

5tクラスバッテリー駆動式ミニショベルの開発

ZX55U-6EB

高橋 究

欧州における電動化に対するニーズは、今や建設機械においても急速な高まりを見せている。日立建機では、これまでも建設機械の電動化に取り組んできたが、今般、5tクラスのバッテリー駆動式ミニショベル ZX55U-6EB（以下、本開発機という）を開発した。このバッテリー駆動式ミニショベルは、内蔵するバッテリーに蓄えられたエネルギーで駆動するバッテリー駆動モードに加え、商用電源に接続して連続的な運用を実現できる、商用電源アシストモードを搭載する。これまでの日立建機における電動建機開発の取組状況、開発の背景とあわせ、本機の特徴を紹介する。

キーワード：電動化、油圧ショベル、バッテリー、充電、商用電源、稼働時間、後端旋回半径

1. はじめに

2050年のカーボンニュートラルをめざすパリ協定の枠組みのもと、EUおよび欧州各国では脱炭素に関する投資促進政策が推進されている。例えば、ノルウェーでは電動化建機導入に際してエンジンモデルとの差額の40%が補助されるなどの優遇制度が実施され、電動化建機の需要が他国に先行して拡大した。そのほか、欧州主要都市ではローエミッション、ゼロエミッションゾーンが制定され、バッテリー駆動式電気自動車の普及が拡大しつつある。これらの背景により、欧州各国における電動化建機への関心は近年急速に高まってきている。

2. これまでの日立建機における電動建機開発の取り組み

(1) 商用電源駆動式

日立建機は、古くから商用電源で駆動される建設機械を世の中に出してきた。コンストラクション向けの中・小型油圧ショベルでは、1962年には電動の機械式ショベル（写真—1）を発売。1971年には、高度経済成長時代を背景とし増加しつつあった産業廃棄物処理作業の屋内作業において、作業者の健康対策として排ガスを出さないようにしてほしいとのお客さまの声に応える形で商用電源を利用する有線式の電動の油圧ショベル（写真—2）を発売している。1990年代になると、建屋内の産業廃棄物処理作業で使用される



写真—1 機械式電動ショベル（1962年）



写真—2 電動式油圧ショベル（1971年）

有線式電動ショベルが継続的に販売され、多くのお客さまにご愛用いただいている。

一方、マイニング向けでは、1981年に電動の大型油圧ショベルを発売し、それ以降もマイニング向け電動式超大型ショベルを販売している。2018年にはトロリー受電式のリジッドダンプトラック（写真—3）を発売、マイニング現場に敷設された電線から電力を



写真一3 トロリー受電式ダンプトラック (2018年)



写真一4 ハイブリッド式油圧ショベル (2011年)

取り込み、登坂時にその電力を利用、燃費を低減するとともにエンジン負荷を低減することでCO₂排出量を抑制することができる。

これら商用電源で駆動される機械を用いれば、現場でのゼロエミッションを実現できる。商用電源に供給される電力がどのように発電されたかでCO₂排出量が変わってくるが、仮に再生可能エネルギーで発電された電力を用いれば、加えてCO₂削減も実現できる。

(2) ハイブリッド式

2000年代後半になると、燃料代の高騰を受け、燃費低減へのニーズが高まってきたため、日立建機では、これまでに培ってきた電動化の技術と経験を活かし、キャパシタリチウムイオンバッテリーなどの蓄電装置と、それらに蓄えられたエネルギーでエンジンや旋回装置の動力を電動モーターでアシスト、またはチャージするハイブリッド式建設機械として、20t油圧ショベル(写真一4)を2011年に、ホイールローダ(写真一5)を2016年にそれぞれ発売した。

ハイブリッド式のこれらの機械を用いれば、同クラスのエンジン機に対して20%前後の燃費低減、つまりCO₂低減が実現できるが、内燃エンジンを搭載することには変わらないことから、欧州を中心に高まりを見せるゼロエミッションに対するニーズには対応できない。

(3) バッテリー駆動式

一方、現場でのゼロエミッションを実現する技術のひとつとして、バッテリーを搭載し、そのバッテリーに蓄えられたエネルギーで駆動する、バッテリー駆動式が挙げられる。日立建機では、約20年前からバッテリー駆動式の建設機械の開発に取り組んできた。

