

海運における GHG 排出指標

吉田 正彦*

Greenhouse Gas Emission Index for Shipping

by

Masahiko YOSHIDA

1. まえがき

地球温暖化防止に向けた温室効果ガス(GHG)排出量の削減は喫緊の課題であり、気候変動枠組み条約(UNFCCC)締約国会議第15回会合(COP15)に向け、新たな排出量削減の枠組みや目標値の設定が提案されている。国際海運は現在 UNFCCC 京都議定書の対象外であるが、2050年には国際海上物流の需要が2007年比で4倍に増加する(これに伴い GHG 排出量も同3倍に増加する)ことが想定される中、国際海運からの GHG 排出削減についても、枠組み作りの必要性が強く認識され国際海事機関(IMO)や COP 作業部会(AWG)で審議が行われている。

国際海運から排出される GHG 量削減に関しては、①最終消費者・荷主・海運事業者がその事業活動のスタイルを低 GHG 排出型へと転換する必要があるが、同時に②海運事業者単独では実現できない船舶の環境性能の向上が不可欠である。本稿では、この2つの分野に関する GHG 排出削減の枠組みと、「そこで使用される様々な指標」について、その現状と将来について紹介する。

2. 国際海運から排出される GHG 量の見える化の必要性

UNFCCCではGHGとして6種類の気体が掲げられているが、国際海運から排出される GHG の殆どは、その温室効果係数を勘案しても舶用燃料油の燃焼に起因する CO₂ である。言い換えれば、国際海運の GHG 排出量の削減は、CO₂ 発生量が低い(或いは低いと取り扱える)燃料である LNG、水素、バイオ燃料に燃料油転換をしない限り、船舶運航に係る燃料油消費量の抑制(省エネ)と同義である。

IMOでは、2000年に「1996年に国際海運から排出された GHG 量の調査」(IMO GHG Study 2000)を行ったが、当時の GHG 排出量は4.2~4.4億トン、全世界の GHG 排出量の1.8%に留まっていた¹⁾。

1997年に議決された UNFCCC 京都議定書では、その第2条第2項において国際海運から排出される GHG 量の削減に関し、「…国際海事機関を通じて活動することにより…船舶の燃料からの温室効果ガスの排出の抑制又は削減を追及する」とされた。これは、属地主義の UNFCCC に対し、

*温室効果ガス対策プロジェクトチーム

原稿受付 平成21年11月26日

審査済 平成21年12月16日

公海上でその GHG の殆どを排出するという国際海運の特殊性要因が一番大きい、そもそも国際海運等による地球温暖化効果が当時は相対的に小さく、且つ、省エネ分野は海運の自助努力が期待できたという背景が存在する。

2.1 国際海運から排出される GHG 量推定手法

国際海運の GHG 排出量削減の本質が省エネの推進である以上、まず必要なのは国際海運がその活動に伴って消費する燃料油量(=発生する GHG 量)及び海上輸送活動に使用される船舶の燃費性能(=船舶の環境性能)の把握である。

国際海運が燃料消費に伴って排出する GHG 量を推定する方法としては、①燃料法(実際の燃料消費量からエネルギー使用量を算定する)、②燃費法(個船の燃費を明らかにし、輸送距離を乗じてエネルギー使用量を推定する)、③改良トンキロ法(貨物の輸送トンキロ当たりのエネルギー使用原単位と輸送トンキロからエネルギー使用量を推定)等が存在する。

国際海運が毎年消費する燃料油量をすべて把握可能であれば、もっとも簡便な方法は①の燃料法を用いることである。国際エネルギー機関(IEA)の年報(World Energy Outlook)には、船用燃料油の販売量データが存在するが、国際航海に従事する船舶向けのデータの捕捉率は低い傾向にある(World Energy Outlook 2007 によれば、2005 年の国際海運の GHG 排出量は 5.43 億トンとなる²⁾)。

