

平成20年度

船舶からの温室効果ガス及び
大気汚染物質の総排出量算定調査
報告書

船舶からの温室効果ガス削減方策に関する調査研究

平成21年3月

海洋政策研究財団
(財団法人 シップ・アンド・オーシャン財団)

ご あ い さ つ

本報告書は、競艇交付金による日本財団の平成 20 年度助成事業として実施した「船舶からの温室効果ガス削減方策に関する調査研究」事業のうち「船舶からの温室効果ガス及び大気汚染物質の総排出量算定調査」の成果をとりまとめたものです。

1997 年の国際気候変動枠組条約(UNFCCC) 第 3 回締約国会議(COP3)において採択された京都議定書では、外航海運に起因する温室効果ガス(GHG)は先進国においても排出削減の対象に含まれず、国際海事機関(IMO)を通じた作業によって、その抑制を追求することとされました。その後 IMO での審議・作業は大きく進んでおりませんでした。2009 年 12 月にデンマークで開催される国際気候変動枠組条約 第 15 回締約国会議(COP15)では、2013 年以降のポスト京都議定書の枠組みへの合意を目指す必要にせまられていることなどから、欧州諸国の強い働きかけにより、外航海運についても、温室効果ガス排出量の定量的な削減目標と、それに向けての具体的な対策を、IMO だけでなく国際社会に早急に提示し、実行に移していく必要に迫られております。このような GHG 排出量削減の定量的な目標作成のためには、現状における排出量と将来における増減を予測することが前提となります。

しかし、外航海運に起因する燃料消費が GHG 削減対象になっていないことに加え、各国における燃料消費統計の対象が曖昧なことから、国連や OECD のエネルギー消費統計における外航海運に起因する燃料消費量は明らかに過小評価であり、現状の GHG 排出量すら明確にされていない状況におかれています。なかんずく将来の排出量予測に関しては至近数年のトレンドから推測するといった単純な手法しか用いられていない状況にありました。

そこで、当財団では、外航海運に起因する温室効果ガス排出量の削減に向けた国際的な対策を進めるための枠組みを検討し、海事産業が抱える地球温暖化問題の解決に貢献することを目的として、外航海運からの CO2 総量を改めて算定するとともに、その将来予測を行いました。同時に、CO2 以外に京都議定書に定められた地球温暖化物質およびその他の関連物質についてもその算定を行いました。

本調査を進めるにあたっては、国内の有識者はもちろんのこと、海外における有識者とも活発な意見交換を行い、IMO における GHG に関するコンソーシアムを通じて本調査における手法および算定結果を世界に向けて発信することを目指しました。その結果、国際的にも本調査における算定の考え方はほぼ統一された方法論として認められ、計算結果についても相互の検証に使用され、信頼性を増すこととなりました。本調査が今後の議論の基礎になることを願ってやまないものであります。

なお、本調査の実際においては、国土交通省をはじめ海運・海事関係者の方々ほか多くの皆様のご協力をいただきました。これらの方々に対しましてここに厚くお礼を申し上げます。

平成 21 年 3 月

海 洋 政 策 研 究 財 団

(財団法人 シップ・アンド・オーシャン財団)

目 次

1. 調査の概要.....	1
1.1 目的.....	1
1.2 調査内容.....	1
2. 排出係数の検討.....	3
2.1 船舶からの温室効果ガス及び大気汚染物質の排出経路.....	3
2.2 船舶からの排出量が小さいと考えられる物質.....	4
2.2.1 PFCs の排出経路.....	4
2.2.2 SF ₆ の排出経路.....	5
2.3 温室効果ガスの燃焼系排出係数.....	5
2.3.1 CH ₄ の排出係数.....	5
2.3.2 N ₂ O の排出係数.....	7
2.4 その他の関連物質の燃焼時における排出係数.....	8
2.4.1 NO _x の排出係数.....	8
2.4.2 NMVOC の排出係数.....	10
2.4.3 CO の排出係数.....	12
2.4.4 PM の排出係数.....	13
2.4.5 SO _x の排出係数.....	15
3. 排出量の算定.....	17
3.1 現況(2007年)の排出量算定.....	17
3.1.1 燃料消費量の算定方法.....	17
(1) 排出係数の設定.....	18
(2) 活動量の設定.....	19
(3) 国内排出量の算定.....	22
(4) SCR の残留 NH ₃	22
(5) 算定結果.....	23
3.1.2 原油輸送に伴う大気への排出量の算定方法.....	24
(1) S&O(2001)における算定方法.....	24
(2) Phase II Report における算定方法.....	25
(3) 2006 IPCC ガイドラインにおける算定方法.....	27
(4) 原油輸送に伴う VOC 排出量算定方法の評価.....	27
3.1.3 冷媒の漏洩量の算定方法.....	28
(1) HFCs 等の算定方法.....	28
3.1.4 算定結果のまとめ.....	30
3.2 過去における排出量の算定.....	31
3.2.1 算定方法.....	31

3.2.2 算定結果.....	32
3.3 将来の排出量.....	34
3.3.1 算定方法.....	34
(1) 算定対象時期.....	34
(2) 将来の排出係数の考え方.....	34
(3) 将来の活動量の設定方法.....	37
(4) 将来の排出量算定式.....	49
3.3.2 算定結果.....	49
4. 参考文献.....	53
5. 巻末資料.....	54

1. 調査の概要

1.1 目的

外航海運に起因する温室効果ガス排出量の削減に向けた国際的な対策を進めるための枠組みを検討し、海事産業が抱える地球温暖化問題の解決に貢献することを目的として、外航海運からのCO₂総量を改めて算定するとともに、その将来予測を行った。同時に、CO₂以外に京都議定書に定められた地球温暖化物質(CH₄、N₂O、HFCs、PFCs、SF₆)およびその他の関連物質(NO_x、SO_x、PM等)についてもその算定を行った。なお、各算定方法ともに、IMOにおける国際コンソーシアムによるGHG温室効果ガス解析の更新レポート(以下、GHG更新レポート)での算定方法との整合性および差異について検討を行い、その信頼性を相互確認した。

1.2 調査内容

主な調査内容は以下に示すとおりである。

(1) 対象船舶

外航海運に従事する船舶からの排出を対象とした。ここでは漁船および内航船からの排出は対象としてしない。

(2) 対象項目

温室効果ガスとしてCO₂、CH₄、N₂O、HFCs、PFCs、SF₆の6物質、関連物質としてNO_x、NMVOC、CO、PM、SO_x、NH₃の6物質を対象とした。なお、これらの物質は、IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change：気候変動に関する政府間パネル)の定めたUNFCCCの締約国が発行する各国からの排出量算定の対象となっている物質と同一である。

(3) 算定対象時期

全物質ともに、算定対象時期は、現況(基準年)は2007年、将来はIPCCのシナリオA1Bにおける2010年、2020年および2050年とした。また、過年度(1990年から2006年)の排出量についても、トレンドを概略検討した。

(4) 排出係数の設定

CO₂については、燃料種ごとにIPCCレポートなどを参考にしながら設定した。

それ以外の燃焼起源の物質については、排ガス中の平均濃度を設定することで、排出係数を設定できる。IPCCにおいては、熱量あたりの排出係数を設定しているが、本計算においては、燃料種が限定されることから、実質的に同じ手法であると言える。日本やEU等における排出係数に関する文献を精査した上で、現況及び将来の船種毎の排出係数を設定した。なお、将来の排出係数については、MARPOL条約附属書VI改正を考慮して設定を行った。

(5) 排出量の算定方法

① 燃焼起源の排出ガス

外航船舶からの燃料消費量については、隻数分布にしたがい、船種・船型別に年間航行時間、負荷、燃料消費率などその活動量を設定し、ボトムアップで推定を行った。

CO₂ 以外の排出ガスについては、CO₂ 排出量算定に用いられた活動量に関する指標(船種別・船型別・機関別の燃料消費量等)と、上記(4)で設定した排出係数を基にして算定した。隻数および年間活動時間など活動量に関する指標は CO₂ 排出量の算定のベースになったデータを基本的に使用した。

② 非燃焼起源の排出ガス

原油タンカーの荷室から排出される CH₄ を対象に排出量を算定した。

また、NH₃、HFCs、PFCs 及び SF₆ については、可能性のある排出経路を検討した上で、平成 12 年度温室効果ガス(CO₂ 等)の排出削減に関する調査研究報告書「(財)シップ・アンド・オーシャン財団、平成 13 年 6 月)等を参考にして排出量を算定した。

(6) 排出量の算定結果

各物質排出量の算定結果は表 1.2-1 に示すとおりである。IMO 更新レポートと比較すると、CO₂ については将来予測において排出量が少なくなっている。これは当調査が将来における航行速度の減少と荷役効率の向上を見込んでいるためである。また、その他の物質に関しては、2020 年では、CH₄、N₂O、NMVOC、CO 及び SO_x は同程度であるが、PM はやや少なく、NO_x は 7 Gg ほど多くなっている。2050 年ではその差はさらに大きくなり、NO_x では 19 Gg ほど多くなっている。これは、更新レポートが実質的な排出係数を設定しているのに対して、本調査では規制値そのものを排出係数としているためである。

表 1.2-1 外航海運からの排出量 (Gg/年)

物質名\対象年	2007	2010	2020	2050
CO ₂	870.4	911.5	1048.6	2647.7
CH ₄	0.079	0.083	0.095	0.248
N ₂ O	0.023	0.024	0.027	0.071
NO _x	26.1	26.4	27.3	58.7
NMVOC	0.66	0.69	0.80	2.11
CO	2.04	2.14	2.47	6.50
SO _x	13.1	10.8	2.9	7.7
PM	1.62	1.35	0.45	1.20

2. 排出係数の検討

排出係数は、日本や EU 等における算定方法を調査した上で、現況及び将来の船種毎の排出係数を設定した。

2.1 船舶からの温室効果ガス及び大気汚染物質の排出経路

温室効果ガス(CO₂ を除く)及び大気汚染物質(NO_x、SO_x、PM 等)の主な排出経路は、表 2.1-1 に示す経路が考えられる。

燃料の燃焼に伴い発生する物質として、CH₄、N₂O、NO_x、NMVOC、CO、PM、SO_x の 7 項目を検討した。その他、原油輸送時の揮発成分の発生として、CH₄、NMVOC、冷媒の漏洩として HFCs を検討対象とした。検討対象項目及び排出経路は表 2.1-2 に示すとおりである。なお、本調査において船舶からの排出量がないと考えられる物質については 2.2 で後述する。

表 2.1-1 CO₂ 以外の温室効果ガス及び大気汚染物質の主な排出経路

	項目	主な発生経路	船舶運航からの主な発生経路
温室効果ガス	CH ₄ (メタン)	農業、ゴミ廃棄物の腐敗により自然発生する。	燃料の未燃焼分、原油などの移動時に荷室より蒸発漏洩する。
	N ₂ O (一酸化二窒素)	アジピン酸(ナイロン 66 の原料)の生成の副産物などの化学生成。	燃料の未燃焼分(窒素酸化物のごく一部として)排出される。
	HFCs (ハイドロフルオロカーボン)	冷蔵設備よりの自然漏洩、洗浄行程などでの使用時に漏洩する	冷凍船及び冷凍コンテナの冷媒が自然漏洩する。
	PFCs (パーフルオロカーボン)	消火剤。	—
	SF ₆ (六ふっ化イオウ)	高電圧回路などの絶縁ガス 半導体製造プロセスなど。	—
大気汚染物質	NO _x (窒素酸化物)	燃焼に伴って発生。	燃料の燃焼に伴って発生。
	NMVOC (非メタン揮発性有機化合物)	燃料の未燃焼分として排出。 原油からの蒸散	燃料の未燃焼分として排出。 原油からの蒸散。
	CO (一酸化炭素)	炭素を含む物の不完全燃焼に伴って発生。	燃料の燃焼に伴って発生。
	PM (粒子状物質)	(人為起源) ばいじん発生施設からの発生。 燃料などの燃焼に伴う排出。	燃料などの燃焼に伴う排出。
	SO _x (硫黄酸化物)	硫黄を含んだ化石燃料の燃焼により発生。	硫黄を含んだ化石燃料の燃焼により発生。
	NH ₃ (アンモニア)	畜産農業、鶏糞乾燥場等から発生。冷蔵設備よりの自然漏洩。	冷蔵設備よりの自然漏洩。 SCR からの漏洩。

表 2.1-2 検討対象項目及び排出経路

項目		燃焼に伴う 排出	原油輸送に 伴う排出	冷媒の漏洩
温室効果 ガス	CH ₄	○	○	—
	N ₂ O	○	—	—
	HFCs	—	—	○
	PFCs	—	—	—
	SF ₆	—	—	—
大気汚染 物質	NO _x	○	—	—
	NMVOG	○	○	—
	CO	○	—	—
	PM	○	—	—
	SO _x	○	—	—
	NH ₃	△	—	○

注) NH₃ の燃焼に伴う排出は、SCR(選択式触媒還元脱硝装置)からの漏洩のみを対象とした。

2.2 船舶からの排出量が小さいと考えられる物質

2.2.1 PFCs の排出経路

PFCs は温暖化指数 6,500～9,200 の比較的温暖化への影響度合いが高い温室効果ガスである。PFOS(パーフルオロオクタンスルホン酸)も PFC 類に属する。PFOS 関連物質は特殊な表面特性を生成できるため、1950 年代から様々な工業製品に应用されている。応用範囲は、布や紙の表面処理や他のコーティング工業から、クロムメッキや航空機油圧作動液、泡状消火剤などにまで広がっている。

船上で主に使用されるのは AFFF (Aqueous Film Forming Foams, 水性膜泡)型の泡状消火剤である。近年、主な製造業者では、AFFF 製造での PFOS の使用は段階的に廃止されているが、PFOS を含む泡状消火剤はまだ船上に貯蔵されており、使われる可能性もある。PFOS を含む泡状消火剤は様々な船種で使用されているが、可燃性の液体を輸送する船舶やヘリポートのある船舶で大量に使用されている。積み込む量は船舶の大きさにより、数 100～10,000 L 程度である。泡状消火剤は一般的に主システムとして一つのタンクに貯蔵されるが、さらに 20L 程度に小分けして機関室などに貯蔵される可能性がある。PFOS の濃度は通常 0.017-0.037 kg/L 程度であり、1 隻の船舶には 0.3～400 kg の PFOS が積まれている。PFOS は消火システムに入っており、消火システムを使用するときのみ放出される。船舶からの一定の PFCs の排出はなく、漏洩量も無視できるほどである。PFOS の排出に最も関係しているのは船舶のリサイクル過程であり、不適切な処理により消火システムが空にされ、PFOS が排出される可能性がある。

以上のことから、PFC は船舶からの大量排出は考えられない。Phase II Report においても、船舶からの PFC の排出はないものとしている。

2.2.2 SF₆の排出経路

SF₆の地球温暖化指数は23,900であり、地球温暖化への影響度合いが極めて大きい。合成的に生成された気体で、無色、無臭、無味、不燃性で非常に安定した気体であり、しかも無毒である。加えて、高度な化学的安定性と優れた電氣的安定性があるため、変圧器や遮断器といった電力機器の絶縁材料や電流消弧媒体として広く用いられている。SF₆の主な消費者は電力会社やネットワーク配線業者、工業電力消費者などであるが、防音窓やトレーサーガスとしても使われている。

SF₆は圧縮気体の状態で輸送・供給される。電力部門からの主なSF₆排出要因は、保守のためにガスを本管から引く又は填充する時の漏洩、間違って接続した時の漏洩に加え、長時間の微量漏洩がある。

以上のことから、SF₆は船舶からの大量排出は考えられない。Phase II Reportにおいても、船舶からのSF₆の排出はないものとしている。

2.3 温室効果ガスの燃焼系排出係数

現況の排出係数は、2006年IPCCガイドライン及び1996年改訂IPCCガイドラインをはじめとする

表 2.3-1 に示す参考文献の算定方法・排出係数を整理した上で設定した。なお、IPCCガイドラインでは、固体燃料・液体燃料・気体燃料それぞれでOECDおよび各国国内における統計単位が異なる(ton と m³ など)ため、燃料の発熱量あたりの排出係数としている。

外航海運からのCO₂についても、将来的には熱量あたりの排出係数(g-CO₂/MJ など)を設定するが望ましいと考えられる。たとえば、MARPOL 条約付属書 VI の改正により硫黄含有量が0.5%の良質燃料がグローバルに供給される2020年においては燃料の構成が大きく現時点と異なってくる。これは、陸上において軽油の規格が各国間で大きく異なることと同じ状況であり、その場合は質量当たりあるいは体積当たりの排出係数より、熱量あたりの排出係数の方が適用できる燃料範囲が広がるためである。また、通常天然ガスとLNGタンカーにおいて航行中に荷室から発生するBOガスとでは、もともと天然ガス中に含まれるCO₂含有率が大きく異なるため、体積当たりの排出量よりも熱量あたりの排出量を用いた方が、同じく適用範囲が広いと思われる。

2.3.1 CH₄の排出係数

各文献で用いられているCH₄の排出係数は、表 2.3-2 に示すとおりである。文献値は、大きく分けて、7.4~7.5 kg/TJ、1.24 kg/TJ、0.3~0.5 kg/TJの3種の排出係数が用いられていることが解る。EMEP/CORINAIR(2007)と運輸省船舶技術研究所の排出係数は、IPCC2006の排出係数に比べて一桁小さく、その測定例も少ないことから、代表性が他の文献に比較して劣ると考えられる。また、EMEP/CORINAR(2007)の出典IPCC(1997)にも0.05 kg/ton fuelの記載はなく、元出典は不明である。本調査では、IPCC2006の排出係数を用いることとした。

なお、NMVOCについては、「2.4.2 NMVOC」で述べる。

表 2.3-1 排出係数設定の参考文献

IPCC2006	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006年 IPCC ガイドライン)
IPCC1996	Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (1996年改訂 IPCC ガイドライン)
S&O(2001)	平成 12 年度 船舶からの温室効果ガス(CO ₂ 等)の排出削減に関する調査 研究報告書、平成 13 年 6 月、財団法人シップ・アンド・オーシャン財団
S&O(1999)	平成 10 年度 船舶排ガスの地球環境への影響と防止技術の調査研究報告 書、平成 11 年 3 月、財団法人シップ・アンド・オーシャン財団
EMEP/CORINAIR(2007)	EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 2007
環境省(2008)	日本国温室効果ガスインベントリ報告書、2008 年 5 月、 温室効果ガスインベントリオフィス(GIO)編、環境省地球環境局地球温暖 化対策課監修
EC(2002)	Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community, Final Report Entec UK Limited (July 2002)
S&O(2008)	平成 19 年度 船舶起源の粒子状物質(PM)の環境影響に関する調査研究報 告書、平成 20 年 6 月、財団法人シップ・アンド・オーシャン財団
Phase II Report	PREVENTION OF AIR POLLUTION FROM SHIPS Updated 2000 Study on Greenhouse Gas Emissions from Ships Phase II Report.

表 2.3-2 CH₄の燃焼系排出係数の比較

分類	出典	排出係数	排出係数 (換算)	元出典	備考
1	IPCC2006 ^{*1}	7 ± 50% [kg/TJ]	7 ± 50% [kg/TJ]	Lloyd's Register(1995) and EC(2002)	Ocean-going ship
	IPCC1996 ^{*2}	0.007 [g CH ₄ /MJ]	7 [kg CH ₄ /TJ]	Lloyd's Register(1995)	環境省(2008)で採用。 燃料種(軽油、A 重油、 B 重油、C 重油)ごとの 発熱量を用いてリッ トルあたりに換算し た値を使用。
	MEPC45 に提出された コンサルレポート (MEPC45/8) ^{*3}	7.5 kg/TJ (原表記 0.3kg/t-Fuel)	7.5 kg/TJ		
	S&O(2001)採用値	7.5 kg/TJ	7.5 kg/TJ		
	Phase II Report	0.3 [kg/tonne fuel]	7.4 kg/TJ	IPCC2006/CORINAIR	
2	EMEP/CORINAIR ^{*4} (2007)	0.05 [kg/tonne fuel]	1.24 kg/TJ	IPCC(1997)	Engine dependent emission factors
3	運輸省船舶技術研究所 ^{*5}	0.3~0.5 kg/TJ	0.3~0.5 kg/TJ		

換算係数 : 0.0404TJ/tonne Fuel

*1 : 2006 年 IPCC ガイドライン Vol.2, p3.50, Table 3.5.3

*2 : 1996 年改訂 IPCC ガイドライン Vol.3, p1.90, Table 1-48

*3 : CORINAIR90 database, the CORINAIR 1994 default emission factors, the EDGAR Ver2.0 database, National Communications to the FCCC, Berdowski, et al. (1993a and 1993b), Radian Corporation(1990) and US EPA(1995)

*4 : EMEP/CORINAIR(2007) B842-15 Table 8.2

*5 : 船舶技術研究所(2000), 「平成 12 年度船舶技術研究所発表会講演集、船用ディーゼル機関から排出される揮発性有機化合物の計測及び評価」

2.3.2 N₂O の排出係数

各文献で用いられている N₂O の排出係数は、表 2.3-3 に示すとおりである。多くの文献で Lloyd's Register(1995)のデータを基とした 2 kg/TJ(これも 19 の機関を測定した平均値)が用いられており、船舶技術研究所の 0.74~14.36 kg/TJ の範囲内となっている。船舶技術研究所の排出係数は限られた船舶の実測値であることから、本調査では、Lloyd's Register(1995)のデータを元にした IPCC2006 の排出係数を用いることとした。なお、N₂O については触媒性能が劣化した SCR において二次生成するという報告があり、NO_x の tier 3 規制において将来 SCR が多く使用される場合は、その発生量について留意する必要があると考えられる。

表 2.3-3 N₂O の排出係数の比較

分類	出典	排出係数	排出係数 (換算)	元出典	備考
1	IPCC2006*1	2 + 140% - 40% [kg/TJ]	2 + 140% - 40% [kg/TJ]	Lloy's Register(1995) and EC(2002)	Ocean-going ship
	IPCC1996*2	0.002 [g N ₂ O/MJ]	2 [kg CH ₄ /TJ]	Lloy's Register(1995)	環境省(2008)で採用。燃料種(軽油、A重油、B重油、C重油)ごとの発熱量を用いてリットルあたりに換算した値を使用。
	S&O(2001)	0.08 [kg/tonne fuel]	2 [kg/TJ]	IPCC ガイドライン	
	EMEP/CORINAIR (2007)*3	0.08 [kg/tonne fuel]	2 [kg/TJ]	Lloy's Register(1995) IPCC(1997) Cooper(1996)	Engine dependent emission factors
	Phase II Report	0.08 [kg/tonne fuel]	2 [kg/TJ]	IPCC2006/CORINAIR	
2	船舶技術研究所*4	0.12 [g/kg fuel]	2.97 [kg/TJ]		4 cycle engine, 85 % steady load
		0.58 [g/kg fuel]	14.36 [kg/TJ]		4 cycle engine, 25 % steady load
		0.07 [g/kg fuel]	1.73 [kg/TJ]		2 cycle engine, 85 % steady load
		0.03 [g/kg fuel]	0.74 [kg/TJ]		2 cycle engine, 25 % steady load

換算係数 : 0.0404TJ/tonne Fuel

*1 : 2006 年 IPCC ガイドライン Vol.2, p3.50, Table 3.5.3

*2 : 1996 年改訂 IPCC ガイドライン Vol.3, p1.90, Table 1-48

*3 : EMEP/CORINAIR(2007) B842-16 Table 8.2

*4 : S&O(2001)において、船舶技術研究所(2000)、「平成 12 年船舶技術研究所研究発表会講演集、船用ディーゼルから排出される亜酸化窒素の排出特性」より計算

2.4 その他の関連物質の燃焼時における排出係数

2.4.1 NOx の排出係数

各文献で用いられている NOx の排出係数は、表 2.4-1 に示すとおりである。EC(2002)の排出係数も Lloy's Register(1995)を基にした排出係数とほぼ同程度となっている。EC(2002)、EMEP/CORINAIR(2007)、Phase II Report はエンジンスピードや規制の有無により区分した燃料消費量あたりの排出係数を設定しているが、IPCC1996 では 1 区分の燃料消費量あたりの排出係数のみであり、誤差は大きいと考えられる。

しかしながら、NOx 排出係数は本来エンジン規模により異なるため、船舶構成が不明の平均化された燃料消費量あたりの排出係数よりも、エンジン規模(出力)により設定した排出係数を用いる方が適切である。本調査では、エンジン規模(出力)により排出係数を設定した S&O(2008)の方法を採用した。

