

製品紹介

バッテリー駆動式ミニショベル PC30E-5

Electric Mini Excavator PC30E-5

永嶋 芳明
Yoshiaki Nagashima
野村 真
Makoto Nomura
広田 崇
Takashi Hirota

これまで培ってきたハイブリッド建機やバッテリーフォークリフトの技術をベースに、エンジン式ミニショベルと同等の掘削性能を発揮しつつ、排気ガス“ゼロ”や騒音の大幅低減を実現したバッテリー駆動式ミニショベル「PC30E-5」を開発し、他社に先駆けて市場導入した。その主な特徴を紹介する。

Based on the hybrid construction machinery and battery-powered forklift technologies we have manufactured to date, we have developed the new electric (battery-powered) mini excavator PC30E-5, which has achieved ZERO emissions and significant less noise while maintaining an equivalent digging performance to the internal combustion mini excavators. We are ahead of our competitors in introducing it to the market. This paper introduces its main features.

Key Words: PC30E-5, バッテリー駆動式ミニショベル, 騒音, 急速充電, CHAdeMO, KOMTRAX, 環境, 安全, 情報通信技術 (ICT), ゼロエミッション

1. はじめに

近年、異常気象の発生頻度が増加するなど、気候変動が生活に影響を与えるほどに進んでおり、世界は脱炭素社会に向けて大きく動き始めている。

電気自動車やハイブリッド自動車の普及は目覚ましいものがあり、建設機械においても電動化のニーズは高まってきている。



図1 PC30E-5 (カタログ写真より引用)

表1 主な仕様

項目	単位	PC30E-5
全長	mm	4950
全幅	mm	1740
全高	mm	2580
機械質量	kg	4730
後端旋回半径	mm	1420
モータ出力	kW	18.2
バッテリー容量	kWh	36

2. 開発のねらいと達成手段

従来、ミニショベルは都市部や屋内で使用されることが多く、作業空間の環境改善や、周辺への騒音への対策が課題となることが多い。

「地球温暖化への対応」だけではなく、使用する側にとっても「ゼロエミッション」、「極低騒音」というメリットのあるバッテリー駆動式ミニショベルを開発した。

以下にその概要および特徴を紹介する。

(1) 環境対応

- ・ 排気ガス “ゼロ”
- ・ 車体／周囲騒音を大幅低減
- ・ 排熱低減

(2) 作業性

- ・ エンジン式ミニショベルと遜色ない作業性
- ・ 稼働現場に合わせて選択できる2つの充電方式
 - ① 普通充電器
 - ② 急速充電器

(3) 安全性

- ・ 信頼性に優れた高電圧変換コンポーネント
- ・ 充電プラグの二重監視
- ・ ROPSとOPGトップガードレベル I 規格適合
- ・ 電動モータ稼働回転灯
- ・ PC30/35MR-5相当の安全装備

(4) 整備性

- ・ 高電圧部を完全分離
- ・ 日常点検，定期メンテナンスを大幅削減
- ・ イージメンテナンspbバッテリー

(5) ICT & KOMTRAX

- ・ 高精細3.5インチ液晶ディスプレイ (LCD) モニタを装備
- ・ KOMTRAXで日々のバッテリー状態を遠隔監視

3. 主な特徴

PC30E-5はエンジン式ミニショベルPC30MR-5をベースに、エンジンを電動モータ、燃料をイージメンテナンspbバッテリーに置き換えた。油圧システムは従来機と同じ構成にすることにより、従来機と遜色のない操作性と作業性を実現した。

