

発電機用「SAA12V140」高出力エンジンの紹介

Introduction of High Output Engine SAA12V140 for Generator

淵 澤 淳
Jun Fuchisawa

当社の定置常用発電機用ディーゼルエンジンの製品系列として、従来、SA12V140エンジンが500ekW出力レンジ発電機用として生産されているが、今回、同じ12V140エンジンにおいて、800/700ekWレンジの高出力エンジンをSAA12V140定置常用エンジンとして開発したのでここに紹介する。

As one of the products of our diesel engine series for stationary continuous power generators, the SA12V140 engine has been manufactured for generators whose output range is 500ekW. Recently, we developed a high output engine, SAA12V140, for stationary continuous power generators of 800/700ekW output range.

Key Words: Engine for Stationary Continuous Power Generator, Higher Output, Lightweight and Compact, Good Fuel Efficiency

1. はじめに

従来、800/700ekW出力クラスの定置常用発電機では、「中・低速大型ディーゼルエンジン」が主流となっていた。コマツにおいても46リッターのSA12V170エンジンがこの発電機出力レンジ用として生産されてきたが、これら大型エンジンは、発電機パッケージへの搭載性、また、その設置性において、イニシャルコストがかかり、それゆえランニングコストと合わせた発電設備メリットを算出するのに不利であり、電力自由化に伴う大型定置常用発電機の拡販を阻害する要因となっていた。

今回、この低イニシャルコスト・低ランニングコストのニーズ対応として、従来500ekW出力クラスの定置常用発電機に使用されていたSA12V140エンジンに対して、コマツ製電子制御高圧燃料噴射ポンプ、高効率ターボ、空冷アフタクーラなどの技術を織り込むことで、高出力と低環境負荷を達成したSAA12V140エンジンを800/700ekW出力クラスの定置常用発電機用エンジンとして開発したので紹介する。

2. 開発の狙い

現行500ekW出力レンジの定置常用発電機用SA12V140エンジンと共通主要コンポーネントを使用し、同時にSA12V140エンジンと同等の信頼性・耐久性を確保した上で、以下の主要品質目標値を狙いとして開発を実施した。

- ① 高出力化：800/700ekW発電機出力の達成(40%の出力アップを実施し性能・信頼性耐久性の確保)

- ② 大気汚染防止法規制値の達成(NO_x規制値：950ppm以下 / 工場出荷検査基準760ppm以下)
- ③ 燃費率の低減：現行500ekW用エンジンに対して3%低減
- ④ 運転時黒煙・低温始動時白煙の低減：現行機と同等以下のこと

