

水エマルジョン燃料使用低公害発電機用エンジン

Komatsu's Low Emission Engine, STA6D140, Using Water Emulsified Fuel

渡辺 欣一郎
Kin-ichirou Watanabe
上野 充
Mitsuru Ueno
岡崎 達
Tohru Okazaki
長坂 昇平
Shouhei Nagasaka

日本では電力自由化の中でオンサイト発電システムの普及が著しく、発電機用エンジンとしては、燃費の良さからディーゼルエンジンが盛んに使われている。

コマツは水50%、燃料50%のエマルジョン燃料を作るエマルジョン燃料製造装置を開発、その燃料を用い、排気色、燃費を現行エンジン以上に保ちながら、NOxを1/10に低減した超低NOx(100ppm O₂ 13%換算)のディーゼルエンジンSTA6D140を新たに開発した。本稿ではエマルジョン燃料製造装置とエンジンについて報告する。

The business of onsite diesel power generation is rapidly expanding in Japan, as the nation's electric power supply industry is being deregulated and liberalized. Diesel engines are commonly used for onsite power generation for their good fuel consumption ratio.

Komatsu successfully developed an emulsified fuel manufacturing facilities called Emulsion Mixer which produces emulsified fuel blending fuel and water at an equal ratio of 50% each. Then Emulsion Mixer has been followed by the development of STA6D140 diesel engine which uses emulsified fuel produced by Emulsion Mixer. This is an ultra low NOx engine (100 ppm at O₂ 13% level) which has succeeded in reducing the NOx level to one-tenth of the conventional diesel engines, while maintaining better exhaust gas color and fuel consumption ratio. This thesis discusses the development and features of Emulsion Mixer and the STA6D140 diesel engine.

Key Words: Diesel Engine, Engine Performance, Emulsified Fuel, Diesel Engine, Power Generation

1. はじめに

ここ数年、電力自由化の中でオンサイト発電システムの普及が著しく、発電機用エンジンとしては、燃費の良さからディーゼルエンジンが盛んに使われている。発電機用エンジンの排ガス規制は大気汚染防止法などで、O₂ 13%換算で950ppmであるが、大都市圏では環境への配慮から100ppmの規制を行っている自治体もある。(図1)

従来これら100ppm規制地域には主にガスエンジン、ガスタービンが使用されており、ディーゼルエンジンはNOx低減が困難なため、脱硝装置などの後処理で対応してきたが、排出黒煙の問題があった。

本報では水50%、燃料50%の水エマルジョン燃料を安定的に製造する燃料製造装置と、その燃料を用いて、NOxと排出黒煙を同時に低減し、大都市圏に適應できる低エミッションのディーゼルエンジンを開発したので紹介する。

