

環境対策型建設機械の開発状況

国土交通省総合政策局公共事業企画調整課

いながき たかし
企画専門官 稲垣 孝

1. はじめに

地球温暖化対策は、建設工事においても喫緊の課題であり、温室効果ガスの排出をできる限り抑制された建設施工を目指し、対策を進めてきたところです。建設機械においても、温室効果ガス削減対策として、ハイブリッド建設機械や電動型建設機械の開発など、燃料消費率の良い建設機械の普及促進を図るなど、各社においても技術開発が進んでいます。

また、省エネ効果の高い建設機械の普及を進めるため、統一的な燃費の測定方法、目標とする燃費値（燃費基準値）および燃費基準値を達成した建設機械の認定制度を創設するなど、国土交通省としても地球温暖化対策に向けた取り組みを進めているところです。

今回は、各社における最新の環境対策型建設機械の開発状況について紹介します。

2. キャタピラージャパン株式会社の取り組み

キャタピラージャパンのCat[®]油圧ショベル「Eシリーズ」は、オフロード法2011年基準、および、2020年燃費基準をターゲットに開発されたも

のであり、すでに18モデルを市場導入しています。

Cat[®]油圧ショベル「Eシリーズ」は、排出ガス中のNO_xの排出量を抑制させる技術や、PM等の大気汚染物質を除去する浄化装置、燃料消費を極限まで削るエンジン・油圧システム等、さまざまな技術を複合的に盛り込むことで、従来機と同等の作業性能を維持しつつ、排出ガスクリーン化と飛躍的な燃料消費量低減（従来機比5～19%低減）を実現しています。優れた低燃費性能を実現することで、CO₂排出量を抑制し、低炭素型社会の実現に貢献しています。

Cat[®]油圧ショベル「Eシリーズ」が大幅な燃費低減（CO₂排出量低減）を実現可能にしているのはエンジン回転数の低速化であり、エンジン・油圧システムを統合的に制御することでエネルギー効率を高め、さらに動力伝達の過程で生じるエネルギー損失を最小限に抑えることで、従来機と同等のパワー、スピードを維持しています。

従来機より低いエンジン回転数を一定に保つように制御し、また、不要なエンジン回転を省くシステムとして、ブーム下げでは再生回路を活用し、エンジン回転数、および、ポンプ流量を下げています。

さらに、アイドリング時の燃費低減に貢献する機能として、数秒間の無負荷状態が続くと自動的にエンジン回転を低下させる「自動デセル機

能」，操作レバー部のスイッチを押してアイドリング状態に移行する「ワンタッチローアイドル機能」，長時間のアイドリングを回避するための「オートアイドルストップ機能」を採用しています。

これらの技術により，Cat®油圧ショベル「Eシリーズ」は，国土交通省がオフロード法2014年基準適合車より認定開始を検討している2020年燃費基準値の達成レベルとして， を獲得しています（『Cat 349E』『Cat 349E L』は基準対象外クラス）。

また，キャタピラージャパンは，この度，さらに高いレベルの燃費性能を確保したハイブリッド油圧ショベル『Cat 336E L H』をラインナップに加えました。『Cat 336E L H』が搭載している油圧ハイブリッドシステムは，旋回停止時に得られる回生エネルギーを電気エネルギーとしてではなく，油圧エネルギーとして蓄圧器（アキュムレータ）に蓄え，旋回加速時に放出，再利用します。放出する油圧エネルギーを，そのまま油圧として旋回駆動に再利用するため，エネルギーロスの少ない非常に効率的なシステムとなっています。

この油圧ハイブリッドシステムの採用により，『Cat 336E L H』は，従来機に対し，同等の生産性を維持したまま，燃料消費量を最大30%低減する燃費性能を獲得しており，これは優れた低炭素型油圧ショベルであることを示しています。



写真—1 『Cat 336E L H』ハイブリッド油圧ショベル

3. コベルコ建機株式会社の取り組み

コベルコ建機は，1999年のNEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）からの研究委託を機に，これまでハイブリッド油圧ショベルの研究開発に10年以上携わってきました。

2006年には，世界初となるハイブリッド油圧ショベルの実機を世界3大建機展「INTERMAT2006（フランス）」に展示，2010年には従来機より燃料消費量を大幅に削減した8t級ハイブリッド油圧ショベル『SK80H』を開発・販売し，国土交通省の「低炭素型建設機械」の第1号機として認定されました。

『SK80H』は，ニッケル水素バッテリーを搭載し，従来機比40%の燃費低減を実現しました。また，騒音面では国土交通省の超低騒音レベル（93dB）を3dB下回る90dBを実現しています。

