

シンポジウム：地球規模の環境汚染に関する科学と政策（1）

船舶からの硫黄酸化物及び粒子状物質の排出規制： 地球規模での大気汚染対策の意義と影響

記録集



2021年11月29日

目次

プログラム	1
国際海事機関（IMO）における SO _x 規制の概論および遵守確保に係る意義と課題	2
坂本 尚繁（（公財）日本海事センター 研究員）	
国際海事機関（IMO）における大気汚染規制の歴史と将来	4
華山 伸一（IMO 燃料供給可能性調査・第4次 GHG 調査 コンソーシアムメンバー）	
観測および数値シミュレーションに基づく規制強化の効果	8
櫻井 達也（明星大学 理工学部 准教授）	
船舶分野の規制の特徴	11
村上 裕一（北海道大学 大学院法学研究科 准教授）	
総合討論	13
（司会）増沢 陽子（名古屋大学 大学院環境学研究科 准教授）	
坂本 尚繁、華山 伸一、櫻井 達也、村上 裕一、長田 和雄	

プログラム

開催日時：2021年11月29日（月） 13：30～16：30

（講演の持ち時間には10分間の質疑応答を含む）

13:30～13:35 長田 和雄 （名古屋大学大学院環境学研究科 教授） 開会の挨拶

13:35～14:05 坂本 尚繁 （（公財）日本海事センター 研究員）

「国際海事機関（IMO）におけるSO_x規制の概論および遵守確保に係る意義と課題」

14:05～14:45 華山 伸一 （IMO 燃料供給可能性調査・第4次GHG調査コンソーシアムメンバー）

「国際海事機関（IMO）における大気汚染規制の歴史と将来」

14:45～14:55 休憩（10分間）

14:55～15：35 櫻井 達也 （明星大学理工学部 准教授）

「観測および数値シミュレーションに基づく規制強化の効果」

15:35～16:05 村上 裕一 （北海道大学大学院法学研究科・公共政策学連携研究部 准教授）

「船舶分野の規制の特徴」

16:05～16:25 総合討論 （司会）増沢 陽子 （名古屋大学大学院環境学研究科 准教授）

坂本 尚繁、華山 伸一、櫻井 達也、村上 裕一、長田 和雄

16:25～16:30 山岡 耕春 （名古屋大学環境学研究科 研究科長） 閉会の挨拶

主催：名古屋大学 環境学研究科

共催：名古屋大学 フューチャー・アース研究センター

国際海事機関（IMO）における SOx 規制の概論および遵守確保に係る意義と課題

（公財）日本海事センター
坂本尚繁

講演要旨

2020年1月より、海洋汚染防止（MARPOL）条約附属書VIに規定される船用燃料の硫黄分濃度規制の強化（SOx 規制）が実施されている。硫黄酸化物（SOx）や粒子状物質（PM）による環境や人の健康への被害・悪影響を、世界全体で改善することを目的とする本規制の公平な実施には、適切な遵守確保措置の導入が必要となる。

SOx 規制を含む MARPOL 条約をはじめとした国際海事機関（IMO）の国際規制の特徴は、個船を規制の実質的な対象とすることにある。旗国主義とオープン・レジストリーの普及を背景として、IMO 規制の遵守確保は、旗国の責任を寄港国検査（PSC）で実質的に補完する方式により行われてきた。ただし寄港国の領域管轄権を基礎として行われる PSC では、寄港国の領域管轄権が及ばない水域における船舶の行動に対し、執行を行うことが原則できない。

SOx 規制は、公海での非適合油の使用を禁止するという点において、IMO 規制の遵守確保方式の限界を超える可能性があった。しかし IMO では非適合油の船上保持自体の禁止等の対策を導入することで、規制を寄港国による執行が可能な形で実施した。PSC は国家の義務ではなく権利であることなど潜在的な限界・課題もあるが、実効性の高いグローバル規制を導入した SOx 規制の事例は、GHG（Greenhouse Gas、温室効果ガス）削減など今後の IMO における更なる環境規制の導入・実施を検討する際に、先例的価値を有しうる。

質疑応答

長田： 規制の遵守には費用がかかると思います。厳しくやろうとすると多くの検査官を雇用する必要があります。例えば港湾の規模当たりで必要な検査官の数や、抜き取り検査数についての指針はありますか。

坂本： IMO で、SOx 規制に適用される実施ガイドライン等の文書が策定されております。また、ポートステートコントロール（Port State Control、寄港国検査）の実施・協力体制に関する MOU（Memorandum of Understanding、覚書）に基づいて地域ごとに情報共有を行うほか、検査キャンペーンを行うなど、国際協力によって遵守の精度を上げる取り組みがなされております。

長田： 違反数については報告されるのかもしれませんが、逆に、どれくらい守ったかという良い方については調べる手立てがないのでしょうか。

坂本： 違反に関してブラックリストがつけられておりますほか、地域 MOU の下で統計資料を含む年次報告書が公表されております。

長田： 日本の場合には罰金が1千万円以下ということですが、他の国もだいたいこれぐらいが相場ですか。

坂本: 具体的な各国それぞれの動向は把握しきれませんが、罰金額については各国それぞれが決定することとなっております。

華山: 今のお話に補足させていただきます。まず罰金の話ですが、日本国はこの硫黄分超過に関しては、過去において罰金を科したことはありません。2020年からですのでたいした時間ではないんですけど。というのは先ほど拘留という言葉が出てきましたが、船が本来出航しなければいけない予定時間を過ぎて、日本国の例えば横浜港に留め置かれるということだけで、その本船側は非常に経済的な負担になるわけで、ディテンション(detention 拘留)と申し上げますけれど、detention したということだけで、ある意味でPSCが強いパニッシュメントを課したという形になると思います。もちろん伝家の宝刀であって抜かないに越したことはない、そのようにお考えいただけたらと思います。

それから今のディテンション率ですけれども、いい船主さんでも軽度重度を含めていくと、毎年ざっくりと5%弱ぐらい、隻数でディテンションを受ける、そのぐらいの正直レベルでございます。けっこう厳しいです。先ほど申し上げました、私が関係しております船級協会においても、ディテンション率を下げるということが逆に目標になっているんですけど、隻数で毎年約5%前後がどこかの国で何らかの理由でディテンションを受けています。

