

製品紹介

ガソリン直噴 2 ストローク船外機 HPDI Z300, VZ300

**The Gasoline Direct Injection 2-stroke Outboard Motors
HPDI Z300, VZ300**

寒川 雅史 Masafumi Sougawa
●ヤマハマリン株式会社 第 11 技術部



図 1 ガソリン直噴 2 ストローク船外機 HPDI Z300, VZ300

From 1998, the United States took the initiative in applying exhaust emissions regulations on outboard motors, and as the industry approaches the 2006 deadline for the implementation of the second stage of regulations, most of the larger outboard motors now being produced are either Direct Injection (DI) 2-stroke models, in which the gasoline is injected directly into the cylinder, or electronic fuel injection (FI) type 4-stroke models.

In order to meet the emissions regulations, the manufacturers Mercury Marine (U.S.A.) and Bombardier Recreational Products (Canada) are producing 2-stroke DI models, Honda Motor Co., Ltd. and Suzuki Motor Corporation are producing 4-stroke FI models and Yamaha Marine Co., Ltd. is producing both 2-stroke DI and 4-stroke FI models.

Furthermore, the current trend in the industry regarding these cleaner-running outboards is the popularity of the largest models available, which include for example, the 250PS(184kW) 2-stroke DI models by Yamaha, Mercury and Bombardier.

In light of this trend, Yamaha developed an even bigger horsepower outboard, a 300PS(221kW) model equipped with Yamaha's HPDI (High Pressure Direct Injection) system. In this paper we report on this model, which went into production in 2003.

This model achieves a 300PS rating by taking as its base the existing high-pressure non air-assisted type gasoline direct injection system of the Yamaha HPDI 200PS(147kW) model and increasing the injection pressure to 7MPa, cooling the intake air, tuning the exhaust and increasing the intake air volume, while also adopting a 3.3 liter V6 block. Furthermore, as a variation outboard for high-speed bass fishing boats, we developed a new nose-cone type design for the drive system's lower case that contributes to even higher top speed and handling stability.

1 はじめに

船外機の排ガス規制が世界に先がけて米国で 1998 年からはじまり、2006 年に第一段階が終了する中で、大型船外機は 2 ストローク - 筒内ガソリン燃料噴射 (DI) と 4 ストローク電子制御吸気管燃料噴射 (FI) に変わってきた。

Mercury Marine 社 (米国)、Bombardier Recreational Products 社 (カナダ) は 2 ストローク DI、本田技研工業株式会社、スズキ株式会社は 4 ストローク FI、ヤマハマリン(株) (以下、当社という) は 2 ストローク DI と 4 ストローク FI の両方でそれぞれ排ガス規制に適合させてきている。

また、上記クリーンエンジンの最大馬力は、2 ストローク DI で 250 馬力 (184kW) であり、250 馬力が大型船外機ではトレンドになってきた。

このような状況の中で、さらに高馬力を狙う目的で 2 ストローク DI の HPDI (High Pressure Direct Injection System) 300 を開発し 2003 年から生産を開始したので、本報にて紹介する (図 1)。

この船外機は HPDI-200 馬力 (147kW) の高圧無気筒内噴射システムをベースに噴射圧を 7MPa 化し、吸気冷却・排気チューン・吸気拡大等の手段、および 3.3L- V6 (V 型 6 気筒) ブロックにて 300 馬力 (221kW) を獲得している。かつバリエーションモデルの高速バスボート用船外機には、推進部のロワーケースにノーズコーンタイプローワーを新開発し最高速度と操縦安定性の良さを魅力に加えている。



図 2 Z300 のターゲット：オフショア SKA ボート
(SKA：米国フロリダを中心にした
キングフィッシュ釣りトーナメントの略称)



図 3 VZ300 のターゲット：バスボート

2 開発の狙い

世界需要の 4 割を占める米国市場をメインターゲットとしており、オフショアボート用の Z300 (図 2) と、バスボート用の VZ300 (図 3) の 2 モデルをパワーユニット共通で同時開発した。オフショアでの信頼性を第一優先にした Z300 をベースに、VZ300 にはノーズコーンタイプの高速ローワーユニットを搭載し軽量高速ボートでは 150km/h の最高速と安定性を狙った。米国の排ガス規制 (EPA) に適合させた上で、4 ストローク並みの低燃費性能と低騒音の更なる向上を狙いとした。Z300 及び VZ300 の仕様諸元を表 1 に示す。

