

製品紹介

ヤマハ MD859KUH形エンジン

YAMAHA MD859KUH Type Diesel Engine

江川 登*
Noboru Egawa松田 守 弘**
Morihiro Matsuda中島 真***
Makoto Nakajima藤野 誠治****
Seiji Fujino

1. はじめに

近年、漁場はますます遠隔化し、余裕ある航走と高速化のニーズから、高出力化の要求が一層強くなっている。

図1に漁船法馬力数90のヤマハエンジンの最大出力の年次推移を示す。出力の伸びは急速であり、年率約10%の上昇となっている。

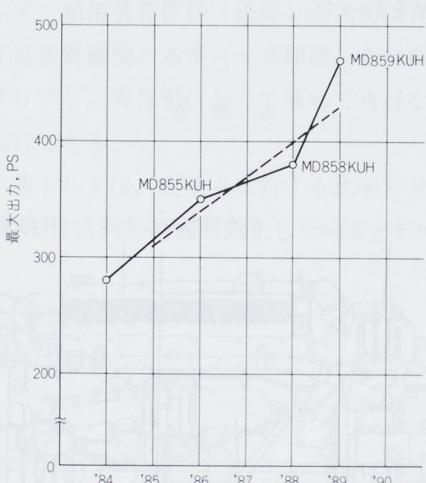


図1 漁船用エンジン出力推移(マリンギヤ軸端出力)

この様な中で、MD858KUH型インタークーラ付ターボ過給エンジンに対し、4弁構造をはじめ、種々の新技術を採用し、クラス最高の出力を達成した新エンジンMD859KUHを開発したので、以下に概要を述べる。

2. 開発の基本方針

(1) 出力性能

軸平均有効圧力（以下Pme）21.6kg/cm²を達成し、漁船法馬力数90クラス最高の高出力エンジンとする。また、高出力にふさわしい低中速トルクを確保し、加速性を向上するとともに、市場ニーズである始動時白煙及び加速時黒煙の低減を図る。

(2) 信頼性、耐久性

Pmeアップに伴う熱負荷部品、運動系部品及び冷却系部品などに十分配慮し、従来エンジンと同等以上の信頼性、耐久性を確保する。

(3) 軽量、コンパクト化

出力当たりのエンジン重量及び容積にて最高レベルを確保し、艇体への搭載性及び保守点検性に優れたものとする。

(4) 操作、取り扱いの快適化

従来エンジンに対してメーターパネルなどの電装品、リモコン装置等全面的に見直し、視認性、操作性など格段に良くする。

* マリン本部 エンジン事業部 企画部

** 三信工業(株) 第二技術部

*** 日野自動車工業(株) エンジンR D部

**** 日野自動車工業(株) エンジンR D部

3. 諸元

表1にMD859KUHの主要諸元をMD858KUHとの対比で示す。また図2にMD859KUHの外観図を、図3に横断面図を示す。

(1) 最高出力は470PSで、MD858KUHに比較して約24%向上し、このクラスで最高レベルの排気量当たり出力55PS/Lを達成している。

(2) 排気量当たりの重量及び容積についても、約15%向上し、さらに軽量、コンパクトなものとなっている。

4. 出力性能

従来、排気量8~10Lクラスのターボ過給ディーゼルエンジンのPmeは、車両用で13~14kg/cm²、船用でも17~18kg/cm²がトップレベルであったが、MD859KUHではそれらを超えた21.6kg/cm²を達成するため、

- (1)燃焼室形状と噴射系の最適化
- (2)吸排気弁各2個の4弁化と吸排気ポートの最

	MD859KUH	MD858KUH
最大出力 PS/rpm	470/2,300	380/2,300
シリンダ配列、数	L-6	←
燃焼室型式	直接噴射式	←
内径×行程 mm	117.8×130	←
排気量 cc	8,501	←
圧縮比	15.5	←
弁数/シリンダ	4(吸排気各2)	2(吸排気各1)
エンジン全長 mm	1,655	1,608
エンジン全幅 mm	931	902
エンジン全高 mm	1,077	1,037
乾燥重量 kg	1,175	1,130
軸平均有効圧力 kg/cm ²	21.6	17.5
排気量当たり出力 PS/L	55.3	44.7
出力当たり重量 kg/PS	2.5	3.0
出力当たりパッケージ容積 L/PS	3.5	4.0

