

軽量化への挑戦、インバーター発電機EF2500iの開発

Challenge To Lightweight, Inverter Portable Generator EF2500i

深谷光男 Mitsuo Fukaya 横倉 誠 Makoto Yokokura 馬塚尚人 Naoto Mazuka
内野 隆 Takashi Uchino 杉山隆秀 Takahide Sugiyama

●特機事業部開発室



図1 インバーター発電機EF2500i

1 はじめに

地球環境問題や省資源としてのリサイクルがクローズアップされるなかで、携帯発電機も燃費改善、騒音低減、排ガスのクリーン化が要求されるようになってきている。同時に産業界では、携帯電話、携帯パソコンなど、携帯という接頭語のつく商品の軽量化競争が続いている。発電機という商品に目を落としてみると、0.5 kVAから6 kVAまでのクラスの携帯発電機が各社から市場に投入され、国内年間総需要は約10万台（1999年実績／ヤマハ発動機調べ）で推移。そのうち40%は2 kVAクラスで、建設現場・道路工事から防災業務まで多方面に利用されている。近年では、工事現場の年齢層も広がりを見せ女性労働力も進出。

また、マイコン制御による電気機材が広く普及しており、従来システムによる発電機では十分に性能を出せない機器や、誤動作する機器も見受けられるようになってきた。

このような市場環境の中、顧客の軽量コンパクト化への要求度は高く、又高品位な電源が少しずつ求められるようになってきている。

本稿で述べる「インバーター方式携帯発電機EF2500i（図1）」は、軽量化を最重視し、環境対

応技術を採用しながら、高品位な出力波形を狙った商品である。ここにその概要を紹介する。

2 開発の狙い

当モデルの開発目標を以下に示す。

(1) 軽量・コンパクト化

1人でトラックへの上げ下ろしが可能な重量とし2 kVAクラスで業界最軽量と最小容積とする。

(2) 精密機器が使えるような波形のよさ

波形歪み率で5%以下とする。

(3) 低燃費・低騒音

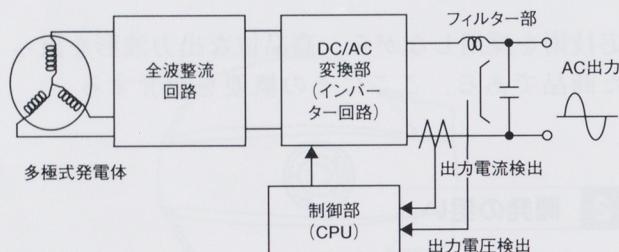
燃費は実用域で既販モデルに対し10～20%向上させる。騒音は4方向平均にて68 dB A以下とする。

(4) 環境への配慮

排ガス規制はEPA Phase II及びCARB. Tire IIの規制値を満足させる。インバーターユニットの制御基板のフロン洗浄廃止、Crメッキ廃止を実施し同時にリユースを配慮した設計とする。

3 システムの概要

軽量・コンパクト化を達成するため、交流出力を得る基本構造はインバーター方式とした。基本システム図を図2に示す。多極式発電体からの三相交流出力をインバーター方式制御ユニットに内蔵した全波整流回路（混合ブリッジ）に入力。位相制御によりAC/DC変換と定電圧化を行う。この直流電圧をDC/AC変換部（インバーター回路）とフィルター部（LCフィルター）で正弦波に変換する。同時に出力電圧を検出し、制御部にフィードバックし出力電圧の安定化を行なう。また出力電流を検出し、この値をエンジン回転数制御に使用している。



以下インバーター方式携帯発電機EF2500iに採用した特徴的な技術と構造を紹介する。

(1) パワー部のCOB化（パワー部のモジュール化）

を実現したインバーターコントローラー

小形化と軽量化をねらって、パワーCOB化を実現。樹脂モールドされた個別部品のダイオード・SCR・パワーFETで回路を構成し実装するかわりに、図3で示した主要なブロック部分をモジュール化した。図3に示すとおり、ベースメタルに高熱伝導率の絶縁層を介してFETやSCRチップを装着し、配線用銅箔との間をボンディングワイヤーで接続した構造体としたものである。これにより、従来の電子部品実装にたいし、パワー素子部分の構造の簡略化と、軽量・コンパクト化が実現できている。