このため IMO では、国際海運から排出される GHG 量を把握する目的で海技研等 11 の専門機関が参加する専門家グループを設け②の燃費法のような考え方でより精密に 2007 年の国際海運からの GHG 排出量の推定を行った(IMO GHG Study 2009)。この報告書によれば、2007 年の国際海運の GHG 排出量は 8.7 億トンであり、全世界の排出量の 2.7%に相当する³⁾。

IMO GHG Study 2000 と同 2009 は推定手法が異なるため単純比較は適切ではないが、国際海運から排出される GHG 量の世界全体の GHG 排出量に占める割合が 11 年間で大幅に高まったことは事実である。IMO GHG Study は、定期的実施されるものではないため、国際海運から排出される GHG 量削減を効果的に進めるためには、具体的な排出量を把握又は推定する枠組みと、GHG 排出削減対策の効果を評価し、次に反映していくスキームが必要である。

3. 海上輸送活動に使用される船舶の燃費性能

2.1 に記した通り、国際海運の GHG 排出量削減に

とって、海上輸送活動に使用される船舶の燃費性能の向上は不可欠である。

3.1 国際海上輸送のエネルギー使用効率

我が国の貨物輸送における平成 19 年度の輸送モード別エネルギー使用原単位(kJ/トンキロ)は、内航船を 1 とすると、JR 貨物は 0.8、民鉄は 1.07、商業用トラックは 3.9、国内航空は 40 となっている⁴⁾。コンテナ船を例にとると、国際海運の主力である 8000TEU 以上の船舶の輸送トンキロ当たりの CO2 排出原単位は、内航船に相当する 1000TEU 未満の 1/3 であり、特に大型船を用いる国際海運のエネルギー使用効率が他の輸送モードに比較して非常に優れていることがわかる³⁾。

3.2 新造船エネルギー効率設計指標(EEDI)⁵⁾

大型船の燃費効率がよいことから、これまでの船舶の省エネ化の多くは船型の大型化によって進められてきた。図-1 及び図-2 のグラフにあるように、コンテナ船、ばら積船(BC)、PCC では平均的な船型の大型化が進んでいる。但し、基本的に容積勝ちの貨物を搭載するコンテナ船が最大船型そのものの大型化を図っているのに対し、重量勝ちの貨物を搭載する BC は、その最大船型が 2007 年以降 VLCC と同等となっており(ULCC サイズも存在)、中間的な船型については総トン数(GRT)の増加を抑制したまま載貨重量トン(DWT)の増加を図る傾向にある。

このような船型大型化の進展は、同一船型同士の省エネ性能の比較を困難とし、その進捗度を見え辛くする。2009 年 7 月に開催された IMO 海洋

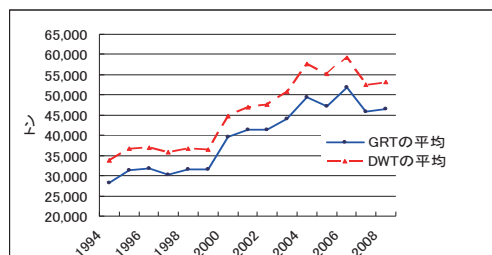


図-1 コンテナ船（1万GT以上）の建造年別平均船型の推移

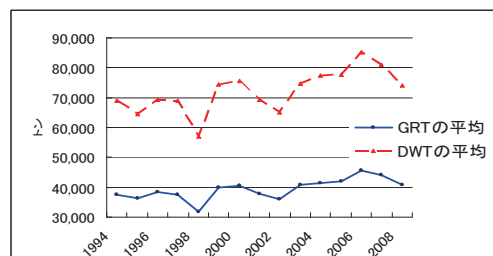


図-2 BC(1万GT以上)の建造年別平均船型の推移

環境保護委員会第59回会合(MEPC59)では、将来の強制化を睨んだ任意の取り組みの一つとして、「船舶の環境性能(単位輸送能力当たりのCO₂排出量)を示す指標」である EEDI の導入を合意した。

