

オフロード法 2011 年基準適合油圧ショベル

336E/336EL の市場導入

遠藤 史 崇

2011 年 10 月より「特定特殊自動車排出ガスの規制などに関する法律」にて定められた排出ガスに対する規制値が段階的に強化されたが、2011 年 6 月にこの新基準に適合する油圧ショベル「336E/336EL」を国内で初めて市場導入した。336E/336EL に搭載の「Cat C9.3 ディーゼルエンジン」には、新基準をクリアする為の様々な環境対応システムを盛り込んでいる。また、燃料消費量の低減、安全性・居住性の向上を図っており、本文にて紹介する。

キーワード：オフロード法、排出ガス低減、環境対応、燃料消費量低減、ROPS キャブ

1. はじめに

2005 年 5 月に「特定原動機及び特定特殊自動車についての技術上の基準を定め、特定特殊自動車の使用について必要な規制を行うこと等により、特定特殊自動車排出ガスの排出を抑制し、もって大気汚染に関し、国民の健康を保護するとともに生活環境を保全すること」を目的として、「特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律」(通称:オフロード法)が環境省・国土交通省・経済産業省所掌にて制定され、エンジン出力 19 ~ 560 kW の特定特殊自動車が排出する一酸化炭素 (CO)、炭化窒素 (CH)、窒素酸化物 (NO_x)、粒子状物質 (PM)、ディーゼル黒煙の有害物質排出量を規制の対象とした規制がなされた。しかし、オフロード法制定当初から年月が経過し、一般自動車において更なる排出ガス規制が進んだ為、継続してオフロード特殊自動車の有害物質排出の寄与率が高い事から、新たな基準値を 2011 年より段階的に導入する事となり、2010 年 3 月に施行規則等が改正された。

最も早い 2011 年 10 月より規制が強化され、より厳しい基準となった 130 ~ 560 kW の出力帯の建設機械

において、いち早く適合機種を導入すべく、2011 年 6 月に中型油圧ショベル 336E/336EL (エンジン出力: 238 kW) を市場導入した。この 336E/336EL は、新しい排出ガス基準 (以下オフロード法 2011 年基準) への適合に加え、従来機と比較して、同等の時間当たり作業量を維持しながらの燃料消費量低減、安全性の向上等の商品力アップを図った車両である。本稿では、これらの 336E/336EL の特長について紹介する。

2. 環境対応

336E/336EL が搭載している「Cat C9.3 ディーゼルエンジン」には、オフロード法 2011 年基準を満たすべく、様々な排出ガス成分の低減対策を盛り込んでいる。一般的に、NO_x と PM の発生はトレードオフの関係にあり、燃焼温度を上昇させると PM が低減する代わりに NO_x が増加する。逆に燃焼温度を低下させると、NO_x が低減する代わりに PM が増加する。この Cat C9.3 ディーゼルエンジンでは、燃焼温度を下げ

表一 1 エンジン出力帯 130 ~ 560 kW 排出ガス基準値

	2006 年基準	2011 年基準	低減率
一酸化炭素 (CO)	3.50	3.5	-
炭化水素 (CH)	0.40	0.19 (NMCH)	53%
窒素酸化物 (NO _x)	3.60	2.0	44%
粒子状物質 (PM)	0.17	0.02	88%
黒煙濃度	25%	25%	-

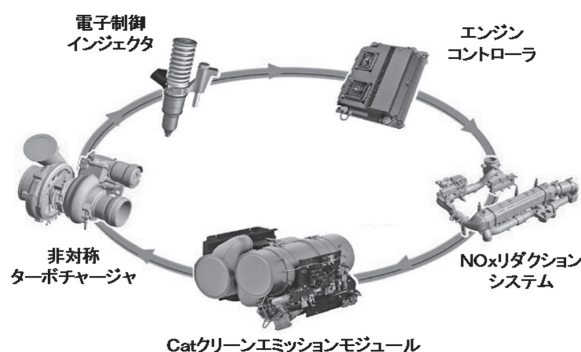


図-1 C9.3 ディーゼルエンジン 環境対応システム

る事で、NO_xを低減させ、アフタートリートメント技術でPMを始め、その他のCO、CH等を除去している。その結果、完成車にて実施する無負荷急加速時の黒煙濃度計測（フリーアクセルスモーク計測）での黒煙濃度が0%となっている。C9.3ディーゼルエンジンに採用した排出ガス成分低減対策を以下に紹介する。

(1) 電子制御システム

約1,000万通りの噴射パターンがプログラミングされたエンジンコントローラを採用し、エンジンメカニズムを最適に制御する事で、低排出ガス、低燃費を両立している。

(2) 燃料噴射システム

あらゆる条件下で最適な燃料噴射を行うコモンレール燃料システムと電子制御式インジェクタを採用している。この燃料システムは、ハイプレッシャポンプで高圧にしてコモンレールに送った燃料を、エンジンコントローラにより制御された電子制御式インジェクタが、あらゆるエンジン回転数、負荷条件下で、最適な燃料噴射を行っており、高い燃焼効率を実現している。

