

## IV . GHG 対策の現状

### 1. はじめに

2023年7月3～5日に開催された国際海事機関（IMO）第80回海洋環境保護委員会（MEPC80）において2018年に採択されたIMO GHG削減戦略 国際海運からの温室効果ガス（GHG）2050年までに、50%排出削減、今世紀中早期の排出ゼロの排出削減目標を改訂し、2030年までに、GHG排出を20～30%削減（2008年比）2040年までに、GHG排出を70～80%削減（2008年比）2050年頃までにGHG排出ゼロへと強化しました。日本は2011年10月に2050年

までに国際海運からのGHG排出ゼロを目指すことを公表しています。

船舶機関を取り扱う機関長・士また陸上勤務員として過去省エネ対策、環境規制対策に取り組み新技術・設備に対応してきましたがますます厳しくなっていく各種規制に対する現状について調査しました。

### 2. EEXI 規制(\*1) CII 規制(\*2)

2021年6月MEPC76において世界の大型外

航船への新たな CO<sub>2</sub> 排出規制「既存船燃料規制 (EEXI)・燃費実績 (CII) 格付け制度」に関する条約を採択し、当該規制を 2023 年から開始することを決定したことで 2023 年より実施されています。

\* 1 EEXI (Energy Efficiency Existing Ship Index)

既存船エネルギー効率指標といい EEXI は「1 トンの貨物を 1 海里輸送する際に見込まれる CO<sub>2</sub> 排出量」を表している。規制は就航船を対象とした燃費性能指標で新造船と同レベルの燃費性能を義務付ける。

400GT 以上の国際航海に従事するすべての船舶が EEXI の規制の対象となり EEXI 値を計算することが要請される。

EEXI 値が EEXI 規制値を満たさない場合、以下の燃費改善措置が義務付けられる。

- ・主機出力制限 EPL (Engine Power Limitation)

省エネ装置の追設または改造

- ・低炭素燃料への転換

また、以下の審査、検査を経て IEE 証書が発行 / 再発行される。

- ・EEXI テクニカルファイルの審査 (予備認証)

- ・EPL 船上管理マニュアルの審査 (予備認証)

- ・EEXI 規制の船上検査

現状ほとんどの船は上記処置を行い認証されていると考えている。

\* 2 CII (Carbon Intensity Indicator) 年間平均燃費実績

CII は船舶側でコントロールできない外部要因 (気象・海象等) により大きく変動することを踏まえ、燃費実績格付け制度は船舶の年間の燃費実績を確認し、その結果に応じて格付 (A - E の 5 ランク) により、毎年の燃費実績を評価する。その計算方法は以下のとおり。

$$CII = \text{年間 CO}_2 \text{ 排出量} / (\text{DWT} \times \text{年間航海距離})$$

(PCC や客船など一部の船種では DWT の代わりに GT を使用)

格付け基準は 2019 年を基準年として 2023 年 5%、2024 年 7%、2025 年 9%、2026 年 11% 強制と毎年強化される。

E 評価又は 3 年連続 D 評価となれば改善計画の策定、主管庁への提出が義務付けられ、主管庁による承認が必要となる。また、格付けは毎年強化されるため海運会社は速報値を入手して対応を検討し格付評価を上げるよう対処している。