表1 エンジン主要諸元（マリンギア村）

適化

- (3)高压噴射型インジェクションポンプの採用
- (4)ターボチャージャーのマッチング
- などを行った。

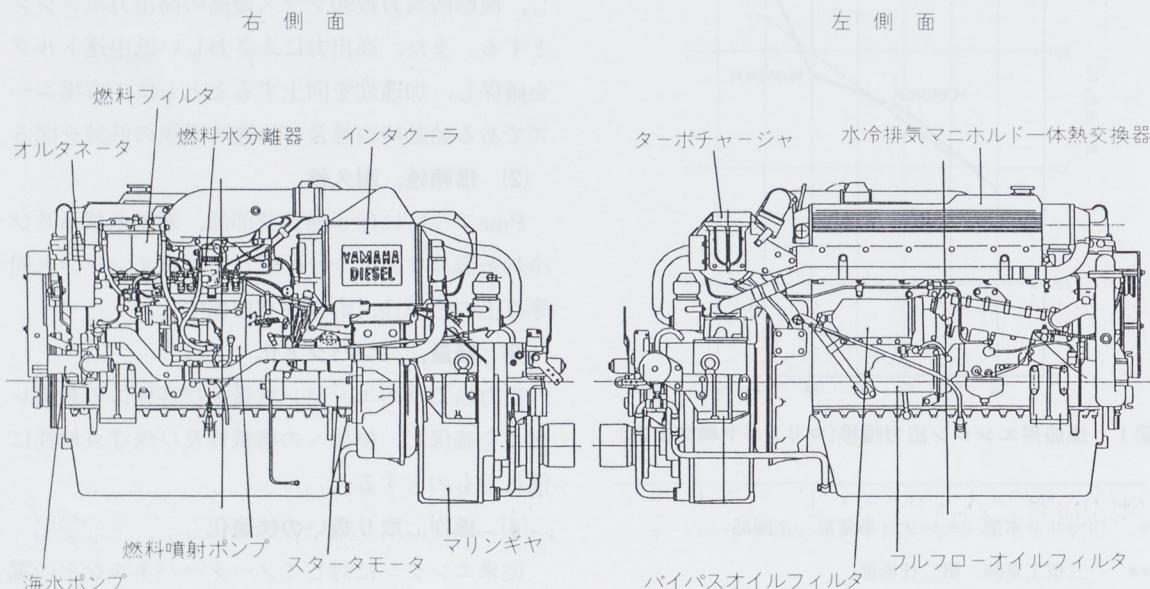


図2 機関外観図

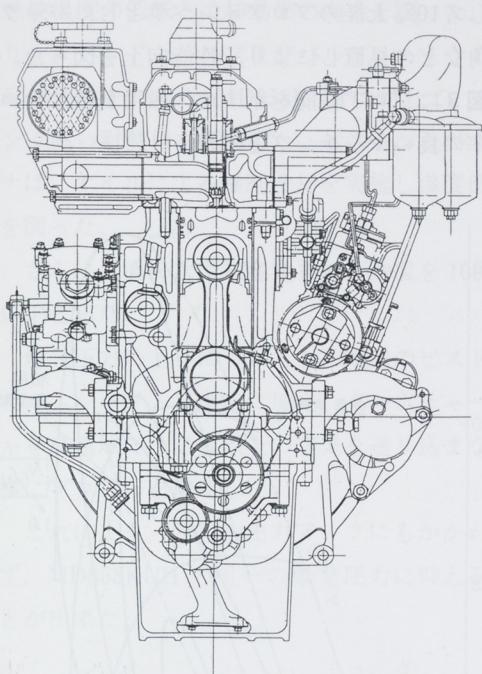


図3 機関横断面図

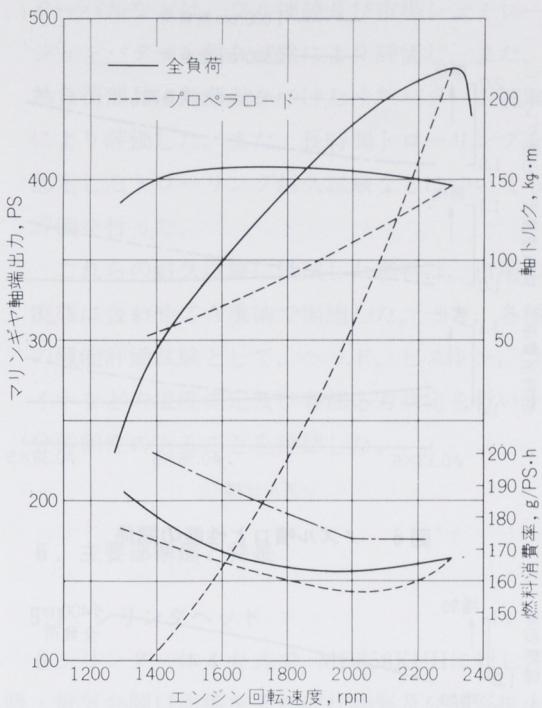


図4 MD859KUH 性能曲線

図4にMD859KUHの全負荷性及び船用負荷性能を示す。船用負荷性能（破線）の燃料消費率は、水産庁低燃費機関の基準（一点鎖線）を余裕を持ってクリアし、実稼働において極めて良好な経済性が期待できる。

低中速トルクは、定格点に対する比率で見るとMD858KUHに対し約20%向上している。

4.1 燃焼室及び燃料噴射系

