

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of  
National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 497

January 2009

我が国貨物の国際・国内海上輸送によるCO<sub>2</sub>排出量の推計

赤倉康寛・鈴木武・松尾智征

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

Yasuhiro AKAKURA, Takeshi SUZUKI, Tomoyuki MATSUO

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

## 我が国貨物の国際・国内海上輸送によるCO<sub>2</sub>排出量の推計

赤倉康寛\* ・ 鈴木武\*\* ・ 松尾智征\*\*\*

### 要 旨

温室効果ガス（GHG）の排出削減については、1997年の京都議定書により2008～2012年の削減義務が定められ、さらに、2008年の洞爺湖サミットでは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。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、内航海運も含め、様々な分野で削減努力が進められている。一方、外航海運については、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。

本資料は、以上の状況を踏まえ、我が国貨物の輸送にかかる外航・内航海運のCO<sub>2</sub>排出量を船種別に推計し、もって、削減対策を推進することを目的としたものである。これまで我が国貨物にかかる外航海運の排出量を算定した例が見られず、船種を区分した内航海運の排出量推計も無かったことから、まず、外航・内航海運による現状の排出量を推計した。さらに、2015年／2020年の将来推計を行い、その中で、さまざまな削減対策を行った場合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，Ro/Ro，フェリー

---

\* 港湾研究部 主任研究官

\*\* 沿岸海洋研究部 沿岸防災研究室長

\*\*\* 三井共同建設コンサルタント（株）

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所

電話：046-844-5028 Fax：046-844-6029 e-mail: akakura-y2k9@ysk.nilim.go.jp

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

**Yasuhiro AKAKURA\***  
**Takeshi SUZUKI\*\***  
**Tomoyuki MATSUO\*\*\***

### **Synopsis**

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 and domestic 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.

**Key Words:** GHG, Shipping, Freight Transport, Container, Bulk Carrier, Tanker,  
Ro/Ro Ship, Ferry

---

\* Senior Researcher of Port and Harbor Department  
\*\* Head of Coastal Disaster Prevention Division, Coastal and marine Department  
\*\*\* Mitsui Consultants Co., Ltd.  
3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan  
Phone : +81-46-844-5028 Fax : +81-46-844-6029 e-mail:akakura-y2k9@ysk.nilim.go.jp

## 目 次

1. 序論	1
2. 外航海運による現状排出量の推計	2
2.1 既往の文献	2
2.2 推計手法	3
2.3 コンテナ貨物輸送による排出量推計	3
2.4 タンカー貨物輸送による排出量推計	6
2.5 バルク貨物輸送による排出量推計	7
2.6 推計結果の考察	8
3. 外航海運による将来排出量の推計と排出対策の効果	11
3.1 将来推計	11
3.2 排出対策の効果推計	13
4. 内航海運による現状排出量の推計	16
4.1 既往の文献	16
4.2 推計手法	16
4.3 コンテナ専用船・Ro/Ro船貨物輸送による排出量推計	17
4.4 在来船貨物輸送による排出量推計	18
4.5 フェリー貨物輸送による排出量推計	19
4.6 推計結果の考察	20
5. 内航海運による将来排出量の推計と排出対策の効果	21
5.1 将来推計	21
5.2 排出対策の効果推計	22
6. 結論	25
謝辞	25
参考文献	25
付録	27



## 1. 序論

CO<sub>2</sub>等の温室効果ガス(GHG)の排出削減については、1997年12月の第3回気候変動枠組条約締約国会議(地球温暖化防止京都会議:COP3)での京都議定書により1990年を基準年とした2008~2012年の削減義務が定められ、先進国全体で少なくとも5%の削減を目指している。さらに、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の少なくとも50%を削減する目標が求められ、さらに、国別中期目標の実施でも合意がなされている。我が国では、1990年比6%削減の目標達成のため、2005年に京都議定書目標達成計画が閣議決定され、内航海運も含め、様々な分野で削減努力が進められている。一方、外航海運については、国際海運の規制の困難さ、便宜置籍船などの特殊性等を踏まえ、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、削減手法等の検討が進められている。

外航海運による排出量については、IEA(国際エネルギー機関)により推計がなされている<sup>1)</sup>。しかし、この推計は、各国で販売された国際バンカーに基づいており、我が国貨物の輸送に必要とされた排出量に比べ、我が国の比率は過小評価されているものと考えられる。内航海運の排出量については、国立環境研究所において、毎年の排出量が算定されている<sup>2), 3)</sup>が、船種毎の排出量は算定されておらず、モーダルシフトの担い手とされるコンテナ船、Ro/Ro船及びフェリーによる排出量や、それぞれの輸送効率は不明である。

本資料は、以上の状況を踏まえ、我が国貨物の輸送にかかわる外航・内航海運のCO<sub>2</sub>排出量を推計し、もって、削減対策を推進することを目的としたものである。まず、外航・内航海運による現状の船種別排出量を推計した。さらに、2015/2020年の将来推計を行い、その中で、さまざまな削減対策を行った場合の効果についても推計した。

以下、2章では、外航海運による我が国貨物の流動状況や排出量原単位を整理した上で、海上輸送にかかる現状(2005年)排出量を推計する。

3章では、我が国貨物の海上輸送にかかる将来(2015/2020年)排出量の推計を行った上で、各種削減対策を整理し、それらの効果を把握する。

4章では、内航海運による貨物の流動状況や排出量原単位を整理した上で、海上輸送にかかる現状(2005年)排出量を推計する。

5章では、内航海運による貨物の海上輸送にかかる将

来(2015/2020年)排出量の推計を行った上で、各種削減対策を整理し、それらの効果を把握する。

以下に、本資料で用いる用語について、整理を行うしておく。

「外航海運・内航海運」 外航海運は、我が国と他国との間の海上貨物輸送のこと。内航海運は、国内間の海上貨物輸送を指し、内航海運業法に含まれないフェリーを含む。また、外航コンテナ船に接続する内航フィーダーも、国内間の貨物輸送であるため、内航海運に含む。

「直行貨物・フィーダー貨物」 外航海運のコンテナ貨物輸送において、相手国/地域との間で、東アジア主要国で積み換えがなされていない場合が直行(コンテナ)貨物、積み換えがなされている場合がフィーダー(コンテナ)貨物。

「港湾統計」 指定統計の港湾調査による統計。

「内航船舶輸送統計」 指定統計の内航船舶輸送統計調査による統計。

「Lloyd's データ」 LRF(Lloyd's Register - Fairplay)による、船舶の各諸元(船名、船種、TEU Capacity、全長、満載喫水等)のデータ及びLMIU(Lloyd's Marine Intelligence Unit)による寄港実績データのこと。IMOナンバーにより両者をリンク付けし、一体として用いた。

「日本船舶明細データ」 (社)日本海運集会所による日本籍船の船舶諸元データのこと。

また、地域区分は、図-1.1のとおりとする。EA(東アジア)域内は、中国・台湾以北をEAN(北東アジア)、フィリピン以南をEAS(東南アジア)とする。これらの地域区分は、特に断りの無い場合、本資料全体で同一である。

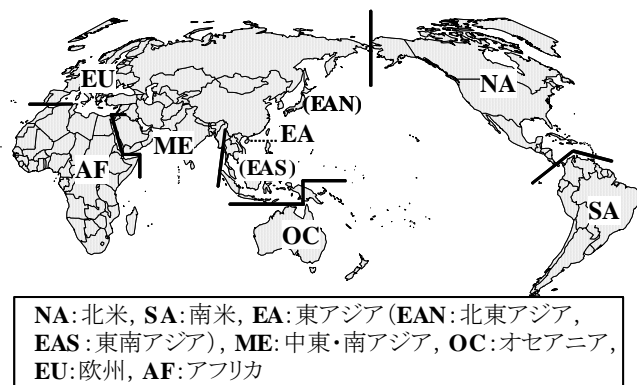


図-1.1 地域区分

## 2. 外航海運による現状排出量の推計

### 2.1 既往の文献

外航海運の CO<sub>2</sub> 排出量については、各国への合理的な割り当てに、困難な部分がある。排出量を、輸送される貨物の輸出入国に割り当てるのか、輸送する船舶をオペレートする、もしくは、所有する会社の属する国とするのか等様々な案が想定され、いずれにも決め手が見出し難い。便宜地籍船や NVOCC（利用運送事業者）の存在が、さらに事態を複雑にしている。このような点に対し、現在、IMO（国際海事機関）において、様々な検討が進められている。

一方、世界の外航海運全体の CO<sub>2</sub> 排出量については、1. で述べたとおり IEA（国際エネルギー機関）により、各国の国際バンカーからの推計<sup>1)</sup>がなされている。これによると、世界及び日本の排出量は、表-2.1 のとおり。

表-2.1 IEA<sup>1)</sup>による CO<sub>2</sub> 排出量推計値（2005 年）

推計機関	IEA 推計		国環研
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>）

この推計によれば、日本の排出量の世界に占める割合は、3.4%となっているが、これは、日本で販売された国際バンカー、すなわち、外航海運向けの重油販売量により算定されたものである。一般に、日本のバンカー料金は周辺諸国に比べて割高であるため、他国で重油を購入することが多いと想定される。したがって、国際バンカーからの推計では、我が国に必要とされている原材料や商品の輸入、我が国の製品の輸出による排出量に比べて、過小評価になっているものと想定される。また、（独）国立環境研究所においても、国際バンカーによる排出量が算定されている<sup>2)</sup>ため、表-2.1 に併記した。換算係数の相違等により、IEA 推計とは 1 割弱の差が見られた。さらに、最新の情報<sup>4)</sup>によると、IMO では、2007 年における国際海運からの CO<sub>2</sub> 排出量を 8 億 4 千万 t-CO<sub>2</sub> として議論を進めており、IEA による推計値（2007 年：7 億 1 千万 t-CO<sub>2</sub>）と 2 割弱の差が見られるとされている。

（財）シップ・アンド・オーシャンでは、世界の外航海運による CO<sub>2</sub> 排出量を、船種毎に推計し、将来予測まで行っている<sup>5)</sup>。しかし、日本の輸出入貨物との視点は無い他、コンテナ輸送量の算定には荒さが見られる。

国土交通省総合政策局では、実績データを中心に我が国の交通分野のエネルギー使用量をまとめており<sup>6)</sup>、その中には外航海運によるエネルギー使用量も示されて

いる。このエネルギー使用量に、排出係数を掛け合わせるにより、CO<sub>2</sub> 排出量の算定は可能である。しかし、エネルギー使用量の内容は明らかにされておらず、恐らくは、邦船社によるエネルギー（重油）使用量と推察され、その場合、第三国間の輸送によるエネルギー使用量も含まれることとなる。

以上の状況を踏まえ、本資料では、我が国の輸出入貨物に係る CO<sub>2</sub> 排出量を、船種別に算定した。

### 2.2 推計手法

外航海運による我が国貨物の排出量の推計は、貨物流動量に、船舶による排出量原単位を掛け合わせるによって算定する。そのフローを図-2.1 に示す。

まず、港湾統計により、現状（2005 年）の船種別・相手国別貨物輸送トン数を整理した。貨物は、船種等により、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（コンテナ以外をも輸送するセミコンテナ船も含む）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（対象貨物の港湾統計品種コード：171, 311, 321, 322, 323, 324）。輸送量は、フレート・トンで整理。
- ・バルク貨物：コンテナ貨物及びタンカー貨物以外の貨物。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、フレート・トンで整理。

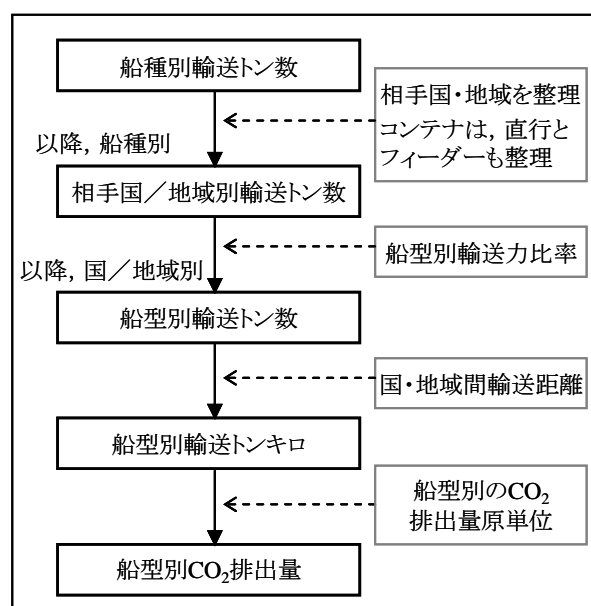


図-2.1 推計フロー

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／地域とした。輸送量の上位国については、累積で全取扱量の8割以上に至るまでは国別に集計し、残りは地域別に集計した。さらに、コンテナ貨物の中で、東アジア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／地域も集計した。

CO<sub>2</sub> 排出量は、輸送に必要な燃料消費量から算定するため、輸送量を重量ベースで算定する必要がある。そのため、コンテナ貨物は、TEU からメトリック・トンに、タンカー貨物及びバルク貨物は、フレート・トンからメトリック・トンに、それぞれ換算した。

次に、船舶の船種・船型（船の大きさ）により、排出量原単位が異なるため、Lloyd's データによる船種別・相手国／地域別の船型別 DWT（載貨重量トン数）から、船型別輸送力比率を算定した。これは、船型別輸送貨物量（メトリック・トン数）が、寄港船の DWT の総計値（輸送力）の比率に従うとの仮定である。

