

製品紹介

ディーゼルスタンドライブ SX420KSH

Diesel Stern Drive SX420KSH

塩澤 茂 紀*

Shigeki Shiozawa

1. は じ め に

ヤマハ発動機におけるスタンドライブは、1981年に業務用のMU-1型スタンドライブの販売に始まり、1988年にプレジャー市場向けの小型ガソリンエンジンスタンドライブのラインナップ（直4-3.0ℓ～V8-5.7ℓ）、1991年同じくプレジャー市場向けの大型ガソリンエンジンスタンドライブ（V8-7.4ℓ HYDRA-DRIVE）と市場へ送り

出し、国内・外市場より好評を博してきた。しかしながら、特に、国内及び欧州の市場より、主として燃料のガソリンと軽油の価格差、燃費率の差による航続距離の長さという点から、ディーゼルエンジンモデルの開発要望が強かった。今回これらの要望に応えるべくディーゼルエンジンスタンドライブ SX420KSH（輸出名：ME420DTI）、その低馬力仕様のSX420KSを開発、昨年9月より生産を開始したので、ここに紹介する。

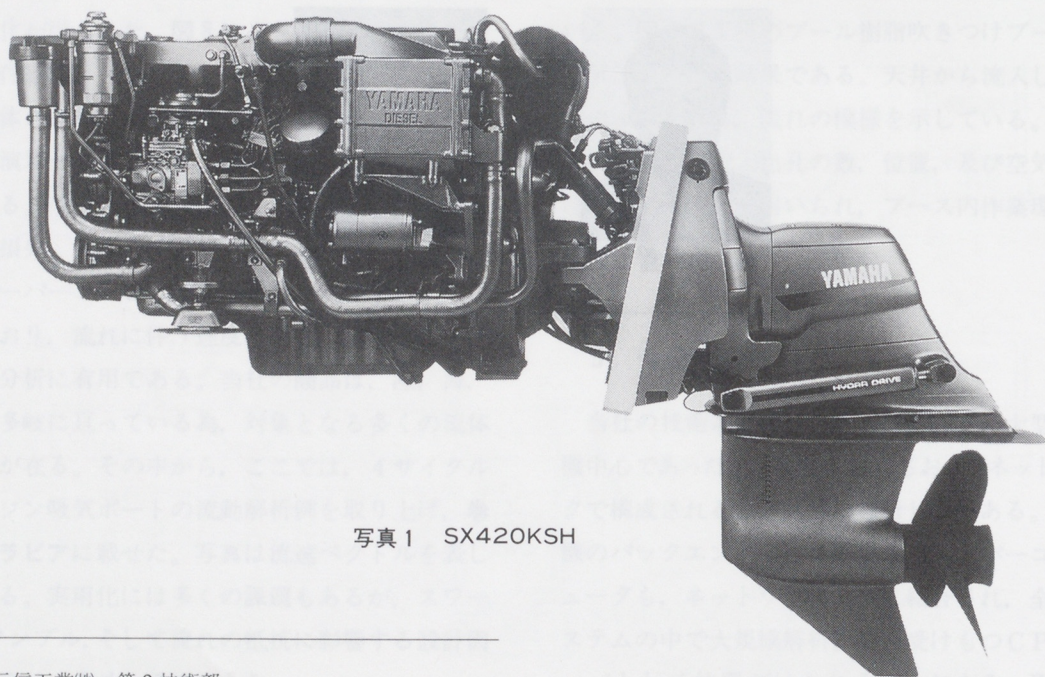


写真1 SX420KSH

* 三信工業(株) 第2技術部

2. 開発の狙い

前記した市場の要望に答えるべく、また、従来のディーゼルエンジンに対する一般認識（重い、大きい、遅い）を打破できる様な、コンパクトで高出力の新世代ディーゼルスタンドライブとする為に次の項目を開発の狙いとした。

(1) 高性能

船での最高速に影響する最大出力、加速性に影響する1500～2000rpmのトルクにおいてクラス最高レベルとする。

(2) 軽量、コンパクト化

ベースエンジンの軽量化設計を活かし、マリナイズ部分での重量増を極力抑える。パッケージ容積では、クラス最小を狙い、船への艀装性、整備性を容易なものとし、また、他社エンジンからの換装に対しても考慮したものとする。