燃焼室は図5に示すリエントラント型で、キャ

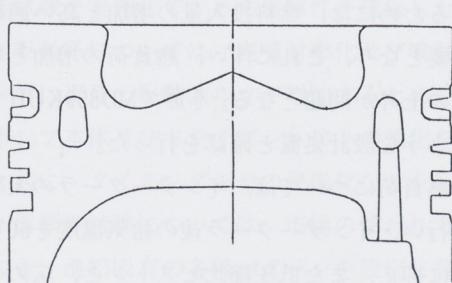


図5 燃焼室形状

ピティ径、深さ等を高過給用に選定し、圧縮比についても、始動時白煙を考慮しつつ、15.5とした。

噴射ポンプはボッシュP-S3S型を採用し、また4弁の中央に配置したノズルは、低中速域性能及び白煙を考慮して、小径多噴口の $\phi 0.33 \times 6$ を選定した。

図6にノズルと性能の関係を示す。

始動時白煙対応としては、MD858KUHに対して低中速域で動的燃料噴射タイミングを2~5°進め、さらにNo.4, 5, 6気筒の燃料を適宜電磁弁で遮断するPSDバルブ（減筒運転バルブ）付き噴射ポンプを採用した。

加速時黒煙については、ブーストコンペニセータを装着して黒煙と加速性を、また低速安定性については、噴射系仕様とガバナ制御勾配を台上及び実船テストにて最適化を図った。

