減**を規定

1. 検証及び認証の要素

- ✓ Fuel Lifecycle Label (FLL) は、**今後、IMO が開発するガイダンス**に従って、第三者による検証及び認証を受けること。
- ✓ FLL の Part A、Part B、Part C、Part E は異なる認証機関により検証及び認証を受けられるが、Part D は Part A、Part B 及び Part C の検証結果を基に検証及び認証を受けること。
- ✓ FLL の Part A-1 から Part A-4 及び Part C-3 が検証されている場合、本ガイドラインに含まれるデフォルト値は追加検証せずに適用できる。
- ✓ デフォルト値よりも優れた実際の値を使用するには、**今後、IMOが開発するガイダンス**に従って、第三者による検証及び認証を受けること。

2. 認証スキーム/規格の特定

- ✓ FLL の検証及び認証には、**関連する認証スキーム/規格**を使用。
- ✓ 使用する認証スキーム/規格は、**IMO が策定したガイダンス**を考慮して MEPC が承認し、承認された認証スキーム/規格のリストは、一般に公開され、常に見直される。
- ✓ 国際的な認証スキーム/規格を承認するための提案は、**今後開発される基準**による評価結果と共に、検討のために MEPC に提出すること。
- ✓ IMO の枠組み全体の品質、信頼性及び堅牢性を保証し、認証スキーム間の公平性を確保するために、**認証スキームの承認に繋がる枠組み、基準及び手続きは、統一的に実施**されること。

1. IMO の GHG 削減に関する動向
2. 船用燃料ライフサイクル GHG 強度ガイドライン
3. 今後の予定



- LCA ガイドラインには、デフォルト値や認証方法など、未だ多くの課題があり、課題解決には専門知識が必要なため、MEPC 81（2024年3月）において、**GESAMP（海洋環境保護の科学的側面に関する合同専門家グループ）**に**舶用燃料ライフサイクル GHG 強度に関する作業部会（GESAMP-LCA WG）**を新設することが合意され、作業に向けた付託事項が作成された。
- GESAMP-LCA WG は、LCA ガイドラインの実施に関連する問題について、科学的・技術的に最良の評価を行う専門家グループであり、付託事項は以下の通り。
 - 1. LCA ガイドラインにおける排出量算定方法の改良**
 - ✓ LCA 手法の科学的レビュー
 - ✓ 燃料生産経路と技術の GHG 強度（WtT）のデフォルト値の科学的レビュー
 - ✓ 燃料使用と船上技術の GHG 強度（TtW）のデフォルト値の科学的レビュー（船上CCSの境界の明確化を含む）
 - ✓ LCA に関するサンプル計算と、その結果を既存の FLL（Fuel Lifecycle Label）に反映させる
 - 2. 持続可能性に関するテーマ／側面**
 - ✓ LCA ガイドラインの持続可能性テーマ／側面の下での指標と測定基準の精緻化とさらなる探求
 - ✓ 間接的土地利用変化に関するリスク分類へのアプローチ
 - 3. 認証に関する LCA ガイドラインの方法論的要件**
 - ✓ WtT 及び TtW の実際の値を含む、燃料経路認証のための可能な要求事項の開発及び／又は識別のための外部経験及び更なる情報を提供する

注：GESAMP（Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection）

1969年に国連が海洋環境保護のための第三者機関として設立した合同専門家グループで、現在、海洋環境に関心または権限を持つ10の国連機関が共催し、IMOが事務局を務めている。現在、GESAMPには9つの作業部会があり、個人の資格で独立した専門家として参加している。GESAMPの作業部会には、例えば、船舶が運搬する有害物質の評価に関するGESAMP WG 1や、バラスト水管理システムに使用する「活性物質」の申請審査に関する作業部会（WG 34）などがある。独立性を確保するために、GESAMPが性別や地理的なバランスに最大限注意を払いつつ、当面の課題に最適な専門家を選出する。

■ 船用燃料の持続可能性基準 (Sustainability Criteria)