EEDIの詳細な説明は別稿に譲るが、図-3は、2008年末のロイドフェアプレイ(LDFR)の個船データを利用し、BCについて、1999～2008年の建造船と1990年代建造船のEEDIの近似式を比較したものである。このグラフによれば、同一のDWの船舶を比較すると、この10年間の船舶の燃費性能の向上幅が小さいことが判る。(因みに、日本の自動車の理論燃費(燃費 km/l は EEDI の逆数)は、1996年から2006年の10年間に年平均2.7%(販売平均)向上しており、EEDIに換算すると10年間で20%強の改善となる⁶⁾。)

勿論、自動車の燃費は、予め決められた速度での燃料消費量を示すのに対し、船舶のEEDIは、燃費算定に個々の船舶のサービス速力を使用するため、船主の設計時の要求速力が上昇すればその分だけ値が悪化するという違いがある。しかしながら、国際民間航空機関(ICAO)においても今後年率2%の割合で燃費効率を向上させることを合意しており、荷主・国際海運・造船一体となった取り組みが求められている⁷⁾。

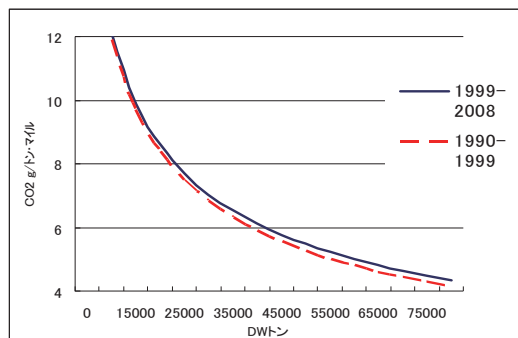


図-3 過去10年間とそれ以前の10年間に建造されたBCの平均EEDI値の比較

海技研では、EEDI式の策定への貢献や既存船のEEDI近似式の策定、今後の省エネ技術の導入を踏まえたEEDIの改善見通し等の策定を通じて、船舶の環境性能の見える化に貢献してきた。今後は、船種毎のEEDIの改善目標(ベースライン)の設定が重要となるが、EEDIの策定は、単に船舶の環境性能を明らかにするだけでなく、①様々な省エネ技術の導入効果を同一の基準で見えるようにする(省エネ技術導入の効果が第三者により認証される)、②船主に対して経済速度で運航する船舶の発注を促すという効果を有することから、船舶の省エネ技術開発及びその導入を加速することが期待される。

4. 海上輸送活動におけるエネルギー効率

2.1に記した通り、国際海運から排出されるGHG量削減にとって、海上輸送活動に使用される船舶の燃費性能(=船舶の環境性能)の向上は環境整備であり、直接進められるべきは国際海運がその活動に伴って消費する燃料油量(=発生するGHG量)そのものの削減である。特に、外航船舶は代替間隔が30年以上と他の輸送機関(航空機・自動車)よりも長期であり、リサイクル問題等を鑑みればその短縮は見込み難いため、既存船の運航改善が急務となっている。

4.1 船舶エネルギー効率管理計画(SEEMP)

国際海運のGHG削減の枠組みに関し、EUはAWG第7回会合において、削減目標値を設定すること及び2020年の目標値を2005年比で20%削減とするよう提案した。ちなみに国際航空の目標値は、同10%削減である。現時点では削減目標値の設定が国際的に合意される可能性は低いと考えられるが、国際海運と国際航空の削減目標値案の違いは何が原因であろうか。先ず第1に考えられるのは、減速航行を含めた船舶の運航面の改善によるエネルギー効率改善に対する期待である。