4.2 バルブタイミング

低中速域で体積効率を向上させてトルクを確保

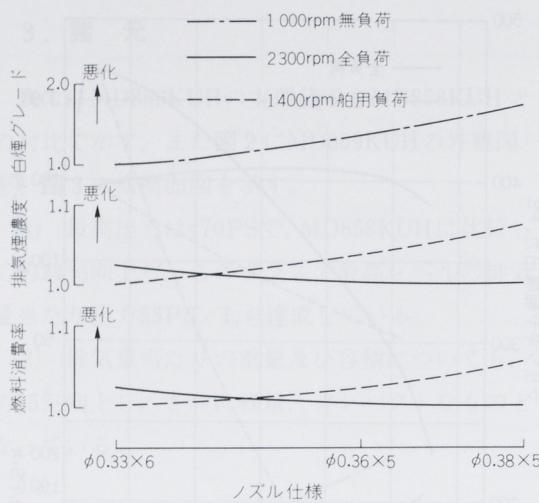


図6 ノズル噴口と性能の関係

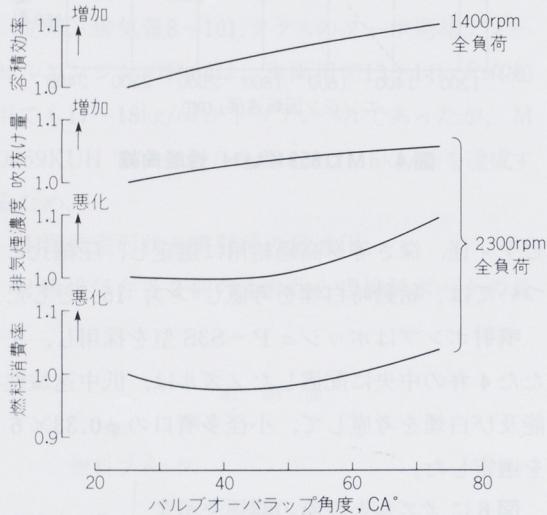


図7 バルブオーバラップによる性能への影響

し、また高速域で吹抜け空気量を増加させてポンピングロスを低減して燃費を改善するため、MD858KUHに比較して吸気弁の開弁時期を早め、排気弁の閉弁時期を遅らせた。オーバラップの選定は図7に示すように、最大出力点の燃費を重視して45°とした。

4.3 ターボチャージャ

ターボチャージャは石川島播磨重工業製RHC9型で、高い圧力比を確保するため、MD858KUHに

対して10%大径のプロアインペラとし、バックワード角などの見直しにより、性能向上を図った。

図8にプロア性能を示すが、船用負荷において効率の良いマッチングとした。

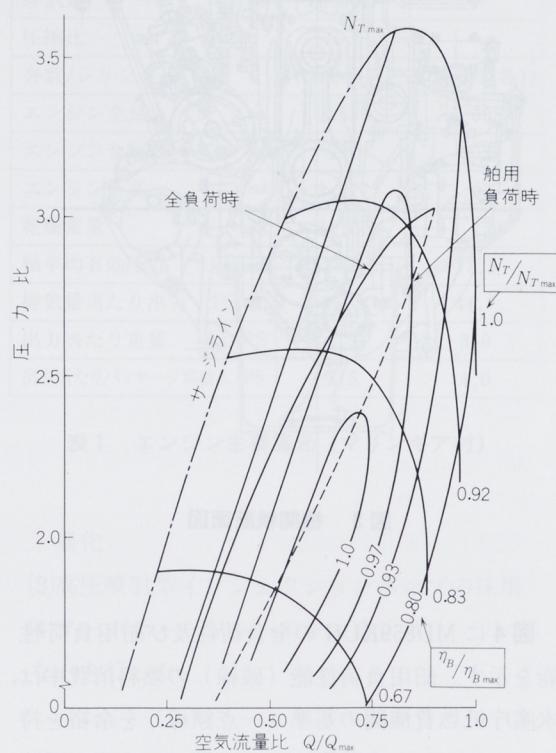


図8 ターボチャージャ コンプレッサ マップ

5. 高出力化に伴う問題点の対策と構造上の特長

小排気量のターボ過給エンジンで、高出力を確保するためには、燃料投入量の増加と高い過給圧が必要となり、これに伴い、熱負荷の増加と爆発圧力の上昇が問題となる。そこでMD859KUHでは、次のような設計処置と確認を行った。

- (1) 熱負荷については、インタークーラの大型化を行い、インタークーラ後の給気温度を60°C以下に抑え、また低圧縮比ピストンと、広めのバルブオーバラップカムシャフトの採用により、

燃焼温度の低減と冷却効果の向上を図った。シリンドヘッド、バルブ及びバルブシートなどは耐熱性向上のため、MD858KUHに対して、1ランク高い耐熱材を採用した。ピストン及びライナは、オイルによる強制冷却を実施し温度低減を図った。

さらに、清海水冷却容量を増し油温を100℃以下とした。

- (2) 爆発圧力の上昇についても、既述のピストンとカムシャフトの選定に加え、ターボチャージャを高速域では必要以上の空気を送り込まない様にプロアーチを選定した。

