

2008年10月

外航海運に起因する GHG 削減可能性調査の結果

国際海運からの温室効果ガス（GHG）排出削減に関しては、国際海事機関（IMO）を中心に検討が進められている。当協会としても、この問題に積極的に取り組んでおり、今般、「外航海運に起因する温室効果ガス削減可能性調査」を実施し、その結果を取りまとめた。

同調査の内容は、2050年における外航海運からのCO₂排出量を、2007年レベルに抑える場合の影響等を評価するものとなっている。結論として、技術的および運航的な手法のみでは2050年における排出量安定化は困難であること、また、2007年レベルを超えた部分を排出権取引により処理する場合の海運業界に対する経済的インパクトは非常に大きいことなどが示されている。

Result of the feasibility study on Potential Reduction of Greenhouse Gas Emissions from International Shipping

The reduction of Green Gas Emissions (GHG) from international shipping is presently being discussed at IMO.

The JSA has been actively addressing GHG issues and recently concluded the feasibility study on Potential Reduction of Greenhouse Gas Emissions from International Shipping as per attached.

This study estimates the impact to international shipping if the GHG emissions level in the year 2050 is kept to the same level as that for 2007.

In conclusion, it appears impossible to constrain the GHG emission level to that of 2007 even if we apply both technical and operational measures.

Furthermore, it also shows that the economic impact to international shipping might be quite huge if an Emission Trading Scheme is introduced to cover the excess of CO₂ emissions at 2007 level.

社団法人 日本船主協会 御中

外航海運に起因する温室効果ガス 削減可能性調査

報告書

2008年9月
株式会社 三菱総合研究所

1. 調査目的

外航海運からの温室効果ガス（GHG）排出量については各種の推計値があり、現在国際海事機関（IMO）において推計作業（「Updated Study on Greenhouse Gas Emissions from Ships」、以下 IMO スタディ）が行われているところである。これによると、2007 年の外航海運からの CO₂ 排出量は約 8.5 億 t-CO₂ と世界全体の CO₂ 排出量の 3% 近くを占め、世界の温室効果ガス排出国の上位の CO₂ 排出国に相当する水準であると見られている。なお、外航海運からの GHG 排出については、現在、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）の京都議定書における削減対象に含まれておらず、IMO の海洋環境保護委員会（MEPC）においてその削減方法等に関する検討が進められている。現時点においては、具体的な削減策は合意されていないが、その排出規模の大きさから将来的には排出総量規制の議論に発展する可能性は否定できない。

船舶からの GHG 排出削減対策としては、船体の抵抗低減等の技術の向上、減速航行等の運用改善、排出量取引（Emission Trading System : ETS）のメカニズムや燃料油課税等の経済的手法が考えられるが、それぞれが実施された場合の対策・措置等に関する課題等を整理しておく必要がある。

上記のような背景の下で、(社)日本船主協会は、2050 年における外航海運からの CO₂ 排出総量を、2007 年と同じレベルとする場合のインパクト等を中心に調査を行い、および今後の IMO の審議に対する基礎データを作成した。

2. IMO スタディのレビュー

まず始めに、IMO スタディで採用されている前提条件（以下、IMO シナリオ）に関する分析を行った。具体的には、IMO シナリオの概要を把握するとともに、同シナリオの船腹量の増加の影響分析、および CO2 排出量 - 貨物輸送量（トンマイル）推移の分析を行った。

2.1 IMO スタディの概要

IMO スタディでは、まず Lloyds Register Fairplay database における船舶データおよび Automatic identification system（AIS）による船舶の活動状況に関するデータ等から現状の荷動き量・CO2 排出量を把握する作業を行っている。その一方で、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）による GDP の将来予測を基に 2050 年までの荷動き量（トンマイル）を推定し、エネルギー消費量が荷動きに比例すると仮定しつつ、そこに技術革新による効率向上、減速航行による燃料消費量の削減等を加味して将来の CO2 排出量を推計している。この概要について図 1 に示すとともに、以下に説明する。なお、IPCC シナリオの概要については、後述するので参照されたい。

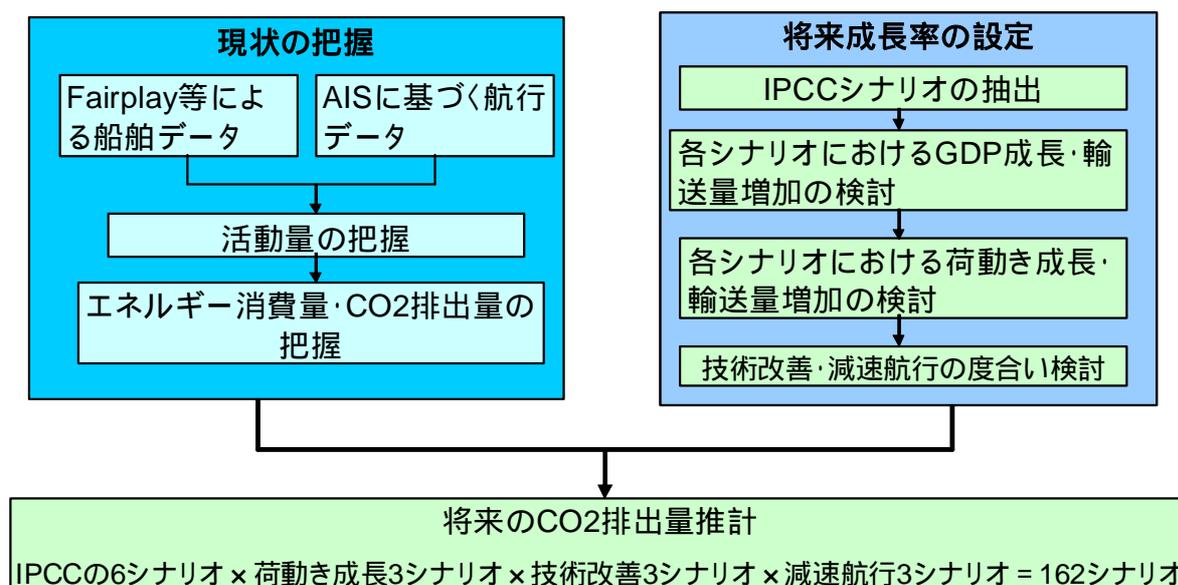


図 1 IMO スタディの概要

2.1.1 現状の把握

IMO スタディでは、2007 年の船舶数および船舶の活動状況等を、主に以下の 2 つのデータベースより把握し、同年の CO2 排出量を算出している。

Lloyds Register Fairplay database

小型船、漁船などを除く全ての船舶には Lloyds Register Fairplay によって 7 桁の数字 (IMO 船舶識別番号) が割り当てられている。このデータベースには船舶のカテゴリ (船種・載貨重量トン) 別の隻数、エンジンの出力等が含まれており、IMO スタディではこれらデータを基に 2007 年現在の CO2 排出量を算出している。

具体的には次のようなデータがインプットされている。

- ✓ 船舶のカテゴリ別隻数
- ✓ 主機の出力
- ✓ 航海速力
- ✓ 補機の出力

Automatic Identification System (AIS) データ

AIS とは、船舶の船名や船種、サイズ、位置、速力、針路等を自動で周期的に発信して他の船舶や陸上施設に知らせると共に他の船舶からの同様の情報を受け取り画面上に表示する装置であり、総トン数 500 トン以上の国際航海に従事する船舶への搭載が義務付けられている。停泊時間および航行時間等もデータベースに含まれるため、次のようなデータがインプットされている。

- ✓ 主機の稼働率
- ✓ 主機の負荷率
- ✓ 停泊および航行時間

IMO スタディでは、上記のデータにより、船舶の活動量をベースとして船舶のエネルギー消費量を算出している。なお、この手法は、船用燃料の払出量に関する各国からの報告に基づく国際エネルギー機関 (IEA) の推計方法とは異なるアプローチである。

2.1.2 将来成長率の設定

IMO スタディにおいては、将来の荷動き、技術革新による効率改善率、減速航行率について、以下に示す前提により定めている。

(1) 船種

国際海運からの CO2 排出量については次の 3 分類 (Intercontinental, Short-sea, Containerships) に分けて推計されている。

表 1 IMO スタディにおける船種の分類

分類	説明
Intercontinental	大量かつ大陸間輸送に用いられる大型船
Short Sea	地域内における海運に用いられる船舶のうち外航用に用いられているもの。大部分が小型船およびフェリー等
Containerships	全てのサイズのコンテナ船

(2) 輸送量 (荷動き)

将来の荷動き (トンマイル) 予測においては IPCC による 6 種類の排出シナリオでの GDP 予測値をベースとしている。GDP から輸送量を予測する際には、複数の推計方法を採用し、各推計方法における前提の上限・下限値を採用した場合の輸送量の上限・下限値を算出することにより、2020 年と 2050 年について、図 1 に示すとおり船種別、IPCC シナリオ別にトンマイル予測値を高位推計、中位推計、低位推計の 3 ケースを設定している。

(3) 技術革新による効率改善率

プロペラ効率の向上や抵抗の少ない船型の開発等、技術革新によるハード面での効率改善率は、2020 年と 2050 年について、船種別に Base ケース、High ケース、Low ケースの 3 ケースを設定している (以下中改善ケース、高改善ケース、低改善ケースとする)。

(4) 減速航行率

IMO スタディでは、今後の燃料価格高騰等の影響により各船舶が減速して航行することを想定し、減速航行の実施によるエネルギー消費量削減効果を織り込んでいる。減速率は 2020 年と 2050 年について、船種別に Base ケース、High ケース、Low ケースの 3 ケースを設定している (以下中減速ケース、高減速ケース、低減速ケースとする)。

