

環境対応船技術開発の現状と技術動向

株式会社MTI 船舶海洋グループ
グループ長 神田 敦志

目次

1. 環境規制全体像
2. MTIの取組み－1 CO₂削減
3. MTIの取組み－2 NO_x削減
4. MTIの取組み－3 SO_x削減
5. 将来展望
6. まとめ

1. 環境規制全体像 (1)CO2規制 - EEDI

EEDI(エネルギー効率設計指標)上限は、船種ごとのリファレンスラインから、Phase1(2015年～), Phase2(2020年～), Phase3(2025年～)と段階的に、削減率が上がり、求められる船舶の省エネ性能は厳しくなっていく。

$$EEDI = \frac{CO_2 \text{ emission}}{\text{transport work}}$$

(輸送距離 × 重量当たりのCO2排出)

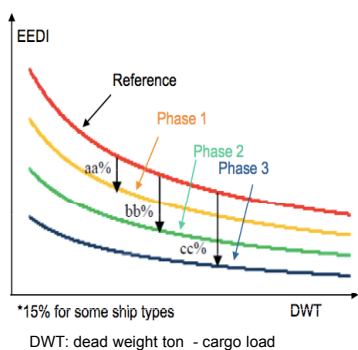


表2 EEDI規制値に関する適用日とリファレンスラインからの削減率

船種	船舶のサイズ (DWT)	EEDI 削減率			
		Phase 0 1 Jan 2013 - 31 Dec 2014	Phase 1 1 Jan 2015 - 31 Dec 2019	Phase 2 1 Jan 2020 - 31 Dec 2024	Phase 3 1 Jan 2025 -
ばら積貨物船	20,000 -	0%	10%	20%	30%
	10,000 - 20,000	n/a	0-10%	0-20%	0-30%
ガスクャリア	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%

MEPC66による追加 (2015-9-1 ~ 建造契約締結船 もしくは 2019-9-1 ~ 完工船 に適用)

- LNG 船 10,000~ n/a 10% 20% 30%
- Ro-ro 貨物船 (vehicle carriers), 10,000~ n/a 5% 15% 30%
- Ro-ro 貨物船 2,000~ n/a 5% 20% 30%
- Ro-ro 貨物船 1,000-2,000 n/a 0-5% 0-20% 0-30%
- Ro-ro 客船 1,000~ n/a 5% 20% 30%
- Ro-ro 客船 250-1,000 n/a 0-5% 0-20% 0-30%
- クルーズ客船 85,000(GT)~ n/a 5% 20% 30%
- クルーズ客船 25,000-85,000(GT) n/a 0-5% 0-20% 0-30%

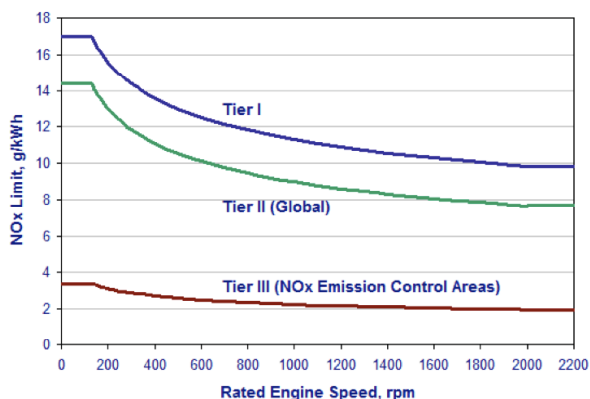
(日本海事協会Website内資料より図表抜粋・脚注等省略。)

1. 環境規制全体像 (2)NOx規制

新造船を対象にディーゼルエンジン(主機・補機)からの排出を規制。現行規制TierII(2011年建造船より)よりも格段に厳しいTierIII規制への対応には、EGR/SCR等の搭載が必要となる。

