

大型フラッグシップ船外機 BF250 の開発

Development of BF250 Flagship Outboard Motor

原 田 義 弘*
Yoshihiro HARADA
石 塚 邦 彦*
Kunihiko ISHIZUKA

石 坂 和 弘*
Kazuhiro ISHIZAKA
磯 野 史 弥*
Fumiya ISONO

田 中 豪*
Go TANAKA

要 旨

エンジンの高出力化を目指し、船外機初のダイレクト吸気システムを採用した大型船外機 BF250 を開発した。

エンジン燃焼室内への水浸入を防ぐためエンジンカバー内の空気を吸気していた従来構造に対し、エンジンカバー内に排水機能を有した吸気通路を形成し水を分離しながら外気を直接吸気するダイレクト吸気構造を世界で初めて採用した。これにより従来構造に対し吸気温度を低減させ、他の仕様変更と併せることで基本骨格を現行量産機種 BF225 と共用しながら 184 kW (250 馬力) を達成した。またリーンバーン制御の見直しにより燃費は同クラス船外機に対しクルーズ航行域で最大 30% 向上した。その他クラス TOP の高耐久ギヤケース、アイドリング時充電出力可変制御、シフト荷重低減制御を採用し耐久性と利便性の向上も図った。

BF250 の魅力を際立たせるため機能とデザインを高次元で両立させたパワーインテークデザインの採用により船外機フラッグシップモデルにふさわしい商品に仕上げた。

ABSTRACT

The BF250 large outboard motor was developed to achieve higher engine output using the first direct air intake system to be adopted for an outboard motor.

The conventional structure had the air intake inside the engine cover in order to prevent water infiltration into the engine combustion chamber. By contrast, the developed engine, which is the first in the world to incorporate a direct intake system, is formed with an intake duct that has drainage functionality inside the engine cover so that water is separated as outside air is inducted directly into the engine. This lowers the intake air temperature more than in the conventional structure and, in combination with other specification changes, it achieved 184 kW (250 HP) with a basic structure that is used in common with the current mass production model BF225. Revision of the lean burn control yielded a maximum 30% enhancement of fuel consumption in cruising speed range relative to outboard motors of the same class. In other respects, adoption of a high durability gear case at the top of its class, adjustable idle charge system, and shifting load reduction control system heightened both durability and convenience.

In order to accentuate the appeal of the BF250, a power intake form that achieves a high level balance of functionality and design was adopted. This raises the outboard motor to the level of a finished product well suited to be Honda's flagship model.

1. ま え が き

近年、主に北米や欧州で製造されているオフショア艇と呼ばれる沖合航行可能な艇体は搭載馬力が大型化する傾向にある。また、この大型クラスと呼ばれる 147 kW (200 馬力) 以上の船外機は長時間高負荷の環境下で使用されるコマーシャル用途の艇体への搭載比率が高く、高い耐久信頼性が求められる。

これらの要求を踏まえ開発された大型フラッグシップ船外機 BF250 に採用された技術について紹介する。Fig. 1 に外観を示す。



Fig. 1 External view of BF250

* 汎用 R&D センター

2. 大型船外機の市場環境と要望

2.1. 大型船外機の市場環境

メイン市場である北米において大型船外機を搭載可能なオフショア艇の最大搭載馬力の変化を Fig. 2 に示す。

近年、船外機各社が 184 kW (250 馬力) 以上の大型モデルラインナップを充実させたことに伴い、艇体メーカーも大型艇のラインナップに力を注いでいる (Fig. 2)。その大型艇に搭載されている船外機は価格と性能のバランスから 184 kW (250 馬力) が選ばれる傾向にある。

また、このクラスの船外機艇は一般的なレジャーユースのほかにコマーシャルやガバメントといったプロユースが約 30% と他の馬力帯に対し比率が高い (Fig. 3)。

