



日本財団
The Nippon Foundation

助成事業

国際海運におけるエネルギー効率化に 向けた枠組みづくり

(2010 年度報告書)

2011 年 4 月

財団法人 日本船舶技術研究協会

はしがき

本報告書は、日本財団の2010年度助成事業「国際海運におけるエネルギー効率化に向けた枠組みづくり」の成果を取りまとめたものである。この事業は、現在喫緊の課題となっている国際的な温室効果ガス（GHG）の削減に向けて、国際海運から排出されるGHG量についても合理的に削減すべく、

（1）国際海事機関（IMO）や気候変動枠組み条約締約国会議（COP）等を通じた国際的な枠組み作りに関する検討を行う「GHG削減に向けた国際的な枠組み作り（経済的手法）に関する調査研究」と、
（2）船舶から排出されるGHG量削減の具体的手法として、特に個別の企業では対応できないインフラ等に着眼して対策の検討を行う「削減シナリオ実現のための調査研究」から成り立っている。

具体的には、「GHG削減に向けた国際的な枠組み作り（経済的手法）に関する調査研究」については、「エネルギー効率化国際対応委員会」及び「EEDI認証ワーキング・グループ」を設置し、各委員並びに関係者のご協力のもと、技術的手法（船舶のエネルギー効率設計指標（EEDI）等）や運航的手法（船舶エネルギー効率管理計画（SEEMP）等）の具体化、IMOで検討の必要性が強く指摘されている経済的手法の検討加速を目的として、その制度の詳細及び導入による効果について調査研究を行うとともに、IMO、COP等の各種国際会議に出席し、主要関係国への働きかけを行った。また、今後各種GHG排出削減技術の導入を促進する上で重要となる各種技術の費用対効果についても調査を行った。

「削減シナリオ実現のための調査研究」については、GHG排出削減のみならず大気汚染物質排出量抑制にとっても効果の大きな天然ガスの船用燃料としての使用に着目し、「代替燃料の利用に係るインフラの要件に関する調査研究委員会」を設置して、各委員並びに関係者のご協力のもと、液化天然ガス（LNG）を船用燃料として使用する場合の燃料供給インフラ整備や関連する規則に関する検討、欧州等各国における船用LNG燃料専務実用化に向けた動き等の調査等を行い、関連する課題の明確化及び解決策の検討等について調査研究を行った。

エネルギー効率化国際対応委員会

委員名簿（順不同、敬称略）

委員長 委員

畔津 昭彦（東海大学）
岡村 敏（有識者）
吉田 公一（海上技術安全研究所）
松岡 巖（運輸政策研究機構）
島田 毅（日本海事協会）
大嶋 孝友（日本海事センター）
井上 清次（川崎汽船）
新井 健太（商船三井）
川嶋 民夫（日本郵船）
河本 賢一郎（日本船主協会）
角田 正（旭洋造船）
薦田 哲男（三井造船）
上田 直樹（三菱重工業）

関係者

辻本 勝（海上技術安全研究所）
黒田 麻利子（海上技術安全研究所）
華山 伸一（海洋政策研究財団）
小俣 重雄（日本海事協会）
森本 清二郎（日本海事センター）
山口 祐二（日本造船工業会）
富澤 茂（日本中小型造船工業会）
澤田 拓也（日本船用工業会）

関係官庁

大坪 新一郎（国土交通省 海事局 安全基準課）
塩入 隆志（国土交通省 海事局 安全基準課）
田村 顕洋（国土交通省 海事局 安全・環境政策課）
岡 建典（国土交通省 海事局 安全・環境政策課）
坪井 克稔 [奥川 雄士]（国土交通省 海事局 安全・環境政策課）
西室 麻里花（国土交通省 海事局 安全・環境政策課）

事務局

吉田 正彦（日本船舶技術研究協会）
平川 貴光（日本船舶技術研究協会）
山下 優一（日本船舶技術研究協会）

注) [] 内は、前任者を示す。

EEDI 認証ワーキング・グループ

委員名簿（順不同、敬称略）

主 査 委 員	大坪 新一郎（国土交通省 海事局 安全基準課）
	島田 毅（日本海事協会）
	金井 健（日本造船技術センター）
	新井 健太（商船三井）
	川嶋 民夫（日本郵船）
	河本 賢一郎（日本船主協会）
	角田 正（旭洋造船）
	上田 直樹（三菱重工業）
	廣田 和義（ユニバーサル造船）
関 係 者	小俣 重雄（日本海事協会）
	禮田 英一（日本造船技術センター）
関 係 官 庁	吉田 稔（国土交通省 海事局 総務課）
	鈴木 長之（国土交通省 海事局 検査測度課）
	田村 顕洋（国土交通省 海事局 安全・環境政策課）
事 務 局	吉田 正彦（日本船舶技術研究協会）
	平川 貴光（日本船舶技術研究協会）
	山下 優一（日本船舶技術研究協会）

代替燃料の利用に係るインフラの要件等に関する調査研究委員会
委員名簿（順不同、敬称略）

委員長	高崎 講二（九州大学）
委員	田島 講二（九州大学）
	千田 哲也（海上技術安全研究所）
	松本 俊之（日本海事協会）
	増山 伸太（川崎汽船）
	早嶋 達生（商船三井）
	川嶋 民夫（日本郵船）
	木田 隆之（アイ・エイチ・アイ マリンユナイテッド）
	田中 一郎（川崎重工業）
	横田 浩明（三井造船）
	雲石 隆司（三菱重工業）
	武田 清隆（ユニバーサル造船）
	山口 祐二（日本造船工業会）
	田中 圭（ダイハツディーゼル）
	後藤 悟（新潟原動機）
	大橋 一生（ヤンマー）
	辻 一郎（日本船用工業会）
	足立 一（東京ガス）
	上野 康弘（日本ガス協会）
アドバイザー	三浦 佳範（デット ノルスケ ベリタス）
関係者	白戸 智（三菱総合研究所）
	加藤 二郎（三菱総合研究所）
	小宮山 直久（三菱総合研究所）
関係官庁	田村 顕洋（国土交通省 海事局 安全・環境政策課）
	江頭 博之（国土交通省 海事局 船舶産業課）
	石原 洋（国土交通省 港湾局 国際・環境課）
事務局	吉田 正彦（日本船舶技術研究協会）
	平川 貴光（日本船舶技術研究協会）
	仁平 一幸（日本船舶技術研究協会）
	土井 隆之（日本船舶技術研究協会）
	山下 優一（日本船舶技術研究協会）

国際海運におけるエネルギー効率化に向けた枠組みづくり

目次

1	GHG 削減に向けた国際的な枠組みづくり	1
1.1	IMO 及び UNFCCC における審議への対応	1
1.1.1	IMO の動向	1
1.1.2	UNFCCC (気候変動枠組み条約) の動向	11
1.2	我が国の検討体制	20
1.2.1	エネルギー効率化国際対応委員会	20
1.2.2	EEDI 認証ワーキング・グループ	22
1.3	経済的手法の検討	23
1.3.1	背景	23
1.3.2	経済的手法に関する専門家会合	24
1.3.3	日本及び WSC の共同提案	32
1.3.4	今後の対応	32
1.4	国際海運における排出量取引制度関連調査研究	33
1.4.1	調査研究の目的	33
1.4.2	排出量取引制度の実務及びその課題に関する調査	33
1.5	国際海運のエネルギー効率向上対策の費用対効果に関する調査研究	48
1.5.1	調査研究の目的及び概要	48
1.5.2	IMO 作成の国際海運分野の GHG 排出量予測及び GHG 排出削減費用曲線の検証	49
1.5.3	国際海運分野の GHG 限界削減費用の調査	71
1.5.4	MAC 曲線を用いた国際海運のエネルギー効率向上対策による排出削減目標の検討	90
1.5.5	個別船舶におけるエネルギー効率向上対策の設備投資経済性の評価手法の検討	95
1.5.6	まとめ	99
2	代替燃料の利用に係るインフラの要件等に関する調査研究	100
2.1	調査研究の概要	100
2.2	IMO の動向	101
2.3	船用燃料として LNG を利用する際のインフラ等に関する調査	107
2.3.1	前提条件の整理	107
2.3.2	船舶用 LNG 供給施設に適用可能性のある規則類の抽出	112
2.3.3	まとめ	123
2.4	世界の LNG 組成に関する調査	124
2.4.1	世界における LNG 供給源の概況	124
2.4.2	主要港湾において供給される LNG の想定	125
2.4.3	今後の展開	126
2.4.4	まとめ	131

2.5 欧州の動向.....	133
2.5.1 調査の目的.....	133
2.5.2 LNG 燃料船の現状.....	133
2.5.3 LNG 燃料の品質と LNG 燃料供給のための陸上施設.....	136
2.5.4 エンジンについて.....	140
2.5.5 その他.....	141
2.6 世界のガスエンジン開発の現状と動向.....	143
2.6.1 はじめに.....	143
2.6.2 新型ガスエンジンの技術紹介（国内）.....	143
2.6.3 新型ガスエンジンの技術紹介（国外）.....	144
2.6.4 ガスエンジンの研究紹介.....	145
2.6.5 ガスエンジンの周辺技術の紹介.....	146
2.6.6 その他のガスエンジンに関する研究.....	147
3 まとめ.....	149

1 GHG 削減に向けた国際的な枠組みづくり

1.1 IMO 及び UNFCCC における審議への対応

1.1.1 IMO の動向

(1) 概要

国際海運における CO₂ 排出は全世界の約 3%を占め、ドイツ一国に相当する。気候変動枠組条約 (UNFCCC) 京都議定書は、その対象を附属書 I に掲げる先進国に限定し削減対象外となっており、国際海運については、第 2 条第 2 項において、国際航空とともに専門の国際機関 (国際海事機関 (IMO) 及び国際民間航空機関 (ICAO)) を通じた作業によって、GHG 排出量の抑制を迫及することとされている。

現在、UNFCCC においては、京都議定書の延長、京都議定書に代わる新たな枠組み (ポスト京都議定書) についての議論が行われている。2009 年 12 月にコペンハーゲン (デンマーク) において開催された気候変動枠組条約締約国会議第 15 回会合 (COP15) では新たな排出量削減の枠組みや削減目標値の設定に合意することはできなかったが、「コペンハーゲン合意」を留意することとなり、各条約締約国に自主的な 2020 年までの GHG 削減目標を設定及び事務局への通報、並びにコペンハーゲン合意に賛否の表明を要請したところ、中国、ブラジル、インドネシア、韓国等の京都議定書には縛られない主要な GHG 排出国を含む途上国がこの要請に応えた結果、賛同する国は 2011 年 3 月 141 カ国となり、その合計 GHG 排出量は世界の GHG 総排出量の約 85%を占めるに至っている。(2011 年 3 月現在)

また、2010 年 11 月にカンクン (メキシコ) において開催された COP16 では、COP15 で留意することに留まった「コペンハーゲン合意」が、新たな枠組みに関する「カンクン合意」として正式に COP 決定となった。

一方、IMO では、同項の規定を踏まえ、2003 年第 23 回総会において、「船舶からの温室効果ガス削減に関する IMO の政策及び実行」に関する総会決議 A.963 (23) を採択するとともに、2006 年 10 月に開催された MEPC55 で同総会決議に基づく作業計画を合意し、現在、これに基づき、技術的手法 (新造船のエネルギー効率の改善)、運航的手法 (減速航行、最適航路選択等運航のやり方を改善)、市場メカニズムに基づく経済的手法 (燃料油課金、排出量取引等) についての検討が進められている。

特に、COP15 を控えた 2008 年から CO₂ 排出削減対策の検討が急速に加速しており、2009 年 7 月に開催された第 59 回海洋環境保護委員会 (MEPC59) において、これまでの検討内容及び今後の進め方について一定の合意がなされ、その内容が COP15 に報告された。

その後 IMO では、MEPC60 (2010 年 3 月開催)、MEPC61 (2010 年 9 月開催) 及び関連する中間会合等において、CO₂ 排出削減を進める実質的な方法である「技術的手法」及び「運航的手法」についての条約改正、また、これらの対策の全てを促進するインセンティブとなる「経済的手法」について具体的な検討が行われている。

以上のような状況の中、世界トップクラスの海運業・造船業を擁する我が国は、国際海運分野における地球温暖化対策の構築に積極的に参画するとともに、国際社会における価値の変革の中で、我が国自身の温暖化対策を推進し、それを海運業・造船業の国際競争力の向上に結び付けていく必要がある。このため、産学官連携のもとに、各種の CO₂ 排出削減対策を IMO に提案し、国際的枠組み作りに主体的に貢献しているところである。

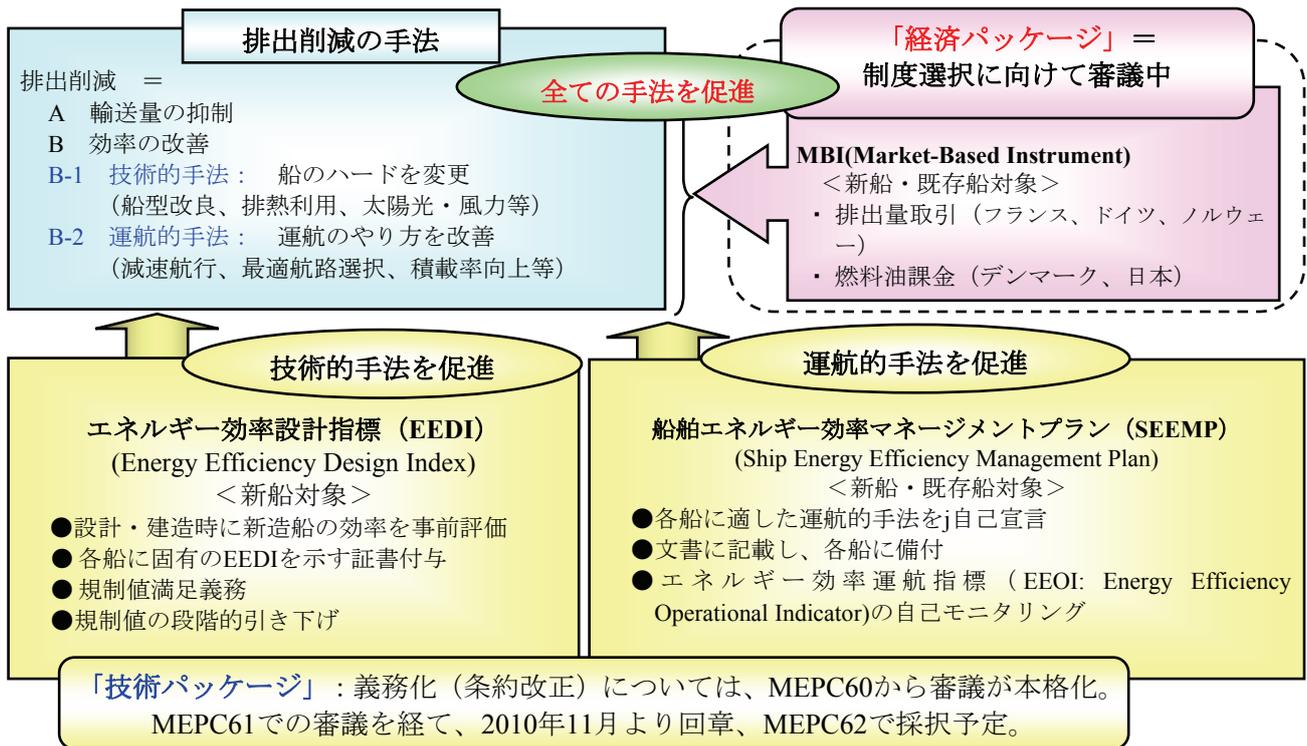


図 1.1.1 IMOにおける検討メニュー (出典：国土交通省資料)

(i) 技術パッケージ

【技術的手法】

CO2 排出削減を進める上で最も有効なのは、エネルギー効率の高い船舶を導入することであるが、そのためには、船舶のエネルギー効率の建造前に判定できなければならない。

我が国は、設計・建造段階で船舶のエネルギー効率設計指標 (Energy Efficiency Design Index: EEDI) を算定・認証する方法を提案し、MEPC59 で、途上国を含めた国々の賛同を得て「新造船のエネルギー効率設計指標 (EEDI) の算出方法に関する暫定ガイドライン」(MEPC.1/Circ.681。以下、「EEDI 算定ガイドライン」という。)及び「EEDI の自主的認証に関する暫定ガイドライン」(MEPC.1/Circ.682。以下、「EEDI 認証ガイドライン」という。)が採択された。

この EEDI は、船舶の設計・建造段階で、船舶の仕様に基づいて、トン・マイルあたりの CO2 排出量を事前評価し、各船に付与するものであり、各船はそれぞれ一つの値を持つこととなる。

$$EEDI(g/ton\ mile) = \frac{CO_2\text{換算係数} \times \text{燃料消費率}(g/kWh) \times (\text{機関出力} - \text{控除出力})(kWh)}{DWT\ (ton) \times \text{速力}(mile/h) \times \text{実海域速力低下係数}(fw)}$$

EEDI の算定式は上式のとおりであるが、「通常消費される燃料量の見積もり値」として各機関の定格燃料消費率に機関出力を乗じたものから排熱回収等の省エネ設備による燃料使用の削減分を控除。これに CO2 換算係数を乗じることで、当該船舶の CO2 排出量とすることとされている。この CO2 排出量を当該船舶の輸送能力、即ち載貨重量トン (DWT) と 75%負荷時の速力 (kt : mile/hour) を乗じたもので除することで、トン・マイルあたりの CO2 排出量を算定している。

分母中にある、実海域速力低下係数 (fw) は、平水中の速力の代わりに波・風による速力低下を

含めた速力で評価することにより、実海域を考慮した設計最適化を促し、真に優れた船が生まれるインセンティブを与えるべく盛り込まれたものである。ただし、fwの取扱については、2010年9月開催されたMEPC61において、我が国は、義務的なEEDIの適用においてはfw=1.0とし、fwを考慮したEEDIについては、EEDIweatherとしてEEDIテクニカルファイルにオプションとして記載することを提案したが、まだ合意には至っていない。2011年7月開催されるにMEPC62において、fwの算定に関するガイドラインを再度提案する予定である。

【運航的手法】

船舶は20～30年の長期間にわたり使用されるため、上記のEEDIのスキームを用いたエネルギー効率の高い新造船への代替だけではCO₂の排出量の削減を速やかに進めていくことは困難である。このため、既存船の省エネ運航を促進していくことも重要な対策となる。

各船舶がCO₂の排出量を自己モニタリングしつつ、CO₂排出削減のためにもっとも効率的な運航方法（減速航行、海流・気象を考慮した最適ルート選定、適切なメンテナンス等）をとるよう、①計画、②実施、③モニタリング、④評価及び改善というサイクルを継続して管理することを促すスキームとして船舶エネルギー効率マネジメントプラン（Ship Energy Efficiency Management Plan: SEEMP）が考案された。

このSEEMPの策定方法については、MEPC59において「船舶エネルギー効率管理計画（SEEMP）作成に関するガイダンス」（MEPC.1/Circ.683。以下、「SEEMPガイダンス」という。）が採択され、同時にこのSEEMPの効果を検証すべく実運航時のCO₂排出量把握のための指標であるエネルギー効率運航指標（Energy Efficiency Operational Indicator: EEOI）についても、その計算手法を定める「船舶のエネルギー効率運航指標（EEOI）の算出方法に関する暫定ガイドライン」の修正案（MEPC.1/Circ.684。以下、「EEOI算定ガイドライン」という。）（いずれも非強制）が採択された。

【海洋汚染防止条約（MARPOL条約）の改正】

以上のとおり、MEPC59において、EEDI算定ガイドライン、EEDI認証ガイドライン、SEEMPガイダンス及びEEOI算定ガイドラインの4つのガイドライン等が採択されたが、これらを実効あるものとするために、2010年3月に開催されたMEPC60以降、「EEDI取得の義務化」、「建造される船舶が一定の規制値を下回ることの義務化」、「規制値の段階的引下げによる規制の強化」、「SEEMP作成・備付けの義務化」等を内容とするMARPOL条約改正作業が進められた。

そして、MEPC61の審議を経てEEDI規制パッケージ（船舶にサイズ、フェーズ及び削減率）やSEEMPの船舶への備え置き等を義務化するMARPOL条約附属書VI改正案が作成され、複数の国の請求により2011年7月に開催されるMEPC62での採択を目指して2010年11月より回章されているところである。

また、MEPC61では、EEDI及びSEEMP義務化の向け、日本提案をベースとする「検査と国際証書の発給方法等に関するガイドライン」「リファレンスラインの作成方法に関するガイドライン」「EEDI計算ガイドライン」が概ね合意された。ただし、EEDI計算ガイドラインについては、検討すべき項目がいくつか残っており、コレスポンデンス・グループ（CG）において引き続き検討することとなった。

(ii) 経済パッケージ

【経済的手法】

前述した技術パッケージを含む全ての CO2 削減手法の導入を促進する仕組みとして、経済的インセンティブを与える手法の検討が行われている。デンマークから燃料油課金、我が国から船舶の効率改善に強いインセンティブを与えるための燃料油課金・一部還付制度（課金を徴収後、各船の効率改善を格付けし優れた船舶には一部を還付する）を Leveraged Incentive Scheme、ノルウェー・ドイツ・フランスから海運に特化した排出量取引制度（METS）、また、米国から EEDI を活用した効率取引制度などが提案されている。

MEPC59 では経済的手法について結論は出なかったが、燃料油課金制度については、途上国を含めて多くの国が支持し、日本提案の特徴である格付け・還付制度については、今後更なる検討をするべきと複数の国の関心を集めた。一方、METS については、提案国以外に支持を表明した国はないという状況であった。

経済的手法の具体化に向けた検討作業については従来 2011 年を目途に進めることとされていた（予定では MEPC60 において経済的手法の国際海運への影響評価の方法論等を審議し、MEPC61 において今後検討すべき制度を選択することとされていた）が、途上国の反対が根強いこと、上記の「技術パッケージ」EEDI 及び SEEMP の義務化の議論を優先して進めたこと等の理由により、審議は計画どおりには進んでいない。このような状況の下 MEPC61 において、2011 年 3 月に経済的手法に関する中間会合（GHG-WG3）を開催することが合意され、この中間会合における審議を踏まえ、MEPC62 において更なる検討が行われるものと考えられる。

(2) IMO 会合の報告

2010 年 6 月に開催された「第 1 回船舶のエネルギー効率に関する中間会合（EE-WG1）」、2010 年 9 月に開催された「第 61 回海洋環境保護委員会（MEPC61）」及び 2011 年 3 月に開催された「第 3 回温室効果ガス（GHG）対策中間会合（GHG-WG3）」の報告を以下に示す。

(i) IMO/第 1 回船舶のエネルギー効率に関する中間会合（EE-WG1）の報告

日時：2010 年 6 月 28 日～7 月 2 日

場所：ロンドン IMO 本部

① エネルギー効率設計指標（EEDI）関係

➤ EEDI 対象船舶及びターゲット

船の EEDI 値の計算が要求される船舶については、総トン数 400 トン以上の船舶（電気推進船等の一部を除く）とする MEPC60 の合意が維持された。

また、自船の EEDI 値が EEDI 規制値以下となることが要求される船舶については、船種に応じ、キャパシティー（載貨重量トン数等）で下限値を設けることが合意された。しかしながら、(i)対象となる船種及び(ii)そのキャパシティーの下限、(iii)規制のフェーズ（適用・強化の時期）、(vi)EEDI 規制値（ベースラインに対する削減率）については、我が国、ノルウェー、中国等からの複数の提案の間で意見が分かれ、合意が得られなかったため、下表のとおり MEPC61 で審議するためのオプションが整理された。

表 1.1.1 EEDI 規制のオプション

船種	下限値 (案) (capacity)	各フェーズの削減率 (案)			
		フェーズ 1 (%)	フェーズ 2 (%)	フェーズ 3 (%)	フェーズ 4 ¹ (%)
Passenger ship	[...]		[...]	[...]	[...]
Dry cargo carrier	[10,000][20,000] DWT	[0][10]	[5][25]	[10][35]	[15]
Gas tanker	[2,000][10,000] DWT	[0][10]	[5][25]	[10][35]	[15]
Tanker	[4,000][20,000] DWT	[0][10]	[5][25]	[10][35]	[15]
Container ship	[5,000][20,000] DWT	[0][10]	[5][25]	[10][30]	[15]
Ro-ro cargo ship (Vehicle carrier)	[...]		[...]	[...]	[...]
Ro-ro cargo ship (Volume carrier)	[...]		[...]	[...]	[...]
Ro-ro cargo ship (Weight carrier)	[...]		[...]	[...]	[...]
General cargo ship	[3,000][5,000] [20,000]DWT	[0][10]	[5][15]	[10][35]	[15]
Ro-ro passenger ship	[...]		[...]	[...]	[...]
Refrigerated cargo carrier	[3,000][5,000] DWT	[0][10]	[5][15]	[10][35]	[15]

(出典：国土交通省資料)

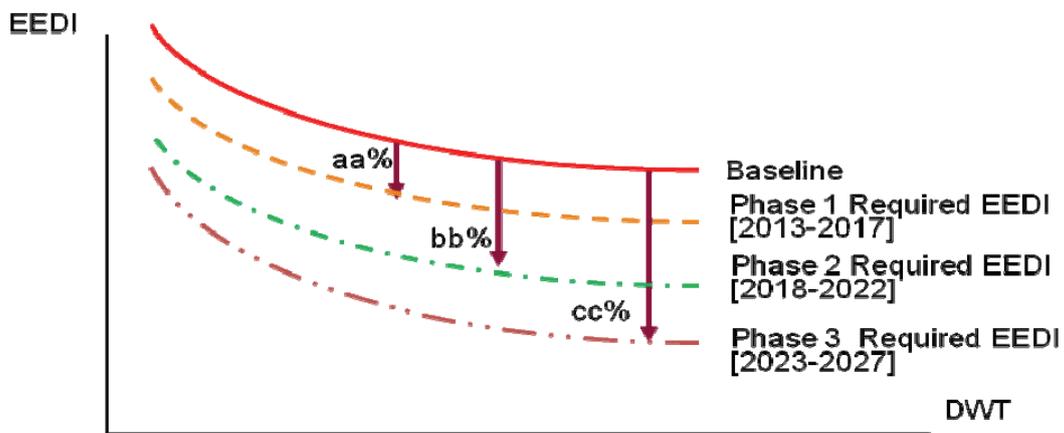


図 1.1.2 EEDI 規制のイメージ 2 (出典：国土交通省資料)

➤ EEDI のベースライン

将来の EEDI 規制値の設定の基となる船種毎の EEDI ベースラインの設定方法については、我が国及びデンマークが共同で「ベースライン作成のガイドライン」案を提案し、合意され、MEPC61 に送付されることとなった。

¹ フェーズ 4 は、フェーズ 1 の削減率がゼロの場合のみ設定。

² [2013-2017]等の年限は、2013 年に新規規則が発効する想定で仮定したものであり、未決定。

なお、船の大きさ区分に応じて、それぞれ別のベースラインを設定すべき等とする中国や韓国の提案については、EEDI 規制値の検討において考慮すべきこととして否決された。

また、速力をベースラインの式に含めるべきとのギリシャ提案については、これまでの会合でも再三提案されていたが、速力低減（搭載出力減）によって効率を上げて規制値を満足するという手段を奪うものであることを我が国から詳細に説明したところ否決された。

➤ 各船の EEDI の算出方法

MEPC59 で作成された「EEDI の算出方法に関する暫定ガイドライン」をベースに、電気推進船、混焼エンジン、軸発電機、修正係数、電力表等について議論が行われ、「EEDI の算出方法に関するガイドライン」案が作成された。

➤ EEDI の検査と証書³

MEPC59 で作成された「EEDI の自主的認証に関する暫定ガイドライン」もほぼ日本提案だったが、作成後ただちに、我が国は、来る EEDI 強制化を念頭に、2 隻の新造船で世界初の EEDI 認証トライアルを 2009 年 8 月から 10 月に実施しており、その報告とともに、自主的認証ガイドラインをベースに「EEDI の検査と証書ガイドライン」案を MEPC60 に提案した。EE-WG1 では、MEPC60 での議論を踏まえて修正した「EEDI の検査と証書ガイドライン」案を再提案し、大筋日本提案どおり合意され、MEPC61 に送付されることとなった。

➤ 安全性向上の考慮

安全性向上のための船体重量増加、旅客船の安全帰港要件に伴う余剰出力、安全航行のための最低速力などに関し、検討が行われた。環境保全のために、安全性は妥協することはできないとの意見が多く出され、引き続き MEPC61 において、それらを考慮するための具体的な EEDI の補正方法等について検討することとなった。

② 船舶エネルギー効率マネジメントプラン (SEEMP) 関係

個船の運航的手法を管理・支援するツールとして「船舶効率マネジメントプラン」について審議が行われた。我が国が提案していた船舶効率マネジメントプランの基本的コンセプトが支持され、今後、基本的コンセプト（①計画、②実施、③モニタリング、④評価及び改善というサイクル）に基づいて船舶効率マネジメントプランのガイドラインを作成し、ボランティアな取組みとして試行していくことが合意された。また、我が国と米国が共同してガイドライン案を作成し、MEPC59 に提出し、更に審議することとなった。

³ EEDI 認証については、国土交通省、(財)日本海事協会 (NK) 及び (財)日本船舶技術研究協会を中心に、暫定ガイドライン案の作成時の 2008 年から検討を開始した。EEDI 認証トライアルでは、(社)日本船主協会 及び (社)日本造船工業会の協力を得て、LPG 船 (三菱重工・長崎)・ケープサイズバルカー (ユニバーサル造船・津) の 2 隻について NK が認証者となって認証を行った。我が国は、それぞれの船舶について作成した EEDI テクニカルファイルに基づき、EEDI テクニカルファイルの見本及び認証手法についての改善・検討すべき点を MEPC60 に提案し、これをベースに審議が行われた。

(ii) IMO/第61回海洋環境保護委員会 (MEPC61) の報告 <GHG 関係>

日時：2010年9月27日～10月1日

場所：ロンドン IMO 本部

① EEDI、SEEMP に関するガイドライン等の採択

MEPC61において、日本は船舶の燃費性能の向上により一層のCO2排出量削減を目指す観点から、技術的・経済的に可能な範囲で高いレベルのEEDI削減率を提案し、当該提案をベースとして、先進国、パナマ等の主要な船籍国、海運業界団体等と調整を行い、下表に示す規制パッケージが合意された。

また、①フェーズ2・3の削減率や適用時期については、フェーズ1のスタート時点から、省エネ技術の開発の動向等を踏まえてレビューすること、②比較的小型の船舶の扱いについては（下表の黄色塗りつぶし部分）、条約改正採択時から、各国や業界の提案に基づいてレビューできること、が合意された。

下表に示すEEDI規制パッケージやSEEMPの船舶への備え置き等を義務化するMARPOL附属書VI改正案が作成され、MEPC62での採択を目指し、複数の国の要求により回章⁴されることとなった。

表 1.1.2 EEDI 規制パッケージ

船種	船舶のサイズ (DWT)	EEDI 削減率 ⁵			
		フェーズ 0	フェーズ 1	フェーズ 2	フェーズ 3
		[2013/1/1- 2014/12/31]	[2015 /1/1 - 2019/12/31]	[2020 /1/1 - 2024/12/31]	[2025/1/1 -
ばら積み 貨物船	20,000(Z) -	0	10	20	30
	10,000(Y) - 20,000(Z)	N.A	0-10	0-20	0-30
ガスタンカー	10,000(Z) -	0	10	20	30
	2,000(Y) - 10,000(Z)	N.A	0-10	0-20	0-30
タンカー	20,000(Z) -	0	10	20	30
	4,000(Y) - 20,000(Z)	N.A.	0-10	0-20	0-30
コンテナ船	15,000(Z) -	0	10	20	30
	10,000(Y) - 15,000(Z)	N.A.	0-10	0-20	0-30
一般貨物船	15,000(Z) -	0	10	15	30
	3,000(Y) - 15,000(Z)	N.A	0-10	0-15	0-30
冷凍運搬船	5,000(Z) -	0	10	15	30
	3,000(Y) - 5,000(Z)	N.A	0-10	0-15	0-30

(出典：国土交通省資料)

⁴ MARPOL 条約では、条約改正の手続きの1つとして、締約国はIMOに対して、条約改正案の回章を要求することが出来ることとされており、回章されて6カ月以上経過していれば、加盟国の3分の2以上の賛成により採択することができる。

⁵ 各フェーズにおける削減率は、当該フェーズの間に新造船契約が締結される船舶に適用される。期日は、条約採択が2011年7月に行われる場合であり、採択が遅れる場合は、それに応じて変更される。

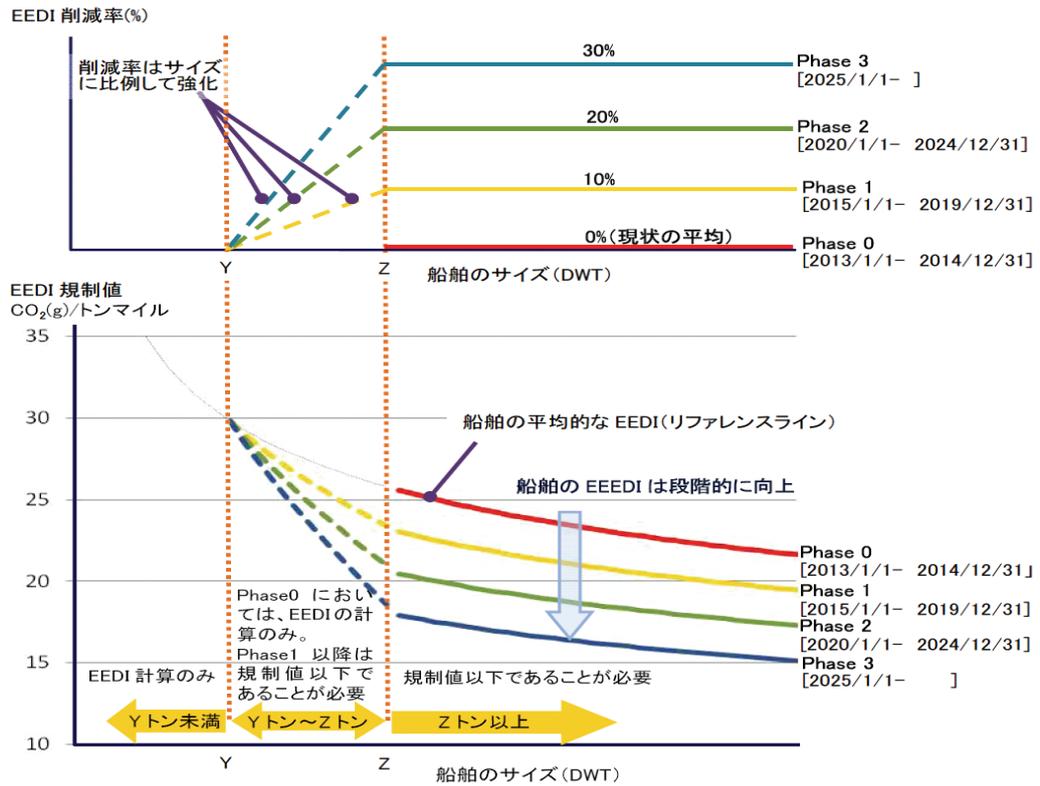


図 1.1.3 EEDI 削減率と船舶が達成すべき EEDI 規制値の関係 (出典：国土交通省資料)

② EEDI の義務化に係る各種ガイドラインの整備

日本提案をベースとする、検査と国際証書の発給方法等に関するガイドライン、船舶のリファレンスラインの作成方法に関するガイドラインが合意された。また、EEDI 計算ガイドラインについては、レスポンス・グループ (CG) において引き続き検討することとなった。

各ガイドラインの概要は以下のとおり。

表 1.1.3 各ガイドラインの概要

ガイドライン名	概要
検査と国際証書の発給方法等に関するガイドライン	EEDI 計算ガイドラインにより算出された個船の EEDI について、主管庁等による検査と国際証書の発給方法が定められている。
リファレンスラインの作成方法に関するガイドライン	既存船の EEDI 平均値 (リファレンスライン) を作成するための手法等が定められている。
EEDI 計算ガイドライン	個船の EEDI を計算するためのガイドラインであり、船舶の省エネ性能等を反映した EEDI 計算式が定められている。

(出典：国土交通省資料)

③ 経済的手法

MEPC61 では、専門家会合における評価結果が報告されました。また、当該評価結果を踏まえつつ、国際海運に適した経済的手法について検討するため、中間会合 (2011 年 3 月) の開催が合意された。

(iii) IMO/第3回温室効果ガス（GHG）対策中間会合（GHG-WG3）の報告

日時：2011年3月28日～4月1日

場所：ロンドン IMO 本部

① 各国等から提案されている船舶の燃料油への課金制度、排出量取引等の経済的手法（MBM：Market Based Measures）の紹介

各国等より、それぞれが提案するMBMについて、詳細な紹介が行われた。

表1.1.4 提案されている制度の概要

提案	制度名称	制度概要
日本、WSC ⁶	EIS : Efficiency Incentive Scheme	燃料油への課金制度をベースとして、EEDIの優れた船舶の課金を減免する制度（我が国とWSCは、燃料油への課金制度をベースとして、効率改善のインセンティブを与えるMBMをそれぞれ提案していたが、これらを統合した制度を提案。）
デンマーク	GHG FUND	燃料油への課金制度であり、海運セクターの排出総量規制を伴う制度
独、諾、仏、英	ETS : Emission Trading System	海運セクターの排出総量規制を行い、個船に排出権を割り当て、実排出量に応じて排出権を取引する制度
米	SECT : Ship Efficiency and Credit Trading	一定の効率基準を設定し、当該基準を達成していない船舶と達成している船舶間において、効率クレジット（効率基準からの乖離率に活動量に乗じたもの）を取引する制度
ジャマイカ	PSL : Port State Levy	航海毎の燃料消費量に応じて、寄港地で課税する制度
IUCN ⁷	RM : Rebate Mechanism	輸入額に応じて、収益の発生するMBMとセットで適用することを想定した、途上国にMBMの収益を払い戻す制度
バハマ	義務的な排出削減	過去の実績を基に、個船に排出削減義務をかける制度

我が国とWSCは、それぞれが提案するMBMを統合したEfficiency Incentive Scheme（EIS）を共同提案した。EISの特徴として以下の点を紹介し、各国等の理解の促進に努めた。

- ・ EISは、燃料油課金をベースとしたCO2排出総量規制（キャッピング）を伴わない制度であること。
- ・ EEDIの優れた船舶の課金を減免することにより、船舶の効率改善のインセンティブを与え、海運セクター内におけるCO2排出削減を達成することを目的とすること。

※ 日本の提案していたMBMは、EEDI及びEEOIの優れた船舶に対して、燃料油課金の一部又は全部を還付する仕組みとしていたが、EISでは、制度の簡略化の観点から、新造船・既存船ともにEEDIを評価基準として、課金の徴収時点において課金を減免する制度としている。

⁶ 世界海運評議会（World Shipping Council）

⁷ 国際自然保護連合（International Union for Conservation of Nature and Natural Resources）

② 提案されている MBM のグループ化と評価

1. グループ化

提案されているMBMについて、CO2排出削減メカニズムを基準として、

グループA： 国際海運からの実質的な削減に焦点をあてたMBM (Focus on In-sector)

グループB： 主として他セクターからの排出権の購入により削減を行うMBM (In-sector and out-of-sector)

にグループ化を行うことが合意された。我が国が提案するEISについては、船舶の効率改善のインセンティブを与え、海運セクター内におけるCO2排出削減を達成することを目的する制度であるため、グループAに位置付けられた。グループ化の結果は、以下のとおり。

グループA： 国際海運からの実質的な削減に焦点をあてたMBM (Focus on In-sector)

- ・日本及びWSC EIS : Efficiency Incentive Scheme
- ・米 SECT : Ship Efficiency and Credit Trading
- ・ジャマイカ PSL : Port State Levy
- ・バハマ 義務的な排出削減

グループB： 主として他セクターからの排出権の購入により削減を行うMBM (In-sector and out-of-sector)

- ・デンマーク GHG FUND
- ・独、諾、仏、英 ETS : Emission Trading System

2. グループの評価

グループAについては、当該グループに該当するMBMを提案する米国等と調整を行い、その長所と短所を作成した。

グループAの長所は、

- (ア) 排出総量規制を伴わないため将来における輸送活動を阻害しないこと、
- (イ) 効率改善のインセンティブを与えることにより国際海運から排出されるCO2を確実に削減すること、
- (ウ) 予測不可能な排出権価格に影響を受けないため、効率改善のための投資の意思決定を容易にすること、
- (エ) MBMによる収益は、船舶の効率改善に係る途上国への技術協力等に使用できること等であり、一方、短所としては、排出権購入による他セクターにおける排出削減は限定される、または想定されないこと、等が示された。

グループBの長所と短所については、会合期間中に作成されなかった。

(3) 今後の展望

以上のとおり、2010年9月に開催されたEE-WG1及びMEPC61において、「技術的手法」に関するEEDI規制パッケージ（船舶にサイズ、フェーズ及び削減率）及び「運航的手法」に関するSEEMPの船舶への備え置き等を義務化について検討が行われ、MARPOL条約附属書VI改正案が作成され、MEPC62での採択を目指し、複数の国の要求により2010年11月より回章されている。

また、2011年3月に開催されたGHG-WG3において経済的手法に関する具体的な審議が開始された。従来、我が国は、船舶の効率改善に強いインセンティブを与えるため、課金を徴収後、各船の効率改善を格付けし優れた船舶には一部を還付する燃料油課金・一部還付制度であるLIS（Leveraged Incentive Scheme）を提案していたところであるが、以下の点において思想が近いWSC（World Shipping Council 世界の主要船社約40社から構成される米国の業界団体）のVES（Vessel Efficiency System）との統合を図った。

- 燃料油課金制度であり、EEDI、EEOI等のエネルギー効率化の指標を用いた制度である。
- 国際海運からのCO2排出総量についてキャップを設けない。
- 国際海運における効率改善を図りセクター内のCO2削減を目的とする。

この結果を踏ま、我が国とWSCは共同でGHG-WG3に対しEIS（Efficiency Incentive Scheme）を提案した。

2011年7月に開催されるMEPC62では、「技術的手法」及び「運航的手法」に関し、EEDI規制パッケージ（船舶にサイズ、フェーズ及び削減率）、SEEMPの船舶への備え置き等を義務化するMARPOL条約附属書VI改正案が採択される予定であり、また「経済的手法」に関し、制度の絞り込み等の審議を行うこととしており、IMO等における審議において我が国の主張を反映させつつ早期の国際的な合意を目指すためには、国際的な枠組み作りへの対応が益々重要となる。

当協会としては、今後も国土交通省をはじめ国内関係者と連携し、着実に対応を行っていきたいと考えている。

1.1.2 UNFCCC（気候変動枠組み条約）の動向

(1) 概要

国際海運・国際航空の燃料（バンカー油）の使用に起因する温室効果ガスの排出については、その量は無視できない程度に大きいものの、国境を越えて排出される場合や公海上で排出される場合があり、更に運航国、船籍国/登録国、旅客、荷主の国籍が複雑に絡んでいる。このため、1997年のUNFCCC第3回締約国会議（COP3）で採択された京都議定書では、温室効果ガスの排出削減義務を負う先進締約国は「国際民間航空機関（ICAO）及び国際海事機関（IMO）を通じて活動することにより、バンカー油からの温室効果ガスの排出の抑制又は削減を追求する。」（第2条第2項）と規定された。また、京都議定書を採択した締約国会議では、「国際航行船舶から排出されるGHGは国別の排出量には入れないで、別途報告すること。」との決議を採択したため、現在、国別の削減目標の対象外となっている。

しかしながら、近年の地球温暖化問題の重要性が認識されるなか、世界エネルギー機関（IEA）が公

表した統計によると、世界全体の CO2 排出量（約 290 億トン）に対し、国際海運・国際航空の燃料（バンカー油）からの 2008 年の CO2 排出量は、それぞれ 2.0%（約 5.78 億トン）、1.5%（約 4.55 億トン）であり、両分野における CO2 排出量は合わせて約 3.5%（約 10.33 億トン）となっており、世界 5 位の我が国の CO2 排出量に匹敵する割合を占めている。更に、世界経済のグローバル化の進展を鑑みると、国際海運・国際航空の輸送量は、途上国の経済発展とともに今後も大きく増加することが見込まれ、この両分野からの CO2 排出量を削減することは、地球温暖化対策にとって重要な課題の一つとなっている。

このように京都議定書の第 1 約束期間が満了する 2013 年以降の枠組み（ポスト京都議定書）の議論の中では、国際海運・国際航空分野についても、国際的な規制を課すべきとして、焦点のひとつとなっている。我が国は、UNFCCC におけるポスト京都議定書の交渉にあたり、両分野の特殊性を鑑み、船舶の途上国への便宜置籍、航空機の途上国経由ルートへの迂回などの炭素リーケージを回避するためには途上国を含めたグローバルな枠組みが必要不可欠であること、その削減・抑制の手法の検討には各分野の専門的知見が必要であるという観点から、専門機関である ICAO 及び IMO の場で議論を行うべきと主張しているところである。また、我が国は、ICAO 及び IMO における議論においても積極的に提案し、審議の進展の大きく貢献しているところである。

2010 年 11 月 29 日から 12 月 10 日まで、メキシコのカンクンにおいて、COP16 が開催された。COP16 においては、COP15 で留意することに留まった「コペンハーゲン合意」が、新たな枠組みに関する「カンクン合意」として正式に COP 決定となった。

バンカーの取扱いについては、セクター別アプローチ（バリ行動計画 1(b)(iv)）において議論されており、COP16 においても数度にわたり公式及び非公式協議が行われた。

我が国の基本方針は以下のとおり。

- 国際航空・国際海運の分野においては、運航国や船舶の船籍国による区分けは難しく、単純に CBDR（Common But Differentiated Responsibilities：共通だが差異のある責任）の原則を国際航空・国際海運の分野に適用することはできない。
- 従って、各国一律に適用するルール（非差別の原則（ICAO）／一律適用の原則（IMO））が必要であるため、専門機関である ICAO 及び IMO において検討すべきであり、附属書 I 国と非附属書 I 国との間の衡平性が不可欠である。
- 国際航空・国際海運の分野において、GHG 削減目標設定、具体的手法等の検討は、専門的な知見を有する各分野の担当国際機関である ICAO 及び IMO で一体的に検討されるべきであり、UNFCCC における GHG 削減目標及びその期限の設定には反対する。

COP16 における関係者の努力にもかかわらず、バンカーの取扱いについては、共通であるが差異のある責任（CBDR）の原則を主張する途上国と世界単一市場を形成する国際海運・国際航空分野において各国一律に適用するルール（非差別の原則（ICAO）／一律適用の原則（IMO））を主張する先進国との間で折り合いが付かず、最終的な報告・COP 決定には全く盛り込まれなかった。

今後は、2011 年 11 月開催予定の COP17 におけるポスト京都議定書の策定に向け、作業部会において審議が行われることとなるが、その作業を円滑に進めるためにも ICAO 及び IMO での検討を着実に進めることが重要である。

(2) UNFCCC の個別会合の報告

2010年度は、2010年11月に開催された COP16 に向け、各会合が以下のスケジュールで開催された。各会合の結果概要は以下のとおり。

(i) 気候変動枠組条約科学上及び技術上の助言に関する補助機関会合 (SBSTA32) 及び気候変動枠組条約特別作業部会 (AWG-KP12、AWG-LCA10) の結果概要

日時：2010年5月31日～6月11日

場所：ボン（ドイツ）

① SBSTA32

- SBSTA 議長の求めに応じ、ICAO 及び IMO が両機関における検討の進捗状況を報告。
- 我が国を含む多くの国は、ICAO 及び IMO での検討を支持し、この件については専門機関に議論を任せるべきであり、本会議において時間を割くべきではないと主張。
- 中国、インド、ブラジル及び一部の途上国は、ICAO 及び IMO での議論についても CBDR の原則が適用されるべきであり、UNFCCC から適切なガイダンスを与えることが必要であると主張。
- 両意見が対立したため、事務局が報告ドラフト案を提示し、それに対し各国がコメントするというのを3回繰り返し、最終的に「FCCC/SBSTA/2010/L.9」に落ち着いた。
- 内容は、「SBSTA は ICAO 及び IMO から受け取った国際航空・国際海運からの排出削減に関する検討の進捗状況の報告をノートした。次回以降の会合も引き続き ICAO 及び IMO に対して GHG 排出削減の検討状況に関する報告を要請するという。」というものとなった。

② AWG-KP12

- バンカーについては、AWG-LCA で議論されることとなっており、AWG-KP においては、特に議論されなかった。（以下同じ）

③ AWG-LCA10

- AWG-LCA10 では、バンカーが議題に挙がっていなかったため、セクター別アプローチ（農業）のコンタクトグループにおいて、国際航空・国際海運からの GHG 排出削減について発言があった。
- スペイン、オーストラリア、スイス、ノルウェー、ガンビア、クック諸島は、国際航空・国際海運からの GHG 排出削減について、スピノフ会合・非公式会合等を設置し議論をすべきであると主張した。
- サウジアラビア、シンガポールは、ICAO 及び IMO での検討を支持し、この件については専門機関に議論を任せるべきであると主張した。
- クロージングミーティングにおいて、AWG-LCA の交渉テキストドラフト（議長テキスト）が提示され、最終的に、次回以降の AWG-LCA で引き続き議論することとなった。

(ii) 気候変動枠組条約特別作業部会 (AWG-KP13、AWG-LCA11) の結果概要

日時：2010年8月2日～8月6日

場所：ボン（ドイツ）

① AWG-LCA11

➤ オープニングミーティング

- 「Shared Vision」、「Adoption」、「Mitigation」、「Finance, Technology transfer, Capacity building」の4つのドラフティンググループを立ち上げ、数回の会合を通してドラフティングを進めていくこととなり、バンカーは mitigation のグループに分類された。

➤ セクター別アプローチドラフティンググループ

- アルゼンチン、サウジアラビアは、バンカーセクターの取組みは CBDR の原則に基づいて行われるべきであり、CBDR を明記することを主張した。
- ベルギーは、EU 代表として、UNFCCC は ICAO 及び IMO にガイダンスを与えるべきと主張した。また、CBDR の原則は、資金の使用に限られるべきであると主張した。更に、従来の EU のスタンスどおり、GHG 削減目標として、2020 年に 2005 年比で、航空で 10%、海運で 20%の削減目標を立てることを主張した。
- エジプトは、AWG-KP で議論するオプションも考えられると意見を述べ、ボリビア及びニカラグアがこれを支持した。
- シンガポールは、ICAO 及び IMO での検討状況を評価し、この件については専門機関に議論を任せるべきであると主張した。また、クック諸島の提案は有用であり、交渉を前進させるものと認識していると意見を述べた。
- 米国は、議長テキストの CBDR の記述に対して、失望したと意見を述べた。
- ノルウェーは、「CBDR の原則は、資金の使用に限られるべき」という EU の提案を支持した。また、削減目標については、long term global goal が temperature に関わるもの（いわゆる 2°C 目標）である旨を明示すべきと主張した。更に、クック諸島の提案を支持した。
- パナマは、シンガポール、ノルウェーを支持した。また、バンカーセクターから集めた資金は、それぞれのセクター（国際運及び国際航空）に還元するべきと主張した。
- 中国は、バリ・アクションプランを十分考慮すべきであると主張した。
- エクアドルは、資金の配布先として、途上国に加え、沿海地域、熱帯地域、山岳氷河地域及び環境システムが脆弱な地域にも配布すべきと主張した。
- 以上のような各国から修正・追加意見をテキストに追加していくこととなり、ブラケット付きテキスト及び各パラグラフの代替案が乱立し、テキストを増大させる結果となった。

➤ ファイナンスドラフティンググループ

- AWG-LCA の交渉テキスト（議長テキスト）の Chapter III をベースにドラフティングが行われ、その中で、EU から「公的資金は国際海運・航空輸送からの排出への課金等の革新的な資金源

からの収入を含むと記述する。また、民間資金、特に市場メカニズムを活用すると明記する。」との意見が述べられ、テキストの修正・追加がなされた。

➤ AGF⁸のブリーフィング

- AGF のブリーフィングでは、コペンハーゲン合意にある以下のような報告がなされた。
- 資金源の基準としては、効率性、成長へのインパクト、実現可能性、信頼性、追加性、政治的受容性を重視している。
- まだ提言内容を検討中だが、例えば公的資金では、炭素税や国際交通への課金により追加的に 100 億～200 億米ドルを調達でき（金額は税率により異なる）、固定価格買取制度等のリスクシェアリングのためのインセンティブ制度を導入することで新たな民間資金を動員できると考えている。
- 単一の資金源から年間 1,000 億米ドルを調達することは不可能であり、複数の手段を組み合わせることが必要である。多様な資金源を活用することは、安定的な資金調達に繋がり、望ましい。どのような組み合わせが望ましいかは AGF 内外での議論が必要である。

(iii) 気候変動枠組条約特別作業部会（AWG-KP14、AWG-LCA12）の結果概要

日時：2010 年 8 月 2 日～8 月 6 日

場所：天津（中国）

① AWG-LCA12

- オープニングプレナリにおいて、全てのグループが、カンクンでは包括的でバランスの取れた一連の COP 決定（set of COP decisions）に合意すべきと主張した。

➤ セクター別アプローチドラフティンググループ

- バンカーを含むバリ行動計画 1(b)(iv)「セクトラルアプローチ」については、①総論、②農業、③バンカーについて、議論を進めることとなった。議長は、特定の関心事項のある問題についてはスピノフグループの前に、非公式なコンサルテーションを行う旨を提案した。
- ドラフティンググループ議長が最初にバンカーについて議論を始めようとしたところ、途上国（アルゼンチン、グアテマラ、ブラジル、中国等）が総論から議論を開始することに固執し、全体の成果がバリ行動計画及び条約の文言に沿ったものでなければならないとの従来の主張を繰り返した結局、バンカー、農業と議論し、最後に総論に戻って審議することで合意した。

⁸ AGF（The United Nations Secretary-General's High-level Advisory Group on Climate Change Financing）とは、コペンハーゲン合意に基づいて設立された「気候変動ファイナンスに関するハイレベル諮問グループ」であり、複数の財政専門家から構成され、短・長期資金の資金源に関する検討を実施している。AGF の目的は、2012 年まで年 300 億ドル、2020 年までに 1,000 億米ドルの途上国支援を行うことで合意しているコペンハーゲン合意に基づき、途上国における緩和・適応戦略に向けた短・長期融資を促進するための具体的な提案を行うことである。特に、年間 1,000 億米ドルに及ぶ長期資金を調達するための手段を検討し、各手段の利点と課題を明らかにすることである。

- バンカーについては、実際のテキストの議論については、EU から農業とバンカーを分離する案が出されたが審議されず、実質的な議論はほとんどされないまま終了し、結果的に交渉テキストに変化はなかった。
- EU が 4 つの論点 (①排ガス削減、②ICAO 及び IMO の役割、③各国一律に適用するルール (非差別の原則 (ICAO) / 一律適用の原則 (IMO)) と UNFCCC の原則 (CBDR の原則) の取扱い、④Revenue) を提示したが、中国からは①原則、②技術移転、③レポートバックの 3 点で充分との意見があった。
- 中国が CBDR (共通だが差異のある責任) の考慮すべき、バリ行動計画 1(c)に基づき技術移転すべきとの意見を述べ、ブラジル、アルゼンチン等がこれに同意した。
- パナマが経済的を歪曲させるような規制になるべきではないとの発言を行い、シンガポールは、そのためには ICAO 及び IMO で議論すべきと意見を述べ、パナマの発言を支持した。
- ドラフティング会合の結果、バンカーについては変更されず終了した。

➤ クロージングミーティング

- LCA 議長が、今次会合の成果として、①「REPORT OF THE CHAIR THE AWG-LCA ON CONSULTATIONS ON ELEMENTS OF THE OUTCOME」(COP 決定の要素案) 及びドラフティンググループからのアウトプット (テキスト案とファシリテーター・ノート) を配布した。これらのペーパーに対して多くの途上国から異論が述べられたことに対し、議長は COP 決定の要素案については将来の法的枠組を予断するものではないと説明した。

(iv) 気候変動枠組条約締約国会議第 16 回会合 (COP16) の結果概要

日時：2010 年 11 月 29 日～12 月 10 日

場所：カンクン (メキシコ)

【同期間に併せて開催された会合】

- 気候変動枠組条約締約国会議第 16 回会合 (COP16)
- 京都議定書第 6 回締約国会合 (CMP6 : COP/MOP6)
- 気候変動枠組条約第 33 回補助機関会合 (SBSTA33)
- 第 33 回実施に関する補助機関会合 (SBI33)
- 京都議定書の下での附属書 I 国の更なる約束に関する特別作業部会第 15 回会合 (AWG-KP15)
- 条約の下での長期的協力の行動のための特別作業部会第 13 回会合 (AWG-LCA13)

① 日本政府の対応 (全体)

- 日本政府は、COP15 で作成された「コペンハーゲン合意」を踏まえ、米国・中国を含む全ての主要排出国が参加する公平かつ実効的な国際枠組みを構築する新しい一つの包括的な法的文書の早急な採択を目標とし、これに向けた一里塚となるよう、先進国と途上国の排出削減 (緩和) と資金等の支援との間のバランスのとれた COP 決定の作成を目指した。途上国から先進国に対しては、京都議定書の第 2 約束期間の設定に関する強い要求があったが、先進国

のみに義務を課し、米国の参加も見込めない京都議定書は、世界規模の温室効果ガス排出削減につながらないことから、我が国は第 2 約束期間の設定に反対する立場を貫き、粘り強く交渉した。

- AWG-LCA では、共有のビジョン、先進国・途上国の緩和の約束・行動及びその透明性の確保、適応（気候変動の悪影響への対策）、資金支援、技術移転、キャパシティ・ビルディング、炭素市場、REDD+（途上国における森林減少・劣化に由来する排出の削減等）、対応措置、分野別アプローチ（一般事項・農業・国際バンカー油）について議論した。

② COP16 及び CMP6（全体）

- COP16 では、「コペンハーゲン合意」に基づく、2013 年以降の国際的な法的枠組みの基礎になり得る、包括的でバランスの取れた決定 (Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on long-term Cooperative Action under the Convention) が採択された。その一部として、同合意の下に先進国及び途上国が提出した排出削減目標等を国連の文書としてまとめた上で、これらの目標等を COP として留意することとなった。
- CMP6 では、京都議定書第二約束期間に対する各国の立場を害しない旨脚注で明記しつつ、COP と同様に先進国の排出削減目標をまとめた文書 (Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol at its fifteenth session) に留意することとなった。また、AWG-KP の作業の成果を踏まえ、今後の交渉の土台となる文書 (FCCC/KP/AWG/2010/CRP.4/Rev.4) が作成された。
- AWG-KP15 及び AWG-LCA13 では、さらに 1 年間 AWG-KP、AWG-LCA の作業を継続することが決定された。今後は、2011 年末にダーバン（南アフリカ）にて開催される COP17・CMP7 に向け、これら作業部会において COP16・CMP6 での合意内容を基礎とした交渉を続けることとなる。

③ SBSTA33

- オープニングミーティングが開かれ、国際航空・海運からの GHG 排出削減に関して、それぞれの分野の国連専門機関である ICAO 及び IMO から現在の検討状況が報告された。
- 本件については、引き続き ICAO 及び IMO で検討すべき点については、概ね見解が一致した。
- 他方、ICAO 及び IMO において、CBDR 等の UNFCCC の諸原則の適切な適用等を議論すべきとする一部途上国（中国、インド、ブラジル、サウジアラビア、キューバ等）の主張に、そのような配慮は不相当とするオーストラリア、米国、日本、パナマ、シンガポール等の意見が対立した。
- 国際航空・海運からの GHG 排出削減に関して、事務局から報告ドラフト (FCCC/SBSTA/2010/L.19) が提出された。報告ドラフトは、次回以降の会合でも引き続き ICAO 及び IMO に対して GHG 排出削減の検討状況に関する報告を要請するという内容であり、異議なく採択された。

④ AWG-LCA13

➤ セクター別アプローチドラフティンググループ

- 国際海運・国際航空セクター（バンカーセクター）については、一般事項及び農業とともにバリ行動計画の「緩和」のセクター別アプローチ（バリ行動計画 1(b)(iv)）に位置づけられている。
- セクター別アプローチに係るテキストについては、一般事項部分(General framing paragraph)、農業部分、バンカーセクター部分の3部構成とすることについての概ねの合意はあった。しかしながら、交渉の前提となる文書について、前回10月の天津会合での文書のみを前提とすべきとする途上国の主張と、天津会合以降に提案された議長提案テキスト等も考慮に入れるべきとする先進国の主張が対立し、更に、一般事項に CBDR 原則を参照する文言を挿入しようとする途上国と、同原則のバンカーセクターへの無条件の適用を懸念する先進国の間の主張の溝が埋まらなかった。
- 途上国が一般事項に CBDR 原則を参照する文言を挿入しようとしたのは、バンカーセクターに CBDR を適用しようとするものである。これは、農業セクターについては、既に CBDR 原則が書き込まれており、一般事項における原則論の記述に途上国側がこだわる理由はバンカーセクターにあることが分かる。
- ぎりぎりの調整が試みられたものの合意点を見つけることが出来ず、セクター別アプローチ（バリ行動計画 1(b)(iv)）については、カンクン合意文書(Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on long-term Cooperative Action under the Convention) にも、今後の交渉の土台となる文書(FCCC/AWGLCA/2010/CRP.3) にもセクター別アプローチへの言及は含まれないこととなった。

➤ ファイナンスドラフティンググループ

- 資金に係る議論については、事前に懸念されたバンカーセクターに焦点が当たるようなことはなく、一般論に終始した。
- 今回、短期資金については、コペンハーゲン合意に基づき進めることが合意された。
- また、長期資金については、新基金（Green Climate Fund）の設立に合意したことから、今後議論が具体化する過程で、バンカーセクターが資金源として取り上げられる可能性があることから、引き続き注視が必要と考えられる。

➤ COP16 の結果

- COP16 において、セクター別アプローチ（バリ行動計画 1(b)(iv)）の議論では、途上国は、農業部分及びバンカーセクター部分に先行して、一般事項部分の議論を行うことに固執した。これは、一般事項の部分で CBDR 原則を明示的に確認することで、バンカーセクターにおける議論に影響を及ぼすことを目的としたものと考えられる。しかしながら、先進国が CBDR 原則の明記について全く妥協しなかったため、途上国と先進国の溝は埋まらなかった。
- UNFCCC の会議でバンカーの取扱いを決めるのは困難ではあるものの、2011 年の COP17 において UNFCCC に主導権を奪回されないようにするためにも、IMO において具体的な成果をあげていく必要がある。

(3) 今後の展望

以上のとおり、COP16において、バンカーの取扱いについては、数度にわたり公式・非公式協議が行われたが、各国間の折り合いが付き、最終的なカンクン合意（COP決定）及びAWG-LCA報告には全く記載されなかった。

また、以下のような点で、先進国と途上国の間に大きな意見の乖離があるため、COP17に向けての交渉テキストも修正されず、取りまとめることができなかった。

- UNFCCCの原則（CBDRの原則）と各国一律に適用するルール（非差別の原則（ICAO）／一律適用の原則（IMO））
- 先進国の野心的な削減目標の設定
- 途上国の排出削減義務
- 技術移転及びキャパシティ・ビルディング
- 資金メカニズム（資金の取扱い）

しかしながら、COP16までにおける審議において、バンカーの取扱いにおける主要論点と各国のスタンスが明確に把握・共有された。

- 各国共通ポジション：バンカーについては、ICAO及びIMOで対策を行うべきこと、UNFCCCからICAO及びIMOに対し何らかのガイダンスを示すべきこと。
- 原則に関する主張：途上国はUNFCCCの原則（CBDRの原則）を強く主張。先進国は各国一律に適用するルール（非差別の原則（ICAO）／一律適用の原則（IMO））を強く主張。
- 目標に関する主張：EUは数値目標の設定に固執。日本を含む他の先進国及び途上国は反対。
- 資金に関する主張：日本・EU等は課金収入の途上国支援への活用を主張し、一部途上国が賛意。一方、米国・中国等は課金自体に反対。

COP17に向けて再開される気候変動枠組条約特別作業部会等の会合において、バンカーの取扱いに関する審議も再開されることになる見込みであり、それを円滑に進めるためにもICAO及びIMOでの検討を進めることが重要である。

