

# 我が国貨物の国際海上輸送によるCO<sub>2</sub>排出量の推計

## An Estimation of CO<sub>2</sub> Emission from Japanese International Cargo Shipping

赤倉 康寛\*・鈴木 武\*・松尾 智征\*\*

Yasuhiro AKAKURA, Takeshi SUZUKI and Tomoyuki MATSUO

**要旨:** 温室効果ガス (GHG) の排出削減については、京都議定書により2008~2012年の削減義務が定められ、さらに、洞爺湖及びラクイラサミットでは2050年までに世界全体の排出量半減が目標として掲げられた。しかし、外航海運による排出量は京都議定書の枠組みには入っておらず、IMO (国際海事機関) において、削減手法等についての検討が進められている。そのため、我が国においても、2005年に閣議決定された京都議定書目標達成計画に含まれていない状況にある。

本研究は、以上の状況を踏まえ、我が国貨物の輸送にかかる外航海運のCO<sub>2</sub>排出量を船種別に推計し、もって、削減対策に資することを目的としたものである。まず、外航海運による現状の排出量を推計し、さらに、2015年/2020年の将来推計を行い、その中で、削減対策の効果についても推計した。

**キーワード:** GHG, 海運, 貨物輸送, コンテナ, バルク, タンカー

### 1. 序論

外航海運の温室効果ガス (GHG) 排出削減については、京都議定書の枠組みに入っておらず、IMO (国際海事機関) において、削減手法等の検討が進められている。そのため、現在のところ、国際的な枠組みは存在せず、各船社における独自の排出削減努力に任されている状況にある。外航海運に係る各国の排出量については、IEA (国際エネルギー機関) が推計値を示している<sup>1)</sup>が、各国で販売された国際バンカーに基づいており、バンカー料金の安い国の排出量が多くなっている。以上の状況を踏まえ、本研究は、外航海運による我が国貨物の輸送にかかるCO<sub>2</sub>排出量を推計し、さらには、削減対策の効果について推計を行ったもの

である。

CO<sub>2</sub>を始めとするGHG削減では、1997年12月の第三回気候変動枠組条約締約国会議 (COP3) での京都議定書により、1990年を基準に、先進国全体で少なくとも5%の削減を目指している。2008年7月の洞爺湖サミットでは、長期目標として2050年までに世界全体の排出量を少なくとも50%削減する目標が掲げられた。これらを受け、我が国では、2005年に「京都議定書目標達成計画」が閣議決定され、国内の様々な分野で削減努力が進められている。また、2008年7月には2050年までに現状から60~80%の削減を目標とする「低炭素社会づくり行動計画」も閣議決定されている。このようなGHG削減の枠組みに対し、外航海運

\* 正会員 国土技術政策総合研究所, \*\* 三井共同建設コンサルタント (株)

表1 IEA・国環研による排出量推計値（2005年）

推計機関	IEA <sup>1)</sup>		国環研 <sup>3)</sup>
世界全体	543.43		—
日本	18.74	3.4%	20.23

(単位: 10<sup>6</sup>t-CO<sub>2</sub>)

は、規制の困難さや便宜置籍船等の特殊性により、京都議定書の枠組みには入っていない。国土交通省が、IMOに、2050年に外航海運による排出量半減との目標の提案を提出したとされている<sup>2)</sup>が、本格的な議論はこれからである。以上の状況において、外航海運による我が国貨物輸送の排出量を把握し、各種施策の効果を推計することは、削減の気運を醸成する効果があるものと考えている。

IEAは、世界の外航海運によるCO<sub>2</sub>排出量を推計しており、国際バンカーから各国排出量では、我が国が3.4%を占めている(表1)。また、国立環境研究所も同じ排出量を推計<sup>3)</sup>しているが、両者の間には1割程の差が見られる。また、IMOによる外航海運全体の2007年の排出量推計値は8億4千万t-CO<sub>2</sub>であり、IEAとの間には2割弱の差があるとの情報もある<sup>4)</sup>。シップ・アンド・オーシャンでは、外航海運によるCO<sub>2</sub>排出量を船種毎に推計<sup>5)</sup>している。国土交通省では、交通分野のエネルギー使用量の中で、外航海運のエネルギー使用量を示している<sup>6)</sup>が、邦船社によるエネルギー使用量と推察される。以上のように、既往の文献では、我が国貨物の輸送による排出量や削減策の効果は、推計されていない。

本研究では、以降、2章において、現状(2005年時点)の船種別CO<sub>2</sub>排出量を推計する。この推計値を基に、3章において、将来(2015年/2020年)のCO<sub>2</sub>排出量及び排出削減対策の効果を推計する。

## 2. 現状排出量の推計

### 2.1 推計手法

#### 2.1.1 使用データ

推計で用いる主な統計・データは、以下の通り。

港湾統計：港湾調査による統計。基幹統計。

内航船舶輸送統計：内航船舶輸送統計調査による統計。基幹統計。

Lloyd's データ：Lloyd's Registry – Fairplay による船舶諸元データとLloyd's Marine Intelligence Unit による寄港実績データ。

日本船舶明細：(社)日本海運集会所による日本籍船の船舶諸元。

#### 2.1.2 貨物分類

船種に合わせて、貨物を以下に分類した。

コンテナ貨物：コンテナの荷姿で輸送されている貨物。コンテナ船等で輸送される。輸送量はTEUで整理。

タンカー貨物：コンテナ以外の荷姿で、原油、天然ガス、石油製品等タンカーで輸送される貨物。輸送量は、フレート・トン (FT) で整理。

バルク貨物：コンテナ貨物及びタンカー貨物以外の貨物(在来船等により輸送されるブレイク・バルク貨物も含む)。太宗は、バルクキャリアで輸送されるが、一部一般貨物船で輸送される貨物も含まれる。輸送量は、FTで整理。

