

平成20年度

海運起源のGHG排出削減制度としての  
国際的プロジェクトメカニズムに関する調査  
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削減に向けての市場メカニズム調査」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、外航船舶から排出される温室効果ガス (GHG) は排出削減数値目標の対象に含まれず、国際海事機関 (IMO) を通じた作業によって、その排出量の抑制を追求することとされました。その後 IMO での作業はあまり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していることなどから、外航海運についても、GHG 排出量を削減する何らかの具体的な対策を早急に提示し、実行に移していく必要に迫られております。

船舶からの GHG 削減対策としては、エンジン性能や推進性能の改善といった技術面からの対策、減速航行やウェザールーティングのような運航面からの対策、そして燃料課金や排出量取引制度といった経済的手法などが検討されております。しかしながら経済的手法について、特に外航海運における GHG 排出削減プロジェクトを実施することによって達成できる排出削減量をクレジットとして売買でき、京都議定書の付属書 I 国 (先進国) も獲得できる可能性のある国際的プロジェクトメカニズムについては、まだ十分な検討は行われておりません。燃料課金や排出量取引制度は、外航海運が他への支払いを行うこととなりますが、このような国際的プロジェクトメカニズムでは、他から資金を得ることが可能となり、技術面などの実質的な GHG 排出削減対策にその資金を活かすことがより一層有利になるものと思われまます。

そこで、当財団では、外航海運に起因する GHG 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、外航海運の規制及び特に CDM (Clean Development Mechanism) の外航海運への拡張を中心に、排出クレジットを拠出しうる国際的な削減メカニズムを調査いたしました。

本調査を進めるにあたっては、福田敦日本大学理工学部教授を委員長とする「船舶からの温室効果ガス削減に向けての市場メカニズム調査研究委員会」各委員の方々の熱心なるご審議とご指導を賜りました。また、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)



## 船舶からの温室効果ガス削減に向けての市場メカニズム調査研究委員会名簿

(順不同、敬称略)

委員長	福田 敦	日本大学 理工学部 社会交通工学科 教授
委員	黒木 昭弘	財団法人日本エネルギー経済研究所 理事
	松尾 直樹	有限会社クライメート・エクスパーツ 代表取締役
	山田 和人	パシフィックコンサルタンツ株式会社 環境事業本部 地球環境部 部長
	斎藤 光明	社団法人日本船主協会 海務部 課長
委員代理出席者	藤森 眞理子	パシフィックコンサルタンツ株式会社 環境事業本部 地球環境部 グループリーダー
	白川 泰樹	有限会社クライメート・エクスパーツ リサーチャー
オブザーバー	鈴木 康子	国土交通省 海事局 安全環境政策課 国際係長
	北林 邦彦	国土交通省 海事局 外航課 専門官
	鈴木 長之	国土交通省 海事局 安全基準課 専門官
	森本 清二郎	財団法人日本海事センター 企画研究部 特別研究員
	澤田 喜純	商船三井株式会社 経営企画部 CSR・環境室 室長
	沼野 正載	商船三井株式会社 経営企画部 CSR・環境室 アシスタントマネージャー
	大竹 裕之	川崎汽船株式会社 環境推進室 室長補佐
	合田 浩之	日本郵船株式会社 経営企画グループ 経営企画チーム
関係者	山口 建一郎	株式会社三菱総合研究所 環境・エネルギー研究本部 地球温暖化戦略研究グループ 主任研究員
	小林 信之	株式会社三菱総合研究所 環境・エネルギー研究本部 地球温暖化戦略研究グループ 主任研究員
	中塚 史紀	株式会社三菱総合研究所 環境・エネルギー研究本部 地球温暖化戦略研究グループ 研究員
事務局	工藤 栄介	海洋政策研究財団 常務理事
	石原 彰	海洋政策研究財団 海技研究グループ グループ長
	玉眞 洋	海洋政策研究財団 海技研究グループ 調査役
	華山 伸一	海洋政策研究財団 海技研究グループ 主任研究員
	三木 憲次郎	海洋政策研究財団 海技研究グループ グループ長代理
	段 烽軍	海洋政策研究財団 政策研究グループ 研究員



## 目次

はじめに

1. 背景要因の整理.....	1
1.1 国際海運起源の温室効果ガス排出の推移.....	1
1.2 海運事業の特徴.....	4
1.3 温室効果ガス排出削減上の検討.....	6
2. 各種政策オプションの検討.....	7
2.1 船舶に対するエネルギー効率基準の設定.....	7
2.2 経済的手法.....	9
2.3 プロジェクトメカニズムの活用.....	17
3. プロジェクトメカニズムの導入可能性及び効果の検討.....	20
3.1 プロジェクトメカニズムの位置づけ.....	21
3.2 想定されるプロジェクトスキーム.....	24
3.3 プロジェクトメカニズムに関する諸課題の検討.....	32
3.4 エネルギー効率インデックスとベースライン.....	37
4. まとめと考察.....	40
4.1 プロジェクトメカニズムの導入の意義と課題.....	40
4.2 結論.....	41
参考資料.....	43
参考資料 1 .参考例としての CDM の概観.....	43
参考資料 2. 有望な排出削減プロジェクトの選定・温室効果ガス排出削減量の試算.....	52
参考資料 3. 用語集.....	75
参考資料 4. 排出権価格の推移.....	79



## はじめに

国際海運起源の温室効果ガス（GHG）排出量は5～10億t-CO<sub>2</sub>程度とされており、その規模と並び排出量の不確実性の大きさが注目される。国際海運起源のGHG排出削減に関しては、国際海事機関（IMO）及び国連気候変動枠組条約締約国会議（COP）において京都議定書採択以降に検討されてきたが、具体策の合意には至っていない。この中で、海運事業における排出削減プロジェクトの実施によって達成する排出削減量を実施国が獲得するという国際的プロジェクトメカニズムが考えられる。これは、概念としては国際海運をあたかもひとつの非附属書I国として扱うクリーン開発メカニズム（CDM）に近い。

このような国際海運のGHG排出量削減制度として考えられる国際的プロジェクトメカニズムのメリットとしては、海運事業におけるGHG削減量の検討・精査の単位が個々の排出削減プロジェクトに限定されるため、排出量の不確実性に束縛されない点、割当の議論とは無縁である点、及び船籍、事業者、港湾、船舶メーカー等については開発途上国（非附属書I国）の関与の割合が高い点など、国際海運事業においては、このようなメカニズムを受け入れる可能性の高い点が挙げられる。

よって、本調査はこのようなメカニズムの実施に際しての制度的側面の検討、効果の把握等を通じ、国際的プロジェクトメカニズムの可能性について調査検討を行うことを目的とする。



## 1. 背景要因の整理

ここではまず、本調査報告の背景として、国際海運起源の温室効果ガス排出の推移、及び海運事業の特徴について概略的に整理し、現在、気候変動枠組条約に基づく規制の対象とはなっていない国際海運起源の温室効果ガス排出に関する国際的な検討の動向について述べる。

### 1.1 国際海運起源の温室効果ガス排出の推移

国際海運起源の温室効果ガス排出は増加の一途をたどっている。燃料払出量に基づいたデータの集計を行っている国際エネルギー機関（IEA）によれば、国際海運燃料起源のCO<sub>2</sub>排出量は1990年から2005年の間に約51.9%も増加したが、これは同期間における世界全体のエネルギー起源CO<sub>2</sub>増加率（29.1%）を上回る。とりわけ途上国で払出が行われた燃料の消費量は1990年比倍増以上（118%）と増加が著しい。

この理由としては国際的な荷動きの増加があり、排出量はほぼ荷動き量に比例していることが挙げられる。老朽船舶の解撤・代替等の効率向上要因はあるが、高速化の要求、コンテナ船の比率向上等の要因により、国際海運全体で見た原単位、即ち荷動き（トンマイル）あたりのCO<sub>2</sub>排出量には大きな変化は見られない。

2008年9月に発表されたIMOによる温室効果ガス排出推計（Updated Study on Greenhouse Gas Emissions from Ships：以下IMOスタディ）では、活動量に基づいた推計方法により2007年の国際海運起源CO<sub>2</sub>排出量を843Mt-CO<sub>2</sub>と推計している。これは世界のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量（2005年：27,136Mt-CO<sub>2</sub>）の約3.1%に相当する。また、IMOスタディで検討されている162のシナリオの多くが今後の排出量の増加を予測しており、2020年には719～1,447Mt-CO<sub>2</sub>（best estimateは1,057Mt-CO<sub>2</sub>）、2050年には746～7,344Mt-CO<sub>2</sub>（同2,681Mt-CO<sub>2</sub>）となると想定している。

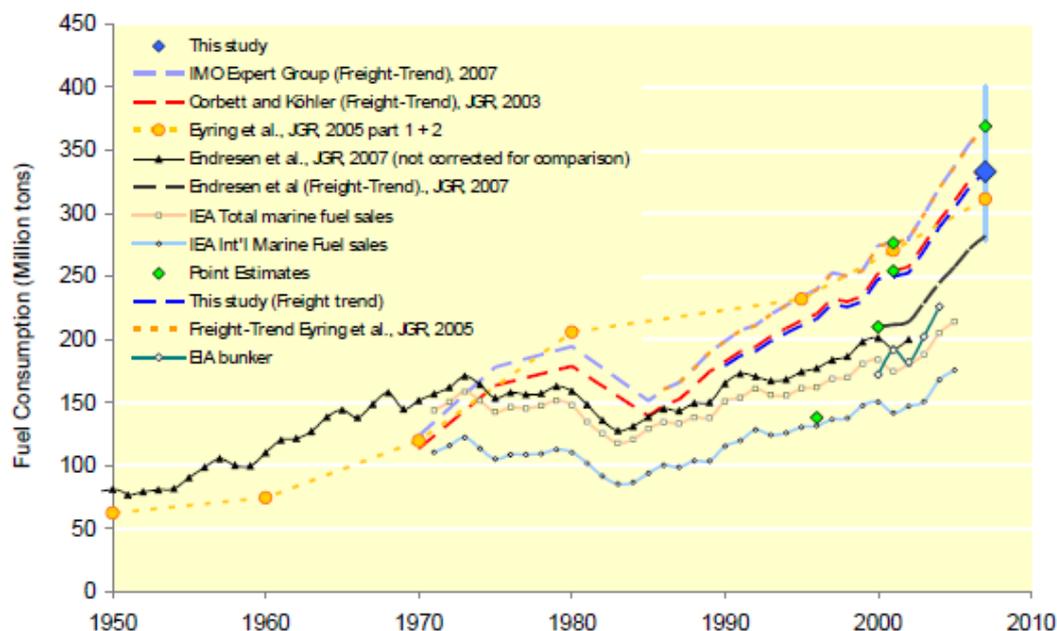


図 1-1 国際海運起源燃料消費量の推移

(出典：IMO, 2008, Updated Study on Greenhouse Gas Emissions from Ships)

海運起源の温室効果ガス排出量の推計に関しては、荷動き及び船種の構成、使用される燃料等、様々な事象が想定され、推計に大きな幅がある。上記 IMO スタディに用いられたもの以外の近年の大幅排出削減シナリオに基づく推計では、下記が挙げられよう。

表 1-1 海運起源排出量に関する各種予測シナリオ

文献名	シナリオ	排出予測	想定対策
IEA, 2008, Energy Technology Perspectives (Blue Scenario)	・ 2050年に世界全体の温室効果ガス排出量を1990年比半減。	・ 2005年現状：750Mt-CO2 ・ 2050年無対策：1,200Mt-CO2 (以上、内航含む)	・ 約30%の効率向上 (300Mt-CO2削減) ・ 約30%のバイオエネルギー (180Mt-CO2削減)
Mckinsey, 2009, Pathway to a Low-Carbon Economy	・ 温室効果ガス濃度を将来的に450ppm安定化	・ 2005年現状：1,100Mt-CO2 ・ 2030年無対策：1,800Mt-CO2 (以上、内航含む)	・ 無対策時から24%削減 (約1,400Mt-CO2) ・ 技術革新、バイオ燃料のような技術・燃料対策と、大型化、積載率向上、減速航行のような運用改善 (具体的記載はない)
EU, 2009 (Poles Model)	・ —	・ 2020年まで、1990年比30-50%増 ・ 2050年まで、1990年比4倍増	・ IMOスタディを引用し、また他のエネルギー源の可能性があると指摘。

(標記出典より作成)

結論として、海運、特に国際海運起源の温室効果ガス排出は、何も対策が講じられな

ければ、今後、相当程度増加するとの意見の一致がある。増加の程度については文献により推計が異なるが、いずれも、ほぼ途上国に匹敵する増加率が想定されている。また、長期的・大幅排出削減シナリオにおける想定では、海運は他の部門と同程度の現状比排出削減は求められていない。これは、海運における排出削減対策選択肢の希少性、管理の難易度、今後想定される荷動きの増加を踏まえてのものであると考えられる。

欧州委員会は2009年1月28日の「コペンハーゲンでの包括合意へ向けて」<sup>1</sup>と題したコミュニケにおいて、国際海運・航空部門に対して2020年までに2005年レベル以下を達成し、かつ2050年までに1990年レベルを大幅に下回るべきとし、また2010年末までにICAO及びIMOより対策が打ち出されない場合はこれらの部門からの排出量を各国の総排出量に加算すべきであるとした<sup>2</sup>。

---

<sup>1</sup> Towards a comprehensive climate change agreement in Copenhagen、COM(2009)39Final。

<sup>2</sup> “...If at the end of 2010 there is no agreement in ICAO and IMO, emissions from international aviation and maritime transport will be counted towards national totals under the Copenhagen agreement which will ensure comparable action by all developed countries.”。ただし2012年以降の温室効果ガス排出削減対策に関する合意は、2010年末のデッドラインに先立つ2009年末のCOP/MOP5（コペンハーゲン）で決定される予定である。

## 1.2 海運事業の特徴

温室効果ガス排出削減を想定する場合、国際海運事業の特徴としては下記が挙げられよう。

### (1) 代替手段の希少性

海運は世界の貿易量のほとんどを担い、また海運を代替する輸送手段は現実的には想定できない場合が多い。陸続きの国の場合、鉄道・自動車またはパイプライン輸送が想定されるが、代替可能なケースは限定される。荷動き量（トンマイル）で比較すると国際海運の輸送量は国際航空（貨物）の約 400 倍に達する。

### (2) 低い GHG 排出原単位

下記のように海運は GHG 排出原単位の低い輸送手段であり、むしろ他の交通モードから海運に移行すること自体が、温室効果ガス排出削減対策となると期待されている。

表 1-2 各種輸送モード間エネルギー消費原単位比較

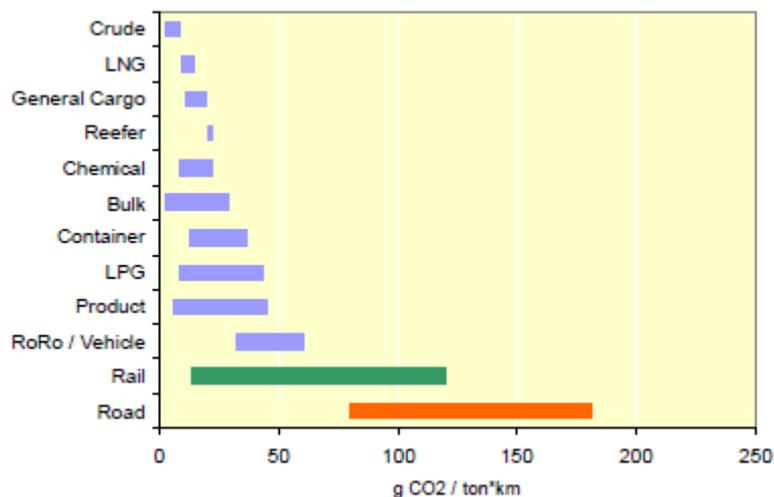


図 1-2 各種輸送モード間エネルギー消費原単位比較

(IMO : Updated 2000 Study on Greenhouse Gas Emissions from Ships)

### (3) 船舶単位の規制

国際海運においては規制の対象は個々の船舶であり、またその管轄主体は船籍国（旗国）である。反面、海運事業に係る主体として船舶の所有者（船主）、海運事業者、荷主等、様々な主体があり、それらの国籍が異なる場合も多い。なお航空についてもある程度類似した状況であるが、多くの場合航空機の国籍は航空事業者の所属国と同一であり、また航空事業者が航空機を所有する場合も多く、海運と比べて関連する主体は少数であ

ろう。

#### (4) 高い途上国のプレゼンス

国際海運の持つひとつの特徴として、船籍はもとより、商船隊、港湾、荷動きといった指標のいずれをとっても、途上国の占める割合が（経済規模の総合指標である GDP における割合と比べて）高く、また多くの指標でそれが増加していることが挙げられる。このことは、国際輸送燃料部門に関する対策を COP で論じる場合に途上国の反対が強いことの背景となっていると同時に、共通の対策を持つことが困難であることを示唆している。

表 1-3 海運関連諸指標における各地域の割合

	国際海運燃料起源 CO2 排出量*	船籍	商船船腹量	海運事業者	港湾貨物量	コンテナ取扱量	造船竣工量	船齢	国内 CO2 排出量	GDP
日本	3%	2%	16%	11%	13%	6%	36%	15	5%	14%
EU27	30%	23%	31%	34%	11%	16%	6%	20	15%	25%
その他附属書 I 国	17%	7%	10%	13%	18%	9%	2%	23	34%	37%
非附属書 I 国	50%	68%	43%	41%	57%	70%	56%	21	46%	25%
年	2005 年	2005 年	2005 年	2005 年	2005 年	2005 年	2005 年	2005 年	2005 年	2005 年
出典等	IEA, CO2 Emissions from Fuel Combustion	海運統計要覧(重量ベース上位 80 国、全体の 99%)	UNCTAD (上位 20 か国、全体の 86%)	UNCTAD (上位 20 社、全体の 71%) <sup>3</sup>	海運統計要覧(上位 40 港、全体の 50%程度) <sup>4</sup>	海運統計要覧(上位 40 港) <sup>5</sup>	海運統計要覧(重量ベース上位 10 か国、全体の 96%)	海運統計要覧(上位 80 国)の加重平均、船籍ベース	IEA CO2 のみ	IEA (2000 年レート)
参考: 航空における非附属書 I 国の割合	38%	航空事業者と同一	航空事業者と同一	38%	29%(旅客) 43%(貨物)	—	ほぼゼロに近い。	—	—	—

(出典：表中記載資料より MRI 作成、\*払出量ベース)

<sup>3</sup> 上位 10 位は A.P.Moller Group (デンマーク)、MSC (スイス)、P&O Nedlloyd (英蘭)、Evergreen (台湾)、CMA-CGM Group (仏)、NOL/APL (シンガポール)、China Shipping (中国)、COSCO (同)、Hanjin/DSR-Senator (韓・独)、日本郵船。

<sup>4</sup> 上位 10 位は上海、ロッテルダム、シンガポール、寧波 (中国)、天津、香港、サウスルイジアナ、釜山、ヒューストン。

<sup>5</sup> 上位 10 位はシンガポール、香港、上海、深圳 (中国)、釜山、高雄 (台湾)、ロッテルダム、ハンブルク、ドバイ、ロサンゼルス。

### 1.3 温室効果ガス排出削減上の検討

国際輸送燃料（海運及び航空）の取り扱いは1992年に採択された気候変動枠組条約そのものには記載されていない。しかし枠組条約採択後、京都議定書に先立ち既に検討が開始された。気候変動枠組条約採択後、第1回締約国会議（COP1：1995年）に至るまでの政府間交渉会議（INC）の議題として、国際輸送燃料の配分方法のオプションは既に検討されている。当初の議論は国際輸送燃料起源の温室効果ガス排出量をどのように各国間で配分するかという点に集中し、1996年には燃料払出量、荷主、発着地、等8つのオプションが検討された。

1997年12月に策定された京都議定書第2条2項には、「附属書Iに掲げる締約国は、国際民間航空機関及び国際海事機関を通じて活動することにより、航空機用及び船舶用の燃料からの温室効果ガス（モントリオール議定書によって規制されているものを除く。）の排出の抑制又は削減を追求する。」と記載された<sup>6</sup>。また、COP3では前年にIPCCが作成した温室効果ガス排出量推計ガイドラインに則り、国別インベントリの推計の際に国際輸送燃料に関する推計は各国の排出量には含めず、別表で記載することが確認された。

以後、国際輸送燃料に起因する温室効果ガス排出対策は度々COP（SBSTA）の場で議論されたものの、継続審議扱いとなっており、結論は見えていない。

---

<sup>6</sup> The Parties included in Annex I shall pursue limitation or reduction of emissions of greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol from aviation and marine bunker fuels, working through the International Civil Aviation Organization and the International Maritime Organization, respectively.

## 2. 各種政策オプションの検討

近年、海運における温室効果ガス排出削減対策が IMO や UNFCCC のような機関をはじめ、専門家等により検討されてきた。これらについて概観した上で、プロジェクトメカニズムと併せて比較・検討を試みる。対象とする対策は下記のとおり。

- ・ 船舶に対するエネルギー効率基準の設定：エネルギー効率設計指標（EEDI）、エネルギー効率運航指標（EEOI）等、現在 IMO において進められているエネルギー効率基準の概要について述べる。
- ・ 経済的手法：排出量取引、国際輸送燃料に対する課金等、IMO 及び UNFCCC 等の場で議論が開始されている経済的手法について述べる。
- ・ プロジェクトメカニズムの活用：本報告書の主眼であるプロジェクトメカニズムについて、上記対策と比較しつつ検討する。

### 2.1 船舶に対するエネルギー効率基準の設定

現在、IMO では新規船舶に対する設計指標、及び既存船舶に対する運航指標の2種類の「エネルギー効率インデックス（従来は CO2 インデックスと呼称）」が検討されている<sup>7</sup>。これは概念的には「CO2 排出量÷輸送量」で示され、次元は「t-CO2/トンマイル」となる。具体的には 2008 年 10 月の第 58 回 MEPC（MEPC58）において既存船舶及び新造船舶に対するエネルギー効率基準として議論されており、現在は下記のように定義されている。

- ・ エネルギー効率運航指標（Energy Efficiency Operational Index<sup>8</sup>, EEOI）：これは運航の結果、実際に達成された船舶の効率を示すものであり、運航者が船舶の運航効率を確認するための指標（CO2 排出原単位）として使用されるものである。EEOI の扱いについては MEPC58 の時点では未定だが、報告の義務化を行わないこと、EEDI とは区別することで方向が一致している。EEOI の式は、一般的には下記の形態をとる。

$$\text{EEOI} = \frac{\text{「燃料の CO2 換算係数 (g-CO2/g-fuel)」} \times \text{「燃料消費量 (g-fuel)」}}{\text{「実貨物量 (ton)」} \times \text{「実航行距離 (mile)」}}$$

- ・ エネルギー効率設計指標（Energy Efficiency Design Index, EEDI）：これは新造船の設

<sup>7</sup> MEPC / Circ.471（2005 年 7 月 29 日）。

<sup>8</sup> 2009 年 3 月に行われた GHG 中間会合において、Energy Efficiency Operational Indicator と変更することが WG 内で合意されており、名称が変更になる見込み。

計、建造段階で船舶の効率のポテンシャルを評価するものであり、船主が効率のよい船舶を選ぶための指標（CO2 排出原単位）として使用されるものである。MEPC58 で、算出のための暫定ガイドラインに合意し、各国で試行を実施し、成果を MEPC に報告することとなっている。また、EEDI については、その付与、基準値達成の義務化が想定されており、将来的には、基準値の段階的引き下げを行なうことを念頭に、現在検討が進められている。EEDI の式は、一般的には下記の形態をとる。

$$\text{EEDI} = \frac{\text{「燃料の CO2 換算係数 (g-CO2/g-fuel)」} \times \text{「燃料消費率 (g-fuel/kWh)」} \times \text{「機関出力 (kW)」}}{\text{「載貨重量 (DWT-ton)」} \times \text{「速力 (mile/hr)」}}$$

なお、機関は主機と補機に分類され、主機出力は最大機関負荷の 75%とされている。前述のように、現在 IMO では EEOI のあり方及び EEDI の義務化の手法等について検討中である。

## 2.2 経済的手法

上記のようなエネルギー効率基準の検討と並行して、経済的手法の検討も活発化している。この背景として、前述したように自らも域内で排出量取引スキームを実施し、国際航空への拡張を決定した EU の前例がある。ここでは、代表的な経済的手法として排出量取引と国際輸送燃料に対する課金を取り上げる。

### 2.2.1 排出量取引

国際海運を対象とした排出量取引については、現在 EU 諸国（欧州委員会、フランス、ノルウェー等）から提案されている。EU は自らの排出量取引スキーム（EUETS）に組み込まれることとなった航空部門と異なり、国際海運に対する排出量取引スキームに関する提案は、現時点では競売ベースの排出量取引または課税とし、収益は途上国の気候変動対策に用いるべきという原則論に留まっている<sup>9</sup>。国際海運と排出量取引に関する主要なオプションと課題・論点を以下に示す。

表 2-1 海運部門を対象とした排出量取引に関するオプション及び課題(1)

項目	オプション	課題・論点
制度の様式	<ul style="list-style-type: none"> <li>キャップ・アンド・トレード：各々の対象主体が排出枠を負う。排出枠の配分は無償割当（グラントファザリング）、有償割当（競売）、あるいは両者の中間的形態がある。</li> <li>ベースライン・アンド・クレジット：一定のベンチマーク（e.g. トンマイルあたり CO2 排出量）を設定し、超過する分はクレジット購入、下回る分はクレジット売却の対象となる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>キャップ・アンド・トレードの場合、EU 排出量取引スキームで現在陸上施設に対して該当する「基準年比 X%減少」という目標は海運にとって難度が高い（基準年比で増加するような目標も設定可能）。</li> <li>ベースライン・アンド・クレジットの場合、全体の排出枠は予見できないため、対象部門での排出削減を担保できない。</li> </ul>

<sup>9</sup> *Towards a comprehensive climate change agreement in Copenhagen: Extensive background information and analysis*（2009年1月29日）より。”Overall, the approaches developed by ICAO and IMO could include the adoption of marketbased measures, such as a global emission trading system. In such a case, auctioning allowances could contribute to generating significant financial resources that could be used to support action to address climate change, including in developing countries, as is foreseen already in relationship to the auctioning of allowances for international aviation in the EU ETS from 2012 on..”