燃料給油に代わるバッテリーへの充電も特別な技術や知識が必要なく誰でも簡単に操作することができる。

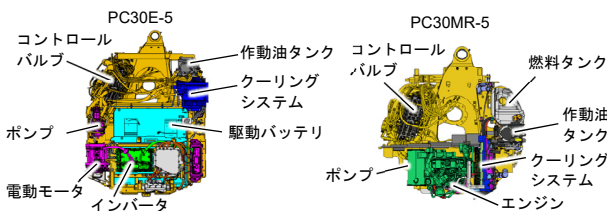


図2 PC30E-5, PC30MR-5システム構成

3.1 環境対応

エンジン式ミニショベルが化石燃料を動力源とするエンジンを用いて油圧ポンプを駆動しているのに対し、電気駆動の永久磁石モータにより油圧ポンプ駆動している。この電動モータは、当社のハイブリッドショベルの旋回モータをベースとして開発したものである。

この電動モータは、バッテリーの電力を電力変換する装置であるインバータによって、その回転数・トルクを制御している。本インバータも電動モータ同様、ハイブリッドショベルの技術を応用し社内で開発した。

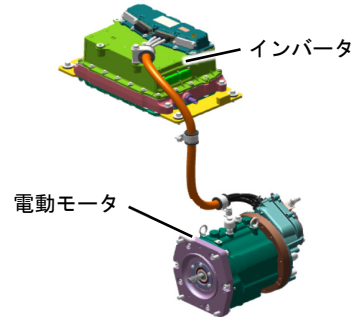


図3 インバータ／電動モータ

3.1.1 排気ガス “ゼロ”

現場で発生する排気ガス “ゼロ” を実現した。クリーンな作業環境を実現した。

表2 排出ガスの比較 (販売マニュアルより引用)

項目	PC30E-5	PC30MR-5
規制 (出力区分)	—	国土交通省 排ガス3次規制 (8~19kW)
NOx (窒素酸化物) NMHC (非メタン炭化水素)	0	7.5 (NOx + NMHC)
CO (一酸化炭素)	0	5.0
PM (粒子状物質)	0	0.4
ディーゼル黒煙	0	40%

CO₂排出量：40%減 (令和2年の排出係数で算出)

3.1.2 車体／周囲騒音を大幅低減

エンジンに代わり電動モータを搭載したことで、エンジンによる騒音がなく、圧倒的に騒音を低減した。

エンジン式ミニショベルと比較し、最大6dB以上の低減を実現できた。

3.1.3 排熱低減

車体の一番の熱源であるエンジンが搭載されていないため、従来機よりも快適な運転席空間を実現。更に周囲への排熱の影響も大幅に低減されることで現場作業環境を改善できた。

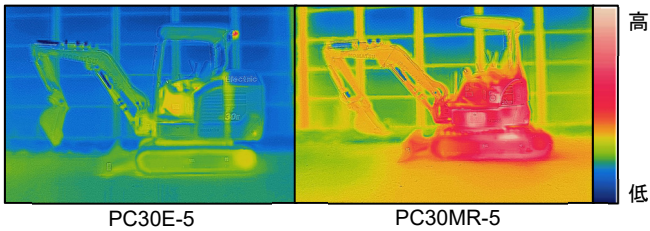


図4 排熱比較 (カタログより引用)

3.2 作業性

3.2.1 エンジン式ミニショベルと遜色ない作業性

エンジン式ミニショベルと同じ油圧システムを、エンジンではなく電動モータで駆動している。制御系については、エンジン式ミニショベルでは、「車体コントローラ」と「エンジンコントローラ」でポンプ制御とエンジン制御を実現していた。PC30E-5においては、「エンジンコントローラ」の代わりに、高電圧系を制御する「電気コントローラ」と電動モータを制御する「インバータコントローラ」を設けて、同等の作業性を実現した。

PC30E-5はバッテリー駆動式のミニショベルではあるが、作業を行う際にはエンジン式ミニショベルと同様の操作で作業を始めることができ、特別な操作は必要ない。

また、長時間稼働か作業量によって選択できる「作業モード選択」や、作業機レバー中立時に電動モータ回転数を自動的に低減する「オートデセル」、ロックレバーがロックされた状態で、あらかじめ設定した時間以上アイドルが継続すると電動モータを自動停止させる「オートアイドルストップ」機能も、エンジン式ミニショベル同様に備えており、消費電力の低減を図ることができる。