また、燃料消費量は、輸送量に輸送距離を加味したトンキロに、燃料消費原単位を掛けることで算定する。そこで、日本から相手国までの輸送距離を Fairplay World Distance Table により算定した。その際、船型によりパナマ運河及びスエズ運河を通航できないこともあるため、両航路が経路上にある場合、通航した場合としない場合とを分けて算定した。

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ことで、外航海運による 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、背後輸送による排出量は対象としていない。ただし、直行コンテナと東アジア主要国でのフィーダーコンテナとの排出量比較では、積み換えにかかる排出量の算定も試みた。

なお、GHG（温室効果ガス）には、CO<sub>2</sub> 以外に、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 等があるが、外航海運の場合 CO<sub>2</sub> の GHG に占める割合が 99% と、非常に高いと推計されている<sup>2)</sup>ことから、本資料においては、推計対象としなかった。

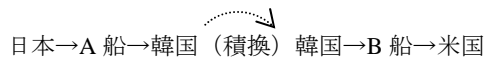
### 2.3 コンテナ貨物輸送による排出量の推計

本節では、我が国の外航コンテナ貨物にかかる CO<sub>2</sub> 排出量を推計する。

#### (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

東アジア主要国で積み換えされるフィーダーコンテナである。このフィーダーコンテナについては、我が国を発着したコンテナ船が、当該コンテナを卸した（輸出）、もしくは、積んだ（輸入）相手国／地域（仕向・仕出国／地域）だけを追うのでは、不十分である。簡単な経路例で示すと、



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、港湾統計では、TEU 単位では、A 船が輸送する韓国が相手国（仕向国）として記録されているが、積み換え後、B 船で輸送された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、東アジア主要国（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、最新の全国輸出入コンテナ貨物流動調査（2003 年 10 月実施、以降「コンテナ流調」という）を用いて算定した。

港湾統計による TEU 単位での相手国／地域の集計については、輸出入別に、上位 8 割以上をカバーする国を特定した他、東アジア主要国の中で上位 8 割に入らなかったマレーシアについても、国として整理した。残りについては、地域でまとめた。

また、フィーダーコンテナについては、その貿易相手国／地域も、東アジア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。

輸送距離の算定に必要な相手国／地域の代表港湾は、2005 年において、我が国でコンテナ貨物の取扱量が一番多かった東京港の、当該国／地域でコンテナ貨物量が一番多い相手港とした。

TEU から MT への換算については、対米国コンテナ貨物は、B/L（船荷証券）等データである PIERS（Port Import Export Reporting Service）データにより、対 EU コンテナ貨物は、欧州委員会統計局による EUROSTAT データにより、TEU からメトリック・トンへの換算係数を算定したところ、いずれも同じ値となったことから、これを全世界に対して用いた。

表-2.2 コンテナ貨物のトン換算係数（TEU→MT）

相手地域	コンテナ量 (10 <sup>3</sup> TEU)	コンテナ量 (10 <sup>3</sup> MT)	換算係数
対米国	1,510	12,154	8.0
対EU	1,017	8,113	8.0
合計	2,527	20,267	8.0



表-2.3 相手国／地域別日本発着コンテナ貨物量（2005年）

## a) 輸出

相手国／地域	代表港湾	コンテナ貨物量		直行	フィーダー							
		10 <sup>3</sup> TEU	10 <sup>3</sup> MT		EAN	EAS	NA	SA	OA	ME	EU	AF
1 China	Shanghai (上海)	1,116	8,928	8,696	36	12	89	5	3	44	39	5
2 Korea	Busan (釜山)	586	4,688	2,288	749	341	264	146	65	487	295	53
3 USA	Los Angeles	855	6,841	6,841	0	0	0	0	0	0	0	0
4 Taiwan	Kaohsiung (高雄)	632	5,055	3,311	134	957	17	12	23	249	305	45
5 Hong Kong	Hong Kong (香港)	636	5,090	2,189	1,207	740	267	64	12	345	148	119
6 Singapore	Singapore	287	2,292	919	0	284	3	26	60	523	354	122
7 Thailand	Bangkok	231	1,844	1,844	0	0	0	0	0	0	0	0
8 Netherlands	Rotterdam	201	1,611	1,611	0	0	0	0	0	0	0	0
9 Malaysia	Port Kelang	191	1,526	1,451	0	58	3	1	10	1	1	0
EAS	Tandjung Priok	174	1,391	1,391	0	0	0	0	0	0	0	0
NA	Los Angeles	167	1,336	1,336	0	0	0	0	0	0	0	0
SA	Santos	36	291	291	0	0	0	0	0	0	0	0
OA	Melbourne	68	542	542	0	0	0	0	0	0	0	0
ME	Jawaharlal Nehru	11	91	91	0	0	0	0	0	0	0	0
EU	Rotterdam	229	1,831	1,831	0	0	0	0	0	0	0	0
AF	Durban	31	247	247	0	0	0	0	0	0	0	0
総計		5,451	43,605	34,879	2,126	2,392	643	255	172	1,650	1,144	344

注) TEUはTwenty-foot Equivalent Unit (20ftコンテナ換算個数), MTはメトリック・トン。

## b) 輸入

相手国／地域	代表港湾	コンテナ貨物量		直行	フィーダー							
		10 <sup>3</sup> TEU	10 <sup>3</sup> MT		EAN	EAS	NA	SA	OA	ME	EU	AF
1 China	Shanghai (上海)	2,361	18,888	18,643	30	26	81	15	11	10	66	8
2 USA	Los Angeles	843	6,742	6,742	0	0	0	0	0	0	0	0
3 Korea	Busan (釜山)	851	6,809	2,975	1,506	751	575	180	115	84	540	80
4 Hong Kong	Hong Kong (香港)	658	5,265	47	3,981	835	141	37	31	52	125	16
5 Taiwan	Kaohsiung (高雄)	469	3,751	1,988	100	1,061	205	19	65	35	266	11
6 Thailand	Bangkok	351	2,809	2,809	0	0	0	0	0	0	0	0
7 Singapore	Singapore	260	2,084	288	7	893	41	79	135	203	357	81
8 Germany	Hamburg	225	1,796	1,796	0	0	0	0	0	0	0	0
10 Malaysia	Port Kelang	161	1,291	900	6	186	11	9	27	31	58	64
EAS	Tandjung Priok	252	2,014	2,014	0	0	0	0	0	0	0	0
NA	Los Angeles	251	2,009	2,009	0	0	0	0	0	0	0	0
SA	Santos	61	489	489	0	0	0	0	0	0	0	0
OA	Melbourne	142	1,133	1,133	0	0	0	0	0	0	0	0
ME	Jawaharlal Nehru	8	64	64	0	0	0	0	0	0	0	0
EU	Rotterdam	327	2,613	2,613	0	0	0	0	0	0	0	0
AF	Durban	8	67	67	0	0	0	0	0	0	0	0
総計		7,228	57,824	44,577	5,631	3,752	1,053	339	384	416	1,413	259

注) TEUはTwenty-foot Equivalent Unit (20ftコンテナ換算個数), MTはメトリック・トン。

以上について、トン換算係数の結果を表-2.2に、輸送トン数算定結果を表-2.3に、港湾統計による相手国／地域を縦に、コンテナ流調によるフィーダー輸送の相手地域を横に取って示した。

## (2) 船型別輸送トン数の算定

Lloyd's データにより、2005年一年間に日本に寄港したコンテナ船（セミコンテナ船も含む）のDWT（載貨重量トン）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-2.4に示す。船型は、Feeder, Panamax および Over Panamax を分類し、さらに、将来推計に際して1万TEUを超える新Panamax船を考慮できるようにした。

また、フィーダーコンテナについては、EA（東アジア）主要国と貿易相手国／地域間の船型についてもデータが必要となる。これについても、Lloyd's データにより、日本を除くEA（東アジア）主要国に寄港したコンテナ船の寄港実績により算定した。その結果を表-2.5に示す。

表-2.4 日本発着コンテナ船の船型別輸送力比率

船型 (TEU Capacity)		NA	EU	EAS
-999	Feeder	5.2%	7.6%	17.7%
-2,499		16.8%	9.2%	76.5%
-4,999	Panamax	61.1%	40.5%	5.8%
-9,999	Over	16.9%	42.7%	0.0%
10,000-	Panamax	0.0%	0.0%	0.0%

船型 (TEU Capacity)		CHN	KOR	その他
-999	Feeder	53.3%	95.7%	19.7%
-2,499		39.6%	4.3%	26.4%
-4,999	Panamax	7.1%	0.0%	32.9%
-9,999	Over	0.0%	0.0%	21.0%
10,000-	Panamax	0.0%	0.0%	0.0%

注) CHNには、中国・台湾・香港が含まれる。

表-2.5 EA 発着コンテナ船の船型別輸送力比率

船型 (TEU Capacity)		NA	EU	EAA
-999	Feeder	2.8%	3.8%	33.4%
-2,499		13.8%	8.4%	64.8%
-4,999	Panamax	44.8%	30.7%	1.8%
-9,999	Over	38.6%	57.1%	0.0%
10,000-	Panamax	0.0%	0.0%	0.0%

船型 (TEU Capacity)		EAN	EAS	その他
-999	Feeder	82.4%	74.6%	10.1%
-2,499		13.5%	25.4%	26.7%
-4,999	Panamax	3.6%	0.0%	31.5%
-9,999	Over	0.5%	0.0%	31.7%
10,000-	Panamax	0.0%	0.0%	0.0%

注) EAAは、北東アジア⇄東南アジア、EANは北東アジア内、EASは東南アジア内を指す。

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-2.3)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(東アジア)の積み換え国との間では、日本発着の輸送力比率を、EAと貿易相手国/地域との間では、東アジア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。

(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算定し、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。その結果が、表-2.6のとおり。なお、算定に用いた輸送距離は、付録表-A.1に示した。

(4) CO<sub>2</sub>排出量の推計結果

鈴木<sup>7)</sup>による船種別船型別の詳細な燃料消費量原単位算定式と、Lloyd'sデータにより、船型別のCO<sub>2</sub>排出量原

表-2.6 コンテナ貨物の船型別輸送トンキロ

TEU Capa. 階級	直行	フィーダー	合計
-999	84,271	50,637	134,907
-2,499	129,339	58,570	187,909
-4,999	176,883	38,136	215,019
-9,999	102,434	45,034	147,468
10,000-	0	0	0

(単位: 10<sup>6</sup> t・km)

単位を整理した。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)のように定めている。

$$F_o = 6.87 \times 10^{-5} \cdot [Dsp - (1 - 0.65 \cdot Lf) \cdot Dwt] \cdot Dsp^{-1/3} \cdot V^2 \quad (1)$$

ここに、 $Dsp$  : 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>。

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

また、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%と設定した。航行速度は、Lloyd'sデータより設定した。また、CO<sub>2</sub>排出係数は、(財)シブ・アンド・オーシャンによる<sup>5)</sup>、2,999t-CO<sub>2</sub>/t-Fuelとし、この数値は外航海運共通とした。算定結果を、表-2.7に示す。

表-2.7 コンテナ船の船型別排出量原単位

TEU階級	TEU平均	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	549	25.3	8.0	0.0000239
-2,499	1,626	33.1	6.2	0.0000186
-4,999	3,533	38.5	5.3	0.0000160
-9,999	6,274	43.1	5.1	0.0000152
10,000-	12,000	43.1	3.9	0.0000116

注) 10,000TEU以上のTEU平均及び平均速度は、データによる値ではなく、設定値である。

船型別輸送トンキロ(表-2.6)に、排出量原単位(表-2.7)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-2.8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。

表-2.8 コンテナ船 CO<sub>2</sub>排出量

TEU階級	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>)

## 2.4 タンカー貨物輸送による排出量の推計

本節では、我が国の外航タンカー貨物にかかる CO<sub>2</sub> 排出量を推計する。

## (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（フレート・トン）を相手国別に整理した。さらに、フレート・トンからメトリック・トンへの変換は、内航貨物について、同じタンカー貨物の港湾統計と内航船舶輸送統計とを比較することにより、換算係数を算定した。換算係数を表-2.9 に、輸送トン数を整理した結果を表-2.10 に示す。なお、相手国／地域は、貨物量で8割をカバーする上位8ヶ国及び北東アジア（EAN）域内は国単位、その他は地域として把握した。輸送距離の算定に必要となる相手国／地域の代表港湾は、2005年において、我が国でタンカー貨物の取扱量が一番多かった千葉港の、当該国／地域のタンカー貨物相手港とした。

表-2.9 トン換算係数 (FT→MT)

品種	港湾統計 (10 <sup>3</sup> FT)	内航船舶統計 (10 <sup>3</sup> MT)	換算係数
原油	36,794	34,014	0.92
石油類	124,219	105,828	0.85
合計	161,013	139,842	0.87

注) 石油類とは、港湾統計: 重油, 石油製品, LPG, LNG, その他石油製品, 内航船舶統計: 重油, 揮発油, LPG及びその他ガス, その他石油及び石油製品のこと。港湾統計のFT数は、移入側の数値。

