

ガソリン直噴2ストローク船外機 HPDI Z200

Direct Injection 2stroke Outboard Motor HPDI Z200

寒川雅史 Masafumi Sougawa

●三信工業第1技術部

1 はじめに

船外機の世界でも1998年から2006年にかけて排ガス規制がUSにて実施され世界の先進国に広まる状況にある。

世界3大船外機メーカーの内、USのMERC社はオービタルシステムの0.7MPa圧のエアーアシスト式DIを最初に商品化し、OMC社はドイツFICHTの電磁ポンプインジェクタでの2MPa加圧のDIを続いで商品化してきた。この2社共、大型船外機には軽量・高出力な2ストロークDIで勝負してきたといえる。

当社では、エアーアシストの研究から高圧無気DIの研究へすすみ現在自動車ユニットで開発されてきたインジェクタ、高圧ポンプを使いながら前記2社とは全く異なるコンセプトである高圧筒内燃料噴射システム(略してHPDI)を開発し147kWの大型V6船外機で商品化したので概要を紹介する(図1)。

2 開発の狙い

商品の性格上、需要の多いUS市場をメインターゲットとしている。当然USの排ガス規制(EPA)の最終値をクリアする性能とし、現在当社が得意とするオフシアボートの船外機として低燃費性能と低騒音の更なる向上を狙いとした。

- | | |
|-----------|---------------------------|
| (1) 排ガス性能 | EPA2006年最終値の
45g/kWh以下 |
| (2) 燃費性能 | 他社DIに対して特に高速側
で10%すぐれる |
| (3) 騒音 | 他社DIより3db低い |
| (4) 出力 | 従来の147kWレンジ |
| (5) 高い信頼性 | |

エンジンスペックは、図2に示す。



図1 Z200 HPDI

HPDIスペック

エンジン形式	76度V6
排気量	2596cc
ボアストローク	90×68mm
使用回転レンジ	4500—5500rpm
最大出力	200hp/5000rpm
圧縮比	6,1—6,4
掃排気	パルスチューン、ループチャージ
発電	30amp/1000rpm, 45amp/6000rpm
燃料系	5Mpa、6スロットルバルブ、6インジェクター
潤滑系	メカニカル6ポートオイルポンプ
排気系	集合排気、プロペラボス排気
冷却系	50度サーモスタットコントロール
重量	216kg (UL), 212kg (L)
ガソリン、オイル	無鉛レギュラー、TCW3船外機オイル

図2 エンジンスペック

3 仕様概要

3.1 HPDIの技術特徴

本システムは、2ストロークガソリンエンジンとして世界でも初めて高圧無気燃料噴射で均一混合燃焼を行なわせている。

同時に、酸素センサによる空燃比制御を行なわせ、高圧噴射による燃料微粒子化とあわせて、中速から高速にかけての燃費の良さが特徴である。

3.2 筒内燃料噴射システム

筒内への噴射燃料圧は5MPaであり、現在商品化されてる他社2ストローク筒内噴射システム（0.7から2MPa）と比べて燃料の微粒子化が促進されている。

燃焼は、運転全域で均一混合（図3参照）とし、2ストローク固有の掃気流の流れの中へ、排気ポートが閉じる前に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ている。

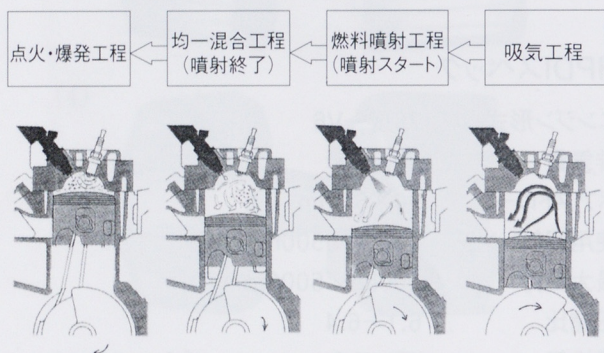


図3 HPDI作動原理

船外機は、自動車と違って中速から全開運転で走ることが多く、極低速での使用は割合少ない。それゆえ、低速での成層燃焼のメリットは燃費面でそれ程大きくなく、逆に高速域では高圧噴射による燃料微粒子化で燃焼が良くなっていることから、排ガス値もUSのEAP2006年規制に余裕をもって適合している。