環境性能の高い機械に仕上がった本機械は，2010年12月には環境省が実施する「地球温暖化防止活動環境大臣表彰（技術開発・製品化部門）」を受賞しました。

また，2012年には，20t級ハイブリッド油圧ショベル『SK200H』（写真—2）の販売を開始しました。『SK200H』は，オフロード法2011年基準に適合するとともに，標準仕様機『SK200-8』と比較して16%の燃費低減を実現しています。

『SK200H』は，「ハイブリッド機能付バック



写真—2 20t級ハイブリッド油圧ショベル『SK200H』

ホウ」として、国土交通省のNETIS（新技術情報提供システム）に登録されました。当社製品としては、2010年の「iNDr（冷却システム）搭載極低騒音型バックホウ」、2011年の「オートアイドルストップ（AIS）機能付バックホウ」に続くNETIS登録となります。

一方、2013年4月には、オフロード法2011年基準に適合した中大型油圧ショベル（25t・35t・45tの3クラス）の販売を開始しました。

今回開発した中大型油圧ショベルでは、オフロード法2011年基準に適合させるだけでなく、より一層の燃費性能向上を達成しました。

具体的には、Hモード（作業優先モード）で旧モデルと比較して3～16%の燃費低減、Sモード（省エネ・燃費重視モード）同士では5～11%の燃費低減を達成しました。さらに、新たに装備された「ECOモード」では、旧モデルのSモードと比較して10～25%と大幅な燃費低減を実現しています。

地球温暖化防止に向けた全世界的な動き、また、日本では2011年3月に発生した東日本大震災と原発事故の影響で省エネに関する関心と要求がさらに切実さを増しています。建設機械は今後成長国・新興国市場を中心にインフラ整備をはじめ多くの用途で活用されると思われます。

コベルコ建機はハイブリッド型の油圧ショベル開発の先駆けになるとともに、従来型の油圧ショベルにおいても省エネ性能の向上に努めてきました。今後も省エネ性能に優れた油圧ショベルを全世界の市場・お客様に提供することを通して、地球温暖化防止に少しでも多く寄与していきたいと考えています。

4. 株式会社小松製作所(コマツ)の取り組み

近年、地球環境温暖化問題への対応として乗用車ではCO₂排出量削減に向けたハイブリッド車が広く認知され、販売されています。

コマツは、2008年6月に建設機械の市販車とし

て世界初となる旋回ブレーキエネルギーを再利用するハイブリッド油圧ショベル『PC200-8E0』を日本市場に導入しました。2010年12月には全世界導入も視野に入れてモデルチェンジを実施し、機種名を『HB205』/『HB215LC』に変更しました。

機能面では操作性と整備性の向上に加え、オプションでアームクレーン、アタッチメント装着可能な共用配管を用意し、さまざまな現場での活躍を可能にしました。2012年12月には日本国内累計導入台数1,000台を達成し、稼働15,000時間を超える機械も出ており、高い品質と信頼性を実証しています。

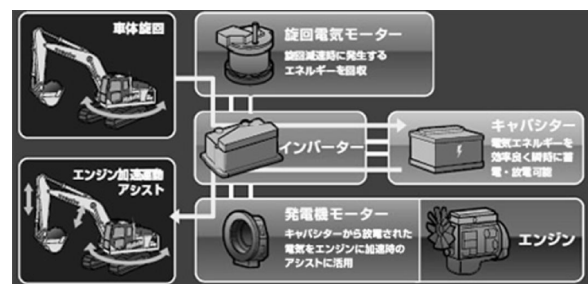
環境保全への意識の高まりと独自のハイブリッド技術力を高く評価され、2009年には「国土交通省低炭素型建設機械」への認定、2010年度には「日本建設機械化協会会長賞」等の受賞もしています。

(1) ハイブリッドシステム概要

主要システムの構成は、自社開発した「旋回電気モータ」「発電機モータ」「インバータ（変換器）」「キャパシタ（蓄電器）」で成り立っています。

旋回ブレーキ時の上部旋回体の運動エネルギーを電力に変換し「キャパシタ」へ供給（蓄電）します。また「発電機モータ」はこの電力を使ってエンジン加速時のアシストをします。「インバータ」は、「キャパシタ」に頻繁に出入りするこれら電力の制御を行っています（図－1）。

このハイブリッドシステムでは、電気エネルギーを効率良く瞬時に蓄電・放電することを可能にするため、「キャパシタ」を採用していることが



図－1 ハイブリッドシステム概念図

特徴の一つです。

(2) ハイブリッドシステムのコンポーネント (図—2)