(3) 非対称ターボチャージャ

新たに非対称ターボチャージャを採用している。この非対称ターボチャージャは、シリンダからの排気を2系統に分け、ターボチャージャに流入するスクロールの大きさがそれぞれ異なる構造となっている。ターボチャージャは、エンジンからの排気を利用してタービンを回転させ、吸気側の空気を圧縮させるが、非対称ターボチャージャは、NO_xリダクションシステム（後述）へ排出ガスを送り込む為、本来の出口であるターボチャージャへの流入容量を小さくし、ターボチャージャ内に圧を立たせている。また、流路の小さいスクロールを通った排出ガスは、タービンフィンの外側に流れるので、素早い回転を発生させ、低回転域での優れたレスポンスの実現に貢献している。

(4) NO_xリダクションシステム

NO_x低減対策として、新たに「NO_xリダクションシステム（NRS）」を採用している。このシステムでは、エンジンからの排気の一部を吸気側に戻し、コントロールした不完全燃焼により、燃焼温度を低下させる事で、NO_xの発生量を低減している。

NO_xリダクションシステムは、所謂EGRである。従来のEGRでは、排気をシリンダ内に取り込む為、粒子状物質（PM）によるシリンダの磨耗や、硫黄酸

化物（SO_x）による腐食を発生させる懸念があった。これに対し、NO_xリダクションシステムは、超低硫黄ディーゼル燃料の普及による排出ガス中の硫黄酸化物（SO_x）低減による耐腐食性の向上、従来のEGRと比較して燃焼効率の向上によるPMの低減及び低灰分エンジンオイルCJ-4の採用による耐磨耗性の向上等により、従来のEGRで懸念された要因を排除している。

(5) 燃料クーラ

燃料ラインのエンジンからの戻り配管部に、燃料クーラを装備している。この燃料クーラの働きにより、燃料タンクに戻る燃料の温度を下げる事で、燃料温度の上昇を抑え、燃焼温度を低くし、NO_xの発生を抑えている。

(6) アフタートリートメント技術

排出ガスのアフタートリートメント技術として、排出ガス浄化装置「Catクリーンエミッションモジュール（CEM）」を採用している。このCatクリーンエミッションモジュールには、ディーゼル酸化触媒（DOC）、ディーゼルパーティキュレートフィルタ（DPF）、「Catリジェネレーションシステム（CRS）」で構成されており、一酸化炭素（CO）、炭化水素（HC）、燃焼温度の低下で増加したPM等を除去、無害化する働きを有する。それぞれの特長については、以下の通りである。

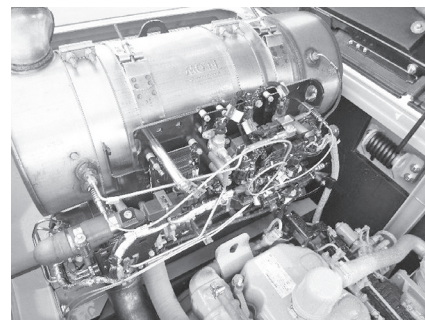


写真1 Catクリーンエミッションモジュール

①ディーゼル酸化触媒（DOC）

ディーゼル酸化触媒（DOC）は、エンジンから排出され非対称ターボチャージャを通った排出ガスが初めに通る白金コーティングされた触媒である。この触媒は、排出ガスに含まれ、オフロード法での規制対象ともなっている一酸化炭素（CO）や炭化水素（HC）の他、PMに含まれる可溶性有機成分（SOF）を無害化する働きを有している。

②ディーゼルパーティキュレートフィルタ（DPF）

ディーゼルパーティキュレートフィルタ（DPF）は、DOCを通った排出ガスが通るフィルタであり、排出ガス中のPMを捕捉する働きを有している。このフィ



図ー2 ディーゼル酸化触媒／ディーゼルパーティキュレートフィルタ

ルタで、PMの約90%を捕捉する事が出来、排出ガスからの有害成分の除去に大きく貢献している。また、PMを除去する過程で、すすが堆積したDPFは、後述の「Catリジェネレーションシステム（CRS）」の働きにより、すすを除去、再生し、高いPM除去能力を維持し続ける事が可能である。

③「Catリジェネレーションシステム（CRS）」

「Catリジェネレーションシステム（CRS）」は、DPFに堆積したすすを除去する為の装置である。DPFにすすが堆積した場合、車両が自動的にDPF再生の可否を判断し、燃料と排気の混合気を燃焼させ、DPF内に高温状態を作り出し、すすを燃焼させ、DPFを再生する事が出来る。