図4は、その排ガス値をイコミア5モード（自動車の10モードに相当）で示したもので、現行のキャブレタ、吸気管燃料噴射（EFI）と比べている。

（データは当社比）

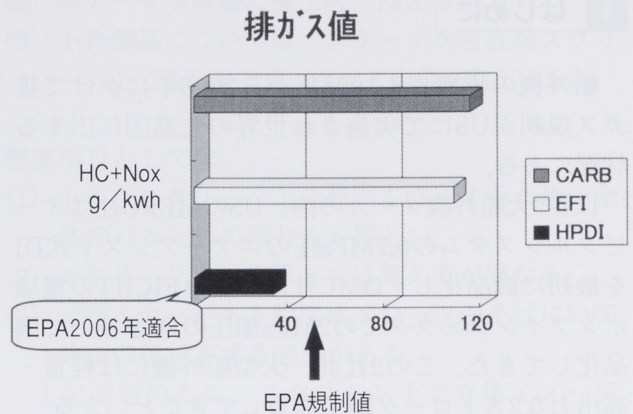


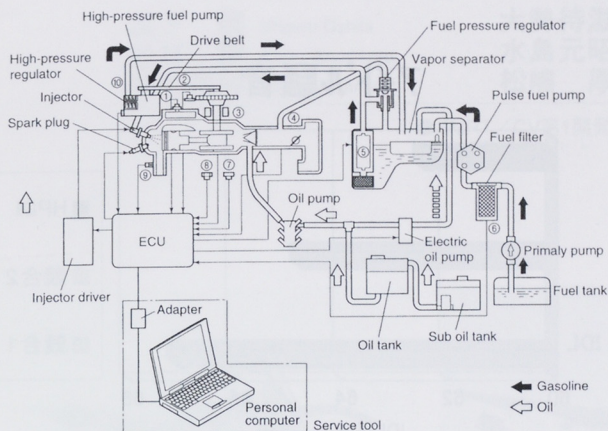
図4 排ガス性能

続いて構造を説明する。

図5はシステム全体を示したものであるが、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。これは使わなかった燃料のリターンタンクであり、燃料中で発生したベーパーを分離除去する機能も有し、法規制上必要な部品でもある。

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燃料ポンプがあり、5MPa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6）はクランク軸からベルト駆動されている。

高圧燃料ポンプから先は、行き止まり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7）に繋がっている。接続は全てOリングシールである。



- | | |
|----------------------------|---------------------------------|
| ① Water temperature sensor | ⑥ Water detection sensor |
| ② Crank position sensor | ⑦ Atmospheric pressure sensor |
| ③ Pulser coil | ⑧ Intake air temperature sensor |
| ④ Throttle position sensor | ⑨ Oxygen density sensor |
| ⑤ Electric fuel pump | ⑩ Fuel pressure sensor |

図5 システム

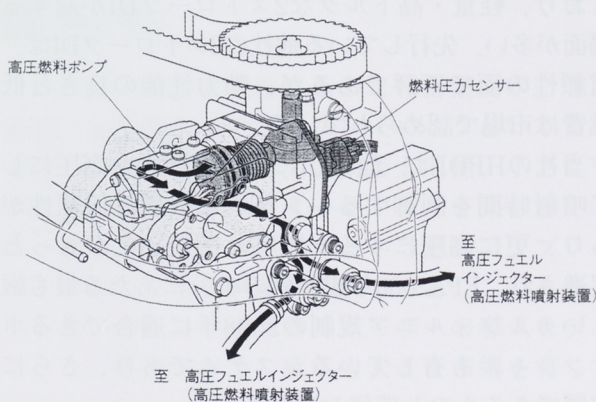


図6 高圧燃料ポンプ

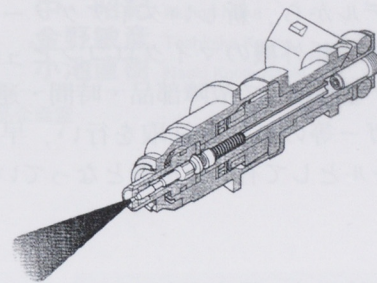
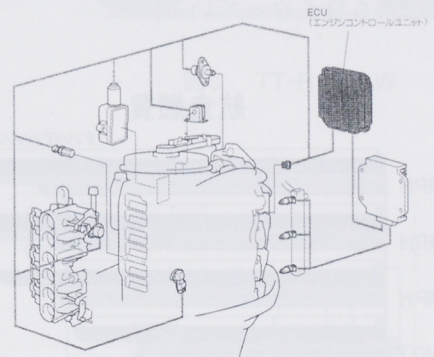


