

エネルギー効率運航指標（EEOI）計算・分析システム PrimeShip-GREEN/EEOI の紹介

機関部

1. はじめに

国際海運からの CO₂ 排出削減に関しては、国際海事機関（IMO：International Maritime Organization）において継続して審議が行われており、その規制の枠組みが徐々に固まりつつある状況にある。IMO における CO₂ 排出規制の基本的な考え方は船舶のエネルギー効率の向上にあり、これを実現するために、「技術的手法」「運航的手法」及び「経済的手法」の 3 つの手法が検討されている。これらのうち、運航的手法は、技術的手法のようにハード面の改造を伴うものではないため、既存船においても実行可能なものであり、これを自主的に実施することは、環境保護の観点のみならず燃料消費量削減、すなわち運航コスト削減の意味においても極めて有意義であるといえる。本会では、運航的手法によるエネルギー効率改善の指標となる EEOI について、独自に計算・分析システムの開発を進めており、これを鑑定サービスに活用することを予定している。

本稿では、EEOI 鑑定サービスの実施に向けた本会の取り組み、特に現在開発中の EEOI 計算・分析システム PrimeShip-GREEN/EEOI の主要な機能について紹介する。

2. 運航的手法によるエネルギー効率改善

2.1 運航的手法

運航的手法は、運航上の工夫によって実行される船舶のエネルギー効率改善手法であり、一般に、個船単位で対応できるものから船舶管理会社単独での努力範囲を超えて関係者との連携が必要なまでの様々な内容が考えられるが、その具体例としては以下のようなものが挙げられる。

- ・ 個船や船隊の運航計画の最適化
- ・ 減速運転
- ・ ウェザールーティング
- ・ ジャストインタイム入港
- ・ 船体メンテナンス
- ・ 機関メンテナンス

運航的手法の実施を促進するためのツールとして、IMO では船舶エネルギー効率管理計画書（SEEMP：Ship Energy Efficiency Management Plan）とエネルギー効率運航指標（EEOI：Energy Efficiency Operational Indicator）が提案されている。このうち SEEMP は、運航的手法によるエネルギー効率改善を実施する上で用意すべき管理計画

書であり、運行的手法の実施を促進することを目的として船上への備え付けが義務化される見込みとなっている。SEEMP は、自船に適した運航的手法についてその実行計画等を記載するものであり、その作成方法については、IMO からガイダンス（MEPC.1/Circ.683）¹⁾ が発行されている。一方、EEOI は就航後の船舶のエネルギー効率を表す指標であり、以下の算式で表される。

$$EEOI(g/ton\ mile) = \frac{CO_2\text{換算係数} \times \text{燃料消費量}(g)}{\text{実貨物量}(ton) \times \text{実航行距離}(mile)} \quad (1)$$

SEEMP ガイダンスに従ったエネルギー効率改善は、図 1 に示す「計画」「実施」「モニタリング」「自己評価及び改善」を 1 サイクルとして、これらを繰り返し行うことにより実施することとされており、各船舶はエネルギー効率、すなわち EEOI を自己モニタリングしながら、計画した運航的手法を適宜実行し、その結果を評価することになる。

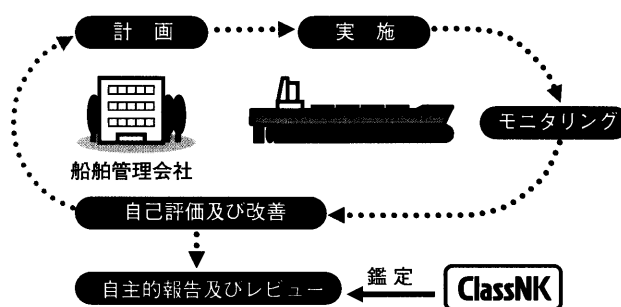


図1 EEDI 認証の手順

また、SEEMP ガイダンスでは、エネルギー効率改善サイクルの中で達成された改善効果について、自己評価結果を自主的に公表することについても言及している。（自主的報告及びレビュー：Voluntary reporting/review）。これは、エネルギー効率の高い船舶に対する社会的な評価によって、当該船舶が様々な恩恵を享受する可能性を念頭に置いたものである。例えば、特定の港湾においてはエネルギー効率の高い船舶に対して港湾使用料等の優遇措置を設けることが考えられるし、消費者製品製造者が自社製品を市場に輸送する際に、より環境に配慮した輸送手段を求めるようになること等も想定される。このような EEOI 評価結果の公表はあくまで自主的に行われるものであるが、評価内容が第三者による確認を受けているのであれば、その