#### 2.1.3 推計フロー

外航海運による我が国貨物の排出量は、貨物輸送量に、船種毎の排出量原単位を掛け合わせることで推計する。フローを図1に示す。

まず、港湾統計により、現状(2005年)の船種別・相手国/地域別貨物輸送トン数を整理する。相手国/地域の定義は、日本を発着した船舶が当該貨物を荷積・荷卸した仕向・仕出国/地域とする。地域区分は、図2の通りとし、東アジア(EA)域内は、北東アジア(EAN)と東南アジア(EAS)に区分する。輸送量の上位国(累積で8割以上)

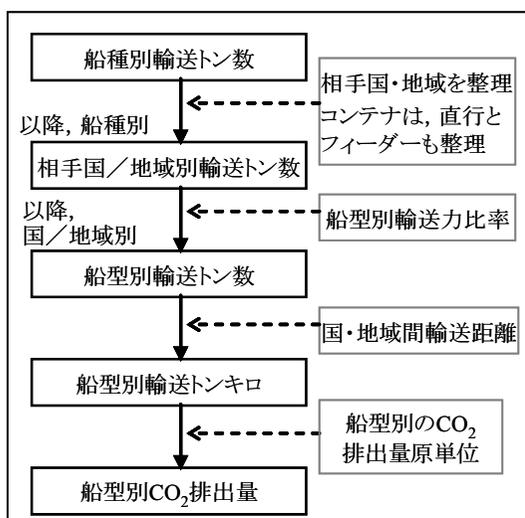
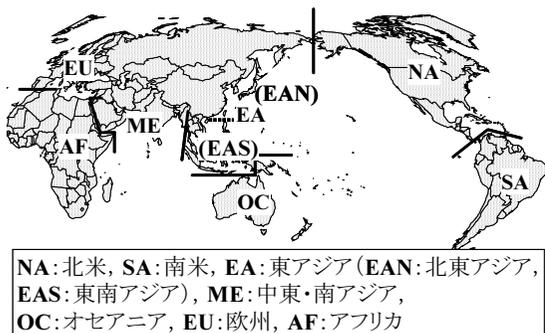


図1 推計フロー



NA:北米, SA:南米, EA:東アジア (EAN:北東アジア, EAS:東南アジア), ME:中東・南アジア, OC:オセアニア, EU:欧州, AF:アフリカ

図2 地域区分

及び距離の近い EAN 諸国は国別に集計し、残りは地域別に集計する。さらに、コンテナ貨物の中で、EA 主要国での積み換えたフィーダーコンテナについては、貿易相手国/地域も集計する。また、CO<sub>2</sub> 排出量の推計は、輸送量を重量ベースで算定する必要があるため、コンテナ貨物は、TEU からメトリック・トン (MT) に、タンカー及びバルク貨物は、FT から MT に、それぞれ換算する。

次に、船種・船型 (船の大きさ) による排出量原単位の相違を考慮するため、Lloyd's データにより船型毎の輸送力 (DWT) の比率 (以降、船型別輸送力比率) を求め、船種別の船型別輸送トン数

を算定する。ここでは、輸送量が輸送力に比例する、すなわち、消費率は、船型に依らず一定であるとの仮定をしている。

また、燃料消費量は、輸送トンキロに、燃料消費原単位を掛けることで算定する。そこで、日本及び相手国/地域それぞれの代表港湾間の輸送距離を Fairplay World Distance Table により整理した。日本の代表港湾は、2005 年において取扱量の一番多かった東京港 (コンテナ貨物) 及び千葉港 (タンカー及びバルク貨物) とし、相手港は、東京港・千葉港から当該国/地域で貨物量が一番多かった港湾とした。

最後に、船種別相手国/地域別船型別輸送トンキロに、当該船種・船型の CO<sub>2</sub> 排出量原単位を掛け合わせるにより、CO<sub>2</sub> 排出量を算定した。なお、算定の対象としたのは、貨物を輸送した船舶からの排出量だけであり、相対的に量が少なく、また算定に困難さのある荷役やタグボート等による排出量は対象としなかった。

## 2.2 コンテナ貨物輸送による排出量

### 2.2.1 相手国/地域別輸送トン数の算定

我が国発着のコンテナ貨物のうち、ある程度の部分が EA 主要国で積み換えされるフィーダーコンテナである。例えば、日本の輸出で、韓国までフィーダー輸送し、韓国で積み換え、最終的に米国まで輸送されたコンテナの場合、港湾統計 (TEU 単位) では、韓国が相手国 (仕向国) として記録され、目的国である米国は記録されていない。そこで、フィーダーコンテナについては、港湾統計において、相手国/地域を整理すると共に、EA 主要国 (韓国、中国、台湾、香港、マレーシア及びシンガポール) で積み換えがなされた割合と、その貿易相手国/地域を、全国輸出入コンテナ貨物流動調査 (2003 年 10 月、以降「コンテナ流調」という) を用いて整理した。貿易相手国/地域は、

表 2 相手国別コンテナ貨物量の概要 (2005 年)

## (1) 輸出

相手国	代表港湾	コンテナ貨物量			Feeder量
		10 <sup>3</sup> TEU	10 <sup>3</sup> MT	10 <sup>3</sup> MT	
China	Shanghai	1,116	8,928	232	
Korea	Busan	586	4,688	2,400	
USA	Los Angeles	855	6,841	0	
Taiwan	Kaohsiung	632	5,055	1,744	
Hong Kong	Hong Kong	636	5,090	2,901	
Singapore	Singapore	287	2,292	1,373	
Thailand	Bangkok	231	1,844	0	
Netherlands	Rotterdam	201	1,611	0	
Malaysia	Port Kelang	191	1,526	75	
その他		716	5,729	0	
総計		5,451	43,605	8,726	

