

風力補助推進システムに関するEEDI/EEEXI認証

三宅 竜二*

1. はじめに

国際海運は、国際間輸送を担い、船籍国、実質支配者、運航者、荷主等の関係が複雑なため、国際海運から排出されるGHGの削減対策については、UNFCCCにおける国別削減対策の枠組みには馴染まないことから、国際海事機関（IMO）に検討が委ねられている。一方、内航海運から排出されるGHGについては、UNFCCCの枠組みにおける国別の排出量にカウントされ、各国で対策が検討されている。

IMOのGHG排出削減に関する取り組みとしては、IMOはGHG削減と経済発展の両立の観点から、個船のエネルギー効率の改善に着目しており、2013年から、設計上の燃費規制のEEDI（エネルギー効率設計指標）と運航上の燃費規制のSEEMP（船舶エネルギー効率管理計画）を実施している。さらに、2018年にGHG削減戦略が合意されたことから、短期対策として、2023年からEEEXI（就航船の燃費性能指標）と燃費実績の格付け制度（CII格付け）が開始されている。2023年7月に開催されたMEPC 80において、GHG削減戦略が見直され、新たに「遅くとも2050年頃までにGHGネットゼロ排出を

目指す」という野心的な目標が掲げられた。これを達成するための要素技術の一つとして、風力を補助推進として利用する技術に改めて注目が集まっている。古くから用いられてきた帆の他、大型の帆を船舶に接続し風を受けた帆が本船をけん引するシステム、甲板上で円柱形の装置を回転させマグヌス効果により揚力を生み出すシステムなども既に実用化されており、風力を利用した船舶の補助推進システムは日々進歩している。本稿では、風力補助推進システム（Wind Assisted Propulsion System）のEEDI/EEEXIへの反映方法や認証方法について、EEDI/EEEXI規制の概要をはじめ、IMO関連ガイダンスの開発経緯、航路影響、インセンティブ付与及び今後の課題を交えながら、詳しく解説する。

2. 代表的な風力補助推進システム

IMOにおいて、新たに「遅くとも2050年頃までにGHGネットゼロ排出を目指す」という野心的な目標が掲げられたため、これを達成するための要素技術の一つとして、風力を補助推進として利用する技術に改めて注目が集まっている。代表的な風力補助推進システムを図1に示す。Hard SailはFRP等の

