

大型 4 ストローク船外機「BF115/130」の開発

Development of Large-sized 4 Stroke Outboard Motor “BF115/130”

角 田 正 樹* 設 楽 貞 文*
Masaki TSUNODA Sadafumi SHIDARA
島 崎 弥* 林 崎 正 一*
Wataru SHIMAZAKI Shouichi RINZAKI

要 旨

環境問題の高まりに対応するため、4ストロークとしては世界で初めて115/130馬力の船外機を開発した。この「BF115/130」船外機は、電子制御燃料噴射方式および2軸二次バランスを採用し、

環境：EPA(米国環境保護庁)のマリンエンジンに対する排出ガス規制値のクリア

経済性：燃費性能の向上(既存2ストロークの同馬力帯の船外機に対して、実用モードで燃費50%向上)

快適性：始動性能向上、トロローリング性能向上および既存モデルに比べさらに低振動であることを達成した。

また、四輪車の分野で信頼性の確立されたアコードのエンジン部品活用や船外機既存機種とのフレーム部品の共用を図るなどして、高性能、高信頼性と低コスト化を同時に達成した。

ABSTRACT

The world's largest four-stroke outboard motor with 115/130 PS has been developed to correspond to the growing interest in the environmental problems such as water and air pollution. By adapting the electronically programmed fuel injection system and the second order twin shaft balancer for the BF115/130 outboard motor, the followings are realized.

Environment: Exhaust gas emission level meets and exceeds the mandatory regulated values on marine engines by EPA (Environment Protection Agency),

Economical feature: Improvement in fuel consumption rate as much as 50% compared with those of existing models has been achieved,

Comfort: Easy starting, excellent trolling performance, and low vibration level has been achieved.

The reduction in cost has been achieved as well as high performance and excellent reliability through utilizing mass-produced automobile engine parts for HONDA ACCORD series and frame parts from an existing outboard motor.

1. まえがき

世界の船外機市場は、現在まで2ストローク船外機がその大勢を占めてきた。しかし、世界的な環境問題の高まりに伴い、これ以上の水および大気汚染をくい止めるためにもEPA(米国環境保護庁)のマリンエンジンに対する2006年排出ガス規制の適合が重要課題であり、2ストロークエンジンでは規制をクリアすることに大きな困難が予想されている。そこでクリーンな排出ガス、低燃費による優れた経済性、低騒音、低振動で快適などの特徴を持つ4ストローク船外機に対する需要が拡大してきている。

本田は1964年に汎用エンジンを搭載した最初の船外機を発売して以来、一貫して4ストローク船外機のみを生産してきた。このような背景の中、大型船外機の主要市場である北米地域の要望に応えるべくホンダ船外機シリーズの最大出力機種として開発されたのが、Fig.1に示すBF115/130である。

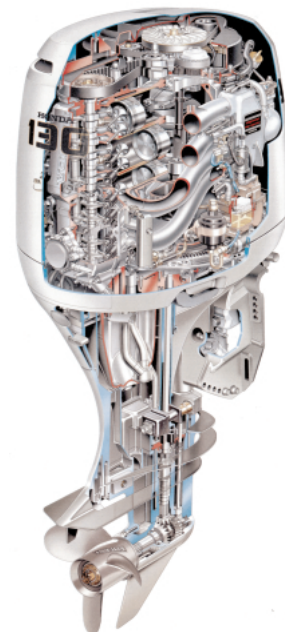


Fig.1 Cut up view of BF130

2. 基本コンセプトと開発のねらい

このBF115/130は、ホンダ船外機シリーズの基本コンセプトである

“人と環境に優しい

経済的で高品質な4ストローク船外機”

を踏襲しながら、

●大型4ストローク船外機初の電子制御燃料噴射方式
(Programmed Fuel Injection：以下PGM-FIと略す)、

●縦置き2軸二次バルンサ

●大容量ベルト駆動オルタネータ

●カウンタローテーション機構

などの新しい技術と機構を導入し、潤滑や冷却の技術と組合せて更なる高性能をねらって開発された。

開発にあたり、下記項目を重点目標とした。

まず、ホンダ船外機の特長である“環境、経済性、快適性”の更なる進化として、電子制御燃料噴射および2軸二次バルンサ技術などにより、

① 環境：EPAマリンエンジン排出ガス2006年規制値のクリア

② 経済性：既存の2ストローク船外機に対し、実用モードで50%の燃費向上

③ 快適性：既存機種に対し、振動の低減、始動性向上、トローリング速度20%低下

をねらった。

また、四輪車用2.3L直列4気筒エンジン¹⁾と基本寸法を統合し、主運動系部品とバルブなどの動弁系部品を共用した。またフレーム部品においても、90馬力の船外機BF90と主要部品を共用化することで部品流用率を高め、高い信頼性を確保しつつ、コスト上昇をおさえた。

