

東京港における効果的な船舶排出ガス削減策の検討

Study of Effective Ship Emissions Reduction Measures in the Port of Tokyo

福井哲央* 馬場 剛** 林健太郎*** 雨森恵理子**** 國山淳子*****

By Tetsuo FUKUI, Tsuyoshi BABA, Kentaro HATASHI, Junko KUNIYAMA, and Eriko AMAMORI

1. はじめに

近年、国際海運に従事する船舶からの排出ガス規制が強化され、我が国においてもこの動向を踏まえた法整備や各種の検討が進められている。一方、東京港では、物流機能とその他の都市機能が、主に湾岸道路を境に隔てられているものの、多くの人々が生活し働く場所の近くに国際港湾が位置するという特徴があり、大気汚染対策をはじめとした環境改善は不可欠となっている。

東京の臨海地域では、船舶、自動車、工場などから大気汚染物質が排出されているが、自動車や工場等については、法・条例により、厳しい対策が進められてきた。一方、船舶については、マルポール条約附属書VI（大気汚染防止規則）の改正により、窒素酸化物（NO_x）や硫黄酸化物（SO_x）について国際的な規制があるものの、これまで先進的な大気汚染対策は取られてこなかった。

特に、東京港では今後も取扱貨物量の増大が見込まれており、船舶の寄港を妨げない効果的な環境対策の展開が不可欠となっている。

また、2020 東京オリンピック・パラリンピック競技大会の会場が集中する臨海部において、環境オリンピックを標榜する大会となるよう、東京都は効果的な環境負荷軽減策を取組む必要がある。

このような中、世界の港湾では船舶の排出ガス削減に資する環境対策プログラムが導入され、環境改善のための有力な手段として運用されている。

国際貿易拠点港であり、日本を代表するメインポートである東京港は、大気環境の改善についても最近の動向を踏まえ、いち早く効果的な事業を展開し「環境と調和した都市の実現」を図っていく必要がある。

本稿では、東京オリンピック・パラリンピック開催年となる平成 32 年度と 10 年後の平成 36 年度までに、環境施策を導入した場合の東京港寄港船舶からの窒素酸化物（NO_x）、硫黄酸化物（SO_x）、温室効果ガス（CO₂）の排出削減効果と削減に必要な対策費用を算出した。また、環境施策へのニーズを把握するための船社のアンケート調査、様々な環境施策のメリット・デメリットや費用対効果等を比較することにより、効果的な環境施策を検討した。

2. 国際海運における排出ガス規制の状況

国際海運に従事する船舶に対しては、国際海事機関（IMO）^{注1）}により、図—1 の大気汚染物質の排出ガス規制が実施され、今後段階的に規制が強化されることとなっている。また、CO₂ の排出を規制するため、一定の総トン数以上の船舶を対象に新造船のエネルギー効率設計指標（EEDI）^{注2）}の導入とこれに基づく CO₂ 規制の実施、既存船舶の船舶エネルギー効率管理計画書（SEEMP）^{注3）}の作成が義務付けられている。

東京港港内では、IMO による規制の一般海域に該当し、海防法^{注4）}に基づき、入港船舶に対する排出ガス規制（エンジン出力あたりの NO_x 排出規制、燃料中の硫黄分規制等）の適用、船舶に対する排出ガス基準の適合検査が実施されている。しかし、規制対象の船舶が限定される（例えば、NO_x 規制は新造船、CO₂ は総トン数 400 トン以上の船舶にそれ

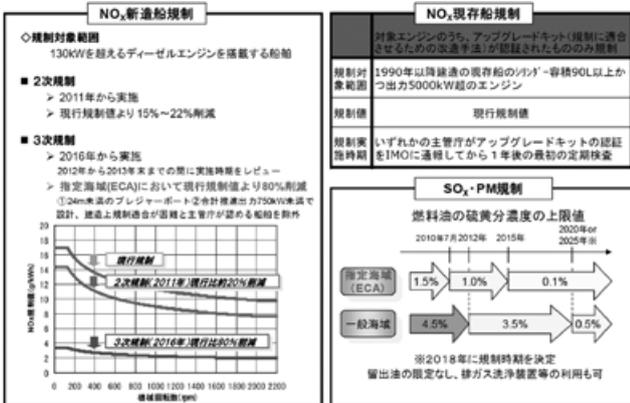
注1) 船舶の安全及び船舶からの海洋汚染の防止等、海事問題に関する国際協力を促進するための専門機関。