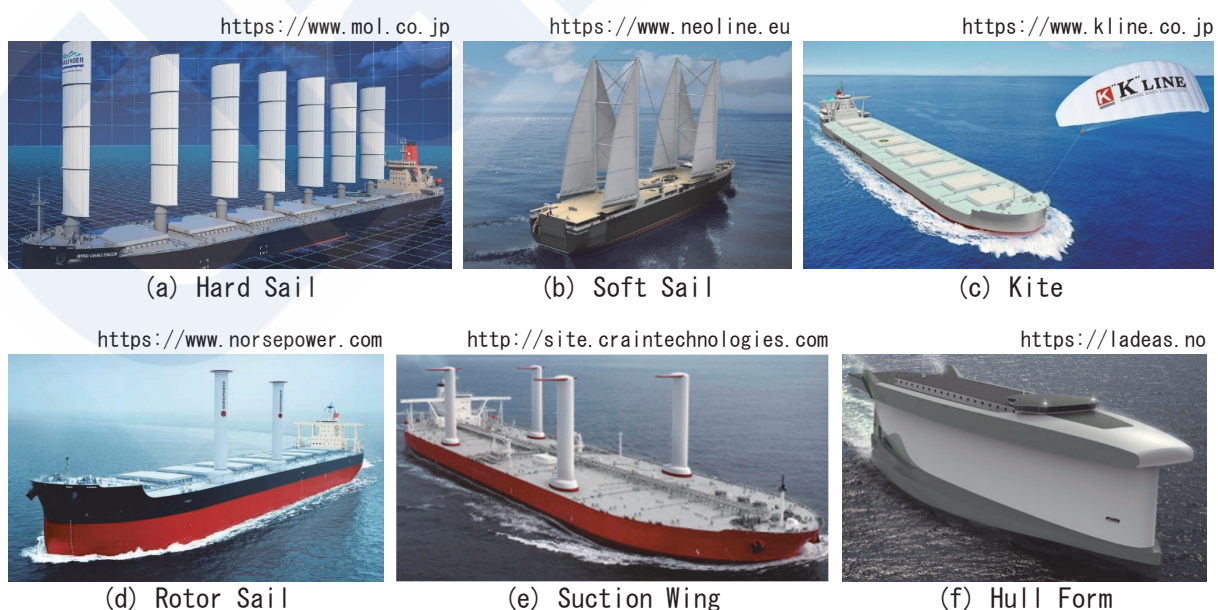


図1 代表的な風力補助推進システム

* 技術研究所

硬翼帆であり、ヨットなどの軟帆と比べて翼形状のため風を推力に変換する効率に優れている。Soft Sailは軟帆が翼形状のフレームに沿って張られているため、硬翼帆と同程度の推進力が得られると言われている。Kiteについては、風は高度が増すにつれて風速が速くなるため、Kiteが高高度の風を受けることで20%以上のGHG削減効果が得られると言われている。Kiteは運航中の展開や回収が課題だが、展開と回収は船首のマストを使い自動で行う設計になっており、Kiteが8の字で旋回し高速で移動することで翼として働き、大きな推進力を得ることができる。Rotor Sailは船舶のデッキ上に円筒型のローターを垂直に搭載し、円筒が風を受けてマグナス効果により推進力を得ることができる。野球のボールが回転によりカーブする原理と同じである。Suction Wingは鋼製楕円形水平断面の帆に吸引スリットを設けて空気吸込み効果により気流の密着度を高めることで高揚力を生み出すことができる。Hull Formは船体自体を翼型にすることで、追加設備がなくても風エネルギーを推進力に変換することができ、水上部分に斜向風が来た時に船体を翼として揚力（主に前縁推力）が発生する原理を利用して推進力を最大化している。

3. 革新的省エネ技術ガイダンスの開発経緯

2013年に開催されたMEPC 65において、風力補助推進システム、空気潤滑システム、廃熱回収システム等の革新的省エネ技術による効果をEEDIの枠組みに組み込むために、「2013年EEDI計算及び認証のための革新的省エネ技術の取扱いに関するガイダンス」¹⁾が承認された。風力補助推進システムについては、本ガイダンスに規定された「風向・風速毎の風による推進力」の推定方法や検証方法をはじめ、「全世界航路における風の発現確率」が未完成だったため、その効果をEEDIに反映させることができなかった。一方、日本では風力補助推進システムの具体的な導入プロジェクトが複数存在しており、業界要望により、その燃費性能を公式に評価できる環境を早期に整備する必要があった。2021年3月に開催されたMEPC 76において、その効果を早急にEEDIに反映できるようにするために、日本は中国やドイツと共に、風力補助推進システムに関する革新的省エネ技術ガイダンスの改正案²⁾を提出した。MEPC 76には、フィンランド、フランス、Comoros, RINAからも風力補助推進システムに関する提案文書が提出されたものの、審議時間の関係上、次回MEPC 77に先送りされ、2021年11月に開

催されたMEPC 77において、MEPC 76の日本・中国・ドイツの改正案²⁾をベースに、フィンランド、フランス、Comoros, RINAの要素を反映した改正案³⁾が承認され、「2021年EEDI及びEEXIの計算及び認証のための革新的省エネ技術の取扱いに関するガイダンス」⁴⁾として発行され、ようやくその効果がEEDI/EEXIに反映できるようになった。

4. EEDI/EEXI規制の概要

EEDI/EEXIは新造時の船舶のスペックの1つで、『効率のポテンシャル』を表す指標である。基本概念としては、式(1)に示す通り、「機関出力」に「燃料消費率」及び「CO₂換算係数」を乗じたものを、「積載能力」及び「船速」で割ることにより計算され、1トンの貨物を1マイル輸送した際に見込まれるCO₂の排出量を表している。指定された船種にのみ適用され、船種ごとに定められたサイズ以上の船舶については、規制値への適合が要求され、それ未満の船舶であれば、規制値の設定はない。

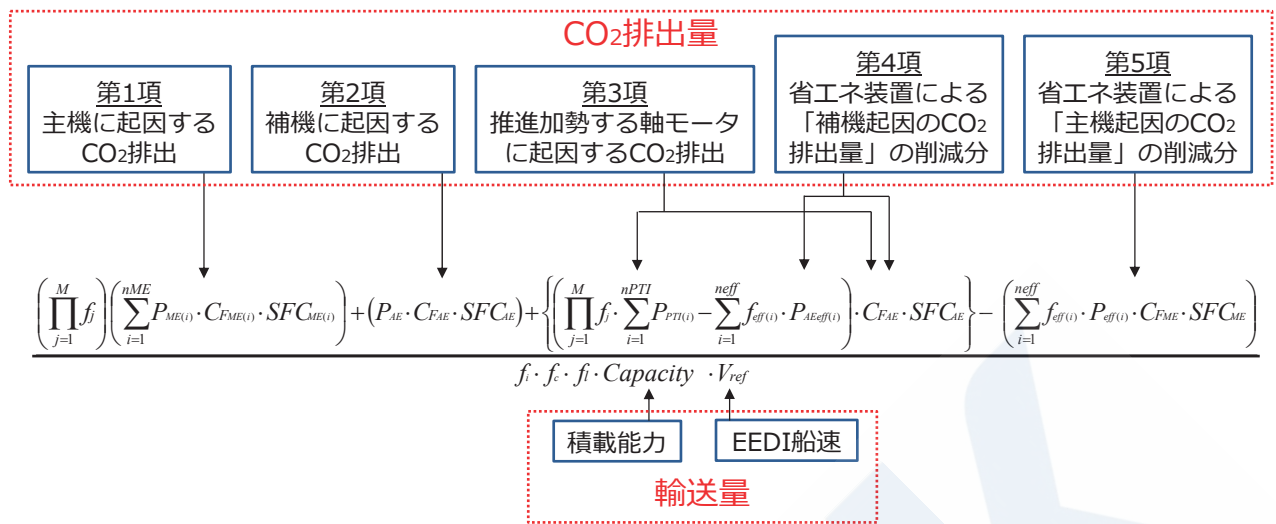
EEDI/EEXI (g/ton・mile)

