

# 温室効果ガスの船舶からの排出算定基準 の作成に関する調査研究（SPG）

（2005年度報告書）

2006年3月

財団法人 日本船舶技術研究協会

## はしがき

本報告書は、日本財団の平成 17 年度助成事業「船舶関係諸基準に関する調査研究」の一環として、温室効果ガスプロジェクト（SPG）において実施した「温室効果ガスの船舶からの排出算定基準の作成に関する調査研究」の成果をとりまとめたものである。なお、本調査研究は、平成 16 年度末に解散した（社）日本造船研究協会が実施した「温室効果ガスの船舶からの排出算定基準の作成に関する調査研究」に引き続き、本会が実施したものである。

### 温室効果ガスプロジェクト（SPG） ステアリング・グループ 委員名簿（順不同、敬称略）

プロジェクト・マネージャー 委員	吉田 公一（海上技術安全研究所）	
	柴田 清（海上技術安全研究所）	
	堂園 吉彦（日本海事協会）	
	黒越 仁（日本船主協会）	
	村山 雅己（日本船舶品質管理協会 製品安全評価センター）	
	桐明 公男（日本造船工業会）	
	黒瀬 康弘（商船三井）	
	渡部 隆史（川崎汽船）	
	舟山 純（日本郵船）	
	田中 孝雄（三井造船）	
	華山 伸一（海洋政策研究財団）	
	関係官庁	今出 秀則（国土交通省海事局安全基準課）
		今村 智之（国土交通省海事局安全基準課）
事務局	岡部 亮介（日本船舶技術研究協会 IMO 担当）	
	井下 聡（日本船舶技術研究協会）	

## 目 次

1. はじめに .....	1
2. 調査研究の目的・内容及び背景 .....	2
3. IMO での審議状況 .....	4
4. SPG の活動状況 .....	7
5. 温室効果ガスの船舶からの排出算定基準の作成に関する調査研究 .....	8
5.1 MEPC/Circ.471 の概要 .....	8
5.2 MEPC/Circ.471 のデータ・フォーマット及び改正案 .....	11
5.3 船舶からの CO <sub>2</sub> 排出量の調査 .....	15
5.4 (独)海上技術安全研究所における CO <sub>2</sub> 排出量調査 .....	23
5.5 新造船のための GHG インデックス方法の検討 .....	24
6. IMO への提案 .....	25
7. まとめ .....	28
添付資料	
MEPC/Circ.471: Interim Guidelines for voluntary ship CO <sub>2</sub> emission indexing for in trials .....	29

## 1 . はじめに

国際海事機関（IMO：International Maritime Organization）は、海洋環境保護委員会（MEPC）の第53回会議（MEPC53: 2005年7月に開催）において、作成した「船舶からのCO<sub>2</sub>排出算定方法の試用に関する暫定ボランタリー指針：Interim Guidelines for voluntary ship CO<sub>2</sub> emission indexing for in trials」をMEPC/Circular No.471として採択し、関係各国にその試用と結果の報告を要請した。

本プロジェクトはこのIMOの要請に応え、さらに当MEPC/Circularの改善のための資料を得てIMOへ改正提案をするため、以下の調査研究を行った。

- (1) 船舶からのCO<sub>2</sub>排出量の調査
- (2) 新造船のためのGHGインデックス方法の検討
- (3) MEPC/Circ.471のデータ・フォーマット及び改正案の検討

## 2. 調査研究の目的・内容及び背景

国際海事機関（IMO）第 23 回総会は決議 A.963（23）により、海洋環境保護委員会（MEPC）に対して以下の作業を付託した。

- (1) 国際航海に従事する船舶からの温室効果ガス（GHG）排出規制を達成するためのメカニズムの開発、中でも
  - (a) GHG 排出ベースラインの構築
  - (b) GHG インデックスによる船舶の GHG 効率の算定方法の開発（CO<sub>2</sub> が主なガスであると認識）
  - (c) GHG インデックスの適用方法
  - (d) 技術的、運用的及び市場での解決方法の評価
  
- (2)
  - (a) 国際航海に従事する船舶からの GHG 排出の報告方法の検討
  - (b) 作業計画とタイムテーブルの設定
  - (c) 本件を引き続き検討し、国際航海に従事する船舶からの GHG 排出規制に関する IMO のポリシーと実行の総合ステートメントを用意すること

MEPC51 会議（2003 年 3 月）は、この総会の指示により作業を開始し、ノルウェー等のコレスポンデンス・グループからの GHG インデックス案について審議に入ろうとしたが、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）加盟国による京都議定書の Annex 1 の国（先進国）のみが国際航海に従事する船舶からの GHG 排出削減・抑制の義務がある旨主張するいくつかの国（開発途上国）が作業進行を阻止したため、実質的な審議ができず、国の責務関係の基本的議論を MEPC52（2004 年 10 月）へ持ち越した。

MEPC52 は、国際航海に従事する船舶からの GHG 排出規制の枠組みについて、上記(1) (a)～(d)及び(2) (a)の技術的な検討と、国の責任に関する政策的な検討を分けて進めることに基本的に合意した。しかしながら、実際の技術的検討は MEPC53 へ持ち越した。

MEPC53 は、試験的かつボランティアで使用する GHG 排出算定に関する総会決議案を作成し、興味ある（interested）各国に、これの使用を要望した。

一方、船社は自らの、また荷主は自社の材料や製品の輸送工程における GHG 排出を把握する方向にある。このツールの一つとして、ISO14064 の現在策定が進行中である。また、より公正かつ合理的なデータの算出を目指す先進的な荷主と船社は自主的な検討を進めてきた。さらに、我が国においても、改正省エネ法（エネルギーの使用の合理化に関する法律、平成 17 年 8 月 10 日改正、平成 18 年 4 月 1 日施行）においては、大規模な荷主（特定荷主）および大規模な内航船社（特定貨物輸送事業者）には、船舶の燃料消費量とともに輸送量あるいは輸送効率の報告が義務付けられる方向で検討が進められている。このような背景から、船舶からの GHG 排出の算定方法の制定が、国際的にも国内的にも急務な需要となっている。

ISO では、TC8 船舶海洋技術/SC2 海洋環境小委員会の 2004 年トロンハイム会議において、船舶からの GHG 排出インデックス等の ISO 規格作成について、まず ISO 規格としての必要性・適合性の調査と ISO 規格原案の準備を進めることを決定し、作業を日本に付託した。日本はその成果を同小委員会の 2005 年東

京会議（（独）海上技術安全研究所にて開催）に報告し、ISO/TC8/SC2 は、船舶からの GHG 排出の算定方法に関する ISO 規格を、IMO と協調して策定することが必要であることに合意した。

そのため、本プロジェクトでは、次の作業を行うことにした。

- (1) 船舶からの CO<sub>2</sub> 排出量の調査
- (2) 新造船のための GHG インデックス方法の検討
- (3) MEPC/Circ.471 のデータ・フォーマット及び改正案の検討

### 3 . IMOでの審議状況

#### 3.1 背景

温室効果ガス(GHG)による地球温暖化に関しては、国際連合において「気候変動枠組み条約：UNFCCC: Initiated Nations Framework Convention on Crimate Changes」が締結され、温室効果ガスに起因する地球規模の気候変動への国際的な取り組みに関する基本的枠組みが合意された。このUNFCCCの下で、温室効果ガスの排出を制限するための実効力のある国際的な取り決めが、京都議定書(Kyoto Protocol)として締結された。

この京都議定書採択の第2条2項は、船舶から排出される温室効果ガスについて、以下のように規定している。

「2 The Parties included in Annex I shall pursue limitation or reduction of emission of greenhouse gases not controlled by Montreal Protocol from aviation and maritime bunker fuels, working through the International Civil Aviation organization and the International Maritime organization, respectively.」

すなわち、航空機と船舶から排出される温室効果ガス(モントリオール議定書で制御されない)の制限と低減は、ICAO及びIMOを通して実行すること、という規定である。

IMOはこの規定を受けて、国際航海に従事する船舶からの温室効果ガスの排出算定方法の作成に着手することとし、IMO第23回総会で、IMOとしての基本的な行動指針を総会決議A.963(23)IMO POLICIES AND PRACTICES RELATED TO THE REDUCTION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM SHIPSとして採択し、海洋環境保護委員会(MEPC)に対して以下の作業を付託した。

- (1) 国際航海に従事する船舶航行船舶からの温室効果ガス(GHG)排出規制を達成するためのメカニズムの開発、中でも
  - (a) GHG 排出ベースラインの構築
  - (b) GHG インデックスによる船舶のGHG 効率の算定方法の開発(CO<sub>2</sub>が主なガスであると認識)
  - (c) GHG インデックスの適用方法
  - (d) 技術的、運用的及び市場での解決方法の評価
- (2)
  - (a) 国際航海に従事する船舶航行船舶からのGHG 排出の報告方法の検討
  - (b) 作業計画とタイムテーブルの設定
  - (c) 本件を引き続き検討し、国際航海に従事する船舶航行船舶からのGHG 排出規制に関するIMOのポリシーと実行の総合ステートメントを用意すること

MEPCの第51回会議(2003年3月)はこの総会の指示により作業を開始し、ノルウェー等のコレスポнденス・グループからのGHGインデックス案について審議に入ろうとしたが、国連気候変動枠組条約(UNFCCC)加盟国による京都議定書のAnnex 1の国(先進国)のみが国際航海に従事する船舶航行船舶からのGHG排出削減・抑制の義務がある旨主張するいくつかの国(開発途上国)が作業進行を阻止したため、実質的な審議ができず、国の責務関係の基本的議論をMEPC52(2004年10月)へ持ち越した。

MEPC の第 52 回会議は、国際航海に従事する船舶航行船舶からの GHG 排出規制の枠組みについて、上記(1) (a)～(d)及び(2) (a)の技術的な検討と、国の責任に関する政策的な検討を分けて進めることに基本的に合意した。しかしながら、実際の技術的検討は MEPC53 へ持ち越した。

以上までの経緯については、(社)日本造船研究協会(平成16年度末解散)の「温室効果ガスの船舶からの排出算定基準の作成に関する調査研究(RR-SP11)」平成16年度報告書に詳しく記述している。

### 3.2 IMO 海洋環境保護委員会 第 53 回会議の動向

IMO 海洋環境保護委員会 第 53 回会議(MEPC53)は、2005年7月18日から22日まで、ロンドン IMO 本部にて開催された。この会議では、大気汚染の防止の議題の下で、船舶からの温室効果ガスの排出について議論された。

#### 3.2.1 国際ワークショップ

MEPC53 の前週の金曜日(7月15日)に、船舶からの GHG 排出と制限に関する国際ワークショップが IMO 本部において開催された。本セミナーは中国等、国連気候変動枠組条約(UNFCCC)非附属書 I 国からの「非附属書 I 国には GHG に関するエキスパートが少なく技術的な検討作業が遅れており、今後の議論のため」との MEPC52 における要請により、開催されたものである。

我が国からは、華山伸一氏((財)海洋政策研究財団:SPG 委員)が日本における船舶からの GHG インデックスに関する研究成果を発表し、吉田公一氏((独)海上技術安全研究所:SPG プロジェクト・マネージャー)が ISO/TC8(船舶海洋技術)SC2(海洋環境保護)の GHG インデックス国際標準作成の動向を報告した。

これらの発表の後、GHG 排出算出方法について意見を交換し、GHG インデックス排出算定方法を議論した。共通認識として、1 航海ごとのインデックス算定はばらつきが大きく数ヶ月から数年のオペレーションを平均化して初めてインデックス値が安定すること、姉妹船が同航路に従事した場合においてもオペレーションの状況によりインデックスは影響を受けること、新造船に対してはオペレーションデータに基づくインデックス算定が困難であり、平均化期間内については代替インデックスの開発が必要であることなどが報告された。ワークショップでの議論は、MEPC53 へ報告された。

#### 3.2.2 大気汚染防止作業部会(WG)における議論

当該議題が、岡本 敏氏(日本舶用品検定協会)を議長とする大気汚染防止作業部会(WG)で審議された。

上の国際ワークショップの成果を考慮に入れ、ノルウェーが中心になり作成していたガイドライン案を基に、船舶からの GHG インデックス算定指針を審議した。貨物量の把握については、一般的には重量で行うこと、ばら積み船やタンカーは容積を、コンテナ船は TEU を、旅客船は乗客数を、車両運搬船(フェリー、自動車運搬船)は車両数を用いることもできることに合意した。また、コンテナ混載の場合は、空きコンテナを 2 トン、貨物搭載コンテナを 10 トンとして重量換算を行うことに合意した。

航海距離の算定においては、出港から次の港の出港までを単位とし、沖待ちの時間も含むことに原則合意した。

中国、インド及びサウジアラビアは、本ガイドラインを最終化することを会合前に認識していなかったため、本会合における採択は困難であるとの認識を示した。



結果、当指針案を試行のための暫定指針とすることでWGは合意した。WGはさらに、本件について興味を持つ各国が当暫定指針を使用することを勧告するとともに、それを適用した結果及び得られた経験をMEPCに報告するよう求めることに合意した。

### 3.2.3 本会議での審議

MEPC53本会議は、WGが作成したガイドライン案を試行のためのものとして、MEPC/Circ.471「船舶からのCO<sub>2</sub>排出算定方法の試用に関する暫定ボランタリー指針：Interim Guidelines for voluntary ship CO<sub>2</sub> emission indexing for in trials」（添付資料）として採択し、関係各国にその試用と結果の報告を要請した。なお、WG議長から、試行データの平均化期間の長さから本ガイドラインの試行期間は、GHGインデックス値の経年変化について解析を行うために最低3年間は必要であり、2008年10月に開催予定のMEPC58に向けて各国は試行データの提出を準備してほしいとの発言があった。

試行のためとはいえ、IMOはGHGインデックスについて統一的手法を定め、船舶から排出されるGHG算定指針を作成した。同時に進行しているISO規格の制定と、MEPC58に向けて日本の船主・運航会社が管轄する船舶からの温室効果ガス排出のデータ収集及び解析を進めることが重要であり、少なくともMEPC58において情報を提供することが肝要であろう。

