

GHG削減短期対策(EEXI,CII)の 現状と見通し -IMO/MEPCでの議論-

海上技術安全研究所
久米 健一

2021/7/5

目次

- **EEXI、CII導入の経緯**
 - パリ協定以降のIMOの動向
 - 燃費規制の強化、GHG排出削減短期対策の必要性

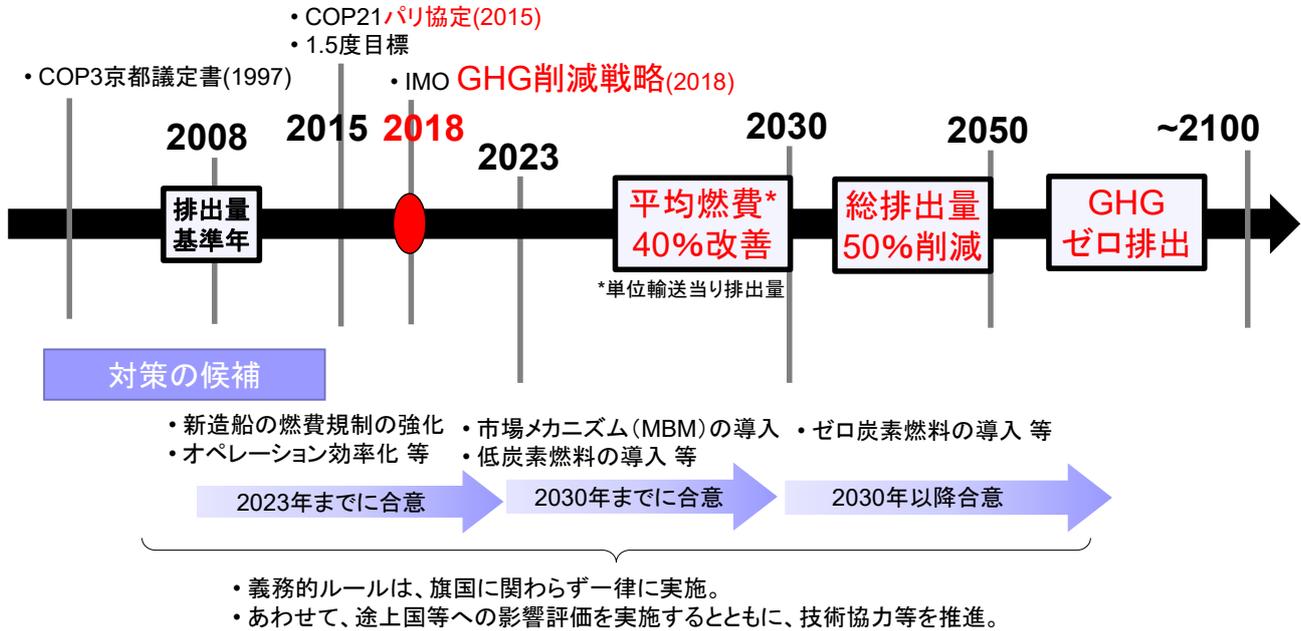
- **EEXIおよびCII関連ガイドライン(案)の内容と審議状況**
 - EEXI計算法ガイドライン
 - EEXI検査・認証ガイドライン
 - EEXI出力制限・非常用出力ガイドライン
 - CII指標ガイドライン
 - CII基準線ガイドライン
 - CII削減率ガイドライン
 - CII格付けガイドライン