$$= \frac{\text{CO}_2\text{換算係数} \times \text{燃料消費率(g/kWh)} \times \text{機関出力(kW)}}{\text{積載能力(ton)} \times \text{船速(mile/h)}}$$

(1)

4.1 EEDI/EEXI計算式

図2に示す通り、EEDI/EEXIの計算式は一見複雑に見えるが、その考え方は先の基本概念に基づいている。数式の分子第1項は、主機に起因するCO₂排出量を見積もるためのもので、機関出力、燃料消費率、CO₂換算係数を掛け合わせることでCO₂排出量を計算する。分子第2項は、補機に起因するCO₂排出量を見積もるためのもので、基本的な考え方は第1項の主機の場合と同様である。分子第3項は、推進加勢する軸モータに起因するCO₂排出量を見積もるためのものである。分子第4項と第5項については、省エネ装置を搭載した場合のCO₂排出量控除項で、補機又は主機に起因するCO₂排出量からの省エネ効果による削減分をそれぞれ減算することができる。計算式の分母における積載能力Capacityには、客船を除き、最大夏期満載喫水における載荷重量DWTを用いることが規定されており、船速V_{ref}については、最大夏期満載喫水における75%出力での平水中速力を用いることが規定されている。



P_{ME} :	主機出力 $0.75 \times (MCR_{ME} - P_{PTO})$ [kW] (P_{PTO} は軸発出力であり、軸発搭載時は原則 P_{AE} を上限に控除可能)
P_{AE} :	補機出力 $0.025 \times MCR_{ME} + 250$ [kW] (ただし、 $MCR_{ME} < 10,000$ kWの場合は $0.05 \times MCR_{ME}$)
P_{PTI} :	軸モータによる出力消費の75% [kW]
SFC :	燃料消費率 [g/kWh]
C_F :	燃料油種類別に決まる CO_2 換算係数
$Capacity$:	DWT (但し、コンテナ船は70%DWT, 客船はGT)
V_{ref} :	平水中、最大夏期満載喫水 (コンテナ船は70%DWT時の喫水) における出力 P_{ME} 時の船速 [knots]

図2 EEDI/EEXI計算式

表1 革新的省エネ技術のカテゴリー

分類	内容		省エネ技術
Category A	推進効率・全抵抗に影響し、パワーカーブに反映されるもの		船尾付加物, 船型改良等
Category B	(B-1)	ON状態であれば常に、主機の出力を減少させるもの	$f_{eff} = 1.0$ 空気潤滑システム
	(B-2)	周辺環境に依存し、主機の出力を減少させるもの	$f_{eff} < 1.0$ 風力推進システム
Category C	(C-1)	ON状態であれば常に補機・モータの出力を減少させるもの	$f_{eff} = 1.0$ 廃熱回収システム
	(C-2)	周辺環境に依存し、補機・モータの出力を減少させるもの	$f_{eff} < 1.0$ 太陽光発電システム