表 2-1 海運部門を対象とした排出量取引に関するオプション及び課題(2)

項目	オプション	課題・論点
制度の対象主体	<ul style="list-style-type: none"> <li>海運事業者（オペレーター）、個々の船舶、特定航路等、船主等、多様なオプションがある（これらについては後述する）。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>船籍や事業者の国籍で対象を制限することは、これらの国籍の移転が容易な海運では課題となる。</li> </ul>
海運単独か、他の部門とリンクするか	<ul style="list-style-type: none"> <li>海運事業単独ケース：海運事業において独立した排出量取引制度とする。この場合、IMO 独自のイニシアティブ及びルールを用いて、UNFCCC とは完全に独立して行うことが可能。</li> <li>他制度とリンク：他の（陸上施設の）排出量取引とリンクし、取引を可能とする。メリットとしては、市場としては大きいであろう陸上施設とのリンクにより市場が安定することが期待される。</li> <li>その他：類似した特長を持つ国際航空とリンクする等想定可能である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海運事業単独ケースの場合：排出量取引は、多様な排出削減オプション及び限界排出削減費用を持つ主体が参加した時に最も有効なものとなる。従って、ほぼ同一の燃料を同程度の効率で使用し、また今後温室効果ガス排出量がほぼ単調増加すると考えられる海運事業単体では、絶対的なキャップを持つ排出量取引のメリットを十分に享受出来ない恐れがある。</li> <li>他制度とのリンクを行う場合の課題は下記のとおり。 <ul style="list-style-type: none"> <li>絶対量を X 年比 Y% 減、というスキームでは海運事業は排出権の純購入主体となる可能性がある。原単位ベースの目標であれば海運単独の制度はより可能となるが、他に絶対量ベースの目標を有する制度とのリンクが課題となる（原単位ベースの制度参加者が絶対量ベースの制度参加者より購入することはできるが、逆は出来ない、という制度が考えられる。似たような機能が EUETS に先立つ英国の排出量取引制度で用いられた）。</li> <li>国際海運起源の排出量は京都議定書の遵守に際して計上されない。従って、京都議定書に則った国内制度（例：EUETS）が海運部門から購入した場合の取り扱いが問題となる。EUETS は国際航空に拡張されるが、従来の EUETS 対象部門は国際航空部門から購入した排出権を行使できない。</li> </ul> </li> </ul>
配分方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>無償配分（グランドファザリング）：各主体の過去の実績に合わせて排出権を配分。</li> <li>有償配分（競売）：各主体がそれぞれのニーズに併せて排出権を購入する。</li> <li>既存・既提案の排出量取引制度（EUETS 及び米国連邦議会提案制度）においては、排出量取引制度インパクトが大きい部門、及び／または国際競争力に晒される部門については、少なくとも当初は無償割当の比率を多く取り、次第に有償割当に移行するスキームである。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>詳細は後述する。</li> <li>無償配分：一般的に排出量取引の対象主体に対する受容性が高く、（全体の目標水準にもよるが）影響が小さい。</li> <li>有償配分（競売）：効率は最適化されるが、競売対価の徴集を伴うため、管理主体及び徴収資金の使用に関するインフラが必要。</li> <li>海運事業は燃料費が運営コストの 2/3 程度にもなる分野であり（日本：内航データ）、また外航海運は競争の自由度が高い。</li> </ul>

表 2-1 海運部門を対象とした排出量取引に関するオプション及び課題(3)

項目	オプション	課題・論点
モニタリング	・ 各船舶の燃料消費量（購入・保有量変動）より算出（排出枠の対象に属さない船舶から融通する可能性は残るが、妥当な正確性を担保する）。	・ 船舶のログに通常記載されるデータで概ね対応可能と考えられる。
運営主体	・ 排出量取引の管理を行う主体をどのように設定するか、という課題がある。	・ 取引の管轄に関して新たな組織の設立が必要。特に競売の場合は資金の授受を伴うため、組織の責務は大きくなる。

排出量取引制度のメリットとしては、対象全体に対する総排出枠で規制する場合、その値以下の排出量抑制を担保することが挙げられる。反面、目標達成のためのコストは先験的には明らかではない。これは、排出削減効果は不明だがコストは（比較的）把握可能な環境税とは正反対である。

排出量取引は国際海運において導入し、有効に機能するためには相当の制度的検討が行われる必要がある。大きな課題と言える制度の対象の問題について、以下にいくつかのオプションを挙げ、課題について述べる。

### (1) 制度の対象

まず、何を対象として排出量取引スキームを実施するか、という問題がある。

#### オプション 1：海運事業者を対象とする制度

まず、個々の海運事業者（オペレーター）に対する制度が考えられよう。ここで海運は航空以上に途上国のプレゼンスが高く、海運事業全体として実施しないと効果は少ない。先進国（気候変動枠組条約附属書 I 国）の事業者だけに限定する制度は、カバレッジが少なく、かつ M&A 等により容易に対象から除外される可能性がある。コンテナ輸送については先進国、途上国を含む上位 20 社程度で全体の輸送量が大半をカバーされるため、これらの企業の合意により相当程度のカバー率が期待できる<sup>10</sup>が、途上国の企業も相当数含まれるため、現時点ではこのような制度に関する政治的合意には困難が伴うであろう。

#### オプション 2：個別船舶を対象とする制度

次に、個別の船舶に対する制度が考えられる。船主や事業者ではなく船舶を管理対象とすることは IMO の原則に即したものである。ここで各国で実施・提案されている排出量取引スキームの多くは対象事業所・企業の規模に制限があり、同様の制限を船舶に対

<sup>10</sup> UNCTAD、Review of Maritime Transport, 2006 より作成。

して設ける方法が妥当であろう<sup>11</sup>。

この方法の課題として、排出量取引制度のひとつの典型として考えられる「過去の排出量に基づいた排出枠(グランドファザリング)を課したキャップ・アンド・トレード」を適用する場合、当該船舶が使用される航路が変更されると、過去のキャップをそのまま適用できなくなることが挙げられる。これは既存の排出量取引における事業所の閉鎖・新規開設に相当するが、海運の場合、経路変更等は船種によっては頻繁に行われるため、新規航路における何らかのキャップもしくはベースラインの再設定が頻繁に必要となる。また船舶の第一義的な管轄国としての船籍国はパナマ、リベリア等の非附属書 I 国が約 70%と圧倒しており、この中にはいわゆる後発途上国の部類に属し、このような毎年の更新管轄を適切に行うインフラを持たない国もある。これは国際線を営む主な事業者が附属書 I 国内にある航空事業とは顕著な相違であり、ETS の適用が航空に可能であっても、海運への適用が必ずしも容易でない大きな事由になると考えられる。

### オプション 3：特定航路に対する制度

これは EU における航空産業の ETS への包含の場合と同様、同一航路を航行する船舶には事業者によらず排出枠を設ける、というものであり、これにより事業者間の競争上の不公平や個々の船舶に対する過去の実績に基づいた配分が現実と整合しない等の課題がなくなることが期待される。ただし、航空と異なり、海運は経路変更が容易である(例：例えばこれまでの中東→欧州直行航路が、中東→モロッコ→欧州、となる等)。排出権購入コストを回避するための経路変更にはリース料の増加等のコストが伴うが、CO<sub>2</sub> 価格が 30 ドル/t-CO<sub>2</sub> を上回ると、半日～1 日の寄港を行うことによる回避インセンティブが生じるとされている<sup>12</sup>。

このような航路変更が行われた場合、結果として排出量取引スキームの規模が当初の想定と比べて縮小し、域内の排出が域外の排出となるという、いわゆるリーケージを生む可能性がある。このようなリーケージが生じないための対策は、全世界を対象として行うことであるが、制度運営の面で困難が伴い、また政治的合意は課題となる。

### オプション 4：船主に対する制度

事業者であるかないかを問わず、オーナーである船主に対して(当該船舶の過去の実績に照らして)割り当てるという方法もあろう。本方法の課題点として、船主が事業者でない場合、自らが制御できない排出量(≒燃料消費量)に対して責任を持たねばならないという点が挙げられる。また船主には所在地を容易に移転しうる投資専門会社も多

<sup>11</sup> 500 総トン数以上の船舶は全隻数の 75%、総トン数の 99%、排出量の 95%を占めると言われている (Mueller and Stochniol, 2007)。

<sup>12</sup> Peter Lockley, International Shipping in a post-2012 climate deal, WWF Background Paper, December, 2008

く、例えば附属書 I 国の船主のみに割り当てる場合には問題を生じよう。

## (2) 割当方法

排出枠の割当方法に関しては下記の 3 つのオプションが挙げられよう。

### オプション 1：無償割当（グランドファザリング）

これは上記の対象主体に、排出枠の配分を過去の実績に基づいて行うというものである。これまで検討された制度では、特に遵守コストの高い部門について政治的受容性が高い。ここで、無償割当は対象主体の将来の排出量が予見でき、また過去のものとは大差ないものであることが（明示的ではないが）前提となっている。これは発電所や製鉄所のような定置型施設では概ね妥当であるが、海運事業に関して適用する場合はこの前提が必ずしも成り立たないため、検討が必要である。とりわけ対象主体が個々の船舶、船主である場合は、意図的または非意図的な航路変更等により、排出量が過去と比べて大幅に変化（減少または増加）する可能性が想起されよう。

前述のように、航路に対するグランドファザリングによって排出枠を設定する場合は、この問題はある程度回避されよう。

### オプション 2：有償割当（競売）

排出枠を競売により配分する場合、各主体は自らのニーズに従い購入・取引を行うことになる。このため上記のような業務要因による排出の大幅増減は問題とはならない。また競売は経済的に最も効率の良かつ公平な配分制度である。デメリットとして、競売は（必ず有料となるため）一般的に事業者にとって受容性が低いオプションである。また競売により徴集した資金については、R&D 等に用いる等、有効に活用できることはメリットでもあるが、誰がどのように収入の配分をするかという問題が生じる（このため競売は徴集・配分のシステムがある国内排出量取引制度に適している）。

### オプション 3：ベースライン・アンド・クレジット

各船舶について（過去の実績、あるいは船舶の仕様に基づいた）原単位を与え、これを原単位のベンチマークとする。これを未達成の事業者は、超過達成した事業者から排出権を購入する。無償割当方式に比べ、原単位ベースの目標であるため、意図的または非意図的な航路変更等により、排出量が過去と比べて大幅に変化（減少または増加）する場合の対処が容易となる。しかし、航路変更により海象が大幅に変化する場合等には対処が困難であろう。

以上を総括すると、海運事業における排出量取引は広範なスキームを想定すると、広

範な主体の参加の確保と、資金の徴集・管理・支出に関するインフラの整備という点で課題を生じる。受容性を高め、インフラを管理する手段としては EUETS における航空部門の包含のように特定地域に限定した制度を発足させることが考えられるが、これを海運に適用すると、制度の意図的または非意図的な回避が航空に比べて容易であることが課題となる。

このような「受容性と回避のジレンマ」は航空部門でも同様であるが、航空は航路変更が（海運と比べて）困難であり、また事業者と機材の国籍が同一である等、地域限定型スキームによる「回避」の問題は海運と比べて生じにくい。

これらの課題はいずれも解決に時間を要するものであり、海運事業における効果的な排出量取引制度の導入には入念な検討を要することとなる。

## 2.2.2 国際海運燃料に対する課金

一般に環境税等の課金は、①価格弾力性を利用した燃料消費低下・省エネインセンティブの付与、及び②税収入による対策実施の2種類の目的がある。ここで、代替策の講じにくい輸送燃料は一般的に価格弾力性が低く、①を目的とすると必然的に税が高額となり、海運事業者に与える影響が大きいものと考えられる。価格弾力性を利用した燃料消費量の削減環境税で達成する場合を想定した日本での試算は 45,000/t-C であり<sup>13</sup>、石油 1 トン当たり約 37,000 円（ほぼ重油価格と同等）である。②を目的とする場合税額は比較的低いと想定されるため、現状の提案では②を想定したものが多い。

上記の②を主目的とした国際燃料に対する課金は、IMO においては、デンマークが提案している。これは国際海運を行う船舶に対して、登録された燃料販売者からのみの（課金を付加した）燃料の購入を義務付けるものであり、これら燃料販売者は課金を IMO が設立する国際 GHG ファンドに送付する。ファンドは徴集した資金を温室効果ガス排出削減及び適応等に用いる。提案によれば、非締約国の船舶も、締約国に寄港する場合に検査を受けるため、登録された燃料販売者から課金付き出燃料を購入するインセンティブが生じるとしており、また国際的なファンドの事例としては国際油濁補償基金 (IOPC) と類似するため、その知見が活用できる (IOPC がファンドの運営に当たることも考えられる) としている。デンマーク提案について以下に示す。

---

<sup>13</sup> 中央環境審議会、2003.

表 2-2 デンマークによる課金提案の概要

項目	概要
全体スキーム	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料販売者 (bunker fuel suppliers) を所在する各国が登録。船舶は登録された燃料販売者からのみ購入できるものとする。</li> <li>IMO 管轄下に「国際 GHG ファンド (International GHG Fund)」を設立。登録された燃料販売者は販売した燃料に応じた課金額をファンド管理者に送付。</li> </ul>
課金額	<ul style="list-style-type: none"> <li>未定。</li> </ul>
対象	<ul style="list-style-type: none"> <li>国際輸送を行う 400 総トン以上の船舶<sup>14</sup>。</li> </ul>
課金の使途	<ul style="list-style-type: none"> <li>温室効果ガス排出削減、気候変動影響緩和（とりわけ後発途上国、島嶼途上国を優先）</li> <li>船舶の高効率化のための研究開発、既存の IMO の枠組内での技術協力、国際 GHG ファンドの運営。</li> </ul>
検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>登録された燃料販売者からの購入、及び課金が支払われたことを証明する文書を各船舶に保存。</li> </ul>
各国の責務	<ul style="list-style-type: none"> <li>自国に所在する燃料販売者の登録。</li> <li>自国船籍船が登録された燃料販売者からのみ購入することを義務付け。</li> <li>自国の港湾・領海に停泊する非締約国船籍船に対する検査。</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>非締約国に所在する燃料販売者も自主的に登録可能とする。</li> </ul>

(出典：IMO に対するデンマーク提案 (2009 年 2 月 13 日))

また、UNFCCC においては、ツバルが提案している（税収は適応対策への使途を想定している）。

さらに、より詳細な提案を、有識者が NPO である IMERS を通じて、いくつかの場で行っている。これによると貨物の最終価格に対して賦課され、税収は（主として途上国の）気候変動に対する適応、海運事業者の排出削減のための排出権購入、海運部門の技術革新に用いられることを想定している。このうち適応及び排出権購入は、実質的には海運部門から他部門への資金移出となる。

国際輸送燃料に対する課金のメリットとしては、概念的にシンプルであり、かつ理論的には経済的効率が高く、公平であることが挙げられる。環境団体 WWF は下記の点を主張して課金の優位性を主張している<sup>15</sup>。

- ・ 3000 総トン以下の船舶を免除することにより、（小型船舶が寄港する）小島嶼国への影響を最小限とする制度を構築可能。
- ・ 課金額を 27 ドル/トン燃料（現在の重油価格の 5%程度）とした場合、食糧価格への影響は 0.5%以下。
- ・ 同様に、輸出への影響は 1~2%以下。
- ・ 省エネインセンティブが高まるため、造船業には好影響を与える。

<sup>14</sup>隻数の 75% (43,093 隻)、排出量の 95%を捕捉可能とされている。

<sup>15</sup> Peter Lockley, International Shipping in a post-2012 climate deal, WWF Background Paper, December, 2008

反面、課金には主として運用面での課題が指摘されている。これらの例としては下記が挙げられよう。

- ・ まず、海運は（航空と異なり）給油地点の自由度が高いため、上記のような課金は全世界、少なくとも主要港湾で実施しないと効果が薄い。しかしシンガポール、ドバイ、上海等、昨今の主要港湾の多くは途上国に存在するため、途上国の協力を得る必要がある。
- ・ 次に、多くの途上国は逆に石油等の化石燃料に課金するどころか、むしろ補助を行っており、課金に対する国内・国際インフラが未整備である。このような状況で外航海運に対する資金徴集のための機関の設立が現実的に可能かどうか、検討が必要である。また、一国内で外航燃料に課金して内航燃料等を補助するような事態が生じると、内航燃料の外航への融通のような回避行動インセンティブとなる。IOPCのような資金メカニズムもあるが、ファンドの拠出主体はタンカーにより輸送された燃料油を港湾等で引き取る事業者である点が異なる。
- ・ 第三に、課金は他のモードへの転換を（限定的ではあるが）引き起こす可能性があり、海運から他の輸送モードに転換する場合は温室効果ガス排出量増加の要因となる可能性が高い。また、エネルギー以外のGHGへ対応はさらなる制度上の課題を呈することが問題として挙げる事が出来よう。

以上のように国際輸送燃料に対する課金は概念的にはシンプルであるものの、排出量取引同様に「受容性と回避のジレンマ」の克服が必要となる。さらに、徴集及び収益の管理・支出に関する政治的合意及びインフラの整備という点で未解決の課題が多く、これらの検討が必要である。

### 2.3 プロジェクトメカニズムの活用

経済的手法の例として排出量取引及び課金について概観した。これらに加え、これまで IMO 及び UNFCCC の場でほとんど議論されていない市場メカニズムとして、海運において CDM<sup>16</sup>同様のプロジェクトメカニズムを行うことも考えられる。即ち、国際海運事業をキャップのかからない非附属書 I 国と同等の存在として扱い、排出目標を有する国（附属書 I 国）は、海運事業により排出削減対策を実施、排出削減量をクレジットとして自国の排出目標に加算するというものである。即ち国際海運事業は純粋に排出削減クレジットを提供する存在となる。

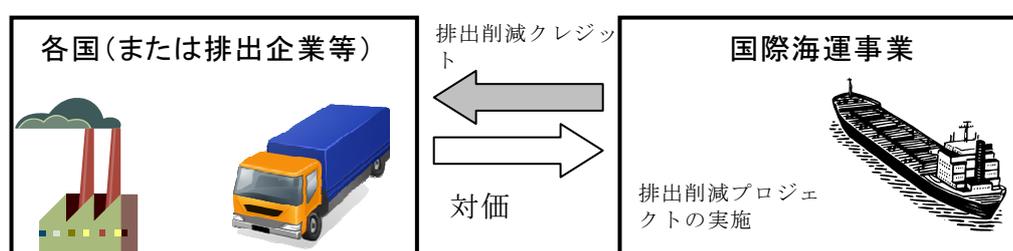


図 2-1 国際海運事業におけるプロジェクトメカニズムのスキーム

現在、このようなプロジェクトメカニズムが IMO または UNFCCC の場で議論される予定はないが、上記で検討した排出量取引や課金のような制度と比較して、プロジェクトメカニズムのメリットとして下記が挙げられよう。

- ・ 海運事業自体にペナルティを与えるものではない。プロジェクトメカニズムは海運事業を一種の非附属書 I 国と同様に捉えており、自らに排出削減を義務付けるものではない。海運事業の中に、課金／褒賞や排出権獲得／移転等により資金を拠出する主体と享受する主体を作り出すものではない。
- ・ 先進国と途上国（事業者、船籍）の区分を考慮する必要がない。本制度は国際海運事業を一体として捉えるため、全ての海運事業者・船舶は自らが排出削減義務を負う存在とはならない。このため、国際的な受容性が高いことが期待される。
- ・ 造船事業者、船主、オペレーターという多様な主体への対応が可能。外部の排出削減インセンティブを活用することにより、造船事業者、船主、オペレーターという

<sup>16</sup> CDM の現状については参考資料 1 に示した。

多様な主体への対応が可能である。

- ・ 技術革新に直結する。排出量取引や課金等、あらゆる価格インセンティブは高効率船舶の普及につながるが、プロジェクトメカニズムでは高効率・低排出技術そのものをターゲットとすることが可能である。

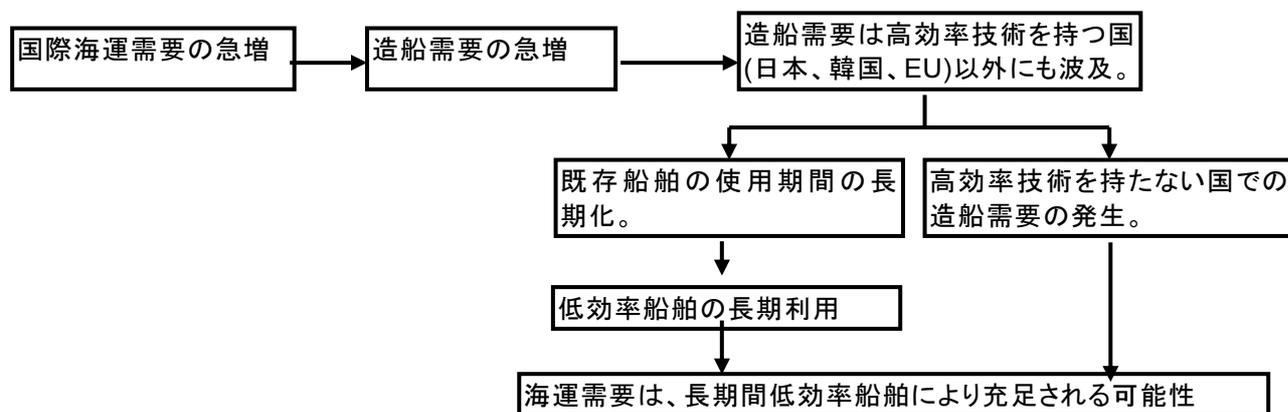


図 2-2 造船需要急増の影響フロー

本制度の課題としては下記が挙げられよう。

- ・ 将来的な大規模排出削減の要請への対応策としては不十分：現状の市場価格（プロジェクト事業者に対する対価としては 10~15USD/t-CO2 程度が想定される）は燃料価格の約 1/10 のレベルであり、（オペレーターへの）排出削減インセンティブをドラスティックに増加させることは難しい。また、「CDM なかりせばできなかつたか」を問う現在の CDM の考え方は、比較的短期的に立案・実施可能な排出削減対策の早期実現に効果的であり、リードタイムが長い対策や研究開発途上の対策には最適とは言えない。
- ・ CDM 同様のインフラ（理事会、技術パネル、認証・検証）を整備する必要がある。具体的には、CDM 理事会と同様に、制度を運営する機関が必要となる。また、個別プロジェクトの本制度上の妥当性及びそれらプロジェクトに起因する排出削減量の検証（CDM の Validation 及び Verification に相当）を行う機関が必要となる。ここで、本プロジェクトメカニズムは単一分野であるためにプロジェクトのジャンルが少なく、既存の CDM 理事会の知見が活用可能であろう。また CDM の運営組織（DOE）に相当する検証機関の業務としてプロジェクトの認証、及び排出削減量の検証の 2 つに大別されるが、このうち少なくとも認証業務については、既存の船級登録検査を行う機関の業務と類似すると考えられる。以上のように、これら必要とされる機関の具備すべき資質を想定すると、追加的に必要な制度インフラは排出量取引や課

