

新型ハイブリッド油圧ショベル

HB205-1/HB215LC-1

吉田 周司

近年、地球環境温暖化問題への対応として乗用車において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るようになった。

建設業界においても、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2008年6月、国内市場に世界初導入、2009年には中国・北米へも販売を拡大させた。これらの販売実績で蓄積したノウハウと技術を活かし、2010年12月フルモデルチェンジを実施したので、その概要について報告する。

キーワード：油圧ショベル、ハイブリッド

1. はじめに

現在全世界で稼働のハイブリッド油圧ショベルは、合計1,000台以上（2011年9月末現在）、10,000hを超えた事例もあり、環境保全への意識の高まりと独自のハイブリッドシステム技術力を高く評価され、

- ★ 2008年『日経優秀製品・サービス賞 最優秀賞』
- ★ 2009年『国土交通省 低炭素型建設機械認定』
- ★ 2010年度『日本建設機械化協会 会長賞』
- ★ 2010年度『日本機械学会 技術賞』

を受賞することができた。

新モデルでは、要望が高かったアームクレーン（国内向け）およびアタッチメント装着可能な共用配管を用意し、様々な現場に対応可能な仕様の拡充を実施した。また、ハイブリッド専用コンポーネントにおいても自社開発・自社生産による生産性を向上させることで、世界市場での供給可能体制を整えた。



写真-1 HB205-1 外観

ここでは、デザインも一新したこの新型ハイブリッド油圧ショベル『HB205-1/HB215LC-1』概要について紹介する（写真-1）。

2. 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（変換機）』『キャパシタ（蓄電機）』で成り立っている。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）する。また『発電機モータ』はこの電力を使って加速時のエンジンをアシストし、『キャパシタ』の電力が減ってくると発電を行う。『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る（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よく瞬時に蓄電・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特徴のひとつである。

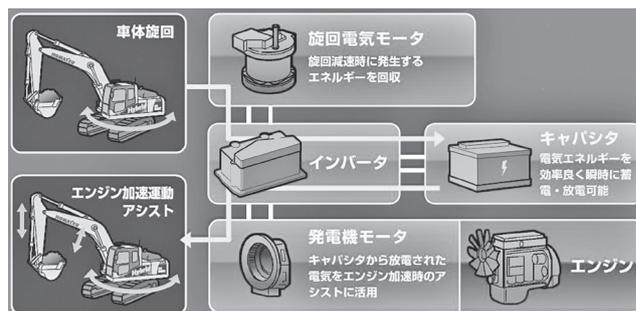
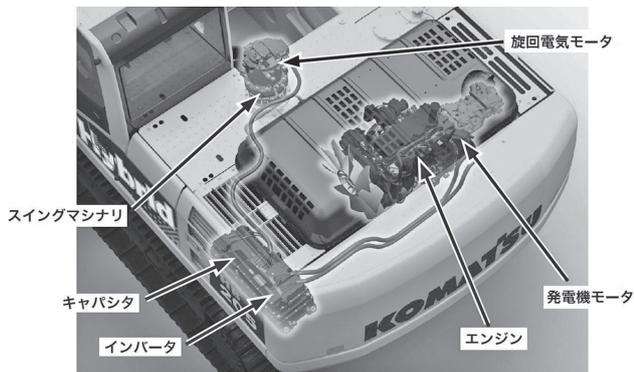


図-1 ハイブリッドシステム概要

3. ハイブリッドシステムのコンポーネント

ハイブリッドコンポーネントは、コンパクト化により、20t標準機と車体外観寸法を変更することなく、車体に装着可能となった。これにより作業範囲を制約することなく同等レベルの仕様車として完成させている。以下にその詳細を述べる（図一2）。

ハイブリッドシステムの構造



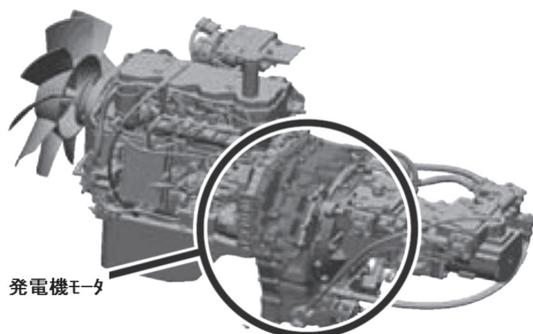
図一2 ハイブリッドコンボ搭載概要

(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ビルトインされ、ハイブリッド機での燃費低減を図っている。

操作待機時にはエンジンを超低速で保持し、レバー操作時には瞬時に必要回転へ復帰させる超低速アイドルリング、必要な油圧吐出量を確保しながらエンジン燃費の良い低速回転でのポンプマッチング制御、を採用しており、この2項についてエンジン加速アシストモータとして機能する。

また、これらの駆動エネルギーをエンジンアイドルリング時に効率よく発電しキャパシタへの蓄電補充も行う。つまり発電機・モータ2役を担う主要コンポーネントである（写真一2）。

