資料 2−5

平成30年度　内航船舶技術支援セミナー

LNG燃料船の普及

2018年10月25日

新潟原動機株式会社
技術センター

目次

1. 舶用分野における環境規制
2. 舶用DFエンジンのコンセプト
3. 舶用DFエンジンの技術
4. 実船への展開
5. ハイブリッド推進システム
6. 今後の展開と技術応用

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

目次

1. 舶用分野における環境規制
2. 舶用DFエンジンのコンセプト
3. 舶用DFエンジンの技術
4. 実船への展開
5. ハイブリッド推進システム
6. 今後の展開と技術応用

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

舶用分野における環境規制（SOx，NOx）

排出規制海域と規制スケジュール

NOx 3次規制地域は北米東西沿岸とハワイ島，プエルトリコ，USバージン諸島沿岸が対象

北海・バルト海エリアは硫黄分規制と2021年からNOx3次規制が予定されている

中国国内法で2017年から3海域11港で硫黄分規制開始

規制		年	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Annex of MARPOL	NOx			TierII (グローバル), 2011					Tier III in エミッション コントロール エリア (ECA), 2016									
	SOx (硫黄分制限値 % m/m)	グローバル	4.5		3.5								0.5					
		SOx (SECA)	1					0.1										
2012/33/EU	SOx (硫黄分制限値 % m/m)		1.5（客船), 2006										0.5 (EUの全海域）2020年から					
			0.1 (全ての停泊船), 2010															
中国（国内法）	SOx (硫黄分制限値 % m/m)								0.5 段階的に規制強化				0.1の判断2019年12月31日まで					

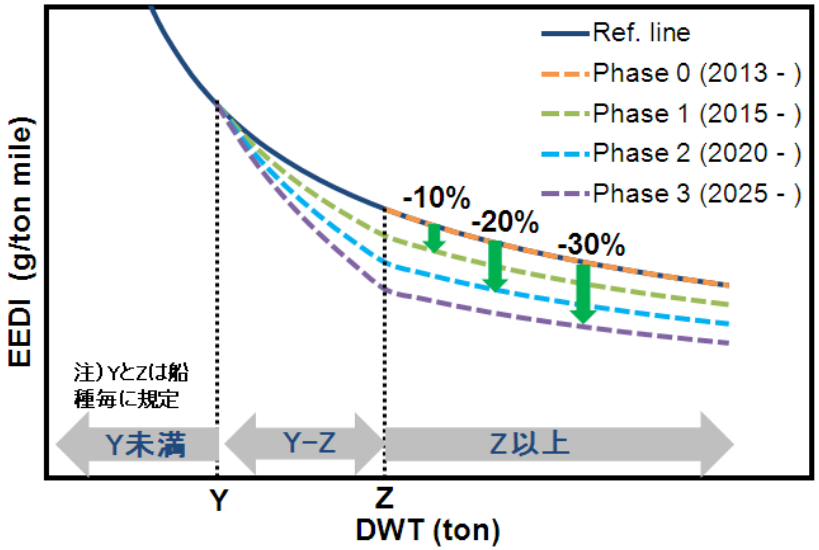
1）バルト海（SOx: 2006年,NOx:2021年予定）
2）北海（SOx: 2007年,NOx:2021年予定）
3）北米（US 沿岸から200海里),（NOx, SOx and PM), 2012
4）プエルトリコ（周辺海域),（NOx, SOx and PM), 2014
5）US バージンアイランド（周辺海域),（NOx, SOx and PM), 2014

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

舶用分野における環境規制（EEDI）

（改正MARPOL附属書VI）

1. 適用：400GT以上の国際航海に従事する船舶
   - 電気推進，タービン推進，ハイブリッド推進船は，下記2及び3の要件非適用
2. EEDI計算：新船*にEEDI計算を義務付け
   - 対象船種：Bulk Carrier, Gas Carrier, Tanker, Container Ship, General Cargo Ship, Refrigerated Cargo Carrier, Combination Carrier, (Ro-Ro Ship, Passenger Ship)
3. EEDI規制値：船種毎に下限キャパシティ(DWT)以上の新船に対し，上記EEDIの計算値が規制値を満たすことを義務付け（下限キャパシティ未満の船は計算のみ義務付け）
   - 規制値は船種・サイズにより設定，また契約時期によって段階的に厳しくなる
   - Ro-Ro Ship, Passenger Shipは当面適用外



EEDI計算値

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

EEDI:
1トンの貨物を1マイル運ぶのに排出されるCO_2量

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

舶用分野における環境規制
（IMO　GHG削減戦略）

2018年4月，IMO　MEPC72において採択

削減目標

- 2008年をベースに，海運全体の燃料効率を，2030年までに40%改善。また，2050年までに70%改善努力
- 2008年をベースに，海運全体のGHG排出量を2050年までに50%削減。今世紀中の可能な限り早期に排出ゼロの努力

国際海運GHGゼロエミッション・プロジェクト

産学官公の連携で、地球温暖化対策の推進と、我が国海事産業の国際競争力強化を目指す

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

舶用分野における環境規制
（環境対応マトリクス）

	DE ＋ 低硫黄燃料	DE ＋ スクラバー	DF	SCR	ハイブリッド
IMO NOx	3次規制はSCRで対応	3次規制はSCRで対応	○	○	機関に依存※1
SOx	○	○	○	―	燃料に依存
CO2	△	△	○	―	○
BC/PM	△	△	○	―	○
GHG削減	△※2	△※2	△※2	機関に依存	○

○は現時点で対応可能、△：エンジンの性能改善
※1ハイブリッドは、システムとしての環境対応であり、選択する主機関に依存する
※2　GHG削減は、現在技術開発要素

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

目次

1. 舶用分野における環境規制
2. 舶用DFエンジンのコンセプト
3. 舶用DFエンジンの技術
4. 実船への展開
5. ハイブリッド推進システム
6. 今後の展開と技術応用

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

舶用DFエンジンのコンセプト
（ガスエンジンを船舶に用いる際の課題）

(1) 冗長性（故障時の対応）

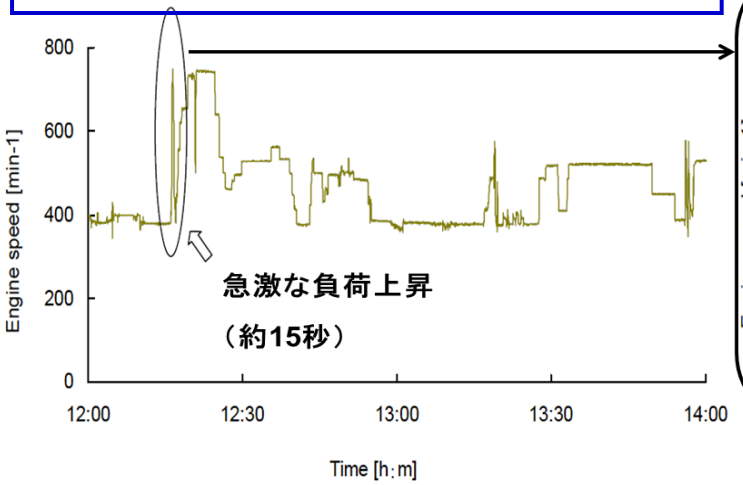
ガスエンジンは電子式制御を多用しており，船級ルール上はこれらに対して，2重化・機械式によるバックアップが求められる。一方で，ガスエンジンのシステムすべてを2重化・機械式とすることは一般的に難しい。