金のような他の経済的手法に比べて少ないと考えられる。

- ・ 京都議定書上の位置づけについて検討する必要がある。前述のように、京都議定書第2条2項では、附属書I国はIMO及びICAOを通じて温室効果ガスの排出削減に関する対策を追求する旨規定しているが、非附属書I国の役割については言及していない。従って本制度と京都議定書の関連について改めて法的な整理が必要となろう。この点は他の経済的手法についても同様に想定される。これについては後述する。

プロジェクトメカニズムに伴うこれらの課題は、経済的手法や課金のような他の対策についてもある程度類似している。排出量取引や課金そのものにより誘発されるより、排出権収入・課金収入がR&Dに用いられることの方が直接的な効果は高いと考えられ、また排出量取引や課金も制度的インフラが必要であろう。また、排出量取引や課金は、海運事業単独で(気候変動枠組条約や京都議定書とは別個に)実施するのではない場合、やはり京都議定書上の位置づけについて検討する必要がある(京都議定書上の位置づけの検討はとりわけ排出量取引について必要である)。このように、プロジェクトメカニズムに伴う課題は、排出量取引や課金のような他の経済的手法に比べてプロジェクトメカニズムの魅力を大幅に減じるものではない。

### 3. プロジェクトメカニズムの導入可能性及び効果の検討

ここでは、上記のようなプロジェクトメカニズムを海運事業に導入する場合を想定し、その可能性及び効果について検討する。具体的には下記の項目について取り上げる。なお、前述のように、本報告書で検討するようなプロジェクトメカニズムは、現状では IMO や UNFCCC の場で提案・議論される選択肢とはなっていない。

- ・ プロジェクトメカニズムの位置づけ（気候変動枠組条約／京都議定書とプロジェクトメカニズムはどのような関係とすべきか）
- ・ 想定されるスキーム（多様な主体が関与する船舶において、どのようなスキームでの運用が考えられるか）
- ・ 諸課題の検討（プロジェクトメカニズムに伴う諸課題についてどのように検討されるべきか）

また、プロジェクトメカニズムにより想定されるプロジェクト（1隻、1年あたり）の排出削減効果について概略的に試算した結果を下記に示す。

表 3-1 典型的な船舶における排出削減プロジェクト実施の場合の排出削減量

	燃料消費量(トン)	排出量(t-CO <sub>2</sub> ) <sup>17</sup>	排出削減量(t-CO <sub>2</sub> )		
	t	t-CO <sub>2</sub>	3%効率向上	5%効率向上	10%効率向上
<b>バラ積み貨物船</b>					
主機	10,315	31,151	935	1,558	3,115
補機	996	3,008	90	150	301
<b>石油タンカー</b>					
主機	19,982	60,346	1,810	3,017	6,035
補機	1,947	5,881	176	294	588
<b>コンテナ船</b>					
主機	44,882	135,544	4,066	6,777	13,554
補機	2,623	7,920	238	396	792
<b>自動車専用船</b>					
主機	10,333	31,206	936	1,560	3,120
補機	811	2,450	73	122	245

(詳細は参考資料 2 に記載)

<sup>17</sup> 燃料油の排出係数は Updated study on greenhouse gas emissions from ships (IMO)において Heavy fuel oil の係数である 3.02t-CO<sub>2</sub>/t-fuel を用いた。

### 3.1 プロジェクトメカニズムの位置づけ

このようなプロジェクトメカニズムは気候変動枠組条約及び京都議定書のような国際条約でどのように取り扱われるべきであろうか。主なオプションは2つある。

- ・ UNFCCC/京都議定書スキームとのリンク
  - ・ UNFCCC/京都議定書スキームとリンクせず、一種の Verified Emissions Reduction (VER) スキームとして実施する。
- これらについて述べる。

#### 3.1.1 オプション1:UNFCCC/京都議定書スキームとのリンク

まず、国際海運におけるプロジェクトメカニズムを UNFCCC/京都議定書スキームとリンクさせることにより、各国の温室効果ガス排出削減目標の遵守に資するというオプションが想定できる。この場合、海運事業は外部クレジットの供給主体として位置づけられ、また各国の温室効果ガス排出削減目標達成のインセンティブを自らの温室効果ガス排出削減に活用できる。

前述のように、京都議定書上では附属書 I 国は、国際海運及び国際航空起源の温室効果ガス排出削減を IMO（海運）及び ICAO（航空）において追及すべきと規定されている。従ってこのようなプロジェクトメカニズムの実施を京都議定書に基づくものとするためには、現状の京都議定書第 2 条 2 項を改正する必要性が生じる可能性もある。現在国際的に交渉課題となっている CDM の改革問題（プロジェクト種類の拡張、セクターアプローチの導入、組織管理面での改善）の多くが、京都議定書の施行細則とも言うべきマラケシュ合意の改定だけで盛り込むことが可能であり、近年 COP 等で紛糾した炭素回収・貯留（CCS）については、マラケシュ合意を改訂せずに CDM に取り組む方向で検討されている<sup>18</sup>。

一方、京都議定書上では、「附属書 I 国は、国際海運及び国際航空起源の温室効果ガス排出削減を IMO（海運）及び ICAO（航空）において追及すべき」と規定されており、このようなプロジェクトメカニズムの実施を京都議定書に基づくものとするためには、現状の京都議定書第 2 条 2 項を改正する必要性が生じる可能性もある。本プロジェクトメカニズムは、附属書 I 国と非附属書 I 国のいずれにも属していない国際海運を、全体として非附属書 I 国にみなすという割当に関する解釈の問題が生じるため、議定書レベルの改正を要する可能性があると言える。

もっとも、附属書 I 国（B 国）による排出削減を規定している京都議定書は、非附属書 I 国で実際の排出削減を行う CDM について第 12 条で記載している。このため、海運

---

<sup>18</sup> マラケシュ合意に対する、通常の COP/MOP 決定としての改定は既に小規模 CDM の拡張等で実施されている。

に対するプロジェクトメカニズムの適用が「IMOの主導により」かつ「附属書I国が京都議定書の目標を達成するために」運営・実施されるのであれば、京都議定書第2条2項と矛盾しないと解釈されうる可能性もある。

このような条文の解釈が認められるためには、まず法的専門家の検討が行われ、次いで国際交渉上での同意獲得が必要となろう。このように京都議定書のスキームとリンクすることは制度に **credibility** を与え、広範な関心を（海運と直接的には無関係の）主体からも喚起できるという点で望ましい。

### 3.1.2 オプション2: UNFCCC/京都議定書スキームとリンクしない

国際海運に対するプロジェクトメカニズムは、UNFCCC/京都議定書スキームとリンクしない場合にも機能しうる。この場合、一種の VER (verified emission reductions) として、自主的なカーボンオフセットマーケットで機能させることが考えられる。購入対象者は（海運事業自体が目標を持たない場合）、京都議定書等の国際合意等に参加していない主体が想定される。このようなスキームのメリットとしては制度的にシンプルかつ安価であり、登録簿等も不要となることが挙げられる。

このオプションのデメリットとしては、京都議定書／気候変動枠組条約に基づく国際的な「裏書き」がないことであり、これは制度の有効性にマイナスに作用しうる。VERマーケットにおいて国際海運部門が不利な点として、どの国にも属しておらず、従って間接的にも一国の京都議定書遵守に資することがないという点である。

### 3.1.3 結論

上記を鑑みると、最も効果があり、本来的に望ましい制度は気候変動枠組条約／京都議定書に沿った国際的な温室効果ガス排出削減制度オプション1であり、第一義的に検討すべきであろう。海運に対するプロジェクトメカニズムについては現在 COP で議論されている AWGLCA (京都議定書に捉われないポスト2012の枠組検討) や AWGKP (CDMのあり方等の京都議定書第2約束期間の検討) のような包括的な検討の一環として含まれることは可能と考えられよう<sup>19</sup>。前述のように国際海運部門の排出削減は京都議定書第2条2項の範疇に属するかどうかの議論を行わなければならないため、第一約束期間内でのプロジェクトメカニズムの合意は現実的とはいえない。ただし、第一約束期間内に原則合意を行った以降の排出削減を事後的に早期削減クレジットとして計上するような試みは想定されよう。

両オプションの折衷案として「国家的または地域的な温室効果ガス排出削減イニシアティブに包含」というものも想定できる。この代表的な例としては EU 排出量取引スキ

---

<sup>19</sup> AWGLCA や AWGKP の議事の追加が今後も可能と想定した場合。

ーム（EUETS）への国際航空部門の包含が挙げられる。これは対象地域が限定される半面、強化された拘束力を持つ制度として一定の効果も期待できるが、EUETS で対象とする航空部門が EU より離陸・着陸する便に限られているように、地域的限定によるカバー率が低減される。前述のように海運の場合、航空部門以上に制度の回避が容易であると考えられるため、地域的限定のメリットも損なわれる可能性がある。

### 3.2 想定されるプロジェクトスキーム

海運事業に対する国際的なプロジェクトメカニズムが制度的に認められたと仮定して、ではどのようなスキームが可能であろうか。以下に類型化して記載する。下記の類型が考えられよう。これらは下記のように一覧される。

表 3-2 プロジェクトスキーム一覧

#	主体となる事業者
1	船主
2	造船会社または船用機器メーカー
3	船主または海運事業者
4	海運事業者
5	荷主
6	－(不特定)

### 3.2.1 スキーム1:船主イニシアティブ

本スキームでは、プロジェクトメカニズムにより、船主がより高効率な船舶を発注することが可能となる（あるいは既存の船舶のレトロフィットが可能となる）場合を想定している。前者の場合、ベースラインは（現実には存在しない）低効率船の発注であり、後者の場合は（現実には存在する）低効率船の継続所有である。本スキームのイニシアティブは船主に属するが、造船会社または舶用機器メーカーのイニシアティブとしても想定可能である。この場合、造船会社または舶用機器メーカーが船主に働きかけ、高効率な船舶（あるいはレトロフィット）を従来価格で受注し、差分をプロジェクトメカニズムからのクレジットで受領することになる。具体的には下記に示す。

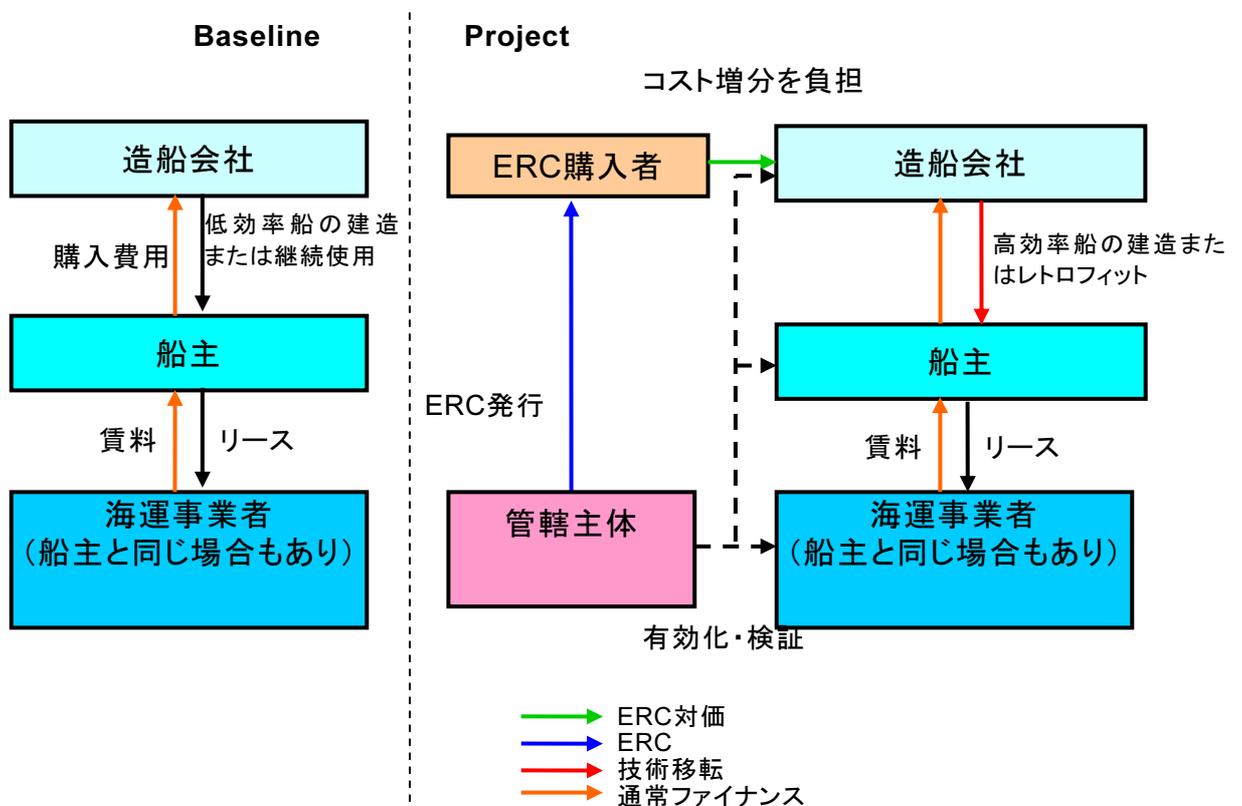


図 3-1 想定されるプロジェクトスキーム (1) 船主イニシアティブ  
(ERC とは emission reduction credit (排出削減クレジット) の略)

追加性の立証について、船主とオペレーターが区別されているほうが明確である。これは自らが燃料費を負担することがない「専業」の船主において、省エネインセンティブが欠如する可能性があるためである。

本スキームの課題点として、造船会社への技術移転が必ずしも伴わないことが挙げられる。また、プロジェクトメカニズムにより従来の異なる造船会社への発注が可能となった場合、当該発注によりドックがフル稼働するため発注不可能となり、後発企業への

発注を余儀なくされるケースも理論的にはありうる。

### 3.2.2 スキーム2:造船会社(船用機器メーカー)イニシアティブ

本スキームは、プロジェクトメカニズムにより、高効率な技術を有する造船会社または船用機器メーカー（以下 A 社）がそのような技術を持たない造船会社（以下 B 社）に対して高効率技術を供与し、B が本来必要な金額より低い負担で船主から高効率船舶を受注する（あるいは既存の船舶のレトロフィットを行う）ことを可能とするものである。このスキームは下記のように、造船会社 A 社または B 社のイニシアティブにより実施される。排出権収入はライセンス料の補足として A 社に支払われる。

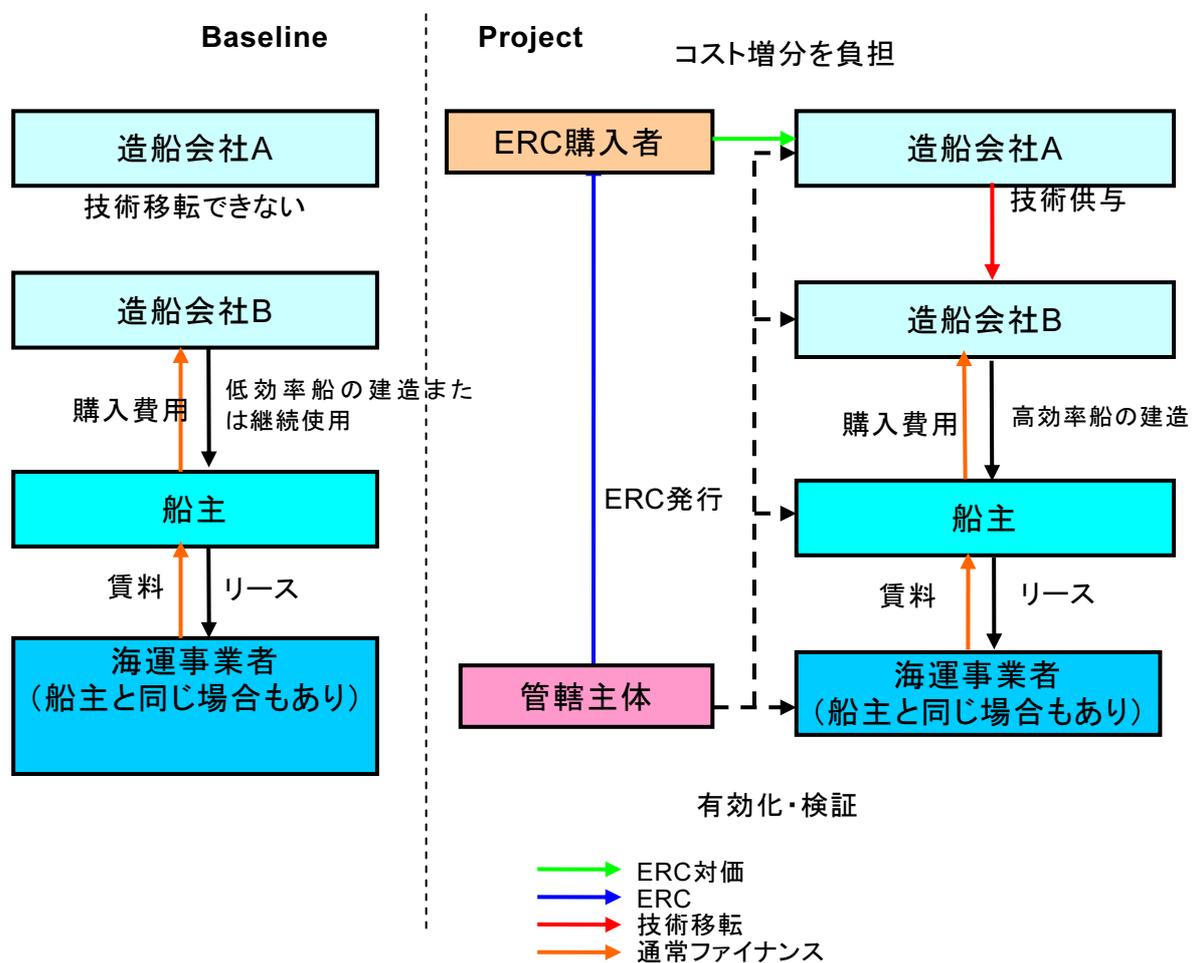


図 3-2 想定されるプロジェクトスキーム (2) 造船会社 (船用機器メーカー) イニシアティブ

このスキームで重要なことは、排出削減クレジットに相当する資金の供与と、建造される高効率船舶が対応できている必要があるということである。従って、B 社が A 社の技術を流用するような事態があってはならない。

### 3.2.3 スキーム3 船主または海運事業者のイニシアティブ

次に、船主または海運事業者のイニシアティブによるスキームを想定する。即ち、プロジェクトメカニズムにより、海運事業者が（通常なら賃料の高い）高効率船舶をリースすることが可能となるというものである。排出権収入は賃料の補足として船主に支払われる。

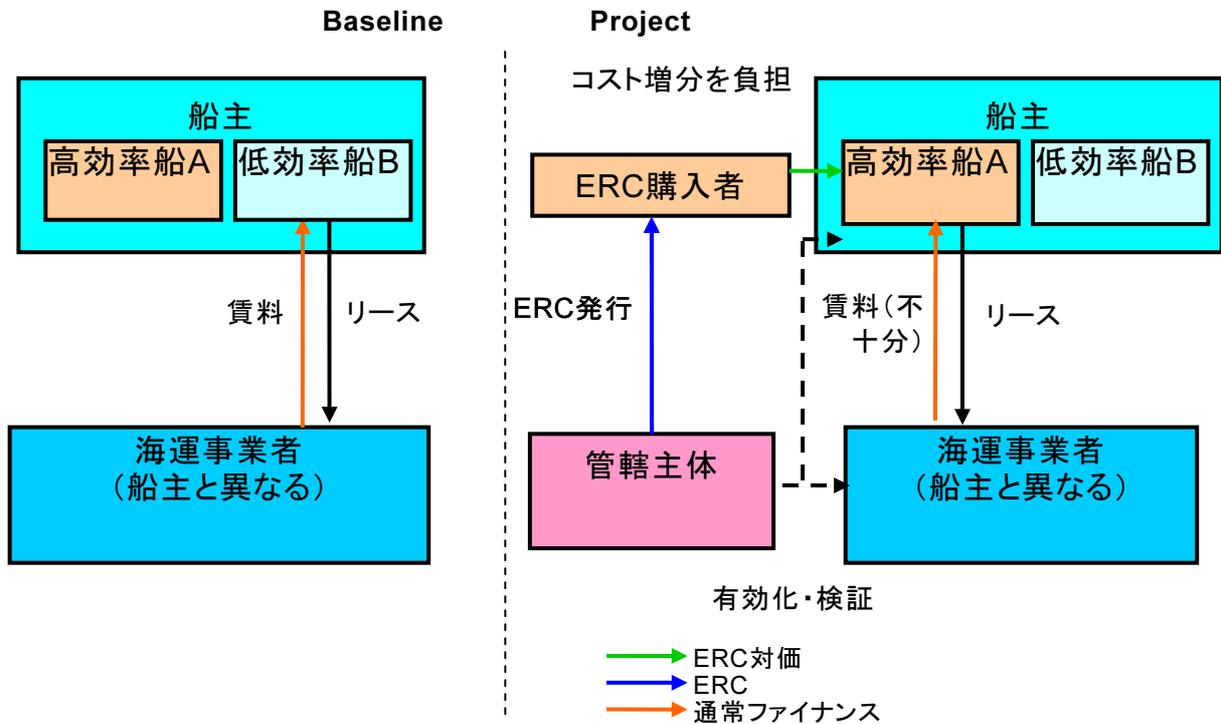


図 3-3 想定されるプロジェクトスキーム (3) 船主または海運事業者イニシアティブ

本スキームは本質的にはモーダルシフトと同等である。モーダルシフトに関してはCDM方法論として提案されてきたが、これまでに提示された課題として、①ベースラインにおいて高効率船 A を使用していた事業者が、プロジェクトメカニズムにより他の事業者にその機械を奪われ、従って低効率船 B の利用を余儀なくされる可能性、及び②プロジェクトメカニズムにより空きが生じた低効率船 B が他に使われる可能性をどのように考慮するかが解決していないことが挙げられる。CDM では、①高効率船 A はプロジェクトメカニズムなかりせば使用されなかった（あるいは存在しなかった）こと、及び②低効率船 B はプロジェクトメカニズムの後には使用されないことを立証する必要がある。

### 3.2.4 スキーム 4: 海運事業者によるイニシアティブ

海運事業者によるイニシアティブの一形態として、既存船舶の高効率運転が挙げられる。具体的には減速航行、ウェザールーティング等、(ビジネス上の機会損失の可能性も想定されるため場合によっては魅力的ではないものの) 温室効果ガス排出削減に資する航行を行う場合、排出削減クレジットが生成されるとするものである。

このようなスキームは新たな船舶・技術の導入を必ずしも伴うものではない。CDMでは教育訓練・慣行改善により省エネ・温室効果ガス排出削減がもたらされるプロジェクトは対象外とされているが、減速航行の効果が大きいことに鑑み、本報告書では含めることとした。

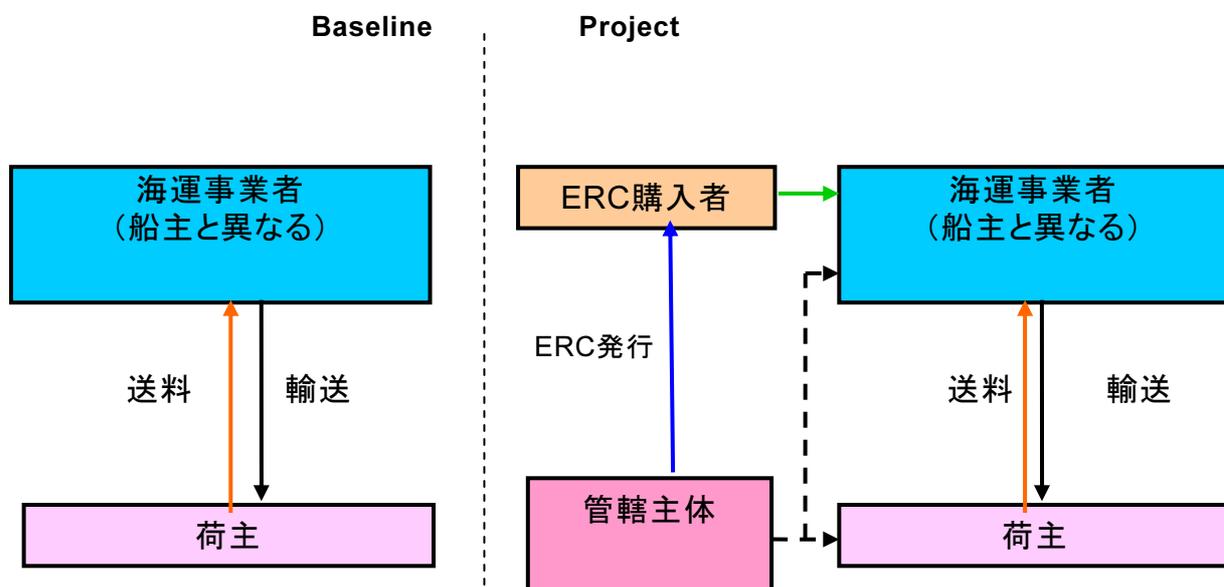


図 3-4 想定されるプロジェクトスキーム (4) 海運事業者イニシアティブ

### 3.2.5 スキーム 5: 荷主のイニシアティブ

本スキームは、荷主が追加的な支払いにより（彼らのカーボンオフセットプログラムの一環として）高効率船舶を使用する、というものである。これは汚染者負担の原則に沿っているが、スキーム 3 と同様の課題がある。荷主が多い場合（コンテナ船等）、一荷主の活動では不足する可能性がある。