1. **GHG** : 持続可能な船用燃料は、ライフサイクルベースで従来の船用燃料(DCSデータ3年分の液体石油製品のエネルギーベース加重平均)よりもGHG排出量が少ない。
2. **炭素源** : 持続可能な船用燃料は、化石エネルギー源の使用によるGHG強度を増加させず、回収・貯留された炭素の永続性を確保すると同時に、経済部門間のダブルカウントを回避する。
3. **電力/エネルギー源** : WtTで大量の電力投入を必要とする持続可能な船用燃料や、船舶に直接供給される電力は、再生可能、原子力、生物由来の電力・エネルギーを使用することで生産される。これらは、現在または長年の需要レベルに追加されるか、オフピーク時に余剰電力を使用することで生産される。
4. **直接的土地利用変化** : 持続可能な船用燃料は、炭素蓄積量の多い土地から得られるバイオマスから作られるものではない。持続可能な船用燃料の生産は、直接的な土地利用の変化に起因する排出を最小化する。
5. **間接的土地利用変化** : 持続可能な船用燃料の原料の栽培は、評価される製品システムの外で発生する土地の使用や管理に否定的な変化を引き起こすことを最小限に抑える。
6. **水** : 持続可能な船用燃料の生産は、水質と利用可能性を維持または向上させる。
7. **空気** : 持続可能な船用燃料の生産は、空気の質への悪影響を最小限に抑える。
8. **土壌** : 持続可能な船用燃料の生産は、土壌の健全性を維持または向上させる。
9. **廃棄物と化学物質** : 持続可能な船用燃料の生産は、廃棄物の責任ある管理と化学物質の使用を維持または強化する。
10. **環境保全** : 持続可能な船用燃料の生産は、生物多様性と生態系、あるいは保全サービスを維持または強化する。

- 船用燃料の持続可能性基準には、土地や水の使用権、地域と社会の発展、人権や労働権、食料安全保障などの「社会的・経済的持続可能性のテーマ／側面」が規定されていないため、MEPC 81（2024年3月）において、船用燃料 LCA 通信部会に新たな付託事項として、「**船用燃料のその他の社会的・経済的持続可能性のテーマ／側面**」について検討し、MEPC 83（2025年4月予定）に報告書を提出することが合意された。

- MEPC 81（2024年3月）において、LCA ガイドラインの改正にあたり、メタン(CH₄)及び N₂O の船上排出や船上CCS については、さらなる検討が必要なため、GESAMP-LCA WG や船用燃料 LCA 通信部会とは別に、新たに「**非CO₂の GHG 排出及び船上CCS に関する通信部会**」を設置することが合意された。通信部会の付託事項は以下の通り。

1. CH₄ 及び N₂O の船上排出に関して

- ✓ 船上における CH₄ 及び N₂O の実際の排出係数やエネルギー変換器における C_{slip} 値に関して、測定と検証の枠組みをどのように開発するかを検討する。
- ✓ LCA ガイドラインに適用するために、認証に関する方法論的枠組みをどのように開発するかを検討する。
- ✓ 必要な規制または推奨される規定を開発することを視野に入れ、既存の規定との差異を特定し、推奨を提案する。

2. 船上CCS に関して

- ✓ 船上CCS に関連する問題を検討し、船上で回収された CO₂ の算定に関する事項を除き、船上CCS の使用に関する規制枠組みを開発するための作業計画を策定する。

3. MEPC 83（2025年4月予定）に報告書を提出

THANK YOU

for your kind attention

ClassNK

A World Leader in Ship Classification.

Well-to-Tank（陸上）における GHG 強度の計算式

$$GHG_{WtT} = e_{fecu} + e_l + e_p + e_{td} - e_{sca} - e_{ccs}$$

e_{fecu}	原料の採掘/栽培/取得/回収に関連する GHG 排出量
e_l	直接的な土地利用の変化による炭素ストックの変化から生じる GHG 排出量(20年間)を年率換算したもの ※このパラメーターの方法論がさらに改良されるまでこの値はゼロ。
e_p	採掘等の現地における原料の加工および/または変換に関連する GHG 排出量と、発電を含む原料から最終燃料製品への変換に関連する GHG 排出量
e_{td}	変換工場までの原料輸送に関連するGHG排出量、及び完成燃料の輸送・貯蔵、現地配送、小売店での貯蔵、バンカリングに関連するGHG排出量
e_{sca}	改善された農業管理による土壌炭素蓄積による GHG 排出削減量(20年間)の年換算値 ※このパラメーターの方法論がさらに改良されるまでこの値はゼロ。
e_{ccs}	炭素回収・貯留(e_{ccs})による排出権のうち、 e_p にまだ計上されていないもの。これは燃料の採掘、輸送、加工、流通に関連し、排出された CO ₂ を回収・貯留することによって回避された CO ₂ 排出量を適切に計上するもの。 上記の排出権から、CO ₂ の回収・輸送から最終的な貯留に至る過程に起因する全ての CO ₂ 排出量(圧入等に関連する排出量を含む)を差し引く必要がある。この要素は以下の式で計算される。 $e_{ccs} = c_{sc} - e_{cc} - e_t - e_{st} - e_x$
c_{sc}	回収・貯留した正味の CO ₂ に相当する排出権(長期：100年)
e_{cc}	CO ₂ の回収、圧縮、冷却、一時貯蔵に関連する GHG 排出量
e_t	長期保管場所への輸送に関連する GHG 排出量
e_{st}	回収 CO ₂ の貯留(長期：100年)に関連する CO ₂ 排出量(長期貯留中や貯留地への CO ₂ 圧入中に発生する可能性のある漏出を含む)
e_x	CCS に関連する追加の GHG 排出量

