



# 海の環境革命

～海事社会と地球温暖化問題～



財団法人 日本海事センター  
Japan Maritime Center

## はじめに

現在、地球環境の保護が国際社会の重要課題となっています。特に地球温暖化の防止については、1997年に京都議定書が採択され、先進国に温室効果ガスの排出量を削減する義務が定められました。また、2009年12月には国連気候変動枠組条約の第15回締約国会議(COP15)が開かれ、京都議定書に定めのない2013年以降の地球温暖化防止の枠組みについて審議が行われました。

船によって貨物輸送を行う国際海運においては、貨物輸送の依頼者、船の運航事業者、そして船の所有者が複数の国に存在することが多いため、運航される船の温室効果ガス排出量を特定の国に割り当てるのが困難です。このため、国際海運の温室効果ガス排出量については、京都議定書の下で削減対象とはされず、国連の専門機関であるIMO(国際海事機関)において削減に向けた検討が進められています。

このように、地球温暖化の防止に向けた国際的な取り組みが重要課題となっていますが、その一方で、海運業や造船業を中心とする日本の海事社会は、これまで船の省エネ化と温室効果ガスの排出削減に積極的に取り組んできました。四方を海に囲まれた島国に住む私たちにとって生活と産業を支える海運は極めて重要な存在ですが、そうした日本の海事社会の取り組みについては国民に広く理解されているとはいえません。

本書は、海運の重要性、地球温暖化の問題、そして『海の環境革命』とも呼べる海事社会における地球温暖化対策について、分かりやすく紹介することを目的としています。地球環境の保護との調和を図る海洋立国の実現に向けて、次世代を担う青少年を始めとする幅広い国民各層の方々が、日本の海運の重要性と海事社会における地球温暖化対策について知識と理解を一層深めることができれば幸いです。

財団法人 日本海事センター  
会長 松尾 道彦



## 目次

- 世界を結びつける海の路 ..... 4
- 私たちの暮らしを支える海運 ..... 6
- 日本の産業を支える海運 ..... 8
- 地球温暖化の原因と影響 ..... 10
- 地球温暖化を防ぐ ..... 12
- 海運における温暖化防止の枠組み ..... 14
- 船の省エネ技術開発 ..... 16
- 海のエコドライブ ..... 18
- 環境にやさしいエコシップ ..... 20
- 船の燃費指標づくり ..... 22

# 世界を結びつける海の路

海は地球表面の約7割を占める広大な領域であり、190を超える世界の国々のうち150カ国が海に面しています。地球表面の約3割を占める陸地に居住する人類にとって、自らの歴史を海と切り離して語ることはできないでしょう。

人類は太古の昔に丸木船を用いて海へと一歩踏み出して以来、豊かな漁業資源を与えてくれる場としてだけでなく、人やモノを輸送する「海運」を営む場としても海を利用してきました。

また、海は輸送や交易の場であるだけでなく、富や繁栄を求めて勢力圏を拡大するための戦いの場でもあり、古代ギリシア・ローマ時代より交易の独占を目指して海の支配権が争われてきました。

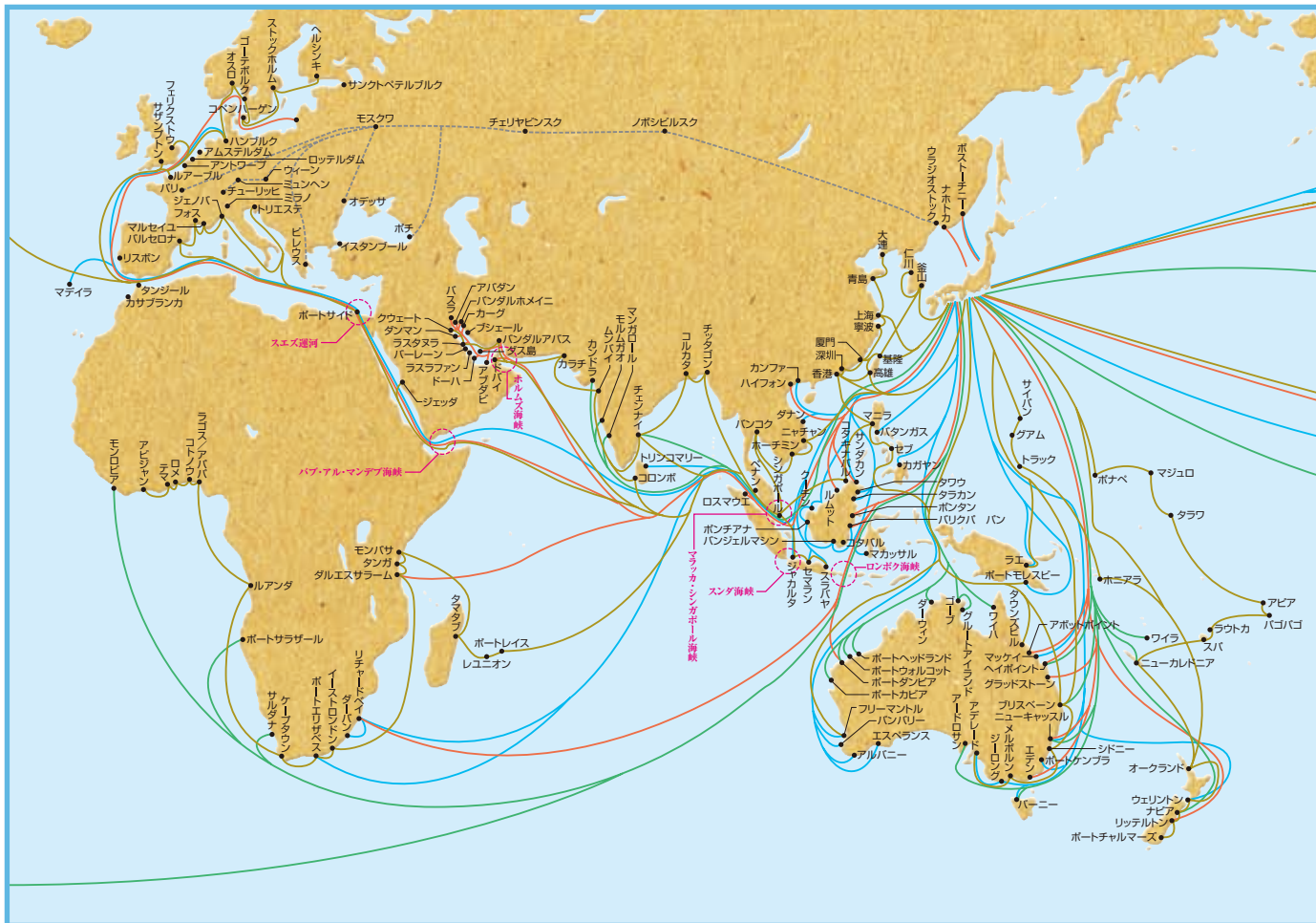
こうした海における人類の活動は、地中海交易、大航海時代、新大陸の発見、そして世界一周航路の発見に代表されるような「海の路」の拡大とともに、ますます活発となります。富を求めたヨーロッパ社会はアジア・アフリカと出会い、

イギリスでの宗教弾圧から逃れた人々は、新大陸アメリカに渡り「自由の国」の礎を作りました。黒船来航により開国した東洋の小国日本は、海軍力によって強国ロシアを打ち破り列強の仲間入りを果たしました。世界は海を通じて地理的にも社会的にもひとつにつながっていったのです。

人やモノ、情報などの移動が国境を越えて地球規模で拡大する現代のグローバリゼーションの中でも海運は重要な役割を果たしています。国際貿易の進展や生産拠点の分散化により、効率的で柔軟な輸送手段が必要とされるようになりました。低コストで大量輸送が可能な海運はこうした必要性に応える形でグローバリゼーションの一翼を担っています。

人類の歴史とともに発展してきた海運は、私たち日本人にとっても「衣・食・住」に必要な生活物資、産業活動に不可欠なエネルギー資源や工業原料を世界各地から輸入する手段として重要な役割を果たしています。

## —— 世界へ広がる海の路 ——





## 日本の海事社会

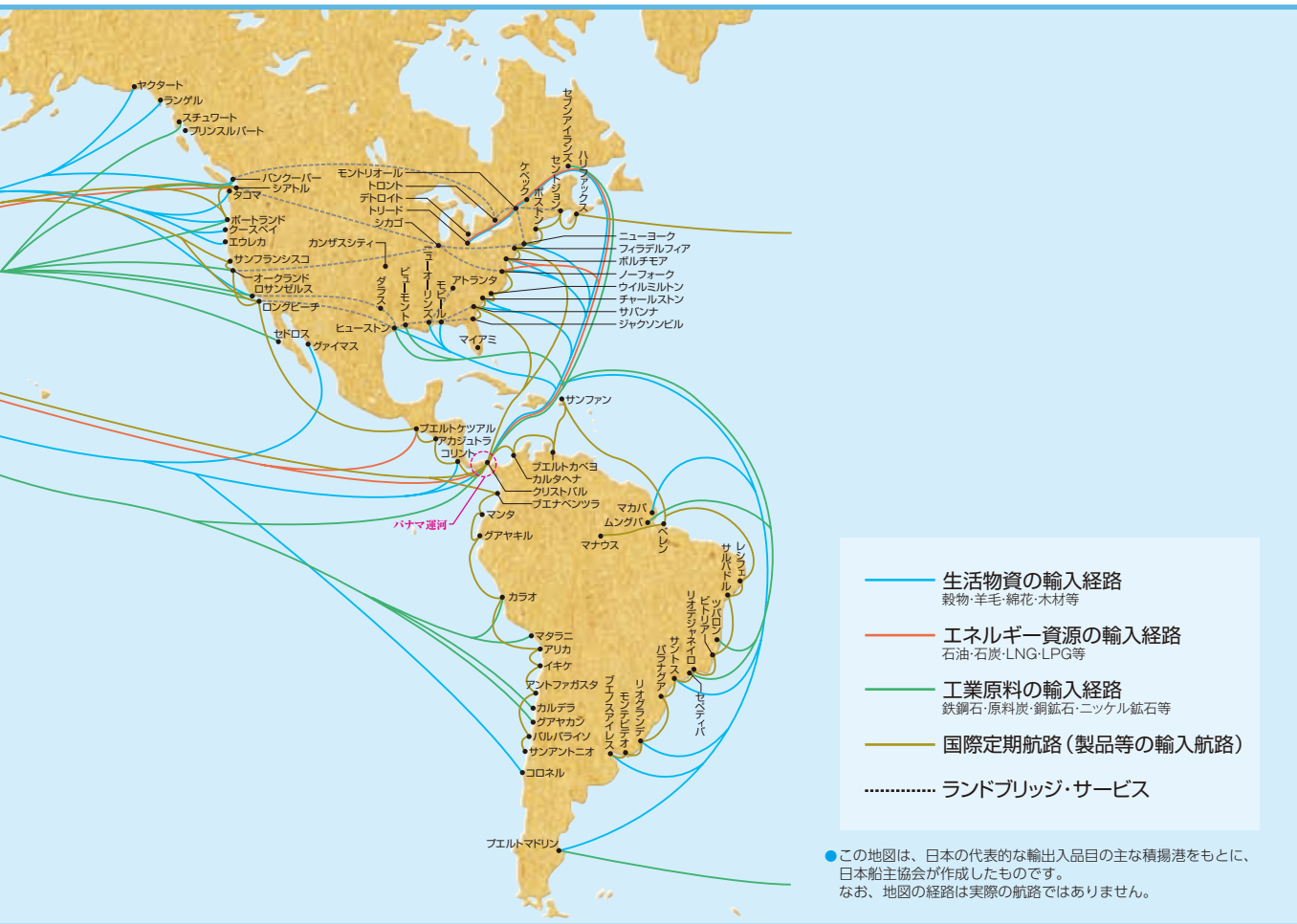
日本の海運業は100年以上の歴史があります。明治時代以降、日本の海運会社は多くの近代船を建造して船隊規模を世界第3位にまで拡大しました。第二次世界大戦中に日本の商船隊は壊滅的な打撃を受けますが、戦後は計画的な建造を進め、再び船隊規模を拡大させました。2007年現在、日本が保有する船舶は漁船も含めて世界第2位の隻数(6,519隻)を誇ります。(総トン数は12,788千トンで世界第16位です。)