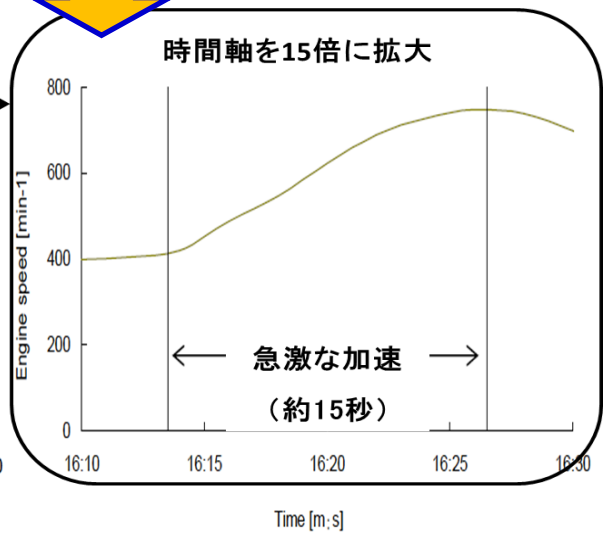
冗長性を考慮するため二元燃料即ちデュアルフューエル（DF）エンジンを適用

(2) 動特性

ガスエンジンはディーゼルエンジンに比べて動特性が劣るため，陸上発電用では，負荷率0→100%の操作に10分程度を要している。しかし，船舶では数十秒での操作が要求される。

一般的なタグボートの操船パターン



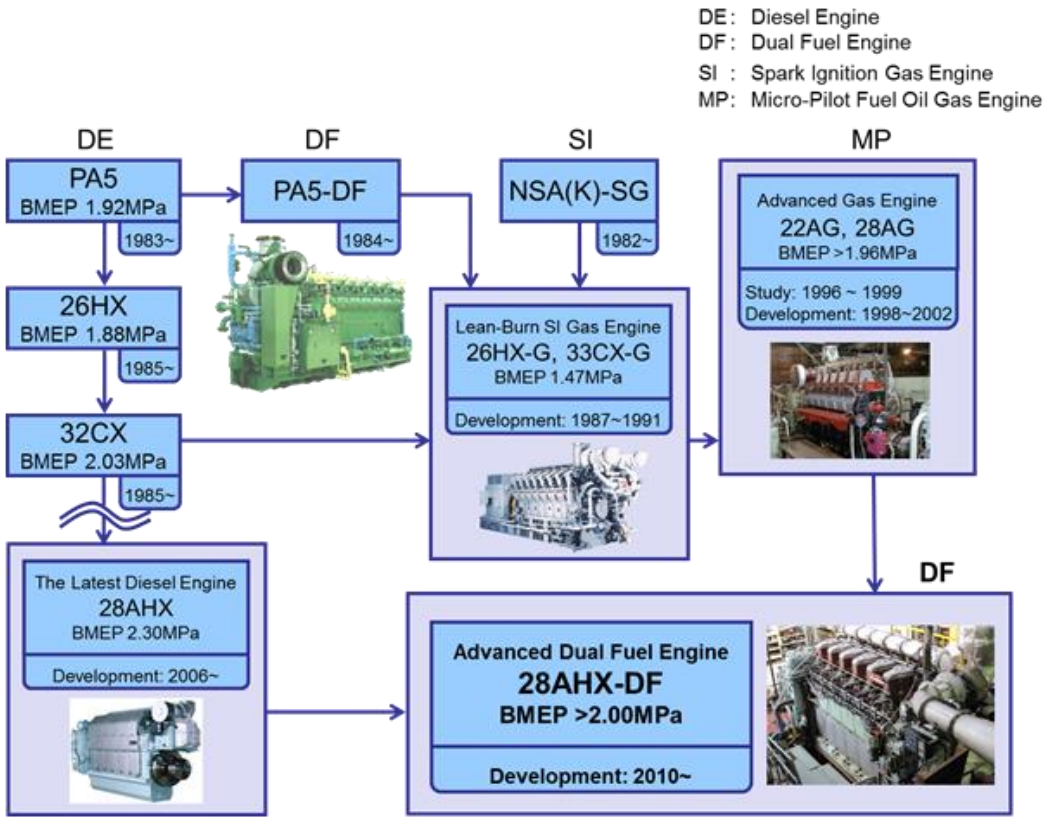


制御技術の改善により動特性を改善

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

舶用DFエンジンのコンセプト
（新潟原動機のガスエンジン開発の歴史）

- 新潟原動機は，1980年代から時代に即したガスエンジンの開発、生産を継続している。
- 信頼性の高いディーゼルエンジンをベースに100％ガスで稼動する点火プラグ方式のリンバーンガスエンジン，液体燃料とガス燃料の両方で運転できるデュアルフューエルエンジンを開発してきた。
- 1996年からは，今までの技術を活かし，更に高い出力・性能のマイクロパイロットガスエンジンを開発してきた。
- 2010年から舶用向けのガスエンジンの開発を開始し，2014年より販売を開始した。



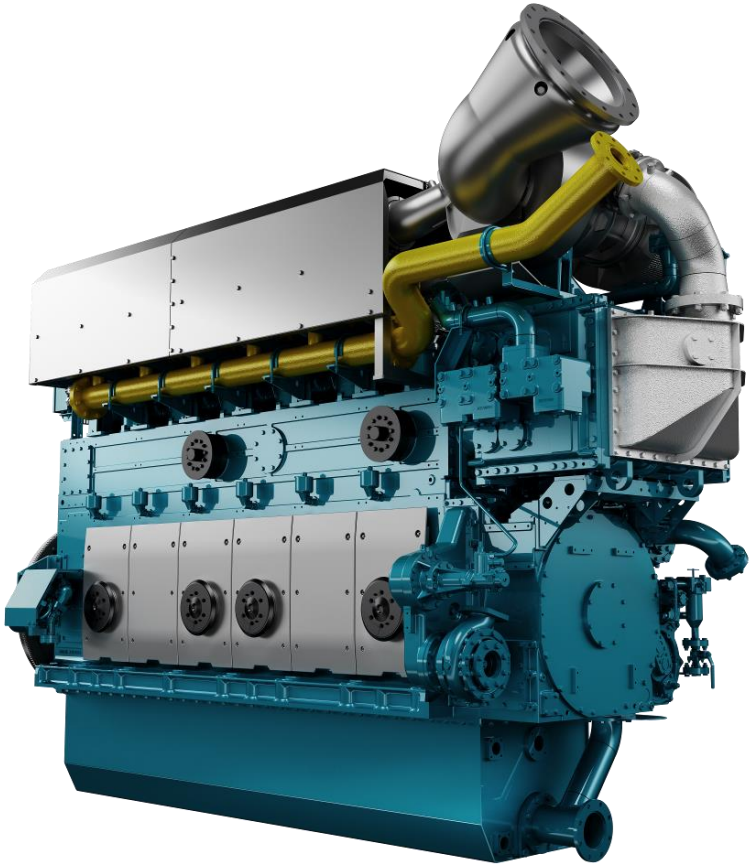
船舶用に展開

これまでのディーゼルエンジン、デュアルフューエルエンジン，ガスエンジン（Si,MP）の技術と知見の集大成

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

舶用DFエンジンのコンセプト
（28AHX-DF型舶用 DFエンジンの仕様）

項　目	仕　様
定格最大出力	1920 kW (6L) 2560 kW (8L) 2880 kW (9L)
定格回転速度	800 min^{-1}
燃焼方式 （ガスモード）	直噴マイクロパイロット油 着火希薄燃焼方式
正味平均有効圧力	2.0 MPa
燃料ガス	天然ガス
着火用液体燃料	A重油・軽油