表 2.4-1 NOx の排出係数の比較

分類	出典	排出係数	排出係数 (換算)	元出典	備考
1	IPCC1996	1.8 [g NOx/MJ]	1800 [kg/TJ]	Lloy's Register(1995)	Ocean-going ship (diesel engines)
2	EC(2002)	91.9~92.8、65.0~ 65.7、59.1~59.6 ^{*1} [kg/tonne fuel]	2275~2298、 1610~1627、 1463~1476 ^{*1} [kg/TJ]	mostly IVL and Lloy's Engineering Service data	海上航行時。エ ンジン、燃料、 場所毎に設定。 表 2.4-2 参照
3	EMEP/CORINAIR (2007)	87, 72, 57 ^{*2} [kg/tonne fuel]	2153, 1782, 1411 ^{*2} [kg/TJ]	Lloy's Register(1995) IPCC(1997) Cooper(1996)	Engine dependent emission factors
4	Phase II Report	89.5, 78.2, (84.9) ^{*3} [kg/tonne fuel]	2215, 1936, 2101 ^{*3} [kg/TJ]		Slow speed
		59.6, 51.4, (56.3) ^{*3} [kg/tonne fuel]	1475, 1272, 1394 ^{*3} [kg/TJ]		Medium speed
		7 [kg/tonne fuel]	173 [kg/TJ]		Boilers
	IPCC2006	-	-	-	記載なし

換算係数：0.0404TJ/tonne Fuel

出典：2006年 IPCC ガイドライン Vol.2, p3.50, Table 3.5.3

出典：1996年改訂 IPCC ガイドライン Vol.3, p1.90, Table 1-48

出典：EMEP/CORINAIR(2007) B842-16 Table 8.2, Table 8.4

*1：slow speed, medium speed, high speed

*2：slow speed, composite factor, medium speed

*3：未規制、Tier1 規制、(2007年の平均)。2000年から2006年は線形補完。

表 2.4-2 EC(2002)の船舶の NO_x 排出係数 (kg/tonne fuel)

エンジン	燃料	主機関		補助機関
		at sea	in port, manoeuvring	at sea, in port, manoeuvring
SSD	MGO	91.9	66.7	—
	MDO	91.9	66.7	—
	RO	92.8	67.4	—
MSD	MGO	65.0	47.5	64.1
	MDO	65.0	47.5	64.1
	RO	65.7	47.9	64.8
HSD	MGO	59.1	43.0	50.2
	MDO	59.1	43.0	50.2
	RO	59.6	43.6	51.1
GT	MGO	19.7	9.1	—
	MDO	19.7	9.1	—
	RO	20.0	9.2	—
ST	MGO	6.9	5.0	—
	MDO	6.9	5.0	—
	RO	6.9	5.1	—

エンジン	
SSD	slow speed deisel
MSD	medium speed deisel
HSD	high speed deisel
GT	gas turbine
ST	steam turbine

燃料	
MGO	marine gas oil
MDO	marine diesel oil
RO	residual oil

元出典：mostly IVL and Lloy's Engineering Service data(船型別に集計した排出係数もある)

2.4.2 NMVOC の排出係数

各文献で用いられている燃焼系 NMVOC の排出係数は、表 2.4-3 に示すとおりである。Lloy's Register(1995)を基にしたグループ 1 の排出係数はエンジン形態によらず 1 つの排出係数が設定されているが、EC(2002)では、エンジンのスピードに応じて 3 つの排出係数が設定されている。なお、IPCC2006 では NMVOC の排出係数は記載されていない。

CH₄ と NMVOC の排出係数比較は表 2.4-4 に示すとおりである。重量比、体積比ともに、EMEP/ CORINAIR(2007)で小さくなっている。

表 2.4-3 NMVOC の燃焼系排出係数の比較

分類	出典	排出係数	排出係数 (換算)	元出典	備考
1	Phase II Report	2.4 [kg/tonne fuel]	59.4 [kg/TJ]	CORINAIR	
	S&O(2008)	2.4 [kg/tonne fuel]	59.4 [kg/TJ]	EMEP/CORINAIR(2006)	
	EMEP/CORINAIR (2007)	2.4 [kg/tonne fuel]	59.4 [kg/TJ]	Lloy's Register(1995) IPCC(1997) Cooper(1996)	Engine dependent emission factors
	IPCC1996	0.052 [g/MJ]	52 [kg/TJ]	Lloy's Register(1995)	Ocean-going ship (diesel engines)
2	EC(2002)	3.1~3.2、2.3~ 2.5、0.9~1.0*1 [kg/tonne fuel]	76~80、58~ 61、23~24*1 [kg/TJ]	mostly IVL and Lloy's Engineering Service data	エンジン、燃料、場 所毎に設定。表 2.4-5 参照
	IPCC2006	-	-	-	CH ₄ のみ記載あり

換算係数：0.0404TJ/tonne Fuel、3.6MJ/kWh

出典：1996年改訂 IPCC ガイドライン Vol.3, p1.90, Table 1-48

出典：EMEP/CORINAIR(2007) B842-16 Table 8.2, Table 8.4

*1：slow speed, medium speed, high speed

表 2.4-4 CH₄ と NMVOC の排出係数の比較

出典	CH ₄ の排出係数	NMVOC の排出係数	CH ₄ /NMVOC 比	
			(重量比)	(体積比)
IPCC1996	0.007 [g/MJ]	0.052 [g/MJ]	13.5 %	3.5 %
Phase II Report	0.3 [kg/tonne fuel]	2.4 [kg/tonne fuel]	12.5 %	3.2 %
EMEP/CORINAIR (2007)	0.05 [kg/tonne fuel]	2.4 [kg/tonne fuel]	2.1 %	0.5 %

注)体積比は、S&O(2006)の実測結果を基に NMVOC の平均分子量を 62 として算出した。

表 2.4-5 EC(2002)の船舶の NMVOC 排出係数 (kg/tonne fuel)

エンジン	燃料	主機関		補助機関
		at sea	in port, manoeuvring	at sea, in port, manoeuvring
SSD	MGO	3.2	8.8	—
	MDO	3.2	8.8	—
	RO	3.1	8.4	—
MSD	MGO	2.5	6.7	1.8
	MDO	2.5	6.7	1.8
	RO	2.3	6.4	1.8
HSD	MGO	1.0	2.7	1.8
	MDO	1.0	2.7	1.8
	RO	0.9	2.6	1.8
GT	MGO	0.3	1.6	—
	MDO	0.3	1.6	—
	RO	0.3	1.5	—
ST	MGO	0.3	0.9	—
	MDO	0.3	0.9	—
	RO	0.3	0.9	—

エンジン	
SSD	slow speed deisel
MSD	medium speed deisel
HSD	high speed deisel
GT	gas turbine
ST	steam turbine

燃料	
MGO	marine gas oil
MDO	marine diesel oil
RO	residual oil

元出典：mostly IVL and Lloy's Engineering Service data(船型別に集計した排出係数もある)

原典では HC 排出係数となっているが、分析方法などから判断して NMVOC であると考えた。

2.4.3 CO の排出係数

各文献で用いられている CO の排出係数は表 2.4-6 に示すとおりである。どの文献値も基データは Lloy's Register(1995)であり、同程度の排出係数となっている。

表 2.4-6 CO の排出係数の比較

出典	排出係数	排出係数 (換算)	元出典	備考
IPCC1996	0.18 [g/MJ]	180 [kg/TJ]	Lloy's Register(1995)	Ocean-going ship (diesel engines)
EMEP/CORINAIR (2007)	7.4 [kg/tonne fuel]	183 [kg/TJ]	Lloy's Register(1995) IPCC(1997) Cooper(1996)	Engine dependent emission factors
Phase II Report	7.4 [kg/tonne fuel]	183 [kg/TJ]	CORINAIR	
S&O(2008)	7.4 [kg/tonne fuel]	183 [kg/TJ]	EMEP/CORINAIR(2006)	
IPCC2006	-	-	-	記載なし

換算係数：0.0404TJ/tonne Fuel

出典：1996年改訂 IPCC ガイドライン Vol.3, p1.90, Table 1-48

出典：EMEP/CORINAIR(2007) B842-16 Table 8.2, Table 8.4

2.4.4 PM の排出係数

各文献で用いられている PM の排出係数は表 2.4-7 に示すとおりである。S&O(2008)の元出典のデータは希釈法による測定結果を用いており、SO₄ 粒子を含む PM 排出係数となっている。EMEP/CORINAIR の排出係数設定に用いた元出典データの測定方法については不明であるが、S&O(2008)と同程度の排出係数となっている。EC(2002)は上記の 2 文献に比べて大きい排出係数となっている。

表 2.4-7 PM の排出係数の比較

出典	排出係数	排出係数 (換算)	元出典	備考
EMEP/CORINAIR (2007)	6.7 [kg/tonne fuel]	166 [kg/TJ]	Cooper and Gustafsson (2004)	Residual fuel
	1.1 [kg/tonne fuel]	27 [kg/TJ]	Cooper and Gustafsson (2004)	Distillate fuel
Phase II Report	6.7 [kg/tonne fuel]	166 [kg/TJ]	CORINAIR	Residual
	1.1 [kg/tonne fuel]	27 [kg/TJ]	CORINAIR	MGO
S&O(2008)	1.44~6.45 [g/kg fuel]	36~149 [kg/TJ]	*1	燃料中硫黄分 0.5~2.7%
EC(2002)	4.4, 4.0, 4.0 ^{*2} [kg/tonne fuel]	109, 100, 100 ^{*2} [kg/TJ]	mostly IVL and Lloy's Engineering Service data	港内航行時の MGO(Marine gas oil)。海上航行時 は設定なし。 表 2.4-8 参照
	4.4, 4.0, 4.0 ^{*2} [kg/tonne fuel]	109, 100, 100 ^{*2} [kg/TJ]		港内航行時の MDO(Marine Diesel oil)。海上 航行時は設定な し。 表 2.4-8 参照
	11.2, 10.3, 10.3 ^{*2} [kg/tonne fuel]	276, 254, 254 ^{*2} [kg/TJ]		港内航行時の Residual oil。海 上航行時は設定 なし。 表 2.4-8 参照
IPCC2006	-	-	-	記載なし
IPCC1996	-	-	-	記載なし

換算係数：0.0404TJ/tonne Fuel

出典：EMEP/CORINAIR(2007) B842-15 Table 8.1, B842-16 Table 8.4

*1：「平成 16 年度船舶排出大気汚染物質削減技術検討調査報告書」(平成 17 年 3 月、(社)日本マリンエンジニアリング学会)

*2：slow speed, medium speed, high speed

表 2.4-8 EC(2002)の船舶のPM 排出係数 (kg/tonne fuel)

エンジン	燃料	主機関		補助機関
		at sea	in port, manoeuvring	at sea, in port, manoeuvring
SSD	MGO	—	4.4	—
	MDO	—	4.4	—
	RO	—	11.2	—
MSD	MGO	—	4.0	1.4
	MDO	—	4.0	1.4
	RO	—	10.3	3.5
HSD	MGO	—	4.0	1.4
	MDO	—	4.0	1.4
	RO	—	10.3	3.5
GT	MGO	—	1.6	—
	MDO	—	1.6	—
	RO	—	4.5	—
ST	MGO	—	2.8	—
	MDO	—	2.8	—
	RO	—	7.1	—

エンジン	
SSD	slow speed deisel
MSD	medium speed deisel
HSD	high speed deisel
GT	gas turbine
ST	steam turbine

燃料	
MGO	marine gas oil
MDO	marine diesel oil
RO	residual oil

元出典：mostly IVL and Lloy's Engineering Service data(船型別に集計した排出係数もある)

2.4.5 SO_xの排出係数

各文献で用いられているSO_xの排出係数は表2.4-9に示すとおりである。各文献ともに燃料中硫黄分を基に排出係数を設定しているため、同程度の排出係数となっている。S&O(2008)については、PMに区分されるSO₄粒子として排出される量を補正してSO_x排出係数を設定しているため、平均硫黄成分から理論上導かれる排出係数と比較して6%ほど小さい設定となっていることに留意されたい。この補正は今後マクロな排出量算定においては、非常に重要な点であり特に将来において燃料中の硫黄分が制限された場合、大きな影響を産む。実際に、欧米で実施された調査では、硫酸塩となった硫黄分とSO_xのままの硫黄分をダブるカウントをしている例が見られる。

表 2.4-9 SO_xの排出係数の比較

出典	排出係数	排出係数 (換算)	元出典	備考
S&O(2008)	9.4~50.6 [g/kg fuel]	233~1252 [kg/TJ]	*1	燃料中硫黄分 0.5~2.7%
EMEP/CORINAIR (2007)	20 * %S [kg/tonne fuel]	495 * %S [kg/TJ]	Lloy's Register(1995)	S:燃料中硫黄分 (%/Wt)
Phase II Report	54 [kg/tonne fuel]	1337 [kg/TJ]	CORINAIR	Residual(2.7%S)
	10 [kg/tonne fuel]	248 [kg/TJ]	CORINAIR	MGO(0.5%S)
EC(2002)	4.9 [kg/tonne fuel]	121 [kg/TJ]	mostly IVL and Lloy's Engineering Service data	海上航行時の MGO(Marine gas oil)。エンジン、 燃料、場所毎に 設定。表 2.4-10 参照
	20.0~20.2 [kg/tonne fuel]	495~500 [kg/TJ]		海上航行時の MDO(Marine Diesel oil)。エン ジン、燃料、場 所毎に設定。表 2.4-10 参照
	53.8~54.0 [kg/tonne fuel]	1332~1337 [kg/TJ]		海上航行時の Residual oil。エン ジン、燃料、 場所毎に設定。 表 2.4-10 参照
IPCC2006	-	-	-	記載なし
IPCC1996	-	-	-	記載なし

換算係数：0.0404TJ/tonne Fuel

出典：EMEP/CORINAIR(2007) B842-15 Table 8.1

*1：「平成16年度船舶排出大気汚染物質削減技術検討調査報告書」(平成17年3月、(社)日本マリンエンジニアリング学会)

*2：slow speed, medium speed, high speed

表 2.4-10 EC(2002)の船舶の SO_x 排出係数 (kg/tonne fuel)

エンジン	燃料	主機関		補助機関
		at sea	in port, manoeuvring	at sea, in port, manoeuvring
SSD	MGO	4.9	4.9	—
	MDO	20.0	20.1	—
	RO	53.8	54.0	—
MSD	MGO	4.9	4.9	5.1
	MDO	20.2	20.2	19.8
	RO	54.0	54.3	54.2
HSD	MGO	4.9	4.9	5.1
	MDO	20.2	20.2	19.8
	RO	54.0	54.3	54.2
GT	MGO	5.2	5.0	—
	MDO	20.0	20.1	—
	RO	54.1	53.9	—
ST	MGO	5.2	5.0	—
	MDO	20.0	20.1	—
	RO	54.1	53.9	—

エンジン	
SSD	slow speed deisel
MSD	medium speed deisel
HSD	high speed deisel
GT	gas turbine
ST	steam turbine

燃料	
MGO	marine gas oil
MDO	marine diesel oil
RO	residual oil

元出典：mostly IVL and Lloy's Engineering Service data(船型別に集計した排出係数もある)

3. 排出量の算定

3.1 現況(2007年)の排出量算定

3.1.1 燃料消費量の算定方法

CO₂の現況排出量は、燃料消費量に燃料種ごとの排出係数を乗じることで求められる。線種・船型のカテゴリ別の燃料消費量は、図 3.1-1 に示すように、船舶数、主機・補機の平均出力、燃料消費率等から算出される。NO_xについては、燃焼状態によりその排出係数が大きく異なるため、燃料あたりの平均排出係数を用いず、カテゴリ別のエンジン平均出力から NO_x 排出係数を直接設定した。これ以外の物質については、CO₂と同じく 2.3 2.4 で検討した平均排出係数をカテゴリごとの燃料消費量に乗じることにより算定できる。

最後に、カテゴリ別の燃料消費量は国内海運・国際海運を区分できないため、IEA によるバンカーオイル販売量より国内海運の排出量を算出し、全体の排出量から差し引きして国際海運からの燃料消費量および CO₂ 排出量を算出した。

各カテゴリの MDO(MGO)と HFO(Residual Oil)の使用割合は、燃料統計値に基づいて、運行形態(Ocean-going shipping、Coastwise shipping、Non-transport shipping)及び船舶の大きさを基に設定した。

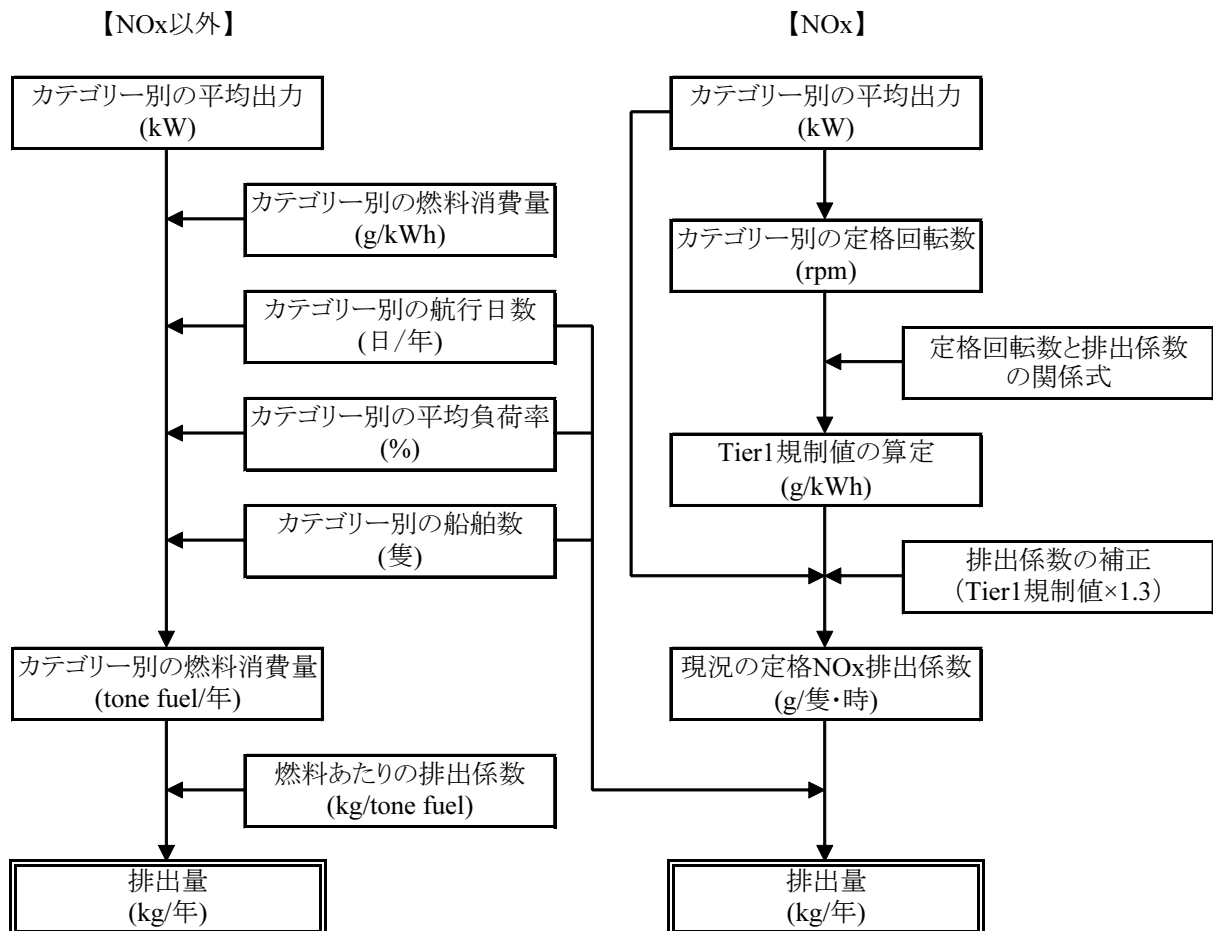


図 3.1-1 算定フロー

(1) 排出係数の設定

2.3.2.4 で検討した NO_x 以外の平均排出係数を、表 3.1-1 に示すとおりとした。

表 3.1-1 現況の排出係数(NO_x 以外)

項目	排出係数 [kg/tonne fuel]		出典
	Residual (S 分 2.7%)	MGO	
CH ₄	0.28	0.30	IPCC2006
N ₂ O	0.081	0.086	IPCC2006
NMVOC	2.4	2.4	EMEP/CORINAR(2007)
CO	7.4	7.4	EMEP/CORINAR(2007)
SO ₂	50.56	9.4	S&O(2008)
PM	6.5	1.4	S&O(2008)

注) 単位換算には、Residual Oil : 0.0404 TJ/tonne Fuel、MGO:0.0430 TJ/tonne Fuel を用いた。

NO_x の排出係数は、定格出力と機関回転数の関係式から回転数を求め、回転数と排出計数の関係から排出係数を設定した。

算定に用いる回転数は、「既存船舶からの世界的な大気汚染物質排出量に関する調査研究」(平成 19 年 3 月、(財)日本船舶技術研究協会資料)による定格出力と回転数の関係式を用いた。この関係式は Lloyd's の登録データに登録されている船舶の主機ディーゼル機関の定格出力と定格回転数から作成されたものである。

回転数と排出係数の関係は、IMO の現行規制値(Tier1)を基本とし、建造年が 2000 年以前の未規制の機関については、現行規制値の 30%増とした。

船齢構成は、Lloyd's Register に登録されており、2007 年に就航している船舶のうち、以下に示す船舶を対象に集計した全船舶の船齢構成を用いた。

- ・ 130 kW 超のディーゼル機関を搭載している船舶 (軍艦を除く)
- ・ 総トン数 100GT 以上の船舶

ただし、年齢構成は船種毎に大きくことなること、また、古い船舶の活用頻度が少ないことが想定され、Lloyd's のデータの船齢構成が活動量を反映していないことなどの問題点があり、今後改善が必要である。

ボイラーについては、S&O(2008)に用いられている 8 kg/tonne fuel を用いた。

表 3.1-2 NO_x 排出係数算定に用いる項目

項目	内容
定格回転数 (rpm)	$101.275 \times (\text{定格出力}[\text{kW}/\text{基}])^{-0.7005} \times 10^3$
Tier1 規制値	定格回転数 130rpm 未満 : 17 g/kW・時 定格回転数 130 rpm 以上 2,000 rpm 未満 : $45 \times (\text{定格回転数})^{-0.2} \text{ g/kW} \cdot \text{時}$ 定格回転数 2,000 rpm 以上 : 9.8 g/kW・時

表 3.1-3 船齢構成

建造年	隻数	%
2000 年～	12,908	17.2
1995～2000 年	10,685	14.2
1990～1995 年	10,533	14.0
1985～1990 年	11,818	15.8
1980～1985 年	13,934	18.6
～1980 年	15,118	20.2
計	74,996	100

(2) 活動量の設定

排出量算定に用いるカテゴリー別の船舶数、主機・補機の平均出力、航行時間、負荷率等のデータは、「PREVENTION OF AIR POLLUTION FROM SHIPS Updated 2000 Study on Greenhouse Gas Emissions from Ships Phase 1 Report」に用いられているデータを用いた。

