

加治屋 晋一 津田 真矢



#### Abstract

The total world demand for general-purpose engines is approx. 28 million units (four-stroke engines from 50-1,000cc) per year. The biggest market, North America, occupies approx. 12 million units per year, over 40% of world demand. 70% of the general-purpose engines used in North America are of the vertical configuration (vertical output shaft types), with the remaining 30% of the horizontal type. Approx. 70% of this entire market is for lawn mowing purposes such as walk-behind rotary mowers and lawn tractors.

Low-priced compact engines are used widely in walk-behind rotary mowers as they are mainly used for domestic purposes and are therefore cost driven. On the other hand, in lawn tractors, there is demand for high-reliability, high-performance and high-quality large-capacity engines for use in lawn mowing machinery known as Zero Turn Radius Mowers (ZTR), which are used mainly in commercial lawn mowing. In contrast to the many Chinese-manufactured engines used in walk-behind rotary mowers, the ZTR market is mainly occupied by Japanese and American manufacturers.

Yamaha Motor currently has a line-up of single-cylinder horizontal engines from 80-400cc. This report introduces the development of Yamaha's first fuel-injected Vertical V-Twin Engine designed for use in commercial ZTR, which aims to expand market share in the largest market, North America.

## 1 はじめに

汎用エンジンの世界総需要は年間約 2800 万台（4 サイクル 50 ～ 1000cc）であり、その中でも最大の市場は北米で年間約 1200 万台（全世界総需要の 40% 以上）となっている。

北米で消費される汎用エンジンの 70% がバーチカル（出力軸垂直取り出し）エンジン、30% が水平（出力軸水平取り出し）エンジンで、用途は WALK-BEHIND ROTARY MOWERS（手押しタイプ芝刈り機）、LAWN TRACTOR（乗用芝刈り機）といった芝草市場に関係する

商品が約 70% を占めている。

WALK-BEHIND ROTARY MOWERS は家庭用でコスト重視のモデルが多いことから、低価格な小型エンジンが搭載されている。もう一方の LAWN TRACTOR で、特に芝刈業者向けの ZERO TURN RADIUS MOWER（以下、ZTR）とよばれる芝刈り機は、大型エンジンが搭載され、高品質、高性能、高信頼性が要求される。WALK-BEHIND ROTARY MOWERS では中国製エンジンが多数存在するのに対して、この領域は日系および米系メーカー製エンジンが占めている。

ヤマハは現在、80～400ccの単気筒水平エンジンラインナップしているが、最大市場である北米でのマーケットシェアを拡大するため、芝刈業者向けZTRに搭載するヤマハ初のFIバーチカルV-Twinエンジンを開発したので紹介する。



図1 Zero Turn Radius Mower (ZTR)

## 2 開発のねらい

ZTRに搭載されるエンジンは専用エンジンではなく、最終顧客のエンジン指名や選択が可能のように、同じ車体で2社以上のエンジンを設定するのが一般的である。後発で市場参入するためには新規開発のZTRへの採用か、もしくはヤマハの強みを訴求した上で、既存他社エンジンからの載せ換えで採用される必要がある。

このような状況において他社製からエンジンの載せ替えを可能とするために、以下の項目を開発の狙いとした。互換性のあるエンジンサイズ、ZTR用として必要な装備を設定することももちろんのこと、クラストップレベルのパフォーマンスを持つエンジンを開発することで、よりインパクトのある製品を目指した。

1. 負荷に負けない高出力、高トルク
2. 低燃費化
3. メンテナンス性向上
4. 互換可能なサイズ
5. ZTR専用装備
6. バリエーション展開

また、本エンジンは、2015年から適用される新カリフォルニア排ガス規制に対応できるよう、排気量を規制上限となる824cm<sup>3</sup>とし、排ガス規制に適合させながら高出力・高トルク化、低燃費化の実現を目指した。

## 3 開発の取り組み

新規市場への参入ということで、数社のZTRメーカーの協力を得て、初期設計時よりエンジン要求項目の織り込みを積極的に行った。また、B to Bビジネスであるため、販売先を獲得するには通常搭載メーカーにて約1年の評価が必要となるところ、エンジン開発と並行して試作エンジンによるZTR実機搭載評価を実施することで、開発へのフィードバックおよび生産立上げと同時の販売先確保の達成を目指した。