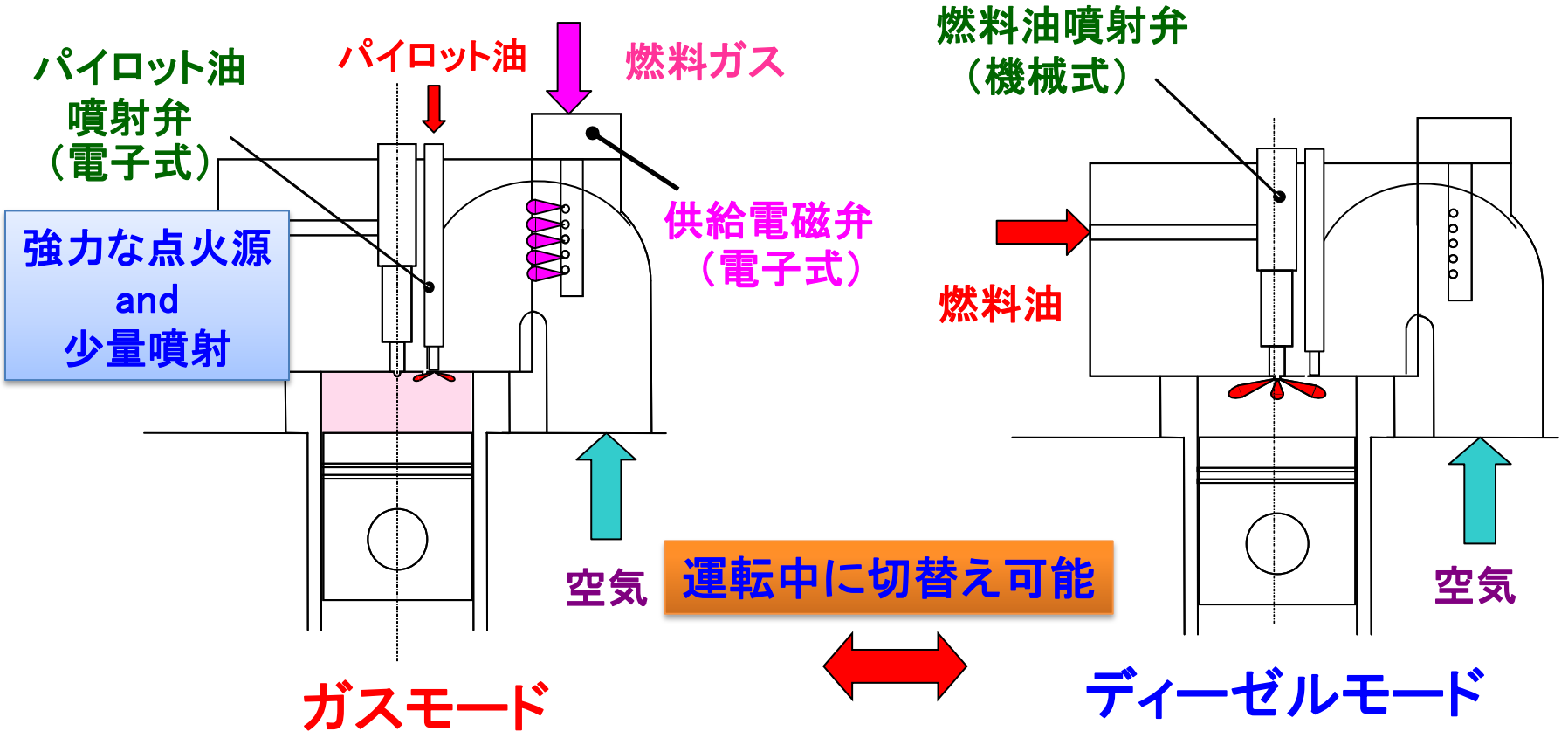
Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

目次

1. 舶用分野における環境規制
2. 舶用DFエンジンのコンセプト
3. 舶用DFエンジンの技術
4. 実船への展開
5. ハイブリッド推進システム
6. 今後の展開と技術応用

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

舶用DFエンジンの技術
（燃料供給）



NOx等の排出量低減

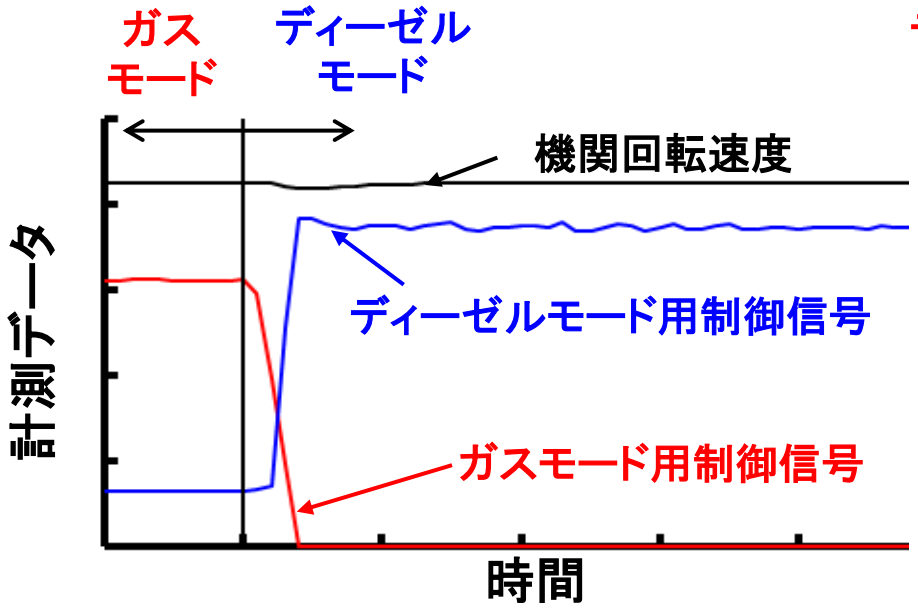
機械式による信頼性

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

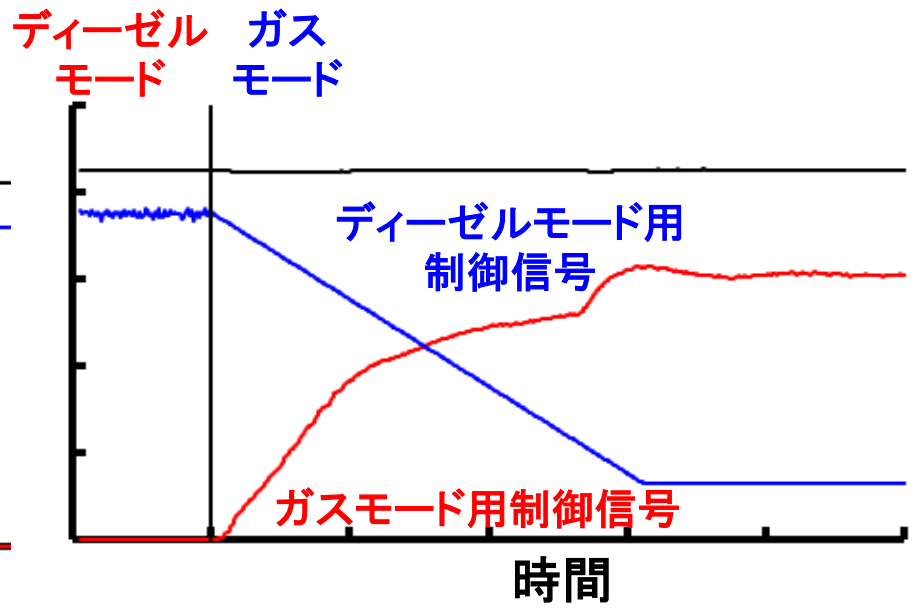
舶用DFエンジンの技術
（燃料切替え）

- 緊急時（危急切替）はガスモードからディーゼルモードへの瞬時切り替えが全負荷域で可能
- 通常の運転モード切り替えでディーゼルモードからガスモード，ガスモードからディーゼルモードともに全負荷で可能