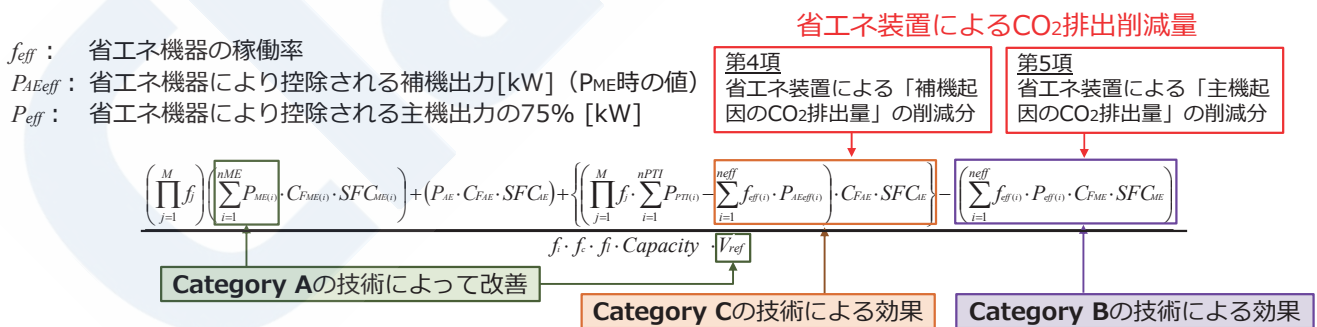


図3 革新的省エネ技術の各カテゴリーにおけるEEDI/EEXIの計算方法

4.2 省エネ技術のEEDI/EEXIへの反映方法

表1に示す通り、革新的省エネ技術は、EEDI/EEXIにおいて、3つのカテゴリーに分類されている。一つ目はカテゴリーAで、推進効率・全抵抗に影響し、パワーカーブに反映されるもので、ダクトやフィンのような船尾付加物や船型改良が該当し、図3に示す通り、その効果は分子第1項の主機

出力や船速に反映される。二つ目はカテゴリーBで、機器を作動させることで主機出力を減少させるもので、空気潤滑システムがカテゴリーB-1に該当し、風力補助推進システムは周辺環境に依存するため、カテゴリーB-2に該当し、その削減分は分子第5項により反映される。三つ目はカテゴリーCで、機器を作動させることで補機やモータの出力を減少させ

るもので、廃熱回収システムがカテゴリーC-1に該当し、太陽光発電システムは周辺環境に依存するため、カテゴリーC-2に該当し、その削減分は分子第4項により反映される。カテゴリーBとカテゴリーCの省エネ機器における具体的なEEDI/EEXIの計算方法や認証方法については、IMOの「革新的省エネ技術ガイダンス」に規定されている。

5. 風力補助推進システムのEEDI/EEXIへの反映方法

風力補助推進システムは主機出力を減少させるが、周辺環境に依存するため、カテゴリーB-2に該当し、その削減分は分子第5項により反映される。革新的省エネ技術ガイダンスに具体的な風力補助推進シ

ステムの計算方法が規定されており、図4に示す通り、風向・風速毎の風による推進力に関する行列 (Wind Force Matrix) と世界の主要航路に基づく全世界航路における風向・風速毎の発現確率に関する行列 (Global Wind Probability Matrix) を掛け合わせることで風力補助推進システムによる推進力を計算し、その推進力を船舶の推進効率で割ることによりプロペラ推進力の減少分を求め、この減少分とシステムの消費電力から主機関からのCO₂削減量を求める。

5.1 Wind Force Matrix

表2に示す通り、Wind Force Matrixは風向・風速毎の風による推進力に関する行列であり、革新的省エネ技術ガイダンスにおいて、風力補助推進システムに応じて、風洞試験、CFD等の数値計算、実

$$\frac{\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + (P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}) + \left\{ \left(\prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{AEeff(i)} \right) \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE} \right\} - \left(\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right)}{f \cdot f_c \cdot f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref}}$$

$$(f_{eff} \cdot P_{eff}) = \left(\frac{1}{\sum_{k=1}^q W_k} \right) \cdot \left(\left(\frac{0.5144 \cdot V_{ref}}{\eta_D} \sum_{k=1}^q F(V_{ref})_k \cdot W_k \right) - \left(\sum_{k=1}^q P(V_{ref})_k \cdot W_k \right) \right)$$

with $F_1 - F_k \geq 0 \wedge F_{k-1} - F_k \geq 0$

(sorting all force matrix elements in descending order)

and $\sum_{k=1}^{q-1} W_k < \frac{1}{2} \wedge \sum_{k=1}^q W_k \geq \frac{1}{2}$

(defining q: the number of elements added in the formula)

$F(V_{ref})_k$: 風向・風速毎の風による推進力に関する行列 (Wind Force Matrix)

W_k : 世界の主要航路よる全世界航路における風向・風速毎の発現確率に関する行列 (Global Wind Probability Matrix)

$P(V_{ref})_k$: 風力補助推進システムの消費電力に関する行列

図4 風力補助推進システムのEEDI/EEXIへの反映方法

表2 風向・風速毎の風による推進力に関する行列 (Wind Force Matrix)