3. 開発機「SAA12V140」エンジンの特長

SAA12V140エンジンの外観を写真1に、性能の達成状況と現行機との比較を表1に示す。

また、主な達成手段・変更内容を図1に示す。

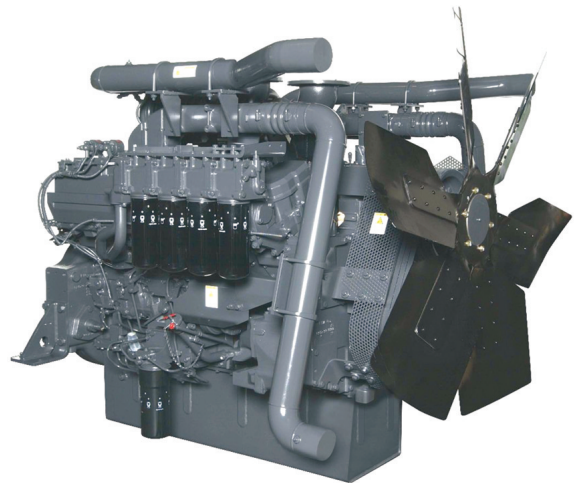


写真1 エンジン外観

表1 性能比較(開発機VS現行機)
700/800ekW 500ekW 700/800ekW

	開発機		現行機		現行機		備考
	700/800ekW	500ekW	500ekW	700/800ekW	700/800ekW	500ekW	
型式	SAA12V140		SA12V140		SA12V170		
シリンダ数	12		←		12		
ボア(mm)	140		←		170		
ストローク(mm)	165		←		170		
排気量(ℓ)	30.5		←		46.3		
周波数	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	
定格出力(PS)	1038	1197	752	846	1127	1256	ファン付馬力
定格出力(mkW)	763	880	553	622	829	924	(ラジエータ付仕様)
発電機効率	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	
定格出力(ekW)	710	819	514	579	771	859	
達成値							
定格燃費率(g/PSh)	150	151	155	161	159	168	
定格燃費率(g/kWh)	204	205	211	219	216	228	
定格燃料消費量(ℓ/H)	183	213	137	160	211	248	
排気色(BSU)	0	0	0.4	0.3	0.4	0.4	
NOx(ppm)	950以下	←	←	←	←	←	
大気汚染防止法	適用		←		←		
概略寸法(mm) *1	2050×1702×1853		2050×1530×1812		2697×1500×1950		
場積(m ³) *1	6.47		5.68		7.89		
乾燥重量(kg) *1	3490		3200		5450		

*1: エンジン本体のみ(ファン付)。ラジエータ関連部品は除く

3.1 性能の達成状況と現行機との比較

- 表1に示すように、開発機 SAA12V140 エンジンは、
- ① 現行の500ekW出力レンジSA12V140エンジンに対して、3%～6%の燃費率の低減を達成した。
 - ② 現行の800/700ekW出力レンジSA12V170エンジンに対して、低燃費かつ、軽量・コンパクトな高出力エンジンを可能にした。(対燃費率:約-5%, 対場積:約-18%)

3.2 主な達成手段と変更内容

(1) 大流量・高効率ターボチャージャの採用

高出力化・低燃費対応として、従来のコマツ KTR110 ターボからより高効率・大流量特性を有するホルセット社製 HX82 ターボに変更した。

(2) 空冷アフタクーラの採用

高出力化による熱負荷増加分の低減のため(信頼性の確保)、また、排気エミッションの低減化のため、高効率の空冷アフタクーラを採用した。この空冷アフタクーラにより、約180℃のブースト温度を50℃以下のクーラ出口吸気

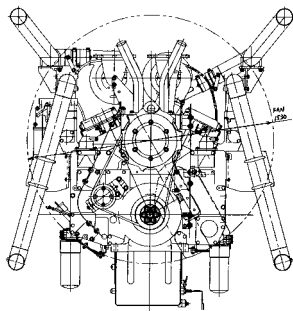
凡例

目的	項目	狙い
----	----	----

低燃費対応
 環境対応
 耐久性・信頼性向上

低温始動時の白煙排出低減

エンジン始動後、後熱システムの採用(始動検知後、自動で吸気ヒータへの通電制御実施)	寒冷時、シリンダ内に吸入される空気を暖め、燃料の気化促進
---	------------------------------



高効率空冷アフタクーラの採用

吸入空気温度の低減(狙い50℃)	排気エミッションの低減
吸入空気密度アップ	高出力化対応

ラジエータ仕様

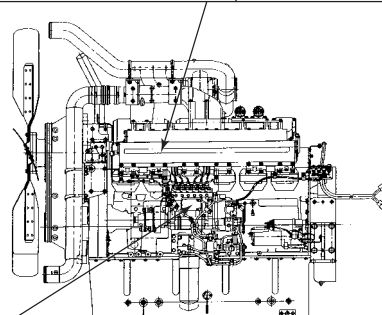
ラジエータの放熱面積アップ	高出力化対応
---------------	--------

燃費・黒煙の改良

①コマツ製 列型噴射ポンプ KP21の採用(電子制御ガバナ)	最適噴射時期制御 燃料の高圧噴射化
②流体研磨噴射ノズルの採用	噴霧の微粒化
③Li → Hiへ加速制御	急加速時排出黒煙の低減

