

# IMO における GHG 排出規制の動向

吉田 公一\*

## Recent Movement of International Rules Regarding Greenhouse Gas Emission from Ships in the International Maritime Organization

by

Koichi Yoshida

### 1. まえがき

地球温暖化は現在、地球全体の問題として大きく取り上げられている。国際航海に従事する船舶が排出する温室効果ガス(GHG)は、2007年時点では人為的なGHG排出全体の2.7%であるが、国際海事機関(IMO: International Maritime Organization)は、国際航行船舶からのGHG排出の削減に取り組んでいる。その取り組みは大きく分けて、技術的な取り組みと経済的な取り組みの2つに分けられるが、本稿は、IMOにおける国際船舶からのGHG排出規制の技術的な取り組みの動向を紹介し、その行方を論じる。

### 2. 国連における経緯

国連は、人為的な地球温暖化の傾向に着目し、人為的な気候変動をコントロールし、持続可能な発展を目指して、気候変動枠組条約(UNFCCC: United

Nations Framework Convention on Climate Change)を1992年に締結した。

このUNFCCCの下で、条約締約国が作成し1997年に締結した京都議定書は、その2.2条に「附属書Iに掲げる締約国(先進国)は、国際民間航空機関及び国際海事機関を通じて、航空機用及び船舶用の燃料からの温室効果ガス(GHG)の排出の抑制又は削減を追求する。」と定めた。また、京都議定書を採択した第3回加盟国会議COP3は、「国際航行船舶から排出されるGHGは国別の排出量には入れないで、別途報告すること」旨の決議を採択した。

### 3. 国際海事機関における経緯

国際海事機関は、これらの国連関係の合意の下で、国際航行船舶から排出されるGHGに関して、その海洋環境保護委員会(MEPC)において検討を開始し、2000年に報告書をまとめた<sup>1)</sup>。IMOは

---

\* 国際連携センター  
原稿受付 平成21年11月30日  
審査済 平成21年12月7日

さらに、2003年の第23回総会において、IMOの国際航行船舶に関わるGHGに関するポリシーを総会決議A.963(23)として採択した<sup>2)</sup>。

A.963(23)の趣旨は以下のとおりである。

- GHG排出のベースラインを設定すること
  - 船舶からのGHG排出を示す効率指標(インデックス)を開発すること
  - 船舶からのGHG排出効率指標を適用する仕組みを開発すること
  - 船舶からのGHG排出を制御する技術的、運航的及び経済的な手法を検討すること
  - GHG排出報告の仕組みを検討すること
  - 作業計画を作成すること
  - IMOのポリシーと実行方法を継続して検討すること
  - UNFCCC、ICAOとの連携の維持
- IMOの海洋環境保護委員会(MEPC)は、この決議の下で、掲げられた作業を遂行している。

#### 4. IMOのGHGに関する2009年調査報告書

MEPCは2007年7月の第56回会議(MEPC56)において、MEPC45が作成した報告<sup>1)</sup>が10年前のデータであり、現状にそぐわないことを認識し、国際航行船舶から排出されるGHGに関して再度調査することに合意し<sup>3)</sup>、その作業を国際コンソーシアムに委託した。国際コンソーシアムは、その最終報告<sup>4)</sup>をMEPC59会議に報告した。この項は、この報告書の概要を紹介する。

##### 4.1 国際コンソーシアムの構成

以下の機関が国際コンソーシアム(海上技術安全研究所も含む)を形成し、航行船舶から排出されるGHGに関する調査をIMOから受託し、2009年7月に開催されたMEPCの第59回会議に最終報告を提出した<sup>4)</sup>。

- MARINTEK, Norway (リーダー)
- CE Delft, The Netherlands
- Dalian Maritime University, China
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V (DLR), Germany
- DNV, Norway
- Energy and Environmental Research Associates (EERA), USA
- Lloyd's Register – Fairplay Research, Sweden
- Manchester Metropolitan University, UK
- Mokpo National Maritime University (MNMU), Korea

- National Maritime Research Institute (NMRI), Japan
- Ocean Policy Research Foundation (OPRF), Japan

#### 4.2 2007までのGHG排出算定

国際コンソーシアムは、海上技術安全研究所が提供したデータを基に、国際航行船舶の一部の運航状況をAISで追跡してこのデータをチェックして修正し、以下のように、2007年までの、国際航行船舶からの二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の排出量を表-1及び図-1のように算出した。

表-1 2007年までの国際航行船舶からの二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の排出量(億トン)

年	1990	1992	1994	1996	1998
CO <sub>2</sub> (億 ton)	4.68	4.98	5.35	5.65	5.90
年	2000	2002	2004	2006	2007
CO <sub>2</sub> (億 ton)	6.47	6.60	7.35	8.38	8.70

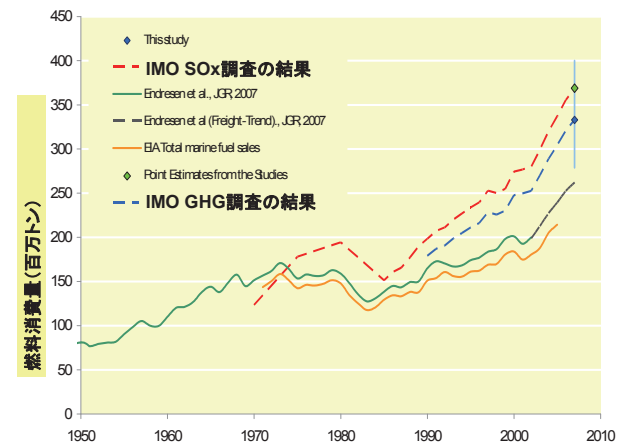


図-1 2007年までの国際航行船舶CO<sub>2</sub>排出算定

すなわち、2007年には、国際航行船舶からの二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の排出量は、8億7千万トンであったと報告した。

