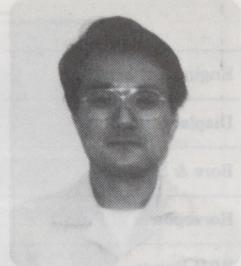


V-6 船外機の開発と紹介



設計室

三信工業(株)第一技術部 田口道博

実験1課

奥村滋雄

1. まえがき

ヤマハ船外機は、昭和35年に(株)昌和製作所で初モデル(P-7機)の生産をスタートして以来、昭和46年に25A、昭和49年に55A、昭和53年に85A、昭和56年に115A/140Aと商品開発を進め、ラインナップの拡大を計ってきました。そして、昭和58年には、2サイクル、2600ccのV型6気筒船外機を生産移行し、米国二社(OMC社、Mercury社)に負けない2~220馬力のラインアップを完成し、同時に、船外機にとって最後の市場であった北米で、販売が開始される様になりました。

以降、V6シリーズの充実を計る為、(1)外洋フィッシング用カウンターローテーションモデルL150/L200の開発。(2)バスポート専用のスポーツ性に優れたPro V150の開発。(3)船外機で初めてマイコンを搭載した220Aのフルモデルチェンジ225A(V6-Excel)の開発。等々を行って現在に至っています。

今回、ヤマハ技術会の技報に投稿する機会を得ましたので、ヤマハ船外機のV6シリーズの紹介及び代表的モデルの技術的な特徴の紹介をさせて戴きます。

2. V-6 船外機 LINE-UP

今回の投稿内容の理解を深める為に、V6船外機の仕様及び市場状況をここに紹介する。



写真1 FLORIDA : ALL YAMAHA O/M

Specifications.

Features.

| | 225 | 200 | 175 | ProV | 150 | | 225 | 200 | 175 | ProV | 150 |
|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|------|-----|
| Engine Type | V6 (90°) | Micro Computer Ignition | | | | | |
| Displacement | 1584 ci (2596 cc) | CD Ignition | | | | | |
| Bore & Stroke | 3.54x2.68 in 90x68 mm | Loop Charging | | | | | |
| Horsepower at Prop | 225 HP @ 5800 RPM | 200 HP @ 5500 RPM | 175 HP @ 5500 RPM | 150 HP @ 5000 RPM | 150 HP @ 5000 RPM | Precision Blend Oil Injection | | | | | |
| RPM Range | 4800-5800 | 4500-5500 | 4500-5500 | 4500-5500 | 4500-5500 | 100:1 Premix | | | | | |
| Compression Ratio | 6.4:1 | 5.9:1 | 5.9:1 | 5.6:1 | 5.8:1 | Remote & Integral Oil Tank | | | | | |
| Fuel Charging System | Loop Charged | Integral Oil Tank | | | | | |
| Carburetion | Three (dual throat) | Anti-corrosion System | | | | | |
| Lubrication | Precision Blend | Engine Protection Systems | | | | | |
| Fuel Tank Capacity | NA | NA | NA | NA | NA | F-N-R Gear Shift | | | | | |
| Oil Capacity | 2.8 gal (10.5 lit) | Energy Advisor Throttle | | | | | |
| Exhaust System | Through prop | Remote Controls | | | | | |
| Ignition System | CDI Micro Computer | CDI | CDI | CDI | CDI | Power Trim & Tilt | | | | | |
| Starting System | Electric | Electric | Electric | Electric | Electric | Emergency Shut-Off | | | | | |
| Shaft Length | 20 in. and 25 in. | 20 in. and 25 in. | 20 in. and 25 in. | 20 in. | 20 in. and 25 in. | Shallow Water Drive | | | | | |
| Gear Ratio | 15:27 (1.8) | 14:26 (1.86) | 14:26 (1.86) | 14:28 (2.0) | 14:26 (1.86) | 360° Steering | | | | | |
| Weight* | 397 lb (180 kg) | 390 lb (177 kg) | 390 lb (177 kg) | 390 lb (177 kg) | 390 lb (177 kg) | Tachometer | | | | | |

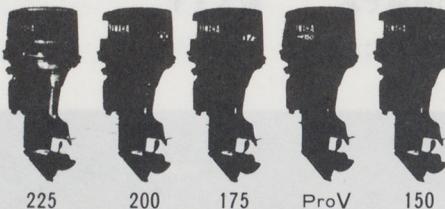


表1 U S仕様



写真3



写真2

3. 技術紹介

3-1 EXCEL 225A

3-1-1 開発概要

225A (V6-EXCEL) はヤマハ最高級モデルとして船外機で初めてマイクロコンピューターを搭載した220Aのフルモデルチェンジを行なったものであります。

開発の狙いとしては、ヤマハ船外機の最高級モデルとして性能的に他社V6トップモデルよりもより優れたものとすることであり、具体的には、第1にV6同クラス最高の動力性能を目指し大型ポート（全長25ft以上）のオフショア市場では加速性能と耐久性を重視し、なおかつスピードポートでは120km/hもの高速安定性を有すること、第2には最高級モデルにふさわしい外観と仕上げを有することであります。

性能的には、プロペラ軸出力225PS/5800rpm、比出力86.5PS/l(比トルク12.3KGM/l)の船外機として高出力エンジンが誕生し、V6クラスでは社内外共に最高の動力性能と航走性能を有する商品です。