このため、1.1.1（3）に記したIMO審議への対応を着実に実施する必要がある。

1.2 我が国の検討体制

近年の温暖化対策への社会的関心の高まり、また、現行の京都議定書の約束期間終了後（2013年～）の気候温暖化対策の新たな枠組み（ポスト京都議定書）を決定することされていた COP15 がデンマーク・コペンハーゲンで開催され、またメキシコ・カンクンで開催された COP16 においてカンクン合意が採択されたこともあり、より一層、国際海運からの GHG 排出削減の要請が強くなってきている。

このような状況の中、IMO は 2008 年から検討作業を加速させており、本年度開催された EE-WG1 及び MEPC61 において、前述のとおり、「技術的手法」に関する EEDI 規制パッケージ（船舶にサイズ、フェーズ及び削減率）及び「運航的手法」に関する SEEMP の船舶への備え置き等を義務化について検討が行われ、MARPOL 条約附属書 VI 改正案が作成され、MEPC62 での採択を目指し、複数の国の要求により 2010 年 11 月より回章されている。また、GHG-WG3 において、経済的手法に関する具体的な審議が開始されたところであり、国際海運からの GHG 排出削減についての検討作業を前進させてきている。

本年度、エネルギー効率化国際対応委員会は、昨年までの GHG 対策ワーキング・グループに引き続き、IMO 及び UNFCCC の対応に関する審議を中心に行った。我が国の方針、会合内容等については、上記の「1.1 IMO 及び UNFCCC における審議への対応」を参照されたい。

また、EEDI に関する技術的な議論を行うため、昨年までの EEDI 認証タスクフォースに引き続き、EEDI 認証ワーキング・グループを設立し、検討を行った。

表 1.2.1 2010 年度からの体制変更

2009 年度まで	2010 年度から
GHG 対策ワーキング・グループ	エネルギー効率化国際対応委員会
GHG 対策ワーキング・グループ EEDI 認証タスクフォース	エネルギー効率化国際対応委員会 EEDI 認証ワーキング・グループ

当協会としては、今後も、国土交通省をはじめとした国内関係者と連携し、IMO、UNFCCC 等の国際会議に対し迅速に対処し、国際海運からの GHG 排出削減に向けた国際的枠組みの策定をリードしていきたいと考える。

1.2.1 エネルギー効率化国際対応委員会

IMO に関し、本年度開催された EE-WG1、MEPC61 及び GHG-WG3 において、我が国の提案文書の作成を行い、他国からの提案について、その対処方針について審議した。

また、UNFCCC に関し、本年度開催された UNFCCC の会合（COP16、CMP6、SBSTA32、SBSTA33、AWG-KP、AWG-LCA 等）において、我が国の対応を審議した。

(1) 2010 年度第 1 回エネルギー効率化国際対応委員会

日時：2010 年 6 月 23 日

場所：霞山会館 Room1 松雪

以下の報告及び審議が行われた。

- 前回議事録の確認
- MEPC60 の結果報告について
- 気候変動枠組条約（UNFCCC、AGF）ボン会合の結果報告について
- EE-WG 中間会合日本提案文書について
- EE-WG 中間会合への対応について
- その他

(2) 2010 年度第 2 回エネルギー効率化国際対応委員会

日時：2010 年 9 月 15 日

場所：（財）日本船舶技術研究協会 会議室

以下の報告及び審議が行われた。

- 前回議事録の確認
- EE-WG 中間会合の結果報告について
- MEPC61 への対応について
- 気候変動枠組条約（UNFCCC）ボン AWG 会合の結果報告について
- AGF の進捗状況について
- その他

(3) 2010 年度第 3 回エネルギー効率化国際対応委員会

日時：2011 年 1 月 25 日

場所：（財）日本船舶技術研究協会 会議室

以下の報告及び審議が行われた。

- 前回議事録の確認
- MEPC61 の結果報告について
- MEPC61 の総括とその後の戦略について
- 気候変動枠組条約 COP16 の結果報告について
- 国際海運における排出量取引制度関連調査について
- その他

1.2.2 EEDI 認証ワーキング・グループ

我が国は、EEDI 認証暫定ガイドラインの提案国として、その見直し案を IMO に提案する必要がある、EEDI 認証ワーキング・グループにおいて提案文書を検討し、EE-WG1 及び MEPC61 に提案した。また、他国からの提案について、その対処方針について検討を行った。

更に、SEEMP の義務化及び経済的手法の導入を見据え、今後、EEOI を正しく算出する必要があるため、EEOI 算出の正しさを認証するための認証方法について検討を行った。

(1) 2010 年度第 1 回 EEDI 認証ワーキング・グループ

日時：2010 年 5 月 18 日

場所：（財）日本船舶技術研究協会 会議室

以下の報告及び審議が行われた。

- 前回議事録の確認
- 本年度 EEDI 認証ワーキング・グループについて
- MEPC60 の結果報告について
- 船舶エネルギー効率化手法WG 中間会合の IMO 提案文書について
- EEOI 計算・認証サービスについて
- その他

1.3 経済的手法の検討

1.3.1 背景

IMO では、第 23 回総会（2003 年 11 月）において、「船舶からの温室効果ガスの削減に関する IMO の政策及び実行」に関する総会決議 A. 963 (23) を採択するとともに、第 55 回海洋環境保護委員会（MEPC55 : Marine Environment Protection Committee、2006 年 10 月）で同総会決議に基づく作業計画を合意し、これに基づき、船舶の CO2 排出指標の開発、技術上、運航上及び市場メカニズムに基づく GHG 削減手法の検討等を行ってきた。また、MEPC60 から技術パッケージを含む全ての CO2 削減手法を促進する仕組みとして、経済的インセンティブを与える手法の検討が本格的に審議され始めた。

MEPC59 までに、主に以下の 4 つの制度が提案された。

- 燃料油課金制度（International GHG Contribution Fund）：デンマーク提案
- レバレッジド・インセンティブ・スキーム（Leveraged Incentive Scheme）：日本提案
- 排出権取引制度（METS : Maritime Emissions Trading Scheme）：ドイツ・フランス・ノルウェー提案
- エネルギー効率設計指標を活用した効率トレード制度：米国

①料油課金制度（International GHG Contribution Fund）

個船の燃料消費量に応じ拠出金を国際 GHG 基金に拠出する制度。

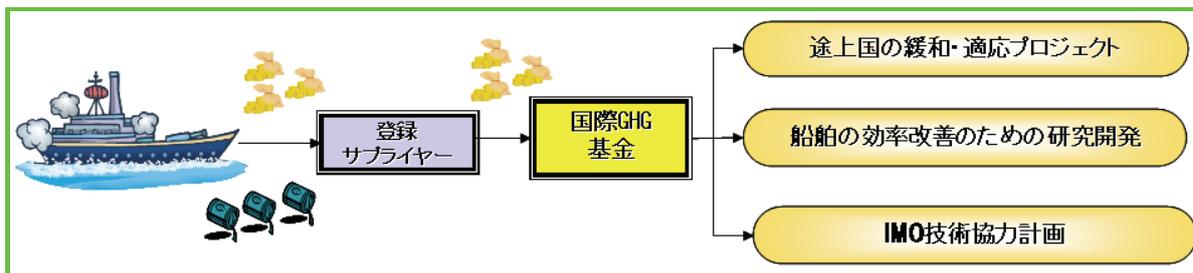


図 1.3.1 【料油課金】デンマークが提案（出典：国土交通省資料）

②レバレッジド・インセンティブ・スキーム（Leveraged Incentive Scheme）

燃料油課金制度のヴァリエーションであり、個船の燃料消費量に応じ拠出金を国際 GHG 基金に拠出した後、エネルギー効率管理の優れた船舶（自船で相対的に比較。他船との比較はしない。）に対し還付を行うことにより、船舶の効率改善に強いインセンティブを与えるための燃料油課金・一部還付制度。

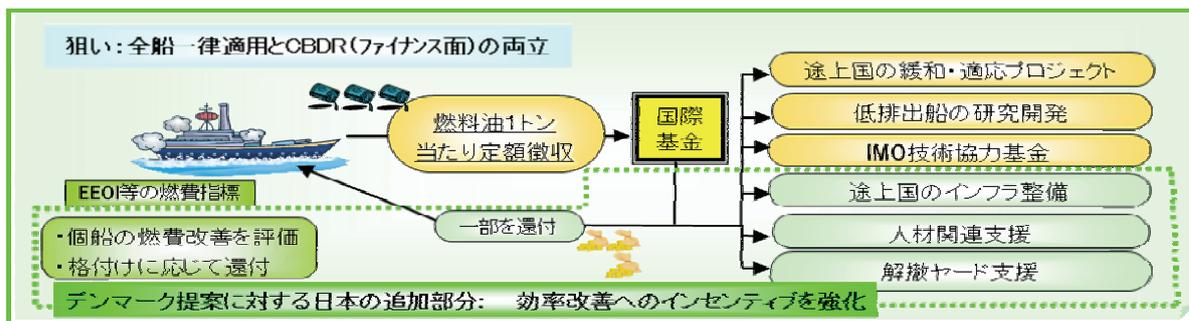


図 1.3.2 【燃料油課金・一部還付制度】日本が提案（出典：国土交通省資料）

(2) 検討体制

経済的手法に関する専門家会合は、2010年5月から8月にかけて3回の会合を開催し、各会合の間にはメールによる検討、電話会談等を実施した。

検討体制としては、以下の体制で検討を行った。

- 24か国（日本を含む。）、14非政府機関・国際機関が参加。
- 以下の4つのタスク・グループを設置し、評価を実施。
 - *Environment*（環境への影響）
 - *Shipping and Maritime*（海運業界への影響）
 - *Impact on Trade and Development and Developing Countries*（国際貿易及び途上国への影響）
 - *Administrative and legal*（管理手法・法制上の課題）

(3) 評価基準

MEPC60では、経済的手法に関する専門家会合において、以下の9つの評価基準に基づき、評価を行うことに合意した。

- 1) 環境面における実効性（即ち、国際海運におけるGHG排出削減効果）
- 2) 費用対効果、貿易及び持続的な発展に与える影響
- 3) 技術革新に与えるインセンティブ、現在の排出削減及びエネルギー効率技術との適合性
- 4) 実行可能性
- 5) 途上国（特にLDCs (the least developed countries) 及びSIDs (Small Island developing States)）への技術移転及びキャパシティ・ビルディングの必要性、緩和及び適合行動のための気候変動資金の確保
- 6) UNFCCC、京都議定書、WTO、UNCLOS等の他の条約及び国際慣習法との関係
- 7) 管理上の追加負担、実施・義務化による各国の法的課題
- 8) 各船舶、海運業及び海運セクター全体に与える追加的業務負担、経済的負担及び運航への影響
- 9) IMOの法的枠組みの下の既存の関連規定との適合性

経済的手法に関する専門家会合では、これらの評価基準を更に詳細項目に細分化し評価を実施した。各評価基準を担当したタスク・グループは下表のとおりである。

表 1.3.1 評価基準を担当したタスク・グループ（MEPC61/INF.2に基づき作成）

評価基準	タスク・グループ
1)	Environment
2)	Environment, Shipping and Maritime, Administrative and legal, Impact on Trade and Development and Developing Countries
3)	Shipping and Maritime
4)	Administrative and legal
5)	Impact on Trade and Development and Developing Countries
6)	Administrative and legal
7)	Administrative and legal
8)	Shipping and Maritime
9)	Administrative and legal

(4) 評価対象とした MBM

経済的手法に関する専門家会合において、評価対象とした各制度の概要を下表に示す。

表 1.3.2 各制度の概要

MBM	提案国・機関	提案概要
燃料油課金制度 (GHG Fund)	デンマーク、 キプロス、 マーシャル諸島、 ナイジェリア、 IPTA ⁹	<ul style="list-style-type: none"> ・ 船用燃料供給事業者の登録の義務付け。 ・ 船用燃料供給事業者から購入した燃料に対し課金。 ・ 国際 GHG ファンドを設立し、徴収した課金を管理。 ・ 国際 GHG ファンドの構造は、IOPC (the International Oil Pollution Convention) Funds を参考とし、UN 及び IMO から独立。 ・ 資金の使途は、①途上国の緩和・適用行動、②低排出船の研究開発、③IMO の技術協力基金、④国際 GHG ファンドの運営管理。
レバレッジド・ インセンティブ・ スキーム (LIS : Leveraged Incentive Scheme)	日本	<ul style="list-style-type: none"> ・ デンマーク等の提案と同様に国際 GHG ファンドを設立し、徴収した課金を管理。 ・ 課金の徴収は、個々の船舶に設定された電子アカウントを通じ、国際 GHG ファンドに直接支払い。 ・ エネルギー効率管理の優れた船舶（自船で相対的に比較。他船との比較はしない。）に対し還付を行うことにより、船舶の効率改善に強いインセンティブを付与。 ・ 資金の使途は、①途上国の緩和・適用行動、②低排出船の研究開発、③IMO
寄港国による課金制度 (PSL : Achieving reduction in greenhouse gas emissions from ships through Port State arrangements utilizing the ship traffic, energy and environment model, STEEM)	ジャマイカ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 各船舶は航行毎に出着港が分かる証明書を所持。 ・ 出航前、事前に STEEM を用い GHG 排出量や燃料消費量を算出。 ・ そのデータを基に、寄港国にて入港料と一緒に課金を徴収。 ・ 現在、運航している船舶の大部分は先進国の企業に属するものであり、海運貿易の大部分が先進国間で行われているので、ほぼ先進国が負担することとなり、CBDR の原則に沿ったもの。 ・ STEEM の税率は、燃料の種類に応じて差を設定。（例えば、天然ガスのようなクリーン燃料への税率は低くするなどの差を設定。課金の徴収は寄港国により実施され、航行中に生じた汚染量に対し課金。）
エネルギー効率設計 指標を活用した効率 トレード制度 (SECT : Ship Efficiency and Credit Trade)	米国	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既存船について、オペレーションの効率を表す Attained Efficiency Index (EIA) を付与するとともに、船舶の種類、サイズに応じて、オペレーションの効率の基準となる Required Efficiency Index (EIR) を設定。 ・ 以下の式に基づいて EC を算出して、これを取引。 $\pm EC = (EIR - EIA) * Activity$ ・ EIR は、EEDI のベースラインを使用することを推奨。ただし、既存船は、新造船のように効率改善のための新技術の導入等が容易ではないので、EIR は Required EEDI ほど厳しい必要はなし。 ・ EIA の決定方法として、最も直接的な方法は、EEDI 計算式を使用すること。EEDI の計算では、海上公試等で得られるデータにより試算しているが、過去のオペレーションの実績に基づく値を使用することも考慮。 ・ EIA を決定する代替手法として、NOx Technical Code の手法と同様に、海上公試ではなく、簡易な海上テストでデータを収集することを提案。 ・ Activity は、貨物の移動量であるトン・マイル。
効率基準を活用した 課金制度 (VES: Vessel Efficiency System)	WSC	<ul style="list-style-type: none"> ・ VES は、船舶の効率改善を目指し、以下の項目を実施。 <ol style="list-style-type: none"> 1 既存船と新造船の効率基準を設定 2 新造船に関し、段階的に強化される効率基準を義務付け 3 既存船に関しても効率基準を設定 4 効率基準を満たさない既存船に課金 (charge) ・ 課金は効率基準を満たさない船舶にのみ適用。 ・ 課金額は、効率基準からの乖離に応じて変化。 ・ 既存船の EEDI について、EEDI 計算式の特定のデータ (SFC など) については、デフォルト値を使用。 ・ 船舶所有者又は運航者が、技術的な効率改善を行った場合、当該船舶は RO により新たな EEDI を付与。

⁹ International Parcel Tankers Association ; 国際区画タンカー協会 (IMO の NGO)

表 1.3.2 各制度の概要（続き）

MBM	提案国・機関	提案概要
<p>排出量取引制度 (METS : Maritime Emissions Trading Scheme)</p>	<p>ノルウェー</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国際海運に関し ETS を実施。 ・ ETS により途上国が受ける利点は、以下の 6 点。 <ul style="list-style-type: none"> (i) 旗国は制度に参加するか否かを決定する自由があり、不参加とすることが可能。ただし、不参加の場合には、本制度のファンドからの経済的な恩恵を受けることはできない。 (ii) 免除条項：SIDS からの輸送、SIDS への輸送などは免除対象とするが、カーボンリーケージに留意する必要がある。 (iii) 技術協力 (iv) ファンド：排出枠の割り当てをフルオークションとした場合、数十億ドルの収入。 (v) CDM を通じた途上国の削減活動への経済支援：海運セクターの ETS でのキャップを遵守するため、外部のクレジットの利用は必要。そのため ETS の導入により CDM を通じて途上国への技術移転のような支援を創出可能。 (vi) 排出削減の利点：本制度より GHG 排出削減を行うことで気候変動を抑制することができ、それは気候変動に対し脆弱な途上国にとって重要。 ・ ただし、更なる検討が必要な以下のような課題がある。 <ul style="list-style-type: none"> (i) 規制アプローチ：規制を受けるのは船舶であり、港や燃料供給事業者ではない。旗国又は寄港国による検査及び証明が必要。 (ii) 排出量のキャップ：具体的なキャップの提案には至っていないが、検討を進めていく必要あり。 (iii) 排出枠の割り当て：割り当て方法はフルオークションを基本とし、①価格コントロールなしのフルオークション、②価格コントロールありのフルオークション、③一部オークション、④無償割り当て、が挙げられている。 (iv) 国際機関による管理：①IMO 事務局機能、②日々の運用管理機能等の ETS の管理業務を担う団体の検討が必要。 (v) ファンド：ファンドの運用・管理方法の検討が必要。 ・ ETS は UNFCCC のコペンハーゲン合意を支持することが可能。したがって、UNFCCC 及びその下の議定書に基づく他の排出単位及び認証された削減量も用いることが可能。
<p>排出量取引制度 (METS : Maritime Emissions Trading Scheme)</p>	<p>英国</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国際海運に関し ETS を実施。 ・ ETS は世界的に適用され、一定サイズ以上の船舶に適用。 ・ 国際航海からの排出量は BDN を使い記録され、監視され、その結果を報告。そのため、世界的な監視、旗国への報告、外部の認証制度が重要。 ・ 参加者は一定期間の終了時点で、実際の排出量を相殺するだけの割当量の所持を要求。割当量は参加者間で売買可能。 ・ 運航者は ETS の履行に法的責任を持ち、個々の船舶に義務がかかる。運航者は、船舶に証書の船舶への備え付けを担保。 ・ CAP 値は長期的な計画により決定され、排出量の分配は、無料よりもオークションが良い。排出量オークションには運航者が参加。 ・ 課金や税は、政府が炭素価格を決め、排出量は実際の削減費用によるため、どの程度の排出削減が達成可能か不明。 ・ ETS と課金の違いは、ETS は、排出量を絶対的に制限し、実際の削減費用に基づく炭素市場価格により決定。 ・ オープン ETS は、他セクターから排出量を購入できるため、海運の伸びを制限しない。 ・ 他セクターの ETS とリンクすることにより、排出削減費用を下げる事が可能。また、CDM や、他の UN メカニズムにより低費用削減コストの選択肢が可能。 ・ ETS が効果的で効率的であることは、過去の実績により証明済み。

表 1.3.2 各制度の概要（続き）

MBM	提案国・機関	提案概要
<p>排出量取引制度 (METS : Maritime Emissions Trading Scheme)</p>	<p>フランス</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国際海運に関し ETS を実施。 ・ ETS の参加主体は船舶であり、国籍によらず、IMO 番号で管理。責任主体は ISM コードの会社 (Company) 。 ・ 船舶の運航者は、CO2 排出量をモニタリングし、割当量を METS administrator に引き渡すこととなるが、具体的には、 <ul style="list-style-type: none"> オプション 1 : 会社は、定期的 (通常 1 年間) に排出量を報告し、排出量は割当量以内に収める (不足分は購入) 。 オプション 2 : 燃料の積み込み毎 (一か月以内) に割当量を超えないことを確認。この場合、オークションは週 1 ベースで行われる。手間はかかるが、CO2 費用の関連会計がやり易く、また、効果的な PSC が可能。 ・ 排出量は積載油ベースにて計算。 ・ PSC は METS 事務局から各船の履行情報を得ることが出来て、罰金やディテンション等の罰則を検討。 ・ 排出量割当方法はオークションが効率的である。 ・ オークションの頻度は十分に高く、市場操作から保護され、全ての運航者が参加できるものとする。 ・ 海運業界外の参加者 (第三者) の禁止は、投機リスクを軽減する効果があるが、業者の区別がつきにくい事、業界外の参加者は市場を流動的にし、安定性させ、第三者による割当量入手代行などが出来る利点がある。第三者参加の場合は、制度は規制、監視されなければならない。 ・ CDM 等を含む他業界とのリンクは、リンクがない場合よりも限界削減費用を低くすることが可能。 ・ オークション収入は CBDR の原則に沿って分配され、オークション運営費用、途上国の緩和、適応、R&D 及び海運分野の技術移転に使用。
<p>バハマ提案 (特に制度なし)</p>	<p>バハマ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 経済的手法への反対。 ・ 資金源となる場合には、総排出量に対する海運からの割合 (2.7%) に比例し、資金総額の 2.7% を拠出すべき。 ・ 経済的手法は、貿易への罰金 (Penalty) であり、途上国に対し不利益となる。 ・ 排出量取引や課金は、実際の排出削減には繋がらず、また、資金のあるブローカーや、より新しい船舶の船主がいる先進国に有利。 ・ 経済的手法は、貿易制限となるものであってはならない。 ・ 技術的、運行的手法は海運からの排出を削減し、燃料の高価格はインセンティブとなる。 ・ 徴収しやすいという理由で、海運を資金源としてはならない。
<p>途上国への還付メカニズム (RM : Rebate Mechanism)</p>	<p>IUCN¹⁰</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国際海運の利用は、燃料の販売量、船舶の登録数及び船主国ではなく、輸入量と関連する。 ・ 各国の船舶の活用 (量) を輸入額の世界シェア (IMF 統計などを利用) に試算し、当該国の MBM のコストのシェアを評価。(例えば、英国は、全世界の 5% を輸入していることから、5% の排出量を排出している計算。これに対し、アフリカ各国は合計で 3% 以下。) ・ UNFCCC の原則 (CBDR の原則) と一致させるため、途上国は無条件に支払った資金以上の払い戻しを受領。 ・ 収益金のうち、還付金を除いた残りは、UNFCCC の資金メカニズムにより、途上国の気候変動対策及び海運分野における排出削減技術を支援。 ・ 途上国の輸入量は世界全体の約 30% であるため、MBM の収益のうち 30% 以上の払い戻し受領。 ・ Small Islands Developing States (SIDS) に対する措置として、少なくとも当初は 4000t 以上の船舶に適用するなどにより、SIDS で使用されるほとんど全ての船舶を除外することが可能。 ・ また、そうすることにより、沿岸輸送が除外され、陸上輸送から効率の良い海上輸送へのシフトが達成可能。

¹⁰ International Union for Conservation of Natural Resources ; 国際自然・天然資源保護連合 (IMO の NGO)

(5) 評価結果の概要

経済的手法に関する専門家会合では、「Shipping and Maritime」及び「Impact on Trade and Development and Developing Countries」の2つのタスク・グループが、IUCNのDr. A. Stochniolが開発したモデル（プログラム）を用いて、設定されたシナリオの下、各制度の排出削減、負担する費用、費用対効果等を算出した。

(i) 前提条件

各制度の排出削減、負担する費用、費用対効果等を算出する際の前提条件は下表のとおりである。

表 1.3.3 前提条件（MEPC61/5/39に基づき作成）

条 件	内 容																
船腹量	2010年の船舶からの排出量を2007年と等しいと仮定し、「Second IMO GHG study 2009」2007年の値を用いる。																
国際海運の成長シナリオ (国際海運からの排出増加率)	①B2：1.65% ②A1B：2.8% 「Second IMO GHG study 2009」のIPCC A1B及びB2シナリオ。																
技術的手法及び運航的手法の 取り込み度	①中（50%） ②高（80%）																
MBM開始年及び対象年	全てのMBM開始年を2015年とし、2020年及び2030年について評価。																
ETS及びGHG Fundの2020年、 2030年における排出削減（キャップ）	2010年：2007年比で0%削減（870百万トン） 2020年：2007年比で10%削減（783百万トン） 2030年：2007年比で20%削減（696百万トン）																
SECT（米国）及びVES（WSC）の 効率改善標準	①低 ②中 ③高 新造船については、SECT及びVESともに、2015年から2030年までを3年間 毎に区切り効率改善率を段階的に強化。 既存船についてはSECTについては2015年及び2020年の改善率を、VESに ついては2015年、2020年、2025年及び2030年の改善率を設定 (MEPC61/INF.2 ANNEX7 参照)																
RM	徴収金の28%をRMの緩和行動に使用する。																
LISの還付割合	①25% ②50% ③75% 徴収金の25、50又は75%を高効率の船舶に対し還付する。																
Bahama提案	目標を設定しない。																
燃料油割合	2015～2019年：HFO 80%、MGO 20% 2020年以降：MGO 100% HFO：Heavy Fuel Oil、MGO：Marine Gas Oil																
燃料油価格 (単位：ドル/燃料トン)	燃料油価格 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <thead> <tr> <th></th> <th>①低</th> <th>②中</th> <th>③高</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2015年</td> <td>312</td> <td>637</td> <td>1016</td> </tr> <tr> <td>2020年</td> <td>312</td> <td>1205</td> <td>2237</td> </tr> <tr> <td>2030年</td> <td>487</td> <td>1375</td> <td>2468</td> </tr> </tbody> </table>		①低	②中	③高	2015年	312	637	1016	2020年	312	1205	2237	2030年	487	1375	2468
	①低	②中	③高														
2015年	312	637	1016														
2020年	312	1205	2237														
2030年	487	1375	2468														
炭素価格 (単位：ドル/CO2トン)	炭素価格 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <thead> <tr> <th></th> <th>①中</th> <th>②高</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2015年</td> <td>20</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>2020年</td> <td>25</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>2030年</td> <td>40</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>		①中	②高	2015年	20	20	2020年	25	40	2030年	40	10				
	①中	②高															
2015年	20	20															
2020年	25	40															
2030年	40	10															

(ii) 排出削減メカニズム

提案された MBM は、8 つのメカニズムを通して GHG 排出削減を果たす。これらメカニズムは、セクター内又はセクター外の削減に作用する。下表に削減メカニズムを示す。

表 1.3.4 評価基準を担当したタスク・グループ (MEPC61/5/39 に基づき作成)

削減メカニズム		概要
セクター内メカニズム	EEDI の義務化	全ての新造船に EEDI 規制を義務付けることによる削減。
	SECT の効率トレード	全ての運航船に効率規制を適用し、効率トレードを組み合わせることにによる削減。
	VES の既存船の効率標準と課金	全ての船舶に EEDI 規制を適用し、規制を達成できない船舶に対する課金による削減。
	燃料価格のインセンティブ	燃料使用時の燃料価格のインセンティブ（税又は課金の支払い、排出権購入等を含む。）による削減。
	還付のインセンティブ	基準を満たす効率がよい船舶に対する還付のインセンティブによる削減。
セクター外メカニズム	海運セクターによる外部排出権購入	キャップを超過する排出量をオフセットするために外部排出権購入することによる削減。
	ファンドによる外部排出権購入	ファンドによって外部排出権購入することにより削減
	収入残高	気候変動に関する適応及び緩和、研究開発、技術協力又は補償等に使用した後の収入残高による削減。政府に指定された還付及び他の収入は、収入残高には含まれない。

(iii) 排出削減量

経済的手法に関する専門家会合において評価された各制度による海運セクター内及び海運セクター外の排出削減量は、下表のとおりである。各制度は、それぞれの絶対的又は相対的な目標を達成するように算出されており、BAU からの削減率及びその幅に違いが出てくる。

表 1.3.5 各制度による海排出削減量 (MEPC61/5/39 に基づき作成)

	GHG Fund	LIS	PSL	SECT	VES	ETS (諸国)	ETS (英国)	バハマ	RM
EEDI の義務化 (Mt)				123-299	123-299				
SECT の効率トレード (Mt)				106-142					
VES の既存船の効率標準と課金 (Mt)					14-45				
燃料価格のインセンティブ (Mt)	1-31	32-153	29-199			27-114	27-114		29-68
還付のインセンティブ (Mt)									
海運セクターによる外部排出権購入 (Mt)						90-539	90-539		
ファンドによる外部排出権購入 (Mt)	152-584								
削減率 (%BAU 比)	13-40	3-10	2-8	19-31	13-23	13-40	13-40		13-28
収入残高 (百万ドル)	4-14	10-87	40-118	0	5-18	28-87	0	0	17-23
収入残高により外部排出権購入 (Mt)	104-143	232-919	917-1232	0	45-454	696-870	0	0	187-517

各制度の特徴、評価における前提条件、上表の排出削減量等により、以下のような考えられる。

- EEDI の義務化により達成される削減量は非常に大きく、高度な確実性がある。
- 燃料価格のインセンティブにより達成される削減量の幅は、非価格障壁の影響のため、予測が非常に困難である。
- ETS 及び GHG Fund については、削減量の多くが外部排出権購入（ファンドによる外部排出権購入、海運セクターによる外部排出権購入）により達成されることになる。
- LIS について、還付のインセンティブによる削減量は、船主が費用対効果を考慮して決定するものであるため、予測が非常に困難である。
- 全ての MBM について、確実な測定・報告・検証（MRV：Monitoring、Reporting、Verification）システムが必要であり、更なる開発の必要がある。
- また、MBM を通じて獲得したセクター外の削減量についても、確実な測定・報告・検証（MRV）システムが必要である。

(iv) 追加の負担

経済的手法を導入することにより発生する①費用、②投資確実性、③乗組員、運航及び整備の追加負担は下表のとおりである。

表 1.3.6 MBM 導入による影響

MBM	費用 (A1B シナリオ 2030 年)	投資確実性	早期 対策	乗組員に係る 費用負担
GHG Fund (デンマーク)	削減費用：50 ドル/CO2 トン 最大費用対効果：39 ドル/CO2 トン	費用予測は、以下の 2 つに關係する。 ・課金は一定期間固定 ・課金は CDM 市場の変動に応じ調整	中立	1 億ドル (総費用の 0.5%以下)
LIS (日本)	削減費用：319 ドル/CO2 トン 収入残高：24 百万ドル 最大費用対効果：36 ドル/CO2 トン	課金は一定期間固定	比較 的高	9 億ドル (総費用の 2%以下)
PSL (ジャマイカ)	削減費用：770 ドル/CO2 トン 収入残高：49 百万ドル 最大費用対効果：38 ドル/CO2 トン	費用予測は、以下の 2 つに關係する。 ・課金は炭素価格と連動 ・炭素価格は変動	中立	8 億ドル (総費用の 1.5%以下)
SECT (米国)	モデル化の方法により算出不能	新造船は、義務的な EEDI を達成するため、新造船ほど厳しくない既存船の効率指標に適合することにより、排出枠を獲得する。	高	なし
VES (WSC)	削減費用：24.7 ドル/CO2 トン 収入残高：7.4 百万ドル 最大費用対効果：34 ドル/CO2 トン	基準に適合するために既存船の EDI を改善することで、燃料消費の費用を制限し、明確な利益を得る。	高	4 億ドル (総費用の 5%以下)
ETS (ノルウェー)	削減費用：96 ドル/CO2 トン 収入残高：31 百万ドル 最大費用対効果：38 ドル/CO2 トン	炭素市場において、炭素価格の変動と燃料油価格の変動は連動するが、炭素価格の方が、振れ幅が小さい。	中立	7 億ドル (総費用の 1.5%以下)
バハマ	なし	変化しやすい燃料油価格は、海運業界における投資の安定を妨げている。	中立	新造船の対する EEDI の義務化による追加
RM (IUCN)	削減費用：121 ドル/CO2 トン 収入残高：21 百万ドル 最大費用対効果：53 ドル/CO2 トン	課金は 3 か月	中立	8 億ドル (総費用の 1.5%以下)

以上の評価結果が、MEPC61 において、MEPC61/5/39 及び MEPC61/INF.2 に基づき報告された。

1.3.3 日本及び WSC の共同提案

GHG-WG3 において、経済的手法に関する具体的な審議が開始された。従来、我が国は、船舶の効率改善に強いインセンティブを与えるため、課金を徴収後、各船の効率改善を格付けし優れた船舶には一部を還付する燃料油課金・一部還付制度である LIS (Leveraged Incentive Scheme) を提案していたところであるが、以下の点において思想が近い WSC (World Shipping Council 世界の主要船社約 40 社から構成される米国の業界団体) の VES (Vessel Efficiency System) との統合を図った。

- 燃料油課金制度であり、EEDI、EEOI 等のエネルギー効率化の指標を用いた制度である。
- 国際海運からの CO2 排出総量についてキャップを設けない。
- 国際海運における効率改善を図りセクター内の CO2 削減を目的とする。

そして、GHG-WG3 においては、我が国と WSC 共同で EIS (Efficiency Incentive Scheme) を提案した。GHG-WG3 の審議結果については、「1.1.1(2)(iii) IMO/第 3 回温室効果ガス (GHG) 対策中間会合 (GHG-WG3) の報告」を参照されたい。

1.3.4 今後の対応

今後、IMO において議論が本格化する経済的手法において、次のような国際海運の特徴にも留意し、制度設計を行う必要がある。

- 国際海運は、世界経済の血流であり、今後も高い成長率で成長することが予測されているが、環境保全と経済発展は両立される必要がある。
- 国際海運は、他の輸送モードと比較し効率の高い輸送モードである。海運に過度の経済的負担を課すことは、逆モーダルシフトを生じさせ、温暖化対策として却ってマイナスとなる恐れがある。
- GHG 排出削減の枠組みは、途上国も含めすべての国に一律に適用されなければならない。途上国の配慮は当該枠組みの適用以外の形で考慮するが、市場歪曲につながってはならない。

よって、合理的な目標設定とこれに対応した技術開発等を均衡させることにより、国際海運からの GHG 排出量を適切に削減する必要がある。

また、MEPC62 において技術的手法及び運航的手法に関する MARPOL 条約附属書 VI 改正案の採択が予定されているが、経済的手法は、技術的手法による「効率改善」を推進するため、強力で推進するインセンティブを与えるものであるべきである。

1.4 国際海運における排出量取引制度関連調査研究

【詳細については、報告書「国際海運における排出量取引制度関連調査研究」を参照】

1.4.1 調査研究の目的

前述のとおり、現在、IMOにおいて経済的手法が検討されているが、まだ具体的な方向性は定まっていない。GHG-WG3における審議を踏まえ、MEPC62において更なる検討が行われるものと考えられる。

提案されている制度の中では、EU（ドイツ、フランス、ノルウェー、英国等）から提出された国際海運においても排出量取引制度を導入するという提案が有力な案の一つとなっている。

既にEUでは域内から離発着する国際航空分野を含めて欧州排出量取引制度（EU-ETS）が運用されているが、国際海運分野に導入した場合の制度対象者や必要な対応などの実務面が十分に明らかになっておらず、既存の海外事例を参考に今後の対応可能性について検討しておくことは重要である。

以上を踏まえ、本調査研究では国際海運分野における排出量取引制度のあり方を検討する参考材料として、排出量取引制度の実務面に焦点を当てて制度の内容や国際海運の関係者が対応すべき事項を整理した。

なお、EU-ETSに関する調査研究にあたっては公表ベースの文献に加え、実際のEU-ETS対象となっている企業及び今後対象となる予定の企業等に対し、インタビューを実施し、それら情報をとりまとめた。

1.4.2 排出量取引制度の実務及びその課題に関する調査

1.4.2.1 EU-ETS 対象企業における実務に関する調査

(1) EU-ETS の概要

欧州排出量取引制度（EU-ETS）は、2005年から運用が開始されたキャップ・アンド・トレード型の排出量取引制度である。EU-ETSでは設備単位で排出枠の割当が行われるが、直接排出量のみが対象となっている。対象設備の多くは発電、鉄鋼、セメント、紙パルプなどの業種が中心であり大型排出源となっている。加えて、2012年から航空部門が対象に含まれる予定である。

対象設備に対し、EU加盟国政府が国別割当計画（NAP）の策定を通して、排出上限を決定し、対象施設に対してEUAと呼ばれる排出枠を割当てる。排出上限よりも実際の排出量を少なく抑えられた施設は、余剰の排出枠を市場で売ることができるが、上限を超えた排出をしてしまうと、超過分を市場等から購入する必要がある。市場から購入する排出枠には、EUAのほか、京都議定書で定められたクリーン開発メカニズムや共同実施からのクレジット（CER,ERU）も使用することができる。

第3フェーズ（2013年～2020年）では、第1、第2フェーズのような国別割当計画による割当を行わず、欧州レベルで割当総量を設定するが、2020年時点で2005年比21%削減となるよう毎年1.74%ずつの割合で割当総量は削減される。これまで無償割当が大半を占めていた割当方法についても、段階的にオークションに移行することとなっている。制度全体では、オークション比率は、2013年の20%から2020年には70%へと増大し、2027年には100%となよう目指している。

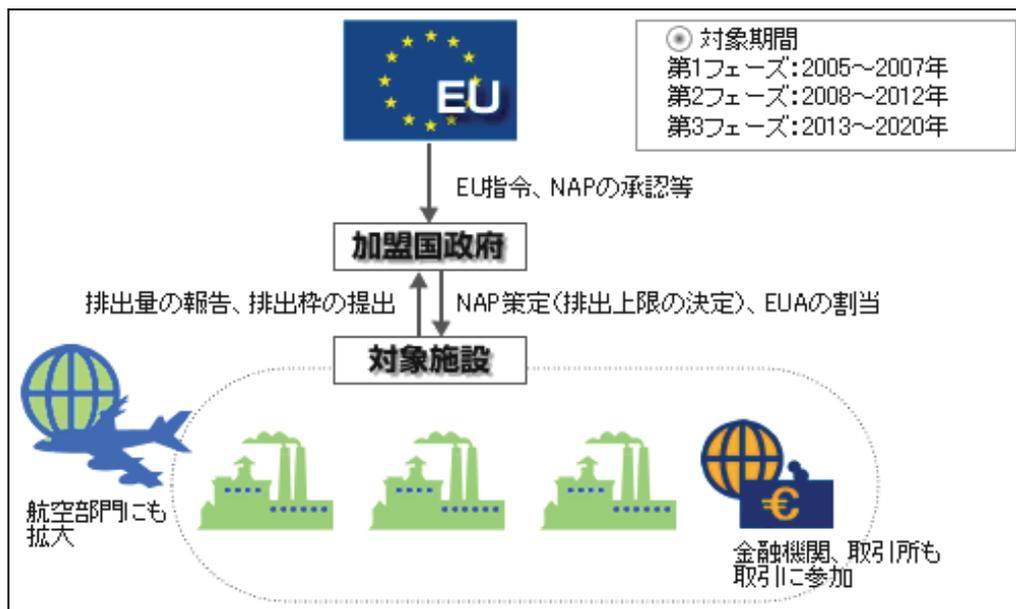


図 1.4.1 EU-ETS の概要（出典：排出量取引インサイト）

EU-ETS における排出枠取引の形態は大きく分けて相対取引と取引所取引の 2 つが存在する。相対取引では取引の売り手と買い手により直接取引がなされるもの、広義の相対取引にはブローカー等の仲介者が存在する取引も含まれる。一方、取引所取引では、取引所の参加会員が手数料を支払い、不特定多数の他社と匿名で競争売買を行なう。主な取引所として英国の欧州気候取引所（ECX：European Climate Exchange）、ドイツの欧州エネルギー取引所（EEX：European Energy Exchange）、ノルウェーのノルドプール、オーストリアのエネルギー取引所、フランスのブルーネクスト等が挙げられる。

相対取引では市場慣行や自主規制などに則って取引が行われており、標準化された取引所取引と比べると柔軟性があること、大口取引を行なう場合はマーケットインパクトを抑制できるという点がメリットである。一方、取引所取引は取引所が定めるルールに従って行なわれる組織化された取引であり、気配値や執行された取引価格が公開されることから市場の透明性が高く、中小規模の参加者も取引をしやすい点がメリットである。

取引価格は原則として排出枠の需要と供給によって決定されるが、2008 年秋以降の経済危機により排出枠の需要が大幅に絞られた後も排出枠価格が 10 ユーロ台前半を維持している理由として、EU-ETS においてバンキングが認められていることが挙げられる等、制度面からの要因が挙げられる。

(2) 調査の概要

EU-ETS 対象企業が制度に対応するためにどのような実務を課されているのか調査した。

調査に当たっては、文献調査を基本とし、それで得られない企業実態等についてはインタビュー調査を実施して補完した。インタビュー調査については、EU 内の主要国（英国・フランス・ドイツ等）の主要企業又は業界団体 10 社程度に対し、EU-ETS に対応した会社としての実務の実態を調査した。

具体的には、MRV（モニタリング・報告・検証）システムの整備状況、EU-ETS に対応した温暖化対策の推進状況、EU-ETS の実務に対する意見・感想（実務面での負担感や課題点）等をインタビューにより確認した。具体的なインタビュー内容及びインタビュー対象は以下のとおりである。

① インタビュー内容

- 企業概要：ここは公表資料ベースの調査結果。
 - 業種（事業内容）、本社所在地、その他施設の所在・施設数、従業員数、売上高、EU-ETS 対象施設数・排出量、公表されている排出量（グループ大など）、主な削減対策とその効果
- MRV（モニタリング・報告・検証）システムの整備・投資状況
 - 燃料消費把握に使用している計測機械・必要なメンテナンス
 - データ管理・集計方法（手作業での集計 or 自動集計）
 - EU-ETS 導入により発生した追加的投資（投資全体の中での割合・負担感）
 - 上記を通じて苦労している点、問題/課題点
 - 検証に要するコスト（検証機関への支払い）
- EU-ETS の実務に対する意見・感想（実務面での負担感や課題点）
 - EU-ETS 対応のために整備した社内体制・追加的人員
 - 実務面でのマンパワー（人日、人件費）・負担感
 - 上記に関する問題/課題点、要望
- その他
 - EU-ETS の有効性について

② インタビュー対象

- インタビュー対象数：10（企業及び業界団体）
- 対象国：英国、フランス、ドイツ、スペイン、ベルギー、スウェーデン
- 対象業種：航空、セメント、エネルギー、セラミック、鉄鋼

(3) 企業が対応すべき実務事項

(i) 想定される実務事項

実際の EU-ETS 対応における企業の対応事項については、下表のように整理することが出来る。これら内容は企業によっては既に一部取り組んでいるものが含まれると想定されるが（排出量のモニタリング・算定等）、新規に取り組む必要のある事項も存在する。例えば事務関連の手続き、排出量の検証、排出量取引、必要な社内体制整備などは追加的対応が必要な事項と言える。

表 1.4.1 企業の EU-ETS 対応事項（例）

分類	具体的な対応事項
事務申請関連事項	<ul style="list-style-type: none"> 過去の排出量の定量化 排出見通しの作成 申請ルール決定、申請書の作成
排出管理の実施	<ul style="list-style-type: none"> EU-ETS 参加要件の確認 組織体制及び職務責任の整備 ソフト・ハードウェアの修正もしくは購入
排出量のモニタリング	<ul style="list-style-type: none"> モニタリング概念の設計 内部モニタリングシステムの整備 モニタリングの実施
排出量算定・報告書作成	<ul style="list-style-type: none"> 年次排出量の定量化 排出量の検証 排出報告書の作成
削減対策の検討・実施	<ul style="list-style-type: none"> 削減対策の特定及び決定 削減対策の実施
排出量の取引	<ul style="list-style-type: none"> 取引の実施 市場動向の把握
企業戦略の策定	<ul style="list-style-type: none"> 削減戦略の策定 取引戦略の策定 リスク戦略の策定
その他	<ul style="list-style-type: none"> 上記対応に必要な社内体制整備・人員等の確保

（出典：SUSTAINABLE DEVELOPMENT LAW & POLICY, TRANSACTION COSTS OF THE EU EMISSIONS TRADING SCHEME IN GERMAN COMPANIES より作成）

以下では上記対応事項のうち、対応すべき内容が制度サイドで定められている算定・報告・検証（MRV）関連事項について整理する。

(ii) 算定・報告・検証（MRV）に係る実務事項

ここでは、現行 EU-ETS の算定・報告ガイドラインを参考として、EU-ETS において対象事業者に求められる算定・報告・検証の具体的な事項を整理する。対応すべき実務事項をまとめると下記のとおりとなる。

- 排出量の算定・報告
 - 排出規模に応じた制度の要件に沿った算定を行う。
 - 排出量の証憑としての燃料等の購入伝票を整理する。伝票が証憑とならない場合は誤差評価を行う。
 - モニタリング計画を策定する。
 - 所定のフォーマットを用いて排出量を報告する。
- 報告内容やモニタリングデータを文書化し、保存する。
- 管理システム、社内体制を整備する。
- 排出量の第三者検証を受審する。

(4) 企業の対応の現状と実務に対する考え方

(i) 実務の整理

企業が対応すべき実務事項に対応するにあたって企業サイドの現状と負担感や課題事項を整理する。具体的には、以下の点について、公表ベースの文献及びインタビュー結果をもとにとりまとめる。

- 企業が対応すべき実務事項：
 - EU-ETS 対応のために整備した社内体制・追加的人員
 - 燃費消費把握に使用している計測機器・必要なメンテナンス
 - データ管理・集計方法
- 実務上の負担感：
 - EU-ETS 導入により発生した追加的投資
 - 実務面でのマンパワー・負担感
 - 検証に要するコスト（検証機関への支払い額）
- 実務上の課題点：
 - MRV システム整備を通じて苦労している点、問題/課題点
 - 実務面での問題/課題、要望

(ii) 企業が対応すべき実務事項

① EU-ETS 対応のために整備した社内体制・追加的人員

前述の実務的事項に対応するために、各企業において社内体制・追加的人員の整備が行われている。個別インタビューの回答によると、ある電力企業では、取引に関連するポストについて新設及び人員追加を行っている。具体的には、以下のとおりである。

- カーボントレーダー
- 市場アナリスト
- 法務担当者（取引を支援するためカーボン売買契約を締結）
- コンプライアンス・マネージャー（取引相手のデューデリジェンス（適性評価））
- クレジット・マネージャー（カーボン取引相手の信用評価）
- リスクマネジメント・アナリスト（リスク／ポジション・マネジメント、登録マネジメント）
- 事務・財務担当者（取引の確定／決済処理）
- その他（監査プロセスを実行支援する人員）

② 燃費消費把握に使用している計測機器やそれに必要なメンテナンス

エネルギー業界は、主要燃料の重量についてウェイブリッジ（重量台）を使用して計測している。ウェイブリッジには鉄道でも、車でもそれぞれ対応しているものがあり、保守契約を結んで管理

している企業もある。セラミック及び鉄鋼業界については、天然ガスの消費量の計測は、目盛を手作業で作業員が確認をして、定期的に記録しているとのインタビュー結果もあり、追加的な対応が必要となっている。また、これとは逆に、燃料サプライヤーが燃料使用量の情報を正確に提供可能なため、計測を行っていないという回答も鉄鋼メーカーより得ており、追加的な対応が必要となっているとは一概には言えない状況となっている。

③ データ管理・集計方法

データ集計は、一般的には自動集計が行われているが、一部手作業で行っている企業があるのが現状である。しかしながら、データ管理については電子的に行われており、最低 10 年間は保管する管理体制を構築している。また、ウェイブリッジなどが故障している間もデータ収集を継続できるよう手順書等を整えることなどの対策も行われている。

(iii) 実務上の負担感

① EU-ETS 導入により発生した追加的投資

燃料在庫及び燃料流量の追加的な計測・測定に追加的な投資が必要となっている。また、迅速な問題特定に向けたウェイブリッジ及びソフトウェアシステムの一部改良、請負業者による緊急対応時間を短縮するための追加的な費用などの投資も行われている。EU-ETS 導入としての追加的な投資規模は必ずしも大きなものではないのが実情ではあるが、年間の全投資額の 30% の額を割り当てたと認識している企業もあり、負担感の感じ方に大きな差異がある。

② 実務面でのマンパワー・負担感

費用は対象施設の規模や種類、オペレーションの方法、サイトの複雑さ等の要因によって変化するため、一概に推定するのは困難である。ただし、管理コストは管理の実務事項の単価及び工数によって決定されることが多い。そこで、管理の実務事項の単価及び検証工数に影響を与える指標について、一般的整理を行った結果を下表に示す。

表 1.4.2 管理コストを決定する要因とその影響

指標	要因	影響
検証機関	新規参入者であるか	新規参入者であるほど、低価格入札を行なうため、価格低下
対象施設	排出量の規模	規模が大きいほど、価格上昇
	種類（産業特性）	特性によって、大幅に変化
	サイト構造の複雑さ （プロセス排出、ガス使用の有無）	複雑なほど、価格上昇
	オペレーション方法 （ISO、EMAS 等を導入しているか）	—

（出典：欧州連合排出量取引制度 調査報告書を元に作成）

(iv) 実務上の課題点

企業が抱えている実務上の課題点について以下にまとめる。

① MRV システム整備を通じて苦勞している点、問題/課題点

インタビューでは、計測における技術的側面で苦勞している点は特にないという回答が鉄鋼業界やセラミック業界から得られている。これは、実質的には検証機関によるところが大きいこと、そして、検証機関とのやりとりについても、基本的には頻繁にやりとりをするわけではないことが理由として挙げられている。また、報告書のタイミングについては、良好であるとの回答も、負担に感じているとの回答も得ているので、各企業のオペレーションの違いが影響を与えていると考えられる。ただし、制度開始初年度に限って言うと、ガイドラインが公表されてから報告書を提出するまでの期間が著しく短かったため、対応が非常に大変であったという意見が鉄鋼メーカーより得られている。

② 実務面での問題/課題、要望

大部分の企業は、実務面に対して問題や課題等を現時点においては認識しておらず、特別に要望もないようである。このような中で、ある電力業界からは、EU-ETS における制度変更の多さが課題点として挙がっている。EU-ETS 制度は、複雑さを増しており、変化のスピードが問題となりつつある。データに何が読み込まれる可能性があるのかを理解するには時間、努力、知識が必要であり、規制される側の企業との情報格差が存在している状況を認識することが重要である。

(5) EU-ETS で導入予定の排出枠配分方法

EU-ETS では、第1フェーズは全体の95%、第2フェーズでは全体の90%とこれまで排出枠の大半が無償で割当てられてきたが、第3フェーズ以降、2027年までに段階的にオークションに全面的に移行することが決まっている。移行期間として一部に無償割当を行うが、無償割当はEU共通のルールに基づいて実施することになる。

無償割当は、国際競争にさらされ工場移転等のおそれのある、炭素リーケージのリスクにさらされている製造業のセクター、航空部門、発電部門の一部に対して行なわれる。

(i) 航空部門への無償割当

航空部門からの排出量の上限目標（キャップ）は、2012年には、2004年～2006年の平均水準の97%とし、2013年からは95%に下げられる。また、排出量の上限の85%は無償で配分される。

ただし、排出量の上限と無償で配分される排出枠の割合のいずれも、今後の排出権取引指令全体の見直しの中で、変更されることもあり得る。

(ii) 発電部門への無償割当

2013年以降は原則として100%オークションとなるが、2006年時点において電力部門における単一の化石燃料の発電比率が30%以上、かつ、一人当たりGDPがEU平均の50%以下の加盟国等は、2013年に最大70%の無償割当を認め、2020年までに全量オークションへ移行する。

(iii) 製造業への無償割当

製造業において炭素リーケージのリスクが高いセクターへの無償割当は製品1単位あたりの排出上限を示すベンチマークによって行なわれる。2010年10月にベンチマークに関する欧州委員会の決定（草案）が公表された。それによれば、鉄鋼、セメント、紙・パルプ、石油精製、化学等のいわゆるエネルギー多消費産業に対して無償割当が行われることとされている。2013年には製造業に対する割当の80%が無償で配分されるが、毎年その配分枠は削減され、2020年には30%、2027年には全廃される。

1.4.2.2 EU-ETSの航空分野における制度調査

(1) 企業が対応すべき実務事項

EU-ETSでは2012年から航空分野が新たに対象として加わる予定である。概要は以下のとおりである。

- 航空部門からの排出量に課せられるキャップは2012年時点で2004年～2006年の97%、2013年以降は95%である。
- 2012年に航空会社は排出枠の85%を無償で割り当てられる。
- EU域内の離着便数が少ない小規模航空会社（CO₂排出量が年間10,000t-CO₂以下）は免除の対象となる。
- 成長が著しい航空会社に対しては排出枠の留保分から割当を行う。
- 著しい目標未達状態が長期に渡る場合、EU域内での業務停止が命じられる可能性もある。

航空分野における排出量の算定は、製油所、コークス炉、セメントクリンカ等と同様に一般原則とは別の特別な算定方法が求められている。「1.4.2.1 EU-ETS対象企業における実務に関する調査」に示した一般的事項に追加して航空会社が対応すべき排出量算定・報告の概要を整理した。航空分野でEU-ETSに対応するための実務事項をまとめると下記のとおりである。

- 燃料消費量はフライトごとに算定する。フライト前後の燃料重量と給油量から算出する。
- 機材によって±5%もしくは±2.5%の算定精度が求められる。
- モニタリング計画には機種別の機材数や管制に用いるコールサイン等の業種特有の情報を盛り込まなくてはならない。
- フライトごとの輸送量も把握し、報告しなくてはならない。
- 検証の際、ユーロコントロールのデータと突合を行なう等の業種特有の手法が取られる

(2) 企業による実務に対する考え方

上記の事項に対応するにあたっての企業サイドの現状と負担感や課題事項を整理する。

(i) 企業が対応すべき実務事項

① EU-ETS 対応のために整備した社内体制・追加的人員

航空業界へのインタビュー結果によると、EU-ETS 向けに追加的な社内体制を構築した例は少なく、既存の人員による対応が主となっている。また、新規に追加的人員を採用した例としては、データ処理の分野での採用が例として挙げられる。

② 燃費消費把握に使用している計測機器・必要なメンテナンス

燃費消費の把握には燃料計を使用している。このような燃料計は、航空業界が従来使用している測定システムとして既に保有をしているものである。また、測定誤差も 1%以内で正確であるため、EU-ETS の報告には十分なものとなっている。また、一部企業においては、機器を改良する必要がある可能性もあるが、それは一般的に保守手続きの一環として既に整備されているものであると認識されるものである。

③ データ管理・集計方法

航空業界は、飛行報告書を作成するために、既に全保有機についてフライトごとの個別データを収集している。そして、これらのデータを社内の飛行管理システムに入力して管理をしている。排出量報告についてもこのシステムを活用することができれば、非常に効率よくデータ管理・集計を行うことができる。しかしながら、データ管理システムを保持していない企業にとっては、一から IT システムを開発する必要があり、多大な労力となっている。また、データ自体をどのように管理するのかという点についても、航空会社の規模が大きくなるにつれて、プロセスが複雑化する傾向があり、対応が必要となっている。

(ii) 実務上の負担感：

① EU-ETS 導入により発生した追加的投資

追加的投資の大きさは各航空会社の規模によって異なることが予想されるが、最も大きな航空会社のケースでは 30 万ユーロから 100 万ユーロ超ぐらいの見積もりがインタビュー結果より得られている。このような結果は、規模の大きな航空会社は制度により、多くの金額を投資する傾向があることが影響として考えられる。これとは対照的に、小規模な航空会社へのインタビュー結果として、検証プロセスについては検証機関のサービスが必要となったが、それ以外の対応については社内でリソースを確保して行っているようである。また、検証機関を使用することについて負担とを感じるものの、MRV ガイドライン等の制度対応は非常に技術的かつ細かいものであるので、逆に割安だという認識も、インタビュー結果より得ている。

② 実務面でのマンパワー・負担感

航空企業へのインタビュー結果によると、ETS 関連業務に必要なマンパワーは年刊延べ 74 日という試算結果を得ている。その内訳は以下のとおりである。

- 保有機の変更・改修を含めて、現行の ETS 管理に年間延べ 24 日
- 純粋な ETS 向けデータ収集や ETS 関連データの監査・修正など、ETS に関わるデータ管理、会計機能に年間延べ 50 日

ただし、この点についても企業の規模次第で大きく異なる部分である。小規模航空企業に対するインタビューによると、EU-ETS の管理業務に対応するために平均 0.5 人日分の追加リソースが必要となっている。

③ 検証に要するコスト（検証機関への支払い額）

年間の検証プロセス全体で年間約 1 万ユーロが平均的な検証コストとなっている。検証プロセスの手続き自体は容易で大きな障壁は存在していない。ただし、保有機器数が多く、規模の大きい企業であれば、その分検証すべきデータ量の規模も大きくなるため、コストに大きな影響を与えていると考えられる。また、検証コスト自体は、管理コストの内の僅かな一部であり、排出枠の購入等と比較するとわずかな費用であると認識されている。

(iii) 実務上の課題点：

① MRV システム整備を通じて苦勞している点、問題/課題点

現時点で技術的な問題は全く経験しておらず、データに難がある場合にどのような対応が必要になるかは認識をしていないのが現状である。課題点としては、費用がかかることよりも、時間がかかることに対して不満を感じている。データ収集も非常に重要であるが、それを文章に落とし込むプロセスに困難を伴っている。また、EU の法制化が遅いために、短時間で必要な文章を提出させなければならない状況が起こり、苦勞するケースも起こっている。これは、制度対象企業のみならず、検証機関にとっても認証を早急にする必要があるため、問題となっている。

② 実務面での問題/課題、要望

現在、航空業界の最大の関心事は排出枠がどの程度割当が行われるのか、という点のみである。ただし、航空企業のコスト減少のためのロビー活動を行う段階は過ぎたと認識しており、航空業界にとってより望ましい解決策に到るように努力を続けている。また、金銭的負担は大きなものであり、人員、IT システムへの投資、取引に関わる支出があり、状況の悪化が懸念されている。

1.4.2.3 国際海運分野への適用における影響

国際海運分野に排出量取引制度が導入された場合の想定される影響を検討する。国際海運分野で提案されている排出量取引制度の概要、EU-ETS（特に航空分野）のルールを踏まえ、さらに EEOI の活用可能性も考慮して、制度対象者として対応すべき実務的事項を整理した。

(1) 排出量の算定について

EU-ETS の航空分野において求められる算定方法を参考とすると、排出量は燃料消費量×排出係数として計算される。燃料消費量の算定精度については航空分野と同等のレベルが求められるとすれば、年間 5 万 t-CO₂ 以下の排出が予想される船舶では±5%、5 万 t-CO₂ を超える排出が予想される船舶では±2.5%の精度が求められることとなろう。航空分野では航空機に設置された燃料計を算定に用いることとしているが、これは航空機においてはフライトごとに給油量を高い精度で調整することで必要最低限の重量にて離陸しているという事情があり、航空機に設置された燃料計の精度が一定程度以上のものだと判断されたがゆえのルールである可能性もある。船舶に設置された燃料計は航空機のものに比べると精度の面で劣ることが考えられ、排出量取引制度においていかに算定精度が確保されるかは不透明である。また、EU-ETS における一般の排出源（固定排出源）では、日本の計量法のような制度が整備された地域においては購入伝票を燃料消費量の証憑として扱うことが認められているが、国際海運においてはそのような制度が整備されていない途上国で給油をするケースも多いと考えられることから、燃料消費量把握に高い精度が求められた場合、船舶のオペレーターにとっては大きな負担となる可能性がある。

EU-ETS における航空分野の算定は、対象となるフライトが EU 域内発着便に限定されるため、フライトごとの燃料消費量算定が求められており、EU-ETS が国際海運分野を取り込んだ場合は同じような運用となる可能性が高い。一方、EU-ETS にはなく、全世界で EU-ETS 型の排出量規制制度が導入された場合は、特定地域の発着便に限定されないことから航海ごとのデータを把握する必要はないと考えられるが、検証においてデータの完全性を担保するため（ある航海のための給油分が報告から抜け落ちていないか）に、航海ごとのデータを把握する必要のある制度設計となる可能性も否定できない。

(2) 社内体制の整備等

制度対象者はモニタリング期間が始まる前にモニタリング方法論とモニタリング精度を指定したモニタリング計画を策定、CA に提出し、承認を受ける必要がある。固定排出源の場合は設備単位でモニタリング計画を作成するが、航空分野では事業者ごとに計画を策定するため、機種別の機材数等もモニタリング計画に含める必要がある。国際海運分野においても、オペレートする全ての船舶のリスト、個々の船舶の ID 等を報告する必要があると考えられる。

また、モニタリング計画では、データの取得、管理、算定の品質保証に関する社内システム等整備についても触れなくてはならず、制度開始当初にはそれらの対応のために人工が必要となる。ただし、社内システム等に関しては ISO14000 シリーズや 9000 シリーズを取得している場合、そこで整備したシステムの一部を流用できる可能性が高いため、相対的に作業量は低くなる。

(3) 検証対応

現行 EU-ETS の算定・報告ガイドラインにおいて定められる算定方法や報告すべきデータ（輸送量データの報告要否等）によって、検証の負荷は変化しうる。例えば、求められる算定精度が船舶に設置された燃料計の精度を下回る場合や、燃料の購入伝票が燃料消費量と認められる場合は、それらのデータに抜けや入力ミスが無いかを検証するとどまるが、そうでない場合は何らかの方法で燃料消費量の算定精度を確保していることを対象事業者が説明する必要がある。対象事業者が報告した排出

量の数値を検証するに当たり、どのようなデータと報告数値を突合すれば検証したことになるのか等については検証ガイドラインにおいて定められることとなるが、そこで求められるデータの種類によって対象事業者の負担が大幅に変わり得る。

また、固定排出源とは異なり、航空分野と同じように対象事業者が運航している対象船舶の全てが報告に含まれているかどうかの検証も必要となる。

(4) EEOI の活用について

IMO では船舶の効率を示す指標として EEDI と EEOI の検討を行っている。このうち EEDI は規制化への検討が進んでいるが、EEOI は自主的な取組みの範囲内での利用のためのガイドラインが定めるに留まる。

しかし、排出量取引制度が導入された際、実際の燃料使用量や輸送量から算出される EEOI 活用する可能性は考えられ、現状のガイドラインにおいて EEOI の算出に用いるデータソースとして、各種ログブックが挙げられている。

なお、EEOI が活用されたとした場合も、総量ベースの排出枠に変換するため輸送量（トン・マイル）を乗ずる必要がある。この際、直前の寄港地から EU 域内で入稿するまでの輸送量なのか、EU 域外で積み、EU 域内で揚げる貨物の輸送量のみが対象となるのか等によって算定対象となる排出量の範囲が大幅に異なる。具体的な制度設計が始まっていないため、この点については見通しが立たないが国際海運業界として注目すべき点である。

(5) 対応すべき主要な実務的事項

下表に、排出量取引制度が導入された際に想定される対応すべき実務的事項のうち主なものを整理した。

表 1.4.3 排出量取引制度が導入された際に対応すべき実務的事項

事項	備考
社内体制の整備等	データの取得、管理、算定の品質保証に関する社内システム等を整備し、モニタリング計画で触れる必要がある。
モニタリング計画の策定	算定対象年度が始まる前にモニタリング計画を策定し、承認を受ける必要がある。
算定精度の向上	制度において求められる算定精度が、現状の算定精度を上回っている場合、計量器の交換等をする必要がある。
排出量の算定	排出量については、ログブック等に記載された情報をそのまま算定結果として用いてよいとするルールとなった場合は新たにデータを把握する作業は発生せず、集計のみとなる。制度において求められた場合は航海ごとの輸送量等のデータも収集する必要がある。また、EEOI の活用が認められる場合は EEOI の算定を持って排出量の算定に代えられる。
第三者検証の受審	算定結果について第三者検証を受審する必要がある。検証にかかるコストは工数に比例するため、制度で求められる算定精度や証憑として認められるデータソースの種類によって変化する。
排出量の報告	制度で定められたフォーマットに従って、排出量の報告を行なう必要がある。排出量の把握単位（航海ごと、年ごと等）はルールに依存する。

1.4.2.4 その他の排出権取引制度（米国関連制度の調査）

米国における排出量取引関連制度として、連邦政府の酸性雨プログラム及び北東部での NOx 排出量取引プログラムについての概要を調査した。

(1) 酸性雨プログラム（連邦政府）

酸性雨プログラムは、酸性雨の抑制を目的として EPA が 1995 年に導入した対策であり、大規模排出源に対し二酸化硫黄（SO₂）と窒素酸化物（NO_x）の排出抑制を義務付けている。

このうち、SO₂ については、排出量取引制度を導入しており、排出枠の売買、バンキングにより柔軟な削減目標の達成が可能となっている。プログラムは二段階に分けて実施されており、各段階の排出基準の概要は以下のとおりである。