また、海運に不可欠な船の建造を担う造船業も、日本は新造船の建造量で過去半世紀近くにわたり世界第1位を維持し、現在も韓国や中国とトップシェアを争っています。

このように、日本では世界有数の海運業と造船業をはじめ、船舶用の機器を製造する船用工業や港湾・倉庫業など海運に係わる関連産業が発達しています。四方を海に囲まれ、海の恩恵を広く受ける日本の社会及び経済が発展するためには、こうした海運に係わる海事社会の存在が不可欠といえるでしょう。



日本の豊かな生活と産業を支える海運  
(写真提供：日本郵船)



# 私たちの暮らしを支える海運

世界有数の経済大国である日本は、約38万km<sup>2</sup>という世界第61位の広さの国土に世界第10位の規模である約1億3千万人も的人口を抱えています。

活発な産業活動と国民の生活を支えるためには大量のエネルギーを必要としますが、資源に乏しい日本は、その多くを輸入に頼らざるをえません。たとえば、自動車の燃料として使われるガソリンや各家庭に供給される都市ガスへと形を変える原油や天然ガスは、ほぼ全て海外からの輸入に依存しています。



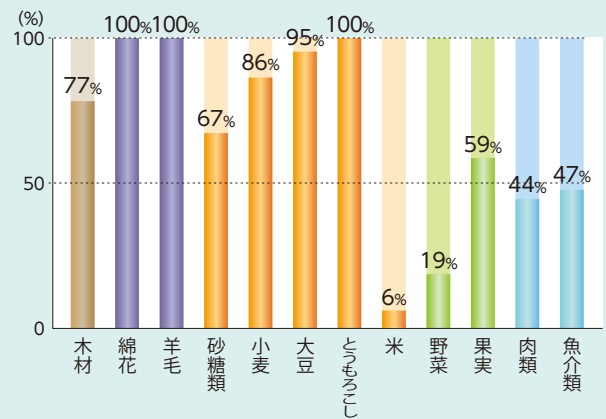
日本へのLNG(液化天然ガス)の安定供給に貢献するLNG船  
(写真提供：商船三井)

私たちの食卓に上る食材の多くも海外から輸入しています。たとえば、パンやめん類の原料である小麦、味噌やしょう油の原料である大豆のほとんどは輸入されたものです。日本の食料自給率はカロリーベースで約4割と決して高くはありません。

また、住居や家具に使用される木材の約8割、あるいは衣料品の原料の大部分も海外からの輸入に依存しています。

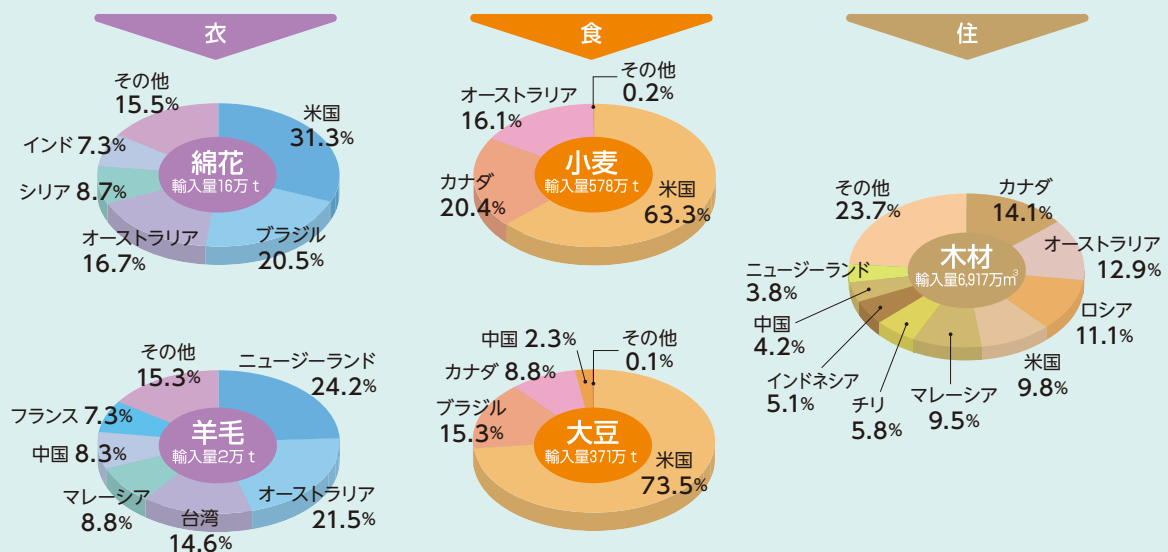
私たちの「衣・食・住」は、海外からの物資の輸入なくしては成立しえないといえるでしょう。

■ 主な「衣・食・住」関連物資の輸入依存度 (2007年)



出典：「食料需給表」2007年度版、「木材需給表」平成19年 などをもとに作成

■ 「衣・食・住」関連物資の主な輸入先 (2008年)



(注) 木材のみ 2006年

出典：財務省貿易統計、「森林・林業白書」2008年版をもとに作成



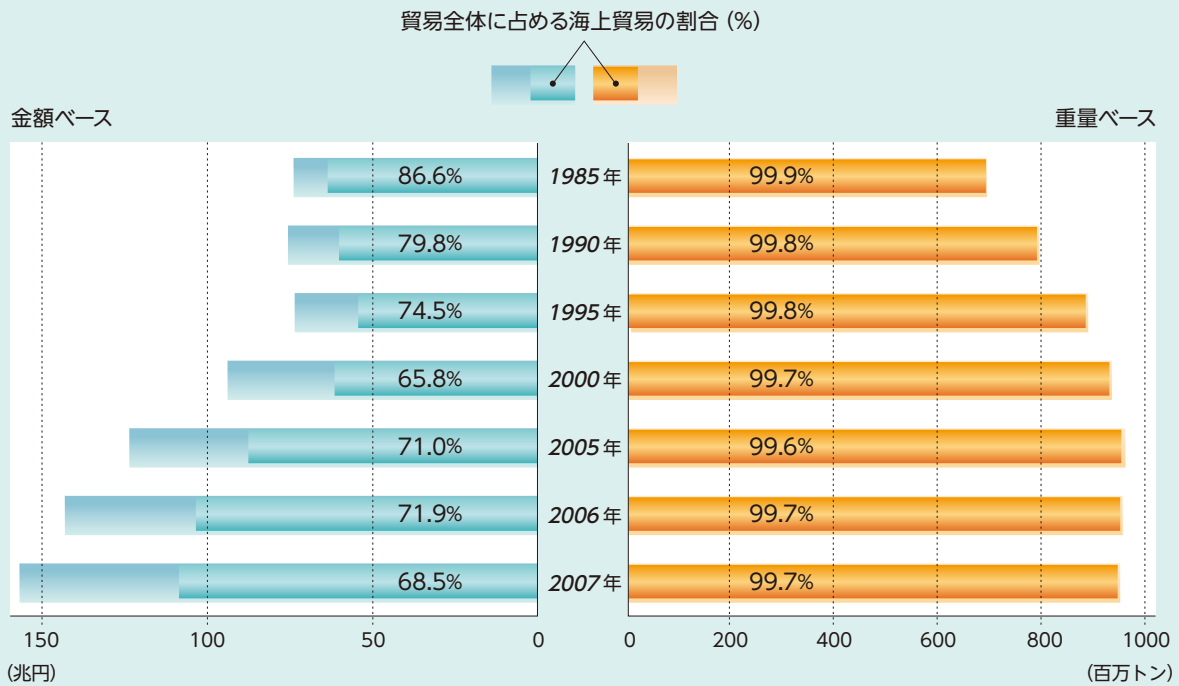
このように、私たちは暮らしに必要な資源・原材料・食料の多くを海外から輸入し、同時に自動車や電気機器など多くの製品を輸出していますが、これらの輸出入を支える重要な輸送手段が海運です。その重要性は、日本と海外との貿易に占める海上輸送の割合を見れば明らかでしょう。

2007年の日本の貿易量(輸出入の合計)は金額ベースで約157兆円、重量ベースで約9億6,700万トンですが、そのうち船による海上輸送は金額ベースで全体の68.5%、重量ベースで全体の99.7%を占めています。このように、海運は私たちの生活と日本の貿易にとって不可欠な存在となっています。