2.2. 要求性能

前述より市場ではエンジン出力 184 kW (250 馬力) が望まれている。また長時間、高負荷の過酷な環境下での使用が想定されるプロユースに耐えるには高い耐久信頼性が求められる。(使用例として Fig. 4 に沿岸警備等に使用される艇体を示す。)

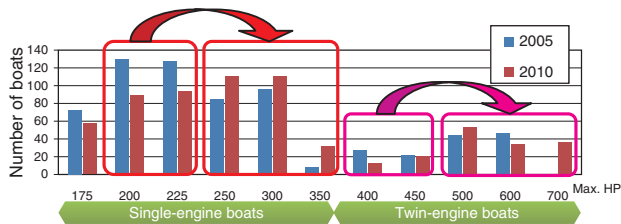


Fig. 2 Number of offshore boats by maximum mountable horsepower

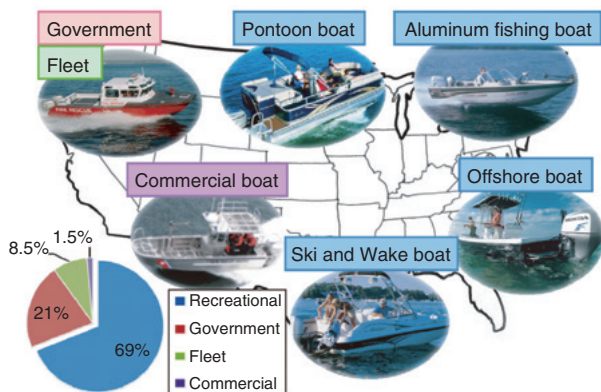


Fig. 3 Variety and percentage of large boat in the market



Fig. 4 Coastal patrol boat

Table 1 Specifications

Code name	BF250A X-type
Overall length (mm)	920
Overall width (mm)	625
Overall height (mm)	1887
Transom height (mm)	635
Dry mass (kg)	284
Engine type	4 stroke 60° V-Type 6 cylinder
Displacement (cm³)	3583
Bore (mm) × Stroke (mm)	89 X 96
Compression ratio	10.0 : 1
Valve train	SOHC VTEC 24 valves
Maximum power (kW/rpm)	183.9/ 5800
Maximum torque (N·m)	320
Recommended engine speed range (rpm)	5300 - 6300
Fuel supply system	Programmed Fuel Injection
Ignition system	Programmed Ignition
Charge output (A)	60
Exhaust system	Through propeller hub
Gear ratio	2.00 : 1 (24/12)

3. 開発のコンセプト

J.D.Power and Associates の Customer Satisfaction Index (CSI) 調査において 2005 年から 2009 年の 5 年間で 4 度 1 位を獲得するなどパフォーマンスと信頼性には定評がある現行量産機種 BF225⁽¹⁾をベースにエンジンの最小限の仕様変更と吸気系の効率向上にて 184 kW (250 馬力) を達成しつつ、更なる信頼性向上、クラス TOP の動力性能、燃費、高いユーティリティ性を有し先進性の高いデザインを採用した Honda 船外機シリーズのフラッグシップモデルにふさわしい商品を目指して開発した。

4. 主要諸元および概要

BF250 の主要諸元を Table 1 に示す。

エンジンは、BF225 の 3.5 リッター 60° V6 エンジンをベースに、レジェンド用のクランクシャフト・コネクティングロッドを組み合わせストロークを 3 mm 延長し、排気量を 3.6 リッターとした。さらに圧縮比を BF225 の 9.4 より 10.0 へ変更することで高出力・高効率化を図った。

5. 主要技術

5.1. ダイレクト吸気システム

前述のコンセプトより、現行量産機種 BF225 をベースに最小限の仕様変更にて出力アップを達成するため採用した技術がこのダイレクト吸気システムである。

本システムはエンジンの吸気と排熱を完全に分離し吸気温度の低減を図り、排熱は別経路からクーリングファンにより排出する構造となっている。ベース機種に対する変更点をエンジンカバーとクーリングファンおよびファンカバーの必要最小限で対応した。

