

エネルギー効率設計指標 (EEDI) の認証方法について

機関部

1. はじめに

近年、地球温暖化問題に対する社会的関心の高まりから、省エネや CO₂ 排出削減に関する話題が各方面で聞かれるようになった。こうした社会的背景においては、排出された地球温暖化ガスの量を正確に把握することが必然的に求められ、同時に排出量の評価結果に対する第三者認証が重要な役割を担うようになる。例えば、京都議定書における国別排出削減義務を達成するためには国全体での地球温暖化ガス排出量の算定が不可欠であるし、所謂京都メカニズムや国内外における同様の制度（自主的排出権取引制度や国内クレジット制度等）においては、第三者認証という過程を経て初めて排出権やプロジェクトが認められる仕組みになっている。また、企業が環境対応のアピールを目的として自らの排出量を自主的に公表するような場合に、数値の妥当性に関する第三者認証が求められるケースも想定される。国際海運における地球温暖化対策は、京都議定書における削減目標の対象外であり、国際海事機関（IMO: International Maritime Organization）において CO₂ 排出削減に向けた審議が行われているが、ここでも第三者認証の果たす役割の重要性は基本的に上記の例と同様である。しかしながら、このような認証は、船級協会を含めて現状の船舶検査を担っている各組織にとって未経験の分野であり、将来の規制に向けてその手順を新たに構築して行く必要がある。特に、新造船に適用されるエネルギー効率設計指標 (EEDI) の強制化は、早ければ2013年から開始される可能性があり、その認証方法の確立が急務となっている。本稿では、まず CO₂ 排出削減に関する IMO の審議動向について解説した上で、特に EEDI に関する第三者認証についてその基本的な考え方を述べ、今後解決すべき課題について考察する。

2. CO₂ 排出削減に関する IMO の審議動向

IMO における CO₂ 排出削減に関する審議は、2008 年頃から議論が加速しており、現在では規制枠組みの骨子が概ね固まりつつある状況となっている。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。ここで、技術的手法と運航的手法は共に船舶のエネルギー効率を改善するための直接的な手段であり、前者は船舶のハードウェア的改良によって、後者は船舶の運航上の工夫

や改善によって実行されるものである。これに対し、経済的手法は直接的に CO₂ 排出削減を行うための手法ではなく、前述の技術的手法や運航的手法の実施を推進する経済的なインセンティブを与えるための手法といえる。具体的な規制の枠組みとしては、第一段階の規制として、新造船におけるエネルギー効率設計指標 (Energy Efficiency Design Index: EEDI) の強制化（一定サイズ以上の新造船について、EEDI が IMO 基準値を満足することが要求される）及び就航船における船舶エネルギー効率管理計画書 (SEEMP: Ship Energy Efficiency Management Plan) の船上所持義務付けが予定されている。これらの規制は MARPOL ANNEX VI の改正によって導入される方向で審議が行われており、後述するように早ければ2013年から規制が開始される可能性がある。また将来的には、第二段階の規制として、経済的手法の導入も検討されている。経済的手法に関しては、これまでに幾つかの異なる方法論が提案されているが、デンマークが提案する燃料油課金制度と、ノルウェー・独・仏が提案する排出権取引制度がその主要なものとして挙げられる。また、日本は燃料油課金制度をベースに、優れた効率改善が行われた船舶に対して課金の一部を還付することによって効率改善に対するインセンティブをより強化する案を提案している。

IMO における最新の審議としては、2010 年 9 月 27 日から 10 月 1 日にかけて開催された MEPC61 において、EEDI と SEEMP の強制化に関する MARPOL ANNEX VI 改正案が作成され、EEDI については、船種毎に適用対象となる DWT の下限値を定めた上で、規制値（リファレンスラインからの削減率及び削減スケジュール）が表 1 のように合意された。なお、表中の Phase 2 及び 3 の削減率や適用時期については、Phase 1 の開始時から省エネ技術の開発動向等を踏まえてレビューすること、表 1 網掛け部に示した比較的小型の船舶の削減率については、条約改正採択時から各国や業界の提案によりレビューできることが合意されている。本条約改正案は、複数の MARPOL ANNEX VI 締約国の要求により回章されることになっており、同条約の改正は回章から 6 ヶ月以上経過後に締約国の 3 分の 2 以上の賛成で採択出来ることから、MEPC62（2011 年 7 月開催）においてこれが採択された場合には、EEDI 及び SEEMP の強制化要件が 2013 年 1 月 1 日に発効することになる。また、経済的手法については、2011 年 3 月に中間会合を開催し、国際海運に適した手法について引き続き審議を継続することとなった。