(3) 信頼性、耐久性

ベースエンジンからの出力アップに伴う、熱負荷部品、運動系部品の強度、冷却系の容量などに十分配慮し、プレジャーボートにふさわしい高信頼性を確保する。

(4) 安全性、取り扱いやすさ

お客様の観点からの安全性、使いやすさに十分配慮し、その為の機構、構造は積極的に採用する。

(5) ドライブユニット

ドライブユニットにおいては、大型ガソリンスタンドライブ用HYDRA-DRIVEを、ディーゼルエンジンに適合する様、改良し使用する。

3. ベースエンジン

SX420のベースエンジンは、トヨタ自動車株式会社製の車両用ディーゼルエンジンを使用している。この車両用エンジンは、ディーゼルエンジンとしては最新のものであり、各部に新技術が活かされ、軽量、コンパクト、高剛性の造りとなっており、スタンドライブ用には最適なベースエンジンである。

4. 出力性能

車両用に対して、約1.5倍もの最大出力を確保し、又、船での加速性を満足させる為の低中速トルクも確保する必要がある、その為に

- (1) 新燃焼室形状の開発
- (2) 燃焼室と噴射系の最適化
- (3) ターボチャージャーの低中速域適合と

過給圧制御方法の開発を行った。

表1に車両用と比較した諸元を示す。

4.1 燃焼室

燃焼室は、図1に示す、燃焼室壁に角度を付けた“2段折れスキッシュリップ型”である。

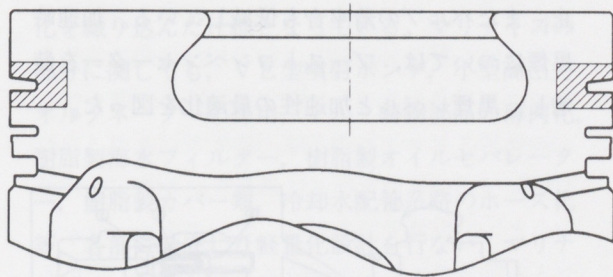


図1 燃焼室形状

諸元	SX420KSH (ME420DTI)	SX420KS	車両用
シリンダ数及び配置	直列6気筒 縦置	←	←
動弁機構	OHC ベルト駆動	←	←
内径×行程 mm	94.0×100.0	←	←
総排気量 cc	4163	←	←
燃焼室形状	2段折れスキッシュリップ	←	T R B
圧縮比	16.5	←	18.6
過給方式	排気ターボ+可変給気絞り +インタークーラー	←	排気ターボ+ウェスト ゲートバルブ
最大出力 kw/rpm	179/3800	139.5/3800	121/3600
最大トルク N・m/rpm	616/2000	460/2400	363/2000

表1 主要諸元

圧縮比は、ベースエンジンの信頼性を損う事なく最大出力を確保でき、且つ低速白煙に対しても最も有利な値とする必要から16.5とした。

燃焼室の形状選定には、小型高速直噴エンジンに適した、燃焼速度の早い、スキッシュリップ型を基本とし、約40種類もの試作ピストンの中から、最大出力、低中速トルク、黒煙濃度、低速白煙、燃費率等の目標値を満足できる形状を選定した。

4.2 噴射系

噴射ポンプは、小型、軽量のボッシュVE型(分配型)噴射ポンプを使用し、デリバリバルブにCPV(Constant Pressure Valve)を採用し、噴射管内の脈動による二次噴射、及び不斉噴射を防止、またバルブの着座音も低減している。加速時黒煙については、ブーストコンペンセーターを装着し、黒煙レベルと加速性の最適化を図った。

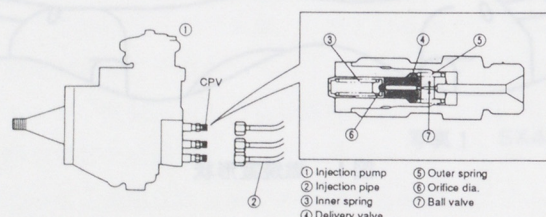


図2 CPV

図2にCPVを示す。

噴射ノズルは、2段スプリングノズルを採用し噴射初期の燃焼噴射量を少量に制御しディーゼルノックを抑制した。またノズル開弁圧を高く設定、高圧噴射とし、燃料の霧化促進を図り低中速トルクアップに対応するとともに、燃焼室形状に対応する為、噴口径、噴口数、噴射角等の最適化を図った。図3にノズル断面図と作動図を示す。