主要な開発項目の詳細を以下に示す。

### 3-1. 高出力、高トルク

ZTRに対する最大の要求は、芝刈性能であるため、必然的にエンジンには高出力が求められる。本エンジンは以下の取り組みにより、吸気効率、燃焼効率の向上を図り、一般的な汎用エンジンがグロス排気量比出力で22~26kW/Lに対し、30kW/Lとクラス最高レベルの出力を達成した。

#### 3-1-1. バルブシステム採用

当クラスの汎用エンジンでは吸気1弁、排気1弁の2バルブ仕様様が一般的であるが、充填効率の向上を狙うために、吸気2弁、排気1弁の3バルブを採用した。吸気の2弁化によりバルブ開口面積を拡大し、流量係数が従来比で15%向上した。

#### 3-1-2. 高タンブルポート

汎用エンジンはコスト優先であり、シリンダヘッドはポートも含めダイカストで製造しているため、ポート形状の自由度が制限される。そこで、流体解析とモックによる流体測定により、ポート形状の最適化を行い、制限内での最大限のタンブル流を追求した。結果、吸気流量を確保しつつ、タンブル比を従来比40%以上向上し、燃料効率の改善を図ることができた。

#### 3-1-3. 低フリクション化

クランク軸、カム軸へのベアリング(ボール、メタル)の採用、ピストンリング低張力化等摺動部品の見直しにより、低フリクション化を図った。(同クラスのZTR用エンジンはボールベアリング不採用)

### 3-2. 低燃費

燃料供給に燃料噴射システムを採用することで、燃料噴射量の最適化を図り、US排ガス規制への適合と高出力化の両立を実

現した。また、低フリクション化により、自社単気筒キャブモデル比で燃料消費率△25%を達成した。

### 3-3. 互換可能なサイズ

本エンジンは、前項にあるように3バルブ化によりエンジンサイズは拡大する傾向にある。そこで、他社エンジンとの互換性を確保するため、一般的なバンク角度 90° のエンジンに対して、75°の狭角バンク角を採用した。これにより、全幅を抑えることができ、他社エンジンと同等サイズを実現した(図2)。

また、あわせて30°オフセットクランクシャフトを採用することで、バルンサーを設定することなく90°Vツインと同等の振動レベルを達成し、さらにクランクケースの肥大化を抑制できている。



図2 エンジン搭載状態

### 3-4. メンテナンス性向上

メンテナンスを頻繁に実施する芝刈業者に対し、メンテナンス性向上を図った。

#### ・一面メンテナンスハッチ

ファンケース内への芝の侵入を防ぐガラススクリーンや、ガラススクリーンを通過してファンケース内部に侵入した芝をエアブローにて清掃する際に、ボルトを数箇所外すだけで作業可能な状態になるよう、大型の一面メンテナンスハッチを標準装備した(図3)。また、ガラススクリーン上に堆積した芝を外部に排出できるよう、側面に排出孔(図4)を設けている。

