

ハンディポータブル発電機 EU3200i の開発

Development of EU3200i Handy Portable Generator

武石 正 憲¹
Masanori TAKEISHI
山 本 康 則¹
Yasunori YAMAMOTO

小 山 浩 史¹
Hiroshi KOYAMA
平 田 光 俊¹
Mitsutoshi HIRATA

加 勢 拓 男¹
Takuo KASE
前 田 譲 治²
Joji MAEDA

要 旨

可搬性を備えながらレジャー用途の多様な家電製品が使える新型 3 kVA クラスインバータ発電機 EU3200i を開発した。本発電機は、2 kVA クラスの EU2200i に三つの主要技術を投入し、サイズ・質量の増加を抑えつつ、高出力化と使い勝手向上をはかった。第一に、小型・高出力の専用エンジンとオルタネータを搭載し、比出力を向上させた。第二に、パワープロダクツ製品初のバッテリーレスフューエルインジェクションシステムを採用し、燃料消費を抑えつつ簡単始動を実現した。最後に、樹脂モノコック構造を採用することで質量増加を抑えつつ、従来同等の騒音レベルを達成した。従来製品 EU2200i に対しパワーウェイトレシオを 15% 向上させ、容量 79 L・質量 26.8 kg と 3 kVA クラストップレベルの小型・軽量発電機を実現した。

ABSTRACT

The newly developed EU3200i inverter generator of the 3-kVA class provides portability together with the ability to operate a variety of household appliances with leisure applications. The generator adds three key technologies to the 2-kVA class EU2200i to yield higher power output and enhanced usability while limiting increases in size and mass. The first was to mount a dedicated engine and alternator for compactness and high power output, increasing the specific power. The second was the initial adoption of a battery-less fuel injection system in the power product field, realizing simple startup capability while reducing fuel consumption. Finally, the new resin monocoque structure achieves noise levels on a par with previous products while limiting increases in mass. The power-weight ratio has been enhanced 15% over the preceding EU2200i, and with volume of 79 L and mass of 26.8 kg, the generator delivers the highest level of compactness and lightest level of weight in the 3-kVA class.

1. ま え が き

キャンピングカー用電源などレジャー領域の豊富な需要を背景に、北米のインバータ発電機市場は継続的に拡大している (Fig. 1)。出力別の市場規模は 2 kVA クラスが大きい、近年 3 kVA クラスの市場規模も同時に伸びている。従来のキャンピングカー用途では、主としてエアコン用に発電機が使われていたが、使用機器の多様化 (冷蔵庫、コー

ヒーメーカー、調理家電等) で高出力が必要となり、3 kVA クラスの販売台数が伸びたと推測できる。

レジャー領域では、発電機は通常各家庭で保管され、使用時に車に積載し運搬される。現地到着後も車から使用場所まで持ち運ばれる機会が多いため市場では可搬性が重視される。このため 2 kVA クラスでは EU2200i (Fig. 2(a)) のような片手で持てるスーツケーススタイルが主流であるが、伸びゆく 3 kVA クラスでも同様に可搬性のニーズが高

¹ ライフクリエーションセンター

E-mail: masanori_takeishi@jp.honda

² デザインセンター

いと考えた。そこでスーツケーススタイルの EU2200i を 3 kVA クラスに進化させた発電機 EU3200i (Fig. 3) を開発した。本稿では、EU3200i へ投入した高出力化と使い勝手向上を実現する技術を紹介する。

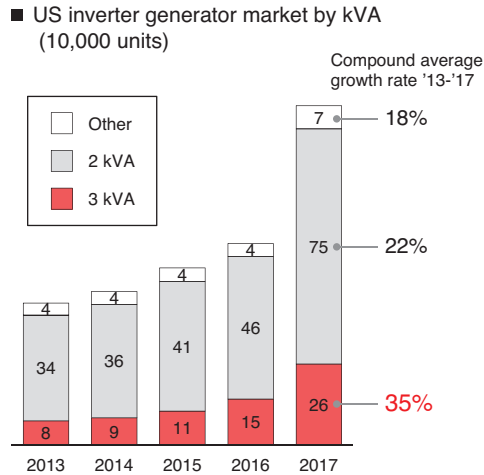


Fig. 1 US inverter generator market by kVA



Fig. 2 External view of previous Honda generators



Fig. 3 External view of EU3200i

2. 機種概要と主要諸元

EU3200i の商品コンセプトは、レジャーの場面で使い易い軽量コンパクト 3 kVA クラス発電機である。本発電機の主要諸元を、ベース機種の EU2200i と比較して Table 1 に示す。従来製品 EU2200i に対し出力質量比を 104 VA/kg から 119 VA/kg へ 15% 向上させ、容量 79 L・質量 26.8 kg