これにより、24%の出力アップにもかかわらず、MD858KUHと同一の爆発圧力に抑えることが出来た。

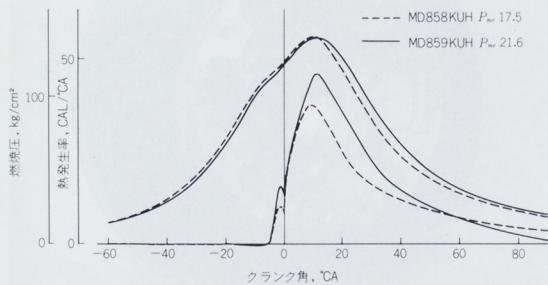


図9 MD858KUHとMD859KUHとの燃焼解析の比較

図9に燃焼解析結果を示すが、高いP_{me}を確保した上で、爆発圧力を抑えると上死点後の燃焼割合が増加するため、ピストンリング、ライナのスカッフ及びクランク系のねじり振動、強度などが不利になるので、十分耐久試験及び機能試験を実施して、その信頼性を確保した。

- (3) 駆動系については、高噴射率化及び噴射量アップにより、駆動トルクが増加するため、噴射ポンプ本体及びドライブシャフトの強化を行うと共に、タイミングギヤの浸炭化などを行った。
- (4) 信頼性試験については、市場の使われ方に基づき、漁船固有の各種パターンを設定し評価した。オイル消費、摩耗、メインテナンスのイン

ターバルなどは、フル連続及び市場シェミレーションパターン耐久試験により評価し、また、熱負荷部品は熱落差をつけた冷熱パターン試験により評価した。また、長時間トローリングを想定したトローリング耐久試験などについても評価を行った。

これらの耐久試験に供試した燃料は、市場の実態に合わせてA重油で実施した。一方、各種の機能評価試験として、ヘッド、ピストン、ライナなどの温度測定及び各部応力測定を行い十分信頼性のあることを確認した。

6. 主要部構造と特長

6.1 シリンダヘッド

6 シリンダ一体4弁式で、MD858KUHに対し、吸・排気弁開口面積をそれぞれ40%及び50%拡大して、スムーズなガス交換を可能とした。細部の形状及び寸法の決定に際してはFEM解析を行い、剛性はもとより内部冷却通路の機械的応力及び熱的応力の集中が生じないよう十分配慮した。

図10に有限要素法による応力解析モデルを示す。

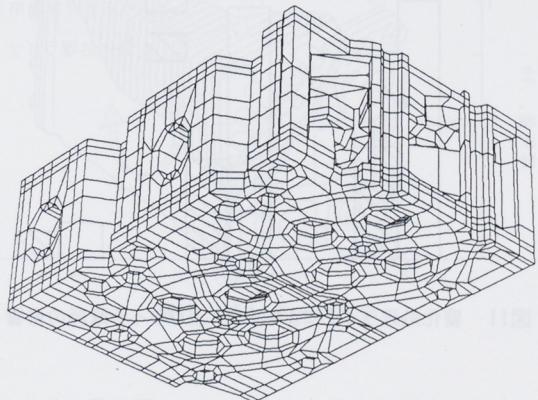


図10 有限要素法による応力解析モデル

また、シリンドヘッド材質は耐熱強度を向上させるため、高モリブデン特殊合金鋳鉄を採用した。

6.2 シリンダーブロック及びシリンダーライナ

シリンダーブロックはMD858KUHと同一であり、漁船法馬力対応として、ボアを $\phi 117.8$ としている。

シリンダーライナはスリップフィット式ドライライナで、シリンダーブロックのライナ嵌合部にオイル溝を設け、ライナ上部をオイルにより強制冷却している。ライナの摺動面には、窒化処理を施し、リング摩耗、スカッフに対処した。

6.3 ピストン及びピストンリング

ピストンは熱負荷低減のため、クーリングチャネル式とし、またA重油使用によるカーボン付着を考慮してカットバックを採用した。

ピストンリングは4本構成で、全リング共、摺動面にクロームメッキを施している。トップ及びオイルリングの摩耗については、図11に示す如く窒化処理ライナとの組み合わせにより摩耗量を40%に低減できた。