3.2.2 稼働現場に合わせて2タイプの充電方式を用意

夜間などの休車中に時間をかけてバッテリーを満充電にする普通充電と、稼働時間の長い現場などで昼休みなどの休憩時間に短時間でバッテリー容量の80%まで回復できる急速充電を用意した。

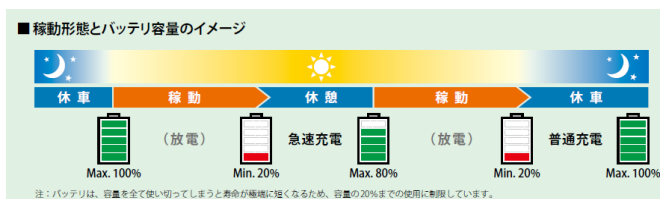


図5 充電パターン (カタログより引用)

普通充電は、家庭用の单相200Vを電源とし、車載の普通充電器で充電する。急速充電は、電気自動車用で一般的なCHAdeMO (※) 方式を採用した。

急速充電、普通充電とも電気自動車と同様の操作で充電を開始することができる。電気コントローラが、バッテリーの温度、電圧、電流を監視しながら、バッテリーの高寿命化を図るよう定電力充電と多段階定電流充電を切り替えて実施する。

(※) : CHAdeMOはCHAdeMO協議会の登録商標

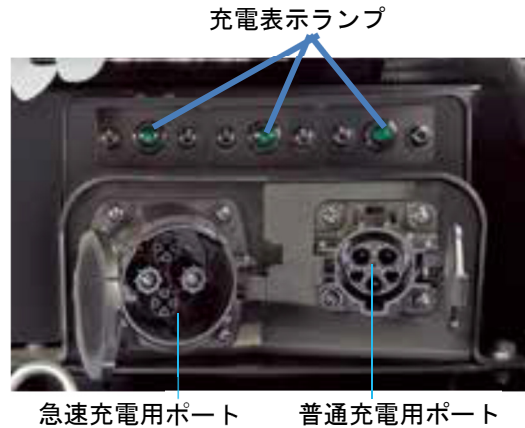


図6 充電ポート (カタログより引用)

(1) 普通充電器

家庭の单相200V電源からの充電を可能とし、安全に充電制御を実施するための特許を出願中であり、定電流充電および定電力充電を行うことを可能とした。

自社で設計した力率改善回路とDC/DCコンバータの二段構成としており、EN61204-3の欧州EMC規格にも適合させている。

力率改善回路は、普通充電器を高調波イミュニティ規制へ適合させ、DC/DCコンバータは、バッテリーの幅広い電圧範囲にて電流・電圧制御を可能とした。

また、系統の電力異常に対して、フィードフォワード制御を採用することで、充電品質のロバスト性を高めた。

(2) 可搬式急速充電器 (オプション)

稼働現場で容易に設置できるように、オプションとして可搬式の急速充電器を用意した。



図7 可搬式急速充電器

3.3 安全性

3.3.1 信頼性に優れたパワーデリバリユニットを搭載

バッテリー駆動式ミニショベルに使用する高電圧部品は、耐振動や耐水性などが求められる建設機械の過酷な環境下でも、電氣的に安全に機能するよう、自社で新開発したパワーデリバリユニットに搭載した。

パワーデリバリユニットは、上記の普通充電器のほかに、電装部品用コンバータや、高電圧の切り替えを行う高電圧制御回路を内蔵している。

この電装部品用コンバータは、電動車がエンジンの代わりに電動モータを動力源とするため、電装部品用バッテリーを充電することができる。

また高電圧制御回路は、稼働中は、電動モータを制御するためのインバータへバッテリーの電力を分配し、充電中は、周囲の安全を担保するため、電動モータが駆動しないよう、バッテリー電力を内部で遮断する機構を有している。