なおベース機種に対する全高アップを最小限に抑えるためエンジンカバー内の空間を最大限利用し、吸気通路、排熱通路、排水通路、消音器構造を最適配置した (Fig. 5)。

以下に各要素技術の詳細について解説する。

5.1.1. 吸気冷却／水分離構造

Fig. 6 にベース機種 (BF225) におけるエンジン吸気システムを示す。BF225 に限らず他メーカを含め従来の船外機ではエンジンカバー内へ取り込んだ外気をカバー内に循環させることで、エンジン燃焼室内への水浸入防止、補機冷却、騒音値の低減をおこなった後にスロットルボデーに吸気させる構造となっている。そのため、外気温に対するスロットルボデー部の吸気温度差 Δt が大きくなり、エンジン出力低下の要因となっていた。

これに対し Fig. 5 に示す BF250 のダイレクト吸気システムでは、エンジンカバーの両サイドに設けられた吸気口より吸入された外気が、エンジンカバー内のエアガイドとリヤエアダクトにより構成された吸気通路を通り直接スロットルボデーへ導かれる構造となっている。このダイレクト吸気システムにより吸入される空気はエンジンから発生した熱の影響を受けにくくなるため、 Δt を従来構造比

で 14°C 小さくすることができ、エンジンの高出力化に大きく貢献している。

またダイレクト吸気化に伴い、外気を直接導入することにより吸気通路内に水が浸入することを想定し通路内に水分離排水構造を設けた。

大粒の水滴と、吸気の流速に乗って動く小粒の水滴の両方について各々に対応した構造を設定することによりスロットルボデー側への浸入を防止した (Fig. 7)。大粒の水滴については両サイド吸気口のすぐ後ろに設けた煙突状のリブにより浸入を防止する。吸気の流速に乗って本リブを通過した小粒の水滴については 180° 反転させた吸気通路を通過する際にエンジンカバー内壁へ付着させカバー内壁に設けた縦リブ (Fig. 8) により下方へ導きリヤエアダクト下端の排水口から排出する仕組みとなっている。

また排水経路としての機能と共に騒音低減の機能をもつサイドブランチ部 (Fig. 7) において、吸気脈動を利用し A 点より B 点の圧力が低い状態をつくる。これにより水を圧力が低い B 点に移動させ、全開時の排水性能を高めた。

5.1.2. 補機冷却構造

BF250 ではダイレクト吸気システムの採用に伴い、エンジンカバー内補機冷却をおこなうために吸気通路から独立した冷却通路が必要となった。そのため BF250 ではクランク軸直動のクーリングファンと、クーリングファンを

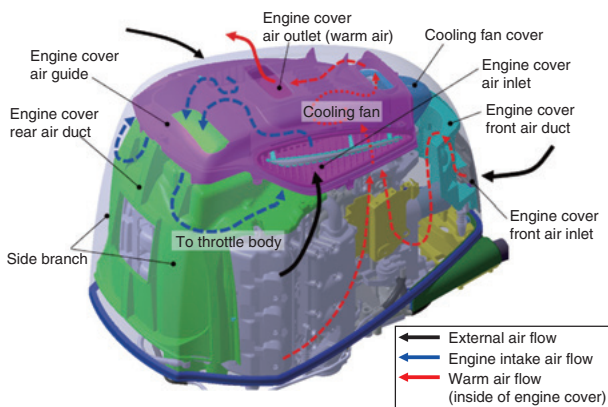


Fig. 5 Direct air intake system (BF250)