IMO 2018年4月、IMO GHG削減戦略採択

長期目標

今世紀中のなるべく早期に、国際海運からの**GHGゼロ排出**を目指す。
※特定セクターのグローバルな合意としては世界初。



IMOの取り組み

■ IMOのGHG排出削減対策

□ 技術的・運航的手法

- MEPC62(2011)ではEEDIとSEEMP(船舶エネルギー効率管理計画書)を強制化するMARPOL条約附属書VIが採択された

- 400GT以上の国際航海に従事する船舶にEEDI適用
- SEEMPの所持を要求

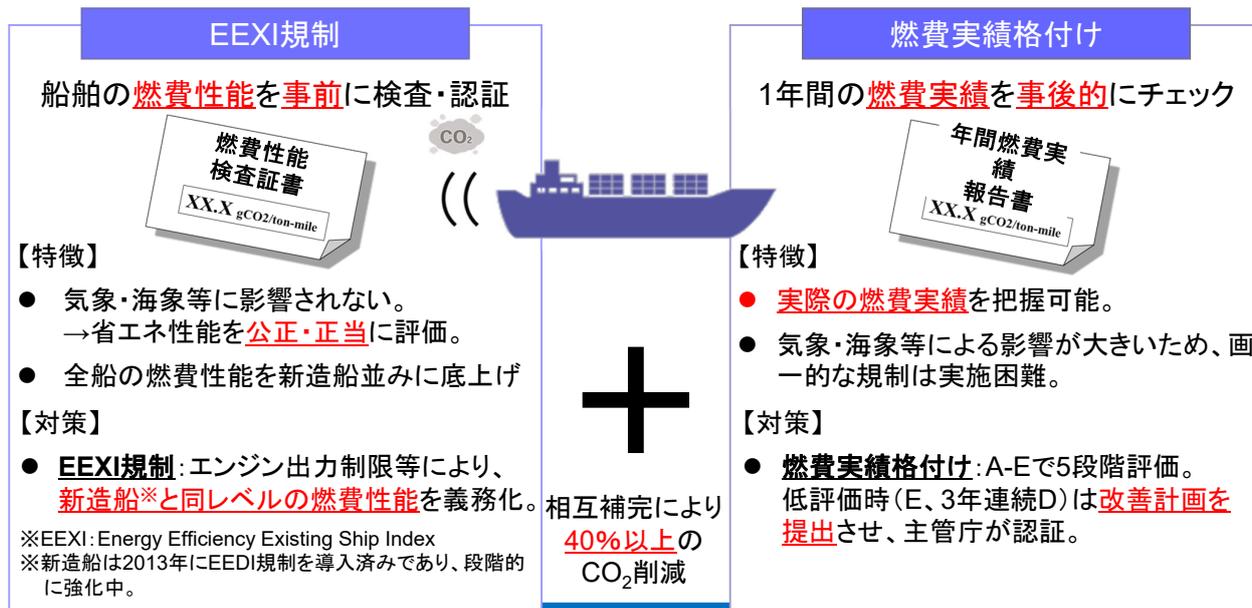
- MEPC63(2012)では関連するガイドラインが採択

- 2013年1月1日よりEEDI規制開始

$$EEDI(g/ton\ mile) = \frac{CO_2\text{換算係数} \times \text{燃料消費率}(g/kWh) \times (\text{機関出力} - \text{控除出力})(kWh)}{DWT\ (ton) \times \text{速力}(mile/h) \times \text{実海域速力低下係数}(fw)}$$

- 2030年目標達成のための短期対策としてEEXIとCIIの導入が追加された

既存船に対する新たなCO₂削減ルール EEXI規制, CII格付けの導入



MEPC 75(2020年11月)でMARPOL条約改正案を承認
MEPC 76(2021年6月)で同改正案を**採択**(**2022年11月に発効、2023年1月から規制開始**)

このスライドは船技協省エネ技術基準プロジェクト2020年度報告書をベースに作成しています

4

EEXI規制の技術的細則: EEXI関連ガイドライン

EEXIの**計算・検査・認証**等に必要な技術的細則を規定

1. EEXI計算ガイドライン

- EEXI性能の計算方法(EEDIに準じた計算式を規定)
- 一部ケースのために特別な計算方法を導入(データが存在しない**老齢船等のためのV_{ref}簡易推定式**等)
- 出力制限時のEEXI船速(V_{ref})計算用出力の定義

2. EEXI検査・認証ガイドライン

- V_{ref}の検証方法(**恣意的な運用を排除し、正確性・公平性を確保**)
- EEXI技術ファイル様式(EEXI認証の**全データ・計算過程を書面化**)