TierIII規制の適用時期

- 既指定の北米及び米国カリブ海のECA: 2016年1月1日以降の建造船
- 今後指定されるECA: 設定日以後指定される日以降の建造船



※ 大型貨物船に多く採用されている主機(低速エンジン、130回転/分以下)の場合、NOx規制値は・・・

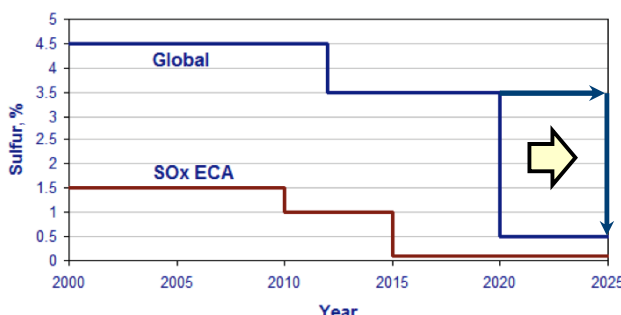
- Tier I : 17.0g/kWh
- Tier II : 14.4g/kWh (ベース)
- Tier III : 3.4g/kWh (約75%削減)

1. 環境規制全体像 (3)SOx規制

新造船・既存船を問わず、船からのSOx排出を燃料油硫黄含有率で規制。
条件を満たす燃料を使用するか、排ガス脱硫装置の搭載が必要。

	現在	2015年1月1日以降	2020年または25年1月1日以降*
バルト海・北海	1.0%	<u>0.1%</u>	<
米国・カナダ海域	同上	<u>同上</u>	<
一般海域	3.5%	<	<u>0.5%</u>

* 一般海域の0.5%規制の開始時期については、MEPCが2018年に、0.5%S含有率燃料油の入手可能性を見直し、2020年のままとするか、2025年まで遅らせるかを決定する。



1. 環境規制全体像 (4)バラスト水規制

IMOバラスト水管理条約

- 30カ国の批准およびその合計船腹量が35%を越えた日から12カ月後に発効する。
現在、43カ国が批准し、その合計船腹量は全世界の商船全体の32.54%に到達。
(日本は2014年10月10日加入書を寄託。42番目の締約国となった)
- 搭載期限の猶予(MEPC66) - IOPP証書更新のタイミングまでの猶予で工事集中を回避。
(2015年2月に発効要件に達し、2016年2月に発効したと仮定した場合)
起工日 バラスト水容量V(m3) バラスト処理装置搭載期限
発効日以前 1500~5000 条約発効後の最初のIOPP証書更新検査
同 V<1500 or 5000<V 2016年の引渡基準日の後の最初のIOPP証書更新検査
発効日以降 全船 完工時に搭載しておかなければならない。
- 型式承認の為のG8ガイドラインの見直し作業が開始される。(ただし現行ガイドラインで型式承認され船舶に搭載された処理装置について改正による不利益を被ることがないように措置することが明記されている。)

USCG規制(米国EEZ航行船)によるバラスト水処理装置:2016年~ (5000m3<V)

2. MTIの取組みー1 CO2削減：(1)空気潤滑法

これまでの取組み (2009年～)

YAMATAI/YAMATO (モジュール運搬船) : 極端な幅広浅喫水船型 — ブロフ方式
 SOYO(石炭船) : より喫水の大きい一般船 — 掃気バイパス方式



NYK Websiteより

YAMATAI(邪馬台) 計画喫水で6～10%の効果を実証。(※)

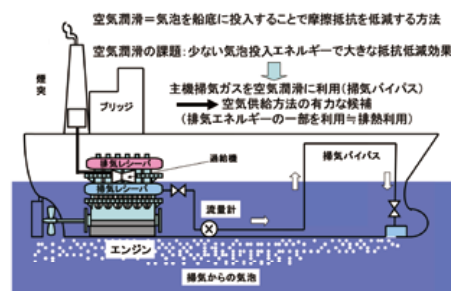


NYK Websiteより

SOYO(双洋) バラスト状態で4～8%の効果を実証。(※※)



