

油圧ショベル

PC138US/PC128US-11

橋 龍 彦

開発コンセプトの『品質と信頼性』をベースにより高い次元の『環境』『安全』『ICT』を追求し、排出ガス4次規制（Tier4 Final/Stage IV）へ対応した油圧ショベル PC138US/PC128US-11（以下「本開発機」という）を開発、市場導入した。

その背景と織り込んだ技術を解説し、製品紹介をする。

キーワード：環境、安全、ICT、燃費低減、KomVision、オートアイドルストップ、Tier4 Final、国内超低騒音、オペレータ認証、後方超小旋回車

1. はじめに

本開発機は、後方超小旋回式油圧ショベルの中核機種として、管工事など狭い現場から一般土木までさまざまな現場で活躍しており、その品質と信頼性で高い評価を得てきた。近年 CO₂をはじめとする環境負荷低減への重要性が増していることに伴い、2014年以降日米欧にて順次排出ガス4次規制（Tier4 Final/Stage IV）が導入されている。このような環境の中、上記規制に対応するとともに、環境にやさしく、お客様の利益を保証することを目的とした本開発機を開発し、北米、欧州、日本へ市場導入したのでその概要を紹介する（図-1、2）。



図-1 PC138USLC-11（北米仕様）



図-2 開発コンセプト

2. 開発のねらい

基本コンセプトは、『品質と信頼性』をベースにした、より高い次元の「環境」、「安全」、「情報通信技術（ICT）」の追求である。本コンセプトをもとに、環境規制への対応と高い操作性の確保と同時に燃費の大幅低減（JCMAS☆☆☆）及び安全性の追及と ICT 技術の活用を図り、大幅に商品力を向上させた。以下にその概要及び特徴を紹介する。

(1) 環境対応

- ・ JCMAS 燃費 2020 年基準 100% 達成（☆☆☆）
- ・ 燃費低減 △ 9%（PC128US における対現行機、KOMTRAX の解析による平均作業パターン比較）
- ・ 日米欧排出ガス4次規制対応（Tier4 Final/Stage IV）
- ・ オートアイドルストップ機能の採用
- ・ 省エネガイドランスによる燃費低減サポート
- ・ 国土交通省超低騒音、EU 第2次騒音規制適合

(2) ICT

ICT 技術を更に進化させ、下記項目を追加した。

- ・KomVision による車両周囲視認性の向上
- ・オペレータ認証によるオペレータ識別
- ・KOMTRAX 通信の 3G 化による通信品質の向上

(3) 安全性

世界の厳しい安全基準をクリアした安全設計を追求したグローバルマシンとして開発することを目的に、現行機に対して下記項目を追加で採用した。

- ・ロックレバー自動ロック機能の採用
- ・ロックレバー自動ロック状態表示

3. セリングポイント

前記を踏まえ、本開発機のセリングポイントとその達成手段技術について解説する。

(1) 環境

(a) 燃費低減

後述する技術を織り込み、JCMAS 燃費 2020 年基準 100% (☆☆☆) を達成した。

また KOMTRAX の解析による平均作業パターン比較で、対現行機比△ 9%の燃費低減を達成した (本開発機における対現行機との比較) (表一 1)。

表一 1 燃費比較

現行機との燃費比較	PC128US-10	PC128US-11
1) JCMAS 燃費 2020 年基準	☆☆	☆☆☆
2) ダンプ積込作業量燃費	1.00	0.90
KOMTRAX の解析による平均作業パターンでの比較	1.00	0.91

PC128US-10 の燃費 (L/h) を 1.0 とした時の比率 △ 9%燃費低減

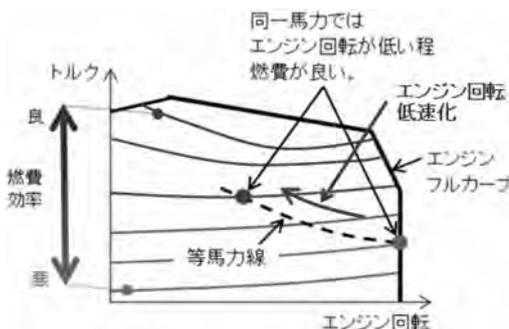
①新エンジン・ポンプマッチング制御

新エンジン・ポンプマッチング制御とは、必要十分なポンプ吐出量を確保した上で、作業機操作レバーの入力とポンプ圧力に応じてエンジン回転数の低速化を行うという技術である。