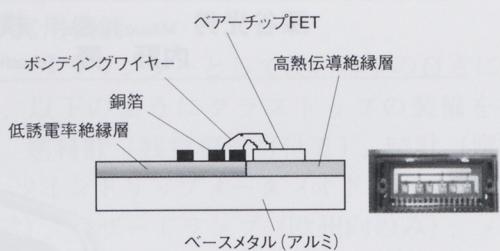


図3 パワーCOB化構造図と外観写真

このような構造体により、配線の閉回路長を短小化する事により、高密度化を狙うと同時に、PWM制御によるスイッチング時の電磁ノイズを減少させた。EMC対応としては、このほかに制御回路基板の4層基板化、発電体からの3相AC出力をDC変換する為の混合ブリッジ部のSCR制御部とインバーターHブリッジ部へのスナバー回路追加、同時に、リアクトル磁気回路からの電磁気放散を防ぐため、リアクトルを閉磁路構造とした。図4に、コントローラーの外観写真を示す。

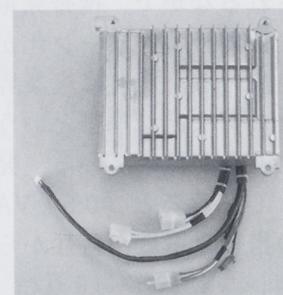


図4 インバーターコントローラー

(2) 三相多極磁石式発電体

軽量化をねらうべく磁石式三相出力の発電体とした。アウターローターには16ヶの磁石を配置し8極対数とし、ステーターには24極の突極を設け星形結線とした。軽量化のため、必要磁路の珪素鋼板を、所用発電出力を得る最小体積となるよう設計。開発時の主要技術課題は、発電効率とコギングトルクであった。開発当初、発電体単体での効率は、81%と低かったがステーターコアの珪素鋼板板厚の最適化と、材質の見直し（JIS記号35A600）により渦電流損と鉄損を改善、90%まで効率を高め、同上極数に

よりコギングトルクを改善した。
その発電体外観写真を図5に示す。

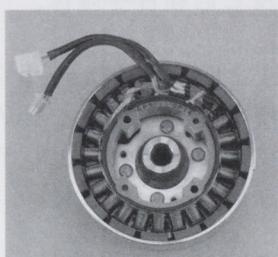


図5 三相多極磁石式発電体

(3) 点火系エンジン冷却ファンと発電体冷却ファンの統合化

図6にそのレイアウト図を示す。上側が従来モデル、下側が今回開発した、冷却ファンを機能統合したインバーター発電機主要部分の断面図である。図7に、実機の冷却風経路を矢印で示した。

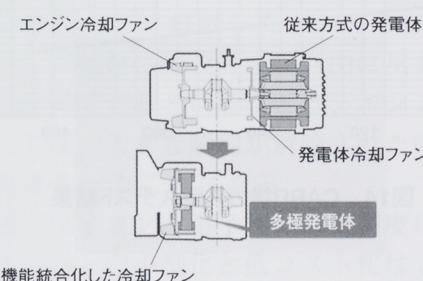


図6 冷却ファンのレイアウト図

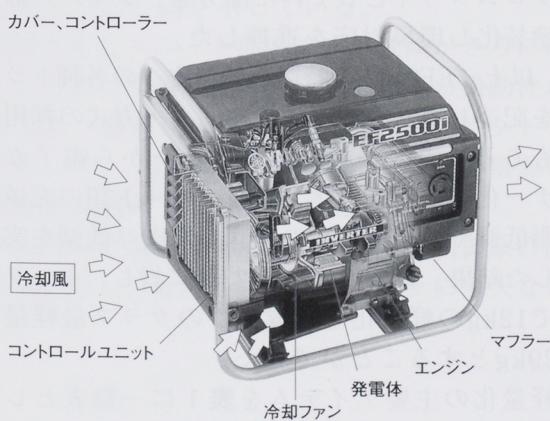


図7 EF2500i実機冷却風経路図

(4) 電子ガバナーの採用

採用した電子ガバナーの外観写真を図8に示す。従来の機械式ガバナーを使用しエンジン負圧を利用してエンジン回転数を制御する方案も検討を進めたが、軽量化と制御の多様性の観点より電子ガバナーを採用。