日本の産業と国民生活を支える原油を運ぶ原油タンカー  
(写真提供：日本船主協会)

### 日本の貿易に占める海上貿易の割合



出典：日本船主協会「日本海運の現状」をもとに作成

# 日本の産業を支える海運

海運は、日本の産業活動にとっても重要な役割を果たしています。たとえば、国内の港から港へ物資を運ぶ内航海運は、国内貨物輸送の約4割を占め、産業活動に必要な鉄鋼やセメントなど資材・原材料においては、国内貨物輸送の約8割以上を担っています。

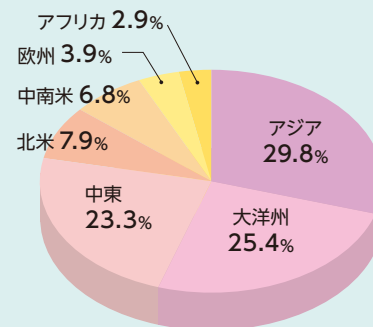
これは、日本が南北に細長い島国であり大都市や大工業地帯のほとんどが沿岸部に立地していること、そして、トラックや鉄道など他の輸送手段と比べて海運が長距離・大量輸送に優れていることと関係があるといえます。

国土が狭く資源に乏しい日本は、輸入した原材料を加工し、製品として諸外国に輸出する「貿易立国」として発展してきました。工業原料となる鉄鉱石、原料炭、銅、ニッケルなどはオーストラリア、ブラジル、南アフリカなどの資源国から船で運ばれてきます。戦後は繊維製品や重化学工業製品、そして現在では日本の輸出品目の代名詞ともいえる、自動車、家電製品、映像機器、半導体など、さまざまな製品が海外に輸出されており、海運はその輸送手段として重要な役割を果たしてきました。まさに、海運は日本経済の大動脈として活躍してきたのです。



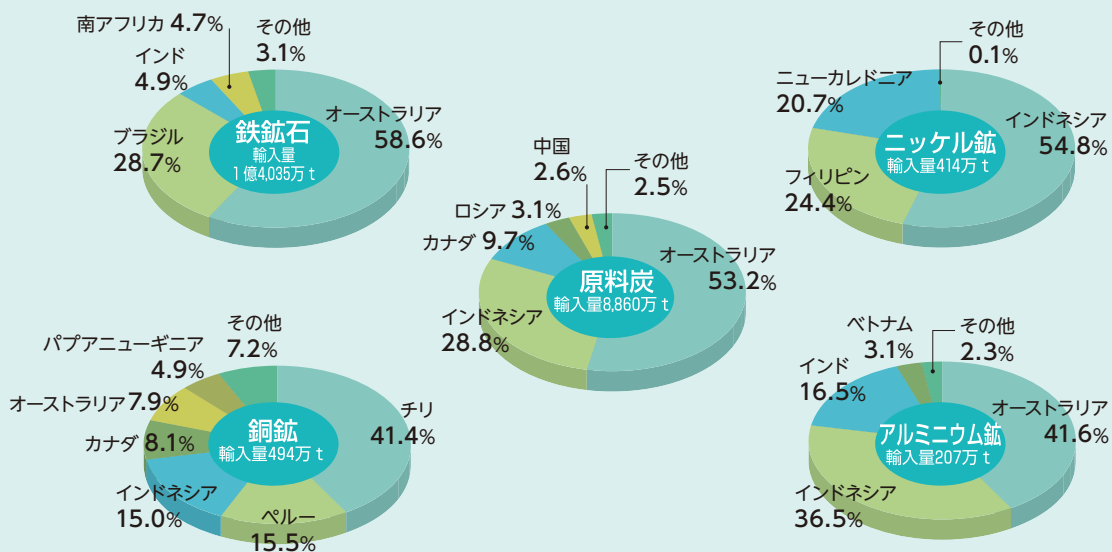
トラックなどにより貨物を積み降ろしするRO-RO船（写真提供：栗林商船）

■ 日本の地域別海上貿易量の内訳（2008年）



出典：国土交通省海警局資料をもとに作成

■ 主な工業原料の輸入先（2008年）



出典：財務省貿易統計をもとに作成

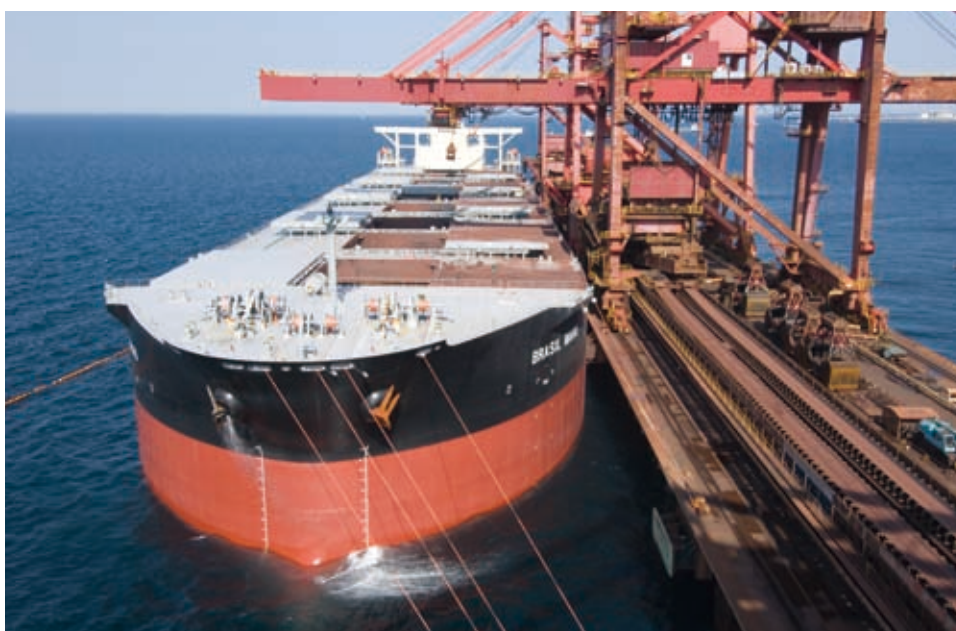




国際定期航路の主力として多種多様な貨物を運ぶコンテナ船（写真提供：川崎汽船）

1980年代後半以降、経済のグローバル化にともない、日本企業は海外に生産・販売拠点を展開しており、そこでも海運は重要な役割を果たしています。海外展開する日本企業にとっては、製品を製造・販売する工程において、世界各地の生産・販売拠点の間を結ぶ国際物流ネットワークを構築する必要があります。

日本の海運は、船の大型化を進め、高度な情報管理システムを導入することにより、迅速かつ効率的で高品質な物流ネットワークのシステム化を実現し、海外に展開する日本企業の活動を支えています。



原料産出地と日本の生産拠点を結ぶ鉄鉱石専用船（写真提供：商船三井）

# 地球温暖化の原因と影響

現在、地球表面の大気や海洋の温度上昇により人類や環境に悪影響をもたらす地球温暖化問題が注目されています。この地球温暖化は、石炭や石油などの化石燃料の使用により排出される二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）を中心とする温室効果ガスによって引き起こされていると考えられています。

太陽により暖められた地表から出る熱（赤外線）を吸収する温室効果ガスには、熱を再び地表に放射して大気を暖める温室効果があります。18世紀半ばの産業革命以降、人類は化石燃料を大量に燃やしてエネルギーを得る生活を続けてきたため、人類活動を原因とするCO<sub>2</sub>排出量が増加し、大気中の温室効果ガスの濃度が上昇しました。その結果、温室効果がこれまで以上に大きくなり、地表の温度が上昇しています。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)が公表した地球温暖化に関する報告書によれば、1906年から2005年までの100年間で世界の平均気温は約0.74℃上昇し、世界の平均海面水位は約17cm上昇したと推計されています。

急激な気温の上昇は地球環境に大きな影響をもたらします。たとえば、南極ではウィルキンズ棚氷という巨大な棚氷が約1ヶ月で消失しましたが、その面積は東京都23区の約3分の2に相当します。また、大型のサイクロンや干ばつ、熱波や寒波などの異常気象が世界各地で観測されています。

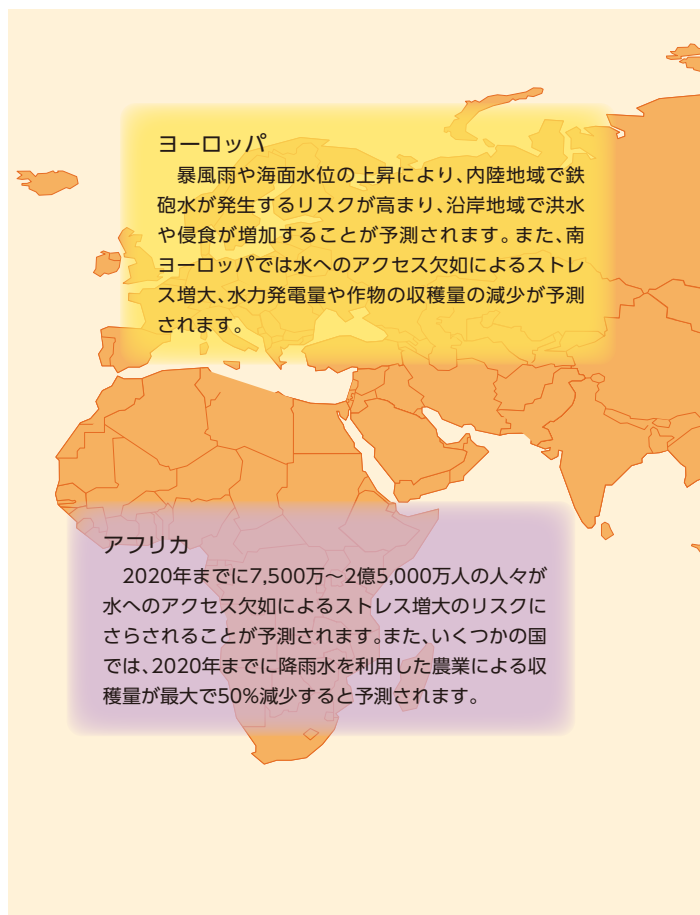
さらに、動植物の絶滅や生態変化など、生態系全体にも影響が現れ始めています。たとえば、繁殖・産卵時期に悪影響が出て個体数が減少した渡り鳥のケースや、その生息域を極地方向や高地へ移動させた動植物のケースなどが報告されています。中には、温暖化の影響により増殖した菌により絶滅したカエルや、サンゴの白化現象も報告されています。