同一馬力で比較するとエンジン回転が低いほど燃費効率が良いというエンジン燃費マップの特性を利用し、エンジン回転を低速でマッチングさせることで燃費低減を実現した (図一 3)。

②ファンクラッチ制御

内蔵された流体クラッチによるファン回転制御が可

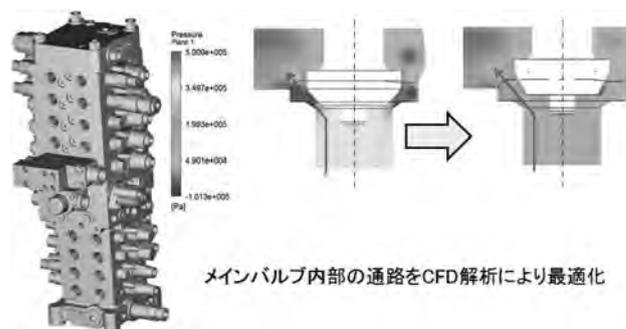


図一 3 エンジン燃費マップとエンジン回転低速化の概念図

能なファンクラッチの採用により、ヒートバランスを悪化させることなくファン回転を低減でき、かつ必要な馬力 (作業量) は確保しつつ、不要なファン消費馬力を低減することで燃費低減を実現した。

③メインバルブロス低減

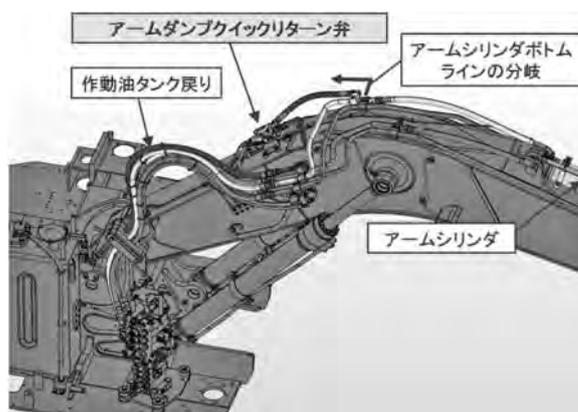
メインバルブ内部の通路を最適化することで、油圧圧損を低減し、燃費を改善した (図一 4)。



図一 4 メインバルブ内のロス低減

④アームクイックリターン弁

アームクイックリターン弁の採用により、アームダンプ操作時のシリンダからの戻り流量をメインバルブを通さずに作動油タンクへ戻すことで戻り流量のメインバルブ通過時の油圧ロスを低減し、燃費を改善した (図一 5)。



図一 5 アームクイックリターン弁

(b) 排出ガス規制対応

日米欧の排出ガス4次規制に対応する。本開発機クラスの各地域別の排出ガス規制と実施年は次の通りである(表-2)。

表-2 排出ガス規制値比較
規制値: Nox/PM (g/kW・h)

	中間4次規制		4次規制	
	規制時期	規制値	規制時期	規制値
日本	'12/10~	3.3/0.02	'15/10~	0.40/0.02
米国	'12/1~	3.4/0.02	'15/1~	0.40/0.02
欧州	'12/1~	3.3/0.025	'14/10~	0.40/0.025

前記排出ガス規制を満足させ、かつ小型機種に求められる経済性とメンテナンスフリー化に対応し、様々な新技術をエンジンに織り込んだ。以下にその項目を列挙する(図-6)。

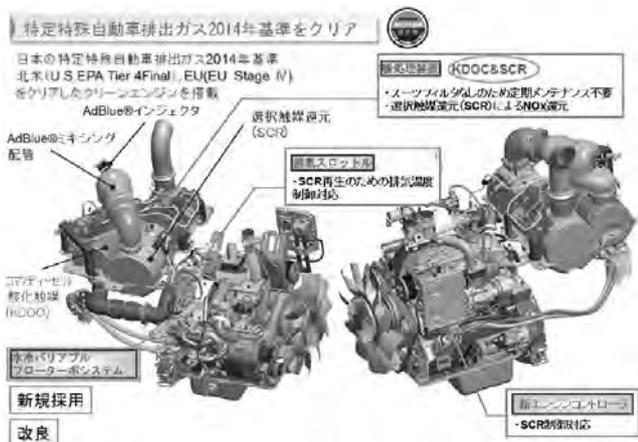


図-6 エンジンへの織込み技術

・排出ガス後処理装置

新規開発の選択触媒還元(SCR)システムを採用。現行機から採用しているコマツディーゼル酸化触媒(KDOC)と組み合わせることにより、排気ガス中のPMおよびNOxを大幅に低減した。SCRシステムは、NOxを無害な窒素(N₂)と水(H₂O)に分解する装置である。図に示す通り AdBlue[®]を排気ガス中に噴射し、AdBlue[®]から生成するアンモニアとNOxをSCR触媒で反応させ、窒素と水に分解する(図-7)。
※ AdBlue[®]はドイツ自動車工業会(VDA)の登録商標です

