

# 油圧ショベル

## PC78US-11

松田直綱・下條 亘

市場ニーズの大きかった燃費・騒音などの「環境性能」と、作業量・スキトリ速度などの基本的な「作業性能」を高い次元で両立させることを開発のコンセプトとし、新規3気筒高出力エンジンを自社開発することで、同時に排ガス規制（平成26年規制／Tier4 Final／欧州StageV）にも対応した。また、外装デザインも一新し、サービス要望の強かった「整備性」の向上も図った小型油圧ショベルPC78US-11（以下、開発機という）を開発、市場導入した。その技術を解説し、製品紹介する。

キーワード：燃費，騒音，作業量，スキトリ，整備性，環境性能，作業性能

### 1. はじめに

開発機は、当社の小型油圧ショベルの主力機種として、管工事など狭い現場から一般土木まで、さまざまな現場で稼働している。そのため、求められる機能は多岐におよび、特に燃費・騒音など環境への配慮と、作業量・スキトリ速度など基本的な作業性能の両立を望む声が大きかった。また、欧州StageV排ガス規制への対応も必要であった背景から、新規3気筒高出力エンジンを自社開発し、排ガス規制に対応しつつ大幅に商品力を向上した開発を行った。この度、日本、北米、欧州へ市場導入したため、その概要について紹介する（図-1）。



図-1 開発機 外観

### 2. 開発のねらい

コマツの『品質と信頼性』をベースに、市場ニーズの大きかった燃費・騒音などの「環境性能」と、従来

よりコマツの特色であった基本的な「作業性能」を高い次元で両立させることを開発のコンセプトとし、新規3気筒高出力エンジンを自社開発することで、同時に欧州StageV排ガス規制にも対応した。また、外装デザインも一新し、サービス要望の強かった「整備性」の向上も開発のねらいとした。

#### (1) 環境性能

- ・新規3気筒高出力エンジンの開発
- ・日米欧排ガス規制対応  
（平成26年規制／Tier4 Final／欧州StageV）
- ・JCMAS燃費2020年基準100%達成（☆☆☆）
- ・市場相当燃費低減△20% 対現行機比  
（Komtraxの解析による平均作業パターン比較）
- ・国土交通省超低騒音基準適合  
（周囲騒音△5.2 dB（A）対現行機比）

#### (2) 作業性能

- ・作業量Pモード8% UP 対現行機比
- ・スキトリ速度18% UP 対現行機比
- ・ホイスト旋回上昇量12% UP 対現行機比
- ・アタッチメント性能向上
- ・ブレード作業性能向上
- ・アームクレーン性能向上
- ・LEDライト標準装備

#### (3) 整備性

- ・外装開口拡大
- ・エンジン補機類一極集中化

- ・クーリング清掃容易化
- ・密閉式エンジンクーリングシステム採用

### 3. セリングポイント

開発機のセリングポイントとその達成手段について解説する。

#### (1) 環境性能の向上

後述する技術を織り込み、燃費、騒音の大幅な低減、排ガス規制対応を実現した。

##### (a) 新規3気筒高出力エンジンの開発

現行機4気筒エンジンに対して、3気筒化することで排気量を3/4にダウンサイジングして燃費低減を図りながら、過給圧を上げることで現行機同一の高出力を維持し、低燃費と高出力を両立した新規エンジンを開発した。また、燃焼改善や摩擦損失低減といった燃費低減技術も織り込み、更なる燃費改善を図った(表1, 図2)。

##### (b) 排ガス規制対応

建設機械用ディーゼルエンジンの排出ガス規制としては、2019年からは欧州でStageVと称される規制が導入されて新しい段階を迎えている。図3に日本・北米・欧州における排出ガス規制動向を示す。図4は、EU規制を代表例に37~56kWにおける窒素酸化物(NOx)と粒子状物質(PM)の排出ガス規制値を軸に推移として示したものである。StageVからPMに加えて粒子数(PN)の規制が追加された。

排気ガス浄化装置は、日本および北米向けにおい

て、現行機同様に必要十分な排気ガス浄化性能を持ったKDOC<sup>(※1)</sup>マフラを採用した(表2)。図5に示すとおり、KDOCマフラはフィルタレスであるため車両全体のライフサイクルコストを抑えるメリットがある。欧州仕様は、StageVで追加されたPN規制に適合するために、特別に本エンジン専用のKDPF<sup>(※2)</sup>を開発、採用した。図6にKDPFの構造を示す。

#### (c) 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20%の燃費低減を達成した。

太神内が今回開発したエンジンの対象規制

GY	2013			2014			2015			2016			2017			2018			2019			2020			2021		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
0	平成18年規制																										
37≦kW<56	平成23年規制																										
56≦kW<130	平成26年規制																										
日本																											
37≦kW<56																											
56≦kW<130	Tier4i																										
130≦kW<560	Tier4Final																										
北米																											
37≦kW<56																											
56≦kW<130																											
130≦kW<560	StageIIIb																										
560≦kW	StageIV																										
欧州																											
37≦kW<56																											
56≦kW<130																											
130≦kW<560	StageV																										
560≦kW																											

