

# 第9章 環境に優しい海上交通の実現

## 第1節 船舶からのCO<sub>2</sub>排出量削減・抑制対策

### (1) 船舶からのCO<sub>2</sub>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、CO<sub>2</sub>は地球温暖化に及ぼす影響がもっとも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CO<sub>2</sub>であり、2014年に承認された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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>排出量は、約1千万トン（2013年度）である。国内全体からのCO<sub>2</sub>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。

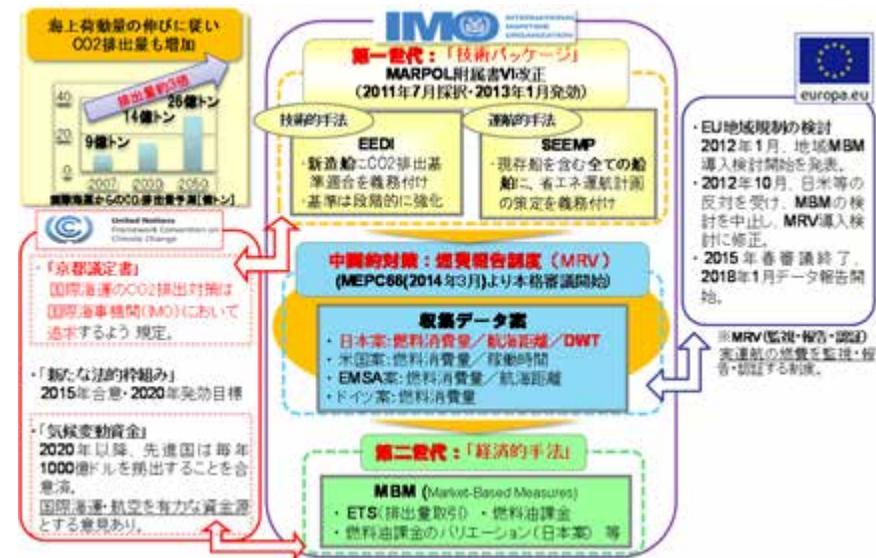
### (2) 地球温暖化対策の取組

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、現在、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枠組みを2015年に開催されるCOP21で採択するため国際交渉が進められている。

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CO<sub>2</sub>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。

図表 I - 9 - 1 国際海運からのCO<sub>2</sub>削減に向けた議論



なお、2015年6月に開催されたG7サミット（主要7ヶ国首脳会議）で、安倍首相が、2030年までに温室効果ガスを2013年比で26%削減する我が国の目標について表明した。

### (3) CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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資するものであるため、引き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、燃費報告制度の構築に向けた審議を行っている。燃費報告制度は、船舶の実海域（実運航）の運航データを収集し、燃費を監視・報告・認証する制度である。当該制度は、船舶の燃費を「見える化」することにより、一層のCO<sub>2</sub>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。このため、日本は具体的な制度案策定の審議を行う会合の議長を務めるなど、IMOにおける議論を主導している。

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CO<sub>2</sub>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における国際交通関連の議論

UNFCCCにおける現在の主な交渉の全体の論点は、①2015年末に開催が予定されているCOP21におけるポスト京都議定書の法的枠組み合意、②途上国への地球温暖化対策資金\*であるが、先進国と途上国とで意見が対立し議論が難航している。

ポスト京都議定書の枠組みに関しては、UNFCCC会合において、IMOにおけるCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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で議論すべきと主張している。

\* 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）CO<sub>2</sub>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）

EEDIの国際標準化により、海運会社が船舶を建造する際に参考とする燃費指標が確立されることで、国際海運市場においてエネルギー効率に優れた船舶の普及促進が期待される。我が国は、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、2013年度から5ヶ年計画で、国際海運からのCO<sub>2</sub>排出量の更なる削減を目的とした民間の技術開発を支援する事業（次世代海洋環境関連技術開発支援事業）を開始した。

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。

国土交通省においては、将来的に船舶に係る環境規制が強化されることを踏まえ、引き続き、省エネルギー技術を核とする技術開発及び普及促進を進めていく。

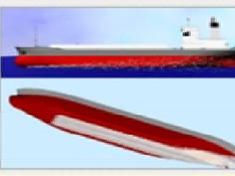
図表 I - 9 - 2 CO<sub>2</sub>削減に向けた我が国の戦略



図表 I - 9 - 3 次世代海洋環境関連技術開発補助金

さらなる国際競争力強化を図るため、CO2の大幅削減の実現に向けた新たなコンセプトによる次世代海洋環境関連技術の開発を推進中(補助率1/3)