表-1に列記している省エネ手法は、IMO GHG Study 2009等に記載され、または海技研が世界の海運会社等にヒアリングした、船舶運航に関連する省エネ技術の一部である。実に様々な手法が採用又検討されているが、その殆どは既存船に適用可能である。IMOでは、船主のこれらの取り組みを加速するための枠組みとして、運航事業者による省エネ実施計画であるSEEMP作成に係るガイドラインを合意した⁸⁾。

省エネ技術導入の経済的合理性は船用燃料油価格との関係で決定される。リーマンショック以降値を下げていたC重油(IFO380)は、2009年4月末の330米ドルから11月半には460～470米ドルまで上昇し、bunkerworld.comによれば、同時点での2011年初渡しは500米ドルの値を付けている。SEEMPは将来的に義務付けられる方向であるが、仮にこれがなくとも、この船用燃料油価格の上昇が、省エネ運航技術の開発・改善ニーズを後押しすることとなろう。このような状況を鑑みれば、新船向けの革新的な省エネ技術開発と併行して、最小の改造により現存船に適用可能な省エネ技術の開発を推進する必要があると考えられる。

表-1 船舶運航の省エネ化のための手法

船舶運航に係るエネルギー効率の向上	Fleet management (2隻以上の船舶の運航計画の全体最適を図る)
	Improved voyage planning (1隻の船舶の航海計画を最適化)
	Weather routing (気象・海象条件を考慮した航路計画)
	Optimization of port usage time (入港待ち時間の縮減)
	Virtual arrival (laytime cancelling 期限を考慮した低速運航の導入)
	Optimized shaft power (主機回転数=出力の平準化)
船舶管理・船舶状態の最適化	Utilization of sea current (潮流を活用する航路設定)
	Optimum trim (トリムの最適化)
	Optimum ballast (バラスト量削減)
	Optimum propeller and propeller inflow considerations (プロペラ最適化)
	Optimum use of rudder and heading control systems (オートパイロットの使用等)
	Clean hull and propeller (船体及びプロペラの清浄化やシリコン系の塗装等)
その他	Speed optimization (減速運航)
	Visualization of FOC to shore & ship master (燃費情報の陸上把握、船員への見える化)
	Training crews for motivation (船員の訓練・動機付け)
	Optimum maintenance of engine (主機等の保守)
	Waste heat recovery (廃熱回収)
	Improved cargo handling at port (荷役の効率化)

4.2 現存船エネルギー効率運航指標(EEOI)⁹⁾

EEOI は、「個船の1航海(出航から次の出航迄)毎の実貨物輸送量(トンキロ)とその際の燃料油使用量から、単位輸送量当りの実 CO2 排出を示す指標」であり、MEPC59 において、当面は任意の指標として運用する前提で策定された。(EEOI 自体は目新しい概念ではなく、2005 年に試行用として EEOI 算定ガイドライン(MEPC/Circ.471)が、策定されており、実績を踏まえて今回これを改善したものである)。

同指標は、3.2 に記す環境性能の高い船舶を整備する能力、4.1 に記す運航者の省エネ運航を導入する能力、更には、船舶の積載率を上げるための集荷力等を含めた、「船社の総合的な環境能力を示す指標」であるが、同時に景気変動に伴う荷動き量の増減等船社が管理できない理由によりその値が変動するというマイナス面も存在する。2.1 に記したとおり、国際海運が消費する船用燃料油量の見える化は、

GHG 排出削減にとっての最初の第1歩であり、EEOI は、短期的な結果で一喜一憂するのではなく、ある程度長期間の移動平均の推移を見て運航や営業の改善を図っていく指標として有効であると考えられる。

先に記したとおり EEOI は任意に導入されるべき指標とされている一方、荷主サイドの GHG 排出量に対する要求レベルが必ずしも高くない現状においては、船主が当該指標を導入するための負担に対するメリットが見え辛いところがある。現時点での多くの荷主の優先順位は lead time の担保やコスト低減の方が上位にあり、この状況は短期的には変わらないと思われるが、EEOI 導入負担の軽減に関しては、船級協会等から既にツールが提案されている。