注2) 船舶の設計及び建造段階で想定しているエネルギー効率を示す。

注3) 船舶の運航の工夫により船舶のエネルギー効率を改善するための管理計画書。

注4) 海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律。

ぞれ限定) など、効果的な削減策に取り組む枠組みには必ずしもなっていない。



出典：船舶からの大気汚染物質放出規制海域(ECA)^{注5)}に関する技術検討委員会(国土交通省)¹⁾

図-1 国際海運における排出ガス規制の概要

3. 国外における船舶排出ガスの規制・対策

国外で実施されている船舶からの排出ガスの規制・対策は、欧米の港湾が先進的に取り組んでいる。以下は世界主要港湾の事例であるが、排出ガス規制やハード整備による対策だけでなく、環境性能に優れた船舶に対して入港料減免等のインセンティブを与える環境対策プログラム(インセンティブ・プログラム)を導入し、船社の自主的な環境対策への取組を促進していることが特徴である。

(1) 米国・ロサンゼルス港

ロサンゼルス港では、入港船舶の使用燃料中の硫黄分を規制する「燃料油規制」、港に停泊中の船舶に必要な電力を陸上から供給する陸上電力(以下、「陸電」)供給施設の整備、港から40マイル以内の海域で12ノットまで減速する船舶に対し岸壁使用料を減免する「船舶減速プログラム」が実施されている。また、世界的に取り組まれている環境対策プログラムであるESI(Environmental Ship Index)制度を導入し、環境性能が優れた船舶に対し入港料を減免している。

注5) 船舶から発生するNO_x、SO_x、PMの排出について、通常の世界(一般海域)に比べてより厳しい規制を適用する海域。適用する海域は、北米(米国・カナダ沿岸)、カリブ海中部(プエルトリコ、米領バージン諸島周辺)にNO_x、SO_x、PMの排出規制を適用。欧州(バルチック海、北海)には、SO_xとPMのみ排出規制を適用。

(2) オランダ・ロッテルダム港

ロッテルダム港では、ESI制度を2011年1月から導入し、船舶の環境性能を示すESI値が31ポイント以上の外航船に対し、入港料を10%減免している。また、内航船に対する環境性能に応じた入港料の減免、陸電供給施設の整備も行っている。また、重油に比べて大気汚染物質の排出が少ないLNG船へのLNG供給施設の導入も検討している。

(3) ドイツ・ハンブルク港

ハンブルク港では、ESI値が20ポイント以上に対する入港料の減免(最高10%減免)を実施し、陸電供給施設の整備も進めている。また、LNGを燃料とした小型発電機を搭載した移動式発電所(パワーバージ)により船舶へ電力を供給する計画もある。

(4) 韓国・釜山港

釜山港は2014年1月に東アジア地域としては初めてESI制度を導入し、ESI値が31ポイント以上の船舶に対して入港料を15%減免している。また、燃料油供給側への燃料油検査による排出規制、陸電供給施設も導入している。

4. 東京港寄港船舶からの排出ガス量の見込み

第8次改訂港湾計画によると、平成22年度から平成30年代後半にかけて、東京港に入港する船舶数が増加する見込み(約30%増加)である。これに伴い、船舶からの排出ガスの総排出量はNO_xとCO₂が増加する見込みである。SO_xはIMOによる使用燃料中の硫黄分の規制強化に伴い平成32年度までに排出量が減少するが、平成36年度では入港船舶数と総トン数の増加に伴い排出量が増加する見込みである(図-2)。

