

船舶における海洋汚染防止関連規制への対応の実情に関する調査 II

- SOx 排出規制への対応について -

千葉 元*¹ 原口 恭一*²

Actual Situations at Ships for the Regulations about the Prevention of Marine Pollution II - About the Actions for SOx Emission Regulations -

Hajime CHIBA and Kyoichi HARAGUCHI

Abstract

The international conventions and amendment for the SOx emission regulations have been issued by the IMO, and Japanese Maritime laws were also amended based on the conventions which gets stricter year after year. For effective operation of the conventions, ship crews and manufacturers are required to get and increase the knowledge of conventions. This paper proposed the effectiveness of the mutual understanding of the international conventions and the domestic laws, and the current statuses for people of maritime industries.

Keywords: Marine Pollution, IMO regulations, Maritime law, SOx emission regulations, Low sulfur fuel oil, Scrubber

1. 船舶における SOx 排出規制について

船舶関連の海洋汚染の要因として、日常生活廃棄物や油分を含んだ液体の排出、機関からの有害成分を含む排ガス等がある。これらは不法な廃棄が行われないよう、国際法や国内法による取り決めがなされている。図 1 に、海運における環境規制に関する主要課題を示す。ここで、(一社)日本船主協会の提言として、我が国は「海運・造船大国の一つとして、海洋環境保全に取り組むことは当然の義務」、「他方、環境規制を安定した交通・輸送体系の確保、産業成長の適正なバランス確保も重要な観点」とある^{1),2)}。

1. 海洋汚染対策

- (1) 油・有害液体物質の規制 (2) 廃棄物の規制

2. 大気汚染対策

- (1) NOx・SOx 規制 (2) GHG 削減
(2) ブラックカーボン

3. 水中生物対策

- (1) バラスト水の規制 (2) 船体付着生物の規制
(3) 船底塗料の規制
(4) 水中騒音 (クジラ等への影響を調査中)

4. シップ・リサイクル対策

図 1 国際海運に関する環境規制の主要な課題^{1),2)}

近年では、SOx・NOx・温室効果ガス等の排出に対する海事産業での対応が、大きなトピックスである。本論では、前報告³⁾に続き、SOx 規制の国内外の法制定や、これに対する現場の対応状況について示す。

SOx とは、二酸化硫黄 (SO₂: 亜硫酸ガス)、三酸化硫黄 (SO₃: 無水硫酸) などの硫黄の酸化物の総称で、燃料中の硫黄分の燃焼等に伴い発生する。SOx 及び、これに影響される PM2.5 (微小粒子状物質) は、生物に有害であり、図 2 に示すように、大気汚染や酸性雨などの原因となっている。日本では、1960~1970 年代に陸上産業での排ガス処理装置等の規制が無く、SOx が大量に排出され、大気汚染の原因となった。現在では、大気汚染防止法による環境基準が規定され、SOx の大気中濃度は大幅に改善されている⁴⁾。

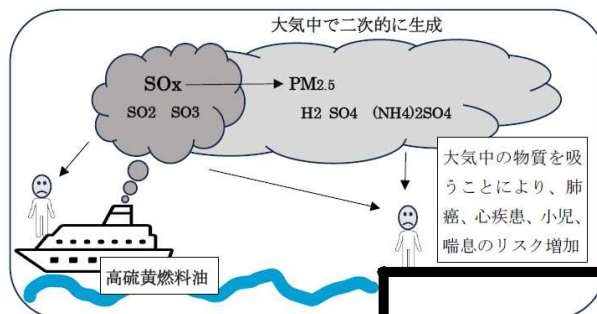


図 2 船舶からの SOx 排出と PM2.5 や健康への影響

* 1 商船学科 * 2 商船学科航海コース

2. IMOにおける規制について

IMO(International Maritime Organization)は、海上の安全、船舶からの海洋汚染防止等、海事分野の諸問題についての政府間の協力を推進するために1958年に設立された国連の専門機関である。2021年10月現在で175カ国が加盟国、香港等の3の地域が準加盟国となっている⁵⁾。船舶は国際的に活動するため、海事分野の取組は必然的に国際的な取組となり、この分野のルールは各国が連携・協力して全世界的なものとして定められてきている。例えば、1912年4月に発生したタイタニック号沈没事故が大きなきっかけとなり、1914年1月に「1914年海上人命安全条約」(1914 SOLAS条約)が採択されている。