長田: 留め置かれた場合の経済的損失は大きそうですね。

増沢: そもそも公海上の船舶については本来旗国が責任を持って規制の遵守を確保しなければならないのだとすると、それをしていない旗国に対し寄港国や他の条約締約国が(旗国の条約締約国としての)条約上の義務の不遵守手続を申し立てる、そうした仕組みはないのでしょうか。

坂本: 関係者へのヒアリングによりますと、基本、旗国が手続を取るということはほとんどなく、だからこそ現状では、寄港国で執行を行う体制を整備することが重要と聞いております。旗国よりも、(ボランティアなものではありますが)寄港国による執行で条約の遵守を確保していく形が、IMOの方式の特徴であり現状と考えております。

増沢: ありがとうございます。

国際海事機関（IMO）における大気汚染規制の歴史と将来

IMO 燃料供給可能性調査・第4次 GHG 調査 コンソーシアムメンバー
華山 伸一

講演要旨

本発表では、まず国際海事機関(IMO)における SO_x・PM 規制を中心に、大気汚染規制に関する IMO の議論の歴史について紹介する。船舶から排出される SO_x による SO₂ および PM 環境濃度への寄与度は地理的に大きく異なる。このため、全世界で汚染防止のために規制値を統一することに対しては、一部の国から疑問を呈されることがある。一方で、異なった地域規制が乱立すると、これらの規制海域を往来する船舶のため、多種の燃料を全世界で生成貯蔵し、各港湾において供給体制を整備する必要がある。更に規制対応燃料の安定的な製造方法と、発展途上国や大規模港湾に対する供給量の検討も必要となる。また船上では、各燃料への切り替え作業が多く発生することから、その際に性状が異なった燃料の混合により発生するスラッジや沈殿物による機関トラブルの発生リスクが大きくなる。このような、そう反する複数の評価軸を考慮しながら、一般海域と排出規制海域の二つの海域において、燃料中硫黄分は2段階に設定されている。特に PM_{2.5} 大気環境の改善を意図して、更に厳しい規制を望む提案も一部では提出されているが、燃料中硫黄分に関し具体的な動きがない。たとえば、排出規制海域は、欧州北側と米加国沿岸での設定以降、新たな設定は要請されていない。今後は GHG 削減の観点から、硫黄分の多い重油から、LNG やメタノールへ、更にはアンモニアや液化水素などのゼロ低炭素燃料への切り替えが早い段階で要求されるような CO₂ 排出規制が予想される。これに伴い、SO_x・PM 排出量も急激に削減することが期待できる。

次に、このような規制の枠組を支えるための遵守確認手法について概説する。IMO の管轄外である燃料製造元において硫黄分の品質を直接確保する手段がない。このため、規制を担保するために、様々な手法が取り入れられてきた。①購入時に発行される書類による確認、②船舶に供給された燃料サンプルの採取とその分析、③実際に試用された燃料サンプルの採取とその分析、④排ガス中の SO₂ 濃度測定、そして⑤沿岸からのリモートセンシングについて紹介する。

質疑応答

長田： 将来的には LNG のように綺麗な化石燃料を使う方向にあるから、燃料中の硫黄分にこれ以上注目してもしょうがない、という内容が興味を引きました。LNG を使う新造船と入れ替わるまで、車と同じで船もおおよそ 20 年ぐらいかかるというのをどこかで読みました。そうすると、今から造っても新しい船に全部が置き換わるには相当時間がかかると思います。

華山： 黙っていれば 25 年かかります。ただ今回の規制というのは、既存船に対しても 25 年を待たずして、環境性能としては E 評価をもらうというのが、25 年を待たずしてきてしまうんですね。そういたしますと、船は使いたいんだけど、クリーン燃料に切り替えないと、その船が 25 年使い続けられないという形に

なりますので、結果的には船舶の寿命と実際に使っている燃料がある意味で言うと切り離される、そういうような形を、規制する側も当然頭をひねりますので、2050年まで25年かかって、1ラウンド回っていても間に合わないということで、現在、今申し上げたような規制の導入が検討されているということでございます。

長田： 華山先生のプレゼンの中では、このあたりの事情を省略されてしまったので、図を使った説明をしていただくとわかりやすいです。

華山： (スライド:MEPC76で導入が決定した新たなCO₂削減ルール)左側のEEXIを無視して右側のCII規制だけを見てください。燃料実績格付け制度というのが2023年1月1日から適用されます。これ以降すべての船は毎年燃料の種別に燃料消費量とその年に走った運航距離を旗国に対して提出しなければいけないというものです。この提出されたデータに基づいて、旗国は良い性能のAから最も悪いEまで、お前の船は環境性能がA評価、お前の船は全然だめでE評価、というところまでの評価をIMOが作った、統一した物差しによって作るというシステムになっております。E評価を受けた場合には改善計画を出して主管庁が認証するということになっているんですけども、この評価の物差しが毎年どんどん厳しくなるというのがミソでして、2023年では19年に対して5%、次の年はプラス2%で7%、9%と。その後は毎年3~4%ずつ減っていくことになるんです。つまり2019年にC評価、通信簿で言えば3をもらった船も10年ぐらい経つと1になってしまうということになっています。もちろん、黙って1を食らうバカな船主さんはいらっしゃらないので、減速航行などして自ら改善すると思うんですが、それでも間に合わなければ、先ほど長田先生がおっしゃったような、燃料をいい燃料に替える。この場合は低炭素の燃料、あるいはバイオ燃料に替えるという方策が必要になるわけで、それが結果としては低硫黄分の燃料を使うという副次的な効果も導かれるだろうと、そういう推測でございます。