【25年度予算:3.9億円、26年度予算:3.9億円、27年度予算:3.6億円】

<p>①燃料転換等の次世代技術</p>  <p>【船用燃料電池システム】 改質装置(ガス→水素)の高効率化やパワーマネジメントシステムの開発により、燃料電池を用いた船用電力供給システムを構築</p>  <p>【プロペラ最適制御】 実際の波速に応じて、燃料消費量が最小となるよう可変ピッチプロペラの翼角・回転数を高速制御</p>  <p>【その他】 ・船主機関ハイブリッド船 ・バイオ燃料 ・天然ガス燃料 ・低温廃熱回収装置 ・メタノール燃料船 ・コンバインドサイクル 等</p>	<p>②NOx、SOx規制を踏まえた技術</p>  <p>【省エネ型LNG船の推進システム】 2元燃料エンジン等の新技術を組み合わせることで効率向上を図った新概念のLNG輸送船</p> <p>【省エネ型NOx低減装置】 排気再循環、水エマルジョン燃料、連絡線カットを組み合わせたCO2・NOx削減技術</p>
<p>③既存船適用技術</p>  <p>【空気潤滑システム(既存船への搭載)】 船体の摩擦を低減する空気潤滑法について、既存船への搭載も普及させるために、省エネ効果の判定/設計ツールの開発やさらなる効率の向上を実施</p> <p>【その他】 ・気膜塗料 ・海象適応航法 等</p>	

(6) 内航海運における省エネルギー対策

内航海運は、中小零細事業者が9割強を占めており、厳しい経営環境の中で内部留保が十分に確保されていない事業者も多い。このため、内航海運における船舶の老朽化の割合が7割を超えており、燃費性能の良い船舶による質の高い輸送サービスの期待に応えられていないため、的確に対応していく必要がある。

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による共有建造制度(二酸化炭素低減化船等に対し金利を優遇)、船舶に係る特別償却制度(環境性能に優れた船舶への代替建造促進)等の省エネルギー施策を推進しており、上記制度を活用して建造した省エネルギー船は46隻(平成25年度)である。

また、経済産業省と連携して実施している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、新技術の実証支援を行うなど省エネルギー化を図っている。本補助金を活用した省エネルギー船は11隻建造される予定であり、2015年3月には、空気潤滑システムなどを含む最新鋭の省エネルギー技術を採用している(株)名門大洋フェリーの「フェリーおおさかⅡ」が進水した(就航は2015年9月予定)。

図表 I - 9 - 4 省エネ機器の導入事例



フェリーおおさかⅡの進水式  
(株)名門大洋フェリー提供

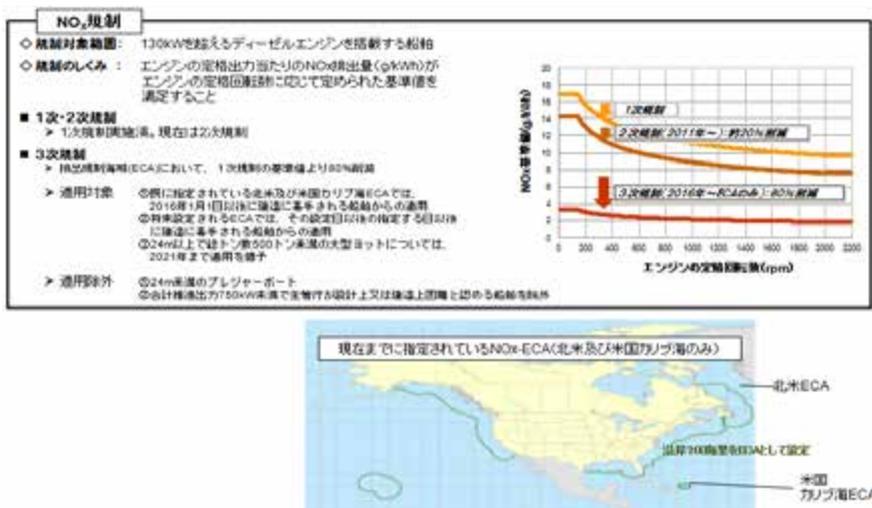
第2節 船舶からのNOx削減対策等の推進

船舶から排出される窒素酸化物(NOx)排出については、IMOにおいて、1次規制を2005年から実施した上で、2段階の規制強化を行うこととした。

第1段階の規制強化として、1次規制値から20%削減を要求する2次規制が、2011年1月から全海域で適用されている。

そして、更なる規制強化として、1次規制値から80%削減を要求する3次規制が、大気環境の改善が必要な特定の沿岸域に限定して、2016年1月から実施予定である。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なか、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排出削減の議論に積極的に貢献してきている。