3. 主要諸元および概要

BF130の主要諸元をTable 1に、断面図をFig.2に示す。

エンジンはアコード用2.3L I4エンジンのクランクシャフト、コネクティングロッド、バルンサシャフトなど主運動系部品を共用し、動弁系はコストを重視して通常のSOHCエンジンの部品を共用し、船外機搭載のためにエンジン本体を縦置きにしている。そのため、潤滑、冷却系統も船外機に適するように変更している。補機類の配置は、進行方向に向かって右側に吸気・燃料系統を配置し、左側に排気・電装系統を配置している。

燃料系には、大型4ストローク船外機初の電子制御燃料噴射方式を採用し、燃費、始動性の向上と、トローリング速度の低下を図っている。制御システムは信頼性の高い四輪車の制御システムを踏襲しながら、船外機特有の機能と使われ方に対応するための変更を加えている。

Table 1 Specifications

Code name	BF130 L type
Overall length	825mm
Overall width	550mm
Overall height	1650mm
Transom height	537mm
Dry weight (with propeller)	225kg
Engine type	4 stroke inline 4 cylinder
Displacement	2254cc
Bore × stroke	86 × 97
Compression ratio	8.8 : 1
Valve train	SOHC 16 valves
Valve number	4/cylinder
Maximum power	97kw/5500rpm 130ps/5500rpm
Maximum torque	180Nm/4500rpm
Recommended engine rpm range	5000~6000rpm
Fuel supply system	Programmed Fuel Injection
Ignition system	Programmed Ignition (Full transistored)
Charge output	40A
Cooling system	Water cooling (with thermostat)
Exhaust system	Through propeller hub

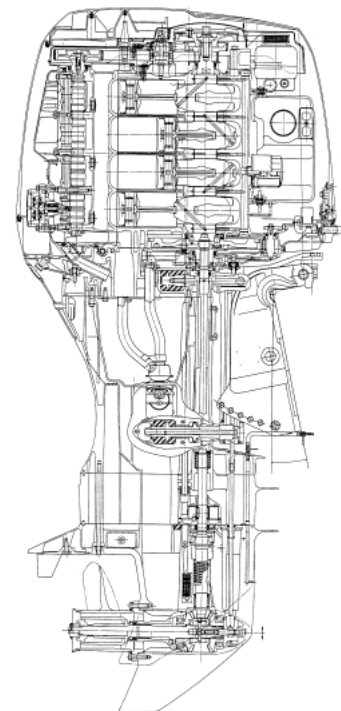
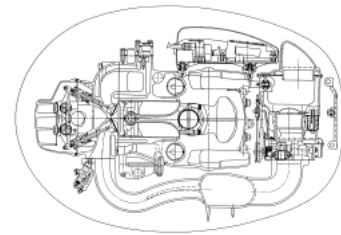


Fig.2 Layout of BF130

4. 採用技術の特徴と性能

4. 1. 電子制御燃料噴射方式 (PGM-FI)

4. 1. 1. システムの特徴

前述のEPAマリンエンジンの最終年度(2006年)規制値適合は、BF90まではキャブレタ仕様で達成しており、単に排出ガス規制対応であれば、BF130も同様の手法でクリアできる見通しは立っていた。しかし世界初の100馬力を超えた4ストローク船外機として、始動性、ドライバビリティ、低速回転安定性などで高い商品力の確保をねらい、電子制御燃料噴射方式を採用する事とした。採用にあたっては、四輪の制御システムを基本とした上で、船外機特有の使われ方への対応、すなわち、アラート機能の充実、各部品の搭載性の向上および熱、振動、耐食性などに対する信頼性向上を図った。

Fig.3に船外機の制御システムと四輪車の基本システムとの対比を示す。

4. 1. 2. エンジン保護システム

船外機の冷却系は海水などを直接エンジンへ吸水し冷却している。このため海に浮遊しているビニールなどのゴミが吸水孔をふさぎ、一時的に冷却水が遮断されることがある。このためエンジンがオーバーヒートを起こしたり、オイル補給を怠ったことによる油圧低下が起きた場合などに、ランプ、ブザーによる警告と、エンジン回転数の制御により、エンジンを保護するシステムを採用している。

オーバーヒートの場合、一定時間経過後、異常状態が解消しない場合には更にエンジン回転数を低下させ、最終的にはエンジンを停止させる。しかし、この制御の間に異常状態が解消した場合はエンジン回転数を徐々に回復させ、通常運転に復帰させる。

Fig.4および5に、油圧アラートおよびオーバーヒートアラートの制御アルゴリズムを模式的に示す。

以上のアラート制御に加え、BF115/130ではオルタネータの異常時にも、エンジン保護システムのランプ、ブザーによる警告をおこなうシステムを追加し、信頼性の向上を図っている。