表1 EEDIに関する適用日とリファレンスラインからの削減率

船種	船舶のサイズ (DWT)	EEDI削減率			
		Phase 0	Phase 1	Phase 2	Phase 3
		[1 Jan 2013 - 31 Dec 2014]	[1 Jan 2015 - 31 Dec 2019]	[1 Jan 2020 - 31 Dec 2024]	[1 Jan 2025 -]
ばら積み貨物船	20,000 -	0 %	10 %	20 %	30 %
	10,000 - 20,000	n/a	0-10 %	0-20 %	0-30 %
ガスタンカー	10,000 -	0	10 %	20 %	30 %
	2,000 - 10,000	n/a	0-10 %	0-20 %	0-30 %
タンカー	20,000 -	0 %	10 %	20 %	30 %
	4,000 - 20,000	n/a	0-10 %	0-20 %	0-30 %
コンテナ船	15,000 -	0 %	10 %	20 %	30 %
	10,000 - 15,000	n/a	0-10 %	0-20 %	0-30 %
一般貨物船	15,000 -	0 %	10 %	15 %	30 %
	3,000 - 15,000	n/a	0-10 %	0-15 %	0-30 %
冷凍運搬船	5,000 -	0 %	10 %	15 %	30 %
	3,000 - 5,000	n/a	0-10 %	0-15 %	0-30 %
兼用船	20,000 -	0 %	10 %	20 %	30 %
	4,000 - 20,000	n/a	0-10 %	0-20 %	0-30 %

注1：リファレンスラインは、過去10年間（1999－2008）のデータを用いて船種毎に計算されるEEDIの平均線

注2：表中の日付は、MEPC62において採択された場合を想定

3. 新造船におけるエネルギー効率評価と認証

3.1 EEDI認証手順の概要

新造船のエネルギー効率評価指標として用いられるEEDIは、船舶のエネルギー効率のポテンシャルを表す数値であり、(1)式により表される¹⁾。ただし、(1)式は本来のEEDI算定式を簡略化した形で表示しており、実際の算定式は、これに省エネ機器搭載による排出量の控除項等を加えたもう少し複雑な式構成になっている。なお、式中の速力については、平穏な海象条件下での満載状態における75%MCR時の値を用いることが指定されている。また、燃料消費率については、MARPOL ANNEX VIで要求されるNOxテクニカルファイルに記載された値を用いることとされている。

EEDI (g/ton mile)

$$= \frac{CO_2 \text{換算係数} \times \text{燃料消費率 (g/kWh)} \times \text{機関出力 (kW)}}{DWT(\text{ton}) \times \text{速力 (mile/h)}} \quad (1)$$

先に述べたように、新造船についてはEEDIの基準値が適用される見込みであり、その合否判定のための認証作業が必要になる。EEDIの認証方法について、IMOではMEPC 59において、自主的暫定ガイドライン²⁾が採択され、その後MEPC61において同暫定ガイドラインをベースにした「EEDIに関する検査と証書のガイドライン」（以下、認証ガイドラインと呼ぶ）が合意されている。認証ガイドラインにはEEDI認証のための基本的な手順が示されているが、後述するように、今後更に検討が必要になると思われる項目が幾つか残されている。

EEDIの認証は、図1に示すように、設計段階と海上公試の二段階を経て実施される。設計段階においては、水槽試験の結果得られたパワーカーブ（船速と主機馬力の関係）と船舶要目を用いて算出されたEEDIについて、その算出過程を検証する（第一段階の認証）。この検証の結果、EEDIが基準値を満足することが認められた場合にのみ、当該船舶の建造が開始されることになる。その後、完工前に実施される海上公試において、速力試験の結果を用いて第一段階で算出されたEEDIを修正することにより、最終的なEEDIが決定される。従って、海上公試においては、速力試験における計測値の確認と、EEDI修正過程についての検証が必要になる（第二段階の認証）。