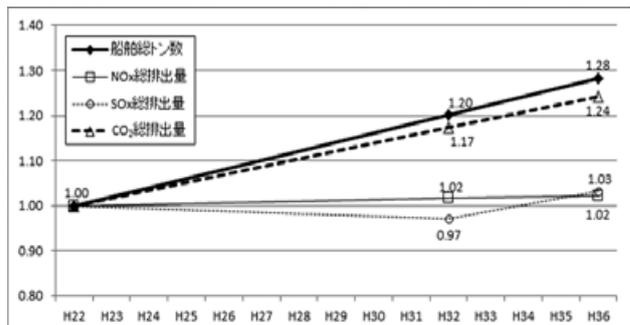


図-2 船舶総トン数と総排出量変化の見込み^{注6)}

5. 効果的な船舶排出ガス削減策の検討

本章では、前述した国際的な排出規制の状況や世界他港での規制・対策、東京港寄港船舶からの排出ガスを踏まえ、東京港における効果的な排出ガス削減策を検討するため、次の船舶の排出ガス削減策の概要を整理し、削減策毎のメリット・デメリット、費用対効果等を比較した。

(1) 船舶排出ガス削減策の内容

a) インセンティブ・プログラム

ESI (Environmental Ship Index) 制度は、世界的に取り組まれている船舶に係る環境対策プログラムであり、概要は以下に示す通りである。

< ESI の概要 >

○実施主体

WPCI : World Ports Climate Initiative

○制度内容

- ・船舶からの大気汚染物質・温室効果ガスの排出削減を目的に、WPCIが環境負荷の少ない船舶を測定評価し、環境船舶指数(ESI値)^{注7)}を認証。
- ・ESI値に応じ、参加港湾等が各船舶に港湾費用の減免等のメリットを与えることで環境改善を促すプログラムである。
- ・インセンティブの内容は参加団体の裁量
- ・船社の費用負担なし
- ・参加港湾は、一時的に発生するウェブサイト更新経費などの費用を負担する場合あり

○参加状況(2014年4月現在)

- ・ESI取得船舶数 約180船社 2,555隻
- ・ESIインセンティブ参加団体 23港湾・2団体
(ロサンゼルス港、ロッテルダム港、釜山港等)

※ WPCI ホームページ²⁾ より整理

注6) 平成22年度を基準とした変化を示す。平成32年度、36年度の排出量は、入港船舶数及び総トン数の港湾計画年の予測値等より推計。NOxはIMO規制を考慮。SOxは、燃料中の硫黄分が高い外航船について、IMOの一般海域における使用燃料中の硫黄分3.5%規制(平成24年に開始)を考慮(但し、硫黄分0.5%への規制強化は開始時期が未定のため考慮していない)。

注7) ESI値は以下の式で表される。ESI値は、船舶からのNOx排出量、使用燃料中の硫黄分、EEDI提出有無、陸電供給設備有無により、それぞれNOx、SOx、CO₂、OPS(陸電供給)のポイントを合計して評価される。

$$ESI値=(ESI NOx \times 2 + ESI SOx + ESI CO_2 + ESI OPS) / 3.1$$

グリーンアワードは、環境にやさしく安全な船を運航・管理する者に報奨を与えることにより、船社・船員の意思により品質の高い船舶にしていくモチベーションを導き出すために導入された「インセンティブによる認証プログラム」である。

< グリーンアワードの概要 >

○実施主体

グリーンアワード財団※

※インセンティブによる認証を行う組織。1990年代前半にロッテルダム港で起きた油濁事故を原点に、今後同様の事故が起きないように対策を取るため、1994年にオランダ政府及びロッテルダム港により設立。(2000年に完全に独立)

○制度内容

- ・船舶の環境対策や安全対策を目的に、グリーンアワード財団が作成した検査項目に基づき審査を行い、それに合格した場合に証書を発行。
- ・検査項目は、大気汚染物質等の環境問題全般、安全対策やクォリティ、ヒューマン・エレメントなど50項目以上がカバーされている。
- ・認証のための会費や検査料を船社が負担する必要がある。
- ・2014年にコンテナ船を対象に認証制度を導入

○参加状況(2013年現在)

- ・認証取得船舶数 40船社 236隻
- ・参加団体 50団体
(ロッテルダム港、バンクーバー港等)