緊急時運転モード切替

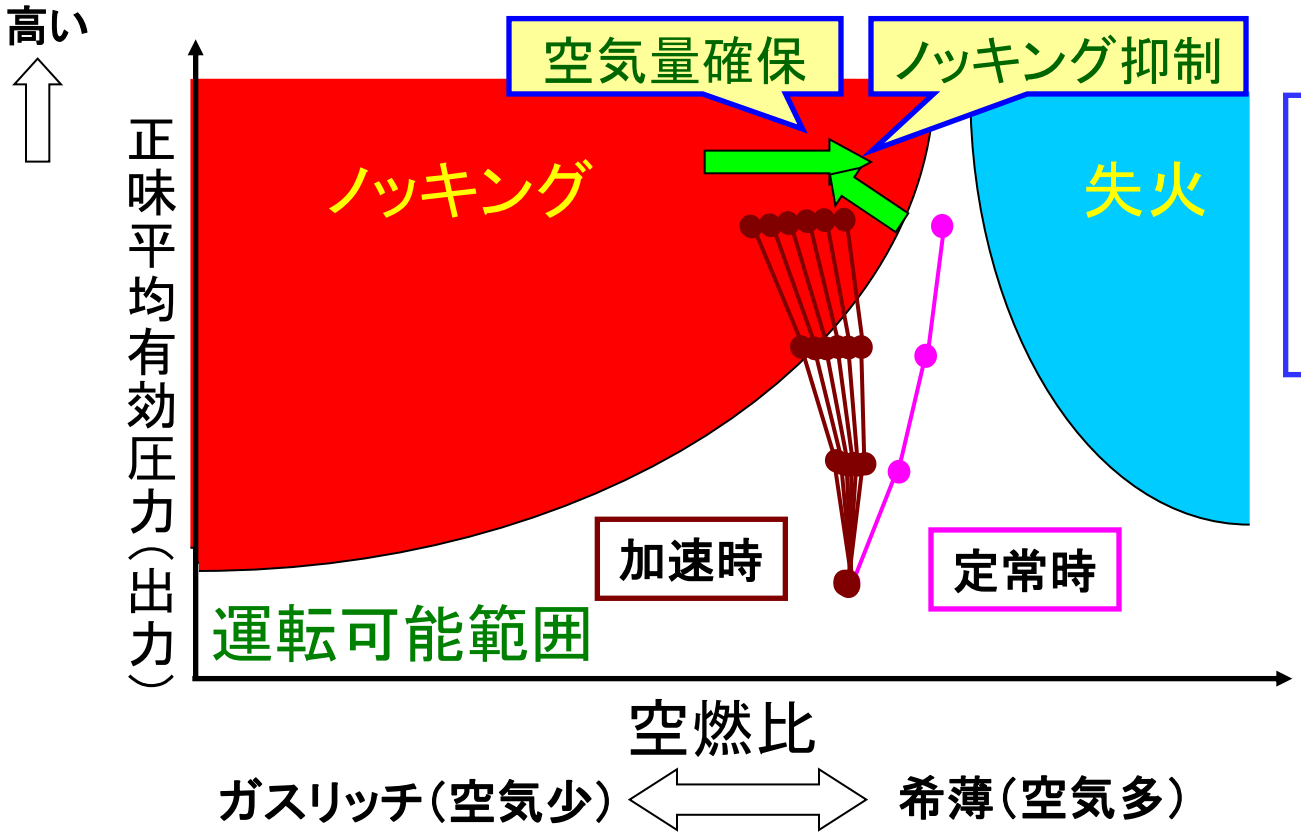


通常の運転モード切替



Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

舶用DFエンジンの技術
（負荷追従性）



過給機の応答遅れや空燃比制御の遅れにより空気量が不足することがある

⇩

空燃比が小さくなりノッキング発生

加速時のノッキング発生に対し，
空気量確保やノッキングの抑制にて対応

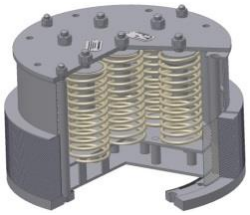
Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

目次

1. 舶用分野における環境規制
2. 舶用DFエンジンのコンセプト
3. 舶用DFエンジンの技術
4. 実船への展開
5. ハイブリッド推進システム
6. 今後の展開と技術応用