図3 日本・米国・欧州における排出ガス規制動向

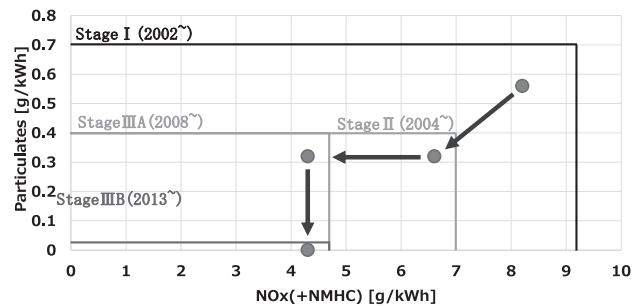


図4 EU排出ガス規制の変遷(37~56kW)

表1 エンジン諸言の比較

	開発機	現行機
エンジン型式	SAA3D95E-1	SAA4D95LE-6
排気量 L	2.45	3.26
気筒数	3	4
最大出力 kW/min <sup>-1</sup>	50.7/1,900	50.7/1,950

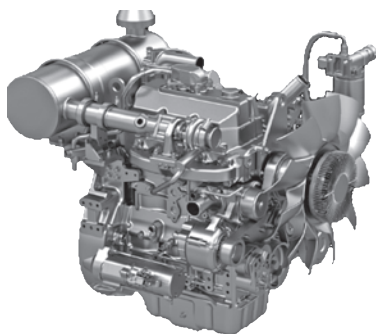


図2 新開発3気筒エンジン 外観

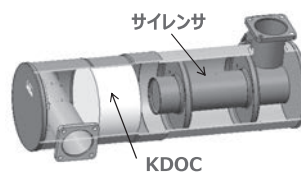


図5 KDOCマフラの構造

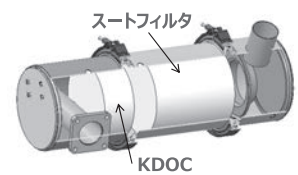


図6 KDPFの構造

表2 対応する排ガス規制と後処理装置

	開発機	現行機
対応する排ガス規制	日本 北米 欧州	平成26年規制 Tier4 Final Stage V
排気ガス浄化装置	日・米: KDOC 欧: KDPF	KDOC

※1: Komatsu Diesel Oxidation Catalyst

※2: Komatsu Diesel Particulate Filter

① 油圧ロス低減

レバー操作に応じて必要となる油の量を見直し、最適化することで油圧ロス低減を図った。また、油圧回路全体を見直して油圧ロスとなる項目を洗い出し、一つひとつの効果は小さくても、数多くの改善項目を織り込むことで、車体全体としては大きな油圧ロス低減を実現した。

② 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うえで、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。

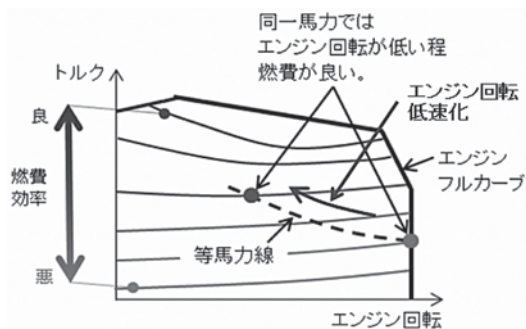
同一馬力で比較するとエンジン回転が低いほど燃費効率が良いというエンジン燃費マップの特性を利用し、エンジン回転を低速でマッチングさせることで燃費低減を実現した（図—7）。

③ 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。

(d) 国土交通省超低騒音基準適合

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、ファンクラッチによるファン回転数の低減および後述する外装構造の工夫により、現行機では達成できなかった国土交通省超低騒音基準を



図—7 エンジン燃費マップとエンジン回転低速化の概念図



図—8 外装構造変更による騒音低減

クリアした。外装構造の工夫とは、エンジン音が外に出るまでの風の流れと吸音材の配置の関係を最適化することで、周囲騒音低減を実現している（図—8）。

(2) 作業性能の向上

後述する技術を織り込み、大幅な基本性能の向上、アタッチメント性能向上、ブレード作業性能向上、等の作業性能の向上を実現した。

(a) 基本性能の向上

コンポーネント自社開発の強みを生かし、複合操作時の各アクチュエータへの流量分配を最適化し、レバー操作に応じてポンプ吐出量を最適に制御することにより、下記の基本性能向上を実現した。

- ・作業量 P モード 8% UP 対現行機比
- ・スキトリ速度 18% UP 対現行機比
- ・ホイスト旋回上昇量 12% UP 対現行機比

(b) アタッチメント性能向上

① アタッチメント流量 UP

市場調査を実施した結果、主に林業分野のユーザから、アタッチメント流量アップの要望があった。そこで、ポンプ吐出量を最適に制御することにより、低圧での最大流量をアップし、高圧になっても流量が落ちないようにアタッチメント流量をアップした（図—9）。