表 1.4.4 連邦酸性雨プログラムにおける各段階の SO₂ 排出基準

段階	開始年	概要
Phase1	1995	発電施設に対し、熱入力から以下の割り当て量を配分 2.5 ポンド SO ₂ /mmBtu×ベースライン mmBtu ※ベースラインは、1985-1987 年の平均化石燃料消費量 ※主に石炭発電所に設置された 445 施設が対象
Phase2	2000	25MW 以上の発電能力を持つ既存施設及びすべての新施設に対し、熱入力から以下の割り当て量を配分 1.2 ポンド SO ₂ /mmBtu×ベースライン mmBtu ※石炭、石油、ガスを用いた工場で合計 2000 施設が対象

（出典：EPA Acid Rain Program ウェブサイトより作成）

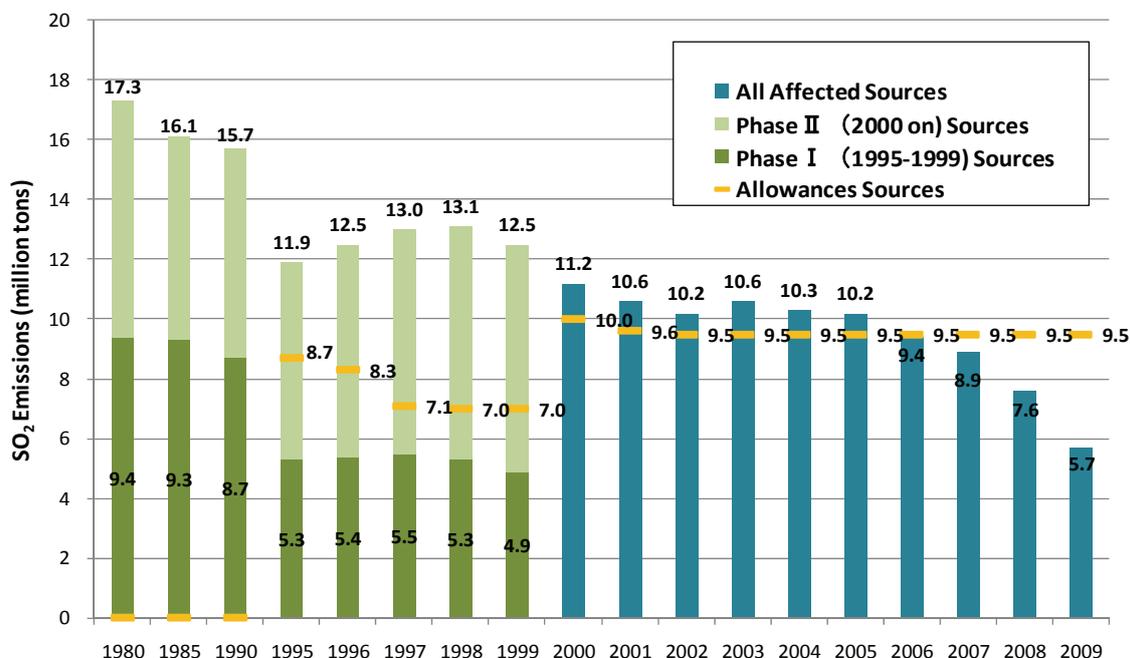


図 1.4.2 酸性雨プログラムの対象施設からの SO₂ 排出量

（出典：“Acid Rain Program 2009 Progress Reports”, EPA より作成）

2009年には毎年の排出枠である9.5百万tと繰り越された排出枠8.5百万tの合計18百万tに対し、排出実績が5.7百万tにとどまったため、大幅に余剰が生じた。2010年からは全施設に対する割り当て総量の上限を895万tに制限しているが、現在の排出量はそれをも下回っている。

本制度は、過去の実績に基づくベースラインとしての熱入力量から排出総量として枠をあらかじめ割り当てるCap&Tradeの制度である。

(2) NOx 排出量取引プログラム（北東部）

NOx 排出量取引プログラムは、地上レベルオゾン（スモッグ）の主要な構成要素であるNOxの夏季の排出量を抑制することを目的に1999年に設けられた制度である。

当初のプログラム（Ozone Transport Commission（OTC）NOx Budget Program）は、大気浄化法1990年改正に基づき、北東部の州のNOx排出削減努力を調整するために設置された大気移動委員会（OTC）によって排出枠を設定し、EPAによりプログラムの管理を行うことにより2002年まで実施された。その後、2003年より大気汚染濃度が環境基準を超えている大気環境管理区域において各州が定める環境改善計画（State Implementation Plan（SIP））のもとにEPAが管理する方式に改め、新しいプログラム（NOx Budget Trading Program（SIP Call））に移行し、2008年まで実施された。

同プログラムの概要は下表のとおりである。

表 1.4.5 NOx Budget Trading Program（SIP Call）の概要

項目	概要
対象州 ¹¹	Phase 1 : AL, CT, DC, DE, IL, IN, KY, MA, MD, MI, NC, NJ, NY, OH, PA, RI, SC, TN, VA, WV; Phase 2 : GA, MO
遵守期間	毎年 5/1-9/30
開始年	Phase 1 : 2003/2004 Phase 2: 2007
基準年	1995
プログラム運営者	州及びEPA 州政府：排出量取引制度への参加の選択と施設への排出枠の割り当て EPA：プログラムの管理

（出典：EPA NOx Trading Programs ウェブサイトより作成）

¹¹ AL:アラバマ, CT:コネチカット, DC:ワシントン DC, DE:デラウェア, IL:イリノイ, IN:インディアナ, KY:ケンタッキー, MA:マサチューセッツ, MD:メリーランド, MI:ミシガン, NC:ノースカロライナ, NJ:ニュージャージー, NY:ニューヨーク, OH:オハイオ, PA:ペンシルバニア, RI:ロードアイランド, SC:サウスカロライナ, TN:テネシー, VA:バージニア, WV:ウエストバージニア, GA:ジョージア, MO:ミズーリ

その後、2009年より北部の28州が対象となる以下の3つの要素からなる新制度（Clean Air Interstate Rule: CAIR）が開始されるに伴い、NOx Budget Trading Program（SIP Call）はNOx オゾン季節取引プログラムに移行し、現在にいたっている。なお、CAIRはオゾンと微小粒子状物質（PM2.5）の形成による汚染の抑制を目的としており、このためにNOxとSO2排出量の削減を義務付けている。

- NOx オゾン季節取引プログラム（2009年開始）
- NOx 通年取引プログラム（2009年開始）
- SO2 取引プログラム（2010年開始）

NOx オゾン季節取引プログラム及びNOx 通年取引プログラムにおいては、対象となる発電施設に対し、事前に以下のようにEPAが割り当て量を決定している。なお、州政府が削減目標を達成するために作成した環境改善計画（SIP）がEPAに承認された場合にはその割り当て量を用いることとなる。

$$\text{施設のNOx 割り当て量} = \text{州での対象施設全体の熱入力量に占める当該施設の割合} \\ \times \\ \text{州全体のNOx 排出枠}$$

なお、現行の規則に関しては2008年にワシントンDCの連邦控訴裁判が無効の決定を下したが、その後差し戻されており、2012年に新しい規則に置き換わる予定となっている。

本制度も、過去の実績に基づくベースラインとしての熱入力量から排出総量として枠をあらかじめ割り当てるCap&Trade制度である。

1.5 国際海運のエネルギー効率向上対策の費用対効果に関する調査研究

【詳細については、報告書「国際海運における排出量取引制度関連調査研究」を参照】

1.5.1 調査研究の目的及び概要

1.5.1.1 調査研究の目的

船舶そのもののエネルギー効率向上による GHG 排出量削減に関する目標については、中国、インド、ブラジル等の途上国が、全ての船舶への一律義務化を基本とする IMO の安全・環境規制の原則を理解しつつも UNFCCC と同様に「共通だが差異ある責任 (CBDR) の原則」を主張することから調整が難航している。

この様な中、ノルウェーは、MEPC59 に限界削減費用 (Marginal Abatement Cost) 曲線を使用し費用ベースで他セクターと同等となる目標値の算定手法を提案するとともに、MEPC 60 に当該手法により算定した排出削減目標を提案した。排出削減目標の算定手法自体は他セクターと同等となる目標設定を実現するものであり、途上国の理解も得られやすく、我が国も含め多くの国々が理解を示したが、実現には IMO と UNFCCC の MAC 曲線の算定方法の相異等技術的に検証すべき課題も存在する。また、削減目標については、IMO GHG Study の MAC 曲線ではなくノルウェー独自の調査に基づく MAC 曲線を使用し算定されており、MAC 曲線の妥当性の検証が必要である。

一方、海運サイドとしては、ハード面でのエネルギー効率向上対策の導入に際し、イニシャルコストとランニングコストの双方を考慮してその費用対効果を検討する必要があるが、例えば GHG 排出量取引価格、燃料課金からの還付金等様々な経済的手法の導入が検討されている中、これらの影響によりその費用対効果は大きく変動する。このため個別船舶が対策を導入する際の判断材料として、これを考慮したライフサイクルにおける費用対効果(設備投資経済性)の評価手法の検討も必要である。

以上を鑑み、MAC 曲線を用いた国際海運のエネルギー効率向上対策による排出削減目標の検討及び個別船舶におけるエネルギー効率向上対策の設備投資経済性評価手法の検討を行うことにより、費用対効果も考慮した合理的な国際海運のエネルギー効率向上対策の実現に資することを目的として調査を実施した。

1.5.1.2 調査の概要

本年度の調査研究の概要は以下のとおりである。

(1) 国際海運分野の MAC 曲線の算出(update)

IMO GHG Study(MEPC 59/INF.10)の MAC 曲線に EEDI 効率改善の日本提案(MEPC 60/4/36)に記載のエネルギー効率向上対策を適用し、UNFCCC が使用する気候変動に関する政府間パネル(IPCC)の MAC 曲線と同じ前提条件による 2030 年時点の MAC 曲線を算出する。また、算出した MAC 曲線と IMO GHG Study のオリジナルの 2020 年時点の MAC 曲線及びノルウェー提案(MEPC 60/4/23)の 2030 年時点の MAC 曲線を比較する。

(2) EEDI 対象の主要船種毎の MAC 曲線の算出

(1)と同様の方法及び造船所等での現地調査により、EEDI 対象の Dry cargo carrier(Bulker 相当)、Tanker 及び Container の 2030 年時点の MAC 曲線を算出する。

(3) MAC 曲線を用いた国際海運のエネルギー効率向上対策による排出削減目標の検討

上記(1) 及び(2) による MAC 曲線及び IPCC 第 4 評価報告に記載の UNFCCC が使用する MAC 曲線を使用し、MAC ベースで他セクターと同等となる国際海運全体及び上記(2) の EEDI 対象船舶の 2030 年時点の排出削減目標(同じ MAC におけるシナリオ排出量に対する削減割合)を検討し、他セクターと国際海運の排出削減目標の関係を示す。

(4) 個別船舶におけるエネルギー効率向上対策の設備投資経済性の評価手法の検討

IMO で議論されている経済的手法の影響による価値変動を考慮したエネルギー効率向上対策の設備投資経済性の評価手法(投下資本利益率法、正味存在価値法等)の検討を行う。

1.5.2 IMO 作成の国際海運分野の GHG 排出量予測及び GHG 排出削減費用曲線の検証

1.5.2.1 基礎データと計算方法の検証

1.5.2.1.1 船種／サイズの種類

IMO GHG Study では、表 1.5.1 に示す通り、対象とする船舶を船種／サイズに従って 70 種に分類をしている。それぞれの船種／サイズは、Ocean-going、Coastwise、Non-transport という区分に分けられている。MAC 曲線の算定は、表 1.5.1 の No.1 から No.53 までの船種／サイズが対象である。

IMO GHG Study の推計による 2007 年における燃料消費量は、全対象船舶で約 3 億 3,249 万トンである。上記の MAC 曲線の算定対象船種による燃料消費量は、全体の約 86%の 2 億 8,434 万トンである。また、タンカー、バルカー、コンテナ船は、それぞれ 7,549 万トン (23%)、5,489 万トン (17%)、7,223 万トン (22%) の燃料消費量である。図 1.5.1 は、その内容を示している。

表 1.5.1 IMO GHG Study における船種／サイズの種類

No.	船種	サイズ・タイプ	種別	MACC
1	Crude oil tanker	200,000+ dwt	O	○
2		120-199,999 dwt	O	○
3		80-119,999 dwt	O	○
4		60-79,999 dwt	O	○
5		10-59,999 dwt	O	○
6		-9,999 dwt	C	○
7	Products tanker	60,000+ dwt	O	○
8		20-59,999 dwt	O	○
9		10-19,999 dwt	O	○
10		5-9,999 dwt	C	○
11		-4,999 dwt	C	○
12	Chemical tanker	20,000+ dwt	O	○
13		10-19,999 dwt	O	○
14		5-9,999 dwt	C	○
15		-4,999 dwt	C	○
16	LPG tanker	50,000+ cbm	O	○
17		-49,999 cbm	C	○
18	LNG tanker	200,000+ cbm	O	○
19		-199,999 cbm	O	○
20	Other tanker		C	○
21	Bulk	200,000+ dwt	O	○
22		100-199,999 dwt	O	○
23		60-99,999dwt	O	○
24		35-59,999 dwt	O	○
25		10-34,999 dwt	O	○
26		-9,999 dwt	C	○
27	General cargo	10,000+ dwt, -99 teu	O	○
28		5-9,999 dwt, -99 teu	C	○
29		-4,999 dwt, -99 teu	C	○
30		10,000+ dwt, 100+ teu	O	○
31		5-9,999 dwt, 100+ teu	C	○
32		-4,999 dwt, 100+ teu	C	○
33	Other dry	Reefer	C	○
34		Special	C	○
35	Container	8,000+ teu	O	○
36		5-7,999 teu	O	○
37		3-4,999 teu	O	○
38		2-2,999 teu	O	○
39		1-1,999 teu	C	○
40		-999 teu	C	○
41	Vehicle	4,000+ ceu	O	○
42		-3,999 ceu	O	○
43	Roro	2,000+ lm	O	○
44		-1,999 lm	C	○
45	Ferry, Pax only	25kn+	C	○
46		<25kn	C	○
47	Ferry, RoPax	25kn+	C	○
48		<25kn	C	○
49	Cruise	100,000+ gt	C	○
50		60-99,999 gt	C	○
51		10-59,999 gt	C	○
52		2-9,999 gt	C	○
53		-1,999 gt	C	○
54	Yacht		N	×
55	Offshore	Crew/Supply Vessel	N	×
56		Platform Supply	N	×
57		Tug/Supply Ship	N	×
58		Anchor Handling T/S	N	×
59		Support/Safety	N	×
60		Pipe(various)	N	×
61	Service	Research	N	×
62		Tug	N	×
63		Dredging	N	×
64		SAR & Patrol	N	×
65		Workboats	N	×
66		Other	N	×
67	Misc	Fishing	N	×
68		Trawlers	N	×
69		Other fishing	N	×
70		Other	N	×

種別 O : Ocean-going shipping
 C : Coastwise shipping
 N : Non-transport shipping
 (N は予測において C として扱われる)

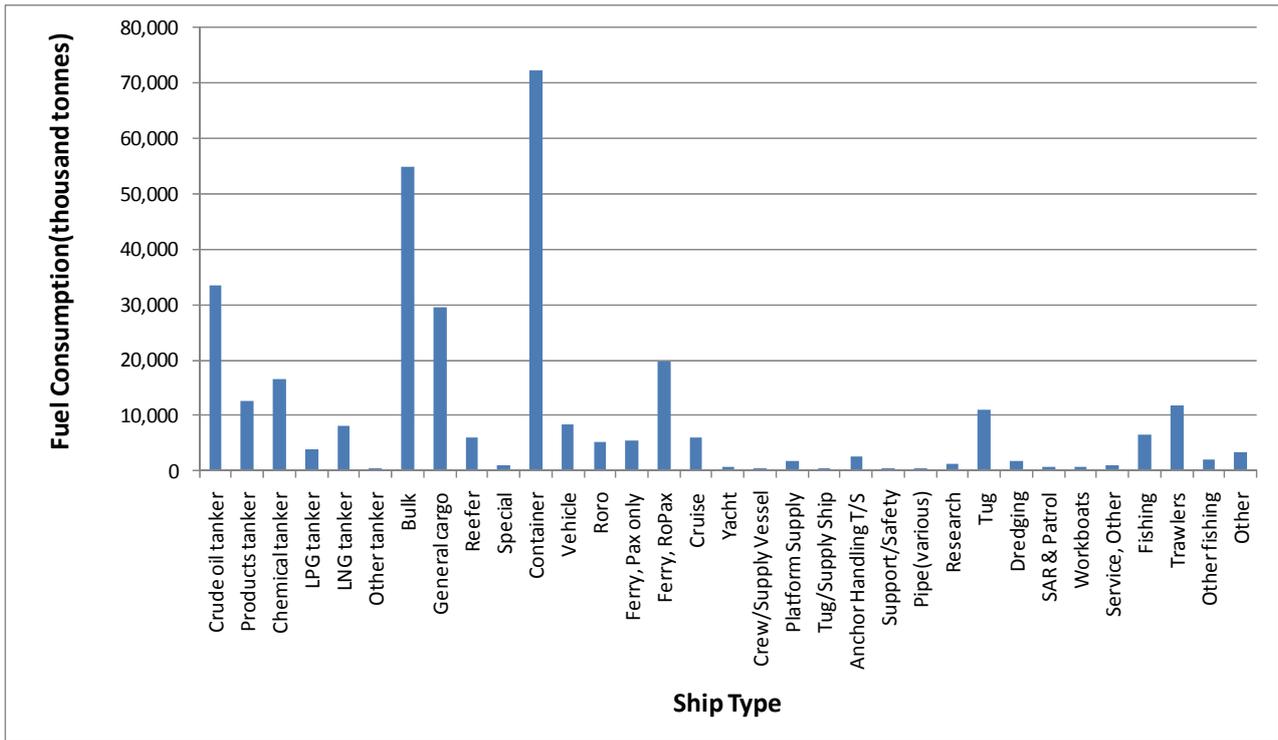


図 1.5.1 IMO の推計による 2007 年の船種別燃料消費量

1.5.2.1.2 船種／サイズ別の船舶数

(1) 船舶数の比較

IMO GHG Study の船種は、統計コードで管理されるような明確な定義が示されていないため、一般に用いられている船種コードである Statcode5 との対応関係を検討し、IMO GHG Study の船種の内容を把握する。Statcode5 は、IHS Fairplay 社が管理する船種コードである。Statcode5 は、船舶のエネルギー効率設計指標 (EEDI) を算出する際の船種分類を規定することにも使用されているため、Statcode5 と IMO GHG Study の船種分類の関係を把握することは有用となる。また、IHS Fairplay 社は、個別船舶の IMO 番号を管理しており、個別船舶の IMO 番号に Statcode5 を割り当てているため、IMO GHG Study の船種分類と Statcode5 の対応関係が構築できることで、個別船舶の分析を IMO GHG Study と関連付けて検討可能となる。

本調査では、Appendix 2.1 に示す IMO GHG Study の船種分類と Statcode5 の対応関係を設定した。図 1.5.2 は、その対応関係に従って、IMO GHG Study と IHS Fairplay 社の 2007 年船舶数について、MAC 曲線の算定対象船種を比較している。両者に大きな相違がないため、設定した対応関係に大きな問題はないと言える。また、Appendix 2.1 に示すように、MAC 曲線の算定対象船種と EEDI ガイドラインの対象船種は、大きな相違がないと言える。ただし、Statcode5 が B35E2TF (Bunkering tanker)、A31A2GE (General cargo ship, self-discharging)、A33A2CR (Container ship, fully cellular with ro-ro facility) である船舶は、EEDI ガイドラインに明記されていない。これらの内、Bunkering tanker は、IMO GHG Study に含まれることが明記されているが、他の 2 種は不明である。本調査は、IMO GHG Study の船舶数を使用して分析を進めるため、タンカーと記述した場合、Bunkering tanker を含めた分析であることが EEDI ガイドラインと異なる。

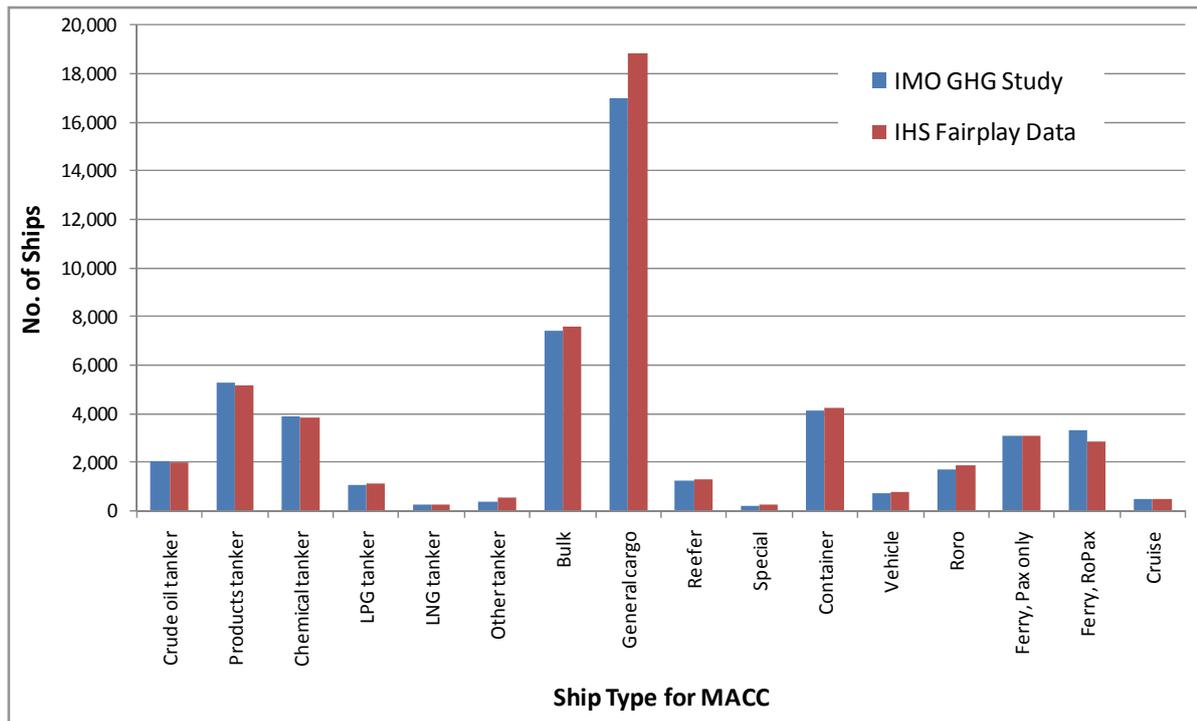


図 1.5.2 IMO GHG Study と IHS Fairplay 社の 2007 年船舶数の比較

(2) 将来の船舶数予測値

IMO GHG Study は、2007 年の船舶数を基本として、2020 年と 2050 年の船舶数が予測されている。MAC 曲線の算定は、2020 年を対象として行われている。

船舶数の予測値は、輸送需要と減速運航のシナリオにより決定する。MAC 曲線の算定で採用された輸送需要のシナリオは、A1B の中位である。A1B の中位では、2020 年の 2007 年に対する輸送需要が、Ocean-going Shipping と Coastwise Shipping で 1.31 倍、Container で 1.94 倍になる。同様の 2050 年の 2007 年に対する輸送需要は、Ocean-going Shipping と Coastwise Shipping で 2.45 倍、Container で 9.00 倍になる。また、MAC 曲線を算定する際の船舶数予測値は、減速運航は実施されないシナリオに基づく隻数を基本としている。ただし、減速運航は、GHG 削減対策の一つとして取り上げており、減速運航に伴う船舶数の変化の計算方法が、後述するように示めされている。

図 1.5.3 は、IMO GHG Study で使用される 2007 年の船舶数と、上記の 2020 年の船舶数を示している。また、図 1.5.3 は、2020 年から 2050 年の間に船舶数が線形的に変化することを仮定して、2030 年の船舶数を示している。最近の研究では、2030 年を対象にした MAC 曲線の算定が行われているため、この 2030 年の船舶数を用いた MAC 曲線の算定を 1.5.3.2 節で行う。尚、IMO GHG Study においても、2007 年から 2020 年までの船舶数は、線形に変化することを仮定している。船種／サイズ別の船舶数は、その多くが線形的に増加することが予測されている。最も増加率が大きな船種／サイズは、LNG Tanker (200,000 + cbm) が 4 隻から 100 隻に増加する点である。次に、Container(8,000+ teu)が 118 隻から 953 隻に増加する点である。12 の船種／サイズでは、船舶数が線形的に減少することが予測されている。特に、一番の減少率である船種／サイズは、Chemical tanker(-4,999dwt)であり、2020 年の船舶数 (1,659 隻) が 2007 年の船舶数 (912 隻) に比べ約 0.55 倍で減少する。2020 年から 2050 年の船舶数では、IMO GHG Study において、すべての船種／サイズが増加することが予測されている。

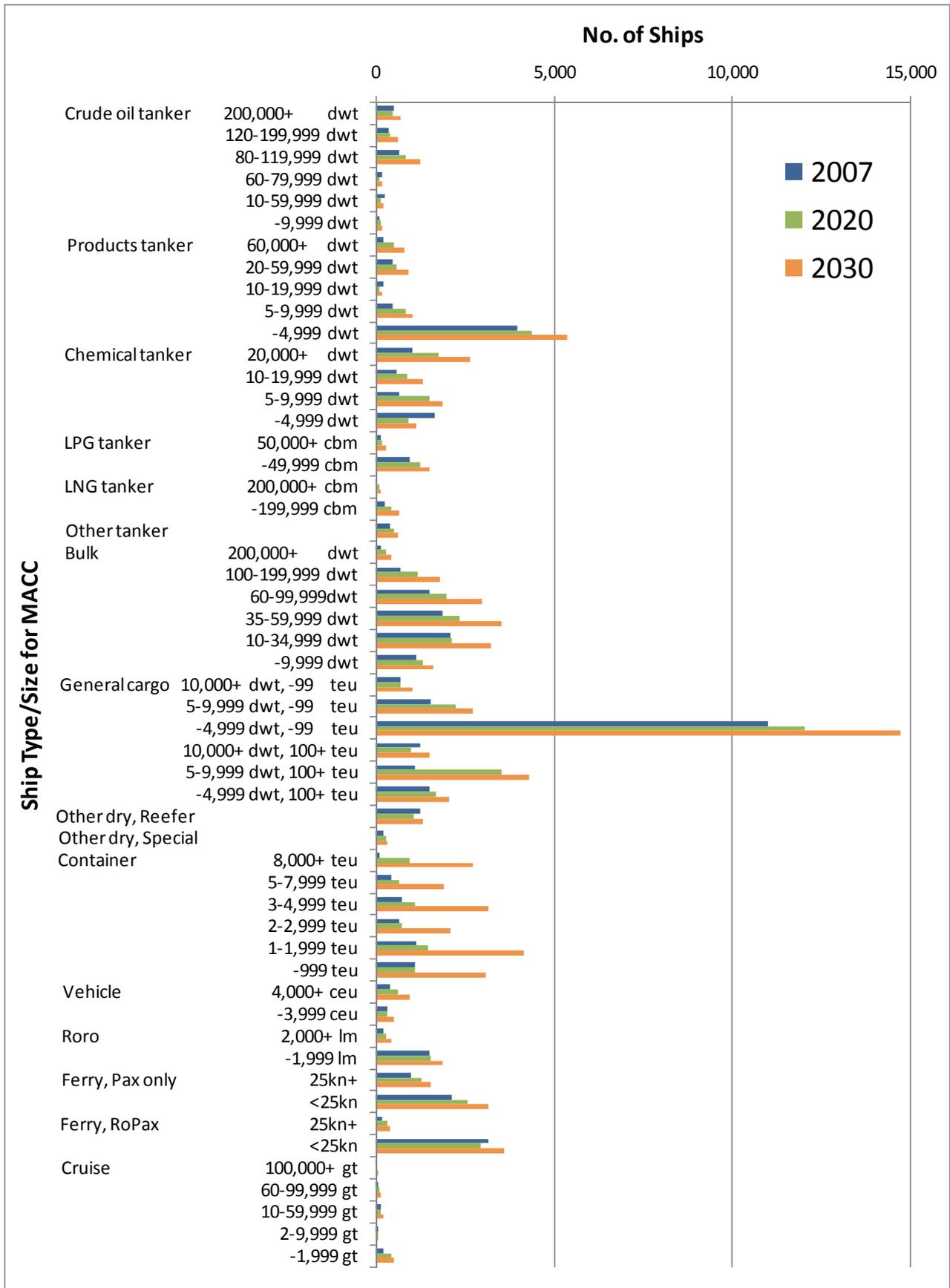


図 1.5.3 船種／サイズ別の船舶数

(3) 新造船と既存船の船舶数予測値

IMO GHG Study では、2020 年の MAC 曲線の算定が、上記の 2020 年の船舶数に基づき 2007 年を基準年として行われる。GHG 削減対策は、船舶の建造時のみ適用可能なものが存在するため、船舶数は、2007 年以降で新規に建造される船舶数（新造船）と、2007 年以前に建造された船舶数（既存船）に分離する必要がある。IMO GHG Study では、新造船と既存船の区分のため、以下の仮定が設定されている。

- ① 2007 年において、新造船は行われぬ。
- ② 船種／サイズ別の船舶数は、2007 年と 2020 年間で線形に増加もしくは減少する。
- ③ 船齢が 30 年になる船舶は、31 年目になった時に使用されない。
- ④ 2007 年において、船舶の船齢は、1 年から 30 年に均一に分布する。つまり、2007 年における船舶数の 1/30 の船舶が、それぞれ船齢 1 年、船齢 2 年、．．．、船齢 30 年である。

以上の仮定では、13/30 (=0.43) 倍以上に、2007 年から 2020 年に船舶数が減少する場合に、船舶数を算定できない。これに当てはまる Chemical tanker(-4,999dwt)では、2007 年以降で新造船が存在しないことが設定されている。

①から④の仮定に基づき、船舶数を算定した結果が、図 1.5.4 と図 1.5.5 である。図 1.5.4 では、各年での新造船と既存船を示している。図 1.5.5 では、2007 年時点での既存船の変化と 2007 年からの新造船の累積値を各年で示している。図 1.5.5 でから新造船にのみ適用可能な GHG 削減対策は、2020 年時点では、全体の船舶数に対して約半数の船舶に適用可能となる。

(4) GHG 削減対策の適用船舶数

上記の仮定では、新造船と既存船の他に船齢分布が決定される。この船齢分布と GHG 削減対策の耐用年数によって、対策の対象となる船舶数が決定する。GHG 削減対策は、耐用年数を満期で実施可能な船舶に対して適用されることが仮定されている。そのため、GHG 削減対策の耐用年数の途中で解撤される船舶は、その対策が適用されないとしている。例えば、耐用年数が 10 年である対策は、対策の実施時点で船齢 22 年の船舶には適用されない。図 1.5.6 は、耐用年数 10 年の GHG 削減対策の適用可能な船舶数と対象外になる船舶数を各年で示している。この場合、2007 年時点では、船齢 22 年以上の船舶数は、全体の 9/30 を占め、GHG 削減対策が適用されない。一方、2020 年では、この GHG 削減対策が 2007 年から継続的に実施されていると考えるため、すべての船舶に適用されることになる。また、耐用年数 30 年の対策では、2020 年時点で約 54%の船舶に適用可能となる。

(5) 減速運航による船舶数の変化

IMO GHG Study では、GHG 削減対策の一つとして減速運航を取り上げている。減速運航によって、追加的な船舶が必要なことを仮定しており、これは新造船で賄われることを仮定している。この新造船の隻数は、減速の比率 α を用いて以下の式で算出されている。

$$\text{追加的な新造船隻数} = \frac{1}{1-\alpha} - 1$$

IMO GHG Study で用いられている 10%の減速運航では、約 11%の追加的な船舶を必要とする。

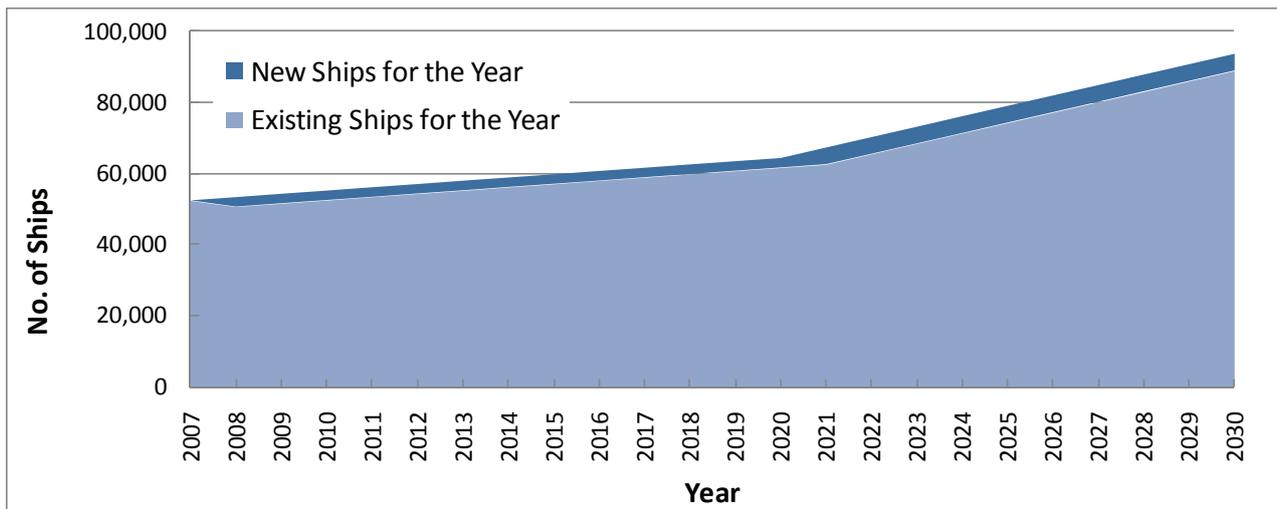


図 1.5.4 各年での新造船と既存船の船舶数の変化 (対象船種合計)

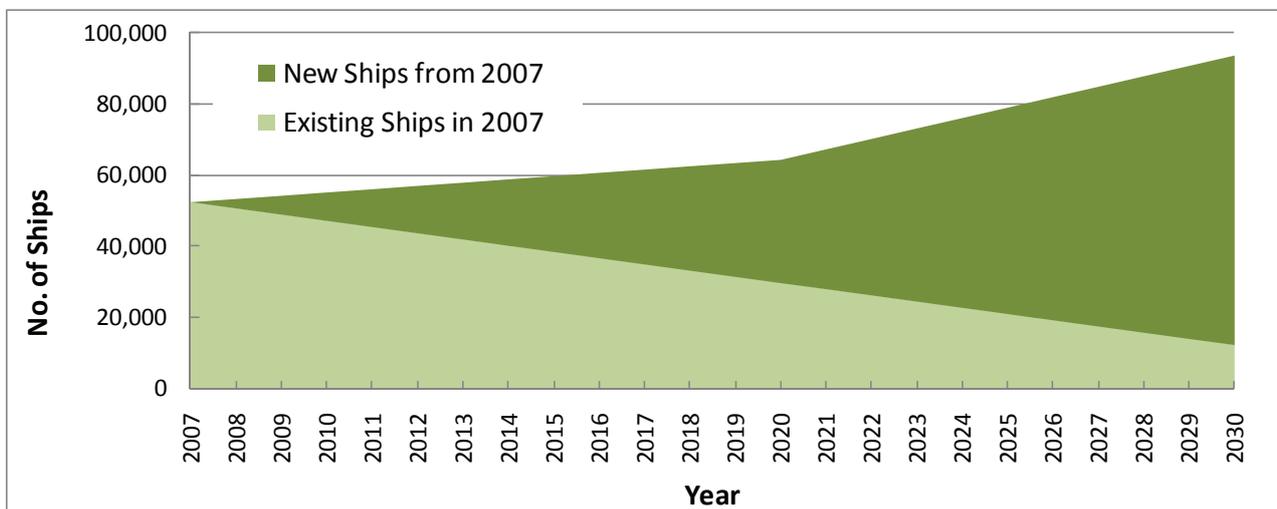


図 1.5.5 2007 年以降での新造船と 2007 年での既存船の船舶数変化 (対象船種合計)

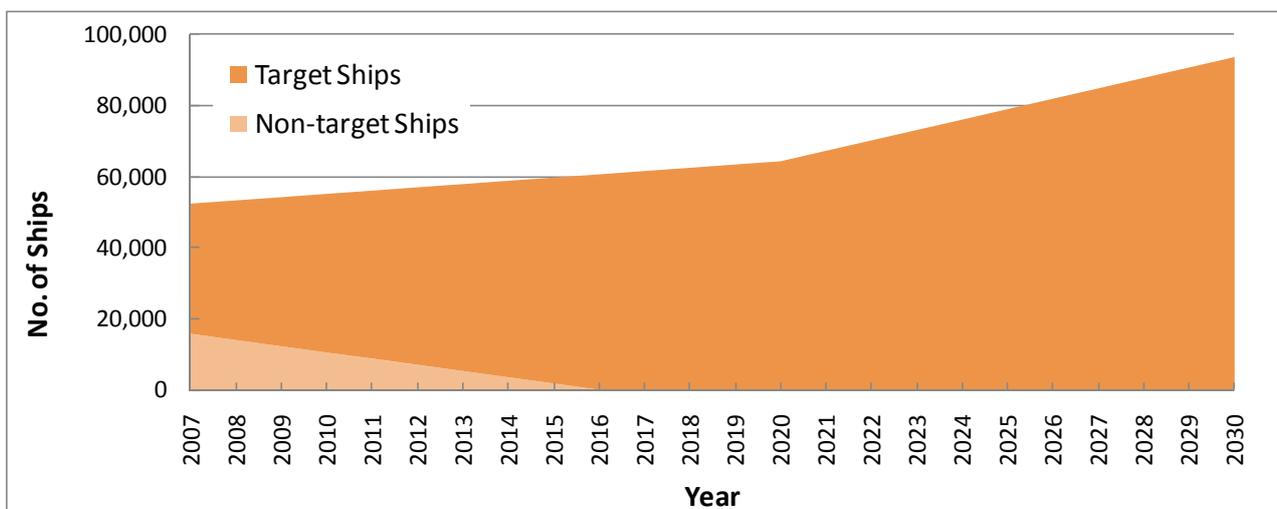


図 1.5.6 耐用年数 10 年の GHG 削減対策の適用船舶数の変化

1.5.2.1.3 GHG 削減費用

(1) GHG 削減対策分類

IMO GHG Study は、相互作用が存在しない 10 の対策分類を以下のように設定している。この分類間では、ある対策の GHG 削減量が、その他の対策の GHG 削減量に影響が存在しないことを仮定している。いくつかの分類内では、さらに細分化された GHG 削減対策項目が存在し、分類内では GHG 削減量が相互に作用する（あの対策が他の対策の GHG 削減量を減少させることや無効にする可能性がある）。1、2、3、4、5、7 の GHG 削減対策分類は、さらに細分化した対策項目が存在し、全体で 25 の GHG 削減対策が検討されている。

- | | |
|----------------------|--|
| 1. プロペラのメンテナンス | (Propeller maintenance) |
| 2. プロペラ及び推進システムの性能向上 | (Propeller/propulsion system upgrades) |
| 3. 船体塗装及びメンテナンス | (Hull coating and maintenance) |
| 4. 航海及び運航面の改善オプション | (Voyage and operations options) |
| 5. 主エンジン改装 | (Main engine retrofit) |
| 6. 船体改造による性能向上 | (Retrofit hull improvements) |
| 7. 補助システム | (Auxiliary systems) |
| 8. その他改造：凧による曳航システム | (Other retrofit options: towing kite) |
| 9. 減速運航 | (Speed reduction) |
| 10. 空気潤滑 | (Air lubrication) |

(2) GHG 削減費用の計算方法

IMO GHG Study では、GHG 削減費用に関する明確な計算方法が示されていないため、本調査で定義する計算方法をここで示す。

GHG 削減費用は、GHG 削減対策の実施に伴う費用と、その対策の実施によって生じる燃料削減の費用（マイナスの費用）で表わせられる。

i 期の GHG 削減費用は、以下の様に表わせる。

$$C_i = MC_i + FC_i$$

ここで、

C_i : i 期の GHG 削減費用

MC_i : i 期の GHG 削減対策費用

FC_i : i 期の燃料削減費用

i 期の GHG 削減費用は、i 期時点での価値であり、割引率（金利）を用いて、基準年である 0 期に現在価値化することが一般的である。

$$C_i^{PV} = \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

ここで、

r : 割引率

C_i^{PV} : 現在価値化した i 期の GHG 削減費用

例えば、基準年を 2007 年（0 期）として、2020 年（13 期）の現在価値化した GHG 削減費用は、以下の様に表わせる。

$$C_{13}^{PV} = \frac{C_{13}}{(1+r)^{13}}$$

i 期の GHG 限界削減費用は、 i 期における GHG 削減量当りの GHG 削減費用であり、以下の様に表わせる。

$$MAC_i = \frac{C_i}{A_i}$$

ここで、

A_i : i 期の GHG 削減量

MAC_i : i 期の限界削減費用

また、現在価値化した i 期の GHG 限界削減費用 MAC_i^{PV} は以下の様に表わせる。

$$MAC_i^{PV} = \frac{C_i^{PV}}{A_i}$$

例えば、IMO GHG Study で使用されている燃料価格（500US\$/Ton Fuel）、排出係数（3.02Ton-CO2/Ton-Fuel）を使用して、基準年を 2007 年とした 2020 年の GHG 限界削減費用は、仮に 2020 年の GHG 削減対策費用が 0 であると、以下の様に試算できる。

$$MAC_{13} = \frac{C_{13}}{A_{13}} = \frac{MC_{13} + FC_{13}}{A_{13}} = \frac{0 - 500 \times A_{13} / 3.025}{A_{13}} = -166 \quad (\text{US\$/Ton-CO}_2)$$

また、この値を IMO GHG Study で使用されている割引率（0.04）を使用して、2020 年の GHG 限界削減費用を 2007 年で現在価値化すると、以下の様に試算できる。

$$MAC_{13}^{PV} = \frac{C_{13}^{PV}}{A_{13}} = \frac{C_{13}}{(1+r)^{13} \cdot A_{13}} = \frac{-166}{(1+0.04)^{13}} = -100$$

以上の試算によって、IMO GHG Study で使用されている燃料価格、排出係数、割引率を使用すると、基準年を2007年とした2020年のGHG限界削減費用は、プラスのGHG削減対策費用が存在するため、非現在価値化の場合で-166、現在価値化の場合で-100よりも大きくなる。

(3) IMO の設定値

IMO GHG Study の基本シナリオでは、燃料価格が500US\$、割引率が0.04に設定されている。その他のIMO GHG Study で設定されているGHG削減対策項目別の緒設定について、概要を表1.5.2に示す。ここで挙げる設定値は、各GHG削減対策項目に関する対象となる船種／サイズ、耐用年数、実施費用、燃料削減率である。各GHG削減対策項目の対象となる船種／サイズは、明確に指定されている。一方、耐用年数と費用については、詳細な内容が示されていない対策が存在する。

燃料削減率と対策費用は、下位値と上位値が設定されている。各GHG削減対策項目では、下位値と上位値の燃料削減率に対して、対策費用の下位値と上位値があるため、限界削減費用は、4通りの推計値が算出される。

表 1.5.2 IMO GHG Study の前提条件

GHG 削減対策分類	GHG 削減対策項目	対象船種/サイズ	
1. プロペラのメンテナンス	1.1 プロペラ性能の監視	全船種	記述なし
	1.2 プロペラのブラッシング (頻度の増加)	全船種	○耐用年数 5年 ○費用 3,000US\$~4,500US\$ ○燃料削減率 0.5%~3%
	1.3 プロペラのブラッシング	全船種	記述なし
2. プロペラ及び推進システムの性能向上	2.1 プロペラ/舵の性能向上	フェリー、クルーズを除く全船種	記述なし
	2.2 プロペラの性能向上(小翼,ノズル)	タンカーのみ	記述なし
	2.3 プロペラボスキャップフィン	全船種	○耐用年数 10年 ○資本費用 価格は主エンジンのkwに正比例し、 20,000US\$ (735kw エンジン) ~146,000US\$(22,050kw エンジン) 維持費用はなし ○燃料削減率 4~5%
3. 船体塗装及びメンテナンス	3.1 船体性能監視	全船種	○耐用年数 5年 ○費用 実施費用: 45,000US\$, 年間運航費用: 5,000US\$ 船種による費用差なし ○燃料削減率 0.5~5%
	3.2 船体塗装1	全船種	○耐用年数 記述なし ○費用 パナマックスバルクの塗装費用を43,000~51,600US\$として、これを基準として他船種は換算 ○燃料削減率 船種毎に異なり、0.4~2.9%程度。
	3.3 船体塗装2	全船種	○耐用年数 記述なし ○費用 パナマックスバルクの塗装費用を221,000~265,200US\$として、これを基準として他船種は換算。 ○燃料削減率 船種毎に異なり、0.8~7.3%程度
	3.4 船体ブラッシング	全船種	○耐用年数 5年 ○費用 実施費用: 26,000US\$~39,000US\$ 船種別に費用が異なる(船体塗料と同様の換算) ○燃料削減率 1~10%
	3.5 船体水圧ブラスト(水中)	全船種	○耐用年数 5年 ○費用 実施費用 33,000US\$~49,500US\$ 船種別に費用が異なる(船体塗料と同様の換算) ○燃料削減率 1~10%
	3.6 ドライドックでの全面ブラスト (スポットブラストの代替)	在来船の全船種	○耐用年数 老朽化した船舶に対し状態修復のため1度のみ 適用される(船齢25年の船舶を想定) ○実施費用 68,000US\$~81,600US\$ 船種別に費用が異なる(船体塗料と同様の換算)

表 1.5.2 IMO GHG Study の前提条件 (続き)

GHG 削減対策分類	GHG 削減対策項目	対象船種/サイズ											
4. 航海及び運航面の改善オプション	4.1 軸出力計 (性能監視)	全船種	○耐用年数 10年 ○費用 26,000US\$~31,200US\$ (出力計購入費) 船種による費用差なし ○燃料削減率 0.5%~2%										
	4.2 燃料消費量計 (性能監視)	全船種	○耐用年数 10年 ○費用 46,000US\$~55,200US\$ (燃料消費計購入費) 船種による費用差なし ○燃料削減率 0.5%~2%										
	4.3 ウェザールーティング	フェリー、クルーズを除く全船種	○耐用年数 記述なし ○費用 800US\$/年~1,600US\$/年 ○燃料削減率 0.1~4%										
	4.4 自動操舵装置の性能向上及び調整	全船種	記述なし										
5. 主エンジン改装	5.1 主エンジンのチューニング	フェリー、クルーズを除く全船種	記述なし										
	5.2 コモンレール改善	全船種	記述なし										
6. 船体改造による性能向上	6.1 サイドスラスト開口部 (流れの最適化、グリッド)	全船種	記述なし										
7. 補助システム	7.1 省エネルギー型低発熱照明	フェリー、クルーズ	記述なし										
	7.2 ポンプ及びファンの回転数制御	全船種	記述なし										
	7.3 出力管理 (新造船に限定)	新造船の全船種	記述なし										
8. その他改造: 風による曳航システム		バルク、タンカー	<table border="0"> <tr> <td>風寸法(m2)</td> <td>320, 1200, 480, 26, 25~35</td> </tr> <tr> <td>エンジン等価出力(kw)</td> <td>640, 2500, 920, 50, 65~85</td> </tr> <tr> <td>価格(千US\$)</td> <td>1280, 4900, 1755, 96, 160~195</td> </tr> <tr> <td>設置費(千US\$)</td> <td>2500, 9600, 2590, 142, 285~335</td> </tr> <tr> <td>オペレーション費(千US\$/年)</td> <td>5000, 19200, 3430, 188, 445~515</td> </tr> </table>	風寸法(m2)	320, 1200, 480, 26, 25~35	エンジン等価出力(kw)	640, 2500, 920, 50, 65~85	価格(千US\$)	1280, 4900, 1755, 96, 160~195	設置費(千US\$)	2500, 9600, 2590, 142, 285~335	オペレーション費(千US\$/年)	5000, 19200, 3430, 188, 445~515
風寸法(m2)	320, 1200, 480, 26, 25~35												
エンジン等価出力(kw)	640, 2500, 920, 50, 65~85												
価格(千US\$)	1280, 4900, 1755, 96, 160~195												
設置費(千US\$)	2500, 9600, 2590, 142, 285~335												
オペレーション費(千US\$/年)	5000, 19200, 3430, 188, 445~515												
9. 減速運航		フェリー、クルーズを除く全船種	○耐用年数 該当せず ○費用 燃料を除く運航費用 6,000~8,000 US\$/日 ○燃料削減率 10%										
10. 空気潤滑		新造船の以下の船種/サイズ 原油タンカー(>6万DWT) バルク(>6万DWT) LPGタンカー(>5万m3) LNGタンカー コンテナ船(>2000teu)	○耐用年数 30年 ○費用 実施費用 従来新造船価格の2~3% 運用費用 一日当たり0.3~0.5Tonの燃料増加 ○燃料削減率 タンカー、バルク 5~15% コンテナ 2.5~9%										

1.5.2.2 GHG 排出量予測及び GHG 限界削減費用曲線の再現

1.5.2.2.1 GHG 排出量予測

IMO GHG Study では、船舶数の予測と対応して、GHG 排出量に関しても 2007 年の推計と、2020 年、2050 年の予測が行われている。IMO GHG Study における GHG 排出量とは、CO2 排出量を対象としている。図 1.5.7 は、2007 年、2020 年、2030 年の船種／サイズ別の GHG 排出量を示している。MAC 曲線の算定対象となる船種／サイズでは、2007 年に 8 億 7 千万トンの GHG 排出が推計されている。また、MAC 曲線の算定に用いられているシナリオでは、2020 年に全対象船で 12 億 6 千万トンの GHG 排出が予測されている。この内、タンカーが 3 億トン、バルカーが 2 億 2 千万トン、コンテナ船が 4 億 6 千万トンの GHG 排出量である。

船舶数と同様に、2030 年の GHG 排出量は、2020 年から 2050 年の間は、船種／サイズ別に線形で増加することを仮定して算出している。

尚、本調査では、IMO GHG Study では明示されていない、MAC 曲線算定シナリオの GHG 排出量のデータを別途入手し、解析を進めている。IMO GHG Study では、2020 年の GHG 排出量が 12 億 5 千万トンと記されており、本調査のデータと大きな相違はない。

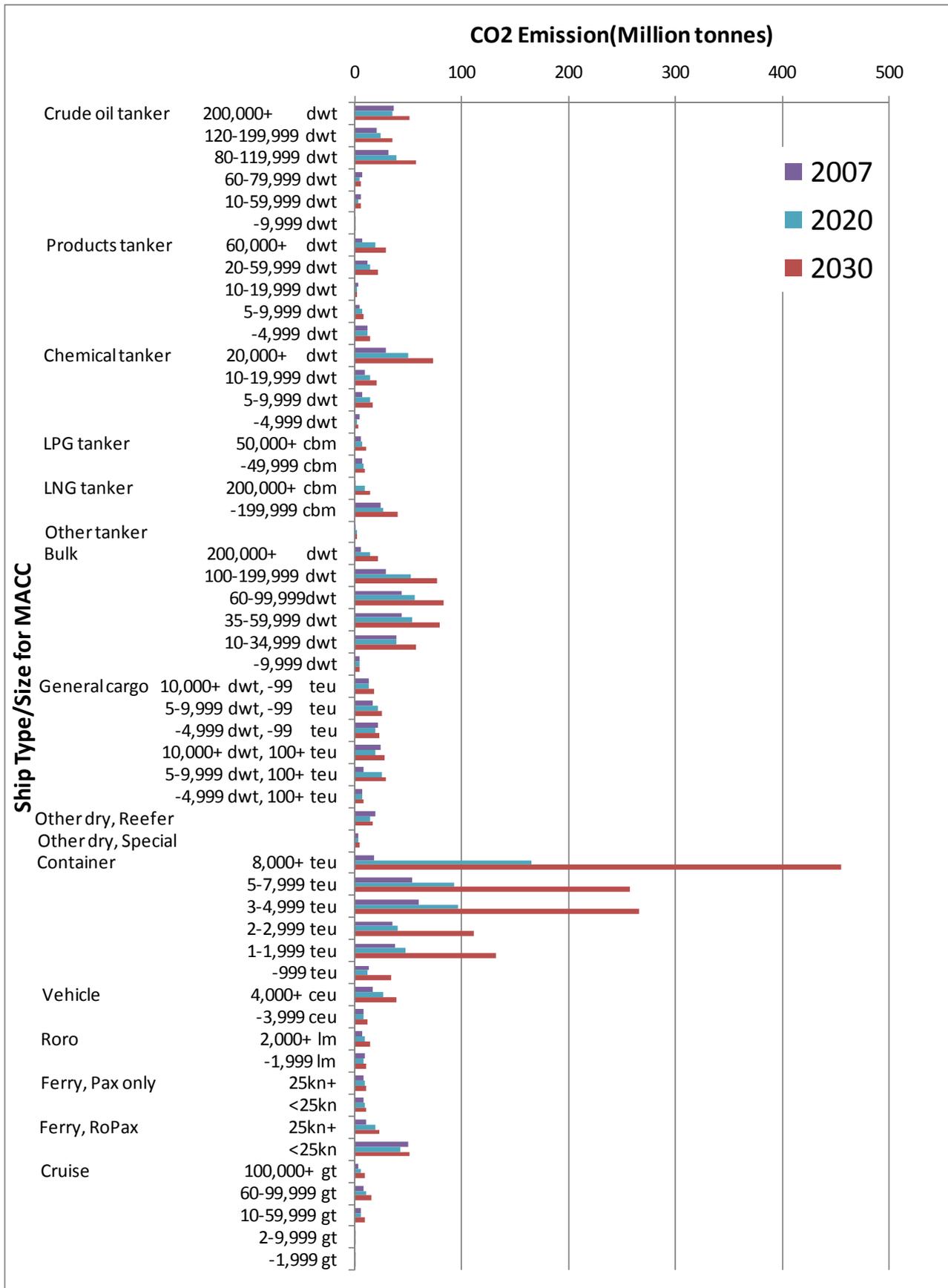


図 1.5.7 船種/サイズ別の GHG 排出量

1.5.2.2.2 GHG 限界削減費用曲線

(1) GHG 削減量と削減費用の算定

IMO GHG Study では、2020 年を対象として、MAC 曲線の算定が行われる。表 1.5.3 は、IMO GHG Study で示される GHG 削減対策分類別の GHG 削減可能量と限界削減費用を示している。1.5.2.1.3 節で試算した通り、-100US\$/t よりも小さい限界削減費用は、現在価値化が行われていないと考えられる。IMO GHG Study の限界削減費用は、-100US\$/t よりも小さい項目が多数存在するため、本調査では現在価値化が行われていないと判断した。

また、表 1.5.4 は、各 GHG 削減対策項目別に、IMO GHG Study で示されている GHG 削減量と限界削減費用を示している。表 1.5.4 の太字は、GHG 削減対策分類の下位値もしくは上位値として採用されたと考えられる値である。また、影付き囲み値は、GHG 削減対策分類での最小値、囲み値は GHG 削減対策分類での最大値を示している。IMO GHG Study における GHG 削減可能量と限界削減費用は、GHG 削減対策分類における最小値と最大値を選択して下位値と上位値とする場合と、何らかの判断によって、いくつかの削減項目を除外して下位値と上位値を選択していると考えられる。特に、「2.プロペラ及び推進システムの性能向上」分類の「2.1 プロペラ舵の性能向上」と「2.2 プロペラの性能向上(小翼ノズル)」において、GHG 削減量下位ケースの限界削減費用が 90～600US\$/t である推計値が除外されている点、また、「4.航海及び運航面の改善オプション」分類の「4.1 軸出力計(性能監視)」と「4.2 燃料消費計(性能監視)」において、GHG 削減量下位ケースの限界削減費用が 70～330 US\$/t である推計値が除外されている点、「7.補助システム」分類の「7.1 省エネルギー型低発熱照明」と「7.3 出力管理(新造船に限定)」の限界削減費用が除外されている点は、MAC 曲線の算定に大きな影響を与える。

以上の下位値と上位値の選択に関する問題は、IMO GHG Study では詳細が不明である。本調査の MAC 曲線の算定では、推計値の選択を後述するように最小値と最大値としている。

表 1.5.3 IMO GHG Study の限界削減費用と GHG 削減可能量

GHG 削減対策分類	GHG 削減可能量 (CO2 トン)	限界削減費用 (米ドル/CO2 トン)
	中位値 (下位値/上位値)	
1. プロペラのメンテナンス	45 (25 / 65)	-75 (-65 / -120)
2. プロペラ及び推進システムの性能向上	50 (45 / 60)	-115 (-70 / -155)
3. 船体塗装及びメンテナンス	40 (15 / 65)	-105 (-65 / -140)
4. 航海及び運航面の改善オプション	25 (5 / 45)	-150 (-140 / -160)
5. 主エンジン改装	5 (1 / 10)	175 (470 / -120)
6. 船体改造による性能向上	30 (10 / 55)	-155 (-140 / -160)
7. 補助システム	5 (2 / 10)	80 (250 / -90)
8. その他改造：帆による曳航システム	70 (40 / 100)	-110 (-75 / -135)
9. 減速運航	100 (90 / 110)	110 (80 / 135)
10. 空気潤滑	20 (10 / 25)	-130 (-90 / -150)

表 1.5.4 IMO GHG Study の GHG 削減対策項目別の GHG 削減量と限界削減費用

GHG 削減対策項目	GHG 削減量 (100 万トン、削減率)				限界削減費用 (US ドル/ton-GHG)			
	GHG 削減量下位 ケース		GHG 削減量上位 ケース		GHG 削減量下位 ケース		GHG 削減量上位 ケース	
	100 万 t	削減率	100 万 t	削減率	低費用 ケース	高費用 ケース	低費用 ケース	高費用 ケース
1.1 プロペラ性能の監視	5.4	0.4%	42.5	3.4%	-135	-130	-160	-160
1.2 プロペラのブラッシング(頻度の増加)	6.2	0.5%	36.7	2.9%	-160	-130	-160	-160
1.3 プロペラのブラッシング	25.4	2.0%	62.8	5.0%	-75	-65	-125	-120
2.1 プロペラ/舵の性能向上	19.7	1.6%	58.5	4.7%	90	120	-80	-70
2.2 プロペラの性能向上(小翼,ノズル)	1.3	0.1%	11.2	0.9%	530	600	-90	-80
2.3 プロペラボスキャップフィン	42.9	3.4%	53.1	4.2%	-155	-150	-155	-155
3.1 船体性能監視	6.2	0.5%	61.2	4.9%	-45	-45	-150	-150
3.2 船体塗装 1	6.6	0.5%	26.1	2.1%	-115	-105	-150	-150
3.3 船体塗装 2	13.2	1.1%	65.3	5.2%	-40	-15	-140	-130
3.4 船体ブラッシング	12.7	1.0%	125.6	10.0%	-95	-65	-155	-150
3.5 船体水圧ブラスト(水中)	12.7	1.0%	125.6	10.0%	-80	-35	-155	-150
3.6 ドライドックでの全面ブラスト	8.2	0.6%	16.1	1.3%	-155	-150	-160	-160
4.1 軸出力計(性能監視)	5.4	0.4%	21.3	1.7%	70	115	-105	-95
4.2 燃料消費量計(性能監視)	5.4	0.4%	21.3	1.7%	245	330	-60	-40
4.3 ウェザールーティング	1.2	0.1%	46.0	3.7%	-130	-100	-165	-160
4.4 自動操舵装置の性能向上及び調整	5.4	0.4%	31.9	2.5%	-140	-140	-160	-160
5.1 主エンジンのチューニング	1.0	0.1%	7.8	0.6%	405	470	-90	-85
5.2 コモンレール改善	1.1	0.1%	5.3	0.4%	25	45	-125	-120
6.1 サイドスラスト開口	10.7	0.9%	53.1	4.2%	-145	-140	-160	-160
7.1 省エネルギー型低発熱照明	0.1	0.0%	0.6	0.0%	385	440	-95	-85
7.2 ポンプ及びファンの回転数制御	2.1	0.2%	10.6	0.8%	210	250	-90	-80
7.3 出力管理(新造船に限定)	0.1	0.0%	0.7	0.1%	100	130	-130	-125
8. その他改造：帆による曳航システム	37.1	3.0%	100.9	8.0%	-85	-75	-135	-130
9. 減速運航	98.7	7.9%	98.7	7.9%	80	135	80	135
10. 空気潤滑	7.5	0.9%	24.4	1.9%	-115	-90	-150	-140

太字：IMO GHG Study の限界削減費用の下位値もしくは上位値

■：GHG 削減対策分類内での最小値

□：GHG 削減対策分類内での最大値

(2) GHG 削減量と削減費用の比較

本調査は、IMO GHG Study に記される前提条件（燃料価格・500US\$）、方法、値から、2020年時点のMAC曲線の再現を行っている。IMO GHG Study に記載されていない費用に関する値は、最終的に示されている限界削減費用から推測した。ここでは、MAC曲線の算定に必要なGHG削減量と限界削減費用について、IMO GHG Studyの結果と本調査の結果を比較する。

図 1.5.8 は、IMO GHG Study と本調査の 2020 年時点での GHG 削減量下位値について、GHG 削減対策項目別に示している。図 1.5.9 は、上位値に関するものである。GHG 削減量は、主に、2020 年時点における対策を適用可能な船舶数と、その対策の CO2 削減率によって決定する。本調査の GHG 削減量の推計値は、多くの GHG 削減対策項目において IMO GHG Study と 1%から 20%程度の相違となる。