## (2) 輸入

相手国	代表港湾	コンテナ貨物量			Feeder量
		10 <sup>3</sup> TEU	10 <sup>3</sup> MT	10 <sup>3</sup> MT	
China	Shanghai	2,361	18,888	246	
USA	Los Angeles	843	6,742	0	
Korea	Busan	851	6,809	3,833	
Hong Kong	Hong Kong	658	5,265	5,217	
Taiwan	Kaohsiung	469	3,751	1,763	
Thailand	Bangkok	351	2,809	0	
Singapore	Singapore	260	2,084	1,796	
Germany	Hamburg	225	1,796	0	
Malaysia	Port Kelang	161	1,291	391	
その他		1,049	8,388	0	
総計		7,228	57,824	13,246	

EA 主要国はそれぞれ国として整理し、その他は地域でまとめた。整理したデータの概略を、表 2 に示す。フィーダー (Feeder) 量は内数である。TEU から MT への換算については、米国輸出入貨物データである PIERS (Port Import Export Reporting Service) データ及び欧州委員会統計局による EUROSTAT データにより換算係数を算定したが、いずれも 8.0MT/TEU となったことから、これを全世界に対して用いた。

## 2.2.2 船型別輸送トン数の算定

Lloyd's データにより、2005 年に日本に寄港したコンテナ船の DWT と寄港回数より、TEU Capacity により分類した船型別の輸送力比率を算定した。その結果を表 3 に示す。船型は、5 段階に分類し、その中では、1 万 TEU を超える新 Panamax 船を設定した。また、フィーダーコンテナの輸送について、EA 主要国と貿易相手地域間の船型も同様に算定した (表 3(2))。

直行コンテナについては、相手国/地域別コンテナ貨物トン数 (表 2) に、日本発着の輸送力比率を掛け合わせれば、船型別の輸送トン数となる。フィーダーコンテナについては、EA 主要国の積み換え国との間では日本発着の輸送力比率を、EA 主要国と貿易相手国/地域との間では EA 主要国

表 3 船型別輸送力比率 (コンテナ船)

## (1) 日本発着

相手国/地域	TEU船型別のDWT輸送力比率				
	-999	-2,499	-4,999	-9,999	10,000-
NA	5.2%	16.8%	61.1%	16.9%	0.0%
EU	7.6%	9.2%	40.5%	42.7%	0.0%
EAS	17.7%	76.5%	5.8%	0.0%	0.0%
中国台湾	53.3%	39.6%	7.1%	0.0%	0.0%
韓国	95.7%	4.3%	0.0%	0.0%	0.0%
その他	19.7%	26.4%	32.9%	21.0%	0.0%

## (2) 東アジア主要国 (除く日本) 発着

相手地域	TEU船型別のDWT輸送力比率				
	-999	-2,499	-4,999	-9,999	10,000-
NA	2.8%	13.8%	44.8%	38.6%	0.0%
EU	3.8%	8.4%	30.7%	57.1%	0.0%
EA	33.4%	64.8%	1.8%	0.0%	0.0%
EAN	82.4%	13.5%	3.6%	0.5%	0.0%
EAS	74.6%	25.4%	0.0%	0.0%	0.0%
その他	10.1%	26.7%	31.5%	31.7%	0.0%

発着の輸送力比率を、それぞれ用いることにより、船型別の輸送トン数が求まる。

## 2.2.3 船型別輸送トンキロの算定

我が国で一番コンテナ貨物の取扱の多かった東京港と、相手国/地域代表港湾との間の輸送距離を、輸送トン数に掛け合わせるにより、輸送トンキロを算定した。その結果、コンテナ貨物全体で 6,853 億 t・km、うちフィーダー貨物は 1,924 億 t・km であった。

表 4 船型別 CO<sub>2</sub> 排出量原単位 (コンテナ船)

TEU Capa	平均速度 (km/h)	燃料消費 原単位 (g/t/km)	CO <sub>2</sub> 排出量 原単位 (t-CO <sub>2</sub> /t/km)
-999	25.3	8.0	0.0000239
-2,499	33.1	6.2	0.0000186
-4,999	38.5	5.3	0.0000160
-9,999	43.1	5.1	0.0000152
10,000-	43.1	3.9	0.0000116

表 5 船型別 CO<sub>2</sub> 排出量推計値 (コンテナ貨物)

TEU Capa	直行	フィーダー	合計
-999	2,011	1,208	3,219
-2,499	2,400	1,087	3,487
-4,999	2,838	612	3,450
-9,999	1,559	686	2,245
10,000-	0	0	0
合計	8,808	3,592	12,400

(単位: 10<sup>3</sup>t-CO<sub>2</sub>)

表 6 相手国別タンカー貨物量の概要 (2005 年)

相手国	代表港湾	タンカー貨物量	
		10 <sup>3</sup> FT	10 <sup>3</sup> MT
Saudi Arabia	Ras Tanura	76,414	66,480
UAE	Jebel Dhana	75,626	65,795
Indonesia	Santan	37,542	32,662
Qatar	Umm Said	37,339	32,485
Iran	Kharg Island	30,138	26,220
Malaysia	Bintulu	28,080	24,429
Kuwait	Mina Alahamadi	20,954	18,230
Australia	Withnell Bay	20,631	17,949
	その他	62,656	54,511
	総計	389,379	338,760

## 2.2.4 CO<sub>2</sub> 排出量推計結果

鈴木<sup>7)</sup>は、外航コンテナ船の燃料消費量  $F_o$  (kg/km) を式(1)のように推定している。

$$F_o = k \cdot [Dsp - (1 - 0.65 \cdot Lf) \cdot Dwt] \cdot Dsp^{-1/3} \cdot V^2 \quad (1)$$

ここに、 $k$  : 定数 ( $6.87 \times 10^{-5}$ )

$Dsp$  : 船舶の満載排水トン

$Dwt$  : 船舶の載貨重トン

$Lf$  : 消席率

$V$  : 航行速度 (km/h)