図表 I - 9 - 5 船舶からのNOx排出削減規制の概要

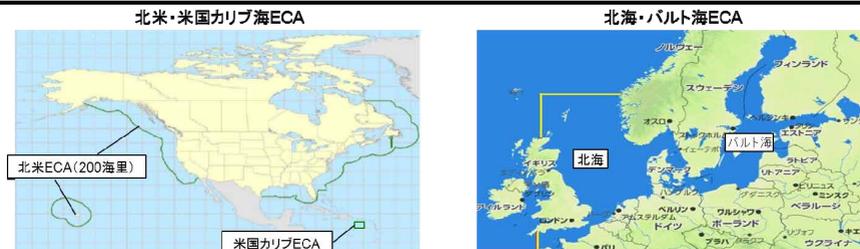
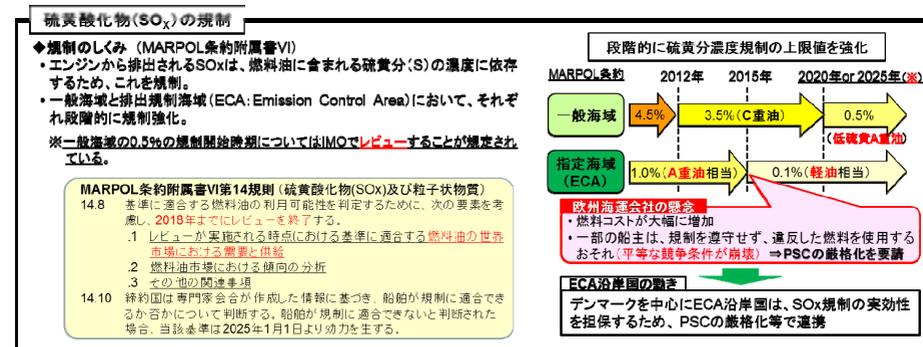


第3節 船舶からのSOx排出削減規制

硫黄酸化物(SOx)及び粒子状物質(PM)は、燃料油に含まれる硫黄分に起因するため、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。NOx規制と同様に、SOx・PM規制についても、2008年に、段階的規制の枠組みが導入された。それにより、現在の基準値は、SOxの排出規制海域(SOx-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についても、2008年の改正で合意され、一般海域では早ければ2020年 (規制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) に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。今後、規制適合燃料油の需給予測調査が行われ、2016年秋に開催予定のMEPC70に調査結果が報告されることになっている。

図表 I - 9 - 6 船舶からのSOx排出削減規制の概要



第4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、国際海運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への期待が世界的に高まっている。

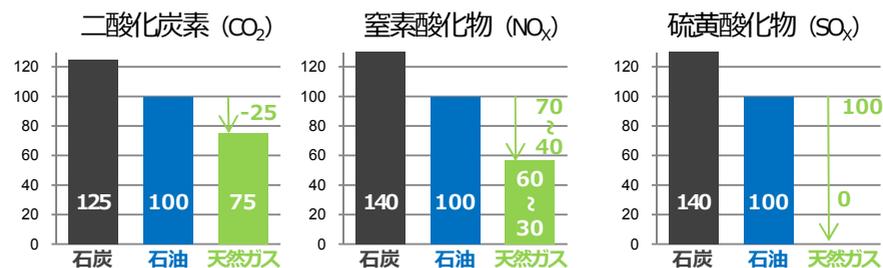
天然ガス燃料船については、IMOによるECA (排出規制海域) が設定されている北欧を中心に内航フェリー、オフショア支援船等への導入が進んでいる。今後、全海域において排ガス規制が強化される見通しであり、欧州を中心に導入が拡大すると見られている。

図表 I - 9 - 7 環境規制の強化



※ECA(Emission Control Area : 排出規制海域) : 一般海域よりも厳しい規制が課せられる。SOxは欧州・北米のECA、NOxは北米のECAが対象  
 ※2 2020or2025開始。2018に規制開始時期をレビュー