海洋汚染防止関連とし、MARPOL条約(MARPOL 73/78-International Convention for the Prevention of Pollution from Ships-)が定められ、これは地球全体の環境保護を目的とした国際条約であり、規制の対象物によりAnnex I~VIに分類されている。この国際規則に対応して、日本では「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」が制定されている。また、こうした規制の実際的な運用については、(一財)日本海事協会での情報提供も行われている⁶⁾。

MARPOL条約附属書VI 第14規則「硫黄酸化物(SO_x)及び粒子状物質(PM)」にて、船舶で使用する燃料油中の硫黄分濃度を段階的に強化する規制が定められてきた。図3に、IMOで制定されてきた、硫黄分濃度規制の変遷を示す。一般海域においては、燃料中の硫黄分濃度が、2005年に4.5%であったのが、2012年には3.5%、2020年には0.5%と段階をおいて、引き下げられることとなった。また、排出規制海域(Emission Control Area: ECA)として指定された、バルト海、北海、米国・カナダ沿岸等の特定海域には、2005年には1.5%であったものが、2010年に

は1%、2015年には0.1%と、一般海域より厳しい硫黄分濃度の規制値が適用されるようになってきている。

こうして、2020年には一般海域における燃料油中の硫黄分濃度の規制値が3.5%から0.5%へ強化されたことがあり、規制に適合した低硫黄分濃度の燃料油(規制適合油)の使用の他、SO_x排気ガス洗浄装置(スクラバー)の導入・LNG等代替燃料への転換等の対応方法が検討され、順次に実用対応がされてきた。

一方、MEPC79(2022年12月に実施された、第79回海洋環境保護委員会)において、地中海を新たにECAに指定するMARPOL条約附属書VIの改正が採択されている。同改正は2024年5月1日に発効となるが、地中海ECA上の船舶にて使用される燃料油中の硫黄分濃度0.1%規制及びその関連要件については2025年5月1日まで免除となっている。また、ECAに出入域する船舶であって、ECAにおける規制に適合するために2つ以上の燃料油を使用する船舶は、ECA入域前に、規制適合油への切替えを完了するための手順等を示す燃料油切替え手順書を船上に備えるよう定められている。その燃料油切替えに際しては、ECA入域前の切替え完了時及びECA出域後の切替え開始時に、タンク内の低硫黄燃料油の量をその日時と場所と共に、旗国政府が指定する航海日誌に記録する必要がある。この燃料油中の硫黄分濃度の証明に関しては、総トン数400トン以上の国際航海に従事する船舶においては、船舶の燃料油供給簿を供給から3年間、また燃料油の代表的なサンプルを供給から1年間船上に備えることが要求されている。この採取及び保存方法は、IMO決議でガイドラインが提示されている。尚、2020年3月1日以降は、SO_xスクラバー搭載船を除き、0.5%を超える燃料油の船上保管も禁止されている。こうした規制強化より、船舶運航の現場で、多くの管理作業も増える状況となった。

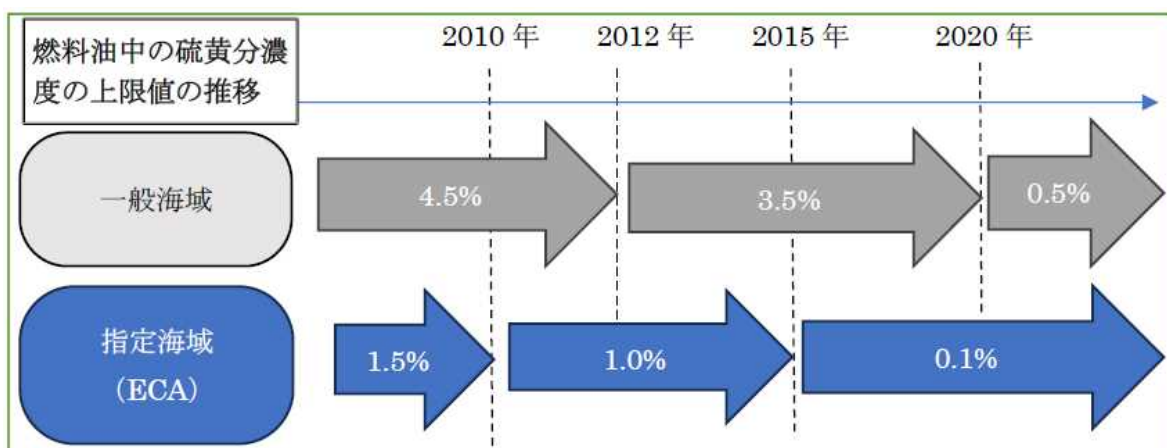


図3 IMOによる燃料油中の硫黄分濃度規制(*ECA:現在は、バルト海、北海、米国・カナダ沿岸200海里と米国カリブ海であり、2024年5月より地中海が加わる。詳細については文献6)等を参照)