4.3 ターボチャージャー、可変給気絞り弁

ターボチャージャーは、愛三工業製CT26AC型で、新開発の水冷排気タービンケーシングを採用するとともに、タービン径、コンプレッサー径を、低中速域に適合させ大巾なトルクアップを図った。ターボチャージャーを低中速域に適合させ

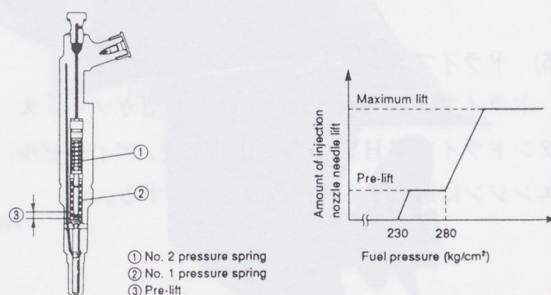


図3 ノズル断面図と作動図

る場合、全開域におけるターボチャージャーの過回転、及び過大過給によるエンジンの信頼性低下を防ぐ為、過給圧を制御する事が必要となる。

一般的に（特に車輛用）では、排気系にウェストゲートバルブを設け排気をターボチャージャー手前で逃がし制御している。しかしながらウェストゲートのシステムをマリン用に使用する場合、

(1) 排気系構造の複雑化

(2) 車輛用に比較し、全負荷運転の頻度が高い

事による熱負荷の影響等さらにきびしい。などの理由により、排気系に対し比較的温度条件の有利な給気系で過給圧を制御する“可変給気絞り弁 (variable boost valve)” のシステムを開発した。図4に構造図を示す。作動は、ターボチャージャー下流の給気圧力にてピストンを動かす、ピストンロッドにより給気通路内のバルブを開閉する。低中速域ではバルブは全開であり、設定過

給圧になると閉じ側へ動き通路を絞る。

このターボチャージャーと可変給気絞り弁のシステムにより従来の過給ディーゼルエンジンの欠点であった加速時のターボラグ、低中速域のパワー不足を感じさせない特性を得ることができた。

図5にSX420KSHの性能曲線を示す。

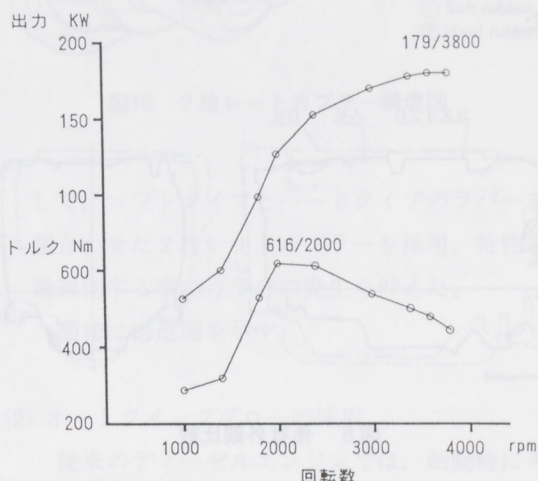
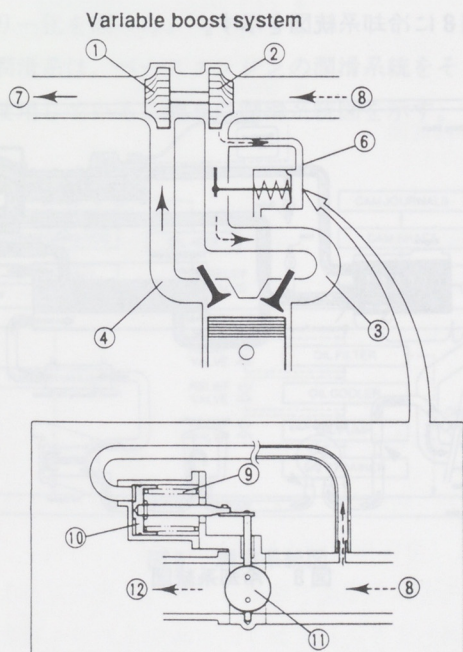


図5 SX420KSH 性能曲線



- | | |
|------------------------|-------------|
| ① Turbine wheel | ⑦ Exhaust |
| ② Compressor wheel | ⑧ Intake |
| ③ Intake manifold | ⑨ Spring |
| ④ Exhaust manifold | ⑩ Piston |
| | ⑪ Butterfly |
| ⑥ Variable boost valve | ⑫ To engine |