ここで、満載排水トンについては、船舶データより、(2)式が示されている<sup>7)</sup>。

$$Dsp = 1.37 \cdot Dwt + 1660 \quad (2)$$

消席率については、Drewry による基幹航路のデータ<sup>8)</sup>より 71.2%と設定し、積載量 (MT) から、排出量原単位を算定した。航行速度は、Lloyd's データより設定した。CO<sub>2</sub> 排出係数は、シップ・アンド・オーシャンによる<sup>5)</sup>2.999t-CO<sub>2</sub>/t-Fuel とし、この数値は、船種に依らず本研究で共通とした。算定結果を、表 4 に示す。

船型別輸送トンキロに、この排出量原単位を掛け合わせることで、CO<sub>2</sub> 排出量を算定した。その結果を、表 5 に示す。直行コンテナ貨物による排出量は 881 万 t-CO<sub>2</sub>、フィーダーコンテナ貨物輸送による排出量は 359 万 t-CO<sub>2</sub>、合計 1,240 万 t-CO<sub>2</sub> と推計された。

## 2.3 タンカー貨物輸送による排出量

### 2.3.1 相手国/地域別輸送トン数の算定

港湾統計より、現状 (2005 年) におけるタンカー貨物量 (FT) を相手国別に整理した。さらに、FT から MT への変換は、内航貨物について、タンカー貨物の港湾統計と内航船舶輸送統計のトン数を比較することにより、0.87MT/FT と算定した。輸送トン数を整理した結果の概要を表 6 に示す。

### 2.3.2 船型別輸送トン数の算定

Lloyd's データにより、2005 年に日本に寄港したタンカーの DWT と寄港回数より、船型別の輸送力比率を算定した。船型分類は、DWT により、5 段階に分類した。その結果を表 7 に示す。

相手国/地域別タンカー貨物トン数 (表 6) に、この輸送力比率を掛け合わせれば、船型別の輸送トン数となる。

### 2.3.3 船型別輸送トンキロの算定

我が国で一番タンカー貨物の取扱の多かった千

表7 船型別輸送力比率（タンカー）

相手地域	船型別のDWT輸送力比率				
	-24,999	-49,999	-79,999	-199,999	200,000-
ME	1.4%	9.0%	8.3%	8.6%	72.7%
OA	4.1%	38.9%	26.6%	24.2%	6.2%
EAN	70.9%	0.6%	0.0%	28.5%	0.0%
EAS	22.2%	7.1%	62.8%	7.9%	0.0%
その他	5.0%	32.1%	11.9%	19.5%	31.5%

表8 船型別 CO<sub>2</sub> 排出量原単位（タンカー）

DWT	燃料消費 原単位 (g/t/km)	CO <sub>2</sub> 排出量 原単位 (t-CO <sub>2</sub> /t/km)
-24,999	4.8	0.0000143
-49,999	2.7	0.0000081
-79,999	2.3	0.0000069
-199,999	1.6	0.0000048
200,000-	1.4	0.0000041

葉港と、相手国／地域代表港湾との間の輸送距離を、輸送トン数に掛け合わせるにより、輸送トンキロ数を算定した。SA（南アメリカ）及びEU（欧州）については、船型別のパナマ運河及びスエズ運河の通航可否により輸送距離を替えて算定した。その結果は、3兆37百億 t・km であった。

### 2.3.4 CO<sub>2</sub> 排出量推計結果

船種別船型別の燃料消費量原単位は、シップ・アンド・オーシャン<sup>5)</sup>による船型別年間輸送量及び年間燃料消費量データを用いて設定した。その結果を、表8に示す。

船型別輸送トンキロに、この排出量原単位を掛け合わせるにより、CO<sub>2</sub> 排出量を算定した。その結果を、表9に示す。タンカー貨物輸送による排出量は、1,838万 t-CO<sub>2</sub> と推計された。

## 2.4 バルク貨物輸送による排出量

### 2.4.1 相手国／地域別輸送トン数の算定

港湾統計より、現状（2005年）におけるバルク貨物量（FT）を相手国別に整理した。さらに、FTからMTへの変換は、内航貨物の中でコンテナ及

表9 船型別 CO<sub>2</sub> 排出量推計値（タンカー貨物）

DWT	タンカー
-24,999	2,096
-49,999	2,969
-79,999	3,419
-199,999	1,574
200,000-	8,320
合計	18,377

（単位：10<sup>3</sup>t-CO<sub>2</sub>）

表10 相手国別バルク貨物量の概要（2005年）

相手国	代表港湾	バルク貨物量	
		10 <sup>3</sup> FT	10 <sup>3</sup> MT
Australia	Dampier	229,921	156,347
Saudi Arabia	Jubail	80,727	54,894
UAE	Dubai	79,714	54,205
Indonesia	Bnajarmasin	72,549	49,333
USA	San Diego	64,445	43,823
China	Shanghai	61,855	42,061
Qatar	Umm Said	38,356	26,082
Malaysia	Pasir Gudang	34,974	23,782
Korea	Ulsan	34,099	23,188
Brasil	Tubarao	31,047	21,112
Iran	Kharg Island	30,623	20,824
Russia	Vostochiny	23,240	15,803
Kuwait	Kuwait	22,414	15,241
その他		187,384	127,421
総計		991,348	674,117

びタンカー貨物を除いたバルク貨物について、港湾統計と内航船舶輸送統計のトン数を比較することにより、0.68MT/FTと算定した。輸送トン数を整理した結果の概要を表10に示す。

### 2.4.2 船型別輸送トン数の算定

Lloyd's データにより、2005年に日本に寄港したバルクキャリア（一般貨物船を含む）のDWTと寄港回数より、船型別の輸送力比率を算定した。なお、コンテナ積載能力があるバルクキャリア（一般貨物船）の場合、その分を控除した輸送力とした。船型分類は、DWTにより、5段階に分類した。その結果を表11に示す。