なお、この活動量データは、外航船登録された船舶による同一国内航行も含まれたデータであることに留意する必要がある。

表 3.1-4(1) 活動量データ

カテゴリー	大きさ	船隻数 [隻]	主機ディーゼル			主機ディーゼル平均出力			燃料の種類	HFO の比率	
			平均 出力 [kW]	航行 日数 [日]	平均 負荷率 [%]	燃料 消費率 [g/kWh]	平均 出力 [kW]	平均 負荷率 [%]			稼働 日数 [日]
01 Crude	Tanker	494	24,610	274	73%	185	1,034	50%	220	HFO	1.0
01 Crude	Tanker	353	17,075	271	80%	185	1,232	50%	220	HFO	1.0
01 Crude	Tanker	651	12,726	254	80%	195	769	50%	230	HFO	1.0
01 Crude	Tanker	180	10,529	238	70%	195	731	50%	230	HFO	1.0
01 Crude	Tanker	245	7,889	238	70%	195	729	50%	230	HFO	1.0
01 Crude	Tanker	114	1,865	180	65%	205	222	50%	230	MDO/HFO	0.4
02 Products	Tanker	198	12,644	171	80%	185	780	50%	230	HFO	1.0
02 Products	Tanker	456	8,482	171	66%	195	736	50%	230	HFO	1.0
02 Products	Tanker	193	4,640	183	70%	205	535	50%	230	HFO	1.0
02 Products	Tanker	466	2,691	177	75%	205	291	50%	230	MDO/HFO	0.4
02 Products	Tanker	3,959	1,032	175	65%	205	123	50%	230	MDO/HFO	0.4
03 Chemical	Tanker	1,010	9,027	251	80%	195	837	50%	220	HFO	1.0
03 Chemical	Tanker	584	5,161	246	80%	195	623	50%	230	HFO	1.0
03 Chemical	Tanker	642	3,252	246	76%	205	416	50%	230	MDO/HFO	0.4
03 Chemical	Tanker	1,659	1,257	180	65%	205	216	50%	230	MDO/HFO	0.4
04 LPG	Tanker	138	13,494	273	70%	195	1,004	50%	220	HFO	1.0
04 LPG	Tanker	943	3,225	180	65%	205	436	50%	230	MDO/HFO	0.4
05 LNG	Tanker	4	37,322	260	70%	175	3,210	50%	220	HFO	1.0
05 LNG	Tanker	239	24,592	274	70%	275	2,610	50%	220	HFO	1.0
06 Other tanker	Tanker	402	1,522	180	65%	205	210	50%	230	MDO/HFO	0.4
07 Bulker	Bulker	119	17,224	281	71%	185	794	60%	450	HFO	1.0
07 Bulker	Bulker	686	15,108	279	70%	185	697	60%	450	HFO	1.0
07 Bulker	Bulker	1,513	9,912	271	70%	195	549	60%	450	HFO	1.0
07 Bulker	Bulker	1,864	8,209	262	70%	195	533	60%	425	HFO	1.0
07 Bulker	Bulker	2,090	6,436	258	70%	195	458	70%	400	HFO	1.0
07 Bulker	Bulker	1,120	1,532	180	65%	205	237	60%	400	MDO/HFO	0.4
08 General cargo	General Cargo	674	5,914	260	80%	195	414	60%	410	HFO	1.0
08 General cargo	General Cargo	1,528	2,939	272	80%	205	235	60%	410	MDO/HFO	0.4
08 General cargo	General Cargo	1,006	868	180	65%	225	90	50%	380	MDO/HFO	0.4
08 General cargo	General Cargo	1,225	7,882	240	65%	195	628	50%	410	HFO	1.0
08 General cargo	General Cargo	1,089	3,720	180	65%	205	401	50%	380	MDO/HFO	0.4
08 General cargo	General Cargo	1,486	1,860	180	65%	205	249	70%	380	MDO/HFO	0.4
09 Other dry	General Cargo	1,239	4,941	256	69%	205	551	60%	360	MDO/HFO	0.4
09 Other dry	General Cargo	228	5,787	235	65%	195	511	60%	360	MDO/HFO	0.4

注)分類の大きさ O:Ocean-going shipping、C:Coastwise shipping、N:Non-transport shipping

表 3.1-4(2) 活動量データ

カテゴリー	大きさ	大きさの分類	船舶数 [隻]	主機ディーゼル				補機ディーゼル平均出力				燃料の種類	HFOの比率
				平均出力 [kW]	航行日数 [日]	平均 負荷率 [%]	燃料 消費率 [g/kWh]	平均出力 [kW]	平均 負荷率 [%]	稼働 日数 [日]	燃料 消費率 [g/kWh]		
10 Container	Unitized	O	118	68,477	241	67%	175	3,081	60%	600	220	HFO	1.0
10 Container	Unitized	O	417	55,681	247	65%	175	2,433	60%	600	220	HFO	1.0
10 Container	Unitized	O	711	34,934	250	65%	185	1,782	60%	500	220	HFO	1.0
10 Container	Unitized	O	667	21,462	251	65%	185	1,359	60%	500	220	HFO	1.0
10 Container	Unitized	C	1,115	12,364	259	65%	195	985	60%	450	220	HFO	1.0
10 Container	Unitized	C	1,110	5,703	180	65%	195	600	60%	400	230	MDO/HFO	0.4
11 Vehicle	Unitized	O	398	13,137	284	76%	195	1,034	70%	300	220	HFO	1.0
11 Vehicle	Unitized	O	337	7,971	271	73%	195	671	60%	300	230	HFO	1.0
12 Roro	Unitized	O	194	15,736	219	65%	185	1,293	50%	360	220	HFO	1.0
12 Roro	Unitized	C	1,517	2,934	180	65%	205	381	50%	360	230	MDO/HFO	0.4
13 Ferry	Passenger	C	984	3,113	262	65%	205	60	60%	360	230	MDO/HFO	0.4
13 Ferry	Passenger	C	2,108	1,213	258	80%	205	79	60%	360	230	MDO/HFO	0.4
13 Ferry	Passenger	C	177	27,395	232	65%	185	785	70%	360	230	MDO/HFO	0.4
13 Ferry	Passenger	C	3,144	4,891	254	74%	205	469	70%	360	230	MDO/HFO	0.4
14 Cruise	Passenger	C	24	66,523	262	65%	175	1,500	70%	360	220	HFO	1.0
14 Cruise	Passenger	C	69	49,779	227	65%	185	3,269	70%	360	220	HFO	1.0
14 Cruise	Passenger	C	130	19,048	227	65%	185	1,780	70%	360	220	HFO	1.0
14 Cruise	Passenger	C	74	4,026	227	65%	225	702	70%	360	230	HFO	1.0
14 Cruise	Passenger	C	202	945	180	65%	205	143	70%	360	230	MDO/HFO	0.4
15 Yacht	Other	N	1,051	2,285	100	50%	205	141	70%	360	230	MDO/HFO	0.4
16 Offshore	Other	N	607	2,546	232	25%	205	69	70%	360	230	MDO/HFO	0.3
16 Offshore	Other	N	1,733	2,527	191	30%	205	316	60%	360	230	MDO/HFO	0.3
16 Offshore	Other	N	550	3,218	205	16%	205	253	60%	360	230	MDO/HFO	0.3
16 Offshore	Other	N	1,190	5,266	210	31%	195	574	60%	360	230	MDO/HFO	0.3
16 Offshore	Other	N	487	2,504	194	34%	205	291	50%	360	230	MDO/HFO	0.3
16 Offshore	Other	N	246	6,195	233	16%	215	667	70%	360	230	MDO/HFO	0.3
16 Offshore	Other	N	273	9,986			195	1,242	70%	360	220	MDO/HFO	0.3
17 Service	Other	N	895	2,386	187	49%	205	367	60%	360	230	MDO/HFO	0.3
17 Service	Other	N	12,330	1,903	215	40%	205	96	50%	360	230	MDO/HFO	0.3
17 Service	Other	N	1,206	2,614	175	43%	205	516	50%	360	230	MDO/HFO	0.3
17 Service	Other	N	992	2,597	180	28%	205	145	70%	360	230	MDO/HFO	0.3
17 Service	Other	N	1,067	2,077	161	25%	205	174	60%	360	230	MDO/HFO	0.3
17 Service	Other	N	813	2,613	156	51%	225	194	60%	360	230	MDO/HFO	0.3
18 Misc	Other	N	12,849	687	285	26%	225	164	70%	360	230	MDO/HFO	0.3
18 Misc	Other	N	9,709	956	261	58%	225	319	70%	360	230	MDO/HFO	0.3
18 Misc	Other	N	1,291	1,388	249	77%	205	236	70%	360	230	MDO/HFO	0.3
18 Misc	Other	N	667	9,000	153	65%	195	647	70%	360	230	MDO/HFO	0.3

注)分類の大きさ O:Ocean-going shipping、C:Coastwise shipping、N:Non-transport shipping

(3) 国内排出量の算定

国際航行の排出量を算出するために、全船舶の活動量から求めた全船舶の排出量から、国内航行による排出量を除く必要がある。国内航行による排出量は、表 3.1-5 に示す IEA の国内燃料消費量データを用いて算出した。

表 3.1-5 IEA による 2007 年の国内燃料消費量

燃料の種類	消費量 (million tonnes)
HFO (Residual)	14.6
MDO (MGO)	21.6
合計	36.2

(4) SCR の残留 NH₃

尿素やアンモニアを用いた選択式触媒脱硝装置(SCR)を搭載している船舶はまだ少数であるが、装置稼働に伴う残留アンモニアの排出の可能性がある。Cooper and Gustafsson (2004)の 17 船舶 66 エンジンの実測調査によれば、残留アンモニア濃度は平均で 15 ppm (15 % O₂)であり、ほとんどのエンジンは 10 ppm 未満であった。安全側を見込んで残留アンモニア濃度を 15 ppm とし、全船舶に SCR が搭載されたとしたときの排出量は表 3.1-6 に示すとおりである。

表 3.1-6 残留 NH₃ の排出量

項目		HFO (Residual)	MDO (MGO)
密度(kg/L)		0.93	0.84
排出ガス係数(m ³ N/L-fuel)		12.2	11.4
排出ガス温度(°C)		280	280
O ₂ 濃度(%)		13	13
推定排出ガス量(m ³ /kg-fuel)		69.7	72.1
残留アンモニア濃度(ppm)		15	15
全船舶	燃料消費量(Gg/yr)	257	76
	総排出ガス量(m ³ /yr)	1.789 × 10 ¹³	0.5511 × 10 ¹³
	総 NH ₃ 排出量(m ³ /yr)	2.684 × 10 ⁸	0.8267 × 10 ⁸
	総 NH ₃ 排出量(Gg/yr)	0.2037	0.0627
	合計(Gg/yr)	0.2664	
国際運行	燃料消費量(Gg/yr)	213	64
	総排出ガス量(m ³ /yr)	1.485 × 10 ¹³	0.4617 × 10 ¹³
	総 NH ₃ 排出量(m ³ /yr)	2.228 × 10 ⁸	0.6926 × 10 ⁸
	総 NH ₃ 排出量(Gg/yr)	0.1691	0.0526
	合計(Gg/yr)	0.2217	

(5) 算定結果

燃焼に伴う排出量は表 3.1-7 に示すとおりである。

IMO における GHG 更新レポートの Phase II Report と比較して、NOx の排出量が 5 Gg ほど多いが、他の項目は同程度である。大きさの 카테고리別排出量は、Ocean-going shipping が最も多く、CH₄、N₂O、NMVOC、CO では 58～59%、NOx では 64%、SO₂・PM では 72～73%を占めている。

表 3.1-7 現況の全船舶の排出量 (Gg/年)

項目	全船舶				国際航行	Phase II Report	
	Ocean-going shipping	Coastwise shipping	Non-transport shipping	合計		全船舶	国際航行
CH ₄	0.055	0.026	0.014	0.096	0.079	0.10	0.08
N ₂ O	0.016	0.007	0.004	0.027	0.023	0.03	0.02
NOx	19.7	7.5	3.5	30.7	26.1	25	20
NMVOC	0.47	0.21	0.12	0.80	0.66	0.8	0.7
CO	1.44	0.66	0.36	2.46	2.04	2.5	2.0
SO ₂	10.5	2.9	1.1	14.6	13.1	15	12
PM	1.31	0.36	0.14	1.80	1.62	1.8	1.5

Phase II Report の値は、非公開バージョンの暫定値である

3.1.2 原油輸送に伴う大気への排出量の算定方法

(1) S&O(2001)における算定方法

S&O(2001)において、原油輸送に伴う大気への排出量は、積荷航海時、バラスト航海時、揚げ荷時及び積み荷時の4つのフェーズに分けて算定されている。

算定方法は表 3.1-8、算定結果は表 3.1-9 に示すとおりである。CH₄濃度はVOC濃度の15%volとし、原油の総移動量はFearnleyの統計値を用いている(1996 Energy Statistics Yearbook)。なお、NMVOC排出量は、CH₄排出量の約10倍程度の放出がある。

表 3.1-8 原油輸送時の VOC 算定方法

フェーズ	算定に用いる仮定
積荷航海時	積荷航海時の原油ガス排出量:1週間あたりにガス体積として積荷量の5%程度 ¹⁾ 原油ガス中のVOC割合:45 vol% ²⁾ 平均輸送日数:3week
バラスト航海時 (空き荷航海時)	バラスト航海時の原油ガス排出量:1週間あたりにタンク容量の3%程度 ¹⁾ + 原油洗浄時のVOC濃度:タンク容量の15%程度 ²⁾
揚げ荷時	揚げ荷時の原油ガス排出量:原油入荷総体積の6%程度 ¹⁾
積み荷時	積み荷時の原油ガス排出量:1.8×原油積み込み量(m ³) ²⁾ VOC容積:0.72×原油積み込み量(m ³) ²⁾

- 1) API(AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, 1981): Atmospheric Hydrocarbon Emission From Marine Vessel Transfer Operations, Publication 2514A.(IPCCガイドラインにおいて原油移動時のCH₄排出量推定方法の原典となっている)
- 2) 平成12年度船舶からの温室効果ガス(CO₂等)の排出削減に関する調査研究報告書、平成13年6月、財団法人シップ・アンド・オーシャン財団

表 3.1-9 原油輸送時の CH₄ 算定結果

国種別	原油移動総量(10 ³ m)		原油輸送に伴う排出量(10 ³ トン/年)				合計
	輸出	輸入	積荷時	揚げ荷時	積荷航海時	バラスト航海時	
附属書I 締結国	466,299	1,407,873	29.5	7.3	1.4	1.0	39.3
附属書I 締結国以外	1,437,647	542,461	91.0	2.8	4.4	0.3	98.5
合計	1,903,876	1,950,334	120.5	10.1	5.9	1.3	137.9

(2) Phase II Report における算定方法

Phase II Report では、4 つの算定方法を検討している。

(a) 輸出入されるカーゴの総体積に基づく算定方法

エネルギー研究所の炭化水素管理委員会 4A (The Energy Institute Hydrocarbon Management Committee 4A; HMC-4A)では、世界中の原油の航行データを収集・解析している。2006 年のデータベースには、船舶による世界中の原油輸送量の 40%の積荷・荷揚げデータが含まれている。それゆえ、このデータベースは全世界の状況を推計するのに十分な大きさである。

データベースには、各航海データの正味の積荷量(体積)と荷揚量(体積)の差から求めた正味の損失量(体積)がある。2006 年の平均損失量は、積荷量(体積)の 0.177%である。これは、算出に用いられた積荷・揚荷量(体積)の測定誤差 2%よりも小さい。2006 年の損失量(体積)の標準偏差は 0.31% である。

このデータは VOC 放出による体積量の変化のみを示しているので、作業中・運搬中などのどの過程で VOC が放出されたのか、CH₄ と NMVOC の割合などは特定できない。

体積による損失量よりも重量損失量は 25~40%小さくなる計算例が数例ある。重量損失量が体積による損失量の 30%と仮定すると、2006 年の平均損失量(体積)の 0.177%は、重量損失量で 0.124% となる。

BP 株式会社の世界エネルギー統計によれば、2006 年の原油輸送量は 1941 Gg であり、CH₄ と NMVOC を合わせた VOC 排出量は、最大で 2.4 Gg と計算される。

(b) 積荷・揚荷時の原油蒸気圧に基づく算定方法

A.P.I. Bulletin No.2518 のタンクからの排出量算定モデルを用いて、積荷・揚荷時の原油蒸気圧から VOC 排出量を算定した。算定モデルは、原油サンプル及び 32 隻のデータに基づいている。

このモデルを用いた結果、1 航海の VOC 排出量は積荷の 0.26 重量%となった。この値は、積荷・荷揚げの損失量を含む「(a) 輸出入されるカーゴの総体積に基づく算定方法」による算定結果の 2 倍である。この結果については、標準的な排出係数を用いた解析結果や以下に示す直接測定した結果とも異なる。

(c) VOC/NMVOC 排出量の直接測定

MARINTEK/SINTEF は、20 年以上かけて、北海油田においてタンカーに積荷しているときの VOC 排出量測定を、多数実施してきた。この直接測定は、流出量、圧力、温度、積荷タンクから放出されるガスの成分を測定している。

VOC 排出量は変動しやすく、測定された排出量は 0.04~0.27 重量%の範囲であった。同じ産地でも VOC 損失量に 2 倍ほどの差がある。沖合積荷が沿岸積荷と異なるひとつの重要な要因は、積荷している間も移動していることである。全く動かないときと大きな横揺れるときでは変わる可能性がある。おそらく、この可能性が同じ産地で VOC 排出量が大きく変動する要因となっている。原油の成分や温度も VOC 排出量の変化の重要な要因である。

これらの測定結果から平均 VOC 排出量を計算した例はない。個々の測定結果には、不確定要素などのある種の重みが含まれているが、この重みを無視すれば、平均 VOC 排出量は 0.18 重量%程度となる。この値は、「(a) 輸出入されるカーゴの総体積に基づく算定方法」による算定結果よりもいくらか大きい。これは、「(a) 輸出入されるカーゴの総体積に基づく算定方法」による算定結果が輸送時・荷揚げ時の排出量を含んでいたとしても、多くが沿岸ターミナルの積荷のデータであることによるかもしれない。

MARINTEK は排出ガスの成分を測定しているので、VOC 排出量を CH₄ と NMVOC に分けることができる。VOC 排出量に対する CH₄ の割合は、0~0.5 の範囲で変動し、0.5 は原油に CH₄ が多く含まれる産地の値である。多くの産地では、この割合は 0.02~0.1 である。

公表された原油の成分では CH₄ は検出下限値を示しているが、VOC 排出量中では測定されることは興味深い。

測定結果には、積荷された航海中の NMVOC 排出量も含まれている。概して航海は短く、0.5~4 日程度である。積荷航海中の NMVOC 排出量は、原油の成分や温度などの要因により、積荷時の NMVOC 排出量の 0~10%程度である。

(d) 標準排出係数に基づく公表値

Endresen et al(2003)は原油輸送からの VOC 排出量をモデル化した。この研究は船舶からの VOC 排出量の地理的分布を供給し、気候影響評価に用いられている。Endresen et al(2003)は原油積荷時・輸送時・荷揚げ時の VOC 排出係数を用いて、量・場所を算定し、輸送パターンについても見積もった。揚荷時・輸送時の VOC 排出係数は AP-42 の排出係数(129 mg/litre、150 mg/litre)を基にした。積荷時の排出係数は EMEP/CORINAR による HC 排出量・排出係数データ(積荷量の 0.1 %)を基にした。これらの値は主機関からの VOC 排出量(CH₄ : 0.3 kg/ton fuel、NMVOC : 2.4kg/ton fuel)も含んでいる

見積もられた輸送パターンを用いて、1 航海あたりの VOC 排出量を積荷量の 0.15%と算定した。このシミュレーションモデルでは、VOC 排出量を積荷時 70%、航海時 27%、揚荷時 3%と配分した。

(3) 2006 IPCC ガイドラインにおける算定方法

2006 IPCC ガイドラインにおいても、「Fugitive Emission」の章で原油輸送時の排出係数について整理されている。CH₄ については検出下限値未満とされているが、ノルウェーのデータでは原油輸送時の CH₄ 排出係数 1.0～3.6 Gg/1000m³ が示されている (Norwegian Pollution Control Authority,2000)。しかし、原油の比重を 0.82 とすると、0.82 Gg あたり 1.0～3.6Gg の排出量となり、単位の誤記の可能性がある。「The Norwegian Emission Inventory」 (Norwegian Pollution Control Authority,2007)では、～0.36 g/m³ が示されていることから、正しくは 1.0～3.6×10⁻⁵Gg/1000m³ であると考えられ、原油輸送量の 0.004 %程度であると完がられる。

表 3.1-10 2006IPCC の原油輸送時の排出係数(Gg/1000m³)

Category	CH ₄	NMVOC	N ₂ O	備考
Oil Transport	ND	ND	NA	沿岸におけるタンカー船への積荷時

注) ND：検出下限値未満、NA：定量下限値未満

(4) 原油輸送に伴う VOC 排出量算定方法の評価

利用できるデータを考慮すると、エネルギー研究所のデータベースが排出量全体を代表するのに最もよいデータとして選択された。CH₄ と NMVOC の配分は、0.02～0.1%の範囲を示す MARINTEK の測定結果を基に算定した。この後者の算定は、MARINTEK が測定した北海における原油の性状、原油タンク清浄方法やタンク内空気の置換頻度などの運航状況が世界の平均的な状況を代表していない可能性が高く、不確実性が大きい。

算定結果は表 3.1-11 に示すとおりである。

表 3.1-11 Phase II Report の VOC 算定結果(Gg/yr)

NMVOC	2.3
CH ₄	0.14
Total	2.3

3.1.3 冷媒の漏洩量の算定方法

(1) HFCs 等の算定方法

HFCs は代替フロン的一种であり、冷蔵・冷凍コンテナやエアコンディショナーの冷媒として用いられる。

当初、冷媒として用いられていたのはアンモニアであったが、粘膜に対する刺激性が強く、より扱いやすい代替品が求められていた。その代替品として 1930 年頃に登場したのがフロン(CFCs)であり、科学的・熱的に極めて安定であるため、「夢の化学物質」としてもてはやされた。

1970 年代になるとオゾン層破壊が問題となり、その原因物質であるフロン(CFCs)の製造・輸入が禁止され、代替フロンとして HCFCs や HFCs が登場した。しかし、HCFCs のオゾン層破壊係数は小さいがオゾン層破壊物質であるために、先進国では 2020 年までに陸上の使用機器を全廃することになっている。船舶についても MARPOL 条約付属書 VI において 2020 年以降は新造船への使用が禁止された。今後、HCFCs の代替として HFCs の使用が急増することが懸念される。HFCs の急増については、S&O(2001)では考慮されていないが、Phase II Report では考慮されている。HFCs の中には温暖化指数(GWP)が非常に高い物質もあるため、EU 諸国では地球温暖化指数(GWP)の低い HFCs や代替 HFC の開発が奨励されている。

HFCs については、S&O(2001)、Phase II Report において算定されている。

(a) S&O(2001)の算定方法

聞き取り調査結果をもとに、冷蔵・冷凍コンテナの耐用年数を 20 年とし、この間に 20 ft 冷蔵・冷凍コンテナの初期冷媒注入量(約 30 kg)のおおよそ 3~5 倍の冷媒量が補給されると仮定して算定した。

流通するコンテナ数は Nomadic 資料に基づき、1995 年で約 61 万 TEU¹、1997 年で 61 万×1.12 (年 6%の伸びと仮定) = 約 68.3 万 TEU とすると、全冷媒量は $683 \times 10^3 \times 30 \text{ kg} = 20,496 \text{ t}$ と計算された。この補給量すべてが大気中に放出されたとすると、年間の平均漏洩量は $3.07 \sim 5.12 \times 10^3 \text{ t}$ となる。

¹ TEU:コンテナ船の積載能力を示す単位、Twenty-foot equivalent units。1TEU は、20 フィートコンテナ 1 個分を示す。

コンテナ船の積載能力は、TEU(twenty-foot equivalent units)という単位で表現され、これは国際標準化機構(ISO)によって規格化され海運業界の標準となっている 20 フィート(6m)コンテナの 1 個分に相当する。例えば 4,000 TEU といえは 20 フィート・コンテナを 4,000 個積める大きさの船ということになる。現在では積載するコンテナの主流は 40 フィート(12m)コンテナとなりつつあるため 4,000 TEU では 40 フィート・コンテナが 2,000 個積めることになる。

(b) Phase II Report の算定方法

Phase II Report では、船舶からの冷媒排出量について最も包括的に評価された UNEP の最近のレポート(UNEP2006)を基にしている。

① 冷蔵船

冷蔵船は近年製造されておらず、1994 年以降、わずかに減少している。冷媒として HCFC-22 を使用している冷蔵船は顕著に減少しており、新しい冷蔵船に使用される冷媒は HFCs が支配的である。

10,000 cb.ft.以上の冷蔵船は約 1,250 隻である。

冷蔵船の約 90 %がまだ HCFC-22 を使用している。1970 年代にすべての船舶(1~5 ton の HCFC を使用)が廃棄されたので、HCFC-22 の貯蔵は 3000 t に減少した。

冷蔵船の約 10 %は HFCs を使用した間接システムであり、1 隻あたり 0.5~1 ton の冷媒を貯蔵している。HFC の貯蔵は約 100 t である。

1993 年以降の新造船では、R717(アンモニア)を使用した冷蔵システムが増えている。

排出量は HCFCs を冷媒に用いた古いシステムでは多く、年間 20%と見積もられるが、新しい間接システムでは年間 5~10%低くなる。

表 3.1-12 冷蔵船の冷媒貯蔵量と排出量

物質	貯蔵量 (t/年)	排出量 (t/年)	備考
HCHC-22	3,000	600	年間 20%
HFC	100	15	年間 15%
R717	20	3	年間 15%