さらに、2000年の報告書は、船舶燃料の船舶への払出し量に基づいてCO<sub>2</sub>の排出量を算定したが、船舶燃料の払出し量統計は、国毎に統計の取り方が異なり、またその統計が不確実な国が多いなど不確定要素が多く信頼性に欠けるため、CO<sub>2</sub>の排出量は船舶の実際の運航状況に基づいて算定すべきであると結論した。

また国際コンソーシアムは、GHGには数種類のガスがあるが、船舶の場合は、機関からの排気ガス中のCO<sub>2</sub>が大部分を占めることも報告し

た。すなわち、CO<sub>2</sub> : 95.7%、NO<sub>x</sub> : 2.3%、SO<sub>x</sub> : 1.4%、その他 0.6%である。

さらに国際コンソーシアムは、船種別の貨物移動(トン・km)当りの CO<sub>2</sub> の排出量(gCO<sub>2</sub>/ton\*km 貨物)を算出した(図-2)。

船の載荷貨物当りの燃料消費すなわち CO<sub>2</sub> 排出量は船の大きさに依存するが、陸上輸送に比べて、船舶は格段に燃料効率が良い。

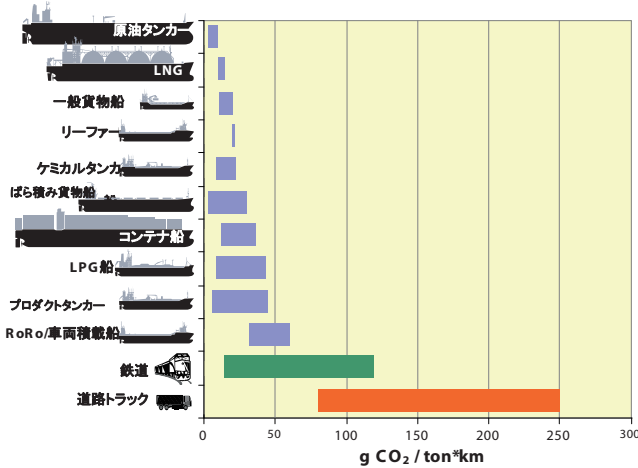


図-2 船種別 CO<sub>2</sub> 排出量比較(gCO<sub>2</sub>/ton\*km 貨物)

#### 4.3 2050年までの船舶のGHG排出予測

国際コンソーシアムは、UNFCCC 中のグループ(Intergovernmental Panel on Climate Change :IPCC)が査定した 2050年までの経済成長予測(SRES storylines)<sup>5) 6)</sup>を考慮して国際海運の2050年までの進展を考えた。ここでのシナリオは、

A1: 急速な経済発展と人口増加。グローバル化。環境への配慮よりも個人の豊かさ。

A1FI: 引き続き化石燃料の利用。

A1B: 技術の進展により脱化石燃料の進展。

A1T: 燃料利用のバランスの進展。

A2: 急速な人口増加と地域格差の拡大。経済の地域性の増加。

B1: 人口増加がある一方で経済の収斂化。サービスと情報のグローバルな発展の一方で物質生産は収斂。環境への配慮の進展。

B2: 経済発展の収斂と地域化の進行。環境への配慮の進展。

船舶に関しては、次のように仮定した。

- ・短国際航海船では、物流の効率化が進む。
- ・外洋航海船では、大型化による効率化が進む。
- ・いずれの場合もコンテナ化が進む。

- ・船舶のエネルギー効率の向上、及び運航効率の向上による燃料の削減を、2020年まで平均12%、2050年まで平均39%と見込む。

以上の条件の下に、2050年までの船舶からのCO<sub>2</sub>排出量の年次増加を表-2のように予測した。これに基づいて、2020年及び2050年における国際航行船舶からのCO<sub>2</sub>排出量を表-3及び図-3のように予測した。

表-2 船舶からのCO<sub>2</sub>排出量の年次増加

シナリオ	平均	最大	最小
A1	2.7%	5.2%	-0.4%
A2	2.2%	4.4%	-0.6%
B1	2.1%	4.3%	-0.7%
B2	1.9%	3.9%	-0.8%

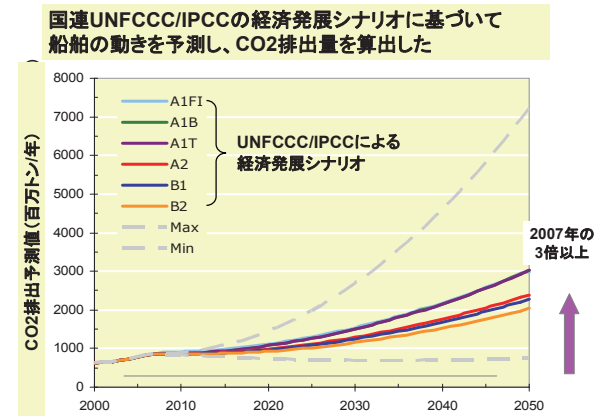


図-3 2050年までの国際航行船舶CO<sub>2</sub>排出量予測

表-3 国際航行船舶からのCO<sub>2</sub>排出予測(百万トン)

シナリオ	2020年			2050年		
	平均	最大	最小	平均	最大	最小
A1FI	1058	1440	689	2648	7728	693
A1B	1057	1447	689	2681	7344	694
A1T	1058	1447	689	2668	7341	689
A2	982	1275	663	2194	5426	638
B1	959	1252	657	2104	5081	617
B2	925	1160	645	1903	4407	589

#### 4.4 2050年までの世界的動向予測と船舶

地球温暖化の防止の究極の目的は、気温の上昇を抑えることである。そのためには、大気中のGHGの増加を一定値に抑えることが必要であり、そのシナリオに関しては、UNFCCCの内外で種々の議論がなされてきている<sup>5)</sup>。そうした中で、WREシナリオ<sup>7)</sup>がIPCCにおいても着目されている。すなわち、