### 3. 船体塗装

GHG 削減対策としては以下のとおり多方面からのアプローチがなされている。

- ・使用燃料の選択 : LNG、メタノール、アンモニア、水素等

- ・自然エネルギーの利用 : 風力推進帆等

- ・船体の受ける各抵抗の削減 : マイクロバブル、船体塗料、防風カバー等

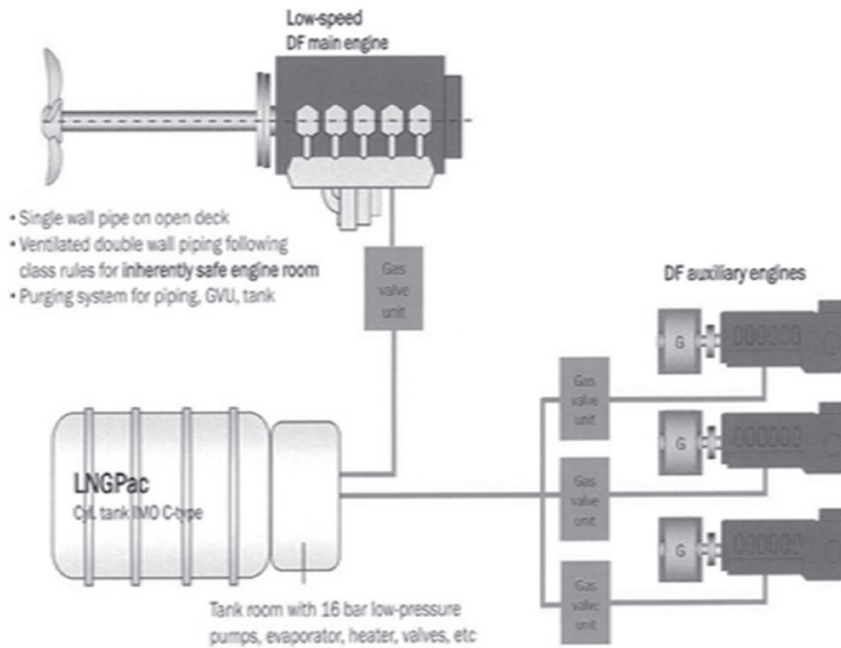
多くの機関長・士が船舶管理の監督を経験しており入渠準備の段階で塗料メーカーの意見を参考として船体塗装仕様を決定している。船体塗装メーカーによれば EEXI の計算式には船速が分母に含まれており、同一条件での船速が増すほど数値が小さくなる。船体と海水との摩擦抵抗を低減することで船速へ貢献することが可能としている。

防汚塗料としては加水分解型とファウルリリース型シリコン防汚塗料などが主流として採用されているが、表面が溶けて更新されていく加水分解型が塗膜の厚み調整により比較的容易にコントロールできるので主流となっている。

塗料メーカーも常に研究改良を重ね性能もよくなっていると考えますが、同じ塗料でも航路により差がある場合があり、就航船運航データの蓄積及び評価を日々行い、さらなる改良に繋げている。

船体のシリコン塗布部に海洋生物がつかなくなったことより開発されたとされるファウルリリース型シリコン防汚塗料は主にメカニカルダメージによる剥離が問題となったこともあるが改良されている。メーカーの見解として加水分解型と比較し