$$GHG_{TtW} = \frac{1}{LCV} \left(\left(1 - \frac{1}{100} (C_{slip_ship} + C_{fug}) \right) \times (C_{fCO_2} \times GWP_{CO_2} + C_{fCH_4} \times GWP_{CH_4} + C_{fN_2O} \times GWP_{N_2O}) + \right. \\ \left. + \left(\frac{1}{100} (C_{slip_ship} + C_{fug}) \times C_{sfx} \times GWP_{fuelx} \right) - S_{Fc} \times e_c - [S_{Fccu} \times e_{ccu}] - [e_{OCCS}] \right)$$

C_{slip_ship}	酸化されずにエネルギー変換器から漏れた燃料の割合(船舶に供給された燃料の質量に対する割合) (燃焼室/酸化プロセス及びクランクケースから排出される燃料を含む) $C_{slip_ship} = C_{slip} * (1 - C_{fug}/100)$
C_{slip}	酸化されずにエネルギー変換器から漏れた燃料の割合(エネルギー変換器内の消費燃料に対する割合) (燃焼室/酸化プロセスおよびクランクケースから排出される燃料を含む)
C_{fug}	燃料タンクとエネルギー変換器までの間で漏れた燃料(システム内の漏出、排出、あるいは消失した燃料)の割合(船舶に供給された燃料の質量に対する割合) ※更なる技術的作業で適切な係数が決定されるまでこの値はゼロ。
C_{sfx}	燃料に含まれる温室効果ガスの割合を示す係数(単位: g GHG / g 燃料)。例: LNGの場合は 1
C_{fCO_2}	燃料の燃焼及び/又は酸化過程による排出の CO ₂ 排出換算係数(g CO ₂ / g 完全燃焼した燃料)
C_{fCH_4}	燃料の燃焼及び/又は酸化過程による排出の CH ₄ 排出換算係数(g CH ₄ / g 船舶に供給された燃料) LNG/CNG 燃料では、 C_{slip_engine} が C_{fCH_4} の役割を担っているため、これらの燃料では C_{fCH_4} はゼロとする。
C_{fN_2O}	燃料の燃焼及び/又は酸化過程による排出の N ₂ O 排出換算係数(g N ₂ O / g 船舶に供給される燃料)
GWP_{CH_4}	CH ₄ の100年間の地球温暖化係数 (IPCC 第5次評価報告書に基づく) : 28
GWP_{N_2O}	N ₂ O の100年間の地球温暖化係数 (IPCC 第5次評価報告書に基づく) : 265
GWP_{fuelx}	燃料に含まれる温室効果ガスの100年間の地球温暖化係数 (IPCC 第5次評価報告書に基づく)
LCV	低位発熱量 (指定された燃料の完全燃焼によって放出される熱量)

$$GHG_{TtW} = \frac{1}{LCV} \left(\left(1 - \frac{1}{100} (C_{slip_ship} + C_{fug}) \right) \times (C_{fCO_2} \times GWP_{CO_2} + C_{fCH_4} \times GWP_{CH_4} + C_{fN_2O} \times GWP_{N_2O}) + \right. \\ \left. + \left(\frac{1}{100} (C_{slip_ship} + C_{fug}) \times C_{sfx} \times GWP_{fuelx} \right) - S_{Fc} \times e_c - [S_{Fccu} \times e_{ccu}] - [e_{occs}] \right)$$