Wind Angle(°)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	
<1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
<4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	9.3	13.3	16.6	19.1	21.0	22.1	22.6	22.6	22.0	21.0	19.6
<5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	13.5	20.6	26.5	31.4	35.1	37.7	39.2	39.6	39.1	37.8	35.8	33.3	30.5	
<6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	19.0	30.1	38.8	45.9	51.4	55.1	57.2	57.7	56.8	54.8	51.8	48.1	43.9	39.4	
<7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.3	22.2	36.5	48.9	59.2	67.2	72.9	76.3	77.4	76.6	74.1	70.3	65.6	60.2	54.5	48.6	
<8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.6	37.9	55.1	69.8	81.6	90.3	95.9	98.5	98.5	96.1	92.0	86.6	80.4	73.6	66.5	59.2		
<9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	32.5	55.6	75.8	92.7	105.9	115.1	120.4	122.1	120.7	116.8	111.2	104.4	96.8	88.7	80.2	71.4		
<10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.1	48.1	75.1	98.5	117.6	132.0	141.6	146.4	147.0	144.3	139.1	132.1	124.0	115.1	105.6	95.5	85.3			
<11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.4	65.3	96.5	123.1	144.5	160.1	169.8	174.0	173.6	169.6	163.1	154.9	145.6	135.3	124.2	112.6	101.0			
<12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.0	84.1	119.7	149.7	173.4	190.0	199.8	203.3	201.9	196.8	189.2	179.8	169.2	157.4	144.7	131.6	119.2			
<13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.1	58.9	104.5	144.7	178.3	204.1	221.8	231.6	234.5	232.1	225.9	217.3	206.8	194.8	181.4	167.0	152.8	140.4		
<14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.8	75.1	126.5	171.6	208.8	236.8	255.5	265.2	267.6	264.3	257.2	247.5	235.8	222.4	207.3	191.4	176.5	165.0		
<15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.4	92.6	150.2	200.3	241.1	271.5	291.1	300.8	302.6	298.5	290.5	279.8	266.9	251.9	235.1	218.0	203.1	193.3		
<16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.8	111.4	175.4	230.8	275.4	308.1	328.6	338.4	339.6	334.8	325.9	314.3	300.0	283.4	265.0	247.0	232.6	225.3		
<17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53.2	131.5	202.3	263.1	311.7	346.6	368.1	377.9	378.6	373.1	363.5	350.8	335.2	316.9	297.0	278.5	265.4	261.2		
<18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	66.5	152.9	230.7	297.2	349.8	387.1	409.6	419.4	419.8	413.7	403.3	389.5	372.4	352.4	331.2	312.6	301.4	301.1		
<19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.8	175.6	260.8	333.1	389.8	429.5	453.0	463.0	456.3	445.2	430.3	411.7	390.0	367.7	349.4	340.6	344.8			
<20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	95.9	199.6	292.4	370.8	431.8	473.9	498.5	508.6	508.3	501.1	489.3	473.2	453.0	429.6	406.5	389.1	383.3	392.5		
<21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	111.9	224.8	325.7	410.4	475.6	520.3	546.0	556.3	555.7	548.1	535.5	518.2	496.4	471.4	447.6	431.5	429.5	444.1		
<22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	128.9	251.4	360.5	451.7	521.4	568.7	595.5	606.0	605.3	597.3	583.9	565.4	541.8	515.4	491.2	476.9	479.0	499.6		
<23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	146.8	279.3	396.9	494.7	569.1	619.0	647.0	657.8	657.0	648.6	634.4	614.6	589.4	561.5	537.3	525.2	532.0	558.8		
<24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	165.6	308.4	434.9	539.6	618.7	671.3	700.6	711.8	710.8	702.0	687.1	665.9	639.0	609.9	585.9	576.4	588.4	621.9		
<25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	194.4	338.8	474.5	586.3	670.2	725.7	756.2	767.8	766.8	757.7	741.9	719.3	690.7	660.4	636.9	630.5	648.3	688.8		
≥25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.5	195.5	354.6	494.9	610.3	696.7	753.6	784.7	796.6	795.6	786.3	770.1	746.8	717.4	686.6	663.4	658.7	679.5	723.6	

機による試験から求めることが規定されている。例えば、カイトの場合、模型による風洞試験は難しいことから、実機による試験により妥当性が検証されたCFDで計算することも認められており、風力補助推進システムに応じて、適切な推定手法によりWind Force Matrixを作成する必要がある。

5.2 風速の高度影響の考慮

図5に示すように、地表や海面付近の風は摩擦の影響により風速が上空よりも減少する。地上や海上からの高さによる風速の変化（風速の鉛直分布）を表す式として「べき法則」があり、革新的省エネ技術ガイダンスでは、風速の高度影響を考慮できるように、式(2)に示す通り、ITTCの推奨手法に従い、海上10mの風速を基準とする1/9乗則を採用している。

カイトは上空を飛行することから、飛行高度における風速を用いて推進力を求め、帆も同様に、風速の鉛直分布を考慮して推進力を求めてWind Force Matrixを作成する必要がある。図6に示す通り、300m上空の風速は海上10mの1.46倍となり、100m上空では1.29倍となる。