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

実船への展開
（ガス機器の船内配置）

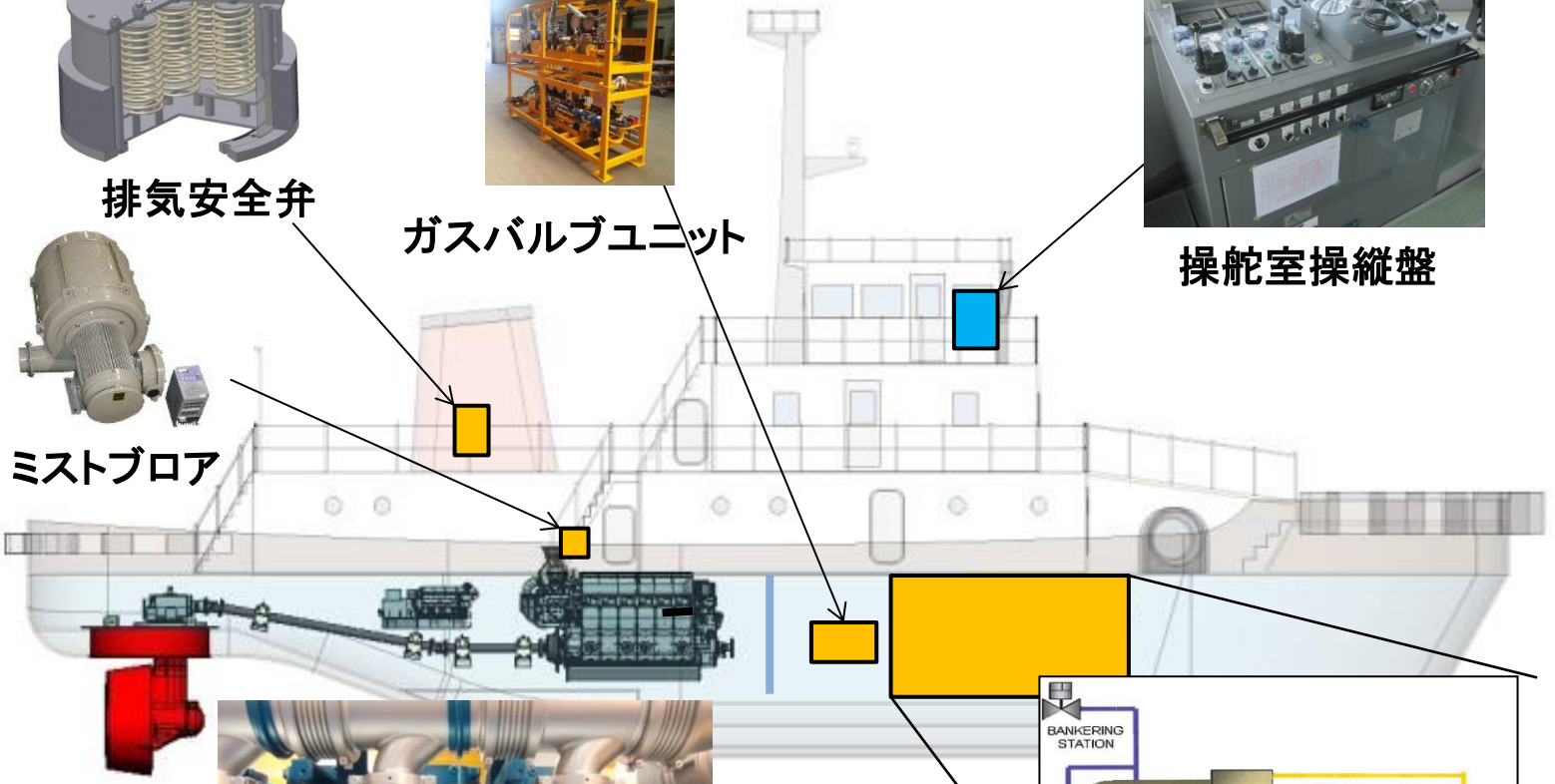


排気安全弁

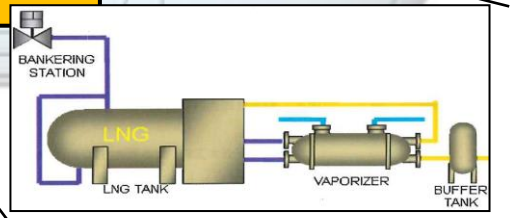
ガスバルブユニット

操舵室操縦盤

ミストブロア



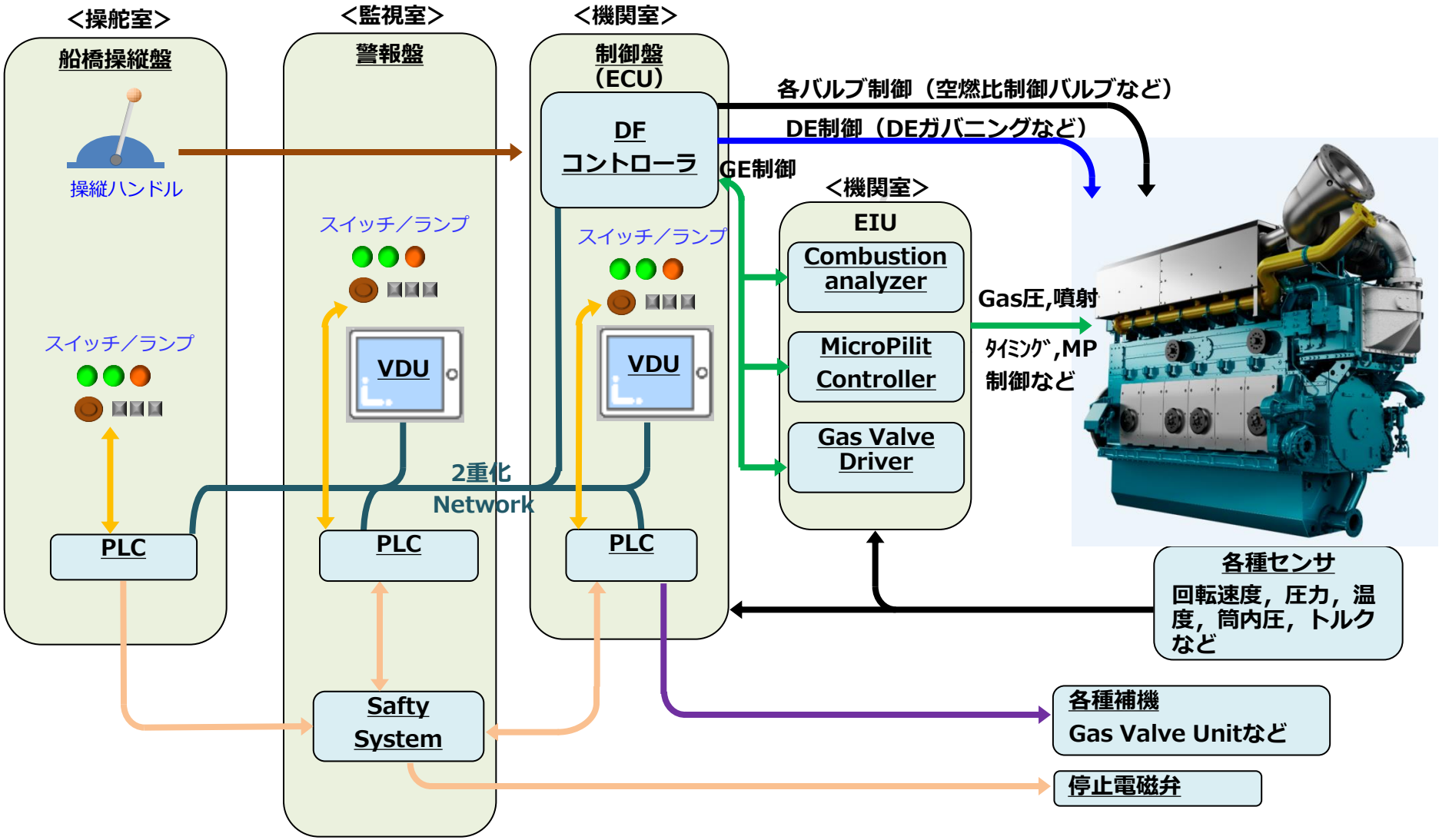
ガス配管
（２重管）



ガスプラント

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

実船への展開
（制御システム）

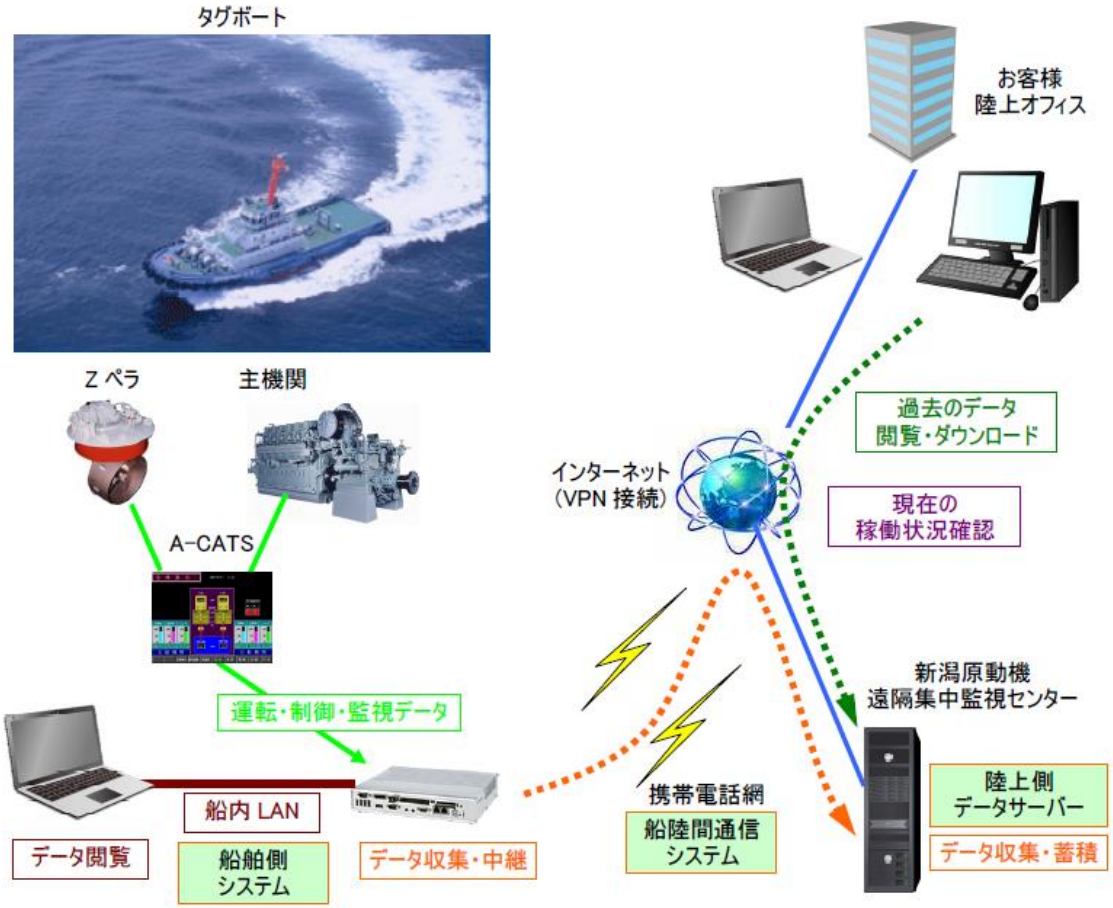


Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

実船への展開
（遠隔監視システム）

従来より陸用ガスエンジンプラント向で標準装備している遠隔監視システムを舶用デュアルフューエルエンジンのモニタリングにも適用

常時監視により，本船の稼動状況，エンジンの状況，また万が一不適合が発生した際の迅速なデータ解析が可能となる



Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

実船への展開
（型式承認と初号機）

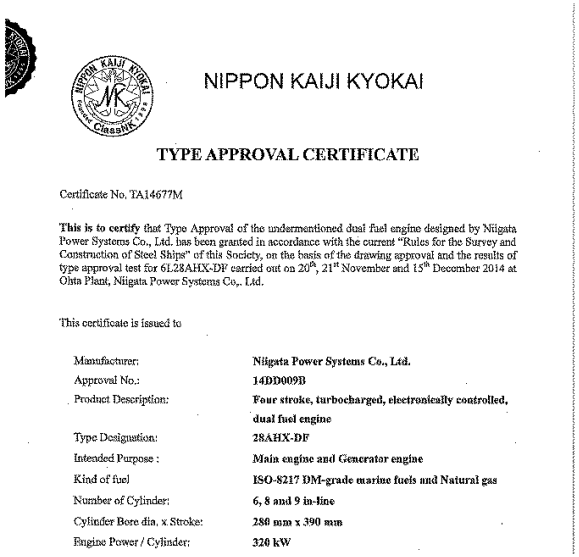
型式承認の取得

2014年12月
一般財団法人日本海事協会殿の型式承認を取得。

ClassNK

NYK GROUP

出典 http://www.wingmsc.co.jp/



NIPPON KAIJI KYOKAI

TYPE APPROVAL CERTIFICATE

Certificate No. TA14677M

This is to certify that Type Approval of the undermentioned dual fuel engine designed by Niigata Power Systems Co., Ltd. has been granted in accordance with the current "Rules for the Survey and Construction of Steel Ships" of this Society, on the basis of the drawing approval and the results of type approval test for 6L28AHX-DF carried out on 20th, 21st November and 15th December 2014 at Ohta Plant, Niigata Power Systems Co., Ltd.