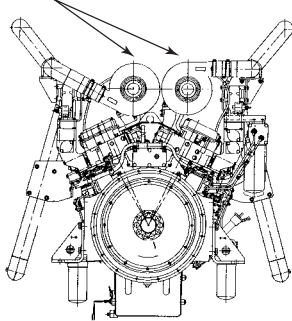
客先コストの低減・ユーザインタフェースの機能向上

コマツ製電子ガバナコントローラの採用	商用電源との系統連携専用コントローラの簡素化 電子ガバナの故障診断表示
--------------------	--



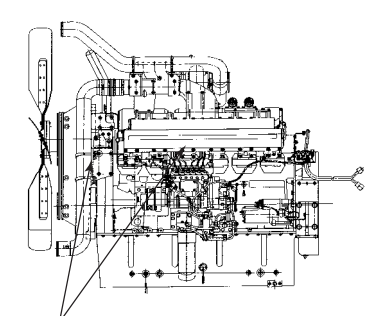
高効率ターボチャージャの採用(HOLSET社製HX82)

大流量プロフ	高出力化・低燃費対応
50Hz/60Hz専用ターボ	性能の最適化



安全性

高温部の遮熱 回転部のカバー	安全性の確保
-------------------	--------



大容量オイルパン+フルフローフィルタ+バイパスフィルタの採用

油量アップ	信頼性・耐久性確保 オイル交換インターバル 500 h 対応
-------	-----------------------------------

図1 主な達成手段と変更内容

温度にすることで、高出力化・低排気エミッション化の両立を可能にした。

(3) コマツ製電子制御高圧燃料噴射ポンプ(KP21)の採用

既に現行機の常用発電機用エンジンにおいて、RBAJ製電子ガバナ噴射ポンプを採用しているが、高出力化に伴う噴射量の増加対応とともに、排気エミッションの低減、また低温始動時の白煙低減のため、最適燃料噴射時期を可変で制御させる必要性から、この機能を有するコマツ製の電子制御噴射ポンプ(KP21)を採用した。(図2)

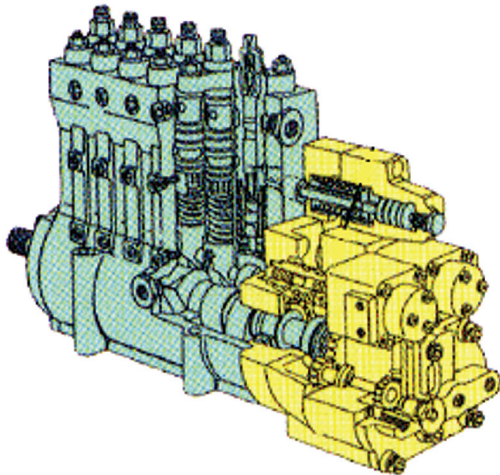


図2 KP21噴射ポンプ

この可変噴射時期機能により、定常運転時と低温始動時の噴射時期をコマツ製コントローラ(LEコントローラ)のプログラム上のマップで切り換えて、定常時の排気エミッション低減と排気色の低減、低温始動時白煙排出量の低減に対して両立を図っている。

(4) 燃料噴射ノズルの最適化

燃費・黒煙の低減対応として、コマツ独自の2段噴孔に加え、噴孔径の極小化・燃料噴霧の微粒化を目的に流体研磨ノズルを採用した。

① 2段噴霧角・多噴孔燃料噴射ノズルの採用

- 燃料噴射ノズルの噴孔を上下2段に分け、各段6穴の計12穴で構成された2段噴孔ノズルを採用し、性能チューニングを実施した。
- 噴射ポンプの高圧噴射に加え、噴射ノズル穴の多噴孔化により、噴射された燃料がより微粒化されるため、高出力化にもかかわらず、良好な燃費と排気色を確保することができた。(図3参照)

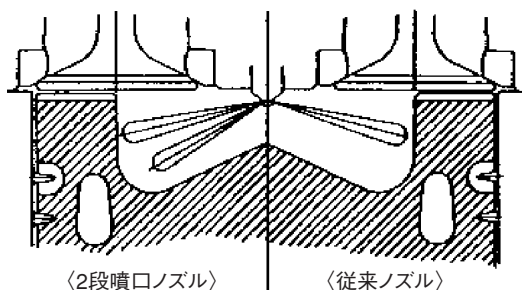


図3 2段噴孔ノズル

② 噴孔流体研磨加工ノズルの採用

- 高圧の流体研磨剤をノズル内部に通過させることにより噴孔内部のエッジ部にR加工を施し、流量係数のアップ(同じ流量であれば噴孔径を小さくできる)を図った。(図4参照)
- これにより、噴射された燃料がより微粒化され、良好な燃費と排気色を確保することができた。