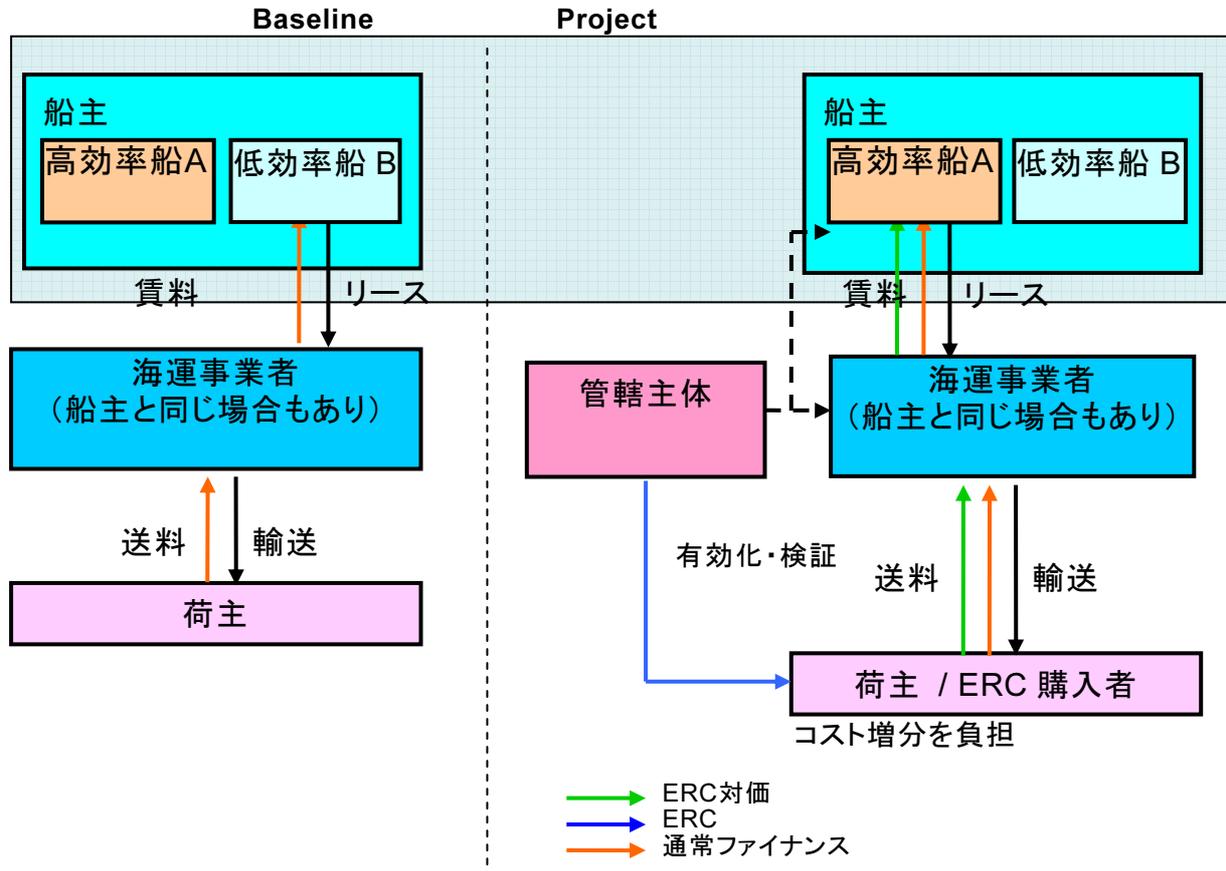


図 3-5 想定されるプロジェクトスキーム (5) 荷主イニシアティブ

### 3.2.6 スキーム 6: ファンドアプローチ

スキーム 5 での複数の荷主からの排出削減クレジット対価をプールし、高効率船舶建造のためのファンドとすることが考えられる。これは荷主単体で拠出可能な資金額が小さいというスキーム 5 の課題に対処するが、プロジェクトメカニズムの範疇を超えたものである。

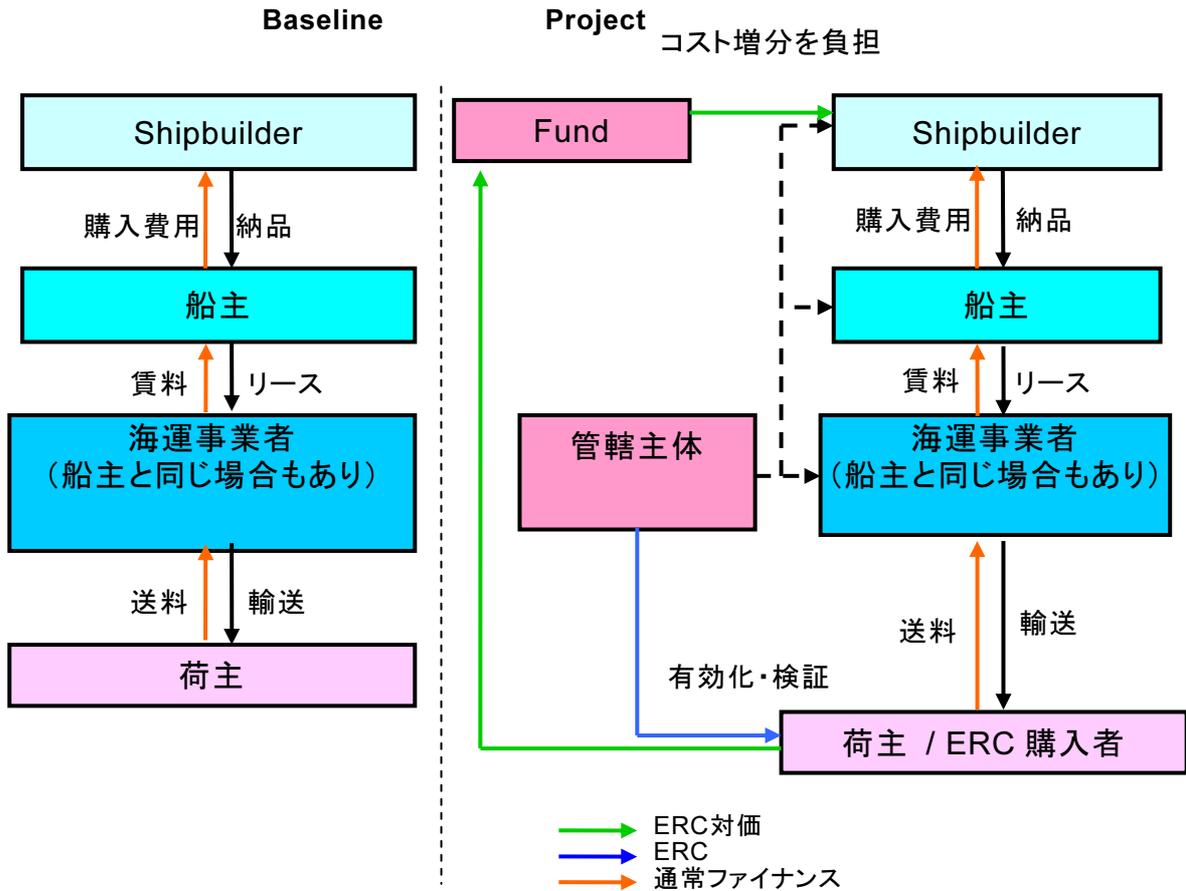


図 3-6 想定されるプロジェクトスキーム (6) ファンドアプローチ

### 3.2.7 各スキームまとめ

以上のように、プロジェクトメカニズムの活用に関して想定される様々なスキームを概観した。これらのうちいずれが現実的に想定され得るかについては制度の諸規定、排出削減の水準に依存しよう。いずれのケースについても、鍵を握るのは外部の排出権購入者（ERC Buyer）の購買力であろう。上記スキームについてとりまとめる。

表 3-3 各スキームのとりまとめ。

#	主体となる事業者	対象プロジェクト	備考
1	船主	高効率船舶の建造 既存船舶のレトロフィット	・
2	造船会社または船用機器メーカー	高効率船舶の建造 既存船舶のレトロフィット	・ 移転された技術がライセンス料なしで複製され得るような環境では技術の盗用につながるため、成立しない。
3	船主または海運事業者	高効率船舶の選択	・ 船舶需給が逼迫している局面では、利用船舶を低効率船から高効率船に代えた場合、低効率船に余剰が生じるとは想定しにくい（この場合、当該事業者にとっての排出削減が全体としての排出削減につながらない可能性がある）。
4	海運事業者	船舶の高効率運転	・ 明示的な装置（船舶、船用機器）の導入を伴わないことも考えられる。そのようなプロジェクトは現状ではCDMの範疇には含まれていない。
5	荷主	高効率船舶の選択	・ 鉱業会社と鉱石運搬船のような、荷主が単一または少数である場合には想定できるが、コンテナ船のように多数・多様な荷主を対象とする場合は困難。
6	(不特定)	高効率船舶の選択	・ 課金のスキームに近い制度となる。

### 3.3 プロジェクトメカニズムに関する諸課題の検討

ここでは、このようなプロジェクトメカニズムの実施に当たって想定される諸課題について検討する。具体的には下記のとおり。

- ・ ベースラインの検討
- ・ 追加性の検討
- ・ 制度的側面

#### 3.3.1 ベースラインの検討

CDM で言うところのベースラインとは「CDM なかりせば」どうなっていたか、というシナリオ及びその場合の排出量であり、CDM プロジェクトによる排出量との比較によりプロジェクトに起因する排出削減量が算出される。ここで、プロジェクトが実現した時点でベースラインは仮想のシナリオとなること、及びベースラインは「プロジェクト実施前の状態」とは必ずしも同一ではないことに留意する必要がある。例えば効率の悪い老朽設備を破棄して効率の良い新規施設を導入する場合、老朽設備が耐用年数の限界に達していたとすると、「なかりせば」のシナリオは老朽設備の継続運用よりもむしろ「通常なら導入していたであろう」新規設備が適切かもしれない。老朽設備を前倒しして破棄する場合は、本来なら運用していたであろう耐用年数までは老朽施設、それ以後は「その時点で通常なら導入していたであろう」新規施設がベースラインシナリオとなる可能性がある。

ベースライン排出方法の推計に当たっては、プロジェクト実施後と同等のサービスをベースラインで提供していたと想定し、排出削減量を推計することとなる。同等のサービスとは海運の場合はプロジェクト（例えば新規に導入した船舶）に基づき輸送した量（荷動き：トンマイル）と同等の荷動きがベースラインでも行われたという前提に基づき推計する必要がある。

現状の CDM では、ベースラインは個々のプロジェクト毎に検討される場合が多い。この場合、厳密には海運におけるベースラインの検討には、例えば省エネプロジェクトの場合機関出力や海象等の諸要因を検討する必要が生じよう。海運において想定される各種プロジェクトにけるベースライン排出量推計の枠組について参考資料 2 に示した。しかし、IMO において新規船舶及び既存船舶に対するエネルギー効率指標（EEDI 及び EEOI）の検討が急ピッチで進められている現在、これらをベースラインに反映する方法も考えられよう。

### 3.3.2 追加性の検証

CDM では、排出削減クレジットの生成が可能なプロジェクトの条件として、「追加性 (additionality)」のあることが条件となる。即ち、「CDM なかりせば成立し得なかった」と認められてはじめて CDM プロジェクトとして適格とみなされる。この追加性の検証については絶対的な基準があるわけではないが、通常は下記のフローに沿って行われる。

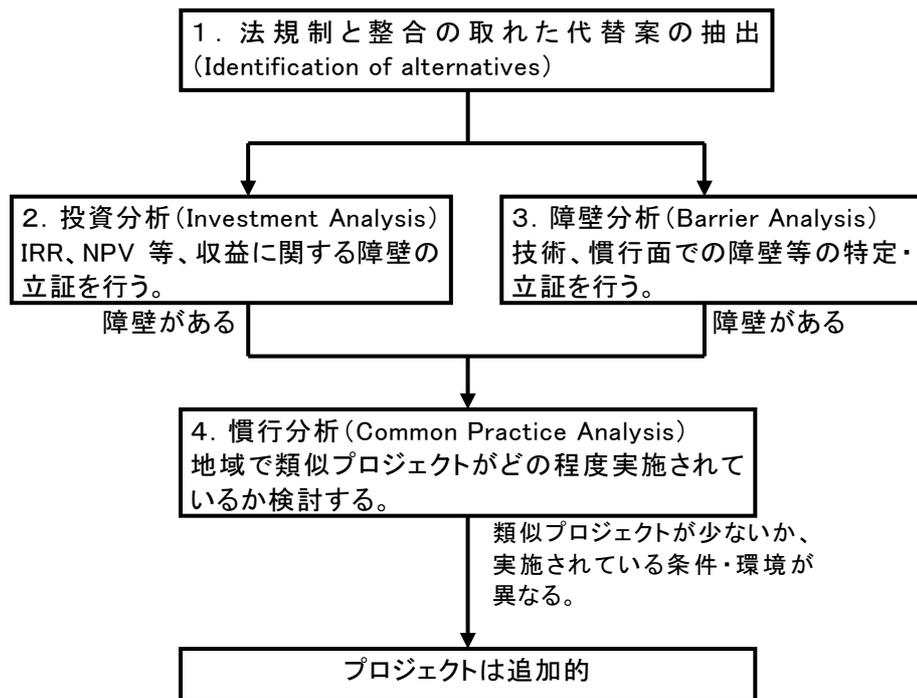


図 3-7 追加性立証のフロー

(出典：Tool for the demonstration and assessment of additionality” ver.5。本フローは今後改定される可能性がある。なお小規模 CDM プロジェクトの場合は投資、技術、慣行等のうちどれかが特定できればよい)

追加性立証の最も明瞭な基準として「生成した排出削減クレジットの移転に伴う収入がなければプロジェクトは収益が不十分」というものが上げられる。ここで、省エネプロジェクトは排出削減クレジットを生成せずともエネルギーコストの低減という便益が存在する。これはこのような省エネプロジェクトを推進するインセンティブとなるが、逆に「CDM なくとも実施できた」と見なされる可能性がある<sup>20</sup>。

ここで、このような追加性の条件を厳しく求めると、省エネプロジェクトの推進を逆に妨げる可能性が生じる。また、多くの省エネプロジェクトが計算上は優れた収益性を示していても導入されていないという現状も認識されている。そのような障壁としては

<sup>20</sup> このような規則を設け、厳格に運用している背景のひとつとして、CDM は排出目標が課されておらず、当面は温室効果ガス排出量が増加する機会が多い途上国において、「特定プロジェクトが局所的に排出削減を達成したと見なす」ためのものであることが挙げられよう。

投融资に関する障壁（高金利等）、技術リスク等が挙げられるが、海運業でしばしば見られるように設備の所有者（船主）と使用者（海運事業者）が異なる場合、省エネ設備に投資する主体とエネルギーコスト低減の便益を享受する主体が異なるためにインセンティブが働かないという事態も想定できる<sup>21</sup>。

ここでは、海運における省エネプロジェクトにおいて、通常 CDM で検討される追加性の基準が適用された場合、想定される排出削減量から期待されるクレジット価格が省エネプロジェクトに与える影響について、省エネ効果（エネルギー節減による収益）をベンチマークとした比較を行う。また、併せて船価との関連についても考察する。

### (1) プロジェクト費用とクレジット価格の比較

上記では船舶全体の価格とクレジット期間を7年間と仮定した際のクレジット価格を比較したが、省エネプロジェクトはプロジェクト費用とそのプロジェクトにより得られるクレジット価格のバランスにより実行が判断されると考えられる。ここでは既存船舶（または在来技術を用いた新規船舶）に対して10%の効率改善が行われたことを想定して、それによる排出削減効果の検討を行う。比較対象として、典型的な CDM プロジェクトと言える再生可能エネルギー（風力）発電の概算を示し、比較する。

表 3-4 クレジット価格の比較に際しての前提

海運プロジェクト	風力発電
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料消費量：100t/日</li> <li>・ 年間航海日数：292日 (=365×0.8)。</li> <li>・ 効率向上率：10%。</li> <li>・ 通常技術との価格差：750万ドル。</li> <li>・ 排出削減クレジット価格：\$ 10/t-CO2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 10MWの風力発電設備を想定する。</li> <li>・ 設備利用率：25%。</li> <li>・ ベースラインとして石炭火力主体のシステムを想定。その発電CO2原単位は0.8kg-CO2/kWh。</li> <li>・ 風力発電のCO2排出原単位：0。</li> <li>・ 風力発電の費用：200万～300万ドル/MW。</li> <li>・ 電力価格：10セント/kWh</li> <li>・ 排出削減クレジット価格：\$ 10/t-CO2??</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ クレジット期間：7年（CDMのクレジット期間1期間と同等）</li> </ul>	

（各種資料より作成。設備費用及び省エネ効果については、二重反転プロペラにおいて推定されている数値を暫定的に用いた）

前者においてVLCCを7年間運行した際の燃料消費削減量は20,440tであり、CO2排出量は約6万t-CO2となる。これはクレジット価格にすると60万ドルとなり、プロジェクト費用（=新技術と在来技術の価格差）である\$750万の8%に相当する。また、「本来収益」である省エネ効果に対するクレジット収入の比率は6%となる。

風力発電の倍、10MW、設備利用率25%の風力発電設備を7年間稼動した際の発電電

<sup>21</sup> 類似事例としては住宅等の建築物省エネ対策が挙げられよう。

力量は 153.3GWh である。これを原単位 0.8kg-CO<sub>2</sub>/kWh 石炭火力により発電した場合の CO<sub>2</sub> 排出量は約 12 万 t-CO<sub>2</sub> となる。この排出削減量をクレジット価格にすると 120 万ドルとなり、プロジェクト費用である \$2,000 万～\$3,000 万の 4%～6%に相当する。また、「本来収益」である売電収入に対するクレジット収入の比率は 8%となる。

以上を踏まえると、船用部品単体の効率化により比較的大きな規模の省エネが達成される場合、それに与えるプロジェクトメカニズムの効果は再生可能エネルギープロジェクトと大差ないものと類推される。ただしここで想定した 10%という効率向上率は、海運で想定されるものとしては大きい部類に属する。

## (2) 船価と排出削減クレジット価格との比較

ここでは、船価と排出削減クレジット価格について、バラ積み船と石油タンカーのケースを想定して比較・検討した。結果について下記に示す。

### バラ積み船

バラ積み貨物船の船価については、燃料消費量データが得られているバラ積み船は DWT 約 14 万のケープサイズに分類されるが、海運市況が活発になった 2004 年ごろまでは \$40 百万前後で推移し、最高値をつけた 2008 年には約 \$100 百万である。一方、年間の CO<sub>2</sub> 排出量および 3～10%の省エネ率を想定した際の排出削減量は下記の通りであり、クレジット期間を 7 年とすると、削減量は約 7 千～24 千 t-CO<sub>2</sub>、排出削減クレジット価格は \$7 万～\$70 万となる。

表 3-5 想定排出削減量及び収益 (バラ積み貨物船)

		排出量	3%効率向上 時削減量	5%効率向上 時削減量	10%効率向上 時削減量
主機+補機の排出量	(t-CO <sub>2</sub> )	34,159	1,025	1,708	3,416
\$10/t-CO <sub>2</sub>	(\$)	341,590	10,248	17,080	34,159
\$20/t-CO <sub>2</sub>	(\$)	683,180	20,495	34,159	68,318
\$30/t-CO <sub>2</sub>	(\$)	1,024,770	30,743	51,239	102,477

以上より、船価が \$40 百万～100 百万、クレジット価格が \$7 万～70 万であることから、船価に対する排出削減クレジット価格の比は 0.07～1.75%となる。

### 石油タンカー

石油タンカーの船価については、燃料消費量データが得られているタンカーは DWT 約 26 万の VLCC に分類されるが、海運市況が活発になった 2004 年ごろまでは \$80 百万前後で推移し、最高値をつけた 2008 年には約 \$160 百万程度である。一方、年間の CO<sub>2</sub>

排出量および 3～10%の省エネ率を想定した際の排出削減量は下記の通りであり、クレジット期間を 7 年とすると、削減量は約 14 千～46 千 t-CO<sub>2</sub>、クレジット価格は\$14 万～\$140 万となる。

表 3-6 想定排出削減量（石油タンカー）

		排出量	3%効率向上 時削減量	5%効率向上 時削減量	10%効率向上 時削減量
主機+補機の排出量	(t-CO <sub>2</sub> )	66,227	1,987	3,311	6,623
\$10/t-CO <sub>2</sub>	(\$)	662,270	19,868	33,114	66,227
\$20/t-CO <sub>2</sub>	(\$)	1,324,540	39,736	66,227	132,454
\$30/t-CO <sub>2</sub>	(\$)	1,986,810	59,604	99,341	198,681

以上より、船価が\$80 百万～160 百万、クレジット価格が\$14 万～140 万であることから、船価に対するクレジット価格の比は 0.08～1.75%となる。

### 3.3.3 制度的側面

上記の制度に必要な機関としては下記が挙げられよう。

#### (1) Governing Body

これは CDM 理事会のような位置づけであり、プロジェクトの承認、ERC の発行、及び登録簿（電子的な ERC の発行システム）の管理を行う必要がある。京都議定書第 2 条 2 項の規定がそのまま存続するのであれば、これは IMO 内に創設されるのが妥当と考えられる。

#### (2) Validator / Verifier

これは CDM で言えば指定運営組織 (DOE) であり、プロジェクトの有効化 (Validation) 及び有効化されたプロジェクトに起因する排出削減量の検証 (Verification) を行う。

#### (3) 必要なガイダンス

下記のガイダンスが必要と思われる。

- ・ 排出削減量推計のための方法論（対象分野は少ないため、小規模 CDM のようなトップダウンかつシンプルな手法が望ましい）
- ・ 追加性等に関するガイダンス

### 3.4 エネルギー効率インデックスとベースライン

前述の「ベースライン」と「追加性」に関して大きな影響を与えるのが、近年の Energy Efficiency Design Index (EEDI) 及び Energy Efficiency Operational Index (EEOI) に関する議論である。前述のように EEDI は規制化を中心とした議論がなされており、また既存船に対しては EEOI の算定を含めた Ship Efficiency Management Plan (SEMP) の検討が求められる。このような状況でプロジェクトメカニズムを想定する場合、EEDI 及び EEOI は必然的にベースラインの要素として検討されることが自然であろう。ここで、ベースラインを EEDI 及び EEOI のようなベンチマークとし、プロジェクトがメカニズムなしでは起こりえなかったか、という追加性をさらに問うアプローチもあるが、これは極めて煩雑かつ多分に主観的な検討プロセスを要する。EEDI 及び EEOI をどのようにベースラインと関連付けるかは、今後 IMO で検討されるこれらの水準、及び義務化の程度及び普及度（受諾国）にも影響されるが、例えば下記のような用いられ方が想定できよう。

