

製品紹介

油圧ショベル PC300-10 製品紹介

Hydraulic Excavator Model PC300-10

柳澤 正和
Masakazu Yanagizawa
水野 浩之
Hiroyuki Mizuno
小林 秀彦
Hidehiko Kobayashi

「環境」、「安全」、「ICT」をコンセプトに中型油圧ショベル PC300-10 を開発、市場導入した。その技術を解説し、製品紹介する。

Focusing on the “Environment,” “Safety” and “ICT (infocommunication technology)” as concepts, a medium hydraulic excavator model PC300-10 has been developed and launched on the market. The technologies incorporated in the same are described and the product is introduced.

Key Words: 環境, 安全, ICT, 燃費低減, エコガイドンス, ID キー

1. はじめに

近年、CO₂をはじめとする環境負荷物質の低減の重要性が増している。それに伴い2011年以降、日米欧にて順次、排出ガス4次規制（Tier4 Interim）が導入されている。

このような環境の中、上記規制へ対応するとともに環境にやさしく、かつお客様の利益を保障することを目的とした燃費低減を図ったPC300-10の開発を実施した。

本開発は燃費低減という大きな目標に向かって、車体での新技術の確立とエンジン、油機をはじめとするコンポーネントの開発のベクトルがうまく合致した。この度、市場導入することができたので、その概要について紹介する。（図1、図2）



図1 PC360LC-10（北米仕様）（社内資料から引用）



図2 開発コンセプト（社内資料から引用）

2. 開発のねらい

コマツの『品質と信頼性』をベースにした、より高い次元の「環境」・「安全」・「ICT (Information Communication Technology)」の追求が基本コンセプトである。本コンセプトをもとに、環境規制への対応と同時に環境負荷を低減、及び大幅な燃費低減、安全性の追求と ICT 技術の活用を図り、商品力を大幅にアップした。以下にその概要及び特徴を紹介する。

(1) 環境対応

- ・日米欧排出ガス 4 次規制対応 (Tier4 Interim)
- ・燃費低減 10% 対現行機
(KOMTRAX の解析による平均作業パターン比較)
- ・省エネガイドランスによる燃費低減サポート
- ・環境負荷物質低減
- ・国土交通省低騒音規制, EU 第 2 次騒音規制適合

(2) 安全性

世界の厳しい安全基準をクリアした安全設計, 快適性を追及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。

- ・マシンキャブからの落下防止用手すり
- ・セカンダリエンジン停止スイッチ
- ・シートベルト未装着警報
- ・バッテリーディスコネクトスイッチ

(3) ICT

- ・ID キー採用による盗難防止の強化
- ・KOMTRAX レポートの内容の充実

(4) 作業性能の向上

- ・走行モータの容量アップによる牽引力アップ

3. セリングポイント

前記を踏まえ、PC300-10 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。

3.1 環境対応

3.1.1 排出ガス規制対応

日米欧の排出ガス 4 次規制 (Tier4 Interim) に対応する。PC300 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 1)。

表 1 排出ガス 4 次規制 (社内資料から引用)

	規制値: Nox/HC/PM、*(NOx+NMHC)/PM (g/kW-h)			
	3 次規制		4 次規制	
	規制時期	規制値	規制時期	規制値
日本	'07/10 ~	3.6/0.4/0.17	'11/10 ~	2.0/0.19/0.02
米国	'07/1 ~	*4.0/0.20	'11/1 ~	2.0/0.19/0.02
欧州	'07/1 ~	*4.0/0.20	'11/1 ~	2.0/0.19/0.025

上記排出ガス規制を満足させるために、今開発で織り込んだエンジンの新技術を以下に列挙する。(図 3)

・PM 後処理装置

KDPF (Komatsu Diesel Particulate Filter) の採用により、排気ガス中の PM を大幅に低減した。

・可変ターボチャージャー

KVGT (Komatsu Variable Geometry Turbo) の採用により、低エミッション, 低燃費, 良好な応答性を実現した。

・クーールド EGR, 高効率 EGR クーラー

コマツの中大型エンジンで実績のある油圧駆動を発展させた油圧サーボ機構の EGR (Exhaust Gas Recirculation) バルブと高効率 EGR クーラーを採用することにより燃焼温度を効果的に下げ、NOx 低減、更には燃費低減にも貢献した。