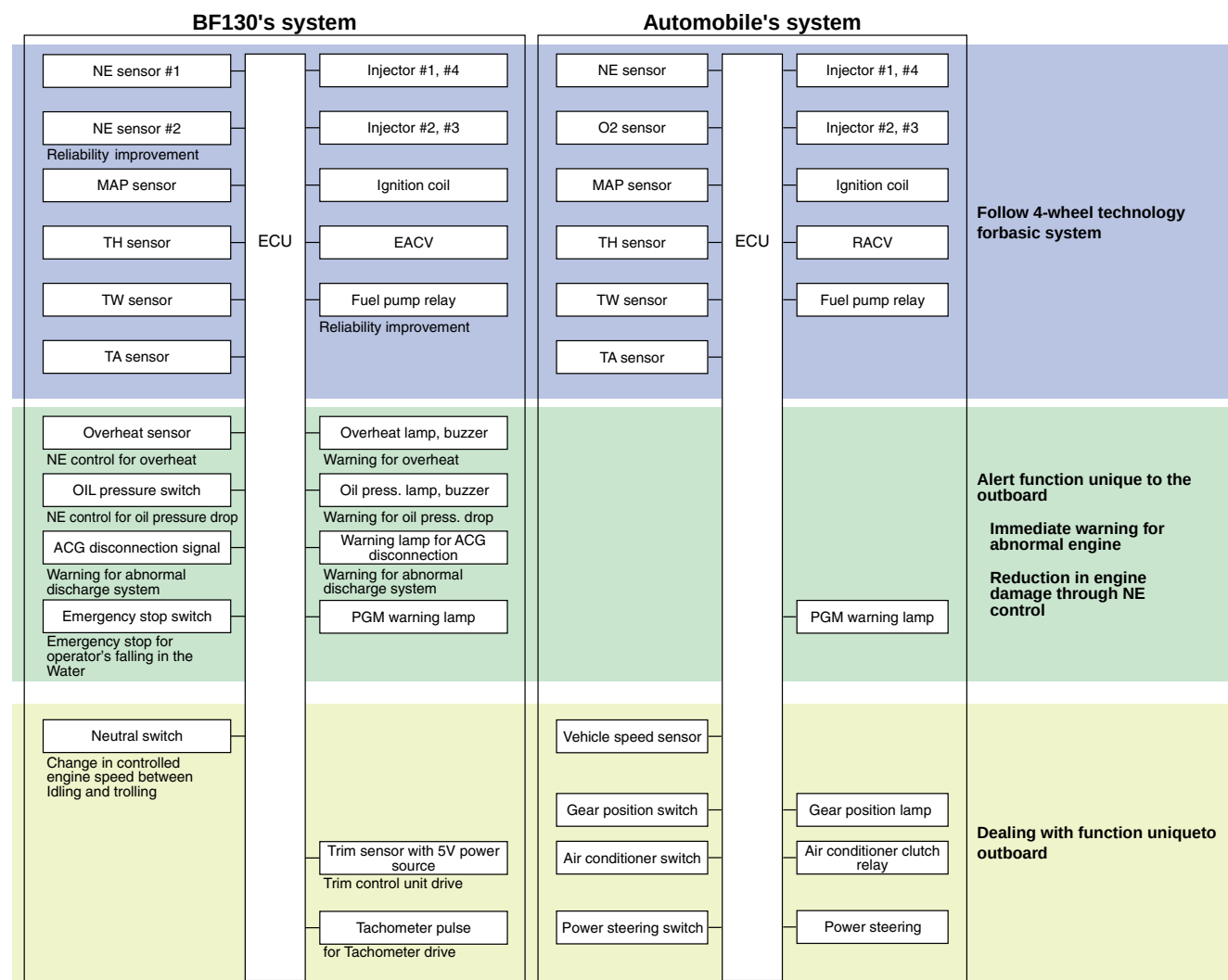


Fig.3 PGM-FI system of BF115/130 compared with an automobile's system

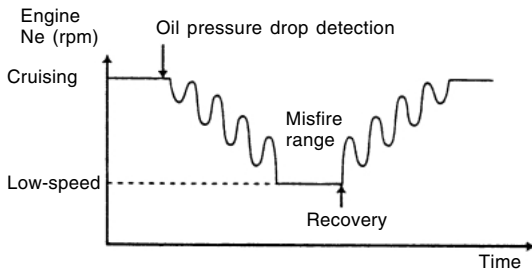


Fig.4 Schematic figure of oil alert and RPM control

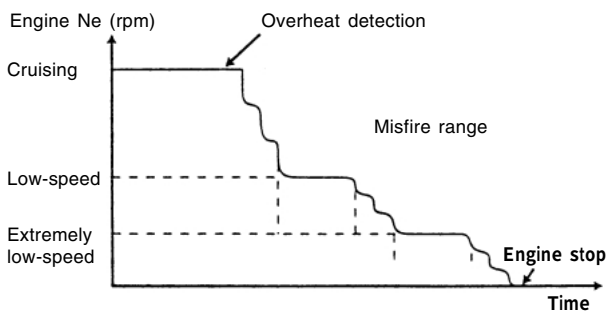


Fig.5 Schematic figure of over heated alert and RPM control

4. 1. 3. 制御系部品の使用環境適合性

船外機は、エンジン本体にほとんどの補機部品が直接搭載されている。またエンジン全体は、被水防止のためにカウリングされている。従って電装部品や燃料系部品は、振動および熱に対し非常に厳しい条件で使用される。

BF130のECUはCPUを含む電子部品を樹脂モールドし、耐振動、耐水性を高めた。また、搭載性の要求から面実装基板の採用と、イグナイタを内蔵し、ECUおよびシステムのコンパクト化を達成した。さらにフィン付きアルミニウ

ムケーシングを採用することにより、エンジンからの受熱および内部部品であるイグナイタの発熱を効率良く放熱、冷却し、作動信頼性を確保した。

Fig.6にECU搭載状態を示す。

4. 1. 4. 船外機特有の燃料系