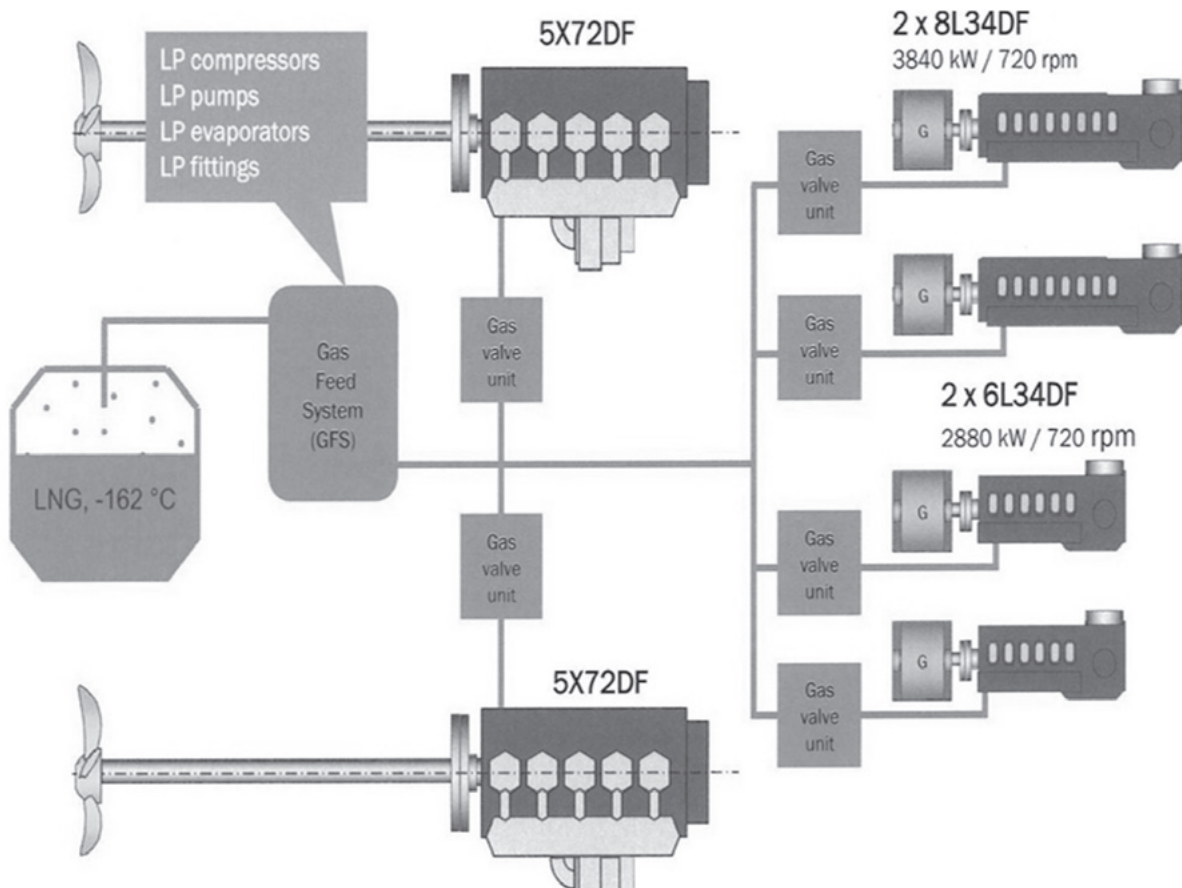
# Dual-Fuel Engine Machinery



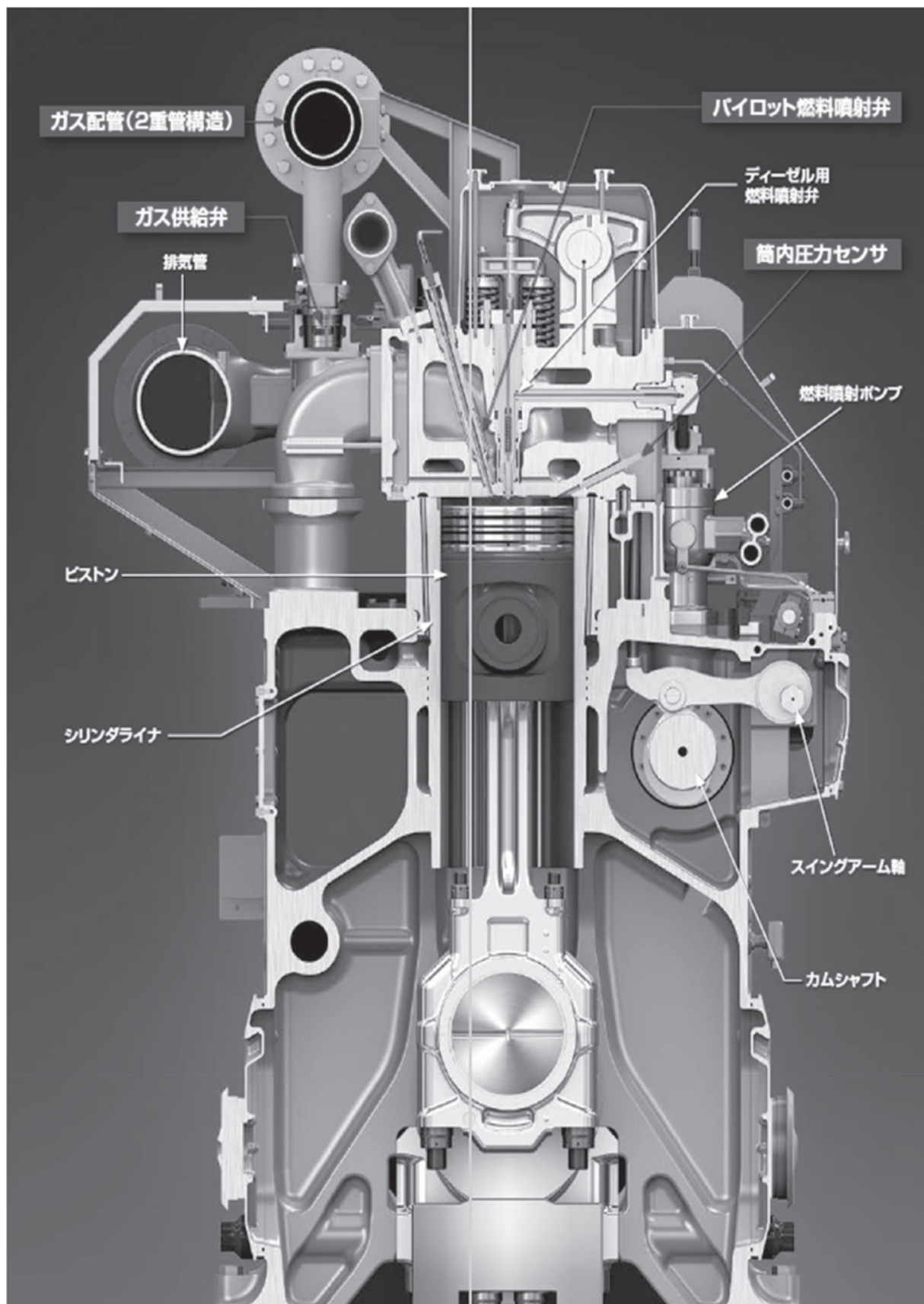
09 May 2018

WinGD Training Centre

WINGD



下図はダイハツディーゼル株式会社殿より提供頂いたLNG - DFカタログよりの抜粋です。



※従来のディーゼル機関に対し、          はDF機関専用部品、その他は変更部品を示します。

## 高効率を実現する洗練された技術

ディーゼル機関の開発で培った技術をガス燃焼に応用。  
ガス運転・ディーゼル運転どちらのモードでも、効率の良い燃焼を実現しました。