夜間工事の騒音低減などを狙った5tクラスのバッテリー駆動式ミニショベルを2006年に(写真一6)^{1), 2)},



写真一5 ハイブリッド式ホイールローダ (2016年)

夜間電力で充電し、昼間に内蔵バッテリーに蓄えられたそのエネルギーで作業を行うことにより電力のピークシフトを狙ったZX70Bを2007年に(写真一7)²⁾, 5tクラスバッテリー駆動式ミニショベル同様に夜間道路工事での騒音低減を狙った3.5tクラスのバッテリー駆動式ミニショベルを2010年に(写真一8)それぞれ発売した³⁾。

この内、5tクラスと3.5tクラスのバッテリー駆動式ミニショベルは、バッテリー切れに対するお客さまの不安を少しでも軽減できるように、商用電源で充電しながら稼働ができる機能を搭載していた。

しかしながら、これらの機種は、ごく限られたお客さまへ納入したものの、多くのお客さまにお使いいただくことはできなかった。

3. バッテリー駆動式ミニショベルの開発に向けての検討

(1) 従来 of 当社開発のバッテリー駆動式ミニショベルにおける課題

2006年から2010年にかけて発売された前述のバッテリー駆動式ショベルの普及が進まなかった主な理由には、下記があったと考えられる。



写真一六 5tクラスバッテリー駆動式ミニショベル (2006年)



写真一七 バッテリー駆動式油圧ショベル (2007年)



写真一八 3.5tクラスバッテリー駆動式ミニショベル (2010年)

- ①車体の価格の高さ
- ②納期の長さ
- ③一日稼働には足りないバッテリー稼働時間と大きな後端旋回半径

この内、①と②については、当時はインバータ、電動モータ、充電器などの主要電動コンポーネントのほとんどが専用開発品だったことが、その一因となっていたと考えている。

一方、③については、例えば3.5tクラスバッテリー駆動式ミニショベルでは4時間のバッテリー稼働が可能だが、そもそも4時間のバッテリー稼働時間では、現場によっては丸一日の稼働ができない。また逆に、この4時間のバッテリー稼働を実現するために、後端半径がエンジン機に対して大きくなってしまった（写真一八）ため、都市土木を担うミニショベルに本来求

められる、狭所作業性が失われてしまっていた。つまり、バッテリーを含む当時の技術水準をもってしても、お客さまがご要望されるバッテリー稼働時間と、コンパクトな後端旋回半径を両立することは不可能だったということである。

現在は、当時よりバッテリーのエネルギー密度が向上しているが、それでも丸一日のバッテリー駆動を可能とするようなバッテリーをショベル本体に収めるのは非現実的であることには変わらない。

(2) 新たなバッテリー駆動式ミニショベル開発に向けての検討

以上のことを踏まえ、新たなバッテリー駆動式ミニショベル開発に際しては、以下に留意して検討を進めた。

- ①可能な限り、専用開発品ではなく、汎用部品を採用すること
- ②エンジン機と同じ後端旋回半径とし、可能な限りエンジン機と同じ車体の外観を保つこと
- ③長いバッテリー稼働時間を追究せず、商用電源を供給しながら稼働できる機能を備えること

この内、①については、車体の価格と部品の納期の改善を狙い、可能な限り自動車または商用車用に開発された汎用部品をそのまま、または一部流用するものとした。②と③については、バッテリー駆動式ミニショベルの周辺に商用電源が供給可能な設備があり、かつ走行頻度が少ない、例えば屋内で産業廃棄物処理作業を行う現場などで主に使用されることを想定し、通常は給電ケーブルを接続した状態で稼働し、作業エリアを移動しなければならない際などには給電ケーブルを取り外して、短時間の走行・稼働ができる、ということを中心に、車体仕様の検討および部品の選定を行った。

(3) クラスの検討

開発するクラスは、当社グループの中・長期的な電動化製品のラインアップを検討し、5tクラスとした。

4. 5tバッテリー駆動式ミニショベル

(1) 開発コンセプト

CO₂排出削減および脱炭素社会の実現に貢献すべく、商用電源での給電が比較的容易にできる現場を想定し、比較的短いバッテリー稼働時間と、商用電源から給電しながら稼働が出来る機能を有する、バッテリー駆動式後方超小旋回型ミニショベルを基本コンセ