船外機はさまざまな艇体に適合できる構造であることが必須条件であるため、二輪車や四輪車のように高圧燃料ポンプを燃料タンク内に配置することができない。従ってBF115/130の燃料系においては、低圧ダイヤフラム式燃料ポンプを採用し、一度艇体の燃料タンクから船外機本体の中に燃料を汲み上げ、その燃料を一時的にチャンバ(ベーパーパレータ:以下V/Sと略す)に貯蔵し、このV/Sから高圧燃料ポンプでインジェクタに送り、余剰となった燃料を戻す構造とした。このV/Sの採用により、燃料系に発生するベーパーを分離し、船外機における高圧燃料ポンプを用いた安定した電子制御燃料噴射方式が可能となった。さらに燃料からのベーパー発生自体を抑えるために水冷ジャケットを設置した。高圧燃料ポンプはインライン式ポンプとし、インシュレータで断熱する構造を採用し、高温性能の向上を図った。

Fig.7はBF115/130の燃料経路図である。

4. 2. 振動低減のための2軸二次バランサと オイル戻り性能の確保

BF115/130の防振マウントは、既存機種で実績のある

- トルクロール軸上マウント配置
 - 非線形バネ定数マウントラバー構造
- を採用した。

BF115/130のエンジン形式である直列4気筒エンジンの振動要因の大半は、往復運動部による二次慣性力に起因している。そこで、このエンジンの二次振動を打ち消すため、Fig.8および9に示すように四輪車で採用している2軸二次バランサ機構を採用した²⁾。