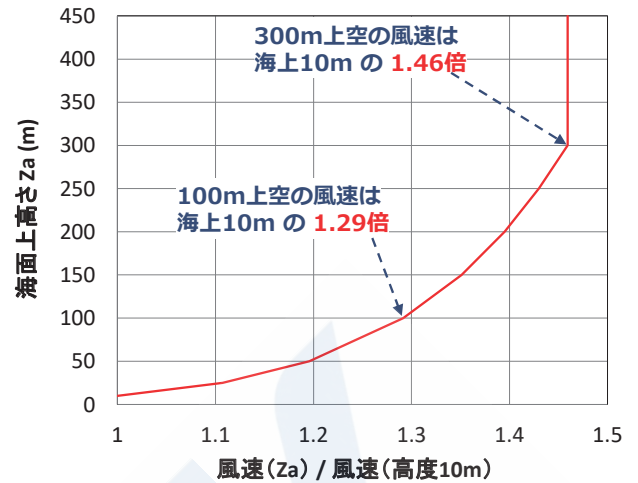


図6 海上における風速の高さ方向分布

5.3 Global Wind Probability Matrix

IMOでは、船舶はあらゆる航路に投入される可能性があるという前提で規則化しており、特定航路ではなく、全世界航路で評価せざるを得ないことから、Global Wind Probability Matrixは、図7に示すように、世界の主要航路に基づく全世界航路における風向・風速毎の発現確率に関する行列として定義されている。航路影響により、EEDI/EEXI上の効果と実際の効果が乖離するが、設計指標によるコンセプトの限界であり、運航指標であるCIIには実際の効果が反映される。

5.4 Wind Probability Matrixによる航路影響

中国⁵⁾によると、図8に示す二本の硬翼帆を搭載したVLCCにおいて、全世界航路によるWind Probability Matrixを使用した場合、そのEEDIの改善効果はたったの1.6%だが、中東-極東航路によるWind Probability Matrixを使用した場合は、16%であることが報告されている。中東-極東航路の場合、横風を受けて航行することが多く、風力補助推進システムにとって理想的な環境であることから、このような極端な差が生じたものと考えられる。

5.5 風力補助推進システムへのインセンティブ付与

航路影響により、EEDI/EEXI上の効果と実際の効果が乖離するため、風力補助推進システムの普及促進への影響を懸念したドイツとフィンランドが風力補助推進システムにインセンティブを与える提案文書⁶⁾をIMOに提出し、審議の結果、この提案が受け入れられた。具体的には、Global Wind Probability Matrixのうち、風力が大きい上位半分成分を残し、残り半分成分を切り捨てる方法で、1/3有義波高の考え方を応用したものであり、明確な物理的根拠はない。ドイツとフィンランドの提案

<https://official.rikanenpyo.jp/posts/6160>

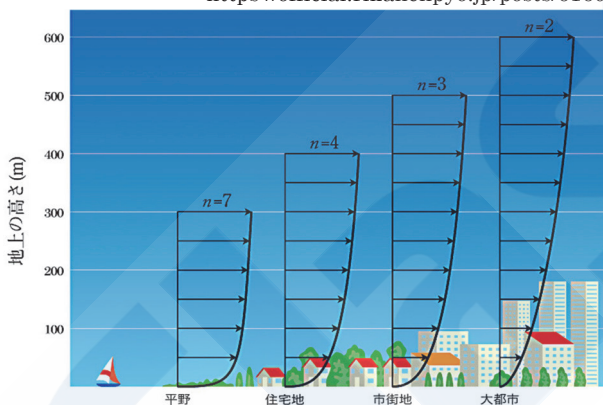


図5 風速の高さ方向分布

$$\begin{aligned}
 v_{Zref} &= v_{10m} \left(\frac{Z_{ref}}{10} \right)^\alpha \quad \text{for } Z_{ref} < 300m \\
 v_{Zref} &= v_{10m} \left(\frac{300}{10} \right)^\alpha \quad \text{for } Z_{ref} \geq 300m
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

- Z_{ref} : 海面からの参照高さ (m)
- v_{10m} : 海上10mにおける風速 (m/s)
- v_{Zref} : 参照高さにおける風速 (m/s)
- α : 1/9 (ITTCの推奨手法から引用)