#### 4 . SPGの活動状況

今年度は以下の日時、議題で温室効果ガスプロジェクト (SPG) ステアリング・グループ会議を行った。

- ・ 第1回 2005年 8月29日 (月) 15:30 ~ 17:30 霞山会館 さつきの間  
議題 (1) 今年度事業計画 (案) について、(2) MEPC53で承認されたMEPC Circler 471 「試行のためのCO<sub>2</sub>排出インデックス暫定ガイドライン」の検討について、(3) その他
- ・ 第2回 2005年10月 3日 (月) 14:00 ~ 17:00 (財)日本船舶技術研究協会 会議室  
議題 (1) MEPC53で承認されたMEPC Circler 471 「試行のためのCO<sub>2</sub>排出インデックス暫定ガイドライン」の検討について、(2) その他
- ・ 第3回 2005年11月 8日 (火) 14:00 ~ 17:00 (財)日本船舶技術研究協会 会議室  
議題 (1) MEPC Circler 471の検証及び新造船のためのGHGインデックス方法の開発検討について、  
(2) その他
- ・ 第4回 2006年 2月 1日 (水) 10:00 ~ 12:30 霞山会館 うめの間  
議題 (1) MEPC Circler 471 の検証及び新造船のための GHG インデックス方法の開発検討について、  
(2) その他

## 5. 温室効果ガスの船舶からの排出算定基準の作成に関する調査研究

「国際的に統一した船舶 GHG 排出算定基準」を検討し、提案するために暫定指針である MEPC/Circ.471 の妥当性を検証し、データ・フォーマットを検討して、船種別 (CONTAINER、PCC、BULKER、VLCC)、船齢別 (~5 年、10 年前後、20 年前後) のデータを収集した。

収集した既存船のデータから、GHG 排出算定基準を作成する上での問題点、影響する要素等について考察し、今後の収集すべき国際的に統一した妥当なデータ・フォーマットの検討を行った。

### 5.1 MEPC/Circ.471 の概要

MEPC/Circ.471 は、国際航海に従事する船舶航海する船舶からの CO<sub>2</sub> 排出量を規制するか、減少させるために必要な CO<sub>2</sub> 排出のメカニズムを明らかにし、船舶の輸送効率を説明するための方法論を開発することを、GHG 指標の目的としている。この指標作成を促進することにより、船舶の性能評価が可能になり輸送効率もしくは燃料消費率の向上に関して役に立つとしている。

実際のデータ収集、各船舶の CO<sub>2</sub> インデックスの計算において、現存船の場合は 1 年間以上、新造船においても 6 ヶ月以上の運用においてエネルギー効率の平均値を算定することが提案されている。

#### (1) GHG インデックス

GHG インデックスは、「1 輸送作業単位の CO<sub>2</sub> 排出量」と定義される。関係する用語の定義は次のとおり。

燃料消費 (FC) : 航海中停泊中におけるすべての燃料消費とし、主機、ボイラー、焼却炉を含む補機によるものをいう。

航行距離 (NM) : 航行した実際の距離 (海里) で表示する。

#### (2) 船種と貨物の種類

ガイドラインは、輸送の用に供する船舶に適用する。

船種 ;

1. バルク : タンカー (油槽船) とバルクキャリア (バラ積貨物船)
2. 一般貨物船 : コンテナ船、冷凍船、一般貨物船、カーキャリアー (自動車運搬船)、その他専用船
3. 客船 : 旅客船、RO-RO 客船

貨物 ;

1. バラ積み貨物 : すべての液体と固体のバラ積み貨物
2. 一般貨物 : 空コンテナ、コンテナ混載貨物、重量貨物、冷凍・冷蔵貨物、材木・林産物、RO-RO 船上の車、貨物車及び貨物車で運ばれる貨物
3. 乗客 : 乗客数

#### (3) 貨物の定義

1. 一般的には、貨物質量で定義することができるとし、バラ積み及び一般貨物船の場合は、メートル法によるトン (t) で定義する。
2. バラ積み貨物およびタンカー : 立法メートル (m<sup>3</sup>)

3. 旅客船：乗客数
4. カーフェリーとカーキャリアー：車両数または占有するレーンメートル
5. コンテナ船：TEU の数（full で 10t、空で 2t）
6. 鉄道と RO-RO 船：鉄道貨車の数と貨物としての車両数または占有するレーンメートル

#### (4) CO<sub>2</sub> インデックスの計算

ガイドラインには、ISO8217 に準拠した燃料（5 種類）による炭素含有量から単位消費量当たりの CO<sub>2</sub> 排出量が記載されており、CO<sub>2</sub> インデックスの計算に使用される燃料種類毎の炭素含有量と CO<sub>2</sub> 排出量を表 5.1.1 に示す。これらの値は、国連の Revised 1996 IPCC Guidelines for national GHG inventories に基づいて MEPC/Circ.471 に導入されたものであり、国際的に統一された値である。

燃料種類による CO<sub>2</sub> 排出量の差は、ディーゼル「Diesel / Gasoil」の CO<sub>2</sub> 排出量を基準として軽油、重油との相違は 2～3% の相違であり、液化石油ガス (LPG)、天然ガスでも 7～9% の差である。このため、Bunker Delivery Note などの記録簿から、炭素含有量の実測値から、CO<sub>2</sub> 排出係数を個別に設定する必要はないと思われる。ただし、国内で用いられている排出係数とは 10% 程度異なるため、IMO など、国際的に共通な排出係数を一元的に管理することが望ましいと考えられる。

表 5.1.1 燃料種類による炭素含有量と CO<sub>2</sub> 排出量

Type of fuel	ISO Specification	Carbon content m/m	C <sub>Carbon</sub> [g CO <sub>2</sub> / t Fuel]
1 Diesel / Gasoil	ISO 8217 Grades DMX through DMC	0.875	3,206,000
2 Light Fuel Oil (LFO)	ISO 8217 Grades RMA through RMD	0.86	3,151,040
3 Heavy Fuel Oil (HFO)	ISO 8217 Grades RME through RMK	0.85	3,114,400
4 Liquid Petrol Gas (LPG)		0.81	2,967,840
5 Natural Gas		0.80	2,931,200

GHG インデックスの基本計算式は次式で表される。

$$GHG\ Index = \frac{\sum_i FC_i \times C_{Carbon}}{\sum_i m_{cargo,i} \times D_i} \quad (\text{gramCO}_2 / \text{tonne identical mile})$$

ここで、

- FC : 燃料消費量 (トン : t)
- C<sub>Carbon</sub> : 単位燃料の消費による CO<sub>2</sub> 排出量 [g CO<sub>2</sub> / t Fuel]
- m<sub>cargo</sub> : 貨物量 (トン : t)
- D : 航行距離 (海里)
- i : 航海次号

使用燃料が複数にわたる場合には、各燃料ごとに表 5.1.1 による数値を使用して次式のように計算する。

$$GHG\ Index = \frac{\left(\sum_i FC \times C_{Carbon}\right)_{Fueltype1} + \left(\sum_i FC \times C_{Carbon}\right)_{Fueltype2} + \left(\sum_i FC \times C_{Carbon}\right)_{Fueltype3} + \dots}{\sum_i m_{cargo,i} \times D_i}$$

注意点として、暫定ガイドライン MEPC/Circ.471 では、貨物がない場合 ( $m_{cargo} = 0$ ) でも、その航海に使用した燃料を含めて計算することを求めている。

## 5.2 MEPC/Circ.471 のデータ・フォーマット及び改正案

MEPC/Circ.471 に提示されている CO<sub>2</sub> インデックス報告のためのデータ・フォーマット（例）を表 5.2.1 に示す。

表 5.2.1 MEPC/Circ.471 のデータ・フォーマット（CO<sub>2</sub> インデックス報告シート（例））

船舶の名前と種類						
航海次号 又は日付 (i)	海上及び港における燃料消費量（トン）				航海または期間データ	
	燃料種類 1 ( )	燃料種類 2 ( )	燃料種類 3 ( )	.....	貨物 (メートル、トン 又はユニット)	距離 (D) (NM)
1						
2						
3						
4						
...						
...						
...						

表 5.2.1 に示すデータ・フォーマットをベースとし、CO<sub>2</sub> 排出算定のためのデータを種々の船舶において実際に収集するにあたっての適用性、妥当性を検討した。また、収集を着手するにあたっての船種、船齢なども検討した。本プロジェクトでの議論における主なコメントを次に示す。

- ・ 建造年は 5 年まで、10 年前後、20 年前後のカテゴリーで分けることを検討する。
- ・ 目標はフォーマットの再検討なので、いろいろなパターンで数多くあためてみる必要がある。
- ・ データは MS-Excel 形式で作成する。
- ・ データ・フォーマットに「備考」が付く場合が想定されるので、その取り扱いについて今後検討が必要である。
- ・ 停泊中の取り扱いについては、場合によってはアンフェアとなることが考えられる。
- ・ 出港から入港までのデータと入港してから出港までのデータに分かれていれば、後で足すことは容易にできる。
- ・ 建造年：今次調査では、ある程度のグルーピングが必要。
- ・ バラスト量記入：ガイドラインのサンプル内では、バラスト航海は  $\times 0 = 0$  で計算、航海次単位での指標を算出している。従って、ガイドラインと齟齬が発生するので、バラスト航海時にバラスト量を積荷の項に記入するのは不適である。また、積荷航海時もバラストは保有しており、バラスト水の目的は同じであることから、空船時のみ積荷で積算することについては問題がある。
- ・ 積荷量：自動車船では車両のみを輸送するわけではなく、車両も乗用車から重機まで多岐にわたるため、台数を単位とするのが適当でないケースがある。従って、基本的に質量による算出が適当と考える。
- ・ 自動車船については質量以外の参考値としての台数でのカウントは、車種が多岐に渡るため困難と考える。また一般的な積載能力表示に使用される RT 換算も現実的ではない。

これらの結果、収集する船種は「CONTAINER」、「PCC」、「BULKER」、「VLCC」、船齢は「～5 年」、「10 年前後」、「20 年前後」とした。そして、データ・フォーマットは Port to Port を基準とし、

入力項目として、「入港の日時、港湾名」、「出港の日時、港湾名」、使用燃料として「重油、軽油、ディーゼル/ガスオイル」、貨物は「質量又は TEU」、「航海距離」とした。さらに、今後の検討のため、備考として停泊中における使用燃料「重油、軽油、ディーゼル/ガスオイル」および「港湾名」を付加し、入港から出港までを 1 行としてデータ・フォーマットを作成した。

図 5.2.1 にコンテナ船を例としたサンプルシート、図 5.2.2 に PCC 船を例としたサンプルシートを示す。

コンテナ数 (TEU) については、「full」、「empty」の区別は困難であるとの見解から区別を行っていない。また、貨物量は揚げ地着時とする。

# CO<sub>2</sub> Index reporting sheet

Vessel's name:	XXXXXX
Years in built:	2004
Type:	Container
Cargo class:	6200 TEU
Voy.No.:	X

Type of fuel	ISO Specification	Ccarbon { g CO <sub>2</sub> / t Fuel }
Diesel/Gasoil	ISO8217 Grades DMX through DMC	3,206,000
Light Fuel Oil	ISO8217 Grades RMA through RMD	3,151,040
Heavy Fuel Oil	ISO8217 Grades RME through RMK	3,114,400

AT SEA											AT PORT (Reference only)					Ccarbon MT-CO <sub>2</sub>			
Departure		Arrival		Fuel (MT)				Cargo (MT)		Distance (nm)	Port	Fuel (MT)				Mcargo x Distance			
YYYY/MM/DD	Port	YYYY/MM/DD	Port	HFO	LFO	DO/GO	Fuel TTL	Weight	TEU			HFO	LFO	DO/GO	Fuel TTL				
2004/12/17	A	2004/12/17	B	4.1	0.0	1.2	5.3	9854.6	1514	21	B	6.1	0.0	0.3	6.4	12.8	0.0	3.8	206946.6
2004/12/17	B	2004/12/28	C	2434.8	0.0	15.1	2449.9	17589.0	2626	6404	C	17.7	0.0	16.3	34.0	7582.9	0.0	48.4	112639956.0
2004/12/31	C	2004/12/31	D	117.5	0.0	2.9	120.4	19025.7	4079	384	D	12.9	0.0	0.3	13.2	365.9	0.0	9.3	7305868.8
2005/01/02	D	2005/01/11	E	1664.4	0.0	2.0	1666.4	21769.0	4392	4535	E	22.7	0.0	1.9	24.6	5183.6	0.0	6.4	98722415.0
2005/01/11	E	2005/01/12	F	72.3	0.0	2.1	74.4	15982.9	3829	228	F	5.9	0.0	0.5	6.4	225.2	0.0	6.7	3644101.2
2005/01/12	F	2005/01/13	G	60.7	0.0	1.7	62.4	11783.0	3364	247	G	17.7	0.0	1.1	18.8	189.0	0.0	5.5	2910401.0
2005/01/13	G	2005/01/16	H	409.7	0.0	6.6	416.3	7183.4	2958	1120	H	5.8	0.0	1.0	6.8	1276.0	0.0	21.2	8045408.0
Total in voyage				4763.5	0.0	31.6	4795.1	103187.6	22762	12939		88.8	0.0	21.4	110.2	14835.4444	0.0000	101.3096	233475096.6

$$\text{Index} = \frac{(\text{FC} \times \text{Ccarbon})}{(\text{Mcargo} \times \text{Distance})} = 64.0 \text{ gram CO}_2 / \text{tonne identical mile}$$

図 5.2.1 サンプルシート (例: コンテナ船)



# CO<sub>2</sub> Index reporting sheet

Vessel's name:	XXXXXX
Years in built:	2003
Type:	PCTC
Cargo class:	6500 RT
Voy.No.:	X