Table 1 Comparison of specifications

Model name	EU2200i	EU3200i
Max power [VA]	2200	3200
Rated power [VA]	1800	2600
Mass [kg]	21.2	26.8
Output to mass ratio [VA/kg]	104	119
Width [mm]	290	306
Enclosure volume [L]	63	79
Remote monitoring	Bluetooth	Bluetooth
Fuel supply system	Carburetor	Fuel injection
Run time (1/4 rated) [h]	8.1	8.6
Run time (rated) [h]	3.2	3.3
Noise level (rated) [dB(A)]	90	91

を達成した。Fig. 4 に示すように、3 kVA クラスで他社既存商品や EU3000i Handi (Fig. 2(b))⁽¹⁾ と比較して小型・軽量化を実現した。

外観は以下の三つの価値を表現する「プレミアム・インテリジェンスデザイン」とした。

- ・ 一目で分かる変化・進化
- ・ 要素が少なくシンプルで賢く見えるたたずまい
- ・ 所有した時に味わえる満足感、充実感、優越感

構造を美しく見せるために、光の陰影で軽くコンパクトに見せる多面体形状を取り入れ、他にはない特徴的な印象を与えている。多面体形状にすることで、光の反射する面、陰になる面ができ、陰影を際立たせ美しく魅せる形状となると共に、四隅を無くすることで破損リスクを減らし、運搬時に身体や車などに角をぶつけるリスクを軽減した。ま

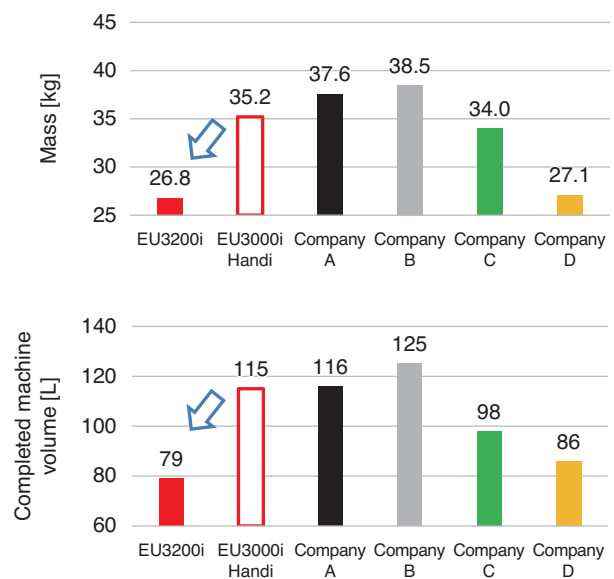


Fig. 4 Comparison of 3-kVA class generator mass and volume

た、他社製品にはないオリジナリティを感じさせる特徴のある形状とすることにも寄与している。

開発にあたっては、可搬性に優れた既存機種 EU2200i をベースとし、三つの主要技術を投入した。

- (1) 小型・高出力の専用エンジンとオルタネータ
- (2) 燃料消費を抑えつつ簡単始動を実現するパワープロダクツ製品初のバッテリーレスフューエルインジェクション (FI) システム
- (3) 質量増加を抑えつつ従来同等の騒音レベルを達成した樹脂モノコック構造によるパッケージング

以下に高出力化と使い勝手向上を実現する各技術の詳細を述べる。

3. エンジン・オルタネータ

3.1. 小型高出力エンジン GX130

EU3200i に搭載したエンジン GX130 は、スーツケーススタイル実現のために、EU2200i に搭載したエンジン GXR120 の幅方向寸法を維持しつつ、発電出力アップに対応したエンジン出力と小型化・軽量化を両立させるため、三つの技術手段を取り入れた。

- (1) 高回転・高圧縮比・吸入空気量増による高出力化
- (2) ベアリングホルダ構造による構造体の軽量化
- (3) 燃焼室と動弁室の分離による冷却効率向上

3.1.1. 高出力化

はじめに、GX130 と GXR120 の諸元比較を Table 2 に示す。

GX130 は GXR120 に対して 7% の排気量アップにとどめつつ、エンジンを高回転、高圧縮比化した。ストイキ運転を実現するために、ストローク/ボア比を 1.0 近傍に設定し、バルブを傾斜配置した燃焼室形状により筒内流動を強化している。

高出力化するためには、吸入空気量を増加する必要があるが、EU2200i で採用しているキャブレタは吸入通路の極少部であるベンチュリボア径を考慮してスロットルボア径を設定しなければならないため、スロットルボア径を拡大するには、キャブレタのサイズを大きくする必要があった。そのため、EU3200i は、FI を採用することで燃料システムのサイズを維持したまま、スロットルボア径拡大を可能とした。

以上の高回転、高圧縮比化、スロットルボア拡大による吸入空気量の増加により、Fig. 5 に示すように最大出力を 43% アップさせた。

3.1.2. ベアリングホルダ構造による構造体の軽量化

Fig. 6 に GX130 と GXR120 のエンジン構造の比較を示す。GX130 は、タイミングベルト側軸受にベアリングホルダ構造 [Fig. 6(A)] を採用することで、タイミングベルトを軸受に対し外側に配置することが可能になり、クランク