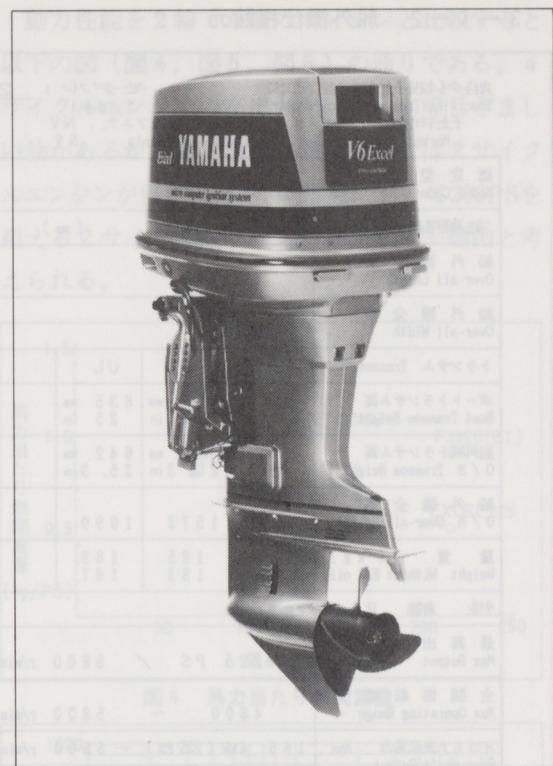


写真4 外観

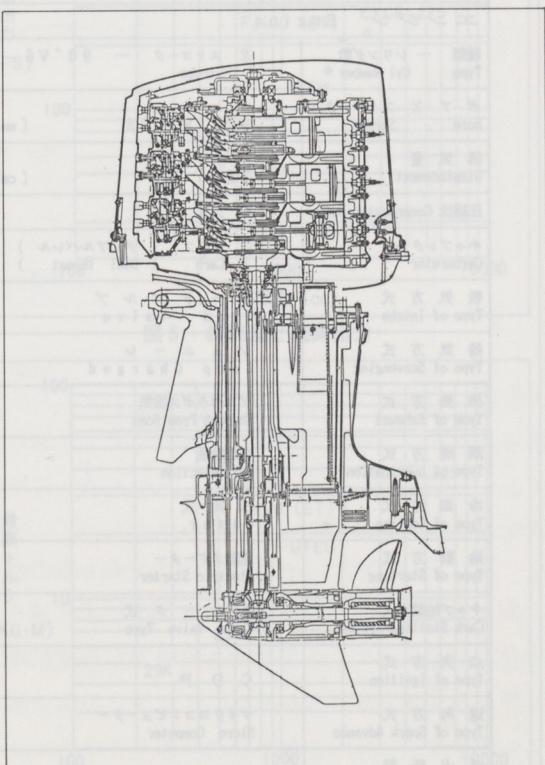


図1 全体断面図

3-1-2 船外機仕様諸元

舟台外機仕様諸元表
Specifications of Outboardmotor

モードル: 225 AETO

仕向地: アメリカ, カナダ, オセアニア, NV
Market USA Canada Oceania NV

| | | | | | |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| 認定型式 Model Code | 6 K 7 | | | 点火プラグ Spark Plug | B R 9 H S - 10 |
| 主要諸元 Dimensions | (mm) | | | ノイズサプレッサー Noise Suppressor | 標準装備 Standard |
| 船外機全長 Over-all Length | 828 | | | 発電性能 Alternator | 充電電源 12V-14A For Charging (With Rectifier-Regulator) |
| 船外機全巾 Over-all Width | 602 | | | ブレケット Bracket Unit | |
| トランサム Transom | L | UL | | チルト角度 Tilt Angle | — |
| ボートトランサム高 Boat Transom Height | 508 20 in | 635 25 in | | チルトアップ角度 Tilt-up Angle | 78 (対トランサムボード) |
| 船外機トランサム高 O/M Transom Height | 515 20.3 in | 642 25.3 in | | ステアリング角 Steering Angle | 左右各35° Stb & Prt Each |
| 船外機全高 O/M Over-all Height | 1572 | 1690 | | 浅瀬航行角度 Shallow Water Drive | — |
| 重量 (kg) Weight Without E/G oil | SUS Prop Al. Prop | 185 183 | 189 187 | トリム角度 Trim Angle | -4° ~ 16° (12°トランサム角度) |
| 性能 Performance | | | | 燃料及びオイル Fuel and Oil | |
| 最高出力 Max Output | 225 PS / 5800 r/min | | | 使用燃料 Fuel | ハイオクガソリン (リサーチオクタン値94以上) High-Octane Gasoline (RON over 94) |
| 全開回転域 Max Operating Range | 4800 ~ 5800 r/min | | | 混合比 Mixing Ratio | — |
| イコニア表示馬力 Prop-shaft Output in ICOMIA 28 | Max Mid | 165.4 kW (225 PS) — 5800 r/min 161.7 kW (220 PS) — 5300 r/min | | | 燃料タンク容量 Fuel Tank Capacity |
| 最大燃料消費量 Max Fuel Consumption | 94.0 L/H — 5800 r/min | | | ギアオイル 容量 Gear Oil Quantity | ハイポイドギアオイル SAE #90 — 980 Gear Oil SAE #90 (cm³) |
| エンジン Engine | | | | ドライブユニット Drive Unit | |
| 種類 シリンダ数 Type Cyl Number | 2ストローク 90°V6 Stroke | | | ギアシフト Gear Shift | F - N - R |
| ボア X ストローク Bore Stroke | 90 | × | 68 (mm) | ギア比 Gear Ratio | 15 : 27 (1.80) |
| 排気量 Displacement | 2596 (cm³) | | | ギア形式 Type of Gear | スパイラルベベルギア Spiral Bevel Gear |
| 圧縮比 Compression Ratio | 6.4 | | | クラッチ形式 Type of Clutch | ドッグクラッチ Dog Clutch |
| キャブレター Carburetor | 3キャブ (デュアルバレル) 3 Carb (Dual throat) | | | プロペラ回転方向 Prop Rotation | 右 (後方から見て) Clockwise (Rear View) |
| 吸気方式 Type of Intake | リードバルブ Reed Valve | | | プロペラ駆動方式 Prop Drive System | スプライイン方式 Spline |
| 掃気方式 Type of Scavenging | シュニーレ Loop Charged | | | プロペラシリーズ記号 Mark of Prop Series | M |
| 排気方式 Type of Exhaust | プロペラボス排気 Through Prop Boss | | | カラーリング Coloring | |
| 潤滑方式 Type of Lubrication | 分離給油 Oil Injection | | | MMSS Metallic Marine Silver | アメリカ, カナダ, オセアニア USA Canada Oceania |
| 冷却方式 Type of Cooling | 水冷式 Water | | | MMMB Metallic Marine Blue | N V N V |
| 始動方式 Type of Starting | 電動スターター Electric Starter | | | 年月日 Year Month Day | 訂正内容 Correction Content |
| キャブ始動方式 Carb Starting System | チョーク式 Choke Valve Type | | | . | 新規発行 New Issue |
| 点火方式 Type of Ignition | CDI | | | . | |
| 進角方式 Type of Spark Advance | マイクロコンピューター Micro Computer | | | . | |
| 点火時期 Ignition Timing | — | | | . | |

表2 仕様諸元

3-1-3 性能説明

(1) 動力性能

EXCEL225の出力性能曲線を図2に示す。

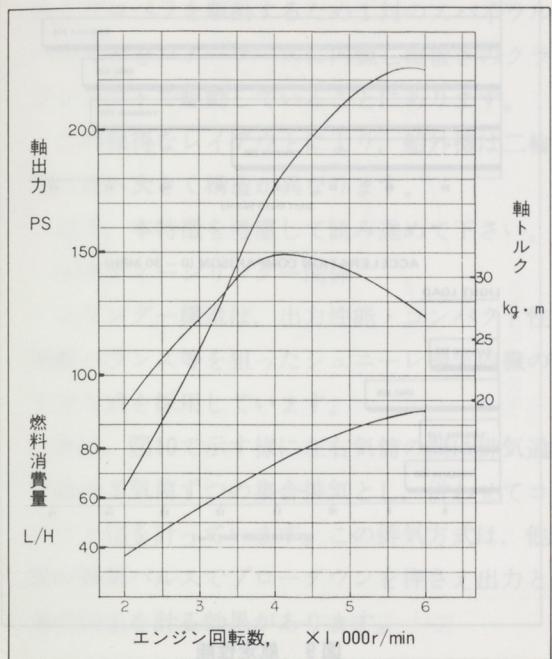


図2 出力性能曲線

船外機では、2サイクルエンジンの大きなチューニングポイントである排気系がそのレイアウト上制約されるが、その中でV6の場合左右3cyl毎にデュアル化し、2サイクル3cylエンジンのメリットを生かすとともに、(図3)吸気系レイアウトの検討と、マイコン進角によるMBT運転、高圧縮比化等により高い動力性能を出している。

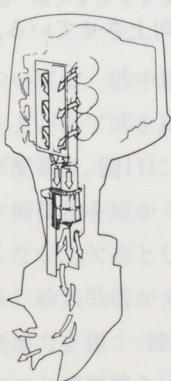


図3 排気系 (V6)

動力性能を2輪・4輪のエンジンと比較すると以下の図(図4、図5、図6)の通りである。4サイクルエンジンの高出力化はターボ等目ざましい物があるが、馬力当たり機関重量では2サイクルエンジンが優位にあり、船外機において200PSを超える2サイクルエンジンが存在する一理由と考えられる。

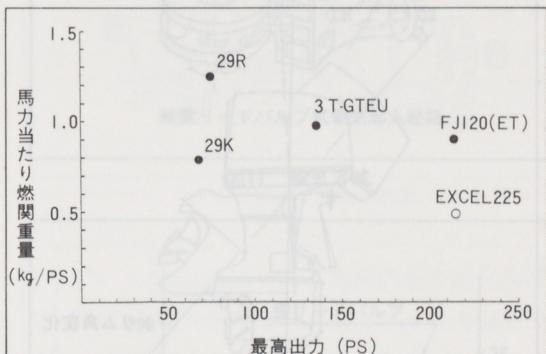


図4 馬力当たり機関重量

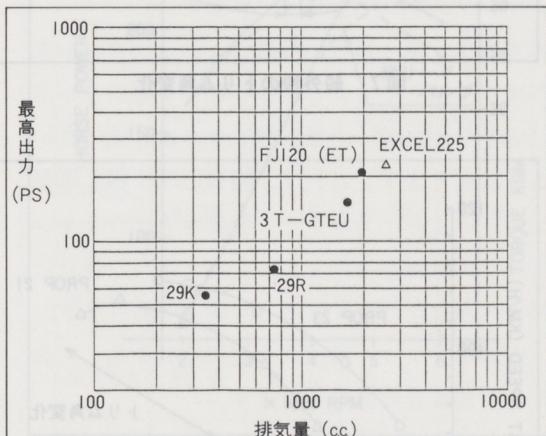


図5 排気量と最高出力

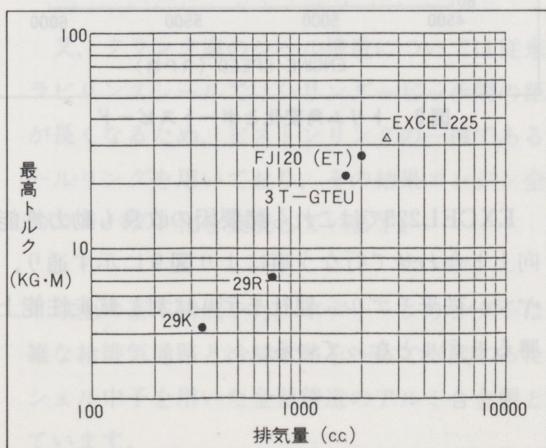


図6 排気量と最高トルク

(2) 航走性能

船外機の航走性能は単に動力性能だけではなく、プロペラ、水没部の面積・形状も決定要因である。

また同一船外機と同一プロペラの組み合わせでもトリム角度を変更すると加速性能、最高スピード性能とも変化する。(図7、図8)