Type of fuel	ISO Specification	Ccarbon { g CO <sub>2</sub> / t Fuel }
Diesel/Gasoil	ISO8217 Grades DMX through DMC	3,206,000
Light Fuel Oil	ISO8217 Grades RMA through RMD	3,151,040
Heavy Fuel Oil	ISO8217 Grades RME through RMK	3,114,400

AT SEA											AT PORT (Reference only)					Ccarbon MT-CO <sub>2</sub>			
Departure		Arrival		Fuel (M/T)				Cargo (M/T)		Distance (nm)	Port	Fuel (M/T)				HFO	LFO	DO/GO	Mcargo x Distance
YYYY/MM/DD	Port	YYYY/MM/DD	Port	HFO	LFO	DO/GO	Fuel TTL	Weight	TEU			HFO	LFO	DO/GO	Fuel TTL				
2005/04/12	A	2005/04/19	B	265.8	0.0	1.2	267.0	6092.5		2795	B	6.1	0.0	0.3	6.4	827.8	0.0	3.8	17028537.5
2005/04/19	B	2005/05/01	C	486.7	0.0	0.4	487.1	6092.5		4956	C	17.7	0.0	16.3	34.0	1515.8	0.0	1.3	30194430.0
2005/05/01	C	2005/05/03	D	60.0	0.0	0.2	60.2	6092.5		695	D	12.9	0.0	0.3	13.2	186.9	0.0	0.6	4234287.5
2005/05/04	D	2005/05/03	E	97.8	0.0	0.5	98.3	5562.7		935	E	22.7	0.0	1.9	24.6	304.6	0.0	1.6	5201124.5
2005/05/06	E	2005/05/12	F	230.8	0.0	1.4	232.2	4214.8		2208	F	5.9	0.0	0.5	6.4	718.8	0.0	4.5	9306278.4
2005/05/13	F	2005/05/14	G	63.9	0.0	1.8	65.7	1959.7		646	G	17.7	0.0	1.1	18.8	199.0	0.0	5.8	1265966.2
2005/05/15	G	2005/05/16	H	42.0	0.0	1.3	43.3	252.0		499	H	5.8	0.0	1.0	6.8	130.8	0.0	4.2	125748.0
Total in voyage				1247.0	0.0	6.8	1253.8	30266.7	0	12734		88.8	0.0	21.4	110.2	3883.6568	0.0000	21.8008	67356372.1

$$\text{Index} = \frac{(\text{FC} \times \text{Ccarbon})}{(\text{Mcargo} \times \text{Distance})} = 58.0 \text{ gram CO}_2 / \text{tonne identical mile}$$

図 5.2.2 サンプルシート (例: PCC 船)

### 5.3 船舶からのCO<sub>2</sub>排出量の調査

#### 5.3.1 サンプルシートでのデータ収集

5.2 章で提案したサンプルシートを使用し、船種を4種類「CONTAINER」、「PCC」、「BULKER」、「VLCC」、船齢を3種類「~5年」、「10年前後」、「20年前後」に分けて収集しGHGインデックスを計算した結果を表5.3.1および表5.3.2に示す。対象とした船舶は、船種、船齢毎に1隻ずつ合計12隻であり、船齢5年未満のCONTAINER(257日間)と船齢5年未満のPCC(171日間)を除き、データ収集期間は300日以上である。

収集したオリジナルのデータは、port to port 間航海毎のデータであり、1ページ1航海次号となっている。(1航海次号の定義は船社による)表5.3.1、表5.3.2は、航海次号毎に、燃料消費、貨物量、航行距離等を積算、GHGインデックスを計算した。

表 5.3.1 航海次号毎の燃料消費、貨物、航行距離等のデータ(「CONTAINER」、「PCC」)

船種、船齢 (収集期間日数)	Voy No	Fuel (M/T) at sea				Cargo (M/T)		Distance (nm)	days	GHG Index	Fuel (M/T) in port			
		HFO	LFO	DO/GO	Fuel TTL	Weight	TEU or RT				HFO	LFO	DO/GO	
CONTAINER	~5年	1	5036.2	0	49.4	5085.6	165639	35703	14317	40	40.47	51.2	0	91.3
	2	4636.7	0	23.9	4660.6	160223	33109	13153	36	36.89	111.3	0	27.0	
	2004年	3	4784.5	0	22.4	4806.9	156753	31402	13457	39	36.46	98.2	0	57.5
	6200TEU	4	4810.8	0	13.5	4824.3	139595	27810	13117	33	39.12	59.2	0	34.0
	(257日)	5	4763.5	0	31.6	4795.1	103143	22762	13235	31	63.42	79.9	0	18.1
	6	4622.1	0	24.4	4646.5	130345	32292	13287	36	51.84	96.3	0	22.1	
	7	3979.9	0	15.0	3994.9	102592	18398	11671	30	40.89	73.1	0	22.3	
	10	2925.2	0	2.9	2928.1	195026	28834	13210	37	30.84	131.0	0	3.2	
	11	2953.5	0	4.3	2957.8	187829	25661	13054	36	30.85	211.8	0	4.5	
	10年前後	12	5098.5	0	8.7	5107.2	163400	29366	24420	59	38.81	100.3	0	3.3
	1993年	13	2823.5	0	5.4	2828.9	119584	17286	14353	37	41.50	80.1	0	3.1
	3820TEU	14	2567.2	0	4.8	2572.0	136413	15413	12462	35	31.66	150.6	0	1.7
	(352日)	15	2634.3	0	4.3	2638.6	139292	19178	12634	36	34.46	162.7	0	5.2
	16	2550.5	0	3.5	2554.0	121093	14955	12456	32	33.73	143.4	0	0.6	
	17	2595.7	0	3.0	2598.7	135754	18261	12573	33	30.33	85.4	0	2.2	
	18	2622.7	0	3.9	2626.6	148261	18621	12870	36	31.28	93.8	0	1.2	
	20年前後	11W	3262.4	0	22.9	3285.3	337571	34697	16202	44	23.39	90.2	0	10.2
	12E	3334.0	0	7.7	3341.7	249196	27996	16441	43	24.35	95.5	0	2.2	
12W	3243.4	0	8.6	3252.0	313011	29879	15835	41	23.55	86.6	0	2.5		
1988年	13E	3207.0	0	11.3	3218.3	269045	31112	16092	41	24.46	94.4	0	3.1	
3600TEU	13W	3363.3	0	9.5	3372.8	288540	31026	16330	46	27.69	117.8	0	2.5	
(336日)	14E	3234.4	0	12.9	3247.3	286565	30377	15646	39	24.43	81.5	0	2.4	
14W	3614.6	0	14.8	3629.4	301728	36209	17130	48	27.69	152.4	0	3.0		
28A	1360.6	0	3.4	1364.0	33352	4439	6776	15	41.24	43.3	0	0.7		
28B	1461.0	0	4.8	1465.8	30055	7414	7027	17	38.54	13.2	0	0.3		
PCC	~5年	1	1413.3	0	8.3	1421.6	29851	--	12042	36	103.16	65.9	0	8.5
	2005年	2	1553.5	0	9.9	1563.4	59416	--	12295	39	58.35	73.9	0	7.6
	6500RT	3	1526.9	0	6.8	1533.7	35040	--	14536	43	92.41	58.6	0	3.6
	(171日)	4	2854.5	0	8.8	2863.3	51133	--	21974	50	116.21	57.6	0	4.9
	48	1328.0	0	7.0	1334.9	44583	--	12987	40	72.10	54.7	0	0.6	
	49	1280.9	0	1.9	1282.8	32069	--	12479	35	102.59	24.2	0	0.1	
	10年前後	50	1140.2	0	1.7	1141.9	36980	--	11060	34	58.95	36.6	0	0.2
	1997年	51	2034.1	0	4.3	2038.4	17055	--	20712	57	241.48	32.2	0	0.0
	4100RT	52	1163.2	0	5.3	1168.5	28004	--	11792	34	143.45	24.9	0	0.7
	(322日)	53	1288.3	0	4.4	1292.7	32230	--	12187	38	67.65	30.5	0	1.5
	Haul3	1806.6	0	8.9	1815.5	56936	--	17346	51	106.09	50.7	0	0.3	
	54	1265.4	0	2.2	1267.6	30565	--	12299	35	66.52	28.1	0	0.3	
	20年前後	120	1045.3	0	1.1	1046.4	11404	9213	11073	30	89.97	27.7	0	0.4
	121	1006.9	0	1.3	1008.2	10958	8812	10842	28	87.12	29.8	0	0.4	
	1986年	122	1036.9	0	1.2	1038.1	10906	8944	10961	28	93.18	20.4	0	0.4
	5472RT	123	981.1	0	1.4	982.5	10744	8894	10527	29	90.55	28.8	0	0.4
	(353日)	124	1938.0	0	2.6	1940.6	23570	19594	20488	52	92.60	34.9	0	0.6
	125	1882.3	0	3.3	1885.6	24283	19943	20558	53	87.55	31.1	0	0.3	
126	1043.6	0	1.9	1045.5	10989	8989	11320	31	90.12	19.5	0	0.3		
127	1108.7	0	2.2	1110.9	10872	9000	11797	34	85.61	25.0	0	1.1		
128	1989.1	0	3.4	1992.5	24563	19972	21386	56	86.31	24.8	0	0.7		

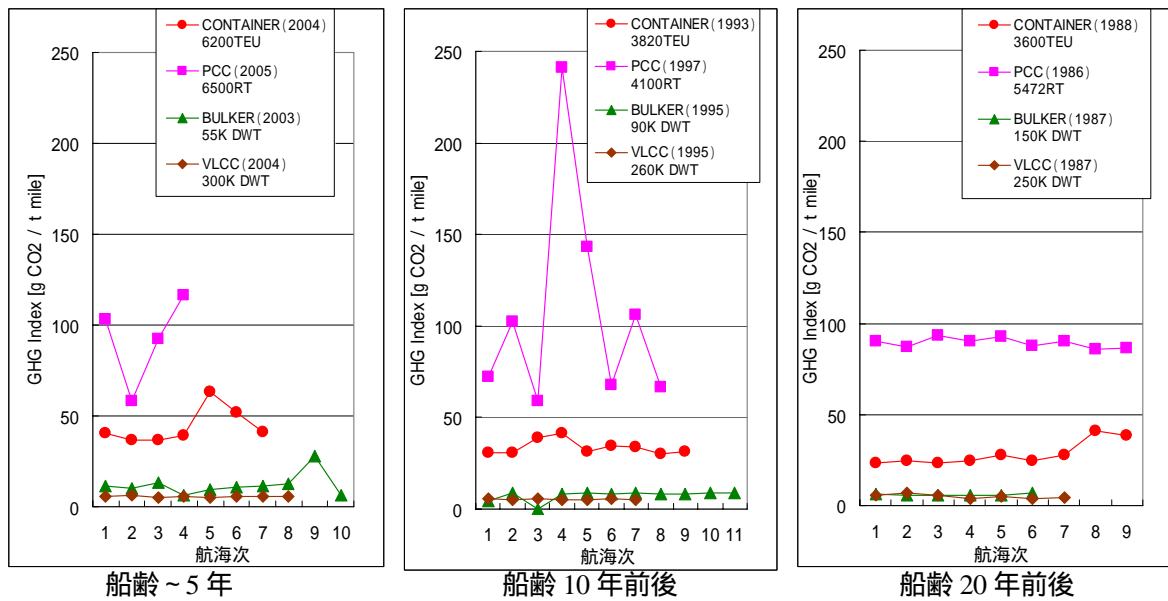
表 5.3.2 航海次号毎の燃料消費、貨物、航行距離等のデータ（「BULKER」、 「VLCC」）