2. システムの概要

図2にシステムの概要を示す。従来のディーゼルエンジンとの構成上の違いは下記である。

- (1) 水エマルジョン燃料製造装置
- (2) ハイブリッドアフタクーラシステムを含む白煙防止システム

以下、各々について詳述する。

国内 NOx規制 (参考)
 大気汚染防止法 (環境庁) 950ppm

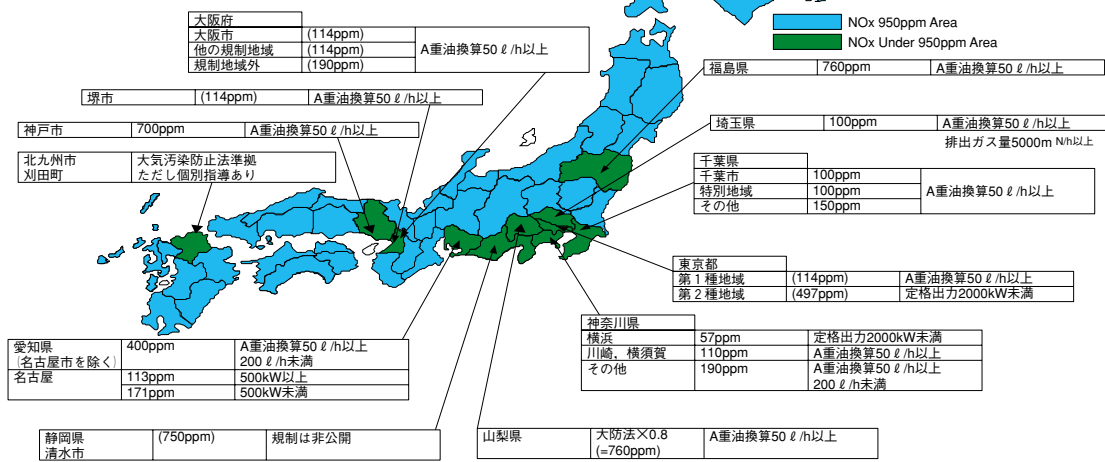


図1 NOx Regulation

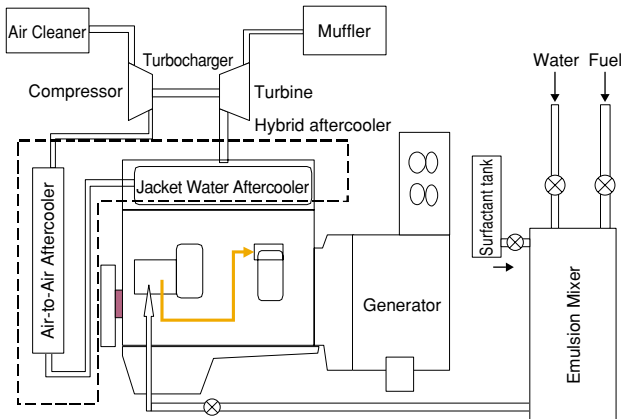


図2 Emulsions Engine System

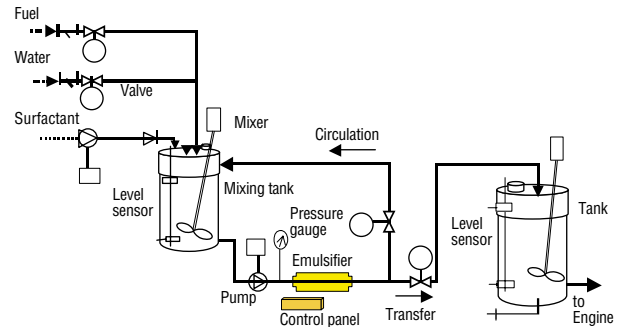


図3 Fuel Mixing System

2.1. 水エマルジョン燃料製造装置
 燃料製造装置の概要を図3に示す
 燃料製造工程は下記を自動的に行う。

- (1) 予攪拌

混合槽にA重油注入
添加剤注入
水注入
- (2) 循環ポンプで乳化機を通し、混合槽に戻る乳化過程を開始
 規定時間後乳化完了
- (3) 乳化完了後貯油槽に移送

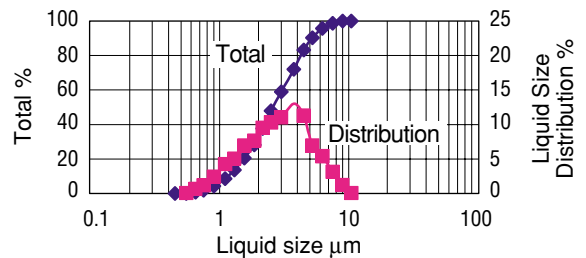


図4 Liquid Size Distribution

乳化機の構造は基本的に衝突拡散を繰り返すように作られており、乳化機を数回通過させることにより、粒径が安定する。図4に粒径分布を示す。平均粒径は約3 μmである。

水と燃料を乳化させるには添加剤が必要であるが、この要求特性として、乳化性、防錆性、防腐蚀性を重視して開発を進めた。

エマルジョン燃料は扱いやすさ(非危険物扱)の点、また、後述する水の混入割合が目標NOxの観点から50%必要なため、水の中に燃料があるO/W型エマルジョン燃料を生成する添加剤を使用した。(図5, 図6)