- ・大気中 CO<sub>2</sub>を 550ppm に保つと温度上昇は 2℃を超える。
- ・大気中 CO<sub>2</sub>を 450ppm に保つと温度上昇は 50%の確率で 2℃未満に抑えられる。

CO<sub>2</sub>の大気中の寿命は一般的に 300 年とされているが、これは大気、海水及び陸上の状況で変化する。2100 年に大気中の CO<sub>2</sub>の量を 550ppm あるいは 450ppm に保つためには、CO<sub>2</sub>の発生量を抑制する必要がある。図-4 は、国際コンソーシアムが、WRE のシナリオ(大気中の CO<sub>2</sub>の濃度を 450ppm あるいは 550ppm に保つ)と、国際船舶からの CO<sub>2</sub> 排出予測を、統合して示したものである。

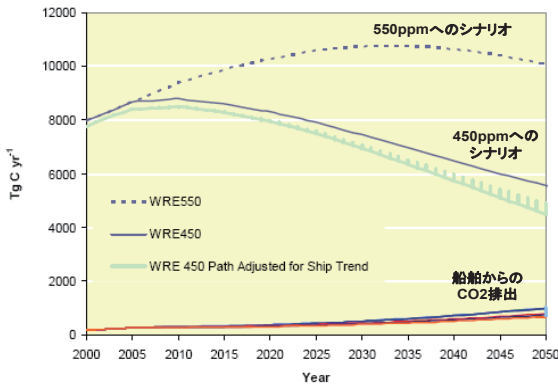


図-4 温度上昇抑制と CO<sub>2</sub> 排出抑制

なお、WRE 安定化シナリオは CO<sub>2</sub> 濃度安定化を達成するためのモデルであり、SRES タイプの海運シナリオ(排出抑制策を考慮しない場合のシナリオ)との両立性は無い点に注意を要するもので、本来は概念が異なり一つの図に統合するのは誤解を招きかねないものである。

国際コンソーシアムは、WRE450 及び 550 シナリオによる 2050 年における CO<sub>2</sub> の世界排出量に対する国際航行船舶からの CO<sub>2</sub> 排出予測値の割合を算出し、表-4 のように示した。

表-4 WRE450 及び 550 シナリオによる 2050 年における CO<sub>2</sub> の世界排出量に対する国際航行船舶からの CO<sub>2</sub> 排出予測値の割合

CO <sub>2</sub> 平衡濃度	シナリオ別船舶からの CO <sub>2</sub> 排出の全体に占める割合(%)					
	A1FI	A1B	A1T	A2	B1	B2
WRE450ppm に占める割合	17.6	17.9	17.8	14.1	11.3	12.0
WRE550ppm に占める割合	9.7	9.9	9.8	7.8	7.4	6.6

WRE シナリオは、現状の CO<sub>2</sub> 排出量に基づいて算出したものであり、今後の経済発展に起因する CO<sub>2</sub> 排出変化を考慮していないが、気温の平衡化のための CO<sub>2</sub> 排出抑制要求値の中で、国際航行船舶からの CO<sub>2</sub> 排出の寄与を理解し、その将来の抑制の方向を見定めるためにはこの比較は有用であると、国際コンソーシアムは結論している。

#### 4.5 船舶からの CO<sub>2</sub> 排出低減の可能性

国際コンソーシアムは、船舶からの CO<sub>2</sub> 排出削減に関して現在考え得る技術(造船及び海運)をサーベイし、表-5 のように将来可能性を示した。

表-5 船舶からの CO<sub>2</sub> 排出削減可能量予測 (貨物 ton 海里運送当りの CO<sub>2</sub> 排出量での比較) (貨物 t-海里当り)

	CO <sub>2</sub> 排出削減可能量	組合せ	新造船設計と運航の組合せ
<b>新造船設計</b>			
基本設計, 速力, 載荷量	2-50%	10-50%	25-75%
船体, 上部構造	2-20%		
機関, 推進システム	5-15%		
低炭素燃料	5-15%		
再生可能燃料 (太陽, 風 etc)	1-10%		
CO <sub>2</sub> 回収	0%		
<b>運航措置(全船舶)</b>			
フリートマネジメント, ロジスティック改善	5-50%	10-50%	
最適航海, 荒天回避	1-10%		
エネルギー管理	1-10%		

国際コンソーシアムのこの船舶からの CO<sub>2</sub> 排出削減可能量予測は、以下の原則に沿って、海上技術安全研究所からの情報の下に、国際コンソーシアムのメンバーが検討会議を通して抽出したものである。

- ・エネルギー効率の改善(造船及び運航の双方)
- ・再生可能エネルギー(太陽光、風など)の利用
- ・CO<sub>2</sub> サイクルの中で CO<sub>2</sub> 発生が少ない燃料の使用(バイオ燃料、天然ガス)
- ・CO<sub>2</sub> 排出低減技術の活用(化学処理、CO<sub>2</sub> 貯蔵)

国際コンソーシアムは、CO<sub>2</sub> の貯蔵に関しては船舶では直接の措置は見当たらないとした。

国際コンソーシアムは、すべての可能な技術の組み合わせによって、船舶からの CO<sub>2</sub> の排出は

25%から75%削減できると予測した。但し、この予測の中には、基本的にCO<sub>2</sub>を排出しない燃料(核燃料、水素)の利用は考えていない。

## 5. IMOのGHGに関する技術的措置

IMO 総会決議 A.963(23)の指示に従って、MEPCは、GHGに関する技術的措置として、船舶からのGHG排出を示す効率指標(インデックス)の開発、GHG排出のベースラインの設定、及び船舶からのGHG排出を制御する技術的措置を検討してきたが、2009年のMEPC59回会議において、新造船エネルギー効率設計指標(EEDI)、EEDIの認証方法指針、運航船のエネルギー効率マネジメントプラン(SEEMP)、及び運航船のエネルギー効率運航指標(EEOI)を完成させ、MEPC回章文書として発行した<sup>8) 9) 10) 11)</sup>。以下にこれらについて述べる。なお、筆者は、2008年10月のMEPC58以来、MEPCのGHGに関する作業部会(WG)の議長を遂行し、これらのMEPC/Circ.作成に携わった。