相手国／地域別バルク貨物トン数（表10）に、この輸送力比率を掛け合わせれば、船型別の輸送

表 11 船型別輸送力比率（バルクキャリア）

相手地域	船型別のDWT輸送力比率				
	-24,999	-49,999	-79,999	-199,999	200,000-
OA	5.6%	15.3%	23.7%	44.9%	10.5%
ME	15.5%	26.6%	32.3%	23.4%	2.2%
NA	9.8%	38.6%	32.7%	18.5%	0.4%
SA	3.1%	24.5%	24.0%	43.2%	5.2%
EAN	95.9%	3.8%	0.3%	0.0%	0.0%
EAS	88.8%	6.0%	4.1%	1.1%	0.0%
その他	4.5%	25.3%	26.8%	40.1%	3.3%

表 12 船型別 CO<sub>2</sub> 排出量原単位（バルクキャリア）

DWT	燃料消費 原単位 (g/t/km)	CO <sub>2</sub> 排出量 原単位 (t-CO <sub>2</sub> /t/km)
-24,999	5.8	0.0000175
-49,999	3.5	0.0000106
-79,999	2.3	0.0000070
-199,999	3.0	0.0000091
200,000-	1.1	0.0000033

トン数となる。

### 2.4.3 船型別輸送トンキロの算定

我が国で一番バルク貨物の取扱の多かった千葉港と、相手国／地域代表港湾との間の輸送距離を、輸送トン数に掛け合わせるにより、輸送トンキロを算定した。ブラジル、SA及びEUについては、パナマ運河及びスエズ運河の通航可否により航路距離を替えて算定した。その結果は、5兆88百億 t・km であった。

### 2.4.4 CO<sub>2</sub> 排出量推計結果

船種別船型別の燃料消費量原単位は、シップ・アンド・オーシャン<sup>5)</sup>による船型別年間輸送量及び年間燃料消費量データを用いて設定した。同資料では、鉄鉱石・石炭専用船及びそれ以外のバルクキャリアでそれぞれ消席率が設定されており、船型の大きい鉄鉱石・石炭専用船の方が消席率が低いため、船型が大きくなっても、必ずしも原単位は小さくならないとの結果となった。設定した排出量原単位を、表 12 に示す。

船型別輸送トンキロに、この排出量原単位を掛

表 13 船型別 CO<sub>2</sub> 排出量推計値（バルク貨物）

DWT	バルク貨物
-24,999	20,993
-49,999	14,067
-79,999	10,554
-199,999	14,801
200,000-	733
合計	61,149

(単位: 10<sup>3</sup>t-CO<sub>2</sub>)

表 14 IEA 推計値と本研究推計値の比較

	IEA推計 <sup>1)</sup>	本資料推計	
世界全体	543.43		
日本	18.74	91.93	
コンテナ		12.40	13%
タンカー		18.38	20%
バルク		61.15	67%

(単位: 10<sup>6</sup>t-CO<sub>2</sub>)

け合わせるにより、CO<sub>2</sub> 排出量を算定した。

その結果を、表 13 に示す。バルク貨物輸送による排出量は、6,115 万 t-CO<sub>2</sub> と推計された。

## 2.5 推計結果の考察

### 2.5.1 IEA 推計値との比較

IEA<sup>1)</sup>による推計値と、前節までに推計した本報告の推計値を比較した。その結果が表 14 である。

我が国で販売された国際パンカーによる CO<sub>2</sub> 排出量が 1 千 9 百万 t-CO<sub>2</sub> であるのに対し、我が国の貨物を輸送するのに排出された CO<sub>2</sub> は、その約 5 倍の 9 千 2 百万 t-CO<sub>2</sub> との結果となった。世界全体との比較では、外航海運による貨物輸送の排出量を輸出・輸入国の両方で折半すると仮定すると、世界の外航海運による CO<sub>2</sub> 排出量のうち、我が国の貨物輸送において排出された割合は、8.5% となった。UNCTAD 資料<sup>9)</sup>では、世界の海上貨物の中で日本発着貨物の占める割合 (MT ベース) は 7.2% であり、輸送重量と排出量の差や、トランシップされたコンテナを含むかどうかの相違を考慮すると、本研究による推計値は概ね妥当な範囲

表 15 船種による輸送効率の比較

船種	輸送効率 (g-CO <sub>2</sub> /t/km)
コンテナ船	18.1
タンカー	5.5
バルクキャリア	10.4
合計	9.3

にあるものと考えられた。一方、IEA の国際バンカーによる推計値に比べると、約 2.5 倍に相当しており、料金が高いことから日本で余りバンカーを調達しない状況を反映しているものと推察された。また、本研究の推計結果について、船種の内訳を見ると、約 2/3 がバルクキャリアで、約 2 割がタンカー、残りがコンテナ船であった。

### 2.5.2 船種間の輸送効率の比較

船種に対応した貨物毎に CO<sub>2</sub> 排出量を推計したことから、貨物 1 トン・km 輸送するのに排出する CO<sub>2</sub> の量を比較した。その結果を表 15 に示す。

もともと、それぞれの輸送品種・形態が異なっており、単純な輸送効率の比較は困難な面があるが、結果として、相対的に船型が大きいタンカーが一番輸送効率が良く、相対的に船型が小さく軽い雑貨等を輸送しているコンテナ船が一番悪いとの結果となった。

### 2.5.3 コンテナ貨物の直行・フィーダー比較

コンテナ貨物について、同じ貿易相手国/地域との場合で、EA 主要国において積み換えされるフィーダーコンテナと、直行コンテナのトン当たり CO<sub>2</sub> 排出量を比較した。その結果を、図 3 に示す。図より、EAS・NA・EU のいずれの相手地域においても、直行の方が、フィーダーより排出量が少なかった。両者の船型を比較すると（表 3(1)と(2)）、NA と EU では日本発着より、EA 発着の方が船型が大きい、フィーダー輸送では、これに日本と EA 主要国間の排出量加わるため、合計では、直行の方が排出量が少なかった。