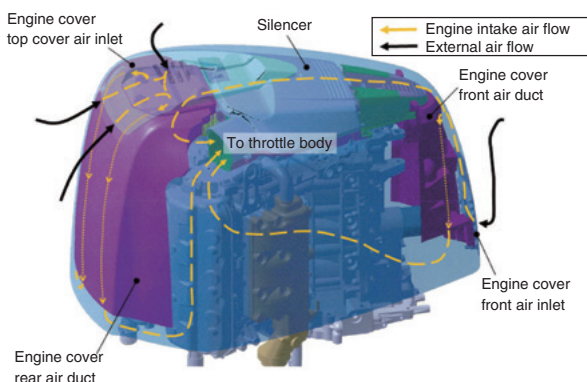


Fig. 6 Conventional air intake system (BF225)

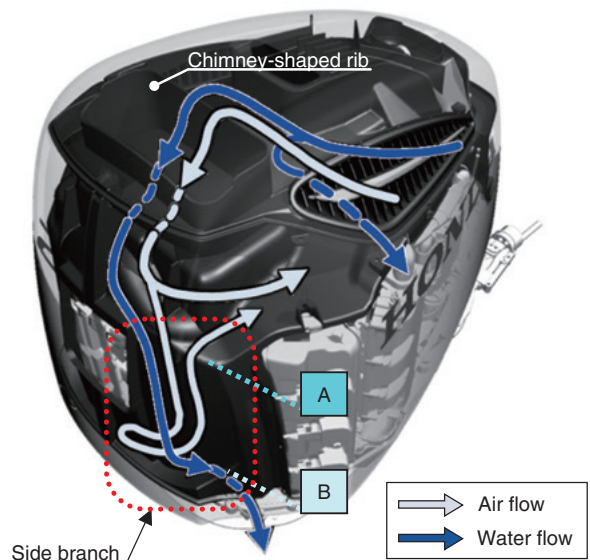


Fig. 7 Separation system of air and water

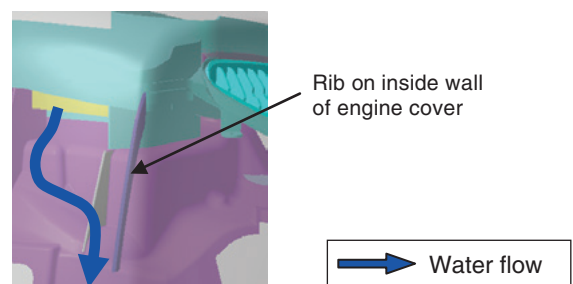


Fig. 8 Rib on inside wall of engine cover

覆うスクロール室を構成するファンカバーを新たに設置した。Fig. 9 にエンジンカバー内冷却システムの概略図を、Fig. 10 にファンカバー・スクロール室の形状を示す。ファンカバー A/B で構成するスクロール室は、周辺のエンジン部品形状から独立した形状とすることで、クーリングファン周りの乱流を抑制し、クーリングファンを高温のエンジン部品から隔離し、クーリングファン周辺空気の熱膨張を抑制できるので、高いファン効率を実現することができた。その結果、エンジンカバー内の熱せられた空気をエンジンカバー外に効率良く排出できる冷却システムを構築することができ、安定した補機冷却を可能とした。

5.1.3. 騒音低減構造

ダイレクト吸気システムの採用により吸気／排熱通路を設置したため十分な容量の吸気サイレンサ室を配置できず、またスロットルボデーからエンジンカバー外部までを吸気通路でダイレクトにつないだことにより吸気音がエンジンカバー外に放出される構造となった。そこで、吸気音を低減させるため、BF250 では Fig. 11 に示すよう音波の干渉を利用した消音器であるサイドブランチ構造を採用した。

エンジンカバーとリヤエアダクトにより構成する吸気通路の途中に長さ L のサイドブランチを左右両側に配置し、音波を干渉させることにより全開運転時の吸気脈動周波数である約 300 Hz の吸気音を低減することを目的とするものである。

BF250 ではダイレクト吸気構造の採用により全開運転時通過騒音⁽²⁾が既存機種に対し 4 dBA アップしたが音圧増加の要因である吸気音に対しサイドブランチ構造追加と