3. 国土交通省での対応について

前章で示した IMO 規制の決定を受けて、日本では環境省や国土交通省等の関係官庁が、産業界や国民生活全体に、無理なく規制変更が行き渡るよう、法整備や、その内容説明を行っている。船舶関連については国土交通省が、その資料公開を行っている⁴⁾。

まず、日本国内では、陸上燃料である軽油は2007年から、ガソリンは2008年から、硫黄分濃度0.001%以下に規制開始されていた。一方で、船舶用の重油の硫黄分(3.5%以下)は大気汚染が社会問題となった1960年代と大きく変わっていない状態であった。

そして、陸の工場や事業所等については、大気汚染防止法により以下の規制が実施された。

- ① 排出規制(1時間あたりのSO₂排出量規制:煙突高さ、排ガス温度、地域係数等から上限を算出)
- ② 総量規制(指定地域における上乗せ規制:工場用途、燃料使用量等から上限を算出)

この規制を満足するため、火力発電所では硫黄酸化物を90%程度除去するスクラバーや硫黄分濃度0.3%の低硫黄C重油を使用することとなった。こうした結果、国内主要港SO₂濃度における船舶の起因率のシミュレーションが2005年に行われ、各港の範囲は、6.3%の木更津港から、大阪泉北南が45%で最大であった。同じく、PM_{2.5}濃度における船舶の起因率の範囲は、3.6%(新潟港)から、横浜・川崎港が12.7%で最大となった。ここで、船用燃料油中の硫黄分を3.5%から0.5%に減少させることにより、これらの起因率を1/5以下にすることが可能となると考えられた⁴⁾。

そして、IMOが規制の改変を行っていくMARPOL条約に対応する国内法の「海洋汚染等及び海上災害防止に関する法律施行令」の第11条10項では、2020年に以下の改正が行われているのが確認できる。

2019年版での法令の概要⁷⁾

「一. バルチック海海域、北海海域、北米海海域、米国カリブ海海域では硫黄酸化物の濃度が質量百分

率0.1%以下あり、かつ無機酸を含まないこと。

二. 前号以外の海域では硫黄酸化物の濃度が質量百分率3.5%以下であり、かつ無機酸を含まないこと。」

2020年版での法令の概要⁸⁾

「一. は同じ。

二. 前号以外の海域では硫黄酸化物の濃度が質量百分率0.5%以下であり、かつ無機酸を含まないこと。」

同時に、国土交通省は、経済産業省、石油業界等と連携し、制度改変に関する民間企業等への負担が過度にならないよう、様々な取組を実施してきた。

ここで、新たに供給される規制適合燃料油に需要が集中しないよう、「A重油専焼船(C重油よりも硫黄濃度が低いA重油を燃料とする船舶)の建造支援」、「排ガス洗浄装置(スクラバー:廉価な高硫黄C重油の燃焼ガスからSO_xを除去する装置)」の導入促進と、「LNG燃料船(硫黄分が含まれない、液化天然ガスを燃料とする船舶)の導入促進等の施策」を実施してきた。また、社会全体によるコストの負担を考慮し、SO_x規制強化に伴い内航海運業において生じる環境コスト(燃料価格の大幅な変動、排ガス洗浄装置の設置費等)の適切な分担のため、「内航海運事業における燃料サーチャージ(surcharge)等ガイドライン」作成等の取組を推進してきた。

他の取り組みは以下に示す通りである。詳細については国土交通省発行の資料⁴⁾に示されている。

○スクラバー搭載状況に関する欧州調査(2018年5月内航海運業界・国交省等参加)

⇒スクラバー搭載船を訪船し、メンテナンス方法や排水でトラブルが起きていないことを確認

○「スクラバー排水が海洋環境に影響を与える可能性は著しく低い」ことを検証(国交省・環境省・水産庁)

⇒スクラバー排水の生物試験や成分分析を行い、スクラバー排水が短・長期的に海洋環境に影響を与える可能性が著しく低いことの等を確認

○A重油専焼船の建造を金利優遇する制度導入

○A重油の燃焼に必要な機器等の導入補助



図4 「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」による燃料油中の硫黄分濃度規制(同法は「海洋汚染及び・・・」であったが、船舶からの排出ガス規制が加わり、「海洋汚染等及び・・・」となっている。)