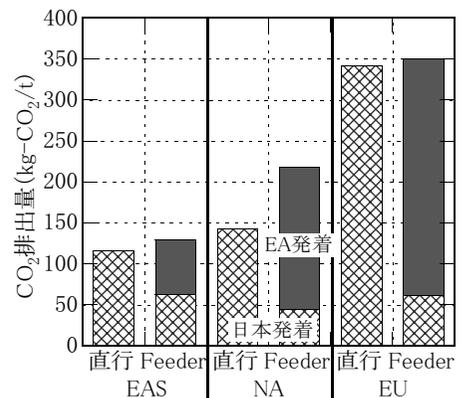


図 3 直行と Feeder の輸送効率比較

表 16 将来貨物量の設定

貨物	現状 2005年	将来	
		2015年	2020年
コンテナ	101,428	149,706 +4.0%/年	167,078 +2.2%/年
タンカー	338,760	316,416 -0.7%/年	300,453 -1.0%/年
バルク	674,117	734,387 +0.9%/年	754,806 +0.6%/年
合計	1,114,305	1,200,509 +0.7%/年	1,222,337 +0.4%/年

(単位: 10<sup>3</sup> MT)

## 3. 将来排出量と削減対策の効果推計

### 3.1 将来推計

#### 3.1.1 将来貨物量の設定

将来貨物量については、コンテナ貨物は、港湾の開発、利用及び保全等の基本方針<sup>10)</sup>の中間値、タンカー貨物及びバルク貨物は、日本郵船による荷動き量見通し<sup>11)</sup>の伸び率により変化していくものとして、表 16 のように設定した。なお、2005 年を現状値として、伸び率により設定しているため、原典の貨物量自体とは異なっている。タンカー貨物は、原典<sup>11)</sup>において、貨物量が低下する予測となっていた。貨物量合計は、現状(2005年)から 2015 年までで約 8%増、2020 年までで約 10%増との結果となった。

表 17 将来の船型別輸送力比率(2015年・コンテナ)

**(1) 日本発着**

相手国 /地域	TEU船型別のDWT輸送力比率				
	-999	-2,499	-4,999	-9,999	10,000-
NA	1.4%	11.1%	64.8%	19.8%	3.0%
EU	2.1%	2.7%	13.7%	61.1%	20.3%
EAS	6.7%	79.7%	13.5%	0.0%	0.0%
中国台湾	48.8%	38.6%	12.6%	0.0%	0.0%
韓国	83.6%	16.4%	0.0%	0.0%	0.0%
その他	13.8%	15.6%	24.3%	46.3%	0.0%

**(2) 東アジア主要国(除く日本)発着**

相手 地域	TEU船型別のDWT輸送力比率				
	-999	-2,499	-4,999	-9,999	10,000-
NA	0.3%	6.6%	28.3%	49.2%	15.6%
EU	0.6%	2.6%	8.9%	67.8%	20.1%
EA	15.1%	80.6%	4.3%	0.0%	0.0%
EAN	73.7%	19.3%	6.2%	0.9%	0.0%
EAS	65.3%	34.7%	0.0%	0.0%	0.0%
その他	3.3%	19.7%	26.6%	50.3%	0.0%

### 3.1.2 将来の船型別輸送力の設定

航路毎の将来船型については、厳密な設定は難しい。建造中の船舶の運航予定会社や投入予定航路に関する情報は非常に限られており、中古船の売買も頻繁に行われている。本研究では、将来船型を推計すること自体を目的としてはいないことから、厳密な設定は行わず、便宜上、2000年から2005年の船型の変化が、そのまま続くものとして、2015年及び2020年の船型を設定した。その例として、2015年におけるコンテナ船の船型設定を表17に示す。ただし、過去からのトレンドでは設定できないコンテナ船の新 Panamax 船 (TEU Capacity: 1万 TEU 以上) については、AXS Marine による将来の船型別船腹量<sup>12)</sup>と、2005年現在船腹量を比較することにより設定した。また、バルクキャリアの Capesize/VLOC については、2005年現在の船腹量のうち、2015年/2020年に船齢30才を超える船舶は退役するものとし、Fearnleys<sup>13)</sup>による将来の投入船腹量が2015年には就航するものとして、将来船腹量を設定した。

表 18 2015/2020年における船種別 CO<sub>2</sub> 排出量

船種	2005年	2015年	2020年
コンテナ船	12.40	17.32	19.07
タンカー	18.38	17.25	16.46
バルクキャリア	61.15	59.91	58.90
合計	91.93	94.47	94.42

(単位: 10<sup>6</sup> t-CO<sub>2</sub>)

### 3.1.3 推計結果

将来貨物量(表16)と、船型別の輸送力比率から、船型別輸送トンキロを算定し、排出量原単位を掛けることにより、2015/2020年の CO<sub>2</sub> 排出量を推計した。輸送距離については、2014年にパナマ運河の拡張完了が予定されていることから、バルクキャリアの Capesize (8~20万 DWT) のうち、12万 DWT 未満についてはパナマ運河の通航が可能とした。コンテナ船は、SA の代表港湾が Santos であること、タンカーは、SA の代表港湾が太平洋側であることから、いずれも、パナマ運河拡張による航路距離の変化はない。

推計結果を示したのが、表18である。コンテナ貨物については、貨物量の増加を受け、CO<sub>2</sub> 排出量も増加を示したが、貨物量が微増~微減のタンカー及びバルク貨物では、いずれも排出量は微減となった。これらの算定値は、次節以降の排出対策の効果把握する際の Base Case となる。

また、各年の環境面での輸送効率を比較してみたところ、タンカーは横ばいであるのに対し、大型化が著しいコンテナ船(2005年: 18.1→2020年: 16.9g-CO<sub>2</sub>/t/km)及びバルクキャリア(2005年: 10.4→2020年: 8.9g-CO<sub>2</sub>/t/km)は輸送効率が向上していた。