② 商船、海軍及び漁船の冷蔵・空調

商船、海軍及び漁船の隻数は約 64,000 隻(30GT 以上)であり、約 45,000 隻は冷蔵・空調の冷媒に HCFC-22 を使用している。HFCs を使用しているのは約 23,650 隻、R717(アンモニア)を使用しているのは約 1,000 隻である。

表 3.1-13 商船、海軍及び漁船の冷蔵・空調の冷媒貯蔵量と排出量

物質	貯蔵量 (t/年)	排出量 (t/年)	備考
HCHC-22	10,000	2,500	年間 25%
HFC	2,000	400	年間 20%
R717	20	4	年間 5%
CFC	50	15	年間 3%

3.1.4 算定結果のまとめ

全船舶の現況(2007年)の排出量は表 3.1-14、国際航行による現況(2007年)の排出量は表 3.1-15 に示すとおりである。なお、原油輸送に伴う排出、冷媒の漏洩はすべて国際航行からの排出とした。

表 3.1-14 全船舶の現況排出量(Gg/yr)

項目		燃焼に伴う排出	原油輸送に伴う排出	冷媒の漏洩	合計
温室効果ガス	CH ₄	0.096	0.14	—	0.236
	N ₂ O	0.027	—	—	0.027
	HFCs	—	—	0.0004	0.0004
	PFCs	—	—	—	—
	SF ₆	—	—	—	—
大気汚染物質	NO _x	30.7	—	—	30.7
	NMVOc	0.80	2.3	—	3.1
	CO	2.46	—	—	2.46
	PM	1.80	—	—	1.80
	SO _x	14.6	—	—	14.6
	NH ₃	0.266	—	0.000007	0.266

表 3.1-15 国際航行の現況排出量(Gg/yr)

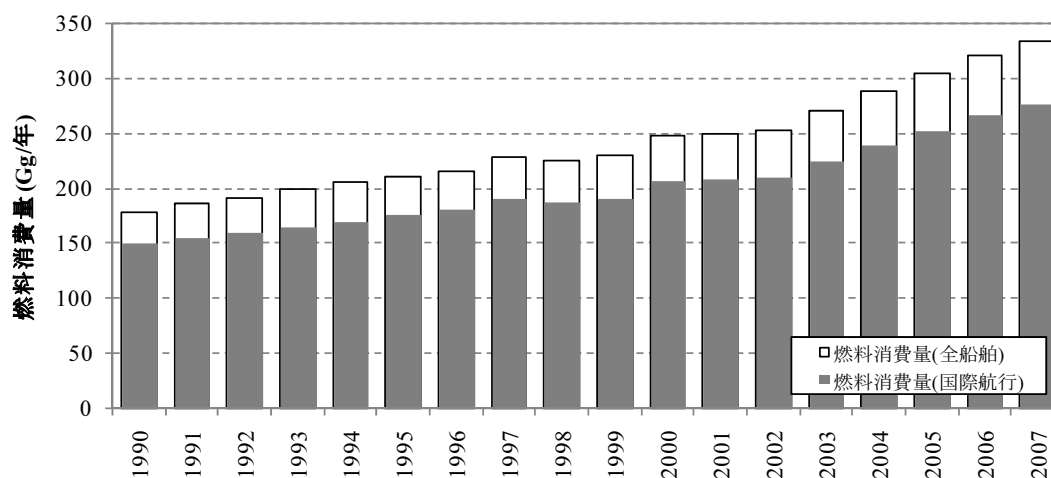
項目		燃焼に伴う排出	原油輸送に伴う排出	冷媒の漏洩	合計
温室効果ガス	CH ₄	0.079	0.14	—	0.213
	N ₂ O	0.023	—	—	0.023
	HFCs	—	—	0.0004	0.0004
	PFCs	—	—	—	—
	SF ₆	—	—	—	—
大気汚染物質	NO _x	26.1	—	—	26.1
	NMVOc	0.66	2.3	—	2.96
	CO	2.04	—	—	2.04
	PM	1.62	—	—	1.62
	SO _x	13.1	—	—	13.1
	NH ₃	0.222	—	0.000007	0.222

3.2 過去における排出量の算定

3.2.1 算定方法

1990年から2007年の排出量は、船舶排出量が燃料消費量に比例すると仮定し、過去の燃料消費量を用いて算定した。過去の燃料消費量の推移を図3.2-1に示す。

排出係数については、現況の排出係数が大きく変わらないと考え、現況の排出係数を用いた。ただし、NO_xについては、現況の排出係数には2000年から導入されたTier1規制の効果が含まれているため、2000年以前は未規制の排出係数を用いて算定し、2001年以降はTier1規制に対応した船舶が同割合で増加するものと仮定して算定した。



出典：Phase II Report

図 3.2-1 1970年～2007年の燃料消費量

3.2.2 算定結果

1990年から2007年までのそれぞれの物質年間排出量は、表 3.2-1、表 3.2-2 に示すとおりである。

表 3.2-1 全船舶の燃焼系排出量 (Gg/年)

年	燃料消費量 (Gg/年)	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	NM VOC	CO	SO _x
1990	179	564.6	0.051	0.015	17.2	0.43	1.32	7.9
1991	187	589.8	0.054	0.015	17.9	0.45	1.38	8.2
1992	191	602.5	0.055	0.016	18.3	0.46	1.41	8.4
1993	199	627.7	0.057	0.016	19.1	0.48	1.47	8.7
1994	205	646.6	0.059	0.017	19.7	0.49	1.52	9.0
1995	211	665.6	0.061	0.017	20.2	0.51	1.56	9.3
1996	216	681.3	0.062	0.018	20.7	0.52	1.60	9.5
1997	228	719.2	0.065	0.019	21.9	0.55	1.69	10.0
1998	226	712.9	0.065	0.019	21.7	0.54	1.67	9.9
1999	230	725.5	0.066	0.019	22.1	0.55	1.70	10.1
2000	248	782.3	0.071	0.020	23.7	0.60	1.83	10.9
2001	250	788.6	0.072	0.020	23.7	0.60	1.85	11.0
2002	253	798.0	0.073	0.021	23.9	0.61	1.87	11.1
2003	270	851.7	0.077	0.022	25.3	0.65	2.00	11.8
2004	289	911.6	0.083	0.024	26.9	0.69	2.14	12.7
2005	304	958.9	0.087	0.025	28.2	0.73	2.25	13.3
2006	321	1012.5	0.092	0.026	29.6	0.77	2.37	14.1
2007	333	1050.4	0.096	0.027	30.7	0.80	2.46	14.6
2007/1990	186%	186%	186%	186%	179%	186%	186%	186%

表 3.2-2 国際海運の燃焼系排出量 (Gg/年)

年	燃料消費量 (Gg/年)	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	NM VOC	CO	SO _x
1990	149	468.2	0.042	0.012	14.3	0.36	1.10	7.1
1991	155	487.0	0.044	0.013	14.9	0.37	1.14	7.3
1992	159	499.6	0.045	0.013	15.3	0.38	1.17	7.5
1993	165	518.4	0.047	0.013	15.8	0.39	1.22	7.8
1994	170	534.2	0.048	0.014	16.3	0.41	1.25	8.1
1995	176	553.0	0.050	0.014	16.9	0.42	1.30	8.3
1996	180	565.6	0.051	0.015	17.3	0.43	1.33	8.5
1997	190	597.0	0.054	0.015	18.2	0.45	1.40	9.0
1998	188	590.7	0.054	0.015	18.0	0.45	1.39	8.9
1999	191	600.1	0.054	0.016	18.3	0.46	1.41	9.1
2000	206	647.3	0.059	0.017	19.6	0.49	1.52	9.8
2001	208	653.6	0.059	0.017	19.7	0.50	1.53	9.9
2002	210	659.8	0.060	0.017	19.8	0.50	1.55	10.0
2003	225	707.0	0.064	0.018	21.1	0.54	1.66	10.7
2004	240	754.1	0.068	0.020	22.4	0.57	1.77	11.4
2005	253	794.9	0.072	0.021	23.4	0.61	1.87	12.0
2006	267	838.9	0.076	0.022	24.6	0.64	1.97	12.7
2007	277	870.4	0.079	0.023	26.1	0.66	2.04	13.1
2007/1990	186%	186%	186%	186%	182%	186%	186%	186%

表 3.2-3 全船舶の原油輸送に伴う排出量 (Gg/年)

年	燃料消費量 (Gg/年)	原油輸送に伴う排出	
		CH ₄	NMVOc
1990	179	0.08	1.22
1991	187	0.08	1.27
1992	191	0.08	1.30
1993	199	0.09	1.35
1994	205	0.09	1.39
1995	211	0.09	1.43
1996	216	0.09	1.47
1997	228	0.10	1.55
1998	226	0.10	1.54
1999	230	0.10	1.56
2000	248	0.11	1.68
2001	250	0.11	1.70
2002	253	0.11	1.72
2003	270	0.12	1.83
2004	289	0.13	1.96
2005	304	0.13	2.07
2006	321	0.14	2.18
2007	333	0.14	2.26
2007/1990	186%	186%	186%

表 3.2-4 国際海運の原油輸送に伴う排出量 (Gg/年)

年	燃料消費量 (Gg/年)	原油輸送に伴う排出	
		CH ₄	NMVOc
1990	149	0.08	1.22
1991	155	0.08	1.27
1992	159	0.08	1.30
1993	165	0.09	1.35
1994	170	0.09	1.39
1995	176	0.09	1.44
1996	180	0.09	1.47
1997	190	0.10	1.55
1998	188	0.10	1.54
1999	191	0.10	1.56
2000	206	0.11	1.68
2001	208	0.11	1.70
2002	210	0.11	1.72
2003	225	0.12	1.84
2004	240	0.13	1.96
2005	253	0.13	2.07
2006	267	0.14	2.18
2007	277	0.14	2.26
2007/1990	186%	186%	186%

3.3 将来の排出量

3.3.1 算定方法

(1) 算定対象時期

算定対象時期は、IPCC のシナリオ A1B における 2010 年、2020 年及び 2050 年とした。なお、Phase II report では A1B、A1F、A1T、A2、B1、B2 の 6 ケースを対象としている。

IPCC のシナリオ A1 は、高度経済成長が続き、世界人口が 21 世紀半ばにピークに達した後に減少し、新技術や高効率化技術が急速に導入される未来社会を描いている。主要な基本テーマは、地域間格差の縮小、能力強化(キャパシティビルディング)及び文化・社会交流の進展で、1 人当たり所得の地域間格差は大幅に縮小するというものである。A1 シナリオファミリーは、エネルギーシステムにおける技術革新の選択肢の異なる三つのグループに分かれる。この三つの A1 グループは技術的な重点の置き方によって以下のものに区別される。すなわち、化石エネルギー源重視(A1FI)、非化石エネルギー源重視(A1T)、そしてすべてのエネルギー源のバランス重視(A1B)である。ここで、バランス重視は、いずれのエネルギー源にも過度に依存しないことと定義され、すべてのエネルギー供給・利用技術の改善度が同じと仮定している(出典：「IPCC 第 3 次評価報告書の要約」、気象庁)。

(2) 将来の排出係数の考え方

(a) NOx の将来の排出係数

現況の船齢構成を基に、船舶の寿命を 30 年として、2010 年、2020 年及び 2050 年における未規制船、Tier1 規制船(2000 年～)、Tier2 規制船(2011 年～)、Tier3 規制船(2016 年～)の割合を設定し、各規制に応じた排出係数とした。

なお、Tier3 規制は、現在の SECA(北海、バルト海)の活動量の減少が推測されていること、米国やアジア地域において新たな ECA が検討されていることから、将来の ECA 割合は現況と大きく変わらないと考え、現在の SECA の割合のまま推移すると仮定し、8%とした。

表 3.3-1(1) NOx 規制ごとの船舶隻数割合の推移 (%)

NOx 規制	現況	2010 年	2020 年	2050 年
未規制	82.8	82.8	28.3	0.0
Tier1	17.2	17.2	37.4	0.0
Tier2	0.0	0.0	18.6	0.0
Tier3	0.0	0.0	15.8	100.0
合計	100	100	100	100

表 3.3-1(2) NOx 規制ごとのエネルギー消費割合の推移 (%)

NOx 規制	現況	2010 年	2020 年	2050 年
未規制	82.8	82.8	28.3	0.0
Tier1	17.2	17.2	37.4	0.0
Tier2	0.0	0.0	33.1	92.0
Tier3	0.0	0.0	1.3	8.0
合計	100	100	100	100

(b) SOx の将来の排出係数

表 3.3-2 に示す SOx・PM 規制の導入を考慮して、一般海域・指定海域別の燃料中硫黄分を設定し、SOx 排出係数を設定した。燃料中硫黄分は表 3.3-3 に、SOx 排出係数は表 3.3-4 に示すとおりである。ECA は NOx と同じ海域(北海、バルト海)を仮定し、8%とした。

表 3.3-2 SOx 及び PM 規制

海域	規制内容
一般海域	2012年1月1日以降 3.50%未満 2020年1月1日以降 0.50%未満(注)
指定海域	2010年3月1日以降 1.00%未満 2015年1月1日以降 0.10%未満

注) 2018年に硫黄分0.5%の燃料の需要供給状況をレビューし、一般海域の0.5%規制開始時期を2020年とするか、2025年とするか決定する。

表 3.3-3 燃料中硫黄分の推移 (%)

海域	燃料	現況	2010年	2020年	2050年
一般海域	HFO	2.7	2.7	0.5	0.5
	MDO	0.5	0.5	0.5	0.5
指定海域	HFO	-	1.0	0.1	0.1
	MDO	-	0.5	0.1	0.1

表 3.3-4 SOx 排出係数 (kg/tonne fuel)

海域	燃料	現況	2010年	2020年	2050年
一般海域	HFO	50.6	50.6	9.4	9.4
	MDO	9.4	9.4	9.4	9.4
指定海域	HFO	-	18.8	1.9	1.9
	MDO	-	9.4	1.9	1.9

(c) PM の将来の排出係数

PMについては、SOx同様に燃料中の硫黄分の変化に対応した排出係数を設定した。

表 3.3-5 PM 排出係数 (kg/tonne fuel)

海域	燃料	現況	2010年	2020年	2050年
一般海域	HFO	6.5	6.5	1.4	1.4
	MDO	1.4	1.4	1.4	1.4
規制海域	HFO	-	2.6	0.5	0.5
	MDO	-	1.4	0.5	0.5

(d) その他の物質の将来の排出係数

その他の物質については、MARPOL 付属書 VI の直接の規制対象になっていないこと、SCR のような後処理によって大きく減少削減する可能性が少ないことなどから考えて、現況(2007 年)の排出係数が変わらないものとした。

表 3.3-6 2010 年の排出係数(NO_x 以外)

項目	排出係数 [kg/tonne fuel]		備考
	Residual (S 分 2.7%)	MGO	
CH ₄	0.28	0.30	現況と同じ
N ₂ O	0.081	0.086	現況と同じ
NM VOC	2.4	2.4	現況と同じ
CO	7.4	7.4	現況と同じ

(3) 将来の活動量の設定方法

海洋政策研究財団では、IPCCのA1Bシナリオに基づき、2050年までの海上輸送量を、平成19年度世界における海事産業の変革ビジョンに関する調査研究報告書(平成20年3月、財団法人シップ・アンド・オーシャン財団)などにおいても予測している。この海上輸送量については、GHG更新レポートにおいて用いられた将来の活動量とほぼ同等である。GHG更新レポートにおいては各国のGDPと貿易量との関係について、財団の報告での至近5年より長く、30年に渡って調べており、昨今のリセッションのような不況時の関係も考慮に入れていると考えられるため、GHG更新レポートの関係式を用いた。

将来の海上輸送量は表3.3-7に示すとおりである。

表 3.3-7 将来の海上輸送量 (2007年=100)

2020年	Low	Base	High
Ocean-going shipping	115	131	150
Coastwise shipping	115	131	150
Container	139	194	271
平均	121	146	179
2050年	Low	Base	High
Ocean-going shipping	157	245	383
Coastwise shipping	157	245	383
Container	300	900	2700
平均	191	402	939

(a) 船舶数

船舶数は将来の海上輸送量に応じて設定されている。

2020年の船舶数は、Lloyd's Register Fairplay Research(LRFPR)による予測船舶数を基本としている。ただし、LRFPRによる予測に用いられた輸送需要がA1Bシナリオの輸送需要と異なるため、カテゴリー別の総トン数を指標として、船舶構成はそのままで船舶数を調整した。

2050年の船舶数は、2020年と2050年の海上輸送量の比を用いて設定されている。船舶構成は2020年と同じ構成としている。

2020年及び2050年の船舶数(基本ケース)は、表3.3-8に示すとおりである。

表 3.3-8(1) 将来の船舶数(基本ケース)(隻)

Category			Size	2020			2050		
				Low	Mid	High	Low	Mid	High
01 Crude	Tanker	B	A 200,000+ dwt	404	460	527	852	1167	1593
01 Crude	Tanker	B	B 120 -199,999 dwt	362	413	473	765	1047	1430
01 Crude	Tanker	B	C 80 -119,999 dwt	722	822	942	1524	2087	2850
01 Crude	Tanker	B	D 60 -79,999 dwt	102	116	133	216	295	403
01 Crude	Tanker	B	E 10 -59,999 dwt	128	146	167	270	370	506
01 Crude	Tanker	S	F -9,999 dwt	116	132	151	161	221	301
02 Products	Tanker	B	A 60,000+ dwt	456	520	595	962	1319	1800
02 Products	Tanker	B	B 20 -59,999 dwt	520	593	678	1098	1504	2053
02 Products	Tanker	B	C 10 -19,999 dwt	103	117	134	217	297	406
02 Products	Tanker	S	D 5 -9,999 dwt	722	823	942	1006	1378	1882
02 Products	Tanker	S	E -4,999 dwt	3834	4368	5001	5341	7316	9989
03 Chemical	Tanker	B	A 20,000+ dwt	1543	1758	2013	3256	4460	6090
03 Chemical	Tanker	B	B 10 -19,999 dwt	769	876	1003	1622	2222	3033
03 Chemical	Tanker	S	C 5 -9,999 dwt	1328	1513	1732	1850	2534	3460
03 Chemical	Tanker	S	D -4,999 dwt	801	912	1044	1115	1528	2086
04 LPG	Tanker	B	A 50,000+ cbm	157	178	204	330	453	618
04 LPG	Tanker	S	B -49,999 cbm	1083	1234	1413	1509	2067	2821
05 LNG	Tanker	B	A 200,000+ cbm	88	100	115	186	254	347
05 LNG	Tanker	B	B -199,999 cbm	377	429	491	795	1088	1486
06 Other tanker	Tanker	S	B Other	446	508	582	621	851	1162
07 Bulker	Bulker	B	A 200,000+ dwt	248	282	323	523	716	978
07 Bulker	Bulker	B	B 100 -199,999 dwt	1035	1179	1350	2184	2992	4085
07 Bulker	Bulker	B	C 60 -99,999 dwt	1725	1966	2251	3641	4988	6810
07 Bulker	Bulker	B	D 35 -59,999 dwt	2055	2341	2680	4336	5940	8109
07 Bulker	Bulker	B	E 10 -34,999 dwt	1864	2123	2431	3933	5388	7356
07 Bulker	Bulker	S	F -9,999 dwt	1145	1304	1493	1595	2184	2982
08 General cargo	General Cargo	B	A 10,000+ dwt	591	674	771	1248	1709	2334
08 General cargo	General Cargo	S	B 5,000-9,999 dwt	1950	2222	2544	2717	3722	5081
08 General cargo	General Cargo	S	C -4,999 dwt	10548	12016	13759	14692	20127	27479
08 General cargo	General Cargo	B	D 10,000+ dwt, 100+ TEU	871	993	1137	1839	2519	3439
08 General cargo	General Cargo	S	E 5,000-9,999 dwt, 100+ TEU	3082	3510	4019	4292	5880	8028
08 General cargo	General Cargo	S	F -4,999 dwt, 100+ TEU	1470	1675	1918	2048	2805	3830
09 Other dry	General Cargo	S	A Reefer	941	1072	1227	1311	1795	2451
09 Other dry	General Cargo	S	C Special	235	268	307	328	449	613

表 3.3-8(2) 将来の船舶数(基本ケース)(隻)

Category			Size	2020			2050		
				Low	Mid	High	Low	Mid	High
10 Container	Unitized	C	A 8,000+ teu	683	953	1332	2924	6286	13500
10 Container	Unitized	C	B 5 -7,999 teu	480	670	936	2055	4416	9485
10 Container	Unitized	C	C 3 -4,999 teu	787	1099	1535	3371	7246	15562
10 Container	Unitized	C	D 2 -2,999 teu	521	727	1015	2229	4792	10292
10 Container	Unitized	C	E 1 -1,999 teu	1035	1444	2017	4431	9524	20454
10 Container	Unitized	C	F -999 teu	773	1079	1507	3311	7116	15283
11 Vehicle	Unitized	B	A 4,000+ ceu	540	615	705	1140	1562	2132
11 Vehicle	Unitized	B	B -3,999 ceu	289	329	377	610	836	1141
12 Roro	Unitized	B	A 2,000+ lm	250	284	326	527	722	986
12 Roro	Unitized	S	B -1,999 lm	1334	1520	1740	1858	2545	3475
13 Ferry	Passenger	S	A Pax Only, 25kn+	1110	1264	1447	1545	2117	2890
13 Ferry	Passenger	S	B Pax Only, <25kn	2257	2571	2944	3144	4307	5880
13 Ferry	Passenger	S	C RoPax, 25kn+	288	328	376	401	550	751
13 Ferry	Passenger	S	D RoPax, <25kn	2583	2942	3369	3597	4928	6728
14 Cruise	Passenger	B	A 100,000+ gt	34	39	45	72	99	135
14 Cruise	Passenger	B	B 60-99,999 gt	79	90	103	167	228	312
14 Cruise	Passenger	B	C 10-59,999 gt	121	138	158	255	350	477
14 Cruise	Passenger	B	D 2-9,999 gt	45	52	59	96	131	179
14 Cruise	Passenger	S	E -1,999 gt	373	425	487	520	713	973
15 Yacht	Other	O	Yacht	1619	1844	2112	2255	3090	4218
16 Offshore	Other	O	A Crew/Supply Vessel	970	1105	1266	1352	1852	2528
16 Offshore	Other	O	B Platform Supply Ship	2456	2798	3204	3421	4687	6399
16 Offshore	Other	O	C Offshore Tug/Supply Ship	616	701	803	857	1175	1603
16 Offshore	Other	O	D Anchor Handling Tug Supply	1999	2278	2608	2785	3815	5209
16 Offshore	Other	O	E Support/safety	643	732	839	896	1227	1675
16 Offshore	Other	O	F Pipe (various)	267	304	348	371	509	695
16 Offshore	Other	O	G FPSO, drill	321	366	419	448	613	837
17 Service	Other	O	A Research	936	1066	1221	1304	1786	2438
17 Service	Other	O	B Tug	15374	17513	20054	21415	29336	40052
17 Service	Other	O	C Dredging	1172	1335	1529	1633	2237	3054
17 Service	Other	O	D SAR & Patrol	1241	1413	1619	1728	2368	3233
17 Service	Other	O	E Workboats	1195	1361	1558	1664	2280	3113
17 Service	Other	O	F Other	905	1031	1180	1260	1726	2357
18 Misc	Other	O	A Fishing	11459	13053	14946	15961	21865	29851
18 Misc	Other	O	B Trawlers	8192	9332	10685	11410	15631	21341
18 Misc	Other	O	C Other fishing	1035	1179	1350	1442	1975	2696
18 Misc	Other	O	E Other	771	879	1006	1074	1472	2009

(b) 航行速度

将来の航行速度と船舶の輸送効率に大きな影響を与えるものとして、エネルギー価格があげられる。エネルギー価格が高騰すれば、仮に CO₂ 排出に対する一切の規制が無かったとしても、市場はエネルギー節約に動き、航行速度は減少し、消費率や機関の効率を含めた輸送効率は高くなるのが必然的に予想される。ここで、将来の原油価格については、IPCC の SRES レポート(IPCC Special Report on Emissions Scenarios)に詳細な解析結果がある。同レポートの 4.4.2 章において、1990 年の US ドルで正規化されたエネルギーコスト(1990 US\$/GJ)は、表 3.3-9 に示すように 2050 年においては 2000 年の 1.6(7.1/4.4)倍になっており、その絶対値も天然ガスの 5.3 1990US\$/GJ に近づいていると予測されている。つまり、この程度のエネルギー コストの上昇があったとしても、長期的には表 3.3-10 に示すような GDP の伸びが予想されている。

2007 年における現況の各船種・船型ごとの航行速度は、AIS データおよび年間活動量などから個別に設定されている。これに対して、2020 年、2050 年における航行速度は、このような背景から、表 3.3-11 に示す変化割合で遅くなると設定した。これはここで述べた 2020 年及び 2050 年の原油価格の高騰に応じ、現在の平均航行速度に比較して、減速航行がおこなわれていると想定しているためである。

航行速度の変化は船舶輸送容量に影響するので、一定の船舶輸送量を保持するように船舶数を調整している。航行速度を考慮した船舶数の算定式は以下に示すとおりであり、航行速度を考慮した将来の船舶数については表 3.3-12、表 3.3-13 に示すとおり計算される。

$$(\text{航行速度を考慮した船舶数}) = (\text{基本の船舶数}) \times (1 - \text{航行速度の変化割合})$$

また、低速時は船体の摩擦抵抗が支配的であるため、推進力(エンジン負荷率)は航行速度の 3 乗に比例する。

$$(\text{負荷率の変化}) = (\text{基本の負荷率}) \times (1 + \text{航行速度の変化割合})^3$$

表 3.3-9 IPCC の予測する将来のエネルギーコスト(1990 US\$/GJ)
(ASF: global average supply price, including transportation.)