This certificate is issued to

Manufacturer:	**Niigata Power Systems Co., Ltd.**
Approval No.:	**14DD009B**
Product Description:	**Four stroke, turbocharged, electronically controlled, dual fuel engine**
Type Designation:	**28AHX-DF**
Intended Purpose :	**Main engine and Generator engine**
Kind of fuel	**ISO-8217 DM-grade marine fuels and Natural gas**
Number of Cylinder:	**6, 8 and 9 in-line**
Cylinder Bore dia. x Stroke:	**280 mm x 390 mm**
Engine Power / Cylinder:	**320 kW**

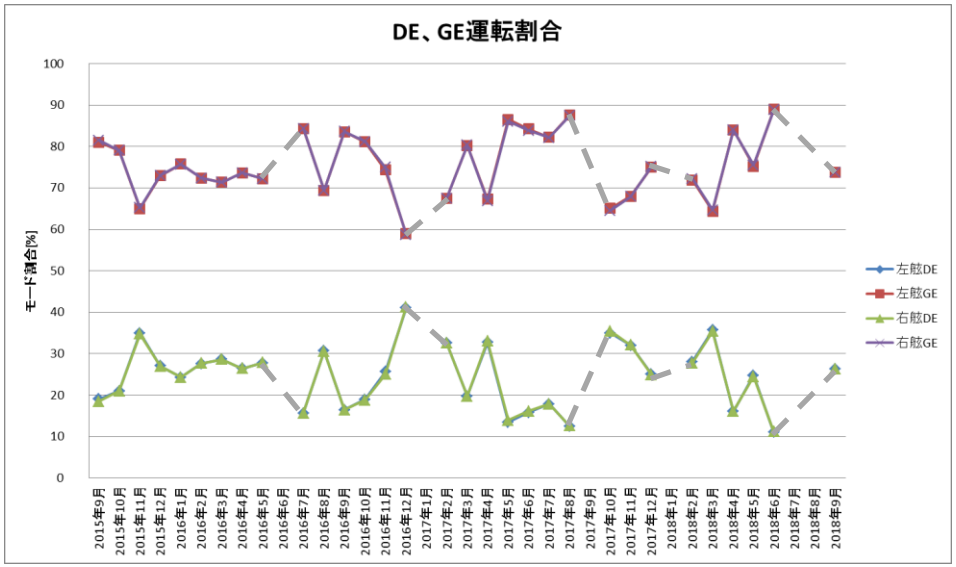
商用初号機の出荷

2015年1月
商用初号機6L28AHX-DF型機2台を出荷。
2015年9月
日本初となるLNG燃料タグボート「魁」に搭載され，運航を開始。

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

実船への展開
（納入船の運航状況）

- 運航エリア　：　横浜港、川崎港
- 1日当り稼働回数　：　２－４回
- 　※稼働パターンは通常タグ(DE)と同一
- ガスモードの運転割合(下表)



- 海外においても、通常タグ（DE）と同一作業を実施

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

目次

1. 舶用分野における環境規制
2. 舶用DFエンジンのコンセプト
3. 舶用DFエンジンの技術
4. 実船への展開
5. ハイブリッド推進システム
6. 今後の展開と技術応用

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

ハイブリッド推進システム

・ハイブリッド推進システムとは

エンジンと，モータを組込んだ減速装置を合わせる事で，多様な出力域に対し最適な出力バランスをもって省エネ性能を発揮できるシステム。
主に燃料消費量と，CO_2排出量を低減する事ができる。
ハイブリッドシステムには，バッテリを搭載するシステムと，バッテリを搭載せずに補機電力を使用しモータを駆動するシステムの2種類がある

