

28. 2WAYエコショベルの開発（バッテリー型油圧ショベル）

日立建機（株）商品開発事業部 ○木村 敏宏
鹿島道路（株）機械センター 鈴木 泰

1. はじめに

近年、CO₂をはじめとする温室効果ガスの濃度上昇に伴う地球温暖化の観点から建設機械においても環境に対する配慮が求められてきている。また2007年からはオフロード車に対して、第3次排ガス規制が順次施行されるなど、大気汚染物質であるNO_x、PMのさらなる低減も求められて来ている。このため建機業界では新型エンジン、排ガス後処理装置などによる排ガスのクリーン化、ハイブリッドなどの新システムによるCO₂の低減を目指した建設機械の開発がさかんに行われている。

一方、地下工事、鉄鋼、自動車解体、スクラップの分野では、作業環境、防火などの観点から現場での排ガスレスというニーズがあり、エンジンの代わりに電動モータを搭載した商用電源を動力源とする建設機械が使用されてきた。この電動タイプの建設機械は昨今の燃料の高騰からランニングコストの大きな低減が得られ、騒音・振動も少ないことからニーズが大きくなっている。商用電源を使うことで現場環境だけでなく、CO₂、NO_x、PMの排出量を従来機に比べ大幅に低減ができ、最も環境にやさしい駆動方式といえる。

しかし商用電源を用いた電動建設機械は、電源ケーブルを付随することが必須であり、電源設備のある限られた場所でしか使用できず、現場間の移動、搬出入に難点がある。そのため一般土木現場では全く普及してこなかった。

そこで今回、鹿島道路殿と共同で高性能バッテリーを搭載することより、自由に移動や掘削が可能な電動ショベルの開発を行った。

バッテリーを動力源とする建設機械は、電源ケーブルが不要になり自由に現場を動き回れることから、土木現場などに適用拡大が期待できる。建設機械の

騒音が問題となる夜間土木工事、住宅地域での工事、地下・屋内など閉空間での土木・解体工事などに有効である。しかし、バッテリー駆動の建設機械は、搭載できるバッテリー容量に制限があるため稼働時間が短いという課題がある。今回、バッテリーと商用電源の2WAY（2通り）の駆動電源を持つことで、車体の機動性を確保しつつバッテリーの課題を補完することを特長とする2WAYエコショベルを共同開発したのでここに報告する。



図1 車体概観

表1 主要諸元表

型式	ZX50UB
機械質量	4610kg
標準バケット容量	0.16m ³
標準バケット幅	650mm
旋回速度	6.7min ⁻¹
走行速度	高3.2/低2.0km/h
登坂能力	30度
最大掘削力	36.8kN
動力装置	
動力方式	電動駆動式
駆動動力源①	リチウムイオン電池
充電電源	AC200/100、車外バッテリー
駆動動力源②	三相AC200V
電動機	三相誘導電動機
電動機定格出力	22kW
フロント・足回り	
ブームスイング角度	左80/右60
シュー形式	ゴム一体式
標準シュー幅	400mm

2. 車体仕様とシステム構成

(1) 車体仕様

図1に車体外観、表1に車体仕様を示す。
夜間の都市土木工事を主要なターゲットとして汎用性の高い小型の0.16m³クラスとした。油圧駆動用にエンジンと同等の出力が可能な電動モータを搭載した。

(2) システム構成

図2にシステム構成を示す。
本システムは、従来機の油圧システムをそのまま踏襲し、エンジンによる油圧ポンプの駆動を電動モータの駆動に置き換えることで従来機の操作性をそのまま生かしている。

車載バッテリーは、電気自動車用に開発された高性能リチウムイオン電池を使用している。リチウムイオン電池はエネルギー密度が大きく車載スペースが限られた油圧ショベルへの搭載に適している。また、内部抵抗が小さく温度特性がよいなど優れた特長を持ち、作業環境に左右されない安定した動力を供給することができる。本システムでは、このバッテリーを効率よく使うために車体の最高回転数を抑え、オートアイドル、オートストップなど省エネ制御を行なっている。

商用電源は、一般の動力用電源である三相 AC 200V が接続でき、負荷頻度の大きい作業や現場でエンジン並の出力が得られる。

商用電源が現場近くに用意できない場合、車体外のバッテリーをつなぐことも可能になっている。鉛

バッテリーなどを搭載したバッテリー車を、車体の駆動電源、あるいは車載バッテリーへの充電電源として使用できる。

バッテリー駆動の機械は、バッテリーが放電してしまったとき動作できなくなるという致命的な問題があるが、商用電源やバッテリー車の確保により現場で動かなくなってしまうという最悪の状態を回避できる。