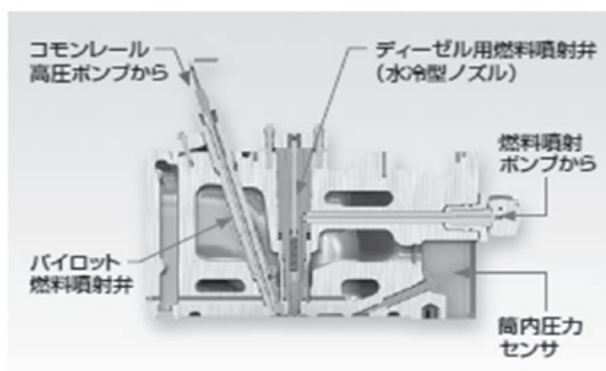
## コモンレールによる 正確な燃料噴射

パイロット燃料噴射にはコモンレールシステムを採用。  
運転状況に合わせて、正確な量の高圧燃料を最適な  
タイミングで噴射し、燃費向上とNOx削減に貢献します。



## ツインノズル採用

主ノズルとパイロットノズルの2つの噴射装置を使用し、  
運転サイクルの各段階において最適で、きめ細かに燃料  
噴射制御を行いますので、高い燃焼効率を発揮します。



## 様々な燃料に対応

ガス  
モード

99% 天然ガス

1% MDO/MGO (パイロット燃料)

ディーゼル  
モード

97% MDO/MGO/HFO

3% MDO/MGO (インジェクタ冷却)