4. 船用機器メーカー・造船会社等における対応

4.1 SOx スクラバーについて

SOx スクラバーとは、水を用いて排ガスを洗浄する湿式スクラバーと、化学物質を固体吸着剤として使用する乾式スクラバーに大別されるが、船用では主に湿式スクラバーの開発が進められている。SOx スクラバーにより、排ガス中の 98%の脱硫を行い、70～80%程度の PM 除去も可能と言われており、硫黄分 3.5%の C 重油を使用しても、その洗浄後の排ガスは 0.1%規制を満足できるレベルである。この湿式スクラバーには以下の 3 方式がある。

- ・オープンループタイプ：洗浄水として海水を使用し、使用後の洗浄水は船外へ排水する。船外排水が禁止されている港湾等での規制の可能性ある。
- ・クローズドループタイプ：洗浄水として苛性ソーダ (NaOH) を加えた清水又は海水を循環させて使用する。オープンループタイプに対し、ランニングコストが高くなる。
- ・ハイブリッドタイプ：オープンループとクローズドループを切り替えて使用することが可能である。

スクラバーを搭載する際の留意点としては、設置スペースの確保が挙げられる。特に主機用スクラバーは大形となり、既存船の機関室内への設置は困難である場合が多いと予測された。このため、甲板上、特に排気に適する船尾部への搭載が想定されるが、コンテナ船や自動車運搬船にあつては、甲板上の積荷スペースに影響を与える可能性がある。また、スクラバー本体に加えて水処理装置、排ガス・排水監視装置等の関連機器の設置スペースにも留意が必要である⁹⁾。また、新機器の設置なので、運転及び整備担当職員の選任や、管理体制やマニュアル作成等の、ソフト面での検討や整備も重要であると考えられる。

4.2 関係学会や協会での対応について

近年、船用機器関係の協会や学会では、環境規制に関する会合や特集誌発行を多く実施している。ここで、日本船舶機関士協会では、一般海域 2020 年適合油の製造方法と品質について、及びその燃料添加剤についての解説がなされている¹⁰⁾。

日本船舶海洋工学会の会報では、複数社の実用化された SOx スクラバーの解説が行われている¹¹⁾。

日本船舶海洋工学会の「2020 年度 海洋教育フォーラム (広島)」では、広島県東部の造船業の紹介が行われているが、ここでもバラスト水処理装置や SOx スクラバー装置等の機器の設置に取り組み、その技術を確立してきたことが伺える¹²⁾。

4.3 スクラバーの開発及び実装事例について

日本国内の各地の造船所では 2016 年 10 月からスクラバーの設置の受注が増え、2019 年のバルカーへのスクラバー搭載では、ケーブサイズで 195 隻、中小型バルカーで 186 隻まで上がったという報告¹³⁾がある。ここで、定期に入渠するタイミングで、スクラバーとバラスト水処理装置等の搭載をセットで工事をおこなっているという場合もあったという¹⁴⁾。

各船用機器メーカーの開発状況について、三菱重工業と三菱化工機が 2014 年に共同開発した「ハイブリッド SOx スクラバーシステム」は、清水を船内で循環使用する洗浄ライン(クローズドループ)と、海水を取り入れて排出する洗浄ライン(オープンループ)という 2 通りの洗浄方式を海域や地域に応じて切り替えるものを開発している。現在、このシステムの初号機が川崎汽船の PCC“DRIVE GREEN HIGHWAY”(JMU 建造)に搭載され、運航されている¹⁴⁾。

富士電機では 2011 年に船用 SOx スクラバー開発に着手し、2018 年に製品を初出荷した。同社のセンサー技術を生かして、ガス分析計を開発し、小型一体構造とし配置設計かつ艤装工事が容易になっているのが特徴である¹⁶⁾。この設置実績として、乾汽船のハンディマックス型バルカー“KEN SHIN”(JMU 建造)に搭載されている。乾汽船としては、まず既存船にスクラバーが物理的に搭載可能かどうかを検討し、当初は 3 万千重量トン級の新造船 3 隻に採用したフィンランドのバルチラ製を検討したが、サイズ的に難しいという状況であった。そこで、他メーカーのスクラバーを比較・検討したところ、富士電機製のコンパクトな装置であれば設置できることがわかり、これを採用する流れとなった。今後、同社の“KEN SHIN”以外に 3 万 4 千～3 万 7 千重量トン型バルカー 7 隻でスクラバー設置を計画している¹⁷⁾。

