

新しい環境規制に対応した 次世代型中速ディーゼル機関 28AHX

28AHX : Next-Generation Medium Speed Diesel Engine Designed to Comply with Environmental Regulations

永澤 秀明 新潟原動機株式会社 技術センター製品開発グループ チーム長
 今井 和実 新潟原動機株式会社 技術センター製品開発グループ
 山本 英義 新潟原動機株式会社 技術センター製品開発グループ
 加藤 尚次 新潟原動機株式会社 技術センター技術開発グループ
 園部 邦彦 新潟原動機株式会社 技術センター製品開発グループ グループ長

新潟原動機株式会社 (NPS) はこれまで、時代のニーズにあった船舶用主機関や推進装置および周辺システムを供給し、国内外で広く好評を得ている。NPS は今回、2011 年から適用される国際海事機関 (IMO) の窒素酸化物 (NO_x) 排出 2 次規制 (Tier II) に対応するべく、新たな船舶用ディーゼル機関 28AHX を開発した。28AHX は、ミラーサイクルの採用や、噴射タイミングの最適化などによって、 NO_x の排出量を現行機関に比べて約 30% 低減しつつ、燃料消費率を約 2% 低減することに成功した。ここでは、28AHX の主要目や採用技術などについて紹介する。

NPS has established an outstanding global reputation as a supplier of marine engines, propulsion units, and peripheral systems that meet the needs of the time. It has now developed the 28AHX engine, a diesel engine designed to comply with the Tier II standards introduced by the International Maritime Organization to govern nitrogen oxide (NO_x) exhaust emissions from vessels built in 2011 and beyond. An engine that uses the Miller cycle and has optimal injection timing, the 28AHX produces approximately 30% less NO_x exhaust emissions than conventional engines, and offers a 2% reduction in the fuel consumption rate. This paper describes the principal specifications for the 28AHX and the technologies used in its design.

1. 緒言

新潟原動機株式会社 (NPS) はこれまで、時代のニーズにあった船舶用主機関や推進装置、周辺システムを供給し、国内外で広く好評を得ている。今回 NPS は、2011 年から適用される国際海事機関 (IMO) の窒素酸化物 (NO_x) 排出 2 次規制 (Tier II) に対応するため、新たな船舶用ディーゼル機関 28AHX の開発を行った。

2. 28AHX の概要

開発された 28AHX は、新型過給システムを含むミラーサイクル (従来よりも吸気弁閉時期を早める) の採用や、燃料噴射圧力および噴射タイミングの最適化などによって、 NO_x の排出量を現行機関に比べて約 30% 低減しつつ、燃料消費率を約 2% 低減することに成功した。

機関と並ぶ NPS のもう一つの主力製品である Z ペラ (Z 型推進装置) との組み合わせによって、タグボートを中心とした販売を展開する。

第 1 表に 28AHX の主な仕様を、第 1 図に 6 シリンダの 6L28AHX を示す。

3. デザインコンセプトと設計の特長

28AHX の開発に当たっては、次の点が設計ポイントに挙げられた。

(1) 環境対応

NO_x 排出量を現在より 30% 低減し、IMO の

第 1 表 28AHX の主要目
Table 1 Main specifications for 28AHX

項目	単位	仕様	
シリンダ径	mm	280	
ストローク	mm	390	
定格出力	6L	2 220	2 070
	8L	2 960	2 760
	9L	3 330	3 105
機関回転速度	min^{-1}	800	750
正味平均有効圧力	MPa	2.31	2.30
平均ピストン速度	m/s	10.4	9.75
燃焼最高圧力	MPa	18	



第 1 図 新開発機関 6L28AHX
Fig. 1 Newly developed 6L28AHX engine

Tier II に対応する。併せて燃料消費率も改善し、温室効果ガス削減に寄与する。

(2) スモークレス

全負荷域で煙の见えない、排煙濃度に問題のない機関とする。

(3) 過渡特性の改善

アイドルから加速特性を改善し、タグボートなどの主機関としての使用に適した機関とする。

(4) 軽量・コンパクト

同出力クラスの従来型機関よりも軽量コンパクトな機関とする。

(5) 保守整備が容易なこと

各 부품の信頼性を確保し、メンテナンスを容易にする。

機関設計には 3D-CAD システムを用い、性能シミュレーション、構造解析などに 3D 数値モデルをフル活用した。これによって、性能目標達成のための手段と必要な

装置の事前検討が可能になり、部品形状の最適化・軽量化が進められた。

4. エンジン性能の向上

デザインコンセプトに挙げられた性能目標を達成するため、28AHX では次の改善を行った。

(1) ミラーサイクルの適用

吸気弁早閉じのミラーサイクルを採用し、シリンダ内圧力および燃焼温度を低下させることによって NO_x 量を低減した。

(2) 吸気弁開閉タイミングの最適化

ミラーサイクルの適用に伴い、低負荷域と高負荷域において、吸気弁の開閉タイミングを最適に変更する機構 (VIVT: Variable Intake Valve Timing) を採用した。