Table 2 Comparison of engine specifications

Model name	EU2200i	EU3200i
Engine name	GXR120	GX130
Engine type	Air-cooled 4 stroke OHC	
Displacement [cm ³]	121	130
Bore × Stroke [mm]	60 × 43	56 × 53
Compression ratio	8.5	10.0
Stroke/Bore ratio	0.72	0.95
Engine mass [kg]	5.6	5.0
Throttle bore diameter [mm]	15	18
Outer diameter of cooling fan [mm]	171.5	

シャフトの軸受間距離を 97.5 mm から 70 mm に短縮した。これにより、高圧縮比による荷重増に対する支持剛性を確保しつつ、クランクシャフト軸受をシリンダパレル側に集約することでクランクケースカバー側の構造を簡素化することができ、GXR120 に対して 0.6 kg の軽量化を達成した。

3.1.3. 燃焼室と動弁室の分離による冷却効率向上

GX130 は前述のように高出力化及び後述するストイキ運転に対応したことでエンジン温度は従来機種に比べ高くなり、スーツケーススタイルの発電機に搭載されることで、エンジンの冷却性能を成立させるための課題があった。これを解決するために、タイミングベルトを外側 (軸端側) に配置し、Fig. 6(B) に示すように、燃焼室と動弁室を分離した。これにより、Fig. 6(C) に示すように、シリンダとタイミングベルト間に冷却風路を新たに設けることができ、シリンダヘッドの放熱面積が増加することで、高回転化と併せて、クーリングファンのサイズを維持することができた。Fig. 7 にインバータ発電機のクーリングファン外径と発電出力のトレンドを比較したグラフを示す。EU3200i において、発電出力とファン外径の比率が変化し、冷却効率が向上したことが示されている。

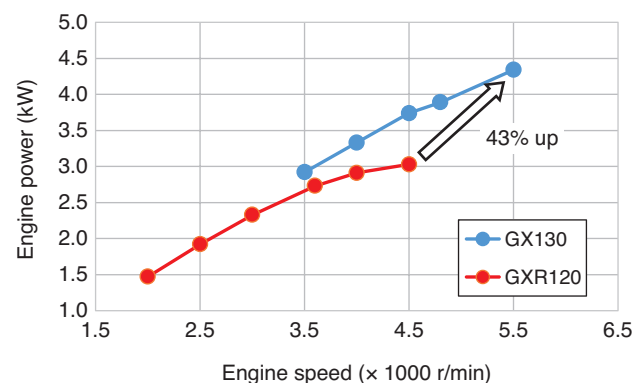


Fig. 5 Comparison of engine power

3.2. オルタネータの小型高出力化

エンジンと同時に発電部においても小型高出力のオルタネータを導入した。Table 3 にオルタネータの諸元を示す。

オルタネータは完成機の幅寸法を維持しつつ高出力化を達成するために EU2200i と同外径（ロータ外径 150 mm）で 3.2 kVA を出力できることが要求された。この達成手段として、マグネット材料を EU2200i のフェライトに対し、最大エネルギー積 BHmax が 1.82 倍のネオジムボンドを採用し、オルタネータ出力を向上させた。また、磁力アップによる各部適正化によって、ステータの積厚を 14% 削減することが可能となり、オルタネータトータル質量を 6.3% 削減できた。

以上により、Fig. 8 に示すように、EU2200i に対し、ロータ外径を維持した小型オルタネータの最大出力を 55% 向上させた。

Table 3 Comparison of alternator specifications

Model name	EU2200i	EU3200i
Outer diameter of rotor [mm]	150	
Continuous rated output of alternator [kVA]	2.4	3.7
Efficiency of alternator (rated) [%]	86<	
Thickness of stacking [mm]	24.15	21.00
Mass [kg]	3.2	3.0
Output weight ratio [kVA/kg]	0.75	1.16
Magnet type	Ferrite	Neodymium-based bond magnet
BHmax [MGOe]	5.5	10.0
Material of stator core	35A360	
Material of yoke	JSC270E	SPHC