3. EEXI出力制限・非常用出力ガイドライン

- 出力制限装置の基本要件(**出力制限の実効性を確保**)
- 出力制限の解除が認められる条件(**安全上の場合のみ・主管庁通報が必要**)

■ **EEXIに関する上記ガイドライン**はMEPC76で採択された

5

EEXI計算法ガイドライン

■ V_{ref} の計算

- 速力試験結果を水槽試験結果により補正(出力、排水量の違い)して算出する

- 統計式を利用
$$V_{ref,app} = (V_{ref,avg} - m_V) \times \left[\frac{\sum P_{ME}}{0.75 \times MCR_{avg}} \right]^{\frac{1}{3}} \quad [\text{knot}]$$

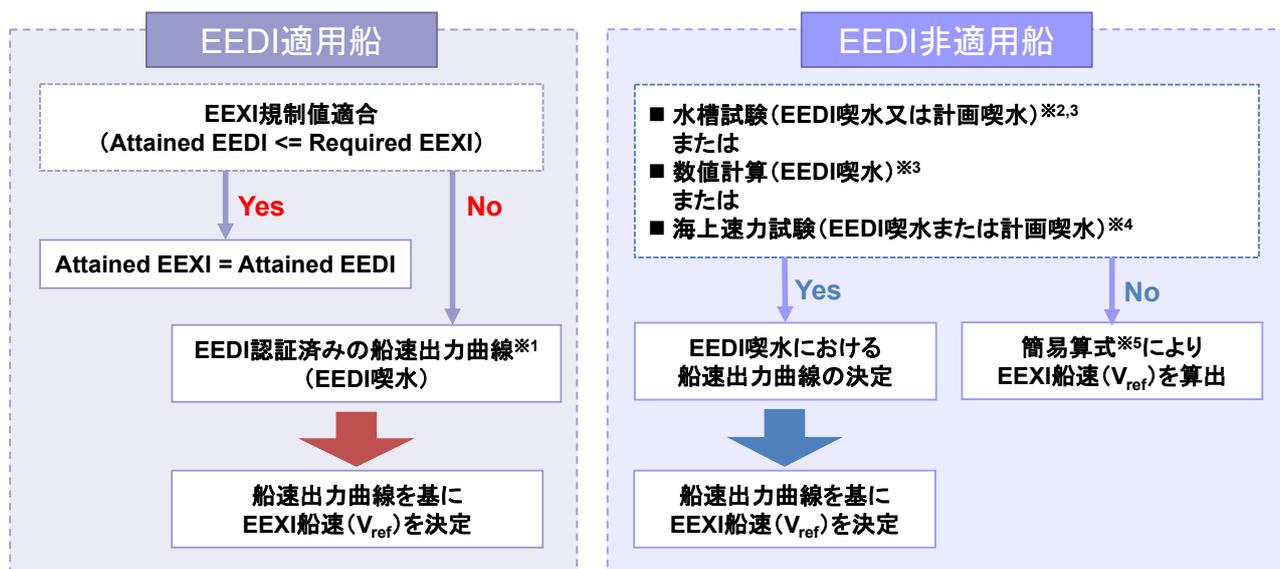
$$V_{ref,avg} = A \times B^C \quad MCR_{avg} \text{ or } MPP_{avg} = D \times E^F \quad m_V: 1ノットまたは5\%V_{ref,ave} \text{の小さい方}$$

- 省エネ付加物の効果は速力試験、水槽試験、CFDのいずれかを利用して V_{ref} へ反映する(主管庁の承認必要)
- 運航中の実船モニタリングデータを利用して V_{ref} を算出する提案があったが精度の担保や検証の困難さから導入は見送られた。