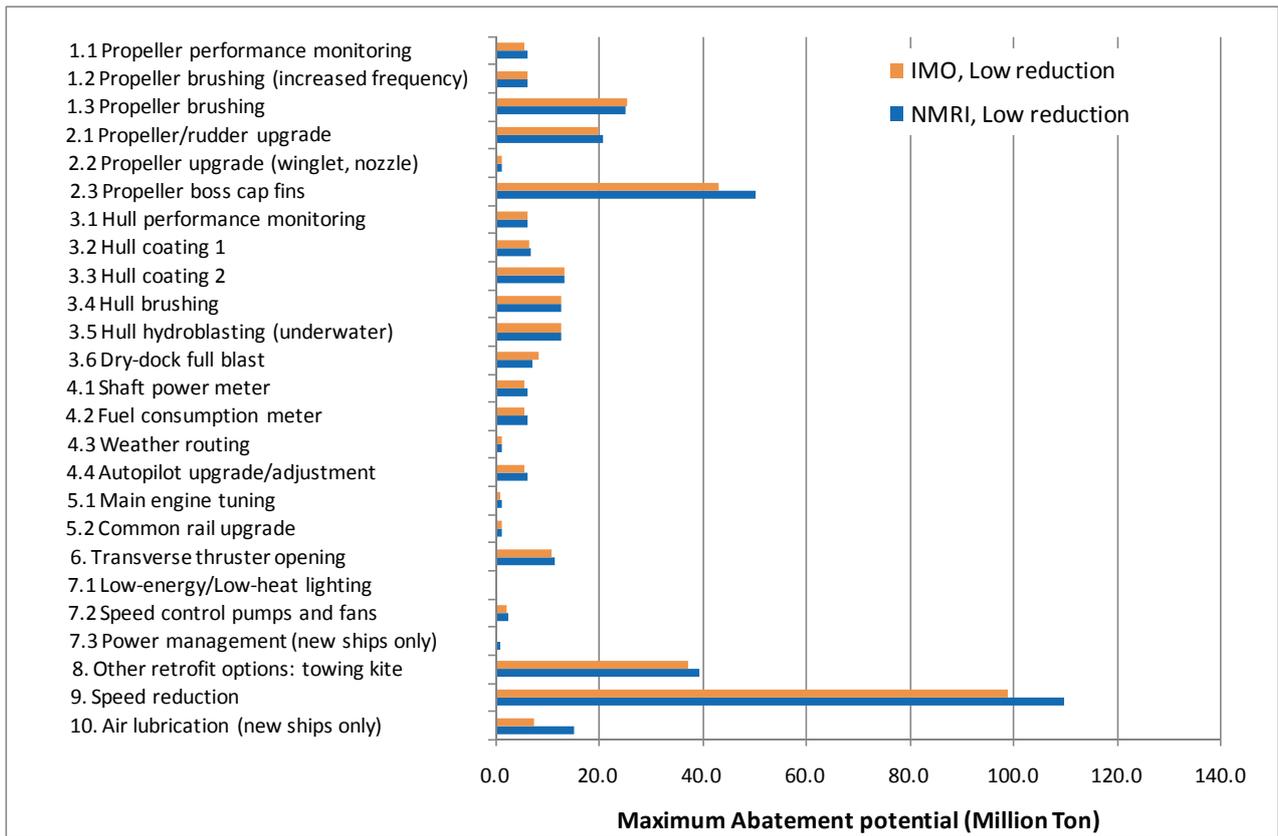


図 1.5.8 IMO GHG Study と本調査の GHG 削減対策項目別の GHG 削減量（下位値）

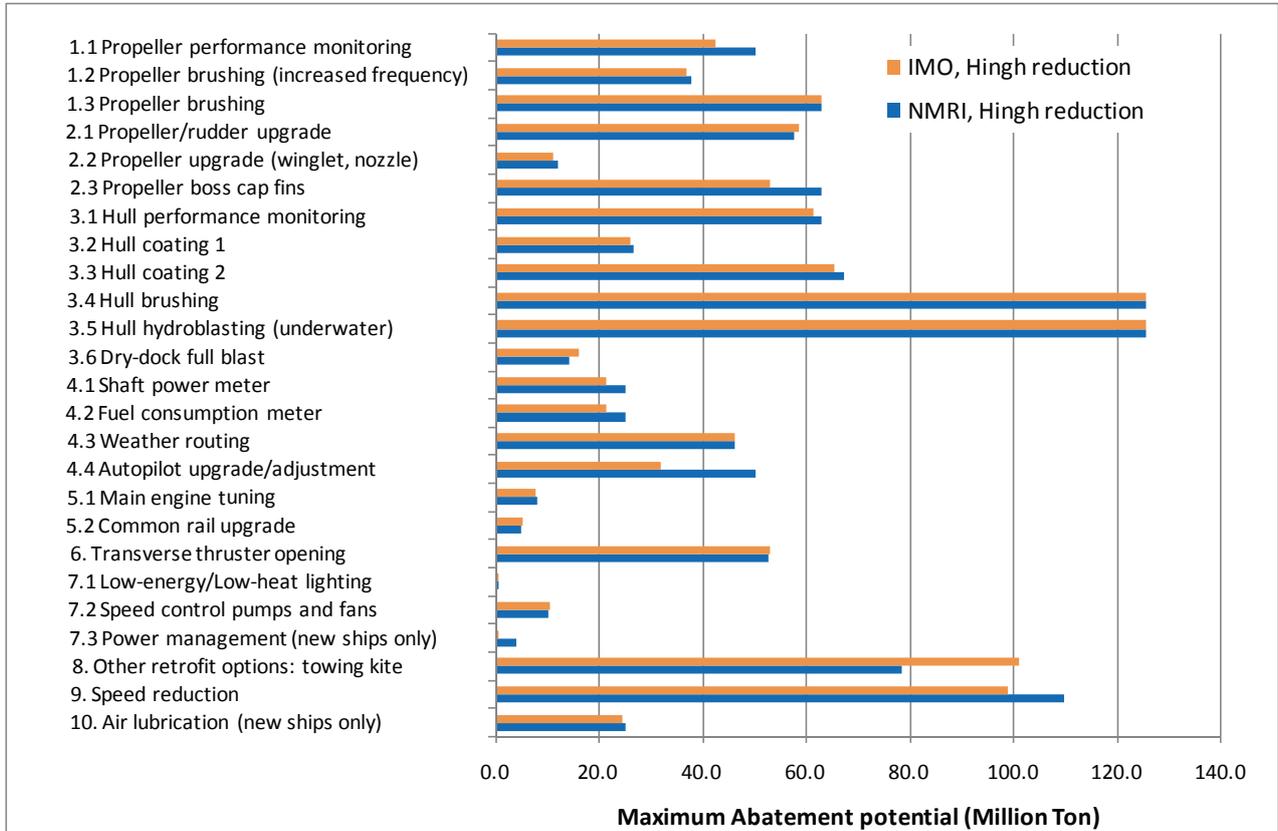


図 1.5.9 IMO GHG Study と本調査の GHG 削減対策項目別の GHG 削減量（上位値）

本調査の推計値が、IMO GHG Study に対して、傾向を持った相違が存在しないため、この相違の原因は明らかになっていない。相違の程度が大きい対策項目は、「7.3 出力管理(新造船に限定)」であり、本調査の推計値が IMO GHG Study の 7 倍（下位値）と 5 倍（上位値）になるが、この対策項目は GHG 削減量が他の対策項目に比べ小さく、MAC 曲線の算出に影響は少ない。また、「10.空気潤滑」の下位値において、本調査の推計値が IMO GHG Study に比べ、2 倍程度の過大推計となっている。上位値については、3%程度の小さな相違であるため、下位値の相違の原因が不明となっている。

図 1.5.10 は、IMO GHG Study と本調査の 2020 年時点での限界削減費用の上位値について、GHG 削減対策項目別に示している。限界削減費用は 4 通り算出される。図 1.5.10 は、GHG 削減量が下位値であり、削減費用が上位値であるケースに基づく、限界削減費用が最も大きくなるケースでの値を示している。図 1.5.11 は、下位値に関するものである。尚、IMO GHG Study では、2020 年時点での各対策の削減費用は示されていないため、限界削減費用で比較を行っている。各削減対策項目の限界削減費用は、上述の各削減対策項目の GHG 削減量と削減費用によって決定する。本調査の GHG 削減量の推計値は、多くの GHG 削減対策項目において IMO GHG Study と 1%から 20%程度の相違となる。限界削減費用の上位値で、20%以上の相違が存在する対策項目は、「1.3 プロペラのブラッシング」、「3.1 船体性能監視」、「3.3 船体塗装 2」、「3.4 船体ブラッシング」、「3.5 船体水圧ブラスト(水中)」、「8.その他改造：帆による曳航システム」、「9.減速運航」である。また、限界削減費用の下位値で、20%以上の相違が存在する対策項目は、「7.1 省エネルギー型低発熱照明」、「7.2 ポンプ及びファンの回転数制御」、「7.3 出力管理(新造船に限定)」、「9.減速運航」である。これらの対策項目の内、「9.減速運航」は、上位値と下位値が共に、IMO GHG Study の推計値を再現できず、それぞれ推計値が 50%と 70%程、過少になっている。他の削減項目は、上位値もしくは下位値の一方で IMO GHG Study と推計値に相違が生じるが、限界削減費用の絶対値は「9.減速運航」に比べ小さく、MAC 曲線の算定には大きな影響は与えない。「9.減速運航」は、費用の設定値に相違があることが考えられるが、この点はさらに詳細な資料入手を行わない限り、原因を特定することは困難である。

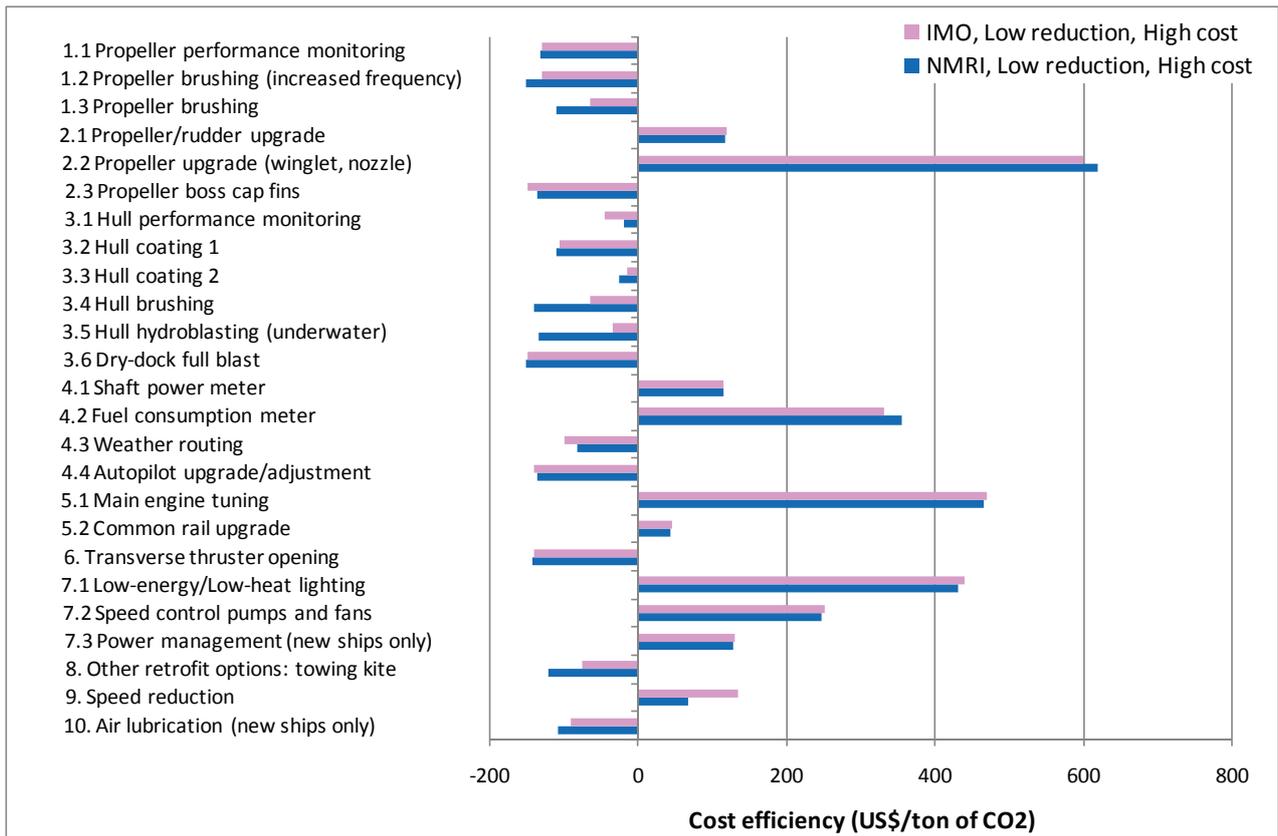


図 1.5.10 IMO GHG Study と本調査の GHG 削減対策項目別の限界削減費用（上位値）

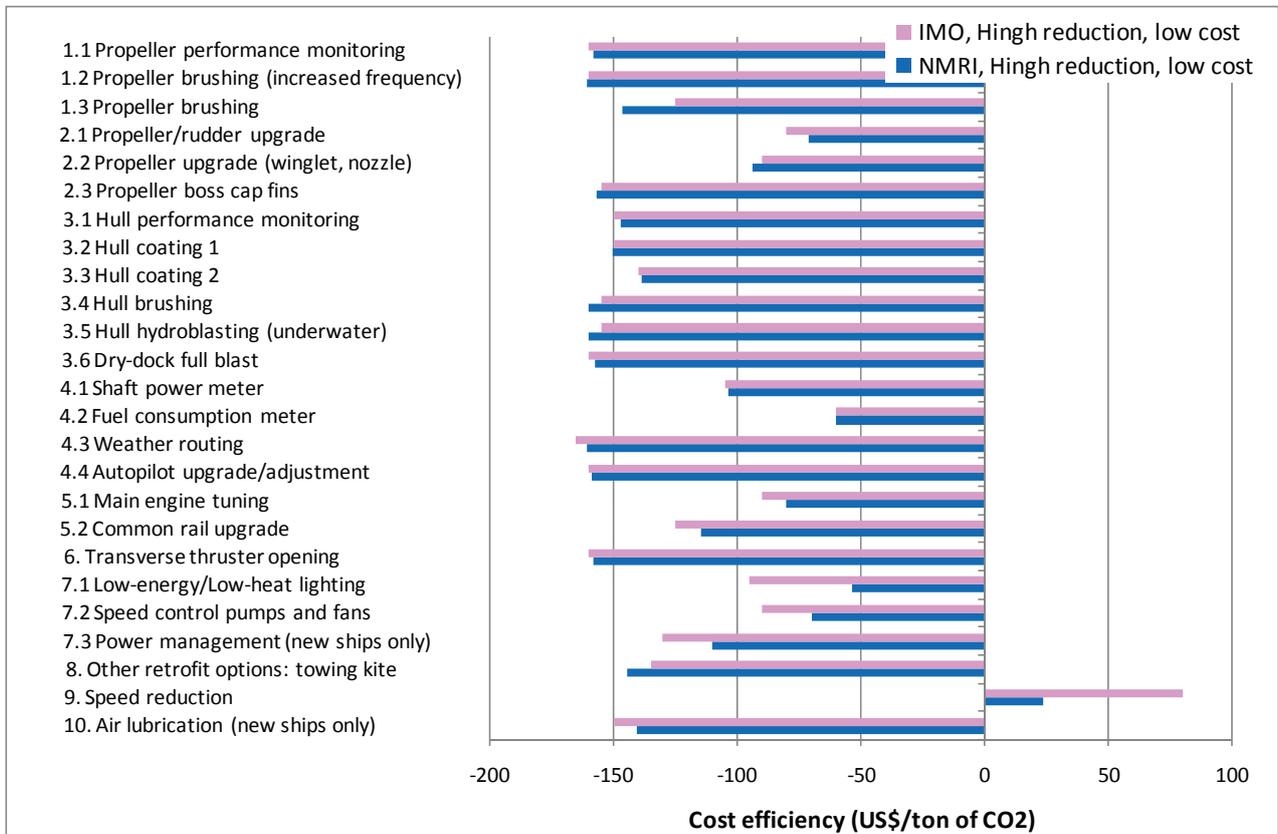


図 1.5.11 IMO GHG Study と本調査の GHG 削減対策項目別の限界削減費用（下位値）

(3) GHG 限界削減費用曲線の比較

本調査研究で得られた GHG 削減量と限界削減費用に基づく MAC 曲線と、IMO GHG Study の MAC 曲線を比較する。本調査の MAC 曲線の算定は、IMO GHG Study と同様に、燃料価格を 500US\$ としている。また、ここでの MAC 曲線の算定では、限界削減費用の現在価値化を行わない。前述した通り、IMO GHG Study では、各 GHG 削減対策分類における削減項目において、上位値と下位値の選択に統一的な方法が存在しない。そのため、本調査の GHG 削減対策分類での上位値と下位値の選択は、影響が大きい対策分類では、IMO GHG Study と同一としている。具体的には、「2.プロペラ及び推進システムの性能向上」、「4.航海及び運航面の改善オプション」、「7.補助システム」において、上位値と下位値となる GHG 削減対策項目の選択を IMO GHG Study と同一とした。他の GHG 削減対策分類における上位値と下位値は、その分類内での最大値と最小値としている。また、本調査では、一貫して上位値と下位値の平均値を中位値としている。

図 1.5.12 は、2020 年時点の対象船舶全体に関する IMO GHG Study の MAC 曲線を示している。図 1.5.13 は、本調査で推計された GHG 削減量と限界削減費用に基づき、上記のような上位値と下位値に関して編集を行った MAC 曲線を示している。

IMO GHG Study の MAC 曲線では、全体で 3 億 9 千万トンの GHG 削減量である。本調査の MAC 曲線では、3 億 8 千 900 万トンの GHG 削減量で両者の相違は小さい。また、GHG 限界削減費用がマイナスとなる効率的に削減可能な量は、IMO GHG Study で 2 億 8 千万トン、本調査で 2 億 6 千 900 万トンであり、大きな相違はない。この際の GHG 削減対策分類は、IMO GHG Study と本調査で一致する。ただし、本調査では個別の GHG 削減対策項目で、IMO GHG Study と最大で 20%程度の相違が存在したため、マイナスの限界削減費用の GHG 削減対策に関する順序は、IMO GHG Study と本調査で異なっている。

プラスの限界削減費用となる GHG 削減対策は、「5.主エンジン改装」、「7.補助システム」、「9.減速運航」であり、IMO GHG Study と本調査は一致する。「5.主エンジン改装」と「7.補助システム」に関しては、IMO GHG Study と本調査の GHG 削減量と限界削減費用に大きな差がない。「9.減速運航」に関しては、GHG 削減量には大きな差がないが、限界削減費用において本調査の推計値が過少となっている。この点は、上述した通り、別途詳細な検討が必要であるが、全体としては本調査の MAC 曲線の算定が、IMO GHG Study の MAC 曲線を再現可能と言える。

図 1.5.14 は、IMO GHG Study における各 GHG 削減対策項目の削減量と限界削減費用について、最大値と最小値となる推計値を選択し、GHG 削減対策分類の上位値と下位値とした場合の MAC 曲線を示している。図 1.5.15 は、同様の作業を本調査の推計値で行い、得られた MAC 曲線である。両者の MAC 曲線に関しての相違は、前述の「9.減速運航」によるものと同様である。GHG 削減対策分類での最大値と最小値から、限界削減費用の中位値を算出することで、「4.航海及び運航面の改善オプション」の限界削減費用がプラスとなる。この点は、IMO GHG Study と本調査で共通している。

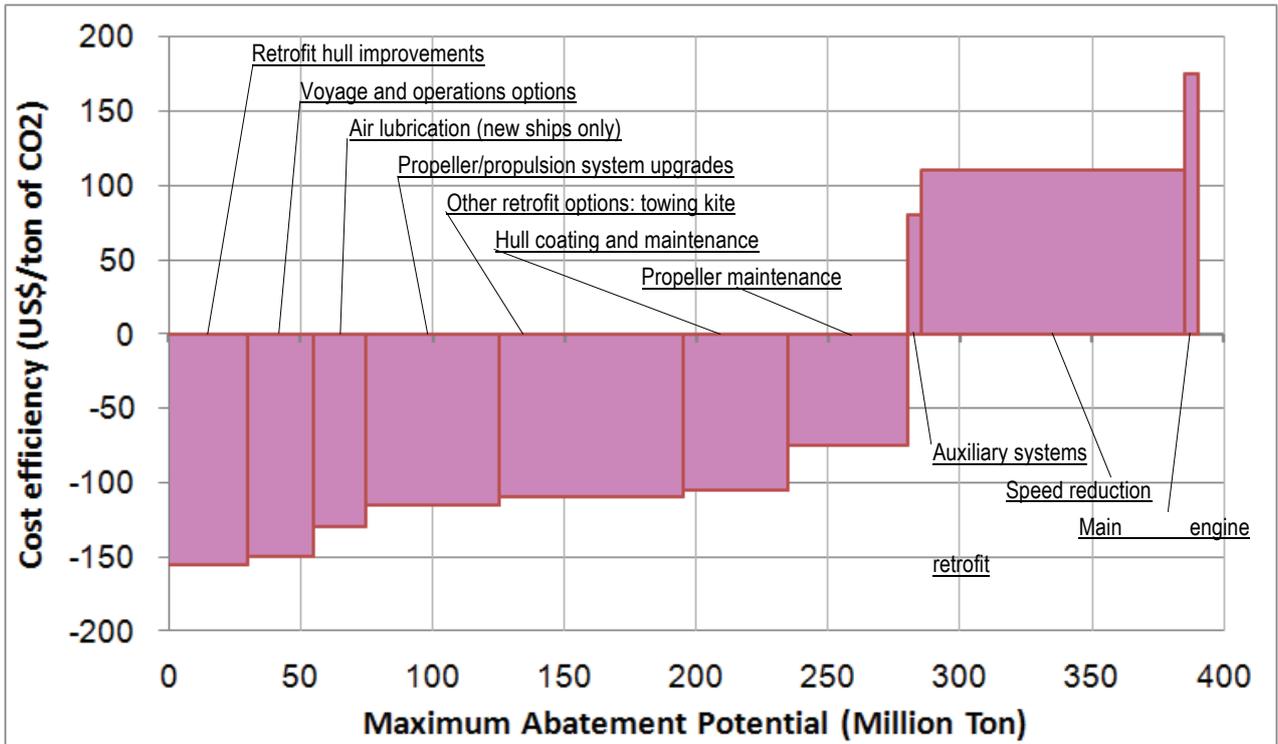


図 1.5.12 IMO GHG Study の GHG 限界削減費用曲線
(2020 年、船種合計、燃料価格 500 ドル)

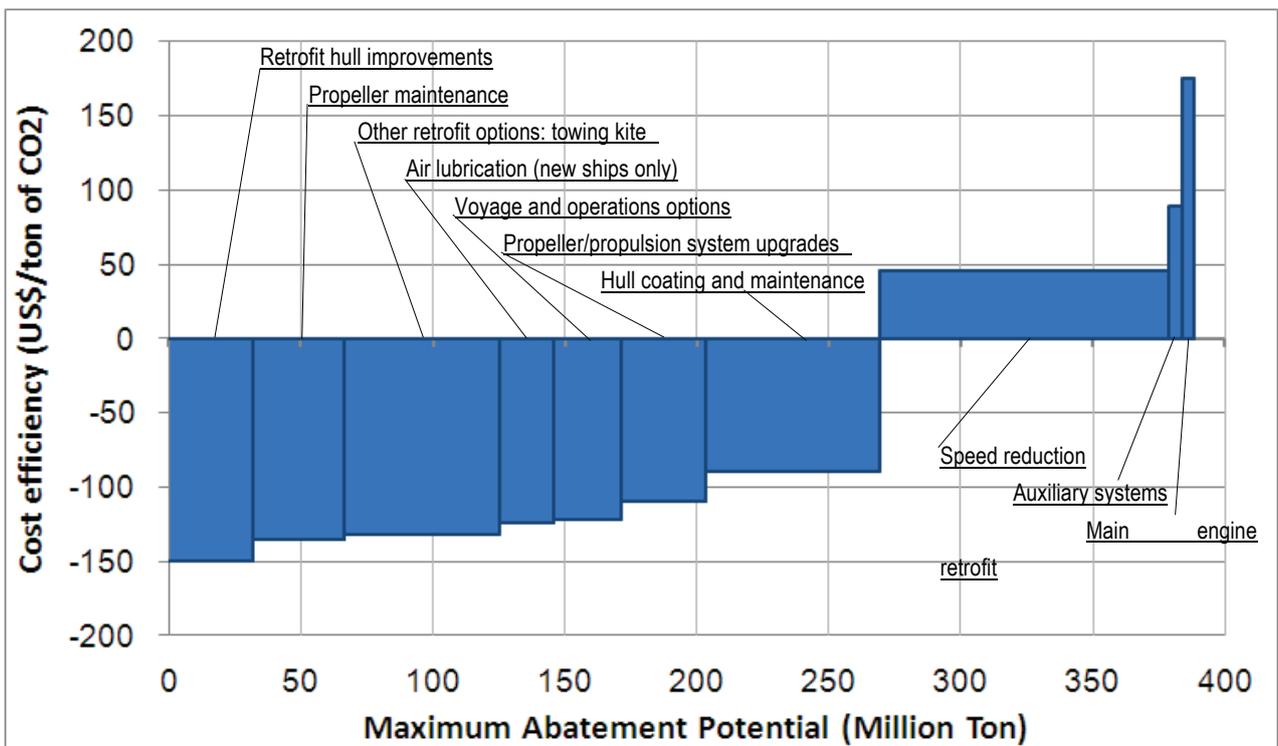


図 1.5.13 本調査の GHG 限界削減費用曲線の編集値
(2020 年、船種合計、燃料価格 500 ドル、非現在価値化)

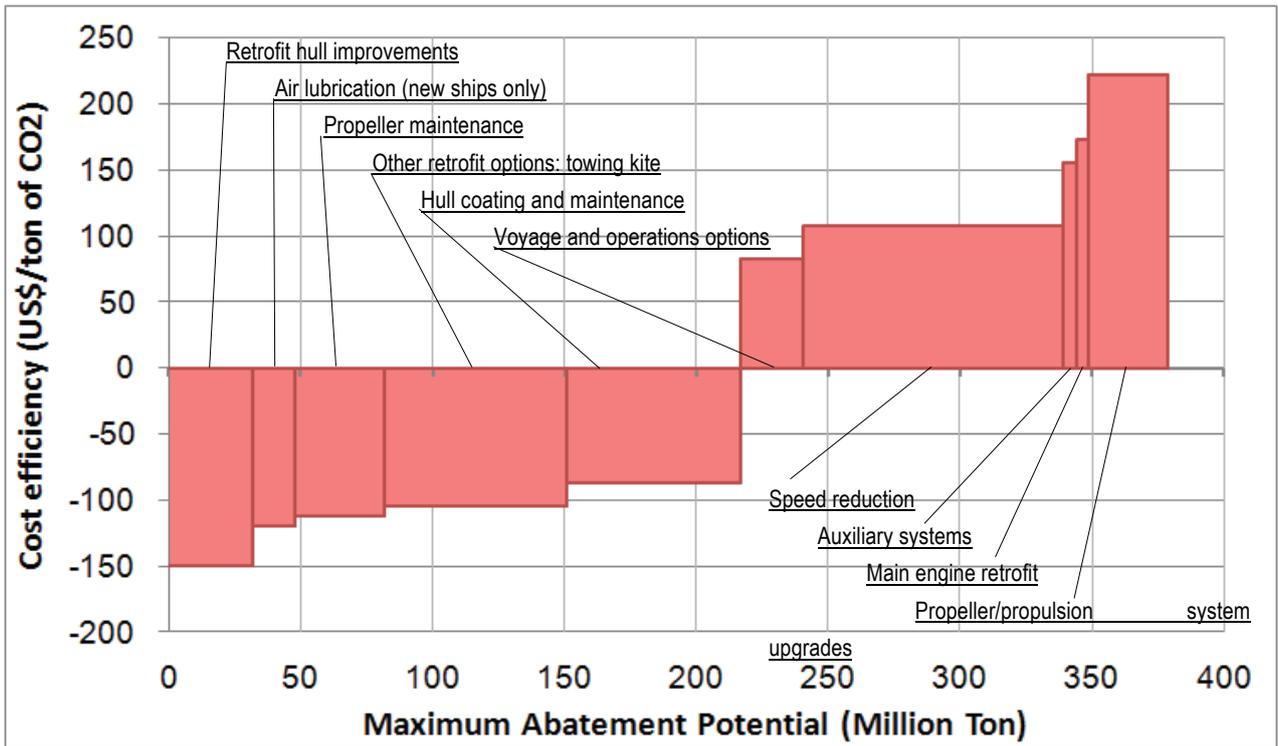


図 1.5.14 IMO GHG Study の GHG 限界削減費用曲線の編集値
(2020 年、船種合計、燃料価格 500 ドル)

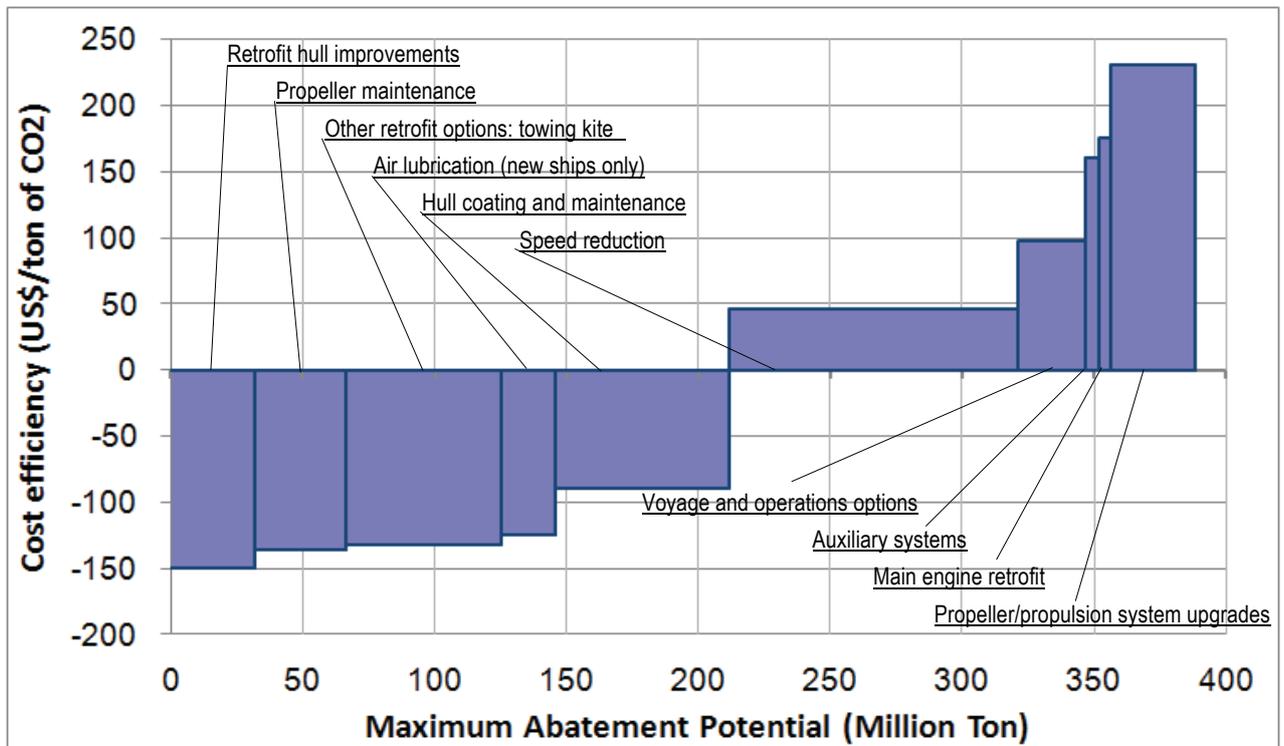


図 1.5.15 本調査の GHG 限界削減費用曲線
(2020 年、船種合計、燃料価格 500 ドル、非現在価値化)

1.5.3 国際海運分野の GHG 限界削減費用の調査

1.5.3.1 IMO 作成の GHG 限界削減費用曲線の update

1.5.3.1.1 概要(update の方法)

IMO GHG study(MEPC 59/INF.2)に記載する対策別との限界削減費用を表 1.5.5 に示す。当該限界削減費用は、減速航行等の既存船向けの対策に偏っており、船型改良等の新造船向けの対策が非常に少なく、国際海運の限界削減費用としては、正確性に欠けると思料される。

このため、今次調査研究では、新造船向けの対策を網羅した EEDI 効率改善の日本提案(MEPC 60/4/36)に記載のエネルギー効率向上対策を適用し、MAC 曲線を update することとした。

表 1.5.5 IMO GHG study(MEPC 59/INF.2)に記載する対策別との限界削減費用

Table A4-1 – Approximate cost efficiency and maximum abatement potential for the different groups of measures^a (2020, fuel price is US\$500/tonne, interest rate is 4%)

	Cost efficiency (US\$/tonne of CO ₂)	Maximum abatement potential (Mt)
	Central estimate (low bound estimate / high bound estimate)	
Retrofit hull measures	-155 (-140 / -160)	30 (10 / 55)
Voyage and operational options	-150 (-140 / -160)	25 (5 / 45)
Air lubrication	-130 (-90 / -150)	20 (10 / 25)
Propeller/propulsion upgrades	-115 (-70 / -155)	50 (45 / 60)
Other retrofit options	-110 (-75 / -135)	70 (40 / 100)
Hull coating and maintenance	-105 (-65 / -140)	40 (15 / 65)
Propeller maintenance	-75 (-65 / -120)	45 (25 / 65)
Auxiliary systems	80 (250 / -90)	5 (2 / 10)
Speed reduction	110 (80 / 135)	100 (90 / 110)
Main engine improvements	175 (470 / -120)	5 (1 / 10)

具体的には、図 1.5.16 に示すとおり、第一段階として、EEDI 効率改善の日本提案に記載の対策の限界削減費用を算出(追加)し、第二段階として、IMO GHG study の MAC 曲線に記載の対策の費用を専門家に確認し、限界削減費用を見直すこととした。

	Cost efficiency (US\$/tonne of CO ₂)	Maximum abatement potential (Mt)	
	Central estimate (low bound estimate / high bound estimate)		
Retrofit hull measures	-155 (-140 / -160)	30 (10 / 55)	} 第二段階 対策費用の見直し
Voyage and operational options	-150 (-140 / -160)	25 (5 / 45)	
Air lubrication	-130 (-90 / -150)	20 (10 / 25)	
Propeller/propulsion upgrades	-115 (-70 / -155)	50 (45 / 60)	
Other retrofit options	-110 (-75 / -135)	70 (40 / 100)	
Hull coating and maintenance	-105 (-65 / -140)	40 (15 / 65)	
Propeller maintenance	-75 (-65 / -120)	45 (25 / 65)	
Auxiliary systems	80 (250 / -90)	5 (2 / 10)	
Speed reduction	110 (80 / 135)	100 (90 / 110)	
Main engine improvements	175 (470 / -120)	5 (1 / 10)	
EEDI効率改善日本提案に記載の対策の追加	XX(xx/xx)	YY(yy/yy)	→ 第一段階 対策の追加

図 1.5.16 GHG 限界削減費用曲線の update の作業イメージ

1.5.3.1.2 EEDI 効率改善の日本提案(MEPC 60/4/36)に記載の対策の限界削減費用の追加

(1) EEDI 効率改善の日本提案(MEPC 60/4/36)の概要

EEDI 効率改善の日本提案(MEPC 60/4/36)は、Passenger ship、Dry cargo carrier(Bulker 相当)、Gas tanker (Excluding steam turbine ship)、Tanker、Container、Ro-Ro cargo ship(Vehicle carrier)、Ro-Ro cargo ship(Volume and Weight carrier)、General cargo ship 及び Ro-Ro passenger ship の EEDI 適用対象の 9 船種について、EEDI 規制フェーズ(2013-2017 年・2018-2022 年・2023-2027 年)毎の当該船舶に適用する技術から期待される削減ポテンシャル(EEDI 規制値)を計算するものである。

当該日本提案に記載する対策一覧を表 1.5.6 に示す。

計算に際しては、対策の適用の範囲(船種)及び時期(実現時期)、削減量(削減率)及び費用(初期費用)を考慮していることから、当該データを活用することにより、限界削減費用を計算することができる。

表 1.5.6 日本提案(MEPC 60/4/36)に記載の対策一覧

Dry cargo carrier (20,000 DWT)			Year of Contract	2013-2017	2018-2022	2023-2027	
Component of resistance and propulsion	New technologies	Improvement effect of each technology(%)	Expected year the improvement reaches the maximum	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Note
Reduction of air and wind resistance	Optimization of superstructure	30	2019			○	In the case of transition to electric propulsion system which will be able to transfer engine room to bow-side, streamlining superstructure will be adopted.
Reduction of wave making resistance by shape of stern	Optimization of stern shape						Optimization of stern shape mainly has effect in ocean waves.
Reduction of friction resistance	Low friction coating	5	2012	○			Low friction coating can not be used with air lubrication method.
	Air lubrication method	10	2020		○	○	Effectiveness of air lubrication method further improves by adopting sprit stern together.
	Stern duct	2	2013	○	○	○	Stern duct has effect on reduction of friction pressure resistance.
	Stern fin						Stern fin can not be used with stern duct.
Improvement of propeller efficiency	CRP	8	2013		○	○	CRP can not be used with Post-swirl system.
	Pre-swirl fin						Pre-swirl fin can not be used with stern duct.
	Sprit stern	4	2024			○	Sprit stern has effect on improvement of propeller efficiency caused by mitigation of propeller loading, and is suitable to beamy ship.
	Hybrid pod						Hybrid pod has effect on improvement of propeller efficiency compared to multishaft ship.
Improvement of propulsion efficiency by shape of stern	Stern duct	4	2013	○	○	○	
	Pre-swirl fin						Pre-swirl fin can not be used with stern duct.
	Sprit stern	-	-			○	
	Post-swirl system	4	2013	○			Post-swirl system can not use with CRP.
Waste heat recovery		-	-				Phase 1 : 5% (T/G). Phase 2 : 10% (+ Power Turbine). Phase 3 : 15% (+ Low boiling point medium, etc.)

(2) 限界削減費用の計算方法

計算する限界削減費用について、日本提案に記載の対策の中には、IMO GHG study に記載の対策と重複するものがある一方、船首抵抗低減、粘性抵抗低減等の船型に係る対策と廃熱回収等の個別要素技術が混在するため、次に示すとおり、対策群別に限界削減費用を計算することとした。

対策(1)	新造船対策 Measures for New build ships	: IMO GHG study がない新規対策 (2)-(4)を除く新造船対策(船型改良等))
対策(2)	空気潤滑 Air lubrication	: IMO GHG study にある重複対策 ※IMO 値と比較
対策(3)	低摩擦塗料 Hull coating	: IMO GHG study にある重複対策 ※IMO 値と比較
対策(4)	廃熱回収 Waste heat recovery	: IMO GHG study がない新規対策

計算方法は、前節と同じく、IMO GHG study の方法に準ずることとした。具体的には、IMO GHG study の船種・船舶の大きさの区分(例：Crude oil tanker 200,000+ dwt 等)の毎に、当該区分の船舶群の CO2 排出量及び燃料消費量に対し、対策の削減率及び費用を適用することにより、限界削減費用を求めた。

対策の削減率及び費用は、日本提案に記載の値を使用することとしたが、費用については、次のとおり、船種・船舶の大きさ区分の船舶群毎の値を算定した。

➤ 対策の費用構成の見直し(年次費用の追加)

日本提案は、初期費用(機器費用及び工事費用)のみしか考慮していないため、年次費用(整備費用)として、5 年毎の更新検査の際に、船体附加物系の対策については、初期費用の 10%に相当する費用が、その他対策については、初期費用の 20%に相当する費用が発生すると仮定した。

➤ 船種・船舶の大きさ区分の船舶群毎の対策の費用の計算

日本提案は、各船種の代表的な大きさ(DWT)の 2-3 隻の費用のみしか計上していないため、費用は船舶の大きさ(GT、DWT 等)に比例することが一般的であることを考慮し、図 1.5.17 に示すとおり、費用(初期費用及び年次費用)と船舶の大きさ(DWT)の関係を表す近似式を求めた。

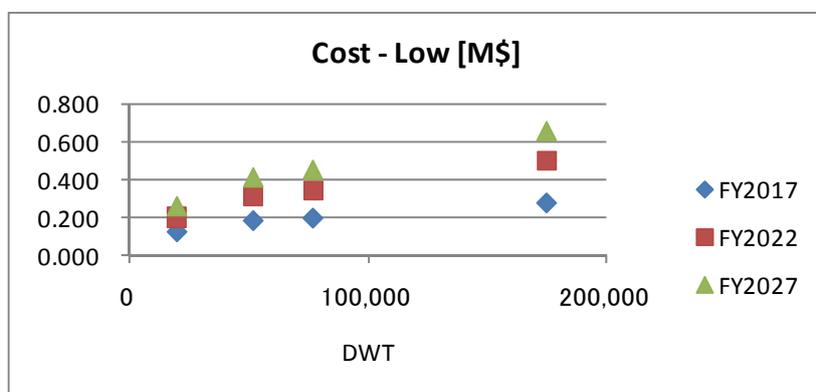


図 1.5.17 日本提案(MEPC 60/4/36)に記載対策の費用と船舶の大きさの関係(Dry cargo carrier)

(3) 限界削減費用の計算結果

燃料価格を 500US\$/ton 及び金利 5%とした場合における日本提案(MEPC 60/4/36)に記載の対策の 2020 年及び 2030 年時点の限界削減費用を表 1.5.7 から表 1.5.10 までに示す。

限界削減費用は、すべての船舶(all ship)及び EEDI 対象船種(Dry cargo carrier、Tanker 及び Container)別に、金利を考慮しない場合(nominal ケース)と金利を考慮しない場合(現在価値 Present Value ケース)の値をそれぞれ計算した。

また、対策(2) 空気潤滑及び対策(3) 低摩擦塗料については、IMO GHG study に記載の限界削減費用も参考で示した。

表 1.5.7 対策(1) 新造船対策 Measures for New build ships の限界削減費用
(上段：2020 年・下段：2030 年、燃料価格：500US\$/ton・金利：5%)

		Cost efficiency		Maximum abatement potential		note
		Low cost [\$/ton-CO2]	High cost [\$/ton-CO2]	in Mt	% of total	
all ship	Low reduction potential	-77.3	-73.7	48.6	3.9%	nominal
	High reduction potential	-77.3	-73.7	48.6	3.9%	
	Low reduction potential	-46.4	-44.2	48.6	3.9%	Present Value
	High reduction potential	-46.4	-44.2	48.6	3.9%	
	Low reduction potential	0.0	0.0	0.0	0.0%	ref. IMO GHG study
	High reduction potential	0.0	0.0	0.0	0.0%	
Dry cargo carrier	Low reduction potential	-100.9	-96.9	8.8	0.7%	nominal
	High reduction potential	-100.9	-96.9	8.8	0.7%	
	Low reduction potential	-60.6	-58.2	8.8	0.7%	Present Value
	High reduction potential	-60.6	-58.2	8.8	0.7%	
Tanker	Low reduction potential	-69.4	-63.5	9.5	0.8%	nominal
	High reduction potential	-69.4	-63.5	9.5	0.8%	
	Low reduction potential	-41.7	-38.1	9.5	0.8%	Present Value
	High reduction potential	-41.7	-38.1	9.5	0.8%	
Container	Low reduction potential	-67.3	-64.9	18.6	1.5%	nominal
	High reduction potential	-67.3	-64.9	18.6	1.5%	
	Low reduction potential	-40.4	-38.9	18.6	1.5%	Present Value
	High reduction potential	-40.4	-38.9	18.6	1.5%	

		Cost efficiency		Maximum abatement potential		note
		Low cost [\$/ton-CO2]	High cost [\$/ton-CO2]	in Mt	% of total	
all ship	Low reduction potential	-73.2	-69.7	132.9	5.6%	nominal
	High reduction potential	-73.2	-69.7	132.9	5.6%	
	Low reduction potential	-29.7	-28.3	132.9	5.6%	Present Value
	High reduction potential	-29.7	-28.3	132.9	5.6%	
	Low reduction potential	0.0	0.0	0.0	0.0%	ref. IMO GHG study
	High reduction potential	0.0	0.0	0.0	0.0%	
Dry cargo carrier	Low reduction potential	-99.7	-95.7	19.7	0.8%	nominal
	High reduction potential	-99.7	-95.7	19.7	0.8%	
	Low reduction potential	-40.5	-38.8	19.7	0.8%	Present Value
	High reduction potential	-40.5	-38.8	19.7	0.8%	
Tanker	Low reduction potential	-69.3	-63.3	20.9	0.9%	nominal
	High reduction potential	-69.3	-63.3	20.9	0.9%	
	Low reduction potential	-28.1	-25.7	20.9	0.9%	Present Value
	High reduction potential	-28.1	-25.7	20.9	0.9%	
Container	Low reduction potential	-64.3	-61.8	68.5	2.9%	nominal
	High reduction potential	-64.3	-61.8	68.5	2.9%	
	Low reduction potential	-26.1	-25.1	68.5	2.9%	Present Value
	High reduction potential	-26.1	-25.1	68.5	2.9%	

表 1.5.8 対策(2) 空気潤滑 Air lubrication の限界削減費用
(上段：2020年・下段：2030年、燃料価格：500US\$/ton・金利：5%)

		Cost efficiency		Maximum abatement potential		note
		Low cost	High cost	in Mt	% of total	
		[\$/ton-CO2]	[\$/ton-CO2]			
all ship	Low reduction potential	-148.4	-147.6	19.2	1.5%	nominal
	High reduction potential	-148.4	-147.6	19.2	1.5%	
	Low reduction potential	-89.1	-88.6	19.2	1.5%	Present Value
	High reduction potential	-89.1	-88.6	19.2	1.5%	
	Low reduction potential	-115.0	-90.0	7.5	0.9%	ref. IMO GHG study
	High reduction potential	-150.0	-140.0	24.4	1.9%	
Dry cargo carrier	Low reduction potential	-150.6	-149.9	6.8	0.5%	nominal
	High reduction potential	-150.6	-149.9	6.8	0.5%	
	Low reduction potential	-90.5	-90.0	6.8	0.5%	Present Value
	High reduction potential	-90.5	-90.0	6.8	0.5%	
Tanker	Low reduction potential	-145.8	-144.8	7.6	0.6%	nominal
	High reduction potential	-145.8	-144.8	7.6	0.6%	
	Low reduction potential	-87.6	-87.0	7.6	0.6%	Present Value
	High reduction potential	-87.6	-87.0	7.6	0.6%	
Container	Low reduction potential					nominal
	High reduction potential					
	Low reduction potential					Present Value
	High reduction potential					

		Cost efficiency		Maximum abatement potential		note
		Low cost	High cost	in Mt	% of total	
		[\$/ton-CO2]	[\$/ton-CO2]			
all ship	Low reduction potential	-148.7	-147.8	41.5	1.8%	nominal
	High reduction potential	-148.7	-147.8	41.5	1.8%	
	Low reduction potential	-60.3	-60.0	41.5	1.8%	Present Value
	High reduction potential	-60.3	-60.0	41.5	1.8%	
	Low reduction potential	-115.0	-90.0	7.5	0.9%	ref. IMO GHG study
	High reduction potential	-150.0	-140.0	24.4	1.9%	
Dry cargo carrier	Low reduction potential	-150.4	-149.7	15.3	0.6%	nominal
	High reduction potential	-150.4	-149.7	15.3	0.6%	
	Low reduction potential	-61.0	-60.8	15.3	0.6%	Present Value
	High reduction potential	-61.0	-60.8	15.3	0.6%	
Tanker	Low reduction potential	-146.5	-145.5	16.8	0.7%	nominal
	High reduction potential	-146.5	-145.5	16.8	0.7%	
	Low reduction potential	-59.4	-59.0	16.8	0.7%	Present Value
	High reduction potential	-59.4	-59.0	16.8	0.7%	
Container	Low reduction potential					nominal
	High reduction potential					
	Low reduction potential					Present Value
	High reduction potential					

表 1.5.9 対策(3) 低摩擦塗料 Hull coating の限界削減費用
(上段：2020年・下段：2030年、燃料価格：500US\$/ton・金利：5%)

		Cost efficiency		Maximum abatement potential		note
		Low cost	High cost	in Mt	% of total	
		[\$/ton-CO2]	[\$/ton-CO2]			
all ship	Low reduction potential	-62.8	-58.4	37.7	3.0%	nominal
	High reduction potential	-62.8	-58.4	37.7	3.0%	
	Low reduction potential	-37.7	-35.1	37.7	3.0%	Present Value
	High reduction potential	-37.7	-35.1	37.7	3.0%	
	Low reduction potential	-40.0	-15.0	13.2	1.1%	ref. IMO GHG study
	High reduction potential	-140.0	-130.0	65.3	5.2%	
Dry cargo carrier	Low reduction potential	-87.6	-82.9	6.6	0.5%	nominal
	High reduction potential	-87.6	-82.9	6.6	0.5%	
	Low reduction potential	-52.6	-49.8	6.6	0.5%	Present Value
	High reduction potential	-52.6	-49.8	6.6	0.5%	
Tanker	Low reduction potential	-44.5	-37.1	7.4	0.6%	nominal
	High reduction potential	-44.5	-37.1	7.4	0.6%	
	Low reduction potential	-26.8	-22.3	7.4	0.6%	Present Value
	High reduction potential	-26.8	-22.3	7.4	0.6%	
Container	Low reduction potential	-57.9	-55.2	13.7	1.1%	nominal
	High reduction potential	-57.9	-55.2	13.7	1.1%	
	Low reduction potential	-34.7	-33.2	13.7	1.1%	Present Value
	High reduction potential	-34.7	-33.2	13.7	1.1%	

		Cost efficiency		Maximum abatement potential		note
		Low cost	High cost	in Mt	% of total	
		[\$/ton-CO2]	[\$/ton-CO2]			
all ship	Low reduction potential	-59.5	-55.5	70.9	3.0%	nominal
	High reduction potential	-59.5	-55.5	70.9	3.0%	
	Low reduction potential	-24.1	-22.5	70.9	3.0%	Present Value
	High reduction potential	-24.1	-22.5	70.9	3.0%	
	Low reduction potential	-40.0	-15.0	13.2	1.1%	ref. IMO GHG study
	High reduction potential	-140.0	-130.0	65.3	5.2%	
Dry cargo carrier	Low reduction potential	-86.3	-81.4	9.7	0.4%	nominal
	High reduction potential	-86.3	-81.4	9.7	0.4%	
	Low reduction potential	-35.0	-33.0	9.7	0.4%	Present Value
	High reduction potential	-35.0	-33.0	9.7	0.4%	
Tanker	Low reduction potential	-47.9	-40.5	10.4	0.4%	nominal
	High reduction potential	-47.9	-40.5	10.4	0.4%	
	Low reduction potential	-19.4	-16.4	10.4	0.4%	Present Value
	High reduction potential	-19.4	-16.4	10.4	0.4%	
Container	Low reduction potential	-53.7	-51.0	37.7	1.6%	nominal
	High reduction potential	-53.7	-51.0	37.7	1.6%	
	Low reduction potential	-21.8	-20.7	37.7	1.6%	Present Value
	High reduction potential	-21.8	-20.7	37.7	1.6%	

表 1.5.10 対策(4) 廃熱回収 Waste heat recovery の限界削減費用
(上段：2020年・下段：2030年、燃料価格：500US\$/ton・金利：5%)

		Cost efficiency		Maximum abatement potential		note
		Low cost [\$/ton-CO2]	High cost [\$/ton-CO2]	in Mt	% of total	
all ship	Low reduction potential	-10.1	-7.5	36.5	2.9%	nominal
	High reduction potential	-10.1	-7.5	36.5	2.9%	
	Low reduction potential	-6.0	-4.5	36.5	2.9%	Present Value
	High reduction potential	-6.0	-4.5	36.5	2.9%	
	Low reduction potential	0.0	0.0	0.0	0.0%	ref. IMO GHG study
	High reduction potential	0.0	0.0	0.0	0.0%	
Dry cargo carrier	Low reduction potential	-39.3	-36.5	5.9	0.5%	nominal
	High reduction potential	-39.3	-36.5	5.9	0.5%	
	Low reduction potential	-23.6	-21.9	5.9	0.5%	Present Value
	High reduction potential	-23.6	-21.9	5.9	0.5%	
Tanker	Low reduction potential	9.3	13.7	6.4	0.5%	nominal
	High reduction potential	9.3	13.7	6.4	0.5%	
	Low reduction potential	5.6	8.3	6.4	0.5%	Present Value
	High reduction potential	5.6	8.3	6.4	0.5%	
Container	Low reduction potential	-65.0	-63.0	15.4	1.2%	nominal
	High reduction potential	-65.0	-63.0	15.4	1.2%	
	Low reduction potential	-39.0	-37.8	15.4	1.2%	Present Value
	High reduction potential	-39.0	-37.8	15.4	1.2%	

		Cost efficiency		Maximum abatement potential		note
		Low cost [\$/ton-CO2]	High cost [\$/ton-CO2]	in Mt	% of total	
all ship	Low reduction potential	-20.4	-17.9	102.0	4.3%	nominal
	High reduction potential	-20.4	-17.9	102.0	4.3%	
	Low reduction potential	-8.3	-7.3	102.0	4.3%	Present Value
	High reduction potential	-8.3	-7.3	102.0	4.3%	
	Low reduction potential	0.0	0.0	0.0	0.0%	ref. IMO GHG study
	High reduction potential	0.0	0.0	0.0	0.0%	
Dry cargo carrier	Low reduction potential	-34.7	-31.8	13.3	0.6%	nominal
	High reduction potential	-34.7	-31.8	13.3	0.6%	
	Low reduction potential	-14.1	-12.9	13.3	0.6%	Present Value
	High reduction potential	-14.1	-12.9	13.3	0.6%	
Tanker	Low reduction potential	7.4	12.0	14.2	0.6%	nominal
	High reduction potential	7.4	12.0	14.2	0.6%	
	Low reduction potential	3.0	4.9	14.2	0.6%	Present Value
	High reduction potential	3.0	4.9	14.2	0.6%	
Container	Low reduction potential	-59.1	-57.0	56.8	2.4%	nominal
	High reduction potential	-59.1	-57.0	56.8	2.4%	
	Low reduction potential	-24.0	-23.1	56.8	2.4%	Present Value
	High reduction potential	-24.0	-23.1	56.8	2.4%	

1.5.3.2 国際海運分野のGHG 限界削減費用曲線の算出

1.5.3.2.1 前提条件

本節では、2020年と2030年の国際海運分野のGHG 限界削減費用曲線（MAC 曲線）を算出する。前提条件は、IMO GHG Study にならって、燃料価格 500US\$、金利（割引率）4%とする。IMO GHG Study では、限界削減費用について現在価値化が行われていないと考えられるが、本調査では2020年と2030年の限界削減費用を、2007年で現在価値化したMAC 曲線を算出する。

対象とするGHG 削減対策項目は、IMO GHG Study で検討されている項目と、1.5.3.1 節で示したIMO 日本提案文書にある対策を追加する。以降、追加する対策項目は、「3.7 船体塗装3(IMO 日本提案文書)」、「10.2 空気潤滑(IMO 日本提案文書)」、「11.1 船型改良(IMO 日本提案文書)」、「12.1 排熱回収(IMO 日本提案文書)」と記述する。

本調査は、GHG 削減対策について、GHG 削減率とGHG 削減費用の上位値と下位値を設定し、4

ケースの限界削減費用を算定する点は、IMO GHG Study と同様である。また、本調査では、GHG 削減対策分類内の各項目について、最大値と最小値なる GHG 削減量を、それぞれ削減量の上位値と下位値とする。中位値は、上位値と下位値の平均値である。同様に、GHG 削減対策分類内の各項目について、最大値と最小値なる限界削減費用を、それぞれ限界削減費用の下位値と上位値とする。中位値は、上位値と下位値の平均値である。

各限界削減費用は、ヒアリングによって設定した。ヒアリングの際に、IMO GHG Study で示される費用と、本調査が IMO GHG Study を再現する際に使用した費用（1.5.2.2 節）を提示して、費用を修正している。

1.5.3.2.2 GHG 限界削減費用曲線

(1) 2020 年の推計値

表 1.5.11 は、GHG 削減対策項目別に、本調査の前提条件で算出した 2020 年の GHG 削減量と限界削減費用の各ケースを示している。この結果に基づき、表 1.5.12 は、GHG 削減対策分類の GHG 削減量と限界削減費用の中位値（下位値／上位値）を示している。また、図 1.5.18 は、本調査における 2020 年の MAC 曲線の算定結果である。2020 年の対象船舶全体では、4 億 7 千 700 万トンの GHG 削減量である。

GHG 限界削減費用がマイナスとなる効率的に削減可能な量は、2 億 6 千 200 万トンである。これを構成する GHG 削減対策は、限界削減費用が小さい順に、「6.船体改造による性能向上」、「8.その他改造：帆による曳航システム」、「10.空気潤滑」、「1.プロペラのメンテナンス」、「4.航海及び運航面の改善オプション」、「11.船型改良(IMO 日本提案文書)」、「12. 排熱回収(IMO 日本提案文書)」となる。

また、GHG 限界削減費用がプラスとなる削減可能な量は、2 億 1 千 500 万トンである。これを構成する GHG 削減対策は、限界削減費用が小さい順に、「9.減速運航」、「3.船体塗装及びメンテナンス」、「5.主エンジン改装」、「2.プロペラ及び推進システムの性能向上」、「7.補助システム」である。

図 1.5.19 は、IMO GHG Study の MAC 曲線を再掲しており、本調査の MAC 曲線と比較を行っている。

表 1.5.11 本調査の GHG 削減対策項目別の GHG 削減量と限界削減費用
(2020 年、船種合計、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化)

GHG 削減対策項目	GHG 削減量 (100 万トン、削減率)				限界削減費用 (US ドル/ton-GHG)			
	GHG 削減量下位 ケース		GHG 削減量上位 ケース		GHG 削減量下位 ケース		GHG 削減量上位 ケース	
	100 万 t	削減率	100 万 t	削減率	低費用 ケース	高費用 ケース	低費用 ケース	高費用 ケース
1.1 プロペラ性能の監視	6.3	0.50%	50.2	4.00%	-45.2	-24.1	-90.6	-87.9
1.2 プロペラのブラッシング(頻度の増加)	6.3	0.50%	36.4	2.90%	-89.4	-85.5	-95.7	-95.1
1.3 プロペラのブラッシング	25.1	2.00%	62.8	5.00%	-96.6	-96.3	-96.9	-96.8
2.1 プロペラ/舵の性能向上	20.7	1.65%	57.5	4.58%	49.7	147.6	-44.2	-9.0
2.2 プロペラの性能向上(小翼,ノズル)	1.2	0.09%	11.9	0.95%	340.1	777.7	-53.8	-10.1
2.3 プロペラボスキャップフィン	42.7	3.40%	52.8	4.20%	-91.8	-75.6	-92.8	-79.7

表 1.5.11 本調査の GHG 削減対策項目別の GHG 削減量と限界削減費用（続き）

（2020 年、船種合計、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化）

GHG 削減対策項目	GHG 削減量（100 万トン、削減率）				限界削減費用（US ドル/ton-GHG）			
	GHG 削減量下位 ケース		GHG 削減量上位 ケース		GHG 削減量下位 ケース		GHG 削減量上位 ケース	
	100 万 t	削減率	100 万 t	削減率	低費用 ケース	高費用 ケース	低費用 ケース	高費用 ケース
3.1 船体性能監視	6.3	0.50%	61.5	4.90%	4.9	4.9	-86.7	-86.7
3.2 船体塗装 1	6.9	0.55%	26.7	2.12%	-66.3	271.9	-89.1	-2.2
3.3 船体塗装 2	13.4	1.07%	67.1	5.34%	-16.3	-0.1	-80.9	-77.6
3.4 船体ブラッシング	12.6	1.00%	125.6	10.00%	-86.9	-81.8	-96.1	-95.5
3.5 船体水圧ブラスト(水中)	12.6	1.00%	125.6	10.00%	-84.2	-77.7	-95.8	-95.1
3.6 ドライドックでの全面ブラスト	7.0	0.56%	14.1	1.12%	-91.1	-89.9	-94.1	-93.5
3.7 船体塗装 3(IMO 日本提案文書)	37.7	3.00%	37.7	3.00%	-37.7	-35.1	-37.7	-35.1
4.1 軸出力計(性能監視)	5.0	0.40%	21.4	1.70%	-31.2	-25.7	-81.6	-80.3
4.2 燃料消費量計(性能監視)	5.0	0.40%	21.4	1.70%	-10.0	-0.3	-76.6	-74.3
4.3 ウェザールーティング	1.2	0.09%	46.0	3.66%	-68.8	-40.5	-96.3	-95.6
4.4 自動操舵装置の性能向上及び調整	6.3	0.50%	50.2	4.00%	-93.4	-89.7	-96.6	-96.1
5.1 主エンジンのチューニング	1.2	0.09%	8.1	0.64%	221.3	277.4	-51.6	-43.5
5.2 コモンレール改善	1.3	0.10%	5.0	0.40%	85.2	130.7	-51.5	-40.1
6.1 サイドスラスト開口	11.3	0.90%	52.8	4.20%	-94.9	-92.8	-96.6	-96.1
7.1 省エネルギー型低発熱照明	0.1	0.01%	0.5	0.04%	1027.0	1251.8	127.6	172.5
7.2 ポンプ及びファンの回転数制御	2.5	0.20%	10.0	0.80%	176.3	194.5	-28.7	-24.2
7.3 出力管理(新造船に限定)	0.8	0.06%	3.9	0.31%	46.8	82.7	-68.3	-61.1
8. その他改造：帆による曳航システム	39.2	3.12%	78.5	6.25%	-76.8	-72.2	-86.9	-84.6
9. 減速運航	109.7	8.74%	109.7	8.74%	14.1	40.6	14.1	40.6
10.1 空気潤滑	15.3	1.22%	25.1	2.00%	-76.4	-64.5	-84.6	-77.3
10.2 空気潤滑(IMO 日本提案文書)	36.7	2.92%	36.7	2.92%	-84.5	-70.4	-84.5	-70.4
11.1 船型改良(IMO 日本提案文書)	48.6	3.87%	48.6	3.87%	-46.4	-44.2	-46.4	-44.2
12.1 排熱回収(IMO 日本提案文書)	36.5	2.90%	36.5	2.90%	-6.0	-4.5	-6.0	-4.5

■ : GHG 削減対策分類内での最小値、□ : GHG 削減対策分類内での最大値

表 1.5.12 本調査の限界削減費用と GHG 削減可能量

（2020 年、船種合計、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化）

GHG 削減対策分類	GHG 削減可能量 (CO2 トン)	限界削減費用 (米ドル/CO2 トン)
	中位値（下位値／上位値）	
1. プロペラのメンテナンス	34.5 (6.3 / 62.8)	-60 (-24 / -97)
2. プロペラ及び推進システムの性能向上	29.3 (1.2 / 57.5)	342 (778 / -93)
3. 船体塗装及びメンテナンス	65.9 (6.3 / 125.6)	88 (272 / -96)
4. 航海及び運航面の改善オプション	25.7 (1.2 / 50.2)	-48 (0 / -97)
5. 主エンジン改装	4.6 (1.2 / 8.1)	113 (277 / -52)
6. 船体改造による性能向上	32.0 (11.3 / 52.8)	-95 (-93 / -97)
7. 補助システム	5.1 (0.1 / 10.0)	592 (1252 / -68)
8. その他改造：帆による曳航システム	58.9 (39.2 / 78.5)	-80 (-72 / -87)
9. 減速運航	109.7 (109.7 / 109.7)	27 (41 / 14)
10. 空気潤滑	26.0 (15.3 / 36.7)	-75 (-64 / -85)
11. 船型改良(IMO 日本提案文書)	48.6 (48.6 / 48.6)	-45 (-44 / -46)
12. 排熱回収(IMO 日本提案文書)	36.5 (36.5 / 36.5)	-5 (-4 / -6)

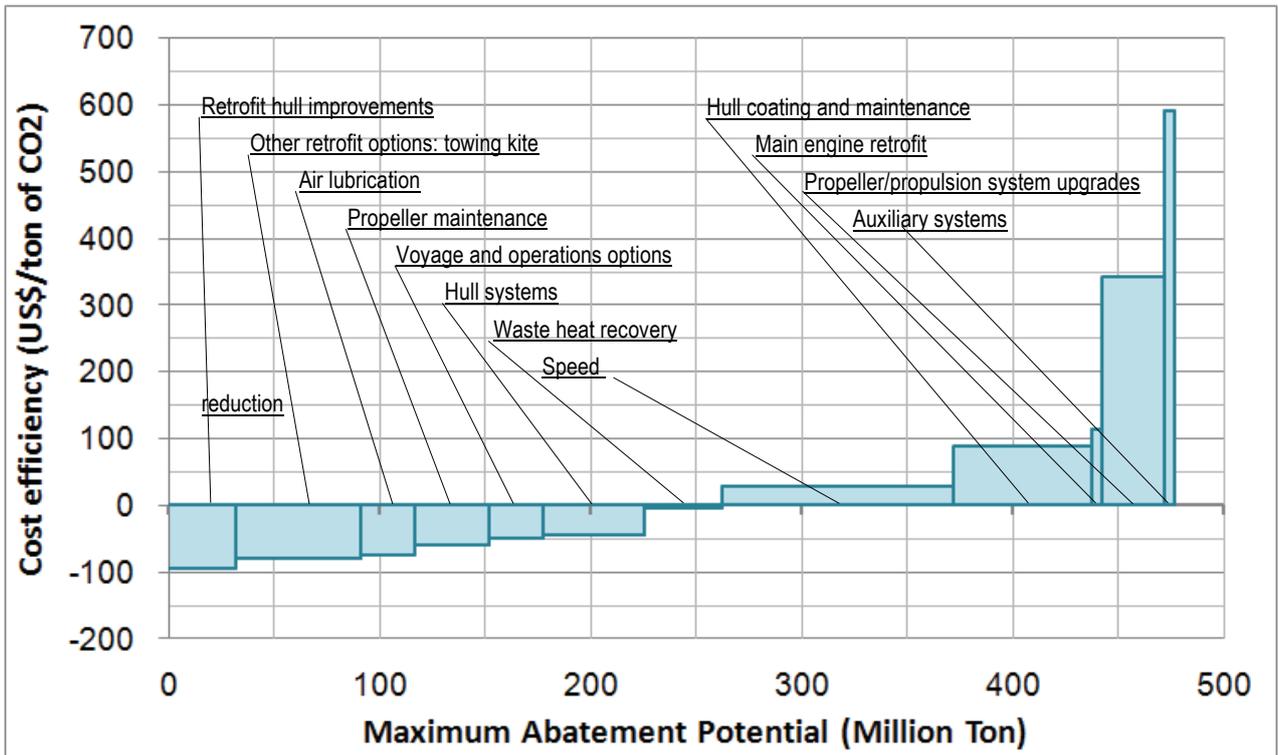


図 1.5.18 本調査の GHG 限界削減費用曲線
 (2020 年、船種合計、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化)