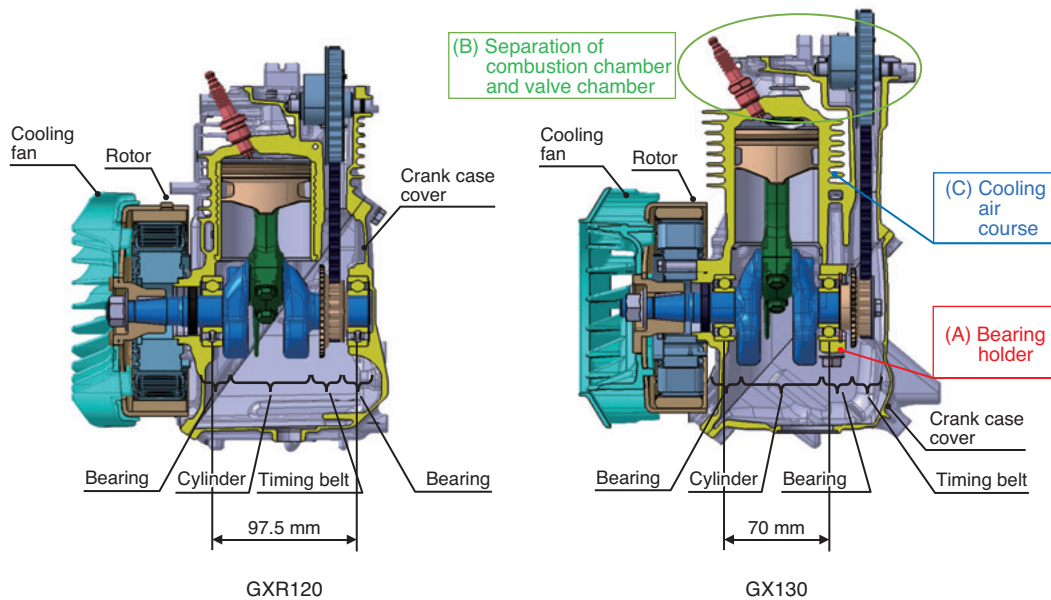


Fig. 6 Sectional view of GXR120 and GX130

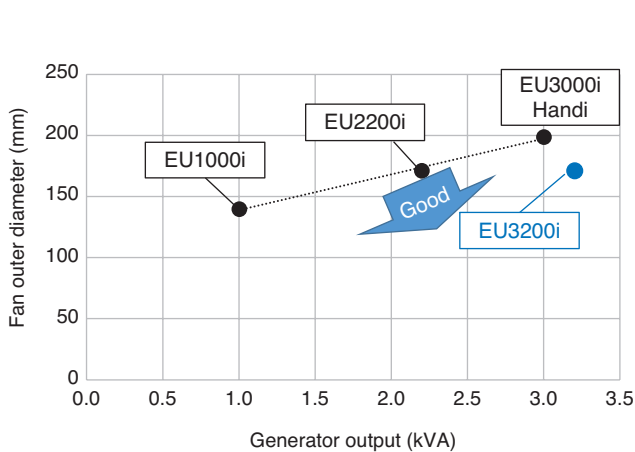


Fig. 7 Trends of fan outer diameter and generator power

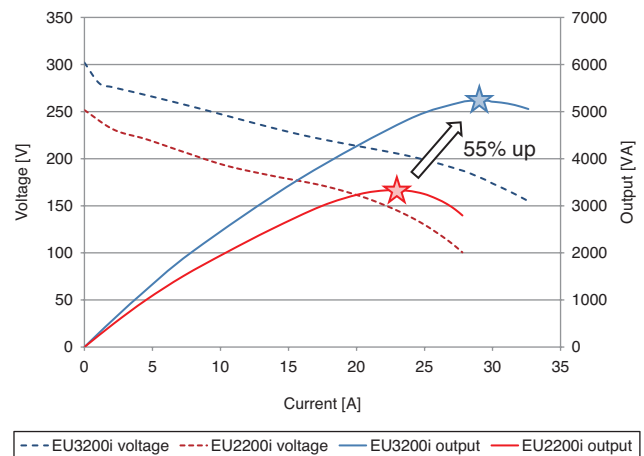


Fig. 8 Comparison of EU3200i and EU2200i alternator performance at 5500 r/min

4. バッテリーレス FI システム

EU3200i にはストイキ運転により燃料消費を抑えつつ簡単始動による使い勝手向上を実現するため、パワープロダクツ製品初のバッテリーレス FI システムを採用した。

4.1. ストイキ運転による低燃費化

EU3200i ではスロットル全開を除く領域で、FI システムと排気 O_2 センサを使用したフィードバック制御によるストイキ運転を行なっている。Fig. 9 に示すように最大出力時は出力空燃比として燃費は従来と同等レベルを維持しつつ、定格負荷 4800 r/min 以下はストイキ運転としてより低燃費を実現した。これにより、前述の Table 1 で示したように、EU2200i に対して発電機の定格出力が 44% 向上しているが、ストイキ運転による低燃費化によりタンク容量は 3.6 L から 4.6 L の 28% 増加にとどめつつ、定格出力での連続運転時間を維持できた。

4.2. 簡単始動システム

本開発では、通常 FI システムを始動するために用いるバッテリー式スタータモータを使わずに、既存の発電機と同じリコイルスタータ操作で始動できる、FI 始動システムを構築した。

ハンディポータブル発電機の始動は、バイクで用いられるキックスタートではなく、手動によるリコイルスタータが用いられることが多い。このため、始動デバイスの電力を低回転で発生させる必要があった。そこで、リコイルスタータを引くことによりクランクシャフト軸を回転し、オルタネータで AC 三相電力を発生させた。発生した電力をエンジンコントロールユニット（以下 ECU）内部の電源回路で DC 電力に変換し、FI デバイスに供給した。なかでも ECU は、燃料ポンプ・インジェクタ・点火コイル・スロットルモータといった FI デバイスを制御・駆動し、始動制御を担っている。