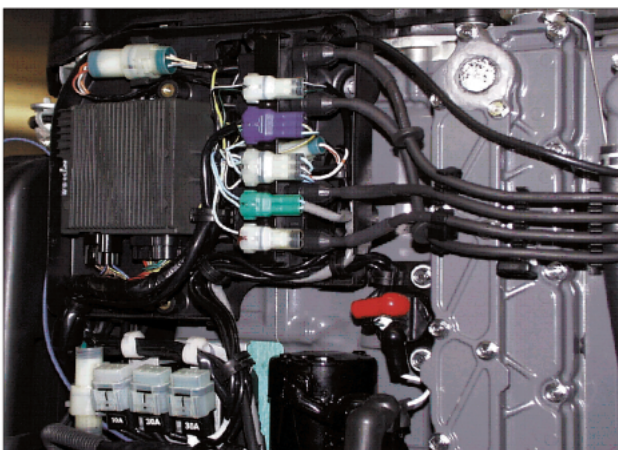


Fig.6 Loading condition of ECU

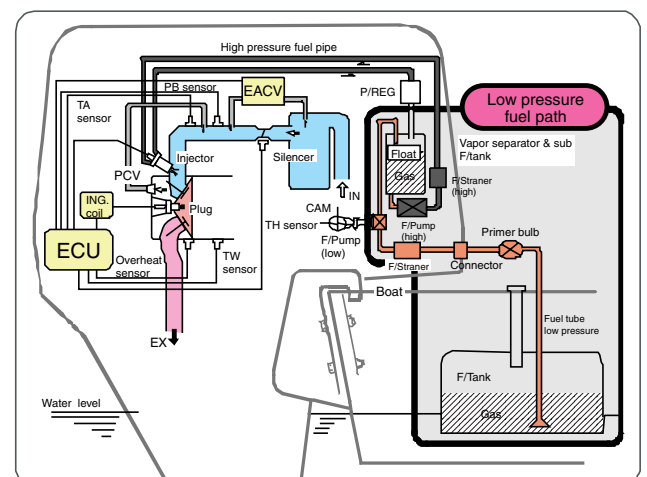


Fig.7 Fuel system of BF115/130

balanサシャフトはシリンダスリーブの吸気側および排気側に1本ずつ縦置きに配置し、片歯式ベルトによりクランクシャフトの2倍の速さで回転させる機構を採用した。これは、四輪車のエンジンと同じ機構であるが、エンジンの回転方向が異なるため、ギヤによる反転機構とベルト駆動部品などは船外機用に設計した。

この balanサシャフトは四輪車の部品を流用しているが、縦置きエンジン(バーチカルエンジン)である船外機は、 balanサシャフトが縦置きに配置されているため、オイル戻し経路が独特なものとなる。

クランク、コネクティングロッドおよびピストンへ供給されたオイルは、クランクウエイトとクランクケースの隙間を通して、#1→#2→#3→#4気筒へと順次落ちて行き、最終的にオイルパンへ戻る構造となっている。BF115/130では、従来機種に対し、さらに balanサ潤滑分のオイルが加わるため、高いオイル戻し性能が必要となった。

オイル戻し性能の確保は、

●クランクケース室内戻り通路必要面積の確保

● balanサシャフト部オイル戻り通路の追加

を行い、従来機種同等のオイル戻し性能を達成した。

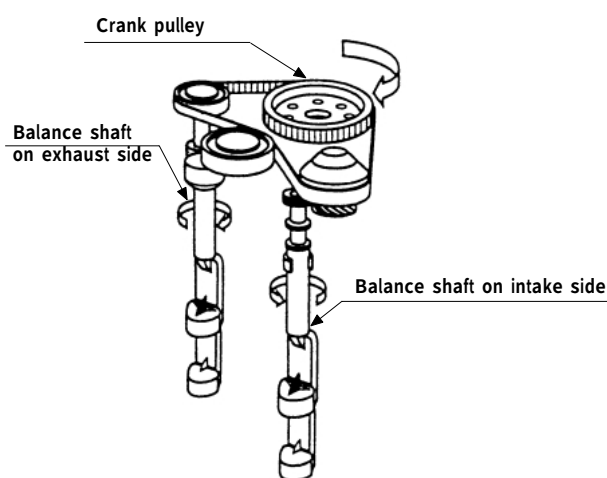


Fig.8 Second order-twin shafts balancer

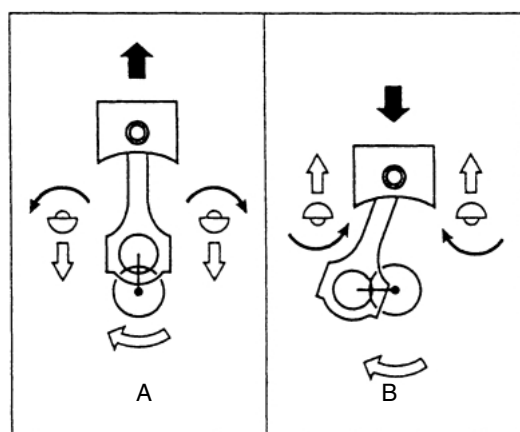


Fig.9 Inertia of piston and positions of balancer

この2軸二次 balanサ機構により、エンジン本体の二次振動を打ち消し、特に中高速域で船外機自体が発生する振動と船体に伝わる振動を大幅に低減し、低速から高速までのすべての使用回転数領域において、Fig.10に示すように競合する同クラスの船外機に比べ振動を低減し、快適性を確保した。

4.3. その他の採用技術

4.3.1. カウンタローテーション仕様の設定

一般に船外機のプロペラは、後方からみて時計方向に回転するのでトルク反力により艇体が左に傾きトルクステアが発生する。船外機を1基取付ける場合は、このトルクステアをトリムタブという部品の取り付け角度を調整し抑制している。

しかし、船外機を2基取付けた場合(以下、2基掛けと称する)、上記トルクステアが更に増加し、直進安定性の悪化や、操舵力の増大につながる。そこで、2基掛けの場合には、Fig.11に示すように左右のプロペラの回転を逆方向にすることにより、各々の船外機が発生するトルクステアを打ち消しあい、直進安定性や操舵力を維持する方法が採用される。このプロペラが後方からみて反時計方向に回転する仕様をカウンタローテーション仕様という。

BF115/130では、クラス初のカウンタローテーション仕様を設定し、2基掛けのときの直進安定性、操縦安定性の向上を図った。Fig.12に実際の2基掛けでのクルージング状態を示す。

