

V型2気筒空冷4ストローク汎用エンジン 「GX690/GXV690」の開発

Development of Air-cooled, 4-stroke V-twin Cylinder General Purpose Engine GX690/GXV690

長谷部 博 昭*

Hiroaki HASEBE

田 島 知 治*

Tomoharu TAJIMA

小 川 和 久*

Kazuhisa OGAWA

金 井 充 善*

Mitsuyoshi KANAI

要 旨

環境性能が高く、小型で高性能なV型2気筒空冷4ストロークの汎用エンジン“GX690/GXV690”を開発した。

燃焼室・ポート形状の改善と燃焼室周辺の冷却性改善、および点火時期の可変進角を行うことでノック発生を回避し、圧縮比を前モデルであるGX670/GXV670の8.3から9.3まで高めた。これにより出力を8%向上し、さらに触媒等のデバイス無しでEPA排気エミッション規制に適合すると同時に燃費を10%向上した。エンジンサイズについては、濾材の改良によるエアクリーナの小型化や、オイルクーラの機能を兼ねたオイルフィルタベースの採用により、全高・全幅寸法を低減し、容積で18%小型化した。また、冷却ファン・ファンカバー形状やマフラ構造等の改良により、エンジン運転時の騒音を低減し、騒音フィーリングを改善した。

さらに、運転時間計やオイルアラート表示灯を新設することで、ユーザの扱いやすさを向上するとともに、バッテリーへの充電性能を向上し、より多くの作業機での使われ方に対応できるようにした。

ABSTRACT

Honda has developed GX690/GXV690, a small, high-performance, air-cooled, 4-stroke V-twin cylinder general purpose engine with an outstanding environmental performance.

In this new model, the enhanced shapes of combustion chamber and port, upgraded cooling capability around the combustion chamber, and variable ignition timing effectively suppress knocking, while increasing the compression ratio to 9.3 from 8.3 of previous GX670/GXV670, which results in 8% increase in output. Without using any catalysts, this engine with 10% of increased fuel efficiency has cleared the EPA exhaust emissions regulations. Both the decreased size of air cleaner, which was resulted from enhanced filter, and the adoption of oil filter base, which also had an oil cooler function, eliminating previous oil cooler, allowed us to reduce the total height and width of the engine, as well as the volume by 18%. The modified shape of cooling fan and fan cover, configuration of muffler, and other parts are effective to decrease the measured and perceived noises that occurred in the previous engine in operation.

As new features, we have also added an hour meter and oil alert indicator to enhance the usability of engine. Furthermore, we advanced battery charging performance to offer a diverse use in working machines.

1. まえがき

業務用作業機である発電機、建設機械、乗用芝刈機などの動力源として搭載される10 kW-20 kWの出力帯の汎用エンジンではV型2気筒のガソリンエンジンが主流である。

HondaはGXエンジンシリーズのV型2気筒エンジンとしてGX610/620を1993年に販売開始し、その後1999年にGX670を追加した。これに対し2000年以降、各社ともGXエンジンより高い出力を有するV型2気筒エンジンのラ

インナップの販売を開始した。これにより、高い出力のガソリンエンジンが各種作業機へ搭載されるようになってきた。一方で環境意識の高まりと作業機のエンジン搭載スペースの制約から、小型で燃費の良いエンジンへの要望が高い。

このような背景の中、前モデルであるGX670/GXV670に対し、出力を向上させた上で燃費向上と有害排気ガスの低減を両立し、エンジンサイズの小型化を実現したV型2気筒空冷4ストロークの汎用エンジン“GX690/GXV690”を開発したので、ここに紹介する。

*汎用R&Dセンター

Table 1 Engine specifications

Item	Previous engine (GX670)	Developed engine (GX690)
Engine type	4-stroke, V-90° twin-cylinder	4-stroke, V-90° twin-cylinder
Displacement (cm ³)	670	688
Bore × Stroke (mm)	77 × 72	78 × 72
Compression ratio	8.3 : 1	9.3 : 1
Valve train	2-valve OHV	2-valve OHV
Valve inclination angle (deg)	0	29
Valve diameter (mm)	Inlet: φ 35, Exhaust: φ 31	Inlet: φ 30, Exhaust: φ 26
Combustion chamber shape	Wedge type	Hemispherical type
Lubrication system	Forced feed system	Forced feed system
Ignition system	Transistorized magneto (fixed)	CDI (advanced)
Dimension (L × W × H) (mm)	412 × 471 × 457	405 × 410 × 438
Volume (cm ³)	88680	72730

