

第 6 章 環境に優しい海上交通の実現

第 1 節 船舶からのCO₂排出量削減・抑制対策

(1) 船舶からのCO₂排出量の現状

現在問題となっている地球温暖化の支配的な原因は、人間活動による温室効果ガスの増加である可能性が極めて高いと考えられており、CO₂は地球温暖化に及ぼす影響が大きな温室効果ガスである。

国際海運から排出される温室効果ガスは、そのほとんどがCO₂であり、2014年に承認された国際海運機関 (IMO) の調査によると、2012年の排出量は、約 8 億トンである。これは、世界全体から排出されるCO₂の総排出量の約 2.2% であり、ドイツ 1 国分の排出量に相当する。また、世界経済の成長を背景に世界の海上輸送の需要は今後も増加傾向にあり、国際海運からのCO₂排出量についても増大すると予測されている。

内航海運から排出されるCO₂排出量は、約 1 千万トン (2013年度) である。国内全体からのCO₂排出量のうち、運輸部門からの排出量は全体の約 2 割、内航海運からの排出量は運輸部門の約 5% を占めている。

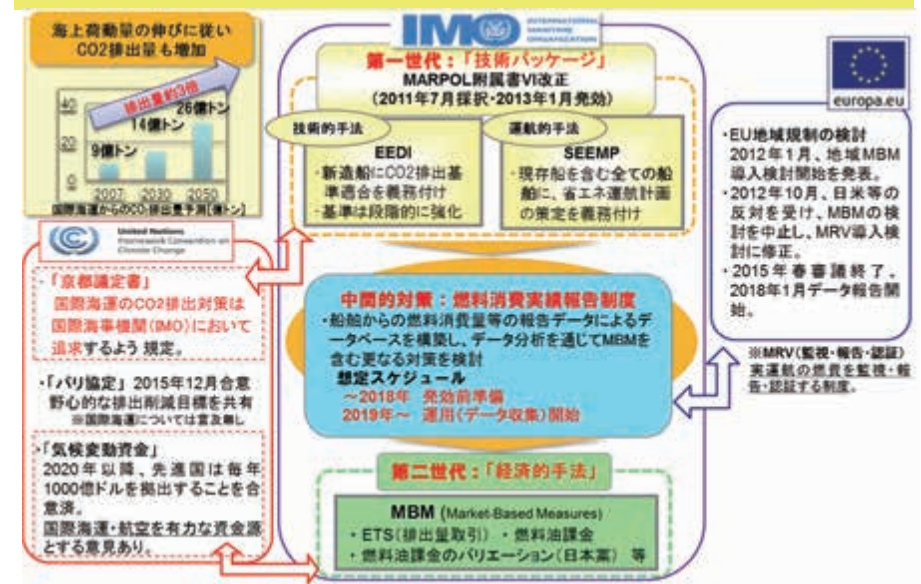
(2) 地球温暖化対策の取組

世界全体の地球温暖化対策は、国連気候変動枠組条約 (UNFCCC) 締約国会議 (COP) において議論されており、国際海運からの温室効果ガス排出については、京都議定書第 2 条第 2 項に基づき、国連の専門機関である国際海事機関 (IMO) において抑制又は削減対策を追求している。国際海運からのCO₂排出の特徴として、便宜置籍、第三国間輸送等の特有の事情から特定の国に帰属させることが困難であることが挙げられる。また、国際海運は世界単一の市場であるため、全ての外航船舶に対し一律に規制を適用し、新たな規制が市場を歪曲させないことが重要である。

一方、内航海運からの温室効果ガス排出については、UNFCCCに基づき、国内の地球温暖化対策の一環として取組を進めている。2005年にエネルギー使用の合理化等に関する法律が改正され、内航海運事業者を含めた輸送事業者に対して省エネルギー化に関する義務が課され、エネルギー効率の向上等の取組を行っている。

2015年 6 月に開催された G 7 サミット (主要 7 ヶ国首脳会議) では、安倍首相が 2030 年度までに温室効果ガスを 2013 年度比で 26% 削減する我が国の目標について表明し、同年 7 月に我が国は「約束草案」を UNFCCC に提出した。そして、同年 12 月の