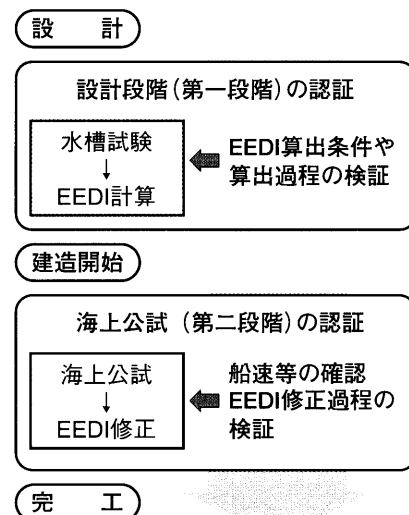


図1 EEDI認証の手順

EEDI の認証に当たっては、(1) 式に示した EEDI の各パラメータについて、計測結果や算出根拠を個々に検証することが必要になるが、これらのパラメータの内、速力以外の項目については、従来の船級検査等においても確認が行われている類のものであり、その検証方法について新たに検討を要するものではない。一方、速力に関しては、これまで船主と造船所との間の商契約においてのみ確認されてきた項目であり、EEDI の認証により初めて第三者による検証の対象となるため、具体的な検証手順を新たに構築する必要がある。

次節以降では、著者らが 2009 年秋に実際に 2 隻の船舶で実施した認証トライアルの結果³⁾に基づいて、現時点で想定される具体的な EEDI 認証手順を説明し、今後解決すべき問題点を明らかにする。

3.2 設計段階における EEDI 認証（第一段階）

設計段階においては、建造予定船舶の模型を用いた水槽試験を実施することにより、満載状態における実船のパワーカーブを推定し、その結果に基づいて EEDI を算出するが、海上公試において満載状態での速力試験が困難である場合には、後にバラスト状態での海上速力試験結果から満載状態での速力を推定する為、満載状態に加えて海上公試条件（バラスト状態）のパワーカーブの推定も併せて必要になる（以下では基本的に満載状態における海上速力試験が困難な場合を想定して記述する）。

設計段階の認証に当たり、造船所は認証機関への提出書類として「EEDI テクニカルファイル」を作成する必要がある。EEDI テクニカルファイルは、EEDI の計算条件に関する基本的な情報を提供するための書類であり、認証完了後は船上に備え付けることが要求される。EEDI テクニカルファイルへの記載が要求される項目について、最低限度必要と思われる具体的記載内容を表 2 に示す。

EEDI の認証のために必要な情報の中には、造船所のノウハウや秘匿情報が含まれていることが想定されるため、そのような情報については EEDI テクニカルファイルには含めずに、「追加情報」として認証機関が直接造船所に要求することになっている。この追加情報については、知的財産保護の観点から、認証作業終了後に提出者に返却すること、必要に応じて提出者と認証機関の間で守秘義務契約を結ぶこと等が認証ガイドラインに定められている。追加情報へ含めるべき項目とその要求理由を表 3 に示す。

表 2 EEDI テクニカルファイルへの記載事項

	記載項目	必要な記載内容
1	載荷重量、主/補機馬力、推定船速、主/補機燃費等の基礎データ	各データ値を示す。主/補機燃費を示す NOx テクニカルファイルのコピー等を添付する。
2	満載状態とバラスト状態（海上速力試験条件）の推定パワーカーブ	各パワーカーブを図示する。
3	推進システムと給電システムの主要目	機器構成が理解し易いように、模式図を用いて機器構成が示されるのが望ましい。
4	パワーカーブ推定手順	プロセス図等によりタンクテストからパワーリングまでのフローを示す。具体的な数値の記載は不要。
5	省エネ機器の概要	EEDI 計算時に控除されるものとされないものに分けて、最低限度カタログスペック程度の情報を示す。
6	EEDI 計算値	EEDI 値を、その計算サマリーと共に示す。

表 3 追加情報に含めるべき項目

	記載項目	要求理由と必要な記載内容
1	水槽試験実施機関概要	水槽試験の信頼性を確認するための補助的資料として要求。水槽試験実施機関名称、水槽設備の仕様、計測機器の校正記録を示す。
2	模型船と実船の線図	模型船と実船が相似であることを確認するために要求。
3	軽荷重量及び排水量テーブル	載荷重量確認のために要求。
4	水槽試験結果の詳細レポート	満載状態とバラスト状態の船速が同じ計算手順に従って推定されていることを確認するために要求。
5	パワーカーブ推定計算の詳細レポート	検証者がパワーカーブ推定手順を追算するのに十分な情報、すなわち、計測生値と Model-Ship Correlation のような造船所経験値、プロペラ性能曲線等の全ての必要なデータと計算手順の詳細が分かりやすい形（追算しやすい形）で示される必要がある。

認証機関は、EEDI テクニカルファイルと追加情報に記載された情報を基に、算出された EEDI を認証する。具体的には、造船所が算出した EEDI 値について、その算出過程を追算し、EEDI の計算上考慮すべき船舶仕様が全て網羅されていること、計算手順の技術的妥当性と計算過程に誤りがないこと等の確認を行う。しかしながら、この認証手順において、水槽試験結果の妥当性に関する検証と、パワーカーブすなわち速力の推定手順に関する検証の方法については、更に検討すべき課題が残されている。