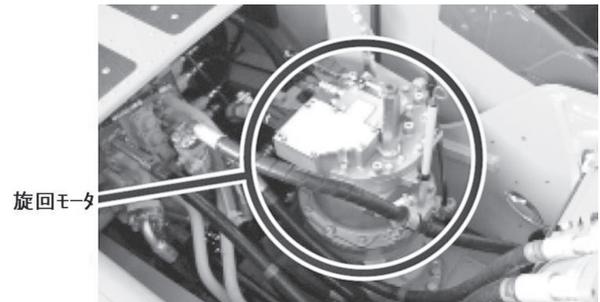


写真一2 発電機モータ

さらに、ロータには磁石を使わないスイッチトリダクタンス（SR）モータを採用し、レアアースフリー化も達成させている。

(2) 旋回モータ

従来の油圧モータでは旋回減速時のブレーキを油圧リリーフで行っていたため熱として放出していたエネルギーをハイブリッド機では、電動モータにすることで回収可能になった。このエネルギーを駆動時に再利用することで大幅な燃費低減を実現している。また電動モータは油圧モータよりも加速時の効率が良く、スムーズな旋回性能を発揮できる点も大きな特徴である（写真一3）。



写真一3 旋回モータ

(3) インバータ

インバータは、直流電流を交流電流に変換、または逆変換する機能を持つ電力変換装置である。『発電機モータ』『旋回モータ』の交流電力を変換しキャパシタに直流としてエネルギー送電およびその逆の出力を行っている。キャパシタへの効率よい蓄電・出力制御を車体の頻繁に変化する稼働条件に応じて瞬時に行うことにより、燃費効率の大幅改善を可能とした（写真一4）。



写真一4 インバータ・キャパシタ

(4) キャパシタ

インバータと一体化しコンパクトに収められたキャパシタは、余剰エネルギーを蓄電および出力するコンポーネントである。通常のバッテリーとは異なり電子・イオンの移動のみで充放電でき、化学反応を伴わないことから、短時間での充放電が可能である。

乗用車のハイブリッドの場合は、発進加速時は大き

なエネルギーを必要とするが、それ以外は比較的一定のエネルギー使用となるため、長時間の放電が可能なバッテリーが使用されている（図-3）。

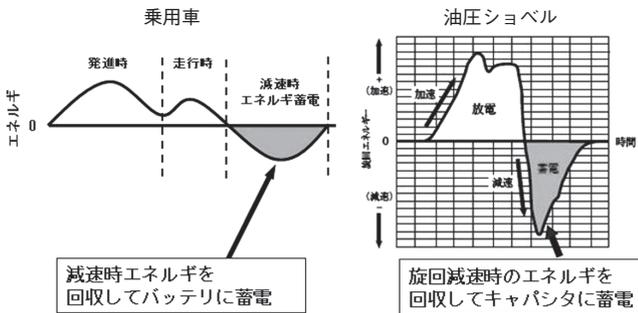


図-3 エネルギーの蓄電と放電の動き

それに対して油圧ショベルの場合は頻繁にしかも慣性の大きな上部旋回体を短時間に加速・減速の切替え運転をするために処理するエネルギーも大きく化学反応では間に合わないため、キャパシタの採用に至った（図-4）。

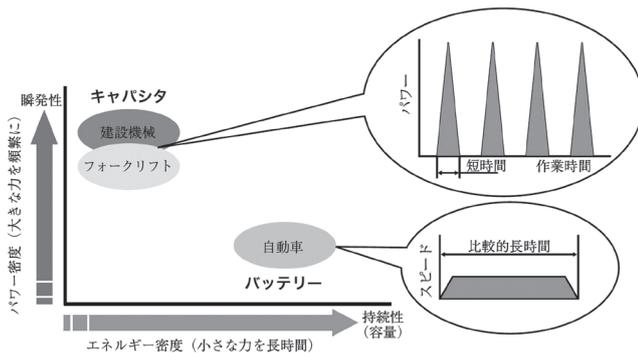


図-4 キャパシタとバッテリーの特性概念図

キャパシタは、発熱や劣化が理論的に無いので、長寿命でかつメンテナンスも不要であることから長期に稼働を続ける建設機械に最適なものである。

また、車体配置では、外部からの衝撃から保護するため、レボフレームを二重構造化して強化すると共に漏電検出システムで常に監視する安全対策を行っている（図-5）。

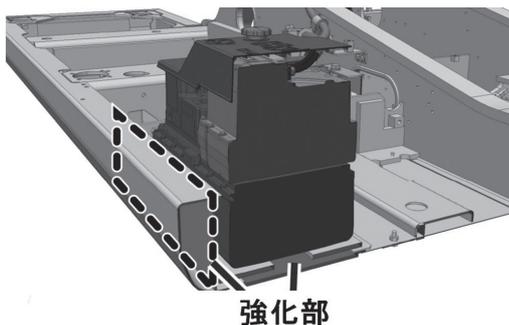


図-5 周囲保護構造

4. 燃費低減効果

本機は、同 20 t 標準機と比較して平均 25% の燃費低減を実現した。これは、平均的な使われ方同士で比較した場合を社内基準で実測した結果で、建機全車両に装着した車両管理システム『KOMTRAX』（GPS・通信インフラを利用し、インターネットを通じて車両の稼働状況を把握できるシステム）で取得した国内データとも一致している（図-6）。