図4 可変給気絞り弁の構造

5. 軽量、コンパクト

ベースエンジンは最新のディーゼルエンジンという事もあり、ナットレスコネクティングロッド等の運動部品をはじめとし、樹脂製ヘッドカバー、樹脂製ウォーターポンプインペラ等、各部に軽量化を織り込んだ仕様となっている。マリナイズの部分に関しても、VE型噴射ポンプ、小型高出力オルタネーターの採用、アルミ鋳物部品の薄肉化、樹脂製海水フィルター、樹脂製オイルセパレーター、樹脂製カバー類、冷却水配管路のホース化等、各部に徹底した軽量化設計を行ない、マリナイズによる重量増を最少限り抑えた。

エンジンのレイアウトに関しても、従来のヤマハマリンディーゼルでは通例化している、熱交換器とエキゾストマニホールドの一体構造を敢えて別体とし、全高を下げ、また別体とした熱交換器を

シリンダブロック側面へ直接抱きかかえる等、クランク中心から左右の幅も抑えることにより、6気筒ディーゼルスタンドライブにおけるクラス最小レベルのコンパクトさを達成した。図6に6気筒ディーゼルスタンドライブの他社との外観比較を示す。これにより、他社エンジンからSX420への乗せ替えの需要にも対応する事ができる様にした。

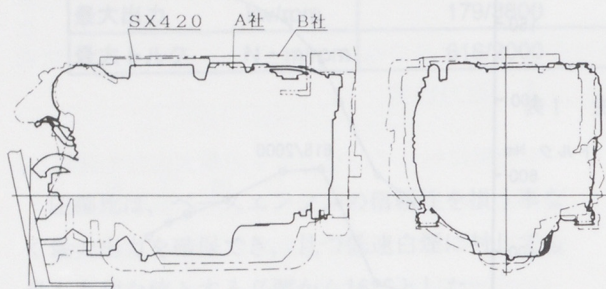


図6 他社外観比較

6. 主要構造と特徴

6.1 吸排気系

図7に吸排気系統図を示す。

エアフィルターはろ紙式タイプを採用し、サービシ性を考慮し、直接ターボチャージャーに取り付ける構造としている。また、ろ紙式を採用したことにより、ターボチャージャーの吸入高周波音の低減にも寄与している。前述した可変給気絞り弁は、エアクーラー入口部で過給圧の制御を行う。

エキゾストマニホールドは、排気ポートを、1,2,3気筒、4,5,6気筒を別々に集合させたデュアルポートとし、排気干渉を避け、ターボチャージャーへ入る排気のエネルギロススを最少限としている。また排気系部品は全て、エンジン冷却水、海水により冷却されており、表面温度を下げた安全な構造となっている。

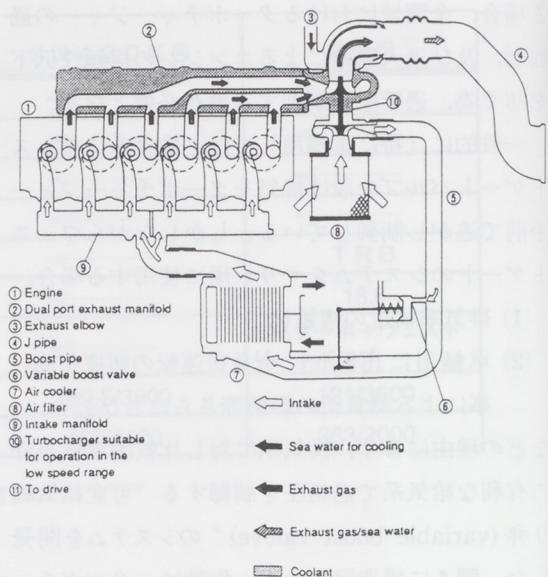


図7 吸排気系統図

6.2 冷却系、潤滑系

図8に冷却系統図を示す。

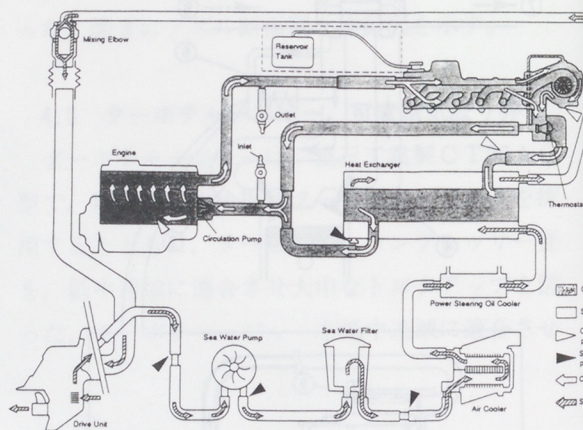


図8 冷却系統図

海水はドライブユニットのロワー部に設けた取り入れ口よりエンジンの海水ポンプにより吸入される。海水ポンプより吐出された海水は、機付きの海水フィルターを経てエアクーラーに入り、加圧された給気を冷却する。その後パワーステアリ