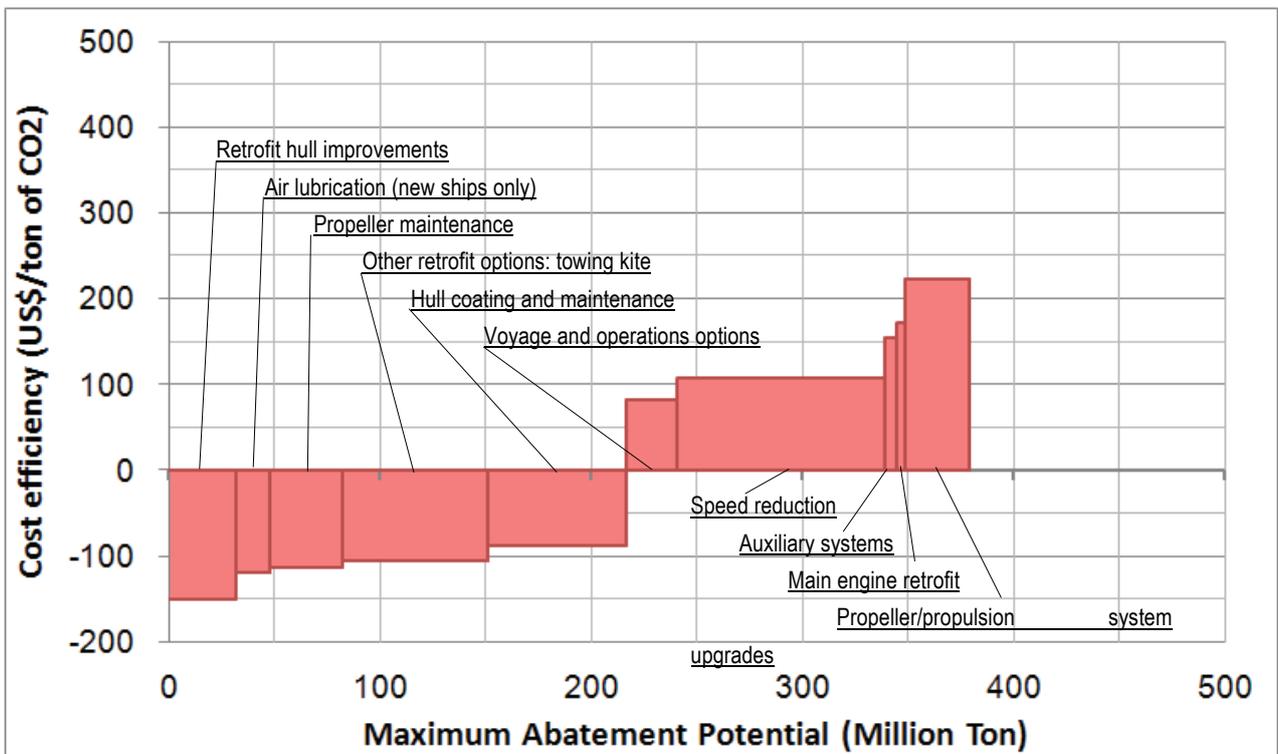


図 1.5.19 IMO GHG Study の GHG 限界削減費用曲線の編集値 (再掲)
 (2020 年、船種合計、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%)

(2) 2030 年の推計値

表 1.5.13 は、GHG 削減対策項目別に、本調査の前提条件で算出した 2030 年の GHG 削減量と限界削減費用の各ケースを示している。この結果に基づき、表 1.5.14 は、GHG 削減対策分類の GHG 削減量と限界削減費用の中位値（下位値／上位値）を示している。また、図 1.5.20 は、本調査における 2030 年の MAC 曲線の算定結果である。2030 年の対象船舶全体では、10 億 2 千 300 万トンの GHG 削減量である。2030 年の MAC 曲線は、2020 年の MAC 曲線に比べ、GHG 削減量の増加（2030 年の GHG 削減量が増大するため）、限界削減費用の現在価値化による 0 方向への縮小が生じる。

GHG 限界削減費用がマイナスとなる効率的に削減可能な量は、6 億 1 千 100 万トンである。これを構成する GHG 削減対策は、2020 年の MAC 曲線と同様である。

また、GHG 限界削減費用がプラスとなる削減可能な量は、4 億 1 千 200 万トンである。これを構成する GHG 削減対策も、2020 年の MAC 曲線と同様である。

図 1.5.21 は、DNV が、IMO の第 60 回海洋環境保護委員会でのノルウェー提案(MEPC 60/4/23 及び MEPC 60/INF.19)の中で 2030 年に関して、国際海運の MAC 曲線を作成した結果であり、本調査の MAC 曲線と比較を行っている。

表 1.5.13 本調査の GHG 削減対策項目別の GHG 削減量と限界削減費用
(2030 年、船種合計、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化)

GHG 削減対策項目	GHG 削減量 (100 万トン、削減率)				限界削減費用 (US ドル/ton-CO2)			
	GHG 削減量下位 ケース		GHG 削減量上位 ケース		GHG 削減量下位 ケース		GHG 削減量上位 ケース	
	100 万 t	削減率	100 万 t	削減率	低費用 ケース	高費用 ケース	低費用 ケース	高費用 ケース
1.1 プロペラ性能の監視	11.8	0.50%	94.5	4.00%	-38.3	-27.1	-62.2	-60.8
1.2 プロペラのブラッシング(頻度の増加)	11.8	0.50%	68.5	2.90%	-61.5	-59.5	-64.9	-64.6
1.3 プロペラのブラッシング	47.2	2.00%	118.1	5.00%	-65.3	-65.2	-65.5	-65.4
2.1 プロペラ/舵の性能向上	40.1	1.70%	111.5	4.72%	-46.9	-34.4	-58.9	-54.4
2.2 プロペラの性能向上(小翼,ノズル)	1.7	0.07%	16.8	0.71%	83.2	232.5	-51.3	-36.4
2.3 プロペラボスキャップフィン	80.3	3.40%	99.2	4.20%	-61.9	-50.4	-62.6	-53.3
3.1 船体性能監視	11.8	0.50%	115.8	4.90%	-11.4	-11.4	-60.1	-60.1
3.2 船体塗装 1	13.3	0.56%	50.8	2.15%	-47.9	146.1	-61.0	-10.3
3.3 船体塗装 2	25.5	1.08%	127.5	5.40%	-18.4	-9.0	-56.2	-54.3
3.4 船体ブラッシング	23.6	1.00%	236.2	10.00%	-59.6	-56.6	-65.0	-64.7
3.5 船体水圧ブラスト(水中)	23.6	1.00%	236.2	10.00%	-58.0	-54.2	-64.8	-64.5
3.6 ドライドックでの全面ブラスト	6.8	0.29%	13.6	0.58%	-61.6	-60.7	-63.6	-63.2
3.7 船体塗装 3(日本提案文書)	70.9	3.00%	70.9	3.00%	-24.1	-22.5	-24.1	-22.5
4.1 軸出力計(性能監視)	9.4	0.40%	40.2	1.70%	-30.9	-28.0	-57.4	-56.8
4.2 燃料消費量計(性能監視)	9.4	0.40%	40.2	1.70%	-19.7	-14.5	-54.8	-53.6
4.3 ウェザールーティング	2.2	0.09%	89.2	3.77%	-51.0	-36.3	-65.2	-64.9
4.4 自動操舵装置の性能向上及び調整	11.8	0.50%	94.5	4.00%	-63.7	-61.8	-65.4	-65.1
5.1 主エンジンのチューニング	2.2	0.09%	15.6	0.66%	125.3	159.0	-38.3	-33.5
5.2 コモンレール改善	2.4	0.10%	9.4	0.40%	41.0	67.6	-39.0	-32.3

表 1.5.13 本調査の GHG 削減対策項目別の GHG 削減量と限界削減費用（続き）
 (2030 年、船種合計、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化)

GHG 削減対策項目	GHG 削減量 (100 万トン、削減率)				限界削減費用 (US ドル/ton-CO2)			
	GHG 削減量下位 ケース		GHG 削減量上位 ケース		GHG 削減量下位 ケース		GHG 削減量上位 ケース	
	100 万 t	削減率	100 万 t	削減率	低費用 ケース	高費用 ケース	低費用 ケース	高費用 ケース
6.1 サイドスラスト開口	21.3	0.90%	99.2	4.20%	-64.3	-63.0	-65.3	-65.1
7.1 省エネルギー型低発熱照明	0.1	0.01%	0.7	0.03%	682.3	831.9	83.9	113.8
7.2 ポンプ及びファンの回転数制御	4.7	0.20%	18.9	0.80%	94.3	104.9	-25.6	-23.0
7.3 出力管理(新造船に限定)	2.2	0.09%	10.9	0.46%	24.6	47.2	-47.6	-43.0
8. その他改造：帆による曳航システム	85.1	3.60%	170.1	7.20%	-51.7	-48.5	-58.7	-57.1
9. 減速運航	215.4	9.12%	215.4	9.12%	-5.3	8.3	-5.3	8.3
10.1 空気潤滑	43.8	1.85%	73.5	3.11%	-51.0	-42.6	-56.9	-51.9
10.2 空気潤滑(IMO 日本提案文書)	106.0	4.49%	106.0	4.49%	-58.3	-50.1	-58.3	-50.1
11.1 船型改良(IMO 日本提案文書)	132.9	5.63%	132.9	5.63%	-29.7	-28.3	-29.7	-28.3
12.1 排熱回収(IMO 日本提案文書)	102.0	4.32%	102.0	4.32%	-8.3	-7.3	-8.3	-7.3

■ : GHG 削減対策分類内での最小値、□ : GHG 削減対策分類内での最大値

表 1.5.14 本調査の限界削減費用と GHG 削減可能量
 (2030 年、船種合計、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化)

GHG 削減対策分類	GHG 削減可能量 (CO2 トン)	限界削減費用 (米ドル/CO2 トン)
	中位値 (下位値 / 上位値)	
1. プロペラのメンテナンス	65 (12 / 118)	-46 (-27 / -65)
2. プロペラ及び推進システムの性能向上	57 (2 / 111)	219 (500 / -63)
3. 船体塗装及びメンテナンス	122 (7 / 236)	41 (146 / -65)
4. 航海及び運航面の改善オプション	48 (2 / 94)	-40 (-15 / -65)
5. 主エンジン改装	9 (2 / 16)	60 (159 / -39)
6. 船体改造による性能向上	60 (21 / 99)	-64 (-63 / -65)
7. 補助システム	10 (0 / 19)	392 (832 / -48)
8. その他改造：帆による曳航システム	128 (85 / 170)	-54 (-49 / -59)
9. 減速運航	215 (215 / 215)	2 (8 / -5)
10. 空気潤滑	75 (44 / 106)	-50 (-43 / -58)
11. 船型改良(IMO 日本提案文書)	133 (133 / 133)	-29 (-28 / -30)
12. 排熱回収(IMO 日本提案文書)	102 (102 / 102)	-8 (-7 / -8)

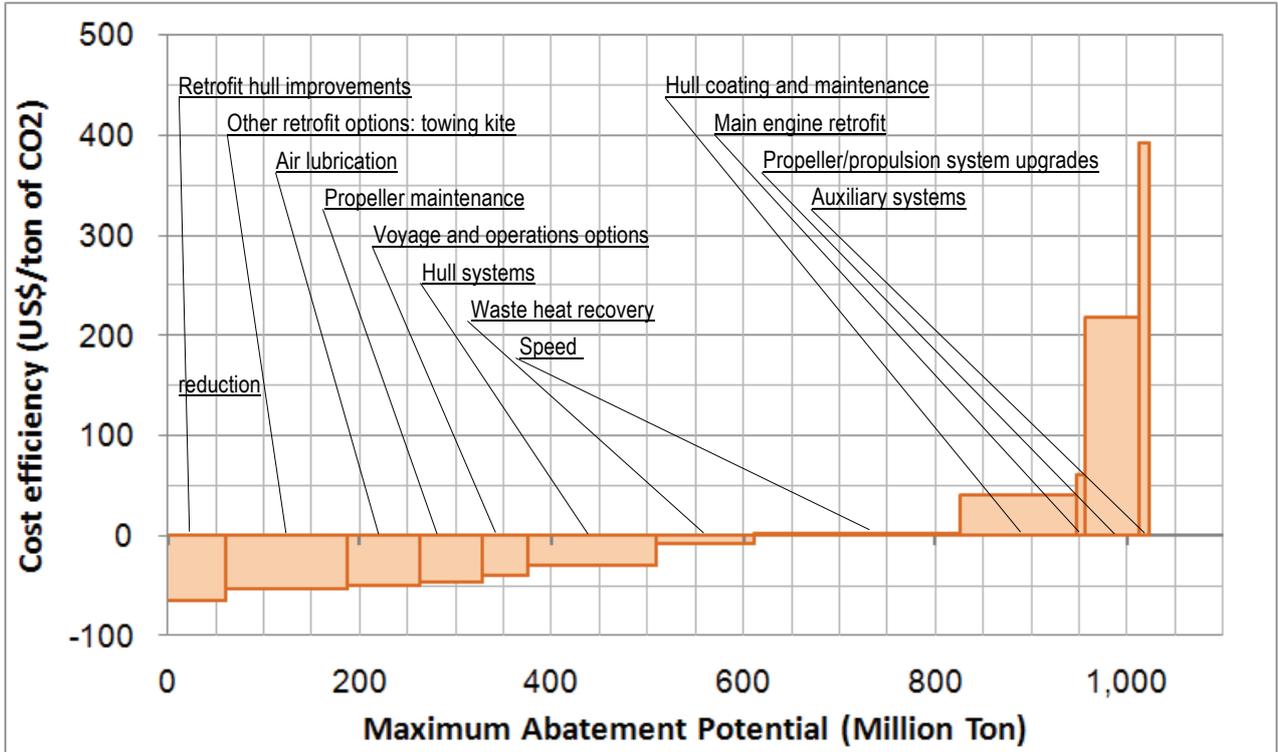


図 1.5.20 本調査の GHG 限界削減費用曲線
(2030 年、船種合計、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化)

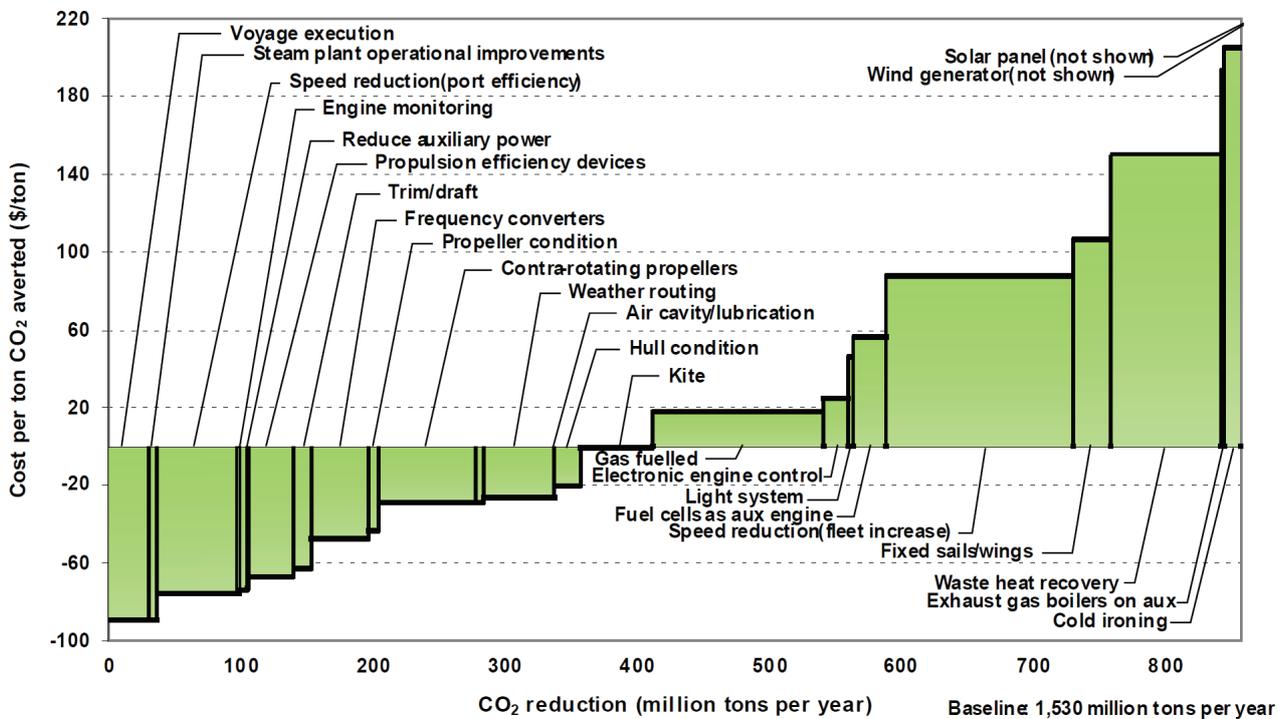


図 1.5.21 DNV の GHG 限界削減費用曲線

1.5.3.3 EEDI 対象の主要船種毎の GHG 限界削減費用曲線の算出

1.5.3.3.1 前提条件

本調査は、1.5.3.2 節と同様の前提条件で算定した、2020 年と 2030 年に関するタンカー、バルカー、コンテナ船の MAC 曲線を示す。タンカー、バルカー、コンテナ船は、2.1.2 節で示した通り、EEDI の船種分類と大きな相違はない。

1.5.3.3.2 船種毎の GHG 限界削減費用曲線

(1) 2020 年の推計値

表 1.5.15、表 1.5.16、表 1.5.17 は、タンカー、バルカー、コンテナ船に関して算定した 2020 年における GHG 削減対策分類の GHG 削減量と限界削減費用の中位値（下位値／上位値）を示している。また、図 1.5.22、図 1.5.23、図 1.5.24 は、タンカー、バルカー、コンテナ船の MAC 曲線を示している。

タンカー、バルカー、コンテナ船に関する 2020 年の GHG 削減量は、それぞれ 1 億 3 千 400 万トン、1 億 800 万トン、1 億 6 千 900 万トンである。

タンカーに関しては、GHG 限界削減費用がマイナスとなる効率的に削減可能な量は、7 千 900 万トンである。これを構成する GHG 削減対策は、限界削減費用が小さい順に、「6.船体改造による性能向上」、「8.その他改造：帆による曳航システム」、「10.空気潤滑」、「1.プロペラのメンテナンス」、「4.航海及び運航面の改善オプション」、「11.船型改良(IMO 日本提案文書)」、「12. 排熱回収(IMO 日本提案文書)」となる。これは、対象船舶合計と同様である。また、GHG 限界削減費用がプラスとなる削減可能な量は、5 千 600 万トンである。これを構成する GHG 削減対策は、限界削減費用が小さい順に、「9.減速運航」、「7.補助システム」、「5.主エンジン改装」、「3.船体塗装及びメンテナンス」、「2.プロペラ及び推進システムの性能向上」であり、対象船舶合計と異なる。

バルカーに関しては、GHG 限界削減費用がマイナスとなる効率的に削減可能な量は、7 千 300 万トンである。これを構成する GHG 削減対策は、限界削減費用が小さい順に、「6.船体改造による性能向上」、「8.その他改造：帆による曳航システム」、「10.空気潤滑」、「1.プロペラのメンテナンス」、「11.船型改良(IMO 日本提案文書)」、「4.航海及び運航面の改善オプション」、「12. 排熱回収(IMO 日本提案文書)」、「2.プロペラ及び推進システムの性能向上」となる。「2.プロペラ及び推進システムの性能向上」が、効率的な GHG 削減対策となる点が、対象船舶合計、タンカーと異なる。また、GHG 限界削減費用がプラスとなる削減可能な量は、3 千 400 万トンである。これを構成する GHG 削減対策は、限界削減費用が小さい順に、「9.減速運航」、「7.補助システム」、「5.主エンジン改装」、「3.船体塗装及びメンテナンス」である。

コンテナ船に関しては、GHG 限界削減費用がマイナスとなる効率的に削減可能な量は、1 億 6 千 700 万トンである。これを構成する GHG 削減対策は、「5.主エンジン改装」を除くすべての GHG 削減対策となる。この点は、対象船舶合計、タンカー、バルカーと大きく異なり、コンテナ船は GHG 削減対策が最も有効になることがわかる。「5.主エンジン改装」は、2 百万トンの GHG 削減量となる。

表 1.5.15 本調査のタンカーに関する限界削減費用と GHG 削減可能量
(2020 年、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化)

GHG 削減対策分類	GHG 削減可能量 (CO2 トン)	限界削減費用 (米ドル/CO2 トン)
	中位値 (下位値/上位値)	
1. プロペラのメンテナンス	8.2 (1.5 / 14.9)	-59 (-21 / -97)
2. プロペラ及び推進システムの性能向上	8.0 (1.2 / 14.9)	342 (778 / -94)
3. 船体塗装及びメンテナンス	15.6 (1.5 / 29.7)	121 (338 / -96)
4. 航海及び運航面の改善オプション	6.1 (0.3 / 11.9)	-47 (4 / -97)
5. 主エンジン改装	1.2 (0.3 / 2.1)	108 (270 / -54)
6. 船体改造による性能向上	7.6 (2.7 / 12.5)	-95 (-94 / -97)
7. 補助システム	1.3 (0.2 / 2.4)	56 (183 / -70)
8. その他改造：帆による曳航システム	30.1 (20.0 / 40.1)	-80 (-72 / -87)
9. 減速運航	29.7 (29.7 / 29.7)	41 (56 / 27)
10. 空気潤滑	6.7 (4.0 / 9.3)	-68 (-50 / -87)
11. 船型改良(IMO 日本提案文書)	12.0 (12.0 / 12.0)	-44 (-43 / -46)
12. 排熱回収(IMO 日本提案文書)	8.1 (8.1 / 8.1)	-1 (0 / -3)

表 1.5.16 本調査のバルカーに関する限界削減費用と GHG 削減可能量
(2020 年、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化)

GHG 削減対策分類	GHG 削減可能量 (CO2 トン)	限界削減費用 (米ドル/CO2 トン)
	中位値 (下位値/上位値)	
1. プロペラのメンテナンス	6.1 (1.1 / 11.0)	-67 (-38 / -97)
2. プロペラ及び推進システムの性能向上	7.5 (4.0 / 11.0)	-4 (84 / -93)
3. 船体塗装及びメンテナンス	11.6 (1.1 / 22.0)	188 (470 / -95)
4. 航海及び運航面の改善オプション	4.5 (0.2 / 8.8)	-57 (-19 / -96)
5. 主エンジン改装	0.9 (0.2 / 1.5)	55 (174 / -64)
6. 船体改造による性能向上	5.6 (2.0 / 9.3)	-95 (-94 / -96)
7. 補助システム	0.9 (0.1 / 1.8)	18 (112 / -76)
8. その他改造：帆による曳航システム	28.8 (19.2 / 38.4)	-79 (-72 / -87)
9. 減速運航	22.0 (22.0 / 22.0)	17 (28 / 5)
10. 空気潤滑	5.3 (3.9 / 6.8)	-68 (-56 / -81)
11. 船型改良(IMO 日本提案文書)	8.8 (8.8 / 8.8)	-59 (-58 / -61)
12. 排熱回収(IMO 日本提案文書)	5.9 (5.9 / 5.9)	-23 (-22 / -24)

表 1.5.17 本調査のコンテナ船に関する限界削減費用と GHG 削減可能量
(2020 年、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化)

GHG 削減対策分類	GHG 削減可能量 (CO2 トン)	限界削減費用 (米ドル/CO2 トン)
	中位値 (下位値/上位値)	
1. プロペラのメンテナンス	12.5 (2.3 / 22.8)	-87 (-76 / -97)
2. プロペラ及び推進システムの性能向上	15.5 (8.2 / 22.8)	-25 (43 / -92)
3. 船体塗装及びメンテナンス	23.8 (1.9 / 45.6)	-21 (55 / -96)
4. 航海及び運航面の改善オプション	9.3 (0.5 / 18.2)	-83 (-70 / -97)
5. 主エンジン改装	1.8 (0.5 / 3.2)	35 (141 / -72)
6. 船体改造による性能向上	11.6 (4.1 / 19.2)	-95 (-94 / -97)
7. 補助システム	2.0 (0.3 / 3.6)	-7 (64 / -78)
8. その他改造：帆による曳航システム	n/a (n/a / n/a)	n/a (n/a / n/a)
9. 減速運航	45.6 (45.6 / 45.6)	-52 (-48 / -55)
10. 空気潤滑	12.4 (7.4 / 17.5)	-79 (-66 / -93)
11. 船型改良(IMO 日本提案文書)	18.6 (18.6 / 18.6)	-40 (-39 / -40)
12. 排熱回収(IMO 日本提案文書)	15.4 (15.4 / 15.4)	-38 (-38 / -39)

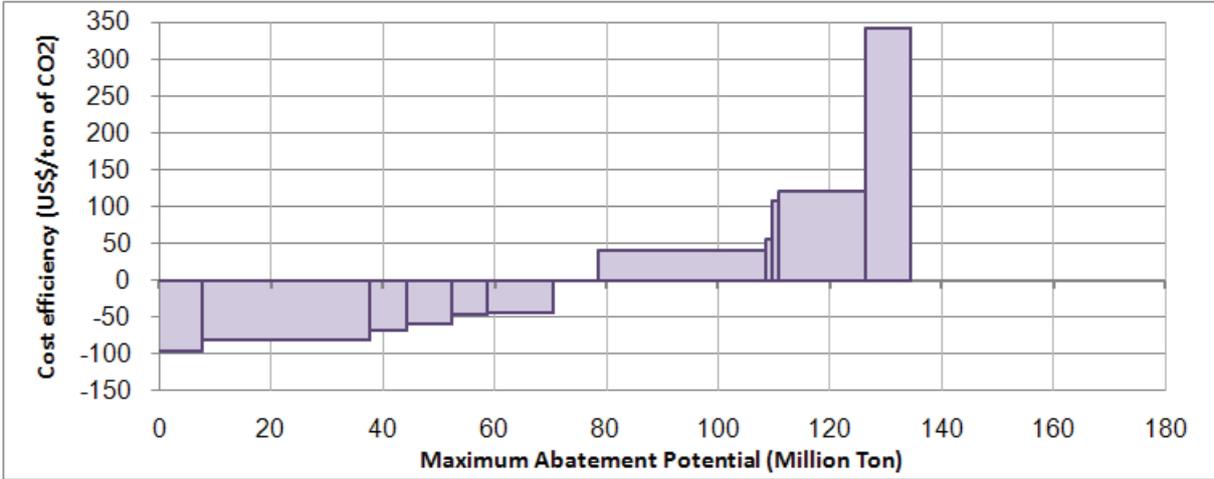


図 1.5.22 本調査のタンカーに関する GHG 限界削減費用曲線
(2020 年、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化)

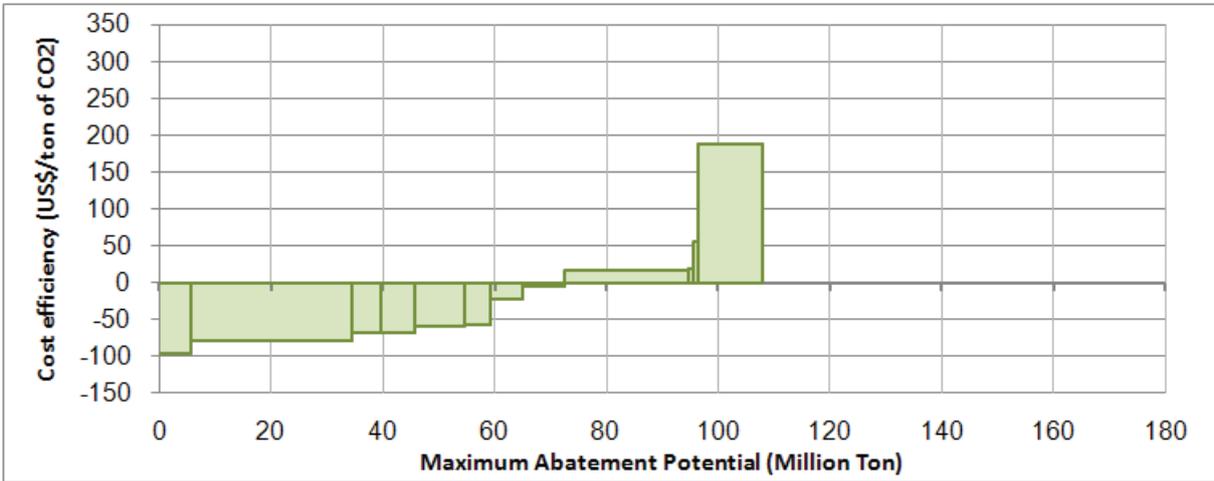


図 1.5.23 本調査のバルカーに関する GHG 限界削減費用曲線
(2020 年、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化)

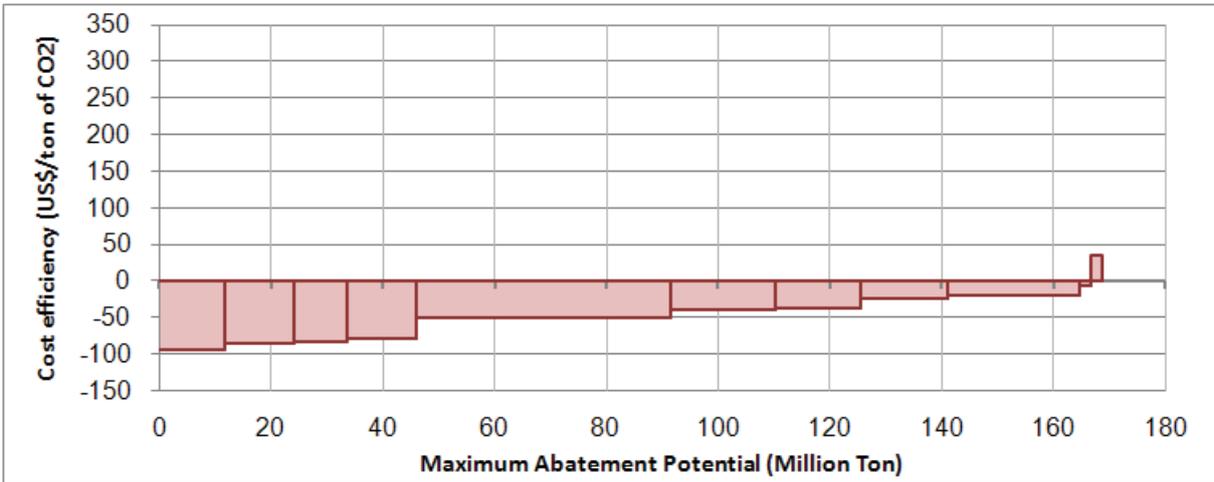


図 1.5.24 本調査のコンテナ船に関する GHG 限界削減費用曲線
(2020 年、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化)

(2) 2030 年の推計値

表 1.5.18、表 1.5.19、表 1.5.20 は、タンカー、バルカー、コンテナ船に関して算定した 2030 年における GHG 削減対策分類の GHG 削減量と限界削減費用の中位値（下位値／上位値）を示している。また、図 1.5.25、図 1.5.26、図 1.5.27 は、タンカー、バルカー、コンテナ船の MAC 曲線を示している。

タンカー、バルカー、コンテナ船に関する 2030 年の GHG 削減量は、それぞれ 2 億 3 千 300 万トン、1 億 9 千 300 万トン、5 億 600 万トンである。

タンカーに関しては、GHG 限界削減費用がマイナスとなる効率的に削減可能な量は、1 億 5 千 400 万トンである。これを構成する GHG 削減対策は、2020 年の結果と同様となる。また、GHG 限界削減費用がプラスとなる削減可能な量は、7 千 900 万トンとなる。

バルカーに関しては、GHG 限界削減費用がマイナスとなる効率的に削減可能な量は、1 億 4 千 100 万トンである。GHG 限界削減費用がプラスとなる削減可能な量は、5 千 200 万トンとなる。

コンテナ船に関しては、GHG 限界削減費用がマイナスとなる効率的に削減可能な量は、5 億 100 万トンである。唯一、プラスの限界削減費用となる「5.主エンジン改装」は、5 百万トンの GHG 削減量となる。

表 1.5.18 本調査のタンカーに関する限界削減費用と GHG 削減可能量
(2030 年、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化)

GHG 削減対策分類	GHG 削減可能量 (CO2 トン)	限界削減費用 (米ドル/CO2 トン)
	中位値 (下位値/上位値)	
1. プロペラのメンテナンス	11.6 (2.1 / 21.0)	-42 (-17 / -66)
2. プロペラ及び推進システムの性能向上	11.4 (1.7 / 21.0)	218 (500 / -64)
3. 船体塗装及びメンテナンス	21.9 (1.7 / 42.0)	82 (228 / -65)
4. 航海及び運航面の改善オプション	8.6 (0.4 / 16.8)	-34 (-1 / -66)
5. 主エンジン改装	1.7 (0.4 / 2.9)	67 (173 / -38)
6. 船体改造による性能向上	10.7 (3.8 / 17.7)	-65 (-64 / -66)
7. 補助システム	1.9 (0.4 / 3.4)	34 (115 / -48)
8. その他改造：帆による曳航システム	65.7 (43.8 / 87.7)	-54 (-49 / -59)
9. 減速運航	42.0 (42.0 / 42.0)	24 (34 / 15)
10. 空気潤滑	14.7 (9.4 / 20.0)	-46 (-33 / -58)
11. 船型改良(IMO 日本提案文書)	25.5 (25.5 / 25.5)	-29 (-28 / -30)
12. 排熱回収(IMO 日本提案文書)	17.3 (17.3 / 17.3)	0 (0 / -1)

表 1.5.19 本調査のバルカーに関する限界削減費用と GHG 削減可能量
(2030 年、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化)

GHG 削減対策分類	GHG 削減可能量 (CO2 トン)	限界削減費用 (米ドル/CO2 トン)
	中位値 (下位値/上位値)	
1. プロペラのメンテナンス	8.9 (1.6 / 16.1)	-45 (-25 / -65)
2. プロペラ及び推進システムの性能向上	11.0 (5.8 / 16.1)	-2 (58 / -63)
3. 船体塗装及びメンテナンス	16.8 (1.3 / 32.3)	131 (326 / -64)
4. 航海及び運航面の改善オプション	6.6 (0.3 / 12.9)	-39 (-12 / -65)
5. 主エンジン改装	1.3 (0.3 / 2.3)	38 (119 / -43)
6. 船体改造による性能向上	8.2 (2.9 / 13.6)	-64 (-63 / -65)
7. 補助システム	1.4 (0.3 / 2.6)	13 (77 / -51)
8. その他改造：帆による曳航システム	61.9 (41.2 / 82.5)	-53 (-48 / -58)
9. 減速運航	32.3 (32.3 / 32.3)	12 (20 / 4)
10. 空気潤滑	11.7 (8.1 / 15.3)	-46 (-37 / -54)
11. 船型改良(IMO 日本提案文書)	19.7 (19.7 / 19.7)	-40 (-39 / -40)
12. 排熱回収(IMO 日本提案文書)	13.3 (13.3 / 13.3)	-13 (-13 / -14)

表 1.5.20 本調査のコンテナ船に関する限界削減費用と GHG 削減可能量
(2030 年、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化)

GHG 削減対策分類	GHG 削減可能量 (CO2 トン)	限界削減費用 (米ドル/CO2 トン)
	中位値 (下位値/上位値)	
1. プロペラのメンテナンス	34.6 (6.3 / 62.8)	-58 (-51 / -65)
2. プロペラ及び推進システムの性能向上	42.7 (22.6 / 62.8)	-15 (33 / -62)
3. 船体塗装及びメンテナンス	63.7 (1.8 / 125.)	-12 (41 / -65)
4. 航海及び運航面の改善オプション	25.8 (1.3 / 50.3)	-56 (-46 / -65)
5. 主エンジン改装	5.0 (1.3 / 8.8)	27 (102 / -48)
6. 船体改造による性能向上	32.0 (11.3 / 52.8)	-64 (-64 / -65)
7. 補助システム	5.6 (1.2 / 10.1)	-2 (47 / -52)
8. その他改造：帆による曳航システム	n/a (n/a / n/a)	n/a (n/a / n/a)
9. 減速運航	125.6 (125. / 125.)	-34 (-31 / -36)
10. 空気潤滑	45.4 (26.2 / 64.6)	-53 (-43 / -62)
11. 船型改良(IMO 日本提案文書)	68.5 (68.5 / 68.5)	-26 (-25 / -26)
12. 排熱回収(IMO 日本提案文書)	56.8 (56.8 / 56.8)	-24 (-23 / -24)

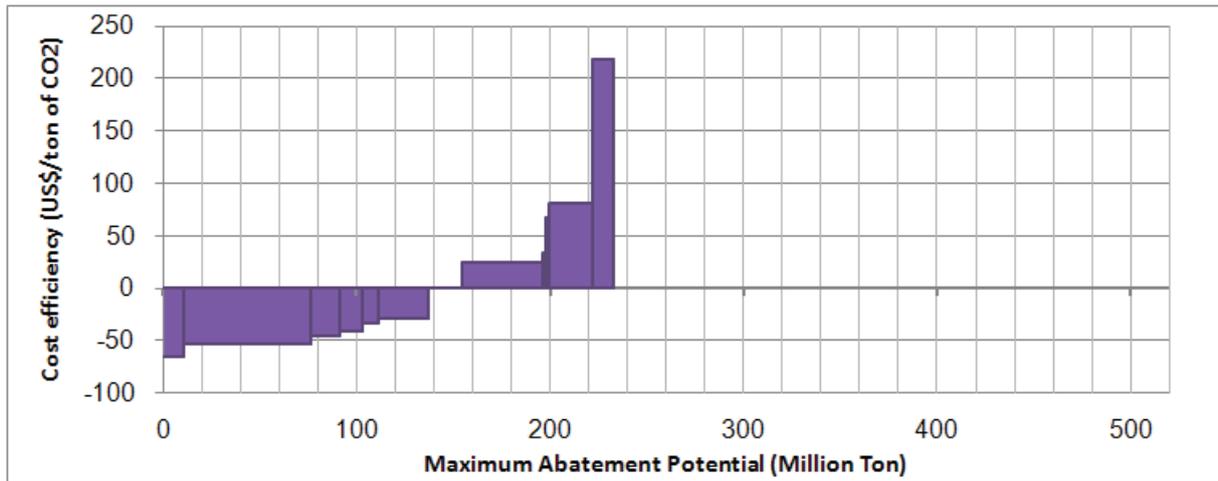


図 1.5.25 本調査のタンカーに関する GHG 限界削減費用曲線
(2030 年、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化)

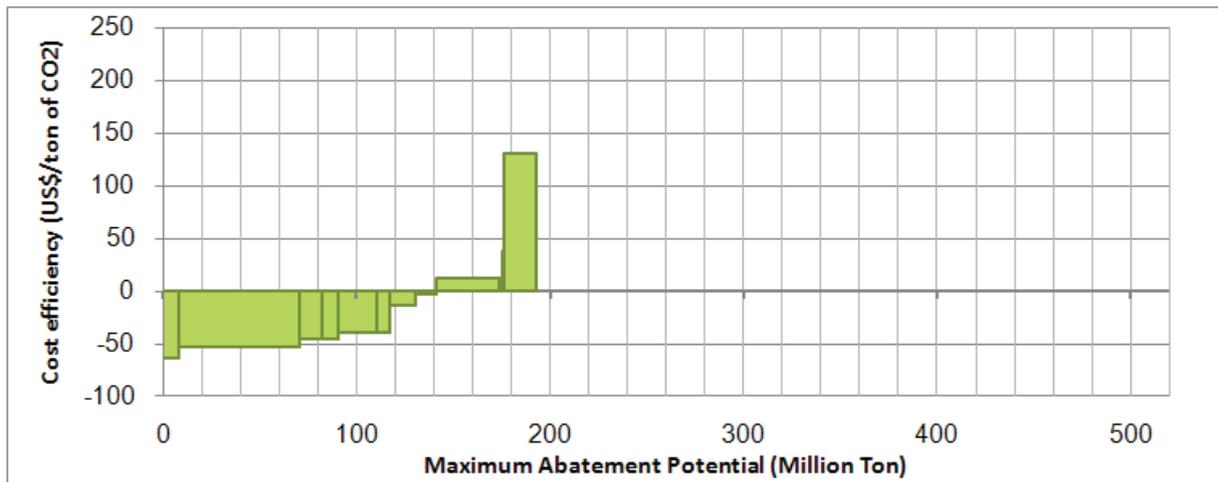


図 1.5.26 本調査のバルカーに関する GHG 限界削減費用曲線
(2030 年、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化)

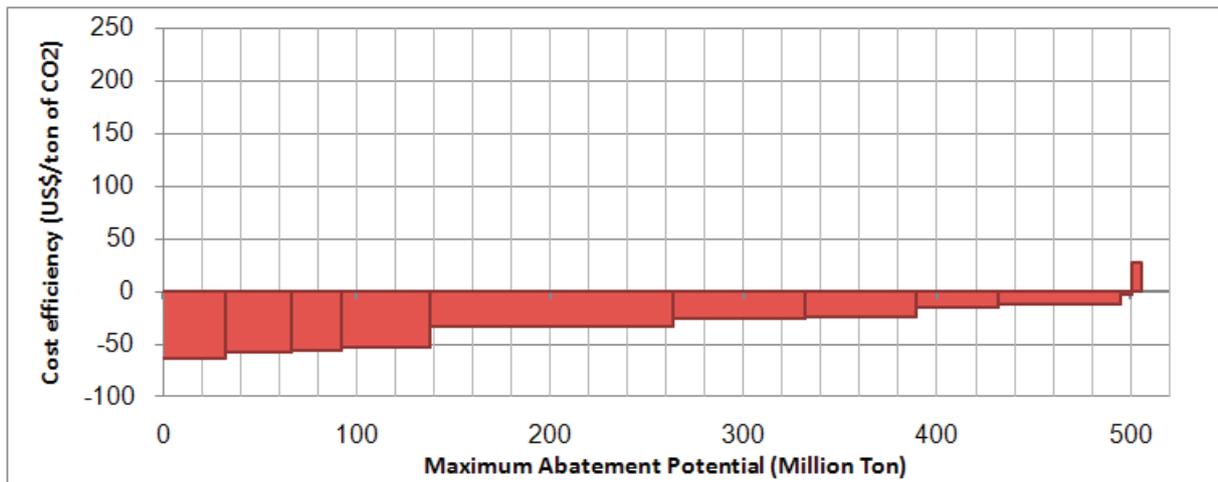


図 1.5.27 本調査のコンテナ船に関する GHG 限界削減費用曲線
(2030 年、燃料価格 500 ドル、金利 4.0%、現在価値化)

1.5.4 MAC 曲線を用いた国際海運のエネルギー効率向上対策による排出削減目標の検討

1.5.4.1 国際海運全体の排出削減目標

図 1.5.28 に示す IMO の MEPC 59 のノルウェー提案の手法と同様に、限界削減費用曲線（限界削減費用及び削減ポテンシャル）を用いて、他セクターと国際海運の同じ限界削減費用におけるシナリオ排出量に対する削減割合の相関から、国際海運の排出削減目標を検討する。

但し、IPCC と IMO の限界削減費用曲線の算出方法には、幾つかの相違があり、比較を表 1.5.21 に示す。

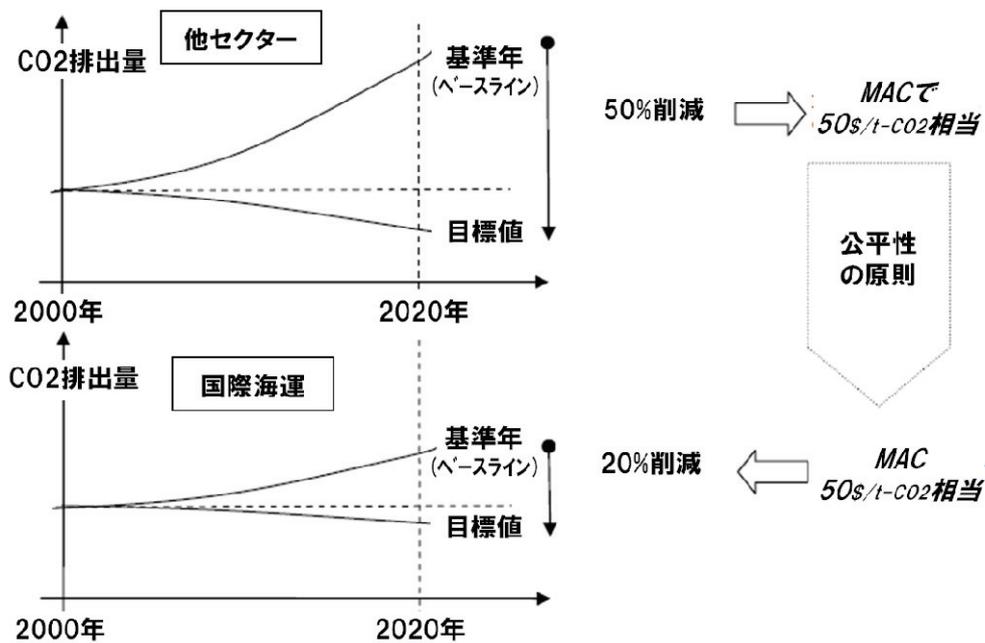


図 1.5.28 MEPC 59 ノルウェー提案概要

表 1.5.21 IPCC と IMO の算出方法の比較

	IPCC	IMO
<ul style="list-style-type: none"> ■ 限界削減費用曲線の算出方法（積上又はシミュレーション） 	<ul style="list-style-type: none"> □ 積上げ法及びシミュレーション法 	<ul style="list-style-type: none"> □ 積上げ法のみ
<ul style="list-style-type: none"> ■ 限界削減費用の算出方法（対策の内容・費用・削減量、基準年（x年比較の将来y年削減z）） 	<ul style="list-style-type: none"> □ 7セクター内の個別分野の対策がベース □ 2000年比較の2030年時点の値（但しWG3報告書作成時（2007年）からの比較とも解釈可能） 	<ul style="list-style-type: none"> □ 10技術分野内の要素技術がベース □ 2007年比較の2020年時点の値
<ul style="list-style-type: none"> ■ 算出に係るその他影響（相殺・相乗効果、燃料価格・物価上昇） 	<ul style="list-style-type: none"> □ 相乗効果等を限定的に考慮（積上げ法のセクター間の重複分等） □ 燃料価格・物価上昇を限定的に考慮（自動車分野は30-60US\$/BBL燃料価格及び金利4%で算出） □ 費用の現在価値化は不明（積み上げ法では基本的に考慮していない） 	<ul style="list-style-type: none"> □ 相乗効果等を考慮 □ 燃料価格・金利を考慮 □ 費用の現在価値化なし

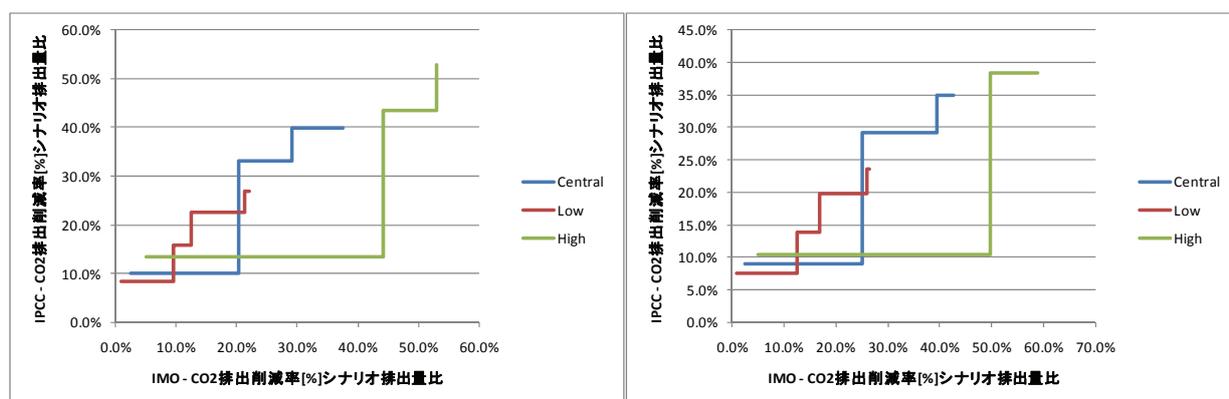
算出方法をすべて同じにすることは困難であるが、燃料価格（運輸：45US\$/BBL、国際海運：250US\$/t）及び金利（4%）を同程度とした場合に、IPCC と IMO の限界削減費用曲線の比較が基本的に可能となる。

このため、費用の現在価値化の有無の別に、2020年及び2030年における標準シナリオ排出量であるA1Bシナリオにおける他セクターの排出削減率及び国際海運の排出削減率の相関を図1.5.29及び図1.5.30に示す。なお、A1Bシナリオ排出量は、他セクターが2020年で59Gt-CO₂、2030年で67Gt-CO₂であり、国際海運が、前章での計算と同じ値を使用し、2020年で1256Mt-CO₂、2030年で2362Mt-CO₂である。

費用を現在価値化しない場合（計算に使用したIPCCの積み上げ法の限界削減費用曲線と同じとなる基本ケース）では、国際海運は、他セクターと比較し、2020年時点では、同程度の削減となるのがわかる。また、2030年時点では、限界削減費用が50US\$/t-CO₂未満の区間で同程度の削減となるが、50US\$/t-CO₂以上の区間で約1.2倍の削減となるのがわかる。

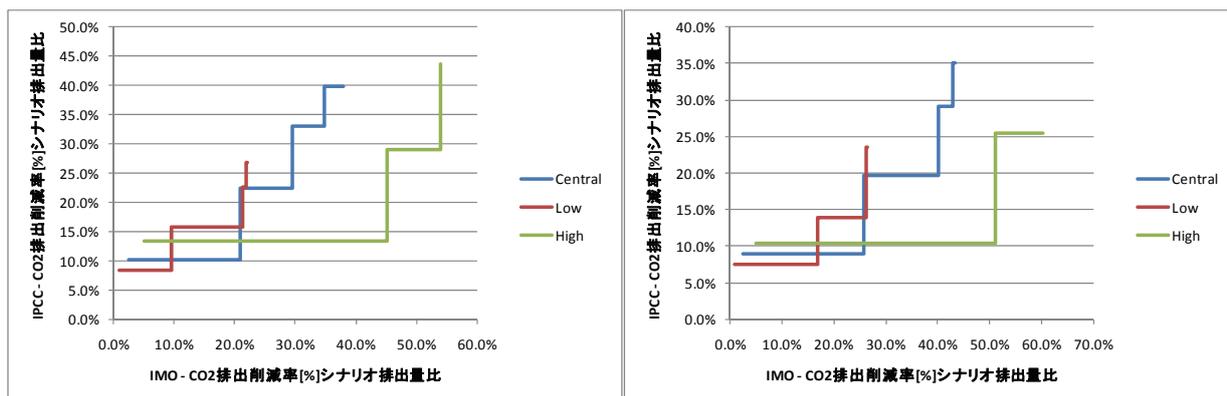
費用を現在価値化する場合では、国際海運は、他セクターと比較し、2020年時点では、7割程度の削減となるのがわかる。また、2030年時点では、限界削減費用が20US\$/t-CO₂未満の区間で同程度の削減となるが、20US\$/t-CO₂以上の区間で約1.2倍の削減となるのがわかる。

なお、IPCCのWG3報告書の記載の限界削減費用及び削減ポテンシャルは、費用が0US\$/t-CO₂未満（マイナス）の場合は一律値のため、当該区間（図中の縦軸最小値の平行区間）の相関の算定結果は、参考として扱うべきである。



限界削減費用が中央の比較		燃料価格 250				限界削減費用が中央の比較		燃料価格 250			
シナリオ排出量削減率	限界削減費用[US\$/t-CO ₂]	<0,0-20	20-50	50-100	100>=	シナリオ排出量削減率	限界削減費用[US\$/t-CO ₂]	<0,0-20	20-50	50-100	100>=
IMO	min	2.6%	2.6%	20.4%	29.1%	IMO	min	2.6%	2.6%	25.1%	39.4%
	max	17.5%	17.5%	20.4%	37.5%		max	20.8%	20.8%	34.2%	42.6%
IPCC		10.2%	22.4%	33.1%	39.8%	IPCC		9.0%	19.7%	29.1%	35.0%

図 1.5.29 A1Bシナリオでの他セクターと国際海運の排出削減率の相関（左：2020年・右：2030年）
（非現在価値化、燃料価格：45US\$/BBL（運輸）・250US\$/t（国際海運）、金利：4%）



限界削減費用が中央の比較					燃料価格 250						
シナリオ排出量		限界削減費用[US\$/t-CO2]				シナリオ排出量		限界削減費用[US\$/t-CO2]			
削減率		<0,0-20	20-50	50-100	100>=	削減率		<0,0-20	20-50	50-100	100>=
IMO	min	2.6%	20.9%	29.6%	34.9%	IMO	min	2.6%	25.9%	40.1%	42.9%
	max	18.0%	20.9%	29.6%	38.0%		max	21.5%	35.0%	40.5%	43.3%
IPCC		10.2%	22.4%	33.1%	39.8%	IPCC		9.0%	19.7%	29.1%	35.0%

図 1.5.30 A1B シナリオでの他セクターと国際海運の排出削減率の相関（左：2020年・右：2030年）
（現在価値化、燃料価格：45US\$/BBL（運輸）・250US\$/t（国際海運）、金利：4%）

IPCC と IMO の限界削減費用の算出方法が異なるため、参考扱いとなるが、IMO での経済的手法の検討が燃料価格を 500 から 750US\$/t を基準に行っていることから、他セクターの値はそのままとし、国際海運分野のみ燃料価格を 500・750 US\$/t に変更した場合の排出削減率の相関を表 1.5.22 に示す。

国際海運は、他セクターと比較し、燃料価格が 500 US\$/t では同程度の削減となり、燃料価格が 750 US\$/t では 2020 年時点は同程度だが、2030 年時点では 1.5 倍以上の削減となることがわかる。

表 1.5.22 A1B シナリオでの他セクターと国際海運の排出削減率の相関（左：2020年・右：2030年）
（非現在価値化、燃料価格：45US\$/BBL（運輸）・500-750US\$/t（国際海運）、金利：4%）

限界削減費用が中央の比較					燃料価格 500						
シナリオ排出量		限界削減費用[US\$/t-CO2]				シナリオ排出量		限界削減費用[US\$/t-CO2]			
削減率		<0,0-20	20-50	50-100	100>=	削減率		<0,0-20	20-50	50-100	100>=
IMO	min	2.6%	29.1%	29.1%	34.4%	IMO	min	2.6%	2.6%	39.4%	39.8%
	max	20.4%	29.1%	29.1%	37.5%		max	34.2%	34.2%	39.4%	42.6%
IPCC		10.2%	22.4%	33.1%	39.8%	IPCC		9.0%	19.7%	29.1%	35.0%

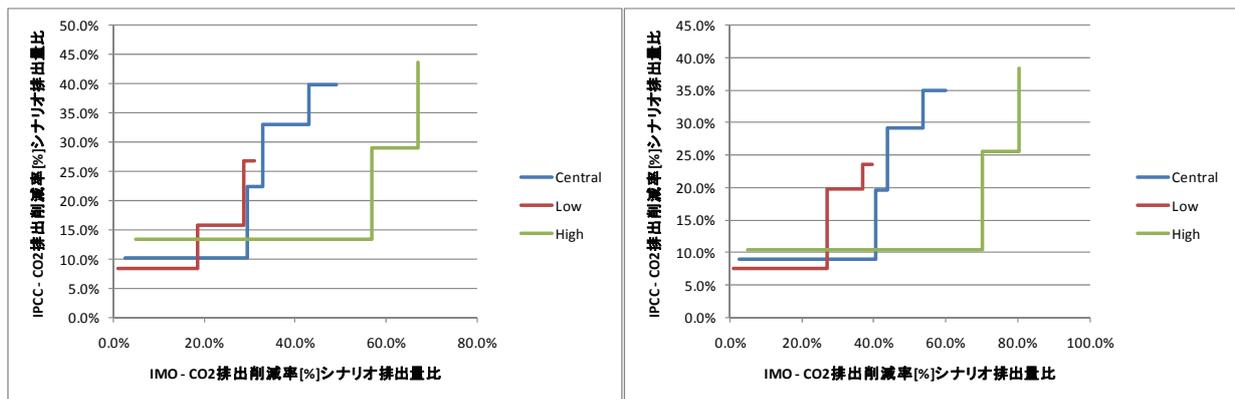
限界削減費用が中央の比較					燃料価格 750						
シナリオ排出量		限界削減費用[US\$/t-CO2]				シナリオ排出量		限界削減費用[US\$/t-CO2]			
削減率		<0,0-20	20-50	50-100	100>=	削減率		<0,0-20	20-50	50-100	100>=
IMO	min	2.6%	2.6%	34.4%	37.1%	IMO	min	2.6%	39.8%	39.8%	42.2%
	max	29.1%	29.1%	34.8%	37.5%		max	39.4%	39.8%	39.8%	42.6%
IPCC		10.2%	22.4%	33.1%	39.8%	IPCC		9.0%	19.7%	29.1%	35.0%

1.5.4.2 EEDI 対象の主要船種毎の排出削減目標

前節と同じ方法により、EEDI 対象の Dry cargo carrier(Bulker 相当)、Tanker 及び Container について、他セクターと当該船舶の同じ限界削減費用におけるシナリオ排出量に対する削減割合の相関から、国際海運の排出削減目標を検討する。

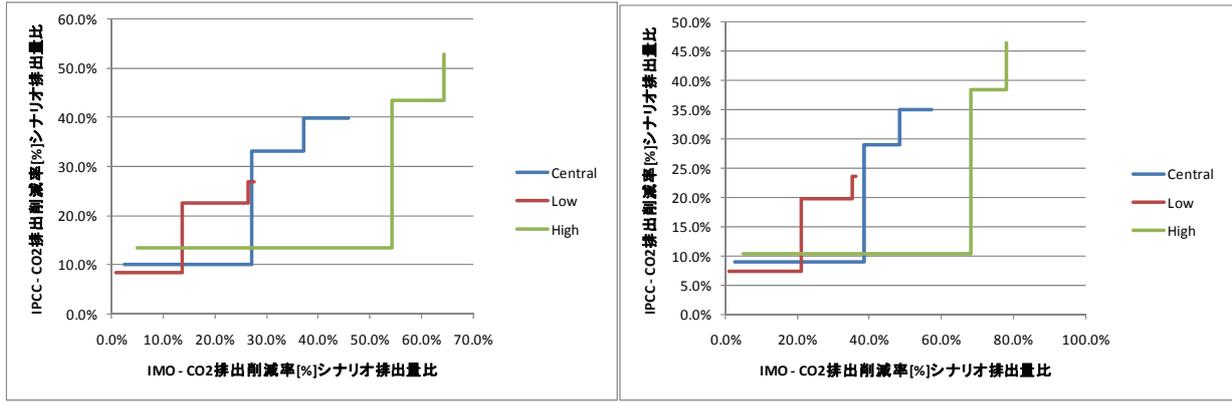
燃料価格（運輸：45US\$/BBL、国際海運：250US\$/t）及び金利（4%）を同程度とし、費用を現在価値化しない場合（計算に使用した IPCC の積み上げ法の限界削減費用曲線と同じとなる基本ケース）における 2020 年及び 2030 年における標準シナリオ排出量である A1B シナリオにおける他セクターの排出削減率及び国際海運の排出削減率の相関を図 1.5.31 から図 1.5.33 に示す。なお、A1B シナリオ排出量は、前章での計算と同じ値を使用し、Dry cargo carrier が 2020 年で 220Mt-CO₂、2030 年で 323Mt-CO₂ であり、Tanker が 2020 年で 245Mt-CO₂、2030 年で 347Mt-CO₂ であり、Container が 2020 年で 456Mt-CO₂、2030 年で 1256Mt-CO₂ である。

すべての船種が、他セクターと比較し、2020 年時点では、同程度の削減となるが、2030 年時点では、約 1.5 倍の削減となることがわかる。



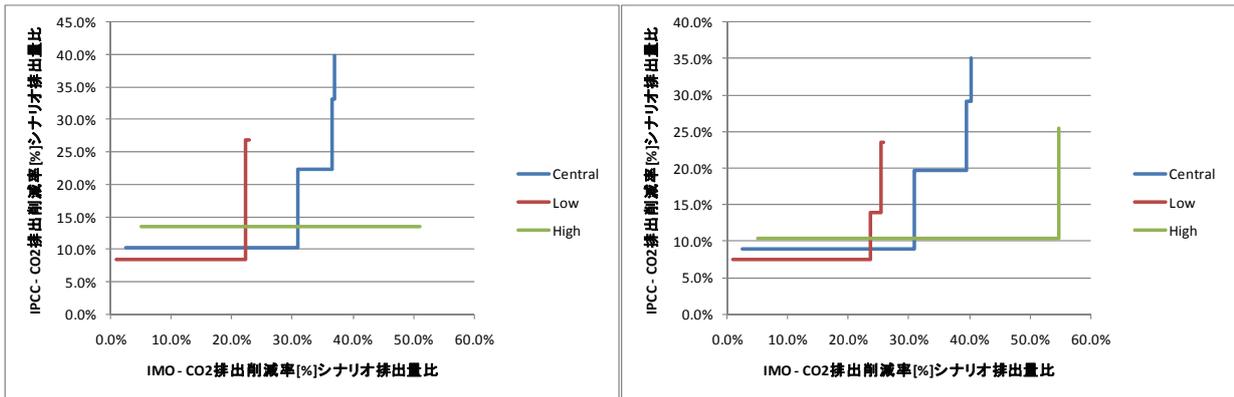
限界削減費用が中央の比較		燃料価格 250				限界削減費用が中央の比較		燃料価格 250			
シナリオ排出量削減率	シナリオ排出量	限界削減費用[US\$/t-CO ₂]				シナリオ排出量削減率	シナリオ排出量	限界削減費用[US\$/t-CO ₂]			
		<0,0-20	20-50	50-100	100>=			<0,0-20	20-50	50-100	100>=
IMO	min	2.6%	29.5%	32.9%	42.9%	min	2.6%	40.4%	43.8%	53.8%	
	max	26.8%	29.5%	32.9%	49.0%	max	36.3%	40.4%	43.8%	59.8%	
IPCC		10.2%	22.4%	33.1%	39.8%	IPCC		9.0%	19.7%	29.1%	35.0%

図 1.5.31 A1B シナリオでの他セクターと Dry cargo carrier の排出削減率の相関（左：2020 年・右：2030 年）
（非現在価値化、燃料価格：45US\$/BBL（運輸）・250US\$/t（国際海運）、金利：4%）



限界削減費用が中央の比較					燃料価格 250						
シナリオ排出量		限界削減費用[US\$/t-CO2]				シナリオ排出量		限界削減費用[US\$/t-CO2]			
削減率		<0,0-20	20-50	50-100	100>=	削減率		<0,0-20	20-50	50-100	100>=
IMO	min	2.6%	2.6%	27.1%	37.1%	IMO	min	2.6%	2.6%	38.5%	48.5%
	max	24.5%	24.5%	27.1%	45.9%		max	34.4%	34.4%	38.5%	57.2%
IPCC		10.2%	22.4%	33.1%	39.8%	IPCC		9.0%	19.7%	29.1%	35.0%

図 1.5.32 A1B シナリオでの他セクターと Tanker の排出削減率の相関（左：2020 年・右：2030 年）
（非現在価値化、燃料価格：45US\$/BBL（運輸）・250US\$/t（国際海運）、金利：4%）



限界削減費用が中央の比較					燃料価格 250						
シナリオ排出量		限界削減費用[US\$/t-CO2]				シナリオ排出量		限界削減費用[US\$/t-CO2]			
削減率		<0,0-20	20-50	50-100	100>=	削減率		<0,0-20	20-50	50-100	100>=
IMO	min	2.6%	30.9%	36.6%	37.0%	IMO	min	2.6%	30.9%	39.4%	40.3%
	max	27.5%	36.1%	36.6%	37.0%		max	26.4%	34.3%	39.9%	40.3%
IPCC		10.2%	22.4%	33.1%	39.8%	IPCC		9.0%	19.7%	29.1%	35.0%

図 1.5.33 A1B シナリオでの他セクターと Container の排出削減率の相関（左：2020 年・右：2030 年）
（非現在価値化、燃料価格：45US\$/BBL（運輸）・250US\$/t（国際海運）、金利：4%）

1.5.5 個別船舶におけるエネルギー効率向上対策の設備投資経済性の評価手法の検討

限界削減費用（曲線）を用いて、個別船舶におけるエネルギー効率向上対策の設備投資経済性を検討する。

表 1.5.23 に示すタンカー（VLCC）に対し、仮に国際海運全体の限界削減費用（限界削減費用：中央値、2020 年、現在価値化、燃料価格：250US\$/t、金利：4%）を適用した場合、当該対策の年間あたりの費用は、表 1.5.24 のとおりとなり、すべての対策を実施した場合、約 50 万 US\$ の費用増加となる。