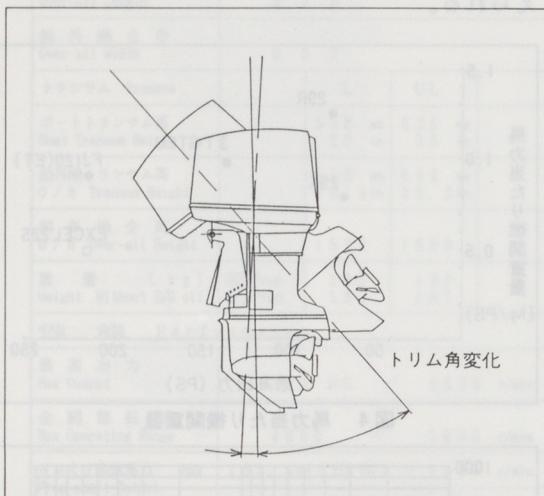


図7 船外機のトリム角変化

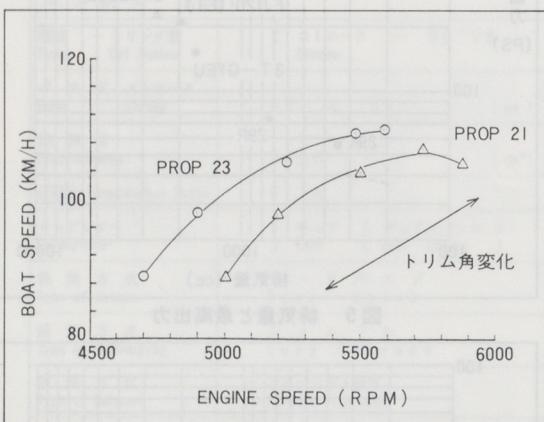


図8 トリム角変化とポートスピード

EXCEL225ではこれら諸要因の改良も動力性能向上と合わせて行なう事により図9に示す通り、ヤマハ従来モデル、他社モデルに対し航走性能上勝るモデルとなっている。

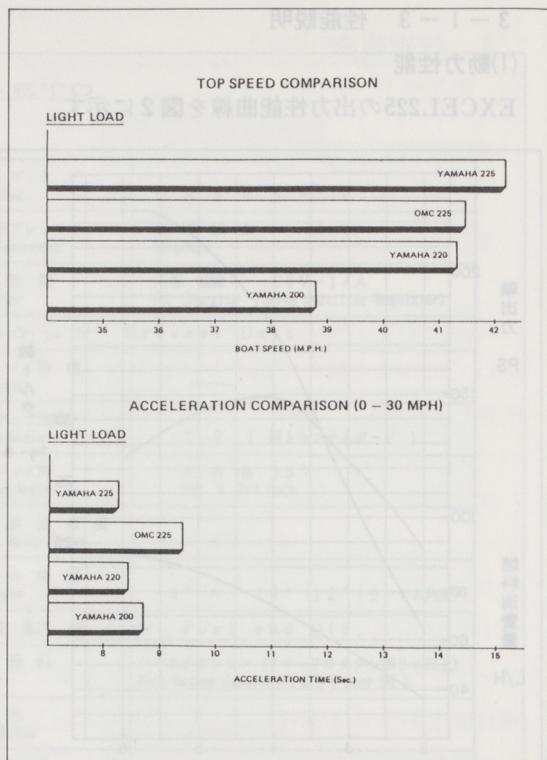


図9 航走性能

(3) 低速性能

船外機においては、魚つり等の為極低速(600 RPM程度)での運転性能が重要であるが、2サイクルエンジンではこの様な低給気比での燃焼を安定させる事は技術的に非常に困難である。

EXCEL225では、点火遅角(ATDC点火)・吸気系改良による未気化燃料に起因するA/F変動の減少、低ブーストでのキャブレーター性能向上を行ない低速性能を向上させている。

3-1-4 各部概要説明

(1)エンジン関係

船外機の構造上の特徴は、図1に示す様に効率良くプロペラを駆動するため1対のスパイラルベルギヤをロアーケースに内臓し縦置きのクランクシャフトで駆動していることがあります。

この獨得なレイアウトにより、船外機は二輪車等に比べ大きく構造が異なります。

以下、本特徴を考慮して読み進めて下さい。

(a)ボディーシリンダー関係

シリンダー構造は、出力性能・コンパクト性・振動バランス等を狙ったシュニーレ掃気内臓の90°V型方式を採用しています。

更に、図10で示す様に左右気筒の間に排気通路を設け3気筒ずつの集合排気とし、併わせてコンパクト化を計っています。この排気方式は、他気筒の排気パルスでブローダウンを押さえ出力と燃費の向上を計る効果があります。

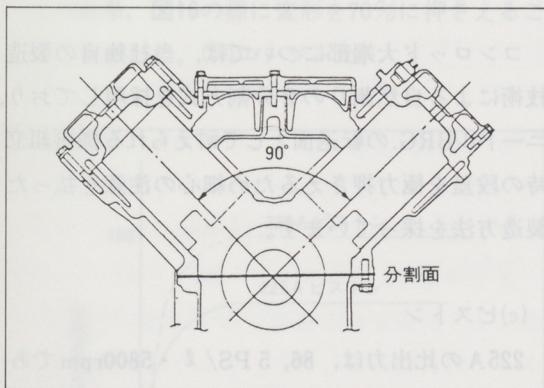


図10 ボディシリンダー断面

給気方式については、低中速トルクを重視してクランク室リードバルブ式を採用しています。

リードバルブ配置は、図11に示す様に従来の220Aではエンジン前後長を短かくするため縦置きとしてまいりましたが、欠点として給気通路に絞りとひねりが存在し給気抵抗が大きい特徴があります。そこで、高出力を狙う225Aは横置きとし給気抵抗を減らすことで縦置きに比べ約10%の出力向上を達成しています。(図12参照)

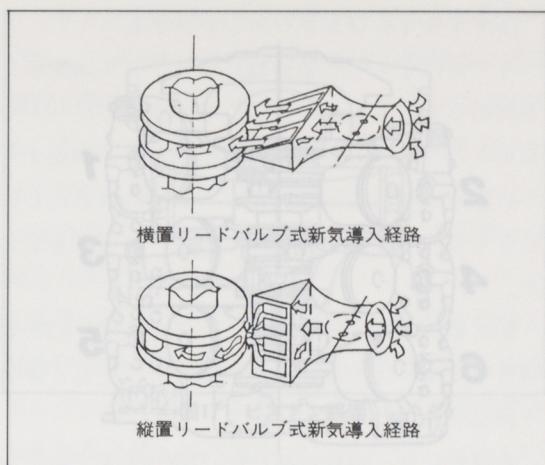


図11 給気方式

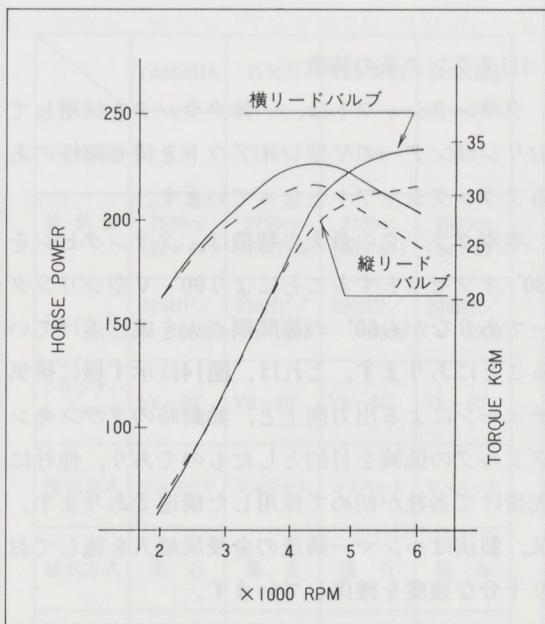


図12 給気方式による出力差

又、クランク室のシール構造については従来のラビリンスシールではシリンダーピッチ間の距離が長くなるため、ピストンリングの一種であるシールリングを用いており、その結果エンジン全長のコンパクト化を実現しています。

以上の基本構成から、ボディーシリンダーは複雑な給排気通路と冷却水路を一体で形成するためシェル中子を用いた金型鋳造のアルミ合金製とされています。

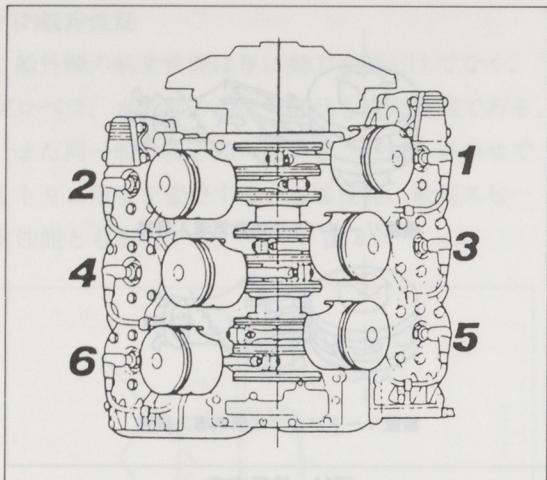


図13 ボディシリンダー

(b) クランク系の特徴

クランクシャフトは、一体クランクを採用しておりシリンダーのV型レイアウトと併せ剛性のあるクランクシャフトとなっています。

本クランクの最大の特徴は、クランクピンを30°オフセットすることにより90°V型シリンダーでありながら60°の等間隔点火を成し遂げています。これは、図14に示す様に排気チューンによる出力向上と、始動時のクランクイングトルクの低減を目的としたものであり、他社に先掛けて当社が初めて採用した構造であります。又、製法はハンマー鋳造の全浸炭焼入を施しており十分な強度を確保しています。

クランクジャーナルBRG.(BEARING)は、アッパー1個、センター2個、ロアー1個の計4個で構成されており必要最少限の支持でクランクのコンパクト化を計っています。

アッパーBRG.は、フラマグの振れを押さえるため複列のローラータイプであり、センターBRG.及びコンロッドの大端BRG.は2分割のローラータイプを採用しています。又、ロアーブリッジはクランクの重量を支えるため特殊樹脂製リテナーを持つボールBRG.を採用し、各BRG.とも十分な容量を確保して信頼性には特に注意を払っています。