図表 I - 6 - 1 国際海運からのCO₂削減に向けた議論



COP21において、全ての国が参加する2020年以降の温室効果ガス排出削減の新たな法的枠組みとなる「パリ協定」が採択された。

(3) CO₂排出削減・抑制に向けたIMOの取組

前述の通り、国際海運からのCO₂排出量の増加が不可避な状況であることから、我が国としては、経済成長とCO₂排出抑制の両立の観点から、船舶のエネルギー効率の向上がCO₂排出抑制のための最も効果的な対策と考えている。従って、我が国は、我が国海事産業が有する世界トップレベルの技術力を背景としてIMOにおける国際基準策定を主導することと合わせて、省エネルギー技術を核とする技術開発及び普及促進を一体的に進めることにより、海事産業の国際競争力強化を図っている。

国際海運からのCO₂排出削減のためのIMOの具体的な取組として、我が国主導で策定し2013年 1 月に発効した海洋汚染防止条約 (MARPOL条約) 附属書VIの一部改正により、排他的経済水域を越えて航行する総トン数400トン以上の全ての船舶に対し、「船舶エネルギー効率マネジメントプラン」 (SEEMP: 船舶の省エネ運航計画) の策定が義務付けられるとともに、一定サイズ以上の新造船に対しては「エネルギー効率設計指標」 (EEDI: 1 トンの貨物を 1 マイル輸送する際のCO₂排出量を評価する指標) が基準値に適合することが求められている。このような条約に基づく世界一律のCO₂排出規制 (即ち、燃費規制) は、他の産業分野に先駆けて、国際海運分野において初めて導入されたものである。

EEDI規制値は、4段階（フェーズ0～3）で強化されることとなっており、2013年1月から規制が開始され、2015年1月からフェーズ1規制（フェーズ0（2013年～2014年）に比べて10%削減を要求）が実施されている。フェーズ2規制（フェーズ0に比べて20%削減を要求）、フェーズ3規制（フェーズ0に比べて30%削減を要求）の実施に際しては、IMOにおいて、省エネルギー技術の開発状況をレビューした上で、これらを行うこととされている。この規制値は、我が国の造船・船用工業の世界トップレベルの優れた省エネルギー技術をベースに合意されたものであり、規制の適確な実施が我が国海事産業の国際競争力強化にも資するものであるため、引続きレビューを主導していく。

さらに、IMOでは、国際海運全体のエネルギー効率の一層の改善を目指し、さらなる対策の実施に向けた議論を行っている。2016年4月に開催された第69回海洋環境保護委員会（MEPC69）では、燃料消費実績報告制度（総トン数5,000トン以上の国際航海に従事する全ての船舶を対象に、燃料消費量、航海距離及び航海時間の報告を義務付ける制度）の策定に向けた検討が日本主導で行われ、2016年10月に開催予定の次回会合において、同制度を義務化するMARPOL条約附属書VIの改正案採択を審議することが合意された。同制度は、船舶の燃料消費実績を「見える化」することにより、一層のCO₂排出削減を促すことを意図したものであり、省エネルギー性能に優れた船舶を多数有する我が国商船隊及び優れた省エネルギー技術を有する我が国造船産業の更なる国際競争力向上に繋がるものである。

加えて、今後IMOでは、燃料油への課金や排出権取引等を活用した経済的インセンティブを与える手法についても審議される見込みとなっている。我が国は、IMOにおける国際海運からのCO₂排出量削減・抑制の方法に関する議論を今後も引き続き主導していく。

（4）UNFCCCにおける国際交通（国際海運・国際航空）関連の議論

パリ協定において、①すべての国が削減目標を5年ごとに定めること、②先進国は途上国に対して温室効果ガス排出削減対策資金※を協同で調達すること等が規定されている。これらに国際交通に関する特定の規定はないものの、今後のUNFCCC会合では、排出削減目標や資金拠出源について国際海運等の個別セクターに関する言及が大きな論点となり得る。

我が国は、IMOにおけるCO₂排出削減・抑制に向けた取組の成果を強調し、国際海運分野のCO₂排出削減対策については、途上国への支援も含め、引き続き専門的知見を持つIMOで議論すべきことを主張していく。