## (2) 船型別輸送トン数の算定

Lloyd's データにより、2005年一年間に日本に寄港したタンカー（ガスキャリアを含む）の DWT と寄港回数より、船型別の輸送力比率を算定した。輸送力の算定にあたっては、コンテナ積載能力があるタンカーの場合、コンテナ輸送力（TEU Capacity）を DWT に換算し、その分を控除した輸送力とした。船型分類は、DWT により、Mini, Handy, Panamax, Suezmax 及び VLCC/ULCC（表中「VL/UL」）に分類した。その結果を表-2.11 に示す。

表-2.10 相手国／地域別タンカー貨物量（2005年）

相手国／地域	代表港湾	タンカー貨物量	
		10 <sup>3</sup> FT	10 <sup>3</sup> MT
1 Saudi Arabia	Ras Tanura	76,414	66,480
2 UAE	Jebel Dhana	75,626	65,795
3 Indonesia	Santan	37,542	32,662
4 Qatar	Umm Said	37,339	32,485
5 Iran	Kharg Island	30,138	26,220
6 Malaysia	Bintulu	28,080	24,429
7 Kuwait	Mina Alahamadi	20,954	18,230
8 Australia	Withnell Bay	20,631	17,949
Korea	Onsan (温山)	9,467	8,237
China	Dalian (大連)	5,875	5,111
Taiwan	Taichung (台中)	1,008	877
Hong Kong	Hong Kong (香港)	934	813
EAS	Santan	17,827	15,509
NA	Nikiski	4,883	4,248
SA	Esmeraldas	119	104
OA	Withnell Bay	357	311
ME	Ras Tanura	14,630	12,728
EU	Antwerp	3,741	3,255
AF	Benbuela	3,814	3,318
総計		389,379	338,760

注) FTはフレート・トン, MTはメトリック・トン。

表-2.11 タンカーの相手国／地域別船型別輸送力比率

船型 (DWT)	ME	OA	EAN	
-24,999	Mini	1.4%	4.1%	70.9%
-49,999	Handy	9.0%	38.9%	0.6%
-79,999	Panamax	8.3%	26.6%	0.0%
-199,999	Suezmax	8.6%	24.2%	28.5%
200,000-	VL/UL	72.7%	6.2%	0.0%

船型 (DWT)	EAS	その他	
-24,999	Mini	22.2%	5.0%
-49,999	Handy	7.1%	32.1%
-79,999	Panamax	62.8%	11.9%
-199,999	Suezmax	7.9%	19.5%
200,000-	VL/UL	0.0%	31.5%

相手国／地域別タンカー貨物トン数（表-2.10）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。

## (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葉港から、相手国／地域代表港湾との間の輸送距離を算定し、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。その結果が、表-2.12 のとおり。なお、算定に用いた輸送距離は、付録表-A.1 に

示した。

表-2.12 タンカー貨物の船型別輸送トンキロ

DWT階級	タンカー貨物
-24,999	146,556
-49,999	366,532
-79,999	495,513
-199,999	327,882
200,000-	2,029,149

(単位:10<sup>6</sup> t・km)

(4) CO<sub>2</sub> 排出量の推計結果

船種別船型別の燃料消費量原単位は、(財) 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-2.13  
に示す。

表-2.13 タンカーの船型別排出量原単位

DWT階級	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

船型別輸送トンキロ(表-2.12)に、排出量原単位(表  
-2.13)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-2.14に示す。タンカーによる排出量  
は、1,838 万 t-CO<sub>2</sub>と推計された。

表-2.14 タンカーCO<sub>2</sub> 排出量

DWT階級	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>)

2.5 バルク貨物輸送による排出量の推計

本節では、我が国の外航バルク貨物にかかる CO<sub>2</sub> 排出  
量を推計する。

(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  
(フレート・トン)を相手国別に整理した。さらに、フ

レート・トンからメトリック・トンへの変換は、内航貨  
物の中でコンテナ及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とを比較するこ  
とにより、換算係数を算定した。換算係数を表-2.15に、  
輸送トン数を整理した結果を表-2.16に示す。なお、相手  
国/地域は、貨物量で8割をカバーする上位13ヶ国及び  
東アジア域内は国単位、その他は地域として把握した。  
相手国/地域の代表港湾は、2005年において、我が国で  
バルク貨物の取扱量が一番多かった千葉港の、当該国/  
地域のバルク貨物相手港を選択した。

表-2.15 トン換算係数 (FT→MT)

貨物	港湾統計 (10 <sup>3</sup> FT)	内航船舶統計 (10 <sup>3</sup> MT)	換算係数
全品目	564,508	414,617	0.73
タンカー	161,013	139,842	0.87
バルク	403,495	274,775	0.68

注) 全品目は、コンテナを除く。

表-2.16 相手国/地域別バルク貨物量 (2005年)

相手国/地域	代表港湾	バルク貨物量	
		10 <sup>3</sup> FT	10 <sup>3</sup> MT
1 Australia	Dampier	229,921	156,347
2 Saudi Arabia	Jubail	80,727	54,894
3 UAE	Dubai	79,714	54,205
4 Indonesia	Banjarmasin	72,549	49,333
5 USA	San Diego	64,445	43,823
6 China	Shanghai (上海)	61,855	42,061
7 Qatar	Umm Said	38,356	26,082
8 Malaysia	Pasir Gudang	34,974	23,782
9 Korea	Ulsan (蔚山)	34,099	23,188
10 Brasil	Tubarao	31,047	21,112
11 Iran	Kharg Island	30,623	20,824
12 Russia	Vostochiny	23,240	15,803
13 Kuwait	Kuwait	22,414	15,241
N. Korea	Nampo (南浦)	506	344
China	Shanghai (上海)	6	4
Taiwan	Kaohsiung (高雄)	14,685	9,986
Hong Kong	Hong Kong (香港)	4,815	3,274
EAS	Banjarmasin	47,416	32,243
NA	San Diego	25,554	17,377
SA	Tubarao	12,361	8,406
OA	Dampier	9,919	6,745
ME	Jubail	31,541	21,448
EU	Bremerhaven	17,925	12,189
AF	Durban	22,654	15,405
総計		991,348	674,117

注) FTはフレート・トン, MTはメトリック・トン。

(2) 船型別輸送トン数の算定

Lloyd's データにより、2005年一年間に日本に寄港し  
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。輸送力の算定にあたっては、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、コンテナ積載能力（TEU Capacity）を DWT に換算し、その分を控除した輸送力とした。船型分類は、DWT により、Mini, Handy, Panamax, Capesize 及び VLOC に分類した。その結果を表-2.17 に示す。

相手国／地域別バルク貨物トン数（表-2.16）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。

表-2.17 バルクキャリア相手国／地域別船型別輸送力比率

船型(DWT)	OA	ME	NA	SA	
-24,999	Mini	5.6%	15.5%	9.8%	3.1%
-49,999	Handy	15.3%	26.6%	38.6%	24.5%
-79,999	Panamax	23.7%	32.3%	32.7%	24.0%
-199,999	Cape	44.9%	23.4%	18.5%	43.2%
200,000-	VLOC	10.5%	2.2%	0.4%	5.2%

船型(DWT)	EAN	EAS	その他	
-24,999	Mini	95.9%	88.8%	4.5%
-49,999	Handy	3.8%	6.0%	25.3%
-79,999	Panamax	0.3%	4.1%	26.8%
-199,999	Cape	0.0%	1.1%	40.1%
200,000-	VLOC	0.0%	0.0%	3.3%

### (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算定し、輸送トン数に掛け合わせることで、輸送トンキロを算定した。ブラジル、SA（南アメリカ）及び EU（欧州）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。その結果が、表-2.18 のとおり。なお、算定に用いた輸送距離は、付録表-A.1 に示した。

表-2.18 バルクキャリアの船型別輸送トンキロ

DWT階級	バルク貨物
-24,999	1,199,615
-49,999	1,327,094
-79,999	1,507,690
-199,999	1,626,532
200,000-	222,233

(単位: 10<sup>6</sup> t・km)

### (4) CO<sub>2</sub> 排出量の推計結果

船種別船型別の燃料消費量原単位は、(財) 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費率が低いため、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-2.19 に示す。

表-2.19 バルクキャリアの船型別排出量原単位

DWT階級	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

船型別輸送トンキロ（表-2.18）に、排出量原単位（表-2.19）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-2.20 に示す。バルクキャリアによる排出量は、6,115 万 t-CO<sub>2</sub> と推計された。

表-2.20 バルクキャリア CO<sub>2</sub> 排出量

DWT階級	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>)

## 2.6 推計結果の考察

本節では、外航海運による我が国貨物にかかる CO<sub>2</sub> 排出量の推計結果について、様々な観点からの考察を行う。

### (1) IEA による推計との比較

IEA<sup>1)</sup>による推計値と、本資料での推計値を比較した。その結果が表-2.21 である。我が国で販売された国際バンカーによる 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> にも及ぶとの結果となった。世界全体との比較では、国際貨物の排出量を輸出・輸入国の両方で折半すると仮定すると、世界の国際海運による 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。これは、IEA の国際バンカーによる推計値に比べて、約 2.5 倍に相当する。本資料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。

表-2.21 IEA<sup>1)</sup>と本資料推計との比較

	IEA推計	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>)

(2) 船種間の輸送効率の比較

船種毎に輸送トンキロとCO<sub>2</sub>排出量を推計したことから、船種間の環境面での輸送効率を、貨物を1トン・km輸送するのに排出するCO<sub>2</sub>の量において比較した。もともと、比較的容積の大きく軽い雑貨等を輸送するコンテナ船に対し、原油や石油製品を輸送するタンカー、鉄鉱石、石炭、穀物、原木等を輸送するバルクキャリアでは輸送品種・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、数値上比較可能であることから、試みた。その結果を表-2.22に示す。

結果として、タンカーが一番輸送効率が良く、コンテナ船が一番悪いとの結果となった。タンカーやバルクキャリアに比べて、コンテナ船の輸送効率が低いのは、先に述べた輸送品種の相違の他、船型が相対的に小さいことと、速度が異なっていることが要因と考えられる。コンテナ船の平均速度がLloyd'sデータより14~23kt/hと設定できたのに対し、文献5)よりタンカーの平均速度は11~16kt/h、バルクキャリアは15kt/hであった。また、タンカーとバルクキャリアの差も、船型の差による点が大きく、船型別の輸送トンキロを比較すると、タンカー(表-2.12)は圧倒的に20万DWT以上のVLCC/ULCCが多かった(60%)のに対し、バルクキャリア(表-2.18)は20万DWT以上のVLOCの輸送トンキロは少なかった(4%)。

表-2.22 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

(3) コンテナ貨物の直行・フィーダー輸送の比較

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(東アジア)主要国において積み換えされるフィーダーコンテナと、直行コンテナのどちらがCO<sub>2</sub>排出

量で見た場合、効率的であるのかを比較した。なお、本資料では、基本的には、船舶輸送によるCO<sub>2</sub>排出量を算定対象としているが、両者をなるべく公平に比較することを考え、積み換えにかかる排出量を計上するため、積み替えにおけるガントリークレーン、トランスファークレーン及びヤードシャーシにより排出されたCO<sub>2</sub>を推計した。推計に用いた排出量原単位は、表-2.23及び表-2.24のとおり。ここで、ガントリークレーンのCO<sub>2</sub>排出量原単位は、鈴木<sup>9)</sup>が荷役シミュレーションによって求めた電力消費量を、TEU Capacityを指標にしてTEU当たりの電力消費量に換算し、電力のCO<sub>2</sub>排出量原単位<sup>10)</sup>を乗じることにより求めた。トランスファークレーンおよびヤードシャーシのCO<sub>2</sub>排出量原単位は、清水港における2000年のTEUあたりの軽油消費量の実績に、軽油のCO<sub>2</sub>排出量原単位<sup>10)</sup>を乗じることにより求めた。なお、港湾によっては、タグボートによる排出量も大きいと考えられるが、港湾により差があることに加え、その中に含まれる当該国発着の直行コンテナとフィーダーコンテナの割合が不明であることから、推計対象とはしなかった。比較した貿易相手地域は、EAS(東南アジア、代表港湾:Tanjung Priok)、NA(北米、代表港湾:Los Angeles)及びEU(欧州、代表港湾:Rotterdam)である。

表-2.23 ガントリークレーンによる排出量原単位

TEU階級	TEU平均	CO <sub>2</sub> 排出量 原単位 (t-CO <sub>2</sub> /t)
-999	549	0.0000331
-2,499	1,626	0.0000576
-4,999	3,533	0.0000725
-9,999	6,274	0.0000861
10,000-	12,000	0.0000953

注)10,000TEU以上のTEU平均は設定値。

表-2.24 トランスファークレーン等による排出量原単位

クレーン等	CO <sub>2</sub> 排出量 原単位 (t-CO <sub>2</sub> /t)
トランスファークレーン	0.0003055
ヤードシャーシ	0.0002557

比較した結果を、図-2.2に示す。貨物1トン輸送するのに排出されたCO<sub>2</sub>の量で比較をした。輸出・輸入の平均である。図より、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。直行とフィーダーの船型を比較すると(表-2.4と表-2.5)、NAとEUでは日本発着より、EA発着の方が船型が大きく、