2. 開発目標

本エンジンの開発にあたっては、業務用作業機エンジンの要求に見合う作業負荷に対して十分な出力特性と燃費向上、そしてエンジンサイズの小型化を主なねらいとし、同時に有害排気ガスや騒音の低減および装備仕様の充実を目指して開発目標を次のように設定した。

(1) 出力

- ・ 前モデルに対し 5 % アップの 16 kW 以上 (Fig. 1)

(2) 燃費、排気エミッション

- ・ 前モデルに対し汎用エンジンに関する EPA モード燃費⁽¹⁾で 10% 向上
- ・ 排気エミッション規制 (EPA Phase3 Small Nonroad Spark Ignition Engine Class2) に適合

(3) エンジンサイズ

- ・ 前モデルに対しエンジン全高 3 %, 全幅 10% の小型化

(4) 騒音

- ・ 前モデルに対し騒音レベル同等以下
- ・ 騒音フィーリング改善

(5) 装備仕様の設定と使い勝手の改善

- ・ 運転時間計、オイルアラート表示灯の新設
- ・ 充電容量の向上

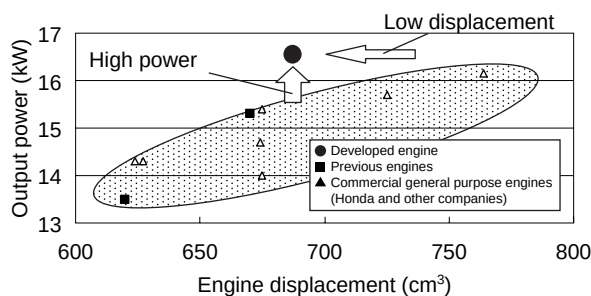


Fig. 1 Positioning of developed engine

3. エンジン基本性能

開発した GX690 エンジンの主要諸元を Table 1 に示す。エンジンブロックの構成は、シリンダヘッドとシリンダブロックを一体化したユニブロックシリンダ構造⁽²⁾の 90° V 型 OHV 2 バルブエンジンとした。

また、出力軸が水平方向を向く水平タイプと垂直方向を向くパッチカルタイプのエンジンの同時開発を行い、部品の共用化を図った。水平タイプの外観を Fig. 2 (a) に、パッチカルタイプの外観を Fig. 2 (b) に示す。

以下にエンジン出力、燃費と排気エミッション、およびエンジンサイズについて記す。

3.1. エンジン出力

本エンジンでは高い出力と小型化の両立を実現するため、排気量は前モデルに対し 3 % アップの 688 cm³ とし、エンジンの全高寸法を抑えるため前モデルに対し、ストロークは変えずにボアを 1 mm アップし、ボア/ストロークを φ 78/72 mm とした。

さらに、4 章に示す燃焼改善と点火時期の可変進角、そして燃焼室周辺の冷却性向上により耐ノッキング性を向上し、圧縮比を前モデルの 8.3 から 9.3 に上げた。

また、従来汎用エンジンで使われていた固定点火方式か

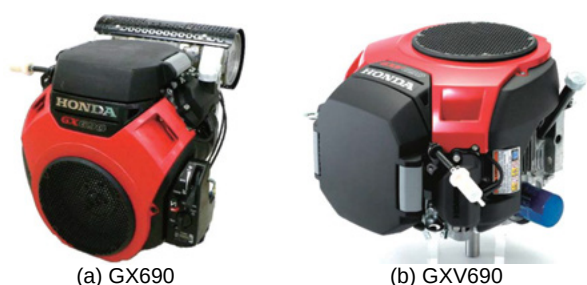


Fig. 2 External view of developed engines

ら電子進角式のコンデンサ放電点火装置を採用することで、点火時期を各エンジン回転数で可変進角設定できるようになり Fig. 3 に示すように、トルクが低回転域から全域で前モデルに対して向上した。これにより、エンジン性能曲線が示すように最大トルクは5%、最大出力は8%向上した。