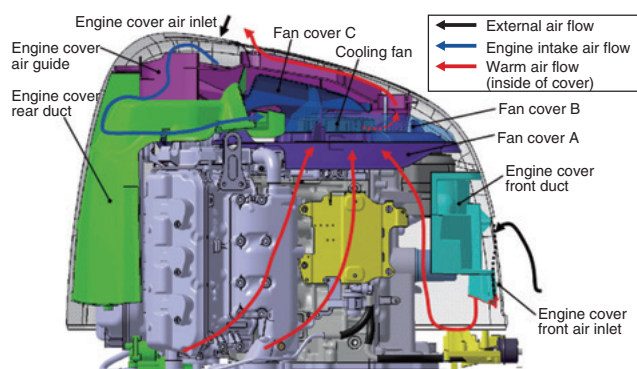


Fig. 9 Cooling fan system

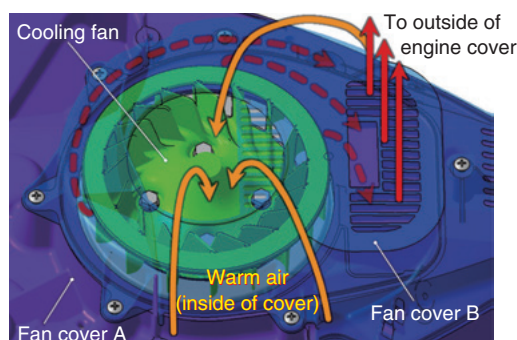


Fig. 10 Scroll shape of fan cover

吸気音の共鳴を避けるため通路管長の最適化を図ることにより吸気音を 10 dBA 低減した。これにより、通過騒音を規制値 (≤ 75 dBA) 以下に抑えることができた (Fig. 12)。

5.1.4. 効果 (出力／燃費)

ダイレクト吸気構造の採用により、従来構造に比べて外気温に対するスロットルボデー部の吸気温度差 Δt を 14℃ 小さくすることができた。結果として、吸入空気密度の増加による吸気充てん効率向上およびノッキング限界の向上による点火時期進角の相乗効果で、ピーク出力を 6.6 kW (9 PS) 向上させた (Fig. 13)。