【参考：IPCC シナリオについて】

IMO スタディで検討のベースとして用いられている IPCC シナリオは、IPCC が 2000 年に発表した排出シナリオ特別報告書（Special Report on Emission Scenarios：SRES）に基づくものである。シナリオは A1、A2、B1、B2 の 4 つの「ストーリーライン」と呼ばれる世界全体の推移パターンを基本とし、さらにエネルギー構成等についての分類が加えられている。これらについて下記に示す。

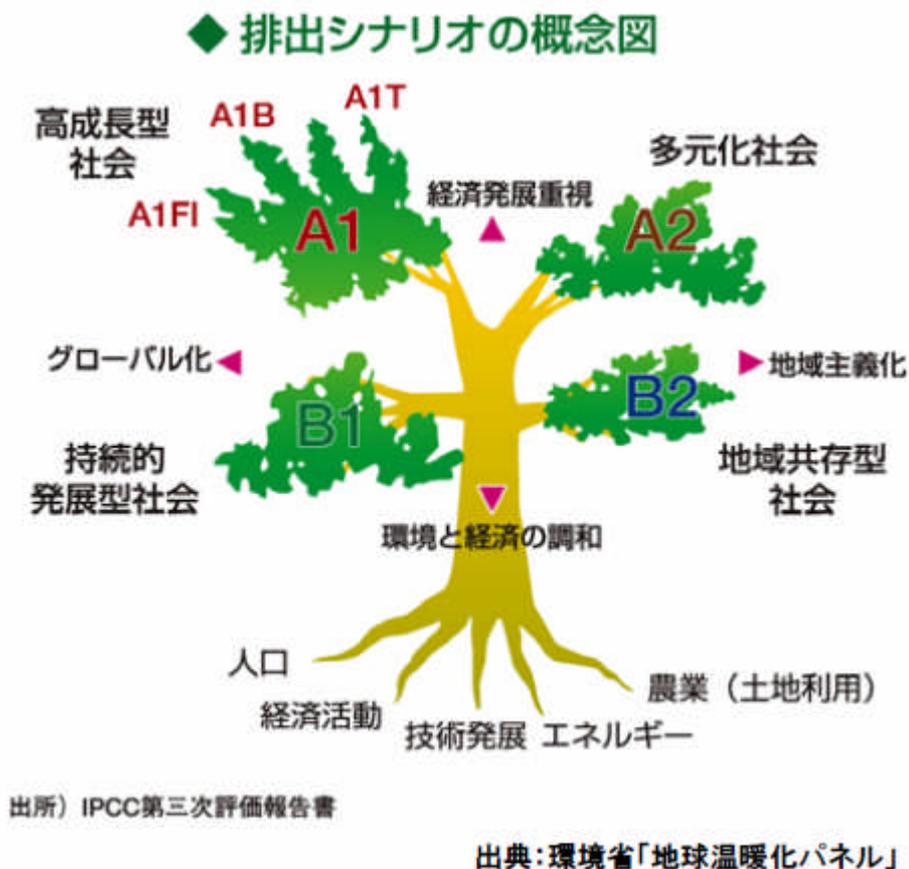


図 2 SRES シナリオの概観（出典：環境省「地球温暖化パネル」）

A1「高成長型社会シナリオ」

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。A1 シナリオは技術的な重点の置き方によって次の 3 つのグループに分かれる。

A1F1：化石エネルギー源重視

A1T：非化石エネルギー源重視

A1B：各エネルギー源のバランスを重視

A2「多元化社会シナリオ」

非常に多面的な世界。独立独行と地域の独自性を保持するシナリオ。出生率の低下が非常に緩やかであるため世界人口は増加を続ける。世界経済や政治はブロック化され、貿易や人・技術の移動が制限される。経済成長は低く、環境への関心も相対的に低い。

B1「持続的発展型社会シナリオ」

地域間格差が縮小した世界。A1 シナリオ同様に 21 世紀半ばに世界人口がピークに達した後に減少するが、経済構造はサービスおよび情報経済に向かって急速に変化し、物質志向が減少し、クリーンで省資源の技術が導入されるもの。環境の保全と経済の発展を地球規模で両立する。

B2「地域共存型社会シナリオ」

経済、社会および環境の持続可能性を確保するための地域的対策に重点が置かれる世界。世界人口は A2 よりも緩やかな速度で増加を続け、経済発展は中間的なレベルにとどまり、B1 と A1 の筋書きよりも緩慢だがより広範囲な技術変化が起こるもの。環境問題等は各地域で解決が図られる。

SRES シナリオは追加的な気候変動対策を含んでいない。すなわち、いずれのシナリオも気候変動枠組条約や京都議定書の削減目標が履行されることを明示的に仮定していない。

一般に A1、A2 シナリオの方が B1、B2 シナリオよりも高い CO₂ 排出量となるが、長期的には人口のパターンやエネルギー構成も CO₂ 排出量に大きな影響を及ぼし、その結果、2100 年に排出量が最大となるシナリオは人口増加率の高い A2 シナリオであり、また「持続可能型」の B2 シナリオの CO₂ 排出量はエネルギーが低排出型にシフトした A1B、A1T シナリオの CO₂ 排出量を上回る（図 3）。

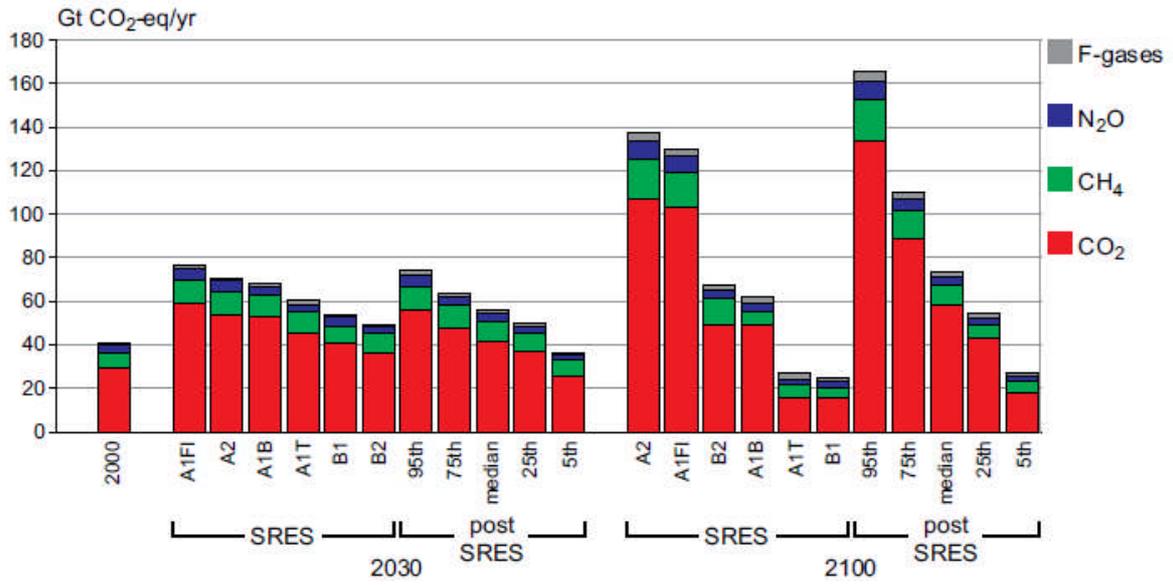


図 3 各種 IPCC シナリオに基づく CO₂ 排出量推移
(出典：IPCC 第 4 次評価報告書)

2.2 減速航行がもたらす船腹量の増加の影響

2.1(4)で記載したとおり、IMO シナリオは今後の燃料価格高騰等の影響により各種船舶が減速して航行することを想定している。本章では、このような船舶数増加が造船に与える影響について分析した。

海運統計要覧によれば、世界の商船の船腹量は 1965 年の 160 百万総トンから 2006 年には 722 百万総トンへと 41 年間で約 4.5 倍に増加しており、これは年率 3.7% の伸びに相当する。一方、船舶の寿命を IMO スタディの前提である 35 年とみると、その年の船腹量のうち 2.9% がリプレースされることになる。よって、その年の船腹量のうち、 $3.7\% + 2.9\% = 6.6\%$ の新造船が毎年新しく供給されると計算される。なお、これは近年における商船の建造実績と商船船腹量の比率（海運統計要覧によれば 5% ~ 7%）とほぼ同程度となる。

IMO スタディによれば、A1B シナリオにおける 2020 年および 2050 年の世界の船舶総トン数は表 2 のように予測されており、2020 年と 2050 年にはそれぞれ現状の 1.9 倍および 4.8 倍となる。年間船腹量増加率は 2007 年 ~ 2020 年は 5.0%、2020 年 ~ 2050 年は 3.2% と算出される。

表 2 IMO スタディに基づく船腹量の推移（単位：1000 総トン）

	2007	2020	2050	2020/2007	2050/2020
Intercontinental	536,731	954,049	1,784,291	1.78	1.87
Short Sea	80,987	95,023	177,714	1.17	1.87
Container	126,217	348,078	1,614,797	2.76	4.64
Total	743,935	1,397,150	3,576,802	1.88	2.56

（出典：2020 年のトン数（船腹量）；IMO スタディにおいて予測されている値を引用）
2050 年のトン数；「2020 年から 2050 年までの荷動き量の伸びと同一」とする IMO シナリオによる仮定を採用し、決定した。荷動きは中位推計を採用。