6

EEXI検査・認証ガイドライン

恣意的な運用を排除し、正確性・公平性を確保



※1 そのままEEXI認証に使用可能

※2 CFD等の数値計算により、水槽試験結果を補正可能

※3 数値計算を使用する場合は、母船型等との比較を含め、品質基準 (ITTC規格等)との整合性を文書で示す必要あり。

※4 ISO 15016:2002又は同等の方法により船速を計測し、要すれば外乱補正が必要。計画喫水の場合はアドミ補正が必要。

※5 当該船種・サイズ毎の平均船速を基に一定の補正を行うことで近似的に V_{ref} を算出

このスライドは船技協省エネ技術基準プロジェクト2020年度報告書をベースに作成しています

7

EEXI削減率 (ガイドラインではなく条約に記載)

- 2023/1/1以降の年次検査時にEEXI規制値への適合をチェックされる
 - EEXI規制値はEEXI基準値とEEXI削減率により規定される
- EEXIの**参照線**はEEDIのものと同じ
- EEXIについてはEEDIとは別の独自の**削減率Y(下表)**が設定された。
 - EEXIの削減率はEEDI Phase2のレベルがベースだが、実態を考慮し、一部Phase3, Phase1の値が採用された
 - 2030年に平均燃費40%減を実現可能

$$\text{Attained EEXI} \leq \text{Required EEXI} = (1 - Y/100) \times \text{EEDI Reference line value}$$

Ship type	Size	Reduction factor	Ship type	Size	Reduction factor	Ship type	Size	Reduction factor
Bulk carrier	200,000 DWT and above	15	Containership	200,000 DWT and above	50	Combination carrier	20,000 DWT and above	20
	20,000 and above but less than 200,000 DWT	20		120,000 and above but less than 200,000 DWT	45		4,000 and above but less than 20,000 DWT	0-20*
	10,000 and above but less than 20,000 DWT	0-20*		80,000 and above but less than 120,000 DWT	35	LNG carrier	10,000 DWT and above	30
Gas carrier	15,000 DWT and above	30		40,000 and above but less than 80,000 DWT	30	Ro-ro cargo ship (vehicle carrier)	10,000 DWT and above	15
Gas carrier	10,000 and above but less than 15,000 DWT	20	15,000 and above but less than 40,000 DWT	20	Ro-ro cargo ship	2,000 DWT and above	5	
	2,000 and above but less than 10,000 DWT	0-20*	10,000 and above but less than 15,000 DWT	0-20*		1,000 and above but less than 2,000 DWT	0-5*	
Tanker	200,000 DWT and above	15	General cargo ship	15,000 DWT and above	30	Ro-ro passenger ship	1,000 DWT and above	5
	20,000 and above but less than 200,000 DWT	20	3,000 and above but less than 15,000 DWT	0-30*	250 and above but less than 1,000 DWT		0-5*	
	4,000 and above but less than 20,000 DWT	0-20*	Refrigerated cargo carrier	5,000 DWT and above	15	Cruise passenger ship having non-conventional propulsion	85,000 GT and above	30
			3,000 and above but less than 5,000 DWT	0-15*		25,000 and above but less than 85,000 GT	0-30*	