3. 生産性

336E/336ELは、オフロード法2011年基準に適合しつつ、高い生産性を発揮する車両である。以下に紹介するパワーモード設定、エンジン制御及び油圧システムの見直しにより、最大出力モード時、従来機とほぼ同等の時間当たり作業量を維持しながら、約13%の燃料消費量の低減を実現しており、ランニングコストの削減や二酸化炭素（CO₂）等、有害物質の排出量低減に貢献している。

(1) パワーモード設定

336E/336ELでは、従来機の最大出力モードと同等の時間当たり作業量を発揮する「スタンダードモード」と、スタンダードモードとほぼ同等の燃料生産性を発揮しつつ燃料消費量を約5%低減可能な「エコノミーモード」の2つのモード設定で、高い時間当たり作業量を求める顧客から、燃料消費量を重視する顧客まで幅広いニーズに対応可能としている。

(2) エンジン制御

エンジン回転制御に、軽負荷領域での燃料消費量低減を目的として、アイソクロナス制御を採用している。

また、アイドリング時の燃料消費量／CO₂排出量低減対策として、数秒間アイドリング状態が続いた場合に自動的にエンジン回転を低下させる自動デセルや右コントロールレバー上のボタンをワンタッチすればエンジン回転を低下させる事が出来るワンタッチローアイドルを採用している。更に、設定した一定時間（1～60分で設定可）アイドリング状態が続いた場合に、自動的にエンジンを停止させるオートアイドルストップ機能を新たに採用している。

(3) 油圧システム

従来機に比べ、油路の拡大、圧力損失の低減を図った縦型の新型コントロールバルブを採用している。また、ブーム下げ時、シリンダロッド側の作動油の全てをタンクに戻さずに、一部をシリンダヘッド側に送りつつ、エンジン回転及びポンプ流量を低減する事で、エネルギー消費を抑える「高効率ブームエネルギー再生システム」の採用等、油圧システムでのエネルギーロスを抑え、燃料消費量の低減を図っている。

4. 安全性

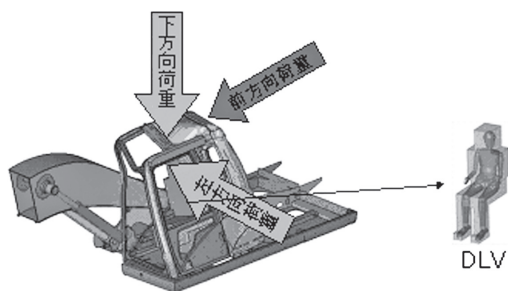
万一、車両稼動中に事故が発生した場合、操業停止・多額の損害賠償等の経済的ダメージの他、場合によっては尊い人命が奪われる可能性も有り、安全性については、使用者にとって、作業性能と並び、最も関心の高い要素である。従来より、ISO規格への準拠の他、安全に関する研究や世界中から集められる情報を基に、安全に関するガイドラインを設け、商品に盛り込んでいた。336E/336ELにおいても、更なるISO規格への準拠を中心として、様々な安全性向上対策を採用している。

(1) ROPSキャブ

以前より、万一の油圧ショベルの転倒時にも運転者を保護する構造に関する規格について検討されてきたが、2008年12月、ISOにて新たな規格（ISO12117）が制定された。ISO12117では、あらゆる方向への転倒を想定し、下図に示す通り、後方／側方／上方からの一定基準の荷重によりキャブが変形した場合に、オペレータを想定した範囲であるDLV（Deflection-Limiting Volume）の領域に変形したキャブ構造物が接触しない、またDLVが規定より移動せず、オペレータの安全性が確保出来る構造を有したROPS（Roll-over Protective Structure、転倒時運転者保護構造）キャブについて規定されている。336E/336ELでは、ISO12117が制定された事から、新たにROPSキャブ



写真一 2 ROPS キャブ



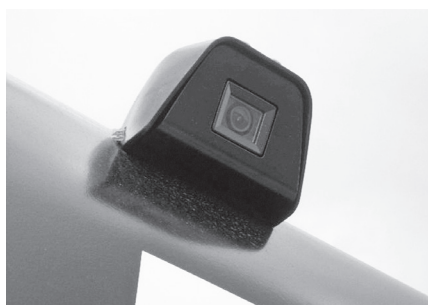
図一 3 ROPS

を搭載し、オペレータの安全性向上を図っている。尚、このROPSキャブは、労働安全衛生法にて定められたヘッドガードの基準も満たしている。

(2) 周囲視界

336E/336ELは、従来機ではオプションであった、リアビューカメラ及びミラー（ライトサイドミラー、キャブフロントミラー）を標準装備しており、ISOの視界性規格（ISO5006）を標準でクリアしている。