ここで、2050 年に 2007 年比で 20% の減速航行を実施することを考えてみる。この場合、減速を行わない場合と同様の荷動き量を確保するためには、減速を行わない場合（これを仮に“無対策ケース”と呼ぶ）に比べて $(1/(1-0.2)) = 1.25$ 倍の船腹量を確保する必要がある。これを 2007 年から 2050 年の 43 年間で達成すると仮定すると、（商船船腹量に対する比率は年率 $1.25^{(1/43)} - 1 = 0.52\%$ であるから、）0.52% に相当する新造船を無対策ケースに追加して毎年供給する必要があることになる。これは即ち、減速航行をしないケースにおける船腹量と竣工量の比を前述のように 6.6% とおけば、「2050 年頃に 20% の減速航行を実現するためには無対策ケースに比して 8% 程度（ $0.52\% \div 6.6\%$ ）の追加造船インフラが必要である」ことを意味する。

IMO シナリオにおける減速航行の度合いと、一定荷動きを確保するために必要な新規船舶竣工量との関連を表 3 に示す。これによれば、減速航行により必要な追加的な船舶竣工量は、最大で船腹量の 1% 程度となることが示される。

表 3 造船業への影響

	2020			2050		
減速航行率						
船種 \ ケース	中減速	高減速	低減速	中減速	高減速	低減速
Intercontinental	-5%	-10%	0	-10%	-20%	0
Short Sea	-5%	-10%	0	-10%	-20%	0
Container	-10%	-20%	0	-20%	-40%	0
減速航行による船腹量の増加率						
船種 \ ケース	中減速	高減速	低減速	中減速	高減速	低減速
Intercontinental	5%	11%	0%	11%	25%	0%
Short Sea	5%	11%	0%	11%	25%	0%
Container	11%	25%	0%	25%	67%	0%
Total	6.7%	14.6%	0.0%	17.4%	43.8%	0.0%
追加的に必要な船舶竣工量(対、全商船船腹量)						
船種 \ ケース	中減速	高減速	低減速	中減速	高減速	低減速
Intercontinental	0.40%	0.81%	0.00%	0.25%	0.52%	0.00%
Short Sea	0.40%	0.81%	0.00%	0.25%	0.52%	0.00%
Container	0.81%	1.73%	0.00%	0.52%	1.20%	0.00%
Total	0.50%	1.05%	0.00%	0.37%	0.85%	0.00%

(中減速、低減速、高減速ケースはそれぞれ IMO スタディの Base、High、Low の各ケースに該当する。)

次に、減速航行を行わない場合の竣工量に対する、追加的に必要な船舶竣工量の比率について算出を試みる。このためには、まず減速航行を行わない場合の竣工量を算出する必要がある。表 2 に示した船腹量の増加を担保するためには、IMO スタディに基づく船腹量は 2007 年～2020 年には年間 4.97%、2020 年～2050 年には年間 3.18% の比率で増加する必要がある。また、船舶の耐用年数が 35 年ということは、船腹量の 2.86% が代替(解撤等)されているということになる。船腹量の純増分と解撤等の補填分の和を船舶竣工量と見なすと、2007 年～2020 年には総船腹量の 7.82%、2020 年～2050 年には同 6.04% の比率で竣工されていることとなる。

これと表 3 の結果を照合し、追加的に必要な船舶竣工量は表 4 下記のように算出される。即ち、荷動きを維持するためには、高減速の場合には低減速(航行速度が 2007 年レベルより低下しない場合)に比べ、13～14% 程度多く船舶が建造される必要がある。

表 4 追加的に必要な船舶竣工量（減速を行わない場合の竣工量に対する増加率）

船種、ケース	2020			2050		
	中減速	高減速	低減速	中減速	高減速	低減速
Intercontinental	5.05%	10.40%	0.00%	4.06%	8.61%	0.00%
Short Sea	5.05%	10.40%	0.00%	4.06%	8.61%	0.00%
Container	10.40%	22.13%	0.00%	8.61%	19.78%	0.00%
Total	6.41%	13.44%	0.00%	6.18%	14.05%	0.00%

以上の仮定に従うと、2020年に必要な新規船舶竣工量は約14.0億総トン×7.82% = 1.1億総トン程度と想定され、これは2007年の世界の船舶竣工量（0.58億総トン¹）の約1.9倍である。同様に、2050年における新規船舶竣工量は35.8億総トン×6.04% = 2.20億総トン程度と想定され、これは2007年の世界の船舶竣工量の約3.7倍である。2007年から2050年までの毎年の竣工量予想を図4に示す。

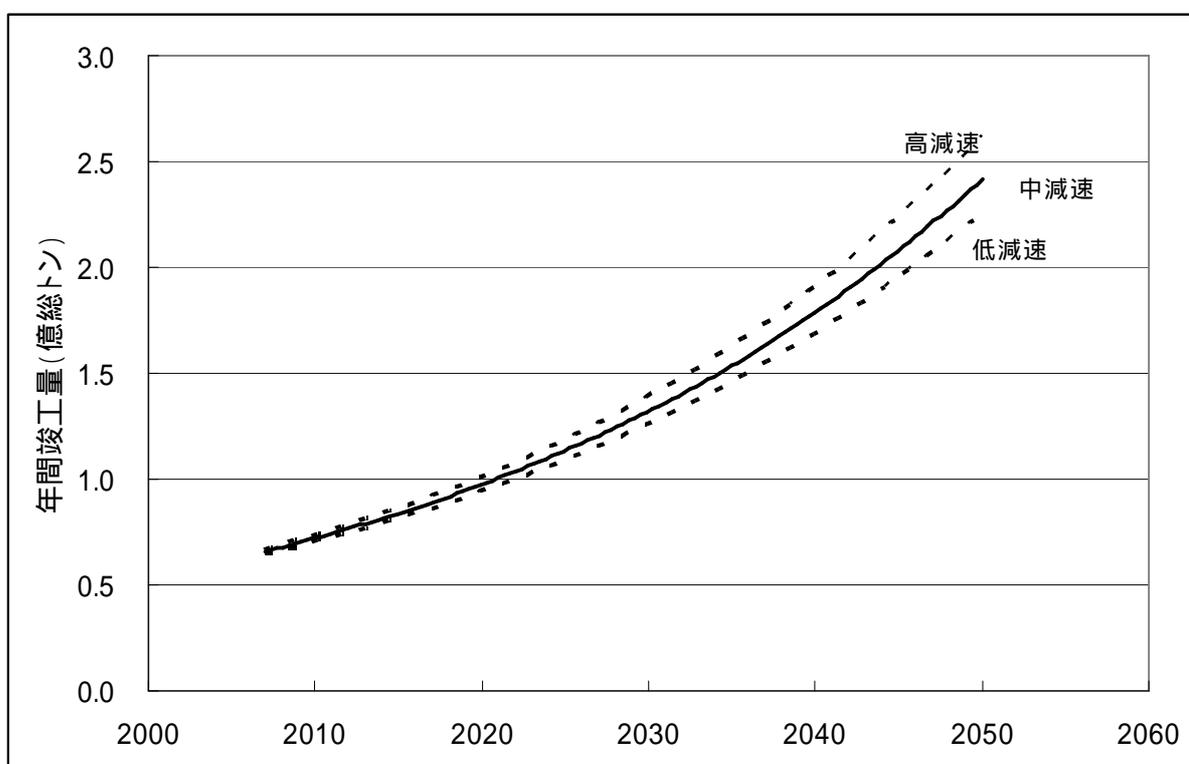


図 4 IMO スタディに基づく今後の造船量予想

以上より、IMO スタディを造船業への影響という側面から分析した場合、2020年には現状の約2倍、2050年には現状の約4倍の造船需要に対応できる造船能力が世界で確立されているということが前提となっていることがわかる。また IMO スタディで想定され

¹ 2007年の竣工量をIMOスタディの2007年船腹量と、IMOスタディより算出される2007年～2020年の船腹量に対する竣工量の比率により、0.58210億総トンと算出した。

ている減速航行により、減速航行が行われない場合と比べて 13～14% 程度の追加的な船舶建造需要が発生すると分析される。

2.3 IMO シナリオに基づく CO2 排出量 - トンマイルの推移分析

IMO シナリオに基づき、外航海運全体の主要船種ごとの輸送量データに基づいた CO2 排出量の推移および輸送原単位 (CO2 排出量 / 輸送量トンマイル) の推移を示すグラフを作成した。