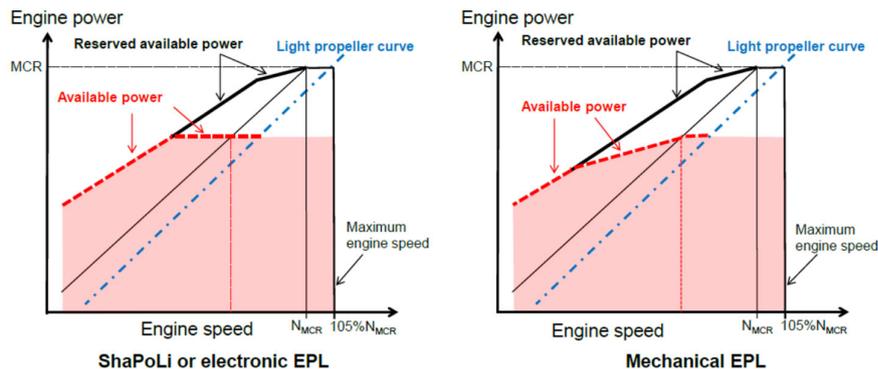
Phase2よりも低い

Phase2よりも高い

この削減率については2026/1/1までにレビューし必要に応じて修正する **8**

EEXI出力制限・非常用出力ガイドライン

- EEXI規制と最低推進出力規制を両立するための手段
 - **荒天等**により通常出力範囲では操船が困難な場合、**最大出力制限を解除**し、主機本来の最大出力までの利用を可能とすることで操船性を確保する。
 - EEXIは83%MCRlimまたは75%MCRのいずれか小さい方で計算する。
 - 約10%以上の出力制限をしないとEEXIに変化は現れない



最低推進出力ガイドライン

- 2013年に承認されていた暫定最低推進出力ガイドライン2013 (MEPC.1/Circ.850/Rev.2) の改正案が承認された。
- 暫定ガイドラインからの主な変更点は以下の通り

	暫定ガイドライン2013	改正ガイドライン2021																												
Adverse Cond.	BF7~8																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lpp[m]</th> <th>hs[m]</th> <th>Tp[s]</th> <th>Vw[m/s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><200</td> <td>4.0</td> <td rowspan="3">7.0~15.0</td> <td>15.7</td> </tr> <tr> <td>200~250</td> <td>Intpl.</td> <td>Intpl.</td> </tr> <tr> <td>250<</td> <td>5.5</td> <td>19.0</td> </tr> </tbody> </table>	Lpp[m]	hs[m]	Tp[s]	Vw[m/s]	<200	4.0	7.0~15.0	15.7	200~250	Intpl.	Intpl.	250<	5.5	19.0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lpp[m]</th> <th>h_s[m]</th> <th>Tp[s]</th> <th>Vw[m/s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><200</td> <td>4.5</td> <td rowspan="3">3.6√h_s ~ max(5.0√h_s, 12)</td> <td>19.0</td> </tr> <tr> <td>200~250</td> <td>Intpl.</td> <td>Intpl.</td> </tr> <tr> <td>250<</td> <td>6.0</td> <td>22.6</td> </tr> </tbody> </table>	Lpp[m]	h _s [m]	Tp[s]	Vw[m/s]	<200	4.5	3.6√h _s ~ max(5.0√h _s , 12)	19.0	200~250	Intpl.	Intpl.	250<	6.0	22.6
	Lpp[m]	hs[m]	Tp[s]	Vw[m/s]																										
<200	4.0	7.0~15.0	15.7																											
200~250	Intpl.		Intpl.																											
250<	5.5		19.0																											
Lpp[m]	h _s [m]	Tp[s]	Vw[m/s]																											
<200	4.5	3.6√h _s ~ max(5.0√h _s , 12)	19.0																											
200~250	Intpl.		Intpl.																											
250<	6.0		22.6																											
Advance Speed	max(4kts, V _{ck})	2kts (4kts, under review)																												
Wind & wave directions	Head	From head to 30deg. off-bow																												
Self-propulsion Factors	Model test or empirical formulas (design speed)	Methods approved for EEDI verification (design speed)																												
Wave Added Resistance	Model test or equivalent method verified by the Admin. or RO.	Empirical formula or spectral method																												

10

CII格付けの導入

- **CII**; Carbon Intensity Indicator
 - **新造船、既存船**に対する実運航燃費指標
 - IMO-DCSへ報告する1年分の運航データを利用し算出
 - 5000GT以上の国際航海に従事する船舶に適用
 - **CII基準値**(初期値)は2019年の実績データから決定された
 - Required CIIは**削減率(下表)**に応じて年々厳しくなる
 - 評価結果は5段階(A~E)で格付けされ、船舶エネルギー効率管理計画書(SEEMP)に記録
 - E評価または3年連続D評価の場合、**改善計画の策定と実行**が課される。

西暦	CII削減率
2023	5%
2024	7%
2025	9%
2026	11%
2027-2030	未定(継続審議)