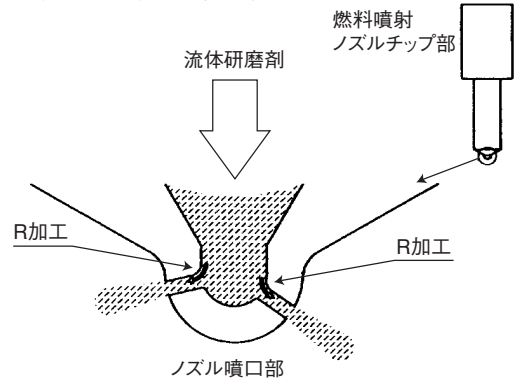


図4 流体研磨噴孔噴射ノズル

(5) オイルパン油量のアップ

A重油使用時のオイル交換インターバル500h対応として、オイルパン油量を132/85ℓ(H/Lレベル)から、182/85ℓ(H/Lレベル)に油量のアップを実施した。

(6) 電子制御技術の利用

現在の定置常用仕様エンジンにおいては、電子制御ガバナ噴射ポンプを搭載することにより、エンジン運転制御技術によるメリットを出している。

また、ユーザインターフェイスの機能向上という側面(発電機側との信号処理による故障診断機能を有する、etc)からもメリットとなっている。エンジン~コントローラのシステム概要を図5に、また、電子制御により対応できる機能内容一覧を表2に示す。