水槽試験結果について、認証ガイドラインには具体的な検証方法が示されておらず、“信頼できる水槽試験結果に基づいてパワーカーブを推定すること”とのみ規定されている。しかしながら、水槽試験結果は EEDI 計算の

基礎となる計測値であり、認証の観点からは、少なくとも計測方法や精度についての確認が不可欠と思われる。これに対応するための認証スキームとしては、例えば、水槽試験実施機関の事業所承認や、個々の水槽試験への認証機関の立会い等が選択肢として考えられる。

一方、パワーカーブの推定手順については、更に複雑な問題が残されている。水槽試験結果から実船のパワーカーブを推定する手順は、図2のフローチャートに示す流れが概ね一般的であるが、その詳細については各造船所によって内容が異なっている。推定したパワーカーブから読み取られる速力は、船主と造船所との間の契約において最も重要視される項目の一つであり、精度の良い推定を行うために、各造船所は独自の経験に裏付けられた様々な工夫を行っている。認証ガイドラインにおいては、各造船所の推定方法について、認証機関が計算過程を検証することが規定されており、著者らが実施した認証トライアルにおいては、計算過程を追算することにより、算定方法が技術的に妥当であること、計算過程に誤りが無いこと、満載状態と海上公試条件（バラスト状態）のパワーカーブが同じ算定方法に従って推定されていること等の確認を行った。しかしながら、パワーカーブの推定計算においては、一般に各造船所が過去の実績に基づいて決定した経験値（例えば、伴流係数の実船変換係数や粗度係数のような所謂 Model-Ship Correlation Factor 等）が使用されるため、実船による海上速力計測を行う以外にその数値の技術的妥当性について検証する手段がなく、満載状態での海上公試が困難な場合には、この点が認証上の問題となる。

以上のような問題点を認識した上で、速力の検証方法について検討する場合、その方向性として大きくは次の2つが考えられる。

- (1) 原則として各造船所の推定手法を受け入れる。
 - (2) パワーカーブ推定の標準手法を新たに規定する。
- 各造船所のパワーカーブ推定手法を受け入れる場合、造船所は自らのノウハウに基づく速力推定が可能であり、従来の商習慣にも影響を及ぼさないという利点があるが、前述の問題点については基本的に未解決のままとなる。現実的には、計算に用いられる経験値について何らかの技術的根拠（過去に実施した水槽試験結果と海上公試結果の比較等）の提示を求め、その技術的正当性を可能な限り合理的に判断することになると思われるが、個別対応での検証となるため、その判断基準が曖昧になることが懸念される。また、造船所毎に推定精度に違いが生じることも懸念点となる。

一方、パワーカーブ推定の標準手法を規定する場合、全ての造船所が一律の手法を用いることで公平性が確保され、かつ認証の判断基準が明確になるという利点がある。ただし、この場合、Model-Ship Correlation Factor

のような経験値についても一律の標準値を用いることになり、その結果、速力が十分な精度で推定できなくなることが懸念される。従って、このような手法を用いる場合の推定速力は、あくまで EEDI 算出用の便宜的な速力であると認識すべきであり、商契約上の速力とは切り離して考える必要がある。また、速力推定に関する従来の作業内容について造船所が大幅な変更を余儀なくされる可能性も懸念事項として挙げられる。

あるいは、両者の折衷的な案として、各造船所の推定手法を用い、計算に使用される経験値にのみ一定の制限を設けることも一案として考えられる。例えば、海上公試条件（バラスト状態）のパワーカーブ推定に使用される経験値は海上公試の結果からその妥当性の検証が可能であるため、満載状態のパワーカーブを推定する際にもこれと同じ値を用いるよう規定することが考えられる。このような取り扱いにより、造船所の作業内容に変更を強いることなく、認証についても一定の判断基準を設けることが可能となる。ただし、満載状態とバラスト状態の経験値として同じ値を用いることに技術的根拠はなく、この場合にも、推定された速力はあくまで EEDI 算出用の便宜的な速力として認識する必要がある。