・KCCV ベンチレータ

ブローバイガスを KCCV (Komatsu Closed Crankcase Ventilation) ベンチレータを通して吸気系回路に還元することでブローバイガスの排出をゼロにした。

・その他

現行機から採用している電子制御の高圧燃料噴射システム (HPCR (High Pressure Common Rail)) の噴射圧アップ (180MPa)、及び更なる燃焼室形状の最適化により、NOx, PM 及び燃費の低減を実現した。また、改良されたエンジンコントローラ (CM2250) と追加された最新の各種センサ、アクチュエータの連携により、EGR 率、燃料噴射、後処理装置の精密な制御が可能になり、新たに採用された NRTC (Non Road Transient Cycle) 規制に対応した。

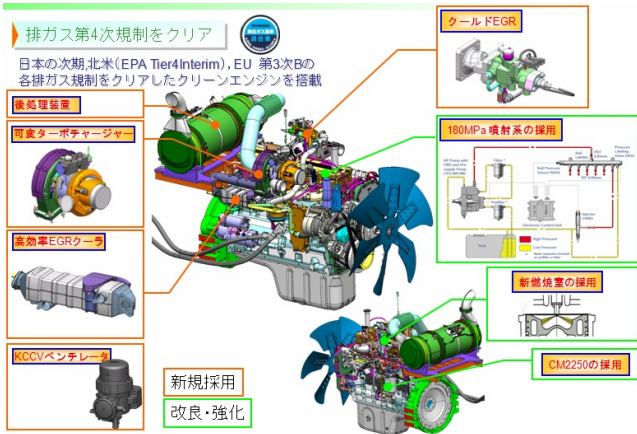


図3 エンジンの織り込み新技術 (社内資料から引用)

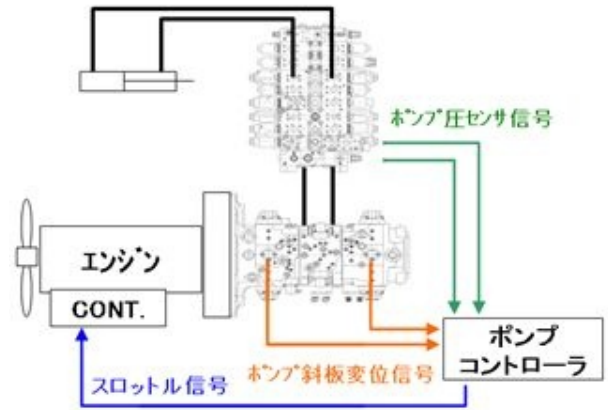


図5 新エンジン・ポンプマッチングシステム (社内資料から引用)

3.1.2 燃費低減

エンジン燃費効率の改善

前述のエンジン新技術の織り込みにより,排出ガス規制を満足するとともに,エンジンの燃費効率(燃費マップ)の大幅な改善が実現できた.

また,軽/中負荷領域においては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特性をもつエンジン燃費マップを有している.(図4)

この特性を利用して,車体制御でより効率的な燃費低減を図ったが,これについては 後述する.

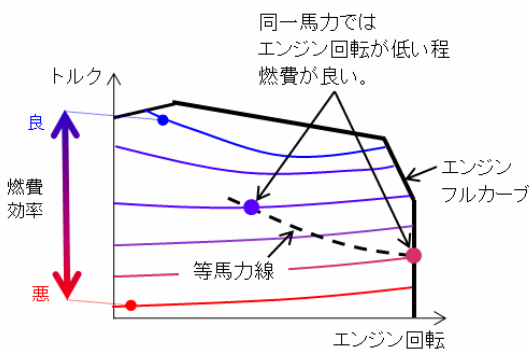


図4 エンジン燃費マップ概念図

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ポンプとエンジンの状態を各種センサでセンシングし,必要十分なポンプ吐出量を確保した上で,可能な限りエンジン回転数を下げるといった技術である.(図5,図6) PC228US-8 で採用したマッチング制御をベースに操作パターンに応じたエンジン回転数の低速化やばらつきを抑えた制御による精度向上等により,進化を図ったものになっている.