船種、船齢 (収集期間日数)	Voy No	Fuel (M/T) at sea				Cargo (M/T)		Distance (nm)	days	GHG Index	Fuel (M/T) in port			
		HFO	LFO	DO/GO	Fuel TTL	Weight	TEU				HFO	LFO	DO/GO	
BULKER	8	1371.4	0	2.7	1374.1	152355	--	14791	57	11.59	53.2	0	1.4	
	9	1469.3	0	3.7	1473.0	182724	--	15100	50	10.18	37.3	0	1.6	
	10	1054.4	0	4.2	1058.6	60104	--	11163	40	13.36	33.1	0	2.4	
	~ 5年	11	590.1	0	1.4	591.5	46200	--	6126	20	6.51	25.9	0	1.3
	2003年	12	636.7	0	1.8	638.5	93690	--	7830	25	9.63	34.6	0	2.1
	55K DWT	13	1099.4	0	2.7	1102.1	45076	--	11548	39	10.90	31.7	0	1.5
	(395日)	14	599.9	0	1.7	601.6	42390	--	6206	23	11.08	43.1	0	1.4
		15	771.4	0	1.5	772.9	47100	--	8125	25	12.54	17.6	0	0.7
		16	1077.4	0	4.0	1081.4	66925	--	11708	58	27.76	64.4	0	1.3
		17	147.0	0	0.6	147.6	90092	--	1542	6	6.62	1.7	0	0.0
		91	586.3	0	0.5	586.8	89186	--	4402	15	4.66	9.8	0	1.7
		92	946.0	0	0.6	946.6	88898	--	7406	24	8.96	59.0	0	1.1
	Dock	93	83.1	0	1.1	84.2	0	--	635	3	N/A	2.1	0	5.6
	10年前後	93	890.2	0	1.8	892.0	88984	--	7324	25	8.45	23.6	0	0.3
	1995年	94	1101.2	0	0.6	1101.8	88956	--	8804	30	8.76	39.4	0	1.3
	90K DWT	95	892.8	0	3.7	896.5	89102	--	7406	38	8.46	71.5	0	3.0
	(348日)	96	896.3	0	4.3	900.6	89028	--	7406	28	8.51	68.1	0	0.8
		97	873.5	0	1.7	875.2	89146	--	7390	27	8.28	28.2	0	0.9
		98	1025.5	0	3.5	1029.0	89124	--	8804	35	8.17	33.2	0	2.9
		99	1076.9	0	2.7	1079.6	89189	--	8804	35	8.56	32.5	0	4.3
		100	1106.8	0	1.8	1108.6	89148	--	8804	40	8.80	46.7	0	1.5
	20年前後	135	1027.2	0	12.1	1039.4	234121	--	7981	40	6.02	42.6	0	4.3
	1987年	136	925.9	0	10.5	936.4	147748	--	7164	50	5.44	80.6	0	8.3
	150K DWT	137	1144.7	0	13.4	1158.1	186171	--	8844	42	5.98	39.1	0	3.9
	(346日)	138	1368.8	0	17.7	1386.5	313327	--	10192	49	5.85	46.7	0	5.5
		139	1191.5	0	14.9	1206.4	232704	--	8973	47	5.89	55.6	0	5.1
		140	1293.8	0	17.5	1311.4	215417	--	10693	110	6.81	233.6	0	30.8
	VLCC	3	3321.1	0	2.2	3323.3	494797	--	13144	39	5.56	157.8	0	0.7
		4	3482.4	0	5.5	3487.9	720387	--	13608	46	6.01	87.0	0	1.7
		~ 5年	5	3357.1	0	2.8	3359.9	574208	--	13464	43	5.34	186.2	0
2004年		6	3593.8	0	3.3	3597.1	396825	--	13939	48	5.89	204.8	0	1.8
300K DWT		7	3288.6	0	4.4	3293.0	481515	--	13556	45	5.30	92.5	0	1.0
(349日)		8	3514.2	0	3.5	3517.7	360648	--	13563	43	5.78	95.3	0	0.7
		9	3372.0	0	1.5	3373.5	279582	--	13316	40	5.81	108.8	0	0.7
		10	3338.5	0	2.1	3340.6	653198	--	13059	40	5.54	215.8	0	0.7
10年前後		74	2982.4	0	35.4	3017.7	612089	--	13210	44	5.40	165.2	0	20.2
1995年		75	2757.5	0	10.0	2767.5	396811	--	13395	48	4.93	196.3	0	19.0
260K DWT		76	3033.5	0	55.7	3089.2	397415	--	13280	56	5.69	232.4	0	37.2
(322日)		77	2863.7	0	16.9	2880.6	669223	--	13353	43	5.14	202.5	0	16.9
		78	2896.8	0	9.3	2906.1	329725	--	13749	42	5.19	203.6	0	12.9
		79	2945.6	0	10.8	2956.4	267068	--	13643	42	5.34	161.7	0	13.1
		80	2797.3	0	11.1	2808.4	259117	--	13149	41	5.27	172.2	0	11.5
20年前後		445	1959.0	0	5.2	1964.2	262256	--	11428	45	5.62	260.9	0	58.8
1987年		446	2049.2	0	12.3	2061.5	245648	--	10539	40	6.63	168.1	0	15.7
250K DWT		447	2107.1	0	7.1	2114.2	362665	--	11791	41	5.56	200.2	0	24.2
(309日)		448	1886.6	0	4.7	1891.3	376972	--	10627	38	3.74	202.3	0	22.4
		449	1812.3	0	3.8	1816.1	392068	--	10488	37	5.24	192.6	0	20.1
	450	1949.1	0	6.7	1955.8	428281	--	10656	39	3.95	167.6	0	22.5	
	451	2409.8	0	4.6	2414.4	412332	--	13413	52	4.38	216.5	0	24.1	

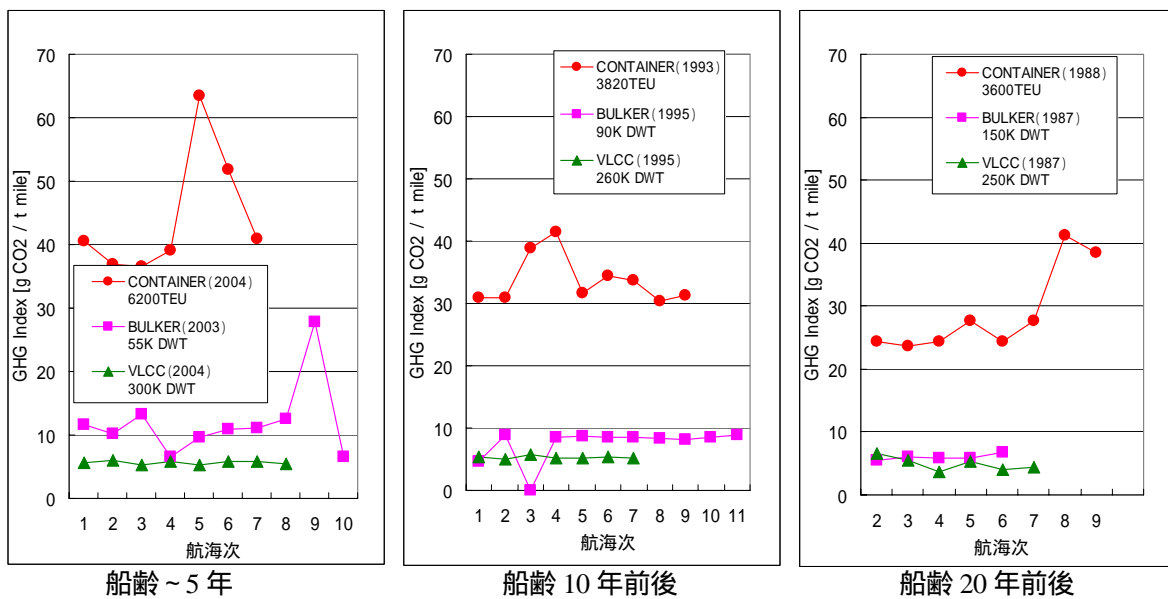
5.3.2 収集データの解析結果および傾向

表 5.3.1 及び表 5.3.2 の GHG インデックスをグラフ化したもの図 5.3.1 に示す。 図 5.3.1 (a)において PCC (10 年前後) 4 次航海の GHG インデックスの値が大きいのは、そのうちの半数の航海 (port to port 8 航海中 4 航海) において貨物がなかったため、燃料消費だけが上積みされた結果である。

統計手法をとるまでもなく、PCC>CONTAINER>VLCC の順に小さくなるのが明らかであるが、船種ごとに GHG インデックス値が大きく異なることは、暫定ガイドラインにおいても予想しており、船種間の直接の比較は目的に適していないことに留意する必要がある。



(a) 全船種 (GHG インデックス 0 から 250 まで)

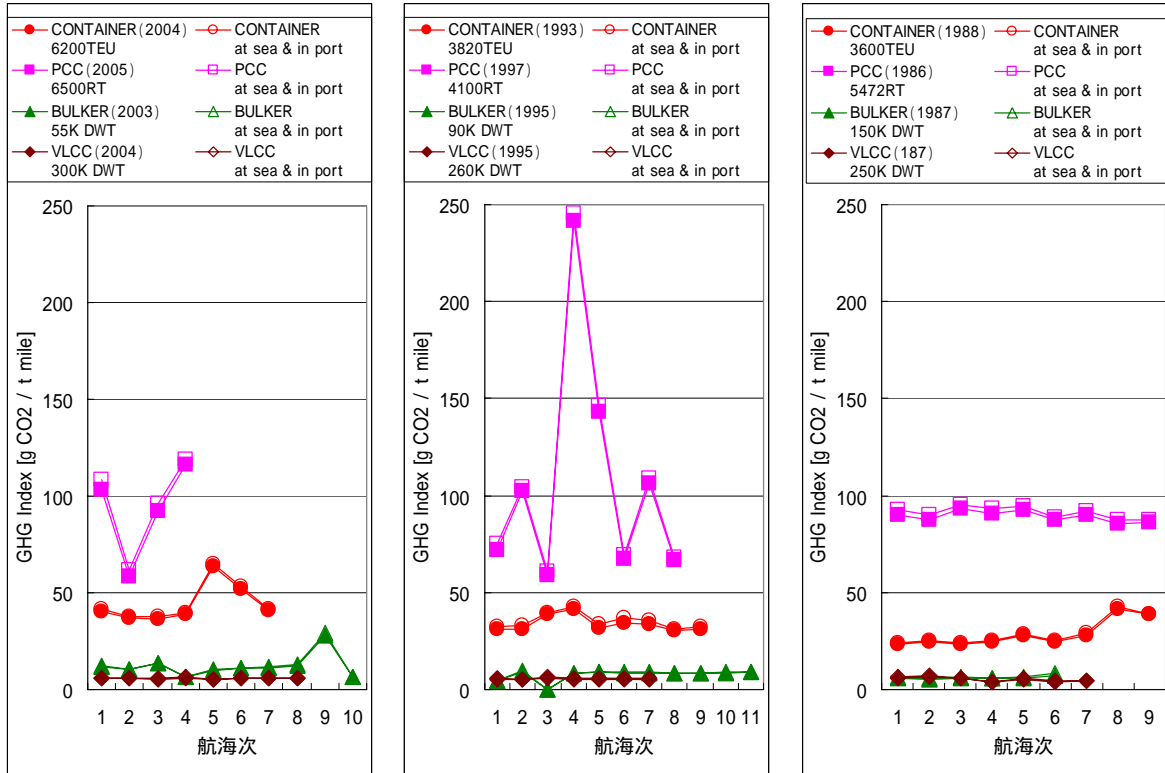


(b) PCC を除く拡大図 (GHG インデックス 0 から 70 まで)

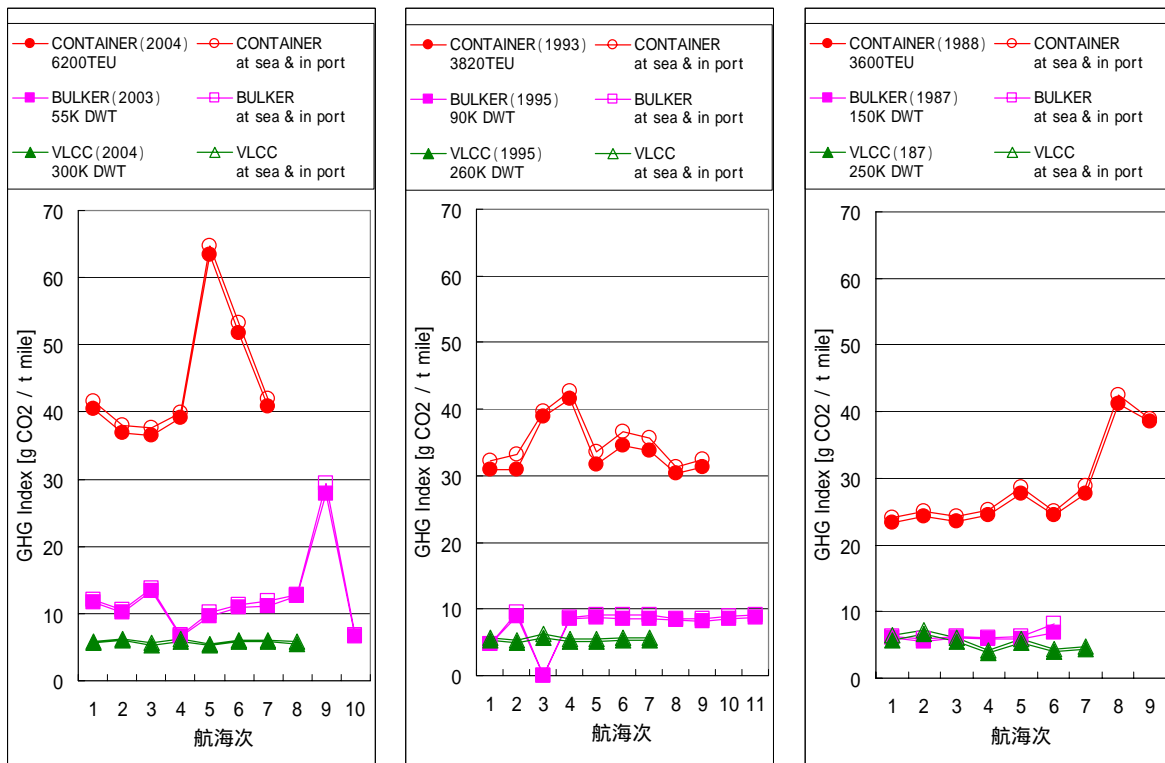
図 5.3.1 各船種における航海次号毎、船齢毎の GHG インデックス

### 5.3.3 GHG インデックスに対する停泊中燃料消費の影響

停泊中における燃料消費を含めた場合と含めない場合の GHG インデックスを図 5.3.2 に示す。船種、船齢の区別において特徴的な増加をする船舶は見られずおよそ 5% 前後の増加率である。



(a) 全船種 (GHG インデックス 0 から 250 まで)