また、高効率の酸化触媒KDOCを改良。スツツフィルタが無いシンプルな構造で、すす除去のための定期メンテナンスの必要がない。

また、前述のSCR触媒の追加により、低騒音を維

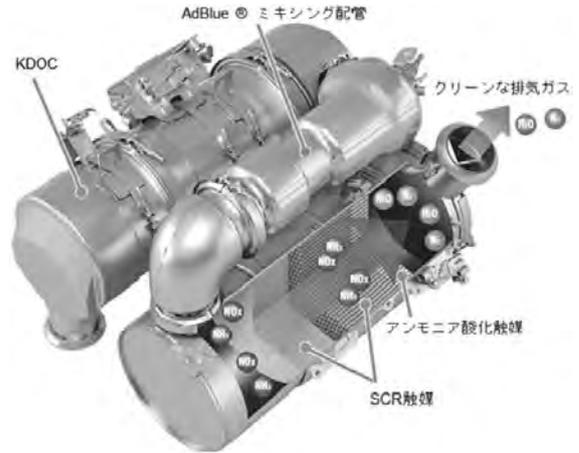


図-7 排出ガス後処理装置

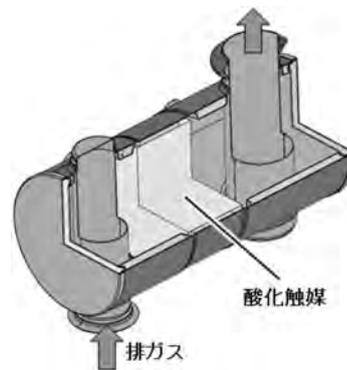


図-8 コマツディーゼル酸化触媒(KDOC)の構造

持したまま、現行機から採用しているKDOC内部のサイレンサ廃止が可能となり、KDOCのコンパクト化を達成し(図-8)、周辺機器の整備性や修理性の向上につながった。

・可変ターボチャージャー

シンプルな構造の電動フローコントロールバルブを持ったVariable Flow Turbo Chargerの採用により、負荷の状況に応じて空気を最適に供給、燃焼の効率を高め、排出ガスの浄化と経済性の両立を実現した(図-9)。

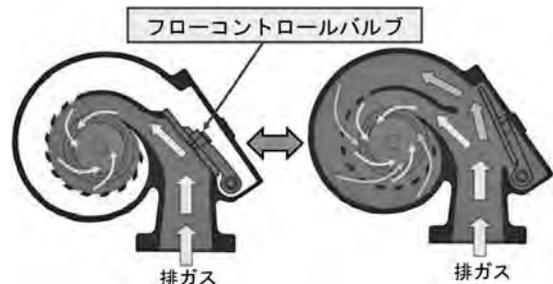


図-9 Variable Flow Turbo Chargerの構造

・排気スロットルバルブ

排出ガス中間4次規制(Tier4 Interim)エンジン

で採用した Variable Flow Turbo Charger に加え、電動の排気スロットバルブの採用により排気温度の適正制御が可能となり、KDOC と SCR の機能の最適化を実現した。

・電子制御システム

電子制御システムには、新規に開発されたエンジンコントローラを採用することにより、排出ガス中間4次規制 (Tier4 interim) エンジンで採用した電子制御コモンレール噴射システムに加え、新開発の SCR システムの高精度な制御を行うことが可能となり、最適な車体の制御を実現した。

また、排出ガス4次規制 (Tier4 Final/Stage IV) では、AdBlue[®]の残量がわずかとなると、エンジン出力を制限する法規が設定されており、(これを SCR Inducement と言う) この SCR Inducement に適合するため、故障診断システムのさらなる高度化を行った。