表 3-7 EEDI と EEOI を用いた排出削減量推計のアプローチ

#	ベースラインシナリオ	ベースライン排出量	プロジェクト排出量	特徴	備考
1	個別検討	個別検討	実測（当該船舶の EEOI）	<ul style="list-style-type: none"> <li>現在の CDM での推計方法に最も近い方法である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>個別にベースラインシナリオの検討を行う必要があり、煩雑さが伴う（検討の一例を参考資料 2 に示した）。</li> <li>効率基準に捉われないという点で、諸般の事情でベースラインが効率基準より悪い場合も考慮可能である。</li> </ul>
2	当該船舶の過去の状態の継続	当該船舶の過去の EEOI	同上	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクトの対象とする船舶の過去と現在（プロジェクト実施後）の EEOI を比較する方法であり、レトロフィットに特化したアプローチである。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクト実施前後で船舶の航行条件（載貨状況、航行速度、航路変更に伴う海象）が変化した場合、EEOI を測定した条件はプロジェクトの実施後の状況とは異なる。このような場合の補正が必要となる。</li> </ul>
3	在来技術を用いた同型船舶の建造	左記船舶の EEDI	同上	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベースラインを在来技術を用いた船舶の EEDI とし、それを高効率技術を用いたプロジェクト対象船舶の実測値と比較する。これはベンチマークを用いた CDM 方法論（AM0070：高効率冷蔵庫の製造）とほぼ同様の考え方である。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EEDI は理想条件下の指標であるため、EEOI が EEDI より優れるためには在来技術と新規技術との間で格段の差がある必要がある。排出削減クレジットを最も計上しにくいオプション。</li> </ul>
4	同上	左記船舶の EEOI	同上	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベースラインを在来技術を用いた船舶の EEOI とし、それを高効率技術を用いたプロジェクト対象船舶の実測値（EEOI）と比較する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>上記に比べて在来技術と新規技術との格差は小さい場合にも温室効果ガス排出削減量を計上しうる。在来技術を用いた新規船舶の EEOI を測定する必要がある（対照群のモニタリングが必要となる可能性がある）。</li> </ul>
5	同上	左記船舶の EEDI	当該船舶の EEDI	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベースラインを在来技術を用いた船舶の EEDI とし、それを高効率技術を用いたプロジェクト対象船舶の理論値（EEDI）と比較する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「理想条件下ではこうなるはず」という排出（削減）量を推計するもの。船舶建造時点で原単位が決定されるという点で最も容易である半面、実態とは乖離する可能性がある。</li> </ul>

現状の CDM 方法論で用いられているアプローチは上記オプション 1～3 に属する。オプション 4、5 は現在の CDM では受け入れられていないアプローチであるが、IMO で検討されている EEDI はいわば理論燃費に近く、在来船舶の EEDI を実測値で凌駕するためには効率に相当程度の差が生じないと不可能と想定される。即ち画期的な技術を持つ船舶以外は、たとえ高効率技術を用いていても排出削減クレジットの恩恵を享受できない。この解決のためにオプション 4 または 5 のようなアプローチも検討されるべきであろう。ベースラインとしての EEDI の利用に際しては、例えばタンカーは航行の半分はバラストを積載していることを考慮する、あるいは停泊時の負荷を考慮するといった実運航モードに近づけるための補正を行うことも望ましいと考えられる。

2008 年 12 月にポーランドのポズナンで開催された COP/MOP4 では、CDM における外生的ベンチマークの採用に対して多くの途上国が反対した。これは当初は CDM プロジェクトのベースライン排出量の推計手段として採用されたベンチマーク（例：発電所の効率等）が、ゆくゆくは当該国における何らかの排出目標設定のための手段として転用されることを懸念したものである。ベンチマークに対するこのような途上国の懸念は、現在 IMO において策定中の EEDI 及び EEOI を本書で述べたようなプロジェクトメカニズムに適用することに対して一定の懸念があることを示唆している。

## 4. まとめと考察

本報告書の結論について、以下に取りまとめる。

### 4.1 プロジェクトメカニズムの導入の意義と課題

本報告書では、国際海運に起因する温室効果ガス排出削減のための対策として、国際海運部門をあたかもひとつの非附属書 I 国として捉えたプロジェクトメカニズムの可能性について述べた。バリ行動計画を踏まえ、世界的に「聖域なき」温室効果ガス排出削減が求められる中で、国際海運に対する排出削減努力の要請は（国際航空と同様）今後益々強くなると思われ、その中で EEOI 及び EEDI のような緩やかな基準の設定、排出量取引、課金のような経済的手法等、多くの政策が提案されている。

本報告書において、海運におけるプロジェクトメカニズムの活用は、温室効果ガス排出削減対策として一定の可能性を持ち得ることが示された。

また、プロジェクトメカニズムの適用は、海運起源の温室効果ガス排出に対して、実証レベルの技術を普及することに効果を示すであろう。このようなプロジェクトメカニズムに基づく排出削減量は、既存船舶をベースラインと見る限り数千～1 万 t-CO<sub>2</sub> 程度であり、エネルギープロジェクトの場合、排出削減クレジットに伴う期待収入と想定される省エネ便益及び設備費用との関連は、再生可能エネルギープロジェクトと大差ないと想定される。反面、帆走のような大幅な排出削減をもたらすような技術は海運ではまだ研究・開発段階であり、プロジェクトベースでの削減予測を精度よく行うことが現時点では困難であるため、現状の CDM の考え方を応用する限りでは、このようなプロジェクトメカニズムの利用は難しいものと思われる。

現状、京都議定書第 2 条 2 項において国際航空及び海運起源の排出については「附属書 I 国は」「ICAO 及び IMO を通じて」取り組むべきとされている。このようなプロジェクトメカニズムの採用にあたり京都議定書第 2 条 2 項の改正の要否は議論が必要であろうが、直ちにプロジェクトの検討に入るといった段階にはない。したがって、UNFCCC およびその下部組織での議論と最終化に一定の時間を要することを考慮に入れれば、本プロジェクトメカニズムの運用はポスト 2012 年の新たな方策の一環として位置づけられるであろう。

## 4.2 結論

海運事業に対する CDM に類似したプロジェクトメカニズムの適用について、様々な見地から分析・検討した。結論として、海運事業におけるプロジェクトメカニズムは、現在想定されている他の施策、とりわけ排出量取引や課金のような経済的手法に比べてメリット、デメリットはあるものの、それらに伴う「広範な実施のために必要な受容性の欠如」と「限定地域での実施に伴う制度回避の容易さ」というジレンマからの脱却を可能にし得るため、将来的に実施されるべき選択肢のひとつとして、気候変動枠組条約／京都議定書スキームの今後の動向を見守りつつ、これらとのリンクの可能性を含めて検討に足るものと言えよう。



## 参考資料

### 参考資料 1 .参考例としての CDM の概観

海運事業におけるプロジェクトメカニズムを議論する上で、参考となる CDM のプロジェクト・方法論の現状について概観する。

#### 1.1 プロジェクトの提案・登録状況

2008 年 6 月現在のプロジェクトの提案・登録状況を以下に示す。なお提案とは、方法論の提出や Validation におけるパブリックコメントの実施等で、プロジェクトを CDM として行う意思のあることが周知となったものについて記載している。

参考図表 1 CDM プロジェクトの現状

段階		提案案件	CDM 理事会登録済み案件
件数		3,498	1,080
期待 CER( MtCO2)		2012 年までに 2,640Mt-CO2	2012 年までに 1,310 Mt-CO2
国別	件数	・ 中国 (31%)、インド (30%)、ラテンアメリカ (15%)	・ ラテンアメリカ (33%)、インド (32%)、中国 (20%)
	期待 CER	・ 中国 (54%)、インド (15%)、ラテンアメリカ (15%)	・ 中国 (48%)、ラテンアメリカ (20%)、インド (16%)
PJ 別	件数	・ 再生可能エネルギー (56%)、メタン対策 (15%)、エネルギー供給効率向上 (14%)	・ 再生可能エネルギー (53%)、メタン (20%)、エネルギー供給効率向上 (9%)
	期待 CER	・ 再生可能エネルギー (30%)、HFC /N2O /PFCs (29%)、メタン対策 (18%)、エネルギー供給効率向上 (18%)	・ HFC /N2O /PFCs (52%)、再生可能エネルギー (19%)、メタン対策 (17%)、エネルギー供給効率向上 (9%)
DOE		・ ( 認証件数 ) DNV40%、TUV-SUD25%、SGS13%	・ ( 検証件数 ) DNV35%、SGS35%、TUV-SUD14%

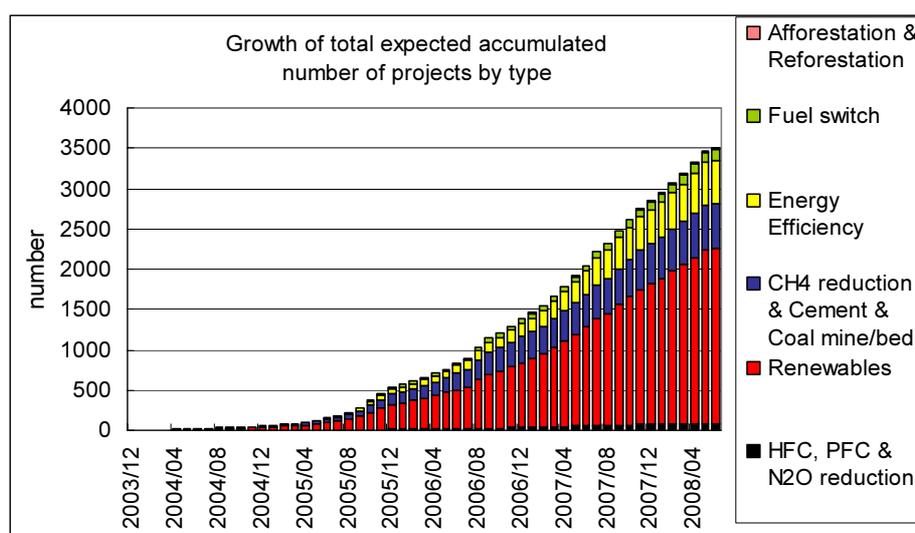
(出典 : UNEP Risoe CDM データベース)

## 1.2 プロジェクトの提案の推移

### 1.2.1 分野別

#### (1) 件数ベース

2008年6月11日時点で3,498件のCDMプロジェクトが提案されている（有効化審査プロセス以上の段階にある）。中でも、再生可能エネルギープロジェクトの件数は順調に増加している。

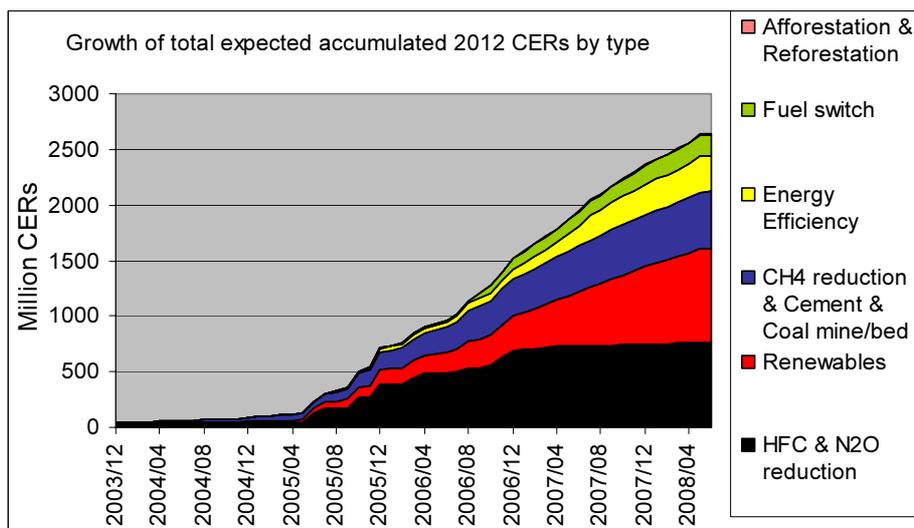


参考図表 2 プロジェクト件数の推移（分野別）

（出典：CDM pipeline, UNEP Risø Centre 08-06-11 より作成）

#### (2) CER ベース

現在提案されている3,498件のCDMプロジェクトから生成されるCERは2,640Mt-CO<sub>2</sub>と計画されている。初期段階では1件あたり数百万t-CO<sub>2</sub>の排出削減が期待できるHFC及びN<sub>2</sub>O回収・破壊プロジェクトによるCERが急増しているが、これらのプロジェクトでCDMに適格なものは一定時期（2004年または2005年）までの稼働実績がある施設に限定されており、それらがほぼCDMプロジェクトとして出尽くしたため最近ではその増加はほとんど見られない。一方で、件数が増加している再生可能エネルギープロジェクトからのCERが徐々に比率を増やしている。これらの大半は中国から提案されている水力・風力案件である。



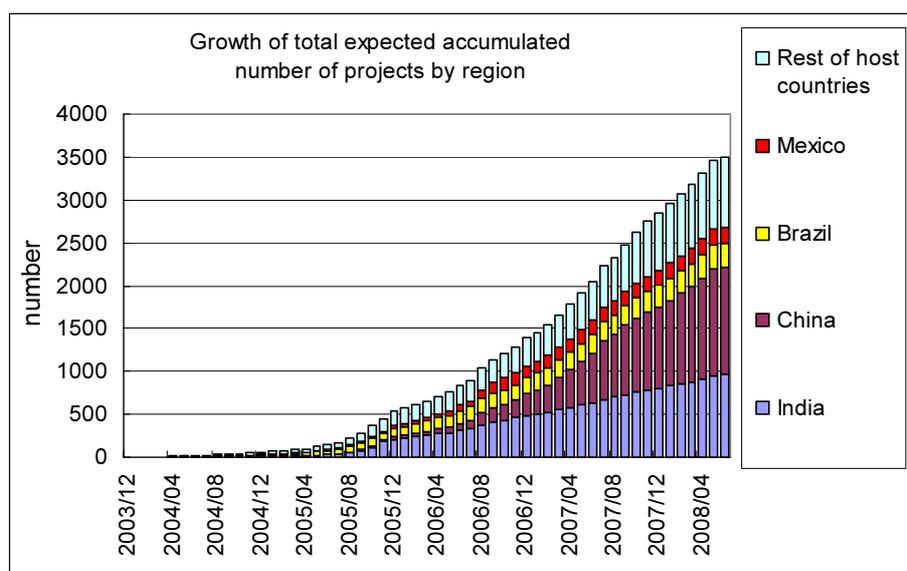
参考図表 3 CER の推移 (分野別)

(出典 : CDM pipeline, UNEP Risø Centre 08-06-11 より作成)

## 1.2.2 国別

### (1) 件数ベース

CDM プロジェクト件数の伸びをホスト国別で見ると、初期段階ではブラジルやインドの割合が多かったが、近年は中国におけるプロジェクトが急激に増加し、総件数の 1/3 を占めるまでになっている。なお、その他に含まれるアフリカ諸国におけるプロジェクト数は、依然として少ないままであり、「地域的公平性の是正」が叫ばれている。もっともアフリカ地域の温室効果ガス排出量は世界の 3% 程度であるため、排出削減を行う CDM プロジェクトが少ないのはある意味当然であろう。

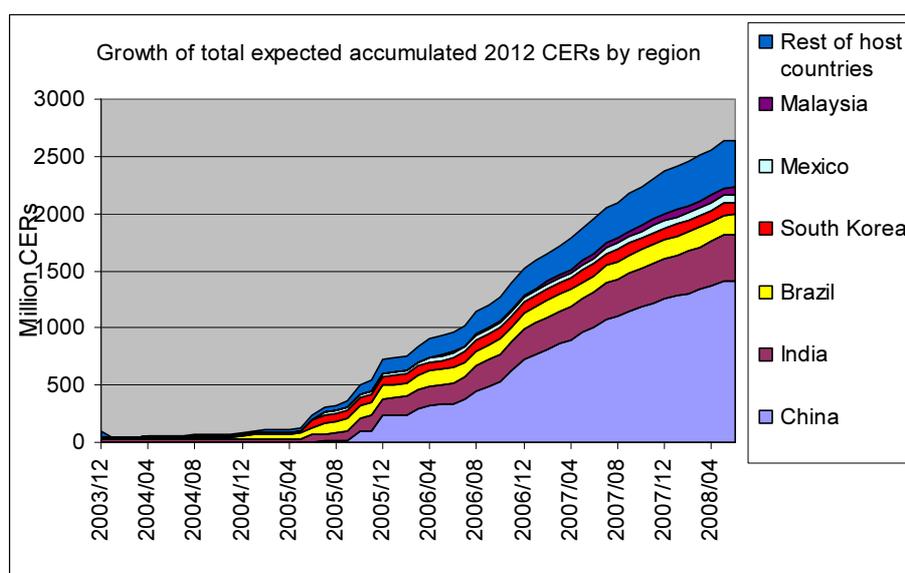


参考図表 4 プロジェクト件数の推移 (ホスト国別)

(出典 : CDM pipeline, UNEP Risø Centre 08-06-11 より作成)

## (2) CER ベース

中国における急増の傾向がここでも見られ、プロジェクト件数ベースよりも顕著である。これは、1件当たり 100 万トン CO<sub>2</sub> 単位で排出削減が可能な大規模プロジェクトである HFC 回収・破壊や、大規模なコンバインドサイクル・ガス発電 (CCGT) が多数実施されているためである<sup>22</sup>。一方で、件数ベースでは比較的大きな割合を占めているインドの CER 発行計画量に占める割合は小さく、比較的小規模なプロジェクトが多いことがわかる。



参考図表 5 CER の推移 (ホスト国別)

(出典 : CDM pipeline, UNEP Risø Centre 08-06-11 より作成)

### 1.3 運輸部門のプロジェクトの現状

2004 年の第 10 回気候変動枠組条約締約国会議 (COP10) 及び 2008 年の第 14 回気候変動枠組条約締約国会議 (COP14/MOP4) において、運輸部門は省エネ・地域暖房と並び推進すべきとされた<sup>23</sup>にもかかわらず、CDM プロジェクトの登録は進んでいない。こ

<sup>22</sup> CCGT の原単位は 0.4t-CO<sub>2</sub>/MWh 程度であり、これが石炭主体の中国の電源 (0.9t-CO<sub>2</sub>/MWh) を代替すると想定できる。例えば能力 500MW、稼働率 70%の中型 CCGT 設備は年間 300 万 MWh を発電するが、これにより期待される排出削減量は  $3,000,000 \times (0.9 - 0.4) = 150$  万 t-CO<sub>2</sub> と概算できる。

<sup>23</sup> Encourages project participants to make proposals for new baseline and monitoring methodologies for types of project activities in sectors not yet covered by approved methodologies, such as **transportation**, energy efficiency and district heating, and the Executive Board to consider such proposals with priority and to continue its work on elaborating consolidated methodologies for new sectors; (FCCC/CP/2004/L.2 Para 15)。

Reiterates its encouragement... To project participants to submit methodologies for the **transport**, agriculture, afforestation and reforestation and demand-side energy efficiency sectors with innovative approaches to determining baselines and facilitating monitoring; (FCCC/KP/CMP/2008/L.6 Para 33),

の理由としては下記が挙げられる。

まず、CDMに必要なベースライン（「プロジェクトなかりせば」のシナリオ）の構築が困難な場合が多いことが挙げられる。例えば公共交通プロジェクトは運輸部門において温室効果ガス排出削減が期待されているが、このプロジェクトの温室効果ガス排出削減量を推計するためには当該公共交通がない場合の輸送パターンを推計・検証し、比較する必要がある、これは複雑なアルゴリズムを必要とする。現在までに採択された唯一の方法論（AM0031）は、プロジェクトなかりせば使用したであろう交通手段をアンケートで求め、さらに個々の交通手段につき（燃料を用いる場合は）距離あたり排出量×平均距離÷乗客数（乗車率）により乗客1人あたりの排出量を計算するアプローチを採用している。これはアンケート調査を必要とし、モニタリングコストがかかる。

次に、運輸部門プロジェクトの多くが極めて小規模であり、また公共交通のようなプロジェクトを考えるとCERはプロジェクトの収益性にほとんど影響を与えない水準であるため、魅力を欠いたことが挙げられる。

従って、運輸部門がCDMプロジェクトとなりにくいのは、①ベースライン方法論が困難であるという方法論上の制約、及び排出削減プロジェクトがCDMの考え方に必ずしも整合しないというプロジェクト上の制約の2つの側面がある。ここで前述のCOP決議は方法論上の制約に的を当てている。が、現実にはプロジェクト上の制約の方が大きな障壁となると思われる。

CDMでは、①設備容量15MW以下の再生可能エネルギープロジェクト、②エネルギー消費節減量60GWh以下の省エネプロジェクト、及び③その他、期待される温室効果ガス排出削減量が6万t-CO<sub>2</sub>以下と想定されるプロジェクトは「小規模CDM」に分類され、推計方法等が簡略化される。小規模CDM方法論AMS III-Cは、ベースラインは「プロジェクトなかりせば用いられていた輸送モードにおける運輸サービス当たり原単位」（仮想値）×「実際運輸サービス量」（実測値）と定義されており、極めて容易である<sup>24</sup>。

また、2006年のCOP/MOP2において小規模CDMのうちtype II（省エネ）、運輸部門を含むtype III（その他）排出削減量の上限が従来の4倍となる60,000t-CO<sub>2</sub>に拡大されており、多くの運輸部門プロジェクトを包含できると考えられる。このような状況においても、AMS III-Cが適用された事例は2008年まで1件（デリー市の地下鉄における回生ブレーキ採用）の1件のみである。このプロジェクトが選択された背景は、ベースラインとしての「通常ブレーキ」とプロジェクトにおける「回生ブレーキ」を比較するた

---

Commends the Executive Board for identifying issues and constraints for the application of methodologies relating to demand-side energy efficiency measures, energy efficiency improvements in supply-side domestic appliances and **mass transport**; (同 Para 44)

<sup>24</sup> The baseline is the energy use per unit of service for the vehicle that would otherwise have been used times the average annual units of service per vehicle times the number of vehicles affected times the emission coefficient for the fuel used by vehicle that would otherwise have been used.