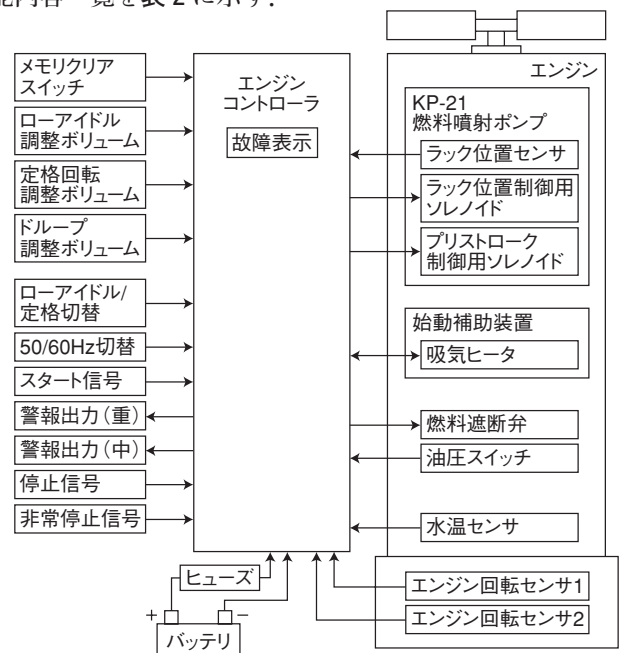


図5 エンジンコントロールシステム概要

表2 電子ガバナの制御内容

No.	項 目	内 容
1	周波数(50/60Hz)切り換え	パネル上のジャンパ線の ON/OFF により、50Hz と 60Hz を切り換える。 運転中は切り換え不可(電源 OFF 時のみ切り換え可)。
2	Li/ 定格運転切り換え	発電機盤からのスイッチ入力により、Li 回転と定格回転を切り換える。 運転中(電源 ON 時)に切り換え可能。
3	Li 回転速度調整	パネル上のボリュームにより、Li 回転速度を調整する。 調整範囲：800rpm ± 100rpm
4	ドループ/アイソクロナス運転切り換え	パネル上のジャンパ線の ON/OFF により、定格回転時の制御方法を、ドループ制御(No.5)またはアイソクロナス制御(No.6)に切り換える。 運転中は切り換え不可(電源 OFF 時のみ切り換え可)。
5	ドループ制御運転	ドループ/アイソ運転切り換えジャンパ線(No.4)がドループの位置の時、ドループ制御(負荷に応じ回転速度が変化する)により運転を行う。 回転調整は、パルス信号(No.7)、アナログ信号(No.9)、パネル上のボリューム(No.8)のいずれかにより行う。
6	アイソクロナス制御運転	ドループ/アイソ運転切り換えジャンパ線(No.4)がアイソの位置の時、アイソクロナス制御(負荷によらず定格回転速度一定)運転を行う。 回転調整は、アナログ信号(No.9)、ボリューム(No.8)のいずれかにより行う。
7	定格回転パルス信号調整 (ドループ制御時)	発電機盤からのパルス信号入力にて、定格回転速度の調整を行う。 調整速度：約 3rpm/sec(常用) 判定：50msec
8	定格回転ボリューム調整 (アイソ & ドループ時)	パネル上のボリュームにより定格回転速度の調整を行う。
9	定格回転アナログ入力調整 (アイソ & ドループ時)	発電機盤からのアナログ信号入力にて、定格回転を調整する。 回転制御信号範囲：DC1 ~ 4V
10	回転調整アナログ/パルス切り換え (ドループ制御時)	パネル上のジャンパ線の ON/OFF により、定格回転調整方法を、パルス信号入力(No.7)かアナログ信号入力(No.9)に切り換える。 運転中(電源 ON 時)にも切り換え可能。
11	回転調整アナログ/ボリューム切り換え (アイソ & ドループ時)	パネル上のジャンパ線の ON/OFF により、定格回転調整方法を、ボリューム調整(No.8)かアナログ信号入力(No.9)に切り換える。 運転中(電源 ON 時)に切り換えは可能、但しエラー表示あり。
12	ドループ調整 (ドループ制御時)	定格回転時、パネル上のボリュームにてレギュレーションを変化させる。 調整範囲：約 3 ~ 5%
13	急加速制限機能 (スピードランプ機能)	Li/ 定格切り換えスイッチにより定格指示となった際に、Li → 定格回転速度上昇時間を制御し、急加速時のスモークを低減する。 Li 無し時(起動 → Hi)にも同様の制御可能。
14	スピードランプ ON/OFF 切り換え	パネル上のジャンパ線の ON/OFF により、急加速制限(No.13)を行うか行わないかを切り換える。 運転中は切り換え不可(電源 OFF 時のみ切り換え可)。
15	停止機能	停止信号入力によりエンジンを安全に停止させる。
16	非常停止機能	油圧低下、水温上昇、過速度等の重故障時、および外部信号によりエンジンを非常停止させる。
17	故障診断表示機能	電子ガバナシステムに異常が生じた場合に、所定の異常処置を実施し、故障信号を外部へ出力する。 出力：コントローラ本体に故障コード表示、および異常発生有無のランプ出力 (詳細は、故障診断一覧を参照)
18	メモリクリア機能	パネル上のメモリクリアボタンを押すことにより、記憶した故障コードを消去する。
19	オーバースピードモード切り換え (テスト時のみ使用)	パネル上のジャンパ線により、オーバースピードテストを可能にする。 運転中は切り換え不可(電源 OFF 時のみ切り換え可)。
20	PID 調整機能	発電機の安定性、応答性の最適値に設定が可能のように、パネル上のボリュームにて制御定数を変更することができる。(定格回転時のみ)
21	PID 調整 ON/OFF 切り換え	パネル上のジャンパ線の ON/OFF により、PID 定数をパネル上のボリュームにより微調整するか、内部データ(固定)を使用するかを切り換える。 運転中は切り換え不可(電源 OFF 時のみ切り換え可)。
22	スピードリレー機能	エンジン始動を検知しリレー信号を外部へ出力する。
23	プレドループモード機能	コントロールパネルにあるプレドループスイッチ(MODE)が ON のときエンジンを始動させずにクランキングを可能とする。運転中は操作不可。 (運転中に ON するとエンジンが停止する。)

本開発エンジンで採用したコマツ製電子制御ガバナコントローラ(LEコントローラ)にも、表2の制御機能を織り込むとともに、特に下記2点の制御ロジックを追加して、黒煙、白煙低減制御として採用している。