ングのオイルを冷却し熱交換器に入る。熱交換器で清水を冷却した海水は、排気と合流しドライブユニットを経てプロペラボスより海水中へ排出される。

熱交換器で冷却された清水は、エンジンの清水ポンプにより、シリンダブロック、シリンダヘッドを冷却し、エキゾストマニホールドへ送られる。

エキゾストマニホールドで排気ポートを冷却し、一部、ターボチャージャーの排気タービンケーシングを冷却し、エキゾストマニホールド出口部で合流、熱交換器へと戻る。エキゾストマニホールド出口部にはサーモスタットを備え、負荷の変動に対し、水温を一定に保ち、燃焼の安定化とエンジンの耐久性、信頼性を確保した。

エアクーラーはプレート&チューブ式、熱交換器はシェル&チューブ式であり、高出力に対し十分余裕のある設定とした。また海水系は、特殊黄銅系の材料を使用し、腐食に対するメンテナンスフリー化を図った。

潤滑系は、ベースエンジンの潤滑系統をそのまま使用している。図9に潤滑系統図を示す。

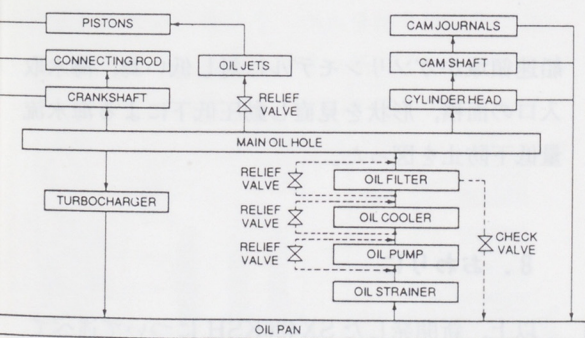


図9 潤滑系統図

6.3 その他の特徴

(1) 2段レート出力軸カップリングの採用

ディーゼルエンジンでは、そのトルク変動幅の大きさからトローリング時に、駆動系のギヤ打音（通称：ガラ音）が発生する。その対策と

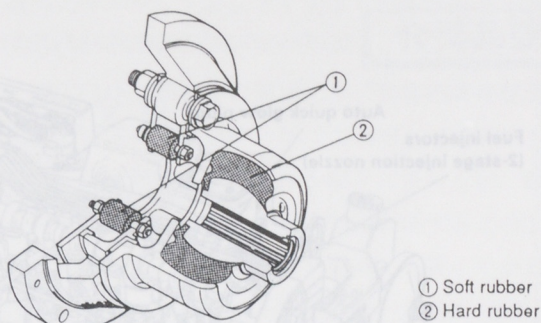


図10 2段レートカプラー構造図

して、ソフトタイプとハードタイプのラバーを組合わせた2段レートカプラーを採用。特性を最適化する事でガラ音の発生を抑えた。

図10に構造図を示す。

(2) オートクイックグローの採用

従来のディーゼルエンジンでは、始動時にキーをグローポジションで保持、グロープラグの赤熱を待ってキーON、始動とする必要があった。SX420ではオートクイックグローを採用し、始動時の煩わしさを無くした。

(3) 異常警告

清水温度上昇、清水量低下、海水流量低下、エンジン油圧低下、オイルネーター出力電圧低下、燃料水分離器水位の警告をメーターパネル上のランプ点灯とブザー音（一部の警告のみ）で知らせる様にした。