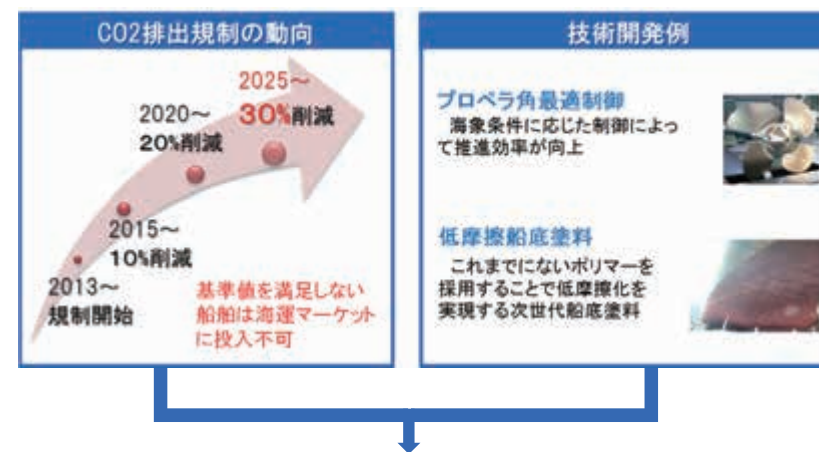
※ 2009年のCOP15において2020年以降毎年1,000億ドルの資金を拠出することが合意されており、その財源の議論の中で、国際海運・国際航空をその資金源とする意見も一部にある。

（5）CO₂排出削減・抑制に向けた技術開発（次世代海洋環境関連技術の開発）

前述のような国際基準化が進むと、エネルギー効率に優れた船舶の普及が進むこととなる。我が国においては、省エネルギー技術を核とした国際競争力強化を図るため、EEDIの国際基準化に先立って、30%の省エネルギーを目指した技術開発プロジェクトを実施した（2009年度から2012年度、官民総額90億円）。今後も予想される省エネルギー需要、規制強化に先手を打つため、2013年度からは更なる省エネルギーを目指した技術開発支援事業（次世代海洋環境関連技術）を行っている。

技術開発の分野は、船体分野（4件）、機関分野（5件）、推進分野（1件）、次世代推進プラント分野（2件）、燃料転換分野（4件）、運航分野（2件）、再生可能エネルギー分野（1件）の合計7分野19件であり、メーカーや造船所、海運事業者等が連携して取り組んでいるところである。

図表 I - 6 - 2 国際基準策定の主導と研究開発の一体的推進



国際基準の策定と技術開発の一体的推進により、日本造船業の国際競争力を強化

（6）内航海運における省エネルギー対策

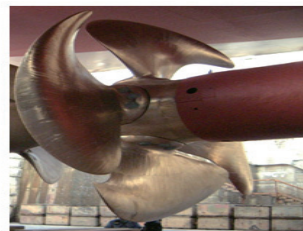
昨年12月に開催された気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）において、2020年以降の温室効果ガス排出削減等のための新たな国際枠組みとして、「パリ協定」が採択された。我が国は、2030年度に2013年度比26%削減という目標を含む約束草案を条約事務局に提出しており、その目標達成に着実に取組むため、2016年5月、地球温暖化対策計画を閣議決定した。運輸分野の1モードである内航海運についても、我が国約束の確実な実施に向けて相応の貢献が必要であり、今後、さらなる省エネルギー化やモーダルシフトの推進が求められる。

内航海運の省エネルギー化については、(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構の共有建造制度(二酸化炭素低減化船等に対し金利を優遇)や船舶に係る特別償却制度(環境性能に優れた船舶に対し税制を優遇)の活用に加え、経済産業省との連携による革新的省エネ技術の実証事業を実施しているところである。これらの制度の活用により最新技術を採用した省エネ船舶が建造・就航されるなどの動きが顕在化している状況である。

図表 I-6-3 省エネルギー技術導入実績例



二重反転プロペラ



可変ピッチプロペラ



空気潤滑システム



抵抗低減型高性能船

(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構の共有建造制度や船舶に係る特別償却制度を活用して建造された省エネルギー船は25隻(2014年度)である。