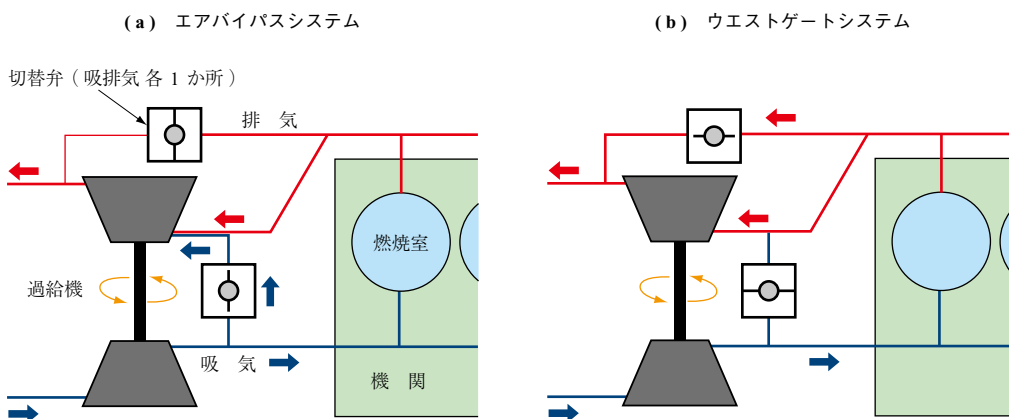
(3) 過給システムの改良 (エアバイパス、ウエストゲート)

全負荷域で過給機を最大限有効に活用できるように、過給システムにエアバイパスおよびウエストゲートを付加した。

エアバイパス (A/B): 低負荷域において、過給機から出た吸気の一部を過給機の排気入口に入れ、過給機の回転速度をアシストする技術。

ウエストゲート (W/G): 高負荷域において、過給機に入る排気ガスの一部を過給機に入れず、そのまま排出して、過給機の回転速度を抑制する技術。

第 2 図にエアバイパスとウエストゲートのシステムを示す。これらの改善の結果について検証するため、最初のプロトタイプ機関として製作した 6 シリンダ機関で性能試験を行った。



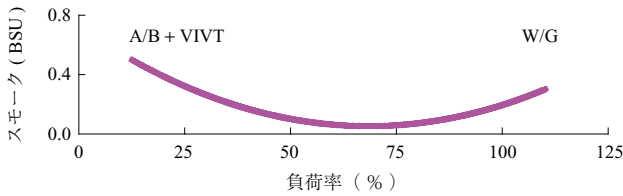
第 2 図 エアバイパスとウエストゲート
Fig. 2 Air bypass and waste gate

第3図にスモークレス化を示す排気色計測結果の一例を示す。アイドル回転から110%負荷までの全範囲において、可視スモークの発生抑止(0.5 BSU以下)を達成していることが分かる。

第4図にIMO Tier IIとの適合性を示す。横軸に機関定格回転速度、縦軸にNO_x値を示し、青の線はNO_xの1次規制値(Tier I)を、赤の線はNO_xの2次規制値(Tier II)を示す。

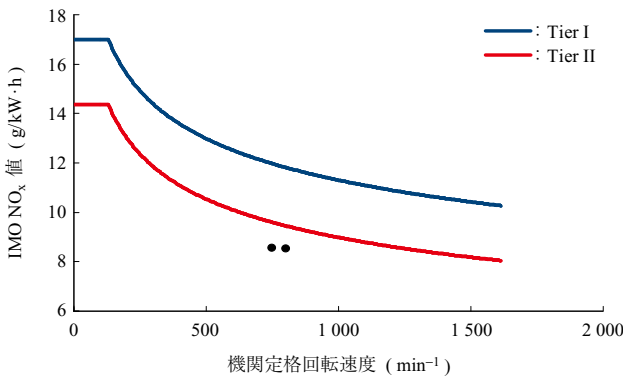
NO_x値は排出量基準をクリアしていることが分かる。燃料消費率も、潤滑油ポンプ・冷却水ポンプなどの補機駆動付きで燃費改善を実現している。