ここに記した以外にも、電動燃料ポンプのブライミングスイッチの採用、点検部位を分かりやすくする為の色分け指示等、使いやすさ、安全性にも配慮している。

7. ドライブユニット

ドライブユニットは、ガソリン用 HYDRA-DRIVE（ヤマハ技術会技報No.14にて紹介済み）を流用、好評の油圧クラッチ機構等、そのまま使用し、

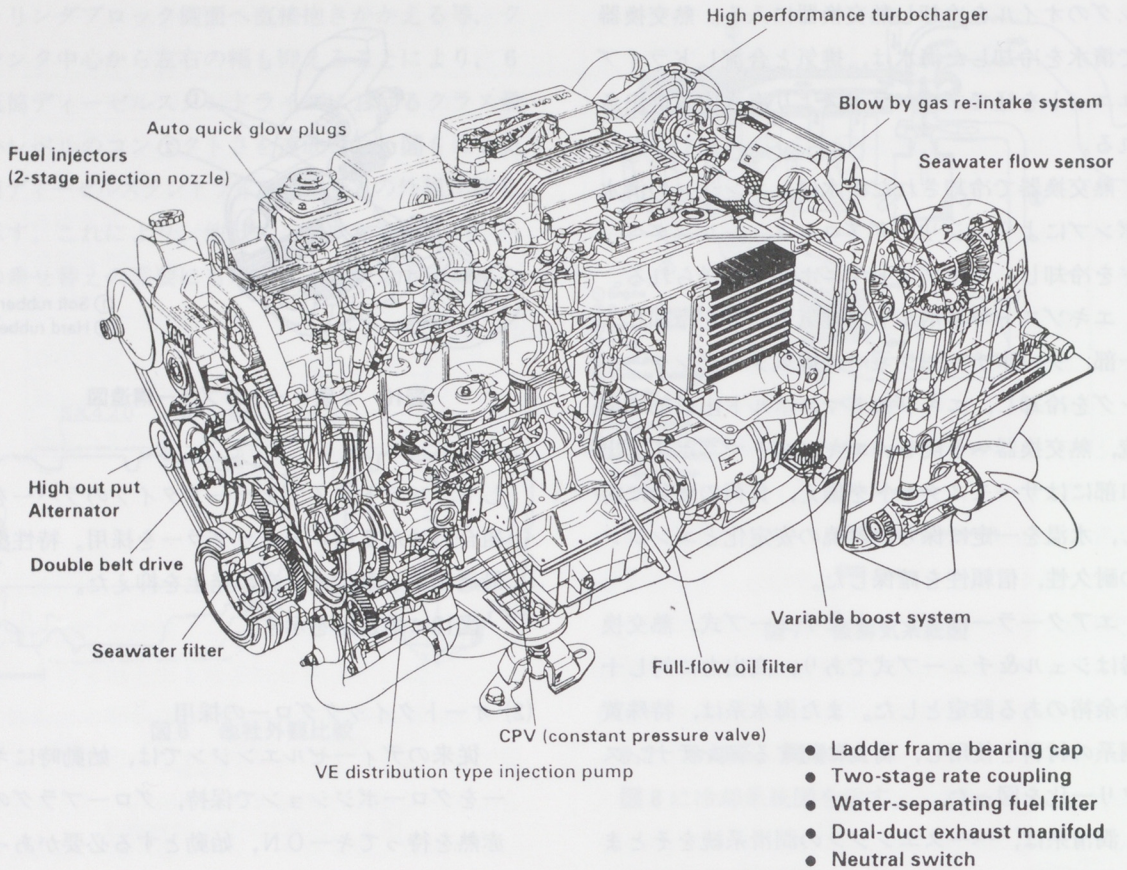


図11 SX420KSH 全体構造図

ディーゼルエンジンに対応する、プロペラ、ローア形状について変更をした。

7.1 プロペラ

プロペラは、ガソリンモデルとディーゼルモデルのエンジン回転数の違い、及びディーゼルモデルが搭載されるクラスの船の船速領域より考慮し新開発した。ガソリン用のプロペラに対し一回り大径の18インチを基本サイズとし、正転、逆転用共に5種類のラインナップを備えた。

7.2 ローア形状

ローアは、大径化したプロペラに対応して、ガソリン用に対しプロペラシャフト位置を下げ、全体的に下側へ延長した様な形状に変更した。また

船速領域がガソリンモデルに対し低い為、海水取入口の面積、形状を見直し動圧低下による海水流量低下防止を図った。

8. おわりに

以上、新開発したSX420KSHについて述べてきた。(全体構造図を図11に示す。)

本モデルも生産を開始してから、そろそろ1年を経過しようとしており、市場からの声も届き始めてきた。特に欧州より、船のスピード、加速に関わる航走性能に対し高い評価を得ている。

今後も、市場の評価、意見を聞きながら、更なる改良を進めていく所存である。

最後に本モデルの開発にあたり御協力をいただ