		A1	A2	B1	B2
Oil	2000	4.4	4.4	4.4	4.4
	2020	5.3	4.7	5.1	4.7
	2050	7.1	6.2	6.3	6.1
	2100	7.7	7.5	6.1	7.1
Gas	2000	5.0	5.0	5.0	5.0
	2020	5.0	5.0	4.9	5.0
	2050	5.3	5.0	4.8	4.9
	2100	7.9	6.1	4.9	5.8

表 3.3-10 IPCC の予測する 1990 年から 2050 年にかけての各地域の経済成長率
(Growth Rates of Income Per Capita (%))

Region	1950-1990	1990-2050			
		A1	A2	B1	B2
OECD90	2.8	1.6 (1.2-1.8)	1.1 (0.8-1.6)	1.5 (1.2-1.6)	1.2 (1.0-1.4)
REF	3.7	4.0 (2.8-4.5)	1.9 (0.5-2.2)	3.0 (2.7-3.6)	3.0 (1.9-3.3)
IND	2.9	2.0 (1.3-2.1)	1.2 (0.8-1.8)	1.7 (1.5-1.8)	1.4 (1.1-1.6)
ASIA	4.4	5.5 (5.1-5.9)	2.7 (2.7-3.6)	4.8 (4.6-5.5)	4.7 (3.3-4.8)
ALM	1.6	4.0 (3.5-4.4)	1.9 (1.7-2.2)	3.5 (3.1-3.9)	2.4 (1.7-2.7)
DEV	2.7	4.9 (4.4-5.2)	2.4 (2.3-3.0)	4.2 (3.9-4.8)	3.8 (2.5-3.9)
WORLD	2.2	2.8 (2.2-2.9)	1.1 (0.7-1.5)	2.3 (2.1-2.6)	1.8 (1.1-1.9)

Growth rates (% per year) of income per capita (using GDP at 1990 prices and exchange rates) in the world and by region. Historical data from 1950 to 1990 from Maddison (1989, 1995), UN (1993a, 1993b), and Klein Goldewijk and Battjes (1995). Numbers in brackets give minimum and maximum values of all SRES scenarios.

ここで、OECD90(90 年における OECD 加盟国)、REF(ロシアおよび旧東欧諸国)、IND(OECD+REF)、ASIA(日本以外のアジア各国)、ALM(アフリカ、ラテンアメリカ、中東の発展途上国)、DEV(それ以外の発展途上国)、World(世界平均)。

表 3.3-11 将来の平均航行速度の変化割合

2020 年	Low	Base	High
Ocean-going shipping	0 %	-5 %	-10 %
Coastwise shipping	0 %	-5 %	-10 %
Container	0 %	-10 %	-20 %
2050 年	Low	Base	High
Ocean-going shipping	0 %	-10 %	-20 %
Coastwise shipping	0 %	-10 %	-20 %
Container	0 %	-20 %	-40 %

表 3.3-12(1) 2020 年の船舶数(隻)

		Case A1B																										
		Case																										
Category	Case	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
01 Crude	B A 200,000+ dwt	404	460	527	404	460	527	404	460	527	424	483	553	424	483	553	424	483	553	444	506	579	444	506	579	444	506	579
01 Crude	B B 120 -199,999 dwt	362	413	473	362	413	473	362	413	473	380	433	496	380	433	496	380	433	496	399	454	520	399	454	520	399	454	520
01 Crude	B C 80 -119,999 dwt	722	822	942	722	822	942	722	822	942	758	864	989	758	864	989	758	864	989	794	905	1036	794	905	1036	794	905	1036
01 Crude	B D 60 -79,999 dwt	102	116	133	102	116	133	102	116	133	107	122	140	107	122	140	107	122	140	112	128	147	112	128	147	112	128	147
01 Crude	B E 10 -59,999 dwt	128	146	167	128	146	167	128	146	167	135	153	175	135	153	175	135	153	175	141	161	184	141	161	184	141	161	184
01 Crude	S F -9,999 dwt	116	132	151	116	132	151	116	132	151	121	138	158	121	138	158	121	138	158	127	145	166	127	145	166	127	145	166
02 Products	B A 60,000+ dwt	456	520	595	456	520	595	456	520	595	479	546	623	479	546	623	479	546	623	502	572	654	502	572	654	502	572	654
02 Products	B B 20 -59,999 dwt	520	593	678	520	593	678	520	593	678	546	622	712	546	622	712	546	622	712	572	652	746	572	652	746	572	652	746
02 Products	B C 10 -19,999 dwt	103	117	134	103	117	134	103	117	134	108	123	141	108	123	141	108	123	141	113	129	148	113	129	148	113	129	148
02 Products	S D 5 -9,999 dwt	722	823	942	722	823	942	722	823	942	758	864	989	758	864	989	758	864	989	795	905	1036	795	905	1036	795	905	1036
02 Products	S E -4,999 dwt	3834	4368	5001	3834	4368	5001	3834	4368	5001	4026	4586	5251	4026	4586	5251	4026	4586	5251	4218	4805	5501	4218	4805	5501	4218	4805	5501
03 Chemical	B A 20,000+ dwt	1543	1758	2013	1543	1758	2013	1543	1758	2013	1620	1846	2113	1620	1846	2113	1620	1846	2113	1697	1933	2214	1697	1933	2214	1697	1933	2214
03 Chemical	B B 10 -19,999 dwt	769	876	1003	769	876	1003	769	876	1003	807	919	1053	807	919	1053	807	919	1053	845	963	1103	845	963	1103	845	963	1103
03 Chemical	S C 5 -9,999 dwt	1328	1513	1732	1328	1513	1732	1328	1513	1732	1394	1589	1819	1394	1589	1819	1394	1589	1819	1461	1664	1906	1461	1664	1906	1461	1664	1906
03 Chemical	S D -4,999 dwt	801	912	1044	801	912	1044	801	912	1044	841	958	1097	841	958	1097	841	958	1097	881	1003	1149	881	1003	1149	881	1003	1149
04 LPG	B A 50,000+ cbm	157	178	204	157	178	204	157	178	204	164	187	214	164	187	214	164	187	214	172	196	225	172	196	225	172	196	225
04 LPG	S B -49,999 cbm	1083	1234	1413	1083	1234	1413	1083	1234	1413	1137	1295	1483	1137	1295	1483	1137	1295	1483	1191	1357	1554	1191	1357	1554	1191	1357	1554
05 LNG	B A 200,000+ cbm	88	100	115	88	100	115	88	100	115	92	105	121	92	105	121	92	105	121	97	110	126	97	110	126	97	110	126
05 LNG	B B -199,999 cbm	377	429	491	377	429	491	377	429	491	395	450	516	395	450	516	395	450	516	414	472	540	414	472	540	414	472	540
06 Other tanker	S B Other	446	508	582	446	508	582	446	508	582	468	533	611	468	533	611	468	533	611	491	559	640	491	559	640	491	559	640
07 Bulker	B A 200,000+ dwt	248	282	323	248	282	323	248	282	323	260	296	339	260	296	339	260	296	339	273	310	356	273	310	356	273	310	356
07 Bulker	B B 100 -199,999 dwt	1035	1179	1350	1035	1179	1350	1035	1179	1350	1087	1238	1418	1087	1238	1418	1087	1238	1418	1139	1297	1485	1139	1297	1485	1139	1297	1485
07 Bulker	B C 60 -99,999 dwt	1725	1966	2251	1725	1966	2251	1725	1966	2251	1812	2064	2363	1812	2064	2363	1812	2064	2363	1898	2162	2476	1898	2162	2476	1898	2162	2476
07 Bulker	B D 35 -59,999 dwt	2055	2341	2680	2055	2341	2680	2055	2341	2680	2158	2458	2814	2158	2458	2814	2158	2458	2814	2260	2575	2948	2260	2575	2948	2260	2575	2948
07 Bulker	B E 10 -34,999 dwt	1864	2123	2431	1864	2123	2431	1864	2123	2431	1957	2229	2553	1957	2229	2553	1957	2229	2553	2050	2336	2674	2050	2336	2674	2050	2336	2674
07 Bulker	S F -9,999 dwt	1145	1304	1493	1145	1304	1493	1145	1304	1493	1202	1369	1568	1202	1369	1568	1202	1369	1568	1259	1434	1643	1259	1434	1643	1259	1434	1643
08 General cargo	B A 10,000+ dwt	591	674	771	591	674	771	591	674	771	621	707	810	621	707	810	621	707	810	650	741	848	650	741	848	650	741	848
08 General cargo	S B 5,000-9,999 dwt	1950	2222	2544	1950	2222	2544	1950	2222	2544	2048	2333	2671	2048	2333	2671	2048	2333	2671	2146	2444	2798	2146	2444	2798	2146	2444	2798
08 General cargo	S C -4,999 dwt	10548	12016	13759	10548	12016	13759	10548	12016	13759	11076	12617	14446	11076	12617	14446	11076	12617	14446	11603	13217	15134	11603	13217	15134	11603	13217	15134
08 General cargo	B D 10,000+ dwt, 100+ TEU	871	993	1137	871	993	1137	871	993	1137	871	993	1137	871	993	1137	871	993	1137	895	1029	1184	895	1029	1184	895	1029	1184
08 General cargo	S E 5,000-9,999 dwt, 100+ TEU	3082	3510	4019	3082	3510	4019	3082	3510	4019	3236	3686	4220	3236	3686	4220	3236	3686	4220	3390	3861	4421	3390	3861	4421	3390	3861	4421
08 General cargo	S F -4,999 dwt, 100+ TEU	1470	1675	1918	1470	1675	1918	1470	1675	1918	1544	1758	2014	1544	1758	2014	1544	1758	2014	1617	1842	2109	1617	1842	2109	1617	1842	2109
09 Other dry	S A Reefer	941	1072	1227	941	1072	1227	941	1072	1227	988	1125	1289	988	1125	1289	988	1125	1289	1035	1179	1350	1035	1179	1350	1035	1179	1350
09 Other dry	S C Special	235	268	307	235	268	307	235	268	307	247	281	322	247	281	322	247	281	322	259	295	338	259	295	338	259	295	338
10 Container	C A 8,000+ teu	683	953	1332	683	953	1332	683	953	1332	751	1049	1465	751	1049	1465	751	1049	1465	820	1144	1598	820	1144	1598	820	1144	1598
10 Container	C B 5 -7,999 teu	480	670	936	480	670	936	480	670	936	528	737	1029	528	737	1029	528	737	1029	576	804	1123	576	804	1123	576	804	1123
10 Container	C C 3 -4,999 teu	787	1099	1535	787	1099	1535	787	1099	1535	866	1209	1688	866	1209	1688	866	1209	1688	945	1319	1842	945	1319	1842	945	1319	1842
10 Container	C D 2 -2,999 teu	521	727	1015	521	727	1015	521	727	1015	573	799	1117	573	799	1117	573	799	1117	625	872	1218	625	872	1218	625	872	1218
10 Container	C E 1 -1,999 teu	1035	1444	2017	1035	1444	2017	1035	1444	2017	1138	1589	2219	1138	1589	2219	1138	1589	2219	1242	1733	2421	1242	1733	2421	1242	1733	2421
10 Container	C F -999 teu	773	1079	1507	773	1079	1507	773	1079	1507	850	1187	1658	850	1187	1658	850	1187	1658	928	1295	1809	928	1295	1809	928	1295	1809

表 3.3-12(2) 2020 年の船舶数(隻)

Category		Case A1B																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
11 Vehicle	Unitized	540	615	705	540	615	705	540	615	705	567	646	740	567	646	740	567	646	740	594	677	775	594	677	775	594	677	775
	Unitized	289	329	377	289	329	377	289	329	377	304	346	396	304	346	396	304	346	396	318	362	415	318	362	415	318	362	415
12 Roro	Unitized	250	284	326	250	284	326	262	299	342	262	299	342	262	299	342	262	299	342	275	313	358	275	313	358	275	313	358
	Unitized	1334	1520	1740	1334	1520	1740	1334	1520	1740	1401	1596	1827	1401	1596	1827	1401	1596	1827	1467	1672	1914	1467	1672	1914	1467	1672	1914
13 Ferry	Passenger	1110	1264	1447	1110	1264	1447	1110	1264	1447	1165	1327	1520	1165	1327	1520	1165	1327	1520	1220	1390	1592	1220	1390	1592	1220	1390	1592
	Passenger	2257	2571	2944	2257	2571	2944	2257	2571	2944	2370	2700	3091	2370	2700	3091	2370	2700	3091	2483	2828	3239	2483	2828	3239	2483	2828	3239
13 Ferry	Passenger	288	328	376	288	328	376	288	328	376	303	345	395	303	345	395	303	345	395	317	361	413	317	361	413	317	361	413
	Passenger	2583	2942	3369	2583	2942	3369	2583	2942	3369	2712	3089	3537	2712	3089	3537	2712	3089	3537	2841	3236	3706	2841	3236	3706	2841	3236	3706
14 Cruise	Passenger	34	39	45	34	39	45	34	39	45	36	41	47	36	41	47	36	41	47	38	43	49	38	43	49	38	43	49
	Passenger	79	90	103	79	90	103	79	90	103	83	94	108	83	94	108	83	94	108	87	99	113	87	99	113	87	99	113
14 Cruise	Passenger	121	138	158	121	138	158	121	138	158	127	145	166	127	145	166	127	145	166	133	152	174	133	152	174	133	152	174
	Passenger	45	52	59	45	52	59	45	52	59	48	54	62	48	54	62	48	54	62	50	57	65	50	57	65	50	57	65
14 Cruise	Passenger	373	425	487	373	425	487	373	425	487	392	447	511	392	447	511	392	447	511	411	468	536	411	468	536	411	468	536
	Other	1619	1844	2112	1619	1844	2112	1619	1844	2112	1700	1937	2218	1700	1937	2218	1700	1937	2218	1781	2029	2323	1781	2029	2323	1781	2029	2323
16 Offshore	Other	970	1105	1266	970	1105	1266	970	1105	1266	1019	1161	1329	1019	1161	1329	1019	1161	1329	1067	1216	1392	1067	1216	1392	1067	1216	1392
	Other	2456	2798	3204	2456	2798	3204	2456	2798	3204	2579	2938	3364	2579	2938	3364	2579	2938	3364	2702	3078	3524	2702	3078	3524	2702	3078	3524
16 Offshore	Other	616	701	803	616	701	803	616	701	803	646	736	843	646	736	843	646	736	843	677	771	883	677	771	883	677	771	883
	Other	1999	2278	2608	1999	2278	2608	1999	2278	2608	2099	2392	2738	2099	2392	2738	2099	2392	2738	2199	2505	2869	2199	2505	2869	2199	2505	2869
16 Offshore	Other	643	732	839	643	732	839	643	732	839	675	769	881	675	769	881	675	769	881	707	806	923	707	806	923	707	806	923
	Other	267	304	348	267	304	348	267	304	348	280	319	365	280	319	365	280	319	365	293	334	383	293	334	383	293	334	383
16 Offshore	Other	321	366	419	321	366	419	321	366	419	338	385	440	338	385	440	338	385	440	354	403	461	354	403	461	354	403	461
	Other	936	1066	1221	936	1066	1221	936	1066	1221	983	1120	1282	983	1120	1282	983	1120	1282	1030	1173	1343	1030	1173	1343	1030	1173	1343
17 Service	Other	15374	17513	20054	15374	17513	20054	15374	17513	20054	16143	18389	21056	16143	18389	21056	16143	18389	21056	16912	19265	22059	16912	19265	22059	16912	19265	22059
	Other	1172	1335	1529	1172	1335	1529	1172	1335	1529	1231	1402	1605	1231	1402	1605	1231	1402	1605	1289	1469	1682	1289	1469	1682	1289	1469	1682
17 Service	Other	1241	1413	1619	1241	1413	1619	1241	1413	1619	1303	1484	1699	1303	1484	1699	1303	1484	1699	1365	1555	1780	1365	1555	1780	1365	1555	1780
	Other	1195	1361	1558	1195	1361	1558	1195	1361	1558	1255	1429	1636	1255	1429	1636	1255	1429	1636	1314	1497	1714	1314	1497	1714	1314	1497	1714
17 Service	Other	905	1031	1180	905	1031	1180	905	1031	1180	950	1082	1239	950	1082	1239	950	1082	1239	995	1134	1298	995	1134	1298	995	1134	1298
	Other	11459	13053	14946	11459	13053	14946	11459	13053	14946	12032	13706	15694	12032	13706	15694	12032	13706	15694	12605	14358	16441	12605	14358	16441	12605	14358	16441
18 Misc	Other	8192	9332	10685	8192	9332	10685	8192	9332	10685	8602	9798	11219	8602	9798	11219	8602	9798	11219	9011	10265	11754	9011	10265	11754	9011	10265	11754
	Other	1035	1179	1350	1035	1179	1350	1035	1179	1350	1087	1238	1418	1087	1238	1418	1087	1238	1418	1139	1297	1485	1139	1297	1485	1139	1297	1485
18 Misc	Other	771	879	1006	771	879	1006	771	879	1006	810	923	1056	810	923	1056	810	923	1056	849	967	1107	849	967	1107	849	967	1107
	Other	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Demand (Level)		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Transport Eff. (Level)		1	1	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Speed Red. (Level)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3

1 = Low, 2 = Medium, 3 = High

表 3.3-13(1) 2050 年の船舶数(隻)

Category	Case	Case A1B																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
01 Crude	B	852	1167	1593	852	1167	1593	852	1167	1593	937	1284	1753	937	1284	1753	937	1284	1753	1022	1400	1912	1022	1400	1912	1022	1400	1912
01 Crude	B	765	1047	1430	765	1047	1430	765	1047	1430	841	1152	1573	841	1152	1573	841	1152	1573	917	1257	1716	917	1257	1716	917	1257	1716
01 Crude	B	1524	2087	2850	1524	2087	2850	1524	2087	2850	1676	2296	3134	1676	2296	3134	1676	2296	3134	1828	2505	3419	1828	2505	3419	1828	2505	3419
01 Crude	B	216	295	403	216	295	403	216	295	403	237	325	444	237	325	444	237	325	444	259	355	484	259	355	484	259	355	484
01 Crude	B	270	370	506	270	370	506	270	370	506	297	407	556	297	407	556	297	407	556	324	444	607	324	444	607	324	444	607
01 Crude	S	161	221	301	161	221	301	161	221	301	177	243	331	177	243	331	177	243	331	193	265	362	193	265	362	193	265	362
02 Products	B	962	1319	1800	962	1319	1800	962	1319	1800	1059	1450	1980	1059	1450	1980	1059	1450	1980	1155	1582	2160	1155	1582	2160	1155	1582	2160
02 Products	B	1098	1504	2053	1098	1504	2053	1098	1504	2053	1207	1654	2258	1207	1654	2258	1207	1654	2258	1317	1804	2463	1317	1804	2463	1317	1804	2463
02 Products	B	217	297	406	217	297	406	217	297	406	239	327	447	239	327	447	239	327	447	260	357	487	260	357	487	260	357	487
02 Products	S	1006	1378	1882	1006	1378	1882	1006	1378	1882	1107	1516	2070	1107	1516	2070	1107	1516	2070	1207	1654	2258	1207	1654	2258	1207	1654	2258
02 Products	S	5341	7316	9989	5341	7316	9989	5341	7316	9989	5875	8048	10988	5875	8048	10988	5875	8048	10988	6409	8780	11986	6409	8780	11986	6409	8780	11986
03 Chemical	B	3256	4460	6090	3256	4460	6090	3256	4460	6090	3582	4907	6699	3582	4907	6699	3582	4907	6699	3907	5353	7308	3907	5353	7308	3907	5353	7308
03 Chemical	B	1622	2222	3033	1622	2222	3033	1622	2222	3033	1784	2444	3337	1784	2444	3337	1784	2444	3337	1946	2666	3640	1946	2666	3640	1946	2666	3640
03 Chemical	S	1850	2534	3460	1850	2534	3460	1850	2534	3460	2035	2788	3806	2035	2788	3806	2035	2788	3806	2220	3041	4152	2220	3041	4152	2220	3041	4152
03 Chemical	S	1115	1528	2086	1115	1528	2086	1115	1528	2086	1227	1681	2295	1227	1681	2295	1227	1681	2295	1338	1834	2503	1338	1834	2503	1338	1834	2503
04 LPG	B	330	453	618	330	453	618	330	453	618	363	498	680	363	498	680	363	498	680	396	543	741	396	543	741	396	543	741
04 LPG	S	1509	2067	2821	1509	2067	2821	1509	2067	2821	1659	2273	3104	1659	2273	3104	1659	2273	3104	1810	2480	3386	1810	2480	3386	1810	2480	3386
05 LNG	B	186	254	347	186	254	347	186	254	347	204	280	382	204	280	382	204	280	382	223	305	417	223	305	417	223	305	417
05 LNG	B	795	1088	1486	795	1088	1486	795	1088	1486	874	1197	1653	874	1197	1653	874	1197	1653	953	1306	1783	953	1306	1783	953	1306	1783
06 Other tanker	S	621	851	1162	621	851	1162	621	851	1162	683	936	1278	683	936	1278	683	936	1278	745	1021	1394	745	1021	1394	745	1021	1394
07 Bulk	B	523	716	978	523	716	978	523	716	978	575	788	1076	575	788	1076	575	788	1076	627	860	1174	627	860	1174	627	860	1174
07 Bulk	B	2184	2992	4085	2184	2992	4085	2184	2992	4085	2403	3292	4494	2403	3292	4494	2403	3292	4494	2621	3591	4902	2621	3591	4902	2621	3591	4902
07 Bulk	B	364	498	681	364	498	681	364	498	681	405	5487	7491	405	5487	7491	405	5487	7491	4369	5985	8172	4369	5985	8172	4369	5985	8172
07 Bulk	B	4336	5940	8109	4336	5940	8109	4336	5940	8109	4770	6534	8920	4770	6534	8920	4770	6534	8920	5203	7128	9731	5203	7128	9731	5203	7128	9731
07 Bulk	B	3933	5388	7356	3933	5388	7356	3933	5388	7356	4327	5927	8092	4327	5927	8092	4327	5927	8092	4720	6466	8827	4720	6466	8827	4720	6466	8827
07 Bulk	S	1595	2184	2982	1595	2184	2982	1595	2184	2982	1754	2403	3281	1754	2403	3281	1754	2403	3281	2051	2800	3807	2051	2800	3807	2051	2800	3807
08 General cargo	B	1248	1709	2334	1248	1709	2334	1248	1709	2334	1373	1880	2567	1373	1880	2567	1373	1880	2567	1497	2051	2800	1497	2051	2800	1497	2051	2800
08 General cargo	S	2717	3722	5081	2717	3722	5081	2717	3722	5081	2988	4094	5589	2988	4094	5589	2988	4094	5589	3260	4466	6097	3260	4466	6097	3260	4466	6097
08 General cargo	S	14692	20127	27479	14692	20127	27479	14692	20127	27479	16162	22140	30227	16162	22140	30227	16162	22140	30227	17631	24153	32975	17631	24153	32975	17631	24153	32975
08 General cargo	B	1839	2519	3439	1839	2519	3439	1839	2519	3439	2023	2771	3783	2023	2771	3783	2023	2771	3783	2207	3023	4127	2207	3023	4127	2207	3023	4127
08 General cargo	S	4292	5880	8028	4292	5880	8028	4292	5880	8028	4721	6468	8830	4721	6468	8830	4721	6468	8830	5151	7056	9633	5151	7056	9633	5151	7056	9633
08 General cargo	S	2048	2805	3830	2048	2805	3830	2048	2805	3830	2253	3086	4213	2253	3086	4213	2253	3086	4213	2457	3366	4596	2457	3366	4596	2457	3366	4596
09 Other dry	B	1311	1795	2451	1311	1795	2451	1311	1795	2451	1442	1975	2696	1442	1975	2696	1442	1975	2696	1573	2155	2941	1573	2155	2941	1573	2155	2941
09 Other dry	S	328	449	613	328	449	613	328	449	613	360	494	674	360	494	674	360	494	674	393	539	735	393	539	735	393	539	735
10 Container	C	2924	4030	5416	2924	4030	5416	2924	4030	5416	3286	4500	6069	3286	4500	6069	3286	4500	6069	3509	4743	6390	3509	4743	6390	3509	4743	6390
10 Container	C	2055	2816	3797	2055	2816	3797	2055	2816	3797	2266	3068	4145	2266	3068	4145	2266	3068	4145	2466	3310	4418	2466	3310	4418	2466	3310	4418
10 Container	C	3371	4584	6185	3371	4584	6185	3371	4584	6185	3724	5016	6750	3724	5016	6750	3724	5016	6750	4045	5398	7292	4045	5398	7292	4045	5398	7292
10 Container	C	2229	3024	4062	2229	3024	4062	2229	3024	4062	2492	3346	4525	2492	3346	4525	2492	3346	4525	2675	3571	4810	2675	3571	4810	2675	3571	4810
10 Container	C	4431	5954	8054	4431	5954	8054	4431	5954	8054	5317	7142	9675	5317	7142	9675	5317	7142	9675	6203	8366	11306	6203	8366	11306	6203	8366	11306
10 Container	C	3311	4471	5983	3311	4471	5983	3311	4471	5983	3973	5340	7234	3973	5340	7234	3973	5340	7234	4635	6276	8497	4635	6276	8497	4635	6276	8497