プトとし、当時既にゼロエミッションへのニーズが特に高まっていた欧州市場向けとして開発をスタートした。

(2) コンセプトの検証と改善

上記の開発コンセプトを踏まえ、下記特徴を備えた試作機を製作(写真—9)した。

- ①欧州の電気安全に関する ISO 規格に準拠し、安全性に最大限に配慮
- ②エンジン機と同じ作業量
- ③遠隔監視システムを標準装備し、電動システムの状態がリモートで確認可能できる
- ④エンジンレスによる低騒音・低振動でオペレータ快適性を確保

続いて、使い勝手などを検証するため、製作した試作機を日本国内のお客さまにお使い頂き、ご意見を伺った。

その結果、スピードや力はエンジン機と同等で良いといった評価を頂いた一方、下記の改善要望を頂いた。

- ①稼働中の音が静か過ぎて、周囲の作業者との接触が心配
 - ②給電ケーブルを走行で踏みつけてしまうことによるケーブル破損が心配
 - ③旋回時に給電ケーブルを車体へ引っ掛けてしまうことによる断線が心配
 - ④夏場の稼働を考えると、エアコン(冷房)がほしい
- そこで、お客さまより頂いたこれらのご意見をもとに、下記の改善を施した。

- ①作動が可能な状態であることを示す警告灯として、作動表示灯を追加
- ②電動モータが回転中であることを周囲に知らせるため、疑似的なエンジン音を発生する作動音響装置を追加
- ③ケーブルの接続状況を確認しやすくするため、後方視界補助用カメラとモニタを追加



写真—9 5tバッテリー駆動式ミニショベル試作機

- ④給電ケーブルのコネクタを、過大な引っ張り力が作用すると切り離されるタイプに変更
- ⑤ヒーターに加え、エアコン用電動コンプレッサとコンデンサを追加

以上を反映した本開発機の外観を図—1に、製品の仕様を表—1に示す。

(3) 作動モード

前述のように、商用電源から給電しながら稼働ができることが本機の最大の特徴である。作動モードとしては、図—2に示すように、下記の3種類を備えている。

- ①バッテリーモード：内蔵するバッテリーから供給される電力と用いて、電動モータを駆動して作業を行うモード
- ②充電モード：商用電源(三相 AC400V)から供給される電力を内蔵するバッテリーに充電するモード
- ③商用電源アシストモード：商用電源(三相 AC400V)から供給される電力と内蔵バッテリーから供給される電力を用いて、電動モータを駆動して作業を行うモード

(電動モータや補器類の消費電力が商用電源から供給される電力より小さい場合は、余剰電力はバッテリーに充電)

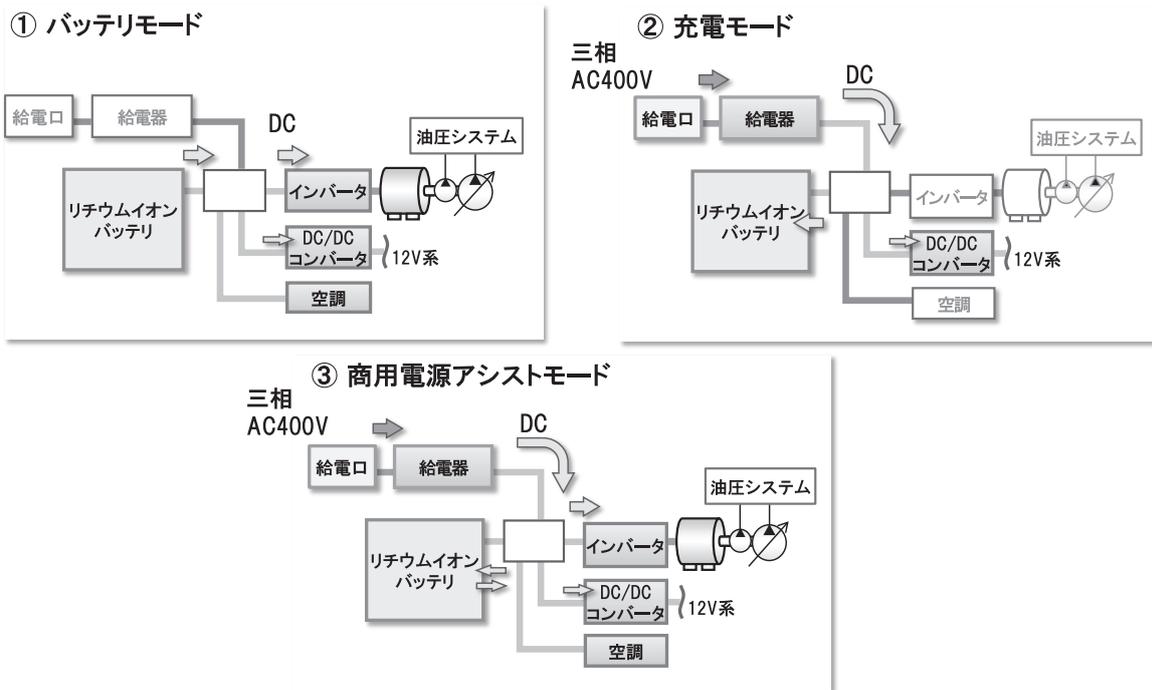
どの作動モードが選択されているかは、運転席に設けられたモニタに表示し、オペレータに周知している(写真—10)。