長田： そうすると、船を造る、あるいは改造する業界では、規制強化を進めるほど儲かると思います。そういう人たちもIMOの会議には参加しているのでしょうか。

華山： 非常にいい質問で、実は裏腹でございまして、一気に受注が来しまうと、そもそも世界の造船所が足りないんです。あるいは今時ですので造船所で働く人が足りない。中国ですら良い人材が足りなくて大変だということで、明日から例えば毎年4千隻、現在ある船の改造、あるいは建て替えを含めてきてしまいますと、現在の日中韓の造船所ではとても対応できない。造船所サイドでは規制の適用がゆっくりでないと、逆の意味で企業の経営にリスクが出てしまう。そういう判断をなさっている方が多いかなと思います。

長田： 段階的に少しずつ長く、新造と改造を続けられる方が、造船会社としてもありがたいということですね。

華山： はい、IMOに参加している環境NGO側ではこんな削減率ではとても手ぬるいと、2030年には一気に50%まで下げると当然主張なさいますので、そこで当然、議論がぶつかり合うということになるわけです。

村上： ご講演の中で、硫酸塩粒子の地球空冷化効果と人体健康影響のどちらを優先的に考えるべきか、というお話がありました。地球空冷化は地球温暖化対策につながり得るものですが、人体に悪影響を与えるから硫黄分の規制が必要だということになっています。これらの折り合いの付け方について、実際の規制の策定過程ではどのような議論があるのでしょうか。

華山： 北欧からこの2つの異なった規制をある種合体させて、どちらの方が時間的に優先順位が高いのか。あるいはコンプロマイズドした、0.5%ではない数字を出すのか、そういったような議論の場を MEPC (Marine Environment Protection Committee、海洋環境保護委員会) の中でつくるべきだと、というような提案は過去においてありました。しかし、今日の時点ではこのMEPCにおいても人体健康影響を議論する大気汚染のアジェンダ、議題ですね、それから GHG 削減のアジェンダというのは、そもそも議事次第の中で独立したこととなっているので、その両者をハーモナイズしようという議事、あるいは議事進行は正直ない。それぞれが部分最適化を図ってしまっているという状態です。ただもちろん議論としては、隣で空気冷えるぞと言ってるぞと、マイクを通して言うやつは当然出てくる。このように言葉だけが飛び交う建設的ではない議事進行が行われているということだと思います。

村上： すると、全体最適の視点で一緒に議論する会議は IMO にない、ということですね。

華山： すでに二度ほど北欧諸国からそういう提案はあったんですけども、実際の議事進行としてそういった形に反映はされておられません。議事録では単に Note すると。重要だよねということ Note しておしまい。横に追い払われているというのが現状だと思います。

長田： (スライド:IMO における大気汚染規制に関する議論の歴史 4. 2020 年規制レビュー時における主な論点) 左下の図についてです。この図の論文 (Sofiev ら, Nature Communications, DOI: 10.1038/s41467-017-02774-9, 2018) には、海の上でエアロゾルがこれだけ減ると温暖化がこれだけ、という見積りがありました。国交省のサイトの資料にも出ていたので、こういう研究成果も資料としてすぐに採用するのかと驚きました。

Q&A にひとつ質問が来ました。国立環境研究所の伏見先生から、「健康リスク評価は本当に正しいのかという指摘がいまだに強くあるというお話でしたが、そうであればなぜ 2020 年からの燃料の硫黄規制が合意できたのでしょうか。」という質問です。

華山： 健康リスク計算がサイエンティフィックではないということを、全員が主張しているわけではございません。左下の早期死亡人数の減少というのはフィンランドが計算をして、これは EU、業界用語ではコーディネートという言い方をしますが、EU 加盟国は全員 26 カ国支持に回るんですね。そういたしますと、声の数としてもそれなりのボリューム感のある形になります。そうなるともはやサイエンスの理論ではなくて、通常の議事に於いては IMO は投票はできるだけ避けるのですが、議論が揉めると、言った国の数ということになって、このときの 2020 年もしくは 2025 年に延期するかという際においては、EU が 26 カ国まとめて支持を表明したなどで、結果的には多数決で 20 年実施が通っている、そういう状況です。従ってそれぞれが納得して 2020 年になっているかという、必ずしもそうではないところもあると思います。

長田： ECA (Emission Control Area、排出規制海域) を設定したアメリカや EU が規制を実施して、例えば油の供給とかコントロールのやり方は、世界的に規制するときにも役立ったと思います。具体的にはどうでしたか。最初に ECA を設定して規制を実現するには苦勞したと思います。

華山： かなり苦勞なさっていますが、ECA において必要な燃料は全体のマスからいくと、たいした量ではないんですね。この右端の図(スライド:IMO における大気汚染規制に関する議論の歴史 3. 外航船の全体像)、見えにくいんですが、橙色でハッチングしているのが 0.5%の燃料の消費量、上の水色でハッチングしているのがいわゆる ECA で使われる 0.1%の燃料の消費量です。世界全体で見ますと船種によりますが多くても1割、2割ぐらい。従って欧州において 0.1%の燃料を十分供給できた、あるいはアメリ

カにおいて 0.1%の燃料を供給できた。だから、じゃあその 10 倍の量を供給できますかという話になると、やや無理があるのかなと思います。従いまして、きちんとした調査をしましょうということになったわけです。当時、世界情勢として2つラッキーなことがありまして、ひとつは欧州のディーゼル車のスキャンダルがあって、ディーゼル車向けの軽油の需要がかなり緩んでいたということが一点。それから二点目に、ちょうど米国においてシェールガスオイルが一気に市場に供給され始めた頃だったものですから、努力というよりも外的な要因2つで、比較的燃料の供給についてはうまくいったということで、2020 年の供給に関しては大きな障害あるいは大きな品不足、そういったものは現状では生じていない。業界記事などでも量に関しては特に聞いておりません。

長田： 燃料中の硫黄分を 3.5%から 0.5%に変えると、経費としてはどのくらい変わるのでしょうか。

華山： これ非常に評価が難しく、当初はトンあたり 100 US \$ ぐらい上がるんじゃないかという予測もあったんですが、実際にはそこまでは上がらなかった。そして COVID-19 が来てしまったので、何が要因でそれほど上がっていないか、現状では分析はなかなか難しいかなと。このあとの櫻井さんも同じだと思うんですけど。コストについてもなかなか出てきていないというところでは。