※グリーンアワード財団より入手した資料より整理

その他のインセンティブ・プログラムとしては、ストックホルム港では、既存の港湾料を使用燃料中の硫黄分及びNOx排出量により差別化するような仕組みを導入し、低硫黄燃料を使用する船舶やNOx排出量を削減した船舶に対して港湾料を減免している。

また、シンガポール港では、シンガポール船籍を対象として、燃料消費量およびCO₂排出を削減できる環境配慮型船籍の船主に対してインセンティブを与えるインセンティブ・プログラム「グリーン・シップ」^{注8)}を導入している。

以上のインセンティブ・プログラムについて、制

注8) シンガポール港を利用する外航船舶の入港料を15%減免。対象船舶は、環境配慮型技術適用船体、もしくは無公害燃料を利用の船舶で、5日未満の停泊期間全体に対して減免。

度としてのメリットとデメリットと、東京港への導入を想定した場合のメリットとデメリットを表-1に整理した。

これらのインセンティブ・プログラムのうち、ESI制度は、参加港湾や船社の負担が少なく、環境対策に取り組む機運が高まり、参加港湾、船社にとってメリットが大きくなることが期待される。グリーンアワードも、認証船舶数が増えれば同様のメリットが期待される。環境面だけでなく、安全面や品質も評価されることからメリットは大きい、会費や検査料を船社が負担する必要がある。また、現在認証を取得している船舶のほとんどがタンカー船であり、他の船種まで認証が広がるかどうかは未定である。環境性能による港湾料減免制度は荷主企業が中心であり船社にとってメリットが少ないこと、グリーン・シップ制度はCO₂限定のため、NO_xやSO_xの削減が図られないことが想定される。また、ESI制度やグリーンアワードのような世界的に取り組まれている環境対策プログラムではないため、東京港だけが導入しても外航船社にとってメリットが十分ではない。

以上を踏まえると、上記3つのインセンティブ制度のうち、制度の運用のしやすさから、ESI制度が東京港に導入する制度として望ましいと考えられる。

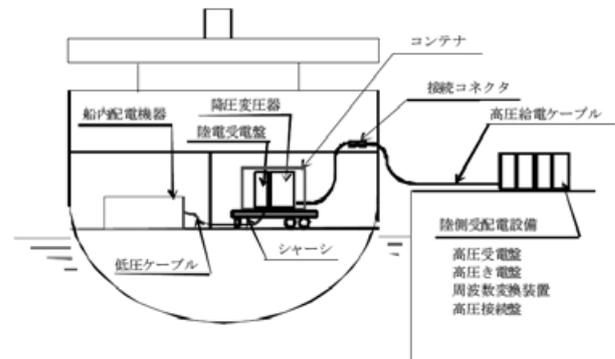
b) 船舶陸上電力供給施設の整備

船舶への陸電供給は、停泊中の船舶が必要とする

電力を陸上から供給するもので、停泊中に船舶から排出される大気汚染物質（NO_x、SO_x、PM）や温室効果ガス（CO₂）の削減が図られる。

陸上から停泊中の船舶に電力を供給する設備として、陸側では高圧受電盤や周波数変換装置等の受配電設備と高圧給電ケーブル、船側では低圧ケーブルや降圧変圧器等が必要となる（図-3）。

陸電供給は有効な排出ガス削減手段であるが、日本国内では小容量設備以外にほとんど実施されておらず、停泊中の船舶からの排出ガス削減を目的とした大容量の陸電供給設備を導入するためには、設備の技術的検討に加えて、システムの安全性、陸側と船側の接続時の作業性、コスト削減を含む経済性等広範な検討を行う必要がある^{注3)}。