表 1 HPDI Z300 仕様諸元

エンジン形式	76 度-V 型 6 気筒
排気量	3,342cm ³
ボアストローク	93 x 82mm
使用回転	4,500-5,500rpm
最大出力	220kW
圧縮比	6.2
掃排気	パルスチューン、ループチャージ
燃料系	7MPa、ダイレクトインジェクション
潤滑系	メカニカル 6 ポートオイルポンプ
排気系	集合、プロペラボス排気
冷却系	50 度サーモスタット
重量	247kg
ガソリン・オイル	無鉛レギュラー・TCW3 船外機オイル

3 仕様概要

3.1 HPDI の技術特徴

当社独自の HPDI システムは 2 ストロークガソリンエンジンとして世界で初めての高圧無気筒内燃料噴射で均一混合燃焼を行なわせており、既発売の Z200 HPDI の噴射圧を 5MPa から 7MPa へ上げてエンジン側の A/F（空気燃料比）の要求幅を広げることで、酸素センサによる制御は不要とした。

3.2 筒内燃料噴射システム

エンジンの燃料要求流量により高圧メカニカル燃料ポンプを 2 個搭載しているが、インジェクタは既販の Z200 と共通使用している。

燃焼は、運転全域で均一混合（図 4）とし、掃気流の流れの中へ、掃気方向へ噴射し均一に混合させて、不完全燃焼によるスス（カーボン）の発生を防いでいる。この均一混合燃焼で、プラグファールやインジェクタのカーボン弊害がなく信頼性の高い状態を保つことができおりヤマハ HPDI システムの特徴になっている。燃焼室形状・噴霧方向等は Z200 と同じで噴射制御マップはエンジンにあわせている。

図 5 に内部構造図を示す。

基本システムは、既販の Z200 と同じである。図 6 はシステム全体を示したものである。まずボートの燃料タンクから船外機自体のダイヤフラム式汲み上げ燃料ポンプを経由して、燃料噴射船外機固有のベーパーセパレータに燃料が一旦汲み上げられる。

このベーパーセパレータに内蔵してウエスコ式のモーター燃料ポンプがあり、7MPa に昇圧するプランジャ式の機械燃料ポンプに燃料を供給する。この高圧燃料ポンプ（図 7）はクランク軸からベルト駆動されている。



図 4 HPDI 作動原理



図 5 Z300 内部構造図

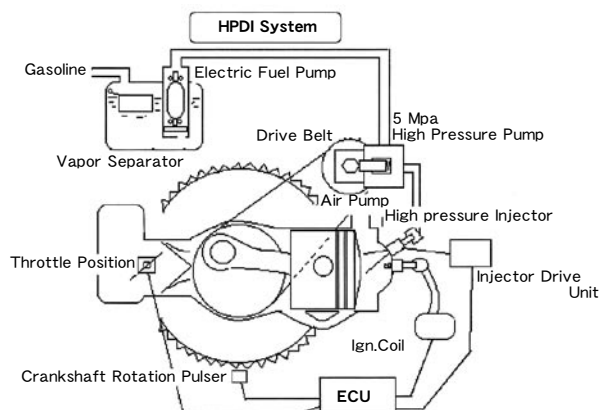


図 6 システム

高圧燃料ポンプから先は、コモンレール式の燃料レールであり、各シリンダヘッドに配置したインジェクタ（図 8）に繋がっている。接続は全て Z200 と同じ O リングシールであり信頼性のある構造としている。

図 7 に、制御を行なうマイクロコンピュータコントロールシステムを示す。

基本の燃料噴射制御および点火システムもすべて Z200 と同じであり、空気計量はスロットル弁開度のスロットルスピード方式で算出しインジェクタ噴射量を決定している。基本噴射制御のほか始動・加速・減速、及び大気圧・吸気温度補正の制御も行っている。