NYK Websiteより



掃気バイパス方式の原理

海技研 Websiteより

7 ※国土交通省「船舶からのCO2削減技術開発支援事業」の補助対象事業として選定され、(一財)日本海事協会の共同研究事業及び日本財団の助成事業による支援を受けて実施したものです。共同研究者:三菱重工(株)殿・NYK

※※国土交通省「船舶からのCO2削減技術開発支援事業」の補助対象事業として選定され、(一財)日本海事協会の共同研究事業による支援を受けて実施したものです。共同研究者:(株)大島造船所殿・NYK/技術支援(一財)海上技術安全研究所殿 © Copyright 2014

2. MTIの取組みー1 CO2削減：(1)空気潤滑法

現在の取組み

1. 自動車船「アリエス・リーダー」
(ブロフ方式空気潤滑システム採用)

海上試運転: 1. 2～5. 2%の効果を確認。

就航後: SIMSによる運航データ取得・解析

- 実海域における効果検証
- 動揺や斜航の空気潤滑に及ぼす影響の評価

> 条件に応じた最適吹出し空気量など、運用方法を確立する。



「アリエス・リーダー」 NYK Websiteより

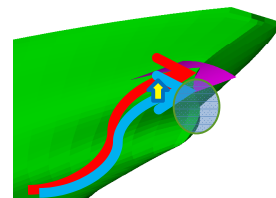
主要目
 LppxBmldxDmldxDmld:
 196.0 x 35.8 x 37.7 x 9.00
 主機: 7S60ME-C8.2
 MCO: 13750kW@105rpm
 NOR: 11688kW@99.5rpm
 速力: 20kt

2. MTIの取組みー1 CO2削減：（1）空気潤滑法

現在の取組み

2. 「空気潤滑法の既存船装備技術に関する開発」(2013～2017年度予定)※
(SOYO掃気バイパス方式をベースに)

- 実海域性能推定技術開発
- さらなる性能向上(3～5%)追求
 - ①プロペラ面内への空気流入防止
 - ②船体動揺時の空気漏れの防止
 - ③主機と過給機の組合せ最適化
- 就航船へのレトロフィット技術開発



プロペラ面内への空気流入



船体横への空気漏れ

9

* 国土交通省「次世代海洋環境関連技術開発支援事業」の補助事業として採択され、
(一財)日本海事協会「業界要望による共同研究」事業による支援を受けて実施しています。

© Copyright 2014
Monohakobi Technology Institute

2. MTIの取組みー1 CO2削減：（2）低温排熱発電

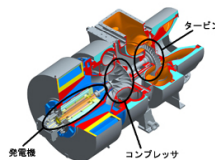
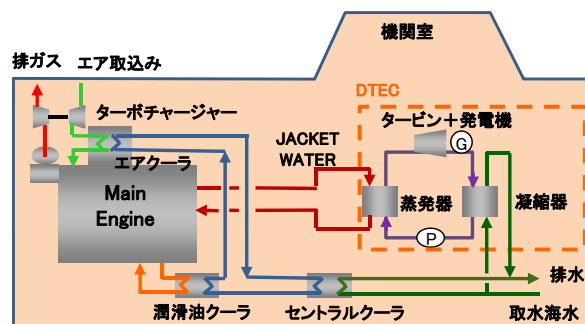
現在の取組み

「ばら積船からのCO2削減のための各種省エネ手法・装置の開発および投資回収に関する研究」(2013年～2017年予定)※ サブテーマ「低温排熱発電システムの利用」

将来的に増加が予想される機関室内
低温排熱を熱源とした高品位エネルギー(電力)への変換技術を検討。

(図はジャケット冷却水を熱源とした例
で省エネ効果1%程度を目標)

- 冷却海水温度など、条件によって
～100kWの発電能力となる。
- ハイブリッド過給機との組合せ等による大洋航海中のDG停止を指向。



ハイブリッド過給機

(三菱船用機械エンジン(株)Websiteより)