船外機ではプロペラ軸の動力伝達にベベルギヤを採用している。また、前後進の切り替えはドグクラッチで行っている。カウンタローテーションは通常の後進時に使用するリングギヤを前進用に使用し、エンジンの回転方向は同一のままプロペラ軸を逆方向に回転させる。

このため、

●ドグクラッチの移動方向の変更

●リングギヤの荷重支持構造の変更

が必要となる。

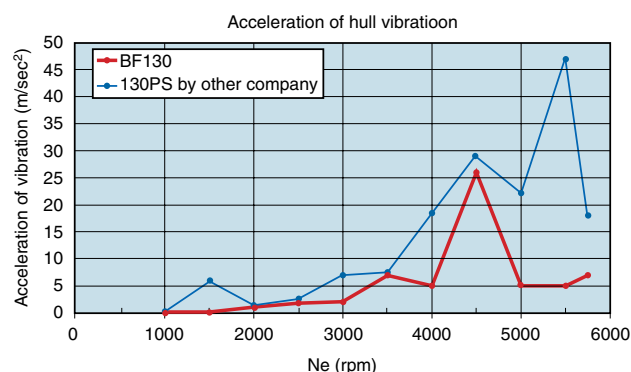


Fig.10 Comparison of objective vibration level

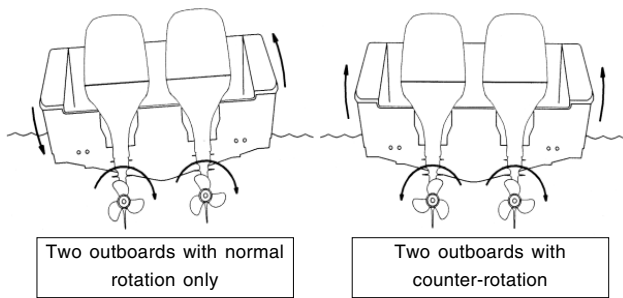


Fig.11 Momentum balance by counter-rotation



Fig.12 Cruising by a set of counter-rotated BF130s

BF115/130では、正転、逆転両仕様は最少限の部品変更で成立させるため、シフト機構には回転式を採用し、シフトカムの位相変更のみでドグクラッチの移動方向変更をおこなった。また軸受け支持構造はスパイラルベベルギヤのリングギヤ軸受けベアリングを変更することで対応した。以上の結果、Fig.13および14に示すように正転、逆転仕様相互の変更部品は、シフトカム、リングギヤおよび軸受けベアリングなどのみにし、部品共用率を90%とした。

4. 3. 2. ベルト駆動大容量オルタネータ

オルタネータには従来型のクランク軸駆動のフライホイールマグネット方式ではなく、コンパクトで大出力のベルト駆動多極型オルタネータを採用した。これにより、高い充電性能とコンパクトな配置を両立させた。Fig.15に示すようにこのオルタネータの定格出力は40Aで、低速での出力特性を含めこのクラスの船外機では最高の出力性能である。