EEOI の算定に必要なデータは、①将来的に導入が検討されている「船舶から排出される GHG 削減のための経済的手法(CO2 排出権取引や燃料油課金制度の導入等)」や②最終消費者を巻き込んだ低炭素社会を目指すためのカーボンフットプリント(CFP)において必要とされるデータと極めて近く、今後国際海運に係る GHG 排出量の透明化ニーズが高まると共に、EEOI 導入の機運は高まっていくものと考えられる。

5. 国際海運から排出される GHG 量の抑制に向けた今後の取組

COP15 は、長らくポスト京都議定書の内容に関する基本合意のための目標期限とされてきた。これは、その後の法的拘束力ある合意の策定やその発効までに必要な期間を見込んだうえで、京都議定書第1約束期間の満了日である 2012 年末までに新たな枠組みを発効させたいという目論見による。ここでは、ポスト京都議定書問題で最も大きな問題となる GHG 排出削減目標の設定と今後の枠組み作りへの取り組みについて述べる。

5.1 国際海運は GHG 排出削減に対してどこまで貢献すべきか(限界削減費用曲線(MAC 曲線))

地球規模での GHG 排出量削減目標の策定に当たっては人類全体にとっての負担を最小化する枠組みが必要である。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)では、GHG 排出削減方策の費用対効果に関する MAC 曲線概念を用いて、各分野(セクター)での GHG 削減の可能性とその必要コストの関係を示している。図・4 は IPCC 第4次報告書¹⁰⁾に記された「2020 年時点での CO2 削減量 100 トン当たりのコスト(各 20、50、100 米ドル以下)と

当該コスト負担により各分野で期待される総 CO₂ 排出削減量の関係」の抜粋である。このグラフは、単位 CO₂ 削減量当たりコストの増加に対して総 CO₂ 排出削減量増加が大きい方が GHG 削減余力を有することを示しており、現時点での技術開発の現状を踏まえると国際航空を含む運輸分野の GHG 排出削減余地は小さいことを示している。

このコンセプトを受けて IMO GHG Study 2009 では、国際海運における MAC 曲線の検討が行われた。国際海運における MAC 曲線が示していることは、現在の数少ない省エネ技術(GHG 削減技術と必要コストの関係)をベースにした場合、低コストで GHG 削減が可能な領域は限られており、同時に単位 GHG 排出量削減に必要なコストは個々の選択肢の導入コストにあわせて階段状に増加するということである。この限界は、現在上昇傾向にある船舶燃料油価格の長期的な動向や、各種省エネ技術、省 GHG 排出技術のイニシャル及びランニングコストの低減によって大幅に変化する。しかしながら、全セクターで一律の GHG 排出量削減目標が設定された場合、国際海運にとっては、割高な船舶用 GHG 排出削減技術の導入よりも排出権購入が経済的に正当化される可能性がある。

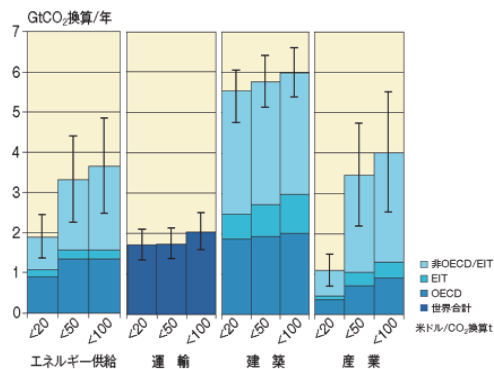


図-4 単位CO₂削減量当たりコストと各分野で期待される総CO₂削減量の関係

他方、地球温暖化対策に関する国際研究計画である Global Carbon Project(GCP)の報告書¹¹⁾によれば、化石燃料の使用に伴う2008年の全世界のGHG排出量は1990年比で41%増加した。その原因としては途上国の経済発展等様々な要因が挙げられているが、これの意味するところは、2050年に全世界のGHG排出量を1990年比で50%削減するという目標の達成には、あらゆる分野で最終的にはカーボンニュートラルを目指す必要があるということである。対策が遅れば、その分必要な対応策はより厳しくなる。国際海運の分野においても、GHG 排出削減に向けた船舶・運航・集荷等様々な面での取り組みが不可欠であり、その技術開発が阻害されな