図9にそのシステムブロック図を示す。

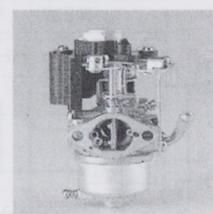


図8 電子ガバナー部外観図

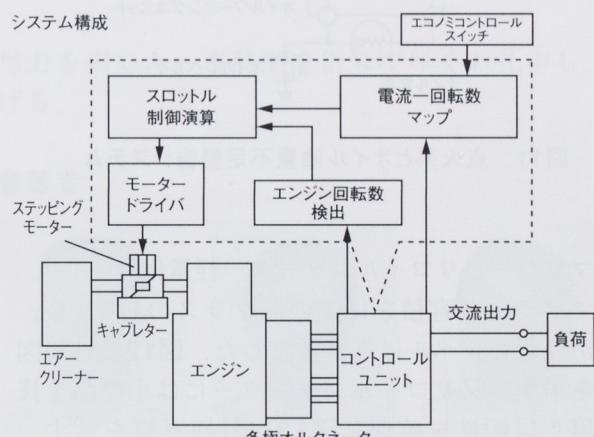


図9 電子ガバナーシステム図

図10に電子ガバナーを採用したEF2500iの燃費と既存モデルEF2300の燃費を示した。燃費低減は、実用領域にて従来モデル比で10から37%の改善を実現。

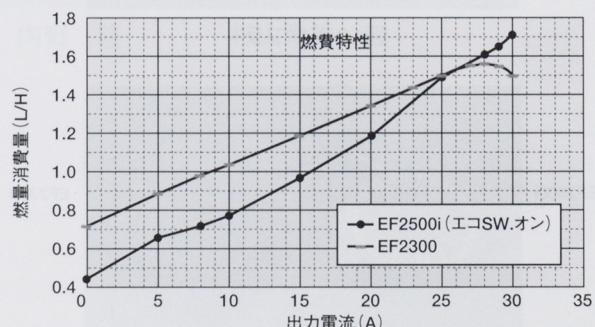


図10 EF2300との燃費改善比較

(5) AC-CDIとオイル警告システム

軽量化を狙いとして、従来モデルで採用していたTCIシステムを廃止しAC-CDIシステムとした。当システムの発電機への採用は初めての試みで、オイル警告システムは失火部分と油量警告部分を別回路とし構造の簡素化を図った。

図11にシステム図を示す。

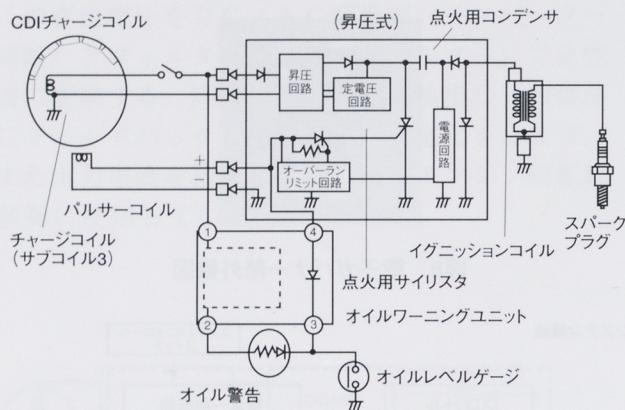


図11 点火系とオイル油量不足警告システム

(6) マフラーとリコイルスターター軽量化

マフラーの容積を従来の同クラスの1/2とし、かつ騒音レベルは従来並とした。図12に外観図を示す。又リコイルスターターには小型品を採用し信頼性を確保。図13に外観写真を示す。