この点ではフィーダー輸送の方が排出量原単位が小さくなるが、一方、日本と EA 主要国間の排出量が増えるため、合計では、直行の方が排出量が少ないとの結果になっていた。フィーダーコンテナ排出量の内訳では、日本発着分と EA（東アジア主要国）発着分を比較すると、EAS（東南アジア）ではほぼ同量であるのに対し、NA（北米）・EU（欧州）では、EA 発着分の割合が非常に多くなっていた。これは、積み換えがなされる EA 主要国と日本及び相手地域との距離関係が現れているものである。公平を期すために推計した積み換え分は、例えば北米航路で、フィーダー輸送全体 219.1 kg-CO<sub>2</sub>/t に対して、1.4kg-CO<sub>2</sub>/t と非常に微量であった。また、NA では、直行とフィーダーに大きな差が見られるのに、EAS や EU では、差は僅かであったが、これは、フィーダーで積み換える EA 主要国が、日本と NA（北米）の経路上には無く、逆方向となっていることが要因である。そのため、NA だけは、直行の日本発着分より、フィーダーの EA 発着分の方が大きくなっていった。

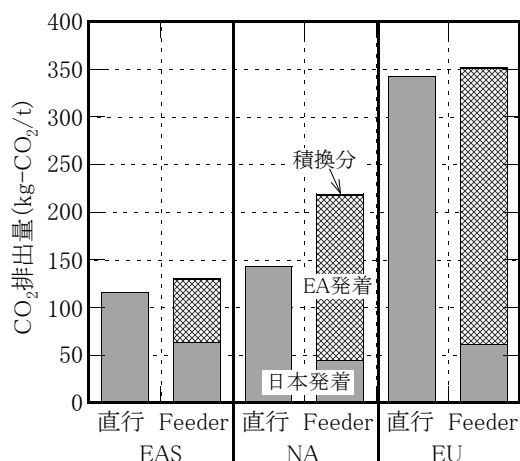


図-2.2 直行と Feeder との輸送効率の比較

(4) パナマ運河・スエズ運河通航による輸送効率の比較  
 バルク貨物では、SA（南米、代表港湾：Tubarao）との間で約3千万トン、EU（欧州、代表港湾：Bremerhaven）との間で約1千2百万トンの輸送量があり、それぞれパナマ運河・スエズ運河を通過するかどうかで輸送距離が異なり、その船型により排出量原単位が異なることとなる。そこで、対 SA についてはパナマ運河通航の最大船型である Panamax と、通航ができない船型（Capesize/VLOC）との比較を、対 EU についてはスエズ運河通航の最大船型である Capesize と、通航できない船型（VLOC）との比較を行った。なお、タンカー貨物についても同じ比較は可能であるが、量が多くないことと、

対 SA については代表港湾（Esmeraldas）が太平洋側であることから、比較をしなかった。

比較した結果を、表-2.25 に示す。対 SA では、パナマ運河通航の Panamax の環境面での輸送効率は、Cape Horn 通航の Capesize より良く、VLOC より悪いとの結果となった。もともと、バルクキャリアの船型別排出量原単位（表-2.19）では、Capesize の方が Panamax より排出量原単位が高くなっており、これが結果に現れていた。この点については、前述したとおり、鉄鉱石・石炭専用船の消席率が低いと推計されていることが原因であり、単純に同じ貨物を SA から日本へ輸送したときの比較には当たらないが、輸送コストでも同じ状況が見られるとすると、このことが、近年、世界周回型の鉄鉱石・石炭輸送形態（ブラジル→日本→オーストラリア→欧州→ブラジル）が出てきている要因の一つと考えられる。対 EU では、スエズ運河通航の Capesize に比べ、喜望峰通航の VLOC の方が輸送効率が良くなっていた。ここでは、距離よりも規模の経済が効いていた。

表-2.25 パナマ・スエズ運河通航による輸送効率比較

相手地域	船型	輸送効率 (kg-CO <sub>2</sub> /t)
SA	Panamax	151.9
	Capesize	199.0
	VLOC	72.2
EU	Capesize	192.1
	VLOC	89.9

### 3. 外航海運による将来排出量の推計と排出対策の効果

#### 3.1 将来推計

本節では、2015年及び2020年を目標年次として、将来の外航海運による、我が国貨物の輸送にかかるCO<sub>2</sub>排出量を推計する。

##### (1) 将来貨物量の設定

まず、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>11)</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>12)</sup>の伸び率により変化していくものとして、表-3.1のように設定した。それぞれの原典における数値は、付録表-A.2に記載した。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>12)</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年まで年率0.7%増で合計約8%増、2015年から2020年まで年率0.4%増で、現状に比較し約10%増との結果となった。

表-3.1 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)

##### (2) 将来の船型別輸送力の設定

将来船型については、厳密には、船齢から解体が想定される船舶と、建造中の船舶とから、将来における船腹量を設定し、各航路に割り振るとの方法が理想ではある。しかし、投入航路が限定される最大クラスの船舶(コンテナ船の新Panamax、バルクキャリアのVLOC等)を除けば、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いる。また、中古船の売買も頻繁に行われており、投入航路は目まぐるしく変化している。表-3.2は、2000年→2005年における世界でのコンテナ船の船型別船腹量の変化と、日本寄港船の相手地域別船型別輸送力の変化であるが、実績で見ても、当然の

表-3.2 2000年→2005年における船腹量・輸送力変化  
(コンテナ船、日本発着の船型別輸送力比率)

TEU Capacity	船腹量 変化	輸送力変化		
		NA	EU	EAA
-999	-5%	-55%	-43%	-26%
-2,499	14%	-4%	-17%	35%
-4,999	49%	12%	-20%	6647%
-9,999	298%	271%	456%	—
10,000-	—	—	—	—

TEU Capacity	輸送力変化		
	EAN	EAS	その他
-999	34%	-13%	-25%
-2,499	242%	10%	15%
-4,999	2705%	—	28%
-9,999	476%	—	548%
10,000-	—	—	—

ことながら、世界的には船腹量が減少していても、特定の地域の輸送力が増加している場合や、その逆も見られる。本資料では、以上の点を考慮し、将来の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年への日本への寄港船の船型の変化(コンテナ船については、EA主要国への寄港船の船型変化を含む)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。具体的には、2000年→2005年で輸送力が増加した場合は、同量の輸送力が増加する、2000年→2005年で輸送力が減少した場合は、輸送力が同率で減少するとした。ただし、2005年現在では就航していなかったコンテナ船の新Panamax、2010年頃に大量就航が見込まれているバルクキャリアのCapesize/VLOCについては、過去のトレンド延長は困難なことから、別途将来の輸送力を推計した。2015年/2020年の船型設定の結果は、表-3.3のとおりである。

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>13)</sup>と、2005年現在船腹量を比較することにより設定した。すなわち、Lloyd's データによる2005年の全コンテナ船に対する5,000~9,999TEUの船腹量比率(2.6%)が、AXS Marineによる2012年の10,500TEU以上の船腹量比率(2.7%)とほぼ同じであったことから、2005年の5,000~9,999TEU船の北米・欧州航路での就航状況(寄港回数/年/隻)が、2015年の1万TEU以上と同じとして、算定をした。

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>14)</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



表-3.3 2015年／2020年における船種別輸送力比率

## (1) 2015年

## a) コンテナ船（日本発着）

TEU Capacity	DWT輸送力比率					
	NA	EU	EAS	CHT	KOR	その他
-999	1.4%	2.1%	6.7%	48.8%	83.6%	13.8%
-2,499	11.1%	2.7%	79.7%	38.6%	16.4%	15.6%
-4,999	64.8%	13.7%	13.5%	12.6%	0.0%	24.3%
-9,999	19.8%	61.1%	0.0%	0.0%	0.0%	46.3%
10,000-	3.0%	20.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

注) CHTは、中国・台湾・香港. KORは韓国.

## b) コンテナ船（EA発着）

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

注) EAAは、北東⇄東南アジア, EANは北東アジア内, EASは東南アジア内.

## c) タンカー

DWT	DWT輸送力比率				
	OA	ME	EAN	EAS	その他
-24,999	0.9%	0.7%	57.9%	40.8%	4.6%
-49,999	44.6%	7.8%	0.0%	8.4%	39.1%
-79,999	24.8%	8.0%	0.0%	50.2%	13.3%
-199,999	14.1%	5.7%	42.1%	0.6%	17.8%
200,000-	15.6%	77.9%	0.0%	0.0%	25.3%

## d) バルクキャリア

DWT	DWT輸送力比率						
	NA	SA	OA	ME	EAN	EAS	その他
-24,999	3.5%	0.9%	1.6%	5.4%	94.4%	80.9%	1.3%
-49,999	23.9%	11.7%	5.0%	18.9%	5.1%	3.4%	13.7%
-79,999	35.5%	24.3%	20.4%	37.8%	0.6%	13.7%	24.4%
-199,999	35.4%	50.9%	50.1%	31.9%	0.0%	2.0%	52.2%
200,000-	1.6%	12.1%	22.9%	6.0%	0.0%	0.0%	8.4%

## (2) 2020年

## a) コンテナ船（日本発着）

TEU Capacity	DWT輸送力比率					
	NA	EU	EAS	CHT	KOR	その他
-999	0.7%	1.0%	4.2%	47.7%	75.9%	10.6%
-2,499	8.8%	1.4%	79.8%	38.3%	24.1%	10.9%
-4,999	64.7%	7.6%	16.0%	14.0%	0.0%	19.1%
-9,999	20.8%	63.8%	0.0%	0.0%	0.0%	59.4%
10,000-	5.0%	26.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

注) CHTは、中国・台湾・香港. KORは韓国.

b) コンテナ船 (EA 発着)

TEU Capacity	DWT輸送力比率					
	NA	EU	EAA	EAN	EAS	その他
-999	0.1%	0.3%	10.1%	71.5%	60.3%	2.0%
-2,499	5.1%	1.6%	84.7%	20.7%	39.7%	18.0%
-4,999	24.7%	5.5%	5.2%	6.9%	0.0%	25.3%
-9,999	51.3%	69.1%	0.0%	0.9%	0.0%	54.7%
10,000-	18.8%	23.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

注) EAAは、北東⇄東南アジア, EANは北東アジア内, EASは東南アジア内。

c) タンカー

DWT	DWT輸送力比率				
	OA	ME	EAN	EAS	その他
-24,999	0.4%	0.4%	52.5%	50.4%	4.3%
-49,999	46.1%	7.2%	0.0%	8.3%	42.6%
-79,999	23.7%	7.8%	0.0%	41.1%	13.9%
-199,999	10.7%	4.6%	47.5%	0.2%	16.8%
200,000-	19.1%	80.0%	0.0%	0.0%	22.4%

d) バルクキャリア

DWT	DWT輸送力比率						
	NA	SA	OA	ME	EAN	EAS	その他
-24,999	2.0%	0.5%	0.9%	3.1%	93.7%	76.1%	0.7%
-49,999	18.0%	8.2%	2.8%	15.8%	5.6%	2.5%	10.1%
-79,999	35.2%	23.8%	18.4%	38.9%	0.7%	19.0%	23.2%
-199,999	42.0%	50.5%	47.3%	33.3%	0.0%	2.4%	53.8%
200,000-	2.8%	17.0%	30.6%	8.9%	0.0%	0.0%	12.2%

量を設定した。

(3) 推計結果

(1)の将来貨物量に、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。トンからトンキロへの算定については、輸送距離に変化はないが、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、2015年/2020年においては、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。タンカーについては、SAの代表港湾が太平洋側なので、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-3.4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を把握する際のBase Caseとなるものである。

また、各年の環境面での輸送効率を比較してみたのが、表-3.5であるが、船型に大きな変化のない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及びバルクキャリアは輸送効率が向上していた。

表-3.4 2015年/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	12,400	17,318	19,066
タンカー	18,377	17,247	16,459
バルクキャリア	61,149	59,907	58,900
合計	91,927	94,472	94,424

(単位: 10<sup>3</sup>t-CO<sub>2</sub>)

表-3.5 2015年/2020年における船種別輸送効率

船種	2005年	2015年	2020年
コンテナ船	18.1	17.1	16.9
タンカー	5.5	5.5	5.5
バルクキャリア	10.4	9.3	8.9

(単位: g-CO<sub>2</sub>/t/km)

3.2 排出対策の効果推計

先に推計した、2015年/2020年の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Base Caseとし、各種排出対策が実施された場合の効果を推計する。

(1) 排出対策の整理

排出対策については、一般的なCO<sub>2</sub>排出対策に加え、輸送効率向上に資する動きも、結果として排出削減につながることから、対象とすることとした。リストアップした結果は、以下の通り。

コンテナ船を対象とするもの；

- ・減速運航
- ・消席率の向上
- ・船舶の大型化
- ・海外フィーダー率の低下

バルクキャリアを対象とするもの；

- ・超大型鉱石専用船の就航

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、以下のものが見られる<sup>5), 15)</sup>。

- ・プロペラ効率化：大口径プロペラでの低速化による機関効率の向上、プロペラの先端にフィンを取り付けるPBCF（プロペラボスキャップフィン）、2つのプロペラを前後に配置して逆方向に回転させる二重反転プロペラ等がある。いずれも実用化されている。
- ・マイクロバブル技術：マイクロバブルにより摩擦抵抗を減少させる方法。開発段階であり、2005～2007年に実証実験がなされている。
- ・風力を利用する方法：風により推進力を得る方法や、帆走を補助に使う方法がある。風の方は実船への搭載がなされている。
- ・舵の改良：プロペラの回転流を再活用して揚力を発生させる推進羽根が開発されている。
- ・効率運航のためのシステム導入：GPSデータ等によりリアルタイムの燃料消費量を算定するシステムであり、海流や風向きを考えた効率運航に繋げるもの。実船へ試験搭載されている。
- ・代替燃料：LNG、メタノール、水素等。いずれも開発段階。