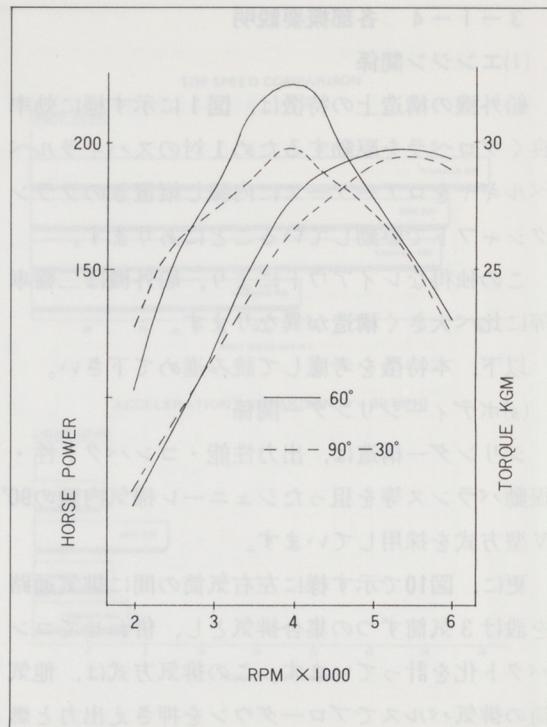


図14 60° クランクによる出力差

コンロッド大端部については、当社独自の製造技術による自然割りの2分割方式を採用しており、ニードルBRG.の転送面として耐えられる様再組立時の段差を極力押さえるため細心の注意を払った製造方法を採っています。

(c) ピストン

225Aの比出力は、86.5 PS/l・5800rpmであり2サイクルエンジンとしてはピストンに与える熱負荷も非常に厳しいものがあります。このため、有限要素解析を活用し剛性の高い、かつ軽量なピストンを設計しています。

ピストンは、運転中の爆発圧力により熱と力を受け変形を伴ないながら上下運動します。

変形のメカニズムとして、ピストンメーカーであるアート金属社では図15の様に爆発圧力を受けるピストンピンが曲がることでピストンを外側へ押し出し変形が生じると言われています。

この変形を押さえるには、熱負荷を下げるこ

以外にピストンピンとピンボス廻りの剛性を高くすることが有効な手段であると考えられます。

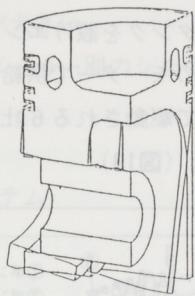
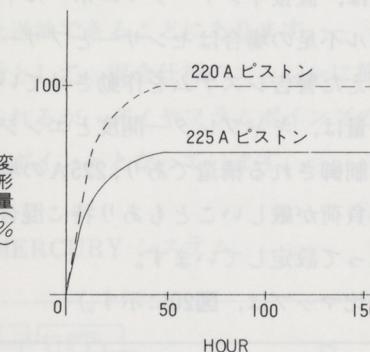


図15 ピストン変形メカニズム

本ピストンでは、ピンボスとリブ部の剛性を上げ同時にピストンピンも剛性を上げています。更に剛性向上による重量増に対してピストンは外周を肉抜きし、ピストンピンは面圧の許す限りピン長さを短かくしてピンボスに油溝を設けピン穴潤滑に配慮したものとなっています。

この結果、図16の様に変形を70%に押さえることができました。(同エンジン比)



尚、材質はアルミ合金のAC8Aとし高温強度を高めるためT7処理を施しています。

以上、シリンダーまわりの技術特徴を述べてきましたが、他社船外機の同クラスモデルと比較してその主要コンポーネント諸元を表3に示します。

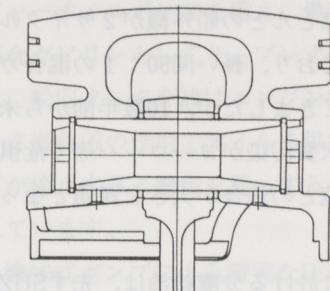


図17 ピストン断面

| | YAMAHA | OMC | MERCURY | SUZUKI |
|------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| メーカー国籍 | 日本 | USA | USA | 日本 |
| 排気量 (ボアストローク) | 2596cc (90×68) | 2700cc (89×72.6) | 2330cc (86×67) | 2693cc (84×81) |
| 出力 | 225HP/ 5800 | 225HP/ 5500 | 220HP/ 5500 | 200HP/ 5500 |
| シリンダーレイアウト | V6-90° | V6-90° | V6-60° | V6-60° |
| 掃気方式 | シュニーレ | シュニーレ | シュニーレ | シュニーレ |
| 排気方式 | 集合 | 集合 | 集合 | 集合 |
| 給気方式 | クランク室 横リードバルブ | クランク室 横リードバルブ | クランク室 横リードバルブ | クランク室 縦リードバルブ |
| クランク型式 | 一体クランク | 一体クランク | 一体クランク | 組立クランク |
| 爆発間隔 | 60°等間隔 | 60°等間隔 | 60°等間隔 | 60°等間隔 |
| クランク室 シール | シールリング | シールリング | シールリング | シールリング |

表3 メーカー別V6エンジン 主要諸元

(2)オイルインジェクションシステム

今ではほとんどの船外機が2サイクルエンジンを採用しており、長い間50:1の混合ガソリンで使用されてきましたが、10数年前から未燃焼オイルに依る水質汚染がヨーロッパ等で危惧される様になり環境との適合が大きな課題となっていました。

船外機に於ける分離給油は、先ずSUZUKIが先鞭をつけていましたが1社のみであり主流とはなり得ませんでした。

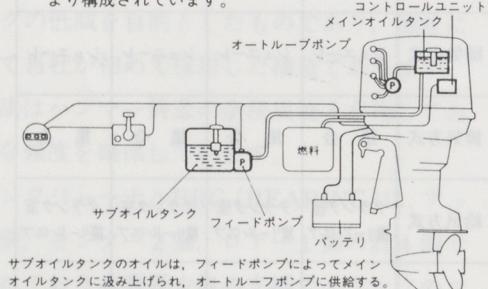
本格的には、当社が40PS～220PSのモデルに一度に採用したのがきっかけとなって、U.S各メーカー（OMC, MERCURY）が追縫し結果的に業界全体が84年モデルで採用した経過があります。

分離給油の目的は、第1にガソリン給油のたびにオイルを計量して混合する必要がないという便利性にあり、第2に、オイル消費を減らし白煙を少なくすることにあります。

又、システムについては各メーカーそれぞれに

V4, V6シリーズ

オートループポンプ、メインオイルタンク、コントロールユニット、サブオイルタンク及びフィードポンプより構成されています。



警報システム

バイロットライト、警報ブザー、サブオイルタンクのオイルレベルセンサ、コントロールユニット、メインオイルタンクのオイルレベルセンサから構成されています。

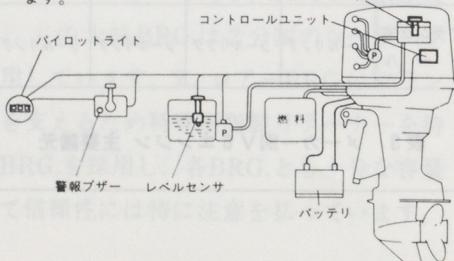


図18 オイルインジェクション システム

特徴があり構造は大きく異なっています。

本システムは、図18に示す様に大型船外機の長距離フィッシングツアーに於ける航続距離を伸ばすため船内に別タンクを設けエンジン内タンクにギヤポンプ内臓のモーターで供給すると共に、クランクシャフトで駆動される6吐出オイルポンプを備えています。(図19)

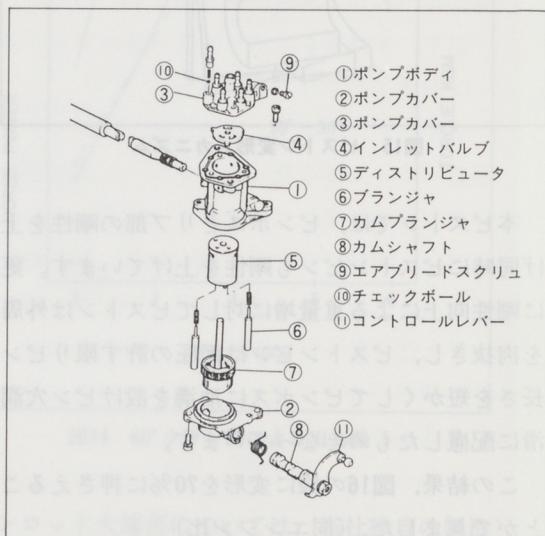


図19 オイルポンプ構造

オイルは、直接インテークマニホールド内へ噴射しオイル不足の場合はセンサーとブザー及びランプを備えた警告システムを作動させています。

オイル量は、キャブレター開度とエンジン回転数により制御される構造であり、225Aの場合ピストンの熱負荷が厳しいこともあり特に混合比には注意を払って設定しています。

(混合比マップは、図20に示す。)

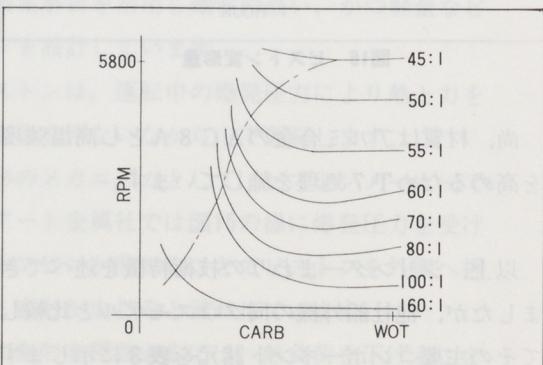


図20 混合比 MAP

尚、アイドルでの低混合比の技術はピストンとリング及びコンロッド・クランク・BRG.の改良を重ねた当社の100:1低混合比エンジン開発の技術に依るところが大きい。

参考に、各メーカー別のシステムの概略を紹介しておきます。

(a)OMCシステム

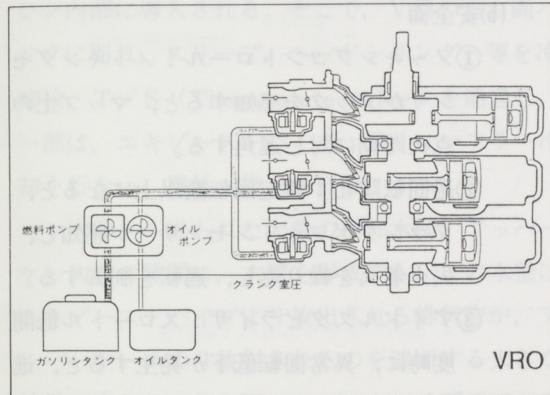


図21 OMC VRO システム

このシステムの特徴は、クランク室負圧パルスで駆動するダイヤフラム式オイルポンプと燃料ポンプを一体で備え、キャブレターへは混合状態で燃料を送油できることにあります。