出典：国土交通省北海道開発局ホームページ^{注4)}

図-3 船舶への陸電供給のイメージ

表-1 インセンティブ・プログラムのメリット・デメリットの比較

制度の種類	ESI 制度	グリーンアワード	その他のインセンティブ制度	
			環境性能による港湾料減免	グリーン・シップ
メリット	<ul style="list-style-type: none"> NO_x、SO_x、CO₂のいずれも削減が図られる。 環境面以外に対象船舶を審査する必要はない。 会費や検査料を船社が負担する必要はない。 外航船にとってメリットが大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> NO_x、SO_x、CO₂のいずれも削減が図られる。 外航船にとってメリットが大きい。 環境面ではなく安全面や品質も評価されることからメリットは大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> NO_x、SO_xの削減が図られる。 環境面以外に対象船舶を審査する必要はない。 	<ul style="list-style-type: none"> CO₂の削減が図られる。 環境面以外に対象船舶を審査する必要はない。
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 対策技術のコストは船社が負担する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 会費や検査料を船社が負担する必要がある。 対策技術のコストは船社が負担する必要がある。 ほとんどがタンカー船であり、他の船種まで取得が広がるか未定。 	<ul style="list-style-type: none"> 船社（特に外航船社）にとってのメリットが少ない。 対策技術のコストは船社が負担する必要がある。 船社にとってメリットが十分ではない。 	<ul style="list-style-type: none"> NO_x、SO_xの削減が図られない。 対策技術のコストは船社が負担する必要がある。 外航船にとってメリットが十分ではない。
東京港に導入した場合	<ul style="list-style-type: none"> 既存の入港料減免措置との調整が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 既存の入港料減免措置との調整が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 既存の入港料減免措置との調整が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 既存の入港料減免措置との調整が必要

※「その他のインセンティブ」は東京港が導入できることを前提

C) 燃料転換による燃料代増に対する補助の導入

船舶用の燃料をC重油からA重油や低硫黄燃料など環境負荷の低い燃料へ転換することにより排出ガスの削減が図られる。

燃料転換による燃料代増に対する補助については、C重油からA重油、C重油から低硫黄燃料油、C重油からLNG燃料へ転換した場合は、NO_x、SO_x、CO₂の削減効果が見込める。LNG燃料への転換は、特にNO_x、SO_xの削減効果が大きいですが、燃料を供給するためのインフラ整備に課題があり、現段階では実現の可能性が低い。低硫黄燃料油への転換は、SO_xの削減効果が大きいですが、A重油と比較して粘度が低いため、低硫黄燃料油への転換には燃料ポンプ内の内部漏洩の防止等の対策が必要になる。A重油は現在小型船舶で使用され、低硫黄燃料油やLNG燃料と比べれば普及している。従って、A重油への転換による燃料代増加に対する補助が効果的な施策と考えられる。

表-2 燃料転換の種類別の排出削減効果

燃料の転換の種類	削減効果 (削減率)		
	NO _x	SO _x	CO ₂
C重油からA重油	10%	80%	9%
C重油から低硫黄燃料油 (0.5%低硫黄)	10%	80%	9%
C重油から低硫黄燃料油 (0.1%低硫黄)	10%	80~96%	9~12%
C重油から水エマルジョン燃料	15~30%	*	8.50%
C重油からエタノール燃料	80%	90%	*
C重油からLNG燃料	80%	100%	30%

出典：船社ホームページ等より整理。表中の「*」は削減効果はあるが、削減率のデータはなし。

d) 船舶技術導入に対する補助の導入

船用機関の内部処理技術や後処理技術を導入することにより排出ガスの削減が図られる。

船舶技術導入に対する補助については、タイミングリタード^{注9)}は既存船、SCRや直接水噴射^{注10)}は新造船への導入がそれぞれ適している。このうちスクラバー^{注11)}は、唯一のSO_x削減技術であり、費用対効果(B/C)が特に高いが、設置スペースを必要とするため新造船への導入が適している。新造船

注9) 燃料ポンプの制御のタイミングを遅らせ、燃焼時の噴霧の燃焼温度を低下させることによりNO_x排出を抑制する技術。

注10) NO_xの生成に影響を及ぼす燃焼時期に、水噴射弁から燃焼室に水を噴射し、燃焼火災温度を低減しNO_x排出を削減する技術。

注11) 排ガスに水(海水)を噴射して洗い流し、SO_x、PMを除去する技術。

は今後も環境対策を施すことが想定されるため、環境対策が進んでいない既存船に対する対策技術の導入が排出ガス削減に有効と考えられる。下表の船舶技術の中では、費用対効果の把握が可能であり、費用対効果(B/C)が高く、既存船に適しているタイミングリタードの導入に対し、補助を行うことが効果が高いと考えられる。