2.3.1 外航海運全体の CO2 排出量の推移

IMO スタディでは、IPCC シナリオ別に見た外航海運全体の CO2 排出量として、図 5 のとおり予想している。

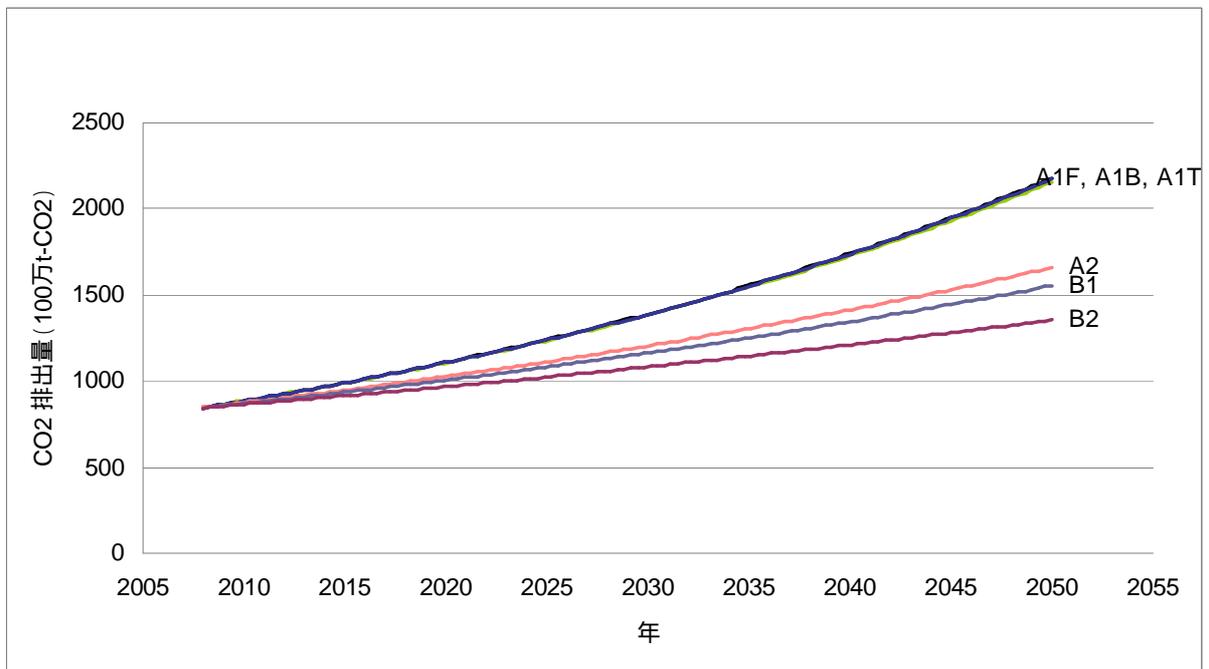


図 5 外航海運全体の CO2 排出量の推移予測

また、最も代表的な A1B シナリオについて、荷動きおよび対策の比率を可変とした場合は図 6 のようになる。

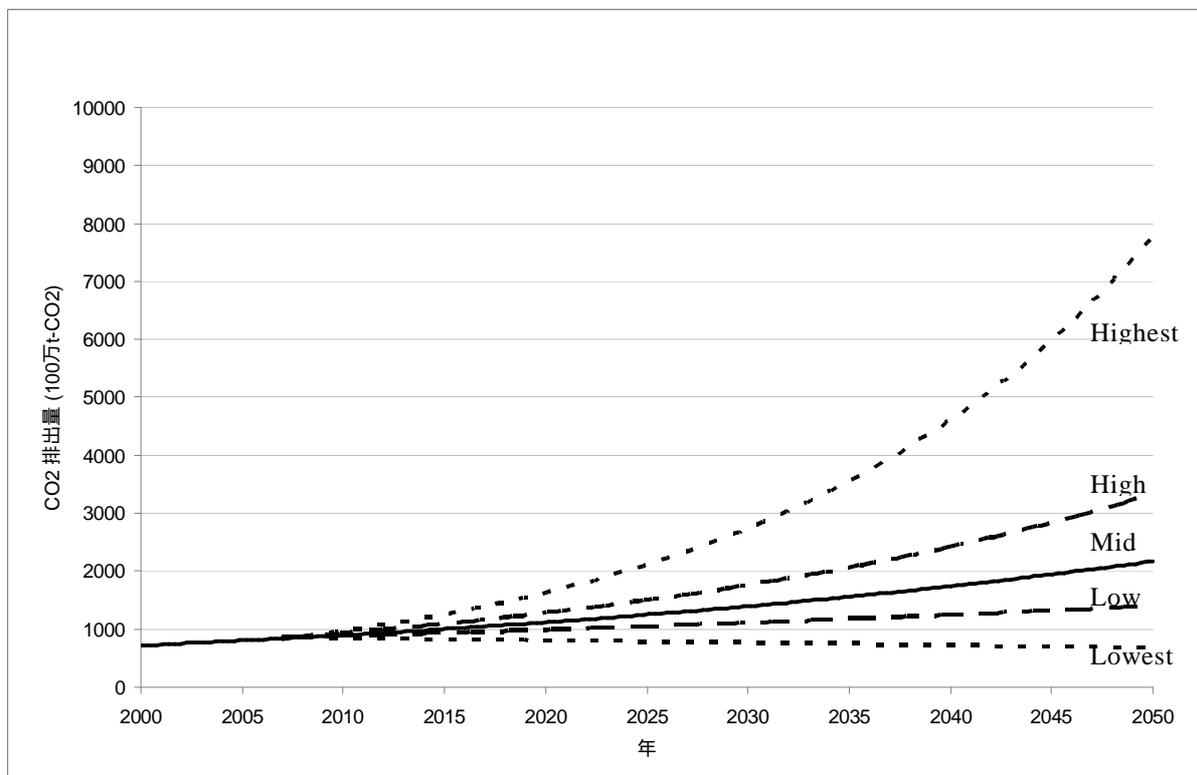


図 6 A1B シナリオにおける各ケースの排出量推移

(図中の各シナリオは、荷動き、減速航行率、技術改善率に関する IMO スタディの推計を下記のように設定した。なお減速航行率および技術改善率に関する推計は、低位の方が CO2 排出量が多くなる方向にある)

シナリオ	荷動き	減速航行率	技術改善率
Highest	高位	低減速	低改善
High	中位	低減速	低改善
Mid	中位	中減速	中改善
Low	中位	高減速	高改善
Lowest	低位	高減速	高改善

2.3.2 船種ごとの CO2 排出量の推移

次に、船種ごとの CO2 排出量の推移について推計を行った。なお、簡単にするためシナリオは最も代表的な A1B のみとした。図 7 および図 8 に結果を示すとおり、Intercontinental、Short Sea とともに比率が減少し、2050 年にはコンテナ船からの排出が過半を占めることが読み取れる。

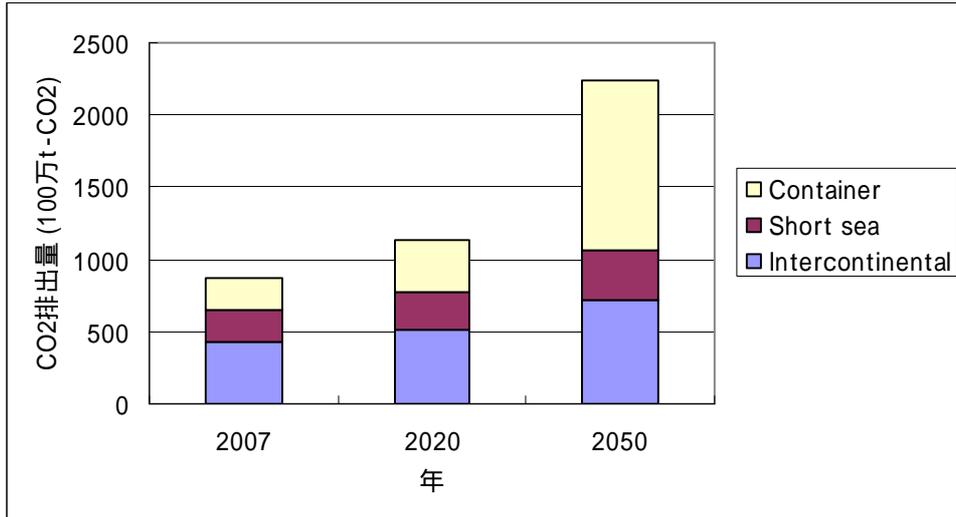


図 7 船種ごとの CO2 排出量の推移

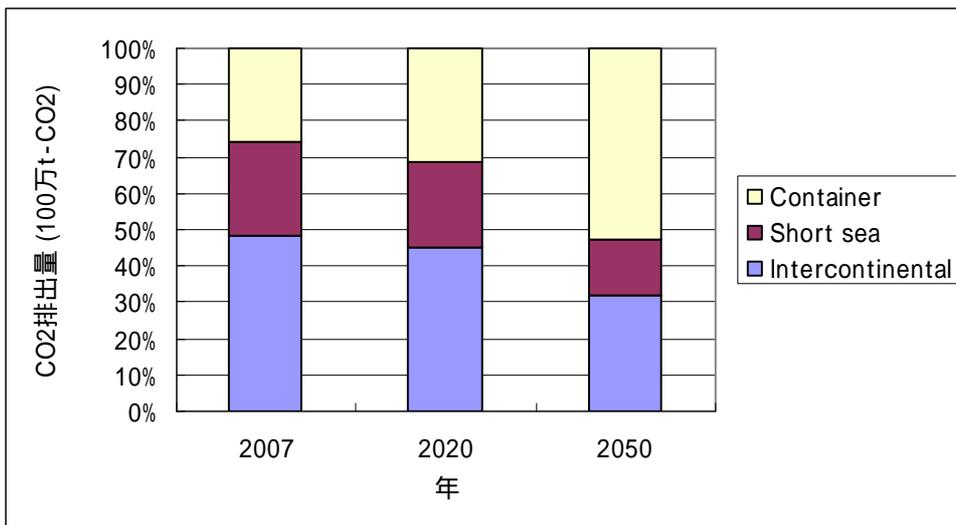


図 8 同上 (相対値)

2.3.3 輸送原単位(CO2 排出量 / 輸送量トンマイル)の推移

最後に、A1B シナリオの輸送原単位 (CO2 排出量 / 輸送量トンマイル) の推移について推計を行った。推計対象は下記のとおり。

- ・ 高改善・高減速ケース:技術改善率が高改善・減速航行率が高減速
- ・ 中改善・中減速ケース:技術改善率が中改善・減速航行率が中速
- ・ 低改善・低減速ケース:効率改善率が低改善・減速航行率が低減速

推計結果について図 9 示す。IMO シナリオにおける CO2 排出量が最も削減できるケースの組み合わせ (図 9 の高対策) では、2050 年における原単位は 2007 年と比べ約 66% の削減が見込まれていることとなる。

