

2. フルバッテリー駆動ミニホイールローダの開発

コマツ 研究本部 建機第一イノベーションセンタ ○松村 幸紀
 諏訪 正登
 関 正暢

1. はじめに

建設機械が動力源として使用しているディーゼルエンジンは排気ガスと騒音を発生するため、作業現場及びその周辺環境への影響が問題となっている。特にトンネルや屋内などの閉塞空間では作業者に、住宅街では近隣住民に影響が及ぶ。現状では、特殊なマフラやフィルタをエンジンの排気管に装着してこれら周辺環境への影響を抑えているが、無くすことはできない。

このような状況の中、環境配慮の目的でハイブリッド方式など電動化した建設機械の開発が盛んになっている。ハイブリッド方式の油圧ショベルでは、約40%の燃料削減が可能だという⁽¹⁾。負荷が平準化するので、出力が1ランク小さいエンジンを搭載でき、騒音や排気ガスの影響を抑えられる。しかし、ハイブリッド方式は地球環境にはやさしいものの、エンジンを搭載しているので作業現場の周辺環境への問題は残っている。

これに対して、エンジンを搭載しないフル電動方式は、排気ガス排出ゼロ、超低騒音が実現でき、作業周辺環境への影響をなくすることができる。

フル電動方式には、フルバッテリー方式のほかに商用電源方式がある。街中の電線から受電し、エンジンの代わりに搭載した交流モータを駆動する方式である。この方式は、エンジンと同出力のモータを選定すれば比較的簡単にフル電動化できるため、これまでも商品化した例が多数ある。しかし、電源工事が必要であり、電線により移動に制約を受けるため街中での短期工事には不向きである。

これに対して、フルバッテリー方式は充電済みの車両を現場に持ち込めば、自由に動き回れるという特徴がある。タイヤ式のように動き回る建設機械のフル電動化にはうってつけであり、エネルギー

回生の期待もある。このような背景から、今回フルバッテリー方式のミニホイールローダを開発したので、ここに報告する。

2. フルバッテリー駆動のメリットとデメリット

表1に、エンジン方式、ハイブリッド方式、フルバッテリー方式の3タイプについての性能比較表を示す。

表1 各駆動方式の性能比較表

△：劣る、○：同等、◎：優る

	エンジン	ハイブリッド	フルバッテリー
排気ガス	基準	○	◎
騒音	基準	○	◎
燃費／ランニングコスト	基準	◎	◎
稼働時間	基準	○	△
作業能力	基準	○	△～○
価格	基準	△	△
外観の変化	基準	○	△

表1に示すように、フルバッテリー方式は、他のエンジン搭載車に比べて環境にやさしい。

その一方で、稼働時間とコストが劣っている。エンジン車の場合は、燃料切れになっても軽油を足せばすぐに稼働できる。しかし、作業中にバッテリーが無くなってしまうと充電地点まで戻れなくなり、最悪の事態を招く。このため、1日の作業時間内にバッテリーが上がらないように工夫することが極めて重要である。また、多量のバッテリーを搭載するため、ハイブリッド方式に比べてコスト高になるし、外観の変化も大きくなる。

3. フルバッテリー駆動ミニホイールローダ

3. 1 車体構成

今回は、弊社製ミニホイールローダWA50-3をベース車両としてフルバッテリー化の改造を施した。諸元の比較を表2 諸元の比較に示す。

表2 諸元の比較

	エンジン車	フルバッテリー車
全長	4,630mm	4,880mm
全幅	1,690mm	←
全高	2,495mm	←
運転重量	3,475kg	約 3,100kg
バケット容量	0.6m ³	←
走行駆動方式	HST	←



図1 車体外観写真

図1に車体外観を示す。諸元からもわかるように、車体後部のカウンタウエイトを取り外し、その部分にバッテリーやコントローラ、冷却ユニットを搭載した。その結果として、車体が後方に250mm延長され、車重も若干減った。バッテリー

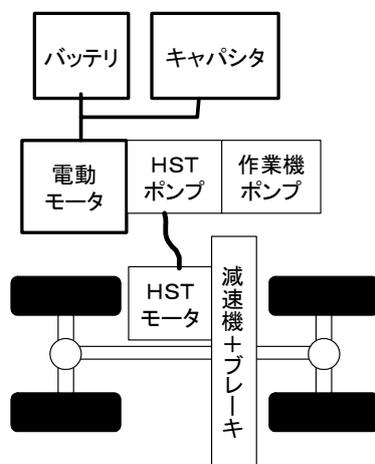


図2 車体構成

の配置などを工夫し、外観の変化を最小限に抑えるデザインとした。

車体構成を図2に示す。エンジンを電動モータに置き換えた構成とし、HSTや作業機等の油圧系はそのまま残した。駆動電源としてバッテリーと電気二重層キャパシタを併用した電源システムを搭載した。