阪九フェリーでは、神戸～新門司航路に、2020 年に「せつつ」、「やまと」の 2 隻の新造船(三菱造船下関工場建造)を投入している。これらの船は、省エネや環境対策を強く念頭に置き、国内フェリーで初めて SOx 規制対応のスクラバーを搭載している。先代船の基本設計を踏襲しているため、船体寸法(全長 195m)は変わらないが、甲板が一階層増え高くなり、その上段の煙突内にスクラバーが設置されている。スクラバーは、主機と同様のバルチラ製のハイブリッド式インライン型であり、大型の化粧煙突の内部に搭載されている^{18),19)}。このスクラバー搭載型ファンネルは 100t クラスの重量となるが、大型船用煙突の製作を行っているイワキテック株式会社の長年のノウハウにより開発・製作が行われた²⁰⁾。

5. 外航海運船社等における対応

前章まで示した通り、海運各社においては、SO_x 規制への適応のために、「低硫黄濃度燃料油の使用」か「排気ガス清浄装置（スクラバー）の設置」の対応を行う必要がある。また、SO_x 排出が無い代替燃料（LNG 等）の使用という選択肢もあるが、現状では、実用化に向けた試験運用段階の途上にあると言える。

この研究のとりかかりとして、2018 年の段階で、船舶管理会社等からの調査を行うことができた。また、その後の 2023 年までに、外航船社の方々からの意見も聞くことができた。一方、2017~2023 年においては、海運関係の業界誌や関連学会等において、この規制への対応に関する記述が多くなされていて、この中から現場の意見に注目しての調査を行った。

2017~2018 年頃は、2020 年からの規制対応の完全実施に向けて、どう対応していくかが、関連業界に向けての大きな課題であった。ある船舶管理会社では、スクラバーを管理船数隻に艀装予定であったが、非常に高価なものであり、初めてのことでメンテナンス等で不安を感じているとのことであった。また、日本では低硫黄燃料で対応する船社が多いと見込まれていたが、その場合、低硫黄燃料を既存の燃料タンクに積むと混ざってしまい、硫黄分が規制の上限値を超えてしまうことが懸念された。実際に、外地の PSC 検査で、燃料油をサンプリングされて分析に出されることもあった。この対応については、大手船社で実施が検討されていて、一回低硫黄燃料を積んでフラッシングしてから低硫黄燃料をタンクに入れることを検討している状況であった。

こうした対応は、どれを取るにしても、船社等に、相当な負担増となることが懸念された。そうした状況の中、内航業界（日本内航海運組合総連合会・日本旅客船協会）は、国土交通省海事局に対して、SO_x 規制に適合した燃料油（規制適合油）の安定供給や、燃料油の供給サイドを含めた関係者による連絡会の設置等の国として諸支援を求めた要望書を提出している²¹⁾。2018~2019 年の段階²²⁾⁻²⁴⁾になると、国土交通省の指導と支援、関連業界や団体の努力により、低硫黄燃料油の安定的な供給ルート確保、複数メーカーによる実用的なスクラバーの開発と製品化が現実的に進められている。

2019 年 2 月に行われた、(一社)日本船舶品質管理協会のセミナー²⁵⁾では、ある外航船社より、「燃料油硫黄分規制（SO_x 規制）に関する対応状況」の報告があるが、ここでは現場の声として、スクラバー設置や低硫黄燃料油使用に伴う船員サイドや造船サイドから見た諸問題が示されている。

2019 年 3 月には、(一社)日本船主協会による「環境セミナー」が開催され、「SO_x 規制に関する国際動向 2020 年」²⁶⁾というタイトルで、海運会社が行うべき対応についての情報提供が行われている。

そして、2020 年の規制の完全実施後には、関連業界や団体より、対応状況の報告²⁷⁾がなされている。ここで、大手船社からは、「SO_x 規制強化が燃料改革を促す“ドライバー”となった」、「船陸間のきめ細かな対応により船を止めることなく適合油に移行」といった意見が出ていて、大手船社では、その総合力で、この問題に綿密に対応し、また船舶燃料の改変の将来も見据えていることが分かる。