10

※ 国土交通省「次世代海洋環境関連技術開発支援事業」の補助事業として採択され、
(一財)日本海事協会「業界要望による共同研究」事業による支援を受けて実施しています。
(本件はそのサブテーマの一つ。共同研究者：(株)ゼネシス)

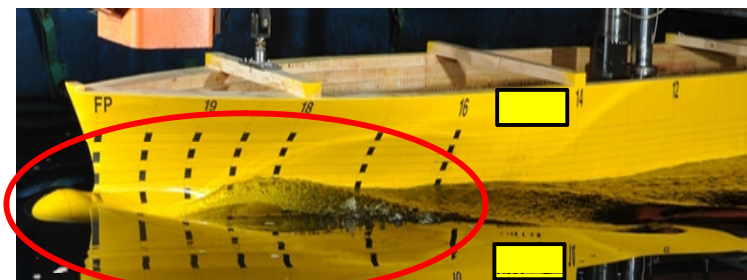
© Copyright 2014
Monohakobi Technology Institute

2. MTIの取組み-1 CO2削減 : (3) 船首バルブ最適化

現在の取組み

本来は造波抵抗低減のためにある船首バルブが、運航時の喫水、船速が計画条件と異なることにより抵抗増の原因となっている。

運用上の工夫である「最適トリム」は、有効だが、適用に限度あり。
(*トリムを調整し、バルブを水中に沈める省エネ策)



水槽試験写真: 船首バルブが計画条件と合っていない典型例



11

© Copyright 2014
Monohakobi Technology Institute

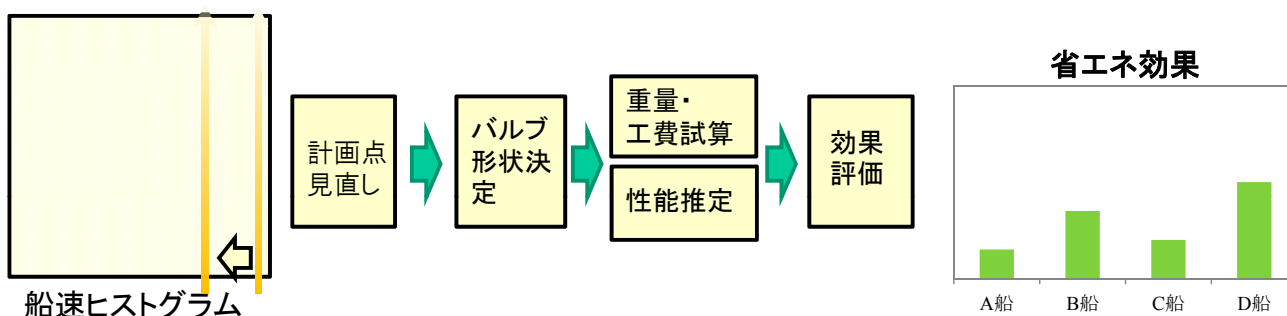
2. MTIの取組み-1 CO2削減 : (3) 船首バルブ最適化

現在の取組み

(続き)

想定船速・喫水に最適となる船首バルブ設計

- 実際に使う船速、喫水で最適化することで、省エネ効果あり。
- 変更前後の条件の差により、省エネ効果は大きく異なる。



12

© Copyright 2014
Monohakobi Technology Institute

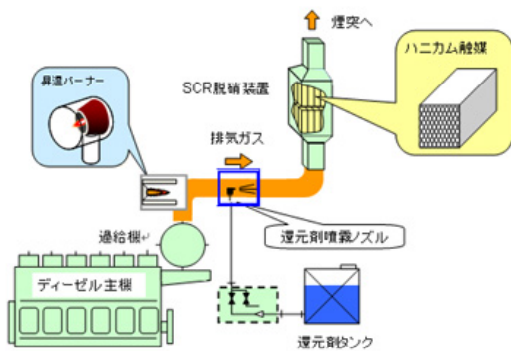
3. MTIの取組み－2．NOx削減： SCR実船試験

過去の取組み(NYK)