3.2. 燃費と排気エミッション

Fig. 4 に本エンジンの燃費、排気エミッションの達成値を示す。以下 4.1 節に示す燃焼改善技術により、汎用エンジンに関するEPAモード運転時において、前モデルに対して10%の燃費向上をしながら、HC+NO_x 排出量を同レベルに抑え、汎用エンジンの排気エミッション規制(EPA Phase3)に適合した。

3.3. エンジンサイズ

本エンジンでは、吸気ポート長を最短に形成できる高さまでインレットマニホールドおよび気化器の位置を下げ、エアクリーナのエレメント材として単位面積当たりのダストキャッチ量の多い濾材を使用することで、濾過性能を低下することなくエアクリーナ容量を小さくし、エンジン全

高寸法を 19 mm 低減した。

また、Fig. 5 に示すオイルクーラの機能を兼ね備えたオイルフィルタベースを採用することで、前モデルで適用していた二輪タイプのオイルクーラを廃止し、エンジン全幅寸法を 61 mm 低減するとともに部品点数を削減した。

この結果エンジンサイズは Fig. 6, Fig. 7 に示すように、前モデルに対し全高で4%、全幅で 13%サイズダウンし、容積で18%の小型化を実現した。これにより狭いボンネット内にエンジンを納める建設機械や発電機などの作業機にも搭載しやすいエンジンとすることができた。