経済産業省と連携して、2013年度~2015年度に実施した省エネルギー型ロジスティクス等推進事業費補助金により建造された省エネルギー船は11隻であり、2015年度には9隻が竣工し順次省エネルギー効果の検証運航を行っている。内航海運の更なる省エネルギー化を促進するため、2016年度も引き続き経済産業省と連携して、省エネルギー技術の実証事業を実施しており、6隻の省エネルギー船を建造する予定である。また、中小造船所で低コストかつ容易に省エネルギー内航船舶が建造可能となるよう、大幅な省エネルギー化を達成できる省エネモデル船型の開発を行い、建造を希望する者に広く提供することで、内航海運の燃費効率のボトムアップを図っている。

また、2016年2月~5月にかけて、海事局は、「内航海運の省エネルギー化の促進に関する検討会」を開催し、内航海運の省エネルギー化を加速するための効果的な施策のあり方を検討し報告書を取りまとめた。同報告書を踏まえ、今後、省エネルギー機器などのハード面に加えて、配船・運航の効率化などソフト面の対策も進めていく。さらに、船舶の省エネルギー性能等の見える化を行うため、省エネルギー格付制度の導入について検討を進めていく予定である。

図表 I-6-4 省エネルギー型ロジスティクス等推進事業により建造した船舶



なとり(井本商運)



ひだか(近海郵船)



フェリーびざん(オーシャントランス)



MANHATTAN BRIDGE(川崎汽船)

第2節 船舶からの大気汚染防止

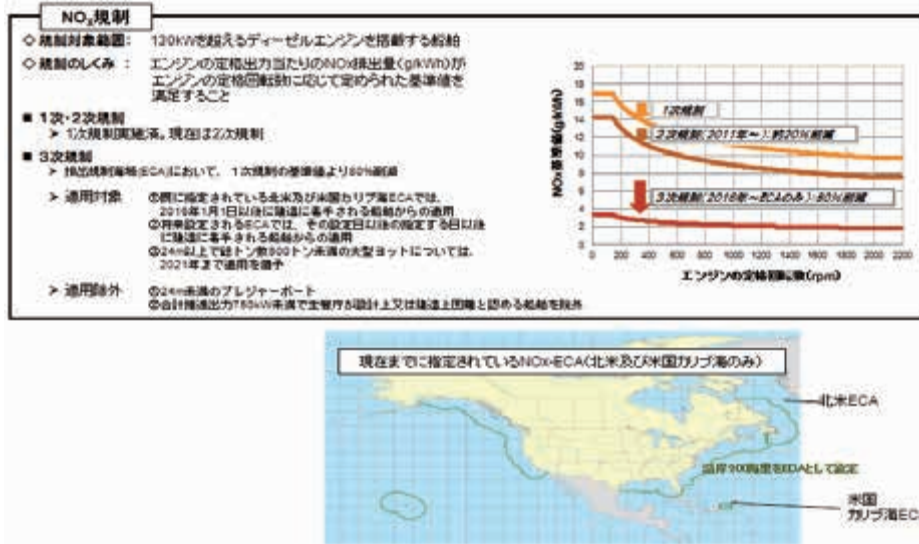
(1) 船舶からのNOx削減対策

近年、環境問題への関心が高まっている中、人体への悪影響や酸性雨等を引き起こす原因となる窒素酸化物(NOx)等、大気汚染物質の排出が世界的な問題となっている。IMOでは、船舶から排出されるNOxについて、1次規制を2005年から実施した上で、更なる規制強化の検討が行われてきた。

2006年から開始されたIMOの審議において、規制強化は2段階(2次規制、3次規制)で行うこと、2次規制は1次規制値から20%削減とすることを決定した。3次規制については、大気環境の改善が必要な特定の沿岸域に限定して、1次規制値からさらに80%削減することが規定されている。

2次規制は2011年1月より実施、そして3次規制は、2016年1月から実施している。3次規制の導入時期について、一部の国が延期を主張する中、我が国は当初の予定どおり2016年1月1日から開始とすることを他の先進国と協調してIMOで主張し合意に導くなど、国際海運からの大気汚染物質の削減の議論に積極的に貢献している。