図8 パワーデリバリユニット

3.3.2 充電プラグの二重監視

急速充電、普通充電とも、充電プラグの接続状態を監視できるシステムとなっている。PC30E-5においては、電気コントローラとインバータコントローラの2つのコントローラにより接続状態の監視を行っている。稼働中に充電プラグが接続された場合には電動モータを確実に停止し、充電中においては電動モータへバッテリーの電力が供給されない仕組みとすることで、安全性を担保している。

3.3.3 ROPS & OPG トップガード適合

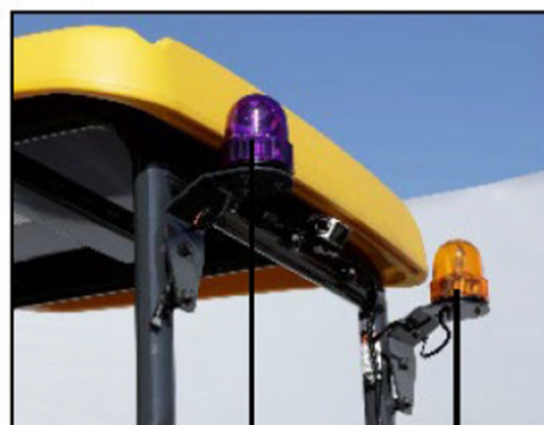
ROPS (ISO 3471) とOPGトップガードレベル I (ISO 10262)、および労働安全衛生法基準に適合したヘッドカードを標準装備。巻取り式シートベルトの装着と合わせて、万一の転倒や落下物からオペレータをしっかりとガードする。



図9 ROPS & OPG (カタログより引用)

3.3.4 電動モータ稼働回転灯

電動モータが動作中には、キャノピ後ろに設けた電動モータ稼働回転灯が点灯して、周囲にお知らせする。



電動モータ稼働回転灯
アームクレーン用回転灯

図10 回転灯 (カタログより引用)

3.3.5 PC30/35MR-5相当の安全装備

PC30MR-5で好評の安全装置はすべて備えている。

- ・ ロックレバー自動ロック機能
- ・ シートベルト未装着警報
- ・ セカンダリモータ停止スイッチ
エンジン式ショベルにおけるセカンダリエンジン停止スイッチと同様に、緊急時に備えて、シート下部に電動モータ停止スイッチを装備した。

3.4 整備性

3.4.1 高電圧部の分離

日常点検部を前方に集中させることにより、メンテナンスに要する時間を短縮するとともに高電圧部は車体後方に集中配置し、日常電源部と完全に分離した構造であり、技能資格者以外がアクセスできない構造で安全なメンテナンスが可能になった。



図11 メンテナンス

3.4.2 日常点検, 定期メンテナンスを大幅削減

エンジンや燃料に関する項目がないため、日常点検項目や定期メンテナンス項目が大幅に削減された。

表3 日常点検表

【日常点検項目】(9→5項目) ●:実施要, —:不要

交換部品	PC30E-5	PC30MR-5
燃料タンク混入水, 沈殿物排出	—	●
ダストインジケータ点検	—	●
ウォーターセパレータ点検, 水抜き, 沈殿物排出	—	●
作動油タンクの油量点検, 補給	●	●
冷却水量の点検, 補給	●	●
電気配線の点検	●	●
燃料量 (バッテリー残量) の点検	●	●
ホーンの点検	●	●
フロアチルト固定ボルトの点検	—	●

表4 定期交換部品表

【油脂類交換部品】(9→6項目) ●:実施要, —:不要

交換部品	推奨交換時間(h)	PC30E-5	PC30MR-5
グリス	300	●	●
エンジンオイルフィルタ	500	—	●
エンジンオイル	500	—	●
燃料フィルタ	500	—	●
作動油タンクブリーザ	500	●	●
ファイナルドライブギアオイル	1000	●	●
作動油フィルタ	1000	●	●
作動油タンクストレーナ	2000	●	●
作動油	2000	●	●