点火は、火花放電時間の長いフルトランジスタ式としており、セミ沿面プラグ（2 極外側電極式）と組み合わせしている。

すでに好評のダイアグノーシス（パソコン故障診断機能）（図 9）を搭載しており、船外機のマイクロコンピュータに市販パソコンを接続して故障部品・時間・運転信号・データロガー等のデータ採取を行なうことで早期修理・記録に役立っている。更に USB 接続を可能とし記憶時間の延長もはかりさらに利便性が向上している。

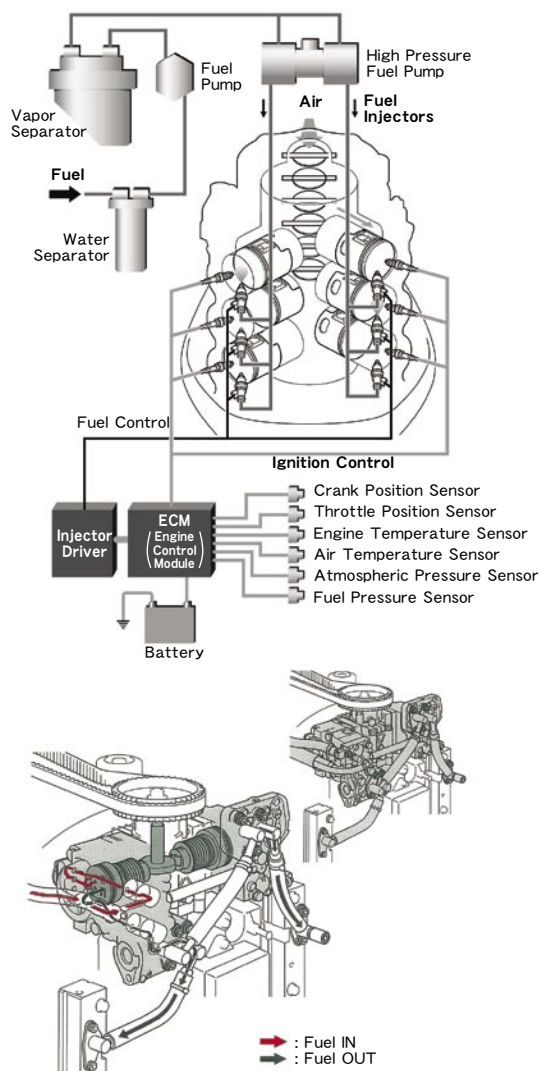


図 7 制御系と高圧系と燃料ポンプ

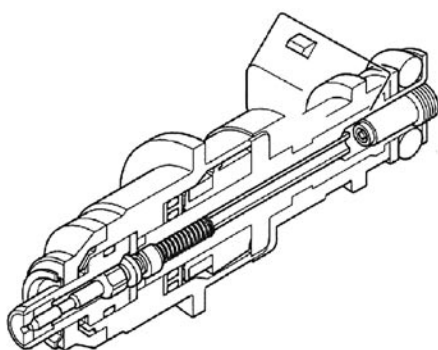


図 8 高圧インジェクタ

1. USB 入力パソコン対応

〔ケーブル〕
現状：RS232Cコネクタ
(D-SUB9pin)
新：USBコネクタ仕様追加

〔アダプタ〕
現状：RS232Cコネクタ用アダプタ
新：USBコネクタ用アダプタ仕様追加



RS232C USB

〔CD-ROM〕
現状：RS232Cコネクタのみ対応
新：RS232Cコネクタ・USBコネクタ両方対応

図 9 ダイアグノーシス

3.3 性能

得られた性能は、最大出力 220kW、最大トルク 412Nm である。排ガス性能は、EPA2006 年規制 (45g/kWh) をクリアしている。

燃費性能は、従来の 2 ストローク FI に比べて HPDI は約 55% の向上を可能とした (図 10)。

3.4 構造特徴

高出力化により、排気系部品の温度低減と排気通路抵抗減少を狙って、新構造を採用した (図 11)。

エキパイ外周に水冷却ジャケット追加し、過酷なオーバーヒート時でも破損することのない構造と、アッパーケース内壁にも水冷却通路を形成し外壁温度の低減を可能とした。

また、ロワーケース内部にある排気通路は、排気通路抵抗を減少させる目的でプロペラ冷却水を冷却パイプ内を通す構造とし高出力化を可能とした (図 12)。

さらに、バスモデルに新採用したノーズコーンタイプのロワーユニットは、船底に対して船外機のキャビテーションプレートを 9 インチ UP までハイマウントできる吸水性能とそれによる最高速度の向上が可能となり、軽量高速艇では 150km/h が可能で安定した操縦性を示すスケグ形状を採用している (図 13)。