ここで、実際の運行における燃料消費率低減の効果について考察する。一般に、タグボート作業においては、低-中負荷の割合が多く、また短時間で高出力への移行が必要とされている。第5図は、同出力クラスのタグボートの運行負荷パターンのモニタ例を示している。第5図-(a)はタグボートの使用負荷状況を時間の経過で示したものであり、第5図-(b)、第5図-(c)は各負荷の使用頻度を示したものである。これと同じ運行パターンにおいて現行機関との燃料消費率を比較したものが第6図の燃料使用量の比較である。現行機関に比べて全負荷域で燃料消費率が改善されているが、使用割合の高い中-低負荷においても改善が顕著で、合計で約6%の燃料使用量の削減が見込める。

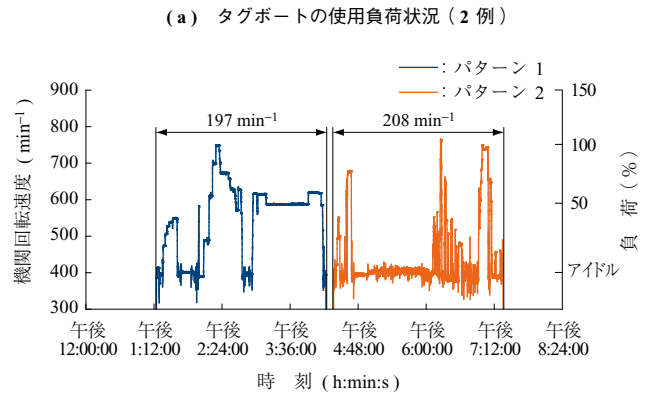


(注) BSU: ボッシュ式スモークメータによる排煙濃度

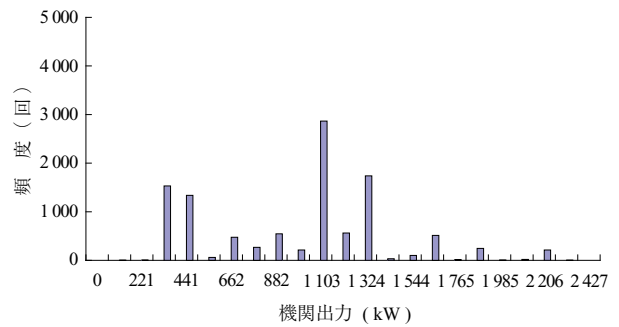
第3図 28AHX スモーク計測結果(例)
Fig. 3 Smoke measurements for 28AHX (example)



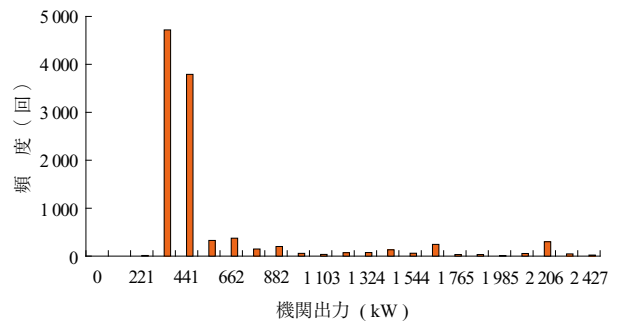
第4図 IMO Tier IIへの適合性
Fig. 4 Compliance with IMO Tier II



(a) タグボートの使用負荷状況(2例)

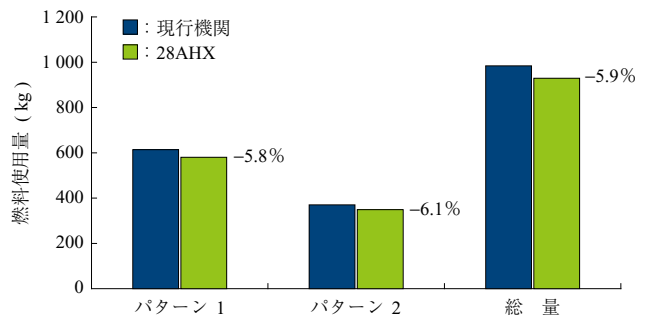


(b) タグボートの使用負荷頻度(パターン1)