また、ロングストローク化による排気量アップ、高圧縮比化、バルブタイミング最適化、吸気バルブ傘径拡大によ

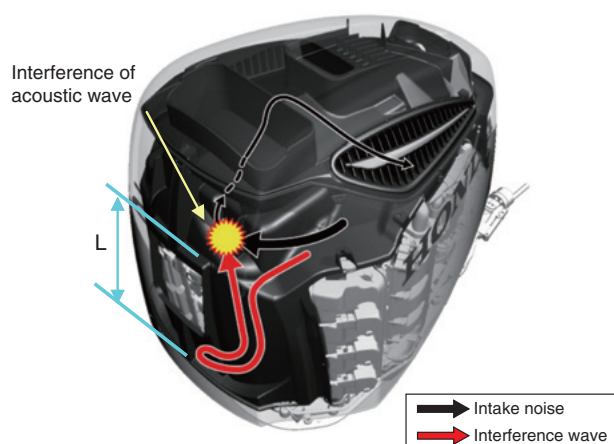


Fig. 11 Side branch system for noise reduction

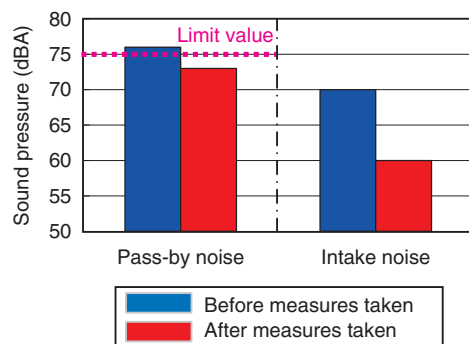


Fig. 12 Pass-by noise and intake noise

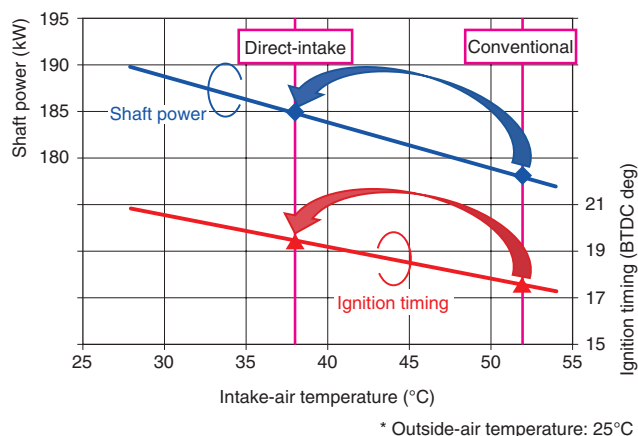


Fig. 13 Intake-air temp-shaft power/ignition timing

る吸気充てん効率向上、大径サーモスタットやピストン冷却用オイルジェットを採用によるエンジン冷却能力向上、定格回転数アップなどの効果により、基本骨格をBF225共用としながらピーク出力 184 kW (250 馬力) を達成した。

さらに、エンジン出力の向上に加えリーンバーン制御⁽³⁾の見直しにより、同クラス船外機に対しクルーズ航行域で最大 30% の燃費向上を達成した (Fig. 14)。

5.2. 高耐久ギヤケース

Fig. 15 に BF250 のギヤケースアセンブリ構造図を示す。一般的に船外機ギヤケースのベベルギヤを収めている砲弾形状部は水中抵抗低減の目的で極力小さくすることが求められる。しかし、直径を小さくすればギヤは強度設計上不利になる。このように動力性能と強度は相反する関係にある。BF250 では耐久性向上を図るためベベルギヤ直径を BF225 に対し 10% アップした。

ベベルギヤサイズアップによる水中抵抗増加に対してはコンピュータ流体解析 (Fig. 16) によるケース形状の最適化

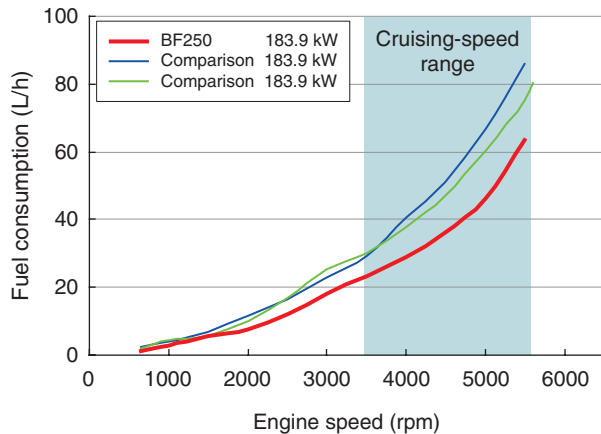


Fig. 14 Fuel consumption at cruising speed

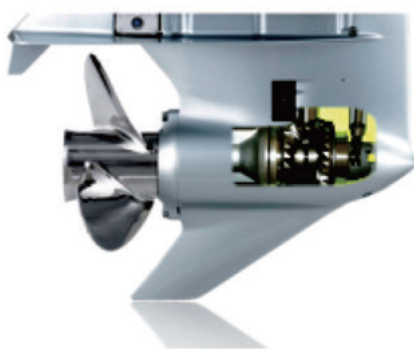


Fig. 15 High durability gear case assembly

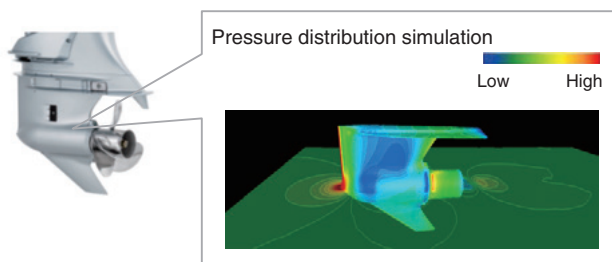


Fig. 16 Fluid analysis simulation

を実施し Cd 値を 5% ダウンさせ水中抵抗低減を図り競合他社に対し遜色のない動力性能を確保した。

またギヤ材質をニッケル・クロム・モリブデン鋼の不純物を極限まで取り除いた耐久性に優れた改良材を採用し歯面の加工精度も向上させかみ合わせのズレを減少させることにより高耐久性を実現した。