いような環境整備が必要である。

このような国際海運の GHG 排出削減の目標値の設定方法として、全くのアイデア段階であるが、MAC 曲線を用いて単位 CO₂ 排出削減量当たりの負担額が同一になるところを国際海運の削減目標としようという考えがある(4.1 に記した EU の国際海運 GHG 排出量目標値案のように、先進国の削減目標と同一にしようという意見も当然存在する)。将来的に国際海運が GHG 排出削減に関し正当な社会的責任を果たしつつ発展するためには、適切な目標値の設定が不可欠であり、その一つの利用可能な指標として、海技研では国際海運の MAC 曲線に関する検討も行うこととしている。

5.2 GHG 排出削減に関する経済的手法

国際海運及び国際航空の GHG 排出量削減にとって、最終的なゴールは、円滑な国際輸送サービスの提供と GHG 排出量削減の両立である。このため IMO では2011年を目途に、「船舶から排出される GHG 削減のための経済的手法(CO₂ 排出権取引や燃料油課金制度の導入等)」の検討を進めることとしており、その中で我が国も船社に GHG 削減インセンティブが働く形での経済的手法として、燃料油課金制度の提案を行っている¹²⁾。

これは、国際航空も同様であり、ICAO では、理事会直轄機関の GIACC(Group of International Aviation and Climate Change)において、その GHG 削減対策を検討しているが、そこでも GHG 削減のための経済的手法の枠組みについて、可能な限り早期にその枠組みを構築すべく検討を行うことが合意されており、2009年10月に開催された ICAO ハイレベル会合で確認された¹³⁾。

上記の通り国際海運、国際航空の分野における GHG 排出削減問題の今後の大きな課題は経済的手法の構築である。この課題については、経済的手法の導入により得られる資金の一部を途上国支援の財源と見なす際の規模や用途に関する各国の思惑の違いが、5.1 に記した GHG 削減目標値の決め方に影響を与えるおそれがある。このため、国際海運が単なる資金供給源とならないよう合理的な目標、合理的な枠組みの構築が必要である。(IMO や ICAO では、①すべての事業者に対する統一された枠組みの適用と②京都議定書附属書1国とその他の国との間の「共通だが差異ある責任」(CBDR)の要件を両立する方法として、当該資金による途上国支援を検討しているが、COP AWG の審議では、より広い意味での途上国支援の資金源に絡めて国際海運等の GHG 削減が議論される場合がある。)

5.3 消費者を巻き込んだ取り組み(カーボンフットプリント(CFP))

国際海運が排出する GHG 削減については、その目標値によっては、追加的なコスト負担が発生することから、荷主及び最終消費者の理解、協力が不可欠である。

国際物流に伴う GHG 排出に関し、最終消費者に共通の指標を示し低 GHG 排出生活に誘導しようとする取り組みとしては、英国発祥のフードマイレージ(FM)という指標がある。但し、これは対象が食べ物であり、且つ、輸送距離だけに着目して輸送効率を無視している点で GHG 排出削減という点では不十分である(なお、農林水産政策研究所の調査報告によれば 2001 年の日本人一人当たりの FM は約 9000 トンキロ。これは米国人の大凡 10 倍に相当するが、輸送経路短縮以外に削減の方法がない)。