表 3.3-13(2) 2050 年の船舶数(隻)

Category	Case	Case A1B																										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
11 Vehicle	Unitized	1140	1562	2132	1140	1562	2132	1140	1562	2132	1254	1718	2345	1254	1718	2345	1254	1718	2345	1368	1874	2558	1368	1874	2558	1368	1874	2558
	Unitized	610	836	1141	610	836	1141	610	836	1141	671	920	1255	671	920	1255	671	920	1255	794	1084	1466	794	1084	1466	794	1084	1466
12 Roro	Unitized	527	722	986	527	722	986	527	722	986	580	794	1084	580	794	1084	580	794	1084	794	1084	1466	794	1084	1466	794	1084	1466
	Unitized	1858	2545	3475	1858	2545	3475	1858	2545	3475	2044	2800	3823	2044	2800	3823	2044	2800	3823	2220	3054	4170	2220	3054	4170	2220	3054	4170
13 Ferry	Passenger	1545	2117	2890	1545	2117	2890	1545	2117	2890	1700	2329	3179	1700	2329	3179	1700	2329	3179	1855	2541	3468	1855	2541	3468	1855	2541	3468
	Passenger	3144	4307	5880	3144	4307	5880	3144	4307	5880	3459	4738	6468	3459	4738	6468	3459	4738	6468	4738	6468	8773	3459	4738	6468	3459	4738	6468
13 Ferry	Passenger	401	550	751	401	550	751	401	550	751	442	605	826	442	605	826	442	605	826	605	826	1167	442	605	826	605	826	1167
	Passenger	3597	4928	6728	3597	4928	6728	3597	4928	6728	3957	5421	7401	3957	5421	7401	3957	5421	7401	5421	7401	10147	3957	5421	7401	3957	5421	7401
14 Cruise	Passenger	72	99	135	72	99	135	72	99	135	80	109	149	80	109	149	80	109	149	80	109	149	80	109	149	80	109	149
	Passenger	167	228	312	167	228	312	167	228	312	183	251	343	183	251	343	183	251	343	200	274	374	200	274	374	200	274	374
14 Cruise	Passenger	255	350	477	255	350	477	255	350	477	281	385	525	281	385	525	281	385	525	385	525	730	281	385	525	385	525	730
	Passenger	96	131	179	96	131	179	96	131	179	105	144	197	105	144	197	105	144	197	105	144	197	105	144	197	105	144	197
14 Cruise	Passenger	520	713	973	520	713	973	520	713	973	572	784	1070	572	784	1070	572	784	1070	784	1070	1466	572	784	1070	572	784	1070
	Other	2255	3090	4218	2255	3090	4218	2255	3090	4218	2481	3399	4640	2481	3399	4640	2481	3399	4640	4640	6400	8773	2481	3399	4640	2481	3399	4640
15 Yacht	Other	1352	1852	2528	1352	1852	2528	1352	1852	2528	1487	2037	2781	1487	2037	2781	1487	2037	2781	1487	2037	2781	1487	2037	2781	1487	2037	2781
	Other	3421	4687	6399	3421	4687	6399	3421	4687	6399	3763	5155	7039	3763	5155	7039	3763	5155	7039	5155	7039	9624	3763	5155	7039	3763	5155	7039
16 Offshore	Other	857	1175	1603	857	1175	1603	857	1175	1603	943	1292	1764	943	1292	1764	943	1292	1764	1029	1409	1924	1029	1409	1924	1029	1409	1924
	Other	2785	3815	5209	2785	3815	5209	2785	3815	5209	3064	4197	5730	3064	4197	5730	3064	4197	5730	3342	4578	6251	3342	4578	6251	3342	4578	6251
16 Offshore	Other	896	1227	1675	896	1227	1675	896	1227	1675	985	1350	1842	985	1350	1842	985	1350	1842	1075	1472	2010	1075	1472	2010	1075	1472	2010
	Other	371	509	695	371	509	695	371	509	695	408	560	764	408	560	764	408	560	764	446	610	833	446	610	833	446	610	833
16 Offshore	Other	448	613	837	448	613	837	448	613	837	493	675	921	493	675	921	493	675	921	537	736	1005	537	736	1005	537	736	1005
	Other	1304	1786	2438	1304	1786	2438	1304	1786	2438	1434	1965	2682	1434	1965	2682	1434	1965	2682	1965	2682	3665	1434	1965	2682	1434	1965	2682
17 Service	Other	21415	29356	40052	21415	29356	40052	21415	29356	40052	23556	32270	44057	23556	32270	44057	23556	32270	44057	25698	35204	48062	25698	35204	48062	25698	35204	48062
	Other	1633	2237	3054	1633	2237	3054	1633	2237	3054	1796	2460	3359	1796	2460	3359	1796	2460	3359	2684	3665	5000	1796	2460	3359	1796	2460	3359
17 Service	Other	1728	2368	3233	1728	2368	3233	1728	2368	3233	1901	2604	3556	1901	2604	3556	1901	2604	3556	2074	2841	3879	2074	2841	3879	2074	2841	3879
	Other	1664	2280	3113	1664	2280	3113	1664	2280	3113	1831	2508	3424	1831	2508	3424	1831	2508	3424	1997	2736	3735	1997	2736	3735	1997	2736	3735
17 Service	Other	1260	1726	2357	1260	1726	2357	1260	1726	2357	1386	1899	2592	1386	1899	2592	1386	1899	2592	1386	1899	2592	1386	1899	2592	1386	1899	2592
	Other	1596	21865	29851	1596	21865	29851	1596	21865	29851	17557	24051	32836	17557	24051	32836	17557	24051	32836	24051	32836	43821	17557	24051	32836	17557	24051	32836
18 Misc	Other	11410	15631	21341	11410	15631	21341	11410	15631	21341	12552	17195	23475	12552	17195	23475	12552	17195	23475	15693	21341	28609	15693	21341	28609	15693	21341	28609
	Other	1442	1975	2696	1442	1975	2696	1442	1975	2696	1586	2172	2966	1586	2172	2966	1586	2172	2966	1730	2370	3236	1730	2370	3236	1730	2370	3236
18 Misc	Other	1074	1472	2009	1074	1472	2009	1074	1472	2009	1182	1619	2210	1182	1619	2210	1182	1619	2210	1289	1766	2411	1289	1766	2411	1289	1766	2411
	Other	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Demand (Level)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Transport Eff. (Level)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Speed Red. (Level)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

1 = Low, 2 = Medium, 3 = High

(c) 船舶の仕様変更によるエネルギー効率の向上

エネルギー効率を良くするために新造船・現存船に改良が加えられる。改良は、回転エネルギーの回収、船体の変化、エンジン改良、廃熱エネルギーの利用向上などが考えられている。また、これらの技術的改良に加えて、規制対応のための改良がエネルギー効率に影響を与える可能性がある。これらの要因・影響について議論され、技術改良に対するシナリオが決定された。

輸送効率の改良パラメータは表 3.3-14 に示すとおりである。これらのパラメータは船舶数に適用される。

表 3.3-14 輸送効率の改良パラメータ

2020 年	Low	Base	High
Ocean-going shipping	0 %	-2 %	-4 %
Coastwise shipping	0 %	-2 %	-4 %
Container	0 %	-2 %	-4 %
2050 年	Low	Base	High
Ocean-going shipping	-5 %	-20 %	-35 %
Coastwise shipping	-5 %	-25 %	-45 %
Container	-5 %	-30 %	-30 %

(d) 燃料消費率

将来の燃料消費率は、表 3.3-15 に示すとおりとした。

表 3.3-15(1) 将来の燃料消費率(g/kWh)

Category			Size	SFOC			現況に対する割合		
				2007	2020	2050	Low	Mid	High
01 Crude	Tanker	B	A 200,000+ dwt	185	187	185	1.000	1.011	0.998
01 Crude	Tanker	B	B 120 -199,999 dwt	185	187	185	1.000	1.011	0.998
01 Crude	Tanker	B	C 80 -119,999 dwt	195	187	185	1.000	0.959	0.947
01 Crude	Tanker	B	D 60 -79,999 dwt	195	187	185	1.000	0.959	0.947
01 Crude	Tanker	B	E 10 -59,999 dwt	195	187	185	1.000	0.959	0.947
01 Crude	Tanker	S	F -9,999 dwt	205	186	181	1.000	0.906	0.885
02 Products	Tanker	B	A 60,000+ dwt	185	187	185	1.000	1.011	0.998
02 Products	Tanker	B	B 20 -59,999 dwt	195	187	185	1.000	0.959	0.947
02 Products	Tanker	B	C 10 -19,999 dwt	205	187	185	1.000	0.912	0.901
02 Products	Tanker	S	D 5 -9,999 dwt	205	186	181	1.000	0.906	0.885
02 Products	Tanker	S	E -4,999 dwt	205	186	181	1.000	0.906	0.885
03 Chemical	Tanker	B	A 20,000+ dwt	195	187	187	1.000	0.959	0.959
03 Chemical	Tanker	B	B 10 -19,999 dwt	195	187	187	1.000	0.959	0.959
03 Chemical	Tanker	S	C 5 -9,999 dwt	205	186	181	1.000	0.906	0.885
03 Chemical	Tanker	S	D -4,999 dwt	205	186	181	1.000	0.906	0.885
04 LPG	Tanker	B	A 50,000+ cbm	195	187	187	1.000	0.959	0.959
04 LPG	Tanker	S	B -49,999 cbm	205	186	181	1.000	0.906	0.885
05 LNG	Tanker	B	A 200,000+ cbm	175	176	176	1.000	1.004	1.004
05 LNG	Tanker	B	B -199,999 cbm	275	176	176	1.000	0.639	0.639
06 Other tanker	Tanker	S	B Other	205	187	181	1.000	0.912	0.885
07 Bulker	Bulker	B	A 200,000+ dwt	185	187	187	1.000	1.011	1.011
07 Bulker	Bulker	B	B 100 -199,999 dwt	185	187	187	1.000	1.011	1.011
07 Bulker	Bulker	B	C 60 -99,999 dwt	195	187	187	1.000	0.959	0.959
07 Bulker	Bulker	B	D 35 -59,999 dwt	195	187	187	1.000	0.959	0.959
07 Bulker	Bulker	B	E 10 -34,999 dwt	195	187	187	1.000	0.959	0.959
07 Bulker	Bulker	S	F -9,999 dwt	205	186	181	1.000	0.906	0.885
08 General cargo	General Cargo	B	A 10,000+ dwt	195	187	187	1.000	0.959	0.959
08 General cargo	General Cargo	S	B 5,000-9,999 dwt	205	186	181	1.000	0.906	0.885
08 General cargo	General Cargo	S	C -4,999 dwt	225	186	181	1.000	0.826	0.806
08 General cargo	General Cargo	B	D 10,000+ dwt, 100+ TEU	195	187	187	1.000	0.959	0.959
08 General cargo	General Cargo	S	E 5,000-9,999 dwt, 100+ TEU	205	186	181	1.000	0.906	0.885
08 General cargo	General Cargo	S	F -4,999 dwt, 100+ TEU	205	186	181	1.000	0.906	0.885
09 Other dry	General Cargo	S	A Reefer	205	186	181	1.000	0.906	0.885
09 Other dry	General Cargo	S	C Special	195	186	181	1.000	0.953	0.930

表 3.3-15(2) 将来の燃料消費率(g/kWh)

Category			Size	SFOC			現況に対する割合		
				2007	2020	2050	Low	Mid	High
10 Container	Unitized	C	A 8,000+ teu	175	187	187	1.000	1.068	1.068
10 Container	Unitized	C	B 5 -7,999 teu	175	187	187	1.000	1.068	1.068
10 Container	Unitized	C	C 3 -4,999 teu	185	187	187	1.000	1.011	1.011
10 Container	Unitized	C	D 2 -2,999 teu	185	187	187	1.000	1.011	1.011
10 Container	Unitized	C	E 1 -1,999 teu	195	187	187	1.000	0.959	0.959
10 Container	Unitized	C	F -999 teu	195	187	187	1.000	0.959	0.959
11 Vehicle	Unitized	B	A 4,000+ ceu	195	187	187	1.000	0.959	0.959
11 Vehicle	Unitized	B	B -3,999 ceu	195	187	187	1.000	0.959	0.959
12 Roro	Unitized	B	A 2,000+ lm	185	187	187	1.000	1.011	1.011
12 Roro	Unitized	S	B -1,999 lm	205	186	181	1.000	0.906	0.885
13 Ferry	Passenger	S	A Pax Only, 25kn+	205	185	185	1.000	0.904	0.904
13 Ferry	Passenger	S	B Pax Only, <25kn	205	185	185	1.000	0.904	0.904
13 Ferry	Passenger	S	C RoPax, 25kn+	185	185	185	1.000	1.002	1.002
13 Ferry	Passenger	S	D RoPax, <25kn	205	185	185	1.000	0.904	0.904
14 Cruise	Passenger	B	A 100,000+ gt	175	188	188	1.000	1.073	1.073
14 Cruise	Passenger	B	B 60-99,999 gt	185	188	188	1.000	1.015	1.015
14 Cruise	Passenger	B	C 10-59,999 gt	185	188	188	1.000	1.015	1.015
14 Cruise	Passenger	B	D 2-9,999 gt	225	188	188	1.000	0.834	0.834
14 Cruise	Passenger	S	E -1,999 gt	205	188	182	1.000	0.916	0.887
15 Yacht	Other	O	Yacht	205	188	188	1.000	0.916	0.916
16 Offshore	Other	O	A Crew/Supply Vessel	205	186	181	1.000	0.906	0.885
16 Offshore	Other	O	B Platform Supply Ship	205	186	181	1.000	0.906	0.885
16 Offshore	Other	O	C Offshore Tug/Supply Ship	205	186	181	1.000	0.906	0.885
16 Offshore	Other	O	D Anchor Handling Tug Supply	195	186	181	1.000	0.953	0.930
16 Offshore	Other	O	E Support/safety	205	186	181	1.000	0.906	0.885
16 Offshore	Other	O	F Pipe (various)	215	186	187	1.000	0.864	0.870
16 Offshore	Other	O	G FPSO, drill	195	186	187	1.000	0.953	0.959
17 Service	Other	O	A Research	205	187	187	1.000	0.912	0.912
17 Service	Other	O	B Tug	205	187	187	1.000	0.912	0.912
17 Service	Other	O	C Dredging	205	187	187	1.000	0.912	0.912
17 Service	Other	O	D SAR & Patrol	205	187	187	1.000	0.912	0.912
17 Service	Other	O	E Workboats	205	187	187	1.000	0.912	0.912
17 Service	Other	O	F Other	225	187	187	1.000	0.831	0.831
18 Misc	Other	O	A Fishing	225	187	187	1.000	0.831	0.831
18 Misc	Other	O	B Trawlers	225	187	187	1.000	0.831	0.831
18 Misc	Other	O	C Other fishing	205	187	187	1.000	0.912	0.912
18 Misc	Other	O	E Other	195	187	187	1.000	0.959	0.959

(4) 将来の排出量算定式

海上輸送需要 3 ケース(ベース、低、高)、輸送効率 3 ケース(ベース、低、高)、航行速度 3 ケース(ベース、低、高)の計 $3 \times 3 \times 3 = 27$ ケースについて、カテゴリ別の現況排出量に、船舶数の変化割合、航行速度の変化割合、輸送効率の変化割合、燃料消費率の変化割合を乗じて、2020 年及び 2050 年の排出量を算定した。2010 年については、現況と 2020 年の排出量より線形補完して算出した。

将来の国際航行の排出量は、現況における全船舶の排出量と国際航行の排出量の割合が将来も変更しないと仮定して算定した。

$$\begin{aligned} \text{(将来排出量)} = & \Sigma \{ \text{(現況のカテゴリ別排出量)} \\ & \times \text{(船舶数の変化割合)} \\ & \times \text{(燃料消費率の変化割合)} \\ & \times (1 + \text{航行速度の変化割合})^3 \\ & \times (1 + \text{輸送効率の変化割合}) \} \end{aligned}$$

3.3.2 算定結果

1990 年から 2050 年までの排出量の推移は、表 3.3-16、表 3.3-17 および図 3.3-1、図 3.3-2 に示すとおりである。CO₂ で見た場合、1990 年から 2050 年までの増加率はほぼ一定であり、将来予測が大きなトレンドとして外れていないことがわかる。また、2020 年付近で一度増加率が落ち込みを見せている要因として、本モデル設定においては 2020 年から原油高騰に伴う減速航行を見込んでおり、そのマクロな効果が出ているものと考えられる。一方 2050 年においては、モデル上はさらなる原油価格高騰から一層の減速航行を見込んでいるが、輸送量の伸びがそれを上回るため、規制がない状態では 2020 年の落ち込みをカバーする勢いで、CO₂ 発生量は増加し続け、3000 Gg を上回る値となることが、モデル上推定される。この値は 2005 年における日本やドイツの陸上排出量はもちろんのこと、米国(5800Gg)、中国(5100Gg)に次ぐものであり、この時点で国際海運は世界第 3 位の排出量を占める可能性が高い。世界の GDP 伸び、なかんずく今後の発展途上国の GDP の伸びを支えるものとはいえ、ここまでの排出量は国際社会の中において到底許容できるレベルにはなく、EU が主張するような 1990 年排出レベルの半減は技術的に困難であるとしても、2000 Gg を超えないレベルを頂点として、2030 年から 2040 年を目標に排出源を緩やかな現象傾向にまで導くことが、排出の絶対レベルからは要求されると考える。

次に、IMO 更新レポートと比較すると、CO₂ については将来予測において排出量が少なくなっている。これは本調査が将来における航行速度の減少と荷役効率の向上を見込んでいるためである。

また、その他の物質に関しては、SO_x と PM を除くと、傾き(年間増加率)の際はあるものの、2050 年に向けておおむね増加する傾向にあることはどの物質ともに同様である。SO_x については 3.3.1(2)(b)に示すように、燃料中の硫黄分が、2015 年に指定海域において 0.1%に、2020 年にグローバルに 0.5%に制限されることが、両者ともに全球レベルでの排出量の削減に有効に寄与し、大きな落ち込みを見せている。これに伴い、PM のうち大きな割合を占める SO₄ 粒子の排出量も大

きな削減が期待できる。SO₄ 粒子は全球的には冷却効果があるというレポートもあるが、それ以外に海洋の表層海水の pH の低下を招き、全体としては大気中の CO₂ の増加をもたらすとも考えられる。従って、良質燃料の供給に一定のエネルギー投入(および CO₂ 排出量の増加)をもたらすとしても、全体として燃料中硫黄分のグローバル規制は地球温暖化に寄与できると考えられるが、定量的な解析には、温暖化に対する一層の知見と良質燃料供給に対する長期的なコスト評価が必要であるとする。

さて、NO_x については、グローバルに tier 2 規制が導入されるが、その効果は CO₂ 増加量(=燃料消費総量)の増加を打ち消すほどではない。これは、SO_x 排出量が燃料規制によって既存船に対しても大きな効果をもたらすのに対して、NO_x は tier 2 規制は新造船にしか適用されず、既存船に対しては一部の機関に対して tier 1 相当の対策が施されるにとどまること、モデルでは指定海域の設定が比較的控えめなことが大きな要因である。ただし、広大な国土をもつ国が、自国の陸上の土壌酸性化などを防止するため、海岸線から 200 マイルを ECA に指定した場合²、グローバルな排出総量に対する影響も大きくなる可能性があり、この点をモデルに取り込む必要性があるとする。

次に、IMO 更新レポートと物質ごとの排出量を比較すると、2020 年では、CH₄、N₂O、NMVOC、CO 及び SO_x は同程度であるが、PM はやや少なく、NO_x は 7 Gg ほど多くなっている。2050 年ではその差はさらに大きくなり、NO_x では 19 Gg ほど多くなっている。これは、更新レポートが実質的な排出係数を設定しているのに対して、本調査では規制値そのものを排出係数としているためである。

表 3.3-16 全船舶の将来の排出量 (Gg/年)

項目	2007	2010	2020	2050
CO ₂	1050.4	1100.4	1267.0	3217.8
CH ₄	0.096	0.100	0.115	0.302
N ₂ O	0.027	0.029	0.033	0.086
NO _x	30.7	31.0	32.3	69.3
NMVOC	0.80	0.84	0.96	2.54
CO	2.46	2.58	2.98	7.84
SO _x	14.6	12.1	3.5	9.3
PM	1.80	1.51	0.55	1.45

表 3.3-17 国際航行の将来の排出量 (Gg/年)

項目	2007	2010	2020	2050
CO ₂	870.4	911.5	1048.6	2647.7
CH ₄	0.079	0.083	0.095	0.248
N ₂ O	0.023	0.024	0.027	0.071
NO _x	26.1	26.4	27.3	58.7
NMVOC	0.66	0.69	0.80	2.11
CO	2.04	2.14	2.47	6.50
SO ₂	13.1	10.8	2.9	7.7
PM	1.62	1.35	0.45	1.20