ISO5006では、オペレータのアイポイントから半径12mのグラウンドレベル上の周囲視界と、機体から1mの距離で高さ1.5mまでの物体（人間を想定）に対する近接視界のそれぞれの視界測定範囲において、許容される遮影範囲（オペレータから死角になる範囲の割合）が規定されており、336E/336ELは、リアビューカメラとライトサイドミラー、キャブミラーを装備する事で、この基準を満たしている。



写真一 3 リアビューカメラ



写真一 4 ライトサイドミラー



写真一 5 キャブミラー

(3) 昇降時転落防止

キャブ乗降時またメンテナンス時等に機体上面へアクセスする際、常に三点支持で昇降出来る様にハンドレール及びステップの位置について、ISOで規定されている（ISO2867）。この規定に準拠する様、ハンドレール位置、ステップ位置を見直し、常に三点支持が可能な位置にレイアウトし、安全に昇降が出来る様、配慮している。



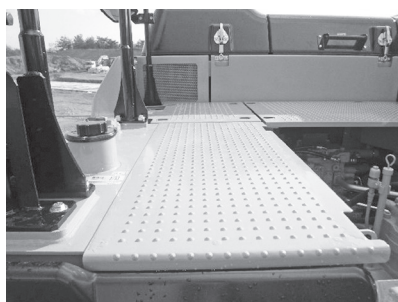
写真一 6 大型ハンドレール&ステップ

(4) 機体上面作業時転落防止

メンテナンス時に機体上面で作業する際、誤って転落しない様、転落の危険性がある箇所には転落を防止する為の高さ1,000mm以上の柵を取り付ける様、ISOで規定されている（ISO2867）。この規定に準拠する様、高さ1,100mmの大型ガードレールを、転落



写真一 7 大型ガードレール



写真一八 スタッドプレート

の危険性のある機体右側に装備している。

また、機体上面の滑り止めとして、スタッドプレートを採用している。スタッドプレートは、プレスにより、打ち出した鋲（スタッド）を28mmピッチで配置した滑り止めプレートであり、パンチングでは無い為、裏側に土砂が堆積する事が無く、錆の発生が防止される。また、清掃も、表面の土砂の除去のみで済む。

5. 新型モニタ

336E/336ELでは、新型フルグラフィックカラーモニタを採用している。まず、従来機のモニタ（5.7インチ）より、画面サイズを拡大、また解像度をアップしており、視認性が向上している。このモニタは、従来通り、ピラー幅に収まる縦型であり、作業視界を妨げない。また、燃料／作動油温／冷却水温のゲージとリアビューカメラの映像を同時に表示させる事が出来る。更に、マルチメータ機能を有しており、アワメータ／すす堆積量／瞬時燃費／残存稼働時間を切替えて表示させる事が可能である。

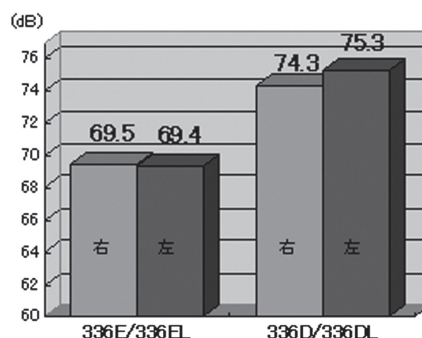


写真一九 フルグラフィックカラーモニタ

6. 居住性

336E/336ELでは、上述のROPSキャブの採用により、従来機に比べ、キャブスペース及びガラス面積が拡大しており、作業視界（特に側方視界）が向上している。

また、気密性の向上やエアコン外気フィルタのレイアウト変更等により、キャブ内騒音が約5dB低減（ISO6396に準ずる。模擬掘削，エアコン中風時。）しており，静粛性が向上している。更に，シートは従来のヒータ機能に加え，新たにベンチレータ機能を標準装備しており，主に夏場，長時間シートに座っている場合に発生する背面や座面の蒸れを抑え，快適性向上を図っている。



図一四 キャブ内騒音値比較



336E/336EL 336D/336DL

写真一〇 キャブ側面比較

7. おわりに

油圧ショベル 336E/336EL が有する様々な特長について紹介してきた。環境対応や燃料消費量，安全性は，使用者にとっては非常に大きな関心事であり，建機メーカーとして，常にそれらのニーズに応える製品を開発し，市場に送り出し続ける責務がある。既に，オフロード法2011年基準に適合するEシリーズ油圧ショベルを，24t以上の8機種について市場導入しており，今後も20t以下の機種の市場導入をいち早く進める予定である。今後とも，ますます厳しさが増す環境性能／燃料消費量の低減と作業性能を高いレベルで両立し，また高い安全性を提供出来る製品を市場に送り出し，地球環境の保護やお客様の利益に貢献出来る様，努めていく所存である。



[筆者紹介]
 遠藤 史崇 (えんどう ふみたか)
 キャタピラー・ジャパン(株)
 市場開発部 市場開発グループ