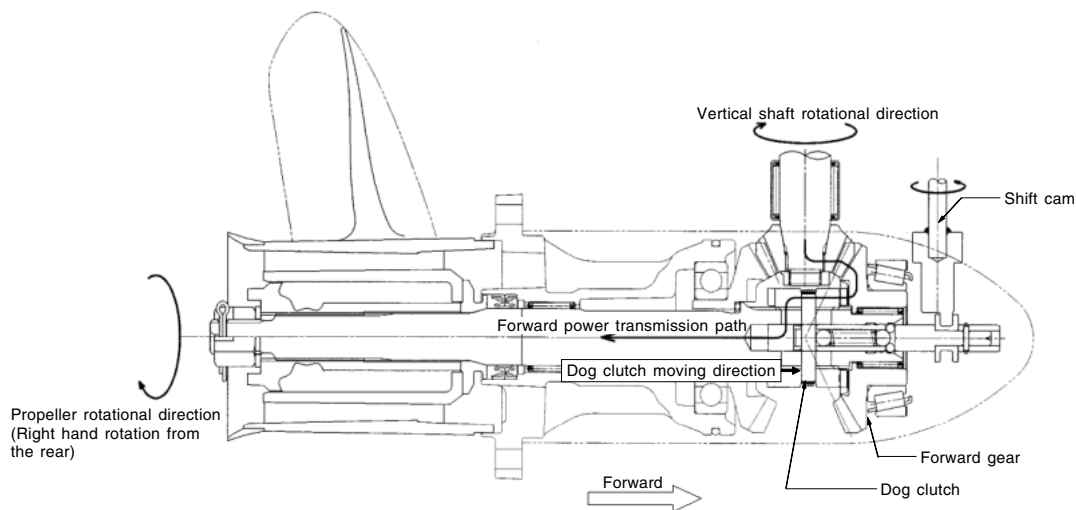


Fig.13 Standard rotating type of BF130

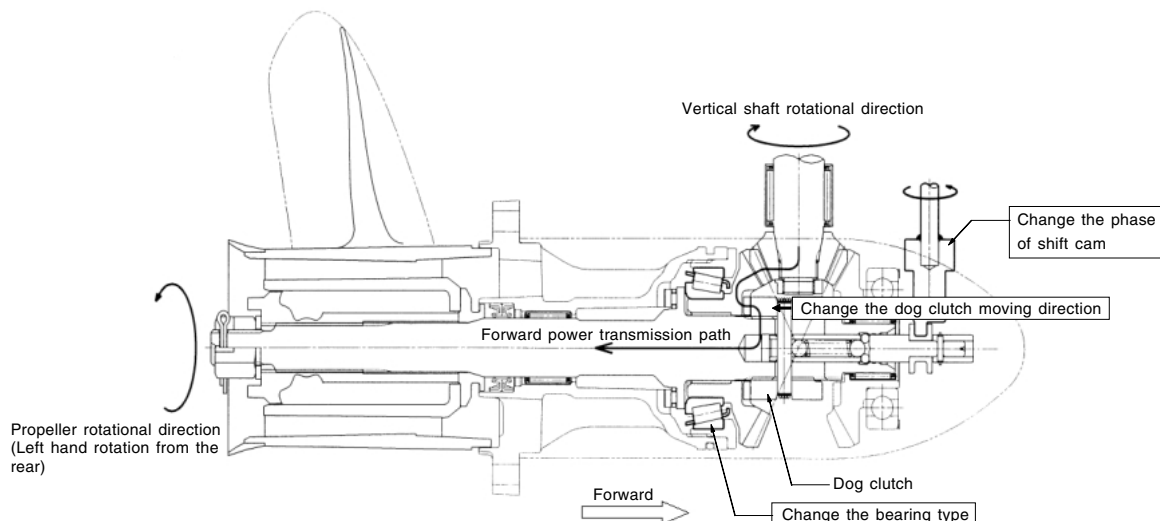


Fig.14 Counter rotating type of BF130

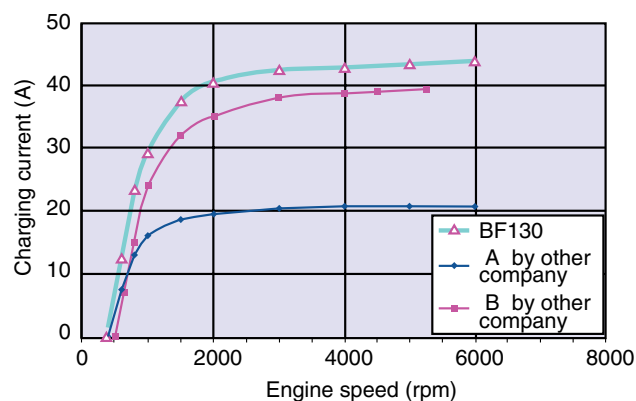


Fig.15 Comparison of charging performance

5. 四輪車の部品との共用化

前述の様にこのBF115/130は、98モデルアコードとエンジンの基本寸法を同一化することで、

- クランクシャフト
- コネクティングロッド
- 左右バランサシャフト
- インテークバルブおよびエキゾーストバルブ
- 他のメタル、リングなどの部品

を流用した。また、フレーム部品についても、BF90の大物部品を流用し、投資削減と低コスト化を達成した。

6. 開発の成果

電子制御燃料噴射技術により、まず、環境に関しては、Fig.16に示すように、それぞれの馬力帯で既存2ストローク船外機では達成できていないEPAマリンエンジン排出ガス2006年規制値をクリアした。

また、経済性に関しては、Fig.17に示すように実用モードで同クラスの2ストローク船外機に対しては燃費を50%以上向上させた。

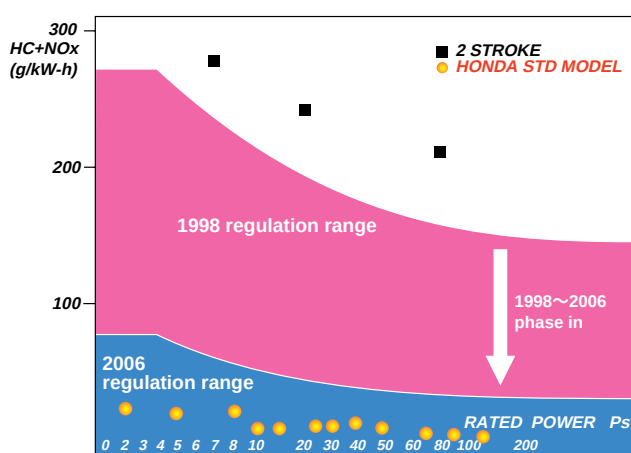


Fig.16 Emission regulation ranges of EPA and achieving levels of each model

快適性に関しては、Fig.18に示すように低速トローリング性能20%以上の向上および既存機種に対して始動性向上を実現した。さらに船体振動フィーリングに関してはFig.19に示すように2軸二次バランサの効果も加わり、低速高速領域で既存機種よりも優れていることが確認された。