5.3. アイドリング時充電出力可変制御

アイドリング時に ECU にて AC ジェネレータの充電出力を検知し、通常のアイドリング回転数 650 rpm 時の充電出力を超える負荷が接続された際にエンジン回転数を 100 rpm 上げることにより充電出力を 29% 向上させることを可能とした。

5.4. シフト荷重低減制御

従来制御に対し、減速時に点火時期変動制御を追加することでエンジントルク変動を発生させ、シフト操作荷重を低減させた。

Fig. 17 のように ECU から検出したエンジン回転数とスロットル開度の変化からユーザのシフト操作を予測し、# 4, 5, 6 シリンダの点火時期をリタードさせ、エンジンのトルク変動を発生させエンジン側とプロペラシャフト側を接続するドグクラッチの伝達トルクが変動することによりドグかみ噛合い部の引き抜き荷重が低減される。Fig. 18

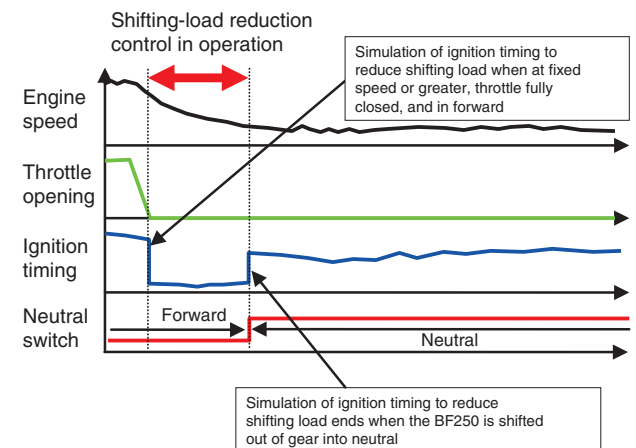


Fig. 17 Shifting-load reduction control

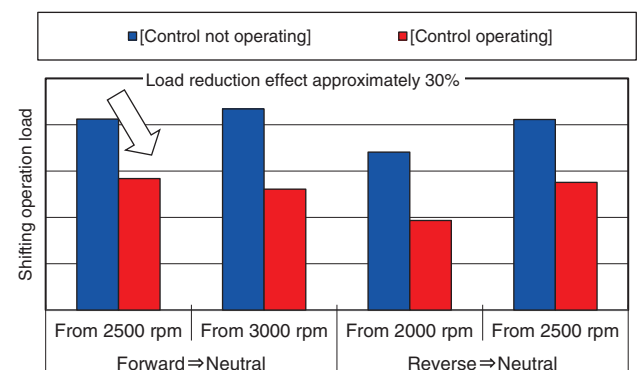


Fig. 18 Shifting-load test results

に表すようにシフト操作荷重を 30% 低減させることを可能とした。

操船者のシフト操作を専用のセンサを用いて検出するのではなく、エンジン回転数とスロットル開度の変化から予測し操作荷重を低減する新しい制御方法を開発した。

6. 新デザイン

6.1. パワーインテークデザイン

ダイレクト吸気システムを大きな特徴とする BF250 の魅力を際立たせるため、「パワーインテークデザイン」をコンセプトとし、以下の手法を取り入れることでデザインを具現化した。