め、ベースラインとプロジェクトの運輸パターンは全く同一であり、計算が単純であったことが挙げられよう。このような簡単な方法論が存在するにもかかわらずプロジェクトが登録はおろか提案すら少数であるという事象は、運輸部門 CDM プロジェクトの主要な阻害要因は方法論ではなく、多くの運輸部門プロジェクトについて CDM が魅力的な動因となっていないということを示唆するものであろう。

### 海運と CDM

海運は輸送モードとしては最も輸送サービス（トンキロ）当たり温室効果ガス排出削減原単位が低い分野に分類され、このため他のモード（陸上・航空）から海運へのモーダルシフトも温室効果ガス排出削減に資するが多いと考えられる。船舶を用いたプロジェクトでは過去 1 件が提案されているが、プロジェクトの排出削減量の考え方（方法論）を提案する段階に留まっており、モーダルシフト自体はプロジェクトとはなっていない。

参考図表 6 モーダルシフト関連プロジェクト (NM0128)

名称	Cosipar Transport Modal Shift Project
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>ブラジルにおける鉄鉱石の輸送を陸上輸送（トラック）から Araguaia-Tocantins 川を通じた内航海運（バージ）に切り替える。途中に存在するツクルイダムはトラックで迂回。</li> <li>想定する鉄鉱石の量は年間約 100 万トン、輸送距離は 500km。</li> <li>想定排出削減量は約 5,663～7,843t-CO<sub>2</sub>（合計 47,000t-CO<sub>2</sub>）。</li> <li>バージは 2000HP 級 16 隻（ダム上流側）、3000HP 級 24 隻（ダム下流側）。</li> </ul>
期間	2007 年 10 月 1 日より 7 年（プロジェクトは 2006 年 11 月 29 日より）
適用条件	<ul style="list-style-type: none"> <li>単純往復であり、復路の消費量は往路と同等以下。 →この条件に基づくと、本プロジェクトのようなバージを用いた下流への移送は適用条件に抵触すると思われるが、アラグアイアートカンチンス川の流速は遅いため、復路（上流側への移動）の燃料消費は大差ないとしている。</li> <li>既存車両のスクラッピングを伴わない。</li> <li>他の物質の高排出輸送モード（＝トラック）への転換を伴わない。</li> </ul>
ベースラインの概要	現状の道路輸送を想定（下記参照）。
追加性	<ul style="list-style-type: none"> <li>追加性ツールに基づき検討。</li> <li>代替案：道路輸送（現状）、河川輸送（CDM）、鉄道輸送（存在しない）。</li> <li>資金分析：情報入手できないため実施せず</li> <li>障壁分析：資金的、技術的、慣行的（他国と比較）を実施。</li> <li>Common Practice：Not applicable</li> <li>登録の影響：NPV を約 1.5%ほど改善。</li> </ul>
排出削減量の算出	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベースライン（約 24,000t-CO<sub>2</sub>）： <ul style="list-style-type: none"> <li>トラック輸送を想定。車両の平均的な排出原単位（PDD では燃料消費率 1.7km/l）、片道輸送距離（490km）、平均積載量（30 トン）より、積載物 1 トンあたり排出原単位を推計。車両の原単位には標準データの利用も可とし、積載量のデータがない場合は最大積載量ベースとする。</li> <li>ベースライン排出量には技術革新の効率を乗じる（0.92%）。</li> <li>復路も積載することを想定し、積載量に応じた係数を乗じる（デフォルトは復路も同量の積載を行うと想定するが、その場合は係数は 1）。</li> <li>政策の影響を考慮（バイオ燃料の混合率が年 0.62%向上すると想定）</li> </ul> </li> <li>プロジェクト（約 17000t-CO<sub>2</sub>）： <ul style="list-style-type: none"> <li>復路の排出係数はベースラインと同様におく。プロジェクトでも限定的に利用するトラックの諸元はベースラインと同様とおく。</li> </ul> </li> </ul>
リーケージ	ターミナルの建設に必要なセメント（141t-CO <sub>2</sub> ）：クレジット期間で按分。
環境影響等	未記載。
方法論パネル見解	<ul style="list-style-type: none"> <li>バージは既存のものを用いると考えられるため、従来バージを用いていた（他の物質の）輸送がトラック輸送に転換する可能性が排除できない。この点については適用条件に記載されているが、モニタリングが必要。</li> <li>上記を含め適用条件が曖昧すぎる。</li> <li>負荷に応じた燃料消費効率を考慮すべき。また IPCC のデフォルト値の適用は正しくない。</li> </ul>

(UNFCCC 資料より作成)

### 国際海運の取り扱い

国際海運・航空起源の温室効果ガス排出量は現在排出削減義務が課されておらず、どの国の管轄からも外れている。これを受け、国際海運起源の排出は CDM における考慮

の対象外となっている。具体的には小規模 CDM に関する決議において、国際海運起源の排出の削減は排出削減量の計算に当たって考慮しないとした<sup>25</sup>。

検討対象となったプロジェクトはインドで製造されたブタジエンのマレーシアへの輸出に際して道路／船舶からパイプライン／船舶に変更するというもの（Haldia Petrochemicals プロジェクト）で、出港地の変更（インド西部→インド東部）により航路が短縮される。Haldia 社は本プロジェクトの CDM 登録のために方法論 AMS III-C の改定を申請した。申請に付された PDD において当初提案は年間排出削減量 6,876t-CO<sub>2</sub> を見込んでいたが、上記の決定の結果トラック輸送からパイプライン輸送への変換のみに着目し、6,321t-CO<sub>2</sub> に修正されている。これについて以下に示す。

参考図表 7 Haldia Petrochemicals プロジェクトの排出削減量の試算（単位 t-CO<sub>2</sub>/年）

	ベースライン排出量	プロジェクト排出量	排出削減量
初回提出	8,589（トラック 6,365、船舶 2,224）	1,713（パイプライン 44、船舶 1,669）	6,876
2回目提出	6,365（トラックのみ）	44（パイプラインのみ）	6,321

ここで初回提出における国際海運の航行による排出量はベースラインとプロジェクトで異なるが、これは航路が短縮されたためである。本件はインドを横断するパイプラインの利用を伴うものでありながら、排出削減量は数千 t-CO<sub>2</sub> と CDM としては小さく、またその大半はトラック輸送の削減であることに注目されたい。結局本件について、ベースラインで利用されたトラックは他で利用される可能性があること、及びパイプライン建設に伴う排出が考慮されていないことを理由に方法論の改定は採択されなかった。このためプロジェクトは CDM として登録されていない。なお上記の却下理由は方法論というよりプロジェクト固有の事象に言及しており、「方法論の改定申請」に対する対応としてはいささか相応しくないという印象である。

#### 1.4 海運事業への応用

海運事業へのプロジェクトメカニズムの応用は、多くの点で現状の CDM を踏襲することができる。ただし、下記の点について検討が必要であろう。

##### 技術改善プロジェクトの取り扱い

- ・ エンジン、プロペラ関連対策の多くは改善効果が数%以下とされている。気象・海象等、航行環境の多様性に鑑み、厳密なベースラインの排出量推計は困難となり、ト

<sup>25</sup> The Board agreed to confirm that the project activities/parts of project activities resulting in emission reductions from reduced consumption of bunker fuels (e.g. fuel saving on account of shortening of the shipping route on international waters) are not eligible under the CDM. (2006 年 7 月 第 25 回 CDM 理事会)

ンマイル当たり CO2 排出量のような何らかのベンチマーク等簡便手法の検討が必要である。ここで排出削減量の過大評価を避けるためベースラインにベンチマークを用いる場合は保守的に設定されるが、例えばベースラインのベンチマークに（最も保守的と考えられる）平水で設定された CO2 Index を設定し、プロジェクトの CO2 排出量を燃料消費量を下に実測した場合。プロジェクトにより高効率・低排出技術を導入したとしても後者が前者を上回るリスクがある。

- ・ リーンバーンのようなエンジン効率向上については、船舶起源排出の占める割合が局地的には多い NOx 排出のようなトレードオフについて検討する必要がある。
- ・ なお、海運全体のエネルギー消費量の 10%近くを占めると考えられる補機からのエネルギー消費量削減についてはこの限りではない。

#### 減速航行プロジェクトの取り扱い

- ・ 海運において最も温室効果ガス排出削減効果が大きい対策が減速航行である。減速率を  $\Delta V$  とすると、減速航行によるエネルギー消費量は、減速航行による動きを補填するための船舶数の増加を考慮しても  $(1-\Delta V)^2$  に比例する。例えば 20%の減速を行うと、荷動きは一定（船舶数は 25%増加）であるにもかかわらず排出量は 36%減少する（リーファー輸送の冷凍施設など、航行時間で常時用いるエネルギーは増加することに留意する必要がある）。しかし、減速航行は一種の慣行改善であり、現状の CDM では単なる慣行改善（例：エコドライブ）は認められていない。なお「エコドライブ装置」を導入すればよいかという問題については未検討である。

#### その他

- ・ 将来的な対策として想定されるバイオ燃料に関して、上流部門の排出をどのように考慮するかが CDM では解決されていない。
- ・ CO2 以外の対策にも注目すべきである。冷凍機からの代替フロン等の削減プロジェクトも近年陸上施設について方法論が採択されたため、検討の余地はある。ここで冷媒は一般的に漏洩率が高いため、温室効果ポテンシャルの高い特定または代替フロンから温室効果ポテンシャルの低い冷媒に転換した場合、ベースラインでは冷媒はいずれ漏出・放散されたとも考えられる。なお京都議定書に記載されていないが温室効果ガスと見なされる媒体（例：HCFC-22）が関与する場合、それらの漏洩による排出量はベースラインには含まれないが、プロジェクト排出量の一環として考慮する必要があることに留意すべきである。

## 参考資料 2. 有望な排出削減プロジェクトの選定・温室効果ガス排出削減量の試算

ここでは、有望な排出削減プロジェクトをいくつか選定し、既存の CDM 方法論の考え方を活かしてそれらによる温室効果ガス排出削減量の試算及び鍵となるアルゴリズムの検討を行った。対象としては、省エネプロジェクトだけではなく、タンカー起源のボイルオフガス（BOG）削減や冷凍船起源の冷媒削減のような非エネルギープロジェクトも取り上げた。

### 2.1 省エネプロジェクト

国際海運からの温室効果ガス排出には BOG や冷媒等の非 CO2 温室効果ガスも含まれるが、いずれも数百万 t-CO2 のオーダーと想定されている。これに対して船用燃料の燃焼に伴う CO2 排出は現状で 800Mt-CO2 以上と推計される。従って海運における省エネ対策を対象プロジェクトのひとつとして検討することは重要である。ここでは海運における省エネプロジェクトの可能性について以下に考察する。

#### 2.1.1 想定されるプロジェクト

国際海運において想定される省エネプロジェクトについて、「プロジェクトなかりせば」のシナリオであるベースラインと、それに対するプロジェクトの追加性に着目し、CDM の例に倣って類型化を試みた。これについて以下に示す。

参考図表 8 プロジェクトメカニズムの分類

#	タイプ	プロジェクトの主体	プロジェクトの説明	ベースライン及び(資金)追加性
A	既存船舶のレトロフィット	船主（または海運事業者）	船主が自社保有船舶についてレトロフィットを行う。	排出削減クレジットなかりせばレトロフィットの依頼は不可能であり、現行のまま船舶を用いていた。
B		造船メーカー、荷主等	造船メーカー、荷主等の第三者が（サービスとして）レトロフィットを行う。	排出削減クレジットなかりせば、船主に対するレトロフィットのサービスは不可能であり、現行のまま船舶を用いていた。
C	新造船の建造・導入	船主（または海運事業者）	船主が、自社保有船舶の解撤を前倒して新造船の導入を行う。	排出削減クレジットなかりせば、既存船舶を継続運用していた。
D		造船メーカー	造船メーカーが自社建造船舶について、通常建造されうる船舶より高効率のものを建造する。	排出削減クレジットなかりせば、設備更新、ライセンスの取得、設計開発等が不可能であり、高効率船舶の建造ができなかった。

## 2.1.2 方法論的考察

海運においてエネルギー起源 CO2 の排出削減につながる対策（省エネ）をプロジェクトメカニズムとして検討する場合、下記のような推計方法が CDM から示唆される。

### (1) 既存船舶のレトロフィット

低効率の既存船舶を高効率のものに改修する「レトロフィット」の主体は、参考図表 8 の A 及び B に示すように、船主及び造船メーカー（または第三者）の 2 とおりが想定できるが、いずれもベースラインシナリオとしては「プロジェクトメカニズムなかりせばレトロフィットを施せない既存船というものとなろう。特定されたベースラインシナリオが船舶の新造や、単に解撤のみという場合はベースライン排出量がプロジェクト排出量より小さくなる可能性があり、排出削減プロジェクトとして位置づけることが困難となる。

排出削減量の推計にあたり、「提供されるサービス（速度及び積載量）はベースラインとプロジェクトでは不変である」という前提が必要となろう。

この場合、ベースラインの排出量は改修前の船舶のそれであり、その（仮想的な）排出量は下記のように求められよう。即ち、ベースラインで想定される船舶の排出換算係数はそのエンジン出力に依存し、それは速度及び海象に依存する、と仮定する。ここで換算係数は輸送量（トンマイル<sup>26</sup>）当たりとする手法と距離（マイル）当たりとする方法がある。輸送のサービスは本来的にはトンマイルで定義されるべきであるが、ベースライン・プロジェクトともに同一の船舶を対象とすること、貨物積載量の考慮は不確実性のオーダーを高めることから、（当該対策が積載量に大幅な変化をもたらさない限り）距離当たり排出量とする方法も妥当であろう。

この場合、ベースラインの推計方法は下記のように定式化できる。

$$BE = SFC_{BL} * DN_{PJ}$$
$$SFC_{BL} = f_1(EO) = f_2(V_{PJ}, MC)$$

ただし、

$BE$	:	ベースライン排出量 (t-CO2)
$SFC_{BL}$	:	ベースラインの排出換算係数 (t-CO2/mile)
$DN_{PJ}$	:	プロジェクト実施後の船舶航行距離 (mile)
$EO$	:	エンジン出力 (MW)
$V_{PJ}$	:	当該船舶における航行速度 (mile/h)
$MC$	:	海象

ここで最大の課題は  $SFC_{BL}$ （ベースラインの排出換算係数）の定式化、である。この

<sup>26</sup> CDM では SI 単位系の利用が義務付けられているが、ここではそれに束縛されない。

課題は下記のように分類されよう。

### エンジン対策のみの場合

対象となるレトロフィットがエンジン対策のみの場合、 $SFC_{BL}$ は $f_1(EO)$ のみで定義され、 $f_2$ は不要とすべきであろう。即ち、ベースラインとプロジェクトとでエンジン出力が同じであれば、(それ以外の部位は不変であるため)、提供されるサービスが同じと想定するのが妥当である。この場合の $f_1$ は既存船舶のサンプリングまたはエンジンのベンチテストを用いることが可能である。

### エンジン対策以外を含む場合

対象となるレトロフィットがエンジン対策以外にも及ぶ場合(例えば舵、プロペラ等の改善)、少ない出力で同等のサービス(速度)の提供が可能となるため $SFC_{BL}$ は $f_1(EO)$ のみでは定義されず、 $f_2(V_{PJ}, MC)$ についても検討する必要がある。この場合の課題は以下のとおり。

- 1) どのパラメータを海象に用いるか(風力階級あるいは風速)
- 2) どのように定式化するか( $V_{PJ}$ と $MC$ がほぼ独立であることに鑑み、 $SFC_{BL} = a * V_{PJ} + b * MC$ 型の単純な相関とできるかどうか。できるのであれば、サンプリングデータに基づき検討するか、IMOスタディのような専門家による同型船のベンチマークを設けるか。)
- 3) データの出典(速度はAISデータ、エンジン出力は当該船舶データより入手可能。海象をどうするかが課題)
- 4) サンプリング(当該船舶の過去x年とするか、同型船のサンプリングとするか。前者については他の条件が同一かどうかという点、後者については基本的にカスタムメイドな船舶の特質上、完全な比較が困難という点が課題)
- 5) 不確実性: 上記の相関に伴う不確実性をどのように解決するか。保守性の原則に則り、不確実性を考慮する必要があるが、CDMでしばしば用いられる $2\sigma$ の原則<sup>27</sup>では対策の効果は計上されない。

レトロフィットでは大幅な効率向上は困難であり、単一の対策による排出削減率は10%

---

<sup>27</sup>例えばベースラインの原単位について、事前に相関を求める場合、結果から標準誤差( $\sigma$ )の1.96倍を差し引く手法。誤差が正規分布に沿っているとした場合に、過大計上の可能性を2.5%以下とするために用いる。意思決定システム(DSS)の装備により、出水率あたりの発電量の向上を目指すプロジェクトの方法論(AM0052)で採用された。この場合、ベースラインのサンプリングの対象となる母集団の相関が非常に良いか、またはプロジェクトによる削減率が大きくなると、保守的なベースラインの解釈により、ベースライン排出量がプロジェクト排出量を上回る可能性が生じる。

程度以下であろう。このためサンプリングによる不確実性を考慮するとベースライン排出量がプロジェクト排出量を下回る可能性は否定できない。対策としては、サンプリングで考慮する不確実性の幅を狭めるか（例：1 $\sigma$ 等）、あるいは考慮しない等の措置が考えられる。

## (2)新造船の導入

全く新しい高効率船を導入する場合、船主側にも造船メーカー側にも追加性を立証するロジックは想定できる。前者についてはレトロフィットと同様、「プロジェクトメカニズムにより、(クレジットを対価として) 先進メーカーからの技術移転が可能となった」であるが、後者については「(クレジット対価があるため) 船主による支払金額と比べて優れた船舶の建造が可能であるため、高効率船舶の建造にプロジェクトメカニズムが必要」というものであろう。これには「荷主」という立場も含まれよう。

新造船を導入する場合、船の形状の改造等を伴い、また新造であるためベースラインとなる在来船の特定が困難であり、その意味では  $SFC_{BL}$  はトンマイル当たり排出量で定義されるほうが望ましい。これにより、理論的には載貨重量が異なる船舶との比較が可能である。これについてもサンプリングに基づいたベースラインの検討が必要だが、母集団としては下記が考えられよう。

- ・ 船主側：当該企業が購入した「非プロジェクトメカニズム」同型船（参考図表 8 の C)
- ・ 造船側：当該企業が建造した「非プロジェクトメカニズム」同型船（参考図表 8 の D)

これについて以下に述べる。

### 1)「船主・海運事業者側」のプロジェクト

船主・海運事業者側のプロジェクトとは、船主または海運事業者が（高効率の）新造船を購入することがプロジェクトメカニズムとなるものである。これは下記のように説明される。

#### ベースラインシナリオ

ベースラインシナリオとしては、①在来船、及び②（本来なら購入したであろう）新規船の2とおりが想定される。削減幅としては当然①のほうが大きいですが、逆に在来船の想定残存年数に限定する必要があるだろう。

#### ベースライン排出量

ベースラインシナリオが在来船の場合、排出量算定のアルゴリズムはレトロフィット

のケースと同様と考えられる。ただ船型等、積載量に大きな影響を及ぼす要素の代替も伴うため、上述のようなトンベースでは提供されるサービスの量が異なる可能性がある（船型の違いによる積載量の変化等を捕捉出来ない）。従って、この場合はむしろトンマイルベースで標記されるほうが望ましい。ここで、タンカー及びバルクキャリアでは比較的簡単な仮定に基づきトンマイルが推計できるが、コンテナ船の場合は困難が伴うことが想定される。

ベースラインシナリオが新造船の場合、船舶は基本的に受注生産であるため、この場合はベースラインシナリオが完全に架空の存在となる。ここで船主側プロジェクトの場合、船主は同型船を複数一括購入するとは考えにくい。このため造船側プロジェクトのようなサンプリング（後述）は困難であり、例えば下記のように想定することが可能であろう。

当該造船所が建造した類似プロジェクトを想定する。

（当該船主が保有する）在来船の指標に対し、一定の効率改善率を考慮する<sup>28</sup>。

等の方法が考えられる。後者の対策は汎用性を広げるものであるが、効率改善率の定義が必要であり、船舶のような受注生産品の場合、家電製品や自動車等と異なり、設定には困難が伴う。

## 2)「造船側」のプロジェクト

### ベースラインシナリオ

造船側プロジェクトとしては、②（本来なら建造したであろう）新規船となる。

### ベースライン排出量

ベースラインシナリオが新造船となる船舶を複数建造している場合は、造船工程での試運転データを下に  $f_1(EO)=f_2(V_{PJ}, MC)$  の式を確立することが考えられる

#### 2.1.4 既存の CDM 方法論からの示唆

##### 小規模方法論 AMSIII-C（運輸）

小規模 CDM 方法論 AMS III-C において、ベースラインは「プロジェクトなかりせば用いられていた輸送モードにおける運輸サービス当たり原単位」（仮想値）×「実際運輸サービス量」（実測値）と定義されており、極めて容易である。後述するように一隻当た

---

<sup>28</sup> AM0031（バス輸送）、AM0071（冷蔵庫）等で採用されている手法。

りの年間排出削減量は 1,000t-CO<sub>2</sub>～10,000t-CO<sub>2</sub> 程度であり、小規模 CDM の範疇に属する。

#### 方法論 NM0070（高効率冷蔵庫の普及）

本方法論は、高効率冷蔵庫の普及において通常の方法論で典型的に用いられる追加性の立証を排除し、「市場で販売される同型冷蔵庫の上位 20%」及び「自社で従来製造された同型冷蔵庫」のエネルギー原単位のうちいずれか低い方をベンチマークとし、それに対する販売された冷蔵庫のパフォーマンスを（サンプリングに基づき）比較考量する。造船事業に適用する際は、「市場で販売される同型船舶の上位 X%」及び「自社で従来製造された同型船舶」の定義が必要であるが、本方法論は上述のベンチマークの利用、及び機器の製造者を対象としたものという点で特徴的である。

#### 2.1.5 論点

省エネプロジェクトに関して、下記の論点が挙げられよう。

#### ベースライン関連

- ・ 排出原単位とエンジン出力の間の相関 ( $f_i$ ) 及び排出換算係数と速度・海象の間の相関 ( $f_j$ ) は明瞭か。また、 $f_w$  の相関はどうか。
- ・ 受注生産が基本の船舶においてサンプリングは実施可能か。またその不確実性はどうか。

#### EEDI 及び EEOI に関する現状の議論との整合

上記のようなベースラインに関する検討は、現在 IMO MEPC で実施されているエネルギー効率設計指標 (EEDI) 及び運航指標 (EEOI) の検討を注視する必要がある。現在、EEDI は将来的な規制化を前提として検討されており、2008 年 10 月の MEPC58 で承認された EEDI 算定暫定ガイドラインに基づき、船主や造船所がそれぞれ試算を実施、将来的な算定ガイドラインの策定を目指している。逆に EEOI は当面は海運事業者各社の内部データ・管理ツール<sup>29</sup>として想定されている。

EEDI に関して最終的に決定される規制化が、「計算・認証」の義務付けであるのか、「一定基準値の充足」の義務付けであるのか、という点は未定である。後者である場合、基準値の充足は達成しなければならない目標であり、従って通常の間接的な考え方ではベースラインとするのが自然であろう<sup>30</sup>。ただし EEDI はある意味理想的な指標であり、実水域を、

<sup>29</sup> Ship Efficiency Management Plan (SEMP) と呼ばれる。

<sup>30</sup> CDM では排出原単位・排出量等に法規制が存在する場合はそれがベースラインとするのが基本であるが、現状のルールでは排出削減をもたらすような規制は 2001 年 11 月以降（即ちマラケ

必ずしも満載ではない状態で航行する場合、当該船舶の設計 EEDI を上回る効率を上げることは、EEDI の設定水準によっては困難があることが予測される。

上記 EEDI は新造船に対して適用されるものであり、プロジェクトメカニズムによりレトロフィットが行われる場合のベースラインとしては該当しないと想定される。レトロフィットの場合のベースラインはむしろ EEOI と考えるのが自然であろう。

### その他の課題

CDM での慣例として、設備更新の場合は旧設備が破棄される（転売されない）ことが条件となる場合が多い。これは新規設備で代替したはずの旧設備が他所で排出することが、新規設備による排出削減効果をなからしめると見なされるためである。海運では船舶の転売(中古船の利用)は行われるため、この扱い方について既定される必要がある<sup>31</sup>。

また、ベースラインが老朽設備であり続ける期間は老朽設備の耐用年数に限定される。ここで耐用年数は必ずしも明確ではないが、これについても定義される必要があろう。

## 2.1.6 一隻あたりの期待排出削減量の算出

効率向上率を x%（例：5%）とした場合に想定される典型的な船舶における排出削減プロジェクト実施の場合の排出削減量を船種別に試算する。船舶の運航に関するデータについては、「LCA 解析のための外交貨物船の運航状況分析と大気環境負荷物質の排出係数」（海上安全技術研究所 平岡克英、亀山道弘：以下 LCA 文献）から引用した。具体的には、同文献に記載されている船種ごとの航海時間及び一航海あたり燃料消費量データに基づき算出した。

### (1) 結果

結果について以下に示す。最も排出削減量が多いのは、年間を通じて高速で航行するため燃料消費原単位の高いコンテナ船である。

---

シュ合意採択以降) のものはベースラインと考える必要はない。

<sup>31</sup> 転売された中古船は、それよりさらに老朽化しているはずの船舶を代替するため、その影響を考慮しない、という考え方もあるが、現状では一般的ではない。ただし、この場合旧施設の販売益は追加性の立証に含める必要が生じる可能性がある。

参考図表 9 典型的な船舶における排出削減プロジェクト実施の場合の排出削減量

	燃料消費 量(トン)	排 出 量 (t-CO <sub>2</sub> ) <sup>32</sup>	排出削減量 (t-CO <sub>2</sub> )		
	t	t-CO <sub>2</sub>	3%効率向上	5%効率向上	10%効率向上
<b>バラ積み貨物船</b>					
主機	10,315	31,151	935	1,558	3,115
補機	996	3,008	90	150	301
<b>石油タンカー</b>					
主機	19,982	60,346	1,810	3,017	6,035
補機	1,947	5,881	176	294	588
<b>コンテナ船</b>					
主機	44,882	135,544	4,066	6,777	13,554
補機	2,623	7,920	238	396	792
<b>自動車専用船</b>					
主機	10,333	31,206	936	1,560	3,120
補機	811	2,450	73	122	245

(下記参照)

結論として、1 隻、1 年あたりの排出削減量は小規模 CDM プロジェクト（60kt-CO<sub>2</sub> 以内）の範囲に属すると言って良い。従って、これら船舶関連のプロジェクトメカニズムの詳細度は小規模 CDM 方法論程度として良いと思われる。

## (2)算出方法(参考)

### バラ積み貨物船

本船は、日本の火力発電所と海外の石炭積出港を往復する航海を行っているものとする。積み出し地はオーストラリアが主であるが、北米、南アフリカにも向かっている。主要項目は以下の通り。

参考図表 10 バラ積み貨物船の主要項目

項目	単位	
就航年月		1990 年 7 月
総トン数 (GT)	T	84,565
満載排水量 (Δ)	t	161,829
載貨重量 (DW)	t	142,235
軽荷重量 (LW=Δ - DW)	t	19,594
搭載容量	m <sup>3</sup>	181,689
満載航海速度	knot	13.7

(LCA 文献より)

<sup>32</sup> 燃料油の排出係数は Updated study on greenhouse gas emissions from ships (IMO)において Heavy fuel oil の係数である 3.02t-CO<sub>2</sub>/t-fuel を用いた (以下も同じ)。