ここで外航海運各社のホームページ等の公開情報からの、当規制への現場での対応状況を示す。

日本郵船株式会社²⁸⁾では、規制に適合する油（低硫黄燃料油）の使用、SO_x スクラバー（排ガス脱硫装置）搭載、LNG 燃料等への転換の 3 つを選択肢として、個船ごとに最適な対応を進めてきた。2020 年 1 月からの適合油への切り替えを安全かつ確実に行うため、社内プロジェクトを立ち上げ、切り替えを適切に行うとともに、適合油のエンジン機器への影響も最小限に留めてきた。こうした対応により、大きな混乱も無く、確実な調達とともに機器が適切に運用されているということである。

株式会社商船三井²⁹⁾では、「低硫黄の規制適合油を主、スクラバーを副」として対応を進めてきた。2016 年 10 月に開かれた海洋環境保護委員会 (MEPC) で、SO_x 規制強化が 2020 年 1 月 1 日に決まりその後、社内にて委員会を立ち上げ、最初の課題は「2020 年以降、規制適合油の供給が世界的に足りるのかどうか」とし、その後、オイルメジャーや日本の石油元売り、商社などを対象に聞き取りを広く実施した結果足りると結論付けた。この時に適合油の使用が「主」で、スクラバーの搭載が「副」という方向性が決まり、スクラバーを設置することで従来燃料油は使い続けることができるが、ドック工事やスクラバー設置のキャパシティに限界があること、また会社の技術要員も限られることから、これは「副」の対応となった。しかし、「主」の対応の実施後に、VLSFO（低硫黄燃料油、硫黄分 0.5%）の硫黄分が 0.5% を超過したケースが 30 件強、燃費悪化などを招く燃料タンク内のセジメント（沈殿物）が規定値を上回るケースが約 10 件それぞれ報告されたとある。また、規制に適合していない従来の高硫黄重油 (HSFO) を 2019 年中に消費しきれず、最終的に陸揚げしたケースがあったともある。一方、スクラバーへの取り組みとして

は、設置効果の大きな船種、具体的には ONE (Ocean Network Express) コンテナ船以外であれば、船型の大きなケープサイズバルカーと VLCC (超大型原油タンカー) を中心に搭載しているという。また、構造上他船種と比べて搭載難易度が高い自動車船を対象とした、スクラバー搭載技術の開発も行っている³⁰⁾。

川崎汽船株式会社³¹⁾でも、SOx 規制対応については、2018 年 11 月に社内横断的に環境・技術委員会を立ち上げた対応を行っている。これにより、支配船約 330 隻に対して、規制開始までに滞りなく適合油への切り替えが行えている。そして、2020 年 1 月からの半年間において、細かなトラブルはあったものの、船が止まる事態には至っていないと報告されている。一方、同社では、4.2 で示したように、三菱重工株式会社、三菱化工機株式会社と共同開発した SOx スクラバーシステムを、7,500 台積み大型自動車運搬船“DRIVE GREEN HIGHWAY”に搭載して、2016 年より試験運用に取り組んできた。この実証試験を重ねてきた結果、このスクラバーシステムが一般財団法人日本海事協会 (NK) による排ガス浄化装置ガイドラインの適合性審査に初めて合格した。これにより、当船はパナマから実効性が立証された排ガス浄化装置を搭載した船舶であることが認められ、2017 年 1 月に国産 SOx スクラバーシステムとして同国籍の船で初めてとなる証書を授与されている。この承認結果は、すでに国際海事機関 (IMO) のウェブサイトを通じて海洋汚染防止条約の各締約国へ通知されているとある。このシステムでは、主要構成機器がコンテナパッケージ化されている。これより、機器を船外の甲板上等に設置することができ、限られた船内スペースの有効利用が可能となり、艀装期間の短縮にも寄与でき、コンテナパッケージは比較的容易に取り外して他船への載せ替えができるため、高齢船に搭載する際の障壁も低くなるとある³²⁾。

一方、NS ユナイテッド海運株式会社の社報³³⁾では、スクラバーを新設した船での機関長による取り扱い状況の紹介が行われている。2020 年 1 月からの SOx 排出規制強化に対応するため、この船では上海のドライドックで SOx スクラバーを搭載した。この機器は自動運転され、インターネット等から運転・保守整備に関する情報を得ている。設置後の海上試運転では、若干の機器調整を要したものの、その後は全体としては順調に稼働し、現在は通常航海中には、自動運転をしているとある。ここで、担当船員が運転状況や数値を細かくチェックし、本社に毎日報告するとともに、何か問題があれば保船監督を経由し