船外機のトップカバーをユーザ目線から見たとき、両サイドのインテークパーツによりトップカバーのボリュームを引締めシャープさをアピールした (Fig. 19)。

インテーク部の中央部に日本刀をモチーフとしたクロームパーツを付けることでスピード感を際立たせると共に今



Fig. 19 Design concept of BF250



Fig. 20 Power intake design

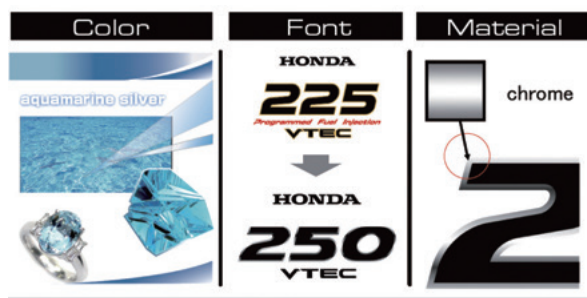


Fig. 21 Color graphic design

までにない表現を加えた。またインテークのフィン形状はフロント側からの跳ね水の浸入を防ぎつつ吸気音を操船者および周囲への影響が少ない後方へ方向づけ、さらに新鮮なエアーを後部から取り込むといった機能とデザインを高次元で両立させた (Fig. 20)。

6.2. カラーグラフィック

カラーは従来の暖色系のシルバーではなく深みのある透明感が高いシルバーを採用し、より高品質でシャープさを訴求した。またフォントについてもスピード感と視認性を高めた新書体を採用した (Fig. 21)。

これらを凝縮した BF250 の新デザインにより、Honda の BF シリーズのフラッグシップモデルにふさわしい力強さを演出できた。

7. まとめ

BF250 の開発ではベース機種の基本骨格を流用しながら出力アップに加え、過酷な使用条件にも十分に耐えうる耐久信頼性の向上と高いユーティリティ性およびデザイン性の進化を目指し開発をおこなった結果、以下の成果を得られた。

- (1) ダイレクト吸気構造を採用することにより外気温に対するスロットルボデー部の吸気温度差 Δt を 14°C 小さくし、出力を 6.6 kW 向上した。リーンバーン制御の見直しにより同クラス船外機に対しクルーズ航行域で最大 30% の燃費向上を達成した。
- (2) 高耐久ギヤケースを採用することにより出力アップに対応しつつクラス TOP の耐久性を実現した。
- (3) アイドル時の充電出力可変制御を採用することにより充電出力を 29% 向上した。
- (4) シフト荷重低減制御を採用することによりシフト操作荷重を 30% 低減した。
- (5) BF シリーズのフラッグシップとして新たにパワーインテークデザインを採用したことで他社との違いを明確化し「新たなアイデンティティ」を表現した。

これらの成果を評価され、2011 年 10 月 17 日から 19 日に米国ケンタッキー州ルイビルで開催された国際マリントレードショー「IBEX 2011 (The International Boat Builders' Exhibition & Conference)」において、米国舟艇工業会 (NMMA) より IBEX 2011 イノベーションアワードの船外機部門を受賞した。

参考文献

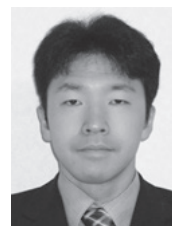
- (1) 角田正樹, 古谷健太郎, 大角雅之, 設楽貞文, 米沢道, 木全隆一: ホンダ船外機のフラッグシップ「BF200/BF225」の開発, Honda R&D Technical Review, Vol.14, No.1, p.11-20

- (2) DIRECTIVE 2003/44/EC OF THE EUROPEAN
PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 June
2003: ANNEX. I. C. 1 Noise emission levels
- (3) 田中充治, 清水則和, 山本宙, 坂田繁一, 安田興次, 山
岸政彦: 快適装備を備えた中型船外機「BF60」の開発,
Honda R&D Technical Review, Vol.23, No.2, p.21-27

■ 著 者 ■



原田 義 弘



石 坂 和 弘



田 中 豪



石 塚 邦 彦



磯 野 史 弥