長所として、混合仕様のエンジンに簡単に取り付けられるが、ダイヤフラムポンプの信頼性が重要なポイントとなっています。

(b)MERCURYシステム

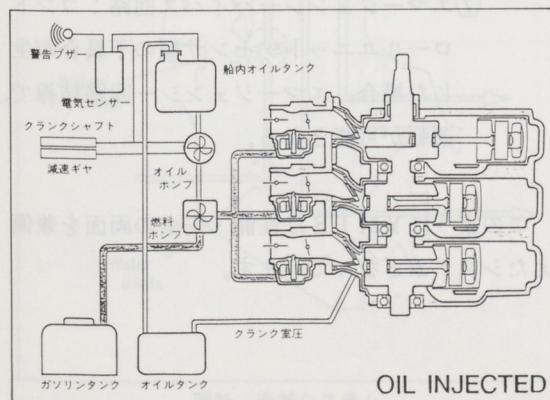


図22 MERCURY システム

このシステムは、クランクシャフトギヤ駆動のプランジャー式オイルポンプを備え、燃料ポンプに噴射し混合ガソリンとしてキャブレターに送油する。更に、船内タンクを設けエンジン内タンクへはクランク室負圧の作用でオイルを供給し、オイルポンプが停止すると警告を発するセンサーが備えられています。

長所は機械式ポンプによる確実な圧送と従来の混合仕様の技術が利用できることにあるが、船内タンクに機密モレがあるとオイル供給が不可能となる欠点を持っています。

(c)SUZUKIシステム

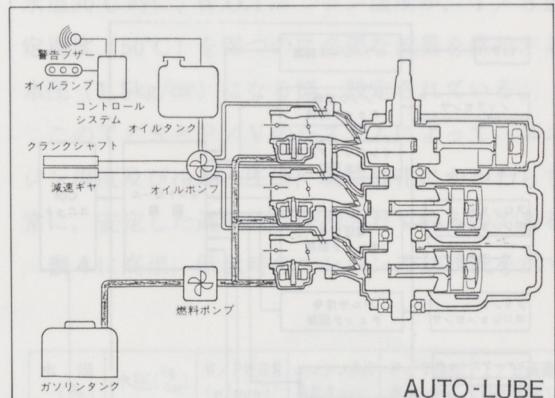


図23 SUZUKI システム

このシステムは、クランクシャフトギヤ駆動のプランジャー式オイルポンプを備え各気筒のインテークマニホールドへ各々直接噴射し、オイルタンクはエンジン内に大容量タンクを備えており、又、各BRG.へもオイルを供給する配管となっています。

長所として、別タンク等の部品が無くコストが安くシンプルなことであるが、エンジン全体の大きさが大容量タンクのため大きくなる欠点を持っておりタンク容量も制限されます。

(3)マイコンシステム (Y M I S)

従来船外機の点火時期コントロールは、機械式の為、複雑なコントロールが出来ずスロットル開度の全開状態を重視した設定となっています。

これに対して、今回の225Aは、220Aで好評を博した、マイクロコンピューターを搭載した船外機でキャブレタスロットルバルブ開度とエンジン回転数をベースにエンジンの運転状況に応じた最適の点火時期に自動的にコントロールするシステム (Y M I S) です。Y M I S では最適点火時期を予めマップ化し、記憶させ、各種センサよりの記号に応じ点火信号をCDIユニットに伝えます。

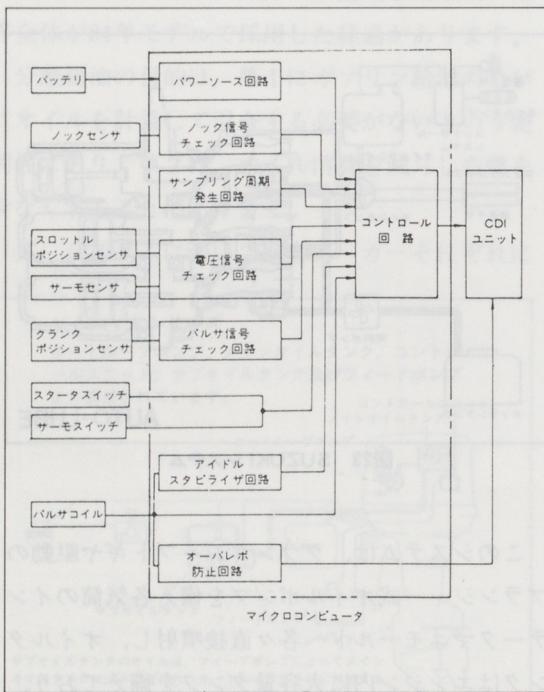


図24

Y M I Sには、7種類のセンサとスイッチが装備され、それぞれの信号により、その状況に応じた点火時期がコントロールされ、燃費向上と最高の出力が得られると共に、安全機構も兼備えています。このY M I Sの採用により次のような効果が得られます。

(a)性能面

①全開高回転でも最適進角が設定が出来る

為、最高出力の向上

- ②巡航速度域に於ける航走燃費の向上
- ③船型・重量・運転状態にかかわらず常に最適点火時期で最高出力が得られる。
- ④加速性能向上
- ⑤始動時、進角させることで始動性向上
- ⑥サーモセンサで温度管理させることで暖機特性向上

(b)安全面

- ①ノックングコントロール：ノックングセンサがノックを感じると、マップ上の点火時期に対し遅角する。
- ②過回転防止：設定回転数以上になると、クランクポジションセンサーが感知し、失火着火を繰り返し、過転を制御する。
- ③アイドルスタビライザ：スロットル低開度時に、異常回転低下が発生すると、進角しエンジンストップを防止する。
- ④オーバーヒートアラーム：サーモスイッチが設定温度以上にエンジン温度を検知すると、ブザーが鳴り、回転数の制御を行う。
- ⑤オイルレベルアラーム：オイルレベルが低下すると、ランプ、ブザーにて警告し、回転数の制御を行う。
- ⑥逆転防止：エンジンが逆転しようとした場合、逆転が続かないようエンジンをストップさせる。
- ⑦エマージェンシーバイパス回路：コントロールユニット・センサ類の不具合が生じた場合、エマージェンシー回路結線で、運転が可能となる。

このようにY M I Sは性能・安全の両面を兼備えたシステムとなっています。

(4)冷却系

船外機の冷却は、水冷方式であるが、同じ水冷である自動車、オートバイのそれが循環式であるのに対し、その使用環境上常に存在する機外の水を取り込み、排出するシステムを用いている。

図25に本機の冷却システムを示す。まず、W/I (Water-inlets) よりドライブシャフトに取付けられたW/P (Water-pump) によって、エンジン内部に導入される。そこで、V型の左右両バンクに別れ、スリーブ、ヘッドシリンダー等を冷却後、T/S (Thermostat-valve) を通過し、一部は、エキゾーストパイプ、残りはマフラー冷却を行ない、機外へ排出される。

マフラーへ送られた大量の冷却水は、アッパー ケースとの隙間に、水壁を形成する。この水壁は、エキゾーストパイプより放出される排気音が、アッパー ケースより放射されるのを遮断する大きな効果が有る。これをWater-silencingと呼んでいる。

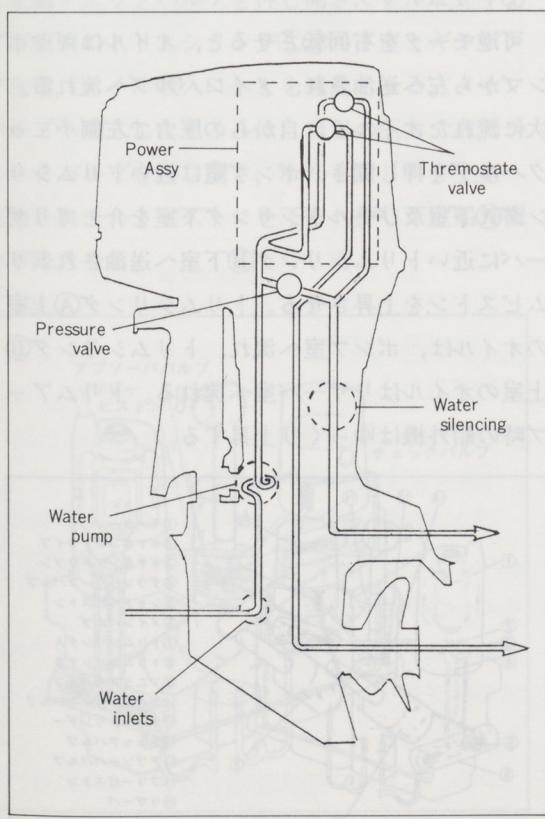


図25 冷却システム

先に述べた様に、冷却水を機外から取り込み、排出している為、季節、地域等の環境による水温変化に合せて、エンジンへの供給水量を変化させ、常にエンジンを適性温度にしてやる必要がある。