図—1 本開発機の外観

表—1 本開発機の仕様

項目	単位	仕様
バケット容量	m ³	0.14
輸送時寸法	全長	mm
	全幅	mm
	全高	mm
運転質量	kg	5,200
電動機出力	kW	33
バッテリー容量	kWh	39



図一 2 3つの作動モード



写真一 10 本開発機のモニタ



写真一 11 パワーバンク

(4) お客様の現場での運用

前述のように、現在のバッテリー駆動式ショベルにおいては、丸一日のショベルの稼働に必要なエネルギーの量と、ショベルに搭載可能なバッテリー容量の関係から、1日に1回の充電でショベルに期待される広範な用途に対応することは、技術的に実現困難である。また、電気自動車用などを対象とした既存の充電設備へのアクセスも困難なため、稼働現場で効率的に運用可能な充電設備が必要である。一方で、建設機械の稼働現場は、系統電源等の電力インフラが不十分な立地や、期間限定の一時的な現場も多く、常設型の充電設備の設置への課題が多岐にわたるため、欧州では、可搬型の充電設備として、コンテナに大容量のバッテリーと外部への給電機能等を内蔵したパワーバンク(写真一 11)が活用されている。

本開発機は、バッテリー稼働時間が約2時間と短いものの、上記のパワーバンクと一緒に運用、または前

述の商用電源アシストモードを活用することにより、お客様の現場の状況に合わせた運用が可能となる。

5. おわりに

当社におけるこれまでの電動化への取組、5tクラスバッテリー駆動式ミニショベル開発の背景とコンセプト、製品の特徴などについてご紹介した。

ZX55U-6EBは、当社と欧州代理店 Kiesel GmbHの子会社 Kiesel Technology GmbH(キーゼル・テクノロジー社)との合弁会社 KTEG GmbH(以下、KTEG社)との協業で開発された、2tクラスと13tクラスのバッテリー駆動式ショベルの試作機(写真一 12, 13)、既に欧州で販売されている8tクラスのバッ



写真—12 2tクラスバッテリー駆動式ショベル試作機



写真—13 13tクラスバッテリー駆動式ショベル試作機



写真—14 8tクラスバッテリー駆動式ショベル

テリ駆動式ショベル（写真—14）とあわせ、2022年10月にドイツで開催された「bauma 2022」に出展し、多くの反響を頂いた。

今後は、実際にお使い頂いたお客さまからのお声を伺い、前述のKTEG社とも協業しながら、得られたノウハウを活用し、グローバルな低炭素社会の実現、および社会・環境・お客さまの課題解決に貢献するため、新たな価値を創造する技術・製品開発に取り組んでいく所存である。

JCMA

《参考文献》

- 1) 木村敏広：2WAY エコショベルの開発（バッテリー型油圧ショベル）、建設施工と建設機械シンポジウム論文集、(2007.10)
- 2) 大平修司：2種類のバッテリー駆動ショベルの開発と今後の展開、建設の施工企画、(2008.01)
- 3) 湯上誠之：バッテリー駆動式油圧ショベルの開発、建設施工と建設機械シンポジウム論文集、(2011.11)

【筆者紹介】

高橋 究（たかはし きわむ）
 (株)日立建機ティエラ
 開発本部 開発設計センター
 部長