図表 I - 9 - 8 非常に優れた天然ガスの環境性能



石炭、石油、天然ガスのCO<sub>2</sub>等排出量比較

IEA: Natural Gas Prospects to 2010

Natural Gas Prospects and Policies

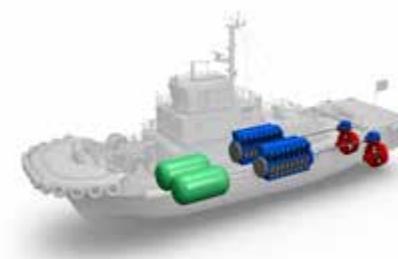
我が国においては、天然ガス燃料船の導入に向け、海運会社や造船会社からコンセプトシッの発表が行われるなど、今後の導入に向けた取組が進められている。また、天然ガスを燃料とした船用のエンジン、燃料タンク等の開発も進められてきており、実用化の段階にある。

実船の建造については、我が国初の天然ガス燃料船として、日本郵船(株)が京浜ドック(株)でタグボートを建造している。このタグボートは、経済産業省と連携して実施している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建造が進められており、今夏の就航が予定されている。また、UECC(日本郵船が共同出資する合弁会社)は、天然ガス燃料で航行可能な自動車運搬船(PCC)2隻が2016年竣工に向けて、NACKS(川崎重工業が共同出資する合弁会社)が建造中であるなど、着実に天然ガス燃料船の導入が進んでいる。

国土交通省においては、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を行ってきた。

2014年度に約20社の海運会社を対象に実施したヒアリング調査においては、外航船社を中心に約10社の海運会社が天然ガス燃料船の導入に関心を持っているが、昨今の原油価格の急落や天然ガスの補給地におけるインフラ整備が進んでいないこと等が導入にあたっての課題となっていることが確認された。

我が国初の天然ガス燃料船(日本郵船タグボート)



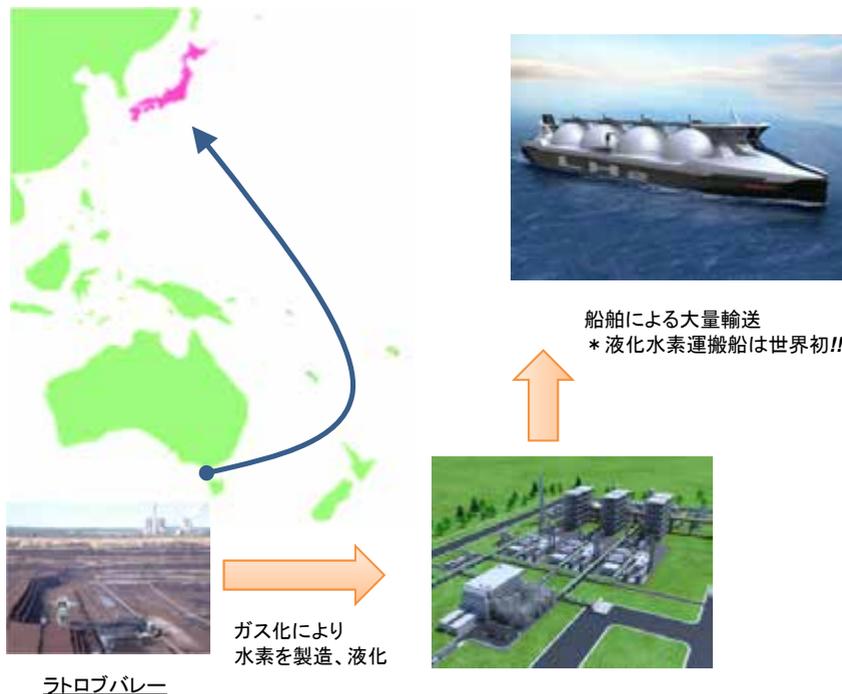
(株)京浜ドック提供

(2) 水素の安定的な供給に向けた取組

多様な一次エネルギー源から製造、貯蔵・輸送が可能である水素は、将来の二次エネルギーの中心的役割を担うものとして期待されているが、本格的な利活用のためには、水素を低廉かつ安定的に調達することが必要となる。エネルギー基本計画においても、「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。

川崎重工業(株)等の国内企業は、豪州の褐炭から液化水素を製造し我が国に大量輸送するプロジェクトを検討してきた。このプロジェクトは、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全体に関わるものである。国土交通省は、「エネルギー輸送ルートの多様化への対応に関する検討会」(座長:国土交通副大臣、副座長:国土交通大臣政務官)において、液化水素の輸送・利用に向けての取組について検討を行うとともに、液化水素運搬船の安全基準の策定及び国際標準化、液化水素用ローディングシステムの研究開発など、プロジェクトの実現に向けて支援を行ってきた。