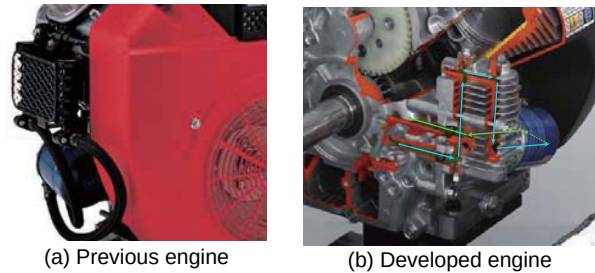


Fig. 5 Oil cooler

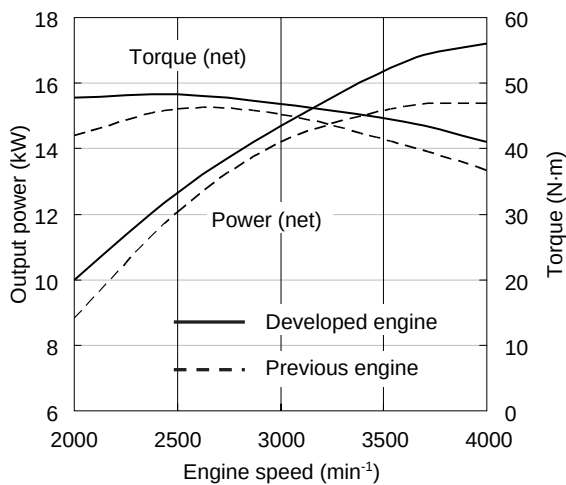


Fig. 3 Engine performance

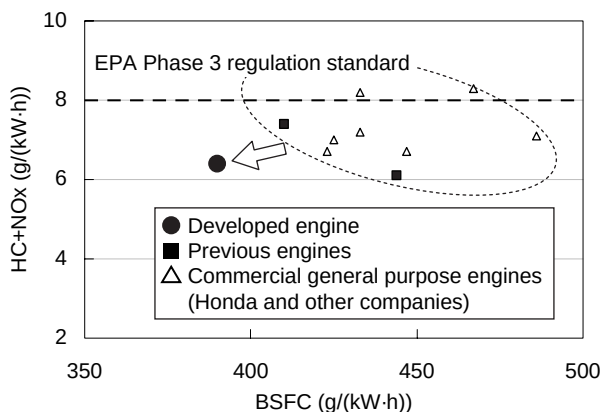


Fig. 4 Fuel consumption and mass emissions in EPA emissions mode

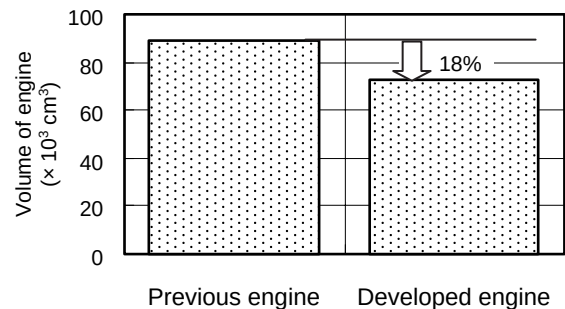


Fig. 6 Engine volume

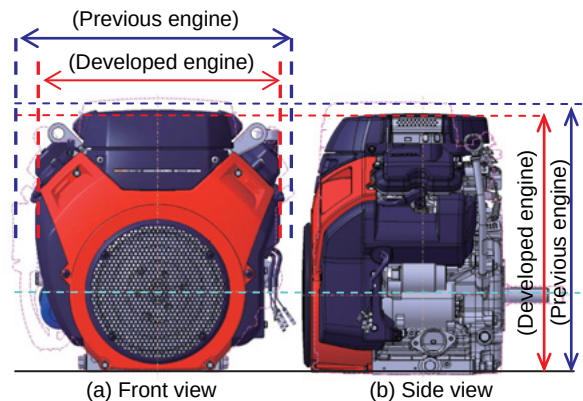


Fig. 7 External shape

4. 燃焼改善技術と冷却性能向上技術

多くの汎用エンジンは空冷エンジンで、発電機に代表されるように定置運転で作業負荷が高いことから圧縮比を上げることが難しく前モデルのエンジンでは、ノッキング限界から圧縮比を 8.3 に設定していた。本エンジンでは以下

に示す燃焼室形状の改善と点火時期の可変進角,そして燃焼室周辺の冷却性向上によりノッキングを回避することで圧縮比を 9.3 まで高めて熱効率を向上させた。

4.1. 燃焼改善技術

4.1.1. 燃焼室・ポート形状

本エンジンのバルブ配置およびポート形状を, Fig. 8 に示す。前モデルでは, ウェッジ形燃焼室で平行バルブであったのに対して, バルブ角度を挟み角 29° の放射バルブとし, シリンダヘッド側を半球型燃焼室にするのに加え, ピストン頭部も凹形状とし火炎伝播しやすい形状とした。

また, バルブ軸と吸気ポート入射方向とのなす角度を前モデルの 90° から 60° とすることで吸気ポートの流路抵抗を低減し, ポンプロス(吸気時の損失)低減を図った。さらに, Fig. 9 に示すように, 吸気バルブ径を前モデルより 5 mm 小さい 30 mm にすることで吸気流速を速め, 筒内流動を活性化させた。また点火プラグと燃焼室中心の距離を前モデル 20 mm に対し 9 mm とすることで, 燃焼室内の