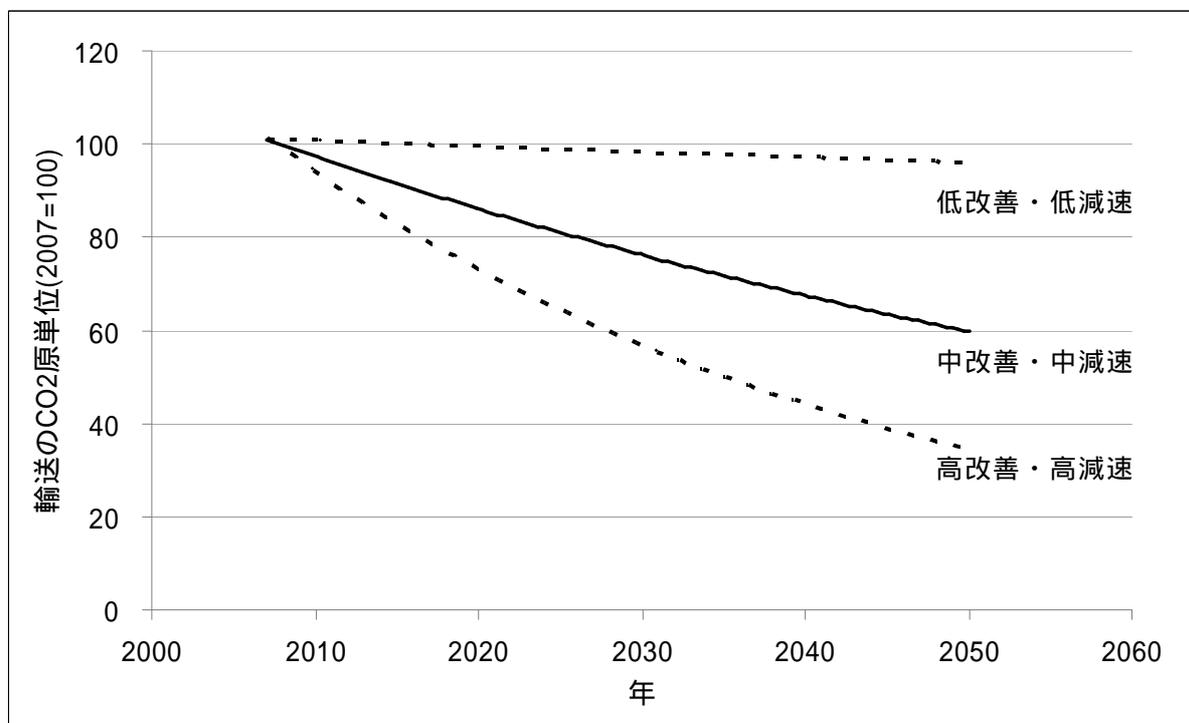


図 9 輸送原単位改善率

3. CO2 排出量安定化のための減速航行必要量の算出

IMO スタディでは、今後の技術改善および減速航行を見込んで 2020 年および 2050 年の CO2 排出量が推計されているが、2050 年の排出量は IPCC シナリオおよび荷動きのシナリオ毎に、2007 年を下回るレベルから 2007 年比 8.5 倍まで幅広く推計されている。ここでは、(技術改善率は IMO スタディの値を使用し、) 2020 年および 2050 年における CO2 排出量を 2007 年と同レベルにするための減速航行率について算出を行った。なお、対象として、国際海運全体で 2007 年レベルを達成するケースと、国連気候変動枠組条約附属書 国(同議定書において CO2 削減義務を負っている国)を旗国とする船舶のみで 2007 年レベルを達成するケース、の 2 つのケースについて算出を行った。

荷動き量を IMO シナリオの中位推計とし、前頁で排出原単位の推移を推計した 3 ケースそれぞれの排出量予測を示す。その上で、高改善・高減速ケースでも安定化しない場合、高改善・高減速ケースからさらにどの程度の減速を行えば安定化するかを示す。なお、後者については、技術改善率は IMO シナリオにおける高改善(high)で一定とする。

3.1 国際海運全体での検討

まず、国際海運全体を対象として 2020 年および 2050 年の CO2 排出量を 2007 年レベルに安定化することの可能性を分析した。検討に際しては、シナリオの単純化のため、3 種類の船種の航行速度は IMO シナリオの設定値から同じ比率で変化するとした。例えば IMO シナリオにおける 2020 年の高改善・高減速ケースでは、Intercontinental および Short sea では 2007 年比 90%、Container では 80%の減速航行率が設定されているが、ここからさらに削減した効果を推計する場合、一律 10%減(つまり航行速度はそれぞれ 2007 年比 81%、81%、72%)、20%減(同 72%、72%、64%)と可変して算出した。

2.2 項で述べたように荷動き量を不変とすると、一定の減速率(V)で航行した場合、エネルギー消費量は $(1-V)^2$ の割合で減少する。ただし、これは船舶を駆動する動力エネルギーに限られた原則であり、船舶全体のエネルギー消費には該当しない。例えば、補機によるエネルギー供給用途の典型である船員の生活に必要なエネルギーや、リーファー輸送における貨物の冷却は、航行時間に比例すると考えられるため、減速航行を行うとむしろ増加する。また、港湾での荷役時に消費するエネルギー(タンカーのポンプ動力等)は航行時のエネルギー消費とは無関係である。

3.1.1 2020 年安定化ケース

2020 年の CO2 排出量を 2007 年レベルに安定化するケースについて、図 10 に結果を、表 5 には各ケースにおける船種別の減速航行率を示す。

グラフ中、高改善・高減速-x%とは、各船種において航行速度を高改善・高減速ケース（つまり IMO スタディでの技術改善高率かつ高度減速実施ケース）から x%さらに減速することを意味する。2020 年の高改善・高減速ケースでは Intercontinental、Short-sea、Container の航行速度はそれぞれ基準年の 90%、90%、80%であるため、高改善・高減速 -10%ではその 10%減である 81%、81%、72%（即ち 19%減、19%減、28%減）となる。

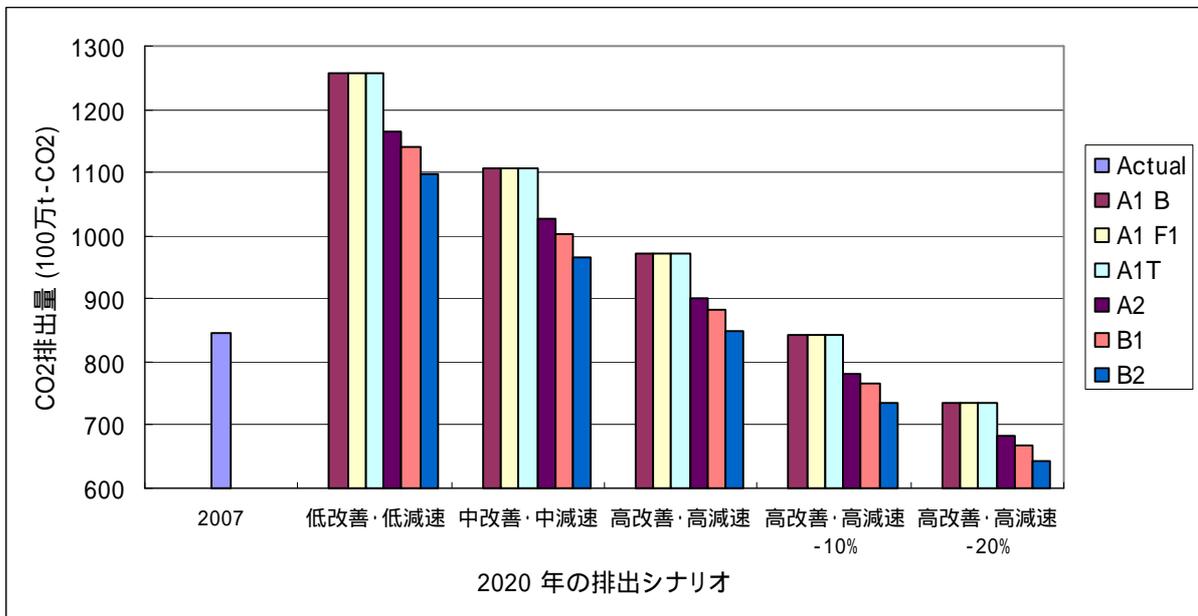


図 10 2020 年における減速航行と CO2 排出量の関連

表 5 各ケースにおける減速航行率（2007 年比）

	低改善・低減速	中改善・中減速	高改善・高減速	高改善・高減速-10%	高改善・高減速-20%
Intercontinental	0%	-5%	-10%	-19%	-28%
Short Sea	0%	-5%	-10%	-19%	-28%
Container	0%	-10%	-20%	-28%	-36%

また、6 種類の IPCC シナリオ別に 2020 年の排出量を 2007 年比で安定化させるために必要な減速航行率は、上記高改善・高減速ケースを基準とすると以下のとおりである。

- ✓ 高改善・高減速 シナリオ B2 で 2007 年レベル安定化
- ✓ 高改善・高減速-3% シナリオ B1 で 2007 年レベル安定化
- ✓ 高改善・高減速-5% シナリオ A2 で 2007 年レベル安定化
- ✓ 高改善・高減速-10% 全シナリオで 2007 年レベル安定化

IMO スタディにおける高改善・高減速ケースでは、IPCC の低成長シナリオのひとつである B2 シナリオであれば 2007 年と同じ排出量レベルであるが、他のシナリオでは