こうした気候変動や環境変化は人間社会にも大きな影響をもたらします。海面上昇による浸水や侵食に伴う水害や居住区域の減少、干ばつによる水不足や農作物の生産量の減少、感染症や熱中症患者の増加など、私たちの暮らしや健康を脅かす影響が出ると予測されています。

## 温室効果のメカニズム

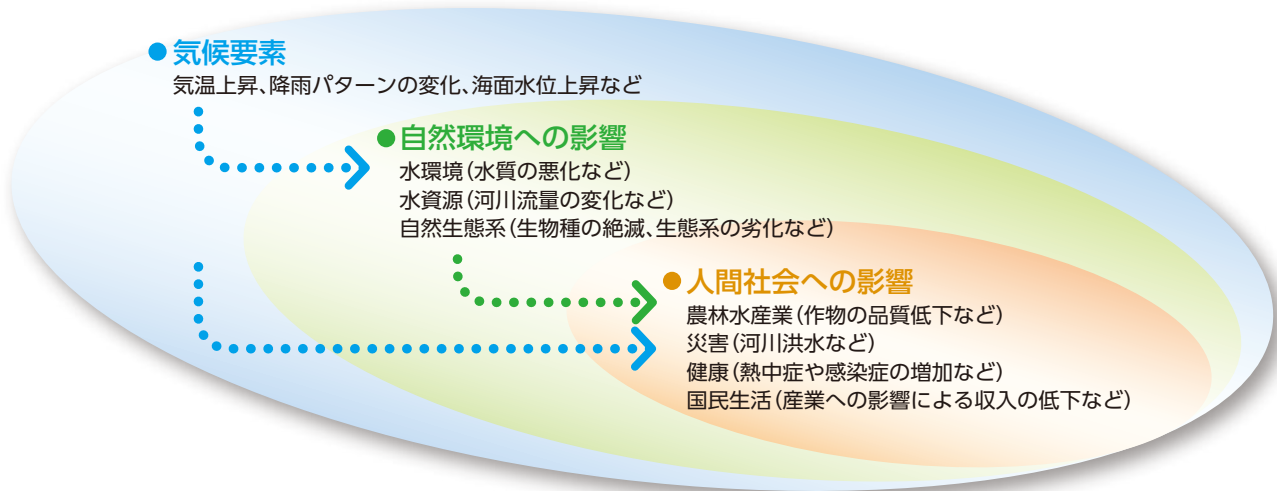


出典：環境省「STOP THE 温暖化 2008」をもとに作成



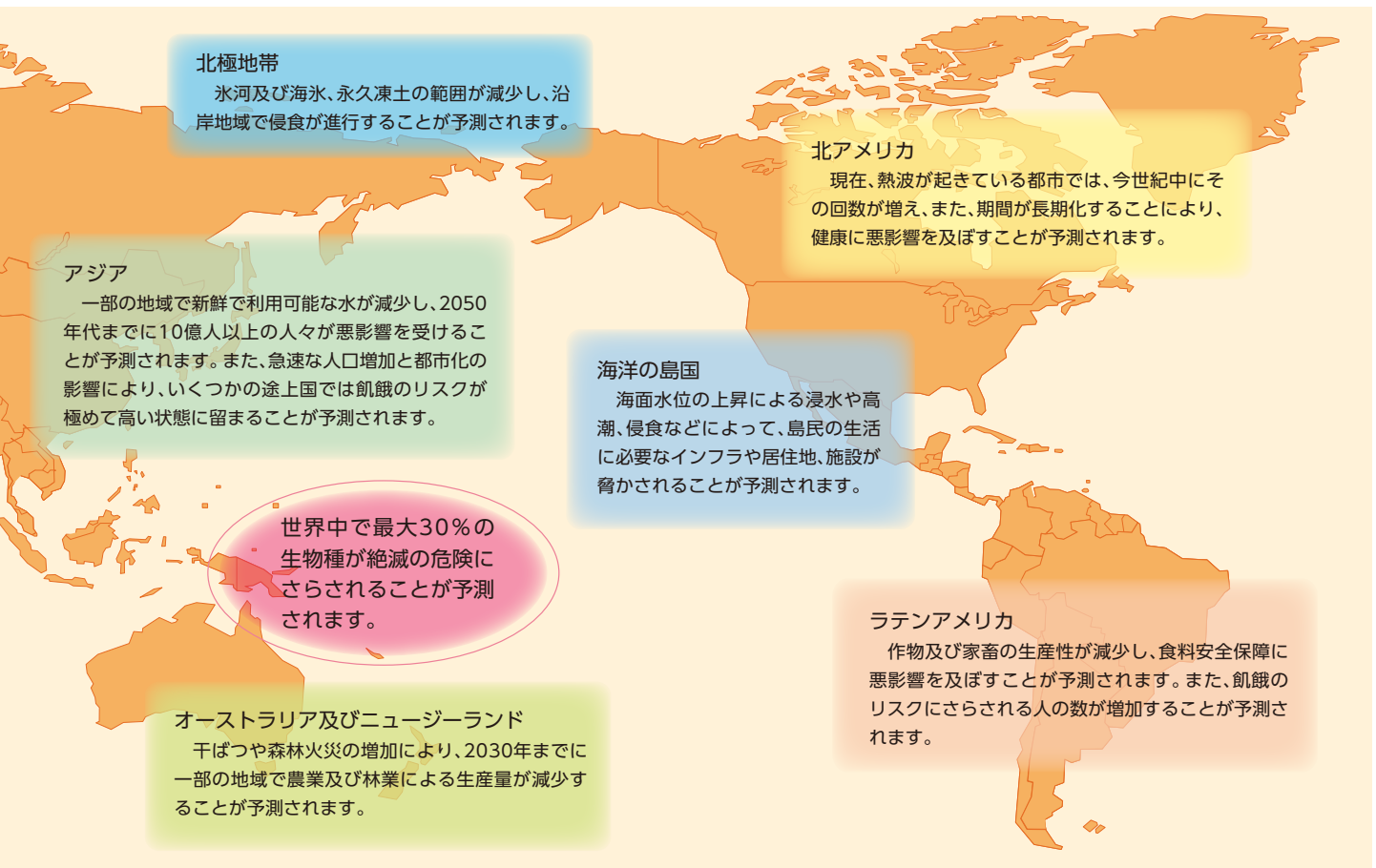


## —— 気候変動による影響の全体像 ——



出典：環境省「地球温暖化影響・適応研究委員会」報告書『気候変動への賢い適応』をもとに作成

## —— 地球温暖化がもたらす深刻な影響 ——



出典：IPCC第4次評価報告書(統合報告書および第2作業部会報告書)をもとに作成

# 地球温暖化を防ぐ

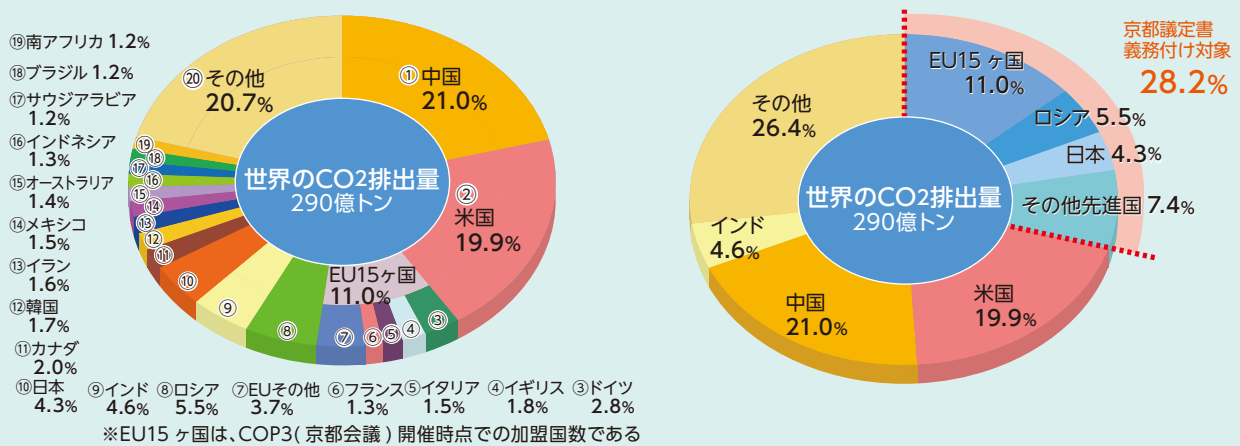
地球温暖化を防ぐためには大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させる必要があり、そのためには温室効果ガスの排出削減の取り組みが重要です。そこで、大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを目的とした気候変動枠組条約が1992年に採択されました。この条約は、地球温暖化問題への対処において先進国と発展途上国は共通の責任を有するが、その責任の程度については各国の能力等を考慮し、差異を認めるという考え方(「共通だが差異ある責任」原則)を取り入れています。

また、1997年には気候変動枠組条約の附属書I国(先進国及び経済移行国)に対して温室効果ガス排出量の削減を義務付ける京都議定書が採択されました。この議定書では、「共通だが差異ある

責任」原則に沿い、途上国に対して排出削減義務を課さず、附属書I国に対して2008~2012年の間に温室効果ガス排出量を1990年に比べて5%以上削減する義務を課しています。