なお、これらの技術については、効果についての詳細情報が不明なことから、効果推計の対象とはしなかった。

## (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、原油価格の高騰対策、CO<sub>2</sub>排出削減対策、さらには、定時性の確保も考慮した、減速運航の動きが見られる。例えば、2008年5月7日付海事プレス<sup>16)</sup>によれば、川崎汽船等によるCKYHグループは、本年7月末より東アジア-北米航路と東アジア-欧州航路を合体させ、振り子航路として運航、その際、通常振り子配船で1隻減少させるのに対し、敢えて投入船を減らさず、往復航で減速運航をすることとされている。この中では、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が見られる。そこで、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。排出量原単位は表-3.6に、その結果を表-3.7に示す。

表-3.6 減速運航による排出量原単位

TEU階級	Base Case	10%減速	20%減速
-999	0.0000239	0.0000194	0.0000152
-2,499	0.0000186	0.0000150	0.0000119
-4,999	0.0000160	0.0000130	0.0000103
-9,999	0.0000152	0.0000123	0.0000098
10,000-	0.0000116	0.0000094	0.0000074

(t-CO<sub>2</sub>/t/km)

表-3.7 コンテナ船減速運航による効果

Case	2005年	2015年	2020年
Base Case	12,400	17,318	19,066
10%減速	—	14,049	15,466
		-18.9%	-18.9%
20%減速	—	11,084	12,203
		-36.0%	-36.0%

(単位: 10<sup>3</sup>t-CO<sub>2</sub>)

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（式(1)参照）、10%減速では約19%低下、20%減速では約36%低下をしており、その結果がコンテナ船のCO<sub>2</sub>排出量にもそのまま現れた。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) 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年の北米-東アジア航路では、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。アメリカ向け貨物と、東アジア向け貨物の量の差が、この消席率の差となって現れているが、二田らによれば、同航路の西航では卑金属生産品や植物性生産品のコンテナ化率が上昇し、これが西航コンテナ貨物量を増加させているとの分析<sup>17)</sup>が見られ、船社等を中心に、インバランス減少・消席率向上のための努力がなされている。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。排出量原単位は表-3.8に、その結果を表-3.9に示す。

排出量原単位では、10%向上では4.1～4.5%低下、20%向上では7.6～8.3%低下をしており、その結果がコンテナ船のCO<sub>2</sub>排出量にもそのまま現れていた。

表-3.8 消席率向上による排出量原単位

TEU階級	Base Case	消席率 10%上昇	消席率 20%上昇
-999	0.0000239	0.0000228	0.0000219
-2,499	0.0000186	0.0000177	0.0000171
-4,999	0.0000160	0.0000154	0.0000148
-9,999	0.0000152	0.0000146	0.0000141
10,000-	0.0000116	0.0000111	0.0000107

(t-CO<sub>2</sub>/t/km)

表-3.9 コンテナ船消席率向上による効果

Case	2005年	2015年	2020年
Base Case	12,400	17,318	19,066
消席率	—	16,576	18,250
10%上昇	—	-4.3%	-4.3%
消席率	—	15,950	17,562
20%上昇	—	-7.9%	-7.9%

(単位:10<sup>3</sup>t-CO<sub>2</sub>)

(4) コンテナ船大型化

コンテナ船の将来船型の設定に際し、新Panamax船の我が国及びEA（東アジア）への就航は、2005年時点の5,000-9,999TEU船の我が国及びEAへの就航状況を反映させた。その結果として、新Panamax船は、対NA（北米）航路において、EA発着に比べて我が国発着の輸送力比率が非常に少なくなっていた（表-3.3）。ここでは、我が国港湾の国際競争力の強化等により、対NA・EU航路において、EA発着と同じ輸送力比率になった場合の排出量を算定した。その結果が、表-3.10のとおり。

表-3.10 北米・欧州航路の大型化の効果

Case	2005年	2015年	2020年
Base Case	12,400	17,318	19,066
大型化	—	17,062	18,830
		-1.5%	-1.2%

(単位:10<sup>3</sup>t-CO<sub>2</sub>)

コンテナ船によるCO<sub>2</sub>排出量に対する削減量は、わずかに約1%強の減少であった。低下量が小さかったのは、2,500-4,999TEU船のトンキロが減少（Base Case比：0.64）し、5,000-9,999TEU船及び10,000-TEU船のトンキロが増加（Base Case比：1.26及び1.35）したものの、2,500-4,999TEU船と5,000-9,999TEU船の排出量原単位にほとんど差がなかった（表-2.7、原単位の差：-5%）ためと考えられる。これは、5,000-9,999TEU船のTEU Capacity平均値を、現状の6,274TEUとしているためで、中央値7,500TEUとは差が出ていた。このため、排出量には、大きくは効かなかったものと考えられる。この対策の評価を行うた

めには、もう少し、TEU階級を詳細に分類する必要があるのかも知れない。

(5) 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（東アジア）主要国で積み換えられる割合は、「海外フィーダー率」と称されており、この割合が2.1%（1993年）→5.3%（1998年）→15.5%（2003年）と急増してきていることが、コンテナ流調の結果から確認され、我が国港湾の国際競争力の低下の一側面と見られている。ここでは、我が国港湾の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。その結果が表-3.11であるが、1/2の場合でCO<sub>2</sub>排出量全体の約9%の減少、1/3の場合で12%の減少が見られた。

表-3.11 海外フィーダー率減少の効果

Case	2005年	2015年	2020年
Base Case	12,400	17,318	19,066
Feeder率	—	15,753	17,315
1/2	—	-9.0%	-9.2%
Feeder率	—	15,231	16,731
1/3	—	-12.1%	-12.2%

(単位:10<sup>3</sup>t-CO<sub>2</sub>)

(6) 超大型鉱石専用船の就航

新興国における鉄需要等を背景として鉄鉱石・石炭の需要が大幅に増加していくものと見られている。これを受け、現在、多量の大型バルクキャリア（Capesize や VLOC）が発注・建造されており、これらが一斉に就航する2010年に、大幅な船腹過剰を懸念する2010年問題も指摘されている（一方、ある程度の割合は、予定通り2010年には就航しないであろうとの観測もある）。このCapesize や VLOC の大量発注については、将来船型の設定において考慮に入れた。しかし、2008年9月11日付日本海事新聞によれば、ブラジル資源大手のバーレが、史上最大の40万DWTのVLOC:12隻を発注したと発表、同船の竣工は2012年予定であり、今のところブラジル-中東間、もしくは、ブラジル-東南アジア間で運航されるとの見込みが示されていた<sup>18)</sup>。しかし、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、その場合の効果を算定した。この結果、ブラジルとの間では、Base CaseでCapesize/VLOCで輸送するとなっていた貨物のほとんどを、この超大型鉱石専用船が輸送することとなった。なお、排出量原単

位については、(財)シップ・アンド・オーシャンの資料<sup>5)</sup>により、鉱石専用船の船型別排出量原単位を算定し、回帰式を外挿して、40万DWT船の原単位を算定した。その結果は表-3.12に、また、超大型鉱石専用船の就航によるCO<sub>2</sub>排出量への効果は、表-3.13のとおり。

表-3.12 40万DWT 鉱石専用船の排出量原単位

DWT階級	中央値	排出量原単位 (t-CO <sub>2</sub> /t/km)
120,000-199,999	160,000	0.0000149
200,000-319,999	260,000	0.0000034
320,000-360,000	340,000	0.0000021
400,000	400,000	0.0000012

表-3.13 超大型鉱石専用船就航の効果

Case	2005年	2015年	2020年
Base Case	61,149	59,907	58,900
大型化	—	58,380	56,902

(単位:10<sup>3</sup>t-CO<sub>2</sub>)

バルクキャリアによるCO<sub>2</sub>排出量に対し、削減量はわずか3%前後の減少であった。ブラジルの輸送トンキロが全体に占める割合は、大きいとはいえ、1割に満たないため、その中の排出量原単位の改善は、全体にはそれほど大きな効果は示さなかった。ただし、この超大型鉱石船がオーストラリア等にも就航した場合には、また状況は変化してくると考えられる。なお、現時点では、オーストラリアの鉄鉱石積み出し港湾、さらには、日本の受け入れ港湾も、満載状態の40万DWTの超大型鉱石専用船への対応は困難な状況と見られる。

## 4. 内航海運による現状排出量の推計

### 4.1 既往の文献

京都議定書及びその上位概念である気候変動枠組条約により、各条約締約国は自国のGHGインベントリ(排出量目録)を条約事務局に提出する責務を有している。国立環境研究所においては、この報告のため、毎年、我が国のGHGインベントリを算定<sup>2)</sup>し、さらに、目録に準拠する形で日本の温室効果ガス排出量データ<sup>3)</sup>を発表している。その中で、内航海運による現状のCO<sub>2</sub>排出量については、表-4.1のとおりとされている。

表-4.1 国立環境研究所<sup>2)</sup>による排出量推計値(2005年)

	CO <sub>2</sub> 排出量	
国内海運	1,297	
うち旅客	500	38.6%
うち貨物	796	61.4%

(単位:万t-CO<sub>2</sub>)

本推計によれば、内航海運の排出量は約1千3百万t-CO<sub>2</sub>、うち約4割が旅客、約6割が貨物である。しかし、この中では、船種毎の排出量は算定されておらず、モーダルシフトの担い手とされるコンテナ専用船、Ro/Ro船及びフェリーによる排出量や、その効率性は不明である。本推計の元データは、国土交通省総合政策局の交通関係のエネルギーデータ<sup>6)</sup>であり、同データの貨物のエネルギー(重油)使用量は、内航船舶輸送統計とほぼ一致していることから、内航海運業法に含まれないフェリーは、上記の貨物には計上されていないものと推察される。

以上の状況を踏まえ、本資料では、我が国の内航海運による貨物輸送にかかるCO<sub>2</sub>排出量を、船種毎に算定することを目的とした。

### 4.2 算定手法

内航海運(貨物輸送)による排出量の推計は、貨物流動量に、船舶による排出原単位を掛け合わせることで算定する。そのフローを図-4.1に示す。

貨物輸送トンキロは、内航船舶輸送統計より、船種別の輸送トンキロを整理する。ただし、フェリーについては、内航船舶輸送統計では把握していないことから、別途、航走台キロと1台当たりの積載重量より求める。貨物は、船種等により、以下に分類した。

- ・コンテナ専用船貨物：コンテナ専用船で輸送される貨物。
- ・Ro/Ro船貨物：Ro/Ro船により輸送される貨物。

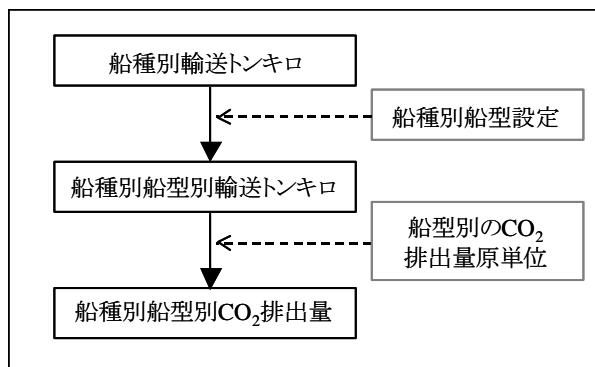


図-4.1 推計フロー

- ・ 在来船貨物：コンテナ専用船貨物及び Ro/Ro 船貨物以外の内航海運業により輸送される貨物。油送船による貨物を含む。なお、内航海運業法による在来船・コンテナ専用船・Ro/Ro 船の総称を、内航貨物船とする。
- ・ フェリー貨物：フェリーにより輸送される貨物。（フェリーは、内航海運業には含まれない）

次に、輸送した船舶の船型（船の大きさ）により、排出量原単位が異なることから、定期運航されるコンテナ専用船、Ro/Ro 船及びフェリーについては、海上定期便ガイド<sup>19)</sup>、内航 RORO 船ガイド<sup>20)</sup>及びフェリー旅客船ガイド<sup>21)</sup>より、在来船については内航船舶輸送統計と日本船舶明細データより、船種別船型別 DWT（載貨重量トン数）を算定し、これにより船型別輸送力比率を求めた。これは、輸送貨物量（メトリック・トン数）が、寄港船の DWT 総計（輸送力）の比率に従うとの仮定である。

最後に、船種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、内航海運（貨物輸送）による CO<sub>2</sub> 排出量を、船種別に推計した。なお、外航海運と同じく、CO<sub>2</sub> 以外の GHG（温室効果ガス）は、推計対象としなかった。

### 4.3 コンテナ専用船・Ro/Ro 船貨物輸送による排出量の推計

本節では、内航のコンテナ専用船・Ro/Ro 船による CO<sub>2</sub> 排出量を推計する。

#### (1) 船種別輸送トンキロの整理

内航船舶輸送統計における大型鋼船の専用船等用途別輸送量より、コンテナ専用船・Ro/Ro 船の輸送トン数及び輸送トンキロを整理した。その結果は、表-4.2 のとおり。