単純に考えれば、「.12 Waste heat recovery (new ships only) JPN（廃熱回収）」（削減率 20.9%）までは、費用の増加はなく、また、「.5 Main engine retrofit（主エンジン改装）」（削減率 35.2%）までは、実施した対策全体（総和）での費用の増加はない。

一方、IMO においては、欧州が提案する「排出量取引」（METS: Maritime Emission Trading Scheme、個船に排出量を割り当てる）、日本等が提案する「国際 GHG 基金」（燃料油課金を徴収後、各船の効率改善を格付けし、優れた船舶には一部を還付する）等の様々な経済的手法の検討がなされている。これら、手法により、対策の経済的価値が変動することから、以下において、その影響を評価する。

表 1.5.23 試算に使用したタンカーの概要

Tanker	300,000	DWT
Voyage	274	[day/year]
Fuel oil	30,990	[ton/year]
CO2	92,528	[ton/year]

表 1.5.24 対策の年間あたりの費用

year	2020 year	Cost efficiency	Ab. potential		Cost-Measure
fuel price	500 US\$/tonne	[\$/t-CO2]	[%]	[%]sum	[\$/year]
interest rate	4.0 %	Central	Central		
.6 Retrofit hull improvements		-95	2.6%	2.6%	-223,416
.8 Other retrofit options: towing kite		-80	4.7%	7.2%	-344,968
.10 Air lubrication (new ships only)		-75	2.1%	9.3%	-142,690
.1 Propeller maintenance		-60	2.8%	12.1%	-153,837
.4 Voyage and operations options		-48	2.0%	14.1%	-91,715
.11 Hull systems JPN		-45	3.9%	18.0%	-162,263
.12 Waste heat recovery (new ships only) JPN		-5	2.9%	20.9%	-14,128
.9 Speed reduction		27	8.7%	29.6%	221,053
.3 Hull coating and maintenance		88	5.3%	34.9%	427,205
.5 Main engine retrofit		113	0.4%	35.2%	38,273
.2 Propeller/propulsion system upgrades		342	2.3%	37.6%	740,328
.7 Auxiliary systems		592	0.4%	38.0%	221,322
total					515,165

(1) 排出量取引

排出量取引が、限界削減費用に与える影響のイメージを図 1.5.34 に示す。図は、排出削減目標（規制値）を 15%削減とし、船舶がすべての対策を実施し 40%まで削減した場合を表現している。

船舶は、対策を実施するために図の青色の部分に相当する費用を必要とする。削減目標を超える対策群については、排出量取引（ETS）により、図の緑色に相当する削減量に排出量取引価格（ETS-price）を乗じた費用が利益となる。一方、削減目標を超えない対策群については、削減目標となる初期割当量（AAU：：Assigned Amount Units）が無償の場合は費用の負担がないが、図の紫色の部分に相当する初期割当量に割当価格（AAU-price）を乗じた費用の負担が生じる。なお、限界削減費用（曲線）の考えに従ったため、初期割当量の対策の費用負担は、上記のとおりとしたが、実際には、実施したすべて対策群の中で考慮されるべきものである。

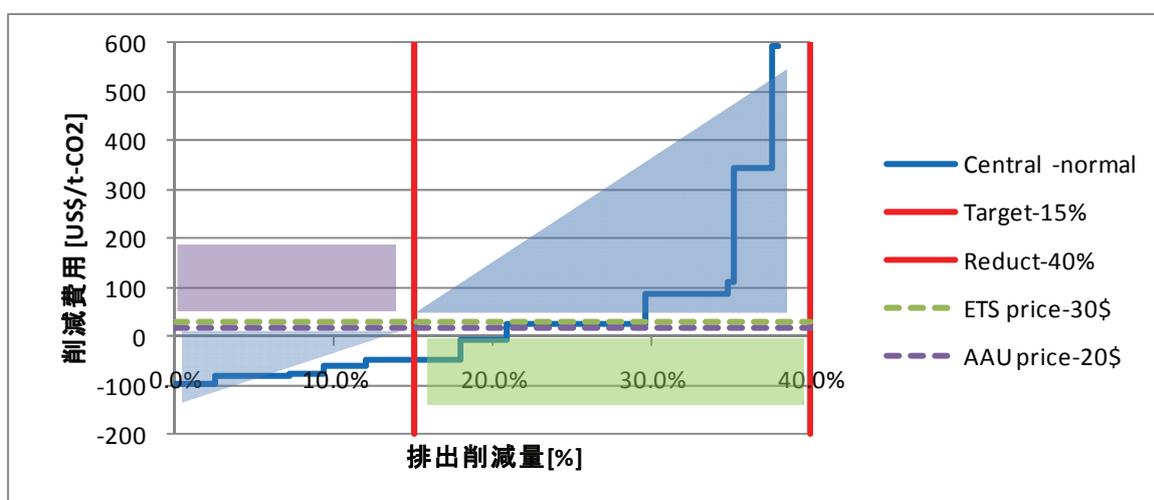


図 1.5.34 排出量取引が限界削減費用に与える影響

表 1.5.25 及び図 1.5.35 に排出量取引の導入に伴う限界削減費用（曲線）の変化を示す。なお、現行相場を考慮し、初期割当量（AAU）は、20US\$/t-CO₂とし、排出量取引価格（ETS-price）30US\$/t-CO₂とし、また、費用は、すべて現在価値で算定した。

排出量取引の導入により、対策の価値が変化し、導入前に限界削減費用（費用対効果）の順で 4 番目であった「.11 Hull systems JPN（船型改良）」が、導入後では最も高くなる結果となった。

表 1.5.25 排出量取引による限界削減費用の変化（上段：導入しない場合、下段：導入する場合）

year	2020 year	Cost efficiency	Ab. potential	Cost-Measure	Cost-total
fuel price	500 US\$/tonne	[\$/t-CO2]	[%]sum	[\$/year]	[M\$/year]
interest rate	4.0 %	Central	Central		
.6 Retrofit hull improvements		-95	2.6%	-223,416	-223,416
.8 Other retrofit options: towing kite		-80	4.7%	-344,968	-344,968
.10 Air lubrication (new ships only)		-75	2.1%	-142,690	-142,690
.1 Propeller maintenance		-60	2.8%	-153,837	-153,837
.4 Voyage and operations options		-48	2.0%	-91,715	-91,715
.11 Hull systems JPN		-45	3.9%	-162,263	-162,263
.12 Waste heat recovery (new ships only) JPN		-5	2.9%	-14,128	-14,128
.9 Speed reduction		27	8.7%	221,053	221,053
.3 Hull coating and maintenance		88	5.3%	427,205	427,205
.5 Main engine retrofit		113	0.4%	38,273	38,273
.2 Propeller/propulsion system upgrades		342	2.3%	740,328	740,328
.7 Auxiliary systems		592	0.4%	221,322	221,322
total				515,165	515,165

year	2020 year	Cost efficiency	Ab. potential	Cost-Measure	Cost-ETS	Cost-AAU	Cost-total
fuel price	500 US\$/tonne	[US\$/t-CO2]	[%]sum	[M\$/year]	[M\$/year]	[M\$/year]	[M\$/year]
interest rate	4.0 %	Central	Central				
.11 Hull systems JPN		-63	3.9%	-162,263	-64,477		-226,740
.12 Waste heat recovery (new ships only) JPN		-23	2.9%	-14,128	-48,391		-62,519
.9 Speed reduction		9	8.7%	221,053	-145,625		75,428
.4 Voyage and operations options		24	2.0%	-91,715		137,043	45,329
.1 Propeller maintenance		24	2.8%	-153,837		215,476	61,639
.10 Air lubrication (new ships only)		35	2.1%	-142,690		210,084	67,394
.8 Other retrofit options: towing kite		62	4.7%	-344,968		611,817	266,849
.3 Hull coating and maintenance		70	5.3%	427,205	-87,523		339,683
.5 Main engine retrofit		95	0.4%	38,273	-6,106		32,167
.6 Retrofit hull improvements		306	2.6%	-223,416		944,688	721,273
.2 Propeller/propulsion system upgrades		324	2.3%	740,328	-38,951		701,377
.7 Auxiliary systems		574	0.4%	221,322	-6,739		214,583
total				515,165	-397,811	2,119,109	2,236,462

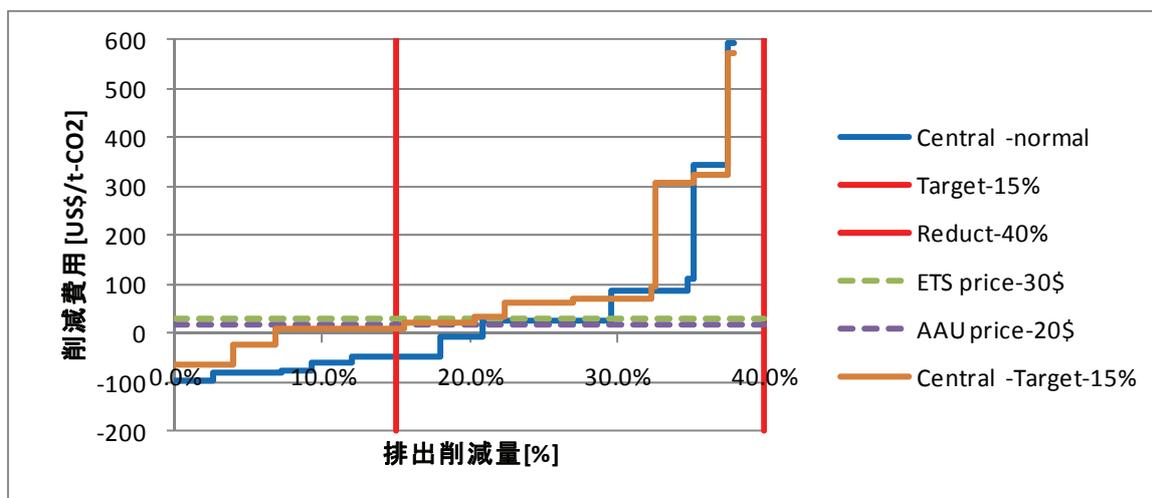


図 1.5.35 排出量取引による限界削減費用曲線の変化

(2) 国際 GHG 基金

国際 GHG 基金（燃料油課金を徴収後、各船の効率改善を格付けし、優れた船舶には一部を還付する）が、限界削減費用に与える影響のイメージを図 1.5.36 に示す。図は、排出削減目標（規制値）を 15% 削減とし、船舶がすべての対策を実施し 40%まで削減した場合を表現している。

船舶は、対策を実施するために図の青色の部分に相当する費用を必要とする。対策の実施により、図の緑色に相当する対策の削減量の燃料油課金の減額分が利益となる。また、削減目標から一定量を超える削減となる対策群については、図の紫色の部分に相当する徴収された燃料課金の一部（又はすべて）が還付される。なお、限界削減費用（曲線）の考えに従ったため、燃料課金の還付は、上記のとおりとしたが、実際には、実施したすべて対策群の中で考慮されるべきものである。

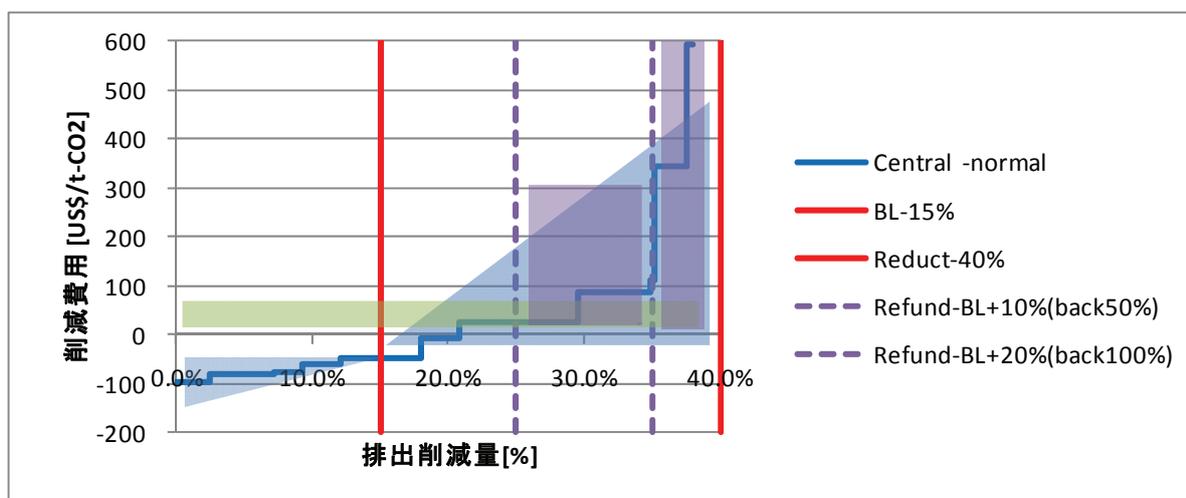


図 1.5.36 国際 GHG 基金が限界削減費用に与える影響

表 1.5.26 及び図 1.5.37 に国際 GHG 基金の導入に伴う限界削減費用（曲線）の変化を示す。なお、燃料油課金の還付は、削減目標を 10%超える対策は 50%還付とし、20%を超える対策は 100%還付とし、また、費用は、すべて現在価値で算定した。

表 1.5.26 国際 GHG 基金による限界削減費用の変化（上段：導入しない場合、下段：導入する場合）

year	2020 year	fuel price 500 US\$/tonne	interest rate 4.0 %	Cost efficiency	Ab. potential		Cost-Measure	Cost-total
				[\$/t-CO2]	[%]	[%]sum	[\$/year]	[M\$/year]
				Central	Central			
.6	Retrofit hull improvements	-95	2.6%	2.6%	-223,416	-223,416		
.8	Other retrofit options: towing kite	-80	4.7%	7.2%	-344,968	-344,968		
.10	Air lubrication (new ships only)	-75	2.1%	9.3%	-142,690	-142,690		
.1	Propeller maintenance	-60	2.8%	12.1%	-153,837	-153,837		
.4	Voyage and operations options	-48	2.0%	14.1%	-91,715	-91,715		
.11	Hull systems JPN	-45	3.9%	18.0%	-162,263	-162,263		
.12	Waste heat recovery (new ships only) JPN	-5	2.9%	20.9%	-14,128	-14,128		
.9	Speed reduction	27	8.7%	29.6%	221,053	221,053		
.3	Hull coating and maintenance	88	5.3%	34.9%	427,205	427,205		
.5	Main engine retrofit	113	0.4%	35.2%	38,273	38,273		
.2	Propeller/propulsion system upgrades	342	2.3%	37.6%	740,328	740,328		
.7	Auxiliary systems	592	0.4%	38.0%	221,322	221,322		
total					515,165	515,165		

year	2020 year	fuel price 500 US\$/tonne	interest rate 4.0 %	Cost efficiency	Ab. potential		Cost-Measure	Cost-Ley	Cost-Refund	Cost-total
				[US\$/t-CO2]	[%]	[%]sum	[M\$/year]	[M\$/year]	[M\$/year]	[M\$/year]
				Central	Central					
.5	Main engine retrofit	-379	0.4%	0.4%	38,273	-5,675	-927,186	-894,588		
.7	Auxiliary systems	-302	0.4%	0.8%	221,322	-6,263	-926,833	-711,775		
.8	Other retrofit options: towing kite	-177	4.7%	5.5%	-344,968	-72,624	0	-417,592		
.9	Speed reduction	-144	8.7%	14.2%	221,053	-135,354	-424,652	-338,953		
.6	Retrofit hull improvements	-111	2.6%	16.7%	-223,416	-39,512	0	-262,928		
.11	Hull systems JPN	-94	3.9%	20.6%	-162,263	-59,929	0	-222,192		
.2	Propeller/propulsion system upgrades	-87	2.3%	22.9%	740,328	-36,204	-908,852	-204,728		
.1	Propeller maintenance	-83	2.8%	25.7%	-153,837	-42,611	0	-196,449		
.10	Air lubrication (new ships only)	-74	2.1%	27.8%	-142,690	-32,069	0	-174,759		
.4	Voyage and operations options	-52	2.0%	29.8%	-91,715	-31,700	0	-123,414		
.3	Hull coating and maintenance	-40	5.3%	35.1%	427,205	-81,349	-440,869	-95,013		
.12	Waste heat recovery (new ships only) JPN	-25	2.9%	38.0%	-14,128	-44,978	0	-59,106		
total					515,165	-588,268	-3,628,393	-3,701,497		

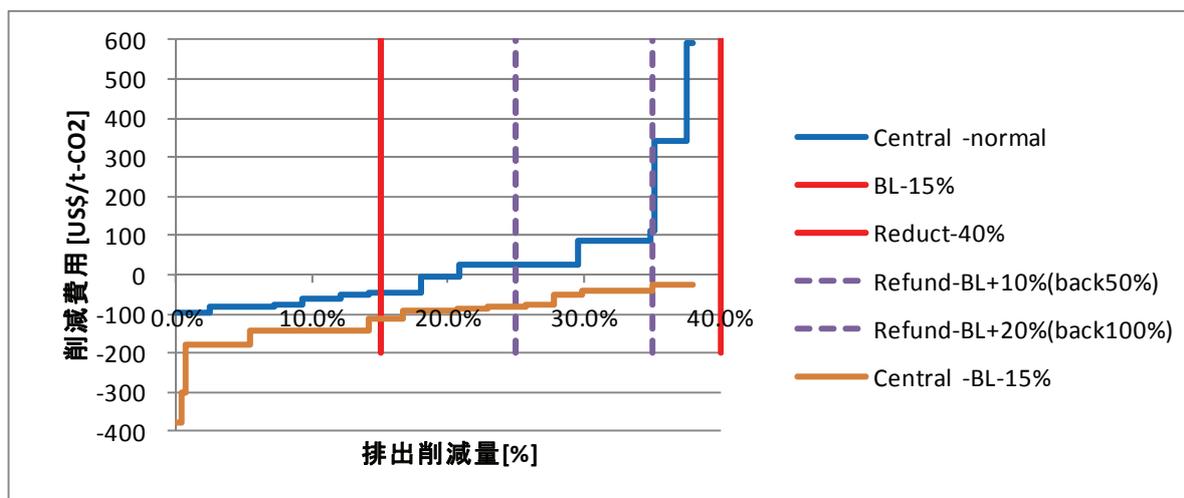


図 1.5.37 国際 GHG 基金による限界削減費用曲線の変化

1.5.6 まとめ

標準排出シナリオである A1B シナリオの下で世界的に最も効率の良い形で CO₂ 排出の削減を目指す場合（単位 CO₂ 排出量の削減に必要なコストが公平になるように目標設定をおこなう場合）、国際海運分野の排出量削減は、2020 年時点では最大で他セクターの 7 割程度の削減目標となることが示され、他セクターよりも低い削減目標となる一方、2030 年時点では同程度の削減目標となることがわかった。

2 代替燃料の利用に係るインフラの要件等に関する調査研究

2.1 調査研究の概要

(1) 目的

国際海運から排出されるGHGを抑制するための方策には、船舶・船用機器の省エネ化、燃料油の転換、運航・ロジスティックスの改善等様々な方策が存在する。これらの方策の実用化に向けて現在様々なGHG排出削減技術研究開発が行われているが、将来的な技術の普及には、経済性以外にインフラ、安全規則等が密接に関わっていることから、当会では、平成21年度調査事業「GHG排出削減技術の普及に必要なインフラ等に関する調査研究」において、代替燃料の利用及び船舶の大型化・運航の最適化等に関連するインフラ等の調査を行った。

この調査の中で、船用燃料としての代替燃料の使用、特にLNGの利用に関し、実用化の可能性が高いことが判明したことを受けて、平成22年度事業では船用代替燃料としてのLNGの利用に焦点を絞り、LNG燃料船を実現するための課題の克服に向けてより具体的な調査を行うことにより関連する研究開発やその成果の普及を促進することを目的として調査を実施した。

(2) 調査・検討

① IMOにおける審議（LNG燃料船の安全基準の作成）

- ガス燃料船の安全のための国際規則（IGFコード）策定に向けたIMO審議のフォロー

② 船用燃料としてLNGを利用する際のインフラに関する調査

- 港湾区域において船用燃料としてLNGを貯蔵する際の陸上施設に適用される規則調査
- 港湾区域においてLNGを船舶に供給する陸上施設に適用される規則調査
- その他港湾ターミナルにおいて適用される規則調査
- 船用燃料としてLNGを利用する船舶が利用する港湾ターミナルの試設計

③ 船用燃料としてLNGを利用する際の技術的要件に関する調査

- 世界の港湾で供給されるLNGの組成調査

④ ガスエンジンの動向に関する調査

- CIMACにおいて、LNGを燃料とするガスエンジンの開発動向を調査

2.2 IMO の動向

(1) IMO／第 15 回ばら積み液体・気体小委員会 (BLG15) の審議結果の報告

日時：2011 年 2 月 7 日～2 月 11 日 場所：ロンドン IMO 本部

IMO のばら積み液体・気体小委員会では、2012 年度を目標にガス燃料船の安全のための国際規則 (IGF コード) の策定作業を行っている (後述のとおり作業目標期日は後ろ倒しとなった)。

2011 年 2 月 7 日から 2 月 11 日までの間、英国ロンドン IMO 本部において開催された第 15 回 BLG 小委員会 (BLG15) における IGF コード関連の審議結果 (議題 6 (IGF コード) 関連) は以下のとおりである。

(i) 個々の課題に関する審議 (具体的な内容は WG で審議)

① IGF コードの構成について

ノルウェーは、IGF コードのドラフトについて、目標及び機能要件は、対象となる全てのガス及び低引火点液体燃料に適用されるが、ドラフト作成段階では天然ガスのみを対象として作成したため、今後、個別の燃料について、追加要件が必要であると説明した。

WG は、目標及び機能要件は全ての燃料に適用する規定とし、特別要件に個別の燃料の要件を規定することに合意した。

② IGC コードと IGF コードの調和について

英国、SIGTTO、ノルウェー、ドイツ、ベルギー、スペイン、CESA 等多くの国及び機関が、IGF コードは独立のコードとして作成するが IGC コードと IGF コードの整合性をとるべきと主張したため、WG は、IGC コードの経験を考慮し同コードと同等の安全レベルを達成する必要があるため、可能な限り IGC コードの改正と調和させることに合意した。

③ 安全解析 (Safety analysis) について

我が国は、BLG15/6/2 に基づき、CG で作成された IGF コードのドラフトでは、リスク解析要件の適用が不明確であり、仮に全てのガス燃料船にリスク解析を要求しているのであれば過剰であること、IGF コードの全ての詳細要件を満たしているガス燃料船についてはリスク解析を行う必要がなく、IGF コードから逸脱するガス燃料船のみにリスク解析を要求することが適当であることを指摘。

リスク解析要件を適用する範囲は、IGF コードのドラフトの詳細要件が作成された後でなければ結論は出せないため、IGF コードの詳細要件が作成された後に、リスク解析要件の適用について再度議論するよう提案。

フランスは、BLG15/6/2 に対し、IGF コードにおいて船種、環境等の全ての状況を考慮するため、新しい設計の際にリスク解析は有効でありシステマチックなリスク解析を支持すると意見を述べた。

ドイツは、低引火点燃料の問題もあるため、BLG15/6 の ANNEX2 及び ANNEX3 を含め、

時間をかけて慎重に議論すべきと意見を述べ、IGF コードは IGC コードの 16 章と重複する部分があるため、IGC コードとの調和は重要であると強く主張した。

WG は、日本提案に謝意を表明し、次回会合では我が国の HAZID の実施結果を踏まえ、安全解析 (Safety analysis) (パラグラフ 4.2) の適用範囲及び HAZID の結果に関連する要件について更なる検討を行うこととした。

④ メンブレン格納システムについて

フランスは、BLG15/6/1 (フランス提案) に基づき、燃料格納システムの議論において、IGF コードのドラフトでは燃料タンクは独立タンクのみ制限しているが、メンブレンタンクは IGC コード第 4 章の要件を満足しており、ガスキャリアにおいて 40 年間深刻な事故は起きてない実績もあるため、燃料タンクに追加しても問題ないと主張した。

スウェーデン及びドイツは、燃料タンクが損傷した際に危険なのではないかと懸念を示し、英国は、パラグラフ 4.2 の安全解析 (Safety analysis) を適用し、安全性を判断すればよいと意見を述べた。

更に、ドイツは、第 4 章のみではなく追加要件が必要ではないかと意見を述べ、WG 議長及びノルウェーがこれに同意した。

WG は、IGF コードの燃料格納システムの要件を満たす場合に限り、メンブレン格納システムを使用することに合意した。

⑤ ESD (Emergency Shutdown System) の概念について

EUROMOT、ICS、米国、ドイツ、CESA 等は、天然ガス以外の燃料についても十分な安全性を確保する ESD の概念になっているのか慎重に議論すべきであると懸念を示した。

SIGTTO は、燃料の性状について、空気より軽いガスが漏れた場合には、エンジンの大きさや出力の大きさにより使用する燃料の量は異なるが喚起により閉鎖空間を安全に保つことができるが、低引火点液体燃料又は空気より重いガスが漏れた場合には、空気より軽いガスとは異なり喚起により閉鎖空間を安全に保つことができず重大である。したがって、ESD システムは空気より軽いガスに制限すべきであると主張した。

WG は、ESD の概念の使用は空気より軽いガスの制限することに合意し、その他、エンジンの大きさ、馬力の大きさ、機関室の形状等が制限として考えられ、これらは今後 CG で議論することに合意した。

⑥ 二次防壁 (secondary barrier) について

ドイツは、技術システム又は部品における 1 つの損傷が危険な状況につながるのを防ぐための技術要件として、タイプ B タンクからの漏洩、物理的な二次防壁の必要がないタイプ C タンクの亀裂伝播、エンジンの燃焼室への燃料噴射線の double wall piping について議論すべきであると意見を述べた。

また、タイプ C タンクは安全性が高いため、二次防壁は必要ないと主張した。

ベルギーは、二次防壁は物理的な防壁であるべきと意見を述べ、ICS がこれを支持した。

⑦ タンク配置について

ドイツは、IGC コードでは船側外板から燃料タンクまでの距離は衝突抵抗に関連しているが、衝突速度はサービス速度まで考慮するのではなく、必要な衝突速度を港のような狭水路における速度に制限するのが实际的であり、その点から 5 ノットの速度は更なる評価のための適切な出発点となると意見を述べた。また、現在の IGC コードで規定されている 760mm 及び IGC コードのドラフトで提案されている 800mm も一般的な船舶の燃料としてガスを用いる場合には不十分かもしれないと意見を述べた。よって、衝突抵抗の計算を行い、次回会合に結果を提出することを表明した。

CESA、スペインは、船側外板から燃料タンクまでの距離を柔軟にすることは賛成だが、タンクは厳重に保護すべきであり、慎重に検討すべきであると意見を述べた。

SIGTTO は、タンクは厳重に保護すべきであり、そのためにも IGC コードのドラフトの要件は満足すべきであると主張した。これに対し、CESA は、IGF コードは全ての船種に適用するため、小型の船舶については IGC コードのドラフトの要件を満足するのは困難、各船種によって解決の方法が異なると主張した。

また、ノルウェーは復原性に影響があり、船側外板から燃料タンクまでの距離は、船種及び船舶の大きさにより異なるべきと主張した。

SIGTTO は、1960 年代後半以降の SOLAS 条約では、タンカー及びガスキャリアの貨物タンクの上に乗組員の宿泊設備が位置することを許可していない。引火点が 60°C 以上のバンカー燃料は、貨物領域の後方及び宿泊設備の下に位置することが許可されている。したがって、IGF コードのドラフトは、LNG を含む低引火点燃料が乗組員及び旅客の宿泊設備の下に格納される可能性があるが、それは「貨物」ではなく「バンカー燃料」であるため、SOLAS 条約に違反しないと提案している。しかし IGF コードのドラフトでは引火点が 60°C 以下の燃料も扱っているため矛盾があり、SOLAS 条約に違反すると意見を述べた。

これに対し、ノルウェー、ドイツ、フィンランド、フランス、スペイン及び CESA は、宿泊設備の下にガスタンクを配置することを許容する際の議論は「バンカー」か「貨物」であり、低引火点燃料の定義に関係するものではないと意見を述べた。ガスタンクの配置に関する安全性の問題は、船側からの適切な位置、二重防壁内のタンク接続を含む全ての放出源の位置、タンクと machinery space の隔離、機械的な保護、hazardous area の定義、給油所の位置等により解決できると意見を述べた。

⑧ ポータブルタンクについて

ドイツは、燃料タンク又は給油用タンクとしてのポータブルタンクの使用について、ポータブルタンクはインフラが整っていない港における給油等に必要であるため、使用可能であるべきであるが、そのためには IGF コードのタンクの要件を満足する必要があると主張した。

IEC、ドイツ及び SIGTTO は、IMDG コードで承認されたコンテナタイプのタンクについては慎重に考えるべきであるとして意見を述べ、また、ノルウェーは、ポータブルタンクは固定する必要があるため、機械的な保護、配管、接続について、慎重に考える必要があると意見を述べた。

WG は、ポータブルタンクの要件は IGF コードのタンクの要件を満足する必要があると、標準

の IMDG コンテナタイプのタンクを許容すべきでないことに合意した。また、具体的な要件については、今後 CG において議論することとした。

⑨ 閉鎖空間におけるタイプ C タンクの使用について

ドイツは、タイプ C タンクには二次防壁が必要なく、また、タイプ C タンクの亀裂伝播の評価基準との同等性を示すことが可能であれば、配管及び部品についても二次防壁が必要ないと主張した。最大の漏出が配管破裂であるが、これを除外することができるか議論する必要があると主張した。

多くの国は、大きな配管の完全な破裂の危険は考えられないと意見を示したものの、WG は、大きな配管の完全な破裂の危険及び閉鎖空間におけるタイプ C タンク、配管、部品等に二次防壁の必要性について CG で議論することとした。

⑩ 外部火災の負荷に対する燃料タンクの保護について

ドイツは、燃料タンクは外部火災の負荷に対し保護すべきであり、高い火災負荷及び持続時間に関してコファダム又はそれと同様な保護が適切である。機関室と貨物領域に対しても、そのような隔離は必要かもしれないと意見を述べた。また、IGC コードでは、貨物タンクと機関室の間にコファダム又は A-60 級仕切りを必要とするが、能動冷却装置はコファダムと同等な措置とみなすことができるかと問題提起した。

ノルウェー及び SIGTTO は、能動冷却装置をコファダムと同等とみなすのは危険であると主張し、これに対し、ドイツは、IGC コードでは貨物タンクと機関室の間にコファダム又は A-60 級仕切りを必要とするが、能動冷却装置がそれと同等な措置と評価されればよいのではないかと意見を述べ、CESA がこれに同意した。

WG は、機能要件の議論の際に、その方法も議論することとした。

⑪ 安全弁からの放出について

ドイツは、安全弁の系統の圧力損失は、信頼できる弁操作によって十分低くすることを確保する必要がある、そうしなければ、安全弁が破損する可能性がある。また、現在の IGC コード 8.2.16 がガイダンスを与えると主張した。また、ルウェーは、船種によって異なり、直接放出もよいのではないかと意見を述べ、これに対し、ドイツ及び SIGTTO は、発火源や乗組員が存在する可能性があり、直接放出は危険であると意見を述べた。

WG は、CG において更に議論することとした。

⑫ 燃料タンクの保護について

ドイツは、燃料タンクを保護するため、故意でも故意でなくても、多量のガスの放出を避けなければならず、また、外部火災の負荷に対し、追加的保護を考慮すべきであると主張した。

ノルウェー及び SIGTTO は、原則支持するとしながらも、ケースバイケースであり、IGC コードとの整合を考慮すべきと意見を述べた。

WG は、IGC コードと整合を考慮して更に検討することとした。

⑬ 燃料タンクの最大積み付けレベルについて

ドイツは、燃料タンクの最大積み付けレベルについて言及し、現在の IGC コード第 15 章にも規定されていると説明した。

現在、詳細な規定案はないため、WG は、CG において更に議論することとした。

⑭ 必要な換気回数について

ドイツは、ダクトの換気回数について、長さのダクト及び配管に対し同じ換気回数では適切でなく、ガス放出の十分な希釈を確実にするようすべきであり、そのためには、長いダクト及び配管では小さいダクト及び配管より速い速度が必要であると主張した。

ノルウェー及びスペインは、毎時 30 回というのは、現在の IGC コード第 16 章により決めており、IGC コードのドラフトにもあると説明した。

CESA は、現在の IGC コードの第 16 章に数値をそのまま用いることに反対し、機能要件で規定すべきであると主張した。

WG は、CG において更に検討することとした。

⑮ パイプの完全な破裂について

ドイツは、パイプの完全な破損は避けなければならない、更に議論する必要があると主張した。

また、デンマークは、IGF コードのドラフトの 8.6 にパイプの破裂に関する規定があり、破裂の際の瞬間最大圧力の計算式があるが、これは高压パイプの式であって、低压パイプについては異なると意見を述べ、ドイツがこれを支持した。

更にデンマークは 8.6 の代替案について、CG にデータを提供する用意があったとした。

WG は、まず機能要件について検討する必要があるとして、CG において更に議論することとした。

⑯ タンクに直接つながれた配管及びバルブからの最大漏洩について

ドイツは、タンクに直接つながれた配管及びバルブからの最大漏洩について、いくつかの場合、船底の配管やバルブが破損するとタンクの内容物は全て周囲に放出されてしまうが、これらを全て覆う必要があるのかと質問した。

これに対し、ノルウェーは、特別なタンクを用い、全てのタンクの接続部を覆う必要があると意見を述べ、SIGTTO は、本件は注意して検討する必要があると意見を述べた。

WG は、CG において更に議論することとした。

⑰ クランクケースの換気について

ドイツは、エンジンのクランクケースの換気について、クランクケース内は一定の圧力に保つため換気すべきであるが、強制換気を許容すべきでないとして主張し、ノルウェー、CESA、EUROMOT、デンマーク、我が国、フランス、英国は、強制換気は危険であるとして、これを支持した。

ノルウェーは、6.6.9 及び 6.6.10 を削除すべきと主張したが、フランスより IGC コードのド

ラフトとの整合性について指摘があり、IGC コードの改正については DG も設置されておらず議論されていないため、WG は、今後 IGC コードの改正の CG の状況を踏まえ検討することとした。

また、SIGTTO は、クランクケースは hazardous area zone 0 と考えられるのではないかと意見を述べた。これに対し、我が国を含め多くの国がクランクケースに存在する燃料の量では、hazardous area zone 0 とする必要はないと主張した。WG は、CG において更に検討することとした。

⑩ 圧縮ガスのばら積み輸送について

ドイツは、現在 IMO では、圧縮ガスの輸送について、IMDG コードのコンテナ型タンクでの輸送は認めているがばら積み輸送は認めておらず、IGF コードの燃料タンクを考えると、大量の圧縮ガスをばら積み輸送する際に何らかの制限をするのであれば、その制限及び基準について議論すべきであると意見を述べた。

ノルウェーは、IGF コードでは圧縮ガスも適用範囲であると説明した。これに対し、ドイツは、圧縮ガスでは圧力が問題となるため、火災の場合を考慮に入れ検討する必要があると意見を述べた。

⑪ IGF コードのドラフト (BLG15/6 ANNEX1) の検討について

上記の議論のほか、WG は、IGF コードのドラフト (BLG15/6 ANNEX1) を基本文書とし、ドラフトの精査を行った。今後、CG において更に議論することとなった。

(ii) 今後の作業

BLG15/WP.5 に基づき、プレナリーにおいて WG の作業報告が行われた。また、WG は以下を要請し、特段の異議なく合意された。

- コードの名称を「International Code of safety for ships using gases or low-flash point fuels」に変更すること。
- IGC コードと IGF コードの調和に関する決定を承認すること。
- WG における議論の進展、特に IGF コードのドラフトの更なる発展に関係する問題でとられた決定をノートすること。
- WG として、燃料格納システムの要件を満足するのであれば、メンブレン格納システムを含む他のシステムも許容されることに合意したこと。
- 目標完成年が 2014 年に延長することを推奨すること。
- WG で用意した TOR をもって CG を再設置すること。

なお、CG については、WG 議長の Ms. T Stemre (ノルウェー) がコーディネーターとなり、IGC コードの改正の CG と合同で実施することとなった。

2.3 船用燃料として LNG を利用する際のインフラ等に関する調査

【詳細については、報告書「船用燃料として LNG を利用する際のインフラ等に関する調査」を参照】

2.3.1 前提条件の整理

2.3.1.1 海外の既存船舶用 LNG 供給施設の現状

本節では、海外の既存船舶用 LNG 供給施設等を参考に、供給施設の基本的構成と供給施設への LNG 供給方法、供給施設から船舶への LNG 供給方法のオプションについて、既存資料 から整理した。

(1) 北欧における燃料供給施設

現在、LNG 燃料船の導入事例が見られる北欧（ノルウェー等）では、運航に用いられる燃料（LNG）は、LNG プラントから供給されている。

ノルウェーでは、2008 年現在、計 4 箇所の LNG 製造プラントが設置されており、それぞれ年間の生産量は 1 万トン／年～8 万トン／年となっている。これらは、北海の採掘現場から、船舶もしくはローリーにより供給される。年間の生産量が年間 300 万トン／年のプラントが存在することから、小規模プラントであるといえる。ただし、これらのプラントは船舶用燃料の供給のみを目的として設置されたものではなく、工業プラントのような陸上ユーザに対しても天然ガスパイプラインではなく LNG の形で供給されることを念頭に開発されたものである。したがって、既存の LNG プラントが存在する場合には、既存プラントを活用することが現実的である。

一方、小規模プラントの能力増強に代わる案として、遠方の生産源から LNG を受け入れる大規模ターミナル基地をベースとする供給設備の建設も想定される。小型 LNG 船舶用にスペインの大規模ターミナル基地から LNG タンカーによりノルウェーの LNG 基地を供給する計画（2008 年現在）があるとのことである。

(2) 船用燃料として LNG ターミナルを設置する際には 2 つの課題が想定される。

- ▶ 供用スペースの土地所有権などが制約条件となる場合の対処
- ▶ ターミナル基地への第三者へのアクセスを義務付ける EU 規則の扱い
 - ⇒ ターミナルの操業権をサプライチェーンの他の機能から切り離すことになる

(3) 北欧 5 港における将来の LNG 補給に関する検討

以下の北欧 5 港において、既に LNG 燃料船導入に向け、LNG 補給に関する検討が行われている。

- ▶ ベルゲン（ノルウェー）
- ▶ イェーテボリ（スウェーデン）
- ▶ リューベック（ドイツ）
- ▶ トラベミュンデ（ドイツ）
- ▶ ストックホルム（スウェーデン）

2.3.1.2 LNG 供給方法の整理

LNG の供給方法として、現在、北欧で行われている LNG 燃料船への燃料供給方法を考慮すると、次の3つの形式が考えられる。

- ①船舶またはタンカーバージによる燃料供給
- ②パイプラインによる燃料供給
- ③タンクローリー等による燃料供給

さらに、昨今、増加しているタンク型コンテナを活用した形式を加え、全てで4形式について検討を行った。

- ④LNG タンク型コンテナを搭載しコンテナから燃料供給

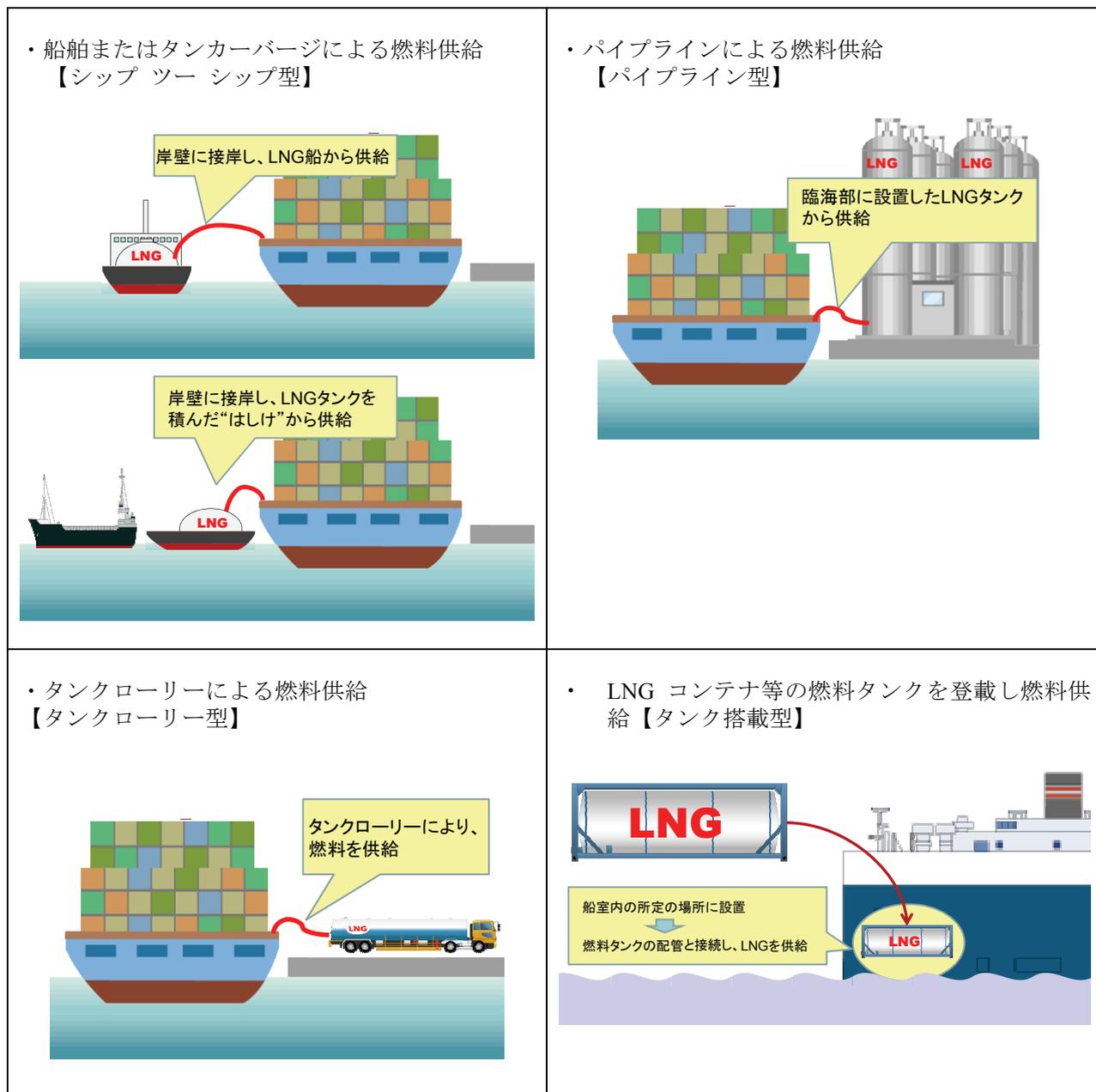


図 2.3.1 LNG 供給方法

2.3.1.3 港湾区域において船用燃料としてLNGを貯蔵・供給する陸上施設に適用される規則類の調査

ここでは、先に整理したような LNG 船への燃料供給方法について、我が国で実施する際に適用が想定される法令を把握するため、まずは類似施設に係る法制度を整理し、先に整理した4つの供給方法それぞれに対して、関連法制度とそれらにおける課題を把握した。

(1) 類似 LNG 取扱施設における適用規則類（法、規則、基準、適用条例等）の調査

(i) 類似 LNG 取扱施設における適用規則類の調査

国内における類似 LNG 取扱施設に適用される規則類を整理し、これを参考に、船用燃料として LNG を貯蔵・供給する陸上施設に適用される規則を調査・整理した。ヒアリング調査・現地施設調査の概要は参考資料として整理した。

- LNG 受入基地
- LNG を用いた発電施設
- エコステーション

(ii) 類似施設に適用されている法令（まとめ）

① 陸上施設・LNG の輸送

- ・ 施設の用途に応じ、高圧ガス保安法、消防法などが適用される。
- ・ 陸上施設の設置に際し、保安空地の確保や、ガス漏れ警報機の設置といった消防法からの指導が行なわれる。
- ・ 消防法では LNG は危険物とみなされない。ただし、気化処理を行い、高圧ガスとして取り扱う場合には、危険物とみなされる。
- ・ 長距離輸送の場合、BOG の処理が課題となる。例えば、パイプラインで長距離輸送を行なう場合、再液化装置が必要となり、設備費用が増大する。

表 2.3.1 関連法規と条文（陸上施設・LNG の輸送）

法令名	担当官庁	項目	条文
消防法	消防署	危険物	<p>第 11 条 製造所、貯蔵所又は取扱所を設置しようとする者は、政令で定めるところにより、製造所、貯蔵所又は取扱所ごとに、次の各号に掲げる製造所、貯蔵所又は取扱所の区分に応じ、当該各号に定める者の許可を受けなければならない。製造所、貯蔵所又は取扱所の位置構造又は設備を変更しようとする者も、同様とする。</p> <p>1. 消防本部及び消防署を置く市町村（次号及び第 3 号において「消防本部等所在市町村」という。）の区域に設置される製造所、貯蔵所又は取扱所（配管によって危険物の移送の取扱いを行うもので政令で定めるもの（以下「移送取扱所」という。）を除く。） 当該市町村長</p> <p>2. 消防本部等所在市町村以外の市町村の区域に設置される製造所、貯蔵所又は取扱所（移送取扱所を除く。） 当該区域を管轄する都道府県知事</p> <p>3. 一の消防本部等所在市町村の区域のみに設置される移送取扱所 当該市町村長</p> <p>4. 前号の移送取扱所以外の移送取扱所 当該移送取扱所が設置される区域を管轄する都道府県知事（2 以上の都道府県の区域にわたって設置されるものについては、総務大臣）</p>
		消防の設備等	<p>第 17 条 学校、病院、工場、事業場、興行場、百貨店、旅館、飲食店、地下街、複合用途防火対象物その他の防火対象物で政令で定めるものの関係者は、政令で定める消防の用に供する設備、消防用水及び消火活動上必要な施設（以下「消防用設備等」という。）について消火、避難その他の消防の活動のために必要とされる性能を有するように、政令で定める技術上の基準に従って、設置し、及び維持しなければならない。</p>
		危険物の規制に関する政令	<p>第三条 製造所等はその外壁・外側から下記の建築物等に対して、一定以上の距離を保たなければならない。（製造所等とは製造所、屋内貯蔵所、屋外タンク貯蔵所、屋外貯蔵所、一般取扱所である）</p>

② 港湾施設

- ・ 適用法令は港湾法、港則法である。港湾法の所轄官庁は地方自治体、港則法は海上保安庁となっている。
- ・ LNGの積み下ろしや、LNG運搬船の湾内・港内の運航時間帯（夜間の航行は禁止）については、所轄官庁である海上保安庁が指導している。

表 2.3.2 関連法規と条文（港湾施設）

法令名	担当官庁	項目	条文
港湾法	港湾局	禁止行為	<p>第三十七条の三 何人も、港湾区域、港湾隣接地域、臨港地区又は第二条第六項の規定により国土交通大臣の認定した港湾施設の区域（これらのうち、港湾施設の利用、配置その他の状況により、港湾の開発、利用又は保全上特に必要があると認めて港湾管理者が指定した区域に限る。）内において、みだりに、船舶その他の物件で港湾管理者が指定したものを捨て、又は放置してはならない。</p> <p>2 港湾管理者は、前項の規定による区域又は物件の指定をするときは、国土交通省令で定めるところにより、その旨を公示しなければならない。これを廃止するときも、同様とする。</p> <p>3 前項の指定又はその廃止は、同項の公示によつてその効力を生ずる。</p>
		臨港地区内における行為の届出等	<p>第三十八条の二 臨港地区内において、次の各号の一に掲げる行為をしようとする者は、当該行為に係る工事の開始の日の六十日前までに、国土交通省令で定めるところにより、その旨を港湾管理者に届け出なければならない。但し、第三十七条第一項の許可を受けた者が当該許可に係る行為をしようとするとき、又は同条第三項に掲げる者が同項の規定による港湾管理者との協議の調つた行為をしようとするときは、この限りでない。</p> <p>一 水域施設、運河、用水きよ又は排水きよの建設又は改良</p> <p>二 次号に規定する工場等の敷地内の廃棄物処理施設（もつぱら当該工場等において発生する廃棄物を処理するためのものに限る。）以外の廃棄物処理施設で政令で定めるものの建設又は改良</p> <p>三 工場又は事業場で、一の団地内における作業場の床面積の合計又は工場若しくは事業場の敷地面積が政令で定める面積以上であるもの（以下「工場等」という。）の新設又は増設</p> <p>四 前三号に掲げるものを除き、港湾の開発、利用又は保全に著しく支障を与えるおそれのある政令で定める施設の建設又は改良</p>
港則法	海上保安庁	びよう地	<p>第5条 特定港内に停泊する船舶は、国土交通省令の定めるところにより、各々そのトン数又は積載物の種類に従い、当該特定港内の一定の区域内に停泊しなければならない</p> <p>第3条 《改正》平11法1602 国土交通省令の定める船舶は、国土交通省令の定める特定港内に停泊しようとするときは、けい船浮標、さん橋、岩壁その他船舶がけい留する施設（以下「けい留施設」という。）にけい留する場合の外、港長からびよう泊すべき場所（以下「びよう地」という。）の指定を受けなければならない。この場合には、港長は、特別の事情がない限り、前項に規定する一定の区域内においてびよう地を指定しなければならない。</p>
		危険物	<p>第21条 爆発物その他の危険物（当該船舶の使用に供するものを除く。以下同じ。）を積載した船舶は、特定港に入港しようとするときは、港の境界外で港長の指揮を受けなければならない。</p> <p>2 前項の危険物の種類は、国土交通省令でこれを定める。【則】第12条</p> <p>第22条 危険物を積載した船舶は、特定港においては、びよう地の指定を受けるべき場合を除いて、港長の指定した場所でなければ停泊し、又は停留してはならない。但し、港長が爆発物以外の危険物を積載した船舶につきその停泊の期間並びに危険物の種類、数量及び保管方法に鑑み差支がないと認めて許可したときは、この限りでない。【則】第13条</p> <p>第23条 船舶は、特定港において危険物の積込、積替又は荷卸をするには、港長の許可を受けなければならない。【則】第14条2 港長は、前項に規定する作業が特定港内においてされることが不相当であると認めるときは、港の境界外において適当の場所を指定して前項の許可をすることができる。3 前項の規定により指定された場所に停泊し、又は停留する船舶は、これを港の境界内にある船舶とみなす。4 船舶は、特定港内又は特定港の境界附近において危険物を運搬しようとするときは、港長の許可を受けなければならない。</p>

③ 事業実施に係る適用法令

- ・ 事業目的により、電気事業法、ガス事業法、高圧ガス保安法と、適用法令が異なる。
- ・ ただし、LNG気化による高圧ガスを取り扱う場合、電気事業法、ガス事業法は高圧ガス保安法に準じる形を取っている。
- ・ 電気事業法、ガス事業法は定期検査を行なう際は自主検査で良い一方、高圧ガス保安法適用下では第三者による立会いのもとで検査を行なう必要があり、同一施設を扱っている場合でも検査基準に差異がある。

表 2.3.3 関連法規と条文（事業実施に係る適用法令）

法令名	担当官庁	項目	条文
電気事業法	経済産業省	定期安全検査	第五十五条 特定電気工作物（発電用のボイラー、タービンその他の経済産業省令で定める電気工作物であつて前条第一項で定める圧力以上の圧力を加えられる部分があるもの並びに発電用原子炉及びその附属設備であつて経済産業省令で定めるものをいう。以下同じ。）を設置する者は、経済産業省令で定めるところにより、定期的に、当該特定電気工作物について事業者検査を行い、その結果を記録し、これを保存しなければならない。
		高圧ガス保安法に準じる措置に関する条文	第三条 この省令の施行の際現に、高圧ガス保安法（昭和二十六年法律第二百四号）第五十六条の三の特定設備検査に合格し、又は同法第五十六条の六の十四第二項の規定若しくは第五十六条の六の二十二第二項において準用する第五十六条の六の十四第二項の規定による特定設備基準適合証の交付を受け、電気工作物として使用されている火力発電所の原動力設備に係る液化ガス設備（アンモニアの貯槽に係るものに限る。）は、電気事業法第五十二条第一項の規定にかかわらず、同項の検査を受けずに使用することができる。
ガス事業法	経済産業省	保安規定	第三十条 一般ガス事業者は、一般ガス事業の用に供するガス工作物の工事、維持及び運用に関する保安を確保するため、経済産業省令で定めるところにより、保安規程を定め、事業（第三十六条の二の二第一項の自主検査を伴うものにあつては、その工事）の開始前に、経済産業大臣に届け出なければならない。 2 一般ガス事業者は、保安規程を変更したときは、遅滞なく、変更した事項を経済産業大臣に届け出なければならない。 3 経済産業大臣は、一般ガス事業の用に供するガス工作物の工事、維持及び運用に関する保安を確保するため必要があると認めるときは、一般ガス事業者に対し、保安規程を変更すべきことを命ずることができる。 4 一般ガス事業者及びその従業者は、保安規程を守らなければならない。
		準用（高圧ガス）保安法	第三十八条 第三十七条の七の四の規定は、一般ガス事業者及びガス導管事業者以外の者に準用する。 2 第二十八条第一項及び第二項、第三十一条、第三十五条第二項、第三十六条並びに第三十六条の二（第六項を除く。）の規定は、政令で定めるところにより、ガスを供給する事業（ガス事業を除く。）又は自ら製造したガスを使用する事業（これらの事業について鉱山保安法（昭和二十四年法律第七十号）、高圧ガス保安法（昭和二十六年法律第二百四号）、電気事業法（昭和三十九年法律第七十号）又は液化石油ガスの保安の確保及び取引の適正化に関する法律（昭和四十二年法律第四十九号。以下「液化石油ガス法」という。）の適用を受ける場合にあつては、これらの法律の適用を受ける範囲に属するものを除く。）を行う者（以下「準用事業者」という。）に関し準用する。この場合において、同条第四項中「次の各号」とあるのは「第一号」と、同条第五項中「前項各号」とあるのは「前項第一号」と読み替えるものとする。
高圧ガス保安法	経済産業省	保安検査	第三十五条 第一種製造者は、高圧ガスの爆発その他災害が発生するおそれがある製造のための施設（経済産業省令で定めるものに限る。以下「特定施設」という。）について、経済産業省令で定めるところにより、定期的に、都道府県知事が行う保安検査を受けなければならない。ただし、次に掲げる場合は、この限りでない。 一 特定施設のうち経済産業省令で定めるものについて、経済産業省令で定めるところにより協会又は経済産業大臣の指定する者（以下「指定保安検査機関」という。）が行う保安検査を受け、その旨を都道府県知事に届け出た場合 二 自ら特定施設に係る保安検査を行うことができる者として経済産業大臣の認定を受けている者（以下「認定保安検査実施者」という。）が、その認定に係る特定施設について、第三十九条の十一第二項の規定により検査の記録を都道府県知事に届け出た場合 2 前項の保安検査は、特定施設が第八条第一号の技術上の基準に適合しているかどうかについて行う。 3 協会又は指定保安検査機関は、第一項第一号の保安検査を行ったときは、遅滞なく、その結果を都道府県知事に報告しなければならない。 4 第一項の都道府県知事、協会又は指定保安検査機関が行う保安検査の方法は、経済産業省令で定める。

表 2.3.3 関連法規と条文（事業実施に係る適用法令）（続き）

法令名	担当官庁	項目	条文
		特定 設備検査	<p>第五十六条の三 高圧ガスの製造（製造に係る貯蔵を含む。）のための設備のうち、高圧ガスの爆発その他の災害の発生を防止するためには設計の検査、材料の品質の検査又は製造中の検査を行うことが特に必要なものとして経済産業省令で定める設備（以下「特定設備」という。）の製造をする者は、経済産業省令で定めるところにより、その特定設備について、経済産業省令で定める製造の工程ごとに、経済産業大臣、協会又は経済産業大臣が指定する者（以下「指定特定設備検査機関」という。）が行う特定設備検査を受けなければならない。ただし、次に掲げる特定設備については、この限りでない。</p> <p>一 第五十六条の六の二第一項の登録を受けて特定設備の製造の事業を行う者（以下「登録特定設備製造業者」という。）が製造した特定設備（経済産業省令で定めるものを除く。）であつて、第五十六条の六の十四第二項の規定により特定設備基準適合証の交付を受けているもの</p> <p>二 輸出その他の経済産業省令で定める用途に供する特定設備</p> <p>2 特定設備の輸入をした者は、遅滞なく、経済産業省令で定めるところにより、その特定設備について、経済産業大臣、協会又は指定特定設備検査機関が行う特定設備検査を受けなければならない。ただし、次に掲げる場合は、この限りでない。</p> <p>一 第五十六条の六の二十二第一項の登録を受けて外国において本邦に輸出される特定設備の製造の事業を行う者（以下「外国登録特定設備製造業者」という。）が製造した特定設備（前項第一号の経済産業省令で定めるものを除く。）であつて、第五十六条の六の二十二第二項において準用する第五十六条の六の十四第二項の規定による特定設備基準適合証の交付を受けたものを輸入した場合</p> <p>二 当該特定設備について、次項の特定設備検査の申請がされている場合</p> <p>3 外国において本邦に輸出される特定設備の製造をする者は、経済産業省令で定めるところにより、その特定設備について、経済産業大臣、協会又は指定特定設備検査機関が行う特定設備検査を受けることができる。この場合において、その特定設備検査を受けようとする者は、その特定設備の輸入の前にその申請をしなければならない。</p> <p>4 経済産業大臣、協会又は指定特定設備検査機関は、経済産業省令で定める方法により前三項の特定設備検査を行い、当該特定設備が経済産業省令で定める技術上の基準に適合するときは、これを合格とする。</p>

2.3.2 船舶用 LNG 供給施設に適用可能性のある規則類の抽出

ここでは、既述の通り、LNG 燃料船舶への燃料供給方法として次の4つのタイプを想定し、適用可能性のある法令の検討を行った。

2.3.2.1 船舶またはタンカーバージによる燃料供給【シップ ツー シップ型】

- 岸壁に停泊中に、LNG 船もしくはタンカーバージにより、LNG 燃料船に対して燃料供給を行う。
- 構成要素としては、
 - ・ 燃料の供給を受ける側： 燃料の受入口
 - ・ 燃料の供給を行う側： LNG 船／タンカーバージ（はしけ）
燃料供給を行うパイプライン
- 適用が想定される法令
 - ・ 港則法（所管：海上保安庁）
 - ・ 船舶安全法（所管：国土交通省海事局）

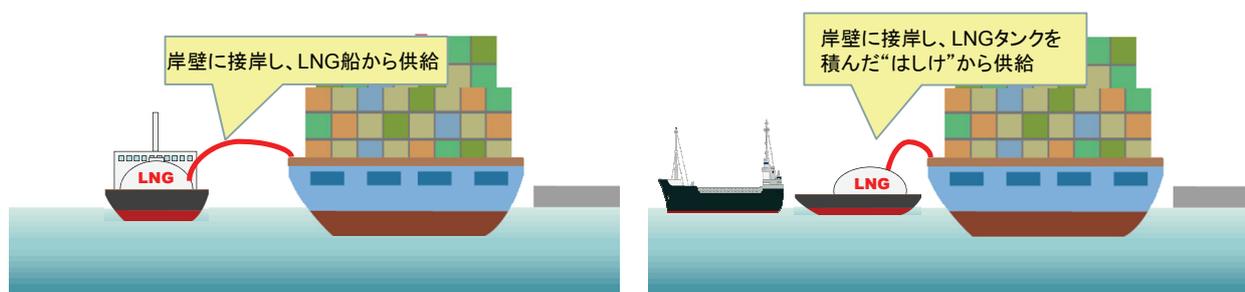


表 2.3.4 シップツーシップ型による燃料供給方法の長所・短所

長所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料供給のためのインフラ施設整備が不要。 ・ 荷役作業中または乗客の乗降船中に、同時進行で燃料供給を行なうことが可能。
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料供給作業中、LNG を供給する側（LNG 船）と LNG の供給を受ける側（LNG 燃料船）の双方が海流の影響を受けて揺れてしまうため、対策が必要。

適用が想定される法制度としては、船舶安全法（所管：国土交通省海事局）、港則法（所管：海上保安庁）が挙げられる。なお、岸壁に接岸していない場合、または港則法の適用を受ける港湾内を除いた海域においてシップツーシップ型の燃料供給を行う場合、港則法ではなく、海上交通安全法（所管：海上保安庁）の適用を受けることとなる。

(1) 船舶安全法

- 現在、船舶安全法において、LNG 燃料船を想定されていないため、新たな検討が必要。

船舶安全法は、「日本船舶が海上の危険に堪えて安全に航行し、かつ人命の安全を保持するに必要な、船体、機関および諸設備について最低の技術基準を定めている」法令である。船舶に係る技術基準、安全基準はこの船舶安全法によって規定されている。

現在、船舶安全法では、動力燃料の主燃料として LNG を想定した条項は定められていないため、当該船舶の導入にあたっては、所管官庁である国土交通省海事局による検討が必要になる。

一般的な船舶の仕様については、第 2 条（ハード関係）や第 28 条（オペレーション関係）に記述されており、これらを基とした燃料タンク等の技術基準が定められている。

なお、港則法第 23 条に基づく「危険物積載船舶の停泊場所指定および危険物荷役許可基準について」(昭和 39 年 1 月 24 日付け保警救第 15 号)の中で危険物専用岸壁の基準において規定されたのが始まりで、昭和 45 年に (社) 日本海難防止協会により調査検討がなされ、現在、ほとんどのバースでは、船間保安距離は 30 メートルとしている。

表 2.3.5 船舶安全法の主な条文

法令名	担当官庁	条文
船舶安全法	国土交通省 海事局	<p>第一章 船舶ノ施設</p> <p><中略></p> <p>第二条 船舶ハ左ニ掲グル事項ニ付国土交通省令（漁船ノミニ関スルモノニ付テハ国土交通省令・農林水産省令）ノ定ムル所ニ依リ施設スルコトヲ要ス</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 船体 二 機関 三 帆装 四 排水設備 五 操舵、繫船及揚錨ノ設備 六 救命及消防ノ設備 七 居住設備 八 衛生設備 九 航海用具 十 危険物其ノ他ノ特殊貨物ノ積附設備 十一 荷役其ノ他ノ作業ノ設備 十二 電気設備 十三 前各号ノ外国土交通大臣ニ於テ特ニ定ムル事項 <p>○2 前項ノ規定ハ櫓權ノミヲ以テ運転スル舟ニシテ国土交通大臣ノ定ムル小型ノモノ其ノ他国土交通大臣ニ於テ特ニ定ムル船舶ニハ之ヲ適用セズ</p>
		<p>第二十八条 危険物其ノ他ノ特殊貨物ノ運送及貯蔵ニ関スル事項並ニ危険及気象ノ通報其ノ他船舶航行上ノ危険防止ニ関スル事項ニシテ左ニ掲グルモノハ国土交通省令ヲ以テ之ヲ定ム</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 危険物其ノ他ノ特殊貨物ノ収納、積附其ノ他ノ運送及貯蔵ニ関スル技術的基準 二 前号ノ技術的基準ニ適合シタルコトノ検査 三 救命信号ノ使用方法其ノ他ノ危険及気象ノ通報ニ関スル事項 四 前三号ノ外特殊貨物ノ運送及貯蔵並ニ船舶航行上ノ危険防止ニ関シ必要ナル事項 <p>○2 前項ノ国土交通省令ニハ必要ナル罰則ヲ設クルコトヲ得</p> <p>○3 前項ノ罰則ニ規定スルコトヲ得ル罰ハ三十万円以下ノ罰金トス</p> <p>○4 第十二条ノ規定ハ第一項ノ国土交通省令ノ施行ニ付適用アルモノトス</p> <p>○5 第一項第二号ノ検査ハ管海官庁又ハ第七項ニ於テ準用スル第二十五条の四十六及第二十五条の四十七ノ規定ニ依リ国土交通大臣ノ登録ヲ受ケタル者（以下登録検査機関ト称ス）ガ国土交通省令ノ定ムル所ニ依リ之ヲ行フ</p> <p>○6 登録検査機関ノ行フ第一項第二号ノ検査ニ付テハ第十一条第一項中管海官庁トアルハ登録検査機関ト読替ヘテ同項ノ規定ヲ適用ス</p> <p>○7 第五項ノ登録、登録検査機関及登録検査機関ノ行フ第一項第二号ノ検査ニ付テハ前章第一節ノ規定ヲ準用ス此ノ場合ニ於テ第二十五条の四十七第一項第一号中別表第一トアルハ別表第五の上欄に掲げる検査の区分に応じ、それぞれ同表の下欄ト同項第二号イ及ロ中船舶又は第二条第一項各号に掲げる事項に係る物件の製造、改造、修理又は整備に関する研究、設計、工事の監督トアルハ危険物その他の特殊貨物の収納、積付けその他の運送及び貯蔵の監督ト同項第三号中船舶又は第二条第一項各号に掲げる事項に係る物件の所有者又は製造、改造、修理、整備、輸入若しくは販売トアルハ危険物その他の特殊貨物の収納、積付けその他の運送及び貯蔵ト第二十五条の四十九第三項中船舶又は物件が第六条ノ四第一項の規定により承認を受けた型式トアルハ危険物その他の特殊貨物の収納、積付けその他の運送及び貯蔵が第二十八条第一項第一号の技術的基準ト同項及同条第四項中検定員トアルハ検査員ト別表第二中船舶又は機械トアリ船舶若しくは機械トアルハ船舶トス</p>