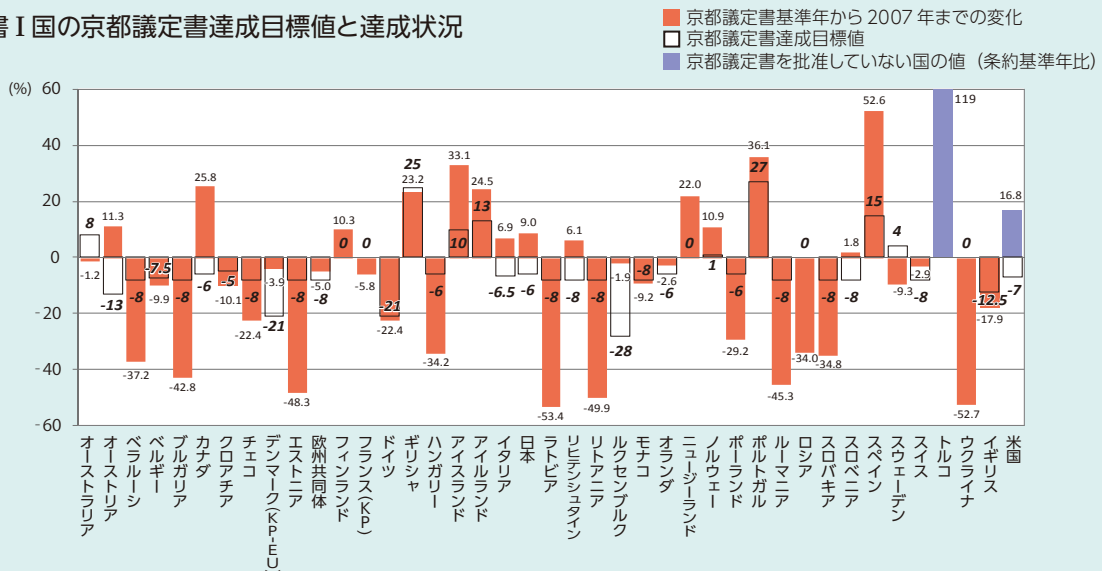
主要国・地域では、日本が6%、米国が7%、EU(欧州連合)15カ国が8%の排出削減を約束していますが、米国は、自国産業への配慮、中国やインドなど大量排出国が削減義務を負わないことへの不公平感などを理由として2001年に京都議定書から離脱しました。京都議定書は中国や米国といった大量排出国に削減義務を課していませんが、温室効果ガスの排出削減を規定した唯一の国際的な枠組みとして地球温暖化防止の第一歩となっています。

■ 世界のエネルギー起源CO2排出量と京都議定書義務付け対象の割合 (2007年)



出典: IEA [KEY WORLD ENERGY STATISTICS] 2009 をもとに作成

■ 附属書I国の京都議定書達成目標値と達成状況



出典: 国立環境研究所のデータをもとに作成

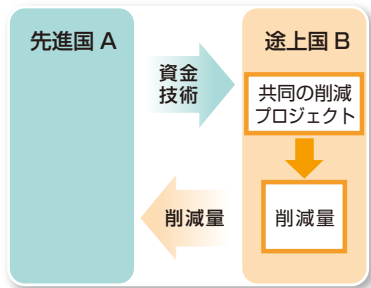


また、京都議定書は、温室効果ガス削減をより柔軟に行うために、先進国間の共同プロジェクトで生じた排出削減量を当事国間でやり取りできる「共同実施(JI)」、先進国と途上国との間の共同プロジェクトで生じた排出削減量を当該先進国が獲得できる「クリーン開発メカニズム(CDM)」、そして先進国間で排出量の売買を認める「排出量取引」といった経済的メカニズム(京都メカニズム)を導入しています。

日本のように、過去の省エネ努力の結果、すでにエネルギーの利用効率が高く、国内のみで削減目標を達成することが困難な国にとっては、効率改善の余地の多い国での削減量を利用できれば削減目標の達成にかかる経済コストを抑えることができます。そうしたメリットを考慮し、京都議定書では、他国での削減量を自国の目標達成に利用することが認められています。

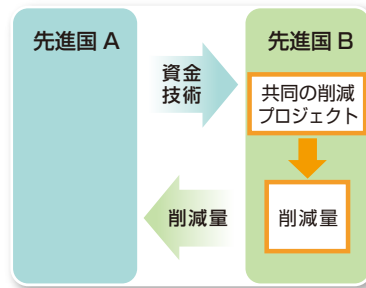
## 京都メカニズムの制度

### クリーン開発メカニズム (CDM)



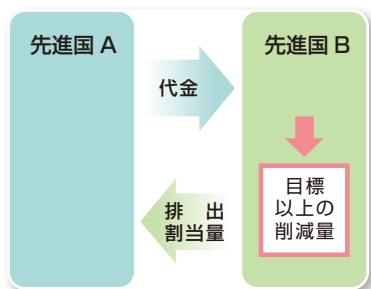
CDMとは、先進国と途上国が共同で削減プロジェクトを実施し、その削減量に応じてCER (Certified Emission Reduction) というクレジットが発行され、投資国(先進国)がこれを自国の目標達成に利用できる制度です。

### 共同実施 (JI)



JIとは、先進国同士が共同で削減プロジェクトを実施し、その削減量に応じてERU (Emission Reduction Unit) というクレジットが発行され、投資国がこれを自国の目標達成に利用できる制度です。

### 排出量取引



排出量取引とは、各国の削減目標達成のため、先進国同士が排出量を売買する制度です。各国に割り当てられる排出枠(割当量単位)のほか、CDMプロジェクトやJIプロジェクトにより発行されるクレジット(CER、ERU)、吸収源活動による吸収量も取引できます。

出典：京都メカニズム情報プラットフォームのホームページをもとに作成

京都議定書に基づく削減対象期間は2012年までであるため、現在、国際社会は2013年以降の温室効果ガス排出削減の枠組みについて検討しています。2009年には気候変動枠組条約の第15回締約国会議(COP15)が開かれ、活発な議論が交

わされましたが、新たな枠組みについて合意を得ることができませんでした。地球温暖化防止に向けた新たな枠組みの合意に向けて、国際社会の取り組みが大きく注目されているといえます。

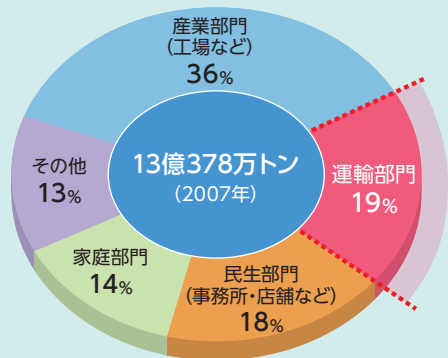
# 海運における温暖化防止の枠組み

船は自動車や航空機と同じように化石燃料を燃やして動くため、地球温暖化の原因となるCO2を排出します。

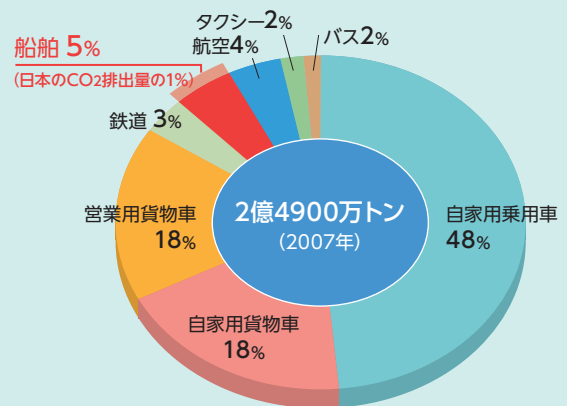
日本の内航海運のCO2排出量は約1,240万トンであり、これは日本全体のCO2排出量の約1%に相当します。運輸部門の1つである内航海運のCO2排出量も京都議定書の下で削減義務の対象となります。

内航海運のCO2排出量を削減するためには、燃費効率の良い省エネ船への代替や省エネ運輸を促進することが重要です。また、運輸部門全体で見た場合、内航海運のように輸送単位あたりのCO2排出量が少ない輸送機関に貨物をシフトする、いわゆる「モーダルシフト」を進めることが日本全体のCO2排出量の削減に有効といわれています。

日本の部門別CO2排出量

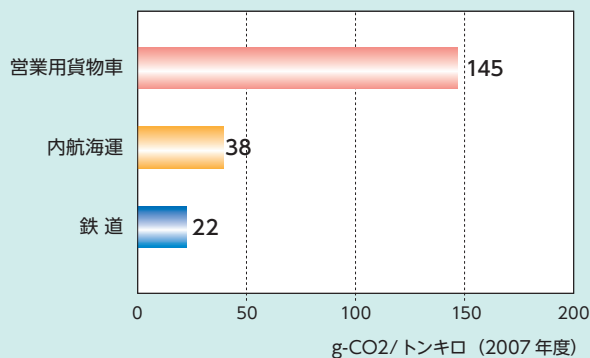


運輸部門の輸送機関別CO2排出量



出典：国立環境研究所のデータをもとに作成

貨物輸送機関別のCO2排出原単位

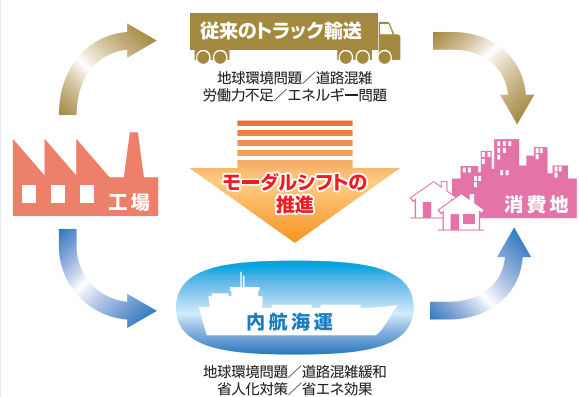


(注) CO2 排出原単位：  
1トンの貨物を1km 運ぶのに排出するCO2の量

出典：国土交通省海事局「平成21年版 海事レポート」をもとに作成

## モーダルシフト (クリーンな物流への転換)

モーダルシフトとは、地球環境問題や道路混雑、労働力問題など、制約が大きいトラックから、環境への負荷が小さく、大量輸送が可能で効率的な海運などに輸送手段を転換(シフト)させることをいいます。