投資、コストの低減に関しては、四輪部品の活用、既存機種との部品共用化により、80%の部品共用率となった。

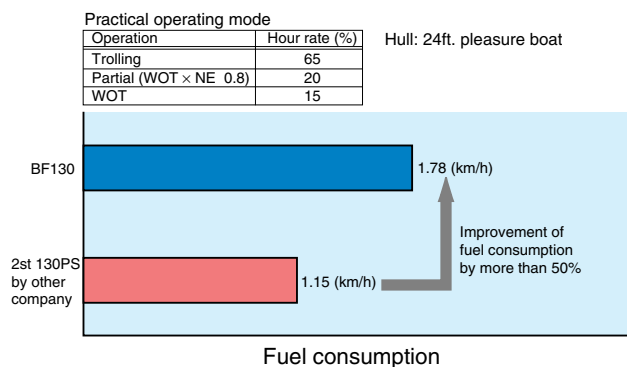


Fig.17 Comparison of fuel consumption

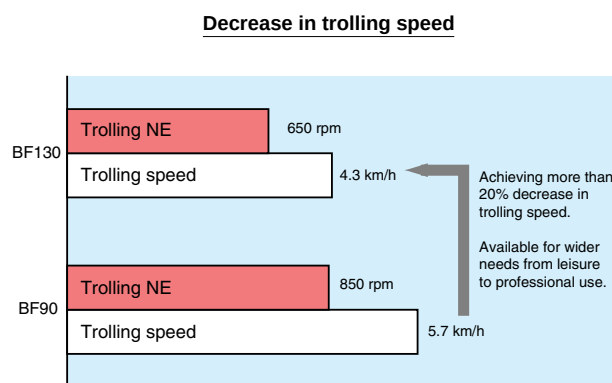


Fig.18 Decreasing trolling speed

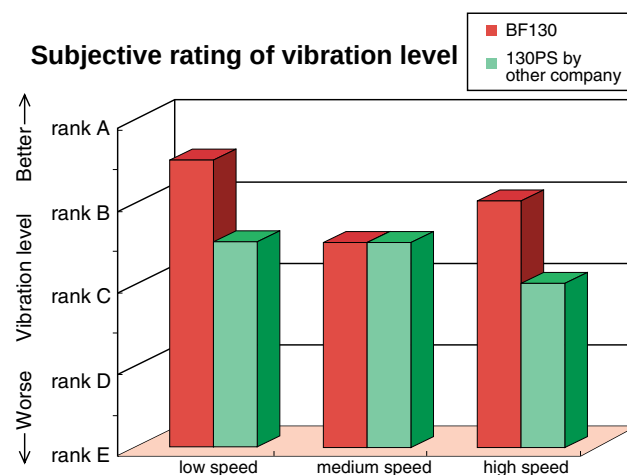


Fig.19 Subjective comparison of vibration level

7. 結論

以上、述べてきたように、BF115/130は、電子制御燃料噴射方式、2軸二次バルブなどの採用による高性能および高信頼性の確保と、四輪車およびBF90との部品共用により、開発重点目標である、環境、経済性、快適性のそれぞれに関して、規制のクリア、燃費性能向上、始動性、トルローリング性能、振動特性の向上を現有資源の活用により実現した。

この開発により、ハンディタイプの2馬力から最大90馬力であったラインアップに、今回、4ストローク船外機としては初めて100馬力を超えた大型機種が加わり、“環境、経済性、快適性”というホンダ船外機の特長を明確に示すと共に、クリーンな船外機のコセプトをより広い領域において具現化することができた。

参考文献

1. 柴田光弘他：'98モデル「アコード」用2.3L I4エンジンの開発、HONDA R&D Technical Review vol.10, p.58-66, 1998
2. 斉藤秀樹他：'98モデル「アコード」用2.3L I4エンジンの振動、騒音低減技術、HONDA R&D Technical Review vol.10, p.67-77, 1998

■ 著 者 ■



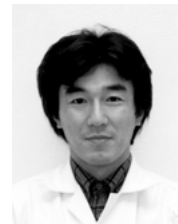
角 田 正 樹



設 楽 貞 文



島 崎 弥



林 崎 正 一