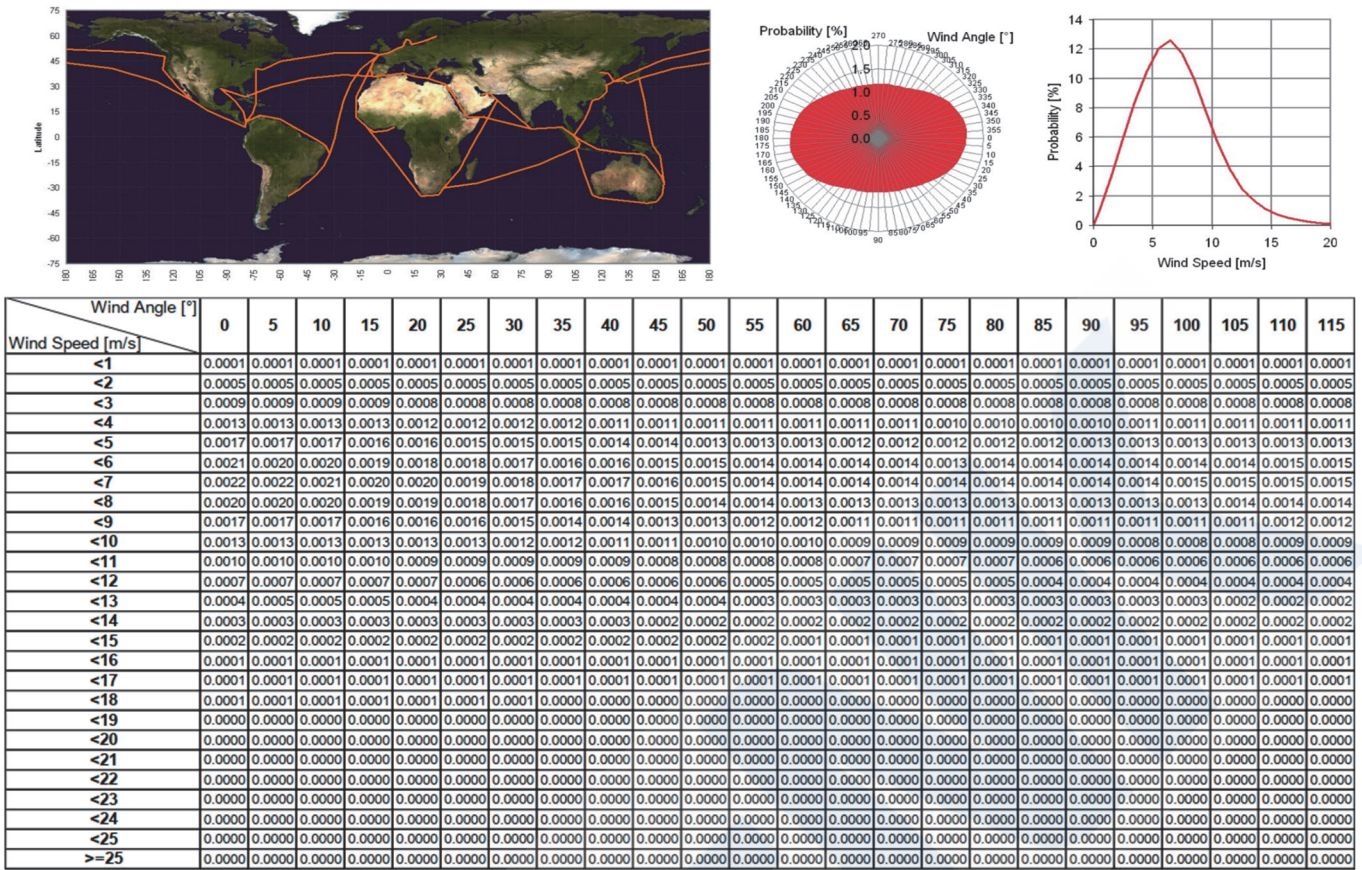


図7 世界の主要航路に基づく全世界航路における風向・風速毎の発現確率に関する行列 (Global Wind Probability Matrix)



図8 二本の硬翼帆を搭載したVLCC (大連船舶重工)



図9 ローターセイルを搭載した 8,660DWT RO-RO貨物船

文書によると、図9に示すローターセイルを搭載した8,660DWT RO-RO貨物船の場合、インセンティブが無い場合はEEDI/EEXIの改善効果は15%で、インセンティブがある場合は30%になることが報告されている。ケースバイケースだが、少なくともこのケースでは、インセンティブによりEEDI/EEXIの改善効果が二倍になることが分かる。

6. 風力補助推進システムのEEDI/EEXI認証

風力補助推進システムのEEDI/EEXI認証では、革新的省エネ技術ガイダンスに従い、予備認証において、Wind Force Matrixの設定根拠を含む各種資料（風洞試験結果、CFD等の数値計算結果、実機による試験結果等）を確認し、最終認証において、装置の構成や搭載を確認することでEEDI/EEXI値を検証する。

7. 考察

革新的省エネ技術ガイダンスの改正にあたり、風力補助推進システムの効果を早急にEEDIに反映できるようにすることが優先されたため、インセンティブの妥当性など、改善の余地が残されていることから、今後、その効果をより適切に評価できるガイダンスの改正（改善）が望まれる。考えられる改善事項は以下の通り。