表-4.2 コンテナ専用船・Ro/Ro 船貨物輸送トンキロ

貨物	輸送トン数 (10 <sup>3</sup> t)	輸送トンキロ (10 <sup>6</sup> t・km)
コンテナ専用船貨物	1,619	1,475.4
Ro/Ro船貨物	16,692	16,436.9

#### (2) 船種別船型別輸送トンキロの算定

海上定期便ガイド<sup>19)</sup>及び内航 RORO 船ガイド<sup>20)</sup>より、コンテナ専用船・Ro/Ro 船の DWT（載貨重量トン）、航路距離及び就航便数を整理し、GT（総トン数）階級別の年間輸送力比率を算定した。船型を GT 階級で分けたのは、元データとなる内航船舶輸送統計が、貨物量データを GT 階級別に整理しているためである。その結果を表-4.3 に示すが、コンテナ専用船は全船が 5,000GT 未満であるのに対し、Ro/Ro 船は輸送力の 90%以上が 5,000GT 以上となっており、船型に大きな差が見られた。

表-4.3 コンテナ専用船・Ro/Ro 船船型別輸送力比率

GT階級	コンテナ専用船	Ro/Ro船
-99	0.0%	0.0%
-499	29.6%	0.0%
-999	42.9%	0.0%
-1,999	0.0%	5.5%
-4,999	27.5%	8.8%
-9,999	0.0%	62.7%
10,000-	0.0%	23.0%

船型別輸送力比率に、コンテナ専用船・Ro/Ro 船の輸送トンキロを掛け合わせて、船型別輸送トンキロを算定した。その結果は、表-4.4 のとおり。

表-4.4 コンテナ専用船・Ro/Ro 船船型別輸送トンキロ

GT階級	コンテナ専用船	Ro/Ro船
-99	0.0	0.0
-499	436.0	0.0
-999	633.2	0.0
-1,999	0.0	909.4
-4,999	406.2	1,442.6
-9,999	0.0	10,302.1
10,000-	0.0	3,782.9

(単位: 10<sup>6</sup>t・km)

#### (3) CO<sub>2</sub> 排出量の算定

鈴木<sup>7)</sup>による船種別船型別の詳細な燃料消費量原単位算定式と、日本船舶明細データにより、船型別の CO<sub>2</sub> 排出量原単位を整理した。鈴木<sup>7)</sup>は、内航 Ro/Ro 船及び内航コンテナ船の燃料消費量  $F_o$  (kg/km) を、それぞれ式

(3)及び式(4)のように定めている。

$$Fo_{Cont} = 8.86 \times 10^{-5} \cdot (1 + 0.789 \cdot Lf)^{2/3} \cdot Dwt^{2/3} \cdot V^2 \quad (3)$$

$$Fo_{Ro/Ro} = 2.11 \times 10^{-4} \cdot (Dwt + 577)^{2/3} \cdot V^2 \quad (4)$$

ここに、 $Dwt$  : 船舶の載貨重トン

$Lf$  : 消席率

$V$  : 航行速度 (km/h)

また、燃料消費量原単位の設定にあたっては、航行速度を使用しているが、船型が大きくなると航行速度が上がっているため、船型が大きくなっても、必ずしも原単位が小さくならなかった。航行速度は、日本船舶明細データより設定した。消席率については、フェリーより高めとのヒアリング結果が聞かれたが、具体的な情報がなかったことから、便宜上 80%と置いた。また、CO<sub>2</sub> 排出係数は、内航船舶輸送統計の A・B・C 重油使用量と、ロジスティクス分野における CO<sub>2</sub> 排出量算定ガイドライン<sup>22)</sup>における排出係数より、2.952t-CO<sub>2</sub>/t-Fuel とし、この数値は内航海運共通とした。算定結果を、表-4.5 に示す。

表-4.5 コンテナ専用船・Ro/Ro 船船型別排出量原単位

a) コンテナ専用船

GT階級	DWT平均	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)
-99				
-499	1,324	21.1	16.6	0.0000489
-999	1,794	23.7	17.2	0.0000506
-1,999				
-4,999	3,705	32.9	24.8	0.0000733
-9,999				
10,000-				

b) Ro/Ro 船

GT階級	DWT平均	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)
-99				
-499				
-999				
-1,999	1,347	28.7	41.9	0.0001237
-4,999	3,180	30.0	31.0	0.0000914
-9,999	5,367	34.7	32.6	0.0000964
10,000-	6,252	37.2	35.0	0.0001033

船型別輸送トンキロ(表-4.4)に、排出量原単位(表-4.5)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-4.6 に示す。コンテナ専用船による排出量

表-4.6 コンテナ専用船・Ro/Ro 船 CO<sub>2</sub> 排出量

GT階級	コンテナ専用船	Ro/Ro船
-99	0.0	0.0
-499	21.3	0.0
-999	32.1	0.0
-1,999	0.0	112.5
-4,999	29.8	131.9
-9,999	0.0	992.7
10,000-	0.0	390.8
合計	83.2	1,627.8

(単位: 10<sup>3</sup>t-CO<sub>2</sub>)

は 8 万 3 千 t-CO<sub>2</sub>、Ro/Ro 船による排出量は 163 万 t-CO<sub>2</sub> と推計された。

#### 4.4 在来船貨物輸送による排出量の推計

本節では、内航の在来船による CO<sub>2</sub> 排出量を推計する。

##### (1) 船種別輸送トンキロの整理

内航船舶輸送統計年報における輸送量より、内航貨物船全量からコンテナ専用船・Ro/Ro 船貨物のデータを控除することにより、在来船貨物の輸送トン数及び輸送トンキロを整理した。その結果は、表-4.7 のとおり。輸送トンキロベースで、内航貨物船の貨物の 90%以上が在来船貨物であった。

表-4.7 在来船貨物輸送トンキロ

貨物	輸送トン数 (10 <sup>3</sup> t)	輸送トンキロ (10 <sup>6</sup> t・km)
内航貨物船貨物	396,784	206,528.1
コンテナ・Ro/Ro貨物	18,311	17,912.3
在来船貨物	378,473	188,615.7

##### (2) 船種別船型別輸送トンキロの算定

内航船舶輸送統計では、内航貨物船の GT 階級別の輸送トンキロが整理されている。このデータより、表-4.4 のコンテナ専用船・Ro/Ro 船貨物を控除することにより、在来船の船型別輸送トンキロを算定した。その結果を表-4.8 に示す。なお、内航船舶輸送統計においては、2,000GT 以上は一括となっているため、在来船は 2,000GT 以上は船型を分類しなかった。

表-4.8 在来船の船型別輸送トンキロ

GT階級	内航貨物船	コンテナ船 Ro/Ro船	在来船
-99	104.7	0.0	104.7
-499	59,871.7	436.0	59,538.8
-999	25,536.2	633.2	24,859.5
-1,999	10,552.5	909.4	10,391.5
-4,999		1,848.8	
-9,999	110,463.0	10,302.1	93,721.1
10,000-		3,782.9	

(単位: 10<sup>6</sup>t・km)

(3) CO<sub>2</sub> 排出量の算定

内航船舶輸送統計では、500GT 未満の小型鋼船と、500GT 以上の大型商船の燃料消費量原単位が示されている。そこで、この数値を実測値として、日本船舶明細データの燃料消費量スペック値との比較により、船型別の燃料消費原単位を算定した。その結果を、表-4.9 に示す。

表-4.9 在来船船型別排出量原単位

GT階級	GT平均	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)
-99	50	27.0	0.0000797
-499	350	16.7	0.0000492
-999	760	12.6	0.0000373
-1,999	1,547	11.6	0.0000342
2,000-	5,142	9.5	0.0000279

船型別輸送トンキロ(表-4.8)に、排出量原単位(表-4.9)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-4.10 に示す。在来船による排出量は 683 万 t-CO<sub>2</sub> と推計された。

表-4.10 在来船 CO<sub>2</sub> 排出量

GT階級	在来船
-99	8.3
-499	2,926.3
-999	927.8
-1,999	329.9
2,000-	2,637.6
合計	6,830.0

(単位:t-CO<sub>2</sub>)

4.5 フェリー貨物輸送による排出量の推計

本節では、内航のフェリーによる CO<sub>2</sub> 排出量を推計する。

(1) 船種別輸送トンキロの整理

数字で見る日本の海運・造船<sup>23)</sup>より、フェリーによる自動車航送台キロを整理し、国土交通省海事局によるフェリー・RORO 船・コンテナ船の一般貨物流動調査<sup>24)</sup>より、1 台当たりの積載トン数(メトリック・トン) : 13.36t / 台を掛け合わせるにより、輸送トンキロを算定した。その結果を、表-4.11 に示す。

表-4.11 フェリー貨物輸送トンキロ

貨物	輸送台キロ (10 <sup>6</sup> 台km)	輸送トンキロ (10 <sup>6</sup> t・km)
フェリー貨物	1,139	15,217.0

(2) 船種別船型別輸送トンキロの算定

海上定期便ガイド<sup>19)</sup>及びフェリー・旅客船ガイド<sup>21)</sup>より、フェリーの DWT (載貨重量トン)、航路距離及び就航便数を整理し、GT (総トン数) 階級別の DWT 年間輸送力比率を算定した。特に、短距離フェリーに多い便数の季節変動については、年間の平均便数を算定して対応した。算定結果を、表-4.12 に示す。

表-4.12 フェリー船型別輸送力比率

GT階級	フェリー
-99	2.7%
-499	14.5%
-999	22.3%
-1,999	13.8%
-4,999	15.5%
-9,999	13.0%
10,000-	18.1%

輸送力比率に、フェリー貨物の輸送トンキロ(表-4.11)を掛け合わせて、船型別輸送トンキロを算定した。その結果は、表-4.13 のとおり。

表-4.13 フェリー船型別輸送トンキロ

GT階級	フェリー
-99	411.9
-499	2,210.3
-999	3,395.8
-1,999	2,106.7
-4,999	2,357.0
-9,999	1,984.4
10,000-	2,751.0

(単位: 10<sup>6</sup>t・km)

(3) CO<sub>2</sub> 排出量の算定

コンテナ専用船・Ro/Ro 船と同じ手法により、鈴木に



よる船種別船型別の詳細な燃料消費量原単位算定式<sup>7)</sup>と、日本船舶明細データにより、船型別の CO<sub>2</sub> 排出量原単位を整理した。フェリーにおいても、船型が大きくなると航行速度が上がっているため、船型が大きくなっても、必ずしも原単位が小さくならなかった。なお、鈴木<sup>7)</sup>の資料にはフェリーの算定式が存在しなかったため、船舶構造や荷役形式が類似している Ro/Ro 船の算定式を準用し、消席率は松尾<sup>25)</sup>による数値より 60%とした。航行速度は、日本船舶明細データを用いた。その算定結果を、表-4.14 に示す。

表-4.14 フェリー船型別排出量原単位

GT階級	DWT平均	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)
-99	26	12.7	61.8	0.0001823
-499	128	18.5	63.4	0.0001871
-999	301	22.3	62.4	0.0001842
-1,999	632	27.0	65.2	0.0001926
-4,999	1,256	29.1	55.4	0.0001636
-9,999	3,551	34.3	48.0	0.0001416
10,000-	5,727	37.4	45.9	0.0001354

船型別輸送トンキロ (表-4.13) に、排出量原単位 (表-4.14) 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-4.15 に示す。フェリーによる排出量は 256 万 t-CO<sub>2</sub> と推計された。

表-4.15 フェリーCO<sub>2</sub> 排出量

GT階級	フェリー
-99	75.1
-499	413.6
-999	625.5
-1,999	405.7
-4,999	385.6
-9,999	281.0
10,000-	372.5
合計	2,558.9

(単位: 10<sup>3</sup>t-CO<sub>2</sub>)

#### 4.6 推計結果の考察

本節では、内航海運による貨物輸送にかかる CO<sub>2</sub> 排出量の推計結果について、考察を行う。

##### (1) 国立環境研究所による排出量との比較

4.1 で述べたとおり、国立環境研究所では、交通関係エネルギーデータ<sup>6)</sup>に基づき、内航海運による貨物輸送での CO<sub>2</sub> 排出量を推計している。この推計値と、今回船

種別に推計した結果とを比較した。その結果が、表-4.16 である。内航貨物船計で見ると、国立環境研究所 796 万 t-CO<sub>2</sub> に対し、本資料の推計が 854 万 t-CO<sub>2</sub> であり、概ね一致した。元データとしている輸送トンキロは、いずれも内航船舶輸送統計であることから、推計値の差は、排出量原単位の差である。したがって、この結果より、本推計での排出量原単位の設定が、概ね妥当なものであることが確認できた。

内航海運に、フェリーを追加した内航海運による貨物輸送にかかる CO<sub>2</sub> 排出量は、1 千 113 万 t-CO<sub>2</sub> と推計された。

表-4.16 貨物輸送による CO<sub>2</sub> 排出量推計値の比較

船種	国環研推計	本資料推計
貨物(内航貨物船計)	796	854.1
コンテナ専用船	—	8.3
Ro/Ro船	—	162.8
在来船	—	683.0
フェリー	—	255.9
合計	—	1,112.5

(単位: 10<sup>4</sup>t-CO<sub>2</sub>)