有効性は更に高まるものと思われる。

2.2 EEOI の計算方法

EEOI の計算式は前節の (1) 式で表されるが、具体的な計算方法については、IMO から発行された自主的計算ガイドライン (MEPC.1/Circ.684)²⁾ にその詳細が示されている。EEOI をモニタリングする際には、当該船舶の運航パターンを代表するような一貫した算定期間毎 (例えば 1 航海毎等) の EEOI 計算値の推移を観察することになるため、EEOI の計算には当該算定期間内における燃料消費量、航行距離及び輸送貨物量のデータが必要になる (表 1)。なお、計算に必要な CO₂ 換算係数 C_F は、使用される燃料の種類に応じて表 2 のように与えられている。また、輸送貨物量は、船種に応じて表 3 に示すような単位を用いて評価することとされている。

表 1 EEOI の計算要素

項目	説明
燃料消費量	主機、補機、ボイラ、焼却炉等により船上で算定期間内に消費された全燃料量。単位にはメトリック・トン (t) を用いる。
航行距離	算定期間内に実際に航行した距離。単位には海里 (mile) を用いる。
輸送貨物量	算定期間内に輸送した貨物量。単位については表 3 を参照。

表 2 CO₂ 換算係数

燃料の種類	ISO 8217	炭素含有量	C_F (t-CO ₂ /t-燃料)
MDO/MGO	DMX ~ DMC	0.875	3.206000
軽質燃料油 (LFO)	RMA ~ RMD	0.86	3.151040
重質燃料油 (HFO)	RME ~ RMK	0.85	3.114400
LPG (プロパン)	-	0.819	3.000000
LPG (ブタン)	-	0.827	3.030000
LNG	-	0.75	2.750000

表 3 EEOI 計算に用いる輸送貨物量

船舶の種類	貨物量単位
乾貨物船、液体タンカー、ガスタンカー、Ro-Ro 貨物船、一般貨物船	貨物重量 (t)
コンテナ船 (コンテナ専用)	コンテナ個数 (TEU) または貨物とコンテナの重量 (t)
コンテナ船 (他の貨物と混載)	実入りコンテナを 10t、空コンテナを 2t とし、その他の貨物重量と合算した重量 (t)
客船 (Ro-Ro 客船含む)	乗客数または総トン数
カーフェリー、自動車運搬船	カーユニット数または占有レーン長 (m)
鉄道/Ro-Ro 船	鉄道車両/貨物車両数または占有レーン長 (m)

EEOI の計算式は前述の (1) 式で表されるが、具体的に計算を行う場合、個々の航海 (寄港地間航海) における EEOI の計算式は、以下の (2) 式で表される。

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j \times C_{Fj}}{m_{cargo} \times D} \quad (2)$$

また、複数以上の航海を含む算定期間において EEOI を計算する場合は、以下の (3) 式を用いる。

$$EEOI = \frac{\sum_i \sum_j (FC_{ij} \times C_{Fj})}{\sum_i (m_{cargo,i} \times D_i)} \quad (3)$$

ここで、 FC は燃料消費量、 m_{cargo} は輸送貨物量、 D は航行距離を表す。また、添え字の i は航海数を、 j は燃料種類をそれぞれ表している。

なお、EEOI 計算に用いられる輸送貨物量は、表 3 に示したように船種毎に異なるため、EEOI の単位は船種によって必ずしも同一でないことに注意が必要である。

上述の手順によって航海毎に計算した EEOI の一例を図 2 に示す。図には EEOI 計算値 (○) とともに積載率 (◇) を示しており、航海毎の EEOI がその時の積載率の影響を受けて大幅に変動している様子が表れている。このような場合、当該船舶の運航パターンを平均化するような適当な期間を用いて EEOI の移動平均を求めると、平均的な EEOI の変化の様子が読み取りやすくなる。図 2 には、例として 3 航海毎の EEOI 移動平均値 (□) を併せて表示しているが、移動平均を取ることによって積載率の変動の影響が平均化され、EEOI のトレンドを把握し易くなっていることが分かる。