バッテリーには、安価で入手性の良いシール式鉛バッテリーを採用した。このバッテリーは、急速充電が可能であり、1時間で約60%の回復ができる。

3. 2 キャパシタ電源システム

鉛バッテリーは、出力を上げると内部抵抗が増し、発熱によるロスが大きくなる。建設機械は負荷の変動が大きく、頻繁に高負荷がかかるため、発熱ロスにより稼働時間が減少してしまう。このため、稼働時間を延ばすは、なるべくバッテリーに高い負荷を与えないことが大切である。そこで、高負荷時の出力を補助するため、電気二重層キャパシタを組み合わせた電源システムを開発し、建設機械では始めて搭載した。高負荷時には、キャパシタから優先的に電力を供給し、バッテリーの負担を軽減することができる。

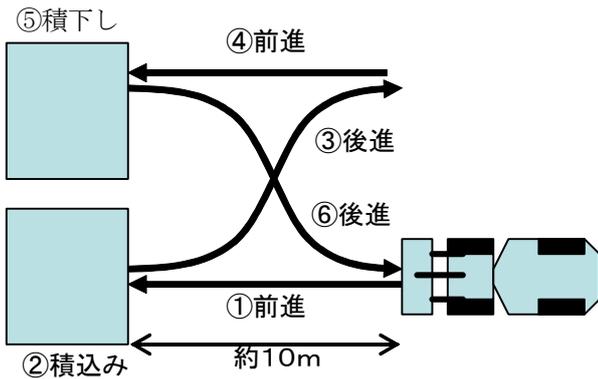
また、キャパシタには、バッテリー容量低下時の瞬時出力補助の役目もある。鉛バッテリーは放電が進むと出力が低下する。このため、時間の経過と共にオペレータは力不足を感じるようになる。つまり、バッテリー容量はまだあるのに“使えない”機械になってしまう。これは、見かけ上の稼働時間減少であると同時に、バッテリー車は非力だという印象につながる。これに対し、加速時や積み込み作業時など力を必要とする作業の際にキャパシタから瞬時出力を補助すれば、放電が進んでも作業性能が落ちない。実質的に放電完了間際まで作業が可能となった。

これらの効果により、従来の鉛バッテリーだけを搭載した場合に比べて、最大1.4倍の稼働時間の延長を実現した。

4. 稼働時間測定試験

4. 1 試験概要

ホイールローダの典型的な作業である、Vシェープ積込み作業により作業のサイクルタイムを比較した。同一オペレータにより、エンジン車とフルバッテリー車を用いて比較試験を実施した。Vシェープ積込み作業の概要を図3に示す。



エンジン車はフルパワーのみ、バッテリー車はフルパワーモードと軽作業モードの2モードで計測した。

4. 2 試験結果

試験の結果、表3の結果を得た。

表3 稼働時間計測結果

	エンジン車		フルバッテリー車	
	フルパワー	フルパワー	フルパワー	軽作業
稼働時間	8時間	2時間	3時間	3時間
放電開始時 サイクルタイム	3.5秒	3.5秒	3.5秒	4.5秒
放電終了時 サイクルタイム	↑	3.5秒	3.5秒	4.5秒

フルパワー時のVシェープ積込み作業のサイクルタイムは、エンジン車とほぼ同等であり、作業性能はエンジン車並であることがわかった。また、バッテリーの放電が進んでもサイクルタイムがほとんど変化しないことから、キャパシタ電源システムが有効に働いていることが確認できた。

5. 騒音低減

はじめにも述べたが、フルバッテリー方式の特徴の一つに超低騒音がある。エンジンを無くすことで最大の音源が無くなるが、ホイールローダには他にもHSTやデファレンシャルなどの音源がある。エンジン車ではそれほど気にならなかったが、フルバッテリー車ではその音が目立つようになった。特にフルアクセル走行時の騒音では、これらの機器から出される騒音のため、エンジン車に比べて1dBの低減効果しかなかった。このため、図5に示すように車体下部のフロントアクスルからリアアクスルにかけて、遮音カバーを装着した。この結果、エンジン車比で6dBが実現できた。