長田： 発表スライドを見ると、給油している国もけっこう違います。国によっても燃料の価格は違うのでしょうか。

華山： そうですね。(スライド:IMO における大気汚染規制に関する議論の歴史 3. 外国船の全体像)この4カ国で言えば、今一番安いのはシェールガスオイルの恩恵を受けている米国だろうと思います。その次がシンガポール、中国ぐらいでしょうか。欧州はやはりこの3つに比べると高めになります。

長田： ありがとうございます。

観測および数値シミュレーションに基づく規制強化の効果

明星大学 理工学部
櫻井 達也

講演要旨

本報では、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF20185002)により実施された「2020年船舶燃料油硫黄分規制強化による大気質改善効果の評価(2018~2020年度)」の成果概要を紹介する。

2020年の船舶燃料油硫黄分規制強化(以下、規制強化)によるPM_{2.5}汚染の改善効果を定量的に評価するにあたり、瀬戸内地域を対象として、二次生成物質を含めた長期・広域的評価と、一次物質による短期・局所的評価を、観測と数値シミュレーションのそれぞれにより実施した。

長期・広域的評価では、規制強化の開始(2020年1月1日)前後それぞれ1年間にわたり、瀬戸内海沿岸部においてPM_{2.5}等の濃度と、地表付近の汚染物質の挙動に影響する境界層高さを測定した。これらのデータを、国等による気象・大気質および船舶交通量等のデータと併せて整理し、規制強化の効果を観測ベースで評価した。別途、非定常三次元オイラー型の気象・大気質モデルにより規制強化の効果を求め、観測とモデルの双方で規制強化の効果を評価した。更に、モデルにより瀬戸内地域の船舶排出物質が沿岸域のPM_{2.5}に及ぼす過程を解明するとともに、規制強化後のPM_{2.5}に対する船舶排出物質の寄与度を推計した。これらの計算に必要な船舶排出量データは、2015年度(実績)と2020年度(予測)を対象に作成した。

短期・局所的評価では、船舶が眼前を航行する関門海峡早鞆瀬戸の両岸において一次物質(SO₂, NOx, 粒子状物質)の濃度を測定した。1回の観測は約2週間とし、航路に直行する風向が卓越する夏季に複数回実施した。通過船舶の有無と気象データから濃度データを整理し、規制強化による船舶寄与濃度の変化を解析した。また、求めた船舶寄与濃度から拡散モデルにより船舶の排出強度を逆推計し、規制強化による排出量の変化を定量的に評価した。

上記解析を通じて、2020年の規制強化は、瀬戸内地域の大気質改善に寄与したことを確認した。併せて、規制強化後におけるPM_{2.5}対策においては、大規模発生源を優先的に検討すべきであることを示唆した。

質疑応答

長田: 実測のデータについてご紹介いただきました。今日の参加者のなかには文系の方々もいるので、AISと衛星AIS、A重油・C重油の違いについて、少し説明してください。

櫻井: AIS(Automatic Identification System、船舶自動識別装置)は、船舶の航行状況を衝突防止などを目的として、個々の船舶の位置情報を把握するものです。その中には動的情報と静的情報があり、静的情報としては船舶の固有情報、動的情報には、今どこにいて、どこに向かっているのか、走る速さ、そう

いったものを陸上のアンテナで受信するものを陸上 AIS と言い、衛星データでも取られているので、そういったものを私の方では衛星 AIS と呼ばせていただいています。

A 重油・C 重油については蒸留の違いで、硫黄分の少ない方が A 重油で、硫黄分の多いのが C 重油。この排出量をつくる段階ではそういうふうに説明させていただきました。

華山先生、追加説明はありますでしょうか。

華山： A 重油・C 重油という名前ですが、国内だけで通用する名称です。旧 JIS 規格において A 重油・B 重油・C 重油の区別があり、硫黄分以外の基準値が、国内向けにありました。かつては C 重油が船用で使われる燃料に nearly イコールだった時代もあります。しかし今日の時点では私の発表でも申し上げましたが、内航向、外航向如何にかかわらず、昔の言い方で言う C 重油というのは、もう使われていないという状況です。なおかつ蒸留の有無というだけで区別はできません。櫻井先生のお話のなかでは、硫黄分に着目してということだったので 0.5%以下の油を C 重油というネーミングにしたと。それよりもかなり良い油、日本には ECA がないので、それが 0.1%なのか発電所向けの 0.05%なのかはわかりませんが、0.5%の船用燃料よりももう少し良い燃料を A 重油とおっしゃっているのではないのでしょうか。内航向けには今でもまだ A 重油 C 重油の JIS が残っているので、内航に関しては正しいと思います。外航に対して C 重油だとラベリングするのは実態とは合わないと思います。

櫻井： Sulphur Fuel Oil というラベリングになっているのでしょうか。

華山： そうですね、VLSFO、ガイドラインでは Very Low Sulphur Fuel Oil という規格名で 2020 年以降使用することになっています。

長田： ヴァナジウムがかなり減っていたというお話でしたが、Environmental Science & Technology に先日掲載された中国沿岸での論文にも同様の結果が出ていました。ヴァナジウムはよく船舶由来のエアロゾルの指標に使われますが、成分として他に何か減ってるものはありますか。

櫻井： そうですね、ここでは硫黄成分に着目したので、把握できておりません。

長田： よく使われるヴァナジウムとニッケルの比はいかがでしたか。

櫻井： 今回は解析出来ておりません。

長田： 硫黄を取り除く過程でヴァナジウムも一緒に除去されているからこうなったという理解ですか。

櫻井： 文献の中では低硫黄燃料をつくる時にヴァナジウムが減っているという事例もいくつかあったので、今回それを適用して規制の強化の指標にさせていただきました。

長田： 19 枚目のスライド(規制強化前 2019 年 8 月～9 月の測定値 短期・局所的評価)で、SO₂と CO₂の測定値のグラフがあります。SO₂はベースライン、ゼロに近いんですが、CO₂のベースラインは 400ppm を切るくらいに変化していたんですね。