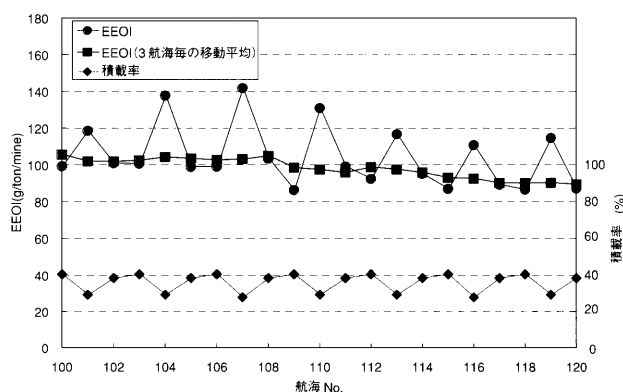


図 2 航海毎の EEOI の推移

3. PrimeShip-GREEN/EEOI の紹介

3.1 PrimeShip-GREEN/EEOI の構成

本会では、前章で説明した EEOI 計算ガイドライン (MEPC/Circ.684) に準拠した EEOI 計算・分析システム PrimeShip-GREEN/EEOI の開発を進めており、2011 年春のリリースを予定している。本システムは図 3 に示すよう

な基本構成となっており、本船上で入力されたデータをEメールにより本会サーバーに送信、蓄積し、蓄積されたデータを用いてインターネットのWeb上でEEOIの計算・分析を行う仕組みになっている。ユーザーは専用ソフトである本船上のデータ入力用ソフト“EEOI-Onboard”とEEOI計算・分析を行うWebベースソフトの“EEOI-Web”を利用して、必要な操作を容易に行うことができる。本会では本システムを活用したEEOI鑑定サービスを予定しており、入力データが全て本会サーバーに蓄積されていることによって、スムーズな鑑定サービスの提供が可能になるものと考えている。

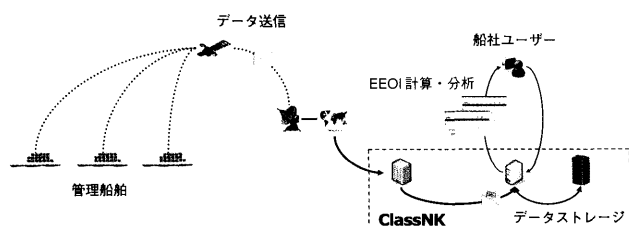


図3 システム構成の概念図

以下では、開発中のソフトウェア画面を参照しながら、操作の流れと基本的な機能を紹介する（注：以下に示す画面は開発中のものであるため、仕様が一部変更になる可能性あり）。

3.2 EEOI-Onboard

EEOI-Onboardは、本船上でデータ入力を行うための専用ソフトである。EEOI-Onboardのメイン画面を図4に示す。

Ship Information: NK DryCargo			
IMO Number	12	Gross Tonnage	100000.12345
Class	NA	Deadweight	100000.12345
Cross Number	1	TEU Capacity	0
Ship Type for EEOI	Dry cargo carriers	Lane Major Capacity	0

Operating Condition: Loaded Voyage			
Home to Destination	grp20001	Port Name	YOKIO
Port to Port Voyage	grp20001	Start Date	2010/01/11 11:00
		End Date	2010/01/11 09:00
		Sum of Fuel Consumed	217
		Sum of Distance Sailed	276

Start Date	End Date	Fuel Consumed	Distance Sailed
2010/01/09 11:00	2010/01/09 12:00	7	0
2010/01/09 12:00	2010/01/09 13:00	8	0
2010/01/09 13:00	2010/01/09 14:00	2	0
2010/01/09 14:00	2010/01/09 15:00	6	0
2010/01/09 15:00	2010/01/09 16:00	9	0
2010/01/09 16:00	2010/01/09 17:00	4	0
2010/01/09 17:00	2010/01/09 18:00	7	1
2010/01/09 18:00	2010/01/09 19:00	11	1
2010/01/09 19:00	2010/01/09 20:00	23	1

図4 EEOI-Onboard メイン画面

EEOI-Onboardを用いたデータ入力では、まず航海情報の登録を行い、当該航海における輸送貨物量を入力する。次に、当該航海の中で「積荷航海」「バラスト航海」「停泊中」のように運航状態を適宜選択し、各運行状態の下で、日次運航データ（燃料消費量、航行距離）を入力していく。