11

CII格付けの見通し

- 当初、運航性能の悪い船の退役を求めるような厳しい規制としてCIIを利用する意見もあったが、船舶側でコントロールできない外部要因（気象海象等）により燃費に大きな変動が生じることが懸念されたため、強制力のある規制的枠組みではなく単に燃費改善のための指標として利用されることとなった。
- しかし船主団体等は貸船時に事実上の不利益を被る可能性を懸念し、導入に慎重になっている。
- パリ協定の1.5度目標達成を大義名分にした環境団体等はCIIによる、より厳しい規制を引き続き求めている。



- CIIに関する各種ガイドライン（指標、基準線、削減率、格付け）についてはMEPC76で採択されたものの、2027年以降の削減率が未定であることや船種ごとにCIIの除外や補正係数の導入を求める意見が多数出ており、一部の内容について継続審議となっている。

12

年間平均燃費実績格付け制度の技術的細則： CII関連ガイドライン

年間平均燃費実績(CII)の計算・格付け方法を規定

1. CII指標ガイドライン

- 燃費実績CIIの指標、単位（基本的にはDWTマイル当たりCO₂排出量, AER)

2. CII基準線ガイドライン

- 船種別のCII平均値（2019年の燃費実績データから指数近似で作成）

3. CII削減率ガイドライン

- 2023～2030各年のCII基準値（対2019年平均値比）を規定（2027年以降の削減率は未定）

4. CII格付けガイドライン

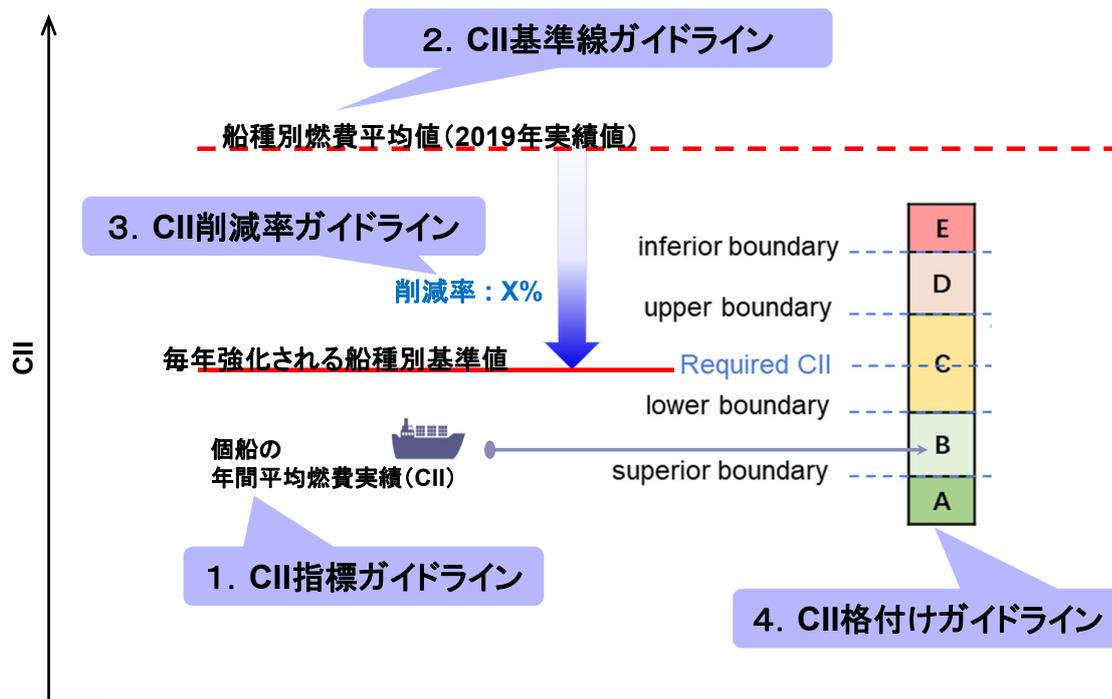
- 船種別のA～Eの閾値（基準値からの偏差）

5. CIIの除外・補正係数等に関するガイドライン（仮称）

- アイスクラス船の特殊性や短距離航海の取り扱い、貨物の管理、停泊等に関する燃料消費の除外、補正係数導入について、必要性も含めて検討する。

13

CII関連ガイドラインの関係



このスライドは船技協省エネ技術基準プロジェクト2020年度報告書をベースに作成しています

14

CII指標ガイドライン(G1)