櫻井： そこは、違ったということです。原因は把握できていません。

長田： 成果の概要で示されたいように、PM_{2.5}のローカルな排出量として絶対値が大きいのは、陸上の排出源によるものということでしょうか。

櫻井： 規制強化の前までを考えれば船舶の寄与というのはありまして、今回の規制強化によって環境基準達成率向上につながるということが見えてきた。今後、船に対する新たな規制の必要性とか優先順位を考えたときに、当然ながら陸の対策が優先順位が高いであろうし、船に対する規制が国内マターにしづら

い部分もあると考えております。そう考えると、関係行政としてやれること、やれないことがあると思いますので、そういった優先順位の位置づけになります。

長田：片方が下がってくると、もう片方の排出量が目立つようになり、次にどこがそのコストを担うのか、という話になります。ありがとうございました。

船舶分野の規制の特徴

北海道大学 大学院法学研究科
村上裕一

講演要旨

船舶からの SOx・PM の排出規制は、船舶からの油濁・廃棄物・有害物質などの排出規制や、陸上(自動車等)・航空分野の大気汚染規制よりも遅れて出てきた。また、国際海運の環境規制において、国際海事機関(IMO)があまり良く機能していないという声も聞かれる。本報告では、船舶からの SOx・PM の排出規制が上記の意味において遅れている理由と、IMO があまり良く機能していない(と考えられている)理由について、試論的な分析結果をお話する。J.Q.ウィルソンという政治学者の整理では、環境規制は、ベネフィットは分散する(皆がそれを享受できる)が規制のコストは規制対象者に集中する規制の典型である。その規制対象者は、自分に都合の悪い規制ができないよう規制機関を虜にしようとするので、規制は(多くの場合、実効性を欠くものへと)一方向的に進みがちとなる。これに対し本報告では、実際の環境規制ではコストもベネフィットも分散しており(その享受・負担者を 1 か所に特定するのが難しく)、国際海運の環境規制では特に、船主の地理的分散や規制コストの転嫁可能性のためコストの分散が多元的で、より複雑であると指摘する。これにより「規制の虜」はある程度回避されるが、各地の利害を直接反映し地域に細分化された規制が林立することになるので、IMO のグローバルな規制ガバナンスの展開は難しくなる。こうした中で興味深いのは、より包括的な規制の策定・実施を、広い視野で地球規模の問題に対処し、様々な利害を汲む IMO に期待する船主が少なからずいるということである。IMO がマルチレベルの規制をうまく統合できれば、規制の不確実性や対応コストは軽減され、船主がより協力しやすい状況を作ることができると考えられる。

質疑応答

長田: ウィルソンはどのような人物で、どのような時代背景で 4 つのパターン(表「J.Q.ウィルソンによる「規制の政治」」の①～④)ができたのかをご紹介しますでしょうか。

村上: この研究自体は 1980 年に発表されたもので、行政学では古典的な部類に入ると思います。そこで「規制の虜」と言う場合、経済的規制、とりわけ参入規制が念頭に置かれていました。ウィルソン(1931～2012)は、アメリカの政治学・行政学研究の権威です。国際海運の環境規制の現状について私自身が色々調べる中で、これをウィルソンの 4 つのパターンに当てはめるとするとどういうことが言えそうかを検討してみたのが、今日のお話でした。

長田: この表(J.Q.ウィルソンによる「規制の政治」)では、④に社会保障と書いてあります。社会保障と「船舶分野の規制の特徴」という今日のご講演とのリンクは、どのようなところにあるのでしょうか。

表 J.Q.ウィルソンによる「規制の政治」

		利 得	
		集 中	分 散
負 担	集 中	② 労使交渉	① 安全・環境規制
	分 散	③ 参入規制	④ 社会保障

(出典) Wilson, J.Q. (ed.). (1980). *The Politics of Regulation*. Basic Books. を基に作成。

村上: まず、社会保障が果たして規制なのかという問題は確かにあると思います。その上で、社会保障では、この表によるとベネフィット(便益)もコスト(負担)も分散します。すなわち、社会保障では、幅広くコスト(=保険料)を集めた上で、幅広くベネフィット(=給付金など)を分配しているというイメージです。確かに社会保障では世代や職種の間で対立が起り得ますが、ざっくり捉えると、今述べた意味においてベネフィットもコストも集中しないので、「ベネフィットが少な過ぎる」や「コストが多過ぎる」などと率先して訴えるインセンティブを誰も持たない、ということになります。講演でお話したように国際海運の環境規制がこの④に近付いていくとすると、理論的には、環境規制のあり方について誰も率先して何かを言おうとしないことになります。逆に言えば、規制はこうあるべきだとか、客観的に見てこういう社会問題があるから規制をこういう方向に持っていくべきだとかといったことは、誰かがきちんと問題状況を把握した上で率先して言わない限り、規制は良くも悪くも動きません。だとすると、国際海運の環境規制でその役回りができるのは、幅広い利害を集約し得る IMO ではないかと考えたのです。

長田: そうすると、例えば船舶を使った物資輸送について炭素税のようなものを取る場合、IMO が各国や船主から広く徴収し、脱炭素にかかる経費に充てる、そういうような話ですか。

村上: そうした政策のとりわけ決定過程には、かなり当てはまると思います。環境規制に係るコストが分散する中で、誰にコストを転嫁するのが問題になって、それが政治化すると厄介です。そのときに、IMO が皆の意見を汲んでコスト転嫁についてうまく考えることができれば、それは合意形成にもつながるのではないのでしょうか。IMO は、そういう場を提供するとともに、そこで主体的に動くべきではないかと、個人的に期待しています。

増沢: 海運業界の内部は多元的で規制のコストは分散すると思いますが、一方「海運業界」対「世界一般」という構図で考えると、コストは海運業界に集中し、これに対して環境便益は世界全体に分散する、とも思われます。そうだとしますと、さきほどの「規制の虜」の話というのがやはり当てはまって、業界自身で規制を決めようとする相対的に規制が甘くなりがちになる、といったことはあり得るでしょうか。