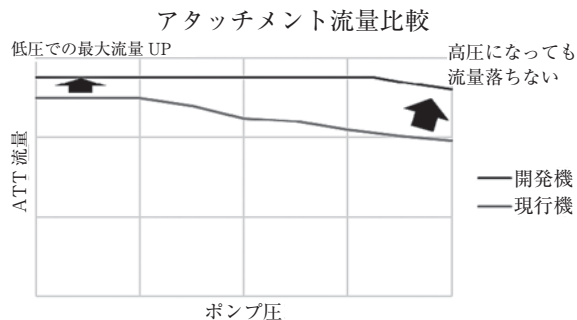
② アタッチメント切替バルブの切替自動化

現行機は、アタッチメントモードとブレーカモードを切替の際、回路圧力の切替をオペ席からおりて、手で切替バルブを操作する必要があったが、開発機ではモニタ操作と連動して自動で回路圧力を切り替えるようにした。

(c) ブレード作業性能向上

① ブレード形状変更による土巻性改善

ブレード形状を押し土中の土巻性が良いように最適化した。土を抱えて押し土する際のブレード背面への土砂こぼれが少なくなり、押し土量も増加した（図—10）。



図—9 アタッチメント流量 UP 概念図

②ブレードレバーに走行切替スイッチ追加

現行機では、走行 Hi ⇄ Lo の切替はモニタ操作でしか操作できなかったが、開発機では、モニタ操作の他にブレードレバーに追加したスイッチでも切替ができるようにした。これにより、ブレード操作をしながら、走行 Hi ⇄ Lo の切替ができるようになり、ブレード整地作業時の効率を上げることができる（図—11）。

(d) アームクレーン性能向上

①定格荷重 UP

車体バランスの見直しとフック耐久性の向上により、定格荷重をアップした。

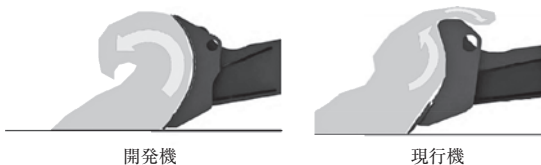
1.7t（現行機） → 2.3t（開発機）

②アームクレーンモードワンタッチ切替スイッチ追加

モニタボタンを何回も操作しなくても、ワンタッチでアームクレーンモードに切替できるスイッチを右コンソールに追加した（図—12）。

(e) LED ライト標準装備

ブーム、キャブ上にLEDライトを標準装備した。低照度環境下で視認性が向上し、夜間や屋内で安全に作業可能になった（図—13）。



図—10 ブレード形状変更の概念図



図—11 ブレードレバーに追加した走行切替スイッチ



図—12 アームクレーンワンタッチ切替スイッチ

(3) 整備性向上

(a) 外装構造を一新した整備性の向上

外装構造を一新し、整備性を大幅に向上した（図—14、15）。

- ・外装カバー開口拡大により、アクセス性向上
- ・燃料補機類を一極集中化し、整備性向上
- ・クーリングネット構造を見直し、脱着性向上
- ・コンデンサを開閉可能な構造とし、清掃性向上

(b) 密閉式エンジンクーリングシステム採用

エクспанションタンクを加圧することで、冷却水の蒸発による自然減少を防ぐことができる。そのため、基本的には日常点検での冷却水の補給が不要となる。



図—13 LED ライト標準装備



クーリング清掃容易化 1枚ネットスペース大



図—14 開発機の外装構造



図一 15 現行機の外装構造



図一 16 サスペンションシート標準化



図一 17 多機能オーディオ

#### (4) コンフォート

オペ席回りの快適性向上のため、装備を充実させた。

##### (a) サスペンションシート標準化

現行機でも OPT 設定されていたサスペンションシートを標準化することで、快適なオペレーションを可能にした (図一 16)。

##### (b) 多機能オーディオ採用

USB の接続, Bluetooth® (※3) 接続が可能な AM / FM ラジオを標準装備した (図一 17)。

#### 4. おわりに

PC78US はコマツの小型油圧ショベルの主力商品である。本開発では、新規 3 気筒高出力エンジンを開発することにより、大幅燃費低減、国土交通省超低騒音規制達成、欧州 StageV 排ガス規制対応といった環境性能向上と、作業量アップやスキトリ速度アップといった作業性能向上を高い次元で両立させることができた。また、整備性の向上や、ここでは書ききれなかつ

たさまざまな市場やサービスの要望を織り込み、大変魅力のある商品に仕上げることができた。今後、市場で高評価が得られるものと信じている。

JCMA

##### 【筆者紹介】



松田 直綱 (まつだ なおつな)  
コマツ  
開発本部 車両第三開発センタ  
油圧ショベルブルドーザ開発グループ  
TM



下條 亘 (げじょう わたる)  
コマツ  
開発本部 車両第三開発センタ  
油圧ショベルブルドーザ開発グループ  
技師

※3: Bluetooth® ワードマークおよびロゴは商標登録であり, Bluetooth SIG, Inc. が所有権を有します。コマツグループは使用許諾の下でこれらのマーク及びロゴを使用しています。