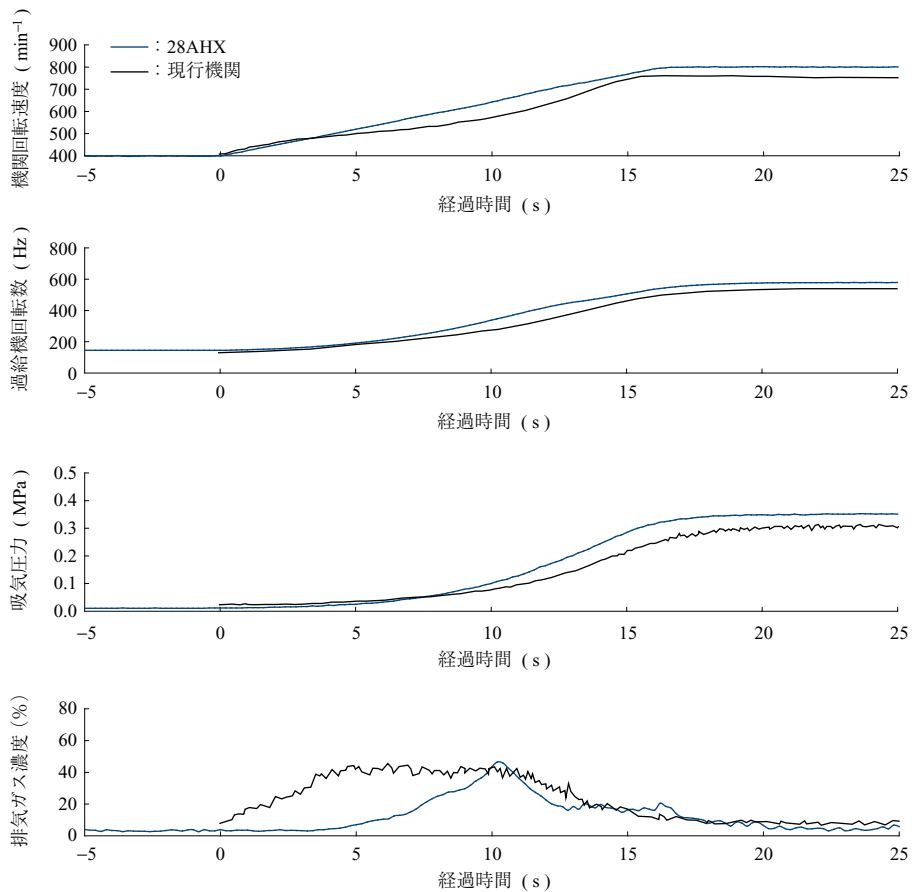
(c) タグボートの使用負荷頻度(パターン2)

第5図 タグボートの運行パターン
Fig. 5 Monitoring results for tug boat's operation pattern

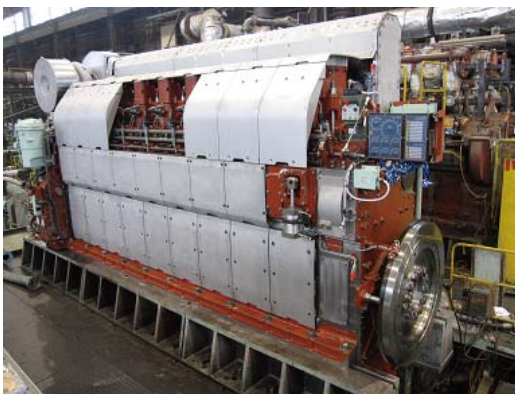


第6図 燃料使用量の比較
Fig. 6 Estimated fuel saving through operation

第7図の加速特性の比較試験データは、アイドル回転(400 min⁻¹)から定格出力(800 min⁻¹)までを15秒間で立ち上げた場合の比較を示している。28AHXでは立ち上



第 7 図 加速特性の比較
Fig. 7 Load acceleration characteristics



第 8 図 9L28AHX
Fig. 8 Photograph of 9L28AHX

がりの回転上昇もスムーズであり、またオパシテメータ（排出ガス濃度測定装置）によって計測した排煙濃度も大幅に減少していることが分かる。

以上のように、28AHX では、燃料消費量の改善と併せて、タグボートなどの主機関としての使用特性について画期的な性能改善を達成できた。

5. 耐久性の実証

完成したプロトタイプ機関は、これまで 1 000 時間以上の試験運転を実施してきた。また、最大出力における連続耐久運転および 0 ~ 100% の急負荷サイクル試験を実施した後、開放検査を行い、問題ないことを確認した。

6. 今後の展望

NPS は、これまでのディーゼル機関のノウハウと市場での経験をベースに、種々の新技術を取り込んで 28AHX を開発した。完成した 6 シリンダの 28AHX 試験機は、次期 NO_x 排出規制 IMO Tier II をクリアするとともに、船用機関向けとして必要とされる諸特性の大幅な改善を実現している。

また、9 シリンダのテスト機関も製作完了し、試験運転を実施している。

現在、すでに多数の受注をいただいております。2010 年から商用機の出荷を開始する。今後はフィールドにおいてユーザ各位の要求を取り入れて改善を行い、よりいっそうお客さまのご要望にこたえられる機関にしていきたい。