図表 I - 9 - 9 豪州における水素の製造・輸入プロジェクト

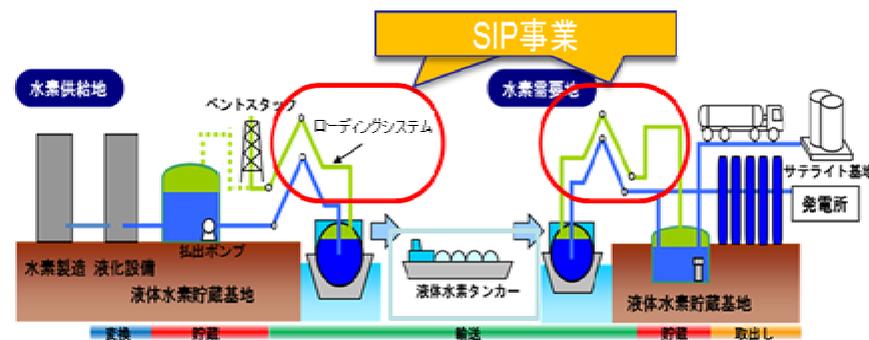


2015年度からは、経済産業省が実施する「未利用エネルギー由来水素サプライチェーン構築実証事業」と連携し、川崎重工業（株）等が、豪州の未利用エネルギーである褐炭を用いて水素を製造し、我が国に輸送を行う液化水素サプライチェーンの構築事業を開始することとなった。

液化水素をばら積み海上輸送するためには、荷積み国、荷揚げ国及び船舶の旗国間で合意した安全基準が必要であるため、国土交通省は、豪州と協議を進め、2015年2月に日豪間で安全基準について合意したところである。また、多国間での安全輸送のため、IMOにおいて安全基準の国際基準化を進めている。

また、将来の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。国土交通省は、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）のエネルギーキャリアにおいて、荷役中の船舶の動揺に対応できる可動継手、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っている。併せて、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行うこととしている。

図表 I - 9 - 10 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5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」として取水する水のことをいう。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、バラスト水管理の義務化等について定める「2004年の船舶のバラスト水及び沈殿物の規制及び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、これにより、条約によ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。

2008年以降、各国による処理設備の承認が進み、これまでに世界で57型式が承認されている。また、条約の早期発効に向け、我が国の主導の下、搭載工事の平滑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。

バラスト水処理設備設置のための工事費用は、1隻あたり数億程度と言われており、相当な投資であることから、船主の負担を軽減するため、我が国は処理設備の設置費用について、一括損金経理が可能となるよう措置した。

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。

2014年10月に開催された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。2015年5月時点では、締約国は44カ国、合計船腹量は32.86%であり、条約は発効していない。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。

図表 I - 9 - 11 バラスト水による環境問題の概要



## 実運航性能の向上のために

国立研究開発法人 海上技術安全研究所  
グループ長 辻本 勝



国際海運からのCO<sub>2</sub>排出削減のため、国際海事機関（IMO）の場でルール作りの検討が行われ、他分野に先駆け、発展途上国も参加する国際ルールが2013年より開始されました。

海上技術安全研究所では船舶の実海域性能を把握し、実運航性能を向上させることに取り組んでいます。私は2008年からIMOの会議に参加し、実海域性能の高い船舶の普及を促進させるための技術的提案、ガイドライン化に携わらせていただきましたが、会議参加を通じて、我が国が規制枠組み提案・草案作成に始まり、エネルギー効率算定の技術的提案やこれらの各国意見調整のとりまとめ担当など、本ルールの策定に主導的な役割を担った現場に立ち会わせていただきました。会議に参加して、各国の意見の相違、価値観が異なることを知り、実際のCO<sub>2</sub>排出削減を行うために何をすべきかを考える良い機会となりました。

エネルギー効率の高い船舶を設計・建造するのはもちろんですが、本船のエネルギー効率は数値で評価されるため、本船の評価方法に偏りがなく、誰が実施しても同じになることが必要です。

また、運航でもエネルギー効率の向上が求められます。海上は波、風が常に変化するため、その中でエネルギー効率向上のためには運航の工夫が必要です。波、風の影響は航海、機関双方に関係するため複雑ではありますが、波や風の中で船舶の性能（速力、燃料消費量）がどのように変化するか、その推定・評価が重要となります。そのために実運航性能シミュレータ（VESTA）の開発を行っています。本来、本船の詳細な性能解析のためには図面情報や水槽試験の情報が必要になりますが、船社・運航者はそのような詳細な情報はありません。そこで詳細な情報がなくとも波、風中の性能を把握することができる工夫を行い、1航海の積算燃費で1%の精度で推定ができるようになりました。このような技術を活用し、運航によるCO<sub>2</sub>排出量を上手に削減する方法を研究していきます。