① 急加速時排出黒煙の低減

Li → Hi回転への加速をランプ加速制御(約10秒)によって回転上昇させ、急加速時の排気色を可視できないように噴射量制御している。

② 低温始動時排出白煙の低減

寒冷時、エンジン始動後における白煙の排出量を低減させるために、始動後吸気マニホールド部の吸気ヒータに通電し、吸入空気を暖める「自動後熱システム」の制御機能をLEコントローラに追加した。図6のように、エンジン回転で始動検知後、吸気ヒータリレーの作動制御をして、定置常用発電機における始動～負荷取りまでのタイムスケジュール間における白煙の排出量を低減させている。(図7)(エンジン吸気ヒータへの通電を10秒のON-OFF間隔でトータル300秒間実施している。)

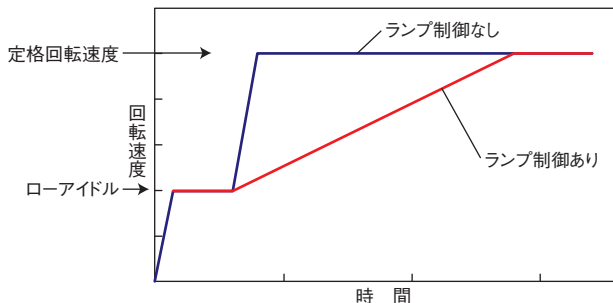


図6 ランプ加速制御

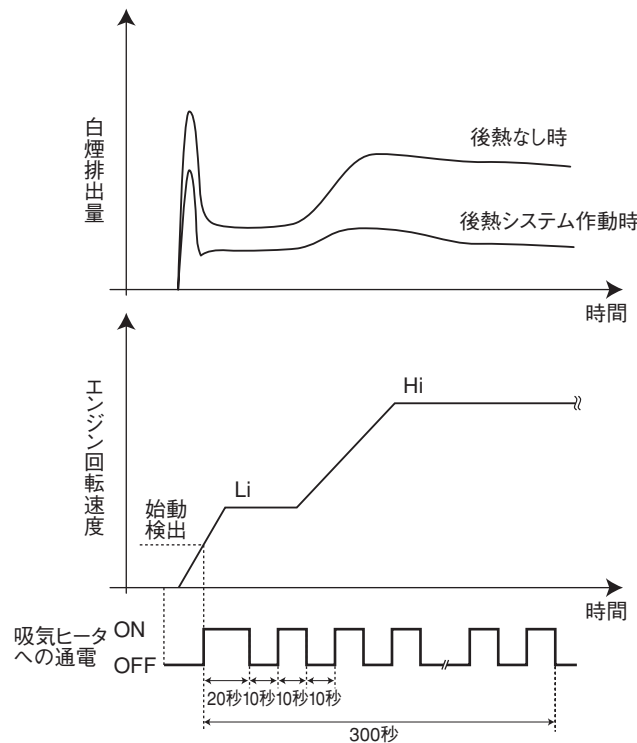


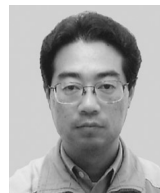
図7 白煙低減後熱システム

4. 今後の展開

本開発エンジンの持つ「高出力」、「軽量コンパクト」、「低燃費」という特性が、同じ出力レンジの従来機SA12V170定置常用発電機用エンジンの持つイニシャルコスト・ランニングコストにおけるハンディキャップを解消したことに加え、低環境負荷に対応した性能と、従来機と同等の信頼性を確保したことで、今後の大型定置常用発電機用エンジンの拡販につながっていくものと確信している。

また、現在の定置常用発電機用エンジンのニーズとして、単なるモノジェネ仕様での利用だけでなく、コジェネ仕様(エンジン温水利用、排熱利用など)でいかにエネルギー回収効率を高めるかが、発電機メーカーの着眼点になっており、このような仕様への本開発エンジンの適用について、今後も各発電機メーカーと仕様協議の上、単販エンジンの拡販に努めていきたい。

筆者紹介



Jun Fuchisawa
 淵澤 淳
 1990年、コマツ入社。
 現在、(株)アイ・ピー・エー 応用商品開発グループ所属。

【筆者からひと言】

コマツの発電機用エンジンが、いろいろな発電機メーカーにOEM供給され、工場、ショッピングセンターなどに設置されています。本開発エンジンが、従来機との比較で各OEM供給先にどのような評価をされるか、今後の展開・受注に期待しています。