### 5.1 新造船エネルギー効率設計指標(EEDI)

#### 5.1.1 発端

船舶の実海域におけるCO<sub>2</sub>排出を算出する方法は、日本が2008年3月に開催されたMEPC57会議に最初に提案した<sup>12)</sup>。その方法は、

$$I = \frac{SFC \times P \times (1 + k_2) \times C}{DWT \times V_{ref} \times k_1}$$

ここに、 $I$ は新造船CO<sub>2</sub>排出指標(g/(ton·nm))、 $SFC$ は機関燃費(g/kWh)、 $P$ は主機出力(kW)、 $C$ は燃料のCO<sub>2</sub>排出定数(g CO<sub>2</sub>/g Fuel)、 $V_{ref}$ は計画最大航続速度(nm/h)、 $k_2$ は補機の出力を参入する係数、 $k_1$ は実海域における速力低減係数である。

デンマーク等も新造船CO<sub>2</sub>排出指標をMEPC57へ提案した。MEPC57は、2008年6月にオスロにて、GHGに関する中間作業部会会議を開催し、これらの提案を検討することに合意した。

#### 5.1.2 GHGに関するオスロ中間作業部会

2008年6月のGHGに関するオスロ中間作業部会会議(GHG-WG1)では、日本及びデンマークがさらに新造船CO<sub>2</sub>排出指標を提案した<sup>13)</sup><sup>14)</sup>。同作業部会はこれらの提案を基に、作業部

会案を以下のように作成した<sup>15)</sup>。

*Attained new ship design CO<sub>2</sub> index*=

$$\frac{\left( \prod_{j=1}^M f_j \right) \left( \sum_{i=1}^{NME} C_{FMEi} SFC_{MEi} P_{MEi} \right) + \left( \prod_{k=1}^L f_k \right) \left( \sum_{i=1}^{NAE} C_{FAEi} SFC_{AEi} P_{AEi} \right)}{Capacity \times V_{ref} \times f_w}$$

(注：この式は、後の会議で大幅に修正されている)

ここに、 $Capacity$ は、貨物船ではDWT、ガス運搬船ではタンク容積、コンテナ船ではTEUまたはDWT、 $f_i$ 及び $f_j$ は船種特有の修正係数、 $f_w$ は実海域における速力低減係数、MEは主機を表し、AEは補機を表す。

$f_w$ は、実海域における性能が良好な船舶の設計に価値を与えるために日本が提案したものである。

#### 5.1.3 MEPC58の結果

2008年10月に開催されたMEPC58会議では、オスロ中間作業部会会議からの報告に加えて、日本及びデンマークからの追加提案を考慮に入れて、新造船CO<sub>2</sub>排出指標をさらに検討し、以下の結論に達した<sup>16)</sup>。

- (1)CO<sub>2</sub>の文字の表示を嫌う中国等の発展途上国の意向に配慮して、名前を「新造船エネルギー効率設計指標(EEDI: New Ship Energy Efficiency Design Index)」とした。
- (2)計算に使用する主機出力は、搭載主機の最大連続出力(MCR)の75%とする。
- (3)貨物船の $Capacity$ にはDWTを用いる。
- (4)旅客船の $Capacity$ にはGTを用いる。
- (5)補機の出力 $P_{AE}$ は、以下の式で算出する。  
主機出力 $P_{ME}$ が10000kW以上の場合は、

$$(0.025 \times \sum_{i=1}^{ME_n} MCR_{MEi}) + 250$$

主機出力 $P_{ME}$ が10000kW未満の場合は、

$$0.05 \times \sum_{i=1}^{ME_n} MCR_{MEi}$$

- (6)速度 $V_{ref}$ は、上の $Capacity$ 及び主機出力(MCRの75%)の下で決定する。
- (7)機関の燃料消費量 $SFC$ (g/kWh)は、EIAPP証書(Engine International Air Pollution Prevention Certificate)に記載の値を用いる。
- (8)船種に特有の修正係数 $f_i$ 及び $f_j$ の取り扱いにはさらに検討する。

(9)日本が提案した実海域における速力低下係数  $f_w$  に関しては、

- (a)対象船舶の設計に関するシミュレーションで得てもよい。そのためのシミュレーション方法の指針を開発する。
- (b) $f_w$  を得るためのシミュレーションを実施しない場合には、実海域における速度低下の経験値に基づく標準  $f_w$  を用いてよい。標準  $f_w$  に関する指針は後日開発する。
- (c)上の(a)及び(b)の指針を作成するまでは、 $f_w$  は 1.0 とする。

なお、MEPC58 が作成した EEDI の式は、GHG に関する第 2 回中間作業部会会議及び MEPC59 においてさらに改良されたため、ここでは紹介しない。

#### 5.1.4 GHG に関する第 2 回中間作業部会

GHG に関する第 2 回中間作業部会は、2009 年 3 月 9 日から 13 日の間、IMO 本部で開催され、MEPC58 において作成された EEDI の指針に関して、日本をはじめ各国が提出した文書に照らしてさらに検討し、概要以下の結論を得た<sup>17)</sup>。