本機は、P/V (Pressure-valve) を、エンジン冷却前後の水路を結ぶバイパス間に設置する事によって、それを可能にしている。すなわち、水温が低い時は、T/S の開閉が小さく、圧力が上の傾向を示す為、P/Vが開き、一部の冷却水が直接機外へ排出され、また、その逆の水温が高い時は、T/S の開閉が大きく、圧力が上がらぬ為、P/Vは開弁せず、ほとんどの冷却水は、エンジンへ供給されるのである。P/Vの開弁設定値は、水温30°C時に、W.O.T.エンジン温度が、T/S 設定温度(50°C)を保つのに必要な流量を供給する水压(1.5kg/cm²)になる様、設定されている。

このT/SとP/Vのシステムによって、エンジン温度及び冷却水圧は、環境変化にかかわらず常に、安定した適性値に保持されているのである。

表4に高温、低温時のエンジン冷却状況を示す。

| 水温 (%) | 水压 (kg/cm²) | W/P吐出量 (e/min) | エンジン供給冷却水 (e/min) | P/V排出水量 (e/min) | T/S通過冷却水温 (°C) |
|--------|-------------|----------------|-------------------|-----------------|----------------|
| 0 | 1.5 | 90 | 50 | 30 | 50 |
| 30 | 1.5 | 90 | 75 | 5 | 50 |

表4 W.O.T.航走時の冷却水

(5)パワーチルト&トリム

(a)概要

このパワーチルト&トリム(以下PT/Tと称す)の働きを大別すると、2つの機能に分かれます。

1つはトリムアップダウン操作で、これはエンジン性能を犠牲にすることなく、水面ロードの変化に対して航走姿勢を調整し、適切なトリムで最良の航走性能と経済的な燃料消費、そして快適な乗り心地を得ることができます。もう1つはチルトアップ、ダウン操作です。これらの操作は電動油圧により行うものです。又この他にバッテリ上り等などにより、電動による操作が出来ない場合には手動にてチルトアップ、ダウン操作が可能なマニアル回路と航走中に不意な障害物に衝突した場合に船外機本体への衝撃を防ぐアブソーバ回路も設定されています。取付けは外観デザインのシンプル化とPT/Tの保護を兼ねたクラランプブラケットへの内蔵タイプとなっています。

船外機の動作は下の様になります。

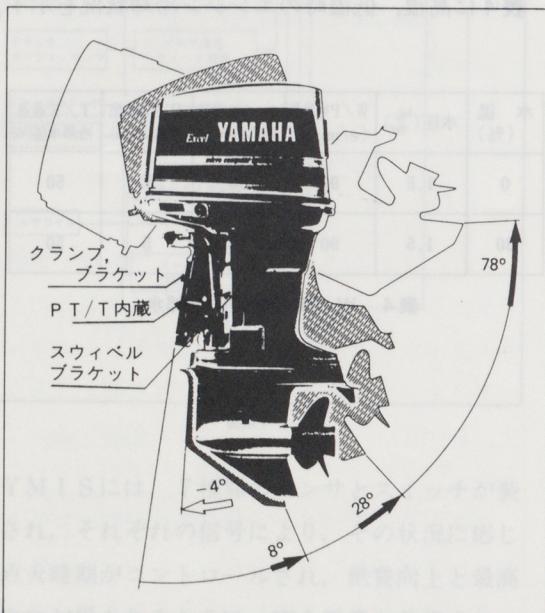


図26

- ①ネガティブトリム角範囲 -4°
- ②トリム角 ($8^\circ \rightarrow 28^\circ$) 20°
- ③チルト up角 70°

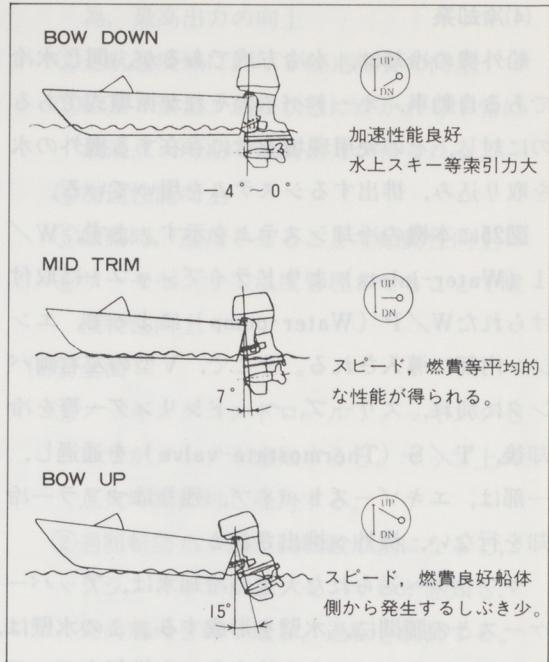


図27 各トリム角にての特性

(b)基本動作

①トリムアップ

可逆モータを右回転させると、オイルはギヤポンプから左へ送油され、メインバルブへ流れる。次に流れたオイルは、自からの圧力で左側チェックバルブを押し開き、ポンプ室に近いトリムシリンドA下室及びチルトシリンドA下室を介してリザーバに近いトリムシリンドB下室へ送油されトリムピストンを上昇させる。トリムシリンドA上室のオイルは、ポンプ室へ流れ、トリムシリンドB上室のオイルはリザーバ室へ流れる。トリムアップ時の船外機はゆっくり上昇する。

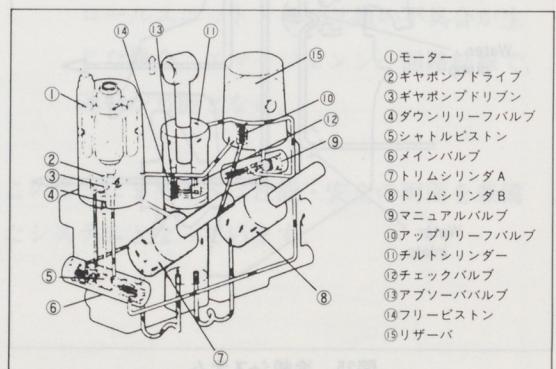


図28

②チルトアップ (Trim Up)

トリム作動が終ると、船外機の上昇が速くなります。この時、トリムピストンⒶⒷ共上昇に昇っている為、トリムシリンダⒶⒷの下室及びチルトシリンダ下室の油圧が上りチルトピストンは上昇します。チルトシリンダの上室のオイルは、メインバルブを通りポンプ室へ送油されます。またポンプ吐出量に比べ戻り油量が少ない為、その分はリザーバ室より供給する。チルトアップが完全に終ると、システム内の油圧が高圧になるが、この圧力を逃がす様アップリリーフバルブを設けてある。

③チルトダウン

トリムアップ、チルトアップ作動とは逆で可逆電動モータを逆方向に回転させると、ギヤポンプから右方向へオイルが送油されてメインバルブに流れ、中央のシャトルピストンは左側へと移動して左側チェックバルブを押し開き、チルトシリンダ下室側のトリムシリンダⒶⒷの下室とギヤポンプ左側（オイル吸入口）とを連通させる。メインバルブへ流入したオイルは、自らの圧力で右側チェックバルブを押し開き、チルトシリンダ上室へ送油されチルトピストンを下方へ押し下げ船外機を下降させる。

④トリムダウン (Trim Down)

トリム範囲に於いては、スウィベルブラケットのスラストレシーバにより、トリムピストンも押し下げられ、それに従いトリムシリンダ上室ヘリザーバからオイルが流れ込みトリムダウンする。

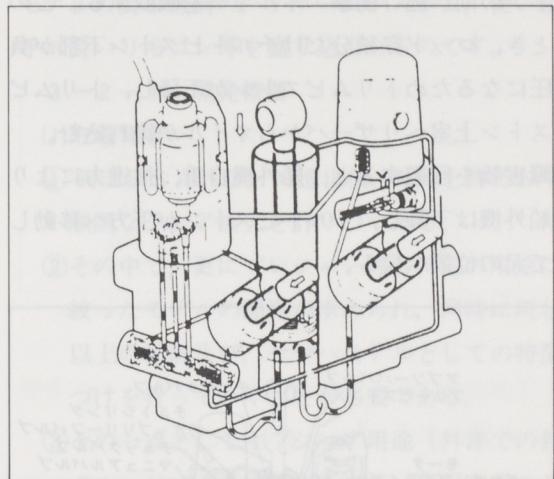


図30

⑤マニュアル作動

スクリュマニアルリリースを、いっぱいまで締め込むことに依りマニュアルバルブが開き、チルトシリンダ上下両室と、トリムシリンダ下室がリザーバと連通しチルトピストンが抵抗なく作動する様になる。この操作により、船外機はマニュアル操作で自由にチルトアップ、ダウンができる。