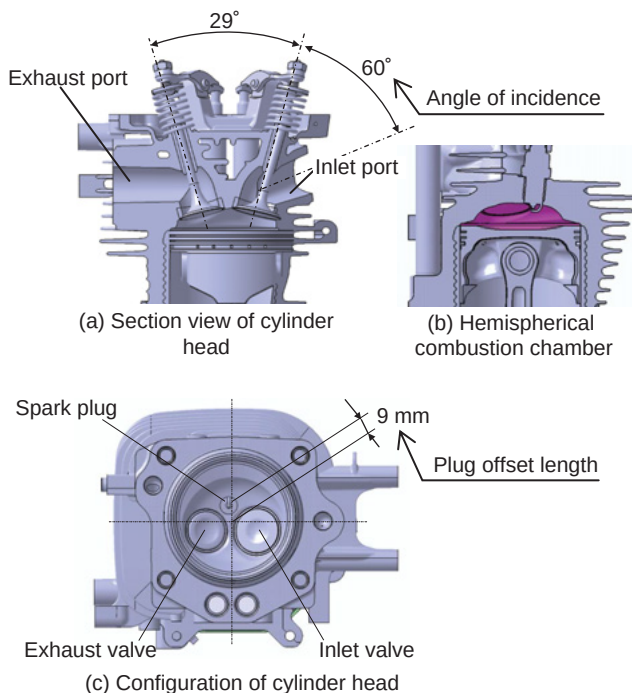


Fig. 8 Cylinder layout

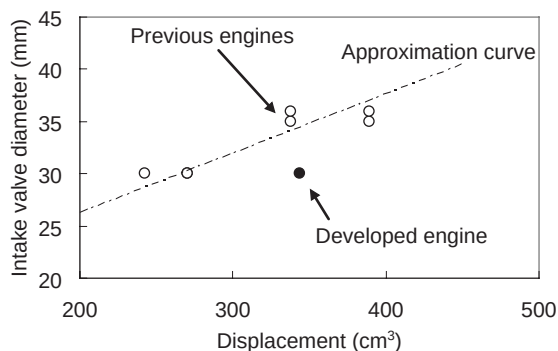


Fig. 9 Intake valve diameter

火炎伝播距離を短くした。これらの燃焼改善により燃焼速度の向上を図り, 耐ノッキング性を向上させた。

4.1.2. 電子進角式コンデンサ放電点火装置

始動性やアイドル運転時の回転安定性を損なわず, ノッキングを回避するために, 前モデルの固定点火式トランジスタマグネット点火装置から, 各回転数域で点火時期を可変設定が可能な電子進角式コンデンサ放電点火装置に変更した。これにより, ノッキングを回避した上で各回転数の点火時期を進角し, 出力と燃費を向上させた(Fig. 10)。また, 加速時マップを設定することにより, 加速時の応答性向上を図った。

4.2. 冷却性能向上技術

4.2.1. シリンダヘッド

前モデルは, シリンダヘッドを分割構造としたためヘッドには締結用のボルトおよび締め付けボスがあり, 冷却風の流れを阻害する要因となっていた。そこで, 本エンジンでは燃焼室周辺の冷却性向上手段として, シリンダヘッドとシリンダブロックを一体で形成するユニブロックシリンダを採用した(Fig. 11)。このユニブロックシリンダにすることで, 燃焼室周辺のボルトおよび締め付けボスが不要となり, 燃焼室周辺へ冷却風が導入しやすくなった。

さらに, 前モデルではプッシュロッド室をシリンダヘッドにアルミ一体で形成していたが, このプッシュロッド室と前述のシリンダヘッド締結用のボスを形成するためにはダイカスト製法の鋳抜きによるアルミの駄肉が生じてしま

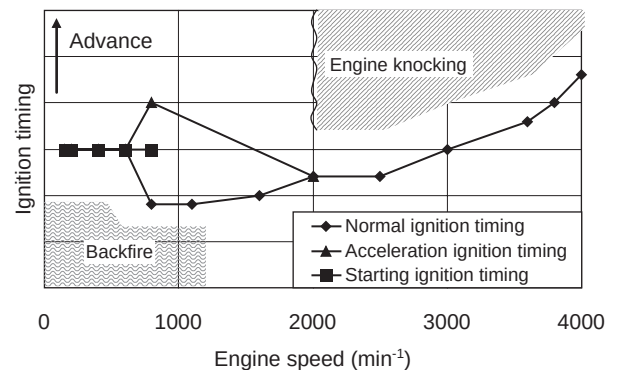


Fig. 10 Ignition timing

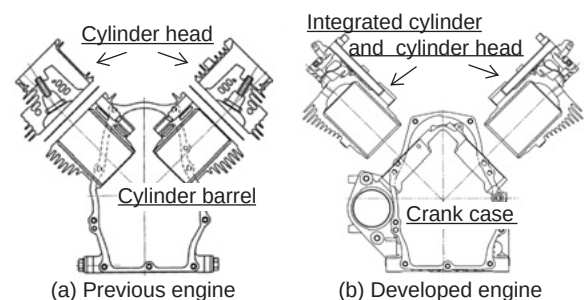


Fig. 11 Engine configuration

い冷却風通路が狭くなっていた。本エンジンでは前述のボスを廃止し、別体のアルミパイプをプッシュロッド室とすることで、同じダイカスト製法ながら鋳抜きによるアルミの駄肉を減らして、シリンダヘッド上部の冷却通路を拡大した(Fig. 12)。

これらに加え、放射バルブの採用によりバルブ間の冷却風流路断面積を 2.8 倍に拡大することで、高温となる燃焼室の排気側への冷却風通路を確保し、冷却風を効率良く流すことで冷却性能を向上させた。

4.2.2. 冷却ファン

冷却ファンは、ファン外径を前モデルに対して 228 mm から 241 mm へ上げた。

また、5.1節で後述するようにファンカバースクロール内の冷却風流れを阻害するスタッドボルトを廃止し、樹脂製ファンカバーとシュラウドによりスムーズなスクロール形状を構成した上で、冷却風を各気筒の燃焼室周辺やシリンダまわりに適切に分配することで、エンジン通気抵抗を低減させた。