村上: 確かに、それは国際海運の環境規制をどのくらいのスケールで捉えるかにより①に行くのか④に行くのかということであり、判別は難しいところです。ご指摘のように①だと解するならば、依然として船主が環境規制についてかなりの発言力を持っていて、それにより規制が甘くなるということもあり得ますが、他方、実態としては、講演でマスクの例を挙げたように、リーディングカンパニーが環境適合性という自らの付加価値を押し出し、他者と差別化するために規制強化を訴えて、その結果として規制が厳しいものになる可能性もあります。被規制者からコストのかかる規制を緩和せよという声が出てくるのは自然だと思

いますが、最近の研究成果を見ていると、環境適合性を付加価値として規制を厳しい方へと引っ張り上げようとするアクターも出てきています。理論的には、そういう形での「規制の虜」もあり得るということです。①か④かで、私は、荷主などを含めると、コスト負担者が増沢先生のおっしゃる「世界一般」にかなり近付き、国際海運の環境規制は④に近づくのではないかと考えています。

総合討論

(司会) 増沢陽子 (名古屋大学大学院環境学研究科 准教授)

坂本尚繁、華山伸一、櫻井達也、村上裕一、長田和雄

増沢: 今日の総合討論は、1. 船舶からの SOx・PM 排出規制の意義、2. IMO の環境規制のガバナンスの特徴、3. 今後の国際的な環境対策への示唆、の大きく3点について議論していきたいと思います。

1. 船舶からの SOx・PM 排出規制の意義

増沢: まず、船舶の SOx・PM 規制の意義についてです。はじめに華山先生におうかがいします。SOx・PM 規制が強化されていく過程では多元的な議論があったということで、その背景について村上先生からもコメントをいただきましたが、華山先生からご覧になって、様々な議論があるにもかかわらず、なんとか規制が強化され、進んできた、その一番の原動力は何だったのか、お考えがあればお教え下さい。

華山: IMO において、少なくとも大気汚染防止についてはその規制ペースがやや遅れていたことは客観的な事実です。いくつかあるんですが、委員会の名前そのものが「Marine Environment Protection Committee」であって、当初は海洋汚染、海の水を防止するという元々の設立趣旨がございますので、その上に存在する大気はそもそも、Marine Environment なのかと。そういう話があったのも事実だと思っています。

逆に言うと、「俺たちは海の水さえ守っていればいいんだ」というところから認識が変わってきた。その最大の原動力は何ですかと言われたら、一つは欧州。環境を非常に気にする、それは少し失礼かもしれませんが、「日本の環境省よりは」と言ってしまう。他の海の上の大気を気にする国が欧州を中心として非常に努力されたということだと思います。

二番目に先ほどマースク(Maersk、デンマークの船会社)の話が出ましたが、私はむしろマースクは最も環境推進を着実に進めているコンテナ会社だと思います。このように、ごく一部ですが、規制よりも前に進んだ先進的な民間会社は出てきているということです。三つめ、これは村上先生に対してある種カウンターステートメントになるんですが、企業にとってレギュレーションはむしろあった方が平等なステージに立てる、と考えている国や関連団体は多い。坂本先生がおっしゃったような、中途半端な規制が一番困る。我々はカントリーリスクと言ってますが、PSC の執行が各国で強弱があるというのが最も困る。規制も一本だし、PSC における厳しさはアメリカに行っても日本に行っても、シンガポールに行っても同じだというのが、やはりビジネスにとって平等なステージにたてる本来の美しい規制の姿だと。このように声には出さないですが、かなり多くの民間企業は、きちんとした公平な規制であればしょうがないかなと思っています。以上3つがあると思います。

最後に、つい最近 GHG、UNFCCC の COP26 (国連気候変動枠組条約第26回締約国会議、The 26th session of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change) でのサイドイベントで某日本系のコンテナ船の会社のオペレーターの現地の方が叫んでいたのが印象的で、「We Love Regulations」我々は規制をむしろ愛しているんだと。GHG については IMO はむしろ規制を一日も早く作ってくれと。そういうステートメントもありました。そういう声がいくつか重なって曲がりなりにも

2020年の規制はスケジュール通りに行われたという認識です。

増沢: IMOの規制については、次のガバナンスのパートでも議論したいと思います。先に、SOx・PMについて櫻井先生におうかがいします。先ほど、瀬戸内海海域で実際に測定された結果についてお話しいただきました。大気中のPM_{2.5}等による汚染は、日本全体で見た場合かなり改善されている状況があるわけですが、今回の船舶のSOx・PM規制が日本全域の環境保全に対して持つ意味、影響についてどのようにお考えでしょうか。

櫻井: 船が陸から離れて走っているという観点から考えると、人体健康影響を詳細に定量化するのはむずかしいと考えますが、湾内や航行船舶の活動量が大きい沿岸域に関しては、今回、瀬戸内で示されたような一定の効果はあったのではないかと考えております。今後、これ以上船舶の規制が必要かという議論になってきたときに、例えば国内では2012年にECAは設定しないという判断に至りましたが、当時の判断の状況と今の状況が変わっているかという、私は変わっていないと考えていて、今になってECAが必要かという議論の何か新たなきっかけがあるわけではなく、むしろ今回の燃料規制が入ったことによって、0.5%を0.1%にしなければいけないとか、そういったことの根拠は観測からは得られておりませんし、シミュレーション解析でも、将来的に主要な寄与にはないだろうという結論です。言い方は難しいのですが、やらなければ良いかと言う話ではなく、そこは優先順位になってくると考えます。そのため日本全国と考えると、正直なところ少ないのではないかと考えます。

増沢: ありがとうございます。日本でもECAの設定の議論があったということですが、そのとき結局設定がなされなかったのは、どのような理由があったのでしょうか。

櫻井: それは、いろいろなステークホルダーがおりますので、議論の場に様々な意見があったことの結果だと思います。もちろん硫黄分に関しては2020年にグローバルキャップがかかるということをも待って、そこから議論の続きをしても良いのではないかという意見もあり、NOxに関しては逆にオゾンに対してNOxを減らしてもオゾンが増えるというシミュレーション結果がございましたので、そういった面で科学的な知見の積み上げで、あの時には不要ということになったと思います。