作業内容	機種	PC300-8	燃費	PC300-10
重負荷 (ポンプ吐出量大)		エンジン回転数高 吐出量確保	=	エンジン回転数高 吐出量確保
軽負荷 (ポンプ吐出量小)		エンジン回転数高 必要ポンプ吐出量に合わせてポンプ(斜板角)で調整。	>	エンジン回転数低 必要ポンプ吐出量に合わせて自動制御でエンジン回転を下げる。

図6 新エンジン・ポンプマッチング制御

本マッチング制御と燃費マップの大幅な改善及び 述べた軽/中負荷領域ではエンジン回転が低いほど燃費効率が良いという燃費マップの特性が相まって,効果的に大幅な燃費効率の向上を図ることができた.一例として,本マッチング制御を織り込んだ時の 90°旋回掘削積み込み作業でのエンジン回転数,燃費の推移を示す概念図を示す.(図7)

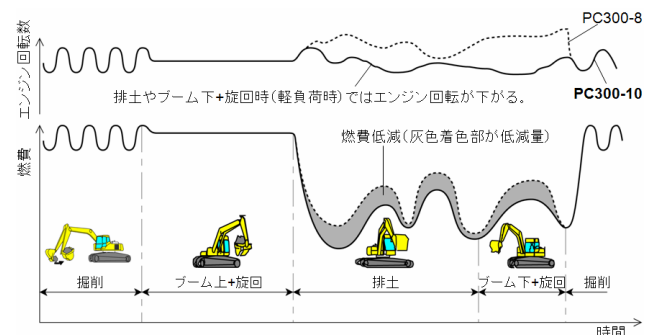


図7 新エンジン・ポンプマッチング制御時のエンジン回転数,燃費推移概念図

さらにはエンジン回転数を下げることにより、ファン馬力、ファン騒音の低減も可能になった。

回転時の油圧ロス低減

回転加速時は多大なトルク、圧力を必要とする。この圧力を確保するため、回転モータの安全弁から油をリリースさせているが、この時のリリース流量がロスとなる。(図8)

そのため、回転モータの安全弁を2段階に切り替え可能なタイプに変更して、加速時は安全弁のセットを上げて圧力は確保しつつ、ポンプの吐出流量は減らす制御を織り込んだ。これにより、回転加速時のリリースロスを低減することができ、燃費低減を図ることができた。

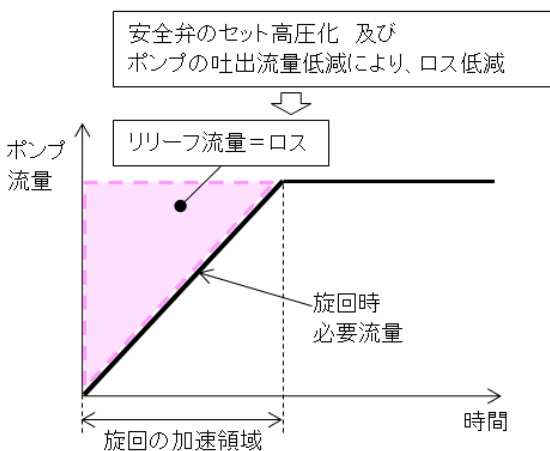


図8 回転時の油圧ロス低減

背圧油圧ロス低減

各アクチュエータ(シリンダ、モータ等)の負圧防止のため、リフトチェックバルブを用いて、ドレン回路に背圧を立てている。これまでは、この背圧の圧力セットは固定であったが、アクチュエータの動きに応じて必要な分だけ背圧を立てることができるように可変とし、負圧になるおそれが無い時は背圧を下げる制御を織り込んだ。これにより、背圧の油圧ロスを低減することができた。

オートデセル回転数の低速化

レバー中立時のデセル回転数をさらに下げることにより燃費低減を図った。(図9)

項目	機種	PC300-8	PC300-10
ローアイドル回転数 (rpm)		1000	1000
デセル回転数 (rpm)		1400	1000

図9 オートデセル回転数

その他、燃費低減技術

PC200-8等に織り込まれている油圧の合分流制御の採用、メインバルブを始めとする油圧回路の圧損低減、これらも燃費低減に貢献した。

以上、～の燃費低減技術を織り込むことで、大幅な燃費低減を実現することができた。尚、油圧ロス低減により効率が上がったもの(=作業量が増加したもの)については、効率が上がったことにより増加した作業量分のエンジン出力を抑えることで燃費低減に還元している。

KOMTRAXの解析による平均作業パターンでの実燃費は現行機比で10%、同盤上のPモード90°回転掘削積み込み作業での実燃費は現行機比で13%(作業量は現行機同一)を達成した。