① 発電機モータ

発電機モータはエンジンと油圧ポンプの間に組み込み、伝達効率を高めています。また、エンジンアイドル状態では、効率良く発電してキャパシタへの蓄電補充を行います。

② 旋回電気モータ

旋回減速時のエネルギーを回収する旋回電気モータを新規開発しました。従来機の油圧モータより加速時の効率が良く、よりスムーズな旋回性能を発揮します。

③ インバータ/キャパシタ

コンパクトに収納されたインバータとキャパシタは、専用冷却装置により高い信頼性を確保しています。蓄電器には電子・イオンの移動のみで充放電できるキャパシタを採用しています。化学反応を必要とするバッテリーと比べて短時間で充放電ができるため、建設機械の頻繁なエンジン回転制御への追従を可能にしました。発熱や劣化が少なく、長寿命でメンテナンスも不要です。



図—2 ハイブリッドコンポーネント搭載概要

(3) 燃費低減効果

ハイブリッドシステムは、インバータにより発電機モータ、旋回電気モータ、エンジンを状況に応じて最適に制御し、機械のポテンシャルを最大限に引き出しながら燃料消費量を大幅に低減することを可能にしました。モニターパネルに表示さ

れる直近5分間の燃費と作業の負荷状態を示すエコゲージは、省エネ運転をアシストしています。

2008年の発売当初より、コマツ試算平均25%（対「PC200-8E0」）のCO₂削減効果・燃費低減効果を上回る環境性能も発揮し、高い稼働実績を上げています。

5. 日立建機株式会社の取り組み

(1) ハイブリッドショベル

日立建機初のハイブリッドショベル『ZH200』。ハイブリッドと省エネ油圧システムを融合させた新システム「TRIAS-HX」の採用で、従来機に比べて燃料消費量を20%低減。カーボン・オフセット対象商品にもなっています。また特定特殊自動車排出ガス2011年基準適合車を開発しており、さらなる燃料消費量低減に取り組んでいます。



写真—3 ハイブリッドショベル『ZH200』

(2) バッテリー式ショベル

バッテリー式ショベルはエンジンを搭載せず、バッテリーを動力源としています。この電力を複数の永久磁石型同期モータおよびインバータに供給し、旋回装置および油圧ポンプを駆動します。これらモータは従来仕様では難しい、建機に必要な高応答、高効率、および小型化を実現するため、株式会社日立産機システムと新規に共同開発しました。

バッテリーはリチウムイオンバッテリーで、バッテリー電圧は電動モータの三相交流200V系に対応する仕様となっています。またバッテリーへの充電に



写真—4 バッテリー式ショベル

は専用充電器を開発し、4.5時間でほぼフル充電が可能です。旋回装置はモータを減速機に直結して駆動します。これにより操作性はエンジン式とほぼ同等であることに加え、減速時の回生エネルギーを電力に変換してバッテリーに回収し、省エネルギー性能向上を図っています。

(3) 電動式油圧ショベル

電動機の動力源として工場等で用いている200～400Vの商用電源を用いる機械です。

運転質量1.5tのミニクラスから45tの大型クラスまで幅広く利用されています。

主に使用されている作業内容は、以下のとおりです。

- ① 一般土木での積み込み作業
- ② 製鉄所内でのメンテナンス作業
- ③ 港湾荷役作業
- ④ スクラップ・産業廃棄物処理におけるマテリアルハンドリング作業

電動機駆動式のため、現場で排出ガスを全く出しません。発電所における必要電力を発電する際の排出ガスを考慮しても、現状のディーゼルエンジン駆動の油圧ショベル（以下「標準ショベル」



写真—5 電動式油圧ショベル

という）と比較するとCO₂は約50%減、また、NO_x、PMはほぼゼロであり、環境負荷が極めて少ないことが最大の特長です。またエンジンによる振動・騒音も抑えることができることも含めて考えると、現状技術では最も環境性能が優れています。

6. おわりに

国土交通省の建設機械に関する排出ガス抑制対策は、地球温暖化防止にも大きく貢献できるものであり、重要な施策です。

建設機械各社も、低炭素型建設機械の開発に積極的に取り組んでいます。

今後、順次最新の排出ガス規制を満足した建設機械が普及していくとともに、建設施工現場でそれらの機械が多く使用されることを期待しています。

なお、施工現場で規制を満足した建設機械が多く使用されることを確認した場合には、速やかに土木工事標準歩掛の標準的な機種・規格として改訂を行っていきます。