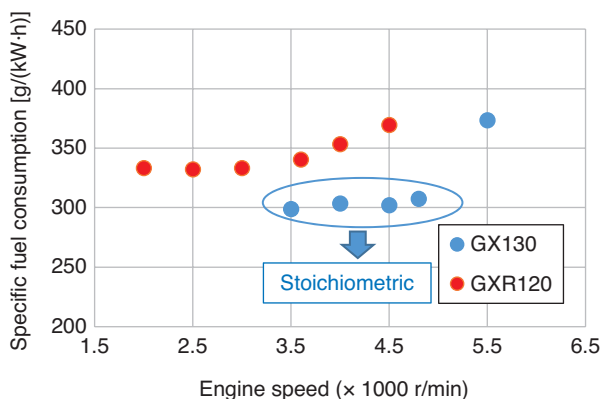


Fig. 9 Comparison of specific fuel consumption

始動時に作動し電力を必要とする部品を Fig. 10 に、既存の EU2200i とのシステムの対比を Fig. 11 に示した。FI を採用したことなどによる始動時の要求電力の違いは、EU2200i が 3 W (電力消費部品; 3 部品) であるのに対し、EU3200i は 21 W (電力消費部品; 7 部品) となった。始動時に電力消費する部品を以下に示す。

・ EU2200i (3 部品)

点火ユニット、イグニッションコイル、スロットル

・ EU3200i (7 部品)

ECU、点火ユニット、燃料ポンプ、インジェクタ、エンジン温度センサ (TE センサ)、吸気管内負圧センサ (MAP センサ)、スロットル

バッテリーを使わず、低回転なりコイル始動でデバイスの電力を発生させる、という課題を達成するため、以下の三つの技術手段を採用した。

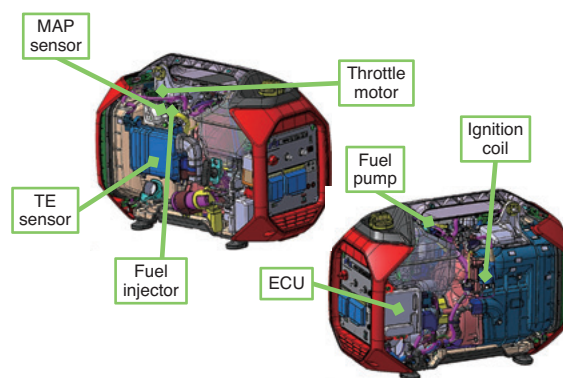


Fig. 10 Power consuming parts at startup

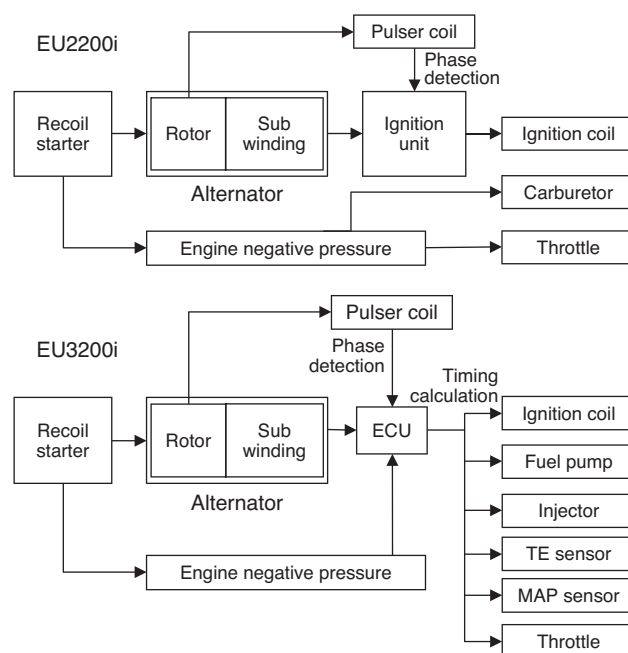


Fig. 11 Comparison of system with EU2200i

Table 4 Comparison of recoil specifications

Model name	EU2200i	EU3200i
Recoil reel diameter [mm]	100	65
Number of recoil rope turns	2.6	3.9

- ・ 低回転数で要求電力を満たす、オルタネータ仕様
- ・ 低回転時に少ない着火チャンスでエンジン始動を可能にするため、クランクシャフト回転直後に燃料を予備噴射する制御
- ・ 始動時の回転数を確保するため、リール径を EU2200i に対し小径化し、ロープ巻き数を増したリコイルスタータ仕様 (Table 4)

これらの手段を採用することで、リコイルスタータ操作フィーリングや、始動操作回数、および始動可能な環境温度は、すべて既存の EU2200i と同等でありながら、始動時のチョーク操作を削減する使い勝手の向上をバッテリーレス FI システムで実現できた。

5. パッケージング技術

EU3200i のきょう体構造は、2 kVA クラスインバータ発電機の持ち運び性を実現するため、きょう体形状を 1 ハンドルスーツケーススタイルとした。加えて、これまでの EU シリーズとしての低騒音化も実現するフレーム構想を検討するのにあたり、主に以下の四つの課題対応が必要であった。