2007 年レベルを超過する。高改善・高減速-10%の減速率では全てのシナリオで 2007 年レベルに抑えられる。

上記におけるシナリオ別の排出量を図 11 に、船種別の減速航行率を表 6 に示す。

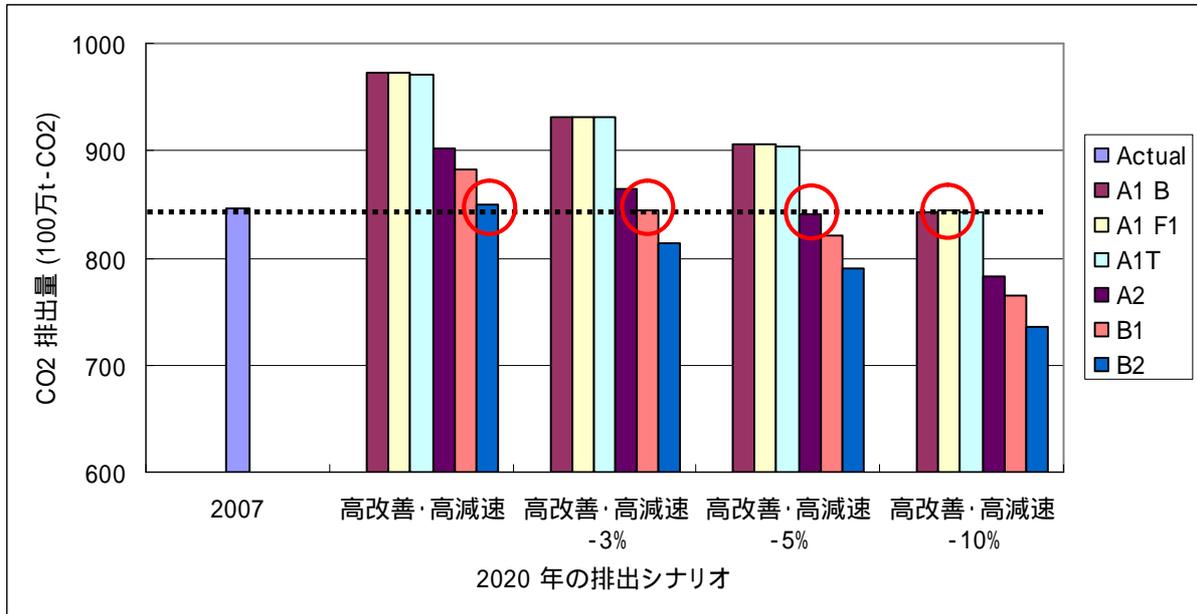


図 11 2020 年安定化ケース

表 6 安定化に必要な減速航行率 (2007 年比)

	高改善・高減速	高改善・高減速-3%	高改善・高減速-5%	高改善・高減速-10%
Intercontinental	-10%	-13%	-15%	-19%
Short Sea	-10%	-13%	-15%	-19%
Container	-20%	-22%	-24%	-28%
安定化できるシナリオ	B2	B1	A2	全シナリオ

3.1.2 2050年安定化ケース

2050年のCO2排出量を2007年レベルに安定化するケースについて、図10に結果を、表5には各ケースにおける船種別の減速航行率を示す。グラフ中のケース別名称については前項と同じ定義である。

本章の冒頭に示したように、補機のエネルギー消費は航行時間に比例すると仮定したため、減速航行率を高めていくと、あるところでエネルギー消費量は極小値となり、その後減速航行率をさらに高めると逆にエネルギー消費量が増加に転ずる。この理由としては航行時間が加速度的に長期化し、補機の消費燃料が航行時間に比例して多くなるからである。本調査の前提条件のもと算定した場合、高改善・高減速-39%で極小値を取るため、高改善・高減速-30%と高改善・高減速-40%では、後者のほうが減速の度合いが大きいかに関わらず、両者のCO2排出量の差はほとんど無い。

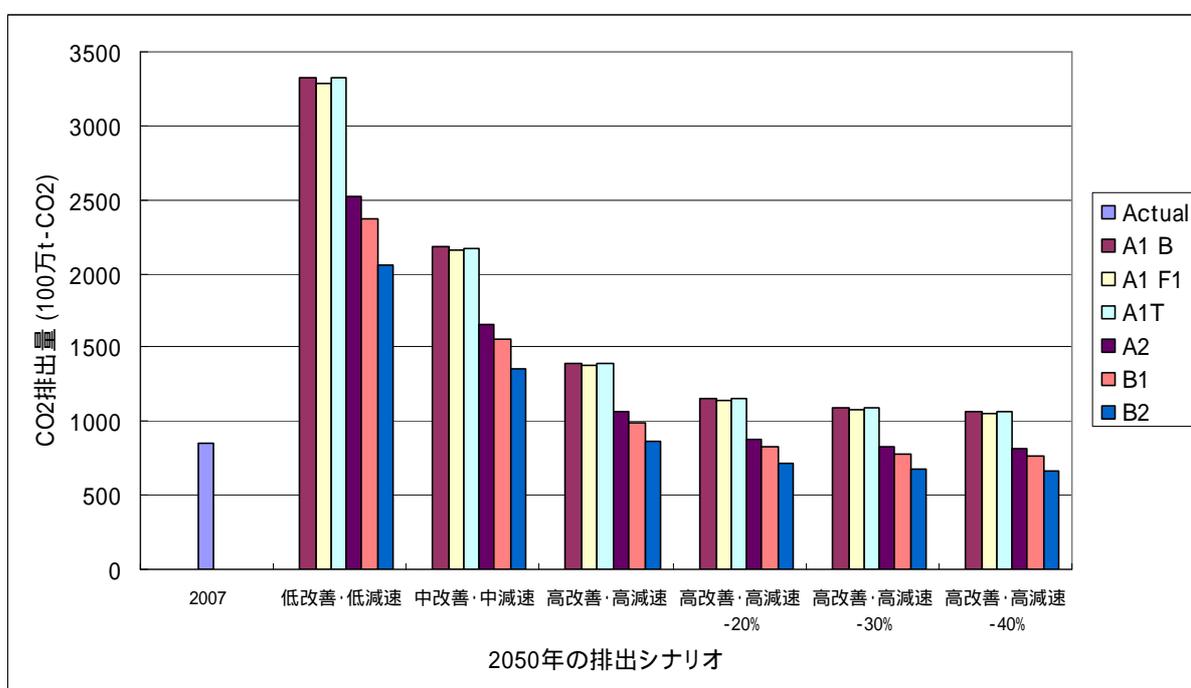


図12 2050年における減速航行とCO2排出量の関連

表7 各ケースにおける減速航行率(2007年比)

	低改善・ 低減速	中改善・ 中減速	高改善・ 高減速	高改善・ 高減速-20%	高改善・ 高減速-30%	高改善・ 高減速-40%
Intercontinental	0%	-10%	-20%	-36%	-44%	-52%
Short Sea	0%	-10%	-20%	-36%	-44%	-52%
Container	0%	-20%	-40%	-52%	-58%	-64%

(即ち、CO2 排出量が最も低く推計される場合)は、2020 年および 2050 年の国際海運に起因する CO2 排出量は 2007 年レベルを下回ると算出される。

一方、荷動きの変化率を高位推計とした場合は、CO2 排出量を 2007 年レベルとするために、2020 年については航行速度を 2007 年比 30%程度減速する必要がある。なお、2050 年については航行速度が低下しても CO2 排出量は 2007 年の 2~4 倍程度と算出される。

3.1.3 考察

以上により、荷動き量を中位推計とした場合、2007 年レベル安定化は、技術の改善と減速航行により 2020 年においては理論的に達成可能であるが、A1 シナリオの元では各船種とも現在と比べ 20%程度以上の減速が必要となる。なお、2050 年においては、A1 シナリオで 2007 年レベルを達成することは困難である。

なお、2020 年における安定化について、これを造船業という観点から見ると、荷動きに影響を与えないように船舶数を増加する必要があり、竣工量を(減速航行を行わない時と比べて)24%増加する必要がある。これは 2007 年から毎年 7%という高い比率で竣工量が増加することを示す。

3.2 気候変動枠組条約附属書 国を旗国とする船舶での検討

検討に先立ち、まず IMO シナリオで想定されている将来の船腹量について、気候変動枠組条約附属書 国と非附属書 国とでどのように配分するか決定する。

同条約の附属書 国は、先進国と移行経済国を含めて 39 か国存在する。ここから排出削減目標を負わないトルコを除き、本調査における附属書 国(不変)とする。これらの国を旗国とする船舶の総トン数は(海運統計要覧によると)2006 年で 1.86 億総トンであり、全商船隊の約 26%を占める。また、この総トン数は 1990 年もほぼ同等であり、1995 年、2000 年は現在より低かった。なお、これは非附属書 国船籍船が 1990 年から 2006 年までにほぼ倍増したのと対照的である。これは途上国経済の成長、および便宜置籍船といった背景要因により説明され、またこのような背景要因は今後も当面は継続すると思われる。このような状況に鑑み、図 14 のとおり 2 ケースを想定した。