- 1) EEDI/EEXIは75%MCR時の船速で評価するが、現在、減速運航が常態化しているため、最早、評価船速が実態と乖離している。風力補助推進システムでは船速が遅いほどその効果の割合が高く、EEDI/EEXIは実際の効果を過小評価していることから、今後、船速の補正式等を開発し、導入することが望ましい。
- 2) 船舶はあらゆる航路に投入される可能性があるため、改正ガイダンスでは、特定の航路ではなく、世界の主要航路による全世界航路で評価している。このため、EEDI/EEXI上の効果と実際の効果は乖離するが、設計指標によるコンセプトの限界であり、運航指標のCIIには実際の効果が反映される。しかしながら、世界の主要航路においても、風速・風向が最適な航路が存在するため、今後、その最適航路に基づくWind Probability Matrixを開発し、導入することが望ましい。
- 3) 特定航路における風力補助推進システムの効果を適切に予測（評価）することは、商談上、メーカーや船主等の関係者にとって重要なため、IMOとは関係ないが、IMOガイダンスに、参考情報として、特定航路のWind Probability Matrixが記載されると、関係者にとって大変有益であり、第三者による性能鑑定にも有効活用できる。
- 4) 改正ガイダンスでは、風力補助推進システムにより生じる斜航や当舵の影響が考慮されていないため、今後、その影響について調査し、要すれば、影響の補正式等を開発し、導入することが望ましい。
- 5) 風力補助推進システムにインセンティブを与えるために、Global Wind Probability Matrixのうち、風力が大きい上位半分の成分を残し、残り半分の成分を切り捨てる方法を採用したが、1/3有義波高の考え方を応用したものであり、明確な物理的根拠はないことから、今後、その妥当性を検証し、要すれば改善することが望ま

しい。

- 6) 風洞試験、CFD等の数値計算、実機による試験、海上試運転での試験方法等に関する実施方法や検証方法についても、今後、その詳細を規定することが望ましい。

8. 風力補助推進システムのガイドライン

本会では、船級承認を行うための風力補助推進システムの安全な設計の指針として、2019年に「風力を利用した船舶補助推進装置の設計に関するガイドライン（初版）」を発行しており、本ガイドラインを参照することで、風力補助推進システムの設計において考慮すべき設計要素を押さえることが可能になった。さらに、実プロジェクトや最新の研究開発成果を通じて得られた知見を反映し、2023年に第2版として大幅にガイドラインを更新した。第2版では、風力補助推進システム設計者と船舶設計者の両者が分かり易いようにガイドライン全体の構成を見直し、「風力装置」、「搭載船」、「検査」の3部構成とした上で、それぞれの要件を詳細化及び明確化した。風力補助推進装置の設計、また船舶への搭載にあたって検討すべき点も包括的に確認できるものとなっている。

第2版では、風力補助推進システムの効果に関して、IMOの革新的省エネ技術ガイダンスに従ってEEDIやEEXIに反映できることが規定された。さらに、特定航路における風力補助推進システムの効果についても、別途本会が適当と認める方法により評価できることが規定された。

9. おわりに

風力補助推進システムの効果をより適切に評価できるIMOガイダンスの改正（改善）にあたり、本会は、引き続き技術面で積極的にサポートすることで海運業界に貢献できれば幸いである。さらに、風力補助推進システムに関するEEDI/EEXI認証をはじめ、特定航路における性能鑑定や実際のGHG削減量に関する認証など、様々なGHGに関する第三者認証において、引き続き貢献できれば幸甚である。

参考文献

- 1) IMO : 2013 GUIDANCE ON TREATMENT OF INNOVATIVE ENERGY EFFICIENCY TECHNOLOGIES FOR CALCULATION AND VERIFICATION OF THE ATTAINED

- EEDI, IMO MEPC.1/Circ.815, 2013
- 2) China, Germany and Japan : Draft amendments to MEPC.1/Circ.815 for verification of the wind propulsion system, IMO MEPC 76/6/2, 2021
 - 3) Comoros, Finland, France, Germany, Japan, Spain, Netherlands and RINA : Draft amendments to MEPC.1/Circ.815 for verification of the wind propulsion system, IMO MEPC 77/6, 2021
 - 4) IMO : 2021 GUIDANCE ON TREATMENT OF INNOVATIVE ENERGY EFFICIENCY TECHNOLOGIES FOR CALCULATION AND VERIFICATION OF THE ATTAINED EEDI, IMO MEPC.1/Circ.896, 2021
 - 5) China : Findings on the EEDI assessment framework for wind propulsion systems, IMO MEPC 74/INF.39, 2019
 - 6) Finland and Germany : Additional draft amendments to MEPC.1/Circ.815 for verification of the wind propulsion system, IMO MEPC 76/6/6, 2021