##### (2) 船種間の輸送効率の比較

船種毎に輸送トンキロと CO<sub>2</sub> 排出量を推計したことから、船種間の環境面での輸送効率を、貨物を 1 トン・km 輸送するのに排出する CO<sub>2</sub> の量で比較した。その結果が表-4.17 である。在来船が一番輸送効率が良く、フェリーが一番悪いとの結果となった。在来船の輸送効率が良いのは、原油、石油製品、砂・砂利・石材等のばら積み貨物を、不定期に大量に輸送しているためであり、雑貨等をコンテナやシャーシの荷姿で輸送する他の船種とは単純比較は出来ない。モーダルシフトの担い手とされているコンテナ専用船・Ro/Ro 船及びフェリー (以降、3 船種を「内航ユニットロード船」という) の中では、船型が小さいにもかかわらずコンテナ専用船が一番輸送効率が良かった。一番効率の悪かったフェリーについては、貨物と同時に旅客も輸送しており、旅客輸送分の CO<sub>2</sub> が含まれている。旅客と貨物を比較すると、輸送重量から

表-4.17 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)
コンテナ専用船	56.4
Ro/Ro船	99.0
在来船	36.2
フェリー	168.2
合計	50.2

は貨物が圧倒的であるが、ある程度旅客にあわせた高速運航を行っている場合、燃料消費量が増加することとなる。これらが、フェリーの輸送効率が悪く出ている要因の一つと考えられる。

また、この輸送効率は、外航海運について算定した結果（表-2.22）と同じ単位を用いているが、外航海運の方が圧倒的に船型が大きいため、内航海運の輸送効率は、外航海運に比べて劣っていた（1トン・kmあたりの排出量が5.4倍）。

## 5. 内航海運による将来排出量の推計と排出対策の効果

### 5.1 将来推計

本節では、2015年及び2020年を目標年次として、将来の内航海運による貨物輸送にかかるCO<sub>2</sub>排出量を算定する。

#### (1) 将来貨物量の設定

将来貨物量については、コンテナ専用船・Ro/Ro船・フェリー貨物は、港湾の開発、利用及び保全等の基本方針<sup>11)</sup>の中間値の伸び率により増加していくものとし、在来船貨物については、地球温暖化推進本部による「京都議定書目標達成計画の進捗状況」<sup>26)</sup>より、「海運グリーン化総合対策」を講じた場合から、コンテナ専用船・Ro/Ro船貨物を控除することにより、伸び率を設定した。その結果、将来貨物量を表-5.1のように設定した。それぞれの原典における数値は、付録表-A.3に記載した。貨物量合計は、現状（2005年）から2015年まで年率1.0%増で合計約10%増、2015年から2020年まで年率0.8%増で、現状に比較し約15%増との結果となった。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、それぞれの引用元の貨物量自体と異なっている。また、フェリーについては、1台当たりの積載メトリック・トン（MT）数は変化しないものとした。

表-5.1 将来貨物量の設定

貨物	現状 2005年	将来	
		2015年	2020年
コンテナ専用船	1,619	1,900 +1.6%/年	1,925 +0.3%/年
Ro/Ro船	16,692	19,582 +1.6%/年	19,838 +0.3%/年
在来船	378,473	410,196 +0.8%/年	429,902 +0.9%/年
フェリー	77,448	90,860 +1.6%/年	92,048 +0.3%/年
合計	474,232	522,538 +1.0%/年	543,712 +0.8%/年

(単位:10<sup>3</sup>MT)

#### (2) 将来の船型別輸送力の設定

将来船型については、内航船の建造状況の詳細データが入手できなかったことから、各船種で、2000年から2005年の輸送力比率の変化が、そのまま続くものとして、2015年/2020年の船型別輸送力比率を算定した。2000年から2005年にかけての傾向を見ると、Ro/Ro船及び在

来船は大型化傾向、コンテナ専用船は小型化傾向、フェリーは明確な傾向が見られなかった。そこで、フェリーを除く船種について、船型別に、2000年→2005年で輸送力が増加した場合は、同量の輸送力が増加する、2000年→2005年で輸送力が減少した場合は、輸送力が同率で減少するとした。2015年/2020年の船型設定の結果は、表-5.2のとおりである。

表-5.2 将来の船種別DWT輸送力比率

## (1) 2015年

GT階級	コンテナ専用船	Ro/Ro船	在来船	フェリー
-99	0.0%	0.0%	0.0%	2.7%
-499	42.3%	0.0%	19.8%	14.5%
-999	56.6%	0.0%	8.9%	22.3%
-1,999	0.0%	3.3%	6.2%	13.8%
-4,999		4.9%		15.5%
-9,999	1.1%	55.3%	65.1%	13.0%
10,000-		36.5%		18.1%

## (2) 2020年

GT階級	コンテナ専用船	Ro/Ro船	在来船	フェリー
-99	0.0%	0.0%	0.0%	2.7%
-499	43.1%	0.0%	15.1%	14.5%
-999	56.7%	0.0%	7.0%	22.3%
-1,999	0.0%	2.8%	6.6%	13.8%
-4,999		3.9%		15.5%
-9,999	0.2%	53.4%	71.3%	13.0%
10,000-		39.9%		18.1%

## (3) 推計結果

(1)の将来貨物量に、(2)の船型別の輸送力比率から、船型別の輸送トン、さらには、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年/2020年のCO<sub>2</sub>排出量を推計した。貨物1トン当たりの輸送距離は、変化がないものとした。

推計結果を、表-5.3に示す。いずれの船種も、CO<sub>2</sub>排出量は、増加傾向となっていたが、在来船の2005年→2015年だけは、減少が見られた。Ro/Ro船や在来船では、船型の大型化を織り込んだが、基本的には、排出量は増

表-5.3 2015年/2020年における船種別CO<sub>2</sub>排出量

船種	2005年	2015年	2020年
コンテナ専用船	83	87	88
Ro/Ro船	1,628	1,920	1,948
在来船	6,830	6,819	6,888
フェリー	2,559	3,002	3,041
合計	11,100	11,828	11,965

(単位: 10<sup>3</sup>t-CO<sub>2</sub>)

加するとの推計結果であった。

各年の環境面での輸送効率を比較したのが表-5.4である。コンテナ専用船は、小型の船型の方が、原単位が小さくなっていた(表-4.5a)ことから、船型の小型化により輸送効率が向上していた。Ro/Ro船は、船型と原単位との関係が一定ではない(表-4.5b)が、結果として輸送効率が低下していた。在来船は、船型が大きくなるほど原単位が小さくなっている(表-4.9)ため、船型の大型化により、輸送効率が向上していた。全船種で見ると、在来船の効率上昇の影響が大きく、輸送効率は上昇していた。逆に言えば、全体で輸送効率が上昇しているにもかかわらず、貨物量の増加により、CO<sub>2</sub>排出量は増加していた。

表-5.4 2015年/2020年における船種別輸送効率

船種	2005年	2015年	2020年
コンテナ専用船	56.4	50.2	49.9
Ro/Ro船	99.0	99.6	99.7
在来船	36.2	33.4	32.2
フェリー	168.2	168.2	168.2
合計	50.1	48.6	47.2

(単位: g-CO<sub>2</sub>/t/km)

## 5.2 排出対策の効果推計

先に推計した、2015年/2020年の内航海運による貨物輸送にかかるCO<sub>2</sub>排出量をBase Caseとし、各種排出対策が実施された場合の効果効果を推計する。

## (1) 排出対策の整理

排出対策として、輸送効率向上に資する動きも含めて対象とすることとし、リストアップしたのは、以下のとおり。

内航ユニットロード船を対象とするもの；

- ・減速運航
- ・消席率の向上

なお、Ro/Ro船及びフェリーについては、船舶としての消席率に加え、中に積載するトラックやシャーシの1台当たりの積載率を向上させるのも、貨物の起終点～港湾間の陸上輸送や、港湾における荷積み・荷卸しでは、排出対策として有効と考えられる。しかし、今回の推計では、海上輸送のみに限定し、船舶が積載した重量(メトリック・トン)をもって評価をしていることから、1台当たりの積載率が上昇しても、貨物量が同じであれば差が出ないことから、推計対象とはしなかった。

また、内航ユニットロード船の中では、コンテナ専用船が、Ro/Ro船やフェリーに比べて排出量原単位が小さ

かったことから、試算として、Ro/Ro船・フェリーからコンテナ専用船にシフトした場合も推計した。

在来船については、推計可能な対策が見当たらなかった。また、内航船を対象とした技術開発は、以下のものが見られた<sup>5), 15), 27)</sup>。

- ・スーパーエコシップの開発：船型のスリム化，二重反転ポッドプロペラ，電気推進システム等を採用した船舶で，既存船より割高ではあるが，NEDO（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構）による補助金がある。CO<sub>2</sub>排出量は既存船の3/4とされ，現在までに4隻が建造されている。
- ・プロペラの効率化（外航海運で詳述）
- ・マイクロバブル技術（外航海運で詳述）
- ・超臨海水を活用した船用ディーゼルエンジン開発：現在技術開発中。
- ・代替燃料：外航海運で記載した他，バイオマス燃料を重油に混合する技術も開発中である。

これらの技術については詳細な情報が不明なことから，効果推計の対象とはしなかった。

## (2) 内航ユニットロード船の減速運航

外航コンテナ船と同様，内航ユニットロード船においても，原油価格高騰を受けた減速運航の動きが見られる。内航海運社のまとめ<sup>15)</sup>によれば，例えば，ダイヤモンドフェリーが2008年1月に，大阪～大分，大阪～志布志で航海時間を20～60分延長，太平洋フェリーも2008年10月に名古屋～仙台～苫小牧航路で航海時間を30～40分延長等各社とも減速運航を実施しており，商船三井フェリーでもフェリーに加えRo/Ro船でも減速運航を検討中とされている。そこで，内航ユニットロード船の船速を，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。排出量原単位は表-5.5に，その結果を表-5.6に示す。

内航ユニットロード船の減速による効果は，排出量原単位において，速度が2乗で効いており（式(3)及び(4)参照），10%及び20%減速で，それぞれ，約19%及び約36%減少していることから，そのまま，内航ユニットロード船のCO<sub>2</sub>排出量も，Base Caseから約19%及び約36%の削減となっていた。2020年の10%減速は，現状（2005年）より排出量が少なかった。

表-5.5 減速運航による排出量原単位

### a) コンテナ専用船

GT階級	Base Case	10%減速	20%減速
-99			
-499	0.0000489	0.0000397	0.0000314
-999	0.0000506	0.0000427	0.0000340
-1,999			
2,000-	0.0000733	0.0000593	0.0000468

(t-CO<sub>2</sub>/t/km)

### b) Ro/Ro 船

GT階級	Base Case	10%減速	20%減速
-99			
-499			
-999			
-1,999	0.0001237	0.0001000	0.0000795
-4,999	0.0000914	0.0000740	0.0000585
-9,999	0.0000964	0.0000779	0.0000614
10,000-	0.0001033	0.0000838	0.0000658

(t-CO<sub>2</sub>/t/km)

### c) フェリー

GT階級	Base Case	10%減速	20%減速
-99	0.0001823	0.0001469	0.0001153
-499	0.0001871	0.0001525	0.0001198
-999	0.0001842	0.0001496	0.0001187
-1,999	0.0001926	0.0001560	0.0001233
-4,999	0.0001636	0.0001326	0.0001049
-9,999	0.0001416	0.0001149	0.0000910
10,000-	0.0001354	0.0001099	0.0000865

(t-CO<sub>2</sub>/t/km)

表-5.6 内航ユニットロード船減速運航による効果

Case	2005年	2015年	2020年
Base Case	4,270	5,068	5,137
10%減速	—	4,111	4,167
		-18.9%	-18.9%
20%減速	—	3,244	3,288
		-36.0%	-36.0%

(単位:10<sup>3</sup>t-CO<sub>2</sub>)

## (3) 内航ユニットロード船の消席率の向上

内航ユニットロード船では，原油価格高騰への対応として，減速だけでなく，減便を行っている場合もある。内航海運社のまとめ<sup>15)</sup>によれば，例えば，オーシャン東九フェリーが，東京～新門司航路で，2008年7月に日曜運航を隔週に，9月に日曜運航を休止している。阪九フェリーでも，泉大津～新門司航路で，土曜と日曜の2便ずつ，計4便を休止している。このような休止は，他の航路や他の輸送手段への切り替えに繋がる可能性も考えられるが，同航路の消席率の向上に繋がることが期待されている。そこで，内航ユニットロード船の消席率が，

一律 10% 向上し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。排出量原単位は表-5.7 に、その結果を表-5.8 に示す。

内航ユニットロード船の消席率 10% 上昇による効果は、排出量原単位では、5～9% 減少し、内航ユニットロードの CO<sub>2</sub> 排出量は、Base Case から約 7% の削減であった。

表-5.7 消席率向上による排出量原単位

a) コンテナ専用船

GT階級	Base Case	消席率 10% 上昇
-99		
-499	0.0000489	0.0000445
-999	0.0000506	0.0000480
-1,999		
2,000-	0.0000733	0.0000666

(t-CO<sub>2</sub>/t/km)

b) Ro/Ro 船

GT階級	Base Case	消席率 10% 上昇
-99		
-499		
-999		
-1,999	0.0001237	0.0001154
-4,999	0.0000914	0.0000852
-9,999	0.0000964	0.0000898
10,000-	0.0001033	0.0000963