(c) オートアイドルストップ機能

ロックレバーをロック位置にした状態で、アイドル時間があらかじめ設定された時間継続したときに、エンジンを自動的に停止させる、オートアイドルストップ機能を採用した。

アイドル時間が設定した時間の30秒前になると、モニタはカウントダウン画面になりエンジン停止をアナウンスする。設定時間になるとエンジンが自動的に停止することでアイドル時間が減り、燃料消費量が削減される (図-10)。



図-10 オートアイドルストップ

(d) エコガイドンス

現行機と同じく、効率的に車両を稼働させ、不要な燃費を抑える目的でマルチモニタに運転上のアドバイスを表示する機能を継承。運転状態がある条件に当てはまった場合、マルチモニタ画面上側に各々のアドバイスが表示される。

(e) 騒音規制適合

現行機同様、国土交通省超低騒音規制及びEU第2次騒音規制をクリアした。前述したエンジン・ポンプマッチング制御によるエンジン回転数の低減、及びファンクラッチによるファン回転数の低減が上記規制のクリアに大きく貢献した。

(2) ICT

(a) KomVision による車両周囲視認性の向上

マシンキャブ上に3個カメラを設置し (図-11)、各カメラの画像を合成して車両周囲視界の画像をモニタ上に表示させる KomVision システム (以下「本システム」という) を採用 (図-12)。



図-11 本システムカメラ設置状況



図-12 本システム構成

本機能の採用によりオペレータが直接目視確認できない車両周囲状況を一目で確認できるようになり、オペレータの安全確認の負担を軽減することが可能となった(図-13~15)。

本機能は新技術であり、本開発機を先頭機種として他機種にも随時展開していく予定である。



図-13 本システム画面(その1)



図-14 本システム画面(その2)

- ・モニタの右側画面は機体の右側方、左側方、後方の画像に切り換え可能
- ・各カメラ映像は全画面表示可能

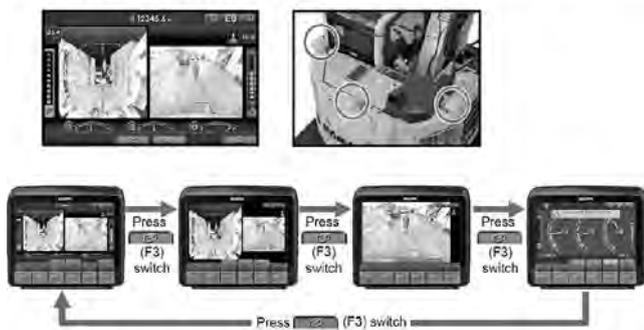


図-15 本システム画面切り換え

(b) オペレータ認証によるオペレータ識別

オペレータ ID と紐付けされた車両の運転情報を KOMTRAX に送信することで、オペレータ別の車両稼働履歴を記録し、機械およびオペレータの画面からの業務管理を行うことが可能となった(図-16)。

(3) 安全性

従来の安全、快適設計に加えて下記を採用し、一段と安全性を高めた。



図-16 オペレータ認証画面

(a) ロックレバー自動ロック機能

ロックレバー自動ロック機能は、作業機操作レバー、走行レバーおよびアタッチメント操作ペダルを操作した状態でロックレバーを解除したとき、作業機または機械が運転者の意図しない作動をすることを防止する機能である。

本機能が作動すると、作業機操作、旋回、走行およびアタッチメント操作が自動でロックされ、モニタ上にメッセージが表示される(図-17)。

本機能の採用により更なる安全性の強化が実現した。



図-17 ロックレバー自動ロック機能作動時のモニタ表示

(b) ロックレバーロック状態表示

ロックレバーのロック状態をモニタ左上部に表示することで、ロックレバーロック時にモニタ左上部に警報が点灯し、ロック状態であることを知らせる(図-18)。



図-18 ロックレバーロック表示

4. おわりに

本開発機 PC128US, PC138US は小型油圧ショベルの中核を担う主力商品の一つである。本開発機は排出ガス4次規制 (Tier4 Final/Stage IV) をクリアするのみでなく、従来機からお客様から高評価を頂いている高い操作性は有したまま、大幅な燃費改善 (JCMAS☆☆☆) を達成するとともに、コマツ初の本システムKomVision カメラによる視認性の向上を図り、大変魅力のある商品に仕上げることができた。今般、北米を先頭に欧州、国内へと順次マーケットに展開したが、お客様に深く満足していただけるものと信じている。

JCM/A



[筆者紹介]

橘 龍彦 (たちばな たつひこ)
コマツ 開発本部 建機第一開発センター
小型開発グループ 技師