- (1) 小排気量・高回転型エンジン採用によるきょう体低騒音化
- (2) 小型化、軽量化および良好な持ち運び性を実現するきょう体形状
- (3) 燃料配管および電装部品を目視しながら組立できる構造
- (4) ストイキ運転による排気および排風温度の上昇対応以降、これら四つの課題対応を実施した EU3200i のきょう体構造について説明する。

5.1. きょう体の低騒音化

EU3200i はきょう体サイズを 2 kVA クラス発電機ヘダウンサイジングさせる技術手段として、小型軽量高回転型エンジンを採用した。このエンジン搭載を念頭に、小型軽量で連続運転に耐えうる冷却性能と定格出力・2.6 kVA 時の騒音値:91 dB(A) を達成させるきょう体構造を検討した。EU3200i のフレーム構造を Fig. 12 に示す。

まず初めに、パッケージングを決めるため、主要補器の配置に加え、きょう体の低騒音化構造の検討を行った。

高回転型のエンジンに一番近く、エンジン冷却性向上のための冷却風のガイド機能を持つ樹脂シュラウドに吸音材

を設定し、エンジンをフルカバーする構造を採用した。

さらにきょう体の樹脂カバーと合わせて、エンジンからの機械音の低減のための吸音材+二重の樹脂フルカバー構造とした。

5.2. フレームレスモノコック構造ときょう体側面形状

1 ハンドルスーツケーススタイルのきょう体パネルは、小型化・軽量化・低騒音化を行う一方で、内蔵する部品を守る骨格の役割や良好な持ち運び性を実現する形状である必要がある。

スーツケーススタイルの場合、本機持ち運び時にきょう体の側面形状がユーザーの脚に触れる場合があるため、側面形状をラウンド形状とすることで、不快感を軽減させた。きょう体側面形状の断面図を Fig. 13 に示す。

一方で、側面形状をラウンドさせすぎると、エンジンや電装部品などの収納スペース以外に、無駄な空間 (Dead space) が発生し、きょう体サイズの肥大化を招いてしまう。

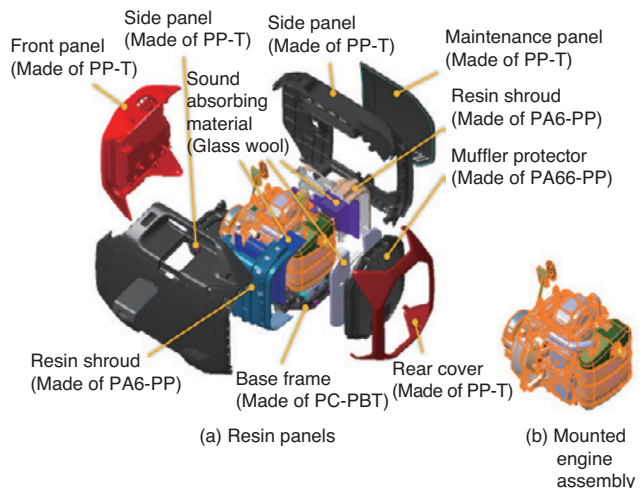


Fig. 12 Frame structure of EU3200i

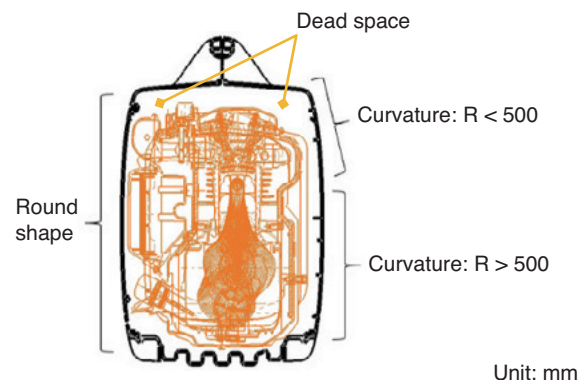


Fig. 13 EU3200i housing side shape (sectional view)

そこで、良好な持ち運び性と無駄空間の最小化を実現させるため、側面のラウンド形状の曲率を検討し、持ち運び時に触れる可能性が高いきょう体側面パネルの上部と中央部の曲率を連続的に変化させた。

側面形状を曲面としシエル構造とすることで、モノコックフレームを構成するきょう体パネルの強度・剛性を高められ、きょう体パネルの小型化と合わせて、良好な持ち運び性を実現するきょう体形状とすることができた。

5.3. 燃料タンクマウント構造

目視ができない状態での部品組立は、燃料漏れや始動不能などの重大な品質不良の一因となる。特に、燃料漏れや、発電機の起動や出力に関する部品に関しては、目視しながら組立できる構造とする必要がある。従来のモノコック構造採用機種 (EU2200i) との構造比較を Fig. 14 に示す。