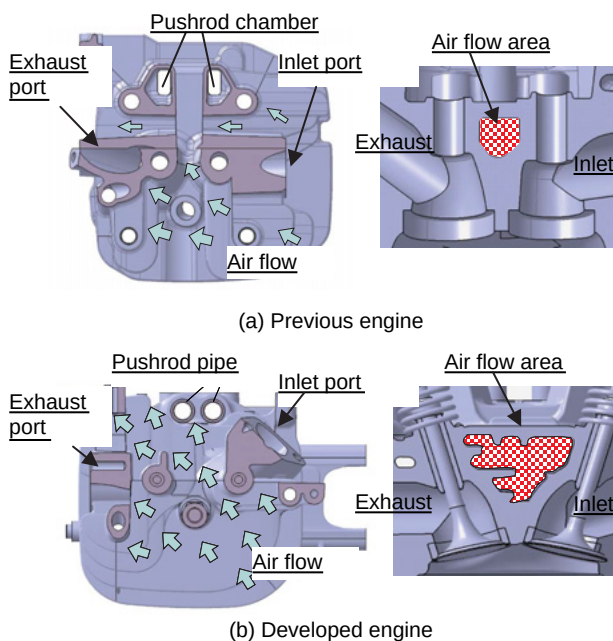


Fig. 12 Section view of air jacket

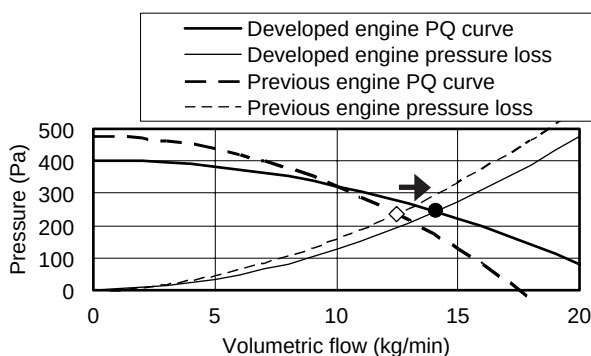


Fig. 13 P-Q curve of fan

これらにより、圧力-流量曲線とエンジン通気抵抗曲線の交点で示されるファンの作動点における風量は、Fig. 13 に示すように、前モデルに対して、同一圧力で14%向上した。

5. 騒音低減技術

本エンジンでは、Fig. 14に示すように、前モデルに対して、騒音レベルを 3000 min⁻¹ 定格 3/4 負荷 8.6 kW で 1.5 dBA 低減した。

この騒音低減は、Fig. 15の騒音寄与率で示すように、主に、クランクケースの面剛性アップによる放射音低減や樹脂カムギヤの使用によるギヤ音低減等による機械騒音の低減、冷却ファン・ファンカバー音の低減、および排気音の低減により実現した。

冷却ファン・ファンカバー音、排気音の低減技術について以下に記す。

5.1. 冷却ファン、ファンカバー音

冷却ファンについては、羽根の上部に副板をつけた構造とすることにより、Fig. 16に示すように翼端からの回り込

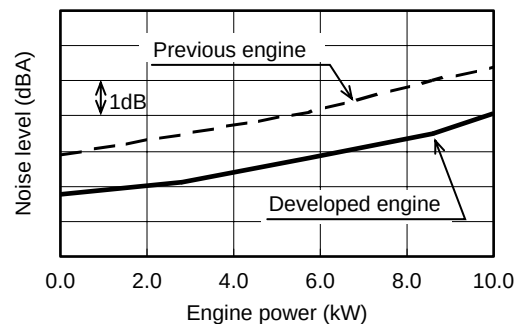


Fig. 14 Noise level (3000 min⁻¹)