図表 I - 6 - 5 船舶からのNOx規制概要



(2) 船舶からのSOx削減対策

硫黄酸化物(SO_x)及び粒子状物質(PM)は、燃料油に含まれる硫黄に起因するため、MARPOL条約附属書VIでは、燃料油に含まれる硫黄分濃度により規制している。NO_x規制と同様に、SO_x・PM規制についても2008年に段階的規制が導入された。それにより、現在の基準値は、SO_xの放出規制海域(SO_x-ECA)では、硫黄分濃度0.1% (軽油相当) であるが、それ以外の全海域 (一般海域) では3.5% (日本のC重油相当) となっている。

将来の段階的強化のスケジュールも2008年の改正で合意され、一般海域では2020年 (2018年までに完了させる適合油燃料の供給可能性レビューの結果、開始時期を見直すこととなれば2025年) 1月1日以降0.5% (日本の低硫黄A重油相当) とすることが規定されている。当該レビューの方法及びスケジュールが合意されており、この方法に基づく規制適合燃料油の需給予測調査が実施されている。なお、当該調査の中間報告が2016年4月に開催された第69回海洋環境保護委員会 (MEPC69) に報告されており、最終報告が本年10月に開催予定のMEPC70に報告予定である。

図表 I - 6 - 6 船舶からのSOx規制概要



第3節 代替燃料の普及促進に向けた取組

(1) 天然ガス燃料船の普及に向けて

温室効果ガスの排出削減及び大気汚染防止を目的として、船舶における環境規制は今後強化されることとなっており、現在船用燃料として利用されている重油から環境負荷の低い天然ガスへの燃料転換の期待が高まっている。海事局では、二酸化炭素(CO₂)、窒素酸化物(NO_x)、硫黄酸化物(SO_x)を大幅に削減することができる天然ガス燃料船の普及に向けた取組を実施している。

天然ガス燃料船は、IMOによるECA (排出規制海域) が設定されている北欧を中心に内航フェリー、オフショア支援船等への導入が進んでおり、2016年1月時点で約70隻就航している。今後、全海域において排ガス規制が強化される見通しであり、欧州を中心に導入が拡大するとみられている。

海事局においては、我が国海事産業の競争力強化に結びつけるべく、天然ガス燃料船の構造・機関等のハード面及び燃料供給などのソフト面の安全基準の策定・国際基準化など、天然ガス燃料船の早期実用化に向けた環境整備や、天然ガスを燃料とする船用エンジンの開発の支援等を実施してきた。また、2013年度～2015年度に経済産業省と連携して実施した省エネルギー型ロジスティクス等推進事業費補助金を活用して、日本初の天然ガス燃料タグボート「魁」が建造された。本船は2015年9月に就航しており、10月に横浜港大さん橋で御披露目会が行われ、主催者の日本郵船をはじめ多くの関係者が集った。本船は、現在、横浜港で作業に従事しており、燃料供給については、タンクローリーから船舶に天然ガスを供給する方法を採用している。

図表 I - 6 - 7 日本初の天然ガス燃料船「魁」



全長	37.2m
全幅	10.2m
型深	4.4m
総トン数	272トン



天然ガス燃料タグボート「魁」

燃料供給風景
(タンクローリーから直接供給)

その他の天然ガス燃料船の建造については、UECC（日本郵船が共同出資する合弁会社）が、天然ガス燃料で航行可能な自動車運搬船 2 隻の建造契約を川崎重工業と締結し、NACKS（川崎重工業が共同出資する合弁会社）で建造中である。また、日本郵船は、本船に天然ガスを供給する天然ガス燃料供給船の建造契約を締結している。

他方、国内の海運会社のヒアリング調査から、原油価格が急落し天然ガスのコストメリットが低下していることや、燃料供給インフラの整備が進んでいないことなどが天然ガス燃料船の導入にあたっての課題であることが確認されている。