EU3200i では燃料タンクをフロントパネルに組付けることで自立可能な構造とした。サイドパネルを外した状態でのきょう体組立が可能となり、燃料配管と電装部品ハーネスの目視しながらの組立を実現できた。

また、EU3200i ではエンジンをマウントするブラケット、ヘッドカバー、エンジンマウント機能を持つファンカバーをアルミダイキャスト製とした。エンジン本体の支持機能を持たせ、これらをきょう体の両サイドパネルのハンドル部後部とベースフレーム部にゴムマウントを介して支持した。

さらに、フロントパネルへ金属製燃料タンクとインバータユニットをゴムマウントを介して組付け自立させる構造とし、きょう体と締結し一体化させることでエンジンのマ

ウント構造部と合わせて本機取り扱い時に必要な強度および剛性を確保した。構造の概要を Fig. 15 に示す。

本構造の特徴は、以下 2 項目である。

第 1 に、きょう体パネルにてモノコック構造を構成すると共に、燃料タンクの保持機能もパネルに持たせることで内部フレーム構造なしで自立させることを実現した構造。

第 2 に、そのきょう体パネルとエンジンなどの内部構成部品にて、本機取り扱い時に必要な強度および剛性を確保しつつ、その質量をきょう体ハンドルで直接保持させている構造。

本構造採用により、部品点数の削減およびパッケージング性を向上させ、サイズの小型化および軽量化に貢献した。

5.4. ストイキ運転に伴う排気及び排風温度上昇対応

ストイキ運転化による運転時の排気温度の上昇に伴い、マフラ冷却性を向上させることを目的に、本機後部のマフラプロテクタ排風口位置を本機中央上部に集中させた。マフラ周囲の冷却風流れを Fig. 16 に示す。

本構造により冷却風がマフラ表面を伝って流れる構造とすることで、マフラ冷却性を向上させた。

また、この構造はエンジンからの機械音の放出を抑制するラビリンス構造としても機能するため、吸音材を設定することで機械音の低減:-1 dB(A) を実現させ、完成機騒音値の目標達成に貢献した。

一方、冷却風がマフラから奪う熱が増えたことで、排風温度が上昇した。そこで、排風が与える設置環境への影響を考慮し、排風ルーバの形状の設定を行った。

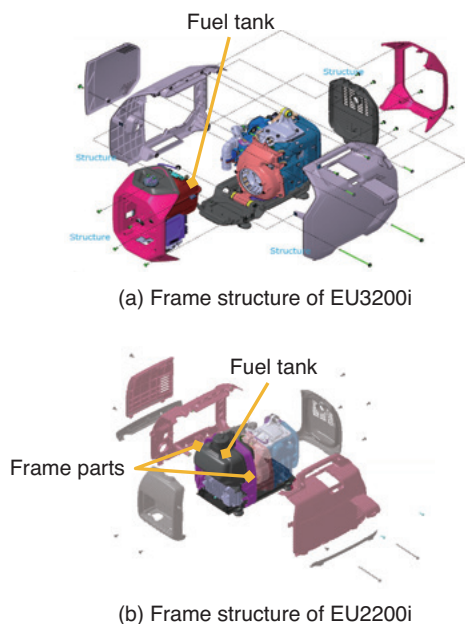


Fig. 14 Comparing frame structure of EU3200i and EU2200i

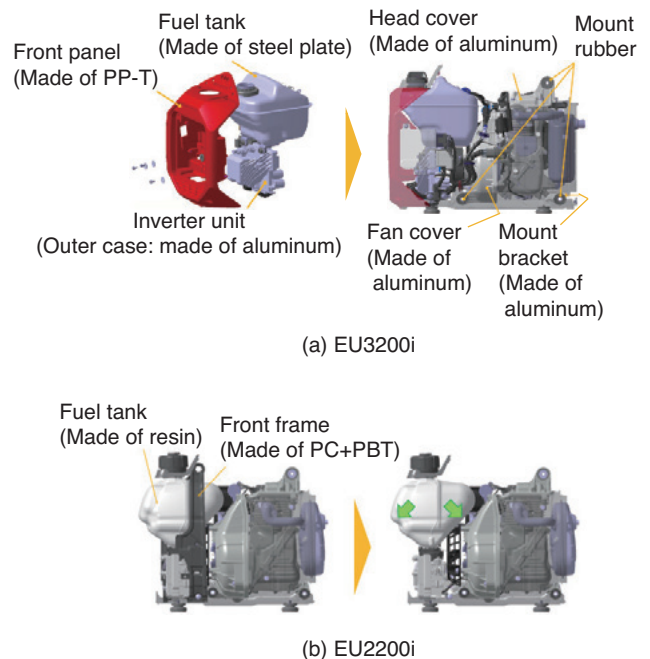


Fig. 15 Fuel tank supporting structure

形状検討に際しては、市場での運転時の設置環境を調査し、求められる目標値の設定を行った。調査の結果、本機の設置環境としては、芝地への設置が多く見られることが分かった。使い勝手上、代表的な設置状況を Fig. 17 に示す。