DWT(またはGT) × マイル 当たりCO₂排出量

基本計算式

- 大半の貨物船(下記以外)

$$CII = AER = \frac{CO_2}{DWT \times mile}$$

- 自動車運搬船・Ro-ro貨物船・クルーズ客船

$$CII = cgDIST = \frac{CO_2}{GT \times mile}$$

輸送距離 mileにはIMO-DCSの数値を用いる

EEOI, EEPI等の他の指標の有効性についても引き続き検討する

15

CII基準線ガイドライン(G2)

- CII reference line計算式

$$CII_R = a \cdot Capacity^{-c}$$

- 係数a, cはIMO DCS(2019年)のデータを用い、統計解析により平均線を引いて決定した。 ※EEDI基準線とは異なる

Ship type		Capacity	a	c
Bulk carrier	279,000 DWT and above	279,000	4977	0.626
	less than 279,000 DWT	DWT	4977	0.626
Gas carrier	65,000 and above	DWT	2384E7	1.910
	less than 65,000 DWT	DWT	8032	0.638
Tanker		DWT	5118	0.607
Container ship		DWT	1963	0.487
General cargo ship	20,000 DWT and above	DWT	61293	0.854
	less than 20,000 DWT	DWT	361	0.336
Refrigerated cargo carrier		DWT	6736	0.599
Combination carrier		DWT	151991	0.930
LNG carrier	100,000 DWT and above	DWT	9,860	0
	65,000 DWT and above, but less than 100,000 DWT	DWT	1966E10	2.498
	less than 65,000 DWT	65,000	1966E10	2.498
Ro-ro cargo ship (vehicle carrier)		GT	5831	0.633
Ro-ro cargo ship		DWT	15958	0.677
Ro-ro passenger ship		GT	7691	0.586
Cruise passenger ship		GT	904	0.380

16

CII削減率ガイドライン(G3)

- Required CII計算式

$$\text{Required annual operational } CII = \left(1 - \frac{Z}{100}\right) \cdot CII_R$$

CII_R : 基準線ガイドラインで定義されたCII基準値(2019年平均値)

- required CIIは削減率Zに応じて毎年強化される
 - 2027年以降は今後実施されるレビュー※を経て決定される

Year	Reduction factor relative to 2019, Z
2023	5%*
2024	7%
2025	9%
2026	11%
2027	- **
2028	- **
2029	- **
2030	- **

※MEPC76に先立って実施された中間会合では、1.5度目標実現のためには年率約7%ずつ強化すべきとの意見も出た。

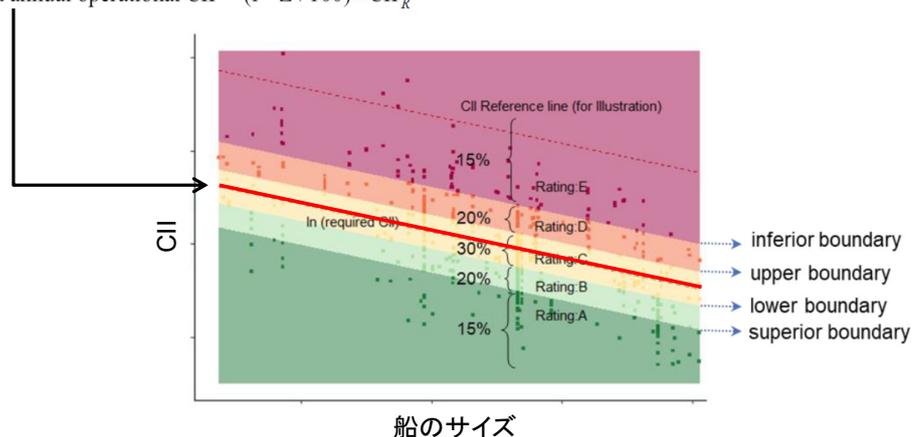
17

CII格付けガイドライン(G4)