・ターゲット船

船舶の中でも運転条件が厳しく追従性が重視されるタグボートをターゲット船とした。

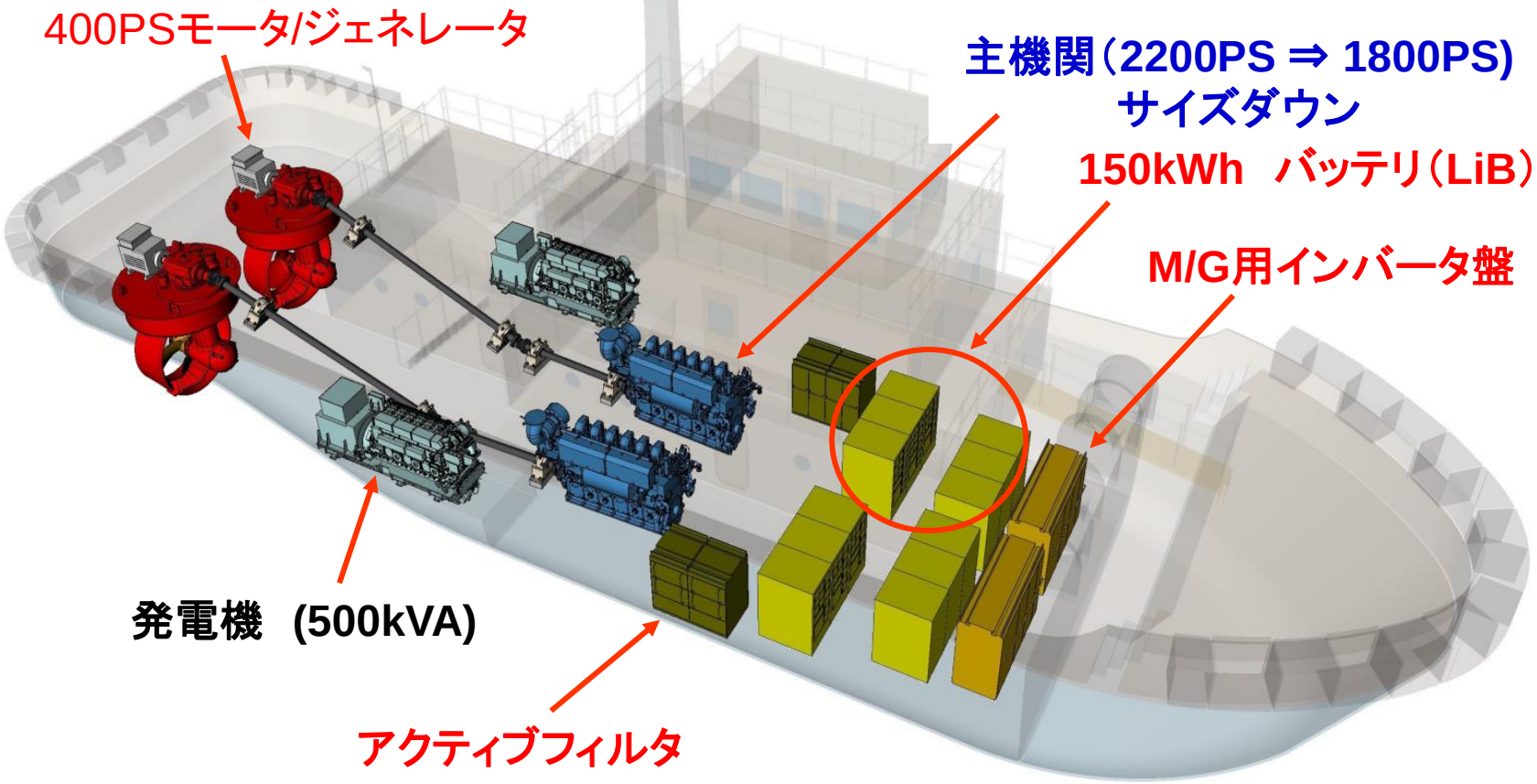
環境対応目標値（従来機と比べ）

燃料消費率：20%低減　　CO_2排出量：20%低減

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

ハイブリッド推進システム
（システム構成）

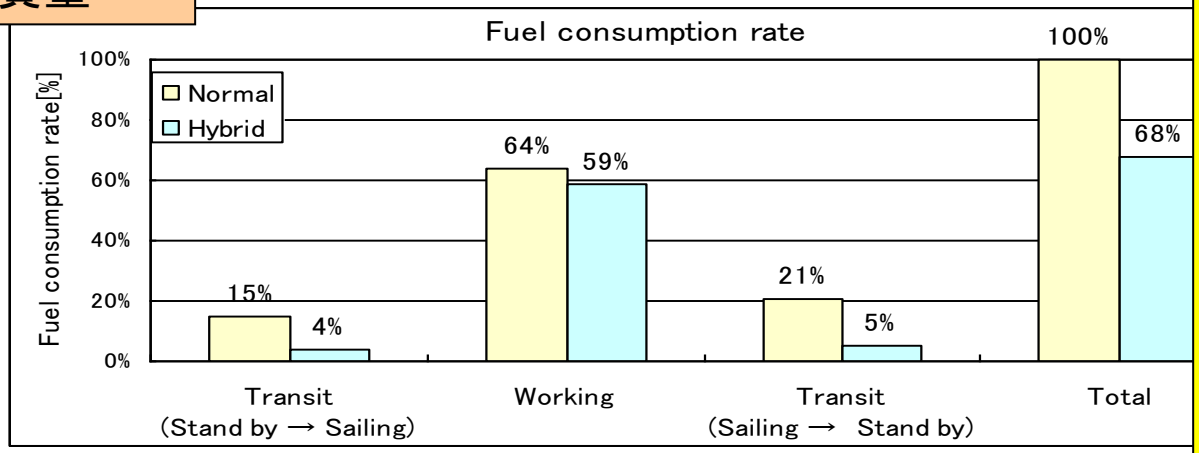
1. バッテリ室は隔離した部屋とし，CO2消火設備を設ける
2. 性能（旋回，曳航力）は従来型と変えない
3. 従来型の船体サイズのなかで，ハイブリッド機器を搭載



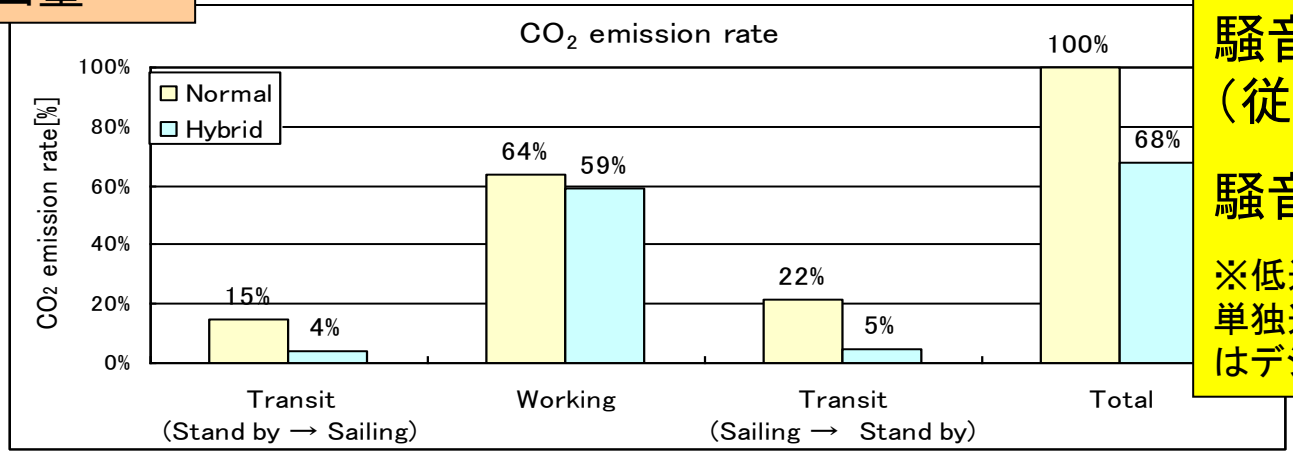
Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