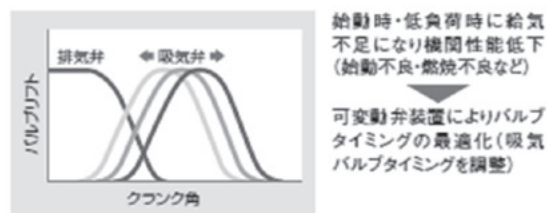
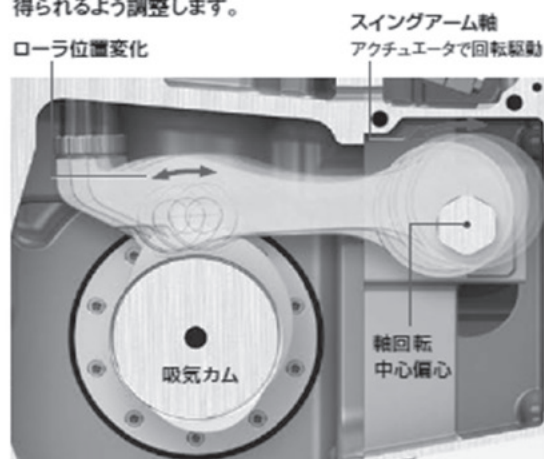
## ガス配管は 2重管構造

安全を考慮して、ガス配管  
は2重管としました。



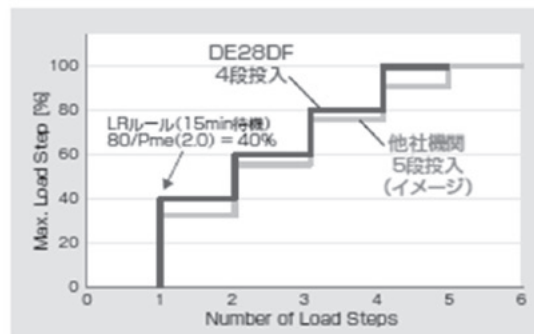
## 可変バルブタイミング 機構を採用

動弁系制御には可変バルブタイミング機構を採用。機関  
回転数・負荷に応じてバルブ開閉タイミングを最適に  
制御し、NOxの抑制や耐ノッキング性の向上に貢献し  
ます。また、始動時や低負荷時などでも安定した出力が  
得られるよう調整します。



## 4段階の負荷投入で 優れた負荷応答を実現

各系統を最適制御することで、ガスモードでは始動から  
最大負荷まで4段階で到達。実用回転域まで素早く到達  
します。



て表面粗度が滑らかになる、長期停泊してもある速度以上で航走することにより付着した海洋生物が容易に剥がれるためそれらの影響を少なくすることができるとしている。

他方、加水分解型と比較して高価であるとしている（加水分解型の原材料となる亜酸化銅などの原料である銅鉱物の高騰により値差は縮小している）。

船体防汚塗料関係の環境規制としてはIMOで2011年に採択された「侵入水生生物の移動を最小化するための船舶生物付着の管理及び制御のためのガイドライン」がある。

「船舶付着生物管理ガイドライン」を義務化した国や地域として米国カリフォルニア州、ニュージーランド、オーストラリアがある。

船体付着物の除去に関してはUnder Water Cleaningが有効で実施されている。船体付着物回収装置付き水中ロボットによる除去が近年多く行われている。

#### 4. LNG 二元燃料機関

GHG削減及び排出ゼロを達成するためには機関の燃料変換が必須となる。

EEDI (Energy Efficiency Design Index) は新造船を対象としたエネルギー効率設計指標のことでその計算式は以下のとおりである。

$$EEDI = \text{機関出力} \times \text{燃料消費率} \times \text{CO}_2 \text{換算係数}$$

従って、上述のとおりEEDI改善にはそれぞれ主機出力低減、主機燃費改善、燃料転換が必要となる。また、使用燃料のCO<sub>2</sub>換算係数は例えば以下のとおり

$$\begin{aligned} \text{HFO} &: 3.114 & \text{LNG} &: 2.750 & \text{エタン} &: 2.933 \\ \text{メタノール} &: 1.375 & \text{LPG} &: 3.000 \end{aligned}$$