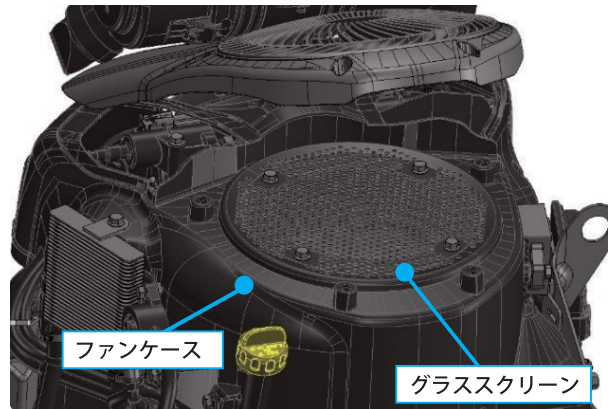


図3 メンテナンスハッチ

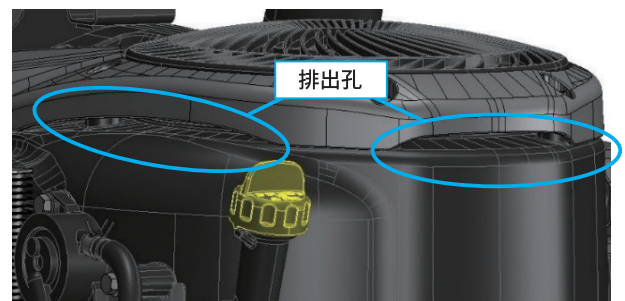


図4 排出孔

#### ・オイルフィルタ縦向き設置

車体搭載状態では、エンジンはバンパーに囲まれており、上からの作業に制限されるため、オイルフィルタを縦向きに設置し、上からアクセスできる構造とした(図5)。

また、フィルタ下部にオイル受けを設定することで、エンジンブロックにオイルが付着しにくく、オイルの拭き取り作業が容易になった。

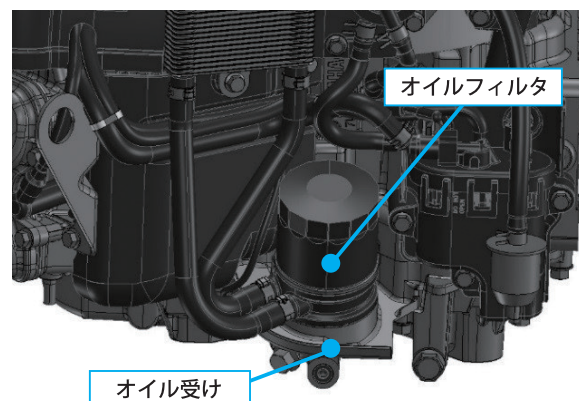


図5 オイルフィルタ配置

・清掃のしやすさを考慮したシリンダフィン・シュラウド形状

空冷エンジンのため、シリンダフィンおよびシュラウド形状は冷却上重要な部位となるが、冷却風とあわせて流入する芝・埃等が堆積しにくく、清掃しやすい形状とした。

### 3-5. ZTR専用装備

ZTRへの搭載にあたり、業界における標準装備品を設定することは必須となる。そこで、市場調査と他社エンジンの研究により、以下の装備を設定した。

・グラススクリーン

刈った細かい芝がエンジンのファンケース内に入り込まないような多数孔の開いた円盤であり、他社同様、回転物であるフライホイールに直接取り付けられる構造を採用した。また、グラススクリーン上への堆積を防止するため、グラススクリーン中心部分を凸形状とし、メンテナンスハッチ側部の排出孔より外部へ排出しやすい形状とした。

・ヘビーデューティエアフィルター

使用環境が芝、ダストが多い環境であるため、二重エレメントを用いたヘビーデューティエアフィルターを採用した。

### 3-6. バリエーション展開

ZTRメーカーがラインナップしている車種は一社でも多数あり、刈刃（ブレード）サイズ、車体サイズ、エンジン搭載状態、用途等により様々である。これらのモデルに対応するエンジンバリエーションが必要となるため、初期段階より基本構造の共通化構想をもって開発を進めた。これにより、バリエーションモデルの設定を最低限の開発工数で進めることができ、開発期間を短縮することができる。

本モデルでは、スロットル開度規制による最大出力違い3モデル×バッテリー充電用チャージコイルの容量違い3モデルの計9モデルを同時立ち上げし、今後はキャブレターモデル、水平化も視野に入れている。

界最大の芝草業界の展示会であるUS GIEショーにてヤマハと搭載メーカー2社合同で展示・発表することができた。

ヤマハとしては初参入市場ではあるが、他社エンジンを上回るパフォーマンスを発揮することで、市場に受け入れられると確信している。今後、北米市場でのマーケットシェア拡大のためにはラインアップを拡充する必要があるが、その第一歩として本エンジンが評価され、バリエーションモデルと共に多くのZTRへ搭載されることを期待している。

### ■著者



加治屋 晋一

Shinichi Kajiya  
ヤマハモーターパワー  
プロダクツ株式会社  
PP事業推進部



津田 真矢

Shinya Tsuda  
ヤマハモーターパワー  
プロダクツ株式会社  
PP事業推進部

## 4 おわりに

本モデルはYMUS(Yamaha Motor Corporation, U.S.A.)マーケティング部門との協力により、ZTRに求められる性能・機能の検証と開発、ZTRメーカーでの実機評価、販売チャンネルの開拓を並行して進めることができた。これにより、2016年6月の生産開始時点で搭載メーカーを獲得でき、10月には世