船齢 ~ 5 年

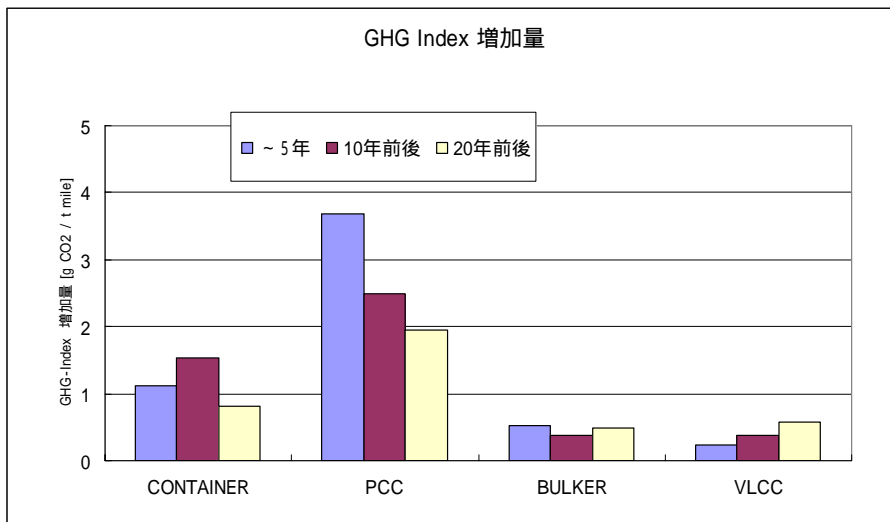
船齢 10 年前後

船齢 20 年前後

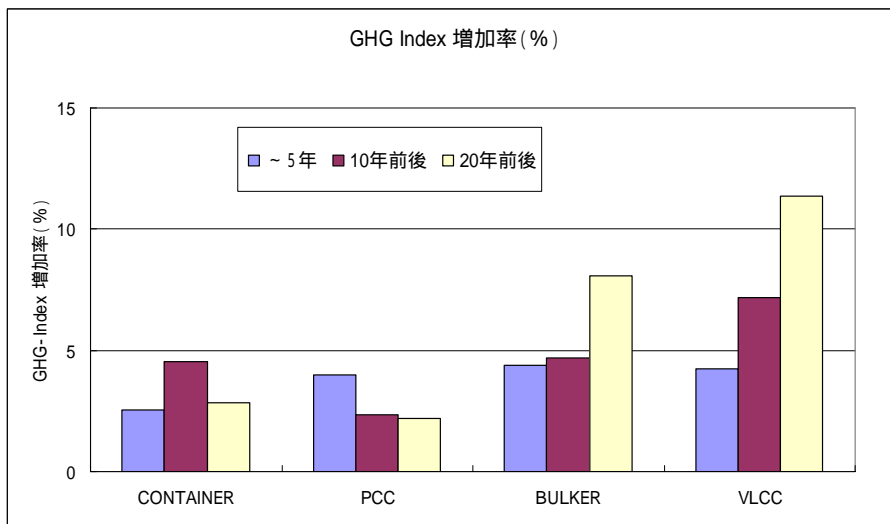
(b) PCC を除く拡大図 (GHG インデックス 0 から 70 まで)

図 5.3.2 各船種における航海次号毎、船齢毎の GHG インデックス  
(停泊中における燃料消費を含む場合と含まない場合の比較)

停泊中の燃料消費を含まない場合をベースとして含む場合の GHG インデックスの増加量および増加率を図 5.3.3 に示す。増加量としては、ベースの大きい「PCC」、「CONTAINER」が大きく「BULKER」、「VLCC」が小さいが、増加率としては逆転している。



(a) GHG インデックスの増加量 [g CO<sub>2</sub> / t mile]



(b) GHG インデックスの増加率 (%)

図 5.3.3 停泊中における燃料消費を考慮した場合の GHG インデックスへの影響

### 5.3.4 まとめ

GHG インデックスは、現存船の場合で1年間以上、新造船においても6ヶ月以上の運用においてエネルギー効率（energy efficiency）の平均値を算定することが提案されており、port to port の1航海ごとにGHG インデックスを提出する必要は、暫定ガイドライン上はない。しかしながら、個々の航海における個別パラメータのGHG インデックスに対する影響や、長期的なエネルギー効率の向上（インデックス値を下げる）に、どのパラメータが大きく影響するのかを検討するためにも、個別航海ごとの値の分布を検討する必要があると考えられる。一例として、コンテナ船の port to port 毎の時系列データを図5.3.4に示す。GHG インデックス値が大きくなる（効率が悪化する）のは貨物搭載量が少ない航海であることは計算式からも明らかであるが、その程度が図から見て取れる。

ある期間の累積により、GHG インデックス値がどのように変化・収束するかを検討する試みとして、「各燃料」、「貨物量 × 航行距離」、「航行距離」を累積し、累積航海距離（NM）をX軸として表示した累積値によるGHG インデックスを図5.3.5から5.3.8に示す。