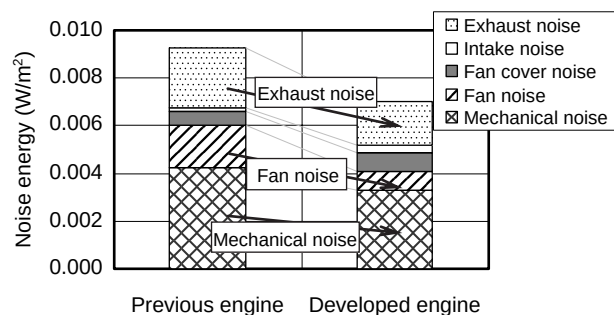


Fig. 15 Noise contribution

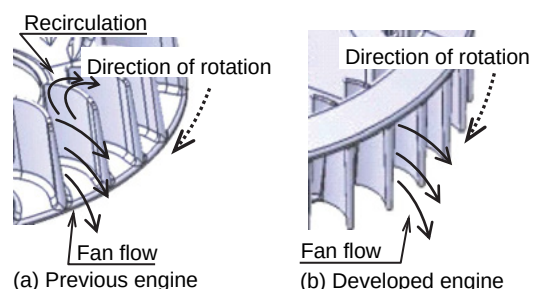


Fig. 16 Fan cover layout

みを防止し、ファン騒音を低減させた。

また、ファンカバー材料は、前モデルの樹脂材に対して約 1.5 倍の曲げ弾性率を有する高剛性樹脂材を採用することでファンカバー面剛性を上げ、Fig. 17 に示すように前モデルで使用していたファンカバーを支持するスタッドボルトを廃止した。これにより、ファンによる風の流れがスタッ

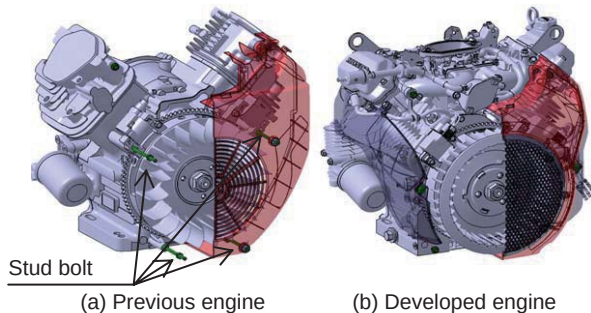


Fig. 17 Fan cover layout

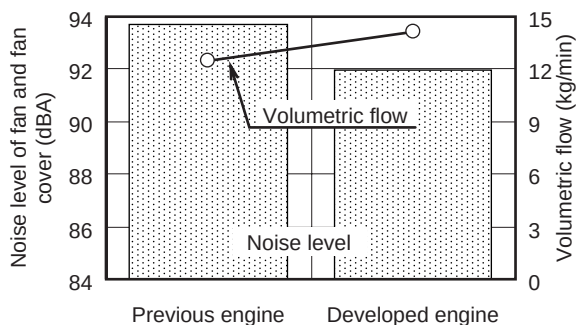


Fig. 18 Noise level of fan

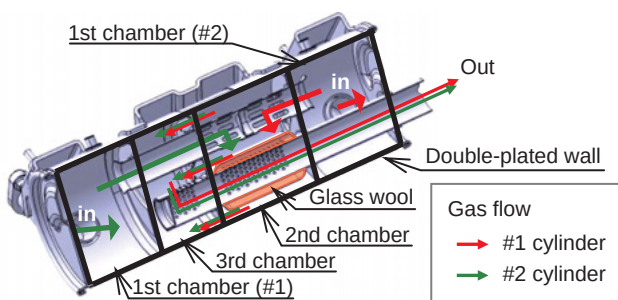


Fig. 19 Internal configuration of muffler

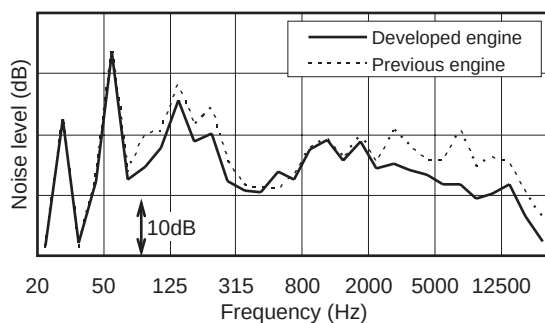


Fig. 20 Frequency characteristic of muffler

ドボルトに当たることで発生していた風切り音をなくし、ファン騒音レベルを低減させた。

以上に示した冷却ファンおよびファンカバーの騒音低減技術により、Fig. 18 に示すように、前モデルに対して、ファンによる冷却風量を 14% 増やした上で、ファン騒音レベルを 1.5 dBA 低減した。

5.2. 排気音

マフラー構造を Fig. 19 に、その内容と効果を以下に示す。

- (1) 各気筒ごとの排気経路を 3 チャンバのマフラー構造とすることで 100-200 Hz の排気脈動騒音を低減
- (2) 外板二重巻き構造により、マフラー壁面放射音の 2000 Hz 以上の周波数成分を低減
- (3) 最終エキゾーストパイプにグラスウールを配置し、吐出音の 2000 Hz 以上の周波数成分を低減