機関メーカーはCO<sub>2</sub>排出ゼロを目指して分子式にCの入っていないアンモニアや水素燃料の開発を進めており、日本船舶機関士協会として講演会を開催し、最近では2023年11月に東京でダイハツディーゼル株式会社殿、2024年2月にウインターツールガスアンドディーゼルジャパン株式会社殿に技術講演を行っていただいている。

現在GHG排出ゼロへの移行期間としてGHG低減を目的としてLNGを燃料とした二元燃料機関搭載船の就航が増加している。LNG二元燃料機関は重油(FOまたはDOやGO)とLNGを混焼またはそれぞれ単独で燃料として使用できる機関のこと。

上図はウインターツールガスアンドディーゼルジャパン株式会社より提供していただいたLNG船及びLNG燃料船の系統略図です。主機の機種によりHP LNG Pumpを設置しているものもありますが気化したLNGをGAS Valve Unitをとおして機関に供給しています。ただし、供給したLNG燃料をシリンダ内で燃焼させるためには着火のためのパイロット燃料が別途必要です。

課題としてはLNGの主成分であるメタンガスが未燃焼のまま排気されるメタンスリップという現象があり、メタンスリップの量が多いとCO<sub>2</sub>の約28倍の温室効果があるためGHG低減効果が少なくなることになります。そのためメタンスリップ軽減対策としてメーカーにより様々な改良がくわえられております。

一例としてシリンダ内のいわゆるガス溜りの容積のミニマイズ、ガス弁開弁時期のファインチューニングによる最適化や混合気ミキシングの最適化などが挙げられます。窒素酸化物排出低減として採用されているEGR (Exhaust Gas Recirculation 排ガス再循環) やSCR (Selective Catalytic Reduction 選択触媒還元) のような後処理装置を使用するなども研究されています。

LNGやエタン、メタノール、アンモニア、水素などの二元燃料の機関はその周辺装置も複雑となり、特にシリンダーヘッド関係の作業が難しくなります。昨今の二元燃料機関搭載船ではメーカーとのメンテナンス契約が必須となっているケースが多く、その場合メーカーのメンテナンスチームが主機・発電機の整備を行うこととなるが我々機関長・士としては当該メンテナンス契約の有無、その内容にかかわらず機器・装置の構造及び取扱いに習熟する必要があり、トラブル発生時には状況を正確に把握し迅速に対処・報告する必要があることは言うまでもありません。

また、機器だけでなく使用する燃料についても同様で、特に危険性、有害性などの安全面に留意する必要があります。アンモニアを燃料とする船が就航した場合には特にその毒性が強いということに注意する必要があります。

従って、二元燃料機関に使用する新たなアンモニア、水素などの燃料の取扱いに関する研修などの教育・訓練・資格取得が新たに乗組員に対して必要となると考えられます。

## 5. まとめ

EU ETS (European Union Emissions Trading System 欧州排出量取引制度) の海運適用が 2024 年から開始されるように環境規制は年々厳しくなっています。LNG 二元燃料船は GHG 排出ゼロまでの中間対応策であり、現状グリーンメタノール、アンモニア、水素燃料の研究開発が進められていますが燃料供給地・供給量の問題もありどの

燃料が将来的に多く採用されるのかが定まっていません。ただ本船の現場で対応する必要のある機関長・士としてはどのような機関・装置であろうとも対応する必要があります。

日本船舶機関士協会としましては、船陸で本船の安全運航に携わっている現場のエンジニアの視線を常にもって造機メーカー・造船所殿等の協力を得て技術講習会を年 2 回東京・神戸で開催し (コロナ禍の際には 1 回)、その様子をホームページや技術誌「マリンエンジニア」に掲載して機関長・士各位に広く展開していますので是非ご覧いただきたい。

### 参考資料

- ・国交省ホームページ
- ・Class NK テクニカルインフォメーション
- ・日本船舶機関士協会 技術講演会
- ・関西ペイントマリン株式会社 国際海運の環境規制動向と防汚塗料製品の就航船性能評価。

(四方 哲郎 記)