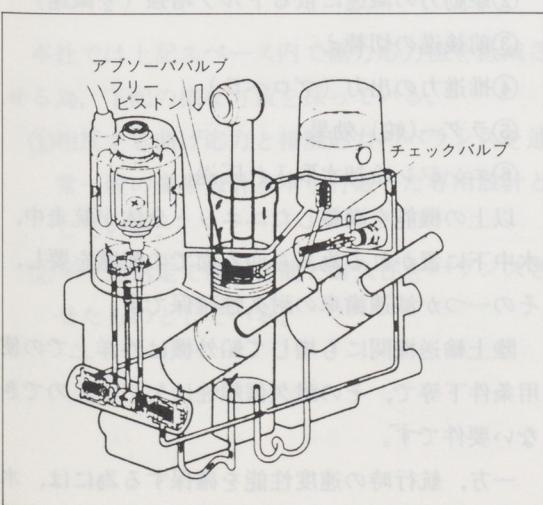


図29

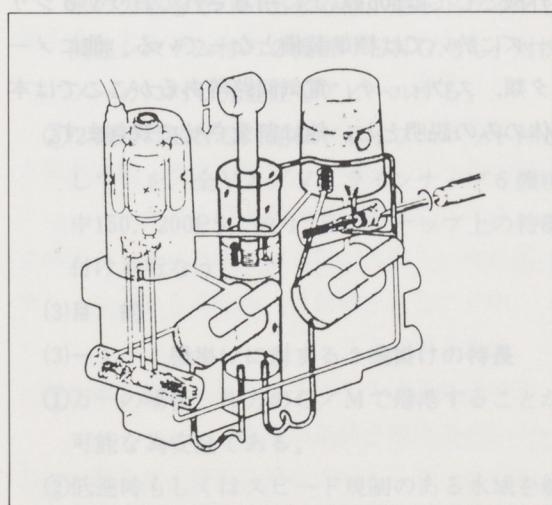


図31

⑥アブソーバ

航走中、船外機が障害物が衝突した場合、チルトシリンダのチルトピストンが上方へ移動し、チルトピストンにあるアブソーババルブからオイルがチルトピストンと、その下方にあるフリーピストンの間へ逃げ衝撃エネルギーを吸収する。このとき、ロッド容積分だけチルトピストン下部が負圧になるためトリムピストンが下降し、トリムピストン上室ヘリザーバからオイルが流れ込む。障害物を回避すると、船外機自重、推進力により船外機は下降し、チルトピストンが下方へ移動して元の位置へ戻る。

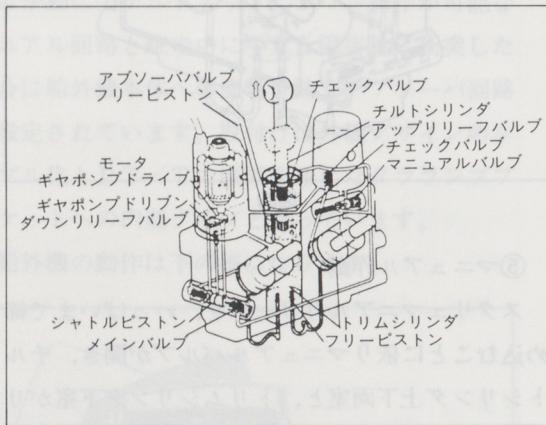


図32

以上、概略をここに記載したが当PT/Tは船外機としては50ps以上に用意されておりV6シリーズに於いては標準装備となっている。他にメータ類、スイッチ、電気回路等あるがここでは本体のみの説明とし、他は割愛させて致きます。

(6) ドライブユニット

船外機のエンジン駆動力を減速伝達し推進させる為の機構部分をドライブユニットと呼びます。その基本構造を図33に示します。

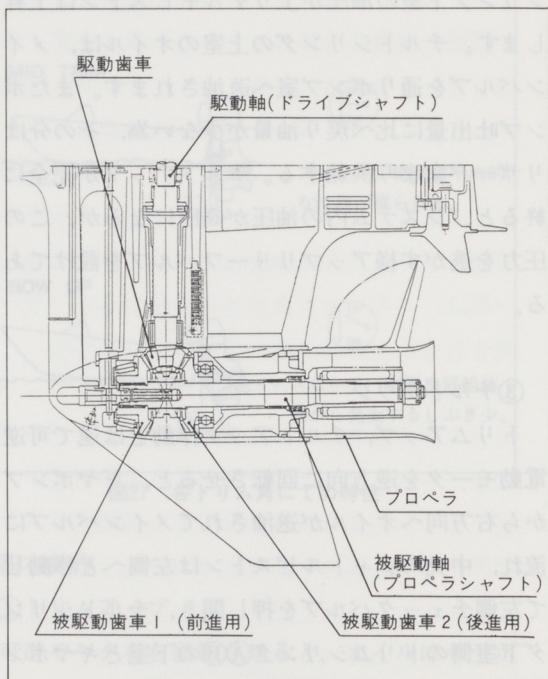


図33

ドライブユニットの持つ基本機能として次の6項目が挙げられます。

- ①エンジン駆動力の伝達
- ②駆動力の減速に依るトルク増強 ($\frac{1}{2}$ 減速)
- ③前後進の切替え
- ④推進力の出力 (プロペラ)
- ⑤ラダー(舵)効果
- ⑥エンジン冷却水取入れ圧送

以上の機能を満載したユニット全体が航走中、水中下に置かれる為あらゆる面での配慮を要し、その一つが減速歯車の耐久性確保です。

陸上輸送機関にも増して船外機は外洋上での使用条件下等で、その耐久信頼性は欠くことのできない要件です。

一方、航行時の速度性能を確保する為には、水面下に存在するドライブユニットの抵抗をいかに

軽減させるかが課題となります。

ここで耐久信頼性確保上は歯車キャパシティをできる限り余裕持たせる為、歯車外径を決定づけるピッチ円径を大きく採る必要があるが、水中抵抗軽減上おのずと限界があり、この接点における最もバランスの良い歯車系の開発が最大のポイントとなる。さらに、このクラスでの最大航行速度は100km/Hを越し、速度の2乗に比例する。水中抵抗はよりシビアな領域となる為、ユニット断面形状の選定は特に重要となる。

本機では先の出力諸元に対し駆動ギヤ、被駆動ギヤ外径がそれぞれ ϕ 56, ϕ 100と非常にコンパクトで、歯の曲げ応力、歯面接触応力は厳しいものとなっています。

歯面負荷を考える上で市場使用域は、自動車、モータサイクル等に比べエンジン全開回転域付近の常用が大半で、自動車で言う最大負荷が定常負荷に担当します。

比較例として自動車減速差動歯車の一般的許容応力値を掲げておく。

| 負荷 | 許容曲げ応力 | | 許容接触応力 減速歯車 |
|------|--------|------|----------------|
| | 減速歯車 | 差動歯車 | |
| 最大負荷 | 70 | 98 | 281 |
| 定常負荷 | 21 | 21 | 176 |

表5 歯車の許容応力 (kg/mm²)

本社では上記スペース内で極力応力値を低減させる為、下記の様な方策を探っている。

- ①相反する曲げ応力と接触応力のバランスを通常一般の歯車設計基本を打破した専用設計としている。
- ②ギヤ比選定で航行性能と耐久性をバランスさせたものとしている。

3-2 V6 COUNTER ROTATION MODEL

本モデルは船外機としては他社に例のないヤマハ独自の機構として前後進切替可能かつドライブユニットのみの変更で成立、さらに2機掛け専用モデルの要求機構の、アラームシステム、使い勝手の良いリモコン等を盛り込んだものです。

3-2-1 開発概要

(1) 市場背景

- ①'84にUSAへO/M進出後、好評を得ており、順調なシェア拡大を計りつつある。
- ②その中で、更にプレジャー等の特定の用途に絞ったモデルの開発が求められ、同時に現状以上の拡販及び、ヤマハモデルとしての特徴づけを行っていくことが必要である。
- ③その一点としてオフショア用途（外洋での釣、クルージング）に焦点を当て、現行モデルが2機掛け専用として開発されたものでない為操船上の欠点（船体傾き、ステアリング荷重バランス、etc）をカバーするモデルが考えられる。

(2) 独 い

- ①USA市場の大型船外機(200PS以上)化の中で、供用できるものとする。
- ②2機掛け専用モデルとして作り込む上で、従来の欠点をカバー出来る様、逆転ドライブと関連システム付の2機掛けENG.とし、対抗メーカーに対し先進性をアピールする。
- ③2機掛けENG.(逆転ドライブユニット付として)を、全V4/V6ラインナップ6機種中150, 200PSに絞り、ラインナップ上の特徴付けを行なう。

(3) 目 的

- (3)-1 1機掛けに対する2機掛けの特長
 - ①万一の場合、片方のO/Mで帰港することが可能な為安全である。
 - ②低速時もしくはスピード規制のある水域を行する際等、高速航走の必要が無い場合、片

舷機のみの運転が出来る為、経済的である。

(3)-2 片舷を逆転化した2機掛けの利点

①操縦安定性が良い

ハンドルの取られが極端に少ない。直進性良
ハンドル操作荷重が少ない。操作性良

②安定した艇の姿勢が得られる。

プロペラ反力による艇の傾斜がない。

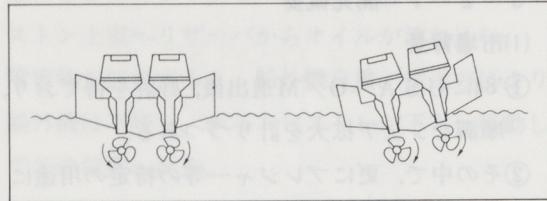


図34

③波浪時のジャンプの際安定したジャンプ姿勢 が得られる。

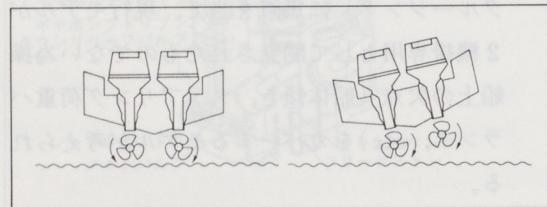


図35

(3)-3

以上のメリットを持たせると共に、さらに安全性を追求する上から、2機のE N G.が相互に成立しうるウォーニングアラームシステム化を計っています。

(4)商品性

①ステアリング取られが解消出来、操舵性向上
と共により良い運動性が得られる。

②プロペラ反力に依る船の傾きからくる不快な
乗りごこちを解消し、快適なクルージングが
出来る様になる。

③既存の正転モデルとの部品互換性を極力持つ
て市場負担を軽減出来る。

④取扱い性および安全性を重視した2機掛け仕
様としてのトータルシステムを確立できる。

3-2-2 主な特徴

(1)逆転機構はドライブユニット内に組み込み、
従来E N G.との連結を容易にする。

(2)既存のレース用逆転ドライブの様に前後進機
構が無いものに対し、従来の船外機基本構造
を変更する事無く、前進、中立、後進を備え
たものとし、操船性を容易なものとする。