この時、燃料消費量は基本的に機器毎（M/E、A/E、ボイラー、その他）に入力することとしている。ここで、運航状態の分類や燃料消費量の機器別入力を行うことにより、後に運航状態別や機器別にEEOIを計算・評価することが可能となっている。また、任意でビューフォースケール（BF）を入力することにより、一定のBF以下のデータのみ抽出して計算を行うことも可能である。日次運航データの入力画面を図5に示す。なお、基本仕様においては、本船上でのデータ入力を手入力で行う必要があるが、既存の電子ログシステムから必要なデータを直接インポートする機能も個別対応にて付与する予定としている。

Fuel Consumed			
Total	4	Light	1
M/E	2	M/E	0
A/E	0	A/E	1
Boiler	1	Boiler	0
Other	0	Other	0

図5 日次運航データ入力画面

3.3 EEOI-Web

EEOI-Webは、EEOI計算・分析を行うWebベースソフトである。EEOI-Webのメイン画面を図6に示す。

Ship Information: NK DryCargo			
IMO Number	12	Gross Tonnage	100000.12345
Class	NA	Deadweight	100000.12345
Cross Number	1	TEU Capacity	0
Ship Type for EEOI	Dry cargo carriers	Lane Major Capacity	0

Operating Condition: Loaded Voyage			
Home to Destination	grp20001	Port Name	YOKIO
Port to Port Voyage	grp20001	Start Date	2010/01/11 11:00
		End Date	2010/01/11 09:00
		Sum of Fuel Consumed	217
		Sum of Distance Sailed	276

Start Date	End Date	Fuel Consumed	Distance Sailed
2010/01/09 11:00	2010/01/09 12:00	7	0
2010/01/09 12:00	2010/01/09 13:00	8	0
2010/01/09 13:00	2010/01/09 14:00	2	0
2010/01/09 14:00	2010/01/09 15:00	6	0
2010/01/09 15:00	2010/01/09 16:00	9	0
2010/01/09 16:00	2010/01/09 17:00	4	0
2010/01/09 17:00	2010/01/09 18:00	7	1
2010/01/09 18:00	2010/01/09 19:00	11	1
2010/01/09 19:00	2010/01/09 20:00	23	1

図6 EEOI-Web メイン画面

EEOI-Web の主要な機能としては、以下が挙げられる。

- (1) EEOI, EEOI 移動平均値, CO₂ 排出量, 積載率等のトレンドグラフ表示
- (2) EEOI 目標設定・確認機能
- (3) フリート内比較 (EEOI, CO₂ 排出量, 積載率等)
- (4) ベンチマーキング機能 (同一船種内平均値との比較)

トレンドグラフの表示例を図7に示す。3章で説明したエネルギー効率改善サイクルの中で、EEOI のモニタリングを行う際には、オペレーションによる影響や実施した効率改善措置の効果等について検証する必要があるが、図7のようにEEOIをトレンドグラフとして表示することにより、エネルギー効率の変動に対する要因を視覚的に確認することが容易になる。図7では、グラフ中の中央上部に旗印が表示されているが、これはエネルギー効率改善措置の実施時期を示しており (旗印にカーソルを合わせると、効率改善措置の内容が表示される)、EEOIトレンドを重ねて表示することによりその効果を視覚的に確認できるようになっている。

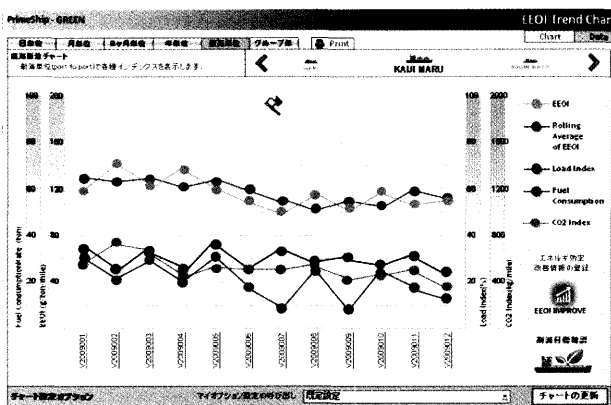


図7 EEOIトレンドグラフ

EEOI 目標設定・確認機能の表示例を図8に示す。エネルギー効率改善サイクルにおける計画段階において、EEOI 目標値設定を行う際に、過去の実績 (トレンドグラフ) と比較しながら、視覚的に目標設定ができるようになっていく。また、設定した目標の達成状況も容易に確認することができる。