(t-CO<sub>2</sub>/t/km)

c) フェリー

GT階級	Base Case	消席率 10% 上昇
-99	0.0001823	0.0001692
-499	0.0001871	0.0001737
-999	0.0001842	0.0001710
-1,999	0.0001926	0.0001788
-4,999	0.0001636	0.0001519
-9,999	0.0001416	0.0001315
10,000-	0.0001354	0.0001257

(t-CO<sub>2</sub>/t/km)

表-5.8 内航ユニットロード船消席率上昇による効果

Case	2005年	2015年	2020年
Base Case	4,270	5,009	5,077
消席率 10% 上昇	—	4,658	4,721

(単位: 10<sup>3</sup>t-CO<sub>2</sub>)

(4) Ro/Ro 船・フェリーからコンテナ専用船へのシフト

将来船型の設定のため、2000 年から 2005 年への内航ユニットロード船の輸送力の変化を確認したところ、コ

ンテナ専用船が減少、Ro/Ro 船、長距離フェリーは増加をしていた。同様に、国土交通省港湾局による内航ユニットロード貨物流動調査<sup>28)</sup>では、2000 年調査に比べて 2007 年調査では、コンテナ船が微増（外航フィーダーではない国内貨物減）、Ro/Ro 船が大幅増加していた。同調査では、その理由の一つとして、各船社で、リプレイスに際してコンテナ船から Ro/Ro 船への船種変更が見られたとされている。その結果、コンテナ船は、外航コンテナ船に接続する内航フィーダーに特化していた（内航フィーダーの貨物量比率 2000 年: 12% → 2007 年: 88%）。

ここでは、コンテナ専用船の輸送効率が、Ro/Ro 船及びフェリーより高かったことを踏まえ、コンテナ専用船による内航フィーダー以外の国内貨物が以前と同じように取り扱われることにより、コンテナ専用船による貨物量が増加するものと仮定して、その影響を把握した。具体的には、2015 年/2020 年におけるコンテナ専用船の輸送トンキロが 1.5 倍になり、その分、Ro/Ro 船・フェリーから同量減少するとの仮定である。各船種の DWT 船型別輸送力比率は、変化させていない。その結果を、表-5.9 に示す。

表-5.9 コンテナ専用船へのシフトによる効果

Case	2005年	2015年	2020年
Base Case	4,270	5,009	5,077
コンテナ シフト	—	4,936	5,003

(単位: 10<sup>3</sup>t-CO<sub>2</sub>)

内航ユニットロード船の CO<sub>2</sub> 排出量の変化としては、約 1.5% 弱の減少となった。絶対値としては、僅かな効果であったが、現状（2005 年）におけるコンテナ専用船による輸送トンキロが、内航ユニットロード船全体の 4.5% であることを考えると、この効果は大きいと捉えることも可能である。

## 6. 結論

本資料は、我が国貨物の輸送にかかわる外航・内航海運のCO<sub>2</sub>排出量を船種別に推計し、もって、削減対策を推進することを目的としたものである。本資料で得られた結論は、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。これは、世界全体の外航海運による排出量の約8.5%（輸出入国で折半と仮定）を占め、我が国で販売された国際バンカーによる排出量の約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。
- (2) 外航海運によるコンテナ貨物の直行とフィーダー輸送の環境面での輸送効率（1トンを輸送するのにかかる排出量）を比較したところ、東南アジア、北米、欧州のいずれの地域も、直行の方が、輸送効率が良かった。ただし、北米は両者に大きな差があったのに対し、東南アジア・欧州は、その差は僅かであった。
- (3) 外航海運による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%
    - 日本寄港船の大型化：-1.5%
    - 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%
- (4) 内航海運による貨物輸送にかかるCO<sub>2</sub>排出量は、フェリーを含め、2005年時点で約1千1百万トンと推計された。内訳は、在来船：61%、フェリー：23%、Ro/Ro船：15%、コンテナ専用船：0.7%であった。
- (5) 内航海運による2015年/2020年の排出量は、2005年に比べ、それぞれ7%、9%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。
  - 内航ユニットロード船対象；
    - 減速運航（10%、20%）：-19%、-36%
    - 消席率上昇（10%）：-7%
    - コンテナ専用船へのシフト：-1.5%

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、貨物の流れが変わった場合や、船型・船舶動静が変わった場合の排出量へ

与える影響について、推計を行うことが出来た。今後、我が国の外航・内航海運にかかる最新の動向や各種施策が、貨物流動や船型・船舶動静の変化をもたらすものである場合、この排出量の変化についても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、ロサンゼルス・ロングビーチ港におけるサン・ペドロ湾大気清浄化アクション・プラン（the San Pedro Bay Ports Clean Air Action Plan）の先駆的な取組みに加え、各船舶への環境負荷の格付けや、これに応じて入港料に差を付ける港湾管理者も出てきている。自前の排出量を算定し、カーボンオフセットを宣言する港湾も見られる。また、国際航空分野では、欧州において、排出規制が2011年よりかけられようとしている。さらには、原油高騰を受け、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、我が国に与える影響について、把握していくことが必要である。

(2007年11月14日受付)

## 謝辞

本資料の作成にあたっては、国土交通省港湾局計画課より資料を提供いただきと共に、高橋港湾研究部長、渡部港湾システム研究室長を始め、関係の方々から様々なご助言をいただきました。ここに記し、感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) International Energy Agency：CO<sub>2</sub> Emissions From Fuel Combustion 1971-2005, 2007.
- 2) (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.
- 3) (独)国立環境研究所地球環境研究センター：日本の温室効果ガス排出量データ（1990～2006年度）, 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) 鈴木武：コンテナ船およびRORO貨物船の燃料消費量と長距離内航RORO貨物船輸送における燃料価格上

- 昇の影響, 国土技術政策総合研究所資料, No.494, 2008.
- 8) Drewry : Annual Container Market Review & Forecast 2006/07, 2006.
- 9) 鈴木武 : コンテナクレーンの電飾消費モデルの構築と電力消費原単位の推計, 国土技術政策総合研究所資料, No.214, 2005.
- 10) 環境省・経済産業省 : 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアルVer. 2.3, 2008.
- 11) 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, 2000.
- 12) (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
- 13) AXS Marine : AXS-Alphaliner - Cellular fleet forecast, 2008.
- 14) Fearnleys : Review2007, 2008.
- 15) 内航ジャーナル : 月刊内航海運, Vol.43, No.887, 2008.
- 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) 二田義規・赤倉康寛・渡部富博 : 世界のコンテナ船動静及びコンテナ貨物流動分析 (2008) - 米国 - 東アジア間におけるコンテナ化の動向 -, 国土技術政策総合研究所資料, No.467, 2008.
- 18) 日本海事新聞社 : バーレー 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, 2008年9月11日付記事, 2008.
- 19) 海上定期便の会 : 海上定期便ガイド
- 20) 日刊海事通信社 国土交通省海事局内航課監修 : 内航RoRo船ガイド
- 21) 日刊海事通信社 国土交通省海事局内航課監修 : フェリー旅客船ガイド
- 22) 経済産業省・国土交通省 : ロジスティクス分野におけるCO<sub>2</sub>排出量算定方法共同ガイドラインVer.2.0, 2006.
- 23) (財) 日本海事広報協会 : 数字で見る日本の海運・造船
- 24) 国土交通省海事局 : フェリー・RORO 船・コンテナ船の一般貨物流動調査結果, 2007.
- 25) 松尾智征・赤倉康寛・中野宇助・宮元正治 : 長距離国内貨物輸送における海上輸送分担の推移に関する考察, 土木計画学・講演集, Vol.36, 2007.
- 26) 地球温暖化推進本部 : 京都議定書目標達成計画の進捗状況, 2007.
- 27) 国土交通省 : 交通政策審議会第8回海事分科会参考資料, 2003.
- 28) 国土交通省港湾局 : 平成19年度内貿ユニットロード貨物流動調査 調査結果, 2008.

付録

表-A.1 輸送距離

a-1) コンテナ船（直行）【日本代表港湾：東京港】

相手国／地域	代表港湾	距離 (km)
Korea	Busan (釜山)	1,239
China	Shanghai (上海)	1,941
Taiwan	Kaohsiung (高雄)	2,498
Hong Kong	Hong Kong (香港)	2,956
Thailand	Bangkok	5,539
Malaysia	Port Kelang	5,767
Singapore	Singapore	5,378
USA	Los Angeles	8,090
Netherlands	Rotterdam	20,728
Germany	Hamburg	21,196
EAS	Tandjung Priok	5,989
NA	Los Angeles	8,990
SA	Santos	21,068
OA	Melbourne	9,110
ME	Jawaharlal Nehru	9,888
EU	Rotterdam	20,728
AF	Durban	14,222

a-2) コンテナ船（フィーダー）

相手国	フィーダー先別距離 (km)					
	Korea	China	Taiwan	H Kong	Malaysia	Singapore
Korea	-	492	908	1,140	2,713	2,503
China	492	-	600	845	2,447	2,237
Taiwan	908	600	-	342	1,831	1,621
Hong Kong	1,140	845	342	-	1,670	1,460
Malaysia	2,713	2,447	1,831	1,670	-	210
Singapore	2,503	2,237	1,621	1,460	210	-

相手国	フィーダー先別距離 (km)						
	EAS	NA	SA	OA	ME	EU	AF
Korea	2,839	5,230	11,325	5,193	4,938	10,791	7,284
China	2,523	5,708	11,056	5,193	4,672	10,525	7,015
Taiwan	1,957	6,117	10,443	4,847	4,056	9,909	6,402
Hong Kong	1,789	6,363	10,274	5,076	3,895	9,748	6,233
Malaysia	702	7,879	8,771	4,011	2,238	8,091	4,670
Singapore	527	7,669	8,968	3,842	2,435	8,288	4,867



## b) タンカー【日本代表港湾：千葉港】

相手国／地域	代表港湾	距離 (km)
Saudi Arabia	Ras Tanura	12,238
UAE	Jebel Dhana	12,042
Indonesia	Santan	4,702
Qatar	Umm Said	12,107
Iran	Kharg Island	12,301
Malaysia	Bintulu	5,034
Kuwait	Mina Alahamadi	12,468
Australia	Withnell Bay	6,819
Korea	Onsan (温山)	1,246
China	Dalian (大連)	2,161
Taiwan	Taichung (台中)	2,324
Hong Kong	Hong Kong (香港)	2,961
EAS	Santan	4,702
NA	Nikiski	6,080
SA	Esmeraldas	14,451
OA	Withnell Bay	6,819
AF	Benbuela	18,079
ME	Ras Tanura	12,238
EU	Antwerp (Suez経由)	20,742
//	Antwerp (Good Hope経由)	26,884

## c) バルクキャリア【日本代表港湾：千葉港】

相手国／地域	代表港湾	距離 (km)
Australia	Dampier	6,819
Saudi Arabia	Jubail	12,314
UAE	Dubai	11,736
Indonesia	Bnajarmasin	5,467
USA	San Diego	9,149
China	Shanghai (上海)	1,946
Qatar	Umm Said	12,107
Malaysia	Pasir Gudang	5,480
Korea	Ulsan (蔚山)	1,246
Brasil	Tubarao (Panama経由)	21,702
//	Tubarao (Cape経由)	21,872
Iran	Kharg Island	12,301
Russia	Vostochiny	1,763
Kuwait	Kuwait	12,505
N. korea	Nampo (南浦)	2,087
China	Shanghai (上海)	1,946
Taiwan	Kaohsiung (高雄)	2,504
Hong kong	Hong Kong (香港)	2,961
EAS	Banjarmasin	5,467
NA	San Diego	9,149
SA	Tubarao (Panama経由)	21,702
//	Tubarao (Cape経由)	21,872
OA	Dampier	6,819
ME	Jubail	12,314
EU	Bremerhaven (Suez経由)	21,113
//	Bremerhaven (Good Hope経由)	27,254
AF	Durban	14,229

表-A.2 我が国の外航海運にかかる既往の将来貨物量予測

a) 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（平成16年7月）<sup>11)</sup>

（別表1）港湾取扱貨物量の見通し

	単位	現状 (2001年)	見通し	
			2015年	2020年
国際海上コンテナ	万FT	19,135	28,000 ~ 30,000	30,000 ~ 33,000
	万TEU	1,247	2,000 ~ 2,300	2,200 ~ 2,600

b) 2007 Outlook for the Dry-Bulk and Crude-Oil Shipping Markets<sup>12)</sup>

品目	2002年	2007年	2012年	2017年
原油	204	210	200	190
鉄鉱石	129	139	146	153
原料炭	66	80	85	89
一般炭	97	103	103	103
穀物	25	25	25	24

(単位: 10<sup>4</sup>t)

表-A.3 内航海運にかかる既往の将来貨物量予測

a) 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（平成16年7月）<sup>11)</sup>

（別表1）港湾取扱貨物量の見通し

	単位	現状 (2000年)	見通し	
			2015年	2020年
内貿複合一貫輸送	万FT	90,501	113,000 ~ 117,000	114,000 ~ 119,000

b) 京都議定書目標達成計画の進捗状況<sup>26)</sup>

(年度)	2005	2006	2007	2008	2009	2010
「海運グリーン化総合対策」を講じた場合	298.1	293.6	298.1	302.6	307.0	311.5
施策を実施しない場合	298.1					258.0

(単位: 10<sup>8</sup>t・km)

---

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 497

January 2009

編集・発行 国土技術政策総合研究所

---

本資料の転載・複写のお問い合わせは

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1  
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5019