平均航海状況、燃料油消費量から算出した年間燃料消費量は以下の通り。

参考図表 11 年間燃料消費量

	一航海平均時間	年間航海数	一航海平均燃料消費量	年間燃料消費量
	hr		t	t
主機	977	8.97	1,150.4	10,315
補機			111.1	996

(LCA 文献及びそれに基づく計算値。「一航海平均時間」には往復・停泊も含める)

以上より、効率向上による排出削減量は以下の通りとなる。

参考図表 12 想定排出削減量

	燃料消費量	排出量	3%効率向上時削減量	5%効率向上時削減量	10%効率向上時削減量
	t	t-CO2	t-CO2	t-CO2	t-CO2
主機	10,315	31,151	935	1,558	3,115
補機	996	3,008	90	150	301

## 石油タンカー

本船は、VLCC と称される大型タンカーで、ペルシャ湾と日本を主として往復するが、まれにシンガポール、南アフリカ、韓国に荷揚げしているものとする。主要項目は以下の通り。

参考図表 13 石油タンカーの主要項目

項目	単位	
就航年月		1990年5月
総トン数 (GT)	T	146,376
満載排水量 ( $\Delta$ )	t	295,330
載貨重量 (DW)	t	259,998
軽荷重量 ( $LW = \Delta - DW$ )	t	35,332
搭載容量	m <sup>3</sup>	317,199
満載航海速度	knot	15.0

平均航海状況、燃料油消費量から算出した年間燃料消費量は以下の通り。

参考図表 14 年間燃料消費量

	一航海平均時間	年間航海数	一航海平均燃料消費量	燃料消費量
	hr		t	t
主機	1,189.9	7.36	2,714.2	19,982
補機			264.6	1,947

以上より、効率向上による排出削減量は以下の通りとなる。

参考図表 15 想定排出削減量

	燃料消費量	排出量	3%効率向上時削減量	5%効率向上時削減量	10%効率向上時削減量
	t	t-CO2	t-CO2	t-CO2	t-CO2
主機	19,982	60,346	1,810	3,017	6,035
補機	1,947	5,881	176	294	588

## コンテナ船

本船は、最初日本と欧州をスエズ運河経由で往復する欧州航路に就航し、途中、東南アジアと北米を往復する北米航路に就航した後、再び欧州航路に就いているものとする。主要項目は以下の通り。

参考図表 16 コンテナ船の主要項目

項目	単位	
就航年月		1998年1月
総トン数 (GT)	T	76,847
満載排水量 (Δ)	t	110,715
載貨重量 (DW)	t	82,275
軽荷重量 (LW=Δ - DW)	t	28,440
搭載容量	TEU	6,148
満載航海速度	knot	23.0

平均航海状況、燃料油消費量から算出した年間燃料消費量は以下の通り。ただし、欧州航路と北米航路が別に集計されているため、ここでは北米航路のデータで算出した。

参考図表 17 年間燃料消費量

	一航海平均時間	年間航海数	一航海平均燃料消費量	燃料消費量
	hr		t	t
主機	1,007.4	8.70	5,161.4	44,882
補機			301.6	2,623

以上より、効率向上による排出削減量は以下の通りとなる。

参考図表 18 想定排出削減量

	燃料消費量	排出量	3% 効率向上時削減量	5% 効率向上時削減量	10% 効率向上時削減量
	t	t-CO2	t-CO2	t-CO2	t-CO2
主機	44,882	135,544	4,066	6,777	13,554
補機	2,623	7,920	238	396	792

### 自動車専用船

本船は、日本を中心として運航されているが世界各地の自動車の製造地域から需要地域へ輸送しているものとする。主要項目は以下の通り。

参考図表 19 自動車専用船の主要項目

項目	単位	
就航年月		1994 年 1 月
総トン数 (GT)	T	41,931
満載排水量 ( $\Delta$ )	t	28,620
載貨重量 (DW)	t	17,183
軽荷重量 ( $LW = \Delta - DW$ )	t	11,437
搭載容量	台	4,515
満載航海速度	knot	18.8

平均航海状況、燃料油消費量から算出した年間燃料消費量は以下の通り。

参考図表 20 年間燃料消費量

	一航海平均時間	年間航海数	一航海平均燃料消費量	燃料消費量
	hr		t	t
主機	864	10.14	1,019.1	10,333
補機			80	811

以上より、効率向上による排出削減量は以下の通りとなる。

参考図表 21 想定排出削減量

	燃料消費量	排出量	3%効率向上時削減量	5%効率向上時削減量	10%効率向上時削減量
	t	t-CO2	t-CO2	t-CO2	t-CO2
主機	10,333	31,206	936	1,560	3,120
補機	811	2,450	73	122	245

## 2.2 その他のプロジェクト

エネルギー部門以外のプロジェクトとして、原油タンカーからのボイルオフガス削減(LNGタンカーについては既の実施されている)、及び冷凍コンテナからの冷媒削減、の2点を取り上げる。

### 2.2.1 ボイルオフガス削減

原油タンカーでは積荷航海時にタンクの上部空間はイナートガス（窒素などの不活性ガス）が加圧充填されている。しかし、積荷作業時あるいは航行中に原油液面より BOG（原油ガス）が蒸散し、イナートガス中に BOG が拡散混合する。BOG を含むイナートガスは荷室内の圧力上昇によって排出弁から船外へ排出されている。このガス中には比重の軽いメタンが含まれるが、これは温室効果ガスであり、回収・利用が望まれる。

なお、BOG 中には化学構造（C 数等）の異なる数種のガスが存在するが、その比率は原油の種類に左右される。下表に示すようにプロパン（表中 C3）とブタン（表中 C4）の占める割合が大きい。また、温室効果ガスである CH<sub>4</sub>（表中 C1）に注目すると、BOG 中の濃度は 2.0～12vol%の範囲にある。

参考図表 22 BOG の性状比較（単位 体積比%）

	C1	C2	C3	i-C4	n-C4	i-C5	n-C5	2MP	3MP	n-C6
Iranian Light	3.4	16.0	34.0	8.4	22.0	4.9	5.5	1.3	0.6	1.7
Iranian Heavy	4.8	14.3	32.7	8.8	22.8	5.1	5.8	1.4	0.6	1.8
Arabian Light	8.9	4.8	18.8	6.6	29.7	7.4	12.6	2.6	1.2	4.4
Arabian Medium	3.2	4.6	26.8	7.6	29.0	7.2	11.5	2.3	1.0	4.0
Oman	3.2	13.0	31.0	12.3	20.0	6.1	6.8	2.1	0.8	2.5
Qatar	2.0	13.5	33.0	8.7	24.0	5.6	6.8	1.5	0.7	2.2
Umm-Sharif	11.5	13.6	24.5	8.6	25.5	5.1	0.6	1.2	0.5	1.9

（出典：平成 12 年度船舶からの温室効果ガス(CO<sub>2</sub> 等)の排出削減に関する調査研究報告書より作成。2MP、3MP はそれぞれ 2-メチルペンタン、3-メチルペンタンを指す）

ボイルオフは LNG タンカーでは顕著な事象であり、輸送する LNG のうち 1 日当たり 0.1%程度が漏出する。このため LNG ボイルオフは活用が進んでいるが、原油タンカーの BOG は少量、低圧であることもあり活用されていない。これについて検討する。

#### (1) 想定プロジェクト

BOG の削減として下記が想定される。

- ・ BOG の再液化、注入
- ・ BOG の燃料利用

## ・ BOG の焼却

焼却はメタン燃焼時に CO<sub>2</sub> が発生することからメタン 1t の焼却による温室効果ガス削減量が  $21-2.75=18.25\text{t-CO}_2\text{eq}$  となるが、3 種類のプロジェクトの中で最も設備が小規模で済み、実現性は高いと考えられる。

### ①BOG の再液化

BOG を加圧下で冷却して凝縮することで再液化することが可能である。空気と混在しているガス濃度が薄い場合、また、メタン等 C 数が小さく凝縮し難い成分がある場合にはガスの濃度を低くすることが難しく、設備費も高くなり、現状では適用されていない。ベースライン排出量は「プロジェクトなかりせば」放出されたであろうと考えられる BOG（中のメタン）の量であり、プロジェクト排出量は再液化に伴うエネルギー消費と考えるのが自然であろう。再液化に用いる冷凍機の冷媒について、代替フロンを用いる場合はそれに伴う温室効果ガスの排出量も考慮する必要がある。

結果として、含有量も 2~12%と低率であり、かつ分子量が少ないメタンを原油中に再度溶解させることにエネルギー消費が伴うため、温室効果ガス排出削減対策としては望ましくない。

### ②BOG の燃料利用

次いで、BOG の燃料利用が考えられる。ここではベースラインは BOG ではない燃料（従来燃料）がそのまま用いられたケースとなると想定され、従ってベースラインは「BOG 放出のメタン漏出+従来燃料燃焼起源 CO<sub>2</sub>」、プロジェクトは「BOG の燃焼起源 CO<sub>2</sub>」となり、従来燃料が重油や軽油である場合、メタン漏出削減と燃料転換の二重の効果がある。

BOG は荷室内で防爆のためイナートガスと混合されていることから、そのままでは燃料とならない。また、発生する BOG の量が限られていることから、他の燃料と併用し、ターボチャージャー等によって（爆発限界より低い濃度で）エンジンに給気することが妥当であると考えられる。ただし、原油輸送に伴うメタンの発生はその 9 割が原油タンカーへの積み荷時に発生しており、航行中の排出は 1 割に満たないため、燃料として利用するのに十分なメタンを確保できるか検証が必要である。

CDM 固有の考え方として、ボイルオフ率が過大評価されていないこと、ならびに意図的にボイルオフ率を高める操作をしていないことを立証する必要がある。この方法としてはボイルオフ率に関して上限を設けること、及び油輸送において BOG の排出は恣意的に操作できないこと、及び BOG を削減するために通常慣行の範囲内で努力を行っていることが示すことの 2 とおり（あるいはその併用）が考えられよう。

### ③BOGの焼却

BOGの焼却は、再液化、燃料利用に比べて設備の規模が小さく済むため、その意味では実現性が高いと考えられる。ここではベースラインは再液化と同じく「プロジェクトなかりせば」放出されたであろうと考えられるBOG(中のメタン)の量であり、プロジェクト排出量はメタンを燃焼させることによって発生したCO<sub>2</sub>の量となる。1tのメタンを削減することで21t-CO<sub>2</sub>eqのクレジットが得られる一方、1tのメタンを焼却することで2.75tのCO<sub>2</sub>が発生するため、21-2.75=18.25t-CO<sub>2</sub>eqの温室効果ガス削減となる。本プロジェクトはCDMでも見られる単純焼却プロジェクトに相当するが、このようなプロジェクトに関するCDMの考え方はMethodological “Tool to determine project emissions from flaring gases containing methane”に記載されている。ポイントは下記のとおり。

単なる焼却(フレア)では温室効果ガス排出削減以外に何ら便益をもたらさない。フレア率のモニタリングが必要。CDMにおける単純焼却プロジェクトでは下記のような算出方法が設けられている。

- ・ オープンフレア：燃焼の連続モニタリングを行った場合のみデフォルト値としてフレア率50%、それ以外は0%。
- ・ クローズフレア：燃焼装置メーカー指定範囲内の温度条件では90%、それ以外では50%、メタン残留量をモニタリングしている場合のみフレア率の実測値が推計可能。

## (2)試算

### ①マクロ的な試算

平成12年度船舶からの温室効果ガス(CO<sub>2</sub>等)の排出削減に関する調査研究報告書(シップ・アンド・オーシャン財団)の中で1996年の原油輸送量をもとに、原油輸送に伴うメタン排出量を推定している。1996年から2007年にかけて原油の輸送量(トンおよびトンマイル)は20%強伸びていることから、ボイルオフ率を同等とすると、2007年にはCO<sub>2</sub>換算で約3.5Mt-CO<sub>2</sub>程度のメタンが排出されている計算となる。これは、国際海運に起因するエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量の約0.4%である。

参考図表 23 原油輸送に伴うメタン排出量 (kt-CO<sub>2</sub>)

	積み荷時	揚げ荷時	積荷航海時	バラスト航海時	合計
附属書I国	29.5	7.3	1.4	1.0	39.3
附属書I国以外	91.0	2.8	4.4	0.3	98.5
世界総計	120.5	10.1	5.9	1.3	137.9
CO <sub>2</sub> 換算値	2,531.1	213.1	124.3	28.0	2,896.4

(出典：平成12年度船舶からの温室効果ガス(CO<sub>2</sub>等)の排出削減に関する調査研究報告書)

## ②ミクロ的な試算

日本船主協会によれば<sup>33</sup>、船舶によって輸送される原油のうち全体の 6～7 割は VLCC(Very Large Crude Carrier)と呼ばれる 20 万～29 万重量トン級の超大型タンカーによって運ばれている。特に中東と日本など、長距離大量輸送が求められるルートでは VLCC が輸送の主役となっている。

ここでは、「船舶からの温室効果ガス(CO<sub>2</sub> 等)の排出削減に関する調査研究報告書」(以下 SOF 報告書) に示されたメタン排出量の算定方法をもとに、30 万重量トン級の原油タンカーから排出されるメタンの量を試算する。なお、輸送する原油の種類は我が国の輸入原油に占める割合が高いアラビアンライト(比重 0.858、BOG に占めるメタンの割合 8.9%) とする。

### 積荷航海中の排出

SOF 報告書では、積荷航海中には、1 週間当たり原油積荷体積の 5%のイナートガスの放出があるものとし、その VOC 濃度は 45%と仮定している。また、平均輸送日数は原油タンカーの平均輸送マイルなどから計算される 3 週間としている。

上記より、30 万トンのアラビアンライト原油は 34.97 万 m<sup>3</sup>であり、3 週間でその 15%の 52450 m<sup>3</sup>のイナートガスが排出されると想定される。これに含まれるメタンは 52450 × 45% × 8.9% = 2100 m<sup>3</sup>であり、1.5t-CH<sub>4</sub> (=31.5t-CO<sub>2</sub>eq) に相当する。

### バラスト航海時の排出

SOF 報告書では、バラスト航海時の荷室内のメタン濃度は 0.87%とし、1 週間あたり原油移動体積量の 3%のイナートガスの放出があるものとしている。航海日数を同様に 3 週間とすると、排出されるイナートガスに含まれるメタンの量は 34.97 万 m<sup>3</sup> × 9% × 0.87% = 274 m<sup>3</sup>であり、0.2t-CH<sub>4</sub> (=4.1t-CO<sub>2</sub>eq) に相当する。

### 揚げ荷時の排出

揚げ荷時には原油の移動とともに輸送パイプ内及び陸上側タンク内で BOG が発生するが、これらのガスは陸上側のグラウンドフレアスタックで助燃剤とともに燃焼処理されているため、環境中への排出は少ない。SOF 報告書では BOG の排出量は原油入荷総体積の 6%としている。これに含まれるメタンは 34.97 万 m<sup>3</sup> × 6% × 8.9% = 1867 m<sup>3</sup>であり、1.3t-CH<sub>4</sub> (=28t-CO<sub>2</sub>) に相当する。

---

<sup>33</sup> <http://www.jsanet.or.jp/newship/html/03oil/006.html>

## 積み荷時の排出

SOF 報告書では総ガス排出量は原油入荷総体積の 1.8 倍、VOC 排出量は 0.72 倍として  
いる。これより、排出ガスに含まれるメタンの量は  $34.97 \text{ 万 m}^3 \times 72\% \times 8.9\% = 22409 \text{ m}^3$   
あり、16t-CH<sub>4</sub> (336t-CO<sub>2</sub>eq) に相当する。

各段階における排出量をまとめると以下の通り。上記に示した値は 1 航海 (6 週間)  
あたりの数字であり、年間 52 週に相当する排出量も併記する。

参考図表 24 30 万重量 t 級タンカーより排出される CH<sub>4</sub> の量

		積荷航海時	バラスト航海時	揚げ荷時	積み荷時	合計
一航海	CH <sub>4</sub> 排出量	1.5	0.2	1.3	16	19
	CO <sub>2</sub> 換算値	31.5	4.1	28	336	400
年間	CH <sub>4</sub> 排出量	13	1.7	11.3	139	165
	CO <sub>2</sub> 換算値	273	35.5	243	2912	3467

単位：トン

以上より、30 万重量トン級の原油タンカーから 1 年間に排出されるメタンは 165t であり、この全量を削減すると想定すると、年間温室効果ガス排出削減量は約 3500t-CO<sub>2</sub>eq となる。クレジット期間を 10 年間、価格を 15 ドル/t-CO<sub>2</sub> とおくと、プロジェクトメカニズムによるインセンティブは約 50 万ドルになる。

なお、ミクロ的な試算では、①原油タンカーが常に満載であること、②想定される BOG の全量が回収・利用されたと見なしていること、③メタン含有率が比較的高いアラビアンライトを輸送することの 3 つの前提に立っている。これらは全て本プロジェクトによる年間温室効果ガス排出削減量を高く見積もる方向に作用する。また、CDM のフレアでの考え方により、モニタリング設備を設けてもオープンフレアの場合デフォルト値が 50% であることに留意する必要がある (なおモニタリング設備の価格は数万ドルのオーダーといわれている)。反面、燃料利用により原油より熱量当たり CO<sub>2</sub> 原単位の高い燃料が代替される場合、上記より高い温室効果ガス排出削減量の計上も想定できるであろう。

## 2.2.2 冷凍コンテナ起源の冷媒削減

### 船舶の冷凍施設対策

漁船や冷凍運搬船等に用いられている冷媒はオゾン層破壊のみならず地球温暖化の原因となる。補給される冷媒の50%は1年以内に消失（放散）するとされている。これら冷媒に起因する温室効果ガス排出量は5.2～8.7Mt-CO<sub>2</sub>と推計されている<sup>34</sup>。また別の推計<sup>35</sup>では現状200万t-CO<sub>2</sub>程度とされており、2050年までには倍増すると考えられている。

冷凍機に関する温室効果ガス排出削減には2つの種類が考えられる。ひとつは高効率冷凍機への高効率化を通じた省エネであり、もうひとつは冷媒そのものの代替である。両方とも冷凍機の交換という点で、行うべきプロジェクトとしては同じである。これらについて以下に述べる。

#### (1)冷媒の代替

冷凍機の代替により使用冷媒が代替される。冷媒の代替による温室効果ガス排出削減の可能性について考察する。

#### ベースラインとプロジェクトにおける冷媒の取り扱い

まず検討しなければならない点として、ベースラインとプロジェクトに用いる冷媒の取り扱いが異なるという点である。京都議定書附属書 A には6つの温室効果ガスが規定されているが、マラケシュ合意に基づき、ベースラインで想定される温室効果ガスはこれらに限定される<sup>36</sup>。つまり、京都議定書に含まれていないが温室効果ポテンシャル(GWP)を有する CFC や HCFC-22 を含む冷媒から、それ以外の冷媒（例えばアンモニアや炭化水素）に移行したとしても、CFC や HCFC-22 の削減分は考慮されないということである。

これに対して、プロジェクト排出量の算出の場合にはアプローチは全く異なる。プロジェクト排出量やリーケージ排出量<sup>37</sup>の計算の場合には、京都議定書附属書 A で記載されていないガスであっても、その温室効果を考慮しなければならない<sup>38</sup>。つまり、特定フロン CFC12 から代替フロン HCFC-22 への冷凍機の交換については、プロジェクト排

<sup>34</sup> シップ・アンド・オーシャン財団、平成12年度 船舶からの温室効果ガス（CO<sub>2</sub>等）の排出削減に関する調査研究報告書。1997年時点での冷蔵・冷凍コンテナからの漏出量を推計。コンテナ耐用年数を20年とし、この間に20ft冷蔵・冷凍コンテナの初期冷媒注入量（約30kg）のおおよそ3～5倍の冷媒量が補給されると仮定。GWPをHCFC-22の1,700と想定して試算。

<sup>35</sup> ICCT、2007、Air Pollution and Greenhouse Gas Emissions from Ocean-going Ships:

<sup>36</sup> A baseline shall cover emissions from all gases, sectors and source categories listed in Annex A within the project boundary. Modalities and procedures for a clean development mechanism as defined in Article 12 of the Kyoto Protocol パラ 44)

<sup>37</sup> 物理的な漏出ではなく、プロジェクト境界外での排出のこと。

<sup>38</sup> 2007年9月 第34回 CDM 理事会レポート。

出量において HCFC-22 の漏出量を考慮しなければならない。CFC12 と HCFC-22 の GWP はそれぞれ 10,600 及び 1,700 であり、CFC12 を使用する冷凍機から HCFC-22 を使用する冷凍機への交換は（漏出率を同量と仮定する限り）温室効果ガス排出削減につながると考えるのが妥当であるが、マラケシュ合意、少なくとも CDM ではそのようには捉えられない<sup>39</sup>。

### 副生 HFC-23 の取り扱い

ここで HCFC-22 を製造する際には HFC-23 が副生されるが、これは京都議定書附属書 A に規定されている温室効果ガスである。HFC-23 の GWP は 11,700 と高く、副生率は 3%程度以内と考えられている。このため、1 トンの HCFC-22 の製造、使用及び最終的な漏出は、付随して 30kg の HFC-23 の副生（放出）を伴うとも考えられ、これらの GWP はそれぞれ CO<sub>2</sub> 換算で 1,700 と 351t-CO<sub>2</sub>eq と計算される。つまり HCFC-22 の潜在的な GWP は 2,051 となり、このうち約 1/6 が「上流部門」の HFC-23 に起因する。

HFC-23 は京都議定書附属書 A に含まれている温室効果ガスであるため、HCFC-22 から非温室効果ガス冷媒に代替する場合、上記のように HCFC-22 の削減分は考慮できなくとも、HCFC-22 製造に伴い副生する HFC-23 の排出削減分について考慮することが可能であろうか、という疑問が生じる。ここで、副生 HFC-23 を回収破壊するプロジェクトは先進国の施設では京都議定書目標達成のため、途上国施設では CDM プロジェクトとして非常に高収益をもたらすため、いずれにせよ既に実施されている。従って上流部門の HFC-23 の排出は起きないとも考えられる<sup>40</sup>。

### モントリオール議定書に伴う要請

2 番目に考慮すべき点としてモントリオール議定書に伴う要請が挙げられる。同議定書に基づき、特定フロン及び代替フロンの製造、消費は先進国（非 5 条国）、途上国（5 条国）とでは異なる。ここで消費は製造＋輸入－輸出と定義されており、使用ではないことに着目されたい。モントリオール議定書に記載されている冷媒の廃絶スケジュールは参考図表 25 の通りである。

---

<sup>39</sup> この検討過程で、プロジェクト起源排出量の計上について下記の 4 つのオプションが提示された（2007 年 7 月 第 28 回方法論パネルレポート：採択されたものはオプション b）

- a) 京都議定書附属書 A に記載されている GHG のみ。
- b) 京都議定書附属書 A に記載されている GHG に捉われない（これらの GWP は IPCC 第 4 次評価報告書のものを採用）。
- c) プロジェクトで用いられる冷媒の GHG がベースラインで用いられる冷媒の GHG に比べて合計値で下回っていることを条件として無視。
- d) 対象プロジェクトを、京都議定書附属書 A に記載されている温室効果ガスを冷媒として用いるもののみ限定。

<sup>40</sup> ただし途上国での施設で CDM の基準に合致するものは 2004 年まで 3 年以上の稼働実績を持つ既存施設に限定される。

参考図表 25 モントリオール議定書に記載されている冷媒の廃絶スケジュール

対象ガス	途上国(第5条国)	先進国(非5条国)
CFC11 等、附属書Aフロン (生産・消費)	基準年：1995～1997年平均 1999年：安定化 2005年：50%減 2007年：85%減 2010年：全廃	基準年：1986年 1989年：安定化 1994年：75%減 1996年：全廃
CFC13 等、附属書Bフロン (生産・消費)	基準年：1998～2000年平均 2003年：20%減 2007年：85%減 2010年：全廃	基準年：1989年 1993年：20%減 1994年：75%減 1996年：全廃
HCFC(生産)	基準年：2015年の生産量と消費量の平均 2015年：10%減 2020年：35%減 2025年：67.5%減 2030～40年：97.5%減	基準年：1989年のHCFC及びCFCの生産量の2.8%及び消費量の2.8%の平均 2004年：安定化 2020年：全廃
HCFC(消費)	基準年：2009～2010年の平均 2013年：安定化 2030年：全廃 2015年：10%減 2020年：35%減 2025年：67.5%減 2030～40年：97.5%減	基準年：1989年のHCFC消費量とCFC消費量の2.8% 1996年：安定化 2004年：35%減 2010年：75%減 2015年：90%減 2020年：99.5%減 2030年：100%減