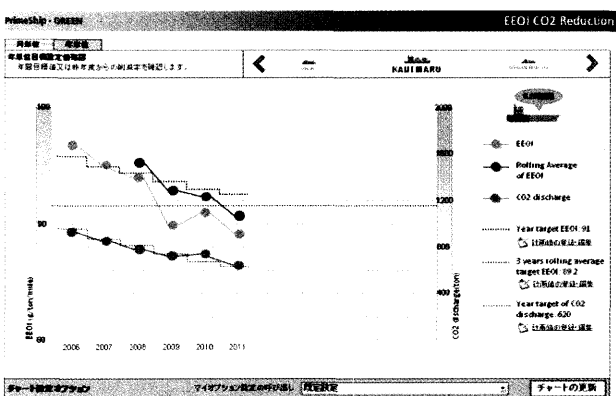


図8 EEOI 目標設定・確認機能

フリート内比較の表示例を図9に示す。フリート内比較では、登録された管理船舶内 (同一船種) において EEOI, CO₂ 排出量, 積載率等の比較を行うことができる。

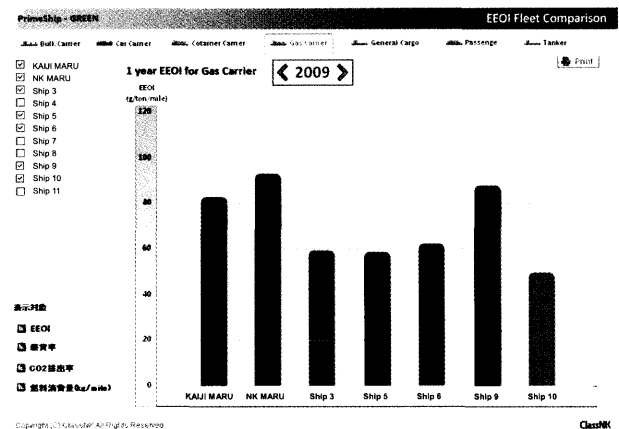


図9 フリート内比較

ベンチマーキング機能の表示例を図10に示す。ベンチマーキング機能は、本会サーバーに蓄積されたデータを用いて船種毎に Capacity の関数として EEOI の平均線を引き、同一船種の管理船舶の EEOI 値と比較することができる。

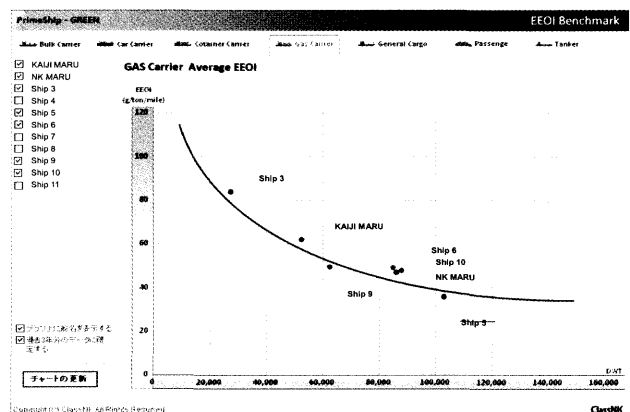


図10 ベンチマーキング機能

4. おわりに

地球温暖化問題に対応するために、低炭素社会の実現が望まれる現代社会においては、船舶から実際に排出される CO₂ 量や EEOI の値を把握し、エネルギー効率向上を目指すことは極めて有意義な活動であり、本稿にて紹介した PrimeShip-GREEN/EEOI がその一助となれば幸いである。なお、本システムについては、エネルギー効率や CO₂ 排出量に関する鑑定業務への活用は勿論のこと、将来的に EEOI の変動に対する要因分析機能を付加し、エネルギー効率改善をより効果的に行うための技術支援ツールとしても発展させていきたいと考えている。

参考文献

- 1) IMO, “Guidance for the Development of a Ship Energy Management Plan (SEEMP)”, MEPC.1/Circ.683, (2009)
- 2) IMO, “Guidelines for Voluntary Use of the Ship Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI)”, MEPC.1/Circ.684, (2009)