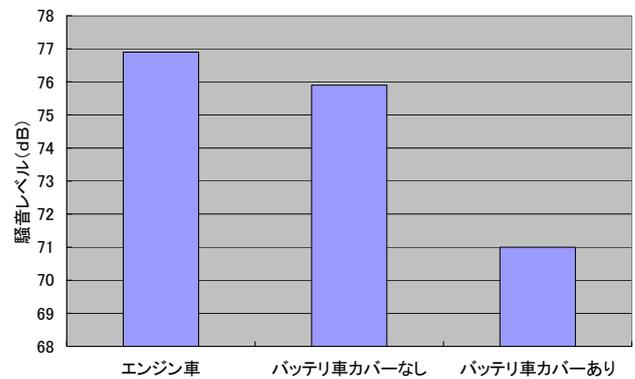


図4 走行時騒音低減効果



図5 遮音カバー (アーティキュレート部)

6. 適用作業

これまでに述べてきたように、フルバッテリー方

式の特徴と、それを十分に発揮できる作業との相関図を図6に示す。

夜間の都市土木工事では騒音が周囲に与える影響が問題となっており、工事車両の低騒音化のニーズが強い。そのため、エンジンの騒音が無くなるバッテリー化が望まれている。ただ、一機種だけバッテリー化できてもその他の車両や機器がうるさければ、意味が無い。この作業に向けては、工事車両全体がバッテリー化のように低騒音化していくことが必要である。

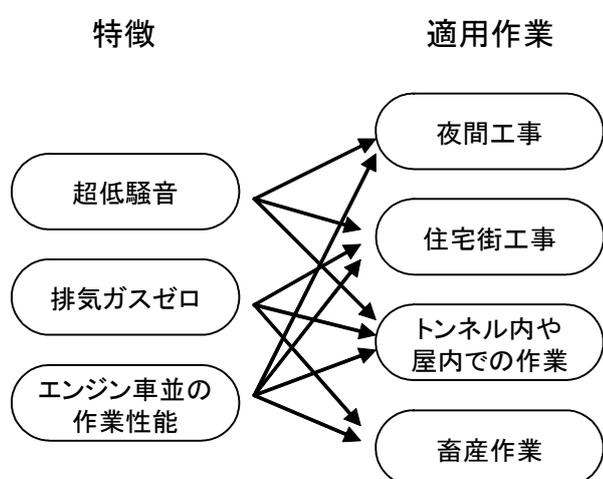


図6 フルバッテリー方式の適用作業

住宅街工事でも同様のニーズがある。この場合は、排気ガスも、工事箇所の住宅の垣根となっている植物を枯らすなどの問題を引き起こす。

トンネル内や屋内などの閉塞空間での作業については、作業員への配慮が重要となる。工事中のトンネルや屋内は、換気が不十分であることが多く、作業員への排気ガスの影響や酸欠を排除することが重要となっている。エンジンのマフラを強化するなどの対策はあるが、装着に手間が掛かかる割には効果が限定的である。バッテリー車であれば、このようなことを気にせずに作業することが可能となる。

畜産作業でのホイールローダの役目は、家畜へのえさやりや、糞尿の処理が主である。特にえさやりでは、家畜の目の前を通る際に排気ガスを直接吸い込んでいる。バッテリー式になれば、この問

題は回避できる。畜産の場合、畜舎から出た糞尿を一箇所に集め、堆肥化させる。堆肥化の過程では発酵するため、定期的に切り返し作業が必要になる。エンジン車並の作業性能はここで発揮できる。

7. まとめ

今般、弊社では環境問題に対する解決策の一つとしてフルバッテリー駆動のミニホイールローダを開発した。今後、人の生活圏の側近で作業することが多いミニから小型の建設機械では、低騒音や排気ガスゼロといったフルバッテリー建機のニーズが高まると考えている。一方、中型以上の建設機械では、ハイブリッド式が有利であると考えている。中型になると、その充電設備も大きくなり、扱いが困難になる。さらに、小型に比べてハイブリッド化による燃費低減効果ははっきりと現れるし、モータやバッテリーなどの追加コンポーネントを収納するスペースも確保しやすい。

今回、弊社ではミニホイールローダを題材としてバッテリー化に挑んだ。これは、回生エネルギーが期待できる、自由に動き回れるという、バッテリー化の効果が大きいだろうと考えたからである。もちろん、今回開発したキャパシタ+鉛バッテリーの電源システムは、油圧ショベル等他の建設機械へも適用可能であり、ニーズによって展開が可能である。

今後は、超低騒音、排気ガスゼロ、エンジン車並の出力という特徴を生かし、稼働時間をさらに延長することで、商品化を検討していく予定である。

参考文献

- (1) 南條孝夫、鹿児島昌之、小見山昌之：ハイブリッドショベルの開発、平成17年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集、p29-34