## 3.2 排出対策の効果推計

### 3.2.1 排出対策の整理

輸送効率向上に資する動きが、結果として CO<sub>2</sub> 排出削減につながることから、効果推計の対象と

しては、コンテナ船を対象とするものとして、①減速運航、②消席率の向上、③海外フィーダー率の低下とし、バルクキャリアを対象とするものとして、超大型鉱石専用船の就航を採りあげた。タンカーについては、目立った動きが見当たらなかった。また、外航における技術開発としては、プロペラ効率化、マイクロバブル技術、風力利用、舵の改良等があり<sup>5), 14)</sup>、また、スーパーエコシップ構想が発表<sup>15)</sup>されたりしているが、その効果や将来の普及状況についての詳細が不明なことから、推計対象とはしなかった。

### 3.2.2 コンテナ船減速運航

定期高速運航しているコンテナ船について、貨物量減少への対策、定時性の確保、さらには、CO<sub>2</sub>排出削減対策として、減速運航の動きが見られる。例えば、川崎汽船等によるCKYHグループが、EA-NA航路とEA-EU航路を合体させて振り子航路として運航することとした際、通常配船で1隻減少させるのに対し、往復航で減速運航をすることとして、10%の減速で、CO<sub>2</sub>排出量を30%削減させることが可能との記述<sup>16)</sup>が見られる。そこで、式(1)より、コンテナ船の船速を10%及び20%減速させた場合の排出量原単位を算定し、これによる排出量削減効果を把握した。その結果を表19上段に示す。排出量原単位において、速度が2乗で効いていることから、10%減速では約19%低下、20%減速では約36%低下、20%減速をした場合、2015年/2020年の排出量が、現状(2005年)を下回るとの推計結果であった。

### 3.2.3 コンテナ船消席率の向上

コンテナ貨物については、各航路で往復航インバランスが存在する。例えば、Drewryの推計<sup>8)</sup>によれば、2005年のNA-EA航路では、東航の消席率：84.3%に対し、西航の消席率：41.8%と大きく差がある。バルク貨物のコンテナ化等船社を中心に、インバランス減少・消席率向上のための努

表19 コンテナ船の排出対策による効果

Case	2005年	2015年	2020年
Base Case	12.40	17.32	19.07
10%減速	—	14.05 -18.9%	15.47 -18.9%
20%減速	—	11.08 -36.0%	12.20 -36.0%
消席率 10%上昇	—	16.58 -4.3%	18.25 -4.3%
消席率 20%上昇	—	15.95 -7.9%	17.56 -7.9%
Feeder率 1/2	—	15.75 -9.0%	17.31 -9.2%
Feeder率 1/3	—	15.23 -12.1%	16.73 -12.2%

(単位:10<sup>6</sup>t-CO<sub>2</sub>)

力がなされている。これらの点を踏まえ、消席率が10%及び20%向上した場合(10%向上：78.3%、20%向上：85.5%)の排出量原単位を算定し、これによる排出量削減効果を把握した。その結果を表19中段に示す。消席率の向上の効果は、10%向上で4.3%低下、20%向上で7.9%低下となった。

### 3.2.4 コンテナ貨物の海外フィーダー率低下

我が国のコンテナ貨物がEA主要国で積み換えられる割合(海外フィーダー率)が急増してきている(1993年：2.1%→2003年：15.5%)。これに対応し、我が国港湾の国際競争力の維持・強化のため、各種施策が実施されていることから、国際競争力が強化された場合として、海外フィーダー率が2003年の1/2及び1/3に減少し、そのコンテナ貨物が当該貿易相手国/地域との間で直行輸送された場合の排出量を算定した。その結果を表19下段であるが、1/2の場合で排出量約9%の減少、1/3の場合で12%の減少となった。

### 3.2.4 超大型鉱石専用船の就航

ブラジル資源大手のバレーが、史上最大の40万DWTのVLOCを発注、2012年竣工予定されている<sup>17)</sup>。ここでは、既存VLOCに代わり、この超大型40万DWT鉱石専用船(2015年：6隻、2020

表 20 超大型鉱石専用船就航による効果

Case	2005年	2015年	2020年
Base Case	61.15	59.91	58.90
超大型船	—	58.38	56.90
		-2.6%	-3.4%

(単位: 10<sup>6</sup>t-CO<sub>2</sub>)

年: 8 隻) が日本—ブラジル間に就航したものとして、その場合の効果等を算定した。排出量原単位については、シップ・アンド・オーシャンの資料<sup>5)</sup>より、鉱石専用船の船型別排出量原単位の関係を算定し、回帰式を外挿して、40 万 DWT 船の原単位を 1.2g-CO<sub>2</sub>/t/km と算定した。超大型鉱石専用船の就航による CO<sub>2</sub> 排出量削減は、表 20 のとおり。

バルクキャリアによる CO<sub>2</sub> 排出量に対し、削減量は 3%前後の減少であった。これは、ブラジルの輸送トンキロが全体に占める割合が大きいかといえ、1 割に満たないためであるが、排出削減量では、2015 年でコンテナ船のフィーダー率 1/2 に相当するものである。なお、現時点では、日本の港湾は、満載状態の 40 万 DWT の超大型鉱石専用船への対応は困難である。

#### 4. 結論

本研究は、我が国貨物の輸送にかかる外航海運の CO<sub>2</sub> 排出量を船種別に推計し、もって、削減対策に資することを目的としたものである。本研究で得られた結論は、以下のとおり。

- (1) 外航海運による我が国貨物の輸送にかかる CO<sub>2</sub> 排出量は、2005 年時点で約 9 千 2 百万トンと推計された。外航海運による貨物輸送を輸出入国で折半すると仮定すると、世界全体の排出量の約 8.5% を占め、我が国で販売された国際パンカーによる排出量の約 2.5 倍に相当した。排出量の内訳は、バルク貨物が 2/3、タンカー貨物が 20%、コンテナ貨物が 13% であった。また、コンテナ貨物の直行とフィーダー輸送の単位重