エンジン・燃料関連の点検項目

3.4.3 イージメンテナンスバッテリーを採用

コマツバッテリーフォークリフトFEシリーズに搭載されている, イージメンテナンスバッテリーを採用. 従来の液式鉛電池で必要であった面倒な補水が不要であるとともに安全性を確保している。

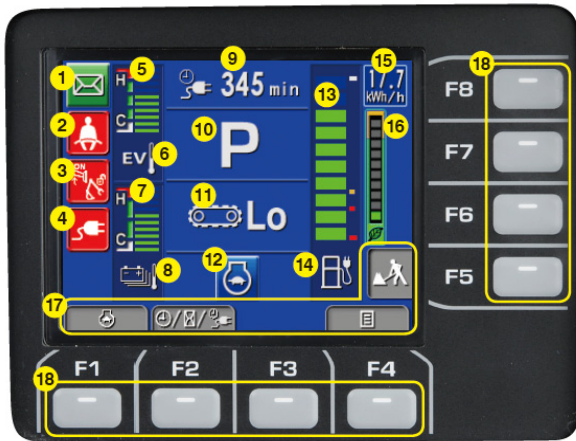


図12 バッテリーAss'y

3.5 ICT

3.5.1 高精細3.5インチLCDモニターを装備

カラー液晶マルチモニターを搭載し, 各種コーションや様々な車体情報を分かりやすく画面に表示. バッテリー残量や充電ケーブル接続状態, 消費電力などのバッテリー駆動であることに関連する項目も含めて, 車両の状況を一目で把握. ボタン操作により稼働時間, 充電電力量, 電力料金や積算CO₂排出量など様々な情報を表示する。



インジケータ、操作スイッチ

- | | |
|---------------------|---------------|
| ① メッセージ表示 | ⑩ 作業モード表示 |
| ② シートベルト警告灯 | ⑪ 走行速度表示 |
| ③ ロックレバー表示灯 | ⑫ オートデセル表示 |
| ④ 充電ケーブル接続警告灯 | ⑬ バッテリ残量ゲージ |
| ⑤ 電動コンボ温度ゲージ | ⑭ バッテリ残量警告灯 |
| ⑥ 電動コンボ温度警告灯 | ⑮ 平均消費電力量 |
| ⑦ バッテリ温度ゲージ | ⑯ 瞬時消費電力 |
| ⑧ バッテリ温度警告灯 | ⑰ ガイダンスアイコン |
| ⑨ サービスメータ/時計/作業可能時間 | ⑱ ファンクションスイッチ |