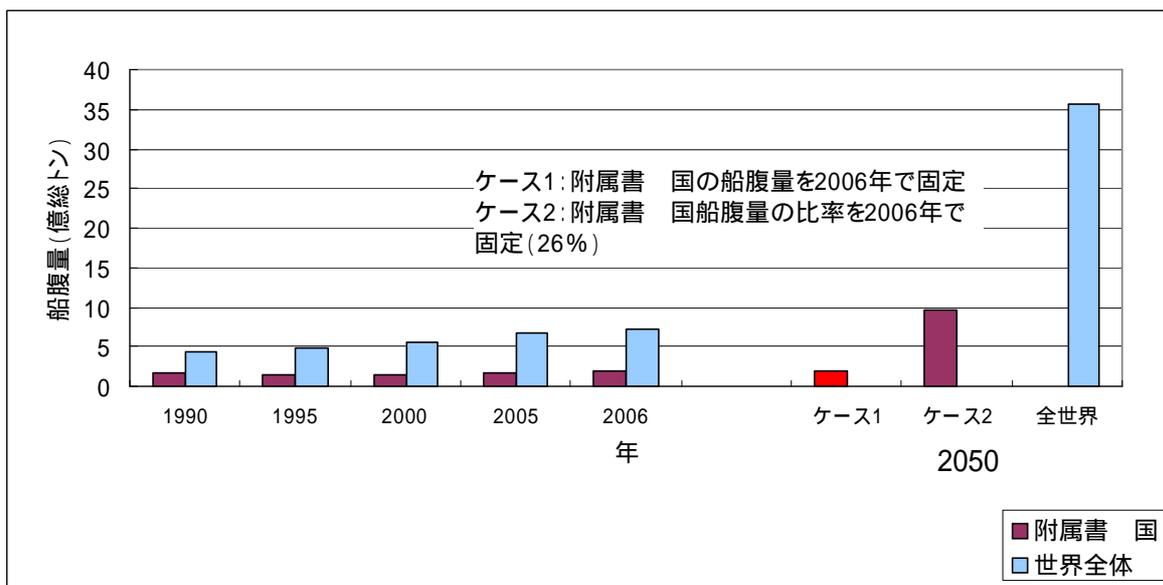


図 14 附属書 国の船腹量の推移
(歴史的データの出典：海運統計要覧 2008 年版)

ケース 1：附属書 国船籍の商船船腹量を 2006 年レベルで固定

本ケースでは、附属書 国船籍船の船腹量は 2006 年レベルで固定し、今後の船腹量の増加は全て非附属書 国船籍と想定する。このケースでは、2050 年に想定される船腹量の 95% 近くが非附属書 国船籍となる。結果として、附属書 国船籍船のみの CO2 排出削減対策実施は全体の CO2 排出削減にほとんど効果を及ぼさないと推測される。

ケース 2：附属書 国船籍の比率を 2006 年レベルで固定

本ケースでは、全船舶に占める附属書 国船籍の比率を 2006 年度の 26% (約 1/4) で固定する。このケースでは、2050 年においても全船舶の約 1/4、つまり CO2 排出量の約 1/4 が附属書 国船籍船から排出されることとなる。従って、CO2 排出削減対策が附属書 国船籍船に限定される場合、どんなに目標が厳しくとも排出削減量は無対策時と比べて 1/4 しか減少しない。

ここで、上記の計算に従うと、技術改善および減速航行を高改善・高減速ケースとした場合、低改善・低減速ケースと比べて CO2 排出量が 58% 程度減少すると算出される。従って、非附属書 I 国船籍船を低改善・低減速ケースとし、附属書 国船籍船のみ高改善・高減速ケースとした場合でも、全船舶からの CO2 排出削減率は約 15% 程度に留まる²。

以上により、いずれのケースにおいても附属書 国船籍船だけの努力では大幅な排出

² 全体の 26% が 58% の排出削減を実施し、残りの 74% は低位対策ケースで推移すると想定。また、ここでは各国間の船齢の違いは考慮していない。

削減の達成は不可能である。

また、2020年では、低改善・低減速ケースに比べて高改善・高減速ケースは約23%のCO₂削減となる。従って非附属書I国籍船を低改善・低減速ケースとし、附属書I国籍船のみ高改善・高減速ケースとした場合では、全船舶からのCO₂排出削減率は約6%程度に留まる。

また背景となるIPCCシナリオを基本シナリオのA1(B,F1,T)とし、非附属書I国籍船を中改善・中減速ケースとすると、2007年レベルに安定化させるためには附属書I国籍船の排出量を中改善・中減速ケースの約1/10程度までに削減する必要があり、非現実的である。

従って、2020年においても附属書I国籍船だけの努力では大幅な排出削減の達成は困難である。なお、過度に差別化された対策は便宜置籍船による非附属書I国籍船舶の増加につながることに留意すべきであろう。結果として、船籍を問わず全船舶による取り組みが必要となると結論できる。

4. 経済的手法の検討

IMO スタディの各種シナリオでは、2020年および2050年における減速航行率および効率向上率が設定されているが、前述のように、2050年におけるCO₂排出量を2007年レベルとすることは困難であると考えられる。ここでは、排出権購入により実質的2007年レベルに抑制することを想定した場合の排出権購入コストの海運事業への影響について、想定される排出超過量から算出し検討した。なお、対象を国際海運全体および日本商船隊³とした。

4.1 推計の方法

まず上記で推計した外航海運に起因するCO₂排出量の2007年比増加分を、排出権購入で賄うと想定した。シナリオはIMOスタディの基本シナリオであるIPCCのA1Bシナリオとし、かつ技術改善率および減速率はIMOスタディの中改善・中減速および高改善・高減速ケースに設定した。2020年および2050年の排出権価格の予想は困難であるが、下記のように設定した。

- ・ 低位：20 ユーロ/t-CO₂
(欧州排出量取引スキームにおけるクリーン開発メカニズム⁴(CDM)クレジットの価格と同程度)
- ・ 高位⁵：60 ユーロ/t-CO₂
(IPCC第4次評価報告書に基づく世界排出量半減シナリオの限界削減コストである100ドル/t-CO₂に近い。)

なお1ユーロは160円とし、インフレ等は考慮していない。

次に、日本商船隊への影響を、世界の海運輸送に占める日本商船隊の比率に基づき算出した。日本商船隊については、企業経営に与える影響を算出するために、将来の収益を荷動き量に比例すると仮定し、それに対する排出権購入費用の比率を求めた。

世界の海運輸送に占める日本商船隊の比率

海運統計要覧によると、世界の海運輸送に占める日本商船隊の比率は過去30年間を見るとシェアが減少しつつあったが、ここ3年は増加に転じており、過去20年を見ても平

³日本商船隊の船腹量については、海運統計要覧2008年版の表IV-1を参照した。

⁴ 非附属書国において温室効果ガス排出削減プロジェクトを実施し、その排出削減量を附属書国の京都議定書遵守に用いる制度のこと。

⁵ 2013年以降の温暖化対策に関する国際枠組みの状況等により、ここで想定した高位の排出権価格を上回ることも十分に考えられる。

均プラスマイナス 10%程度であり振れ幅は小さい。また日本商船隊は世界を舞台に競争しており、日本企業だけが顧客ではない。上記より、世界の海運輸送に占める日本商船隊の比率について、今後増加または減少すると想定する明確な根拠はないように考えられるため、この比率を 2007 年度の値（12.9%）に固定した⁶。

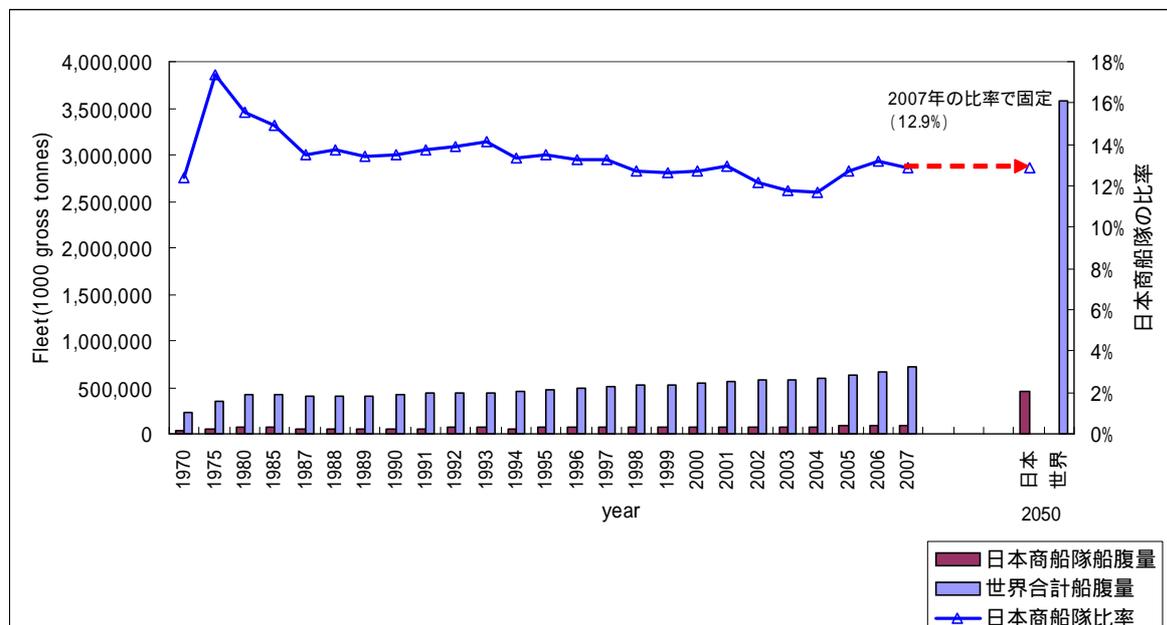


図 15 日本商船隊船腹量の推移
(歴史的データの出典：海運統計要覧 2008 年版)

前述のように日本商船隊は世界と歩調を一にしていると考えられるため、日本商船隊の将来の荷動きも世界と同一とする。なお、IMO スタディにおいて、コンテナ船とそれ以外の船種では荷動き量の単位が異なるため、これらを合算した荷動きの推計ができない。そこで、技術改善率および減速率をゼロとおいた場合の燃料消費量の変化率を荷動きの変化率に比例すると仮定し、これを荷動きの変化率の指標とした。これにより日本商船隊による将来の荷動き量が算出される。また、事業収入の変化率は荷動き量の変化率（＝技術改善率および減速率をゼロとおいた場合の燃料消費量の変化率）に比例すると仮定した。このような仮定に基づき、2020 年および 2050 年安定化を国際海運全体で賄うと想定した上での日本商船隊部分を推定した。