量当たり排出量の比較では、東南アジア、北米、欧州のいずれの地域も、直行の方が、輸送効率が高かった。

- (2) 外航海運による我が国貨物輸送にかかる 2015 年/2020 年の排出量は、2005 年に比べ、それぞれ 8%、10% 増と推計された。これに対し、各削減対策の効果は、以下の通りであった。

コンテナ船対象；

減速運航 (10%, 20%) : -19%, -36%

消席率上昇 (10%, 20%) : -4%, -8%

海外フィーダー率減少 (1/2, 1/3) : -9%, -12%  
バルクキャリア対象；

超大型鉱石船の日本寄港 : -3%

本資料は、貨物の流れ、船舶の動静から CO<sub>2</sub> 排出量の算定を行ったものである。そのため、今後、外航海運の動向や各種施策が、貨物流動や船型・船舶動静に変化をもたらす場合、その CO<sub>2</sub> 排出量の変化を推計することが可能となった。港湾を巡る環境面での動向として、サン・ペドロ湾大気清浄化アクション・プランの先駆的な取組みに加え、各船舶への環境負荷の格付けに応じた入港料とする港湾管理者も出てきている。また、シベリアランドブリッジの活用や北極海の通航が模索されている。このような動向が、CO<sub>2</sub> 排出量に与える影響について、引き続き把握していきたい。

#### 引用・参考文献

- 1) International Energy Agency : CO<sub>2</sub> Emissions From Fuel Combustion 1971-2005, 2007.
- 2) 日本海事新聞社 : 国際海運の温室効果ガス 50 年に排出量 50%削減 国交省提案, 2009 年 5 月 11 日付記事, 2009.
- 3) (独)国立環境研究所地球環境研究センター : 日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2008 年 5 月, 2008.
- 4) 日本海事新聞社 : IMO CO<sub>2</sub> 排出 8 億 4300 万

- トン 国際海運前提，たたき台に，日本海事新聞，2008年10月9日付記事，2008.
- 5) (財) シップ・アンド・オーシャン財団：船舶からの温室効果ガス（CO<sub>2</sub>等）の排出削減に関する調査研究報告書，2001.
  - 6) 国土交通省総合政策局情報管理部：交通関係エネルギー要覧平成19年版，2008.
  - 7) Suzuki, T. : Life Cycle Assessment of Port Projects –Preliminary modeling of elementary process–, Journal of Global Environment Engineering, JSCE, Vol.11, pp.1-16, 2006.
  - 8) Drewry : Annual Container Market Review & Forecast 2006/07, 2006.
  - 9) UNCTAD : Review of Maritime Transport 2006, 2006.
  - 10) 国土交通省：港湾の開発、利用及び保全並びに開発保全航路の開発に関する基本方針，2004.
  - 11) (社) 日本海運集会所 日本郵船調査グループ編：2007 Outlook for the Dry-Bulk and Crude-Oil Shipping Markets, 2007.
  - 12) AXS Marine : AXS-Alphaliner - Cellular fleet forecast, 2008.
  - 13) Fearnleys : Review2007, 2008.
  - 14) 内航ジャーナル：月刊内航海運，Vol.43, No.887, 2008.
  - 15) 日本郵船：初公開！未来の船「NYK スーパーエコシップ2030」，2009年4月16日付ニュースリリース，2009.
  - 16) 海事プレス社：CKYH，新方式の東西振り子

配船開始へ 定航業界初，往復航で減速運航を実施 CO<sub>2</sub>発生量3割減，スケジュール安定化，海事プレス，2008年5月7日付記事，2008.

- 17) 日本海事新聞社：バーレ 東南アに鉄鉱石中継基地検討 VLOCで大量輸送，日本海事新聞社，2008年9月11日付記事。2008.

## 著者紹介

### 赤倉 康寛（正会員）

国土交通省国土技術政策総合研究所（横須賀市長瀬3-1-1），平成7年3月東北大学大学院工学研究科博士課程前期の部修了，同年4月運輸省（現国土交通省）入省，平成18年12月国土技術政策総合研究所港湾研究部主任研究官，平成21年4月より港湾計画研究室長，博士（工学），技術士（建設部門），土木学会会員。

E-mail: akakura-y2k9@ysk.nilim.go.jp

### 鈴木 武（正会員）

国土交通省国土技術政策総合研究所（横須賀市長瀬3-1-1），昭和58年3月東北大学工学部卒，同年4月運輸省（現国土交通省）入省，平成13年4月国土技術政策総合研究所沿岸海洋研究部沿岸域システム研究室長，その後，沿岸防災研究室長を経て平成22年4月より港湾研究部長，博士（工学）。

E-mail: suzuki-t92y3@ysk.nilim.go.jp

### 松尾 智征（非会員）

三井共同建設コンサルタント株式会社（東京都新宿区高田馬場1-4-15），平成8年3月芝浦工業大学システム工学部環境システム学科卒，同年4月入社，平成11年10月から平成13年3月まで運輸省港湾技術研究所（現国土交通省国土技術政策総合研究所）出向，現在同社港湾・空港事業部勤務。

E-mail: matu@mcnet.co.jp

## **An Estimation of CO<sub>2</sub> Emission from Japanese International Cargo Shipping**

Yasuhiro AKAKURA, Takeshi Suzuki and Tomoyuki MATSUO

**ABSTRACT :** To prevent the global warming, many countries have been making effort to reduce CO<sub>2</sub> emission. Target of this reduction is set by Kyoto protocol. But CO<sub>2</sub> emission from international shipping is not contained in the frame of Kyoto protocol.

Based on this background, this report estimates CO<sub>2</sub> emission from Japanese international cargo shipping at the year of 2005. The feature of this estimation is that the emission is divided by ship type. In addition, this report estimates CO<sub>2</sub> emission at the year of 2015/2020, and the effect of reduction measures to that emission.

**KEYWORDS :** *GHG, Shipping, Freight Transport, Container, Bulk Carrier, Tanker*