増沢: ありがとうございます。SOx・PM規制は国際的な規制ですので、日本以外の世界各地でも削減効果は出てくると思いますが、具体的にどのようなところで規制による貢献は見られるでしょうか。例えば、途上国で日本よりもっとPM汚染(粒子状物質による大気汚染)が激しい地域の港湾などはどうでしょう。そうした世界の環境保全の観点からは、どのような影響があったとお考えになりますか。

櫻井: どうでしょうか。逆にMEPCなどにそういった定量的な知見はあるのでしょうか。坂本先生、華山先生におうかがいしてみたいのですが。

華山: 櫻井さんからお話のあったように輻輳海域というところでいくと、大きいところで海域としては3つあると思います。一つはシンガポールとマレーシアの間のマラッカ海峡。2番目がスエズ運河の前後、3番目はパナマ運河の前後。運河の中では止まっているか、エンジンは低負荷ですが、その前後に大きな船溜まりができる。シンガポールについてはIMOには提出されていないのですが、MPAと呼ばれるシンガポールの運輸省、あるいはナンヤンユニバーシティ(Nanyang Technological University)などの研究結果を見ると、思ったよりも船の排気ガスの影響はマラッカ海峡に対してはないように見えます。SO₂の大気環境濃度、PM_{2.5}の大気環境濃度からすると、正直、日本よりきれいなくらいという感じで、それがいわゆるインド洋付近の季節風によるものなのかどうか私には判断できません。パナマについてはその前後で低

硫黄の良質燃料(残渣油では無く軽油相当)を使った船舶に対して運河の使用料をディスカウントするという制度がもう始まっていますので、ある意味、規制と経済的なもののミックスが始まっていると。スエズは政治的にも難しいエリアですので、IMO に環境アセスの結果が出てくる可能性は最も低いのではないかなと思います。

2. IMO の環境規制のガバナンスの特徴

増沢: ありがとうございます。それでは次の論点に行きたいと思います。IMO の環境規制のガバナンスについては、先ほど村上先生からご指摘があったところですが、ほかの先生方からも、IMO の環境規制のガバナンス、例えば、関係者間の関係、意思決定の方法、監視強化の方法も含まれるかもしれませんが、そうしたものに関し、ほかの分野と比べつつ長所、短所についてお考えのことがあればお尋ねしたいと思います。

坂本: 先生方ご指摘のように、グローバルなフィールドに様々なプレイヤーが複雑に絡み合っているのが国際海運の世界の現状です。IMO に各国や業界を含む NGO 等が集まってルールを作り、船を単位として寄港国を含めて遵守確保を行っていく方式は、現実の条件を踏まえたものではありませんが、国際的な統一基準を策定することで、公平な競争条件を確保できる利点もございます。もっとも参加するプレイヤーが多様ですので、利益調整や合意形成が難しいという課題もございます。

増沢: 利益調整を上手く進めるような工夫は何かなされているのでしょうか。

坂本: 例えば途上国に関しまして、途上国支援の方策を導入することで合意形成が促進されることが考えられます。

増沢: ありがとうございます。次に、華山先生、いかがでしょうか。

華山: IMO の委員会における議論の評価がまず一つ。それから地域規制の評価で一つ、最後にガバナンスの遵守方法、3つの観点で申し上げたい。

まず議事運営ですが、おっしゃるように必ずしもうまく行ってるとは言えない状況にあるということは事実だと思います。かなりオールドファッションな委員会ですし、議事進行についてももう少し近代化すべきところもあります。この点、先ほど村上先生が指摘されました。おそらく IMO 事務局のファンクションだと思うんですけども、それぞれのアジェンダアイテムを総合的に議事進行するためのアレンジメントを必ずしもしない。まさに縦割りでやっているところは現実問題としてあると思います。

2番目の地域規制は、村上先生に対するある種の反論ですが、ユーザー側からすると、それでも先ほどの地域規制、欧州の港湾区域あるいは中国の DECA(domestic emission control area)、韓国の港湾規制海域といったところはすべて硫黄分は 0.1%には揃えてくれたんです。ということは ECA ではない領域は増えたかもしれないが、積む燃料は2種類で済んでいるんです。これは我々にとっては非常にありがたいことであります。それぞれの地域規制を IMO に対しては勝手につくったのかもしれませんが、ある程度 IMO の統一ルールが下敷きになっていて、厳しい方の燃料の硫黄分は 0.1%に揃えるよう考慮してくれているということだけでも、IMO のガバナンスはあるんだと我々は考えております。

最後、PSC の限界ですが、これは坂本先生のおっしゃる通りで、正直 PSC はもう限界にきているかなと。もう少し旗国がしっかりすべき時代にきているし、実際私が紹介したように GHG の規制もそういう方向に一歩ずつ進みだしていると思います。

増沢: ありがとうございます。村上先生は、お二人の話を受けていかがでしょうか。

村上: まず、「反論」とありましたが、不確実性の高い規制には多くの人々が反対であり、むしろ規制は不確実性の高いものでない限りあった方が良くと考える人が多いというのは、私の講演の中で例も挙げて申し上げた通りです。SOx の 0.1%規制がハーモナイズしているというお話についても、IMO がうまく機能し得ている部分、あるいは、各地域の規制が相互参照されている部分があると考えられ、講演の中で示した「理論」と必ずしも矛盾しません。規制の不確実性が下がってきているのは望ましいことだと思います。