3.1.3 エコガイド

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新たに織り込んだ。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。(図10)以下に燃費低減に関連する項目とアドバイス表示される条件と目的の概要を列挙する。

油圧リリース抑止

不要な油圧リリース操作がある場合、表示する。
不要な油圧リリースを抑止する。

Eモード推奨

P,ATT/Pモードで軽負荷作業が続いた場合、表示する。
軽負荷作業ではEモードを使用し、燃料消費を抑える。

走行パーシャル推奨

走行速度調整Hiの設定で長時間走行した場合、表示する。

エンジンスロットルダイヤルを下げ、燃料消費を抑える。

アイドルストップ推奨

長時間レバー操作が無い状態が続いた場合、表示する。
不要なアイドル時の燃料消費を抑える。

また、現行機にも搭載されていたエコゲージに加えて、平均燃費の表示機能も追加した。

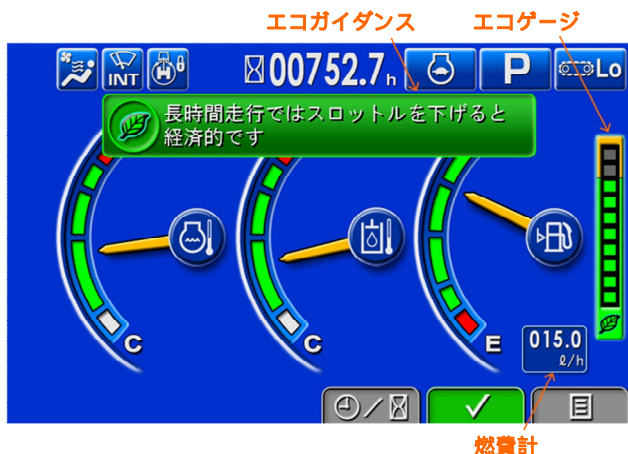


図 10 エコガイド表示の一例（社内資料から引用）

その他、以下の項目の表示機能も追加した。

- ・稼働時間やアイドル時間等がわかる運転実績画面（図 11）
- ・各エコガイドが表示された回数がわかるエコガイド記録画面（ワンポイントアドバイスも同様に表示）（図 12）
- ・時間あたり平均燃費、1日平均燃費燃費履歴画面（図 13）

これらの画面をオペレータへリアルタイムで表示することにより、燃費を意識した車両の稼働が可能となり、従来からあるメンテナンス管理機能とあわせて効率の良い車両の稼働、及び維持管理が可能になった。



図 11 運転実績画面（社内資料から引用）

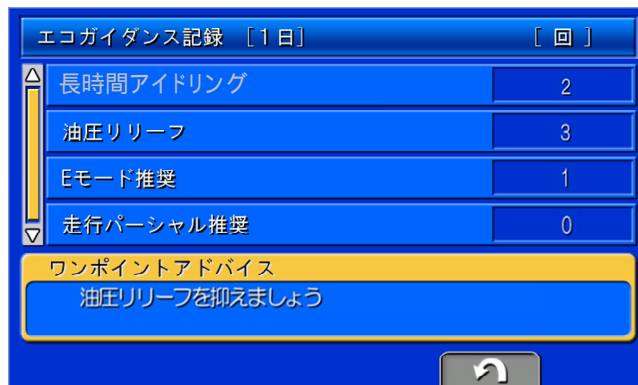


図 12 エコガイド記録画面（社内資料から引用）

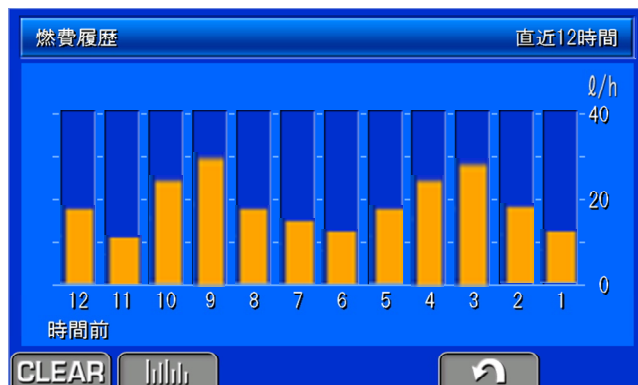


図 13 燃費履歴画面（図は時間当たり平均燃費）
（社内資料から引用）

3.1.4 環境負荷物質低減

前述の燃費低減技術を用いて燃費低減を図り、大幅なCO₂の削減を実現した。その他にも6価クロム廃止等、環境負荷物質の低減を実施した。

3.1.5 騒音規制適合

現行機同様、国土交通省低騒音規制及びEU第2次騒音規制をクリアした。前述した新エンジン・ポンプマッチング制御によるエンジン回転数の低減、及びファンの風切り音を低減するクーリングシュラウドの搭載、吸音材の最適配置が上記規制のクリアに大きく貢献した。