² 今後、米国およびカナダなどが同内容の提案をすることが予測される。

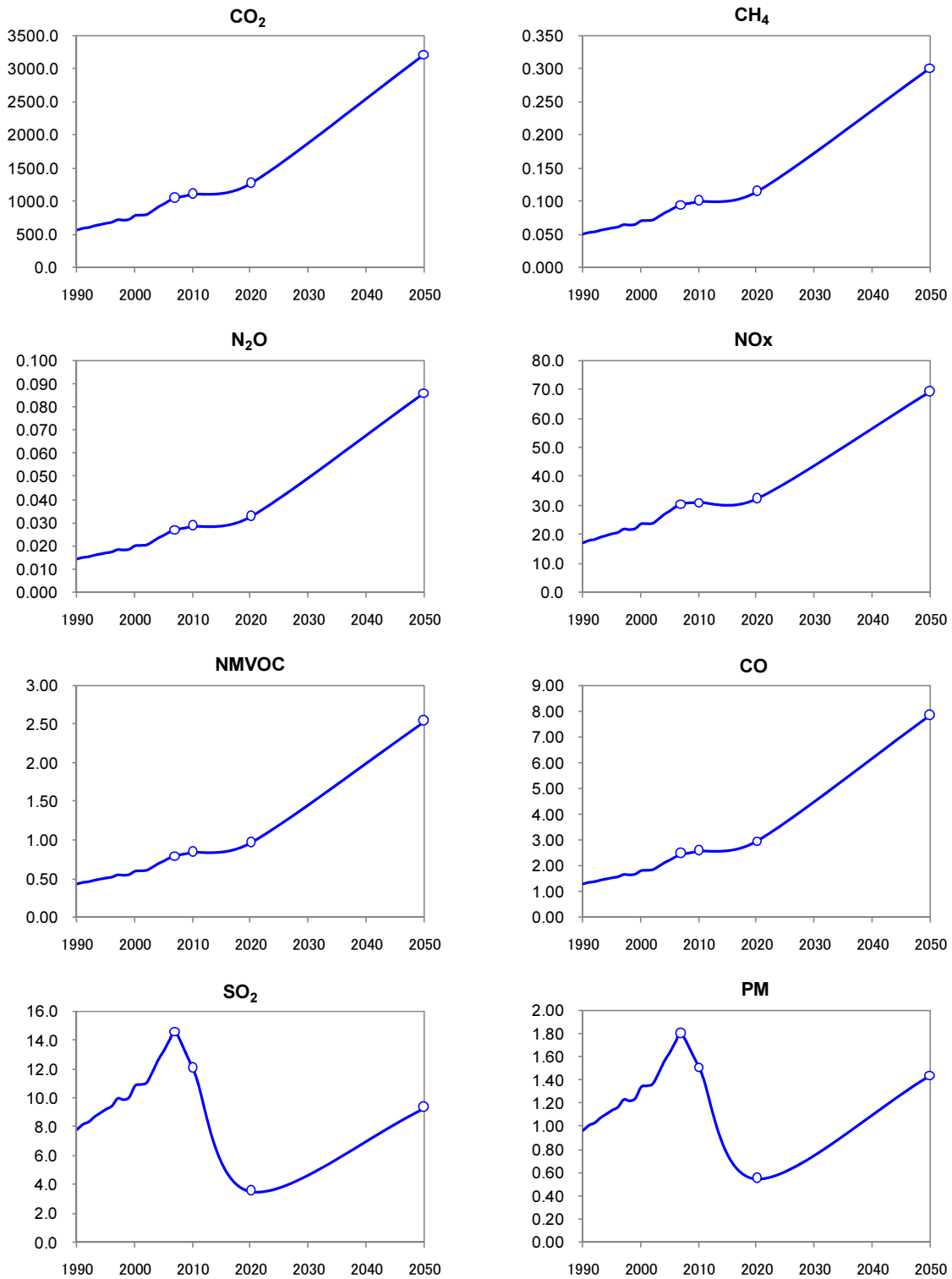


図 3.3-1 将来の全船舶排出量の変動 (Gg/年)

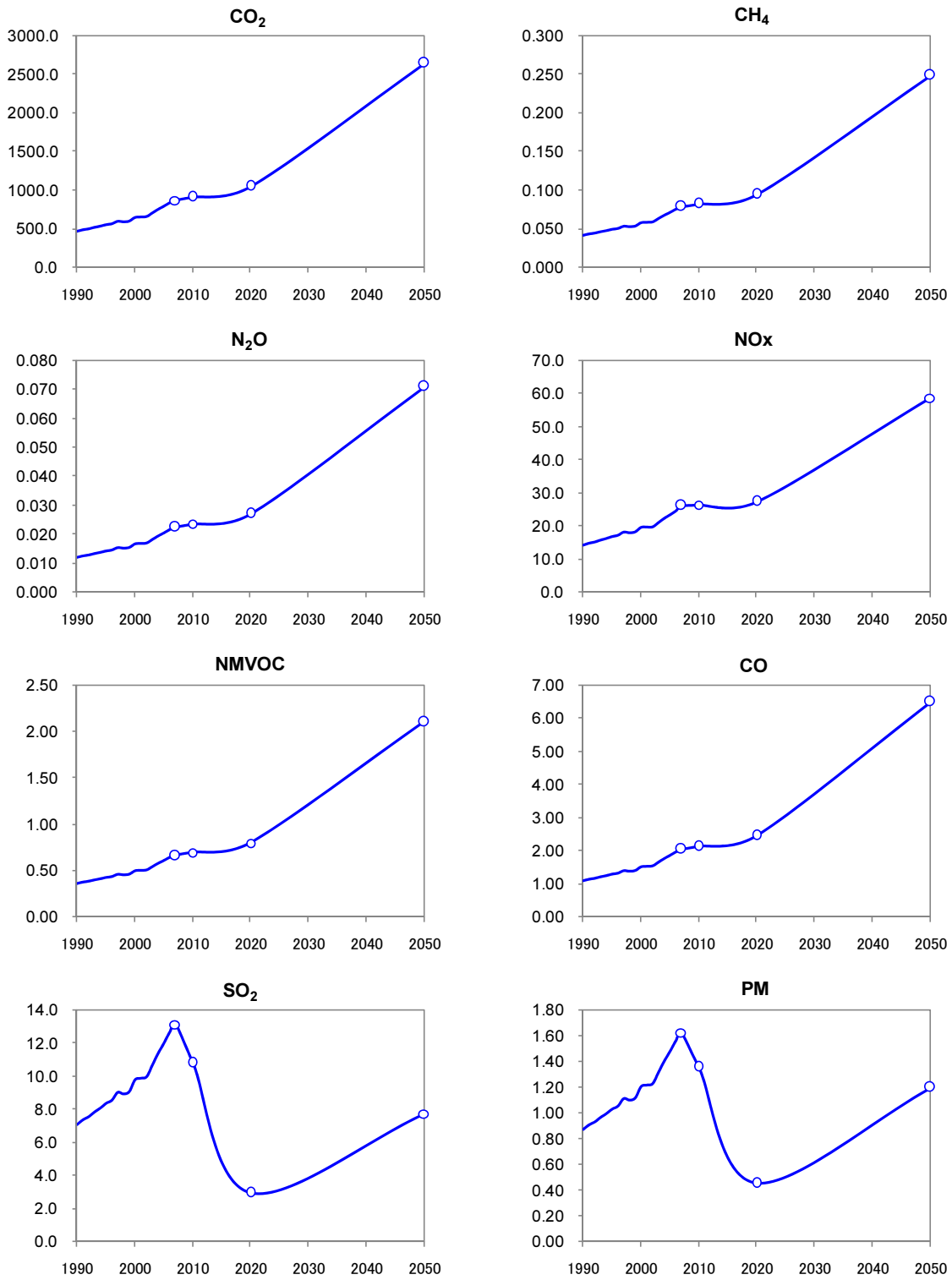


図 3.3-2 将来の国際航行の排出量の変動 (Gg/年)

4. 参考文献

- 環境省(2008) : 日本国温室効果ガスインベントリ報告書、2008年5月、温室効果ガスインベントリオフィス(GIO)編、環境省地球環境局地球温暖化対策課監修
<http://www-gio.nies.go.jp/aboutghg/nir/nir-j.html>
- S&O(2001) : 平成12年度 船舶からの温室効果ガス(CO₂等)の排出削減に関する調査研究報告書、平成13年6月、財団法人シップ・アンド・オーシャン財団
- S&O(1999) : 平成10年度 船舶排ガスの地球環境への影響と防止技術の調査研究報告書、平成11年3月、財団法人シップ・アンド・オーシャン財団
- Lloyd's Register(1995) : Marine Exhaust Emissions Research Programme, Lloyd's Register House, Croydon, England
- EC(2002) : Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community, Final Report Entec UK Limited (July 2002)
http://europa.eu.int/comm/environment/air/pdf/chapter2_ship_emissions.pdf
- EMEP/CORINAIR(2007) : EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 2007
http://reports.eea.europa.eu/EMEP_CORINAIR5/en/page002.html
- Cooper and Gustafsson (2004) : Cooper, D.A., and Gustafsson, T. (2004). Methodology for calculating emissions from ships: 1. Update of emission factors, Report series SMED and SMED&SLU 4.
- Techne(1997) : Trozzi, C., Vaccaro, R.: Methodologies for Estimating Air Pollutant Emissions from Ships. MEET Deliverable No. 19. European Commission DG VII, June 1997.
- EPA(1985) : Compilation of Air Pollutant Emission Factors: Volume II: Mobile sources -Vessels AP-42, Fourth edition, September 1985.
<http://www.epa.gov/oms/ap42.htm>
- IPCC(1997) : IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories. OECD
- Cooper(1996) : Cooper, D.A., K. Peterson and D. Simpson, Atmospheric Environment, vol 30, pp. 2463-2473. 1996
- UNEP2006 : Refrigeration, air conditioning and heat pumps technical options committee (RTOC), United Nations Environment Programme 2006 RTOC Assesment report.
<http://ozone.unep.org/teap/Reports/RTOC/index.shtml>
- エネルギー統計 : Statistical Review of world Energy, BP, www.bp.com.
- Lloyd's データ : Lloyd's Register Fairlay Research によるデータ、Sweden
- PREVENTION OF AIR POLLUTION FROM SHIPS Updated 2000 Study on Greenhouse Gas Emissions from Ships Phase 1 Report

5. 巻末資料

巻末資料として、過去の当財団における物質ごとの排出係数(平成12年度 船舶からの温室効果ガス(CO₂等)の排出削減に関する調査研究報告書、平成13年6月、財団法人シップ・アンド・オーシャン財団)およびECにおける排出係数の設定(Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community, Final Report Entec UK Limited (July 2002))の状況を表5-1および表5-2に示した。また、本年度内に当調査内容について、プレゼンを行った際の資料を表5-3(IMO GHG 更新レポートの作業チーム内における検討作業会、2008年10月)および表5-3(国土交通省主催GHGに関するワークショップ、2008年5月)に示した。

表5-1 S&O(1999)における燃料消費あたりでの排出係数の比較

		単位:g/kg-Fuel							
		NO _x	CH ₄	NM VOC	CO	N ₂ O	SO ₂	PM	CO ₂
1	IPCC/OECD(1994)	87	n/a	n/a	1.9	0.08	-	-	3,212
2	IPCC/OECD(1996)	70	n/a	n/a	7.4	0.08	-	-	3,212
3	IMO (1989)	70		3	1.5	-	60 20	2.5	3,110
4	SO 財団 (1992)	全体	70	3	1.5	-	20s	2.5	3,110
		4 cycle	70.6	-	-	-	-	-	-
		2 cycle	96.7	-	-	-	-	-	-
5	Lloyd's (1993)	Low Speed	84	2.5	9	-	21s	-	3,165
		High Speed	59	2.7	8	-	21s	-	3,250
6	日本船用 機関学会 (1995)	全機種平均	66.8	3	-	-	21s	2.5	3,110
		4 cycle	58.5	3	-	-	21s	2.5	3,110
		2 cycle	83.9	3	-	-	21s	2.5	3,110
7	CIMAC (1998)	High Speed	70	3	9	-	20s	1.5	3,200
		Medium Speed	57	2.4	7.4	-	20s	1.2	3,200
		Low Speed	87	2.4	7.4	-	20s	1.2	3,200
8	本調査	4 cycle	56	-	-	-	-	-	-
		2 cycle	90	-	-	-	-	-	-

-は記載がないことを示す。

N/A は、無視できる程度に小さいことを示す。

s:燃料中の硫黄含有率(%)

IPCC(1994); Greenhouse Gas Inventory Reference Manual のうち Ocean Going Ships を示した。

IPCC(1996); Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Reference Manual のうち、Ocean Going Ships を示した。

IMO (1989); MEPC 29/18.1989 Prevention of Air Pollution from Ships, Including Fuel Oil Quality のうち Diesel Ships を示した。

SO 財団(1992);船舶排ガスの環境への影響と防止技術の調査

Lloyd's (1993); Lloyd's Register Marine Exhaust Research Programme: Steady state operation

日本船用機関学会(1995);船舶大気汚染抑制検討委員会の成果報告より、4サイクル39機関、2サイクル19機関の測定値の単純平均値

CIMAC(1998); Methodologies for Estimating Air Pollutant Emissions from Ships, Carlo Trozzi *et al*, CIMAC Congress 1998

表 5-2 EC(2002)の船舶の船型別排出係数(航行中)

Table 2.11. Emission factors for "at sea" operation regarding ship type.

AT SEA	NO _x	SO ₂	CO ₂	HC	sfc	NO _x	SO ₂	CO ₂	HC
	<u>in g/kWh</u>					<u>in kg/tonne fuel</u>			
A11 Liquefied Gas	8.5	12.4	822	0.3	258	41	49	3179	1.4
A12 Chemical	16.5	11.0	645	0.6	203	83	54	3179	2.8
A13 Oil	14.9	11.7	689	0.5	217	75	54	3179	2.5
A14 Other liquid	16.6	10.9	641	0.6	202	83	54	3179	2.8
A21 Bulk dry	17.9	10.6	624	0.6	196	92	54	3179	3.0
A22 Bulk dry/oil	16.8	10.3	643	0.6	202	86	52	3179	2.9
A23 Self-discharging bulk dry	14.3	11.5	695	0.5	218	71	53	3179	2.4
A24 Other bulk dry	17.4	10.6	631	0.6	198	88	53	3179	2.9
A31 General cargo	16.3	10.9	644	0.6	203	81	54	3179	2.7
A32 Passenger/general cargo	15.8	11.1	653	0.5	205	77	54	3179	2.7
A33 Container	17.5	10.7	631	0.6	199	89	54	3179	3.0
A34 Refrigerated cargo	17.4	10.7	631	0.6	198	88	54	3179	2.9
A35 Roro cargo	15.6	11.2	659	0.5	207	76	54	3179	2.6
A36 Passenger/Roro cargo	13.3	9.8	686	0.4	216	63	46	3179	2.0
A37 Passenger	13.2	11.7	696	0.5	219	62	54	3179	2.2
A38 Other dry cargo	11.1	12.9	757	0.4	238	53	54	3179	1.9
B11 Fish catching	13.9	11.5	685	0.5	215	65	53	3179	2.1
B12 Other fishing	13.3	12.3	722	0.5	227	66	54	3179	2.2
B21 Offshore supply	14.0	11.0	675	0.5	212	66	52	3179	2.3
B22 Other offshore	13.5	11.1	682	0.4	215	63	52	3179	2.1
B31 Research	14.2	11.4	673	0.5	212	67	54	3179	2.3
B32 Towing/Pushing	13.7	10.8	673	0.4	212	65	51	3179	2.0
B33 Dredging	14.1	11.4	674	0.5	212	67	54	3179	2.3
B34 other activities	12.5	10.7	705	0.4	222	59	48	3179	2.0
W11 Other activities	14.0	11.5	678	0.5	213	66	54	3179	2.3
W12 Other activities	12.7	11.5	677	0.2	213	60	54	3179	0.9

出典：EC(2002)

表 5-3 EC(2002)の船舶の船型別排出係数(停泊中)

Table 2.12. Emission factors for "in port" operation regarding ship type.

IN PORT	NO _x	SO ₂	CO ₂	HC	PM	sfc	NO _x	SO ₂	CO ₂	HC	PM	
	<u>in g/kWh</u>						<u>in kg/tonne fuel</u>					
A11 Liquefied Gas	7.5	13.4	884	0.9	2.1	278	33	49	3179	3.7	7.8	
A12 Chemical	13.3	12.1	710	1.5	2.2	223	60	54	3179	6.7	9.7	
A13 Oil	12.1	12.8	754	1.4	2.2	237	55	54	3179	6.3	9.6	
A14 Other liquid	13.3	12.0	707	1.5	2.2	222	60	54	3179	7.0	10.0	
A21 Bulk dry	13.8	12.0	706	1.0	1.5	222	62	54	3179	4.5	6.8	
A22 Bulk dry/oil	13.4	11.9	715	0.9	1.4	225	60	53	3179	4.3	6.5	
A23 Self-discharging bulk dry	13.1	12.3	727	0.5	1.0	229	58	54	3179	2.4	4.4	
A24 Other bulk dry	13.6	12.0	709	1.0	1.5	223	61	54	3179	4.6	6.9	
A31 General cargo	13.3	12.1	716	0.9	1.5	225	59	54	3179	4.1	6.5	
A32 Passenger/general cargo	13.2	12.2	721	0.6	1.1	227	59	54	3179	2.9	5.0	
A33 Container	13.7	12.1	710	1.0	1.5	223	62	54	3179	4.4	6.7	
A34 Refrigerated cargo	13.5	12.1	714	0.7	1.2	225	60	54	3179	3.4	5.5	
A35 Roro cargo	13.0	12.3	723	0.9	1.4	227	58	54	3179	3.9	6.3	
A36 Passenger/Roro cargo	11.3	11.2	746	1.0	1.8	235	49	48	3179	4.4	7.6	
A37 Passenger	11.6	12.6	750	1.0	1.8	236	50	54	3179	4.4	7.7	
A38 Other dry cargo	11.8	12.9	761	0.7	1.4	239	52	54	3179	2.9	5.6	
B11 Fish catching	13.4	12.2	722	0.4	0.8	227	59	54	3179	1.8	3.6	
B12 Other fishing	11.3	13.2	776	1.1	2.0	244	51	54	3179	5.1	8.4	
B21 Offshore supply	12.0	11.9	734	1.1	1.7	231	52	52	3179	4.6	7.5	
B22 Other offshore	12.0	12.2	737	0.9	1.6	232	52	53	3179	3.8	6.9	
B31 Research	11.8	12.5	736	1.2	2.0	232	51	54	3179	5.2	8.7	
B32 Towing/Pushing	11.8	12.0	734	1.0	1.8	231	51	52	3179	4.2	7.7	
B33 Dredging	11.9	12.4	736	1.2	2.0	232	51	54	3179	5.1	8.4	
B34 other activities	11.1	11.5	756	1.0	1.7	238	48	48	3179	4.2	7.2	
W11 Other activities	12.7	12.4	729	0.8	1.3	229	55	54	3179	3.2	5.7	
W12 Other activities	11.2	12.5	738	0.5	1.9	232	48	54	3179	2.3	8.2	

出典：EC(2002)

表 5-4 EC(2002)の船舶の船型別排出係数(湾内徐行中)

Table 2.13. Emission factors for “manoeuvring” operation regarding ship type.

MANOEUVRING	NO _x	SO ₂	CO ₂	HC	PM	sfc	NO _x	SO ₂	CO ₂	HC	PM
	in g/kWh						in kg/tonne fuel				
A11 Liquefied Gas	7.4	13.5	887	0.9	2.1	279	32	49	3179	3.7	7.8
A12 Chemical	13.3	12.1	710	1.5	2.2	223	60	54	3179	6.9	9.9
A13 Oil	12.0	12.8	754	1.4	2.3	237	55	54	3179	6.4	9.7
A14 Other liquid	13.3	12.0	706	1.6	2.3	222	60	54	3179	7.1	10.2
A21 Bulk dry	14.3	11.7	688	1.7	2.3	217	66	54	3179	7.8	10.6
A22 Bulk dry/oil	13.5	11.4	708	1.6	2.2	223	62	52	3179	7.3	10.1
A23 Self-discharging bulk dry	12.0	12.5	751	1.1	1.9	236	54	53	3179	5.2	8.2
A24 Other bulk dry	13.9	11.6	695	1.6	2.3	219	64	53	3179	7.6	10.4
A31 General cargo	13.1	12.0	709	1.6	2.3	223	59	54	3179	7.0	10.2
A32 Passenger/general cargo	12.8	12.2	718	1.4	2.1	226	57	54	3179	6.2	9.2
A33 Container	14.0	11.8	696	1.6	2.3	219	65	54	3179	7.6	10.4
A34 Refrigerated cargo	13.9	11.8	697	1.5	2.2	219	63	54	3179	7.1	9.9
A35 Roro cargo	12.5	12.3	724	1.5	2.3	228	56	54	3179	6.7	10.0
A36 Passenger/Roro cargo	10.6	10.8	754	1.3	2.1	237	46	46	3179	5.4	9.0
A37 Passenger	10.7	12.9	764	1.4	2.3	240	46	54	3179	5.8	9.8
A38 Other dry cargo	9.3	14.0	821	1.1	2.2	258	40	54	3179	4.7	8.9
B11 Fish catching	13.0	12.2	725	0.6	1.1	228	57	54	3179	2.6	4.8
B12 Other fishing	10.7	13.5	792	1.3	2.4	249	49	54	3179	6.0	9.9
B21 Offshore supply	11.2	12.1	742	1.4	2.3	233	48	52	3179	6.1	9.7
B22 Other offshore	10.9	12.2	749	1.3	2.2	236	47	52	3179	5.4	9.5
B31 Research	11.4	12.6	740	1.4	2.4	233	49	54	3179	6.2	10.2
B32 Towing/Pushing	11.0	11.8	740	1.2	2.3	233	48	51	3179	5.3	9.7
B33 Dredging	11.4	12.5	741	1.4	2.4	233	49	54	3179	6.2	10.1
B34 other activities	10.1	11.8	774	1.2	2.2	243	43	48	3179	5.3	9.0
W11 Other activities	11.5	12.6	742	1.4	2.2	233	49	54	3179	5.9	9.5
W12 Other activities	10.2	12.6	744	0.6	2.4	234	44	54	3179	2.5	10.1

出典：EC(2002)

表 5-6 (1) CO2 以外の関連物質に関するプレゼンテーション資料


<p style="text-align: center;">Other emission (GHGs and relevant chemicals) than Carbon dioxide</p> <p style="text-align: center;">- its basic methodologies-</p> <p style="text-align: center;">Ocean Policy Research Foundation Shinichi Hanayama</p> 	<p style="text-align: center;"><u>Outline of this presentation</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● What is the target chemicals ● GHG other than Carbon dioxide ● Relevant chemicals 																																																		
<p style="text-align: center;"><u>What is the target chemicals</u> GHG under Kyoto protocol should be;</p> <p>CO2, CH4, N2O, HFCs, PFCs, SF6</p> <p>Other relevant chemicals under IPCC guideline should be;</p> <p>SO2, NOx, PM, CO, NMVOCs and NH3</p> <p>SF6 and NH3 could be “ND” under usual operation. NH3?? leakage from SCR? Max 10 ppm</p> 	<p style="text-align: center;"><u>What is the target chemicals</u> GHG under Kyoto protocol should be;</p> <table border="1" data-bbox="826 981 1449 1361"> <thead> <tr> <th></th> <th>CH4,</th> <th>N2O</th> <th>HFCs</th> <th>PFCs</th> <th>SO2</th> <th>NOx</th> <th>PM</th> <th>CO</th> <th>NMVOC</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E With Combustion</td> <td>Less</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>Less</td> </tr> <tr> <td>E With operation</td> <td>Majority</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Majority</td> </tr> <tr> <td>Effect from Annex VI</td> <td>no</td> <td>Inc?</td> <td>no</td> <td>no</td> <td>dec Decrease</td> <td>dec</td> <td>dec</td> <td>?</td> <td>no</td> </tr> <tr> <td>Need crafty</td> <td>X</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table> 		CH4,	N2O	HFCs	PFCs	SO2	NOx	PM	CO	NMVOC	E With Combustion	Less	X			X	X	X	X	Less	E With operation	Majority		X	X					Majority	Effect from Annex VI	no	Inc?	no	no	dec Decrease	dec	dec	?	no	Need crafty	X		X	X					X
	CH4,	N2O	HFCs	PFCs	SO2	NOx	PM	CO	NMVOC																																										
E With Combustion	Less	X			X	X	X	X	Less																																										
E With operation	Majority		X	X					Majority																																										
Effect from Annex VI	no	Inc?	no	no	dec Decrease	dec	dec	?	no																																										
Need crafty	X		X	X					X																																										
<p style="text-align: center;"><u>Outline of this presentation</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● What is the target chemicals ● GHG other than Carbon dioxide ● Relevant chemicals 	<p style="text-align: center;"><u>GHG other than Carbon dioxide</u> N2O</p> <p>Mainly emitted in exhaust gasses under worse combustion. Less than mobile diesel and gasoline engine.</p> <p>There are some data indicated that SCR with worse catalysts will emit more N2O from stationary sources. Is it possible under Tier 3 in Annex VI?</p> <p>High evidence on activities and EF</p> 																																																		