- (1) 船種の定義を、SOLAS 等にある定義に基づいて加えた。
- (2) 主軸発電の取り扱いを加えた。
- (3) Ro-ro 旅客船の *Capacity* には GT を用いる。
- (4) ディーゼル機関発電－電気モータ推進の取り扱いを入れた。
- (5) 補機出力の算定には、MEPC58 で合意した簡易式その他、電力表による算定も可能にした。
- (6) 機関が複数ある場合には、*SFC* はその出力による荷重平均とする。
- (7) エネルギー回収等の効果を算入する。

この会議は、EEDI の計算式を大幅に書き直し、MEPC59 へ報告した。

またこの会議では、フィンランド等の北欧諸国は、アイスクラス船に関する  $f_i$  及び  $f_j$  の計算方法を MEPC59 へ提案する旨表明した。

さらに会議では、EEDI の式及びそのパラメータの決め方は、ディーゼル発電－モータ駆動の推進装置を持ち、船内電力使用量が推進用電力に比べて大きい旅客船への適用が困難であることが表明された。

以上の問題点は、MEPC59 においてさらに検討することとなった。

#### 5.1.5 MEPC59 の結果

2009 年 7 月に開催された MEPC59 会議は、5.1.4 の GHG 中間会議の報告書<sup>17)</sup>に基づき、さらに各国からの提案を勘案して EEDI を検討し、以下の合意し、EEDI を最終的に MEPC/Circular 681 として発行することに合意した<sup>8)</sup>。なお、MEPC/Circ.681 の内容を、本稿末尾の附録に記載する。

- (1) 船種の定義に、車両運搬 Ro-ro 貨物船、容積ベースの Ro-ro 貨物船 (Ro-ro 貨物 1m 当りの重量が 4ton 未満)、重量ベースの Ro-ro 貨物船 (Ro-ro 貨物 1m 当りの重量が 4ton 以上) を追加した。
- (2) 燃料－CO<sub>2</sub> 変換係数  $C_F$  を、最新情報に基づいて改定した。
- (3) コンテナ船の *Capacity* は、DWT の 65% とする。
- (4) 発電装置の効率は、0.9 に固定せず、装置の実際の効率の加重平均とする。
- (5) アイスクラス船に関する  $f_i$  及び  $f_j$  の計算方法を、船種毎に決めた。

MEPC59 はさらに、この EEDI の使用を試行することを各国及び関係者が進め、その結果を MEPC へ報告するよう要請した。また、未解決の  $f_w$  を決めるための指針案の提出を日本に求めた。

#### 5.2 EEDI の認証方法指針

新造船に対して一定の値以下の EEDI 値を持つことを規則により強制的に要求する場合、その船舶の EEDI を建造段階で評価し認証することが、公正な規則の実施のために必須となる。EEDI の評価と認証を公正かつ透明性を持って実施するためには、IMO が EEDI の認証に関する指針を作成し、関係主管庁にこの指針に従って、認証を遂行することを求めることが望ましい。

そこで日本は、GHG に関する第 2 回中間作業部会に、EEDI の認証方法指針に関する基本構想を文書 GHG-WG2/2/16 により提案した。当作業部会は、これに原則賛成し、さらに具体的な指針案を提案するよう、各国に要請した。

そこで MEPC59 会議に際して、日本はノルウェーと共同して、第 2 回中間作業部会の合意事項に則って、EEDI の認証法に関する指針案を文書 MEPC59/4/36 によって提出した。

MEPC59では、GHGに関する作業部会において、主に以下の点が議論された。

- ・海上公試でのEEDIの検証の可能性と重要性
- ・海上公試で、ISO 15056 速力試験の解析方法の利用
- ・EEDIの計算に使用される個々のパラメータの値の検証の可能性とその方法
- ・EEDI計算における知的財産権の保護(特に速力-機関出力カーブ、及び海上公試測定値から実際の満載状態での速力-機関出力の関係を導く解析法)

以上の議論の結果、MEPC59は、EEDIの認証方法に関する暫定指針を、MEPC/Circ.682としてまとめた<sup>9)</sup>。その骨子を以下に述べる。

- (1) 各国及び関係機関に対し、この暫定指針を試行して、その結果をMEPCへ報告することを要請する。
- (2) EEDIの認証は、設計段階及び海上試運転段階の2段階で行う。その流れを図-5に示す。

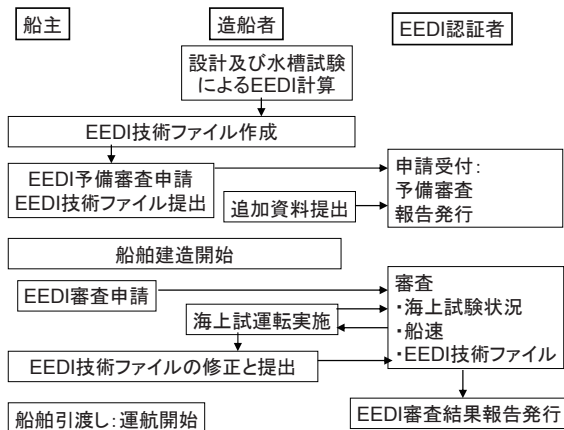


図-5 EEDI 認証作業の流れ

- (3) EEDI 技術ファイルには以下の資料を含める。
  - ・ EEDI 計算に使用するパラメータの値
  - ・ パワーカーブ(kW・NM)(最大載荷時及び海上試運転時)とその船舶設計段階における作成方法：パワーカーブは水槽試験結果に基づいたものとする。但し、同型船舶のデータがある場合には、それを使用してよい。
  - ・ 船舶の主要目、推進系統、電力系統の説明
  - ・ エネルギー回収システムの説明
  - ・ EEDI 計算結果
- (4) EEDI の予備審査は、計算が EEDI の指針に従って実施されたかを審査することが主眼である。