ハイブリッド推進システム
（ハイブリッド推進システムの効果）

燃料消費量



CO_2排出量



実船検証結果（削減率）

Fuel：△32%

CO_2：△27%（※）

NOx：△30%

※CO_2排出量は陸上電源の電池充電分を考慮した値

騒音も大幅低減（従来船と比較）

騒音：△20%

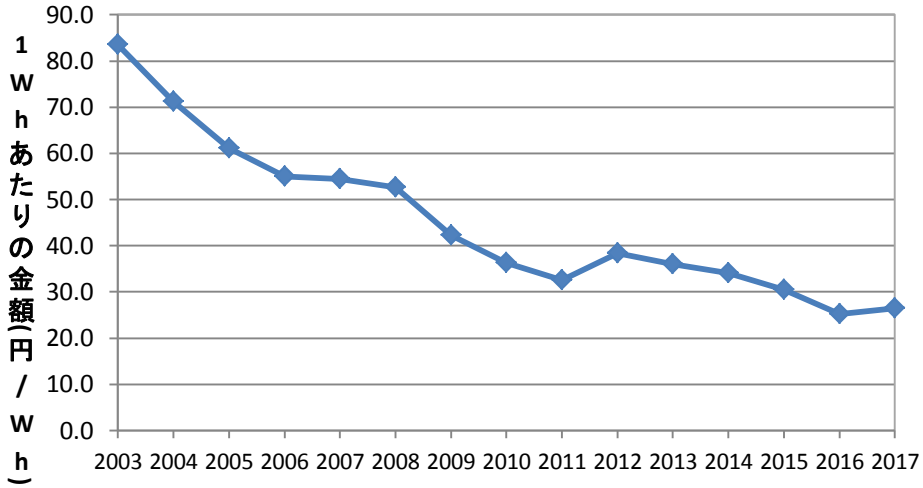
※低速航行時のモータ単独運転，騒音レベルはデシベル値（dB）

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

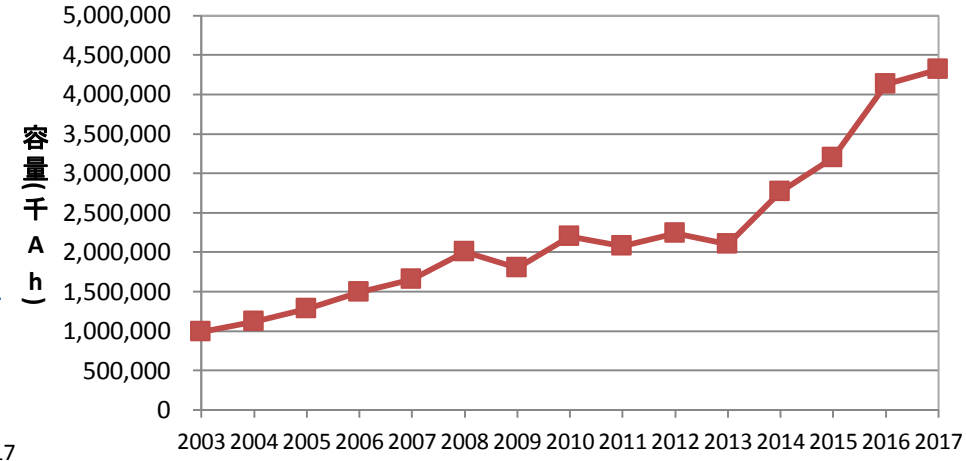
ハイブリッド推進システム
（リチウムイオンバッテリの価格推移）

- リチウムイオンバッテリの出荷は年々増加
- 日本初のハイブリッド船の建造された、2012年は，38.4円/Whであったが，2017年は，26.4 /Whと30%以上価格が下がっている
- 今後もバッテリの価格は下がる傾向にあると考えられ，ハイブリッド船の建造コストも下がると考えられる

リチウムイオンバッテリ(全体)
1Whあたりの金額の推移



リチウムイオンバッテリ(全体)
容量推移



出展
※情報元：経済産業省　経済産業省生産動態統計年報　機械統計編

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

ハイブリッド推進システム
（ハイブリッドシステムタグボート）

バッテリ搭載型ハイブリッドタグボート

- 2013年3月，ハイブリッドタグボートが横浜港に就航した。陸上からの給電もできる「プラグイン」機能付ハイブリッドタグボートの就航は日本初となる

Wing Maritime Service Corporation, Yokohama

出典 http://www.wingmsc.co.jp/

マリンエンジニアリング・オブ・ザ・イヤー2013を受賞

バッテリ非搭載型ハイブリッドタグボート

- 2013年10月，環境対応型発電機関と推進用モータを搭載する日本初の電気推進併用ハイブリッド曳船が就航
- システムの採用で，移動時とウェイティング停船時の燃料消費削減効果でCO_2排出量約20%削減が可能

Tokyo Kisen Co., Ltd., Yokohama

出典 http://www.tokyokisen.co.jp/

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

目次

1. 舶用分野における環境規制
2. 舶用DFエンジンのコンセプト
3. 舶用DFエンジンの技術
4. 実船への展開
5. ハイブリッド推進システム
6. 今後の展開と技術応用

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

今後の展開と技術応用
（環境負荷軽減へ向けて）

今後システム化はさらに進む

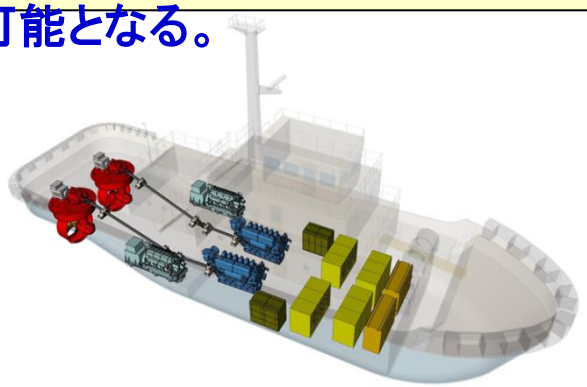
当社はこれまで，「ハイブリッドシステム」や「デュアルフューエル機関」などの，日本初の環境対応技術製品 を市場投入してきた。

これらの技術を融合させることで，さらなる環境負荷低減技術製品の供給が可能である。

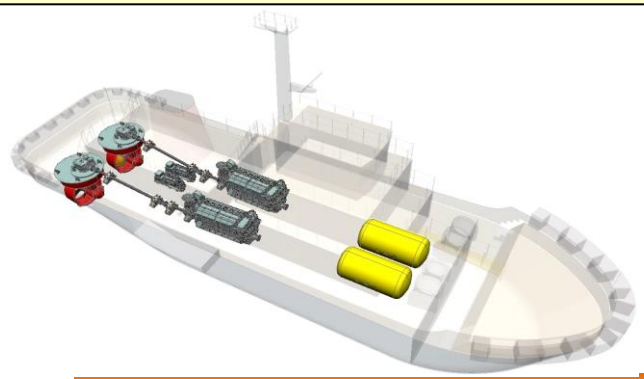
例えば，「ハイブリッドシステム」，「デュアルフューエル機関」を融合させることで，

- ガス燃料運転における更なる動特性の改善
- 究極の低エミッション船の実現

が可能となる。



ハイブリッドシステム



デュアルフューエル機関

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

今後の展開と技術応用
（まとめ）

- 環境規制に適用した，舶用DFエンジン（28AHX-DF）を開発し，初号機を国内タグボートに搭載以降，海外においてもガス運転で港湾作業に従事しており，機関の健全性を実証した

- 環境配慮型ハイブリッドタグボートは「バッテリー搭載タイプ」と「バッテリー非搭載タイプ」がそれぞれ就航しており，燃費，CO_2，NOxの低減，さらに騒音低減にも有効である事を実証した

- 当社は複数の環境対応技術を持ち，お客様のニーズに合った提案が可能である

◆ 実証された技術を1つ1つ積み重ね，多種多様な船種に適用，或いは複合的なシステムとして検討し，今後も強力に推進しなければならない“環境対応技術”として確立させる

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.

Copyright © Niigata Power Systems Co., Ltd. All Rights Reserved.