2.2. 白煙防止システム

エマルジョンエンジンは大量の水を含んだエマルジョン燃料を使用するため、冷態時、低負荷時の着火性が悪く、補助装置が必要となる。図7に概要を示す。

- (1) 開閉バルブ付ハイブリッドアフタクーラ
高負荷時は冷却水開閉バルブを閉じ水冷アフタクーラに水を流さず、空冷アフタクーラで冷却された空気をエンジンに導入し、NOxを抑える。
低負荷時は水を流し、給気温度を上げ白煙を防止する。
- (2) 温水ヒータ
エンジン停止時は常時規定温度にするよう、ヒータが制御される。
- (3) 給気ヒータ
エンジン始動後エンジン内部が暖まるまで、給気を電気ヒータで暖める。
- (4) 排気シャッタ
エンジン始動後エンジンの負荷を増やし早く暖気完了とするため、排気シャッタを閉める。ハイアイドルリングになり、負荷投入の準備完了後排気シャッタを開放する。
- (5) 電子制御燃料噴射ポンプ
始動時、低負荷時、着火性を良くするため噴射タイミングを進角、高負荷時NOxを抑えるため、遅角させる。ポンプはコマツ自社製のKP21を使用し、最適タイミングを達成することができた。
- (6) 大容量噴射ノズル
大量の水を含んだエマルジョン燃料を使用するため、噴射量は増大する。このため、大流量、高性能のノズルが必要になり、噴孔を流体研磨したノズルを採用した。
- (7) 高圧縮比FCDピストン
従来のエンジンでは圧縮比15であったが、始動性、白煙の観点より、また断熱性の面からFCD素材を採用し、この排気量15ℓクラスでは例を見ない圧縮比20とした。(図8)