(3) 充電器、昇圧器

本機は、インバータ、充電器・昇圧器を車載することにより、バッテリー電圧と商用電源電圧、及びシステム駆動電圧の整合性を取っている。昇圧器を使用することで低い電圧のバッテリーを使用できるので、車載バッテリーの種類や個数に融通性が生まれる。バッテリーの性能・コストは現在発展途上の段階で今後種々の製品が出てくると推定されるが、これらのバッテリーに対応できる効果は大きい。また、バッテリー車に価格の安い鉛バッテリーを使用することができる。鉛バッテリーは急激な負荷に対し電圧が下がる特性があるが、本システムでは昇圧器によりインバータに与える電圧を一定に保てるのでインバータ印加電圧の低下によるモータの緊急停止を回避できる。さらには、車体やバッテリー車に搭載するバッテリーの数を油圧ショベルの車格により調整できるので機種展開が容易になる、などのメリットがある。

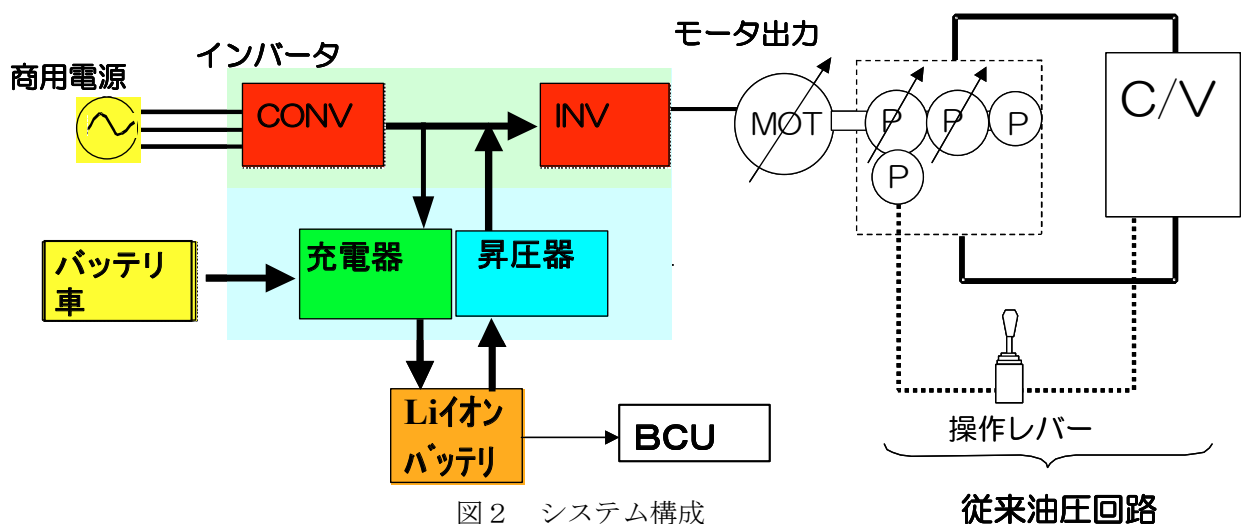


図2 システム構成

(4) 専用モニタ

本機は、車載バッテリー、商用電源、バッテリー車の多数の電源があり、充電も同様に多数の方式があるので、その組み合わせは煩雑となる。そのため、電源の接続状況を自動検出することにより動作モードを自動設定できる専用モニタを設けた。各機器の状況を監視し、モータの始動、停止をコントロールし、異常な場合には、エラーを表示してモータを停止する。



図3 画面例

3. 検証試験

(1) 騒音

騒音の検証のため、工場敷地内において動的騒音レベル測定を実施した。その結果、国土交通省指定超低騒音型建設機械の基準値（音響パワーレベル）93dB に対し、暗騒音補正後の騒音測定レベルが87.2～85.9dB、実作業における測定結果が83.6dBとなり、その静寂性が確認された。

(2) 施工性・作業量

施工性ならびに内部バッテリーのフル充電により可能な作業量の検証のため、粘性土の地山ならびに盛土にて深さ50cm掘削・旋回・排土作業を実施し検証試験とした。作業性としては、従来の油圧機構をそのまま使用しているためエンジン式油圧ショベ

ルと同等の作業できた。また、車載バッテリーのフル充電により可能な作業量としては、粘性土の地山掘削の場合、30～35m³であり、盛土の場合では50～60m³程度の作業量となった。掘削土質により負荷が変動し作業量に影響を及ぼす結果となった。



図4 検証試験状況

(3) 作業時間

粘性土及び砂質土の地山にて連続的に掘削したときの連続掘削時間を回転数に応じて測定した。その結果、土質による作業時間の変化はあまり見られず回転数による変化が支配的であることがわかった。オートアイドルやオートストップなどの省電力制御を行って運転を実施した場合、現場の条件にもよるが、約4時間程度、作業することが可能と予想される。