石炭船「INITIAL SALUTE」でのSCR実船試験プロジェクト(2011年)※

- NOx TierIII規制に対応可能なことを海上運転で確認。
- 就航後の実船試験で運転データ取得。

船用SCR脱硝装置システムのイメージ



三菱重工業(株)Websiteより



SCRを試験搭載した、INITIAL SALUTE

三菱重工業(株)Websiteより

13

※ (株)大島造船所、三菱重工業(株)、(株)赤阪鐵工所、堺化学工業(株)、NYKによる共同研究

© Copyright 2014
Monohakobi Technology Institute

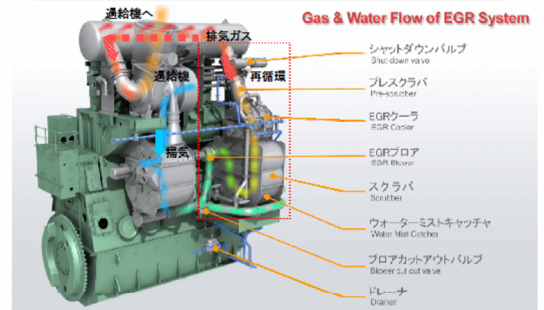
3. MTIの取組み－2．Nox削減： EGR実船実証

現在の取組み

「船用大型ディーゼル機関のEGR装置によるCO2及びNOx削減技術の実証」
(2013～2016年度予定)※

- TierIII対応主機一体型EGR:
TierII 時はCO2を3%削減可能。
- 2015年春竣工の82型バルクキャリアで、
実船実証予定。(主機型式:6S60ME-C8.2)
 - コンパクト化したEGR開発
 - 消耗品・廃棄物ハンドリング検討
 ⇒ 機関室内タンク・機器配置の決定

EGR:排気ガス再循環 燃焼温度を下げNOxの生成量を減らす技術



・エンジンに搭載可能 → コンパクト(機関室への影響小)
・ECA外(二次規制レベル)では、省エネ機軸として運用
低負荷域にてCO2排出(燃費)約3%減可能

三井造船(株)より



対象船の同型船
常石造船(株)Websiteより

14

* 国土交通省「次世代海洋環境関連技術開発支援事業」の補助事業として採択され、
(一財)日本海事協会「業界要望による共同研究」事業による支援を受けて実施しています。共同研究者:三井造船(株)

© Copyright 2014
Monohakobi Technology Institute

4. MTIの取組み－3 SOx削減

一般海域0.5%S分規制への対応策対比

対策	LNG燃料船	LS燃料油	SOx Scrubber
特徴	初期コスト大 機器・設備特大 (タンク・配管等)	初期コスト小 機器・設備は小	初期コスト中 機器・設備 大
ランニングコスト?		ランニングコスト高 (燃料単価差は300米ドル/MTといわれる)	ランニングコスト低
投入航路が 限定される。		供給量不安懸念	3.5%SのHFOが 使用できる。

> SOxスクラバーは、重要な選択肢

15

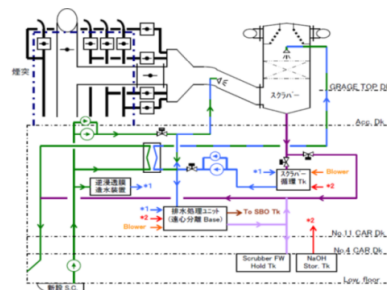
© Copyright 2014
Monohakobi Technology Institute

4. MTIの取組み－3 SOx削減

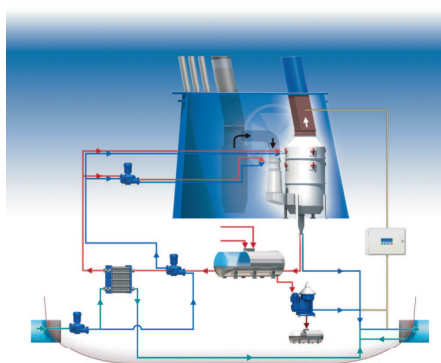
過去の取組み

「PCTCに於けるSOx対策用排ガス全量スクラバーの採算性の検討」共同研究(2011年)*

- Hybrid型SOxスクラバー(ECA内: 清水Closed Loop 一般海域: 海水Open Loop)
- 基本設計、配置検討、付帯設備検討まで実施。



(©三菱重工業(株) 日本海事協会Websiteより)