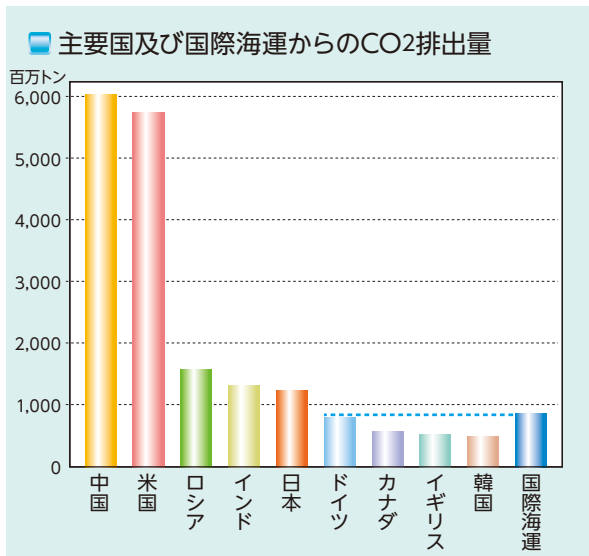


出典：日本船主協会・日本海事広報協会「SHIPPING NOW 2009-2010」をもとに作成

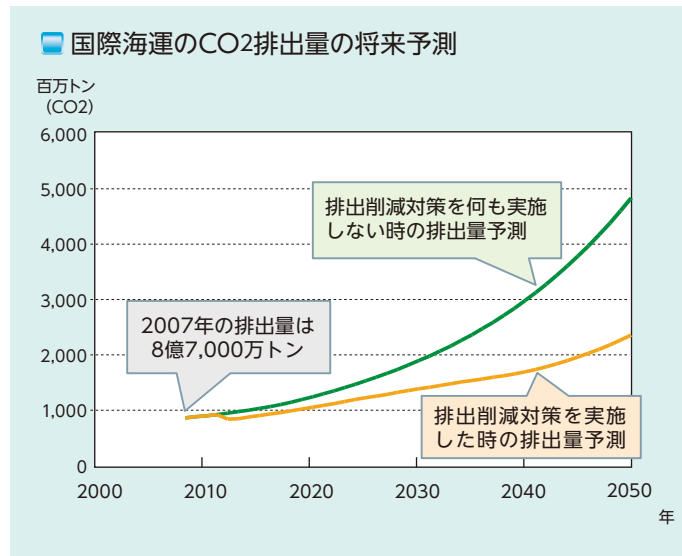


国際海運からのCO<sub>2</sub>排出量は約8億7,000万トン(2007年)と推定され、これは世界全体のCO<sub>2</sub>排出量の約3%でおよそドイツの排出量に相当します。世界の海上輸送量の急増に伴い、排出削減対策を実施したとしても、国際海運のCO<sub>2</sub>排出量は今後も増大することが予想されます。

国際海運の活動は複数国にまたがるため、国際海運からのCO<sub>2</sub>排出量については、京都議定書の国別削減義務の対象には含まれず、国連の専門機関であるIMO(国際海事機関)を通じて削減を追求することとなっています。



出典：IEA [KEY WORLD ENERGY STATISTICS] 2009 をもとに作成



出典：国土交通省海事局資料をもとに作成

国際海運のCO<sub>2</sub>排出量を削減するための対策は、主にIMOの海洋環境保護委員会(MEPC)で議論されています。MEPCでは、国際海運からのCO<sub>2</sub>排出量を削減するために、燃費効率の良い船の設計や省エネ機器の搭載など技術的な改善

を促す措置、減速航行や最適航路の選択など運航方法の改善を促す措置、そして燃料油への課金や排出量取引など市場原理を活用した措置について議論しています。

### IMO (国際海事機関)

IMOとは、船舶の運航に関わるさまざまなルール作りを行う国連の専門機関です。人やモノを運ぶ船舶は、世界中のあらゆる地域を航行し各国の港を利用します。船舶の設計や安全基準に関する各国の法律が異なるとすれば、寄港先で様々な不都合が生じるだけでなく、船員や旅客の命に関わる問題が生じたり、円滑な国際物流の妨げにもなるおそれがあります。

また、船の通航量の多い海域については、衝突事故を防止するために共通の交通ルールを作成する必要があります。このように、国際的に航行する船舶については、安全確保や海洋環境保護などの観点から、世界共通のルールを作成する必要があり、これはIMOで行われています。



IMOでの会議の様子

# 船の省エネ技術開発

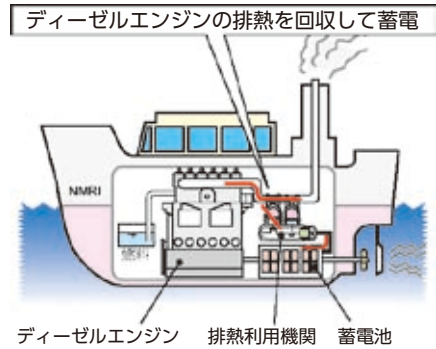
船のCO2排出量を削減するためには燃費効率を上げる省エネ技術の導入が必要です。海運や造船を中心とする日本の海事社会は、石油危機により燃料価格が上昇した1970年代より、エンジンやプロペラの改良、抵抗の少ない船の設計、船の軽量化など幅広い省エネ技術の開発に取り組んできました。

## ● エンジン効率の改善

船はディーゼルエンジンで燃料を燃やして動力を得ますが、長年、このディーゼルエンジンの燃費効率を改善する努力が続けられてきました。その結果、船のエンジンの方が自動車のガソリンエンジンよりもエネルギーの動力への転換効率が高くなっています。

現在でも、エンジンから空気中または海中に捨てられる排熱エネルギーを再利用する技術の改良、エンジンへの燃料供給量の電子制御化、CO2排出量が少ない天然ガスを燃料とするガスエンジンの開発など、燃費効率を改善するための技術革新が続けられています。

## 排熱回収システム



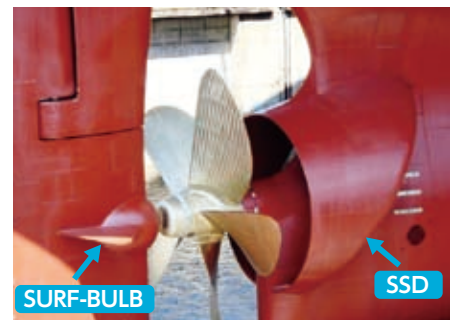
船のエンジンで燃やされる燃料の持つ熱エネルギーは全て動力に転換されるわけではありません。排熱回収システムは、排気ガスという形で捨てられる熱を再利用する技術として注目されています。

資料提供：海上技術安全研究所

## ● プロペラ効率の改善

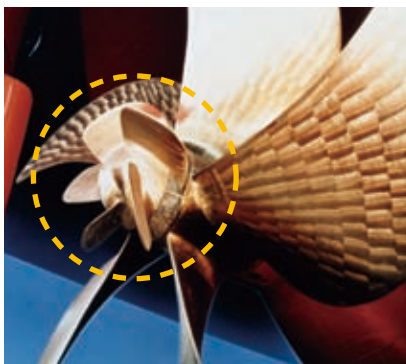
船のプロペラは回転運動により推進力を生み出しますが、プロペラ周辺に発生する渦などの要因により推進エネルギーの一部が失われます。

そのため、プロペラ後方の水の流れを整える「PBCF(プロペラ・ボス・キャップ・フィンズ)」や「二重反転プロペラ」、推進効率を改善するダクトやバルブ(球状の物体)、フィン(翼)などの省エネ装置の開発や船型改良による推進効率の改善が進められています。



SURF-BULB(サーフ・バルブ)とSSD(スーパー・ストリームダクト)  
(写真提供：ユニバーサル造船)

## PBCF(プロペラ・ボス・キャップ・フィンズ)



PBCF (写真提供：商船三井テクノトレード)



PBCF 無



PBCF 付

PBCFのフィンにより、プロペラの後流にできた渦が消えることで燃費効率を約5%改善することができます。日本で開発されたこの技術は、世界中の約1,700隻の船で採用されています。



二重反転プロペラ (写真提供：三菱重工業)





## ● 船体抵抗の軽減

燃費効率を改善するために、船が受けるさまざまな抵抗を減らす技術も開発されています。

海面下の船の表面と海水との摩擦抵抗を減らす特殊塗料の開発や、船底と海水の間に空気を送り込むことで抵抗を減らす「空気潤滑システム」の実用化に向けた開発が進められています。

また、波を起こすことで発生する抵抗を減らすために、船首が斧の形をした「Ax-Bow(アックスバウ)」や鋭角な形をした「LEADGE-Bow(レッジバウ)」など、船首の形が改良されました。

また、船首部分を斜めにカットしてラウンド形状にし、船の側面に風の通り道を確認することで正面や側面から受ける風の抵抗を減らした船も作られています。



風の抵抗を減らした自動車運搬船 (写真提供: 商船三井)

### 空気潤滑システム

船は航行する際、海面下の船体表面と海水がこすれることで摩擦抵抗が生じます。空気潤滑法は、水中の船体を気泡で覆って摩擦抵抗を減らす技術として注目されています。

資料提供: 日本郵船・三菱重工業



船首形状の改良  
(左: 従来型船首、中: Ax-Bow、右: LEADGE-Bow)  
(写真提供: ユニバーサル造船)



Ax-Bowを採用したばら積み貨物船  
(写真提供: ユニバーサル造船)

## ● 代替エネルギーの活用

船のCO2排出量を大幅に減らすためには、これまで使用されていた重油ではなく、バイオ燃料や天然ガスなどCO2排出量が少ない燃料、風力や太陽光などCO2を全く排出しない自然エネルギーの転換活用を進める必要があります。

日本では、こうした代替エネルギーの活用を含め、革新的技術の実用化に向けた研究開発が活発に進められています。



太陽光エネルギーを活用した自動車専用船  
(写真提供: 日本郵船)

# 海のエコドライブ

船のCO<sub>2</sub>排出量を削減するためには、船体や機器などハードウェアの技術的な改良だけでなく、船の運航方法の改善などソフト面での対策が必要です。日本の海事社会は、減速航行、最適航路の選択、積載効率の向上や適切な船体のメンテナンスなど運航管理の改善を通じた船の省エネにも積極的に取り組んでいます。

## ● 減速航行

燃費効率の良い「海のエコドライブ」を実現するためにはさまざまな方法があります。

特に、航行中の船の燃料消費量は速度の3乗に比例して増加するため、船の速度を落とすだけで大きな省エネ効果があります。

日本の海運会社も、燃料の節約とCO<sub>2</sub>排出量の削減に向けて減速航行に取り組んでいます。

## ● 運航管理の改善

航行中の船の燃費効率は気象・海象(波浪や潮流など海洋の諸現象)の影響を大きく受けるため、気象・海象の予測情報を利用し、安全かつ効率的な運航が可能な最適航路の選択を支援するシステムが導入されています。

さらに、減速航行を促進するために、港湾や海峡での混雑緩和による沖合での待ち時間の短縮や港湾での貨物の積み下ろしの効率化を支援するシステムの開発が進められています。