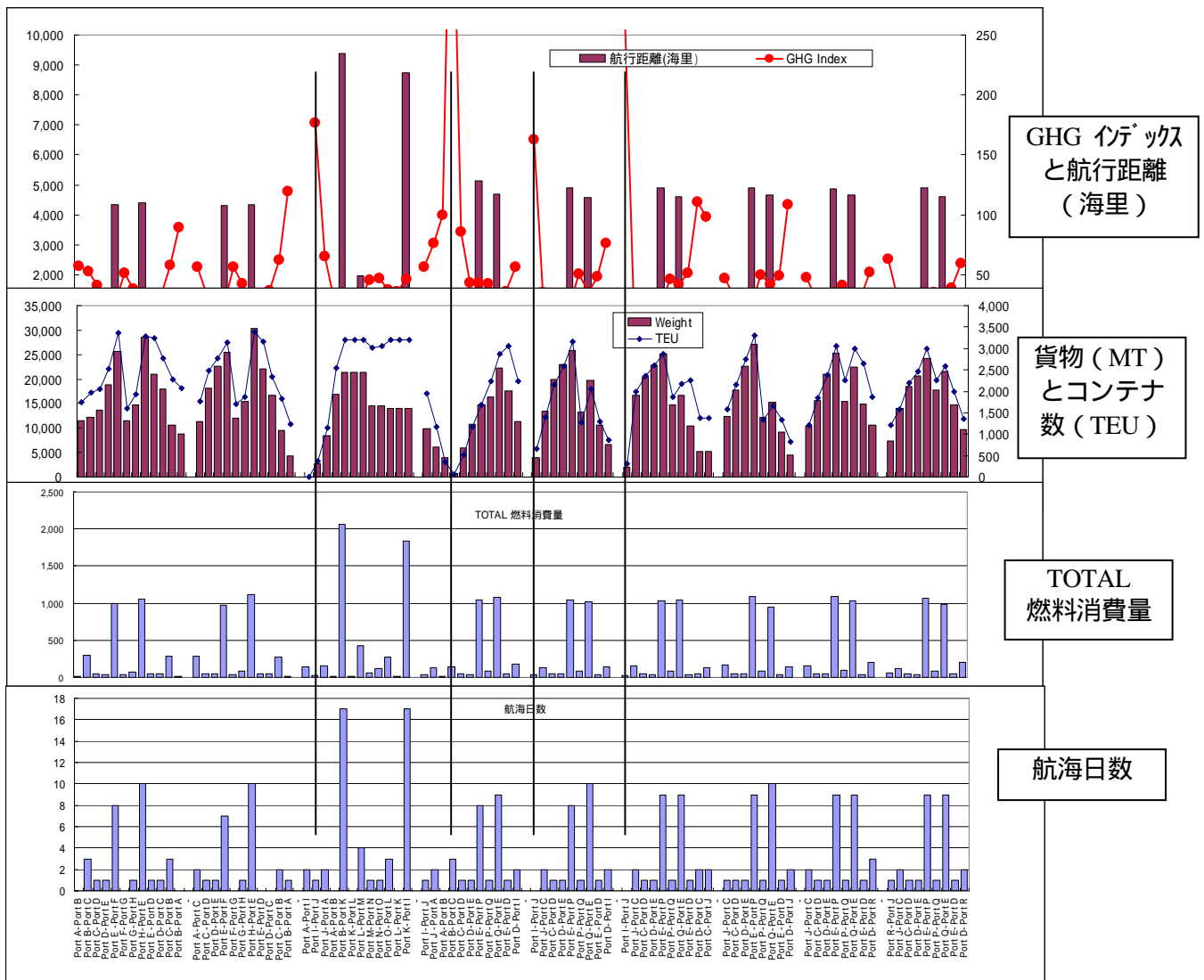


図 5.3.4 コンテナ船の Port to Port 間の時系列データ（例）  
（GHG インデックス が高くなる位置を縦ラインで表示）

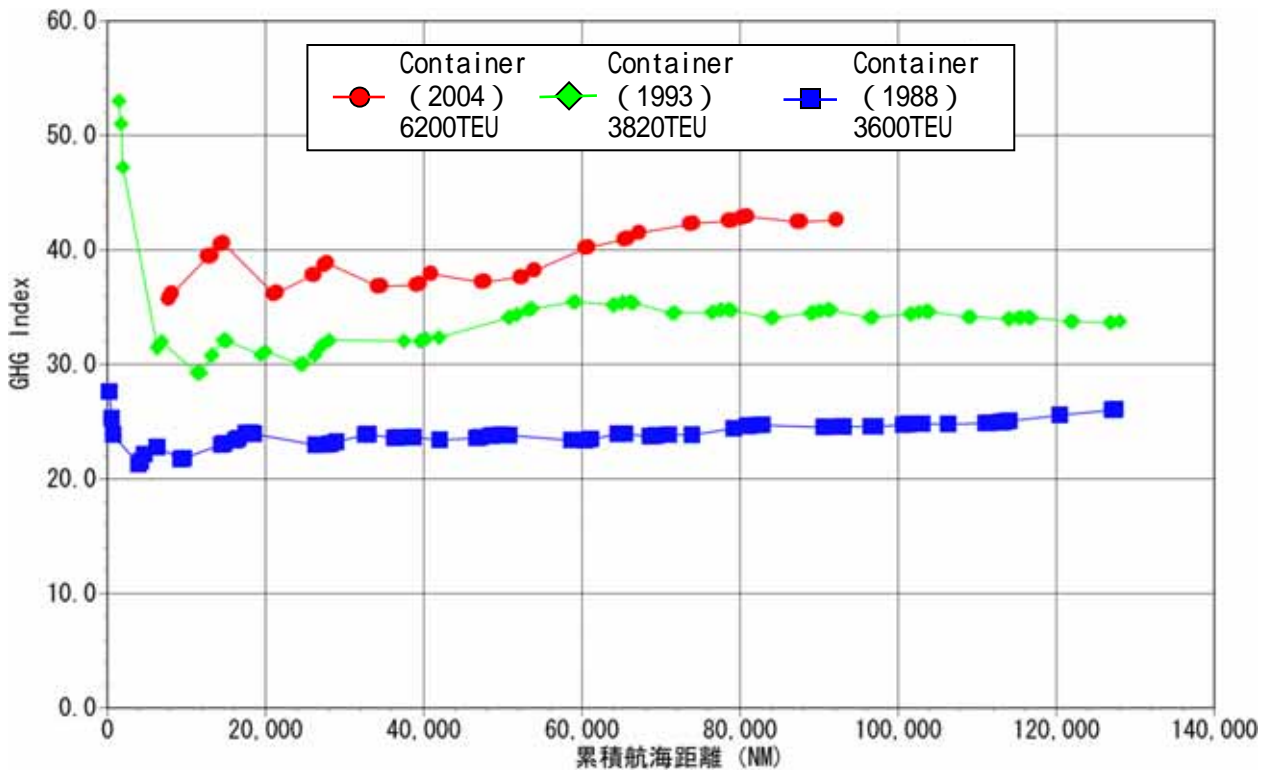


図 5.3.5 CONTAINER の累積航海距離 (NM) による GHG インデックス

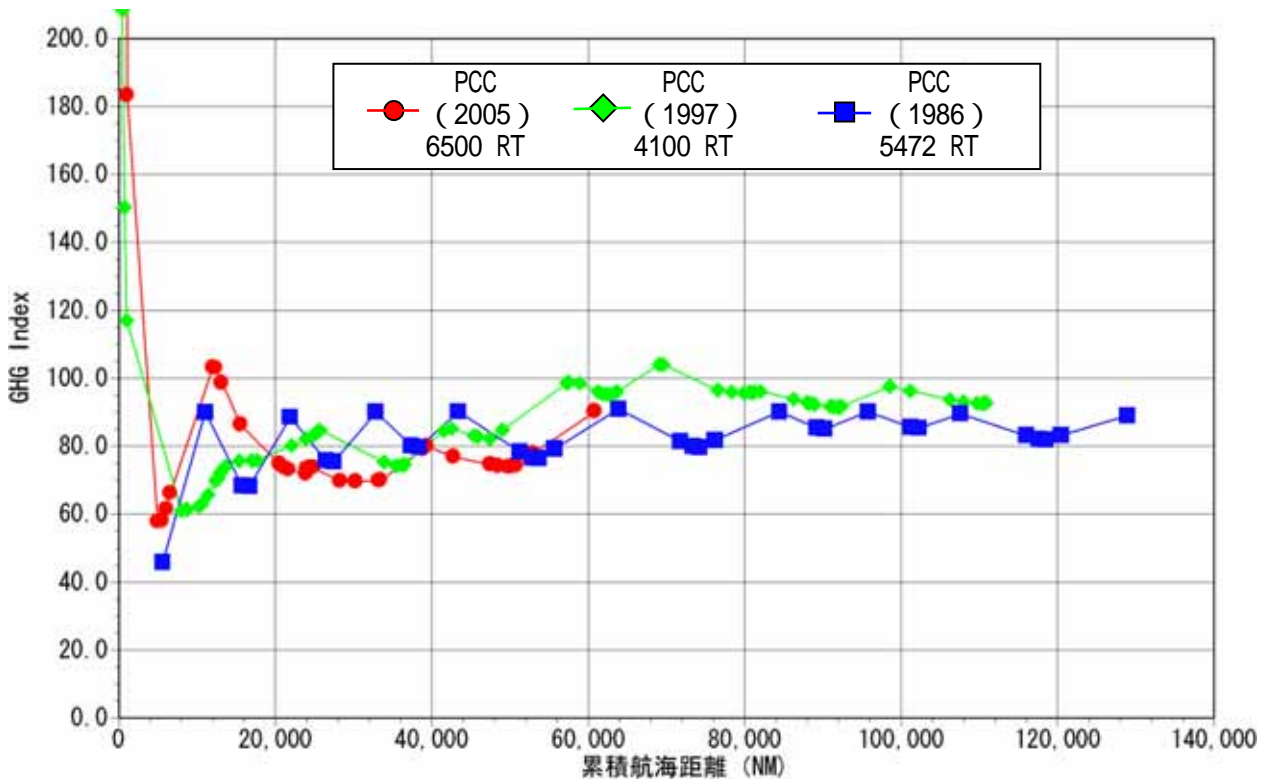


図 5.3.6 PCC の累積航海距離 (NM) による GHG インデックス



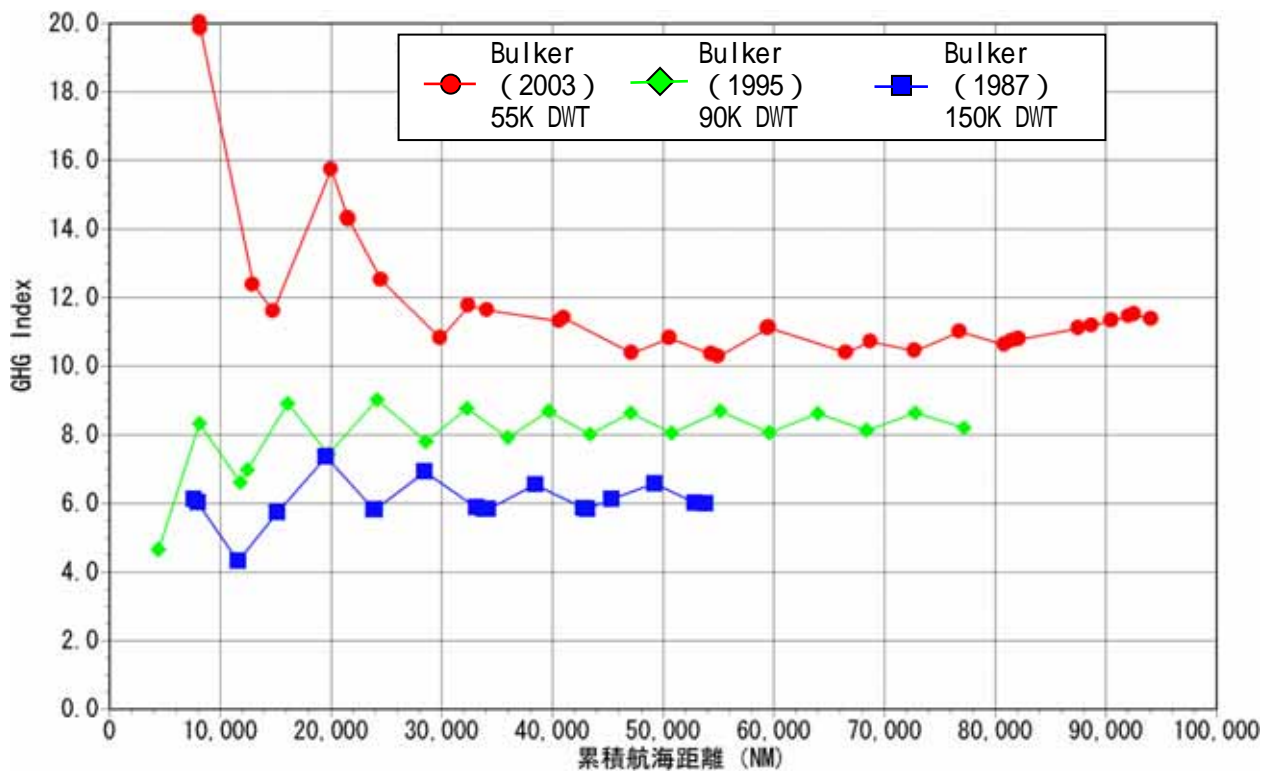


図 5.3.7 BULKER の累積航海距離 (NM) による GHG インデックス

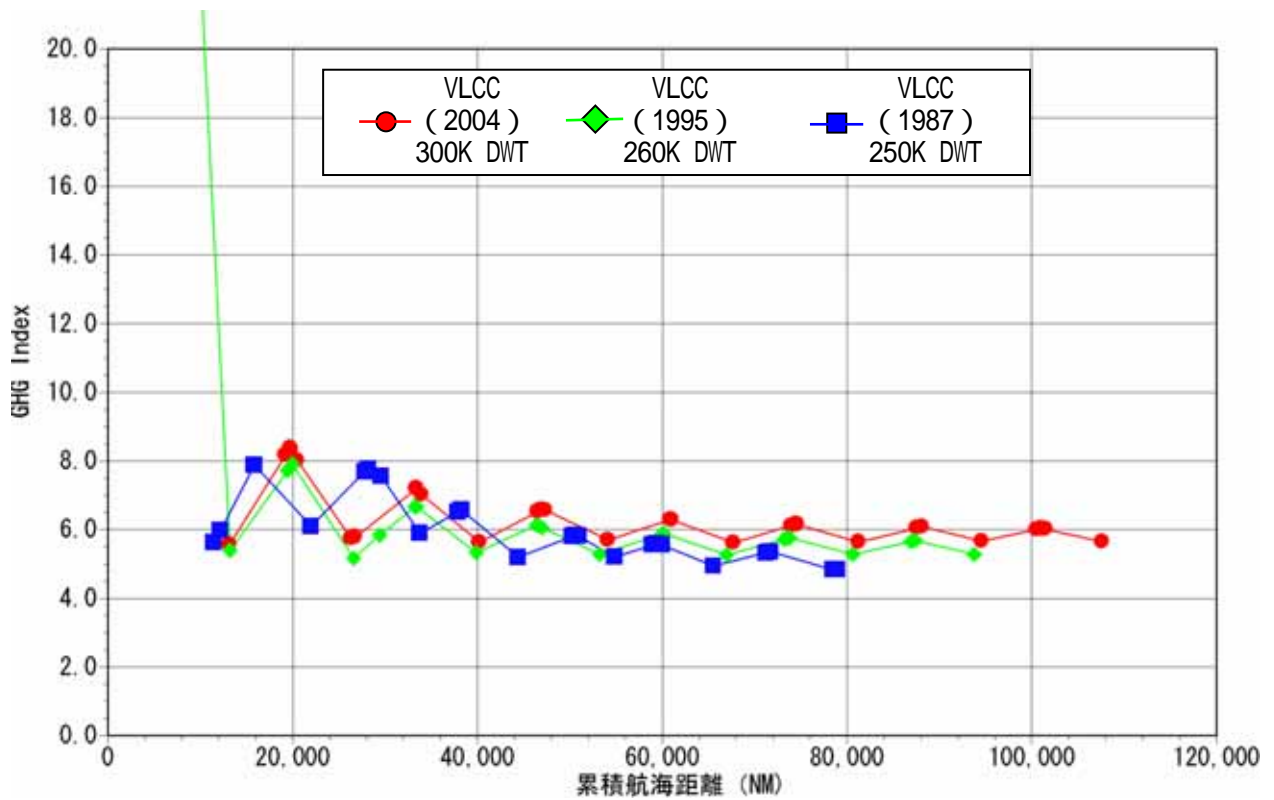
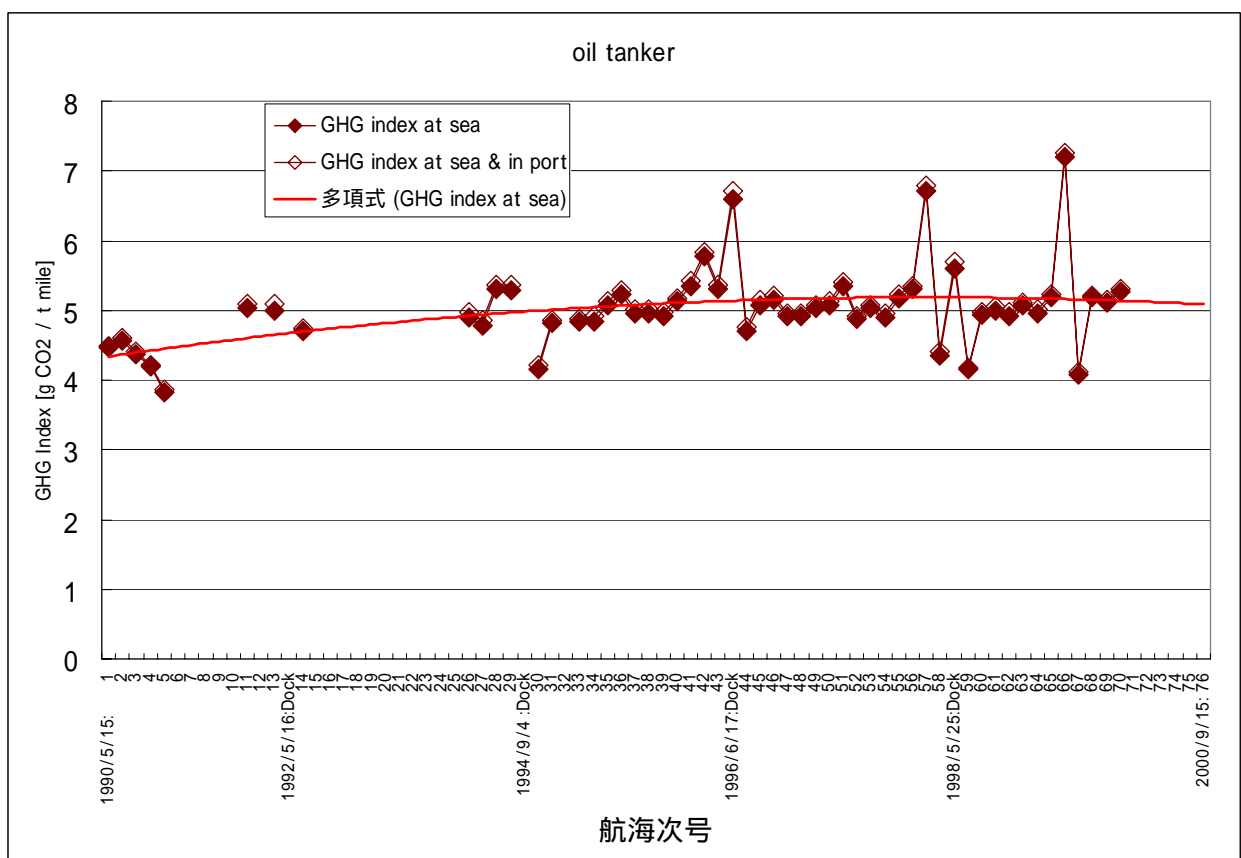


図 5.3.8 VLCC の累積航海距離 (NM) による GHG インデックス

#### 5.4 (独) 海上技術安全研究所における CO<sub>2</sub> 排出量調査

(独) 海上技術安全研究所により整理解析されたデータは、データ欠損はあるものの、およそ 10 年分の蓄積データであり経時変化を見ることができる。オイルタンカーの 1990 年 5 月から 2000 年 9 月までの GHG インデックス値および 2 次近似曲線を図 5.4.1 に示す。

データ初期 (1990 年頃) における値は 1994 年以降よりも若干低い傾向が見られるが、2 次の近似曲線で近似してみると、個別航海のばらつきが大きく、GHG インデックス値の経時的な増加は、統計学的には認められない。絶対的な数値の比較でも、全平均で 5.03 [g CO<sub>2</sub> / t mile] であり、5.3 章における収集データと同等の値である。停泊中の燃料消費を含めた場合における GHG インデックスの増加量は、およそ 1.1% である。その他の所見としては、ドック入り前後においてインデックス値のばらつきが大きくなっている傾向が見て取れる。



## 5.5 新造船のための GHG インデックス方法の検討

### 5.5.1 背景

就航している船舶からの CO<sub>2</sub> 排出に関しては、IMO MEPC が検討し、MEPC/Circ.471 として暫定指針を作成した。この暫定指針は、船種毎の CO<sub>2</sub> 排出量の一般的な概算量をもとめること、及び個々の就航船からの CO<sub>2</sub> 排出量をもとめる目的で使用することができる。

一方、新しく建造される船舶に関しては、燃料消費実績から CO<sub>2</sub> 排出量をもとめることができない。このため、新造船に関する CO<sub>2</sub> 排出算定方法を別途考える必要がある。

また、新造船の GHG インデックスには、暫定ガイドラインにおけるインデックスとは違い、ハードウェアの評価という側面も考えられる。

### 5.5.2 公式試運転のデータからの CO<sub>2</sub> 排出算定

新造船の公式試運転における燃料消費データに基づいて試算することは、以下の点で困難かつデータの信憑性が薄い。特に、下記の補記類を含め、設計時の省エネ対策が直接に反映されないという欠点もある。

- ・満載喫水との差など、実際の運航状況とは異なる。
- ・高負荷時のデータが観測不可能な場合がある。
- ・貨物量はDWTを使うことになる。
- ・データ量が少ないため、データの信頼性が薄い。
- ・補機類（たとえば排エコ、軸発、DGなど）の省エネ技術が評価されない可能性がある。

### 5.5.3 エンジンベッド試験のデータの利用

以下のようにして、搭載予定のエンジン、あるいは同型エンジンの NO<sub>x</sub> テクニカルコードに基づくテストベッド試験値を利用して、実航海時の CO<sub>2</sub> 排出を予測することが立案された。

- (1) 当該新造船に搭載する機関燃費については、搭載予定のエンジン、あるいは同型エンジンの NO<sub>x</sub> テクニカルコードに基づくテストベッド試験値を利用して推定する。その際、できれば出力・負荷毎の燃料消費量の関係を把握する。主機関の他に、補助機関及びボイラ等、当該船舶に搭載される燃料消費機器のデータを得ることが望ましい。
- (2) 設計時の予定航海速度、載貨重量を使用する。主機出力と予定航海速度の関係(予測)を把握する。あるいは、船型船種ごとに航海時の負荷モデルを作成する。負荷モデルは ISO8178 に基づく現行のテストサイクルと必ずしも一致する必要はないと考えられる。
- (3) 航海時の補機及びボイラ等の主機以外の燃料消費機関の使用予測(または運航モデル)を立てる。
- (4) (1)~(3)から、貨物 ton-mile 当り(あるいは TEU-mile、搭載車両-mile)の CO<sub>2</sub> 排出量を推定する。

こうして予測された CO<sub>2</sub> 排出量については、就航後の早期に、暫定ガイドライン (MEPC/Circ.471) の方法に従って確認することが望ましい。

なお、2006 年度には、この方法に従って新造船からの CO<sub>2</sub> 排出量予測と、その実船での確認を行う予定である。

## 6. IMO への対応

MEPC/Circ.471 の CO<sub>2</sub> 排出算定方法について検討し、いくつかの改善検討点を抽出した（5.1 章及び 5.2 章）。また、いくつかの船種、大きさ、就航年の船舶について、燃料使用量及び航海状況データから、GHG インデックスを試算した（5.3 章）。さらに、新造船からの CO<sub>2</sub> 排出予測方法を検討・考案した（5.4 章）。