(3)ギヤ比は従来の右回転V 6 モデルと同一とし
2機掛セット化を容易なものとする。

(4)ドライブユニット内逆転機構は、プロペラシ
ャフト、B R G 系を中心に、全て新設計とし、
逆転化に依るプロペラ推力支持方式に工夫を
加える。

(5)プロペラは逆転化に伴ない、ねじり方向を反
転させたものとし、市場船種に合せプロペラ
ピッチを3種に限定する。

(6)E N G.過熱時、2～オイル残量減の際、左右
E N G.回転を同時にある設定回転まで低下さ
せ、同時に警報（ブザー）鳴呼させることで、
急激な操舵変動無く体感・聴感的警報を発す
(TWINアラームと称す)。

2機同時作動方式のキルS Wの採用で確実なE
N G.停止が可能。

(8)TWINアラームの左・右独立化と光通信に
依る信号の伝受及び干渉の防止を行ない、信
頼性を高めた。又独立化に依り回転変動等の
危険性を排除している。

(9)システムは2機掛け専用リモコンBOXとスイ
ッチパネルASSYの2部品でメインをまとめ
連結性向上を計る。

(10)船内での操縦席からE N G.を連結するワイヤ
ーリード、ホース類は、大型艇への対応を計
る為従来より延長仕様とする。

(11)逆転モデルに関する部品に対しては、左右の
識別を行ない、誤組防止の工夫を施す。

3-2-3 構造、作動の概要

(1) ドライブユニット：逆転出力機構

先に述べた「EXCEL225」のドライブユニットに対し、①前後進選択切替用のシフト系、②プロペラ軸を中心とする駆動系、③推進系（プロペラ）の3点を変更しています。

全体の横断面構造を図36に示す。

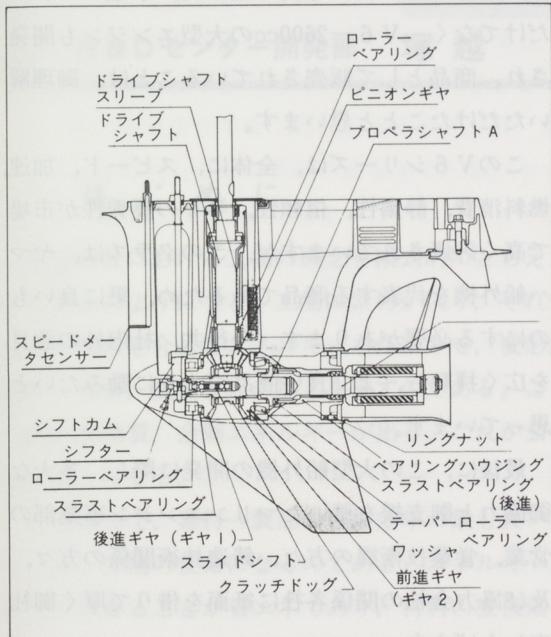


図36

① シフト系

リモコンBOX側のシフト操作方向を変更することなく、従来の前進、中立、後進操作が出来る様、ドライブユニット内シフトカムのクランク部位相を180°反転させている。（図37）

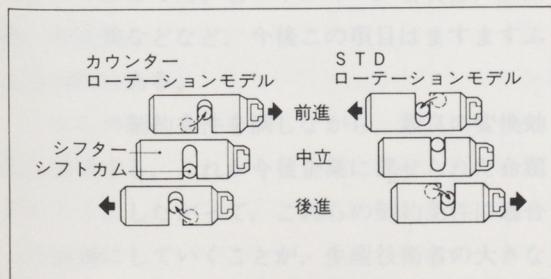


図37

① 駆動系

i 駆動（ピニオン）被駆動（ギヤ1、2）用スパイラルレバベルギヤが當時噛合の従来ユニットに於いて、前進ギヤ（ギヤ1）、後進ギヤ（ギヤ2）をそれぞれ逆使いにすることで逆転（前進時の左回転）を得る。

ii プロペラシャフトは、ほぼ中央でスプラインで2分割とし、プロペラ推力に依る前進力を後部のシャフトBにて支持させる様にした。これに依り互に逆転摺動しあうプロペラシャフトAと後進ギヤ（ギヤ1）間の干渉力を軽減させ、焼付等の発生を防止している。

iii プロペラ推力は前後進それぞれで逆方向となる為、前進推力は前進ギヤ（ギヤ2）支持B RG.（テーパーBRG.）に併せて支持させ、前進ギヤの噛み合い反力と相殺し合う設定とし負担荷重軽減を計ったものである。

一方、後進推力は、後部HSG.に専用スラストBRG.を設けて支持させる。

iv 後進用ギヤの支持BRG.は、従来ユニットのテーパーBRG.方式に代って、ローラBRG.とスラストBRG.のセット使いとし、プロペラ推力をテーパBRG.プリロードとして利用していた従来ユニットに対し、プロペラシャフト構造変更に依りプリロードが不足する為ギヤ支持上の傾きを防止する上で、本方式を採用とする。

③ 推進系

プロペラは、左回転時前進推力を得る為、従来の右ねじりに対し左ねじりとし、翼形等は左右バランス上、同一対称形状とする。又、シャフトへの取付方式は、従来と同じスプライン結合方式としている。

(2) D.E.S (デュアル、エンジン システム)

2機掛け艇であるが故の動作上の問題点や使い勝手を、2機掛であることの最大のメリットである信頼性を下げずに改良したシステムがD.E.S.です。

本システムの構成は図38参照願います。

2機掛け用リモコンBOXは、片手でシフト・スロットルレバーが2機同時に、又握った状態で（2機同時に作動する）シンクロパワーチルト・トリムSW.が、操作できるデザインになっており、1機掛け艇と同感覚で操作可能となっています。

SW.パネルは、落水等の非常時にでも確実に2機が同時にENG.停止するように、キルSW.を同時作動するSW.になっており、又、オーバーヒート警告、オイルレベル警告等のENG.回転数制御（ENG.回転数を一定回転数以下に抑える）が2機同時に作動するようにENG.間の制御を行なう2機掛け用コントロールユニットを用いた構成になっており、不意の時でも2機のバランスはくずれず、1機掛けと同レベルで制御が実施されるシステムとなっています。

本システムの特筆すべき点は、2機の船外機の制御を同時に行なうシステムを多用しているにもかかわらず、左・右の船外機間は光通信によって制御されている為、電気的に完全に分離されており、もし一方の船外機が決定的なダメージを受けても、もう一方の船外機は通常に航走できるようになっています。

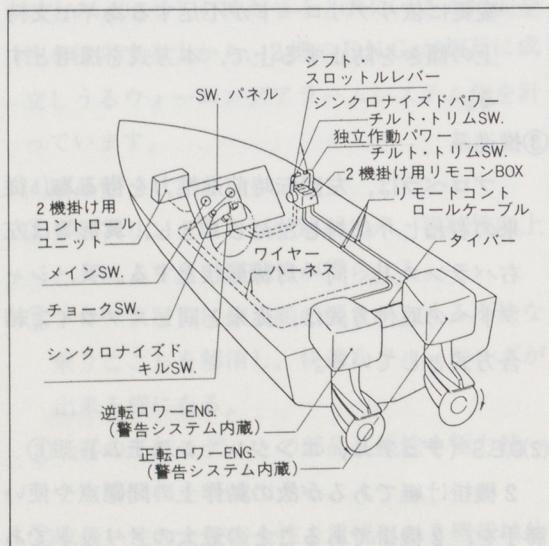


図38

4. あとがき

船外機の最高モデルであるV6シリーズの製品紹介と、技術的な特徴を述べて来ましたが、日頃、馴染みの薄い商品の為、理解出来難い点が、多々あったことと思います。しかしながら、ヤマハの伝統的な2サイクルエンジン技術が、船外機と言うマリンエンジンにも受け継がれ、小型エンジンだけでなく、V6-2600ccの大型エンジンも開発され、商品として販売されていることは、御理解いただけたことだと思います。

このV6シリーズは、全体に、スピード、加速、燃料消費、静粛性、信頼性、等々の優秀性が市場で高く評価されていますが、このクラスは、ヤマハ船外機を代表する商品であるため、更に良いものにする必要があります。今後共、社内外の意見を広く拝聴し、より良い商品づくりに励みたいと思っています。

最後に、この大型船外機の開発に際し、多大な御協力と御支援を載いたマリンエンジン事業部の営業、営業技術課の方々、鋳造技術関係の方々、及び協力会社の関係各社に紙面を借りて厚く御礼申し上げます。