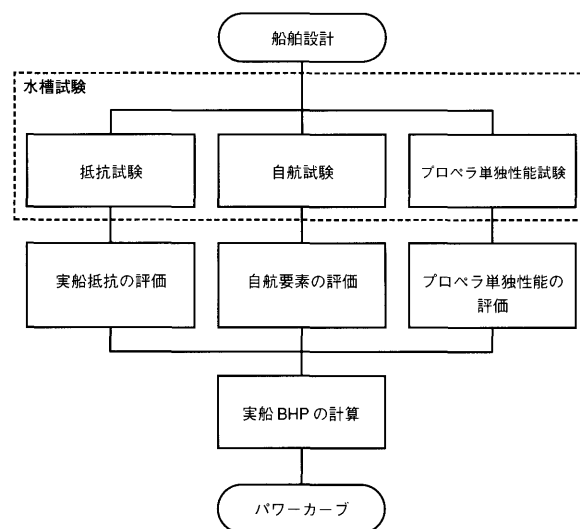


図2 パワーカーブ推定手順のフローチャート

3.3 海上公試における EEDI 認証（第二段階）

海上公試時の認証においては、EEDI テクニカルファイルに記載された本船の機器構成、海上速力試験時の船体状態（喫水及びトリム）を確認した上で、パワーカーブ作成に必要な速力試験の各計測値について確認を行う。

速力試験においては、同時計測した海象条件（風、潮流及び波浪）を用いて計測結果を補正し、主機馬力の計測結果と合わせてパワーカーブが作成される。この補正は ISO15016 又は同等の手法で行うことが認証ガイドラインに規定されているため、認証手順としては、造船所

が実施した補正計算を追算することにより、補正計算過程の検証を行うことが必要になる。このパワーカーブを正とすれば、第一段階で推定した海上公試条件のパワーカーブとの差分が、設計段階における推定誤差と看做される。最終的な EEDI 計算に必要な満載状態における 75 % MCR 速力は、この推定誤差量を勘案して第一段階で推定した満載状態のパワーカーブから推定することになる。ただし、この速力推定の具体的な方法は、現時点で確定しておらず、検討すべき課題の一つとなっている。なお、認証ガイドラインには一案として図 3 に示す速力推定方法が例示されている。図 3 においては、実線が第一段階で推定したパワーカーブを示しており、点線が海上速力試験結果 (○) から引いたパワーカーブを示している。この方法では、海上公試条件における推定誤差量と同じ割合で満載状態のパワーカーブを修正し、EEDI 計算に必要な速力 (●) を推定している。

最終的な EEDI は、上記の手順により検証された速力を用いて、式 (1) により計算されることになる。

参考文献

- 1) IMO, “Interim Guidelines on the Method of Calculation of the Energy Efficiency Design Index for New Ships”, MEPC.1/Circ.681, (2009)
- 2) IMO, “Interim Guidelines for Voluntary Verification of the Energy Efficiency Design Index”, MEPC.1/Circ.682, (2009)
- 3) 国土交通省海事局, “Report on Verification Trials for Energy Efficiency Design Index (EEDI)”, MEPC60/4/5, (2010)

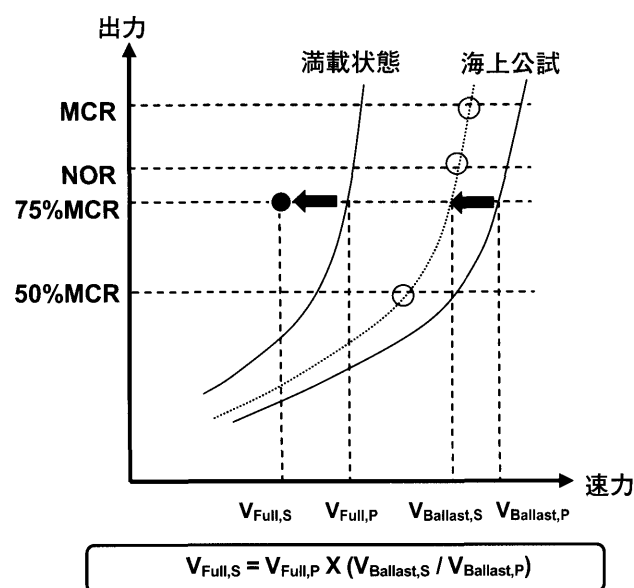


図 3 満載状態における 75 % MCR 速力推定方法の例

4. おわりに

本稿では、EEDI の認証方法に関して、その具体的な手順と、今後更に検討が必要になると思われる課題について概要を述べた。EEDI のパラメータのうち、特に速力については、従来商契約においてのみ確認されていた値が EEDI の強制化に伴い公の値へと移行する過渡期に差しかかったといえる。従って、その検証方法については、公平性や正確性を念頭に置きつつ、造船所や他の関係者に過大な負担とならないよう現実的な手順を慎重かつ早急に構築していく必要がある。