(2) 港則法（海上保安庁所管）

- LNG は危険物であり、LNG 船（はしけを含む¹²）は“危険物を積載した船舶”となる。そのため、燃料供給作業を行う際には、事前に“危険物荷役の事前申請”が必要。（第 23 条）
- 燃料供給を受ける LNG 燃料船は、“危険物を積載した船舶”とはならない。（第 21 条）

港則法は、「港内における船舶交通の安全及び港内の整とんを図ること」を目的として制定された法令である（第 1 条）。

LNG は、引火点が -190°C 前後であるため、引火性液体に該当し、“第四章 危険物”が適用される（第 2 条 ハ）。LNG 船に対しては入出港、停泊、荷役作業に同法が適用される（第 21 条、第 22 条、第 23 条）。ただし、第 21 条には、『（当該船舶の使用に供するものを除く。』とあり、LNG を燃料とする船舶は、“危険物を積載した船舶”とはならない。

なお、港則法では、動力燃料の主燃料として LNG を想定した条項は定められていないため、当該船舶の導入にあたっては、別途、所管官庁である海上保安庁における検討が必要になると考えられる。

表 2.3.6 則法及び危険物船舶運送及び貯蔵規則等の主な条文

法令名	担当官庁	条文
港則法	海上保安庁	<p>第四章 危険物</p> <p>第 21 条 <u>爆発物その他の危険物（当該船舶の使用に供するものを除く。以下同じ。）を積載した船舶は、特定港に入港しようとするときは、港の境界外で港長の指揮を受けなければならない。</u></p> <p>2 前項の危険物の種類は、国土交通省令でこれを定める。</p> <p>第 22 条 危険物を積載した船舶は、特定港においては、びよう地の指定を受けるべき場合を除いて、港長の指定した場所でなければ停泊し、又は停留してはならない。但し、港長が爆発物以外の危険物を積載した船舶につきその停泊の期間並びに危険物の種類、数量及び保管方法に鑑み差支がないと認めて許可したときは、この限りでない。</p> <p>第 23 条 <u>船舶は、特定港において危険物の積込、積替又は荷卸をするには、港長の許可を受けなければならない。</u></p> <p>2 港長は、前項に規定する作業が特定港内においてされることが不適当であると認めるときは、港の境界外において適当の場所を指定して前項の許可をすることができる。</p> <p>3 前項の規定により指定された場所に停泊し、又は停留する船舶は、これを港の境界内にある船舶とみなす。</p> <p>4 船舶は、特定港内又は特定港の境界附近において危険物を運搬しようとするときは、港長の許可を受けなければならない。</p>
危険物船舶運送及び貯蔵規則	国土交通省	<p>第二条 この規則において、次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。</p> <p>一 危険物 次に掲げるものをいう。</p> <p><中略></p> <p>ハ 引火性液体類 次に掲げるものをいう。</p> <p>(1) 引火点（密閉容器試験による引火点をいう。以下同じ。）が摂氏六十一度以下の液体（引火点が摂氏三十五度を超える液体であつて燃焼継続性がないと認められるものを除く。）で、告示で定めるもの</p> <p>(2) 引火点が摂氏六十一度を超える液体であつて当該液体の引火点以上の温度で運送されるもの（燃焼継続性がないと認められるものを除く。）で、告示で定めるもの</p> <p>(3) 加熱され液体の状態¹²で運送される物質であつて当該物質が引火性蒸気を発生する温度以上の温度で運送されるもの（燃焼継続性がないと認められるものを除く。）で、告示で定めるもの</p> <p><以下、省略></p>
船舶による危険物の運送基準等を定める	国土交通省	<p>第二条 規則第二条第一号イの告示で定めるものは、</p> <p><中略></p> <p><u>3 規則第二条第一号ハ (1)、(2) 及び (3) の告示で定めるものは、別表第一の品名の欄に掲げる物質のうち、分類の欄が引火性液体類であるものとする。</u></p>

¹² 「船舶安全法施行規則第二条 2 三 ニ」によると推進機関及び帆装を有しない船舶であっても危険物ばら積船（危険物船舶運送及び貯蔵規則第二百五十七条の二の液体油脂ばら積船であつて平水区域のみを航行するものを除く。）は船舶安全法で規定する船舶に該当しているため、LNG を積載したはしけは、“危険物を積載した船舶”と解釈される。

2.3.2.2 パイプラインによる燃料供給【パイプライン型】

- LNG 燃料船は、岸壁に停泊中に、臨海部に設置した LNG タンクから供給を受ける。
 - 構成要素としては、
 - ・ 燃料の供給を受ける側：燃料の受入口
 - ・ 燃料の供給を行う側：LNG タンク
- 燃料供給を行うパイプライン
- 適用が想定される法律
 - ・ 港湾法（所管：国土交通省港湾局）
 - ・ 船舶安全法（国土交通省海事局）
 - ・ 港則法（所管：海上保安庁）
 - ・ 消防法（所管：消防庁）
 - ・ 高圧ガス保安法（所管：経済産業省）



表 2.3.7 パイプライン型による燃料供給方法の長所・短所

長所	・我が国の場合、港湾部に LNG 受入施設が立地しているため、既存施設を活用できる可能性が高い。
短所	・パイプラインの距離が長くなる場合、再液化装置を設ける必要あり。

LNG 燃料船が岸壁に停泊中、パイプラインによる燃料供給を行い際には、岸壁での行為等を規定する港湾法や LNG 等火気危険物の取扱に関わる法令として消防法、また LNG タンクやパイプラインには高圧ガス保安法等が適用される。

適用が想定される法制度としては、港湾法（所管：国土交通省港湾局）、船舶安全法（国土交通省海事局）、港則法（所管：海上保安庁）、高圧ガス保安法（所管：経済産業省）、消防法（所管：消防庁）が想定される。

(1) 港湾法

港湾法は、「交通の発達及び国土の適正な利用と均衡ある発展に資するため、環境の保全に配慮しつつ、港湾の秩序ある整備と適正な運営を図るとともに、航路を開発し、及び保全すること」を目的として策定された法律である。

ヒアリング調査によると、現状では、LNG 受入施設においても適用されている、禁止行為、臨港地区内における行為の届出が許可されれば、燃料供給行為は認められるとのことであった。許可行為が認められるか否かは、個別の案件次第とのことであった。

(2) 高圧ガス保安法

LNG タンク、パイプラインには高圧ガス保安法が適用される。また、各部位には、高圧ガス保安法を根拠法としたコンビナート保安規則、高圧ガス保安規則、一般高圧ガス保安規則等が適用される。これらは性能基準を示したものであり、設置基準、完成検査、保安検査等、様々な規定、規制が課されている。

(i) LNG タンク

LNG タンクは、コンビナート等保安規則または高圧ガス保安規則が技術基準となる。製造量によって適用規則が異なる。

表 2.3.8 コンビナート等保安規則の主な条文

法令名	担当官庁	条文
コンビナート等保安規則	経済産業省	<p>第一章 総則 (適用範囲)</p> <p>第一条 この規則は、高圧ガス保安法（昭和二十六年法律第二百四号。以下「法」という。）に基づいて、特定製造事業所における高圧ガス（冷凍保安規則（昭和四十一年通商産業省令第五十一号）の適用を受ける高圧ガスを除く。以下同じ。）の製造（地盤面に対して移動することができる設備による製造を除く。）に関する保安について規定する。</p> <p>(用語の定義)</p> <p>第二条 この規則において次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。</p> <p><中略></p> <p>二十二 特定製造事業所 次のイからハまでに掲げる製造事業所</p> <p>イ コンビナート地域内にある製造事業所（専ら燃料の用に供する目的で高圧ガスの製造をし、又は専ら高圧ガスを容器に充てんするものであつて貯蔵能力が二千立方メートル又は二十トン以上の可燃性ガスの貯槽を設置していないもの及び専ら不活性ガス及び空気の製造をするものを除く。</p> <p>ロ 保安用不活性ガス以外のガスの処理能力（不活性ガス及び空気については、その処理能力に四分の一を乗じて得た容積とする。以下この号において同じ。）が百万立方メートル（貯槽を設置して専ら高圧ガスの充てんを行う場合にあつては、二百万立方メートル）以上の製造事業所</p> <p>ハ 都市計画法（昭和四十三年法律第百号）第八条第一項第一号の規定により定められた用途地域（工業専用地域及び工業地域を除く。）内にある保安用不活性ガス以外のガスの処理能力が五十万立方メートル（貯槽を設置して専ら高圧ガスの充てんを行う場合にあつては、百万立方メートル）以上の製造事業所</p> <p><以下省略></p>

(ii) 導管・配管

パイプラインは「導管」または「配管」と定義される。

一般高圧ガス保安規則において、事業所間を結ぶものは「導管」と定義され、この場合「導管」の技術基準がある。同一事業所を結ぶ場合は「配管」と定義される。例えば、陸から船に LNG を移送する場合、敷地と管理者が異なる道路等がある場合は「導管」と定義される。この違いにより、一般高圧ガス保安規則に規定される技術基準に差異が生じる。「導管」はより厳しい規制、技術基準が設けられている。

表 2.3.9 一般高圧ガス保安規則の主な条文

法令名	担当官庁	条文
一般高圧ガス保安規則	経済産業省	<p>第一章 総則 (適用範囲)</p> <p>第一条 この規則は、高圧ガス保安法（昭和二十六年法律第二百四号。以下「法」という。）に基づいて、高圧ガス（冷凍保安規則（昭和四十一年通商産業省令第五十一号）及び液化石油ガス保安規則（昭和四十一年通商産業省令第五十二号）の適用を受ける高圧ガスを除く。以下同じ。）に関する保安（コンビナート等保安規則（昭和六十一年通商産業省令第八十八号）に規定する特定製造事業所に係る高圧ガスの製造に関する保安を除く。）について規定する。</p> <p><中略></p> <p>第六章 高圧ガスの移動に係る保安上の措置等 (移動に係る保安上の措置及び技術上の基準)</p> <p>第四十八条 法第二十三条第一項の経済産業省令で定める保安上必要な措置及び同条第二項の経済産業省令で定める技術上の基準は、次条及び第五十条に定めるところによる。</p> <p><中略></p> <p>四 可燃性ガスの製造設備の高圧ガス設備（高圧ガス設備の冷却の用に供する冷凍設備を除く。以下この号において同じ。）は、その外面から当該製造設備以外の可燃性ガスの製造設備の高圧ガス設備（可燃性ガスの通る部分に限り、特定圧縮水素スタンドの処理設備及び貯蔵設備を除く。）に対し五メートル以上、特定圧縮水素スタンドの処理設備及び貯蔵設備に対し六メートル以上、酸素の製造設備の高圧ガス設備（酸素の通る部分に限る。）に対し十メートル以上の距離を有すること。ただし、第四十三号に規定する導管の例により設けられた配管については、この限りでない。</p> <p><以下省略></p>

(3) 消防法

消防法では、標準状態で液体・固体の物質が危険物と指定されており、LNG は危険物に該当しないため、消防法の適用は受けない。

なお、重油等、消防法で定める危険物の取扱施設に対しては、危険物製造所（製造所、屋内貯蔵所、屋外タンク貯蔵所、屋外貯蔵所、一般取扱所）と他一定の距離（通常は 10m）を設ける必要がある。

表 2.3.10 消防法および政令の主な条文

法令名	担当官庁	条文
消防法	消防庁	<p>第一章 総則</p> <p>第一条 この法律は、火災を予防し、警戒し及び鎮圧し、国民の生命、身体及び財産を火災から保護するとともに、火災又は地震等の災害による被害を軽減するほか、災害等による傷病者の搬送を適切に行い、もって安寧秩序を保持し、社会公共の福祉の増進に資することを目的とする。</p> <p><中略></p> <p>第三条 製造所等はその外壁・外側から下記の建築物等に対して、一定以上の距離を保たなければならない。（製造所等とは製造所、屋内貯蔵所、屋外タンク貯蔵所、屋外貯蔵所、一般取扱所である）</p> <p><中略></p> <p>○7 危険物とは、別表第一の品名欄に掲げる物品で、同表に定める区分に応じ同表の性質欄に掲げる性状を有するものをいう。</p> <p><中略></p> <p>第三章 危険物</p> <p>第十条 指定数量以上の危険物は、貯蔵所（車両に固定されたタンクにおいて危険物を貯蔵し、又は取り扱う貯蔵所（以下「移動タンク貯蔵所」という。）を含む。以下同じ。）以外の場所でこれを貯蔵し、又は製造所、貯蔵所及び取扱所以外の場所でこれを取り扱ってはならない。ただし、所轄消防長又は消防署長の承認を受けて指定数量以上の危険物を、十日以内の期間、仮に貯蔵し、又は取り扱う場合は、この限りでない。</p> <p>○2 別表第一に掲げる品名（第十一条の四第一項において単に「品名」という。）又は指定数量を異にする二以上の危険物を同一の場所で貯蔵し、又は取り扱う場合において、当該貯蔵又は取扱いに係るそれぞれの危険物の数量を当該危険物の指定数量で除し、その商の和が一以上となるときは、当該場所は、指定数量以上の危険物を貯蔵し、又は取り扱っているものとみなす。</p> <p>○3 製造所、貯蔵所又は取扱所においてする危険物の貯蔵又は取扱は、政令で定める技術上の基準に従ってこれをしなければならない。</p> <p>○4 製造所、貯蔵所及び取扱所の位置、構造及び設備の技術上の基準は、政令でこれを定める。</p> <p><以下省略></p>
危険物の規制に関する政令	消防庁	<p>第9条第1項 法第10条第4項の製造所の位置、構造及び設備（消火設備、警報設備及び避難設備を除く。以下この章の第1節から第3節までにおいて同じ。）の技術上の基準は、次のとおりとする。</p> <p>(1) 製造所の位置は、次に掲げる建築物等から当該製造所の外壁又はこれに相当する工作物の外側までの間に、それぞれ当該建築物等について定める距離を保つこと。ただし、イからハまでに掲げる建築物等について、不燃材料（建築基準法（昭和25年法律第201号）第2条第9号の不燃材料のうち、総務省令で定めるものをいう。以下同じ。）で造った防火法上有効な塀を設けること等により、市町村長等が安全であると認めた場合は、当該市町村長等が定めた距離を当該距離とすることができる。</p> <p>イ ロからニまでに掲げるもの以外の建築物その他の工作物で住居の用に供するもの（製造所の存する敷地と同一の敷地内に存するものを除く。） 10メートル以上</p> <p>ロ 学校、病院、劇場その他多数の人を収容する施設で総務省令で定めるもの 30メートル以上</p> <p>ハ 文化財保護法（昭和25年法律第214号）の規定によって重要文化財、重要有形民俗文化財、史跡若しくは重要な文化財として指定され、又は旧重要美術品等の保存に関する法律（昭和8年法律第43号）の規定によって重要美術品として認定された建造物 50メートル以上</p> <p><以下省略></p>

(4) 港則法、船舶安全法

（既述のため省略）

2.3.2.3 タンクローリーによる燃料供給【タンクローリー型】

- LNG 燃料船は、岸壁に停泊中に、タンクローリーから供給を受ける。
- 構成要素としては、
 - ・ 燃料の供給を受ける側：燃料の受入口
 - ・ 燃料の供給を行う側：LNG タンクローリー

燃料供給を行うパイプライン

- 適用が想定される法律
 - ・ 港湾法（所管：国土交通省港湾局）
 - ・ 船舶安全法（国土交通省海事局）
 - ・ 港則法（所管：海上保安庁）
 - ・ 消防法（所管：消防庁）
 - ・ 高圧ガス保安法（所管：経済産業省）

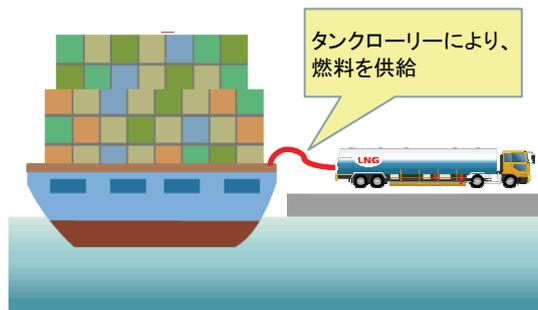


表 2.3.11 タンクローリーによる燃料供給方法の長所・短所

長所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新たにインフラを整備する必要がない。 ・ 既存の LNG 施設等から離れた岸壁でも燃料供給が可能。
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大型船への燃料供給には多量の台数を必要。 (例) LNG 燃料タンクを $5,000\text{m}^3$¹³ とするとタンク一杯に LNG を補充するためには大型タンクローリー（容量 16kl）312 台分が必要。

タンクローリーによる燃料供給は、LNG 燃料船が岸壁停泊中に行われる。そのため、先のパイプライン型同様、港湾法や消防法、高圧ガス保安法等の適用が想定される。なお、パイプライン型とタンクローリー型で適用される法律が異なるのは、主に高圧ガス保安法のみである。

(1) 高圧ガス保安法

タンクローリーには、高圧ガス保安法が適用される（第二十三条）。また、「一般高圧ガス保安規則」が、タンクローリーに登載されるタンクについては「容器保安規則」が技術基準として適用され、タンクや導管、配管と同様、設備基準、保安検査等について細かな規制がある。

一般高圧ガス保安規則の中で、陸上輸送についても規定が設けられている。

¹³ QUANTUM：DNV が提案しているコンテナ船の燃料タンク容量

表 2.3.12 高圧ガス保安法の主な条文

法令名	担当官庁	条文
高圧ガス保安法	経済産業省	<p>第一章 総則</p> <p>(目的)</p> <p>第一条 この法律は、高圧ガスによる災害を防止するため、高圧ガスの製造、貯蔵、販売、移動その他の取扱及び消費並びに容器の製造及び取扱を規制するとともに、民間事業者及び高圧ガス保安協会による高圧ガスの保安に関する自主的な活動を促進し、もつて公共の安全を確保することを目的とする。</p> <p><中略></p> <p>(移動)</p> <p>第二十三条 高圧ガスを移動するには、その容器について、経済産業省令で定める保安上必要な措置を講じなければならない。</p> <p>2 車両（道路運送車両法（昭和二十六年法律第百八十五号）第二条第一項に規定する道路運送車両をいう。）により高圧ガスを移動するには、その積載方法及び移動方法について経済産業省令で定める技術上の基準に従つてしなければならない。</p> <p>3 導管により高圧ガスを輸送するには、経済産業省令で定める技術上の基準に従つてその導管を設置し、及び維持しなければならない。ただし、第一種製造者が第五条第一項の許可を受けたところに従つて導管により高圧ガスを輸送するときは、この限りでない。</p> <p><以下省略></p>
一般高圧ガス保安規則	経済産業省	<p>(移動に係る保安上の措置及び技術上の基準)</p> <p>第四十八条 法第二十三条第一項の経済産業省令で定める保安上必要な措置及び同条第二項の経済産業省令で定める技術上の基準は、次条及び第五十条に定めるところによる。</p> <p>(車両に固定した容器による移動に係る技術上の基準等)</p> <p>第四十九条 車両に固定した容器（高圧ガスを燃料として使用する車両に固定した燃料装置用容器を除く。）により高圧ガスを移動する場合における法第二十三条第一項の経済産業省令で定める保安上必要な措置及び同条第二項の経済産業省令で定める技術上の基準は、次の各号に掲げるものとする。</p> <p>一 車両の見やすい箇所に警戒標を掲げること。</p> <p>二 二以上の容器であつて、一体として車両に緊結されたもの（以下この号において「集結容器」という。）にあつては、次に掲げる基準のイ、ハ及びニに適合し、二以上の容器を一のフレームに固定したもの（以下この号において「集合容器」という。）であつて、一体として車両に固定されたものにあつては、次に掲げる基準のロ、ハ及びニに適合すること。</p> <p><中略></p> <p>三 一般複合容器等であつて当該容器の刻印等により示された年月から十五年を経過したもの（容器保安規則第二条第十三号に規定する圧縮水素自動車燃料装置用容器又は同条第十七号の二に規定する圧縮水素運送自動車用容器にあつては、同規則第八条第一項第十号の充てん可能期限年月日を経過したもの）を高圧ガスの移動に使用しないこと。</p> <p><中略></p> <p>第五十条 前条に規定する場合以外の場合における法第二十三条第一項の経済産業省令で定める保安上必要な措置及び同条第二項の経済産業省令で定める技術上の基準は、次に掲げるものとする。</p> <p>一 充てん容器等を車両に積載して移動するとき（容器の内容積が二十リットル以下である充てん容器等（毒性ガスに係るものを除く。）のみを積載した車両であつて、当該積載容器の内容積の合計が四十リットル以下である場合を除く。）は、当該車両の見やすい箇所に警戒標を掲げること。ただし、次に掲げるもののみを積載した車両にあつては、この限りでない。</p> <p><中略></p> <p>二 充てん容器等は、その温度（ガスの温度を計測できる充てん容器等にあつては、ガスの温度）を常に四十度以下に保つこと。</p> <p>三 一般複合容器等であつて当該容器の刻印等により示された年月から十五年を経過したもの（容器保安規則第二条第十三号に規定する圧縮水素自動車燃料装置用容器又は同条第十七号の二に規定する圧縮水素運送自動車用容器にあつては、同規則第八条第一項第十号の充てん可能期限年月日を経過したもの）を高圧ガスの移動に使用しないこと。</p> <p><以下省略></p>
容器保安規則	経済産業省	<p>(適用範囲)</p> <p>第一条 この規則は、高圧ガス保安法（昭和二十六年法律第二百四号。以下「法」という。）及び高圧ガス保安法施行令（平成九年政令第二十号。以下「令」という。）に基づいて、高圧ガスを充てんするための容器であつて地盤面に対して移動することができるもの（以下単に「容器」という。）に関する保安について規定する。</p> <p>(用語の定義)</p> <p>第二条 この規則において次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。</p> <p><中略></p> <p>四 低温容器 断熱材で被覆し、又は冷凍設備で冷却することにより容器内のガスの温度が常用の温度を超えて上昇しないような措置を講じてある液化ガスを充てんするための容器（前号及び第十四号に掲げるものを除く。）</p> <p><以下省略></p>

(2) 港湾法、船舶安全法、港則法、消防法

(既述のため省略)

2.3.2.4 LNG コンテナ等の燃料タンクを登載し燃料供給【タンク搭載型】

- LNG 燃料船は、岸壁に停泊中に、タンクローリーから供給を受ける。
- 構成要素としては、
 - ・ 燃料の供給を受ける側：LNG タンクコンテナの固定装置
LNG 燃料タンクへの導管
LNG 燃料タンクへの導管とタンクコンテナの接合部
 - ・ 燃料の供給を行う側：LNG タンクコンテナ
- 適用が想定される法律
 - ・ 港湾法（所管：国土交通省港湾局）
 - ・ 船舶安全法（所管：国土交通省海事局）
 - ・ 港則法（所管：海上保安庁）
 - ・ 高压ガス保安法（所管：経済産業省）

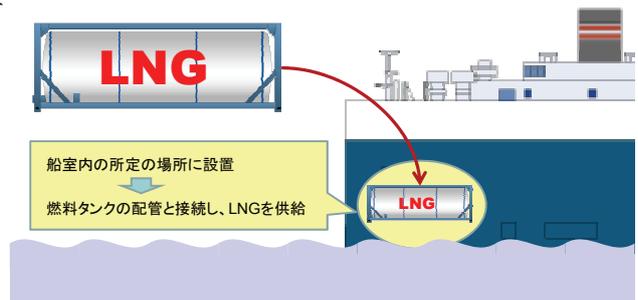


表 2.3.13 コンテナタンク型による燃料供給方法の長所・短所

長所	・ 燃料供給のための設備を設置する必要がない。
短所	・ 船舶内で・コンテナタンクから固定燃料タンクへの充填作業または充填設備が必要。

コンテナタンクの荷役行為は岸壁で行なわれると想定されるため、港湾法（国土交通省港湾局所管）や港則法（海上保安庁所管）が適用される。また、コンテナタンク（容器）に適用される法令として高压ガス保安法（経済産業省所管）の適用が想定される。

適用が想定される法制度としては、港湾法（所管：国土交通省港湾局）、船舶安全法（所管：国土交通省海事局）、港則法（所管：海上保安庁）高压ガス保安法（所管：経済産業省）が挙げられる。

ここでは、記述のシップツーシップ型やパイプライン型、タンクローリー型と適用条文が異なると想定される港則法、高压ガス保安法の2法令について、整理した。

(1) 港則法

港則法では、コンテナタンクの積み込み行為を、「燃料供給行為」と判断するか、「荷役行為」と判断するか、がポイントとなる。海上保安庁へのヒアリング調査によると、タンク搭載型による燃料供給方法が、船舶安全法において新たに燃料供給行為であると認めた場合、「荷役行為」と判断されない可能性もあるとのことであった。従って、その他関係省庁・局等があるため、現段階において、海上保安庁のみで判断できる事項ではないとのことであった。

(2) 高压ガス保安法

コンテナタンクは、高压ガス保安法が適用される。また、容器保安規則が技術基準となる。

表 2.3.14 高圧ガス保安法の主な条文

法令名	担当官庁	条文
高圧ガス保安法	経済産業省	<p>第一章 総則</p> <p>(目的)</p> <p>第一条 この法律は、高圧ガスによる災害を防止するため、高圧ガスの製造、貯蔵、販売、移動その他の取扱及び消費並びに容器の製造及び取扱を規制するとともに、民間事業者及び高圧ガス保安協会による高圧ガスの保安に関する自主的な活動を促進し、もって公共の安全を確保することを目的とする。</p> <p><中略></p> <p>(移動)</p> <p>第二十三条 高圧ガスを移動するには、その容器について、経済産業省令で定める保安上必要な措置を講じなければならない。</p> <p>2 車両（道路運送車両法（昭和二十六年法律第八十五号）第二条第一項に規定する道路運送車両をいう。）により高圧ガスを移動するには、その積載方法及び移動方法について経済産業省令で定める技術上の基準に従ってしなければならない。</p> <p>3 導管により高圧ガスを輸送するには、経済産業省令で定める技術上の基準に従ってその導管を設置し、及び維持しなければならない。ただし、第一種製造者が第五条第一項の許可を受けたところに従って導管により高圧ガスを輸送するときは、この限りでない。</p> <p><以下省略></p>
一般高圧ガス保安規則	経済産業省	<p>(移動に係る保安上の措置及び技術上の基準)</p> <p>第四十八条 法第二十三条第一項の経済産業省令で定める保安上必要な措置及び同条第二項の経済産業省令で定める技術上の基準は、次条及び第五十条に定めるところによる。</p> <p>(車両に固定した容器による移動に係る技術上の基準等)</p> <p>第四十九条 車両に固定した容器（高圧ガスを燃料として使用する車両に固定した燃料装置用容器を除く。）により高圧ガスを移動する場合における法第二十三条第一項の経済産業省令で定める保安上必要な措置及び同条第二項の経済産業省令で定める技術上の基準は、次の各号に掲げるものとする。</p> <p>一 車両の見やすい箇所に警戒標を掲げること。</p> <p>二 二以上の容器であつて、一体として車両に緊結されたもの（以下この号において「集結容器」という。）にあつては、次に掲げる基準のイ、ハ及びニに適合し、二以上の容器を一のフレームに固定したもの（以下この号において「集合容器」という。）であつて、一体として車両に固定されたものにあつては、次に掲げる基準のロ、ハ及びニに適合すること。</p> <p><中略></p> <p>三 一般複合容器等であつて当該容器の刻印等により示された年月から十五年を経過したもの（容器保安規則第二条第十三号に規定する圧縮水素自動車燃料装置用容器又は同条第十七号の二に規定する圧縮水素運送自動車用容器にあつては、同規則第八条第一項第十号の充てん可能期限年月日を経過したもの）を高圧ガスの移動に使用しないこと。</p> <p><中略></p> <p>第五十条 前条に規定する場合以外の場合における法第二十三条第一項の経済産業省令で定める保安上必要な措置及び同条第二項の経済産業省令で定める技術上の基準は、次に掲げるものとする。</p> <p>一 充てん容器等を車両に積載して移動するとき（容器の内容積が二十リットル以下である充てん容器等（毒性ガスに係るものを除く。）のみを積載した車両であつて、当該積載容器の内容積の合計が四十リットル以下である場合を除く。）は、当該車両の見やすい箇所に警戒標を掲げること。ただし、次に掲げるもののみを積載した車両にあつては、この限りでない。</p> <p><中略></p> <p>二 充てん容器等は、その温度（ガスの温度を計測できる充てん容器等にあつては、ガスの温度）を常に四十度以下に保つこと。</p> <p>三 一般複合容器等であつて当該容器の刻印等により示された年月から十五年を経過したもの（容器保安規則第二条第十三号に規定する圧縮水素自動車燃料装置用容器又は同条第十七号の二に規定する圧縮水素運送自動車用容器にあつては、同規則第八条第一項第十号の充てん可能期限年月日を経過したもの）を高圧ガスの移動に使用しないこと。</p> <p><以下省略></p>
容器保安規則	経済産業省	<p>(適用範囲)</p> <p>第一条 この規則は、高圧ガス保安法（昭和二十六年法律第二百四号。以下「法」という。）及び高圧ガス保安法施行令（平成九年政令第二十号。以下「令」という。）に基づいて、高圧ガスを充てんするための容器であつて地盤面に対して移動することができるもの（以下単に「容器」という。）に関する保安について規定する。</p> <p>(用語の定義)</p> <p>第二条 この規則において次の各号に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。</p> <p><中略></p> <p>四 低温容器 断熱材で被覆し、又は冷凍設備で冷却することにより容器内のガスの温度が常用の温度を超えて上昇しないような措置を講じてある液化ガスを充てんするための容器（前号及び第十四号に掲げるものを除く。）</p> <p><以下省略></p>

(3) 港湾法、船舶安全法

(既述のため省略)

2.3.3 まとめ

これまで(1)～(4)における整理結果について、燃料としてのLNGの供給方法に関する4つのタイプについて、適用が想定される法律と留意が必要な事項を再整理した。

いずれの法制度においても、既存の燃料供給方法ではないため、各関係省庁においては、「具体的な案件をもって判断」ということになるとは考えられるものの、いずれも現段階では可能性のある燃料供給方法であると考えられる。

➤ 港湾法

既存のLNG受入施設において適用されている禁止行為、臨港地区内における行為の届出が許可されれば、燃料供給行為は認められる可能性が高い。

➤ 船舶安全法

現状の船舶安全法の前では、動力燃料の主燃料としてLNGを想定した条項は定められていないため、検討が必要。

➤ 港則法／海上交通安全法

LNG燃料船については、“危険物を積載する船舶”の対象外。ただし、シップツーシップを行う際の燃料供給側は、“危険物を積載する船舶”として、燃料供給作業に対しては申請が必要。

タンク搭載型については、関係省庁（国土交通省海事局、海上保安庁、経済産業省等）における検討・判断が必要。

➤ 高圧ガス保安法

LNGタンクやLNGタンクローリーについては、高圧ガス保安法が適用。また、パイプライン（配管・導管）は、高圧ガス保安法のもと、コンビナート等保安規則または一般高圧ガス保安規則の適用を受ける。

➤ 消防法

標準状態で液体・固体ではないLNGは、危険物に該当しない。

2.4 世界の LNG 組成に関する調査

【詳細については、報告書「船用燃料として LNG を利用する際のインフラ等に関する調査」を参照】

本節では、主要港湾において LNG 動力船への LNG 供給を行う場合に想定される LNG の組成について推定する。

2.4.1 世界における LNG 供給源の概況

ここでは、世界における LNG 供給源の概況として、現在の世界の LNG 採掘地域の分布状況やそれらの地域のける LNG の成分組成について整理を行った。

2.4.1.1 主要産地における天然ガス組成

天然ガスは、メタン (CH₄)、エタン (C₂H₆)、プロパン (C₃H₈)、ブタン (i-C₄H₁₀、n-C₄H₁₀) などで構成されており、産地によってその組成が異なる。主なガス田で採掘される天然ガスの組成をみると、主成分であるメタンは最もシェアの小さい“Lacq Profond” (フランス) の 69.0%から“Kenai” (米国アラスカ) 99.8%まで幅があり、発熱量も同様に、Groningen (オランダ) 35.2 MJ/Nm³ から Afan (ナイジェリア) の 49.6 MJ/Nm³ となっている。

表 2.4.1 主要産地の天然ガス組成

ガス田	国名	C1	C2	C3	C4	C5 以上	CO ₂	N ₂	O ₂	他	熱量 ¹⁴ (MJ/Nm ³)	メタン価
Lacq Profond	フランス	69.0	3.0	0.9	0.5	0.5	9.3	1.5		15.3 ¹⁵	37.9	83.9
Gron-ingen	オランダ	81.3	2.9	0.4	0.1	0.1	0.9	14.3			35.2	95.4
Frigg	英国・ノルウェー (北海)	95.7	3.6	0.1	0.1	0.1	0.2	0.4			41.1	96.9
Alberta	カナダ	91.9	2.0	0.9	0.3			4.9			39.4	96.0
Kenai	米国 (アラスカ)	99.8	0.1					0.1			39.9	108.1
Hassi R'mei	アルジェリア	83.7	6.8	2.1	0.8	0.4	0.2	5.8		0.2 ¹⁶	42.2	76.9
Afan	ナイジェリア	81.0	6.5	5.9	3.3	1.4	1.7	0.2			49.6	60.2
Chaivo	サハリン	92.8	3.9	1.7	0.8	0.3	0.3		0.2		43.1	84.4
茂原	日本	98.0					0.5	1.4	0.1		43.1	108.4
Lumut	ブルネイ	90.1	5.1	2.8	1.4	0.1		0.1			44.6	77.7
Das I.	U.A.E	75.1	23.1	1.7	0.1	0.1					48.2	65.2
Ras Laffan	カタール	89.9	6.6	2.3	1.0			0.2			44.2	79.3
Arun	インドネシア	87.7	6.9	3.1	1.8	0.1		0.4			45.6	73.2
Badak	インドネシア	90.8	4.7	3.0	1.3	0.1		0.1			44.5	78.2
Centra Luconia	マレーシア	91.6	4.1	2.7	1.4	0.1		0.1			44.2	79.5
Bintulu	マレーシア	89.3	5.6	3.5	1.5						45.2	75.4
Withnell Bay	オーストラリア	87.5	8.3	3.2	0.9	0.0		0.1			45.2	75.1
Oman LNG ¹⁷	オマーン	85.7	9.8	2.1	0.6			1.9			44.0	76.7

(出典：丸善出版「化学便覧 応用編」日本化学会編や Southern Connecticut Gas 資料等をもとに作成)

¹⁴ 熱量は JIS 規格に従って再計算

¹⁵ その他の物質として H₂S

¹⁶ その他の物質として He

¹⁷ Southern Connecticut Gas 資料より

2.4.1.2 主要国における天然ガスの輸入状況

天然ガスの輸出・輸入量をみると、輸出ではロシアが最も多く（約 1,831 億 m³）、全世界の輸出量の約 20%を占めている。次いでノルウェー（989 億 m³、同 11%）、カナダ（922 億 m³、同 11%）となっている。輸入では、米国の輸入量が最も多く（約 1,085 億 m³）、全世界の輸入量の約 12%を占めている。次いでドイツ（888 億 m³、同 10%）、日本（859 億 m³、同 10%）となっている。

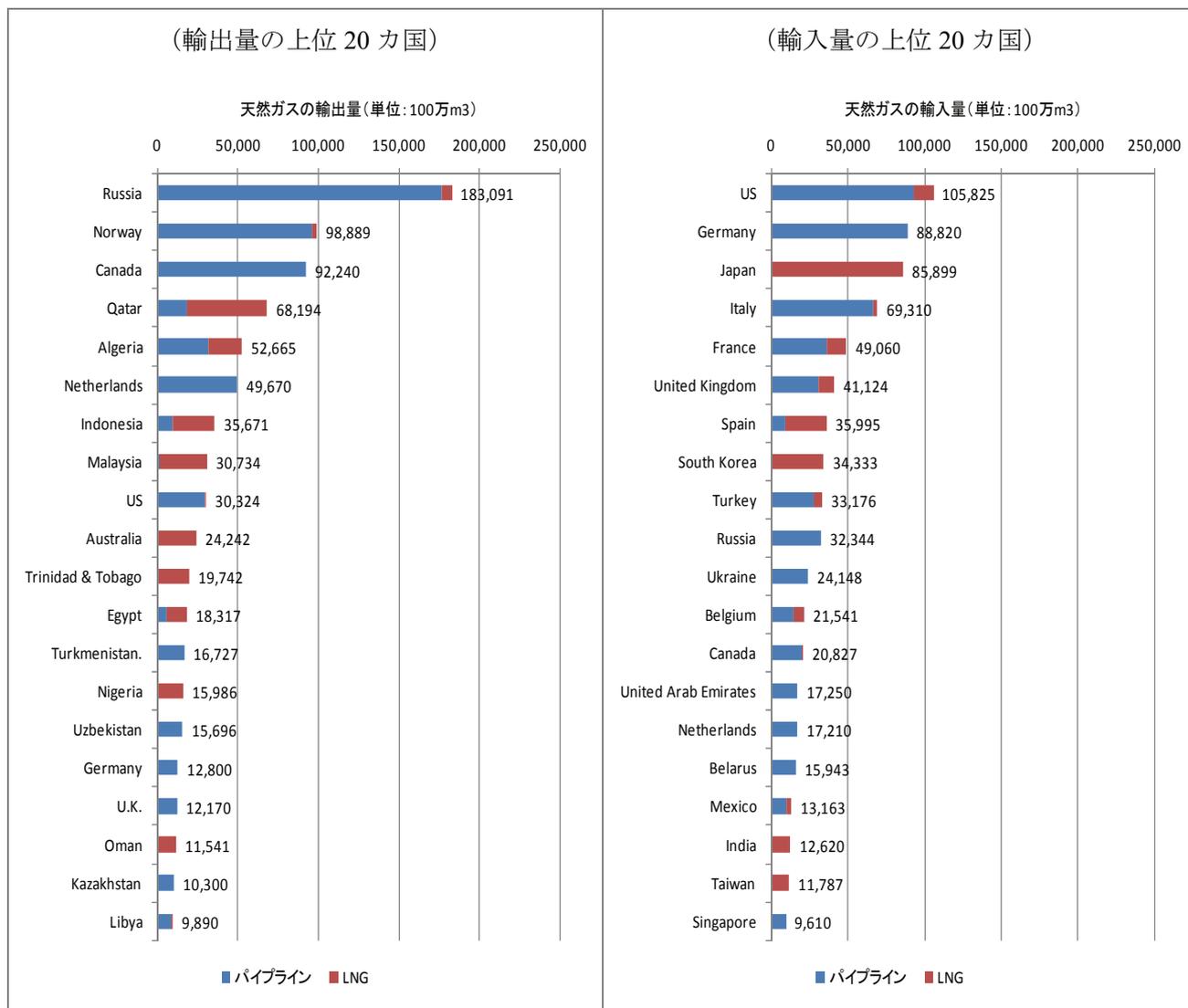


図 2.4.1 輸出量・輸入量の上位 20 カ国（天然ガスパイプラインまたは LNG）

（出典：BP Statistical Review of World Energy 2010）

2.4.2 主要港湾において供給される LNG の想定

2.4.2.1 対象とする港湾の選定

対象とする港湾は、主要大陸から次の 10 港を選定した。

表 2.4.2 対象とする港湾

	地域	国	港湾名 ¹⁸
1	東アジア	中国	上海 (2)
2			大連 (26)
3		韓国	釜山 (5)
4	東南アジア	台湾	高雄 (12)
5		シンガポール	シンガポール (1)
6	北米	米国	ロサンゼルス (16)
7			ニューヨーク・ニュージャージー (20)
8	欧州	オランダ	ロッテルダム (9)
9		ドイツ	ハンブルグ (11)
10	中近東	UAE	ドバイ (7)

【収集方法】

- 既存文献にて、パイプライン等のネットワークの状況を把握。
- 上記港湾の国におけるガス田や LNG 等の輸入相手国の成分組成を調査・整理。
- 上記港湾のリストとパイプライン等のネットワークの状況を考慮し、当該港湾における LNG の成分組成を類推。

2.4.3 今後の展開

今後の展開として、昨今、新たな展開として見られる『非在来型天然ガス』について整理を行った。

2.4.3.1 非在来型天然ガスとは

(1) 非在来型天然ガスの概況

非在来型天然ガスとは、従来のガス田や油田以外から生産されるガスのことであり、タイトサンドガス、コールベットメタン（以下 CBM）、シェールガス等が該当する。埋蔵量が多く、今後の天然ガス市場に大きな影響を与えるガスとして、注目を浴びている。

非在来型天然ガスは、従来は開発コストが高く、算出効率が悪かったため、開発の対象とならなかった。ただし近年、開発・生産技術の進歩により、CBM やシェールガス等の採掘が可能となり、生産量が増加してきている。特に、シェールガスは急速に生産量が増大しており、米国においては 2018 年頃には非在来型天然ガス生産量の約 1/3 になると予測されている。

¹⁸ 港湾名にある () 内の数値は、2008 年におけるコンテナ取扱量ランキング

表 2.4.3 主な非在来型天然ガスの種類

種類	概要
コールベットメタン	石炭鉱床に含まれるガスで、主にメタンからなる。有機物の石炭化の過程で発生したメタンが石炭の分子格子構造の中に吸収されたり、微細孔表面に吸着されたりして存在している。
シェールガス	一般に堆積盆地沈降部の硬質頁岩中に存在しているガス。タイトサンドガス同様、水圧等で亀裂を入れるフラクチャリングによってガスの回収を行なうが、適用される条件はタイトサンドガスに比べてかなり厳しい。
タイトサンドガス	浸透性が非常に低い硬質砂岩層に含まれるガス。水圧等で亀裂を入れるフラクチャリング（破碎）によってガスの通り道をつくり、ガスを回収する。超過利潤税法における定義では、ガス浸透率 0.1~0.5 ミリダルシー以下、孔隙率 ¹⁹ ※15~15%、水飽和率 30~70%の硬く締まった砂層に存在する。
メタンハイドレート	メタン分子と水分子からなるクラスター状の固体で、深海海底堆積中や永久凍土地帯の地質堆積中に存在する。日本が世界に先駆けて商業生産技術の開発に取り組んでいる。
地球深層ガス	地球創成時にメタンが地球深部に閉じ込められたとするトーマス・ゴールド博士の提唱によるもの。
地圧水溶性ガス	深部の異常高圧層の地層水（流体圧力勾配が 1 立方フィートあたり 0.465~1psi ²⁰ ）に融解したガスで、高圧下でのガス量は地表の体積では膨大となる。
バイオマスガス	有機物の発酵や熱分解等により生成されるガス。

（出典：小林良和「米国の天然ガス事情」化学経済 p24~p32、2010年11月）

表 2.4.4 世界の非在来型天然ガス埋蔵量

地域	コールベットメタン		シェールガス		タイトサンドガス		合計	
	Tcf	兆 m ³	Tcf	兆 m ³	Tcf	兆 m ³	Tcf	兆 m ³
北米	3,017	84	3,840	108	1,371	38	8,228	230
中南米	39	1	2,116	59	1,293	36	3,448	97
西欧州	157	4	509	14	353	10	1,019	29
中欧・東欧州	118	3	39	1	78	2	235	7
旧ソ連	3,957	111	627	18	901	25	5,485	154
中東・北アフリカ	0	0	2,547	71	823	23	3,370	94
アフリカ（サハラ以南）	39	1	274	8	784	22	1,097	31
CAP・中国	1,215	34	3,526	99	353	10	5,094	143
太平洋 OECD 諸国	470	13	2,312	65	705	20	3,487	98
その他アジア・太平洋	0	0	313	9	549	15	862	24
南アジア	39	1	0	0	196	7	235	7
合計	9,051	253	16,103	451	7,406	207	32,560	912

（出典：Journal of Petroleum Technology 「Tight Gas Sands」（2006）により作成）

¹⁹ 岩石中の隙間の体積と岩石全体との体積比のこと

²⁰ pound per square inch の頭文字をとって psi と表記

(2) CBM、シェールガスの組成

CBM、およびシェールガスは一般的にメタンの組成比率が高いため、発熱量は低い。従って、今後更に CBM やシェールガスをはじめとする非在来型天然ガスが普及されると、LNG 市場は低発熱量 LNG が主流となる可能性が高い。

(i) CBM

CBM の主成分はメタンであり、90%以上となっている。赤平におけるメタンの成分比は 85.9%となっているものの、これは CO₂ や N₂ 等の不純物を含んでいるためであり、C₂ 以上の成分比は 4.6%にとどまっている。

(ii) シェールガス

シェールガスも CBM と同様、メタンが 90%以上の天然ガスである。90%を下回るものは、CO₂ や N₂ 等の不純物を多く含むものである。従って、シェールガスもメタンを含む割合が高い、低発熱量の天然ガスであると言える。

2.4.3.2 CBM の動向

CBM は炭層ガスとも呼ばれ、石炭を生成する過程で発生したメタンが、石炭の表面や亀裂に吸着したものである。したがって、炭田等石炭資源のあるところに存在する。CBM はメタン含有率が 95%と非常に高く、不純物が少なく、性状が良いのが特徴である。

(1) CBM の埋蔵量

CBM の埋蔵量は、米国ではある程度調査が進んでおり、埋蔵量は約 11 兆 m³とされている。米国の石炭埋蔵量から世界全体の CBM 埋蔵量について推計すると、従来の石炭採掘では対象とならなかった深部、薄層の炭層内のガスも対象となると考えられ、約 140 兆 m³の埋蔵量は存在するとしている。CBM は、カナダ、ロシア、中国、豪州に相当量存在すると考えられている。

一方、中国においても、CBM は大量に存在すると考えられており、CBM 埋蔵量はおよそ 14.3 兆 m³とした調査結果を 2002 年に発表している。

(2) 米国での開発を巡る最近の動き

米国では、比較的地下深度の浅い地帯にガスを相当量生産することが可能な炭層が多く賦存していることから、今後も CBM の生産は有望であるとしている。米国では天然ガス需要量が伸びると予想している一方で、在来型の天然ガス資源の生産見通しが必ずしも明るいものではないことから、CBM を含めた非在来型天然ガス資源を活発に獲得する動きもみられている。

例えば、米国の大手独立系石油会社である Anadarko は、2006 年 6 月、KerrMcGee から Powder River Basin (米国ワイオミングからモンタナにまたがる CBM 埋蔵地帯)における CBM 資産の買収や、大手独立系石油会社が CBM 資産を保有する石油会社を買収する等の動きが見られる。

(3) 米国以外での開発を巡る動き

米国以外においても非在来型天然ガスは相当量埋蔵すると考えられており、米国を端に始まった非在来型天然ガス開発の動きは、世界に広がりつつあるものの、CBMは石炭産出国に開発の可能性があるが、米国以外での開発は初期段階にあるといった状況である。

(i) 欧州

欧州（ドイツ、チェコ、フランス、イギリス、ポーランド等）では石炭開発区域周辺の未開発区域からのCBMは小規模に行われているにすぎない。他の産炭国スペイン、ブルガリア等では未開発区域への試掘調査が行われているが、実際の実用には行われていない。ヨーロッパでもっともCBMポテンシャルの高いのはロシアで、クズバス炭田でおよそ10兆 m^3 の資源量が推定されているが、CBMの試掘等による詳細調査は遅れているのが現状である。

(ii) オーストラリア

オーストラリアでは米国に次いでCBMの開発が進んでいる。クイーンズランド州では、CBMを原料とするCBM-LNG事業の成立が間近である。Queensland Curtis LNG、G LNG、Gladstone LNGの三事業は2010年に最終投資が決定している。オーストラリアの新規LNG事業に占めるクイーンズランド州内の事業の比率は30%以上を占める。これらのプロジェクトが順調に推移すれば、カタールを上回る世界最大のLNG供給国になる可能性がある。

(iii) 中国

近年、経済成長とともにエネルギー需要の増大に対応するため、CBM開発に積極的に取り組んでいる。中国政府は、2006年、CBM開発利用11・5計画（計画年2006年～2010年）を策定し、最終年で100億 m^3 の生産目標を掲げていたものの、目標は達成されていない。また、当初から外資系企業は目標が過大であり、達成は困難との見解を示していた。開発は、国有石油企業および外資ベンチャー系企業が主体となっているが、開発はまだ初期段階にとどまっており、中国全体のガス供給に占める国産CBMの比率は2015年に3%、2020年に4%と、CBM生産が同国および国際LNG需給に及ぼす影響は限定的と見られている。法令面、設備面など、複数の課題が生じているためである。

(iv) インド

インドは中国に次ぐアジアの主要石炭産出国である。CBM開発の政府方針は、1997年策定のCBM開発法令に基づく。ここではCBM探鉱・開発に関わるモデル契約が公開されており、10%ロイヤルティー、商業発見ボーナス等の支払いが規定されている。

本法令をもとに、34鉱区（埋蔵量1.4兆 m^3 ）がCBM鉱区として公開されているものの、現状では生産地域周辺の産業需要家向け、CNG原料向けの販売にとどまっている。販路拡大のためには、長距離輸送用パイプライン等の設備が必要であり、2010年1月現在、国土を結ぶパイプラインの建設計画が決定している。

一方で、オーストラリア等に比べるとインド産の石炭はオーストラリアと比較すると灰分（30～40%）が高く、熱量が低いため、CBM生産には不適との声もある。インドにおけるCBM生産が世界市場に影響を及ぼす程生産量が増大するのは2020年以降というのが多数の意見である。

(v) インドネシア

インドネシアの資源埋蔵量は約 13 兆 m³（政府系企業 Remigas による推定）としており、在来型天然ガスの 2 倍に及ぶ。

インドネシア政府は国内市場向け供給政策の基本として、現在高いレベルにある石油比率を引き下げ、国産の石炭およびガス、新エネルギー、再生エネルギー比率の拡大を掲げている。しかし、資源埋蔵量は開発可能性を含めたものであり、真の「埋蔵量」として断定できないこと、インドネシアにおけるガス市場は低価格であり、相対的に高コストな CBM 開発の採算性の確保が困難であること等から、CBM 開発に本格的に取り組もうとする企業は少数なのが実状である。

2.4.3.3 シェールガスの動向

シェールガスとは、泥が水中で水平に堆積して出来た岩石である頁岩（けつがん：シェール）の隙間に貯留されるメタンガスであり、非在来型天然ガスに分類される「シェールガス」の生産量が急増したこともあり、2009 年には米国がロシアを抜いて世界最大の天然ガス生産国になった。

(1) シェールガスの埋蔵量

2010 年 6 月に発表された、マサチューセッツ工科大学（MIT）がまとめた報告書「天然ガスの将来」によると、米国では今後もシェールガスの生産量が急増すると見込まれており、2010 年の生産量では約 2Tcf（約 560 億 m³）、液化天然ガス（LNG）換算で 4,200 万 t が、2020 年には 5 倍の 10Tcf（約 2,800 億 m³）になるとされる。

この急増の理由としては、豊富な埋蔵量が挙げられる。米国におけるシェールガスの埋蔵量については大きな幅があるが、最新の平均推計値は 650Tcf（約 18 兆 m³）。また、シェールガスの埋蔵量は、今後の調査や掘削技術の発展によって増加する可能性を秘めている。

(2) 米国におけるシェールガスの開発動向

米国におけるシェールガスの開発は、Devon、EnCana、Anadarko、Chesapeake、XTO Energy といった中堅企業により開始された。特に Chesapeake、XTO Energy は、1980 年代に設立された企業であり、2000 年代以降、鉦区買収と探鉦を重ね、シェールガスの生産増加とともに成長した。

これに加えて、近年では、シェールガスの急激な増産に伴い、大手石油企業が参入を開始している。シェールガスの生産量が増大する以前は、北米のガス生産量が減少傾向にあったため、大手企業は、アフリカや東南アジアなどの新興沖合に投資先を移していたが、シェールガスにより、これらの企業が北米に回帰した形となっている。

(3) 国外におけるシェールガスの開発動向

米国外におけるシェールガスの開発は欧州、カナダで見られる。欧州ではロシアへの依存から脱却するために、開発に積極的である。

(i) 欧州

欧州は非在来型天然ガス開発に積極的である。その理由として、ロシアからの輸入依存の脱却を目指している点が挙げられる。

欧州では、シェールガスの開発が進み出しており、2009年から3年間、ドイツ（GFZ）、フランス（IFP）、オランダ（TNO）がシェールガスエリアの特定化を目指し、調査活動が行なわれている。

米国において非在来型天然ガス開発に参入した大手石油企業は既に欧州においても開発を目指した動きが見られる。

ただし、開発に関するノウハウ、インフラ（パイプライン、ガス処理設備）不足、米国で開発を牽引した地元中堅企業がない等、欧州では米国以上に多くの課題も抱えているのが現状である。

(ii) カナダ

カナダでも、米国同様、シェールガスが多く埋蔵されている可能性が高く、地元企業が調査に着手している。カナダにおいて特筆すべき事項として、2010年3月、韓国企業 Kogas が Horn River のシェールガス開発権益を EnCana から取得した点である。また、アジア市場向けの LNG 供給を目的とした米国企業の進出例も見られる。

カナダにおいてシェールガスはブリティッシュコロンビア州北東部、アルバータ・サスカチワン州、ケベック州、ノバスコシア・ニューブランズウィック州に広がりを見せている。米国と開発環境が似ており参入障壁が開発途上国に比べ低いことから、海外企業の参入や、他地域市場への供給を念頭に置いた開発が進む可能性がある。

2.4.4 まとめ

2.4.4.1 熱量の比較

整理した LNG 組成及びその熱量等をもとに、前述の設定 8 港湾において入手が可能と想定される LNG の熱量を比較した。東アジア諸港やドバイ等では、比較的熱量の高い LNG (37.9~48.2MJ/Nm³) を調達可能であると想定される一方、米国や欧州の港湾では、比較的熱量の低い LNG (35.2~41.1MJ/Nm³) を調達可能だと考えられる。

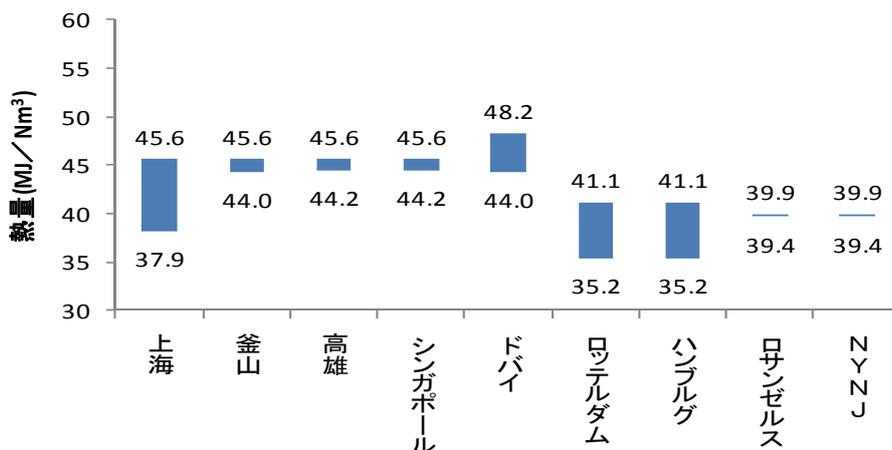


図 2.4.2 港湾で入手可能と想定される LNG の熱量²¹の比較（単位：MJ/Nm³）

（出典：丸善出版「化学便覧 応用編」日本化学会編他をもとに作成）

²¹ 熱量は JIS に従って計算

2.4.4.2 メタン価の比較

昨今、注目を浴びている非在来型天然ガスと在来型天然ガスのメタン価を比較すると、従来型天然ガスよりも非在来型天然ガスの方が発熱量は低いものの、メタン価はやや高い。ここで行った試算によると、メタン価は、在来型天然ガスの場合 60.2～108.4 であり、CBM の場合 97.4～108.4、シェールガスの場合 105.8～107.7 となった。

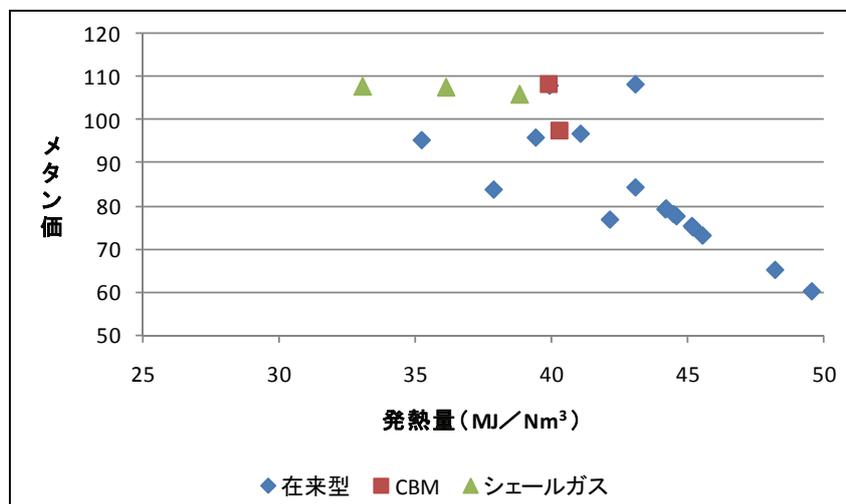


図 2.4.3 発熱量とメタン価の関係 (参考)

※一部、成分組成が十分に収集し切れていないため、発熱量及びメタン価が正しくない可能性がある

表 2.4.5 主要炭田、CBM、シェールガスの熱量・メタン価の比較

区分	ガス田名称	国名	発熱量 (MJ/Nm3)	メタン価
在来型	Lacq Profond	フランス	37.9	83.9
	Gron-ingen	オランダ	35.2	95.4
	Frigg	英国・ノルウェー (北海)	41.1	96.9
	Alberta	カナダ	39.4	96
	Kenai	米国 (アラスカ)	39.9	108.1
	Hassi R'mei	アルジェリア	42.2	76.9
	Afan	ナイジェリア	49.6	60.2
	Chaivo	サハリン	43.1	84.4
	茂原	日本	43.1	108.4
	Lumut	ブルネイ	44.6	77.7
	Das I.	U.A.E	48.2	65.2
	Ras Laffan	カタール	44.2	79.3
	Arun	インドネシア	45.6	73.2
	Badak	インドネシア	44.5	78.2
	Centra Luconia	マレーシア	44.2	79.5
	Bintulu	マレーシア	45.2	75.4
	Withnell Bay	オーストラリア	45.2	75.1
	CBM	Lacq Profond	フランス	37.9
バージニア		米国	40.3	97.4
クイーンズランド		米国	39.9	108.4
シェールガス	Shallow Wood ford	米国	38.9	105.8
	Notre Dame de Lourdes, MB	カナダ	33.1	107.7
	Manitou, MB	カナダ	36.2	107.5

※一部、成分組成が十分に収集し切れていないため、発熱量及びメタン価が正しくない可能性がある

2.5 欧州の動向

【詳細については、報告書「LNG 燃料船のインフラに関する欧州調査及び世界のガスエンジン開発の現状と動向調査」を参照】

2.5.1 調査の目的

LNG 燃料船の実用化で世界的に先行している欧州の事例について、港湾設備に係る具体的な要件、LNG 燃料船に必要不可欠となる具体的な要件等に関する現地調査を実施し、LNG 燃料船の実用化の課題、実現の可能性及び実現に必要な環境を整備するための要件等について確認し、対応策を検討することを目的として 2010 年 9 月に欧州調査を実施した。

2.5.2 LNG 燃料船の現状

2.5.2.1 概要

DNV のデータによれば、LNG タンカー以外のガス燃料船は、IMO に対して IGF 暫定ガイドラインの提案が行われた 2004 年末以降建造が活発化し、現在 20 隻を数える。これまで建造されているのは、ほとんどがノルウェーのフェリー、オフショアのサポート船、パトロール船であり、通常の貨物船等は存在しない。（ノルウェーでは NOx 基金による建造補助があるため、建造が加速されている。）

【エンジン直結の推進方式の増加】

SEA-TRANS 社のみならず、MARINTEK、DNV、バルチラ、RR 等関係者の共通の認識は、現在建造されているガス燃料船が電気推進方式を採用している理由は、砕氷船を含めてこれらの船種が燃料の種類にかかわらず電気推進に適しているからであり、一般貨物船はエンジン直結の推進方式が必要との考えである。

この結果、

- SEA-TRANS 社の RO/RO 貨物船は、RR 社製のガス専焼エンジン 1 基＋ディーゼル補助機関 2 基による直結推進方式（最初の竣工は 2011 年予定）
- スウェーデンの Tabit Shipping 社の 25,000DW プロダクトタンカー Bit Viking は、バルチラ社の DF エンジン 2 基による直結推進方式（改造完了は 2011 年 5 月予定）
- ノルウェーの NSK Shipping 社は、LNG 燃料を使用する沿岸航行の一般貨物船（魚養殖用の飼料の輸送船）を、トルコの Tersan 造船所に発注した（竣工は 2012 年予定。詳細は不明）

というふうに、近年建造（改造）計画が発表された一般商船は直結方式を採用している。

【大型船への適用の増加】

また、これら以外に着岸時の NOx 排出量を抑制する方式としてこれまで陸電方式等が採用されてきたが、陸上施設の制約や着岸時以外では NOx の排出を抑制できない等の課題を踏まえ、以下の通り発電用の補機をガス燃料化する動きもある。（これ以外にもワレニウスが検討しているとの情報あり。）

- マースク社では、5000TEU のコンテナ船 MAERSK DRURY (2006 年建造) に搭載されている MAN 社製ディーゼル発電機エンジン (2100kw) 4 基+補助ボイラ 1 基のうち発電機エンジン 2 基+補助ボイラ 1 基を DF 化するとしている (改造完了は 2012 年)。

欧州では、LNG 燃料船について、25%の CO2 排出量削減という側面もさることながら、2015 年に北海、バルチック海、ドーバー海峡で導入される燃料油の S 分規制 (0.1%) が導入されることから、長期的に船用重油 (特に低硫黄船用重油) よりも LNG が大幅な価格優位となるとの見通しの下、ECA の影響に関する関心が非常に高い。

このため、欧州域内を航行する船舶 10000 隻のうちバルチック海を常時航行する船舶は 2000 隻であり、LNG 燃料船に対する潜在的な需要は大きいという認識であった。

2.5.2.2 SEA-TRANS 社の RO/RO 貨物船

この LNG 燃料船は、SEACARGO 社が保有する 5900DW の RO/RO 貨物船 (L*B*D 132.8*18*6 speed 17kt RR 製ディーゼル主機 Bharati ShipyardLtd 建造) の同型船を、RR 社製の LNG 専焼エンジン B35:40V12PG 搭載船として建造するもの。2009 年初に年内引渡しの予定 (インドの Bharati ShipyardLtd で建造) との報道がなされたが、その後の進捗については目立った情報はない。

SEATRANS 社の説明によれば、現在同型船 2 隻を発注しており、2011~2012 年に竣工するとのことであり、遅れてはいるものの計画は進行中の模様。なお、当該 LNG 燃料船をインドの Bharati Shipyard に発注したのは、在来型の主機関を搭載した同型船をインドで建造していることから引き続き同造船所に発注したとのこと。

ガス燃料船の建造に関しても、環境という側面はあるものの船主経済面を強調し、そのための建造・運航コストダウンを重視して船舶の仕様を検討していることが注目される。

【運航形態】

当初 1 周 10 日間のノルウェー・バルト海航路に就航するとの情報もあったが、船社としてはノルウェー西岸の 1 周 10 日間の航路に就航させるとしている。

ノルウェー外の航路への就航については、LNG 供給インフラの整備が前提として必要であり、本船は「first step」であると強調していた。なお、ガス燃料船の欧州域内及び北アフリカ等への就航に関しては、LNG 供給インフラと共に、燃料 operation に関する個々の港湾当局の規制 (入港に際してガスエンジンの使用を認めない、或いは、地中海ではタグが要求されるかもとのこと) 等、LNG 使用に対する理解の不足を懸念していた。