これにより、オイル消費も0.1~0.2 g/PShと低レベルで良好である。

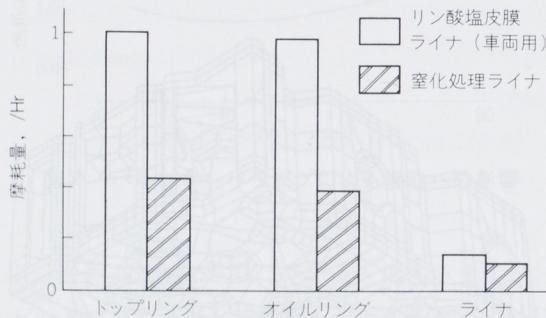


図11 窒化処理ライナによるリング及びライナ摩耗の影響

6.4 クランクシャフト

クランクシャフトは特殊鋼製、8バランス一体鍛造でメインジャーナル、ピンの各フィレットR部には、高荷重フィレットロール及び高周波焼き入れを施し、疲労強度を向上させた。

また前端部にはスプライン加工を行い、エンジ

ン前部からの動力取り出しトルクに余裕を持たせている。

トーショナルダンパは、ラバーにシリコンオイルの粘性減衰を付加したビスカスラバーダンパを採用した。

慣性リング容量及びラバー硬度は、クランクねじり振幅、ラバー歪率とも充分余裕のあるものを選定した。

また、ラバー表面には、耐熱ラバーをコーティングし、慣性リング表面の放熱溝と併せ、耐熱寿命を2倍以上とした。

図12にトーショナルダンパの外観を示す。

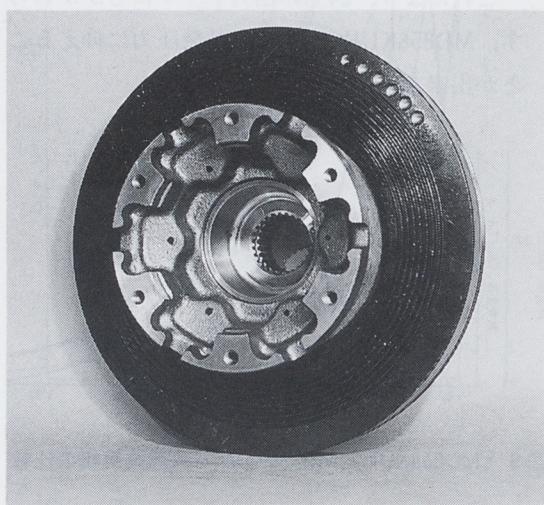


図12 トーショナルダンパ

6.5 動弁系

MD858KUHのOHV構造をベースに4弁化を行った。4弁化によるプッシュロッド荷重増加に対応し、ロッカサポートを気筒配置構造とすることにより、充分な動弁系剛性を確保している。タペットはカムとの摺動部に超硬材を使用すると共に、摺動部冷却用の油穴を設けることにより、高面圧条件下での耐摩耗性を向上させた。