3.2 安全性

従来からの安全、快適設計に加えて下記を採用し、一段と安全性を高めた。

3.2.1 マシンキャブからの落下防止用手すり

マシンキャブからの転落を防止するため、手すりを追加した。（図 14）これはISO(2867)の新規格を満たしている。尚、エンジンまわりの整備時にはカウンタウエイト上へまわり込む必要が無い構造になっている。

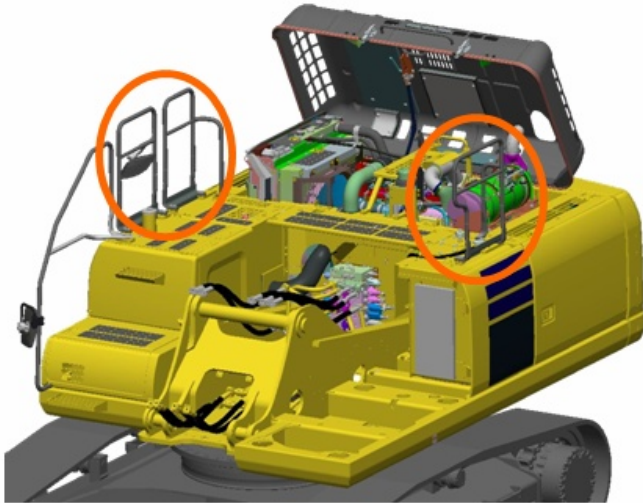


図 14 マシンキャブからの落下防止用手すり
(社内資料から引用)

3.2.2 セカンダリエンジン停止スイッチ

緊急時に備えたセカンダリエンジン停止スイッチを運転シート下に新たに装備した。(図 15)

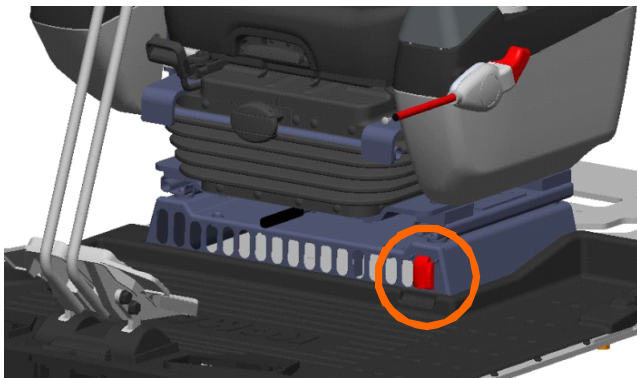


図 15 セカンダリエンジン停止スイッチ
(社内資料から引用)

3.2.3 シートベルト未装着警報

シートベルト未着用時にモニタ左上部に警報が点灯し、装着を促す。(図 16)

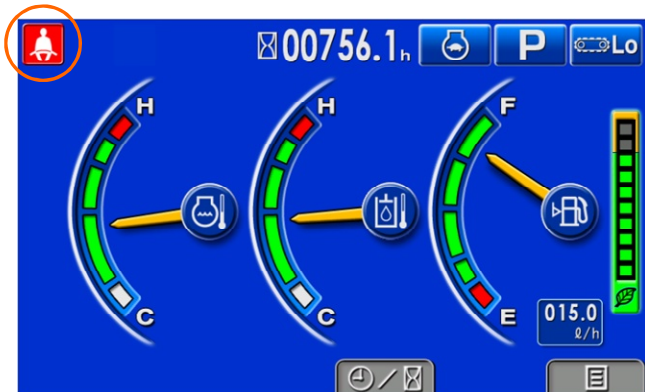


図 16 シートベルト未装着警報 (社内資料から引用)

3.2.4 バッテリディスコネクトスイッチ

電気回路整備時の安全性を向上させるため、バッテリーディスコネクトスイッチを標準装備した。(図 17)