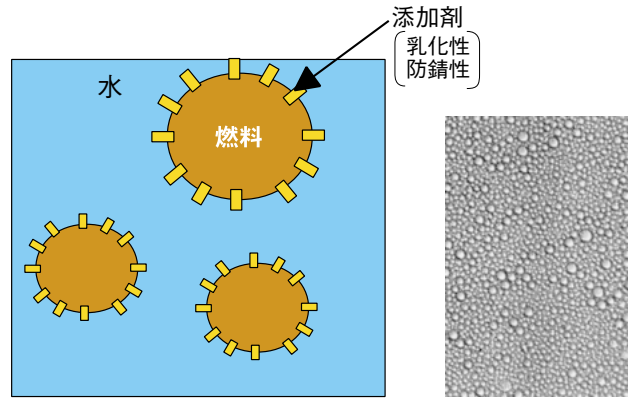


図5 O/W Type Emulsion Fuel

図6 Microscopic View of Water Emulsified fuel

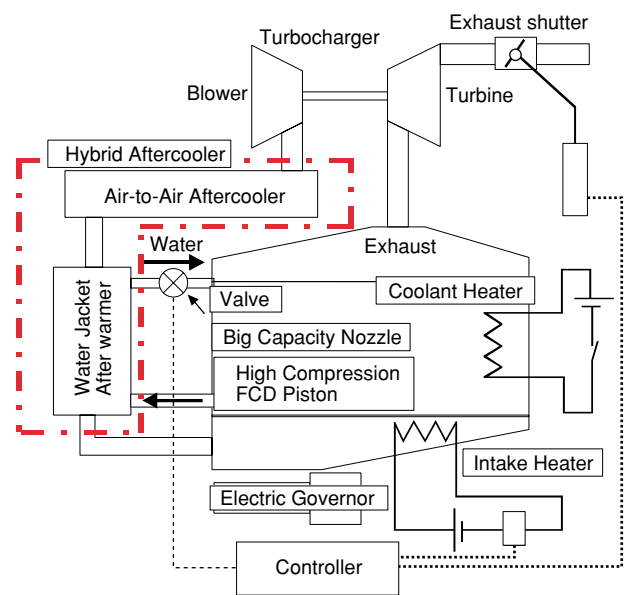


図7 Engine System

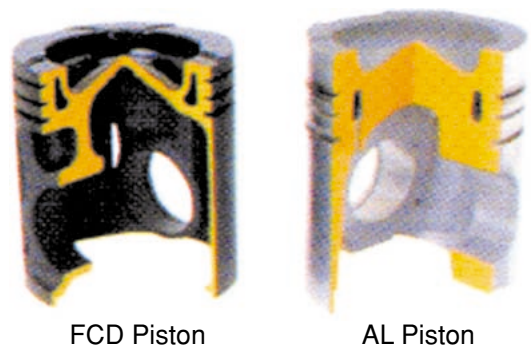


図8 FCD Piston

3. エンジン性能

3.1. エンジン諸元

エンジン諸元を表1に示す。

3.2. エンジン性能

図9にエマルジョン燃料の水混入率の変化によるNOxの変化を示す。

発電機用に開発を進めてきたため、現在の規制で、ほぼ全国で使用可能な性能とすべく、現行に比べNOx低減率90%を目標とした。

水混入率は始動性、白煙とのトレードオフにより50%と定め、NOxを低減する他の手段として、噴射時期遅延、空冷アフタクーラの採用などで、低減率約90%を達成した。

今回の開発したSTA6D140とベースエンジンのスモークの比較をすると、エマルジョン燃料により、スモークはほとんど0%と約5%改善された。

このようにしてエンジンは表2のように燃費の悪化を抑えて、超低NOxと低スモークの性能を得られた。

水50%、燃料50%のエマルジョン燃料を用いた結果、水の蒸発潜熱により、局部的燃焼温度が下がり、NOxが激減した。

スモークの改善については、燃料噴射量が2倍になるため噴射時のモーメント増加、噴射圧アップ(約2割)も寄与していると思われる。しかし現行エンジンが50%の負荷でも排気色が0%でないことから、エマルジョン燃料は粒径が3μと小さいため、燃料微粒化により、燃料と空気のマキシング向上が図られたと考える。

表1 Engine Specification

Engine	STA6D140	
Engine Type	4-Cycle Water-Cooled DI	
Aspiration	Turbocharged with Hybrid Aftercooler	
Displacement	ℓ	15.24
Compression Ratio	-	20 : 1
Valve Train	-	4-valve OHV
Fuel Injection System	-	Inline with Variable Injection Timing
Cly. No. - Bore × Stroke	mm	L6 - 140 × 165
Oil Capacity	ℓ	77

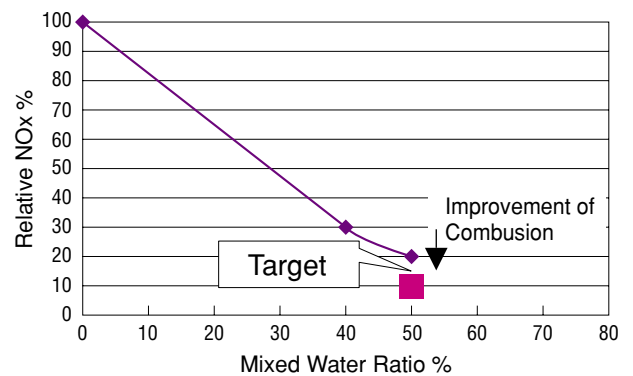


図9 NOx vs. Mixed Water Ratio

表2 Engine Performance

NET			SA6D140A Conventional	STA6D140 Emulsified Fuel
Displacement	ℓ		15.24	←
50Hz	Power	kW	272	←
	BSFC	g/kWh	211	213
	NOx	ppm	750	95
	Smoke	BSU	0.5	0.0
60Hz	Power	kW	272	272
	BSFC	g/kWh	218	←
	NOx	ppm	732	95
	Smoke	BSU	0.5	0.0

4. まとめ

発電機用エンジンとしてはほぼ全国のNO_x規制を満足するエンジン、エマルジョン製造装置を開発し、下記結果を得た。

- (1) 水50%、燃料50%のエマルジョン燃料を安定的に供給できるエマルジョン燃料製造装置を開発した。
- (2) 乳化性、防錆性、防腐性を満足するエマルジョン燃料用添加剤を開発した。
- (3) 排ガスのNO_xはほぼ全国全域の規制に適合するO₂ 13%換算で100ppmを達成した。
- (4) スモークは現行エンジンに比較し、大幅に低減した。

筆者紹介



Kin-ichirou Watanabe

わたなべ きんいちろう

渡辺 欣一郎 1982年、コマツ入社。
現在、(株)アイ・ピー・エー応用品開発グループ所属。



Mitsuru Ueno

うえ の みつる

上野 充 1984年、コマツ入社。
現在、(株)アイ・ピー・エー副社長。



Tohru Okazaki

おか ぎき とうる

岡崎 達 1974年、コマツ入社。
現在、(株)アイ・ピー・エー企画・統括グループ所属。



Shouhei Nagasaka

なが さか しょうへい

長坂 昇平 1996年、コマツ入社。
現在、(株)アイ・ピー・エー応用品開発グループ所属。

【筆者からひと言】

開発している時は、デッドロックに何度か乗り上げ、その都度、関係者のご協力を得、何とか量産まで来ることができました。特にエマルジョン燃料特有の腐食対策には、添加剤メーカーをはじめ、外部の方々にお世話になり、深く感謝します。

エマルジョン燃料は、まだ、EPAなどで認められた燃料ではないため、建機への適応はエマルジョン燃料が市民権を得た後となりますが、NO_xを画期的に下げる技術のため、広く使われるよう始動補助装置の簡素化などの改良に努力していきたいと思います。