表-3 船舶技術の種類別と排出削減効果等

船舶技術の種類	削減効果 (削減率)			対策費用 把握可否	B/C
	NO _x	SO _x	CO ₂		
タイミングリタード	10~30%	-	-	○	0.5
多口噴射	10%	-	-	-	-
電子制御機関	10~15%	-	1~2%	-	-
掃気(給気)圧の変更	*	-	-	-	-
直接水噴射	50%	-	-	○	0.4
燃料・水層上噴射	50~60%	-	(2~5%増)	-	-
給気加湿	65%	-	-	○	0.1
排気再循環	35~80%	-	-	-	-
スクラバー	-	98%	-	○	1.2
DPF	*	-	-	-	-
SCR	80~95%	-	-(微減)	○	0.4

出典：船社ホームページ等より整理。表中の「*」は削減効果はあるが、削減率のデータはなし。表中の「-」は削減効果なし。

(2) 各施策のメリット・デメリットの比較

(1)の各施策のうち、①インセンティブ制度(ESI制度)、②船舶陸上電力供給施設の整備、③燃料転換(C重油からA重油)による燃料代増に対する補助の導入、④船舶技術(タイミングリタード)導入に対する補助の導入について、制度としてのメリットとデメリットと、東京港への導入を想定した場合のメリットとデメリットを表-4に整理した。

インセンティブ制度(ESI制度)は、船社が取り組み可能な対策技術を選んで排出削減することによりインセンティブを受けられること、ハード整備や船舶技術の導入に比べて直ぐに実施できること、港湾管理者の費用負担が少ないことがメリットである。船舶陸上陸電供給設備は、停泊時の排出ガス削減効果は高いものの、膨大な設備費や規格の統一が課題である。燃料転換や船舶技術に対する補助は、対象とする船舶には一定の効果が出ることが考えられるが、他の施策を採用しようとする船主には訴求しない等のデメリットがある。

(3) アンケート結果から得られた船社の意向

各船社の環境対策の取組状況を把握し、環境施策についてニーズを把握することを目的として、東京港に寄港する船舶を運航している外航船社及び内航

表-4 船舶からの排出ガス削減策のメリット・デメリットの比較

制度の種類	インセンティブ制度 (ESI 制度)	船舶陸上陸電供給設備の整備	燃料転換 (C 重油から A 重油) による燃料代増に対する補助の導入	船舶技術 (タイミングリット) 導入に対する補助の導入
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 船社が取組可能な対策技術を選んで排出削減することでインセンティブを受けられる。 ハード整備や船舶技術の導入に比べ直ぐに実施することが可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 船社の燃料代の負担が減る。 NOx、SOx、CO₂ の全ての汚染物質で、停泊時の削減効果が高い。 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料代増に対する補助により船社の運用コストの負担が減る。 ハード整備や船舶技術の導入に比べ直ぐに実施することが可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 船社が船舶技術を導入する際のコストの負担が減る。 既存船に適用可能。
東京港に導入した場合	<ul style="list-style-type: none"> 参加港湾は、一時的に発生するウェブサイト更新経費などの費用を負担する場合あり。 		<ul style="list-style-type: none"> 東京港内で C 重油を使用している船舶は多いため、船社側がメリットを感じ導入が進めば、短期間で効果が出る。 	
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 対策技術のコストは船社が負担する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 航行時の削減効果は見込めない。 船側と岸壁の接続について、規格が統一されていないので、規格を合わせる設備が必要。 船側の改造費用と電気代は船社が負担する必要がある。 岸壁側で設備を用意しても、船舶側で受電設備を設けなければ利用されない。 各国で規格が違っており、設備費が膨大になる。 	<ul style="list-style-type: none"> 単一施策に対する補助であり、他の対策を採用しようとする船主には訴求しない。 入港時の使用燃料を証明する制度がないため補助対象かの見極めが難しい。 小型船では燃料タンクの改造が必要。 船側の改造費用は船社が負担する必要がある。 C 重油と A 重油との切替え時には、燃料の混合安定性の確認や粘度調整が必要のため、1 時間程度を要する。 	<ul style="list-style-type: none"> 単一施策に対する補助であり、他の対策を採用しようとする船主には訴求しない。 新造船には他の船舶技術が効果的。 NOx 削減のための対策技術であり、SOx、CO₂ も削減するには、燃料転換等と組み合わせる必要がある。 燃料噴射時期を遅らせて NOx を大幅削減しようとすると、燃料不良や燃料質部材を損傷する可能性がある。
東京港に導入した場合	<ul style="list-style-type: none"> 既存の入港料減免措置との調整が必要 内航船に対しても同様の仕組みを検討する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 設置可能なバースが限定される場合、対象となる船舶や削減効果も限定される。 	<ul style="list-style-type: none"> 厳密に東京港に係る部分だけの燃料補助を行うことが困難である。 A 重油や低硫黄燃料油等を使用していた船舶に対し不利益となる。 	