本プロジェクトにおける議論では、MEPC/Circ.471 の改正のための検討として、以上の調査結果のほか、以下の留意点を抽出した。

- (1) バラスト航海の GHG インデックス算定における取り扱いを共通化するべきである。
- (2) 停泊中の CO<sub>2</sub> 排出算定の取り扱い：港にいる期間のデータは航海中のデータと分けて集積すべき。
- (3) コンテナ船における空きコンテナの GHG インデックス排出算定での取り扱いを共通化すべき。

また、GHG インデックスの検討の中で今後の課題として認識されたこれらの留意点、その他について、船社からの立場によるコメントを次に示す。

### GHG インデックスの検討において認識された今後の課題

GHG インデックスの導入の最終的な目的は、様々なレベルにおける「GHG 排出量の削減」にあると認識しているが、これまでの IMO および本プロジェクトにおける議論を踏まえると、この目的を達成するための GHG インデックス使用アプローチは、大きく分けて下記の 3 つに分類できる。

国際海上輸送に関わる GHG 総排出量の把握

物流段階における環境負荷の把握・削減に取り組む荷主などへのデータ提供

国際的な荷動きが依然伸びる状況下、環境効率の改善を計るインデックスを設定

#### (1) 国際海上輸送に関わる GHG 総排出量の把握

この観点からみると、「GHG インデックス」算定は大きな役割を果たさない。GHG インデックスの平均値あるいはマクロな集計結果に世界の荷動き量に乗じるボトムアップ方式で、総 GHG 排出量は理論上計算できる。しかし、MEPC/Circ.471 のデータ・フォーマットのような複雑なものから積算する方法では、データに相当の誤差が生じる可能性が否定できない。

このため、燃料の購買（取引）量を各国から申告させるトップダウン方式の方が、正確な数量およびその経年変化が把握できることかは明らかである。実際に、UNFCCC において国別の GHG 総排出量を報告する際に用いられる IPCC ガイドライン（Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories）においても、それぞれの消費セクターごとの燃料消費量を把握することが最も精度が高いとされ、ボトムアップ方式は、総排出量算定時は国内において地方自治体ごとに算定する際などに補助的に用いるべきであるとされている。ただし、下記のような目的には個別の活動量が把握しやすい GHG インデックスが有効であるとされている。

#### (2) 物流段階における環境負荷の把握・削減に取り組む荷主などステークホルダーへのデータ提供

わが国における「改正省エネ法」、EU における GHG プロトコルおよび PRTR 制度（詳細は昨年度報告書参照のこと）などのように、国際海運の荷主に対して運航セクターにおける GHG 排出量の把握あるいは管理について、強制力を持たせるスキームを国際的に構築することは、容易なことではない。特に IMO の

場においては、強制力のある枠組みを構築する事は困難であると予想される。

したがってデータ提供は、あくまで契約または相互の社会的責任に基づいて実施される任意の取組みとなるであろう。

もちろん荷主は、より客観的な（できれば公的に認証された）数値を望んでいるし、環境負荷（排出量）に留まらず、モーダルシフトや積載効率の向上など自らの、あるいは他のステークホルダー（船社や場合によっては造船所）の改善効果を把握したいと望んでいる。IMO の議論を待たずに米国 NPO 組織 BSR（Business for Social Responsibility）の Clean Cargo WG（CCWG）メンバーがインデックス策定に自主的に取り組んだことはその一例である。

（CCWG については <http://www.bsr.org/CSRResources/WGO/CC-GF/ccstatement.cfm> 参照）

現在、環境経営に力を入れている荷主（主にコンテナ貨物の荷主）は、船社からのインデックス・データに基づいて、既に自主的に環境負荷（排出量）を把握している。上記の CCWG 内の荷主は、現状においては、インデックスを用いた荷主ごとの総 GHG 排出量の把握（大きな誤差は覚悟の上で割り切っている）が目的であり、改善効果の把握（評価）への活用には至っていない。各船社の改善への取組みは、インデックスにより直接評価しないこととしている。

なお、CCWG メンバーは世界有数のコンテナ荷主であり、当然のことながら、常に自社貨でコンテナ 1 本を Full にする FCL の荷主である。従って、インデックスには（重量ではなく）TEU を用い、また計算を簡単にするため Nominal の本数を採用している。LCL の荷主になればさらに複雑となる。また、環境負荷の総量把握が目的であることから、議論の未停泊中の排出量も含めている。

### (3) 国際的な荷動きが依然伸びる状況下で、環境効率の改善を計るインデックスを設定

(2)で述べたように、GHG インデックスの紹介は、MEPC においても幾つか行われているが現状把握レベルに留まっており、削減努力あるいは改善効果の具体的指標化までには、更にステップを踏むことが必要である。現在の暫定 GHG インデックスの信頼性を高めるとともに、具体的な使用方法について IMO や CCWG などにおいて、データに基づく慎重な議論が必要になると考えられる。

GHG インデックスの導入の一義的な目的は、環境効率（事業付加価値に対する環境負荷の割合）を把握し、改善を監視することで、その向上を目指すことにあると考える。この目的を達成するインデックスの設定のために今後検討すべき課題を列挙する。なお、ここでは、輸送量にも起因する総量の削減ではなく、個別船舶の環境効率の改善の視点に立って取り纏めていることに留意願いたい。

#### < バラスト水の取り扱い >

- ・ 輸出入のアンバランスや運航効率（経済的な観点）から専用船化した経緯からすると、バラスト航海も何らかの形でカウントする必要がある。
- ・ 今回は単純にバラスト航海もカウントしたが、事業付加価値とならない「バラスト水」は当然含むべきではない。なお、バラスト水は「バラスト航海」で多いのは事実であるが、その他の場合でも保有している。（事業付加価値にバラストを含めることはインデックスの考えを根底から変えるものとなる。）

#### < ドック航海の取り扱い >

- ・ 事業付加価値を生まない、ドックのための航海など回航は、インデックスの考えになじまない。（ICAO で航空機のフェリー・フライトの扱いも確認すべきである。）

#### < Off Hire 時の取り扱い >

- ・ 傭船でトラブルなどが発生し契約を一時的に中断（Off Hire）した場合の扱いをどうするか（これは、インデックスの報告義務が船主・船舶管理会社にある場合より、傭船者（船社）にある場合に、より複雑な問題となる。）

#### < 報告主体の問題 >

- ・ 誰にインデックスの報告義務が課せられるかによって、データ生成（距離、貨物数量、燃料消費量）の責任主体、データの流れ、申告のタイミングが変わり、レジスターのプロセス、すなわちデータ・シートを誰が、いつ記入し、誰が承認するかという問題である。この点は、暫定ガイドラインの 6 章「MONITORING AND VERIFICATION」において、データの取得とともに、データの信頼性を担保するための監査方法として述べられており、これまでも、承認工程を船主、運航会社、荷主を含めた内部のステークホルダー間で行うのか、それとも将来的に外部監査工程を設けるのか、議論があったところである。

インデックスの精度は、生データの精度とともに監査方法にも依存すること、ISO14000 シリーズとの整合を考えた場合、将来的には外部監査工程を設けることが望ましいと考えられる。更に、承認・監査の問題は、将来的なインデックスの使用方法（application）に密接に関係することから、今後 MPEC などにおいて精度管理とともに慎重に議論が行われることが望まれる。

- ・ 特に、将来的にキャップの設定や排出量取引などに発展すれば、距離、貨物数量、燃料消費量の認定は非常に重要なプロセスとなる。

#### < インデックスを活用した改善に向けて >

- ・ 環境効率は、さまざまな要素により変化する、例えば、エンジンや船体構造などの船主に関わる要件、航路選定や操船、機関操作などの船主・船舶管理会社に関わる要件、気象海象など就航航路に関わる外力の影響、荷役効率や船混みなどの港湾事情など。
- ・ これまでのルールのように旗国責任主義の下、船主や船舶管理会社に義務を負わせることでは、インデックスの改善は難しい。正により多くのステークホルダーが関係することが課題を多く、複雑にしている。
- ・ 従って、個船を単位として管理しても、船主、船舶管理会社、航路事情などが変わればこれに左右されることになる。今回も荷動きの変動にダイナミックに対応する船社は就航航路を変えることで、数値が大きく変化している。
- ・ 例えば今回のコンテナ船の場合においても、航路事情（気象海象、コンテナ重量 / 本、空と実入りの割合、途中で就航航路が替わっているものもある）、大きさ、エンジンなどが違うものを、船齢で並べて評価（考察）するのは適当ではない。
- ・ 異なる船種での比較は、貨物の種類（容積貨物、重量貨物、またはこれらの混載）、荷役方式や効率、貿易構造も違うので、避けるべきである。

これらの成果は、2006 年度事業でさらに検討し、2006 年 10 月に開催される MEPC54 へ報告し、MEPC/Circ.471 改正のための資料とする。

## 7. まとめ（今後の対応、検討事項）

IMO が作成した「船舶からの CO<sub>2</sub> 排出算定方法の試用に関する暫定ボランタリー指針: Interim Guidelines for voluntary ship CO<sub>2</sub> emission indexing for in trials」(MEPC/Circular No.471) について、CO<sub>2</sub> 排出算定の実施の上から検討し、その改良必要点を抽出した。

また IMO における動向を踏まえて、MEPC/Circ.471 に準拠して船舶からの CO<sub>2</sub> 排出を、いくつかの船種、船齢及び大きさの船について、燃料消費量及び航海データから算出した。

さらに、新造船からの CO<sub>2</sub> 排出予測方法を考案した。

これらの成果は、2006 年度にさらに検討して、MEPC54 (2006 年 10 月) に紹介する。

今後の課題として、以下が掲げられる。

- (1) 2005 年度に収集した船舶航行の燃料消費量データは、データ期間が短いため、経年変化および一般化のため、データ収集はさらに継続する必要がある。
- (2) (独) 海上技術安全研究所にある航海燃料消費データをさらに整備・検討・解析して、利用する。
- (3) 2005 年度の成果、並びに(1)及び(2)のデータをさらに整理して解析し、IMO の審議に貢献する。
- (4) 新造船からの CO<sub>2</sub> 排出予測方法をさらに検討し、試行してみる。

なお、2006 年度には、ISO への対応も併せて、ひとつのテーマとしてプロジェクトを組む必要がある。

添付資料

MEPC/Circ.471: Interim Guidelines for voluntary ship CO<sub>2</sub> emission indexing for in trials



**INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION**  
4 ALBERT EMBANKMENT  
LONDON SE1 7SR

Telephone: 020 7587 3152  
Fax: 020 7587 3210



**IMO**

*E*

Ref. T5/1.08

MEPC/Circ.471  
29 July 2005

**INTERIM GUIDELINES FOR VOLUNTARY SHIP CO<sub>2</sub> EMISSION INDEXING  
FOR USE IN TRIALS**

- 1 The Marine Environment Protection Committee, at its fifty-third session (July 2005), approved the Interim Guidelines for Voluntary Ship CO<sub>2</sub> Emission Indexing for Use in Trials, and requested the Secretariat to issue the Interim Guidelines by an MEPC Circular (MEPC 53/24, paragraph 4.55.1).
- 2 The Interim Guidelines, as approved by the Committee, are attached at annex hereto.

\*\*\*

**ANNEX****INTERIM GUIDELINES FOR VOLUNTARY SHIP CO<sub>2</sub> EMISSION INDEXING  
FOR USE IN TRIALS**

1 The Conference of Parties to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto, held from 15 to 26 September 1997 in conjunction with the Marine Environment Protection Committee's fortieth session, adopted Conference resolution 8, on CO<sub>2</sub> emissions from ships. The resolution invites the Marine Environment Protection Committee to consider what CO<sub>2</sub> reduction strategies may be feasible in light of the relationship between CO<sub>2</sub> and other atmospheric and marine pollutants, especially NO<sub>x</sub> since NO<sub>x</sub> emissions may exhibit an inverse relationship to CO<sub>2</sub> reduction.

2 IMO Assembly resolution A.963(23) on "IMO Policies and Practices Related to the Reduction of Greenhouse Gas Emissions from Ships" urged the Marine Environment Protection Committee (MEPC) to identify and develop the mechanism or mechanisms needed to achieve the limitation or reduction of Greenhouse Gas (GHG) emissions from international shipping and, in doing so, to give priority to the establishment of a GHG baseline; and the development of a methodology to describe the GHG efficiency of a ship in terms of GHG emission index for that ship. In developing the methodology for the GHG emission indexing scheme, MEPC should recognize that CO<sub>2</sub> is the main greenhouse gas emitted by ships.

3 As urged by the Assembly, MEPC 53 approved Interim Guidelines for Voluntary Ship CO<sub>2</sub> Emission Indexing for Use in Trials.

4 The Interim Guidelines should be used to establish a common approach for trials on voluntary CO<sub>2</sub> emission indexing, which will enable shipowners to evaluate the performance of their fleet with regard to CO<sub>2</sub> emissions. As the amount of CO<sub>2</sub> emitted from a ship is directly related to the consumption of bunker fuel oil, the CO<sub>2</sub> indexing will also provide useful information on a ship's performance with regard to fuel efficiency.

5 These Guidelines shall be updated, taking into account:

- Operational experiences from trials of the index for different ship types, as reported to MEPC by industry, organizations and Administrations;
- Progress in ISO regarding ship's CO<sub>2</sub> performance;
- Any other relevant developments.

6 Industry, organizations and interested Administrations are invited to promote the use of the attached Interim Guidelines in trials and report their experiences back to MEPC 58 (October 2008).