表 5-6 (2) CO2 以外の関連物質に関するプレゼンテーション資料

<p style="text-align: center;">GHG other than Carbon dioxide</p> <p>CH4 Emitted in exhaust gasses under worse combustion. Less than mobile diesel and gasoline engine. Also emitted from the tank open space from Crude oil tanker, volatilized from crude oil (not from LNG and product tanker). This emission vector should be major.</p> <p>There are opinion that methane contents in crude oil is negative (Tim Gunner INTERTANKO?) . High evidence on activities (transportation of crude oil) and EF</p> 	<p style="text-align: center;">GHG other than Carbon dioxide</p> <p>HFCs Refrigerant Leakage from reefer container and refrigerator on ships. There are again implementation problems, how recharge refrigerant should be counted as National inventory. For example, in Japan all refrigerant charged against international containers and ships should be counted as National inventory. Only limited to the HFCs defined in Kyoto protocol. Or including Ozone depleting substances under Montreal Protocol?</p> <p>Low evidence both on activities and EF</p> 																								
<p style="text-align: center;">GHG other than Carbon dioxide</p> <p>PFCs Leakage from fire extinguish equipment on ships. There are again implementation problems, how recharge refrigerant should be counted as National inventory. For example, in Japan all refrigerant charged against international containers and ships should be counted as National inventory. Only limited to the PFCs defined in Kyoto protocol. Or including Ozone depleting substances under Montreal Protocol?</p> <p>Low evidence both on activities and EF</p> 	<p style="text-align: center;"><u>Outline of this presentation</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● What is the target chemicals ● GHG other than Carbon dioxide ● Relevant chemicals 																								
<p style="text-align: center;">Relevant chemicals</p> <p>NOx Mainly emitted in exhaust gasses under worse combustion. More than mobile diesel and gasoline engine. However, significantly reduced in TIER 3 of new ANNEX VI. The unit of EF is g/kWh, so that we can easily estimate individual emission from each ship type and size (if we put the estimation between engine speed and power output).</p> <p>The question is where and when is ECAs for NOx, rather than North Sea and Baltic Sea. Do we have to set real scenarios against Mediterranean Sea area and westcoast of US?</p> <p>Also Prof. Corvete and Veronica needs NO2 ratio in total NOx, which will be changed in TIER 3?</p> <p>Very High evidence both on activities and EF</p> 	<p style="text-align: center;">NOx emission factor table</p> <p style="text-align: center;">Relevant chemicals</p> <table border="1" data-bbox="839 1581 1449 1921"> <thead> <tr> <th></th> <th>Pre 1990</th> <th>1990-2000</th> <th>2000-2011</th> <th>2011-2016</th> <th>After 2016</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2007</td> <td>Tier 1 + 15%</td> <td>Tier 1 + 10%</td> <td>Tier 1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>Tier 1 + 15%</td> <td>Tier 1</td> <td>Tier 1</td> <td>Tier 2</td> <td>Tier 2+ Tier 3 in original SECA</td> </tr> <tr> <td>2050</td> <td></td> <td>Tier 1</td> <td>Tier 1</td> <td>Tier 2</td> <td>Tier 2+ Tier 3 in ECA for N Maximum 50% of global fuel consumption</td> </tr> </tbody> </table> 		Pre 1990	1990-2000	2000-2011	2011-2016	After 2016	2007	Tier 1 + 15%	Tier 1 + 10%	Tier 1			2020	Tier 1 + 15%	Tier 1	Tier 1	Tier 2	Tier 2+ Tier 3 in original SECA	2050		Tier 1	Tier 1	Tier 2	Tier 2+ Tier 3 in ECA for N Maximum 50% of global fuel consumption
	Pre 1990	1990-2000	2000-2011	2011-2016	After 2016																				
2007	Tier 1 + 15%	Tier 1 + 10%	Tier 1																						
2020	Tier 1 + 15%	Tier 1	Tier 1	Tier 2	Tier 2+ Tier 3 in original SECA																				
2050		Tier 1	Tier 1	Tier 2	Tier 2+ Tier 3 in ECA for N Maximum 50% of global fuel consumption																				

表 5-6 (3) CO2 以外の関連物質に関するプレゼンテーション資料







<p style="text-align: center;">Relevant chemicals</p> <p>SOx Mainly emitted in exhaust gasses under worse combustion. More than mobile diesel and gasoline engine. However, significantly reduced in new ANNEX VI. The unit of EF is weight %, so that we can easily estimate individual emission from each ship type and size(0.5% in 2020 global and 0.1% in 2015 in ECA) .</p> <p>The question is where and when is ECAs for SOx , rather than North Sea and Baltic Sea. Do we have to set real scenarios against Mediterranean Sea area and westcoast of US, Same as NOx? some anonymous area could be more acceptable for MEPC. In that case, steady increase per year could be more adequate. Very High evidence both on activities and EF</p> 	<p style="text-align: center;">Relevant chemicals</p> <p>SOx emission factor table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>gass (LNG)</th> <th>Syntheti c oil</th> <th>Oil in global</th> <th>Oil in ECA</th> <th>Bio-fuel?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2007</td> <td>0</td> <td></td> <td>2.7%</td> <td>0.5% (1.5%)</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>0</td> <td>0.5%</td> <td>0.5%</td> <td>0.1% In original SECA</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>2050</td> <td>0</td> <td>0.5%</td> <td>0.5%</td> <td>0.1% ECA for S Maximum 50% of global fuel consumption</td> <td>0.5%? If use fuel from algae</td> </tr> </tbody> </table> 		gass (LNG)	Syntheti c oil	Oil in global	Oil in ECA	Bio-fuel?	2007	0		2.7%	0.5% (1.5%)	0.1	2020	0	0.5%	0.5%	0.1% In original SECA	0.1	2050	0	0.5%	0.5%	0.1% ECA for S Maximum 50% of global fuel consumption	0.5%? If use fuel from algae
	gass (LNG)	Syntheti c oil	Oil in global	Oil in ECA	Bio-fuel?																				
2007	0		2.7%	0.5% (1.5%)	0.1																				
2020	0	0.5%	0.5%	0.1% In original SECA	0.1																				
2050	0	0.5%	0.5%	0.1% ECA for S Maximum 50% of global fuel consumption	0.5%? If use fuel from algae																				
<p style="text-align: center;">Relevant chemicals</p> <p>SOx emission factor table</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>gass (LNG)</th> <th>Syntheti c oil</th> <th>Oil in global</th> <th>Oil in ECA</th> <th>Bio-fuel?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2007</td> <td>0</td> <td></td> <td>2.7%</td> <td>0.5% (1.5%)</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>2020</td> <td>0</td> <td>0.5%</td> <td>0.5%</td> <td>0.1% In original SECA</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>2050</td> <td>0</td> <td>0.5%</td> <td>0.5%</td> <td>0.1% ECA for S Maximum 50% of global fuel consumption</td> <td>0.5%? If use fuel from algae</td> </tr> </tbody> </table> 		gass (LNG)	Syntheti c oil	Oil in global	Oil in ECA	Bio-fuel?	2007	0		2.7%	0.5% (1.5%)	0.1	2020	0	0.5%	0.5%	0.1% In original SECA	0.1	2050	0	0.5%	0.5%	0.1% ECA for S Maximum 50% of global fuel consumption	0.5%? If use fuel from algae	<p style="text-align: center;">Relevant chemicals</p> <p>PM Mainly emitted in exhaust gasses under worse combustion. More than mobile diesel and gasoline engine. However, reduced indirectly in TIER 3 in new ANNEX VI. The major part of PM should be sulfuric acid(SO4) aerosol , so that we can easily assume the reduction of 60% of total PM by transfer the fuel with 2.7% to 0.5% of S. OPRF and GL has a EF including Sulfur aerosol.</p> <p>The question is where and when is ECAs for SOx , rather than North Sea and Baltic Sea. Do we have to set real scenarios against Mediterranean Sea area and westcoast of US?</p> <p>High evidence both on activities and EF</p> 
	gass (LNG)	Syntheti c oil	Oil in global	Oil in ECA	Bio-fuel?																				
2007	0		2.7%	0.5% (1.5%)	0.1																				
2020	0	0.5%	0.5%	0.1% In original SECA	0.1																				
2050	0	0.5%	0.5%	0.1% ECA for S Maximum 50% of global fuel consumption	0.5%? If use fuel from algae																				
<p style="text-align: center;">Relevant chemicals</p> <p>PM Mainly emitted in exhaust gasses under worse combustion. More than mobile diesel and gasoline engine. However, reduced indirectly in TIER 3 in new ANNEX VI. The major part of PM should be sulfuric acid(SO4) aerosol , so that we can easily assume the reduction of 60% of total PM by transfer the fuel with 2.7% to 0.5% of S. OPRF and GL has a EF including Sulfur aerosol.</p> <p>The question is where and when is ECAs for SOx , rather than North Sea and Baltic Sea. Do we have to set real scenarios against Mediterranean Sea area and westcoast of US?</p> <p>High evidence both on activities and EF</p> 	<p style="text-align: center;">Relevant chemicals</p> <p>PM Do we need information for particle size proportion?</p> <p>Less information for size contribution. If the global model use total PM as fine PM, such as <2 um, the degradation rate should be too underestimated (over estimate for life in layer) . However, after 2020 using 0.5%, that means mainly using distilled oil, we can use size contribution for stationary combustion sources.</p> <p>Needs exhaust gas temperature?</p> 																								

表 5-6 (4) CO2 以外の関連物質に関するプレゼンテーション資料



<p style="text-align: center;">Relevant chemicals</p> <p>NMVOCS Emitted in exhaust gasses under worse combustion. Less than mobile diesel and gasoline engine. Also emitted from the tank open space from Crude oil , LNG and product tanker Volatilized from its cargo. This vector should be major.</p> <p>NMVOCS are mainly precursor of ground level ozone, but NMVOCS from crude oil (mainly alkane) has less ozone production reactivity (MIR) than that from gasoline and paint solvent(mainly BTX) .</p> <p>High evidence on activities (transportation oil products) but less evidence for EF</p> 	<p style="text-align: center;">What is the target chemicals</p> <p>http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/102.htm</p> 
--	---

表 5-7 (1) CO2 の排出予測に関するプレゼンテーション資料

<p style="text-align: center;">Future Forecast for GHG emission from International transportation</p> <p style="text-align: center;">- How much reduction do we need in the future? -</p> <p style="text-align: center;">30/May/2008 INTERNATIONAL WORKSHOP ON POLICY DIRECTION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM INTERNATIONAL SHIPPING</p> <p style="text-align: center;">Ocean Policy Research Foundation Shinichi Hanayama</p> 	<p style="text-align: center;"><u>Outline of this presentation</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● CO2 current emission ● CO2 emission forecast <p style="text-align: center;">Different situation between bulk cargo and container</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Mitigation scenario <p style="text-align: center;">Do we have to put the total cap against total transportation amount ?</p> 
<p style="text-align: center;"><u>Over view of CO2 current emission</u></p> <p>What is the CO2 current situation ?</p> <p>Which is real value for 2005 global total emission 450 Mt or 1.12 Gt(1,120 Mt)?</p> <p>There are almost 3 times variation.</p> <p>450 Mt is calculated from IEA statistics 1.12 Gt is calculated from operation datas. And larger number was concluded in the report by Scientific Group for SOx.</p> <p>Now the GHG report updating Group are struggling with this matter, however the range could be 800 -900 Mt, which is still 2 times than IEA based emission (same as the national CO2 emission from Germany)</p> 	<p style="text-align: center;"><u>Outline of this presentation</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● CO2 current emission ● CO2 emission forecast <p style="text-align: center;">Different situation between bulk cargo and container</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Mitigation scenario <p style="text-align: center;">Do we have to put the total cap against total transportation amount ?</p> 
<p style="text-align: center;"><u>Outline of this presentation</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ● CO2 current emission ● CO2 emission forecast <p style="text-align: center;">Different situation between bulk cargo and container</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Mitigation scenario <p style="text-align: center;">Do we have to put the total cap against total transportation amount ?</p> 	<p style="text-align: center;">summary of CO2 emission forecast</p> <p>The forecast of Cargo transport amount without any mitigation under IPCC future scenario A1B</p> <p>As the result, container cargo transport in 2050 assumed to be 9 times more than the value of 2010, using A1B scenario.</p> <p>Contrasting to containership, the amount of bulk cargo has moderate increase or even decrease in Crude Oil.</p> 

表 5-7 (2) CO2 の排出予測に関するプレゼンテーション資料







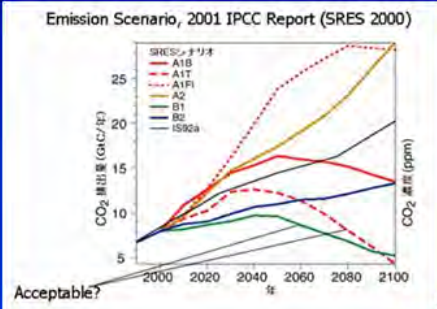


<p>Over view of IPCC SRES</p> <p>What is the IPCC SRES ?</p> <p>SRES(Special Report on missions Scenarios) The IPCC provides scientific and technical advices to the Conference of Parties (COP) to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) and its bodies by request. the 1996 Plenary of the IPCC was requested to build up this Special Report on Emissions Scenarios (SRES) . This report was accepted by the Working Group III (WGIII) plenary session in March 2000. The long-term nature and uncertainty of climate change and its driving forces require scenarios that extend to the end of the 21st century.</p> 	<p>Over view of IPCC SRES</p> <p>What is the IPCC SRES ?</p> <p>SRES(Special Report on missions Scenarios) The SRES scenarios cover a wide range of the main driving forces of future emissions, from demographic to technological and economic developments. As required by the Terms of Reference, none of the scenarios in the set includes any future policies that explicitly address climate change, although all scenarios necessarily encompass various policies of other types. The set of SRES emissions scenarios is based on an extensive assessment of the literature, six alternative modeling approaches. The SRES scenarios include the range of emissions of all relevant species of greenhouse gases (GHGs) and sulfur and their driving forces.</p> <p>6 different scenario but not including mitigation such as Kyoto Protocol GHG emission and economic growth under BAU.</p> 																																																																																																																								
<p>Over view of IPCC SRES</p> <p>The future economic activities are classified in 4 categories below, based on 2 parameters of globalization ⇒ regionalization and economic growth ⇒ environment-oriented. Total 6 scenarios are prepared: 3 scenarios for A1, which has the highest probability and categorized in globalization/economic growth</p>  	<p>Over view of IPCC SRES</p> <p>A1. It is drawn as Near-future society where the rapid economic growth continues, and the world population reached to its top in the mid 21st century, then new technology and high efficiency technology are introduced rapidly.</p> <p>The regional gap of income per person is estimated to be reduced drastically due to reduction of regional gap, capacity building, cultural and social exchange.</p> <p>Due to technology renovation in energy system, A1 scenario families are divided in 3 groups: focusing fossil energy source (A1F), non-fossil energy source (A1T), or balance of all type of energy (A1B)</p>  																																																																																																																								
<p>Over view of IPCC SRES</p> <p>Without mitigation, A1b will introduce the decrease of Global CO2 emission beginning from 2050, because of Dryness of crude oil and low demography in Europe, Japan and Russia.</p>  	<p>Over view of IPCC SRES</p> <p>A1B provides higher economic growth rate in developing countries rather than that of Annex I countries .</p> <table border="1" data-bbox="834 1615 1422 1895"> <thead> <tr> <th colspan="2">2050/2005</th> <th colspan="8"></th> </tr> <tr> <th>From</th> <th>To</th> <th>N America</th> <th>E Asia</th> <th>Europe</th> <th>S America</th> <th>M East</th> <th>India</th> <th>Africa</th> <th>Oceania</th> <th>total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N America</td> <td></td> <td>0.85</td> <td>2.54</td> <td>1.03</td> <td>4.01</td> <td>5.01</td> <td>4.32</td> <td>6.03</td> <td>0.92</td> <td>2.58</td> </tr> <tr> <td>E Asia</td> <td></td> <td>3.57</td> <td>10.70</td> <td>4.35</td> <td>16.92</td> <td>21.14</td> <td>18.22</td> <td>25.44</td> <td>3.86</td> <td>7.98</td> </tr> <tr> <td>Europe</td> <td></td> <td>0.88</td> <td>2.64</td> <td>1.07</td> <td>4.17</td> <td>5.21</td> <td>4.49</td> <td>6.27</td> <td>0.95</td> <td>2.96</td> </tr> <tr> <td>S America</td> <td></td> <td>4.61</td> <td>13.90</td> <td>5.61</td> <td>21.82</td> <td>27.26</td> <td>23.51</td> <td>32.82</td> <td>4.98</td> <td>10.24</td> </tr> <tr> <td>M East</td> <td></td> <td>4.63</td> <td>13.87</td> <td>5.64</td> <td>21.94</td> <td>27.40</td> <td>23.62</td> <td>32.98</td> <td>5.01</td> <td>14.28</td> </tr> <tr> <td>India</td> <td></td> <td>5.21</td> <td>15.58</td> <td>6.34</td> <td>24.66</td> <td>30.91</td> <td>28.56</td> <td>37.08</td> <td>5.63</td> <td>13.72</td> </tr> <tr> <td>Africa</td> <td></td> <td>7.23</td> <td>21.65</td> <td>8.81</td> <td>34.24</td> <td>42.78</td> <td>38.88</td> <td>51.49</td> <td>7.82</td> <td>22.24</td> </tr> <tr> <td>Oceania</td> <td></td> <td>1.09</td> <td>3.26</td> <td>1.33</td> <td>5.16</td> <td>6.45</td> <td>5.56</td> <td>7.76</td> <td>1.18</td> <td>2.84</td> </tr> <tr> <td>total</td> <td></td> <td>3.27</td> <td>7.69</td> <td>4.17</td> <td>11.21</td> <td>15.65</td> <td>14.45</td> <td>19.79</td> <td>2.89</td> <td>7.18</td> </tr> </tbody> </table> 	2050/2005										From	To	N America	E Asia	Europe	S America	M East	India	Africa	Oceania	total	N America		0.85	2.54	1.03	4.01	5.01	4.32	6.03	0.92	2.58	E Asia		3.57	10.70	4.35	16.92	21.14	18.22	25.44	3.86	7.98	Europe		0.88	2.64	1.07	4.17	5.21	4.49	6.27	0.95	2.96	S America		4.61	13.90	5.61	21.82	27.26	23.51	32.82	4.98	10.24	M East		4.63	13.87	5.64	21.94	27.40	23.62	32.98	5.01	14.28	India		5.21	15.58	6.34	24.66	30.91	28.56	37.08	5.63	13.72	Africa		7.23	21.65	8.81	34.24	42.78	38.88	51.49	7.82	22.24	Oceania		1.09	3.26	1.33	5.16	6.45	5.56	7.76	1.18	2.84	total		3.27	7.69	4.17	11.21	15.65	14.45	19.79	2.89	7.18
2050/2005																																																																																																																									
From	To	N America	E Asia	Europe	S America	M East	India	Africa	Oceania	total																																																																																																															
N America		0.85	2.54	1.03	4.01	5.01	4.32	6.03	0.92	2.58																																																																																																															
E Asia		3.57	10.70	4.35	16.92	21.14	18.22	25.44	3.86	7.98																																																																																																															
Europe		0.88	2.64	1.07	4.17	5.21	4.49	6.27	0.95	2.96																																																																																																															
S America		4.61	13.90	5.61	21.82	27.26	23.51	32.82	4.98	10.24																																																																																																															
M East		4.63	13.87	5.64	21.94	27.40	23.62	32.98	5.01	14.28																																																																																																															
India		5.21	15.58	6.34	24.66	30.91	28.56	37.08	5.63	13.72																																																																																																															
Africa		7.23	21.65	8.81	34.24	42.78	38.88	51.49	7.82	22.24																																																																																																															
Oceania		1.09	3.26	1.33	5.16	6.45	5.56	7.76	1.18	2.84																																																																																																															
total		3.27	7.69	4.17	11.21	15.65	14.45	19.79	2.89	7.18																																																																																																															

表 5-7 (3) CO2 の排出予測に関するプレゼンテーション資料




<p><u>Outline of this presentation</u></p> <p>Over view of IPCC SRES</p> <p>Why we should use this scenario for the base line?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● GHG emission forecast ● Different situation between bulk cargo and container ● Mitigation scenario <p>Do we have to put the total cap against total transportation amount?</p> 	<p>summary of Mitigation scenario</p> <p>The results WITH mitigation</p> <p>Provision for reduction is settled to start from 2030, and transportation of goods to maintain the nation's primary energy and resources such as energy, mines, and crops shall be less controlled. Entire energy demand shall be gradually reduced and settled as 4/5 at the point of 2050, and products that is consumed but can produced locally (other words carried by containership) is settled as half at the point of 2050.</p> 
<p>summary of Mitigation scenario</p> <p>When do We start for mitigation ?</p> <p>The CO2 emission peak should be occurred around 2035-2040 .</p> <p>And also the peak should be less than 1Gt, if it starts from 450 Mt.</p> <p>In this case, mitigation should be started at 2030, however the starting point is near 1Gt such as SOx SG, the mitigation should be started more near future. And also more strict targets would be needed. Is that possible?</p> 	<p>summary of Mitigation scenario</p> <p>DO We need to put the total cap against transportation amount ?</p> <p>For the bulk cargo (dry or wet), the mitigation only set to efficiency could be enough to maintain the 2000 emission level, however for the containership, much more aggressive mitigation should be required.</p> <p>For the bulk cargo 4/5 CO2 emission at 2050 For the container 1/2 CO2 emission at 2050 Compare to base scenario under A1B.</p> 
<p>summary of Mitigation scenario</p> <p>DO We need to put the total cap against transportation amount ?</p> <p>For the bulk cargo 4/5 CO2 emission at 2050 This can be achieved only to limit the efficiency or reducing speed . So in this case, there is less needs to set the cap to transportation. Less effect to global economy.</p> <p>For the container 1/2 CO2 emission at 2050 This can not be achieved only to limit the efficiency or reducing speed . 1/4 should be done with efficiency improvement but other 1/4 reduction should be done by total cap against transportation amount.</p> 	<p>Conclusion</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ There are still uncertainties for the clarification of CO2 current status ■ The IMO's GHG report updating would show much more clear pictures (and that would be 800 Mt?) ■ However, it is probable that CO2 from our sector will increase in the future under high rate, especially for Container Cargo from developing countries (non Annex I countries) ■ To mitigate CO2 emission in the future, aggressive reduction targets would be needed. For the Container ship reduce to almost the half to base line will be needed. ■ What is the most feasible measures to achieve such a high reduction targets? 

表 5-8 (1) CO2 の排出予測に関するプレゼンテーション資料

<p><u>Outline of this presentation</u></p> <p>Over view of IPCC SRES</p> <p>Why we should use this scenario for the base line?</p> <ul style="list-style-type: none"> ● GHG emission forecast ● Different situation between bulk cargo and container ● Mitigation scenario <p>Do we have to put the total cap against total transportation amount?</p> 	<p>summary of Mitigation scenario</p> <p>The results WITH mitigation</p> <p>Provision for reduction is settled to start from 2030, and transportation of goods to maintain the nation's primary energy and resources such as energy, mines, and crops shall be less controlled. Entire energy demand shall be gradually reduced and settled as 4/5 at the point of 2050, and products that is consumed but can produced locally (other words carried by containership) is settled as half at the point of 2050.</p> 
<p>summary of Mitigation scenario</p> <p>When do We start for mitigation ?</p> <p>The CO2 emission peak should be occurred around 2035-2040 .</p> <p>And also the peak should be less than 1Gt, if it starts from 450 Mt.</p> <p>In this case, mitigation should be started at 2030, however the starting point is near 1Gt such as SOx SG, the mitigation should be started more near future. And also more strict targets would be needed. Is that possible?</p> 	<p>summary of Mitigation scenario</p> <p>DO We need to put the total cap against transportation amount ?</p> <p>For the bulk cargo (dry or wet), the mitigation only set to efficiency could be enough to maintain the 2000 emission level, however for the containership, much more aggressive mitigation should be required.</p> <p>For the bulk cargo 4/5 CO2 emission at 2050 For the container 1/2 CO2 emission at 2050 Compare to base scenario under A1B.</p> 
<p>summary of Mitigation scenario</p> <p>DO We need to put the total cap against transportation amount ?</p> <p>For the bulk cargo 4/5 CO2 emission at 2050 This can be achieved only to limit the efficiency or reducing speed . So in this case, there is less needs to set the cap to transportation. Less effect to global economy.</p> <p>For the container 1/2 CO2 emission at 2050 This can not be achieved only to limit the efficiency or reducing speed . 1/4 should be done with efficiency improvement but other 1/4 reduction should be done by total cap against transportation amount.</p> 	<p>Conclusion</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ There are still uncertainties for the clarification of CO2 current status ■ The IMO's GHG report updating would show much more clear pictures (and that would be 800 Mt?) ■ However, it is probable that CO2 from our sector will increase in the future under high rate, especially for Container Cargo from developing countries (non Annex I countries) ■ To mitigate CO2 emission in the future, aggressive reduction targets would be needed. For the Container ship reduce to almost the half to base line will be needed. ■ What is the most feasible measures to achieve such a high reduction targets? 



この報告書は、競艇交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました。

平成20年度 船舶からの温室効果ガス及び大気汚染物質の総排出量算定
調査報告書
(船舶からの温室効果ガス削減方策に関する調査研究)

平成21年3月発行

発行 海洋政策研究財団(財団法人シップ・アント・オーシャン財団)

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1-15-16 海洋船舶ビル
TEL 03-3502-1828 FAX 03-3502-2033
<http://www.sof.or.jp>

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。

ISBN978-4-88404-227-1