Exhaust Gas Cleaning System (Alfa Laval Websiteより)

現在の取組み (2013年～)

海水Open Loop式 0.5% Sox Scrubber 検討

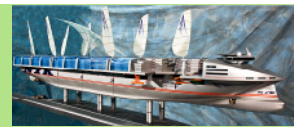
- レトロフィットも想定した、よりコンパクトで初期コストの小さなソリューションの検討。
- シンガポールSMIファンドを利用した、ナンヤン工科大との共同研究 (MTIとしては初のシンガポール支店でのPJ)

16

*本プロジェクトは、(一財)日本海事協会「業界要望による共同研究」事業による支援を受けて実施されたものです。
共同研究者:三菱重工業(株)、三菱化工機(株)、NYK

© Copyright 2014
Monohakobi Technology Institute

5. 将来展望 - 環境対応船の技術ロードマップ



NYK Super
ECO Ship 2030

新燃料・燃料転換

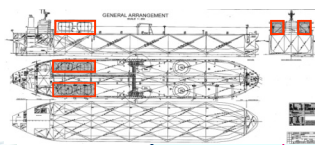
幅広い運航への
船型・主機最適化

次世代空気潤滑法

低温排熱回収

次世代船型・省エネ付加物の開発/搭載

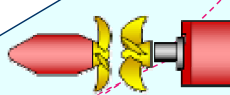
LNG燃料船



50%省エネPCC



推進効率向上



空気潤滑法

空気潤滑法
掃気バイパス利用



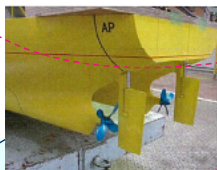
風利用技術



2次電池



自然エネルギー利用等



2軸船開発

モジュール船への
空気潤滑法適用



太陽光発電



17

2010

2015

© Copyright 2014
Monohakobi Technology Institute

5. 将来展望 - 新領域

従来の船舶の範疇に入らない、
新分野・領域の研究開発へ。

北極海航路

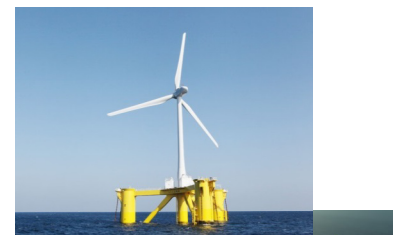


The New York Times/共同ニュースWebsiteより

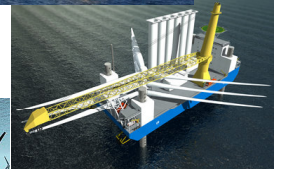
水素輸送
(有機ハイドライド・
液体水素)



洋上風車・
潮流発電など
再生可能エネルギー



etc. etc.



洋上風力発電用の建設のための作業船(イメージ)

18

千代田化工建設(株)Websiteより
川崎重工業(株)Websiteより

Nippon.com/RWE Innogy/
Hammerfest SteamWebsiteより

© Copyright 2014
Monohakobi Technology Institute

6. まとめ

- 環境規制は段階的に強化され、それを遵守するため、船舶ハードについて適切な対応が求められています。
- 一方で、この状況は、技術による他者に対する差別化のチャンスでもあり、MTIIは関係各社のご協力を得て、研究開発プロジェクトに取り組んでいます。
- MTIIは、これからも、造船所・機器メーカー他皆様との共同研究を通じ、環境対応船関連の技術開発や、新領域についての研究を行っていきたく、引き続きご協力をお願い申し上げます。