4.2 推計の結果

推計の結果について以下に示す。表 9 には世界の船舶から排出される CO2 を 2007 年レベルに安定化させるための排出権購入費用を示す。世界全体では 2020 年に 0.4 兆円～

⁶ 2007 年の日本商船隊の船腹量 92,925 千総トン、世界商船隊の船腹量 725,118 千総トン（海運統計要覧 2008 年版）

2.5 兆円、2050 年に 1.8 兆円～12.8 兆円の費用となる。

次に、排出権購入が日本商船隊へ与える影響について表 10 に示した。排出権価格を 60 ユーロ/t-CO₂ とした場合、排出権購入費用が営業収入に占める割合は、高改善・高減速ケースでも 3.0%（2020 年）、4.7%（2050 年）となり、これは日本商船隊の経常利益率（2001 年～2006 年の間では 4～14%：平均 8.1%）の半分にも達する。中改善・中減速ケースでは、この割合は 6.3%（2020 年）、11.5%（2050 年）となり、排出権購入費用は経常利益とほぼ同程度となる（図 16）。

結果として、排出権購入は日本商船隊の収支に大きな影響を占めると算出され、高改善・高減速ケースでも経常利益率の半分、中改善・中減速ケースでは経常利益とほぼ同額となる。なお、日本商船隊と外国商船隊の間の船種の違いはここでは考慮していない⁷。

ここで排出権購入費用の輸送価格への転嫁を行うと、輸送価格上昇による輸送量の削減（＝収入減）の原因となりうる。何よりも、価格転嫁は競合する全ての事業者の協力によりはじめて実行しうると考えられるため、その意味でも世界の海運事業者の協力が必要となる。

表 9 CO₂ 安定化のための排出権購入費用（世界）

	2007	2020		2050	
		中改善 中減速	高改善 高減速	中改善 中減速	高改善 高減速
CO ₂ 排出量 (100 万 t-CO ₂)	847*	1,106	972	2,182	1,396
2007 年水準からの所要追加削減量(100 万 t-CO ₂)	0	259	125	1,335	549
排出権価格低位推計 排出権購入費用 (10 億円)		830	401	4,273	1,756
排出権価格高位推計 排出権購入費用 (10 億円)		2,490	1,204	12,820	5,267

*： この値は第 1 回 GHG 作業グループ中間会合（2008/06）にて国際コンソーシアムから報告されたものであり、MEPC58（2008/10）において 843（100 万 t-CO₂）に修正された。

⁷世界の商船隊のうちコンテナ船の占める割合は 2006 年末で 15.3%であるのに対し、日本国商船隊のそれは 2007 年 6 月 30 日現在 8.2%と、世界平均の約半分であるが、仮にこれがコンテナ船の増加率が世界に比べて低いことを示唆しているとすると、日本商船隊の荷動きの増加率は世界のそれを下回り、世界の荷動きに占める日本商船隊の比率は将来的に低下する一方、排出権購入費用は本予測を下回る。

表 10 CO2 安定化のための排出権購入費用（日本）⁸

	2007	2020		2050	
		中改善 中減速	高改善 高減速	中改善 中減速	高改善 高減速
CO2 排出量 (100 万 t-CO2)	109	143	125	282	180
2007 年水準からの所要追加削減量 (100 万 t-CO2)	0	33	16	172	71
荷動き・収入の推移 (2007 = 100)	100	147	147	411	411
営業収入 (10 億円)	3,491	5,131	5,131	14,360	14,360
排出権価格低位推計 排出権購入費用 (10 億円)		107	52	551	226
対 営業収入比		2.1%	1.0%	3.8%	1.6%
排出権価格高位推計 排出権購入費用 (10 億円)		321	155	1,654	679
対 営業収入比		6.3%	3.0%	11.5%	4.7%

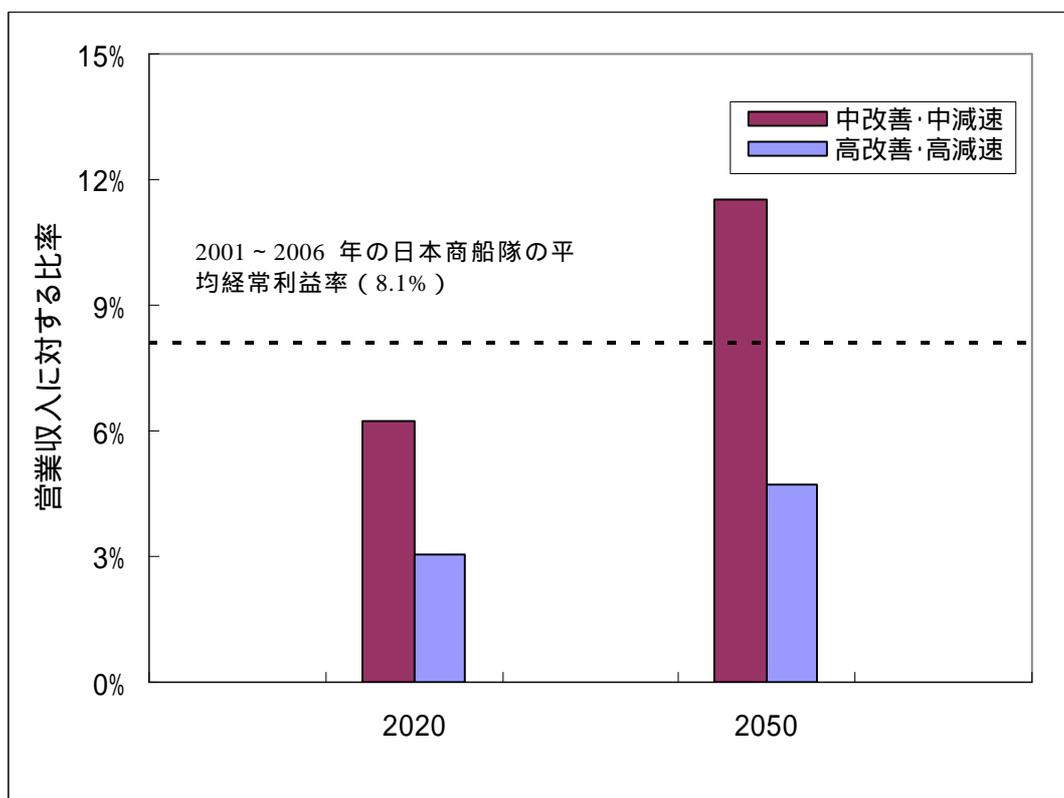


図 16 排出権価格高位推計の際の排出権購入費用
(算出方法は文中記載)

⁸算出方法は上記参照。2007 年の営業収入データがないため、海運統計要覧に示される 2006 年の値を採用した。

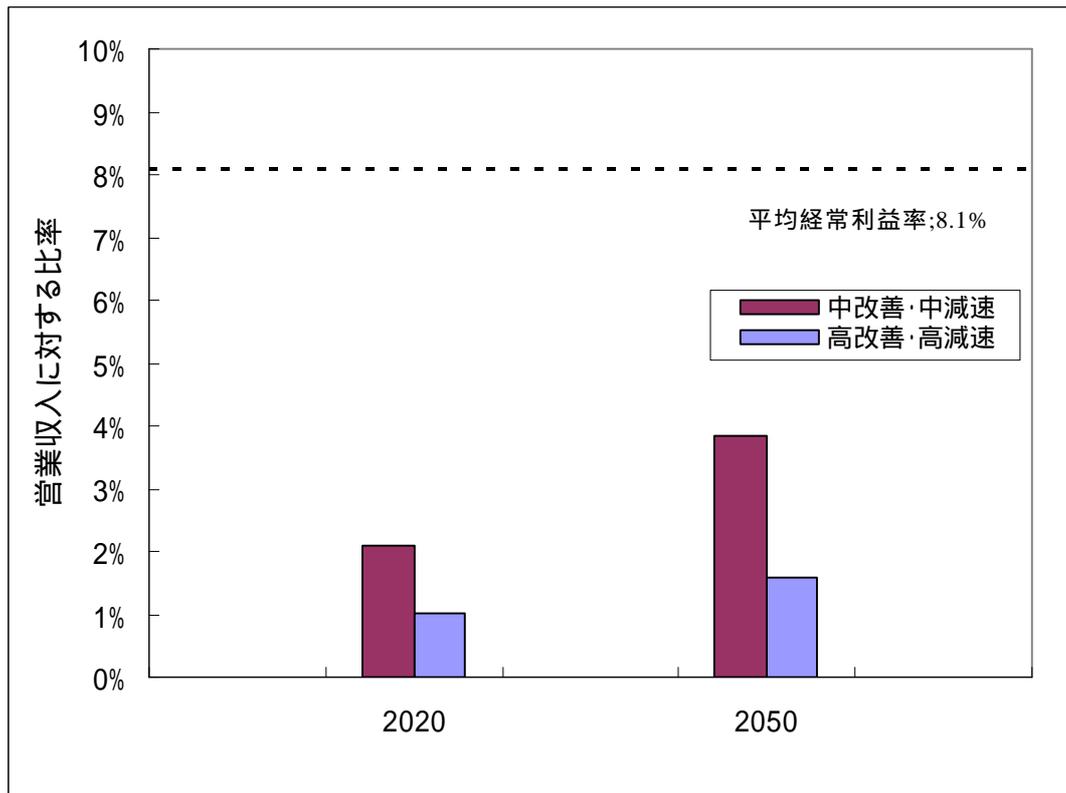


図 17 排出権価格低位推計の際の排出権購入費用
(算出方法は文中記載)