このような状況を受けて、一般消費財(将来的には耐久消費財)の生産から廃棄までの間に排出される GHG 量を示す指標として CFP 策定が始まっている。5.1 で触れた GCP の報告書によれば、途上国の GHG 排出量増加の一定割合は先進国の消費による(先進国向けの商品の生産に伴い発生した)という指摘もあり、最終消費者に対してその消費物の CFP を明らかにするこの取り組みは、国という枠組みを越えて最終消費者を低 GHG 排出量生活へと誘導するという意味で大きな価値があると考えられる。

国内的には経済産業省が 2009 年 1 月に共通指針を発表し¹³⁾、一般消費財を中心に各商品の CFP の計算に必要な商品種別算定基準(PCR)策定に関する取り組みが始まっている。各商品の CFP の計算に当たっては、割合の大きなものは実績値が用いられるが、それ以外の部分の計算に当たっては 2 次データである原単位(国際海運であればトンキロ当たりの CO₂ 排出量)を用いることが認められており、CFP 導入に伴い、途端に国際海運に対する情報提供が増加することは想定されない。しかしながら、国際海運の GHG 排出量削減努力がこの原単位に反映されることは不可欠であり、簡便且つ正確な算出手法の確立に関する業界の検討が行われているところであり、海技研もこれに協力している。

他方、①フランスや米国カリフォルニア州では、域内での商品販売に際し CFP の表示を義務付ける動きがあること、②有力な流通、製造事業者の中には、CSR の一環として国際物流を含めた事業活動に伴う GHG 排出量の把握を進める動きがあること、③特定の青果物のように、CFP を計算すると、国際海上物流による GHG 排出量が商品の CFP の 25~30% を占める例があること等、CFP に関連してより詳細に国際海上物流により排出される CO₂ 量を把握したいというニーズが高まる要因は多い。

この場合、専用船を用いた輸送の CFP 計算は 2.1 に記した燃料法を用いることで何処でも同じように値を得ることができるが、コンテナ船や一部 PCC のように複数以上の荷主の貨物を混載するケースでは、データ提供手法の統一が必要となろう。既に我が国、欧州、米国等環境意識の高い荷主のいる地域では、任意に取り纏められた計算手法が統一されないまま使用されつつある。当面は、時間のかかる計算手法の統一よりも指標の普及が優先されることとなろうが、最終的には環境意識の高い海運事業者の選別に対するインセンティブとなるよう、一定の枠組みを纏める必要がある。

以上の通り、国際海運の GHG 排出量削減にとって、排出の現状と関係者の削減努力の「見える化」は GHG 排出削減技術開発自体と同様に不可欠である。指標はそのための重要なツールであり、今後ともその開発・改善を進める必要がある。

謝辞

本稿は国際海運の GHG 指標に関する動向を纏めたものであるが、国土交通省調査委託費(海事局)、(財)日本船舶技術研究協会の委託等により実施したものを含んでいる。

参考文献

- 1)IMO 「Study of green house gas emissions from ships」(2000)
- 2)IEA 「World Energy Outlook 2007」(2007)
- 3)IMO 「Second IMO GHG Study 2009」(2009)
MEPC59/INF.10
- 4)国土交通省総合政策局 「国土交通省交通関係統計資料集 交通関連エネルギー
- 5)IMO 「MEPC/Circ.681」及び「MEPC/Circ.682」
- 6)(財)日本船舶技術研究協会(株)三菱総合研究所「船舶から排出される GHG を削減するための技術に関する調査研究報告書(2009)
- 7)ICAO 「HLM-ENV/09-SD/2」(2009)
- 8)IMO 「MEPC/Circ.683」(2009)
- 9)IMO 「MEPC/Circ.684」(2009)
- 10)気象庁 HP IPCC「気候変動 2007 統合報告書 政策決定者向け要約」(2009)
- 11)GCP 「Carbon Budget 2008」(2008)
- 12)Japan IMO 文書「MEPC59/4/34」(2009)
- 13)経済産業省「カーボンフットプリントの算定・表示に関する一般原則」(TSQ0010)