■ CII格付けの定義

- 年々強化されるRequired CIIに対し、個船のAttained CIIを格付け
- 各ランクの幅は船種ごとに異なる(次のスライドに記載)
 - 各ランクの幅は2019年の実績データに基づき次のように決定した
 - フリート全体の中位30%はC評価
 - 上位20%はB、さらに上位15%はA
 - 下位20%はD、さらに下位15%はE評価とする。

$$\text{Required annual operational CII} = (1 - Z/100) \times \text{CII}_R$$



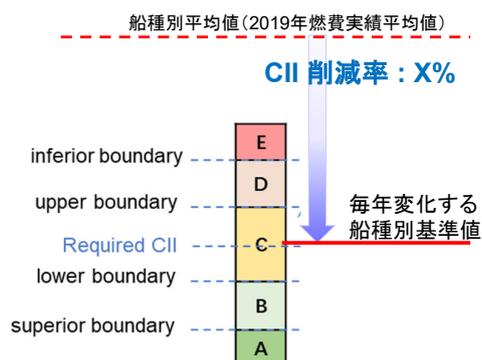
18

CII格付けガイドライン(G4)

船種別のA~Eの閾値(基準値からの偏差%)

船種	A/B	B/C	C/D	D/E	
バルカー	0.86	0.94	1.06	1.18	
ガス運搬船	65,000 DWT以上	0.79	0.89	1.12	1.38
	65,000 DWT未満	0.85	0.95	1.06	1.25
タンカー	0.82	0.93	1.08	1.27	
コンテナ船	0.83	0.94	1.07	1.19	
一般貨物船	20,000 DWT以上	0.84	0.95	1.07	1.19
	20,000 DWT未満	0.84	0.95	1.07	1.19
冷凍運搬船	0.77	0.90	1.07	1.21	
混合貨物船	0.88	0.95	1.06	1.26	
LNG運搬船	100,000 DWT以上	0.91	0.98	1.05	1.11
	100,000 DWT未満	0.77	0.91	1.12	1.37
自動車運搬船	0.86	0.94	1.06	1.16	
Ro-ro貨物船	0.67	0.90	1.09	1.37	
Ro-ro旅客船	0.73	0.87	1.10	1.37	
クルーズ客船	0.85	0.94	1.04	1.15	

西暦	CII削減率
2023	5%
2024	7%
2025	9%
2026	11%
2027-2030	未定(継続審議)



E評価または3年連続D評価の場合、改善計画の策定と実行が課される。

19

CIIに対する懸念、追加提案

- 船種の特性を考慮した**補正係数**の導入や規制から**除外**すべき航路等について多数のコメントあり
 - 冷凍コンテナ消費電力、氷結海域航行中、悪天候時、貨物油タンク加熱、タンク洗浄、シャトルタンカーのDP、クルーズ客船の停泊時など
 - これら補正係数等については必要があれば新たなガイドライン(G5)を策定する方向で検討する
- 個船のCIIではなくフリートとしてCIIを評価する提案があったが賛同は得られず却下

20

今後の予定

2021年6月	MEPC76にて、MARPOL条約改正案採択 (GHG削減短期対策) EEXI, CIIガイドライン採択
~2021年10月	CII格付けからの除外・補正係数導入等の検討を通信部会(CG)および中間会合(ISWG)で実施
2021年11月	MEPC77 出力制限・非常用出力関連ガイドラインの採択(予定)
2022年11月	改正MARPOL条約発効
2023年1月	以降、初回年次検査までにEEXI認証取得 毎年、燃費実績(CII)を格付け
~2026年1月	CII削減率等を含む短期対策のレビューを反映し、必要に応じて条約改正、ガイドライン改正

21