図表 I - 6 - 8 建造中の天然ガス燃料船のイメージ



天然ガス燃料自動車専用船



天然ガス燃料供給船

(2) 水素社会の実現に向けた取組について

エネルギー基本計画（2014年4月閣議決定）において、水素は、電気、熱に加え、将来の二次エネルギーの中心的役割を担うことが期待されており、水素社会を実現していくためには、水素の製造から貯蔵・輸送、そして利用にいたるサプライチェーン全体を俯瞰した戦略の下、様々な技術的可能性の中から、安全性、利便性、経済性及び環境性能の高い技術が選び抜かれていくような厚みのある多様な技術開発や低コスト化を推進することが重要であるとされている。

海事局では、水素社会の実現に向けて、海事分野における水素の利用促進を図るため、高い環境特性を有する水素燃料電池船の実用化に向けた検討を行うとともに、安価で安定的な水素を調達するため、船舶による水素の大量輸送に向けた取組を行っている。

(3) 燃料電池船の実用化に向けた取組

海事局は、2015年度より、燃料電池船の安全ガイドラインを策定するなど民間企業が参画しやすくなるような基盤の整備を進めている。

民間企業においても燃料電池船の建造、運航に関心を示しており、東京都観光汽船が、環境省の補助事業の一環として、国内初となるLNGを燃料として搭載した船用複合システム（燃料電池及びガスエンジン等のハイブリッドシステム）を新造船で実証する予定である。

図表 I - 6 - 9 燃料電池船のイメージ



燃料電池船のイメージ

(4) 液化水素の大量輸送に向けた取組

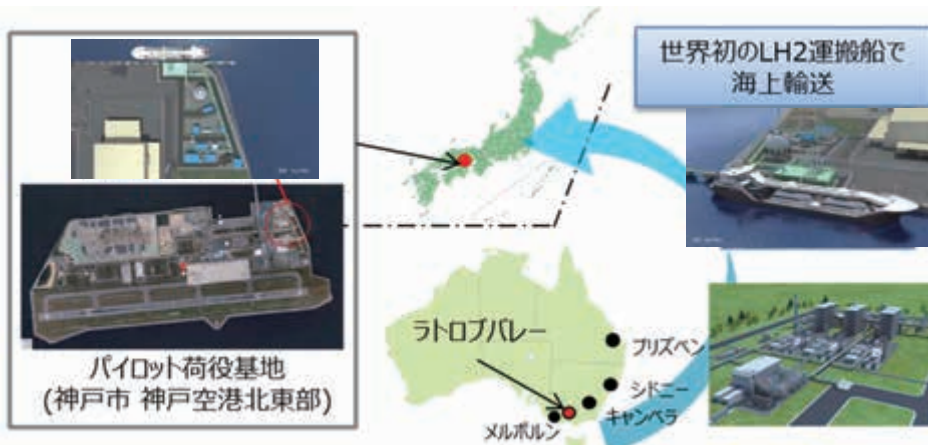
エネルギー基本計画（2014年6月閣議決定）において、海外の未利用資源や再生可能エネルギーを活用した水素の製造、国内への輸送が重要であるとされ、有機ハイドライド、アンモニア等の化学物質や液化水素へ変換した水素の大量貯蔵・長距離輸送など、水素の製造から貯蔵・輸送に関わる技術開発を着実に進めていくこととされている。

海事局においては、2015年度より、経済産業省の「未利用エネルギー由来水素サプライチェーン構築実証事業」と連携し、豪州の未利用エネルギーである褐炭を用いて水素を製造し、貯蔵・輸送、利用までが一体となった液化水素サプライチェーンの構築事業を開始している。川崎重工業（株）等は、本事業を活用して、液化水素（LH2）の長距離大量輸送技術や荷役技術の開発を進めており、2020年頃の液化水素運搬船（タンカー）の実証試験を経て、海上輸送技術を確立していく予定である。