本機運転による排風にて、芝枯れが発生しない排風接地面の温度を目標値として設定した。

また、排風ルーバ形状検討においては、本機の冷却性能だけではなく騒音特性にも影響を与えるため、本機の各部の温度要件と合わせて、騒音値への影響も確認しつつ、きょう体後部のルーバ角度を設定した。排風ルーバの設定部位を Fig. 18 に、Fig. 19 に本構造採用により達成した排風接地面温度と定格出力時の騒音値を示す。以上の実際の使い勝手と設置環境への影響を考慮したきょう体形状の設定により、周囲の環境にも適合する従来にはない小型・軽量・低騒音化と良好な持ち運び性を有するきょう体パッケージを実現することができた。

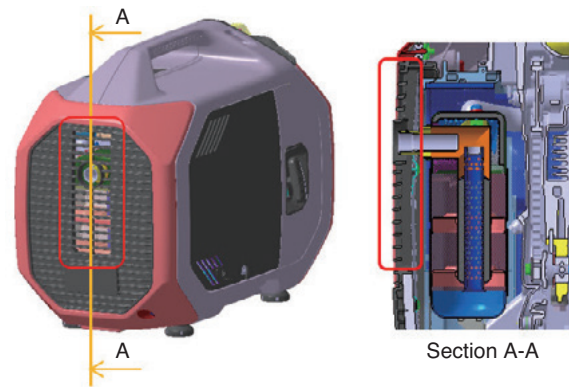


Fig. 18 Exhaust louver of EU3200i

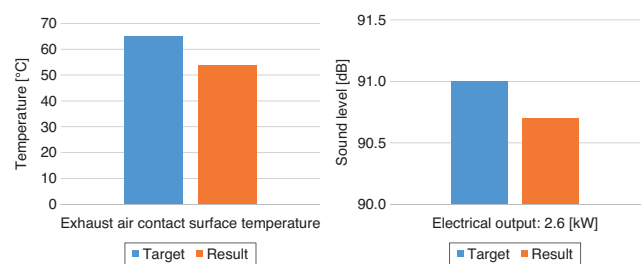


Fig. 19 Exhaust air contact surface temperature and sound level at rated output

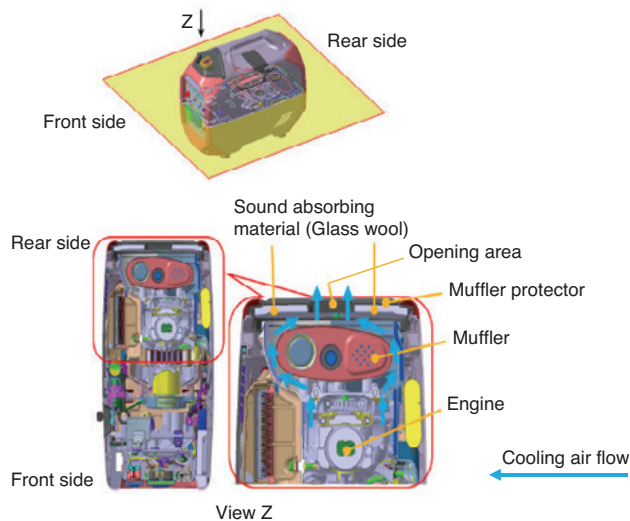


Fig. 16 Cooling air flow in muffler labyrinth structure



Fig. 17 Example of typical placement location of single-handle portable generator

6. まとめ

レジャーの場面で使いやすい軽量コンパクト 3 kVA クラス発電機をコンセプトに EU3200i を開発した。スーツケーススタイルの従来製品 EU2200i に対しパワーウェイトレシオを 15% 向上させ、容量 79 L・質量 26.8 kg と 3 kVA クラストップレベルの小型・軽量発電機を実現した。本機種に投入した高出力化と使い勝手向上の両立を実現する主要技術は以下の三つである。

- (1) 小型・高出力の小排気量・高回転・高圧縮比専用エンジン GX130 とネオジムボンドマグネットを採用したオルタネータ
- (2) 質量増加となるバッテリーを不要としながらストイキフィードバック運転により燃料消費を抑えつつ簡単始動を実現するパワープロダクツ製品初のバッテリーレス FI システム
- (3) 補強フレーム部材を無くすことにより質量増加を抑えつつ従来同等の騒音レベルを達成した樹脂モノコック構造によるパッケージング

以上の主要技術とひと目で分かる新しい「プレミアム・インテリジェンスデザイン」を採用した EU3200i が今後、北米のみならず全世界のお客様に喜んでいただける商品となることを確信している。

参考文献

- (1) 平沼淳二, 広瀬忠文, 結城仁, 田中豪, 室野井和文: インバータ発電機「EU3000i Handi」の小型・軽量化技術,
Honda R&D Technical Review, Vol. 22, No. 1, p. 21-27

■ 著 者 ■



武石正憲



小山浩史



加勢拓男



山本康則



平田光俊



前田譲治