図7 高圧インジェクタ

図8は、制御を行うマイクロコンピュータコントロールシステムを示す。

ECU(エンジンコントロールユニット)



オペレーション	センサー	ECU機能	利点
・始動	吸気温度	燃料噴射量/点火時期制御	簡単に確実な始動
・暖気	大気圧		エンスト防止
・巡航	スロットル開度		スムーズ巡航
・トラブル	クラック位置	自己診断	壊れた性能 壊れた感覚
：センサーラブル	燃料圧力	安全確認	修理が簡単
：オン・ラブル	エンジン温度		エンジンの運転が可能
：回路ラブル	O ₂		エンジン保護
：過回転			エンジン回転ダウン
：オーバーヒート			ランプ警告
：オイル低減			プザー警告
：水分検出			
：オーバーフロー			

図8 制御システム

基本の燃料噴射制御は、海上で使う船外機ゆえ自動車のエアフローセンサは塩害で使えず、空気量はスロットル開度で計算する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。当然、始動・加速・減速、及び大気圧・吸気温度補正を行っている。また、スロットルスピード式ゆえの空気計測精度の誤差は当社独自の2ストローク用の酸素センサー空燃比制御で補っている。点火は、火花放電時間の長いフルトランジスタ式としているが、均一混合燃焼がもたらす燃焼安定性の良さで、使用プラグは従来の標準タイプ(白金ではない)で適合している。

このモデルから、新しいダイアグノーシスを採用しており、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い、早期修理のためのツールとして有効な機能となっている。

3.3 性能

得られた性能は、最大出力

147kW (200hp) /5000rpm,

310Nm (31.6kgm) /4000rpmである。

排ガス性能は、先述の図3で示す様にEPA2006年規制をクリアしている。

燃費性能は、図9で示すが、高圧噴射による燃料の微粒子化で、圧力の低い他社DIと比べて高速側燃費が25%も良くなっている。

航走燃費

オフショアフィッシングボート22ft

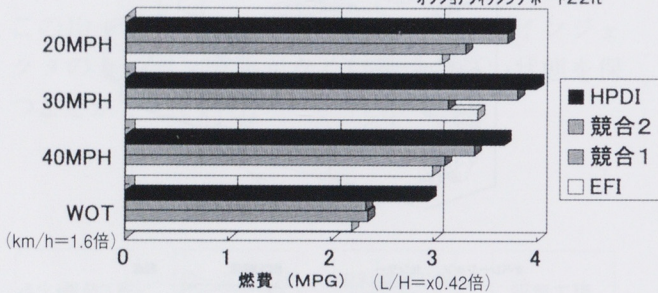


図9 燃費性能

エンジン騒音は、他社DIが行っている成層燃焼では低速側で吸気量を増やすためにエンジン騒音が大きくなるが、本システムでは均一混合燃焼で吸気量は従来と変わらず、かつ2段アイドル膨張室の採用にて、他社より3db低いアイドル騒音を実現している(図10参照)。

アイドル騒音

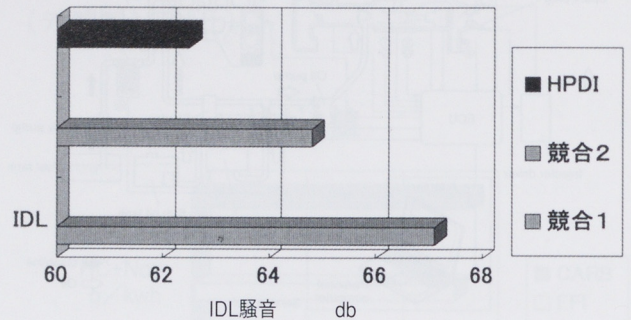


図10 アイドル騒音

4 おわりに

船外機は、船尾に装着することから軽量で、かつ水の抵抗が大きいことから高トルクが求められており、軽量・高トルクな2ストロークDIが適する場面が多い。先行している他社の2ストロークDIは、信頼性の面で不評であるが、動力性能の良さと低燃費は市場で認められている。

当社のHPDIは、他社DIに比べて燃料を高圧にして噴射時間を制御するシンプルな機構故信頼性があり、更に高圧にすると燃料の微粒子化がもっと促進され、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いるシステムであり、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