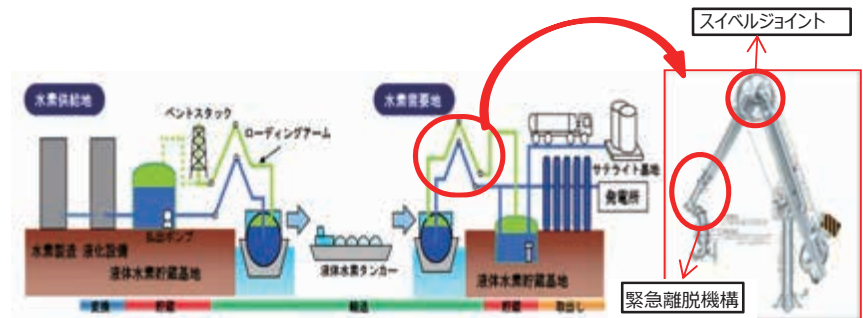
また、液化水素の大量輸送を実現するためには、高効率で安全な荷役方法の確立が必要である。海事局は、2014年度から内閣府と連携し、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）において、荷役中の船体動揺に対応できるスィベルジョイント（可動継手）、緊急時に船と陸上設備を切り離す設備等のローディングシステムの研究開発を行うとともに、入港・着岸に係る航行安全対策や安全なオペレーション方法等の検討を行い、ハード・ソフトの一体的なルール整備を実施している。

更に、液化水素をばら積み海上輸送するためには、荷積み国、荷揚げ国、船舶の旗国間で合意された安全基準が必要であるため、海事局は豪州と協議を進め、2015年2月に安全基準の合意を得た。現在、日豪間にとどまらない液化水素の他国間輸送を見据えて、IMOにおいて国際基準化を主導して進めている。

図表 I - 6 - 10 豪州における水素の製造・輸入プロジェクト



図表 I - 6 - 11 液化水素用ローディングシステムの開発とルール整備



第4節 バラスト水の適切な管理による海洋生態系保全の推進

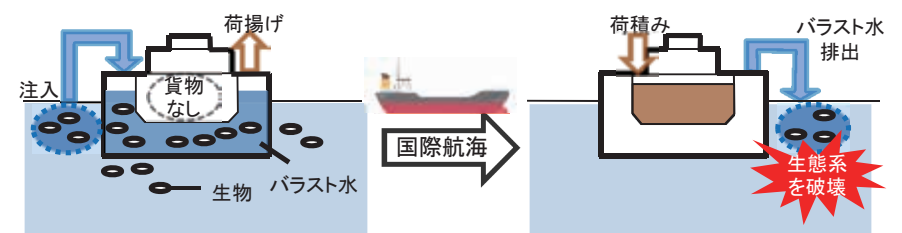
バラスト水とは、船舶が空荷になった時の安全確保のため、「重し」として取水する水をいう。この「重し」として空荷となった船舶に取水された水は、貨物の積載港で排出される。

船舶から排出されるバラスト水に含まれている生物が、従来生息していなかった港等で排出されることにより、生態系の破壊や産業・漁業等への被害を与えるという問題が1980年代末から顕在化した。




こうした被害の発生を受け、1980年代後半からIMOにおいて、バラスト水による生態系破壊等の問題について議論が開始され、2004年2月には、バラスト水管理のための国際条約（船舶バラスト水規制管理条約）」が採択された。

条約採択当初は、排出基準を満たすバラスト水処理設備の開発が十分に進んでいなかったため、各国の締結が進まず、条約における処理設備搭載期限では搭載工事が過度に集中することとなり、各国による条約締結が進まない要因となっていた。

図表 I - 6 - 12 バラスト水による環境問題の概要



図表 I - 6 - 13 外来水生生物による主な被害

水生生物	原産地域	被害地域	主な被害内容
ゼブラガイ  ※	欧州	米国 (五大湖)	・発電所取水口への付着による 発電稼働率の低下及び除去費用の発生
ムラサキイガイ 	地中海 沿岸	日本 (広島湾 等)	・養殖中の牡蠣への付着による収穫量減少 ・発電所取水口への付着による 発電稼働率の低下及び除去費用の発生
中国モクズガニ  ※	中国	欧州 (ドイツ) バルト海	・漁業網への侵入による除去作業の発生 ・営巣作用による堤防の浸食