(出典：Montreal Protocol Handbook より MRI 作成)

従って、例えば CFC からの代替というプロジェクトを考える場合、CFC は 2010 年以降は世界的に生産が全廃されることに留意すべきである。CFC の消費も同様であるが、前述のように CFC の使用は理論的には継続可能である。しかし、冷凍機に含有される CFC 冷媒はほぼ 1～2 年で漏出することを考えると、2010 年の製造全廃以降はほどなくして CFC は冷媒としても使用不可能となる。その意味で CFC 冷媒からの代替は必然と考えられよう。

HCFC については先進国は 2020 年にほぼ全廃（2020 年に存在している HCFC 使用冷凍・空調機器の維持分のみの製造が認められる）、途上国も 2030 年には同様となる。従って国際海運における HCFC-22 の冷媒利用は、当面は CFC のような制約を受けない。このため、冷媒に関しては HCFC の利用は当面は通常慣行とも言えよう。しかし前述のように HCFC-22 を代替しても京都議定書に基づく排出削減クレジットを計上することには困難が付きまとう。

上記を踏まえると、冷媒代替に関してプロジェクトメカニズムとして当面妥当なものは、京都議定書対象物質である HFC 冷媒から低 GWP ガス（メタン、CO<sub>2</sub>）、非 GWP ガス（LPG、アンモニア）等、非フルオロカーボンガスへの代替、あるいは HFC 冷媒の中で低 GWP のものへののであろう。前述の SOF 報告書では、陸上固定用を含めた冷蔵・冷

凍コンテナに使用されている冷媒量は約半分が HFC-134a (GWP=1300) であり、次いで HFC-143a (GWP=4300) 及び HFC-143 (GWP=330) とする調査結果が引用されている。

## (2)冷媒の漏出

冷媒は高率で漏出する。その割合は年間 30～50%程度にも上ると想定されている。特に海運で用いられる冷凍機の稼働状況は過酷であり、漏出の割合を高める要因となる。従って HFC を代替する場合、「プロジェクトなかりせば」のシナリオでもあるベースラインの漏出率を考慮する必要がある。ここでモントリオール議定書に基づく全廃期限が定められている物質については、理論上は使用することが可能であるが、漏出率が高いため製造が中止された後は在庫が急激に底を尽くことが想定されるため、ベースラインでの全廃期限を超えた漏出は想定しないことが妥当であろう。なおこの懸念は、京都議定書附属書 A ガスには当てはまらない。

## (3)試算

冷媒の代替に関しては、現状では下記のケースが考えられる。

HFC 間で GWP の低いものへ転換 (HFC143a→HFC143)

HFC から非フルオロカーボン系への転換 (アンモニア、炭化水素、CO<sub>2</sub> 等)

SOF 報告書に基づき、対象を 20ft コンテナ、冷媒の初期注入量を 30kg、年間漏出率を ICCT 報告書に記載されている 50%とおくと、年間の注入量が 15kg となる。この冷媒を GWP が 1300 の HFC-134a とおき、GWP=0 のアンモニア冷凍機に代替すると仮定すると、年間での CO<sub>2</sub> 削減量は 19.5t-CO<sub>2</sub> となりクレジット期間 10 年では 195t-CO<sub>2</sub> となる (後者の冷凍機で追加的なエネルギー消費が生じる場合はそれについて考慮する必要がある)。CDM クレジット価格を 15 ドル/t-CO<sub>2</sub> とするとこれは 2,925 ドルとなり、冷凍機価格相当程度の影響を生じ得る。

なお、冷媒代替に関する CDM プロジェクトはまだ現実のものとはなっていない。冷蔵庫の冷媒代替に関する方法論 NM0247 が現在検討中である。

### 2.2.3 冷凍機の高効率化

冷凍機を高効率のものに交換する場合、冷凍機の成績係数（COP：供給冷熱÷投入エネルギー）が向上し、省エネとなる。供給冷熱量が 100TJ の冷凍機の COP が 4 から 6 に向上した場合、エネルギー消費量は  $100/4=25\text{TJ}$  から  $100/6=16.7\text{TJ}$  に減少する。この結果 8.3TJ の省エネとなり、エネルギー源（多くの場合電力）に応じた CO2 排出削減となる。供給冷熱は、例えば温度 5℃ の冷水 1 トンを送り、それが冷却を終えて 25℃ となって戻ってくるようなシステムの場合、 $(25-5) \times 10^6 \text{cal}=20\text{Mcal}=83.7\text{MJ}$  と計算される。

ここで難しい点は、交換前の冷凍機の COP の推計である。冷凍機の COP は供給する冷熱の温度、外気温度及び湿度、冷凍機の負荷等、多くの要因に影響され、これらのパラメータから一義的には導かれない。CDM では方法論 AM0060（提出方法論 NM0197）においてこの点が議論され、結果として下記の選択肢が設けられている。

- a) 成績係数、冷凍出力、戻り温度、供給冷熱の温度の一覧表を作成（既存機器で計測）。
- b) 同上（メーカー発表値を元に関数を作成）
- c) 成績係数に関するメーカー発表値（冷熱が供給されるパラメータの範囲の中で最も優れた値）

このうち選択肢 c) は、供給冷熱パターン及び周辺環境の変化が大きい場合には、たとえ高効率機器への代替を行ったとしても、「最も過酷な環境（高温・多湿・低負荷等）における高効率機器の COP」が「最も理想的な環境における低効率機器の COP」を下回ってしまうことが考えられ、結果として排出増と算出されてしまうリスクが存在する。このため、この選択肢は環境変動、負荷変動が少ない場合を除いては望ましくない。

船用の冷凍機の場合、（とりわけ長距離航路では）様々な気象条件での稼働を余儀なくされ、またリーファー輸送のような場合、積載貨物の要求する冷熱の性質も、あるときは冷蔵、あるときは冷凍というように異なることも十分想定される。そのため必然的に a) または b) の選択肢を採用する必要がある<sup>41</sup>。リーファー輸送の場合、冷凍機はコンテナ自体に配備されており、船舶ではないため、プロジェクトを遂行するのは誰か、という問題も生じよう。

先ほどの 20 フィートコンテナの例を用いると、冷媒の出力を仮に同型コンテナに典型的な 5kW（7 馬力程度）、稼働時間を 5000 時間とおくと、年間出力は 25MWh となる。この COP を 4 から 6 に増加させるような機器代替を行った場合、消費電力量は  $25/4 - 25/6$

<sup>41</sup> これに対して、例えば LNG、LPG 輸送船の場合、供給冷熱の温度はマイナス 50℃ 等、ほぼ一定であり、かつ常に満載状態である。しかしこれらの船舶は冷凍機を搭載しない（断熱のみ）ため、ここでは検討しない。

= 2.08MWh となる。このエネルギーは船用エンジンにより賄われ、CO<sub>2</sub> 原単位を仮に 1t-CO<sub>2</sub>/MWh とおくと、年間では 2.08t-CO<sub>2</sub> の排出削減となり、先ほどの冷媒代替と比較して 1 オーダー低い値となる。クレジット期間 10 年、価格 15 ドル/t-CO<sub>2</sub> ではこれは約 300 ドル強に相当し、冷凍機代替のインセンティブとしては無視は出来ないものの、小さい。

## 参考資料 3. 用語集

### 1. 海運・国際運輸関係

CO2 Index	IMO において現在検討されている、船舶の CO2 原単位表記を義務付ける制度。
EEDI	Energy Efficiency Design Index (エネルギー効率設計指標)。 設計時点における船舶の輸送効率を推定するための指標。または、波や風のある実海域を考慮した、個々の船舶の CO2 排出性能(燃費性能又は環境性能)を表す指標。
EEOI	Energy Efficiency Operational Index (エネルギー効率運航指標)。 運航時の船舶の実質輸送効率を示す指標。または、個々の船舶から実際に排出された CO2 排出量を示す指標。
HFO	Heavy Fuel Oil : C 重油に相当。
IMO	International Maritime Organization (国際海事機関)。海事全般に関する国際的な制度設計を行う。国連の特別機関の一つで、本拠地はロンドン。ウェブサイトは <a href="http://www.imo.org/">http://www.imo.org/</a> 。
ICAO	International Civil Aviation Organization (国際民間航空機関)。国連の専門機関の一つ。本部はカナダのモントリオールにある。ウェブサイトは <a href="http://www.icao.int/">http://www.icao.int/</a> 。
IMERS	International Maritime Emission Reduction Scheme。 国際海運排出削減制度。国際海運燃料に課金し、排出権購入、適応、海運における排出削減対策等の資金とする提案。Andre Stochiniol による。ウェブサイトは <a href="http://www.imers.org">http://www.imers.org</a> 。
MDO	Marine Diesel Oil : A 重油に相当。
MEPC	Marine Environmental Protection Committee (海洋環境保護委員会) : IMO 内に設けられた環境問題を検討する委員会。

## 2. 国際環境政策関係

COP	Conference of the Parties（気候変動枠組条約条約の締約国会議）。
MOP	Meeting of the Parties（議定書の締約国の会合）。
LDC	Least Developed Countries（低開発国）。一般的に1人当たりGDPが900ドル以下の国。現在50か国存在し、リベリアも含まれる。
SIDS	Small Island Developing States（小島嶼途上国）。現在38か国存在し、バハマ、シンガポールも含まれる。
SRES	IPCCによる排出シナリオに関する特別報告書。（2000年：Special Report on Emission Scenarios）
UNEP	United Nations Environment Program（国連環境保護計画）。
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change （気候変動に関する国際連合枠組条約） 1992年にリオデジャネイロで開催された地球サミットにおいて155ヶ国が「気候変動に関する国際連合枠組条約」に署名、1994年同条約が発効した。同条約では、温室効果ガス濃度を、気候システムに対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準で安定化させることを究極の目的とし、「共通だが差異のある責任」の原則のもとで、条約の附属書Ⅰ締約国が率先して温室効果ガス排出削減に取り組み、温室効果ガス的人為的排出のより長期的傾向を是正させるような政策を策定し対応措置を講じることを求めているほか、附属書Ⅱ締約国と呼ばれる先進国に対して、途上国に気候変動に関する資金援助や技術移転などを実施することを求めている。 附属書Ⅰ締約国、附属書Ⅱ締約国、非附属書Ⅰ締約国リストは、以下を参照。 <a href="http://unfccc.int/parties_and_observers/items/2704.php">http://unfccc.int/parties_and_observers/items/2704.php</a> 2005年5月現在、188か国及び欧州連合が締結している。 <a href="http://unfccc.int/parties_and_observers/parties/items/2352.php">http://unfccc.int/parties_and_observers/parties/items/2352.php</a>
マラケシュ合意 (Marrakesh Accords)	2001年11月、マラケシュ（モロッコ）で合意された京都議定書の細則。
モントリオール議定書 (Montreal Protocol)	正式名称は「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」。1987年に採択、1989年発効。日本は採択時に署名。2006年2月現在の締約国数は188か国+EC。事務局はナイロビのUNEPに置かれている。 ウィーン条約に基づき、オゾン層を破壊するおそれのある物質を特定し、該当する物質の生産、消費及び貿易を規制することをねらいとしている。具体的には、成層圏オゾン層破壊の原因とされるフロン等の環境中の排出抑制のための削減スケジュールなどの規制措置を定めている。 議定書の発効により、特定フロン、ハロン、四塩化炭素などが1996年以降全廃となり、その他の代替フロン、ハイドロクロロフルオロカーボン（HCFC）なども順次、全廃となった。さらに、毎年同議定書の締約国会議が開かれ、1990年のロンドン改正、1992年のコペンハーゲン改正、1997年モントリオール改正、1999年北京改正により規制強化が図られている。

### 3. CDM・排出量取引関係

CDM	クリーン開発メカニズム(Clean Development Mechanism)。京都議定書の下に設けられた制度で、気候変動枠組条約非附属書 I 国（途上国）において実施されたプロジェクトによる排出削減クレジット（CER）を附属書 I 国に移転するもの。
CDM-EB (CDM 理事会)	CDM Executive Board。京都議定書の下に設けられた CDM の運営を行う機関。現在正委員 10 名、副委員 10 名からなる。
CER	Certified Emission Reductions。CDM クレジットのこと。 CDM で発行される国連が認証した CO2 削減クレジット。Certified Emission Reduction の略語。排出削減目標を持つ附属書 I 国間で取引される「共同実施」からのクレジットは Emission Reduction Units（ERU）と呼ばれる。
DOE	Designated Operating Entity（指定運営組織）。Validation 及び Verification を担当する組織。監査法人等が担う場合が多い。
EUETS	EU Emission Trading Scheme。EU 域内排出量取引制度。
Validation	日本語では有効化という呼称が最も用いられる。あるプロジェクトを CDM として適格であることを認証する作業で、DOE により行われる。
VER	国連以外の団体が認証した CO2 削減クレジット。Verified Emission Reduction の略語。第三者により検証された自主的な排出権であり、国連承認を得たものではない。京都議定書に参加していない米国、または京都議定書の遵守に関して直接的な義務を持たない企業の CSR 対策として一定の役割がある。取引価格は通常 CER に比べて安価である。
小規模 CDM (Small-scale CDM)	マラケシュ合意に記載された小規模な CDM プロジェクト。具体的には①15MW 以下の再生可能エネルギー施設、②年間 60GWh 以下（期待値）の省エネプロジェクト、③その他、年間排出削減量が 60,000t-CO2（期待値）以下のプロジェクトを指す。手続きの簡略化、CDM 登録費用の割引等が適用される。
追加性 (Additionality)	「プロジェクトがない場合に生じる削減に対して、追加的な排出削減」と京都議定書に記述されている。ある CDM プロジェクトが「CDM なかりせば」行われなかったと考えられるとき、そのプロジェクトは追加的であると呼ばれる。追加性の立証は Validation の重要な項目であり、一般的に資金・投資上の障壁（排出権収入がなければ収益性が悪く、資金回収が困難）、または技術上の障壁（先進国の技術参加がなければ実施不可能）等を示すことにより行われる。
方法論 (Methodology)	CDM プロジェクトにおける排出削減量の算定方法を記載した文書。CDM プロジェクトの登録に先立ち、CDM 理事会の承認を得る必要がある。2009 年 3 月現在、下記の数の方法論が存在する。 大規模プロジェクト方法論：77 統合方法論：15（これらの統合等により作成される） 小規模方法論：35 吸収源方法論：10（植林等）
オークション (Auction)	キャップ・アンド・トレード型の 1 つの方法。 監督官庁が排出枠（の一部）を公開入札（競売）によって販売する方法である。グランドファザリングと対極をなす。
キャップ・アンド・ト	排出量取引の形態のひとつ。一定期間に許容される総排出枠（排出量キャ

<p><b>レード型</b> (Cap and Trade)</p>	<p>プ、初期割当)をまず設定し、次にこの許容総排出枠をすべての排出権取引参加者に割り当てる(分配)ステップが取られる。一旦排出枠が配分されると、割当を受けた組織(企業)は自由にその排出枠の売買ができる。この割当の方法が排出権取引制度の設計上の最重要ポイントとなるが、通常「グランドファザリング」と「オークション」の2つの排出権分配方法に大別される(相補的に使われる場合もある。)</p>
<p><b>グランドファザリング</b> (Grandfathering)</p>	<p>キャップ・アンド・トレード型の1つの方法。オークションと対極をなす。当該組織(企業)の基準年(過去)の実績を元に、割り当てる方法を指す。</p>
<p><b>ベースライン</b> (Baselines)</p>	<p>CDMに関して用いる場合、「CDM なかりせば」の状態を指す。つまり、プロジェクトが実施された場合、ベースラインはいわば仮想的な状態である。この仮想的なベースラインを推計する手法が CDM の方法論の根幹である。ベースラインは大別して下記のいずれか、または双方をさすことが多い。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ベースラインシナリオ: 「CDM なかりせば」の場合のシナリオ</li> <li>・ ベースライン排出量: 上記シナリオの場合の温室効果ガス排出量。これとプロジェクト排出量との差が CER 算出の根本となる。</li> </ul>
<p><b>ベースライン・アンド・クレジット型</b> (Baseline and Credit)</p>	<p>排出量取引の形態のひとつ。参加者は、ベースライン(上記)を設定し、それからの削減努力をあらかじめ規定された手順に従って算出する。キャップ・アンド・トレードと異なり、絶対的な排出枠を伴わない。</p>
<p><b>リーケージ</b> (Leakage)</p>	<p>プロジェクト活動の結果、プロジェクト境界の外界において GHG の排出・吸収が生じること。石炭から天然ガスに代替する場合、リーケージとして採炭時のメタンが削減される代わりにガス採掘時の漏出、液化時のエネルギー消費等がリーケージに相当する(CDMにおいて何をリーケージとして考慮するかは方法論に依存する)。</p>
<p><b>レトロフィット</b></p>	<p>既存の劣化した機械を修理し、精度や機能を新品同様に復元するだけでなく、最新技術等を付加して新鋭機にチューンアップすること。</p>

#### 4. その他

**ERC** Emission Reduction Credit。本調査では、排出削減クレジットの一般呼称として用いた。

#### 参考資料 4. 排出権価格の推移

EU 排出量取引スキーム（EU-ETS）は、2008-2012 年にかけて第 2 フェーズが実施されている。第 1 フェーズ（2005-2007 年）は試行期間であり、第 2 フェーズは京都議定書第 1 約束期間と同じ期間を対象とした本番といえる。第 2 フェーズにおける排出権価格の推移を以下に示す。

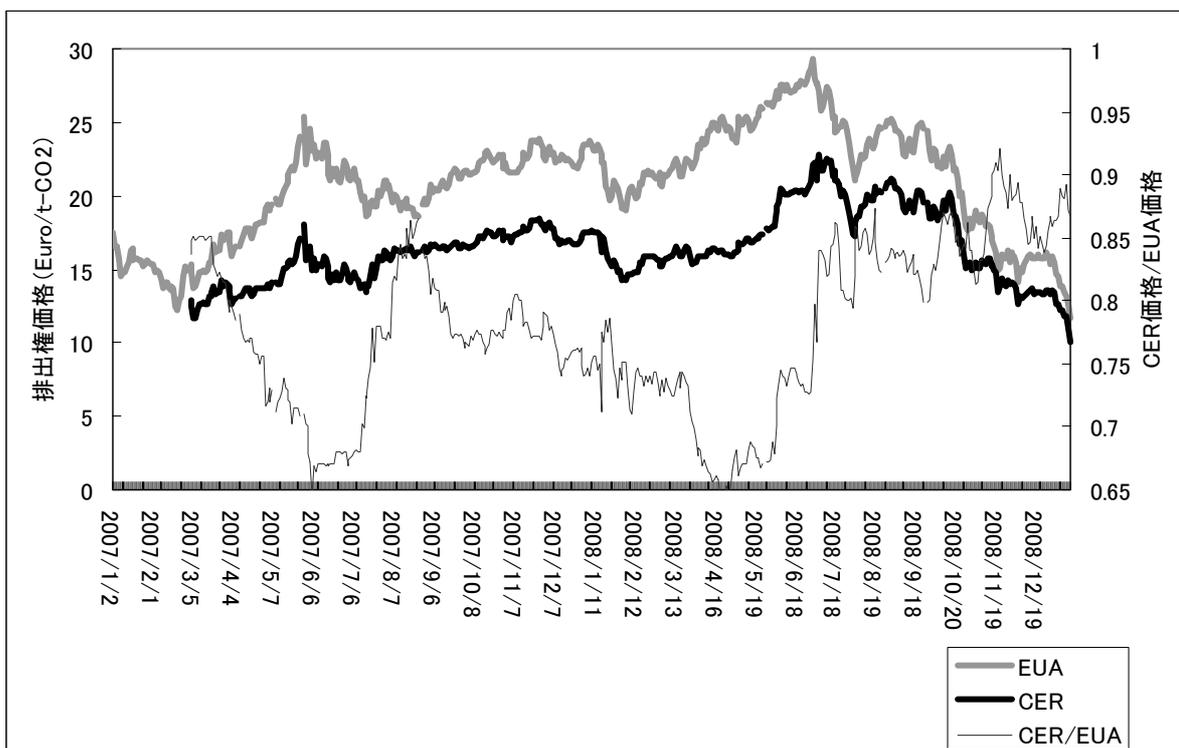


図 0-1 EU-ETS 第 2 フェーズにおける排出権価格推移

（出典：Argus Media データより MRI 作成：EUA、CER 価格は 2008 年内は 2008 年ビンテージ、2009 年は 2009 年ビンテージ）

図 0-1 は EU 排出枠（EUA）及び CDM プロジェクトからのクレジット（CER）の価格の変動を示したものである。第 1 フェーズでは割当てられた排出枠が余剰状態にあったため、価格が暴落し EUA はほとんど価値をもたないものとなったが、第 2 フェーズでは、欧州委員会による割当の審査が厳しく行われたため余剰状態には陥らず、2008 年前半までは 20～30 ユーロ/t-CO<sub>2</sub> 程度で推移した。また、EU-ETS では CER も売買されているが、2013 年以降への繰越が限定されるという CDM 特有のリスク（低い流動性）があるため EUA よりも低価格で推移している。しかし、CDM は制度的にも安定して運用されていることから、EUA 価格との乖離は小さい。

前述のように、CDM プロジェクトから 2012 年までに期待されるクレジット量は 25

億 t-CO<sub>2</sub> 以上にもものぼり、EU（及び日本）で京都議定書遵守のために想定される排出枠の不足量を大幅に上回る<sup>42</sup>。これに加えて共同実施（JI）からのクレジット、及びロシア等の余剰排出枠の移転が期待される。反面、大規模な排出権の購入が必要なカナダは京都議定書目標を遵守する意思がない。このため排出権の需給バランスは一見大幅な供給超過となっている。これにも係らず EUA 及び CER 価格が安定的に推移している理由として、国家排出枠（AAU）及び EUA は 2012 年以降への繰越が可能であるのに対して共同実施（JI）及び CDM のクレジットの繰越可能量は限定されていることが挙げられる。また、2008 年 12 月に合意された新しい欧州気候パッケージは、気候変動対策に関する国際合意がない場合、2012 年以降の CER 調達可能性を狭める可能性がある。このため、ETS 参加者は共同実施（JI）及び CDM のクレジットを調達し、EUA を翌期に温存するインセンティブがある。これはまさに悪貨が良貨を駆逐している状態であり、CER ヘッジングとも呼ばれる。CER ヘッジングは CER 価格が安定的に推移し、EUA 価格を押し下げる要因となっていない理由と推測される。

### 経済危機と排出権価格

2007 年のサブプライム危機にはじまった経済危機は世界を襲い、各地で株価は大幅に下落した。これに対して、前述のように 2007 年以降の ETS 価格は上昇を続け、2008 年 6 月には 30 ユーロ/t-CO<sub>2</sub> 近くを記録した。この間、排出権価格は経済情勢の影響を受けないように見えたが、このような高騰の背景には石油価格の上昇があった。石油価格の上昇はガス価格の上昇を招き、従って欧州の発電事業者は、ガス火力よりも「石炭＋排出権」を選好、結果として排出権価格の上昇を招いた。

しかし、2008 年夏以降の石油価格の下落はこの逆の現象を招き、ガス利用の増加を促した。さらに 2008 年 9 月のリーマンショックを契機とした金融危機で、排出権売買による収益に期待をした金融企業がキャッシュの確保及び市場の悲観的予測のため EUA を放出し、EUA 価格は以後の 6 か月で 40%前後に下落、2009 年初頭には 11 ユーロ/t-CO<sub>2</sub> 台で推移している。これは株価と同等以上の変動である。この過程で EUA と CER との価格差が縮まる現象が起きているが、これは ETS 対象企業が EUA を放出して（少しでも安価な）CER を保有するという、窮余のキャッシュ確保策を講じたこと、及び CER には EUA とは異なり、EU 以外にも市場（日本）が期待できることも一因と考えられる。

2008 年後半以降、景気の低迷の長期化の観測、及び実体経済の動向に関する悲観的観測を反映し、排出権価格は将来のビンテージにわたるまで大きく下落している。

---

<sup>42</sup> 日本の 2006 年の温室効果ガス排出量（1990 年比 6.4%増）と京都議定書目標（ほぼ 1990 年比 6.0%減）の差異を取ると、年間約 1.6 億 t-CO<sub>2</sub>、約束期間全体では 8 億 t-CO<sub>2</sub> となる。EU27 各国全体ではほぼ京都議定書目標に沿っており、西欧での不足分が東欧の余剰分と相殺する。



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  
海運起源のGHG排出削減制度としての国際的プロジェクトメカニズムに関する調査報告書  
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。

ISBN978-4-88404-226-4