S_{Fc}	バイオマスの生育により発生する排出権が、TtW 値の算出において考慮されるかどうかを決定するための炭素源係数。0 又は 1 とする。
e_c	バイオマスの生育による排出権
S_{Fccu}	燃料製造工程で合成燃料を製造するための炭素ストックとして回収された使用済み CO ₂ からの排出権が、TtW 値の計算に考慮されるかどうかを決定するための炭素源係数。0 又は 1 とする。
e_{ccu}	燃料製造工程及び利用において回収した CO ₂ を合成燃料を製造するための炭素ストックとして使用することによる排出権(e_{fecu} 及び e_p では計上されなかったもの) ※更なる方法論が開発されるまで $[S_{Fccu} \times e_{ccu}]$ の値はゼロ。
e_{occs}	船上で CO₂ を回収する炭素回収貯留(e_{occs})による排出権。CCS が船上で行われる場合、排出された CO₂ の回収・貯留によって回避された排出量を適切に算定する必要がある。排出された CO₂ の回収・貯留によって回避された排出量を適切に計上しなければならない。 上記の排出権から、CO₂ を回収(e_{cc})し、最終貯留まで輸送(e_t)する過程から生じるすべての排出(注入などに関する排出を含む)を差し引く必要がある。この要素は以下の式で計算される。 ※更なる方法論が開発されるまでこの値はゼロ。 $e_{occs} = c_{sc} - e_{cc} - e_t - e_{st} - e_x$
c_{sc}	回収・貯留した CO ₂ に相当する排出権(長期：100年)
e_{cc}	CO ₂ の回収、圧縮、船上での一時貯蔵に関連する GHG 排出量
e_t	長期保管場所への輸送に関連する GHG 排出量
e_{st}	回収 CO ₂ の貯留(長期：100年)に関連する GHG 排出量(長期貯留中や貯留地への CO ₂ 圧入中に発生する可能性のある漏出を含む)
e_x	CCS に関連する追加の GHG 排出量

Initial default emission factors per fuel pathway code (1/2)

Order	Fuel type	Fuel Pathway Code	WtT GHG intensity (gCO _{2eq} /MJ)	LCV (MJ/g)	Energy Converter	C _f CO ₂ (gCO ₂ /g fuel)	C _f CH ₄ (gCH ₄ /g fuel)	C _f N ₂ O (gN ₂ O/g fuel)	C _{slip} /C _{fug} (mass %)	e _c (gCO _{2eq} /g fuel)	TtW GHG intensity (gCO _{2eq} /MJ)	NOTE
1	Heavy Fuel Oil (ISO 8217 Grades RME, RMG and RMK, 0.10 < S ≤ 0.50%)	HFO(VLSFO)_f_SR_gm (Fossil)	16.8	0.0402	ALL Internal Combustion Engines (ICEs)	3.114	0.00005	0.00018				Resolution MEPC.364(79) Fourth IMO GHG study
2	Heavy Fuel Oil (ISO 8217 Grades RME, RMG and RMK exceeding 0.50% S)	HFO(HSHFO)_f_SR_gm (Fossil)	14.1	0.0402	ALL ICEs	3.114	0.00005	0.00018				Resolution MEPC.364(79) Fourth IMO GHG study
3	Light Fuel Oil (ISO 8217 Grades RMA, RMB and RMD maximum 0.10% S)	LFO(ULSFO)_f_SR_gm (Fossil)		0.0412	ALL ICEs	3.151	0.00005	0.00018				Resolution MEPC.364(79) Fourth IMO GHG study
4	Light Fuel Oil (ISO 8217 Grades RMA, RMB and RMD, 0.10 < S ≤ 0.50%)	LFO(VLSFO)_f_SR_gm (Fossil)		0.0412	ALL ICEs	3.151	0.00005	0.00018				Resolution MEPC.364(79) Fourth IMO GHG study
5	Marine Diesel/Gas Oil (ISO 8217 Grades DMX, DMA, DMZ and DMB maximum 0.10 % S)	MDO/MGO(ULSFO)_f_SR_gm (Fossil)	17.7	0.0427	ALL ICEs	3.206	0.00005	0.00018				Resolution MEPC.364(79) Fourth IMO GHG study
6	Marine Diesel/Gas Oil (ISO 8217 Grades DMX, DMA, DMZ and DMB, 0.10 < S ≤ 0.50%)	MDO/MGO(VLSFO)_f_SR_gm (Fossil)		0.0427	ALL ICEs	3.206	0.00005	0.00018				Resolution MEPC.364(79) Fourth IMO GHG study
11	LPG (Propane)	LPG(Propane)_f_SR_gm (Fossil)		0.0463	ALL ICEs	3.000	0.00005	0.00018				Resolution MEPC.364(79) Fourth IMO GHG study
21	LPG (Butane)	LPG(Butane)_f_SR_gm (Fossil)		0.0457	ALL ICEs	3.030	0.00005	0.00018				Resolution MEPC.364(79) Fourth IMO GHG study