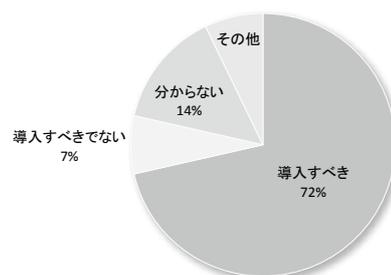
船社を対象にアンケート調査を行った。

アンケートは 38 社 (外航船社 28 社、内航船社 10 社) に送付した。このうち、回答があった外航船社は 14 社 (回答率 50%)、内航船社は 6 社 (回答率 60%) である。

このアンケート結果によると、環境対策プログラムについては、外航船社の 70% 以上が「東京港に ESI を導入すべき」と回答し、ESI によるインセンティブ制度導入へのニーズが高いことを示唆している (図-4)。ESI は外航船社では理解が進んでいたが、内航船社では殆ど理解されていない。

また、東京港に ESI を導入する場合、外航船社の 50% が世界の他港と同等の入港料減免又は補助金を希望している。

一方、陸電供給施設については、内外航船社とも「導入すべき」との意見は少数であった。



出典：外航船社アンケートより

図-4 東京港に ESI を導入すべきか

6. 各施策の費用対効果の試算

本章では、前章で検討した各施策を東京港に導入した場合の NOx、SOx、CO₂ の排出削減効果と削減に必要な対策費用を試算することにより、各施策の費用対効果の試算を行った。

(1) 費用対効果の試算条件

a) ESIの導入

ESI導入の費用対効果の算出は、東京港におけるESI船(ESI値がWPCIにより登録されている船舶)の入港状況と世界の他港のインセンティブのスキームを参考に、東京港へ導入するに適したスキームを検討したうえで、外航船を対象に検討を行った。

インセンティブ付与の対象とするESI値については、20もしくは30以上としているESI参加港が多い(平成26年時点で23港湾中20港湾)。

減免割合については、船社へのアンケートでは、世界の他港と同等のインセンティブを望む回答が多い。ESI参加港の減免割合は、参加港によって5%から数十%まで幅広いが、入港料の把握が可能な港(ロッテルダム港、釜山港等)で減免額を比較した場合、30~50%の減免割合を適用すればほぼ同じ減免額になると想定される。また、ESI参加港の減免割合は、ESI値を10ごとに区切り、ESI値が高いほど減免額が多くなるスキームを採用する傾向がみられる。これは環境負荷軽減を行った船舶ほど多くのインセンティブを受けられることから、船舶の環境対策の取組を促進する上で有効と考えられる。

以上を踏まえ、東京港ではESI値20以上の船舶に対し、ESI値が40以上まで、10ずつ上がるごとに減免割合を多くするスキームを想定した。

このスキームで入港料減免の対象となるESI船の入港船舶数を想定し、ESIを導入した場合の排出削減効果を算出した。排出削減効果は、ESI導入による非ESI船からESI船への代替によりESI船の入港船舶数が増え、入港船舶1隻当りの排出量が低減されると仮定して算出した。ESI船の入港船舶数は、平成25年度の東京港入港実績、WPCIホームページによるESI船情報等を踏まえて算出した。