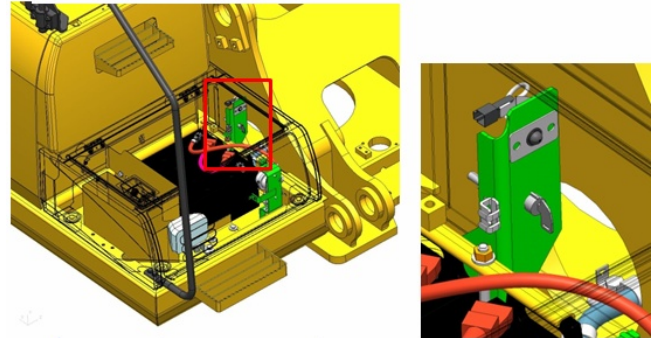


図 17 バッテリディスコネクトスイッチ
(社内資料から引用)

3.3 ICT

3.3.1 IDキー

IDキーとはキー差し込み部近傍にあるIDキーアンテナでキーのIDを読み取り、読み取ったIDをIDキーコントローラで電子照合して有効IDかどうかの判定を実施し、エンジン始動の管理を実施するシステムである。(図 18) これにより、さらなる盗難抑止機能の強化が実現できた。

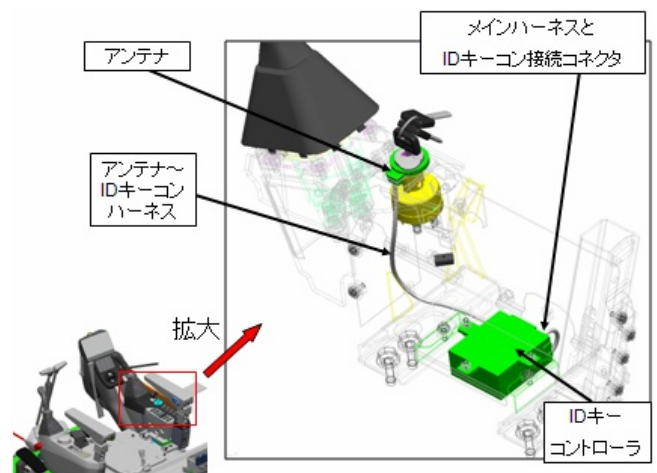


図 18 IDキーの概要 (社内資料から引用)

3.3.2 KOMTRAX の機能充実

今までの KOMTRAX レポート内容に加え、燃費低減についてのアドバイスを記載し、内容の充実を図った。(図 19)



図 19 KOMTRAX レポート内容の充実
(社内資料から引用)

3.3.3 新大型カラーマルチモニタ

高精細液晶により、従来の 7 インチ大型 TFT (Thin Film Transistor) 液晶の視認性、画面解像度を更に向上させた。また、多言語にも対応が可能であり、25 ヶ国の言語から選択可能になった。

3.4 走行性能の向上

3.4.1 牽引力アップ

新規開発の容量アップした走行モータを搭載し、牽引力を現行機に対して +10% アップした。尚、走行モータの容量をアップしたにもかかわらず、走行時の燃費は前述の燃費低減技術を織り込むことにより、現行機に対して悪化することなく、対現行比同一とすることができた。

4. おわりに

PC300 はコマツの中型油圧ショベルの中核を担う主力商品の一つである。本開発は研究、開発、品質確認部門の連携により、燃費低減技術を確立することができた。規制対応のみならず、燃費低減をはじめとした数々のセリングポイントを掲げて、北米を先頭に欧州、国内へと順次、マーケットに展開されるが、各マーケットで好評を得ることを期待したい。

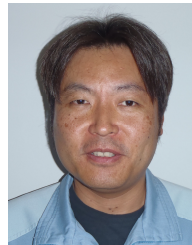
筆者紹介



Masakazu Yanagizawa
やなぎさわ まさかず
柳澤 正和 1981 年、コマツ入社。
現在、開発本部 建機第一開発センタ
油圧ショベル開発グループ所属



Hiroyuki Mizuno
みずの ひろゆき
水野 浩之 1994 年、コマツ入社。
現在、KOMATSU SHANTUI
CONSTRUCTION MACHINERY CO.,LTD.
品質保証本部所属



Hidehiko Kobayashi
こばやし ひでひこ
小林 秀彦 1999 年、コマツ入社。
現在、開発本部 建機第一開発センタ
油圧ショベル開発グループ所属

【筆者からひと言】

厳格な品質確認を経てコンセプト通りの仕上がりとなりました。市場での高い評価が期待できるものと考えております。