- (5) 審査者は海上試運転に参加し、EEDI 技術ファイルの内容を実際の船舶に照らして検証し、また海上試運転の状況と計測結果を把握する。
- (6) 海上試運転の海象及び船速の計測は、ISO 15056または同等の方法によって行う。
- (7) 海上試運転では、MCRの75%の機関出力時を含む2つ以上の機関出力における船速を計測する。
- (8) 海上試運転を満載状態で実施する場合には、MCRの75%の機関出力時の船速を計測し、これに基づいてEEDIを検証する。
- (9) 海上試運転を満載状態で実施しない(できない)場合には、建造者は測定結果に基づき、満載状態かつMCRの75%の機関出力時の船速を技術解析により解析求め、EEDIを修正する。

またこのEEDI認証指針は、水槽試験に関して、以下を示唆している。

- (a) 水槽試験から船速を導く方法の標準化が望ましい。
- (b) 水槽試験の信頼性保持のために、水槽試験所の認証制度の開発と実施が望ましい。

MEPC59 会議以降、船主及び造船者は EEDI の計算の実施試行が求められ、想定される認証者(主管庁、船級協会)は、EEDI の認証の試行実施が求められている。これらの結果はMEPCの将来会議(MEPC60:2010年3月、MEPC61:2010年10月)へ提出され、EEDI及びその認証に関する暫定指針の見直しに利用される。

### 5.3 EEDI のベースライン

MEPCでは、EEDIの指針の検討と平行して、EEDIのベースラインの設定方法を検討してきている。

デンマークはMEPC58に対して、過去に建造された船舶のデータに拠ってEEDIを計算し、船種別に集計して、EEDIが船舶の大きさの指数関数で表せることを示した(MEPC58/4/8)。すなわち、

$$\text{Baseline Value} = a \times \text{Capacity}^c$$

この文書にあるばら積み貨物船の例を図-6に示す。

MEPC58は、EEDIベースラインをCapacityの指数関数で表すことに、基本的に合意し、各国にその検証を求めた。

GHGに関する第2回中間作業部会及び

MEPC59では、中国もEEDIベースラインの計算例を提出した。MEPC59でのさらなる検討の結果、将来、EEDI及びそのベースラインを用いて、新造船のCO<sub>2</sub>排出削減の法的措置を策定する場合には、EEDIのベースラインは、IMOなどで公正及び透明性をもって定める必要があることに、基本的に合意した。

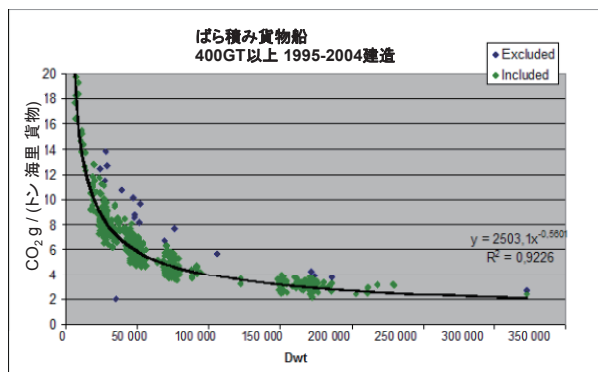


図-6 ばら積み貨物船 EEDI ベースライン例

また MEPC59 は、EEDI ベースラインを EEDI に関する指針(MEPC/Circ.681)に従って求める必要があるが、機関の 75%MCR に対応する船速のデータを過去の船舶データから類推する必要があることも認識した。

#### 5.4 運航船のエネルギー効率マネジメント・プラン(SEEMP)

船舶からの GHG 排出の低減は、船舶の運航によっても相当に達成できる。船舶運航者は以前から、船舶が使用する燃料の低減を図って来ている。MEPC57 は、船舶運航者が利用できる GHG 排出削減方法のガイドを作成することに合意し、GHG に関する第 2 回中間作業部会に対して、その案を作成するよう指示した。

GHG に関する第 2 回中間作業部会では、議長(筆者)が、以下の原則に立って、運航船のエネルギー効率マネジメント・プランを作成することを提案し、作業部会は、これに沿って MEPC59 においてこれを仕上げることに合意した<sup>17)</sup>。

- ・プランニング：GHG 削減プランを作成する。そのための Best Practices を提示する。
- ・実施：プランの実施方法を定めて、これを実施する。
- ・モニター及び報告：実施状況をモニターし、成果・結果を報告する。モニターには

EEOI(後述する)を利用する。

- ・自己評価及び改善：モニター結果及び報告・成果に基づき、プランを改善する。

GHG に関する第 2 回中間作業部会はさらに、国際船主協会連合(ICS)等の提案を MEPC59 における検討のために保留した。

MEPC59 会議へは、日本と米国が GHG に関する第 2 回中間作業部会の合意事項に則って、エネルギー効率マネジメント・プランの案を、文書 MEPC59/4/33 により提出した。GHG 作業部会はこの案を検討し、加えて、多くの船舶運航会社は、ISO 14001 に基づく環境マネジメントをすでに導入していることを認識し、船舶エネルギー効率マネジメント・プラン(SEEMP Ship Energy Management Plan)に関するガイドを作成し、MEPC/Circ.683 として回章した<sup>10)</sup>。

この SEEMP は、GHG に関する第 2 回中間作業部会が合意した 4 原則(プランニング、実施、モニターリング及び改善)をさらに詳しく説明してその実施方法をガイドするとともに、船舶からの GHG 削減の最良方法(Best Practices)を掲載している。

#### 5.5 運航船のエネルギー効率運航指標(EEOI)

MEPC はその第 51 回会議から、運航されている船舶が排出する CO<sub>2</sub> の量を算定する方法を検討した。その原則は、以下の式のように、排出した CO<sub>2</sub> に量を運送した量(ton x 海里)で序した値をインデックスとするものである。

$$Index = \frac{CO_2 Mass_{Emitted}}{Work_{Transported}}$$

ここで、排出された CO<sub>2</sub> の量は、使用した燃料の量に、単位燃料(g)の燃焼で排出される CO<sub>2</sub> の量(g)の比の係数を掛けて求める。また、運送量は、実際に運んだ貨物の量と距離から求める。