さて、増沢先生の問いに対するお答えですが、第 1 に、地域的な規制が存在する中で、各地の経験、すなわち櫻井先生が行われたような実験のデータを共有して、科学と政策を接近させていくのは大事ではないかと思います。第 2 に、合意形成に関する問題提起がありましたが、私の報告に引き付けて言うならば、分散しているコストを負担する人々を巻き込んで合意を形成した規制が望ましいのではないかと思います。実際、IMO は様々な利害関係者を NGO も含めて参加させているということでしたが、参加すればそれで良いという話でもありません。そこで私が IMO に期待したいのは、途上国、先進国、様々な業種を含め、規制がどのようなコスト構造になるのかを総合的に分析して、全体を見て合意形成に向かわせる。参加は形式的なものではなく、IMO が広い視野を持って、専門性をもって規制に関わるということです。先程も申し上げた「誰も率先して言わない」構造であるところを IMO がきちんと汲んで合意形成を図ることが重要ではないか。それが現状どこまでできているか、今後どこまでできそうかということだと思います。

増沢: ありがとうございます。華山先生におうかがいしたいのですが、IMO のプロセスはどうしても海運関係の事業者と政府機関が中心になって進めているような印象を受けます。もちろん内部に多面的な主体はいるとは思いますが、まったくの外の人、例えば環境 NGO や市民からするとクローズドな中で話を進めているように見え、その結果、もしかすると世界が期待するのとは少し違うということにならないかなという気もいたしますが、その点はいかがでしょう。

華山: 先週まさに MEPC が開催されたばかりで、その中で 5 つの環境 NGO が合同名で「我々の発言のチャンスが非常に少ない」とクレームしたということが、実際にありました。おっしゃるように UNFCCC (気候変動枠組条約、United Nations Framework Convention on Climate Change) に比べて、IMO における議事の動画の公開というのは、あまり積極的ではないという印象はあります。少なくとも議事録を含めたドキュメントについては、現在 IMODOCS というドキュメントセンターに個人登録さえすれば、ほぼ 100% のドキュメントが会議終了後であればダウンロードできるようになりました。一年半くらい前からです。ごく一部には非公開のものもありますが、会議終了後ほぼ 100% ダウンロードできます。IMO としても市民を向くべく、多少の努力はしているのかなと思います。

一番目にも関連するのですが、環境を推進する admin(主管庁)はいくらでもいます。だから国対事業者、国対環境 NGO という対立構図はちょっと単純化し過ぎかなと。admin の中にもいろいろなお考えを持つ国がいて、村上先生のお言葉を借りれば、確かに、admin の中で便宜置籍船国には多少の利益集中が見られるかなという気もしますが、まさにそれも含めて多面的な様相になっている。ですから 2 項対立の状況ではありません。

3. 今後の国際的な環境対策への示唆

増沢: ありがとうございます。最後に船舶の SOx・PM 規制の経験から、他の国際的な環境対策に対し

て示唆や参考になり得ることがありましたら、それぞれの皆様におうかがいしたいと思います。

坂本: MARPOL 条約のように枠組条約をベースとして、あくまで技術規則という扱いで、様々な実質的規制・実施ルールを、通常の条約交渉に比べて簡易・迅速化されたプロセスで決定していく IMO での方式は、国際立法の一例としては特徴的な面があると考えられます。もっとも、船が実質的な規制の対象であり、国際海運の世界の特殊性が良くも悪くも影響しての現状と考えられますことから、他の分野の国際的な環境対策に対して IMO の経験がどの程度具体的に敷衍できるかはわかりませんが、法的拘束力ある国際規則の策定の一つの形としては、国際法学上、一定の意義があるのではないかと考えております。

華山: 私は坂本先生とは違った感想を持っております。IMO の型式承認制度はハードウェア重視という点で非常に特殊で、もしも敷衍できるとしても ICAO (国際民間航空機関、International Civil Aviation Organization) 程度かなと。UNEP (国連環境計画、United Nations Environment Programme) などの国際的枠組みに参考になることは、もはやないと考えています。今後、規制はハードウェアの認証で済むのではなく、行為規制、今回の燃料規制もそうですが、使用してはいけないという行為に対する規制ですので、そういう意味ではむしろ陸上における規制の枠組みあるいは規制の遵守、監視の制度を我々がもっと学んでいかなければいけないフェーズに来ているという印象を持っています。

櫻井: 華山先生のご指摘にもありました「濃度を測っているだけでは」ということと併せて、村上先生のコストの分散に関係することだと考えますが、環境評価をするにあたってどこにエンドポイントを設定するかが大事だと思っています。コスト換算をするのであれば、もちろん濃度だけでは不十分であり、濃度であればその先に人体健康影響があつて、そこから更に価値換算していく、外部コストの算出が必要になってくると考えております。たとえば米国で ECA が設定された大きな要因は、外部コストの算定で、内部コストと比較したことによる判断が大きかったのではないかと、個人的には感じております。今後、コスト換算に対して、環境科学としてどこまで考慮していくのかが、重要であると考えた次第です。SO₂ は国内の環境基準を達成していますので、これ以上の議論はなかなか難しいと考えます。もちろん環境基準は人の健康の保護というところで設定はされていますが、その先の健康影響に係るコストまで考えると、どういった様相がでてくるのか気になる次第です。

村上: 今日の私の話題からすると、分散したベネフィットとコストをどう評価(アセスメント)するかという、櫻井先生が一部実践されたことの重要性と、そのベネフィットとコストを統合的に捉えてグローバルな公益を実現する IMO の役割の重要性を、今日改めて認識しました。なお、「2 項対立」は、あくまで頭の中での整理法だにご理解ください。

IMO などの国際機関がきちんと機能するための条件は、いくつかあると思います。それは、しっかりとした権限があり、一度決めたことをきちんと執行できるということも大事ですし、その能力、すなわちそのための専門性があるかということも重要です。それに加えて正統性 (legitimacy)、すなわち「IMO が言うことならば従おう」と皆が思うということも、極めて大事だと思います。

私自身も、色々と調べる中で、PSC のやり方が各国で異なるとか、その予想がつかないので対応が大変だとかということを知ったことがあります。それが規制への対応コストを上げていると思われるので、検査官の人材育成も含めて国際協力が必要であり、また、PSC のマニュアルやガイドラインの共通化などによって規制への対応コストを下げることはできないか。国際法の諸原則と相入れない部分も、いわばソフト面で対応できるところがあるのかもしれない。

増沢: ご参加いただいた先生方、本日は誠にありがとうございました。