メーカーの指示を仰いでいるとのことである。

これら事例に示したように、海運界では SOx 規制に対応すべく、ハード (スクラバー開発や適合油の安定供給) とソフト (船員が操作や管理すべき業務の制定) の整備が順次に進められたことが分かった。

6. まとめと今後の展望

2020 年 1 月 1 日からの、大幅な SOx 規制強化の開始に向け、国土交通省、船会社と日本船主協会等の関連団体、造船会社・船用機器メーカー・石油関連業社と関連団体等が試行錯誤しながら、舶用の最適なスクラバーの開発や設置方法の検討、低硫黄燃料油を開発や導入及び管理方法の議論が成されてきた。こうした各方面の連携した努力の成果で、その後の船舶運航で、幾つかのトラブルは生じているものの、全般的には円滑に運航されていることが分かった。

例えば、海外寄港において、検査において不具合があった事例が紹介されている³⁴⁾。これは、燃料油を切り替え対応していた船が、米国に入港前に C 重油から低硫黄燃料油に切り替えたがカルフォルニア港帰港時に環境当局の検査官が乗船し発電機器の燃料油ストレナーから、使用燃料のサンプルを採取分析の結果、基準値 0.1% を超える 0.18% を検出され規制違反となった。問題点はタンク底部に溜まったスラッジの処理が行われていなかったためとある。一方、ある内航船社からの報告³⁵⁾では、小型船を中心とした 33 隻を A 重油船、残る 10 隻を C 重油対応船とした報告がある。ここで、スクラバー設置を行わなかったのは、低硫黄燃料の供給の目途がたつたためとのことで、国土交通省への要望書提出²¹⁾の効果があつたと思える。また、C 重油船を A 重油船に切り替えたことで、機器整備作業等での、機関部船員の労務が軽減されたとの報告があつた。引き続き、こうした現場の対応状況の調査を行いたい。

この規制強化への対応の別手段として、LNG、アンモニア、水素等の新代燃料の導入が検討³⁶⁾され、これらを用いた小型船や、SOx 排出をほぼゼロにできる LNG 燃料内航貨物船の運航も実施されているので³⁷⁾、この現状と将来展望の調査も行っていきたい。

本研究については、海運、造船、船用機器の製造、環境計測や評価等の現場でご活躍されている皆様より、多くの貴重なお話を聞かせて頂いております。ここで、先行研究を行っていた韓国船級東京支部の金村昌之氏からは貴重な多くの助言を頂いております。また、当研究は一般財団法人山縣記念財団 2021、2022 年度助成補助金により実施しています。ここに、ご協力を頂いた皆様に謝意を示させていただきます。