## ■ 減速航行の取り組み —川崎汽船—

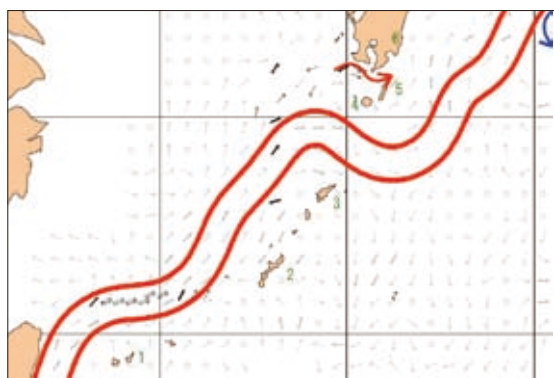


グリーンフラッグ授与式 (写真提供：川崎汽船)

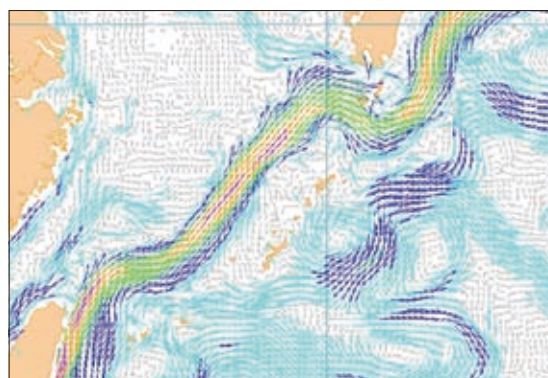
米国ロングビーチ港湾局は、沿岸の大気汚染の防止のために、ロングビーチ港に寄港する船舶に対して、減速航行を含む排出ガス抑制策への協力を求めています。

川崎汽船は、2008年に延べ250隻以上の船を寄港させた船社の中ではトップの成績で減速航行に取り組む、「グリーンフラッグ」を4年連続で受賞しています。同社は減速航行の取り組みにより、1年間でCO<sub>2</sub>排出量を約3,800トン削減しました。

## 黒潮を利用した省エネ運航



Before (海流推測図)



After (海流予測情報)

海流は常に変化するため、従来の海流推測図では海流を予測して黒潮をうまく利用することができませんでした。しかし、新たに開発された海流予測情報の活用により、日本郵船運航の原油タンカーでの実証試験の結果、黒潮流域において10%程度の燃料消費量の削減が実証されました。

資料提供：海上保安庁、(株)フォーキャストオーシャンプラス



船は船長(船員)と陸上オフィスの運航担当者の連携により運航されていますが、より効率的な運航を実現するために、船陸間で航海速度や燃料消費量などの情報を共有化してコミュニケーションを円滑にするシステムが導入されています。

また、船の性能を踏まえた航海計画を策定するために、燃費効率をリアルタイムで表示するシステムも開発されています。

さらに、安全で効率的な運航を行うには、船体の損傷や燃費効率を下げるような問題の発生を防ぐために、適切なメンテナンスと保守・管理が必要となります。たとえば、船の底やプロペラを

洗浄し、付着した海藻や貝をこまめに取り除くことで燃費効率の悪化を防ぐことができます。

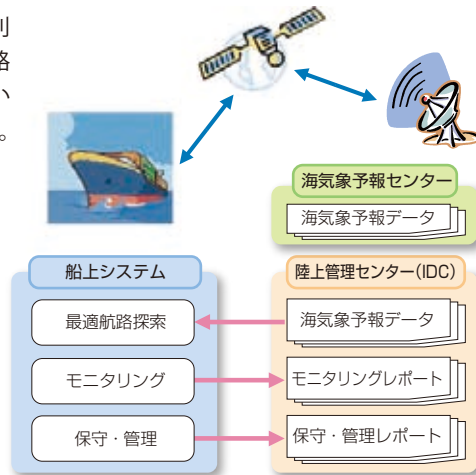
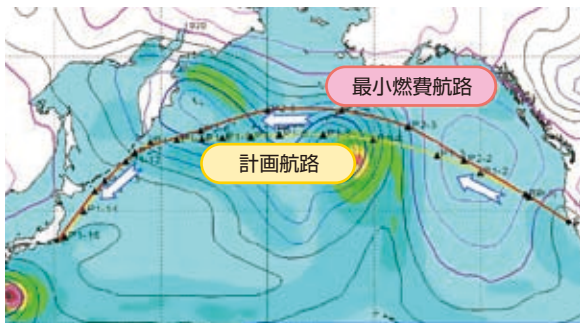
このように、船の運航をさまざまな形で支援するシステムが開発・導入されています。



燃費効率を表示する「FUELNAVI」  
(写真提供：日本郵船)

### Sea-Navi® (シーナビ)

「Sea-Navi®(シーナビ)」は「海のカーナビ」ともいえる衛星通信を利用した運航支援システムです。安全性及び効率性を考慮した最適航路の探索、船体・エンジン・海気象のモニタリング、船体の構造疲労についての寿命診断によるメンテナンス計画など各種の機能を備えています。



資料提供：ユニバーサル造船

### ● 陸上からの電源供給

船は貨物の積み下ろしの際に動力を必要とし、その動力は燃料をエネルギー源とする発電機によって供給されます。このため、船は港湾で停泊している時もCO2を排出します。

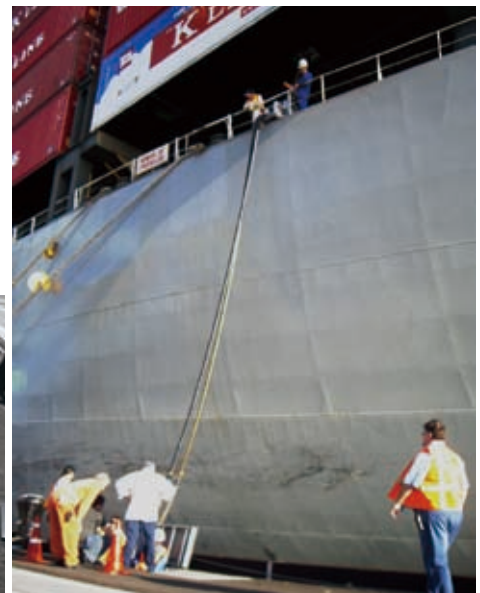
そこで、港湾に停泊中の船から発生するCO2を削減するために、陸上から電力を供給する「陸上電源供給システム」が開発され、実用化に向けた動きが徐々に広がっています。



陸上電源供給中のコンテナ船



電源ケーブル接続箱  
(写真3点提供：川崎汽船)



本船から降ろした電源ケーブル

# 環境にやさしいエコシップ

日本の海事社会では、これまで蓄積した経験と技術を活かし、燃費効率の良い省エネ船(エコシップ)の開発に取り組んできました。さらに、日本の海運会社は、地球温暖化の防止に貢献するために、最先端の省エネ技術を取り入れた未来のエコシップの構想を発表しています。

環境にやさしく、モーダルシフトの主要な担手である内航海運では、政府と企業が協力する形

で次世代の内航船スーパーエコシップ(SES)の開発が進められてきました。SESは、電気エネルギーを利用した推進システム、抵抗の少ない船型、二重反転プロペラなどの新技術を取り入れ、輸送単位当たりのCO<sub>2</sub>排出量を5~20%削減することができます。2010年2月現在、既に10隻のSESが就航しており、今後さらなる普及が期待されています。

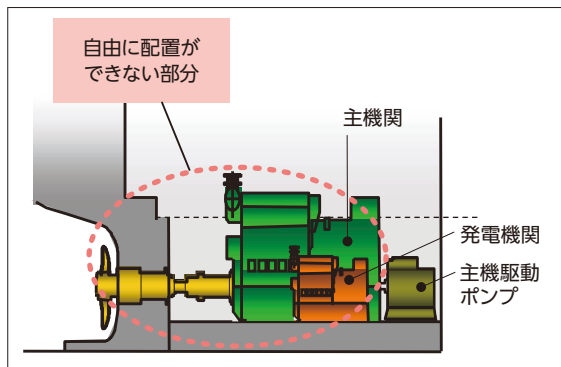
## 次世代内航船スーパーエコシップ (SES)



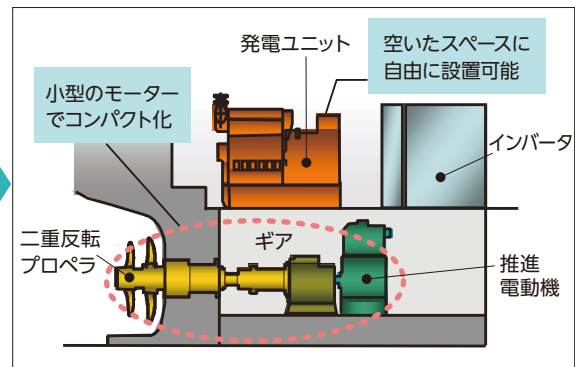
スーパーエコシップ (SES)

スーパーエコシップ(SES)では、電気推進システムを導入することでエンジン(機関)の配置に自由度が広がり、その結果、従来の船と比べて抵抗の少ない最適な船型の設計が可能となります。

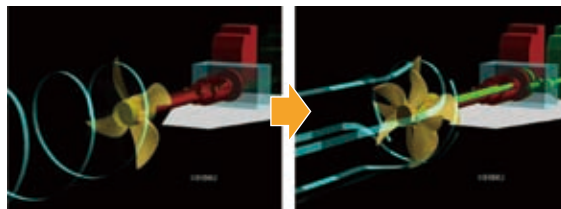
また、二重反転プロペラの採用による推進効率の改善や発電機の運転台数制御による燃費効率改善も実現します。



従来の船



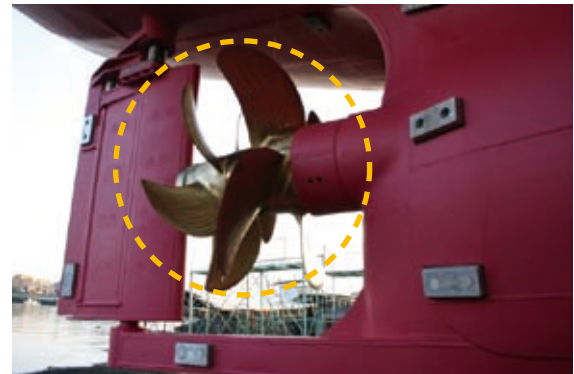
SES



通常のプロペラ

二重反転プロペラ

通常のプロペラでは回転流が発生することで無駄なエネルギーが生じます。しかし、二重反転プロペラでは、後ろのプロペラが回転流を推進力に換え、推進効率を向上させます。



二重反転プロペラ



国際海運を担う外航船においても、日本の海運会社は、太陽光発電や風圧・水圧抵抗を減らすデザインなど、最先端の省エネ技術を取り入れたエコシップの導入を進めています。また、大幅な省エネ化やCO2を全く排出しない船の開発を目指し、近未来のエコシップの構想も発表されています。