(4) 周辺環境への影響抑制について

本機は、エンジンを有していないため、現場におけるCO₂、NO_x、PMの発生は無い。しかしながら、商用電源からの充電という方式から発電所における発生を考慮する必要がある。今回採用した0.16m³クラスのディーゼルエンジン式と同一作業と比較するとCO₂は、およそ50%の削減、また、NO_x、PM等の排ガス有毒物質はほぼゼロという結果である。

4. 現場展開の提案

(1) 都市土木現場

本機は、建設機械の騒音が問題となる夜間の都市土木、住宅地域における騒音・排ガス対策に有効と考えられる。しかし、都市部であっても土木工事現場では、十分な容量の商用電源設備が用意しにくいという事情がある。一方、車載できるバッテリーは搭載スペース、コストなどから制約を受け、作業形態によってはバッテリー容量が不足し稼働時間が短くなる可能性がある。本機をいろいろな作業形態に対応するためには、車載バッテリーと別に、安価な鉛バッテリーを主体として構成したバッテリー車を用意して追加充電を行う方式が有効である。その構成例を図5に示す。

本構成では、現場にバッテリー車を待機させておき、車載バッテリーによる駆動が終了した時点で、バッテリー車から急速に充電する。約1時間で約6割程度の充電が可能である。1日の作業の途中で1回充電すればほぼ1日分の稼働が可能と考えている。バッテリー車には、1日分に必要な電気量をあらかじめ充電しておく。あるいは、近くに容量の大きな電源設備がある場合には移動して追加充電してもよい。現場での電源設備を常にバッテリー車と接続して電荷を蓄えておくことも可能である。

このバッテリー車を使用した施工は、バッテリーが万が一、放電してしまったときの現場での立ち往生の防止にも役立ち有効な方法であると考えられる。

(2) 地下工事、鉄鋼、自動車解体

これらの現場では、容量の大きな電源設備が備わっていることが多いので、作業は商用電源設備から電源ケーブルを接続して行う。

しかし、電動ショベルが作業現場の移動をするときは、現場状況によるが、電源ケーブルを引きまわすことが困難な場合もある。本機は、このような移動時に車載バッテリーを使用し自走することでケーブルレスの現場移動が可能である。現場に到着した後再び商用電源により駆動するので、従来の電動タイプに比べ、格段に安全性、利便性が向上することができる。商用電源につなぐことにより、作業と同時に車載バッテリーに充電を行うことができるので、次の移動にも十分な電力を確保することができる。このような施工方法により、排ガスのない低騒音の作業環境をつくりだすことができる。

5. まとめ

昨今、環境に対する配慮が社会的な重要課題となっている中、バッテリー型油圧ショベルがさらなる環境保全建設機械として、地下工事や屋内工事、あるいは建設機械の騒音が問題となる夜間の都市土木工事などにおいて、現場の作業環境の改善に貢献できるものと考えている。今回、開発した2WAYエコショベルは、バッテリーと商用電源を動力源とすることで、従来の電動ショベルの屋内作業を中心とした分野から都市土木分野への実用的な適用拡大を狙った機械である。今後、大容量で高性能なバッテリーや、省エネ制御、車載インバータなど電動部品の小型化に向けての開発と共に、バッテリー型建設機械の普及をさらに進めていく予定である。

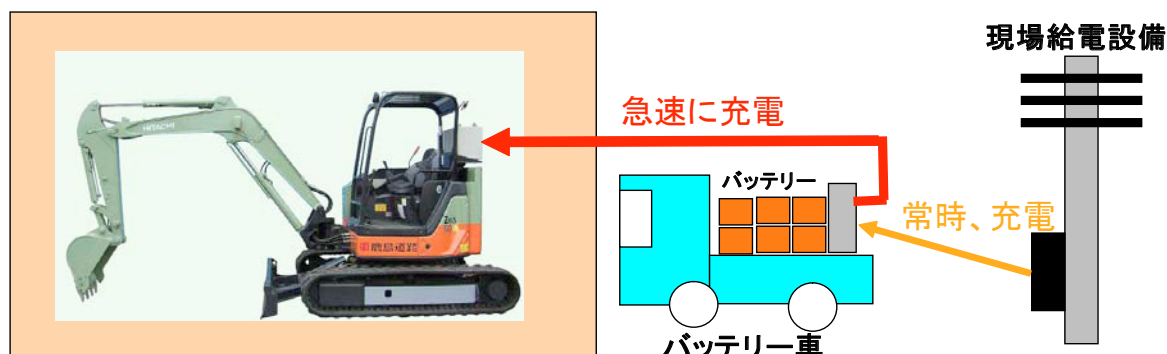


図5 現場での充電システム構成例