※画像出展：IMOウェブサイト

2008年以降、少しずつではあるが、各国による処理設備の承認が進み、これまでに世界で65型式が承認されている。日本では、2016年6月現在、海外メーカーが開発したものを含めて13型式の処理設備を承認している。また、条約の早期発効に向け、我が国の主導の下、搭載工事の平準化を目的とした搭載期限の見直しについて議論が進められ、現存船への処理設備設置の猶予期間を最長で条約発効後5年に延長する等を内容とする決議が、2013年11月末開催の第28回IMO総会にて採択された。

なお、バラスト水処理設備設置のための工事費用は、1隻あたり数億円程度と言われており、相当な投資であるが、我が国では処理設備の設置費用について、一括損金経理が可能である。

これらの結果、条約実施に向けた環境が整ったことから、2014年、我が国は、船舶バラスト水規制管理条約を国内的に担保するため、「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律の一部を改正する法律」を改正し、同年10月、同条約を締結した。

他方、2014年10月に開催された第67回海洋環境保護委員会（MEPC67）において、一部の船主団体による承認処理設備の性能への懸念の声を受け、処理設備の試験方法に係るガイドラインの見直しを行うことが決定された。我が国は、バラスト水処理設備を設置した実船からのサンプリングデータ等をIMOに文書で提供し、科学的データを基に各国等の懸念を払拭する等、条約の早期発効に向けた環境整備に積極的に取り組んでいる。

本条約の発効要件は締約国30カ国以上かつ合計船腹量35%以上であり、発効要件充足の1年後に発効することとなっている。2016年6月時点では、締約国は51カ国、合計船腹量は34.87%であり、条約は発効要件を満たしていない。海洋生態系の保全の観点から、可能な限り早期に、船舶バラスト水規制管理条約を発効させ、国際的に統一の取れた規制を実施していく必要がある。このため、我が国は、同条約の未締結国に対し、同条約を早期に締結するよう呼びかけている。

液化水素運搬船の開発

川崎重工業株式会社 船舶海洋カンパニー
技術本部 担当部長 孝岡 祐吉



海外の豊富で安価な電力、資源や再生可能エネルギーを使って現地で生成した液化水素を我が国に海上輸送により安定的に継続して供給するためには、液化水素運搬船が必要です。

当社は以前より、豪州に豊富に存在する褐炭より水素を生成・液化し、副産物として発生するCO₂を回収・貯蔵することで、CO₂フリーの水素エネルギーを我が国に安定供給しようとする水素サプライチェーンを提唱してきました。2015年6月には、本サプライチェーンの技術実証事業が国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の助成事業として採択されました。

私は2012年からこのプロジェクトに投入予定の液化水素運搬船の開発に取り組むだけでなく、関連するルールの整備にも携わっております。国際液化ガス運搬船規則（IGCコード）では液化水素のような新規の液化ガスをばら積み海上輸送するためには、輸送要件を関係国間で作成・審議し、トリパタイト（船籍国、荷送国及び荷受国）合意することが求められております。「液化水素ばら積み海上輸送のためのミニマム要件」を二年間審議して、2015年に液化水素の荷送国である豪州政府と旗国および荷受国である日本政府との間で合意に至りました。両国政府間で審議された要件は、幅広い意見を取り入れるために2015年にIMOの貨物輸送小委員会に暫定勧告ドラフトとして提出され、現在、審議が続けられております。

液化水素はLNGに比べてより低温で蒸発し、軽いガスは拡散しやすく、可燃範囲が広いのが主な特徴で、防熱や漏えいへの配慮が必要になります。液化水素を貯蔵するタンクや荷役配管の防熱には、魔法瓶に使われている真空防熱方式を採用し防熱性能を高める工夫がとられています。当社では開発に際して、陸上での液化水素貯蔵設備や液化水素タンクローリー、コンテナおよびLNG船の保有技術を横展開するとともに、水素の特性を把握し、安全性を確保するために種々の実験・解析やリスク評価を実施しております。今回のプロジェクトにおける液化水素運搬船の運航は世界で初めての試みであり、液化水素をLNG同様、安全に海上輸送できることを実証する計画です。これを目指して、引き続き開発・設計・建造をすすめ、来る2020年には液化水素運搬船をデビューさせたいと思っております。