Order	Fuel type	Fuel Pathway Code	WtT GHG intensity (gCO _{2eq} /MJ)	LCV (MJ/g)	Energy Converter	C _f CO ₂ (gCO ₂ /g fuel)	C _f CH ₄ (gCH ₄ /g fuel)	C _f N ₂ O (gN ₂ O/g fuel)	C _{slip} /C _{fug} (mass %)	e _c (gCO _{2eq} /g fuel)	TtW GHG intensity (gCO _{2eq} /MJ)	NOTE
31	LNG (Methane)	LNG_f_SLP_gm (Fossil)		0.0480	LNG Otto (dual fuel medium speed)	2.750	0	0.00011	3.5/-		(76.3 ^注)	Resolution MEPC.364(79) Fourth IMO GHG study
					LNG Otto (dual fuel slow speed)				1.7/-		(66.8 ^注)	
					LNG Diesel (dual fuel slow speed)				0.15/-		(58.7 ^注)	
					LBSI (Lean-Burn Spark-Ignited)				2.6/-		(71.6 ^注)	
					Steam Turbines and boilers				0.01/-		(58.0 ^注)	
33	LNG (Methane)	LNG_b_AD_gm (Biogenic)			LNG Otto (dual fuel medium speed)	2.750					注：C _{fug} は未考慮	
					LNG Otto (dual fuel slow speed)							
					LNG Diesel (dual fuel slow speed)							
					LBSI (Lean-Burn Spark-Ignited)							
					Steam Turbines and boilers							
62	Diesel (FAME)	FAME_b_TRE_gm_2ndgen (2 nd Gen. feedstock)	20.8	0.0372	ALL ICES							
77	Renewable Diesel (HVO)	HVO_b_HD_gm_2ndgen (2 nd Gen. feedstock)	14.9	0.0440	ALL ICES							
105	Hydrogen	H2_f_SMR_CCS_gm (Fossil)		0.1200	ALL ICES	0						
					Fuel cell							
121	Ammonia	NH3_rN2_fH2_HB_gm (Renewal, Fossil)		0.0186	ALL ICES	0						
					Fuel cell							

※ GHG 強度（WtT：陸上）のデフォルト値は、HFO 等の5種類しか設定されていない

Order	Fuel type	Fuel Pathway Code	WtT GHG intensity (gCO _{2eq} /MJ)
1	Heavy Fuel Oil (ISO 8217 Grades RME, RMG and RMK, 0.10<S≤0.50%)	HFO(VLSFO)_f_SR_gm (Fossil)	14.11 (FuelEU Maritime:13.5)
6	Marine Diesel/Gas Oil (ISO 8217 Grades DMX, DMA, DMZ and DMB, 0.10<S≤ 0.50%)	MDO/MGO(VLSFO)_f_SR_gm (Fossil)	13.21 (FuelEU Maritime:13.5)
31	LNG (Methane)	LNG_f_SLP_gm (Fossil)	20.75, 19.31, 25.00 (FuelEU Maritime:18.5)
61	Bio-Diesel (FAME)	FAME_b_TRE_1stgen_gm (1st Gen. feedstock)	25.75, 27.16, 30.1, 27.02 (FuelEU Maritime:50.1)
67-69	Renewable Diesel (FT-Diesel)	FT Diesel – fossil (Fossil)	27.28
86	Methanol (Steam Methane Reformation of Natural Gas and Methanol Synthesis)	MeOH_f_SMR_gm (Fossil)	24.86 (FuelEU Maritime:31.3)
101	Ethanol (Biofuel)	EtOH_b_FR_1stgen_gm_Sugarcane (1st Gen. feedstock)	18.62, 20.8, 18.00
102	Ethanol (Biofuel)	EtOH_b_FR_1stgen_gm_Ethanol from 2nd corn crop (1st Gen. feedstock)	19.52, 16.04, 17.2