図13 マルチモニタ（稼働時）
（カタログより引用）

充電中は充電進行状況を6段階に表示すると同時に、充電ポート上に配置した充電表示ランプでも確認できる。

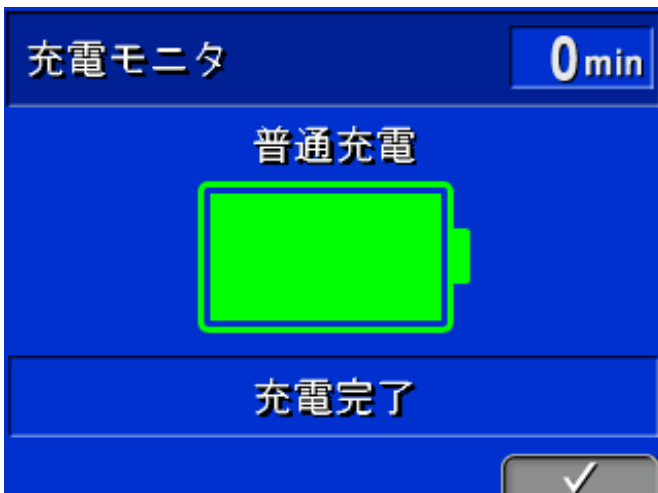


図14 マルチモニタ（充電時）
（カタログより引用）

3.5.2 KOMTRAXで日々のバッテリー状態を遠隔監視

PC30E-5では、従来の車両稼働状況や位置情報に加え、充電履歴、充電電力量などのバッテリーマネジメント情報を追加した。

これらの情報により使用電力量からCO₂排出量、ランニングコストがわかるだけでなく、バッテリー寿命予測、よりバッテリーを長持ちさせるための情報を提供できる。

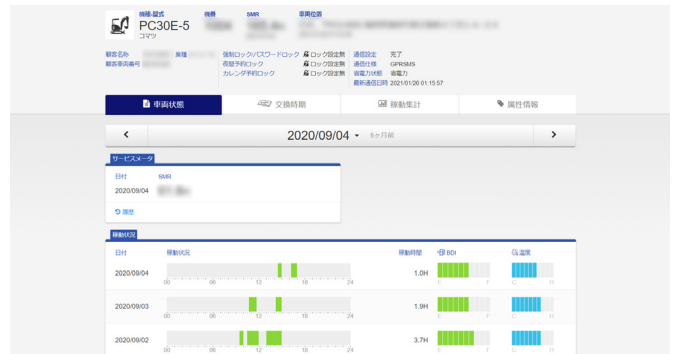


図15 アワメータ時間（SMR）／稼働情報

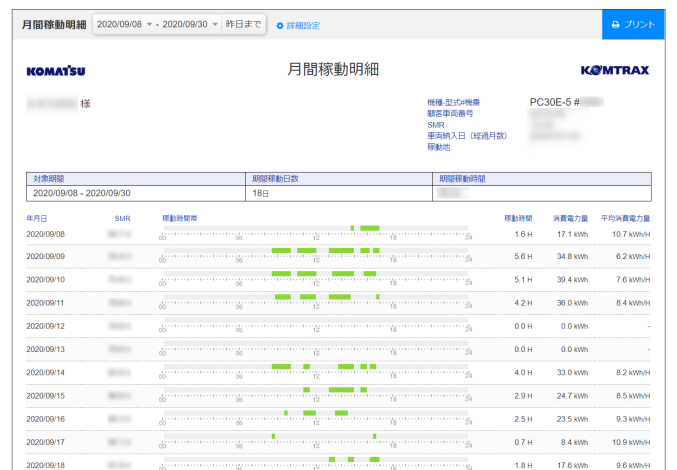


図16 月間稼働詳細レポート

4. おわりに

本稿では、2019年ドイツ・ミュンヘンで開催されたBauma2019に出展し、2020年から国内へ市場導入したPC30E-5について紹介した。今回の開発においては、電動化の技術を確認すべく、今まで培ってきた技術を織り込むとともに、充電器およびバッテリーマネジメントなどの様々な新技術も織り込み、エンジン式ミニショベルと同じ実用試験も実施している。

本機を導入したお客様からは環境性や安全性を実感して頂き想像以上の反響をいただいております。バッテリー駆動式ミニショベルの 카테고리を確立したと自負している。

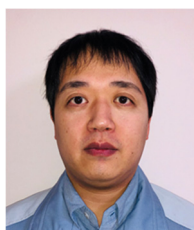
筆者紹介



Yoshiaki Nagashima
ながしま よしあき
永嶋 芳明 1994年，コマツ入社。
開発本部 車両第四開発センタ所属



Makoto Nomura
のむら まこと
野村 真 1994年，コマツ入社。
開発本部 ICTシステム開発センタ所属



Takashi Hirota
ひろた たかし
広田 崇 2014年，コマツ入社。
開発本部 電動化開発センタ所属

【筆者からひと言】

本機の開発は前例や実績がないため企画起案から試行錯誤を繰り返し、お客様の稼働現場での試験を重ねたため長期間の開発となってしまったが、市場の反響も高く建設業界の電動化の足掛かりとなることができた。

今後も「乗る人にも、周りの人にも、環境にもやさしい建設機械の電動化」を進化させ、お客様に更に満足していただける魅力ある製品を出していきたい。