## ANNEX

### Interim Guidelines for Voluntary Ship CO<sub>2</sub> Emission Indexing for the Use in Trials

#### Contents

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OBJECTIVES.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>DEFINITIONS.....</b>	<b>3</b>
3.1	Index definition.....	3
3.2	Fuel consumption.....	4
3.3	Distance sailed.....	4
3.4	Ship and cargo types.....	4
3.5	Cargo.....	4
<b>4</b>	<b>ESTABLISHING CO<sub>2</sub> OPERATIONAL INDEX.....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>DATA RECORDING AND REPORTING PROCEDURES.....</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>MONITORING AND VERIFICATION.....</b>	<b>5</b>
<b>7</b>	<b>APPLICATION OF GUIDELINES.....</b>	<b>6</b>
	<b>APPENDIX – Calculation of CO<sub>2</sub> Index based on operational data</b>	

## 1 INTRODUCTION

In 1997 IMO adopted a resolution on CO<sub>2</sub> emissions from ships<sup>1</sup>. This resolution invites the Marine Environment Protection Committee (MEPC) to consider what CO<sub>2</sub> reduction strategies would be feasible for ships.

IMO Assembly further adopted resolution A.963(23) on IMO policies and practices related to the reduction of greenhouse gas emissions from ships, which requests the MEPC to develop a greenhouse gas emission index for ships, and guidelines for application of that index.

This document constitutes the guidelines for the application of an IMO CO<sub>2</sub> emissions index for ships. It sets out:

- what the objectives of the IMO CO<sub>2</sub> emissions index are,
- how a ship's CO<sub>2</sub> performance should be measured, and
- how the index could be used to promote low-emission shipping, in order to help limit the impact of shipping on global climate change.

## 2 OBJECTIVES

The objective of these guidelines is to provide the users with guidance on achieving the targets set by IMO resolution A.963(23). The guidelines provide assistance in the process of establishing a mechanism to achieve the limitation or reduction of greenhouse gas emissions from shipping.

This guideline presents the concept of an index for the energy efficiency of a ship in operation, limited to an expression of efficiency expressed in way of CO<sub>2</sub> emitted per unit of transport work. The guidelines are intended as an objective, performance-based document for guidance on monitoring of the efficiency of ship operation.

These guidelines are recommendatory in nature and present a possible application of an index. However, shipowners are invited to implement these guidelines in their environmental management systems and adopt the principles herein for performance monitoring.

## 3 DEFINITIONS

### 3.1 Index definition

In its most simple form *the Carbon Dioxide Transport Efficiency Index* is defined as the ratio of mass of CO<sub>2</sub> per unit of transport work:

$$\text{Index} = m_{\text{CO}_2} / (\text{transport work})$$

For more details of index calculation see 3.2-3.4 and Appendix 1.

---

<sup>1</sup> Resolution 8 of the 1997 International Conference of Parties to MARPOL 73/78.

### 3.2 Fuel consumption

*Fuel consumption*, FC, is defined as all fuel consumed at sea and in port or for a period in question, e.g. a day, by main and auxiliary engines including boilers and incinerators.

### 3.3 Distance sailed

*Distance sailed*, means the actual distance sailed in nautical miles (deck logbook data) for the voyage or period in question.

### 3.4 Ship and cargo types

The guidelines are applicable for all ships performing transport work.

#### Ships:

- |                  |   |
|------------------|---|
| 1. Bulk          | Tankers and bulk carriers   |
| 2. General cargo | Container ships, reefers, general cargo, car carriers and specialized ships |
| 3. Passenger     | Passenger ships, ro-ro passenger ships                                      |

#### Cargo:

- |                  |   |
|------------------|---|
| 1. Bulk cargo    | All liquid and solid bulk cargo   |
| 2. General cargo | General cargo which will include TEUs (including the return of empty units), break bulk, heavy lifts, frozen and chilled goods, timber and forest products, cargo carried on freight vehicles, cars and freight vehicles on ro-ro ferries |
| 3. Passenger     | The number of passengers carried  |

### 3.5 Cargo

Generally, cargo could be defined in terms of cargo mass.

For bulk and general cargo ships, the mass of transported cargo should be defined in metric tonnes (t).

For ships carrying a combination of containers and other cargoes a TEU mass of 10 t should be applied for loaded TEUs and 2 t for empty TEUs.

For other types of ship, the following units could be applied:

- For bulk carriers and tankers: cubic metres (m<sup>3</sup>)
- For passenger vessels: number of passengers
- For car ferries and car carriers: number of car units or occupied lane metres
- For container ships: number of TEUs (empty or full)
- For railway and ro-ro vessels: number of railway cars and freight vehicles, or occupied lane metres

#### **4 ESTABLISHING CO<sub>2</sub> OPERATIONAL INDEX**

In order to establish the CO<sub>2</sub> index, the following main steps need to be executed:

- .1 Define data sources for data collection.
- .2 Collect data.
- .3 Convert data to appropriate format.
- .4 Calculate CO<sub>2</sub> index.

For existing ships, the CO<sub>2</sub> index should represent an average value of the energy efficiency of the ship operation over a period of one-year. Guidance on the calculation procedure for the index is provided in the Appendix.

For newly built ships the CO<sub>2</sub> index should represent an average value of the energy efficiency of the ship operation over a period of not less than six months.

#### **5 DATA RECORDING AND DOCUMENTATION PROCEDURES**

The data recording method used in particular ship types must be uniform so that information can be easily collated and analysed to facilitate the extraction of the required information. The collection of data from ships should include the distance travelled, the quantity and type of fuel used, and all fuel information that may affect the amount of carbon dioxide emitted. Fuel information is provided on the bunker delivery notes that are required under regulation 18 of Annex VI to MARPOL.

The unit used for distance travelled and quantity of fuel should be expressed in nautical miles and metric tonnes. The cargo should be expressed as stated in paragraph 3.5.

It is important that sufficient information is collected on the ship with regard to fuel type and quantity, distance travelled and cargo type so that the efficiency of the ship can be compared with other modes of transport.

The distance travelled should be calculated by actual distance travelled, as contained in the ship's log-book.

Amount and type of fuel used (bunker delivery notes) and distance travelled (according to the ship's log-book) should be documented by the ship based on the format described in the Appendix.

#### **6 MONITORING AND VERIFICATION**

Documented procedures to monitor and measure, on a regular basis, should be developed and maintained. Elements to be considered when establishing procedures for monitoring are:

- identification of operations/activities with impact on the performance;
- identification of data sources and measurements that are necessary, and specification of the format;
- identification of frequency and personnel performing measurements; and
- maintain quality control procedures for verification procedures.

The results of this self-critical analysis should be reviewed and used as indicators of the system's success and reliability, as well as identifying those areas in need of corrective action or improvement.

Records are expected to exist to serve as verification of the system operating. For example, records include audit reports and training records. Unlike controlled documents, records are "once and done" documents, resulting from the execution of some process or procedure. Procedures in this element are required for the maintenance of records.

It is important that the source of figures established are properly recorded, the basis on which figures have been calculated and any decisions on difficult or "grey" areas of data. This will provide assistance on areas for improvement and be helpful for any later external verification.

If only internal verification of reports are applied initially, measuring and reporting systems should be developed to allow effective external verification at a later stage. It should be considered stating, for the benefit of external stakeholders, why a report has not been independently verified and the company's future intentions in this regard.

## **7 APPLICATION OF GUIDELINES**

Methodology and application of ship CO<sub>2</sub> indexing, as described in this guideline, provides a transparent and recognized approach for assessment of the GHG efficiency of a ship with respect to CO<sub>2</sub> emissions. These guidelines are considered applicable for ship owners with an implemented environmental management system.

Implementation of the CO<sub>2</sub> index in an established environmental management system should be performed in line with the implementation of any other chosen indicator and follow the main elements of the recognized standards (planning, implementation and operation, checking and corrective action, management review).

When using the CO<sub>2</sub> index as performance indicator, the index should be given a perspective relative to absolute data and trend data:

- The main indicator may be greenhouse gas emissions from energy use.
- Absolute data may be total tonnes of annual CO<sub>2</sub> emissions.
- The CO<sub>2</sub> index may represent the normalized data (CO<sub>2</sub> per tonne mile).
- Trend data may be the index value compared with previous years.

Internal performance criteria and targets could be established as a benchmark for the CO<sub>2</sub> index.

Results from monitoring and measurements could be reported to the management. A management review may include the review of targets, objectives, and CO<sub>2</sub> index to establish the continued suitability in light of changing environmental impact and concerns, regulatory developments, concerns among interested parties, market pressures, internal changes/organizational activity changes, and changes in the environment.

Communication in an environmental management system includes the communication of internal and external environmental information to management, and the communication from management to others of their intentions regarding environmental impacts. Communication could include procedures for internal reporting as well as external reporting on environmental activities of the organization.



## APPENDIX

### Calculation of CO<sub>2</sub> index based on operational data

#### General

The objective of the appendix is to provide guidance on calculation of the CO<sub>2</sub> index based on data from the operation of the ship.

#### Data sources

Primary data sources selected could be the ship log book (bridge log-book, engine log-book, deck log-book and other official records).

#### Fuel mass to CO<sub>2</sub> mass conversion by carbon content of fuel

Although having many different physical characteristics, fuel oil mainly consists of hydrocarbons, e.g. C<sub>15</sub>H<sub>32</sub>. C has an atomic weight of 12.011, while Hydrogen (H) has 1. This yields carbon with a mass fraction limited to the range of 85 % to 87.5 %, where diesel oil is in the higher % range and heavy fuel oil in the lower % range. When combusted hydrocarbons react with oxygen (O), which have an atomic weight of 15.9994 then for each CO<sub>2</sub> one C is needed. Using the atomic weights the ratio between CO<sub>2</sub> and carbon is:

$$(12.011 + 2 \times 15.9994) / 12.011 = 44.01/12.01 = 3.664$$

Multiplying with the mass fraction of carbon in the fuel we get the specific emission of CO<sub>2</sub> (C<sub>carbon</sub>). C<sub>carbon</sub> for a fuel with 85% carbon content will be:

$$\begin{aligned} C_{\text{carbon}} &= 3.664 \times 0.85 = 3.114 \text{ t CO}_2 / \text{t fuel} \\ &= 3.114 \times 10^6 \text{ g CO}_2 / \text{t fuel} \end{aligned}$$

for heavy fuel oil with a carbon content of 85% by mass.

It is recommended to use direct carbon calculations.

If these data are not easily available in a first approach the following default values can be used for the carbon content and the factor C<sub>Carbon: μ</sub>.

Type of fuel	ISO Specification	Carbon content m/m	C <sub>Carbon</sub> [g CO <sub>2</sub> / t Fuel]
1 Diesel/Gasoil	ISO 8217 Grades DMX through DMC	0.875 <sup>1</sup>	3,206,000
2 Light Fuel Oil (LFO)	ISO 8217 Grades RMA through RMD	0.86 <sup>2</sup>	3,151,040
3 Heavy Fuel Oil (HFO)	ISO 8217 Grades RME through RMK	0.85 <sup>1</sup>	3,114,400
4 Liquid Petrol Gas (LPG)		0.81 <sup>1</sup>	2,967,840
5 Natural Gas		0.80 <sup>2</sup>	2,931,200

### Calculation of the CO<sub>2</sub> Index

The basic expression for the Index is defined as:

$$\text{Index} = \frac{\sum_i FC_i \times C_{Carbon}}{\sum_i m_{cargo,i} \times D_i} \quad (\text{gram CO}_2/\text{tonne identical mile})$$

Data covering a voyage or period, e.g. a day, in question with corresponding data on fuel consumption/cargo carried and distanced sailed for each voyage in a continuous sailing pattern could be collected as shown in the reporting sheet below.

### CO<sub>2</sub> Index reporting sheet

NAME AND TYPE OF SHIP:						
Voyage or day  (i)	Fuel consumption (FC) at sea and in port in tonnes				Voyage or time period data	
	Fuel type  ( )	Fuel type  ( )	Fuel type  ( )	...	Cargo (m) (tonnes or units)	Distance (D) (NM)
1						
2						
3						
4						
..						
..						

<sup>1</sup> Revised 1996 IPCC Guidelines for national GHG inventories (accessible through the IPCC website [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)).

<sup>2</sup> European Commission Decision of C(2004) 130 final. Establishing guidelines for the monitoring and reporting of greenhouse gas emissions.

If data is collected as fuel used in tonnes per voyage, cargo in tonnes and distance in nautical miles, the formula will be:

$$Index = \frac{(\sum_i FC \times C_{Carbon})_{Fuel\ type1} + (\sum_i FC \times C_{Carbon})_{Fuel\ type2} + (\sum_i FC \times C_{Carbon})_{Fuel\ type3} + \dots}{\sum_i m_{cargo,i} \times D_i}$$

when summing for all voyages  $i=1 - n$ .

NOTE: For voyages with  $m_{cargo}=0$ , it is still necessary to include the fuel used during this voyage in the summation above the line.

### Example:

A simple example including one ballast voyage, for illustration purpose only, is provided below. The example illustrates the application of the formula based on the data reporting sheet.

NAME AND TYPE OF SHIP:						
Voyage or day  (i)	Fuel consumption (FC) at sea and in port in tonnes				Voyage data	
	Fuel type (HFO)	Fuel type (HDO)	Fuel type ( )	...	Cargo (m) (tonnes units)	Distance (D) (NM)
1	20	5			25000	300
2	20	5			0	300
3	50	10			25000	750
4	10	3			15000	150
..						
..						

$$I = \frac{100 \times 3,114,400 + 23 \times 3,206,000}{(25,000 \times 300) + (0 \times 300) + (25,000 \times 750) + (15,000 \times 150)} = 13.5 \text{ CO}_2/\text{t fuel (gCO}_2/\text{tonne n.m.)}$$

### Conversion from g/tonne-mile to g/tonne-km

The CO<sub>2</sub> index may be converted from g/tonne-mile to g/tonne-km by multiplication by 0.54.

執筆担当者

吉田 公一

村山 雅己

発行者 財団法人 日本船舶技術研究協会  
〒105-0003  
東京都港区西新橋 1-7-2 虎の門高木ビル 5 階  
電話：03-3502-2132（総務部）  
03-3502-2134（基準・規格グループ）  
ファックス：03-3504-2350  
ホームページ：http://www.jstra.jp/

---

本書は、日本財団の助成金を受けて作製したものです。  
本書の無断転載・複写・複製を禁じます。