参考文献

- 1) 日本船主協会・日本海事センター, 日本の海運 SHIPPING NOW 2023-2024, pp. 44-47, 日本海事広報協会 (2023)
- 2) 日本船主協会, 海運業界の挑戦 地球・海洋環境の保全に向けて, pp. 44 (2018)
- 3) 千葉元・金村昌之, 船舶における海洋汚染防止関連規制への対応の実情に関する調査, 大島商船高等専門学校紀要第 54 巻 (2021)
- 4) 国土交通省海事局, 海事分野における SOx 規制の概要及び国土交通省の対応について (2019)
<https://www.mlit.go.jp/common/001292832.pdf>
(2023. 9. 29 確認)
- 5) 国土交通省海事局, IMO (国際海事機関) の概要,
https://www.mlit.go.jp/maritime/maritime_tkl_000035.html (2023. 9. 29 確認)
- 6) Class NK, SOx・PM 規制,
<https://www.classnk.or.jp/hp/ja/activities/statutory/SOxpm/index.html> (2023. 9. 29 確認)
- 7) 2019 年度版 海技試験六法, 成山堂書店 (2019)
- 8) 2020 年度版 海技試験六法, 成山堂書店 (2020)
- 9) 一般財団法人日本海事協会, NOx・SOx 排出規制の概要, KAIUN43, 日本海運集会所, pp. 42-44 (2015)
- 10) 技術資料「一般海域 2020 年適合油の製造方法と品質について」他, マリンエンジニアリング, pp. 14-24, 日本船舶機関士協会 (2020)
- 11) 船舶分野における排ガス規制動向と規制対策技術, KANRIN 92, pp. 1-23, 日本船舶海洋工学会, (2020)
- 12) 第 66 回海洋教育フォーラム (広島)・広島県東部から見た造船業と瀬戸内海, 日本船舶海洋工学会 海洋教育推進委員会 (2020)
- 13) ドライバルク市況 回復継続、需給改善さらに進展 スクラバー搭載工事が潜伏供給抑制, COMPASS January 2019, 海事プレス社, pp. 14-15 (2019)
- 14) 一般海域の規制強化に向け“3つの解決策”からさらに進化か, KAIUN 2017. 5, pp. 18-19, 日本海運集会所 (2017)
- 15) 船舶分野における排ガス規制動向と規制対策技術, KANRIN 92, pp. 1-23, 日本船舶海洋工学会 (2020)
- 16) 青木幸男・東亮一, NOx/SOx 対策の最新動向 SOx スクラバー, 15) の pp. 8-11
- 17) 日本海事新聞, 【インタビュー スクラバーのレトロフィット】(上):乾汽船社長・乾康之氏「SOx 規制混乱回避」、JMU 因島工場長・岡野修覚氏「日本の技術力を証明」(その 1)
<https://www.jmd.co.jp/article.php?no=252805>
(2019 年 12 月 20 日掲載, 2023. 09. 29 確認)
- 18) 環境対策対応のスクラバーを装備した国内初のフェリー, にっぽん全国たのしい船旅 2020-2021, pp. 29-31, イカロス出版 (2020)
- 19) 瀬戸内海航路最大級の新造フェリー「せつつ」が進水, KAIUN 2019. 9, pp. 10-11, 日本海運集会所 (2019)
- 20) 製品情報 スクラバー搭載型ファンネル, IWAKITEC 社内報 躍進 No. 35, イワキテック株式会社 (2020)
<https://iwakitec.co.jp/news/wp-content/uploads/2019/12/社内報No35.pdf> (2023. 09. 29 確認)
- 21) 航路が維持できなくなる!? SOx 規制強化に向け、内航業界がアクション, KAIUN 2017. 3, pp. 36-37, 日本海運集会所 (2017)
- 22) 迫る、SOx 一般海域規制 解決策の現状と課題, Compass September 2018, 海事プレス社, pp. 10-27 (2018)
- 23) 2019 年 海運・造船市況予測 改善の継続性は SOx 規制の影響現出, COMPASS September 2019, 海事プレス社, pp. 12-21 (2019)
- 24) SOx 規制強化まで秒読み 海運業界の準備状況は, COMPASS September 2019, 海事プレス社, pp. 24-37 (2019)
- 25) 燃料油硫黄分規制 (SOx 規制) に関する対応状況, 「環境に関する国際・国内基準の動向と対応状況」に関するセミナー資料, 日本舶用品品質管理協会 (2019)
- 26) 森本清二郎, SOx 規制に関する国際動向, 日本船主協会「環境セミナー」講演資料 (2019)
<https://www.jsanet.or.jp/environment/pdf/env20190318-2.pdf> (2023. 9. 29 確認)
- 27) 特集 検証 SOx 規制強化, KAIUN 2020. 8, 日本海運集会所, pp. 24-39 (2020)
- 28) 日本郵船株式会社ホームページ, 環境規制,
<https://www.nyk.com/esg/envi/regulation/>
(2023. 09. 29 確認)
- 29) 特集 インタビュー SOx 規制強化が燃料改革を促す“ドライバー”となった, 27) の pp. 24-27
- 30) 株式会社商船三井ホームページ, 就航船への SOx スクラバー搭載検討プロジェクトが船級付記符号を獲得,
<https://www.mol.co.jp/pr/2017/17019.html>
(2023. 09. 29 確認)
- 31) 特集 船陸間のきめ細かな対応により船を止めることなく適合油に移行, 27) の pp. 28-31
- 32) 川崎汽船株式会社ホームページ, 国産の船舶用 SOx スクラバーシステムが初めて船籍国による承認を取得, <https://www.kline.co.jp/ja/news/car/car-6154782441510709384.html> (2023. 09. 29 確認)
- 33) NS ユナイテッド海運株式会社, 社内報「ゆないてつど 2019 Vol. 48 秋号」, p. 23 (2019)
- 34) 乾汽船株式会社, 「環境に関する国際・国内基準の動向と対応状況」セミナー資料, p. 19, 日本船舶品質管理協会 (2019)
- 35) 特集 規制適合油の性状にばらつき内航業界の懸念を訴える必要, KAIUN 2020. 8, pp. 32-35, 日本海運集会所 (2020)
- 36) 1) の pp. 44-47
- 37) 初の LNG 燃料内航貨物船, COMPASS July 2021, 海事プレス社, pp. 52-57 (2019)