【推進システムの概要】

推進系は、RR 社製ガス専焼ディーゼル主機 B35:40V12PG (ボア 380mm、V12 気筒、5600kw) 1 基を CPP プロペラに直結する方式。(他の LNG 燃料船のように DF エンジン 2 基の 2 軸船や 2 基以上のガスエンジンをシステム化した電気推進方式ではない。)

この B35 ガス専焼エンジンは、より小型のものが陸上や電気推進のガスフェリーで使用された実績があるが、負荷変動がある状態での直結での使用は初めて。

ルールで要求される冗長性の確保 (機関室でのガス漏洩時の機関室の Emergency Shut Down (ESD) への対応を含む) は、以下により対応。

- LNG タンクを含む燃料系の 2 重化
- 主機が使用できない場合（ESD が作動した場合を含む）は、補機室に設置した三菱重工製の出力 800kw のディーゼル補機 2 機を動力源として、プロペラ軸に減速機 BOX で連結されたシャフトジェネレータ兼電動機ユニット（主機、補機ともこの減速機 BOX とはクラッチを介して接続される）で推進

なお、DF エンジンではなくガス専焼ディーゼルとした理由については、コンセプトを纏めた際にはバルチラの DF はまだなかったこと、ESD への対応を考えた場合のイニシャルコストの低減、そして RR 製のガス専焼ディーゼルの方がバルチラ DF よりも NOx が少ない（NOx 基金の関係では燃料費が安くなる）ことを理由に挙げていた。

【LNG タンク及び LNG 補給】

LNG タンクは、6 気圧の加圧型 LNG 燃料タンクで容量は 220 立方 m を 2 基。満タンで 2 週間の運航が可能であるが、1 週間毎に LNG 補給する。

欧州では Type A タンクの認証も進みつつあるが、Type C タンクについては支持用の壁を必要としないのでコストが安いとしている。

タンク形状は通常の円柱形ではなく、円柱を 2 つ組み合わせた形を採用するとしており、中国で調達される。（確認できなかったが、この形状のタンク（断熱はポリウレタン等を使用）は TGE 社が供給しており、同社は東欧（ハンガリー？）及び中国に生産拠点を有していることから同社が供給するのではないかと考えられる。）

2.5.2.3 その他

その他の船舶についても得た情報の概要を紹介する。

(1) スウェーデンの Tabit Shipping 社の 25000DW プロダクトタンカー Bit Viking

現在バルチラ社製の 6 気筒ディーゼル機関バルチラ 46×2 基搭載しているが、これらを LNGPac の DF エンジンバルチラ DF50×2 基に換装し、主として LNG で航行するとしている。荷主はスタットオイル社であり、船級は GL。LNG タンクは 500 立方 m×2 基で 12 日間の航行が可能。もともと 2 基 2 軸、独立した機関室を 2 つ持っているため、ESD 要件に適合させるための改造が容易であるとしている。

詳細は GL の広報誌 nonstop 02-2010 号の P22-25 に掲載されている。

(2) マースク社の 5000TEU コンテナ船 MAERSK DRURY の改造

出力 2100kw の補機 2 機及び補助ボイラの DF 化。船橋後方の貨物艙の一部を改造して LNG タンク及びコントロール室を設ける。LNG タンクの容量は、500 立方 m+240 立方 m。最大の特徴は、船舶への LNG 供給をタンクコンテナで行うとしていること。

コンテナ船の場合岸壁には常にガントリークレーンがあること、大型船に対する LNG 供給に係る陸上施設の整備は当分期待できないことから、陸上施設整備を回避するための一つの方法とも考えられる。

(3) MEYER WERFT による大型旅客船のコンセプト検討 (Gaspax)

63000 総トンのクルーズ船。DF エンジン 6000kw×2 基、3000kw×2 基。
LNG タンクは 1000 立方m×2 基。

(4) その他

ノルウェーでは、NSK Shipping 社の内航船（この船舶の特徴は、LNG 燃料タンクをデッキ上に搭載すること）、Sea-Trans 社の内航船以外にも LNG 燃料内航貨物船の開発・実用化も進められている。代表的なものは、NyFract プロジェクトである。これは MARINTEK が主導して研究開発を行った全長 90m の内航船開発プロジェクトである。

また、LNG 燃料船についてはこのように欧州に集中しているが、米国及び中国(Wuhan ferry company)で LNG 燃料のタグが存在するほか、タイには中国で建造された CNG 燃料の小型フィーダーコンテナ船が、ブラジルにはキャタピラの DF エンジンを搭載した CNG 燃料の高速船が存在する。

他の移動体分野に目を移すと VOLVO は LNG 燃料のトラックを開発中であり、米国の Dallas Area Rapid Transit 等バスではすでに数百台単位で LNG 燃料バスが運行しており、LNG 燃料船推進者はこれらの実績をもって LNG 推進システムの安全性について強く主張していた。

2.5.3 LNG 燃料の品質と LNG 燃料供給のための陸上施設

LNG 燃料船の実用化に際しての最大の課題は船舶に対する LNG 供給の問題である。大型の LNG 受け入れ基地は世界的に整備されているが、船舶に対する陸上供給施設への供給或いは船舶への供給のための積み出し能力を有するものは少ない。

船舶用燃料としての LNG 市場が一定規模で確立するまでの間、移行期間中の LNG 供給陸上施設整備に係る安全規制、場所の確保、施設整備費用の確保等の課題が存在する。

特に欧州においては、港湾内での船舶への LNG 供給のみならず LNG 燃料の使用自体についても個々の港湾当局が権限を有しているとのことであり、LNG 燃料の使用が一般的になるまではこれらの陸上施設の問題が大きな課題として残る可能性がある。

2.5.3.1 ノルウェーと Small scale LNG

【Small scale LNG の背景】

ノルウェーでは民生目的での LNG 使用は少なく、またパイプラインの敷設も困難なことから、沿岸部にある工業施設等が専ら熱源として使用していた重油の代替として LNG の供給が進められている。現在沿岸部に約 30 箇所存在する small scale LNG 施設（受け入れ容量 100~3500 立方m）とこれらの施設に供給する小型 LNG タンカー（タンク容量 7500 立方mや 1100 立方m）の整備は、その使用目的から整備されたといえる。また、同時にこの small scale LNG 施設整備の財源の一部がノルウェーの NOx 基金から出ていることも見逃せない。

これらの small scale LNG 施設の建設はまだ続いており、これらを転用する、或いは新規に施設を設置することにより船舶への LNG 供給のためのロジスティックチェーンの構築は比較的容易であるといえる。（英国を含む北欧において small scale LNG に関して関心が高いのは、同じ地理的条件を有しているからともいえ、バルト海に面した東欧諸国でもロシアのパイプラインへの過度の依存による

リスクが認識され、small scale LNG に関する関心が高まってきているとのことであった。)

【LNG 品質の問題】

ノルウェーの LNG 生産能力は、これまで同国北部地域にある施設等が中心で年間 150,000 トン程度であったが、2010 年西岸の Tanager に年間 300,000 トンの能力を有する施設が完成し、メタン価の高い LNG 供給能力が大幅に増加した。

なお、スウェーデンのストックホルム近郊でも LNG の受け入れ施設が建設されて民生利用が始まり、LNG 燃料の RO/RO フェリーが検討されているとのことであるが、これらの LNG は現在ノルウェーから 50 立方mのローリー（将来的には、52.5 立方mのローリー+27.5 立方mのシャシーを組み合わせた計 80 立方mでの陸上輸送が計画されているとのこと）で輸送されている。

このため、これらの地域では、LNG の品質がガスエンジンの燃焼に与える影響については船主も DNV にも余り大きな関心を持たれていない。

【安全規制について】

ノルウェーは比較的 LNG の利用に関して寛容な国である。LPG に比較して大幅に爆発性が低く、爆発域が狭いこと、安全性の確認に際して一定の実績を積んでいること（DNV では水中に LNG を注入する小規模実験を行い、これらが小さな粒になるだけで所謂水蒸気爆発のような現象を起こさないことを確認したとしている。また、DNV の情報によればシェルがより大規模の海中への注入実験を行ったとのこと。）等がその理由である。

他方、そのノルウェーにおいても、船舶用 LNG システムについては、既に規格に適合した標準品での構成が可能な陸上施設とは異なり、1 件毎のリスク評価が必要であるという意味ではコスト面でも手続き面でも負担が大きい状況にある。

2.5.3.2 ヨーテボリ STS 及び LNG GOT プロジェクト

【Ship to Ship (STS) transfer procedure の開発】

スウェーデン第 2 の都市ヨーテボリはスウェーデン西岸に流れ込むゴート川の河岸に広がる都市であるが、河口付近に工業港湾と工業地帯が存在し、その上流の橋を過ぎた内側に都市部が存在する古い都市構造を有している。ヨーテボリの LNGGOT プロジェクトは、このように LNG の受け入れ施設兼船舶供給施設を狭い住宅密集地で行うことの困難さを背景に、ゴート川を渡る RO/RO フェリー 2 隻を LNG 化するに際して、STS により LNG 供給を行う方法が検討された。

これは同時に

- 海上からの LNG 供給の方が、街側から遠い分港湾当局との交渉が容易であると考えられること（海事関係者の期待）
- RO/RO フェリーやクルーズ船の場合、人や車のアクセスしている状況下で同じ側からの LNG 供給は困難なため、これらを同時に行うことを可能とするために人や車から遠い海側から LNG 供給方法を検討したもの。

検討を主催したのは Swedish Maritime Technology Forum（Non-Profit の組織であり、その検討資金の多くは、プロジェクト参加者の負担とのこと）であり、ヨーテボリ港湾局、ヨーテボリエネルギー、

Gasnor 及び関係企業が参加して検討を行った。

この LNG STS 手続き書は、OCIMF の油の STS 供給手順書をベースに作成されたものであり、今後ヨーテボリ港湾局以外の他の港湾当局と交渉するための議論のたたき台としての活用も期待されている。

F-KAB 社によれば、現在ロッテルダム及びハンブルク港において LNG Solution に関する協議を実施中とのことであるが、他の港湾（特に小規模）での検討はこれからということ。

STS のハード的な特徴は、以下の通り。

- LNG 供給ホース 2 本（1 本はリターン用）、HBO/MGO 供給ホース 1 本の計 3 本のホースについて、規格化されたホース、カップリングを用いて燃料供給を行うこと・・・輸送能力としては毎時 320 立方m
- カップリングは Mann Tek 社の Quick connector を試験中とのことであり、現時点ではタンクへの LNG 供給ユニットはカスタム made のため、標準化する必要があるとの意識。
- 燃料供給される側の船舶の方が大型となるため、船側外板部分にコネクタを設けて、横から供給すること（これは LNG が漏れた場合に気化ガス（cold flare）が上に逃げることを前提になるべく上から供給するという思想とはやや異なる）
- 可能な限り自動化するため、陸側にアーム式のホースのサポーターを設け、このアームを負圧で船側に固定することにより、ホースに余分な負荷がかかることを防止すること

【LNG GOT】

ヨーテボリ港での船舶向け LNG 供給プロジェクト LNG GOT 自体は、STS 供給手順書ができてあとは海運会社の LNG 需要が決定すれば事業化という段階まで来ていた。

今般、LNG GOT が 2013 年から船舶向け LNG 供給を行う旨の公表を行ったこと、また、同時期にワレニウスが LNG GOT からの LNG 調達について戦略的提携を結び検討を開始する旨公表したことを考慮すれば、ヨーテボリのフェリーのみならずワレニウスの大型船が LNG を使用する可能性は高いものと考えられる。

【LNG 供給船】

様々な企業から small scale LNG 向けの LNG 輸送船のコンセプトが示されている（なお、small scale LNG 向けの LNG 輸送船については、3,000 立方m積の第 1 船が日本で建造されて以降、韓国、中国等で 10 数隻の建造が行われており、熟した技術との認識。F-KAB 社では 16,500 立方m積の L2 と称する LNG フィーダー輸送船の設計を終えているが、この船舶はデンマーク、ハンブルク港間の輸送を想定したものとのこと。同様に STS 用の LNG 供給船については、F-KAB 社は L1 と称する 800 立方m積みの設計を終えており、同社ではヨーテボリエネルギーとの間で 2010 年 10 月にも建造が決定されるのではないかと期待を示していた。

2.5.3.3 ロッテルダム港での検討

【欧州における LNG ハブ港の不足】

現在欧州において LNG 受け入れ能力と LNG の積み出し能力の双方を有する LNG ハブターミナル

はスペイン南部等限られた場所にしかなく、昨年の調査で「フィヨルド 1」がノルウェー以外ではスペインから LNG を調達した旨述べていた理由はそこにある。

ロッテルダム港は現在 LNG を取り扱っていないが、欧州最大の Deep sea port であるのみならず船用燃料油の供給基地でもある同港が、マースクのコンテナ船のように今後船用重油と LNG の双方を必要とする船舶に対する燃料供給基地としての機能・地域における地位を維持するためには、LNG ハブターミナルとしての機能が不可欠である。

【ロッテルダム港の機能強化】

同港では、2011 年に LNG 受け入れ基地（能力；年間 120-160 億立方 m）を開設する。この基地では、単なる LNG 受け入れに留まらず今後需要が拡大する見込みの small scale LNG への再出荷能力を持つことを予定している。したがって、STS が可能であれば、インフラとして十分な価値を持つ。また、同時に同港での船舶への LNG 燃料の供給、ローリーへの供給についても近い将来パイロットプロジェクトを実施してその実現性を検討するとしている。

なお、LNG の feeding のためにはバックローディングターミナル機能が必要となるため、これらの機能は順次整備されることとなる。ちなみに、同港の 8 つのターミナルは独立で経理されているとして、LNG を取り扱う場合の料金の見通し等は明らかにせず。

同港での STS の実現可能性については現在関係者間で調整中とのことであるが、港湾当局による安全面の検討&環境当局による環境影響評価が必要であるとして、その実現可能性の見通しについては明言しなかった。（安全面の検討としては、船舶 Crew の教育等が重要とのこと。）

【LNG の品質について】

詳細はガスエンジンの項に譲るが、北欧では LNG の品質はあまり気にされておらず、MARINTEK のエンジン専門家も、4 サイクル低圧（5 気圧）のディーゼル機関の運転にはガスのメタン価 80 以上が必要ではあるが、一般的にはガスエンジンは電子制御エンジンのため、これよりもメタン価が低い場合は Delay すればよいとして余り問題視していなかった。

他方、ロンドンセミナーで同様の質問を受けた RR の専門家は、ガスのメタン価は 70 以上必要であり、ガスの熱量も一定の範囲に入っていることが必要であるとの認識を示している。

ロッテルダム港では主要な生産地から LNG を輸入することとなるが、これらの LNG は主要な一般消費者向けに adjust されて輸出されてくる。このため港湾当局者は、船用 LNG 燃料市場が大きなマーケットになる前の段階では、船用向けとしては比較的適さない LNG 燃料が供給されるとして、その品質をどう管理するかという点は大きな課題との認識を示していた。

（※ DNV と話した際は、LNG の生産過程においてメタンとプロパン、ブタンとを分離することは技術的に可能であり、後者の方が価格が高いため船用 LNG 燃料市場が大きくなれば問題は解決するとの認識であった。他方、このような LNG の品質管理が行われるか否かはまさに船用 LNG 燃料市場がそこまで大きくなるか否かに依存しており、少なくとも移行期間中の対策の必要性は厳然として存在する。）

2.5.4 エンジンについて

2.5.4.1 マリンテック

マリンテック社（ノルウェー・トロンハイム）においてガスエンジンの開発状況を調査した。マリンテック社は日本の海技研に匹敵する幾つもの水槽を有し、Vessel やプロペラの開発が主体との印象をもつが、船用エンジン開発に関しても世界で有数の設備を有する。同社は建物を含めノルウェー理工科大学：NTNU と共同運営され、大学院生も実験・研究に加担している。

エンジンの専門家である Dept. of Machinery and Technical Operation の Research Director である Per Magne Einang 氏から、ガスエンジン全般について話を伺った。

【予混合リーンバーン²²方式】

中速 4 スト機関向けの予混合リーンバーン方式は、安定して燃やせるガスのメタン価として 80 以上は必要（ノルウェーの天然ガスは問題ないが、世界の天然ガスのメタン価は 50 から 95 まで分布・・・）で、またメタンスリップの問題もある。

この方式の長所として、ディーゼルに比べ NOx-90%、PM-98%、SOx ゼロ、熱効率は中速 4 スト機関でも高負荷で 48%に達する。ガスエンジンは、高負荷では同クラスのディーゼルより熱効率が（最大 2.5%）高くなる。理由は、燃焼期間が短く等容度が高いことによる（高負荷での燃焼期間はわずかに 25°とのこと）。また燃料噴射ポンプ駆動ロスがないことも一因。

Energy efficiency Diesel vs Lean Burn Mechanical drive

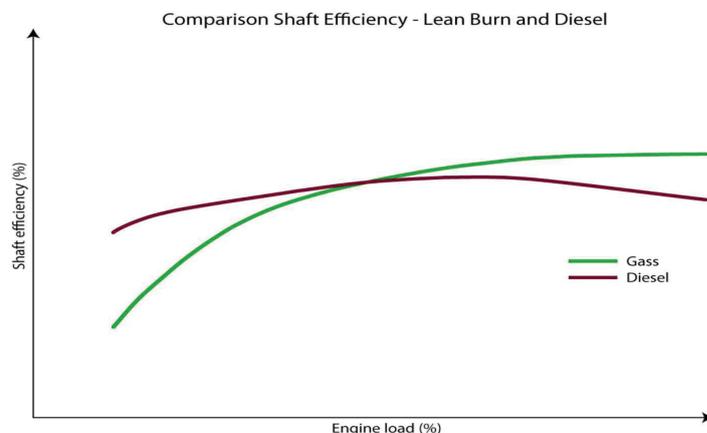


図 2.5.1 ディーゼルとガスエンジンのエネルギー効率比較

【GI²³方式】

GI 方式は低速 2 スト・中速 4 スト機関ともに適用可能で、噴霧拡散燃焼であるためメタン価に影響されずメタンスリップも少ない。ただし、リーンバーン予混合方式と違って NOx 低減幅は小さく、Tier III をクリアするには SCR 等の追加策が必要となる（硫黄分はゼロなので過給機後 SCR も可と思われる）。

GI ではガスの圧縮動力が大きい（機関出力の 3-5%にもなる）点が問題であったが、天然ガスを液

²² ガスの低圧供給 例えば 5 bar

²³ Gas Injection; 圧縮したガスの筒内直接噴射 例えば 350 bar

相のまま昇圧できる高圧ポンプ（超低温で作動）が開発された。これにより圧縮動力を大幅に低減できる（機関出力の1%以下）。

ポンプの実物（Krytem 社 400 bar）を見せてもらった（2シリンダーの往復動型）が、その施設は LNG タンク、気化器ともに外置きで、高圧となったガスをパイプで実験棟内に送っている。GI に関しては LPG についても言及された。これは CIMAC Bergen で MAN（デンマーク）から発表された内容の受け売りであるが、化学プラントから出て来る廃 LPG を利用するためのもので、LPG は液相で 600 bar に圧縮できる。低速 2 スト機関について、30 年前に Sulzer 社が天然ガス予混合方式を試験していた記憶を基に、ECA 内で予混合リーンバーン方式に切り替える案（掃気終わり時期にガスを低圧噴射し、筒内流れを利用して圧縮終わりまでに予混合気を形成・・・）の可能性を質問したところ、Einang 氏は、その Sulzer のガスエンジン（ノルウェー船の主機となった・・・）のトラブル（わずか 2、3 航海でガス使用を止めた・・・）経験をよく知っているようで、2 ストに予混合方式は絶対お勧めしない・・・という回答であった。

注：船用では GI 方式の低速 2 スト機関は未だ例がない。現在、MAN+韓国のライセンスで開発中とのこと。）

2.5.5 その他

2.5.5.1 燃料タンク

【タイプ C タンク】

欧州において LNG 燃料タンクとして可能性があるとして現在認識されているのは、Type A タンク及び Type C タンクである。

これまで建造されている LNG 燃料船のタンクは Type C であるが、その理由は

- 独立タンクであり、保護壁が不要（by SEA-TRANS 社）且つ比較的急速な充填が可能であること（by F-KAB）
- 低圧タンクであり、これを 5~6 気圧に保つことにより、ポンプ無しにガスエンジンへのカスの供給が可能であること（圧を保つためにスクリュウ圧縮機 or 気化器を使用）
- BOG が減少し特別な装置無しに長期間（DNV によれば 60 日程度）LNG の保持が可能であること等のメリットがあるため。

CRYO 社によれば、シリンダー型 Type C タンクについて、圧力は~10 気圧、直径は~8m（製品は 3.5~5.5m）、長さは~25m まで可能としているが、同時にタンクを大型化すればするほどデッドスペースが増えることが問題であるとしている。

【タイプ A タンク】

船用重油燃料タンクと LNG タンクとの比較では、同一出力・航続距離を得るために必要なタンク容積比は 1 : 4~5。これは、燃料の比重差（容積 1.7 倍）、タンク自体の厚み（真空部等 1.5 倍）、設置に伴うボイドスペース等の増加が原因。このため、この容積を圧縮するための方策として、Type A タンクに関する期待もある。（MARINTEK によれば、その際の容積比は 1 : 2~3。）

CRYO 社や TGE 社等は、LNG 充填に要する時間の増加と充填時の BOG リークの問題等を指摘していたが、Jahre 社等 Type A タンクの開発を行っている会社もある。

F-KAB 社は、オペレーターとは Type A タンクの使用も相談しているとしており、また、DNV は Type A タンクを使用する LNG 燃料船の契約もあると言っていたので、近い将来 Type A タンクを搭載した LNG 燃料船も出現するものと考えられる。

2.5.5.2 気化器

気化器については、現在建造または計画されている LNG 燃料船の殆どがノルウェーの高メタン価の LNG を対象としているため、特別な配慮はされていない。

基本的な形式は、主機の冷却水（水＋凍結防止剤（グリコール））を用いた温水式気化器を採用している（ガスエンジンでの最適燃焼のためにガス温度を上げる場合、superheater を搭載する場合がある）。

なお、LNG 燃料船については、基本的にメタンガスを燃料として想定しているが、北欧の場合同時に「バイオガス」のブレンドも想定範囲（スウェーデンでは、バイオガスで走行する DF のタクシー等も多数存在）に入っているが、何れにせよそこまで sensitive なシステムではないというのが一般的な認識であった。

2.5.5.3 LNG 燃料使用に係る Driving Force

【ECA の設定】

ノルウェーにおける LNG 燃料船増加の最大の Driving Force が、同国の NOx 基金であることは間違いない。この基金は、単に NOx 排出の多い燃料を使用する際の運転費用を増加させるにとどまらず、民間による船舶、LNG 供給施設の整備コストの負担も軽減している。

他方、同国以外の国の最大関心事項はバルト海等での ECA (SECA) の設定により、2015 年から 0.1% という低硫黄燃料の使用が必要となる。

インタビューを行った際にも、相手側からメキシコが ECA の検討を実施中であることが紹介されたほか、日本での検討状況について質問を受けた。LNG 燃料船積極推進派の見方は、ECA 設定の世界的な広がりについては設定されるか否かが問題なのではなく、何時設定されるのかが重要であるとの立場であった。

【Environment Ship Index (ESI) の導入】

ESI は、従来の Green Award の対象を NOx、SOx、PM、GHG に限定して Index 化し、これらの国際基準を満足する船舶に対して港湾料金等の優遇を行う制度。これまで、ハンブルク、コペンハーゲン、アントワープ、ブレーメン、ハーグ港が参加していたが、ロッテルダム港当局によれば 2011 年 1 月より同港もこれに参加すべく現在検討中（still under discussion）。

これにより、ECA での LNG 燃料の使用に関する経済面でのメリットが増加することとなる。

2.6 世界のガスエンジン開発の現状と動向

【詳細については、報告書「LNG 燃料船のインフラに関する欧州調査及び世界のガスエンジン開発の現状と動向調査」を参照】

学会名称： 26th CIMAC World Congress on Combustion Engine Technology for Ship Propulsion Power
Generation Rail Traction

開催日時： 2010年6月14日～2010年6月17日

開催場所： グリークホール（ベルゲン ノルウェー）

2.6.1 はじめに

CIMAC 国際会議は、周知のように燃焼学や冶金学などから品質工学に及ぶ広範な分野の優秀な研究者が世界中から3年に一度参集する大規模なものであり、特に船用工学関連の学会では最大かつ最高峰のものの一つとして広く認められている。

2010年のCIMAC国際会議では、会の半分以上の間、全4会場の内の1つがガスエンジン関連の発表に割り当てられ、ガスエンジンに関連するものも全て含めると、（とりこぼしがあれば）論文発表が30編、ポスター発表が5編の合計35編にも上っている。以下、これらの中からガスエンジンの開発の現状を伝えるような内容を紹介していくが、申込み論文が多岐に渡ったためもあり、セッション毎の分類が必ずしも適当ではない面もあったように思われる。

本報告では、ガスエンジンの紹介や技術解説に分類できるもの14編（国内4、国外10）、周辺機器の研究に関するもの10編、ガスエンジン本体の研究に関するもの11編に再分類して解説する。各発表の詳細については、報告書「26th CIMAC World Congressにおける調査報告」を参照願いたい。

2.6.2 新型ガスエンジンの技術紹介（国内）

（国内4社が講演。）

- 109: Newly developed Mitsubishi MACH II-SI and CM-MACH gas engines, enhancing and expanding utilization for energy and specialty gases

M. Ishida, S. Namekawa, Y. Takahashi, H. Suzuki, A. Yuuki, K. Iwanaga
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Japan

- 115: Development of large gas engine with high efficiency (MD36G)

T. Oka*, M. Kondo* and T. Aiko**

* Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Japan, ** Daihatsu Diesel MFG. Co., Ltd., Japan

- 189: Newly developed Kawasaki green gas engine – Top performance GE

H. Sakurai, T. Sugimoto, Y. Sakai, T. Tokuoka, Y. Nonaka, M. Honjou, T. Horie
Kawasaki Heavy Industries, Ltd., Japan

- 125: Experiences on 1 to 6 MW class highly adaptable micro-pilot gas engines in one hundred fields and over fifty thousand running hours
S. Nakayama, S. Goto, T. Hashimoto, S. Takahashi
Niigata Power Systems Co., Ltd., Japan

2.6.3 新型ガスエンジンの技術紹介（国外）

（国外 7 社が講演。このうち 5 社 7 編の発表を解説。）

- 37: Operational experience of the 51/60 DF from MAN Diesel
N. Boeckhoff, G. Heider, P. Hagl
MAN Diesel & Turbo SE, Germany
- 300: Environment-friendly operation using LPG on the MAN B&W dual fuel ME-GI engine
R. S. Laursen*, V. W. Rudh**
*MAN Diesel & Turbo SE, Denmark, **Hamworthy Gas Systems AS, Norway
- 95: Wärtsilä gas engines – The green power alternative
H. Sillanpää, U. Åstrand
Wärtsilä Finland Oy, Finland
- 112: Wärtsilä dual fuel (DF) engines for offshore applications and mechanical drive
K. Portin
Wärtsilä Finland Oy, Finland
- 241: Development of high efficient gas engine H35/40G
D. Y. Jung*, J. S. Kim*, J. T. Kim*, E. S. Kim*, A. Skipton-Carter**
*Hyundai Heavy Industries Co., Ltd., Korea, **Ricardo UK Ltd., UK
- 54: Development of the Rolls-Royce C26:33 marine gas engine series
T. Humerfelt, E. Johannessen, E. Vaktskjold, L.-A. Skarbö
Rolls-Royce Marine AS, Engines – Bergen, Norway
- 126: Thermodynamic optimisation of three gas engine families for higher efficiency
R. Boewing, D. Plohberger
MWM GmbH, Germany

2.6.4 ガスエンジンの研究紹介

① 将来動向, 層状給気

- 262: Exploration of Optimum Design Parameters for Miller-Cycle Lean-Burn Gas Engines
D. Montgomery, S. Fiveland, S. Vijayaraghavan, H. Sivadas, M. Willi
Caterpillar, Inc., USA
- 312: The gas engine of the future – Innovative combustion and high compression ratios for highest efficiencies
J. Klausner, C. Trapp, H. Schaumberger, M. Haidn, J. Lang
GE Jenbacher GmbH, Austria
- 176: Combustion system design study to maximize thermal efficiency in open chamber stationary natural gas engines
L. Tozzi*, E. Sotiropoulou*, D. Chiera*, J. Adair*, D. Montgomery**, P. Jensen**, B. Hanks**, A. Kim**
*Woodward, USA, **Caterpillar, USA

② エミッション対策

- 106: Methane slip reduction in Wärtsilä lean burn gas engines
A. Järvi
Wärtsilä, Finland
- 172: Qualifying the Effect of Different Gas Mixtures on NOx Emissions
M. Birner and G. Wachtmeister
Technische Universität München, Germany
- 168: Formation of formaldehyde in lean burn gas engines
M. Bauer, G. Wachtmeister
Technical University of Munich, Germany
- 33: Stoichiometric operation of natural gas engines for very low emissions applications
J. Hiltner, M. Flory
Hiltner Combustion Systems, USA
- 237: Controlling NOx emissions of large gas engines based on in-cylinder pressure measurement
J. Eggers, S. Sofke, M. Greve
AVAT Automation GmbH, Germany

③ ノッキング関連

- 239: Optimization of combustion and knocking behaviour in open chamber gas engines based on optical analysis and 3D-CFD simulation
P. Christiner*, G. Kogler*, A. Wimmer*, T. Jauk**
*LEC – Large Engines Competence Center, Austria, **Graz University of Technology, Austria
- 212: Knock in dual fuel engines: A comparison between different techniques for detection and control
F. Millo*, G. Lavarino*, A. Cafari**
*Politecnico di Torino Italy, **Wärtsilä, Italy
- 213: Development of high-efficiency gas engine through observation and simulation of knocking phenomena
H. Tajima*, D. Tsuru*, M. Kunimitsu**, K. Sugiura**
*Kyushu University, Japan, **Mitsui Engineering and Shipbuilding Co., Ltd., Japan

2.6.5 ガスエンジンの周辺技術の紹介

① 可変バルブ機構

- 167: The 32 bore engine program from MAN Diesel SE – The flexible adaption in terms of concept and layout in the propulsion and stationary market for Diesel- and Gas operations
W. Bauder, C. Vogel, G. Heider, C. Poensgen
MAN Diesel & Turbo SE, Germany
- 298: Variable valve timing – A necessity for future large diesel and gas engines
C. Mathey
ABB Turbo Systems Ltd., Switzerland

② ガス供給弁

- 47: Port inlet gas admission valves for large gas engines
R. Boom
Woodward, Netherlands

③ 点火システム, 点火プラグ

- 173: A new technology electronic ignition which eliminates the limitations of traditional ignition systems
J. Lepley*, K. Brooks**, D. Bell**
*Altronic Inc., USA, **Altronic, LLC, USA

- 182: Development of pre-chamber spark plug for gas engine
K. Yamanaka*, S. Nishioka**, Y. Shiraga***, S. Nakai***
*DENSO Corporation, Japan, **DENSO Europe B.V., Netherlands, ***OSAKA GAS CO., Ltd., Japan

④ ピストン

- 282: New MAHLE innovative steel piston designs for high performance gas engines
T. Estrum
MAHLE GmbH, Germany

⑤ 潤滑油

- 258: Next generation gas engine lubrication
K. Tellier*, G. Delafargue**, K. Harrington***
*ExxonMobil Research and Engineering, USA, **ExxonMobil Lubricants and Specialties, France,
***ExxonMobil Lubricants and Petroleum Specialties Company, USA

- 180: Development of new gas engine oils for superior corrosion and deposit control in severe gas applications
S. Rea
Infineum USA, L.P., USA

⑥ 筒内圧センサー

- 130: Integrated cylinder pressure measurement for gas engine control
S. Neumann, M. Bienwald
IMES GmbH, Germany

2.6.6 その他のガスエンジンに関する研究

- 4: Knock occurrence prediction by means of chemical kinetics in heavy duty dual-fuel engine
G. Javadirad, M. Gorji, Nushirvani*, A. Al-Sened**, M. Keshavarz, H. Safari***
*University of Technology, Iran, **Technomot Ltd., United Kingdom,
***Iran Heavy Diesel MFG. Co., Iran

- 20: Improving the Combustion process in lean-burn natural gas compressor engines
R. Evans, R. Brown, A. Mezo
The University of British Columbia, Canada

- 23: Legislative update: International requirements on next generation nonroad – Marine & stationary engines (diesel & gas) & their fuels

P. Scherm, P. Zepf

EUROMOT, Germany

- 51: Vibration characteristics of a V20 medium speed gas engine – Simulation and measurement

R. Nordrik, H. Solbakken

Rolls-Royce Marine AS, Norway

3 まとめ

地球温暖化防止に向けた GHG 排出量の削減は喫緊の課題である。このため UNFCCC では、UNFCCC 京都議定書第 1 約束期間（2008 年～2012 年）終了後速やかに次の新しい GHG 削減の枠組みへと移行できるよう、2010 年 12 月に開催された締約国会議第 16 回会合（COP16）に向け、新たな排出量削減の枠組みや目標値の設定へ向けて作業をおこなってきた。

また、現在京都議定書の枠外となっている国際海運から排出される GHG の抑制についても、2050 年には国際海上物流の需要が 2007 年比で 4 倍に増加する（これに伴い GHG 排出量も同 3 倍に増加する）ことが予想される中、UNFCCC ではバンカー油からの GHG の排出の抑制又は削減について、単に GHG 排出量削減という観点だけでなく、GHG 排出削減に向けた途上国支援のための公的資金の財源の一つという観点からも注目されている（EU は、国際海運・航空輸送からの排出への課金等革新的な資金源からの収入を財源の一つとして考慮するよう主張）。

このような状況の下 IMO や COP 作業部会（AWG）では、UNFCCC での全般的な作業スケジュールに対応する形で、国際海運の特性に合わせたより現実的な GHG 排出削減の枠組みを検討してきた。

また、単位熱量当たりの GHG 排出量も少なく有望な代替燃料として期待される LNG を燃料とする船舶については、2009 年に IMO で LNG 燃料船の安全基準に関する暫定ガイドラインが作成され、さらにこれを基に IGF コードという正式なコードを策定する作業が開始されたことから、2010 年には欧州において大型船への LNG 燃料機関の搭載が順次発表される等、これまでノルウェーのローカルな話題とみられていた LNG 燃料船の実現が国際航行船を含めた実現性のある solution の一つとなりつつある。

本年度の「国際海運におけるエネルギー効率化に向けた枠組みづくり」事業では、このような国際情勢を踏まえ、

- (1) GHG 削減に向けた国際的な枠組みづくり
 - (2) 船用代替燃料としての LNG 利用に係るインフラの要件に関する調査研究
- という 2 つの観点から、作業を行った。

最初の観点である (1) 国際的な枠組みづくりについては、現在 IMO において 2 つの大きな流れの中での審議が行われている。一つは、新造船の環境性能基準としてエネルギー効率設計指標（EEDI）が一定の基準を満足することを義務付けると共に、既存船についても GHG 排出量削減に向けた自主計画である船舶エネルギー効率管理計画（SEEMP）の策定と実績の評価を義務付けるという法規制作成の動きであり、もう一つは将来的な枠組みとしての経済的手法に関する検討の動きである。

EEDI 等法的規制の枠組み作成の方が審議は先行しており、本報告書に記載されている様々な検討結果を基に MARPOL 条約附属書 VI の改正案の取り纏めが行われ、我が国を含む関係各国の要請により、現在同附属書改正案は採択のために回章が行われている。この附属書改正案は、2011 年 7 月の MEPC62 の期間中に開催される拡大 MEPC において採択にかけられる予定である。

一方、経済的手法については、GHG 排出削減の目標（国際海運から排出される GHG 量の削減目標について国際的に合意されたものは存在しないが、世界全体の目標を鑑みれば相応の貢献を行う必要があることは自明）を考慮した場合、法規制の枠組みのみでこれを満足することは非常に困難が予想されることから、別途導入が検討されているものである。我が国が提案している燃料油課金方式を含め、EU が提案する Maritime ETS、米国が提案する効率取引制度等多数の方式が提案され、本報告書にある

ように、中間会合において個々の方式の有効性等の検討と選択肢の絞り込み作業が行われてきた。

このため、国際海運から排出される GHG 量削減のための国際的な検討を加速し、バランスの取れた枠組み構築を目指して、弊協会としても検討作業を行ってきた。

二つ目の観点である（２）船用代替燃料としての LNG 利用に係るインフラの要件に関する調査研究については、燃料供給不安という面で個別の事業者単独の取組では実現が困難な LNG 燃料船の実現を目的として、燃料供給方法や燃料インフラの整備に関する課題について調査研究を行った。

内容については本報告書の該当部分に詳述されているが、実証船の建造を含めた欧州での積極的な対応に比較して我が国での対応の遅れが懸念される。現在のところ LNG 燃料船の経済性は船用重油を燃料とする船舶に比較して一般的には劣っているが、①技術の進歩によって LNG 使用に伴うインシヤルコスト増等の抑制が期待される半面、近年石油価格が天然ガス価格を大幅に上回っており、この状態は長期的に継続すると予想されていること、②MARPOL 条約附属書 VI に基づいて設定される排出管理区域（ECA）内では 2015 年より低硫黄燃料の使用が求められることから、船用重油については脱硫コストの上乗せが予想されること、さらには③ESI (Environment Ship Index)による港湾使用料格差等環境負荷の低いエネルギーの使用を促進するためのインセンティブスキームの導入が進みつつあること（将来的には GHG 排出に関して何らかの経済負担が課される状況も否定できない）等を鑑みれば、将来的には LNG 燃料船が経済的な優位性を持つ状況となることも想定される。本プロジェクトでは、我が国における LNG 燃料船検討の現状を踏まえ、将来的な課題として LNG 燃料船のための燃料供給インフラを含む陸上施設のイメージを取りまとめるべく調査を実施し、LNG 燃料船に必要なインフラ整備に関する外形的な検討は大分進めることができた。我が国においても、実際にこれを商業船に適用する際の課題や経済性の向上について、個別具体的なプロジェクトを基に検討すべき段階に来ているのではないかと考えられる。

2010 年 11 月に開催された COP16 では残念ながら新たな排出量削減の枠組みや目標値の設定に合意することはできなかった。これについては、悲観的な見方がある一方、先進国と途上国とが最後の一线で踏みとどまり、課題の多くが棚上げされたとはいえ発展途上国の温暖化対策を支援する「グリーン気候基金」の設立などを盛り込んだカンクン合意が採択されたこと、インド等有力な途上国の一部が取組に前向きな姿勢を見せたこと等を踏まえて、今後の国際協議に期待を抱く見方も存在する。現段階では 2011 年 11 月にダーバン（南アフリカ）で開催される COP17 で何が目指されるのかについては明らかにされておらず、国際的な GHG 排出の枠組みの将来像に大きく影響を受ける国際海運の排出する GHG 削減方策の構築については今後も紆余曲折が予想されるが、近い将来必ず対策が必要であるという点では疑いもないところである。

また、本年に入って北アフリカ等で発生した政情不安とそれによる原油価格の上昇は、原油の需給バランスの危うさとこれらの地域で生産される原油に依存する世界経済の脆弱さを示すこととなった。船舶の燃料油に由来する GHG 排出量を削減することは、在来の原油への依存度を緩和し、また、燃料消費量を抑制することでもある。これらが円滑に実現可能なよう合理的な国際的枠組みを早期に構築すること、更に、代替燃料の使用を含めた具体的な GHG 排出削減手段を準備していくことは極めて重要である。日本船舶技術研究協会としては、今後とも本件課題の克服に向けて取り組んでいくこととしている。

以上



E

4 ALBERT EMBANKMENT
LONDON SE1 7SR

Telephone: +44 (0)20 7735 7611

Fax: +44 (0)20 7587 3210

Ref. T5/1.01

Circular letter No.3128
24 November 2010

To: All IMO Members
Parties to the MARPOL Convention which are not Members of IMO

Subject: **Amendments to MARPOL Annex VI**

1 The Secretary-General has received proposed amendments to MARPOL Annex VI from Australia, Belgium, Canada, Denmark, Germany, Japan, Liberia, Norway and the United Kingdom, all being Parties of the Protocol of 1997 to the MARPOL Convention.

2 As requested by the above-mentioned Parties, the Secretary-General has the honour to transmit herewith, in accordance with article 16(2)(a) of the Convention, the text of the proposed amendments, given at annex, with a view to their consideration for adoption, in accordance with the provisions of article 16(2)(b), (c) and (d) of the said Convention, at the sixty-second session of the Marine Environment Protection Committee, which will be held at IMO Headquarters from 11 to 15 July 2011.

ANNEX

DRAFT REGULATIONS FOR THE PREVENTION OF AIR POLLUTION FROM SHIPS WITH NEW CHAPTER 4 ON REGULATIONS ON ENERGY EFFICIENCY FOR SHIPS

Note: New text (compared with the text adopted by resolution MEPC.176(58)) is underlined and proposed deletions are ~~strikethrough~~.

CHAPTER 1

GENERAL

Regulation 1 *Application*

1 The regulation is amended as follows:

"The provisions of this Annex shall apply to all ships, except where expressly provided otherwise in regulations 3, 5, 6, 13, 15, 16, ~~and 18~~, 19, 20, 21 and 22 of this Annex."

Regulation 2 *Definitions*

2 Paragraph 21 is amended as follows:

"21 *Tanker* [in relation to regulation 15] means an oil tanker as defined in regulation 1 of Annex I or a chemical tanker as defined in regulation 1 of Annex II of the present Convention."

3 The following is added at the end of regulation 2:

"For the purpose of chapter 4

22 "Existing ship" means a ship which is not a new ship.

23 "New ship" means a ship:

.1 for which the building contract is placed on or after the entry into force date of chapter 4; or

.2 in the absence of a building contract, the keel of which is laid or which is at a similar stage of construction on or after six months after the entry into force of chapter 4; or

.3 the delivery of which is on or after 30 months after the entry into force of chapter 4.

- 24 "Major Conversion" means [in relation to chapter 4] a conversion of a ship:
- .1 which substantially alters the dimensions, carrying capacity or engine power of the ship; or
 - .2 which changes the type of the ship; or
 - .3 the intent of which in the opinion of the Administration is substantially to prolong the life of the ship; or
 - .4 which otherwise so alters the ship that, if it were a new ship, it would become subject to relevant provisions of the present Convention not applicable to it as an existing ship; or
 - .5 which substantially alters the energy efficiency of the ship and includes any modifications that could cause the ship to exceed the applicable required EEDI as set out in regulation 21.
- 25 "Bulk carrier" means a ship which is intended primarily to carry dry cargo in bulk, including such types as ore carriers as defined in SOLAS chapter XII, regulation 1, but excluding combination carriers.
- 26 "Gas tanker" means a cargo ship constructed or adapted and used for the carriage in bulk of any liquefied gas.
- 27 "Tanker" [in relation to chapter 4] means an oil tanker as defined in MARPOL Annex I, regulation 1 or chemical tanker and an NLS tanker as defined in MARPOL Annex II, regulation 1.
- 28 "Container ship" means a ship designed exclusively for the carriage of containers in holds and deck.
- 29 "General cargo ship" means a ship with a multi-deck or single deck hull designed primarily for the carriage of general cargo.
- 30 "Refrigerated cargo carrier" means a ship designed exclusively for the carriage of refrigerated cargoes in holds.
- 31 "Combination carrier" means a ship designed to load 100% deadweight with both liquid and dry cargo in bulk.
- 32 "Passenger ship" means a ship which carries more than 12 passengers.
- 33 "Ro-ro cargo ship (vehicle carrier)" means a ship with multi deck ro-ro cargo ship designed for the carriage of empty cars and trucks.
- 34 "Ro-ro cargo ship (volume carrier)" means a ship with a deadweight per lane-metre less than 4 tons/m, designed for the carriage of cargo transportation units.
- 35 "Ro-ro cargo ship (weight carrier)" means a ship with a deadweight per lane-metre of 4 tons/m or above, designed for the carriage of cargo transportation units.

36 "Ro-ro passenger ship" means a passenger ship with ro-ro spaces or special category spaces.

37 "Attained EEDI" is the EEDI value actually achieved by an individual ship as verified in accordance with the relevant regulations.

38 "Required EEDI" is the maximum value of attained EEDI that is allowed by these regulations for the specific ship type and size."

Regulation 4 ***Equivalents***

4 Paragraph 1 of the regulation is amended as follows:

"1 The Administration of a Party may allow any fitting, material, appliance or apparatus to be fitted in a ship or other procedures, alternative fuel oils, or compliance methods used as an alternative to that required by this Annex if such fitting, material, appliance or apparatus or other procedures, alternative fuel oils, or compliance methods are at least as effective in terms of emissions reductions as that required by this Annex, including any of the standards set forth in regulations 13 and 14¹."

CHAPTER 2

SURVEY, CERTIFICATION AND MEANS OF CONTROL

Regulation 5 ***Surveys***

5 Paragraph 1 is amended as follows:

"1 Every ship of 400 gross tonnage and above and every fixed and floating drilling rig and other platforms shall to ensure compliance with chapter 3 be subject to the surveys specified below:

- .1 An initial survey before the ship is put into service or before the certificate required under regulation 6 of this Annex is issued for the first time. This survey shall be such as to ensure that the equipment, systems, fittings, arrangements and material fully comply with the applicable requirements of chapter 3 this Annex;
- .2 A renewal survey at intervals specified by the Administration, but not exceeding five years, except where regulation 9.2, 9.5, 9.6 or 9.7 of this Annex is applicable. The renewal survey shall be such as to ensure that the equipment, systems, fittings, arrangements and material fully comply with applicable requirements of chapter 3 this Annex;

¹ [Consideration of this regulation may take into account paragraphs 5.51 and 5.52 of document MEPC 61/24.]

- .3 An intermediate survey within three months before or after the second anniversary date or within three months before or after the third anniversary date of the certificate which shall take the place of one of the annual surveys specified in paragraph 1.4 of this regulation. The intermediate survey shall be such as to ensure that the equipment and arrangements fully comply with the applicable requirements of chapter 3 this Annex and are in good working order. Such intermediate surveys shall be endorsed on the IAPP Certificate issued under regulation 6 or 7 of this Annex;
- .4 An annual survey within three months before or after each anniversary date of the certificate, including a general inspection of the equipment, systems, fittings, arrangements and material referred to in paragraph 1.1 of this regulation to ensure that they have been maintained in accordance with paragraph 54 of this regulation and that they remain satisfactory for the service for which the ship is intended. Such annual surveys shall be endorsed on the IAPP Certificate issued under regulation 6 or 7 of this Annex; and
- .5 An additional survey either general or partial, according to the circumstances, shall be made whenever any important repairs or renewals are made as prescribed in paragraph 54 of this regulation or after a repair resulting from investigations prescribed in paragraph 65 of this regulation. The survey shall be such as to ensure that the necessary repairs or renewals have been effectively made, that the material and workmanship of such repairs or renewals are in all respects satisfactory and that the ship complies in all respects with the requirements of chapter 3 this Annex."

6 Paragraph 2 is amended as follows:

"2 In the case of ships of less than 400 gross tonnage, the Administration may establish appropriate measures in order to ensure that the applicable provisions of chapter 3 this Annex are complied with."

7 New paragraph 4 is added after existing paragraph 3 as follows:

"4 Ships to which chapter 4 applies shall also be subject to the surveys specified below, [taking into account Guidelines adopted by the Organization²]:

- .1 an initial survey before a new ship is put in service and before the International Certificate on the Energy Efficiency of the Ship is issued. The survey shall verify that the ship's attained EEDI is in accordance with the requirements in chapter 4, and that the SEEMP required by regulation 22 is on board;
- .2 a general or partial survey, according to the circumstances, after a major conversion of a ship to which this regulation applies. The survey shall ensure that the attained EEDI is recalculated as necessary and meets the requirement of regulation 21, with the

² Refer to Guidelines on Survey and Certification of the Energy Efficiency Design Index.

reduction factor applicable to the ship type and size of the converted ship in the phase corresponding to the date of contract or keel laying or delivery determined for the original ship in accordance with regulation 2.23; and

.3 in cases where the major conversion of a new or existing ship is so extensive that the ship is regarded by the Administration as a newly constructed ship, the Administration shall determine the necessity of an initial survey on attained EEDI. Such a survey, if determined necessary, shall ensure that the attained EEDI is calculated and meets the requirement of regulation 21, with the reduction factor applicable corresponding to the ship type and size of the converted ship at the date of the contract for the major conversion. The survey shall also verify that the SEEMP required by regulation 22 is on board."

8 Paragraph 4 is renumbered paragraph 5.

9 Paragraph 5 is renumbered paragraph 6.

Regulation 6

Issue or endorsement of a Certificate

10 The heading is amended as follows:

"Issue or endorsement of Certificates"

11 The following sub-heading is added at the beginning of the regulation:

"International Air Pollution Prevention Certificate"

12 Paragraph 2 is amended as follows:

"2 A ship constructed before the date of entry into force of Annex VI ~~for such ship's Administration~~ shall be issued with an International Air Pollution Prevention Certificate in accordance with paragraph 1 of this regulation no later than the first scheduled dry-docking after the date of such entry into force, but in no case later than three years after this date."

13 The following is added at the end of the regulation:

"International Energy Efficiency Certificate"

4 An International Energy Efficiency Certificate for the ship shall be issued after a survey in accordance with the provisions of regulation 5.4 to any ship of 400 gross tonnage and above before that ship may engage in voyages to ports or offshore terminals under the jurisdiction of other Parties.

5 The certificate shall be issued or endorsed either by the Administration or any organization duly authorized by it³. In every case, the Administration assumes full responsibility for the certificate."

Regulation 7 ***Issue of a Certificate by another Party***

14 Paragraph 1 is amended as follows:

"1 A Party may, at the request of the Administration, cause a ship to be surveyed and, if satisfied that the applicable provisions of this Annex are complied with, shall issue or authorize the issuance of an International Air Pollution Prevention Certificate or an International Energy Efficiency Certificate to the ship, and where appropriate, endorse or authorize the endorsement of ~~that~~ such certificates on the ship, in accordance with this Annex."

15 Paragraph 4 is amended as follows:

"4 No International Air Pollution Prevention Certificate or International Energy Efficiency Certificate shall be issued to a ship which is entitled to fly the flag of a State which is not a Party."

Regulation 8 ***Form of Certificate***

16 The heading is amended as follows:

"Form of Certificates"

17 The regulation is amended as follows:

"1 The International Air Pollution Prevention Certificate shall be drawn up in a form corresponding to the model given in appendix I to this Annex and shall be at least in English, French or Spanish. If an official language of the issuing country is also used, this shall prevail in case of a dispute or discrepancy.

2 The International Energy Efficiency Certificate shall be drawn up in a form corresponding to the model given in appendix VIII to this Annex and shall be at least in English, French or Spanish. If an official language of the issuing country is also used, this shall prevail in case of a dispute or discrepancy."

Regulation 9 ***Duration and Validity of Certificate***

18 The heading is amended as follows:

"Duration and Validity of Certificates"

³ Refer to the Guidelines for the authorization of organizations acting on behalf of the Administration, adopted by the Organization by resolution A.739(18), as may be amended by the Organization, and the Specifications on the survey and certification functions of recognized organizations acting on behalf of the Administration, adopted by the Organization by resolution A.789(19), as may be amended by the Organization.

19 The following new sub-heading is added at the beginning of the regulation:

"International Air Pollution Prevention Certificate"

20 The following is added at the end of the regulation:

"International Energy Efficiency Certificate"

10 The International Energy Efficiency Certificate shall be valid throughout the life of the ship subject to the provisions of paragraph 11 below.

11 An International Energy Efficiency Certificate issued under this Annex shall cease to be valid in any of the following cases:

.1 if the ship is withdrawn from service or if a new certificate is issued following major conversion of the ship; or

.2 upon transfer of the ship to the flag of another State. A new certificate shall only be issued when the Government issuing the new certificate is fully satisfied that the ship is in compliance with the requirements of chapter 4. In the case of a transfer between Parties, if requested within three months after the transfer has taken place, the Government of the Party whose flag the ship was formerly entitled to fly shall, as soon as possible, transmit to the Administration copies of the certificate carried by the ship before the transfer and, if available, copies of the relevant survey reports."

Regulation 10
Port State Control on Operational Requirements

21 A new paragraph is added at the end of the regulation as follows:

"5 In relation to chapter 4, any port State inspection shall be limited to verifying, when appropriate, that there is an International Energy Efficiency Certificate on board."

22 A new chapter 4 is added at the end of the Annex as follows:

"CHAPTER 4

REGULATIONS ON ENERGY EFFICIENCY FOR SHIPS

Regulation 19 – Application

1 This chapter shall apply to all ships of 400 gross tonnage and above.

2 The provisions of this chapter shall not apply to:

.1 ships solely engaged in voyages within waters subject to the sovereignty or jurisdiction of the State the flag of which the ship is entitled to fly. However, each Party should ensure, by the adoption of appropriate measures, that such ships are constructed and act in a manner consistent with chapter 4, so far as is reasonable and practicable.

3 Regulation 20 and regulation 21 shall not apply to ships which have diesel-electric propulsion, turbine propulsion or hybrid propulsion systems until such time as the method of calculation of attained EEDI of these categories of ships is established in the guidelines on the method of calculation of the attained energy efficient design index for new ship and the EEDI reference lines for these categories of ships are established.

Regulation 20 – Attained Energy Efficiency Design Index (Attained EEDI)

1 The attained EEDI shall be calculated for each new ship, which falls into one or more of the categories in regulation 2.25 to 2.36. The attained EEDI shall be specific to each ship and shall indicate the estimated performance of the ship in terms of energy efficiency, and be accompanied by the technical file that contains the information necessary for the calculation of the attained EEDI and that shows the process of calculation. The attained EEDI shall be verified, based on the technical file, either by the Administration or by any organization⁴ duly authorized by it.

2 The attained EEDI shall be calculated taking into account guidelines⁵ developed by the Organization.

Regulation 21 – Required EEDI

1 For each new ship which falls into one of the categories defined in regulation 2.25 to 2.31 and to which this chapter is applicable, the attained EEDI shall be as follows:

$$\text{Attained EEDI} \leq \text{Required EEDI} = (1-X/100) \times \text{Reference line value}$$

where X is the reduction factor specified in Table 1 for the required EEDI compared to the EEDI Reference line.

Table 1 Reduction factors (in percentage) for the EEDI relative to the EEDI Reference line

<u>Ship Type</u>	<u>Size</u>	<u>Phase 0</u> <u>[1 Jan 2013</u> <u>=</u> <u>31 Dec 2014]</u>	<u>Phase 1</u> <u>[1 Jan 2015</u> <u>=</u> <u>31 Dec 2019]</u>	<u>Phase 2</u> <u>[1 Jan 2020</u> <u>=</u> <u>31 Dec 2024]</u>	<u>Phase 3</u> <u>[1 Jan 2025</u> <u>and</u> <u>onwards]</u>
<u>Bulk Carrier</u>	<u>20,000 DWT</u> <u>and above</u>	<u>0</u>	<u>10</u>	<u>20</u>	<u>30</u>
	<u>10,000 –</u> <u>20,000 DWT</u>	<u>n/a</u>	<u>0-10*</u>	<u>0-20*</u>	<u>0-30*</u>
<u>Gas tanker</u>	<u>10,000 DWT</u> <u>and above</u>	<u>0</u>	<u>10</u>	<u>20</u>	<u>30</u>
	<u>2,000 –</u> <u>10,000 DWT</u>	<u>n/a</u>	<u>0-10*</u>	<u>0-20*</u>	<u>0-30*</u>

⁴ Refer to the Guidelines for the authorization of organizations acting on behalf of the Administration, adopted by the Organization by resolution A.739(18), as may be amended by the Organization, and the Specifications on the survey and certification functions of recognized organizations acting on behalf of the Administration, adopted by the Organization by resolution A.789(19), as may be amended by the Organization.

⁵ Guidelines on the method of calculation of the Energy Efficiency Design Index for new ships.

<u>Ship Type</u>	<u>Size</u>	<u>Phase 0</u> <u>[1 Jan 2013</u> <u>=</u> <u>31 Dec 2014]</u>	<u>Phase 1</u> <u>[1 Jan 2015</u> <u>=</u> <u>31 Dec 2019]</u>	<u>Phase 2</u> <u>[1 Jan 2020</u> <u>=</u> <u>31 Dec 2024]</u>	<u>Phase 3</u> <u>[1 Jan 2025</u> <u>and</u> <u>onwards]</u>
<u>Tanker</u>	<u>20,000 DWT</u> <u>and above</u>	<u>0</u>	<u>10</u>	<u>20</u>	<u>30</u>
	<u>4,000 –</u> <u>20,000 DWT</u>	<u>n/a</u>	<u>0-10*</u>	<u>0-20*</u>	<u>0-30*</u>
<u>Container</u> <u>ship</u>	<u>15,000 DWT</u> <u>and above</u>	<u>0</u>	<u>10</u>	<u>20</u>	<u>30</u>
	<u>10,000 –</u> <u>15,000 DWT</u>	<u>n/a</u>	<u>0-10*</u>	<u>0-20*</u>	<u>0-30*</u>
<u>General</u> <u>Cargo ships</u>	<u>15,000 DWT</u> <u>and above</u>	<u>0</u>	<u>10</u>	<u>15</u>	<u>30</u>
	<u>3,000 –</u> <u>15,000 DWT</u>	<u>n/a</u>	<u>0-10*</u>	<u>0-15*</u>	<u>0-30*</u>
<u>Refrigerated</u> <u>cargo carrier</u>	<u>5,000 DWT</u> <u>and above</u>	<u>0</u>	<u>10</u>	<u>15</u>	<u>30</u>
	<u>3,000 –</u> <u>5,000 DWT</u>	<u>n/a</u>	<u>0-10*</u>	<u>0-15*</u>	<u>0-30*</u>
<u>Combination</u> <u>carrier</u>	<u>20,000 DWT</u> <u>and above</u>	<u>0</u>	<u>10</u>	<u>20</u>	<u>30</u>
	<u>4,000 –</u> <u>20,000 DWT</u>	<u>n/a</u>	<u>0-10*</u>	<u>0-20*</u>	<u>0-30*</u>

* Reduction factor to be linearly interpolated between the two values dependent upon vessel size. The lower value of the reduction factor is to be applied to the smaller ship size.

n/a means that no required EEDI applies.

2 The Reference line values shall be calculated as follows:

$$\text{Reference line value} = a \times b^{-c}$$

where a, b and c are the parameters given in Table 2.

Table 2 Parameters for determination of reference values for the different ship types

<u>Ship type defined in regulation 1</u>	<u>a*</u>	<u>b</u>	<u>c*</u>
<u>1.4 Bulk carrier</u>		<u>DWT of the ship</u>	
<u>1.5 Gas tanker</u>		<u>DWT of the ship</u>	
<u>1.6 Tanker</u>		<u>DWT of the ship</u>	
<u>1.7 Container ship</u>		<u>DWT of the ship</u>	
<u>1.8 General cargo ship</u>		<u>DWT of the ship</u>	
<u>1.9 Refrigerated cargo carrier</u>		<u>DWT of the ship</u>	
<u>1.10 Combination carrier</u>		<u>DWT of the ship</u>	

* to be developed by the IMO Secretariat prior to adoption.

3 If the design of a ship allows it to fall into more than one of the above ship type definitions, the required EEDI for the ship shall be the most stringent (the lowest) required EEDI.

4 For each ship to which this regulation applies, the installed propulsion power shall not be less than the propulsion power needed to maintain the manoeuvrability of the ship under adverse conditions as defined in the guidelines to be developed by the Organization.

5 At the beginning of Phase 1, the Organization shall review the status of technological developments and, if proven necessary, adjust the time periods and reduction rates set out in Phases 2 and 3.

Regulation 22 – Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)

1 Each ship shall keep on board a ship specific Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP). This may form part of the ship's Safety Management System (SMS).

2 The SEEMP shall be developed taking into account guidelines⁶ adopted by the Organization.

[Regulation 22bis – To be developed if needed⁷]

23 A new appendix VIII is added at the end of the Annex as follows:

"APPENDIX VIII

Form of International Energy Efficiency (IEE) Certificate

INTERNATIONAL ENERGY EFFICIENCY CERTIFICATE

Issued under the provisions of [.....] under the authority of the Government of:

(full designation of the country)

by

(full designation of the competent person or organization
authorized under the provisions of the Convention)

Particulars of ship⁸

Name of ship

Distinctive number or letters

Port of registry

Gross tonnage

IMO Number⁹

⁶ To be developed.

⁷ [Reference is made to paragraphs 5.43 to 5.45 of document MEPC 61/24.]

⁸ Alternatively, the particulars of the ship may be placed horizontally in boxes.

THIS IS TO CERTIFY:

1 That the ship has been surveyed in accordance with regulation 5.4 in [.....];
and

2 That the survey shows that the ship complies with the applicable requirements in
[.....].

Completion date of survey on which this Certificate is based: (dd/mm/yyyy)

Issued at
(Place of issue of certificate)

(dd/mm/yyyy):
(Date of issue) (Signature of duly authorized official
issuing the certificate)

(Seal or stamp of the authority, as appropriate)

Supplement to the International Energy Efficiency Certificate
(IEE Certificate)

RECORD OF CONSTRUCTION RELATING TO ENERGY EFFICIENCY

<u>Notes:</u>	
1	<u>This Record shall be permanently attached to the IEE Certificate. The IEE Certificate shall be available on board the ship at all times.</u>
2	<u>The Record shall be at least in English, French or Spanish. If an official language of the issuing country is also used, this shall prevail in case of a dispute or discrepancy.</u>
3	<u>Entries in boxes shall be made by inserting either a cross (x) for the answers "yes" and "applicable" or a dash (-) for the answers "no" and "not applicable" as appropriate.</u>
4	<u>Unless otherwise stated, regulations mentioned in this Record refer to regulations in [.....] and resolutions or circulars refer to those adopted by the International Maritime Organization.</u>

1 Particulars of ship

1.1 Name of ship

1.2 IMO number

1.3 Date of building contract

⁹ In accordance with IMO ship identification number scheme, adopted by the Organization by resolution A.600(15).

1.4 Gross tonnage

1.5 Deadweight

1.6 Type of ship*

2 Type of Propulsion Systems

2.1 Diesel propulsion

2.2 Diesel-electric propulsion

2.3 Turbine propulsion

2.4 Hybrid propulsion

2.5 Propulsion system other than any of the above

3 Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI)

3.1 The Attained EEDI in accordance with regulation 20.1 is calculated based on the information contained in the technical file which also shows the process of calculating the Attained EEDI.
The Attained EEDI is g-CO₂/tonne-mile

3.2 The attained EEDI is not calculated due to:

3.2.1 type of ship (regulation 20.1)

3.2.2 type of propulsion system (regulation 19.3)

4 Required EEDI

4.1 Required EEDI is g-CO₂/tonne-mile

4.2 The required EEDI is not applicable due to:

4.2.1 type of propulsion system (regulation 21.1)

4.2.2 type of ship (regulation 21.2)

4.2.3 ship's capacity (regulation 21.2)

4.2.4 ship's building contract date (regulation 21.2)

5 Ship Energy Efficiency Management Plan

5.1 The ship is provided with a Ship Energy Efficiency Plan (SEEMP) in compliance with regulation 22

* Insert ship type in accordance with definitions specified in regulation 1. Ships falling into more than one of the ship types defined in regulation 1 should be considered as being the ship type with the most stringent (the lowest) required EEDI. If ship does not fall into the ship types defined in regulation 1, insert "Ship other than any of the ship type defined in regulation 1".

6 EEDI technical file

6.1 The EEDI technical file, as required by regulation 20.1, is an essential part of the IEE Certificate and must always accompany the IEE Certificate.

6.2 Technical file identification/verification number

6.3 Technical file verification date

THIS IS TO CERTIFY that this Record is correct in all respects.

Issued at
(Place of issue of the Record)

(dd/mm/yyyy):
(Date of issue) (Signature of duly authorized official
issuing the Record)

(Seal or stamp of the authority, as appropriate)"



この報告書は、競艇の交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました。

— 国際海運におけるエネルギー効率化に向けた枠組みづくり —

2011年（平成23年）4月発行

発行 財団法人 日本船舶技術研究協会

〒107-0052 東京都港区赤坂2丁目10番9号 ラウンドクロス赤坂

TEL 03-5575-6428

FAX 03-5114-8941

URL <http://www.jstra.jp>

E-mail info@jstra.jp

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。