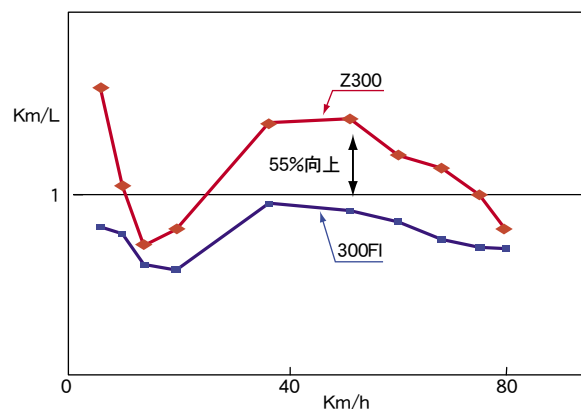


図 10 燃費性能

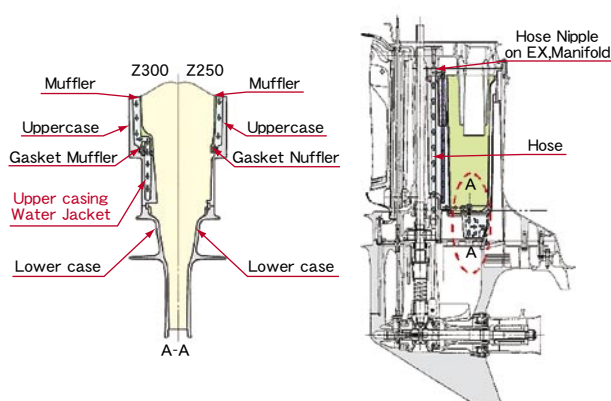


図 11 排気系構造図

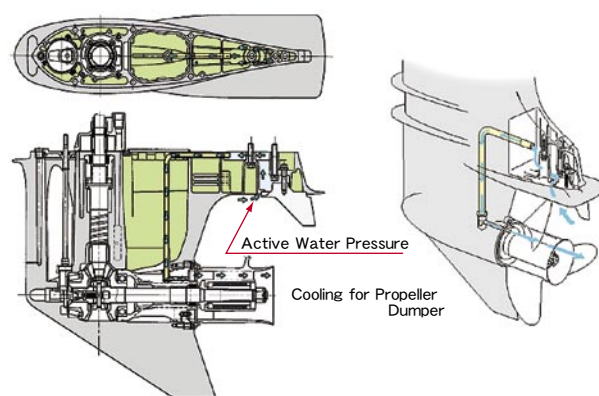


図 12 ロワーユニット構造図

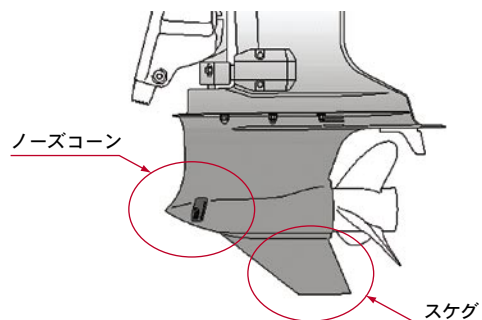


図 13 バスモデルのノーズコーンロワー

4 おわりに

船外機の基本要求として、軽量・コンパクト・高出力が今後も引き続き求められていくが、クリーンエンジンとして全世界で4ストローク化が進む中で、もともと軽量・シンプル・高出力な特性を持つ2ストロークエンジンが自由なタイミングで燃焼室内に燃料噴射できる HPDI システムを獲得して4年が過ぎようとしている。

特に燃料を高圧化することで燃料の微粒子化の促進と、より短時間での噴射が可能となりさらに未燃ガスの吹き抜けを抑制できる可能性を秘めている。基礎研究では、EPA2006 年規制値の半分にあたる最も厳しいカルフォルニア規制の 2008 年に適合できるポテンシャルも有しており、さらに発展できるものと確信している。今後、上位機種への搭載と更なる性能向上を目指していく所存である。

■著者



寒川 雅史