MEPC53 会議(2005 年 7 月)は、この原則に基づいて、ボランティア CO<sub>2</sub> 排出指標の試行のための暫定指針(Interim Guidelines for Voluntary Ship CO<sub>2</sub> Emission Indexing for use in Trials)を作成し、MEPC/Circ.471 として発行した<sup>18)</sup>。

日本をはじめ各国はその後、この暫定指針によって得られたデータを MEPC へ提出した。MEPC はその後、この暫定指針に関して



以下の問題点を検討した。

- ・バラスト航海の取り扱い方法
- ・コンテナ船の載荷量の単位(重量 ton、または TEU 数)
- ・港での待ち時間中の燃料消費
- ・平均値算定方法

MEPC58 会議(2008年10月)は、MEPC.Circ.471を改正することに合意し、コレスポンデンスグループ CG:(筆者が幹事)を設置して MEPC59 までにその改正案を作成するよう委託した。

MEPC59 は、この CG からの報告と提案(文書 MEPC59/4/15)をさらに検討し、船舶運航エネルギー効率インジケータ(EEOI)の指針を完成し、MEPC/Circ.684<sup>11)</sup>として発行した。

以下に、EEOI の概要を述べる。

(1) EEOI は以下の式によって計算する。

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j \times C_{Fj}}{m_{cargo} \times D}$$

ここに、 $FC_j$ は燃料  $j$  の使用量、 $C_{Fj}$ は燃料  $j$  の CO<sub>2</sub> 排出ファクタ、 $M_{cargo}$ は運送した貨物量(重量 ton、コンテナ TEU 数、または旅客数など)、 $D$ はその貨物を運んだ距離(海里)である。

航海平均の EEOI を求める場合には、以下の式によって算出する。

$$EEOI_{average} = \frac{\sum_i \sum_j (FC_{ij} \times C_{Fj})}{\sum_i (m_{cargo,i} \times D_i)}$$

ここに、 $i$ は航海数である。

- (2)  $C_F$ は、EEDI の指針<sup>8)</sup>に示されている値を用いる。
- (3) 貨物量は以下による：
- ・コンテナ船以外の貨物船(Ro-ro 貨物船を含む)では貨物重量トンを用いる。
  - ・コンテナ船では TEU 数または貨物重量トンを用いる。
  - ・旅客船では旅客数またはグロストンを用いる。
  - ・コンテナと貨物を混載する船舶では、載荷コンテナは 10 トン、空コンテナは 2 トンで換算して、貨物重量トンで表す。
  - ・カーフェリー及び自動車運搬船では、運搬自動車数で表してもよい。
  - ・鉄道車両運搬船及びフェリーでは、車両の長さ合計で表してもよい。
- (4) 1 回の航海は、ある港からの出発から次の港からの出発とするが、他に定義してもよい

(港出発から次港への到着など)。

- (5) 使用するデータ(貨物量、燃料消費量、運航距離)は、船舶のログブックから得られる。
- (6) 時間単位(例えば 1 年)の移動平均を求めてもよい。
- (7) 運航者は、EEOI の算出を実施する措置を設立し、実施する(これは船舶エネルギー効率マネジメント・プランの中で実施することとなる)。

## 6. まとめ

以上に、IMO における国際航行船舶からの GHG(CO<sub>2</sub>)排出に関する技術的な動向を述べた。

MEPC では今後、EEDI 算定方法(MEPC/Circ.681)の改良、EEDI のベースラインの設定方法、EEDI 指針を用いて新造船からの CO<sub>2</sub> 排出低減の法的措置、EEOI の算出方法(MEPC/Circ.684)の改良を検討することとなっている。特に EEDI における  $f_w$  を算定するためのガイドライン案の作成、及び EEDI のベースラインの作成が重要課題であろう。

今後の MEPC 会議の予定は、以下のとおりである。

MEPC60 会議：2010年3月

MEPC61 会議：2010年10月

MEPC62 会議：2011年7月

## 参考文献

- 1) MEPC45/8 Report on the outcome of the IMO Study on Greenhouse Gas Emissions from Ships, June 2000
- 2) IMO A.963 (23); IMO Policies and Practices Related to the Reduction of Greenhouse Gas Emission from ships, December 2003
- 3) MEPC56/23 The Report of Marine Environment Protection Committee on its 56th session, July 2007
- 4) MEPC59/INF.10; Second IMO GHG Study 2009 Update of the 2000 IMO GHG Study Final report covering Phase 1 and Phase 2, April 2009
- 5) 2007. Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University