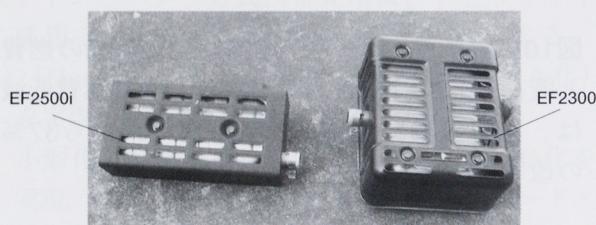


図12 マフラー

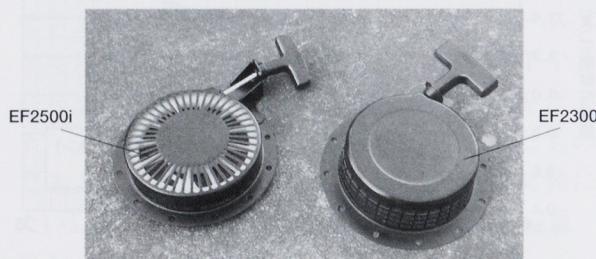


図13 リコイルスターター

(7) フレーム軽量化と新材料

フレームは板厚の最適化をはかり軽量化。エンジンブレケット部は、高張力鋼板(YSH440)を採用し、強度と信頼性を確保。

(8) 環境対応

排ガス規制はEPA Phase II 及びCARB. Tire II の規制値を満足させた。図14にCARB排ガス耐久(500Hr)のテスト結果を示した。

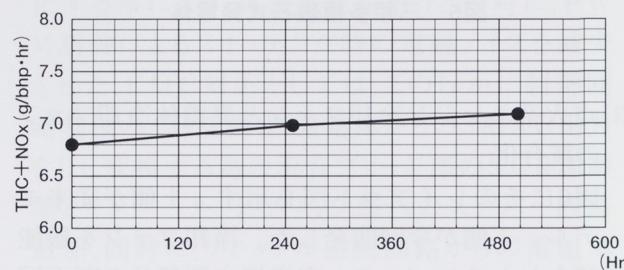


図14 CARB排ガス耐久テスト結果

その他、コントローラーについては、制御基板のフロン洗浄廃止を実施。フレームは従来クロムメッキとしていた部分を、シルバー静電塗装化し環境対応を進捗した。

以上、EF2500iの特徴と軽量化への各種トライを記述してきたが、インバーター方式の採用はもちろんとし、機械式ガバナーから電子ガバナー化による軽量化、新設ユニット類の充填樹脂低減や、樹脂部品の徹底した肉厚低減を実施した結果、従来モデルEF2300に対し、トータルで12kgの軽量化を達成。このクラス最軽量の29kgとすることができた。

軽量化の主要アイテムを表1に一覧表としてまとめた。

表1 主要アイテムの開発段階での軽量化一覧 (EF2300比較)

部品名	軽量化のための技術手段	軽量化率(%)
・発電体	同期式→三相多極磁石式とし材料最適化	67
・点火系部品	TCI方式→AC-CDI方式	91
*AC-CDIユニット	昇圧ユニットとCDIユニット部の統合	15
・電子ガバナーの採用	機械式→電子ガバナー式	60
・マフラー	小型化	31
・リコイルスターター	小型化	5
・フレーム	板厚低減	19
・オイルワーニングユニット	充填樹脂レス・ケースレス化	82
・ワイヤーハーネス	部品レイアウトの最適化による線長さ最適化	7
・ファンの統合化	発電体冷却ファンとエンジン冷却ファンの統合化	79
*ファン	樹脂化	75
・コントロールユニット	充填樹脂低減、リアクトル部の閉磁路化	21

4 おわりに

携帯型エンジン発電機におけるインバーター方式発電技術の採用は、軽量化と高品位電源としての位置づけに大きく貢献したといえる。

エンジン回転数に依存せずに自由に出力電圧と周波数を制御できるということは、エンジン発電機にとっては、大きな制約が解除されたのと等しい自由度をもったことになる。

近未来、マイコンと電子部品の集積度はさらに高まりユニットの小型化と低コスト化はさらに進化するものと推測する。少なくとも、重厚長大で波形ひずみ率の大きい従来型同期発電機から、軽量・高品位波形のインバーター方式発電機への転換はひとつの方向を示している。

低騒音化とユニット部のコスト低減がさらに前進したとき、携帯型発電機としてのその機動性が見直され、非常時の電源として、またアウトドアでのレジャーにおける多様な電気機器の電源として使用範囲が拡大するものと考える。

本モデルの開発にあたり、振動系や制御系の課題対応に際し、社内外の関係者の方々に多大なご

尽力を頂いた。本誌面を借りて厚くお礼申し上げる。

●著者



深谷光男



横倉 誠



馬塚尚人



内野 隆



杉山隆秀