ESI導入に必要な対策費用(入港料減免額)は、ESI値の範囲別に、東京港の入港総トン数1トン当り入港料2.7円×入港総トン数×減免割合で算出した。

b) 陸電供給施設の導入

陸電供給施設の導入については、東京港内の係留バースのうち平成22年度で供用している係留バースに陸電を平成32年度までに導入する場合を想定した。費用対効果の試算では、陸電の導入により、入港船舶が停泊中に消費している全エネルギーを船内発電で消費する燃料(C重油、A重油)から陸電施設より供給される電力に切り替えると仮定した。

このエネルギーの転換によるNOx、SOx、CO₂の排出削減効果と、陸電の利用に必要とされる諸費用(船舶の電気代と燃料代の差額、陸側設備費用、船側改造費用等)を算出することにより費用対効果の試算を行った。

c) 燃料転換による燃料代増に対する補助の導入

NOx、SOx、CO₂の削減効果が見込めるA重油への転換による燃料代増加分を対策費用として毎年度補助を行う場合を想定し、費用対効果を算出した。燃料代増加分はA重油とC重油の価格差により東京港内の停泊・航行時のコストの増加分とした。

なお、現在東京港内及び停泊中の船舶にはA重油等の低硫黄燃料油を使用している船舶もあるため、費用対効果の試算では、毎年度燃料代補助を行うことにより、C重油を使用する船舶が平成36年度までに全てA重油に転換すると仮定した。平成32年度はその途中過程として、C重油を使用する船舶の一部がA重油に転換すると仮定した。

d) 船舶技術導入に対する補助の導入

船舶技術の中でも費用対効果が高く、既存船に適しているタイミングリタード導入に必要な費用の補助を行う場合を想定し費用対効果を算出した。

タイミングリタードは、NOx削減技術であり、既存船への導入に適していることから、IMOのNOx規制対象となる機関出力130kW以上の船舶のうち、1次規制(Tier1)未対応船舶とした。費用対効果の試算では、平成32年度までにTier1未対応船舶に対するタイミングリタード導入に対する補助を導入し、これにより、Tier1未対応船舶全てがタイミングリタードを導入すると仮定した。

(2) 費用対効果の試算結果

(1)の各施策の費用対効果を試算すると、ESI制度導入によるNOx、SOx、CO₂1トン当たりの削減費用が最も少なく、費用対効果が大きい結果となった(表-5)。

表-5 船舶排出ガス削減策の費用対効果

	1トン当たりの削減費用		
	NOx (千円/t)	SOx (千円/t)	CO ₂ (千円/t-CO ₂)
ESI制度	668	307	5
船舶陸上電力供給	2,073	3,216	109
燃料転換(C重油⇒A重油)による燃料代増への補助	4,027	693	62
船舶技術(既存船へのタイミングリタード)導入への補助	1,241	-	-

※1トン当たりの削減費用は、平成32年度の対策費用÷大気環境改善効果(削減量)により算出

7. おわりに

本稿では、次の船舶の排出ガス削減策毎のメリット・デメリット、費用対効果等の比較検討を行い、東京港に入港する船舶に対して効果的な排出ガス削減策の比較検討を行った。比較検討の結果、費用対効果や制度の使われ易さの面、船社の施策ニーズの高さから ESI によるインセンティブ制度の実施が最も有効である。また、この制度は多くの港湾が参加し、寄港地で何度もインセンティブが働くことで、船社側も積極的に参加し、効果が上がっていくものである。このため、東京港が主体的に他港への参加を働きかけることが東京港の環境改善に役立つものである。

また、ESI によるインセンティブの導入後は、定

期的に排出削減効果を検証し、検証結果を踏まえ、必要に応じてインセンティブのスキームの見直しを検討する必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省：第1回船舶からの大気汚染物質放出規制海域 (ECA) に関する技術検討委員会 (H22.2.26) 資料
- 2) WPCI ホームページ (<http://esi.wpci.nl/Public/Home>)
- 3) 独立行政法人土木研究所：船舶版アイドリングストップの実証実験について、2010年度技術研究発表会資料
- 4) 国土交通省北海道開発局ホームページ (<http://www.hkd.mlit.go.jp/kyokutyu/h22/1203/02.pdf>)