上記の(2)(3)の構造とした結果、Fig. 20 に示すように、耳障りな音である 2000 Hz 以上の周波数成分を低減し、耳障り感の少ない音フィーリングとした。これに加え、上記の(1)の構造による、100-200 Hz の騒音低減効果により、マフラー単体騒音レベルで 1 dBA 低減した。

6. 使い勝手の改善・改良

以下に本エンジンに搭載した主要な装備仕様について記す。

6.1. コントロール BOX

Fig. 21 に示すように、本エンジンではスロットルレバー、チョークノブおよびエンジンスイッチの操作部をコントロール BOX 内に集中して配置した。これにより、エンジン運転操作部の視認性が向上し、エンジン始動・停止等の操作が同じ位置で操作できるようになった。

また、新たにオイルアラート表示灯と運転時間計をコントロール BOX 内に装備した。エンジン運転時にオイルが不足するとオイルアラートが作動し、エンジンが停止すると同時に表示灯が点灯する。これにより、ユーザはオイルが不足していることが即座に分かる。また、エンジンの積算運転時間が液晶に表示されることにより、オイルやエア



Fig. 21 Control box

クリーナフィルタ等の点検の目安として利用することができる。

6.2. チャージコイルの低回転域出力向上と出力アップ

バッテリー充電用のチャージコイルは従来の単極巻き線構造から多極巻き線構造を採用し、充電の周波数を上げ充電効率を高めたことで、最大出力は前モデルと同等としながら、アイドル回転数領域である 1000 min^{-1} 時の充電出力特性が前モデルに対し約 1.6 倍向上した。これにより、アイドルで長時間使われる作業機でも充電性能が向上し、より多くの電気負荷を使用することが可能となった。

また、巻き線構造を単相から3相化することで Fig. 22 に示すように最大回転時に 26 A 出力できるチャージコイルを追加設定した。これにより、大型ヘッドライトや電動工具などのより電気負荷の高い電装品を備えた作業機にも対応できるようになった。

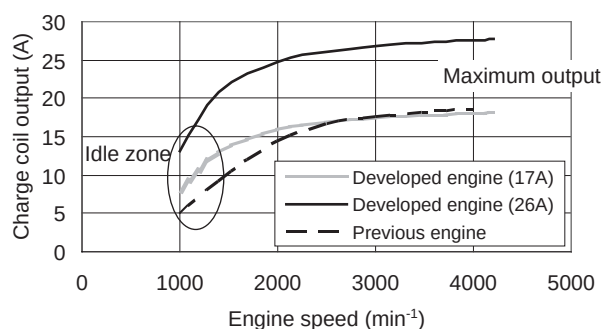


Fig. 22 Charge coil output

7. まとめ

エンジンの燃焼改善技術、冷却性能向上技術および騒音低減技術の採用より、新開発のV型2気筒空冷4ストローク 688 cm^3 汎用エンジンは下記の性能を達成することができた。

- (1) 出力およびトルクは前モデルに対して最大出力で8%、最大トルクで5%向上した。
- (2) 汎用エンジンに関する EPA モード運転時での燃費 10%向上した。
- (3) 排気エミッションは触媒等のデバイス無しで EPA Phase3 Small Nonroad Spark Ignition Engine Class2 規制値に適合した。
- (4) 搭載互換性を持ちながら前モデルに対し体積で18%エンジンサイズを小型化した。
- (5) エンジン運転時の騒音は前モデルに対して騒音レベルで 1.5 dBA 低減。騒音フィーリングも改善した。
- (6) 以下の装備により使い勝手が向上した。

- ・コントロール BOX への操作部の集中配置と運転時間計、オイルアラート表示灯の新設。
- ・チャージコイルの低回転充電出力性能の向上と最大充電出力 26 A チャージコイルの新設。

参考文献

- (1) U.S. Environmental Protection Agency : Title 40 CFR, Part90, Subpart E, p.219-247(2000)
- (2) 篠田明久, 森山浩, 鈴木卓, 田端豊: 汎用V型2気筒エンジン「GCV530/520」の開発, HONDA R&D Technical Review, Vol.12, No.2, p.23-28

■著 者■



長谷部博昭



小川 和久



田島知治



金井 充善