■ 次世代船シリーズ第一弾「ISHIN-I」 —商船三井—

商船三井は、これまでの省エネ技術を集めて5年以内に実現可能な省エネ船のシリーズ第一弾として未来の自動車船「ISHIN-I」を発表しました。

ISHIN-Iは、太陽光パネルで発電した電気をリチウムイオン電池に蓄えて使用し、港湾での航行や貨物の積み下ろし時のCO2排出量をゼロに抑えます。これは、世界初の試みです。また、二重反転プロペラやPBCFによる推進効率の向上、風の抵抗を減らすデザインなど、すでに実用化されている技術を組み合わせることにより、大洋航行中のCO2排出量を最大で50%削減することができます。

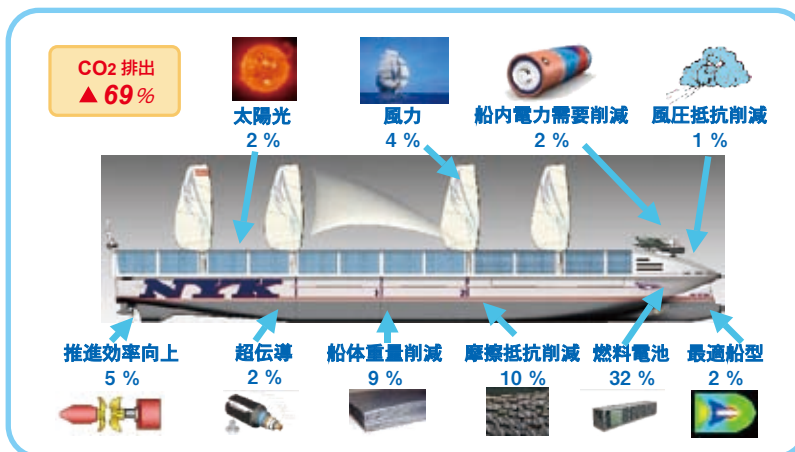


資料提供：商船三井

■ 「NYK スーパーエコシップ2030」 —日本郵船—

日本郵船は、2030年を目標に、論理的には可能なものの、まだ船舶用に商業化されていない技術を盛り込んだ未来のコンテナ船「NYK スーパーエコシップ2030」を発表しました。

この船はLNGをエネルギー源とする燃料電池、船体を覆う太陽光パネルによる発電、収納可能な8枚の帆による風力の利用などクリーンなエネルギーを活用し、船の軽量化や抵抗を減らす塗料などさまざまな省エネ技術を取り入れることでCO2排出量を69%削減することができます。



資料提供：日本郵船

# 船の燃費指標づくり

国際海運のCO2排出量を削減するためには、燃費効率の良い船を普及させていくことが有効ですが、そのためには、船の燃費効率を計算するための共通ルールを作り、各船の燃費効率を表示させる必要があります。そこでIMOでは、新造船の燃費効率を表す燃費指標づくりを進めてきました。

IMOでは、日本が議論を積極的に主導する形で、2009年7月に新造船の「エネルギー効率設計指標(設計指標)」(1トンの貨物を1マイル運ぶの

に排出するCO2の量を表す指標)の算出方法を示したガイドラインが作成されました。

各船の設計指標が計算・表示されれば造船所や海運会社は船の建造や運航の際に燃費効率の良い船を選択するようになり、燃費効率の良い新造船の普及に役立つでしょう。また、設計指標の基準値を設けることにより、一定の燃費効率を達成していない船の建造を規制することも可能となります。

## 新造船のエネルギー効率設計指標

エネルギー効率設計指標とは、船の設計・建造段階において、1トンの貨物を1マイル運ぶ時のCO2排出量を計算して指標としたものです。

$$\text{例) 船舶Aの設計指標} = \frac{\text{CO2排出量 } a\text{グラム}}{1\text{トン} \times 1\text{マイル}}$$



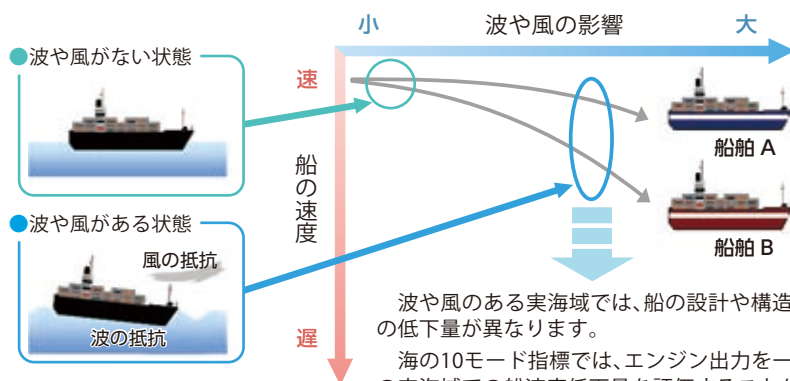
現在の設計指標は、波や風がない状態での船の燃費効率を表しますが、波や風がある実際の海域では、船の設計や構造によって速度の低下量が変化し、燃費効率に大きく差が出る場合があります。

自動車の場合、信号による停止や発進など市街地での代表的な運転要素を組み合わせると燃費効

率を測る「10・15モード」指標がありますが、船については、実際の運航状況を想定して燃費効率を測るための指標が存在しませんでした。

そこで、日本では、実際の海域での船の性能を表す「海の10モード指標」が開発されました。

## 波や風の影響による船速の低下



波や風のある実海域では、船の設計や構造によって速度の低下量が異なります。海の10モード指標では、エンジン出力を一定とした場合の実海域での船速度低下量を評価することができます。



「海の10モード」指標は、簡単な水槽試験を行い、その結果をコンピュータでのシミュレーションに取り入れて計算するハイブリッド計算法により、波や風の影響を受けて船の速度がどの程度落ちるかを表します。この指標があれば実際の海域を航行する船の性能が分かるため、波や風の影響を受けても速度の低下量が少ない性能の優

れた船が優先的に選択される環境が生まれ、船のCO2排出量を大幅に削減できると期待されます。

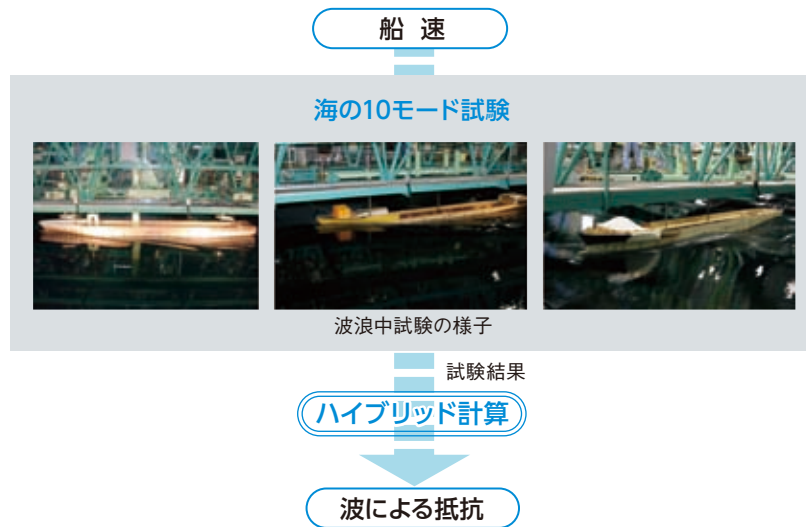
国際海運のCO2排出量の削減と地球温暖化の防止に向けて、高い環境意識と世界有数の技術を誇る日本の海事社会の取り組みは今後ますます重要となっていくでしょう。

## 海の10モード指標

実海域での船速低下を正確に推定するためには、風による抵抗、波による抵抗を精度よく推定する必要があります。そこで、水槽試験(海の10モード試験)の結果を計算法に取り入れ精度の向上を計る、「ハイブリッド計算法」が開発されました。

### ≫ 波による抵抗の計算

海の10モード試験の結果を取り入れたハイブリッド計算により、波による抵抗を求めます。



### ≫ 実海域中の船速の計算

船速低下は、実海域で船体に働く力が釣り合う状態を数値計算で求めて算出します。



「海の世界革命～海事社会と地球温暖化問題～」の映像もご覧頂けます。

## Contents



メイン映像 「海事社会と地球温暖化問題」

解説映像

- 船の省エネ技術開発 「造船業界における取り組み」
- 船会社のエコ挑戦 「次世代自動車船 ISHIN-I」  
「未来のコンテナ船NYKスーパーエコシップ2030」
- 日本主導の  
船の燃費指標づくり 「海の10モード指標」

DVD をご希望の方は日本海事センター企画研究部までご連絡下さい。  
日本海事センターホームページ (<http://www.jpmac.or.jp>) でも映像をご覧頂けます。



## 編集・発行

### 財団法人 日本海事センター

- 総務部／業務部／海事センタービル事業部 URL : <http://www.jpmac.or.jp>  
〒102-0083 東京都千代田区麹町 4 丁目 5 番地 海事センタービル 8 階  
TEL 03(3265)5481 FAX 03(3222)6840
- 企画研究部／海事図書館  
〒102-0093 東京都千代田区平河町 2 丁目 6 番地 4 号 海運ビル 9 階  
TEL 03(3263)9421 FAX 03(3264)5565 (企画研究部)  
E-mail : [planning-research@jpmac.or.jp](mailto:planning-research@jpmac.or.jp)  
TEL 03(3263)9422 FAX 03(3265)5035 (海事図書館)  
E-mail : [library@jpmac.or.jp](mailto:library@jpmac.or.jp)

### 協力 (敬称略・順不同)

(社)日本船主協会 (社)日本造船工業会 (財)日本海事広報協会  
(独)海上技術安全研究所 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構  
国土交通省海事局



この印刷物は再生紙および  
植物性油インキを使用しています。