また、船用エンジン特有の使用条件、即ち、一定速での連続高負荷運転の頻度が高いこと及びA重油が使用されることを考慮して、吸気弁はステ

ンレス系特殊鋼、排気弁は耐熱鋼を採用し、フェース部にステライト盛を施した。また、バルブシートには特殊焼結材を採用した。

図13に動弁系の構造、配置を示す。

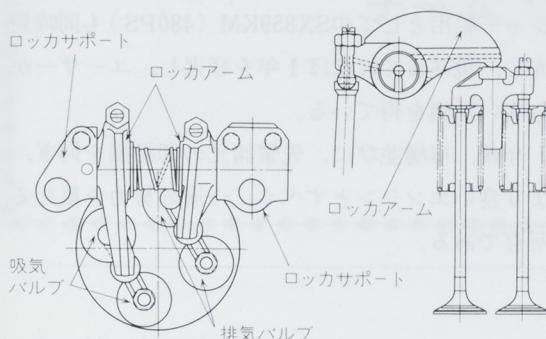


図13 動弁系配置図

6.6 冷却、潤滑系

図14に冷却系統図を示す。

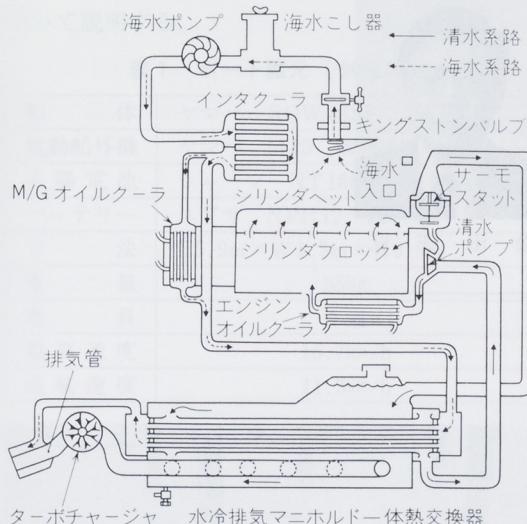


図14 冷却系統図

海水は船底よりキングストンコックを通って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まずインタークーラーに入り、ターボチャージャーより送り出された空気を冷却する。インタークーラーを出た海水は熱交換器に入り清水を冷却

し、排気と合流し船外へ排出される。

熱交換器部で冷却された清水は、清水ポンプによりオイルクーラーへ圧送され、潤滑油を冷却した後、シリンダブロック、シリンダヘッドを冷却し、熱交換器を内蔵した排気マニホールドに戻る。エンジン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、安定した燃焼とエンジンの耐久性、信頼性を確保した。

インタークーラーはプレート&チューブ式直交流型で、熱交換器はチューブ式対向流型とし、MD858KUHに対し、容量をそれぞれ40%増加させ、高出力に対し十分余裕のある設定とした。

尚、海水配管系については、特殊黄銅系材料を使用し、腐食に対するメインテナンスフリー化を図った。

図15にインタークーラーの構造を示す。

潤滑系は、基本的にMD858KUHと同一である。

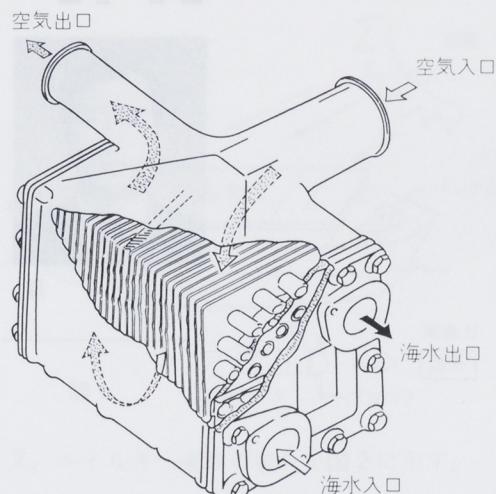


図15 インタークーラー

6.7 電装系

メータパネルはメータの視認性、ランプの交換作業性等を考慮して構造及びデザインを一新し、また、タコメータはケーブル式から電気式に変更し、エンジン停止もケーブル式からメインキースイッチと連動した電気式にする等により艇体への

取り付け性、操作性の改善を図った。

6.8 その他

リモコンヘッドの新型化、ガバナ操作力低減装置の採用、ブローバイ中のオイル分離装置の採用等、従来エンジンにも増して、より快適に操作、運転が出来る様、改善を図った。

7. あとがき

以上ヤマハ発動機、日野自動車工業の技術を結

集し、ユーザニーズに応えるべく新開発したMD859KUHについて述べてきた。

本エンジンは、4.0～5.9トン漁船用として、89年12月に発売し、また、バリエーションモデルMD859KH（420PS）、MD859K（400PS）、及びプレジャーボート用としてのSX859KM（480PS）も同時発売し、現在までにはほぼ1年を経過し、ユーザーから高い評価を得ている。

今後、市場並びに、先輩諸兄の御指摘を仰ぎ、
より良いエンジンとすべく、一層の努力を重ねる
所存である。

■著者■



江 川 登



松田守弘