- Press, Cambridge, UK.  
<http://www.grida.no/publications/other/ipcc%5Fr/?src=/climate/ipcc/emission/index.htm>
- 6) 8 SEDAC. The SRES Emissions Scenarios.  
<http://sedac.ciesin.columbia.edu/ddc/sres/index.html> (28 February 2008)
- 7) Wigley, T.M.L., Richels, R. and Edmonds, J.A. 1996. "Economic and environmental choices in the stabilization of atmospheric CO<sub>2</sub> concentrations". *Nature*. 379, 242–245
- 8) MEPC/Circ.681; Interim Guidelines on the method of calculation of the energy efficiency design index for new ships (EEDI), 17 August 2009
- 9) MEPC/Circ.682; Interim Guidelines for voluntary verification of the energy efficiency design index, 17 August 2009
- 10) MEPC/Circ.683; Guidance for the development of a ship energy efficiency management plan (SEEMP), 17 August 2009
- 11) MEPC/Circ.684; Guidelines for voluntary use of the ship energy efficiency operational indicator (EEOI), 17 August 2009
- 12) MEPC57/4/12; CO<sub>2</sub> emissions index per unit shipping capacity, submitted by Japan, 25 January 2008
- 13) GHG-WG1/2/1; Assigning an attained and a required design CO<sub>2</sub> index to a ship, submitted by Denmark, 29 May 2008
- 14) GHG-WG1/2/2; Draft Guidelines for assigning the CO<sub>2</sub> design index to new ships, submitted by Japan, 30 May 2008
- 15) MEPC58/4; Report of the outcome of the first Intersessional Meeting of the Working Group on GHG Emissions from Ships, 4 July 2008
- 16) MEPC58/WP.8; Report of the Working Group on Greenhouse Gas Emissions from Ships, 9 Oct. 2008
- 17) MEPC59/4/2; Report on the outcome of the second Intersessional Meeting of the Working Group on Greenhouse Gas Emissions from Ships, 8 April 2009
- 18) MEPC/Circ.471; Interim Guidelines for Voluntary Ship CO<sub>2</sub> Emission Indexing for use in Trials, 29 July 2005

附録

MEPC/Circ.681

Interim Guidelines on the method of calculation of the energy efficiency design index for new ships (EEDI), 17 August 2009

新造船に関するエネルギー効率設計指針の概要

MEPC は各国に対し、EEDI を主機が直接プロペラを動かす新造船に適用すること、及び、可能であれば、ディーゼル発電－電気モータ推進船、タービン推進船及びハイブリッド推進船にも適用することを要請する。

1. 定義(船種の定義)(ここでは省略する)

2. エネルギー効率計算式

$$\frac{\left( \prod_{j=1}^M f_j \right) \left( \sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + (P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}^*) + \left( \left( \prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{AEeff(i)} \right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE} \right) - \left( \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right)}{f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w}$$

\* 軸発電の場合には、SFC は主機の値  $SFC_{ME}$  を用いる。

注)この式は、ディーゼル発電－電気モータ推進船、タービン推進船及びハイブリッド推進船には適用できないかもしれない。

.1  $C_F$ は、その機関の EIAPP 証書に記載された燃料の値を、以下の表に従って使用する。

Type of fuel	Reference	Carbon content	$C_F$ (t-CO <sub>2</sub> / t-Fuel)
1. Diesel/Gas Oil	ISO 8217 Grades DMX through DMC	0.875	3.206000
2. Light Fuel Oil (LFO)	ISO 8217 Grades RMA through RMD	0.86	3.151040
3. Heavy Fuel Oil (HFO)	ISO 8217 Grades RME through RMK	0.85	3.114400
4. Liquefied Petroleum Gas (LPG)	Propane	0.819	3.000000
	Butane	0.827	3.030000
5. Liquefied Natural Gas (LNG)		0.75	2.750000

.2  $V_{ref}$ は、.3に規定する *Capacity* 及び.5に規定する軸出力の基で求められる船の速度で、毎時当りの海里で示す。 $V_{ref}$ を求める条件は、天候が平穏で無風で波がない、深水深の海上状況とする。最大載荷重量は、主管庁が承認した復原性ブックレットに表示されたトリムと最深喫水条件で定まるものとする。

.3 *Capacity*は以下による。

- .3.1 乾貨物船、タンカー、ガスタンカー、コンテナ船、Ro-ro 貨物船及び一般貨物船では、DWT を使用する。
- .3.2 旅客船及び Ro-ro 旅客船では、1969年の国際トン数条約の Annex A 第3規則に規定するグロストンを用いる。
- .3.3 コンテナ船では、*Capacity*は DWT の 65%を用いる。

.4 DWT の定義(省略)

.5  $P$ は、主機及び補機の出力で、kWで表す。附書きの ME 及び AE はそれぞれ、主機及び補機を表す。

.5.1  $P_{ME(G)}$ は、各主機にあって、最大連続出力(MCR)から軸発電機の出力  $P_{PTOi}$ を差し引いた後の 75%とする。 $P_{ME(G)} = 0.75 \times (MCR_{MEi} - P_{PTOi})$  ( $P_{ME(G)}$ を求める参考となる図は省略する。)

.5.2  $P_{PTO(G)}$ は、軸発電機出力をその効率で除した値の 75%とする。

.5.3  $P_{PTI(G)}$ は、軸モータの出力を、発電機の効率の加重平均で除した値の 75%とする。軸モータ/軸発電機共用型の場合には、通常航行時の使用形態に従って、いずれかに使用するか決める。

.5.4  $P_{eff(G)}$ は、新技術による機械的なエネルギー効率改善による機関出力低減量の 75%とする。機械的に回収したエネルギーを主軸に直接返す場合には、これを算入しない。

.5.5  $P_{AEff(G)}$ は、新技術により電氣的に回収された補機出力の出力低減量である。

.5.6  $P_{AE}$ は、当該船舶が、*Capacity* 及び  $V_{ref}$ で航行している間の、推進機械システム及び居住区域に必要な量を含む、航行時の通常最大必要量を供給する補機出力とする。例えば、主機ポンプ、航行システム及び装置並びに居住区に必要なパワーを含むが、スラスト、貨物ポンプ、貨物ギア、バラストポンプ及び貨物のためのパワー(冷蔵冷凍、貨物艙ファン)などの推進機械システム以外のシステム/装置に必要なパワーは含まない。

.1 主機出力が 10000kW 以上の貨物船では、 $P_{AE}$ は以下の式による。

$$\left( 0.025 \times \sum_{i=1}^{nME} MCR_{MEi} \right) + 250$$

.2 主機出力が 10000kW 未満の貨物船では、 $P_{AE}$ は以下の式による。

$$0.05 \times \sum_{i=1}^{nME} MCR_{MEi}$$