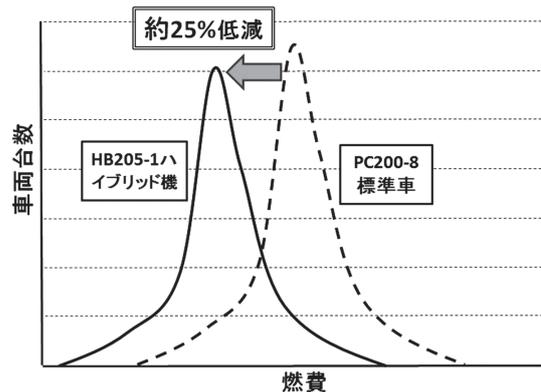


図-6 平均燃費効果

また、このシステムを活用した『省エネ運転支援レポート』では、作業負荷の状況・運転パターンをまとめ、お客様に有益な情報として提供している（図-7）。

○ ○ 様

KOMTRAX

省エネ運転支援レポート

いつもご愛顧頂き誠にありがとうございます。
現在ご使用頂いています車両の稼働状況を御報告申し上げます。

■ レポート対象車両 作成日 2010年 月 日

レポート対象期間	2010/09/01~2010/09/30	機種 / 機番	PC350LC-8-60108	サービスメータ	507.7H
期間稼働日数	17日	期間稼働時間	65H		
納入年月	2008年06月	経過年月	2年3ヶ月		

※この報告は、車体から発信された情報に基づき報告させていただきます。機種により表示されない項目がございます。

■ 作業内容

稼働なしの時刻の改善と走行時刻の短縮が、燃料消費削減に効果があります。

使用状況	20t		40t	
	稼働時間	燃料消費量	稼働時間	燃料消費量
稼働時間(エンジンON時間)	65.0h	1475.0L	38.2h	22.7L
稼働時間(レバ、ペダル操作時間)	27.1h		0.0h	0.0L
稼働なし時間(レバ、ペダル無操作時間)	37.9h		38.2h	
油圧リリーフ時間	2.0h		2.0h	
作業時間(バックアップシステム(出稼時間)	8.9h		8.9h	
ボイストリプルアップ+旋回時稼働時間	31.2h		31.2h	
走行時間(ATVペダル操作時間)	2.4h		2.4h	

■ Eモード使用比率 ■ 実働比率

Eモードで作業して頂くことで燃費の向上を図ることができます。実働時間/稼働時間を表示しています。

実働比率	58.2%
Eモード使用時間	0.0h

■ 燃料消費量 燃料消費量をもとに算出した参考値です。 ■ CO₂排出量

燃料消費量 (期間累計)	1475.0L	平均燃料消費量 L/H	22.7L
CO ₂ 排出量	3.81t		

CO₂排出量: 省エネ法告示及び地球温暖化対策推進法施行令・省令による稼働使用時のCO₂排出係数 2.53 t / CO₂Lより算出しています

■ 油圧負荷度グラフ

当該ポンジにかかる圧力の分布です。高い負荷で使っているほど機械に大きな負荷がかかっていると考えられます。™

油圧負荷度	50%	
	割合	割合
超低負荷(Very Light)	47.6%	
低負荷(Light)	20.8%	
高負荷(Heavy)	26.8%	
超高負荷(Very Heavy)	4.8%	

作業負荷 低 中 高 レポート対象期間にかかわらず、作成日の前月～月の稼働が表示されます。

ご連絡事項
なお、ご不明な点、または御用向きがございましたら、弊社、私までご連絡下さいませようお願い申し上げます。

■ お問い合わせ先

会社名	氏名	連絡先TEL
-----	----	--------

KOMATSU

図-7 省エネ運転支援レポート

一般に稼働燃費は、標準機においてもその使われ方に大きく左右され、ハイブリッド機での低減効果も個別に評価する必要がある。旋回の頻度が多い場合には、その効果も大きく約41%の結果を得ることができる実例もある(図-8)。

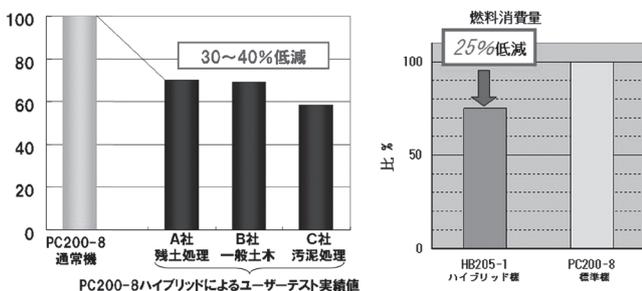


図-8 燃費低減効果事例

5. 新型ハイブリッド機での特徴

(1) 新デザイン

旧モデル『PC200-8E0』に対して新モデルでは、機名を『HB205/HB215LC』とした。これはより環境負荷低減を意識したハイブリッドを強調し、新世代をイメージするものである。

また、稼働時にも周囲へアピールできるように車体左右に『Hybrid』と大きく表示した(写真-5)。

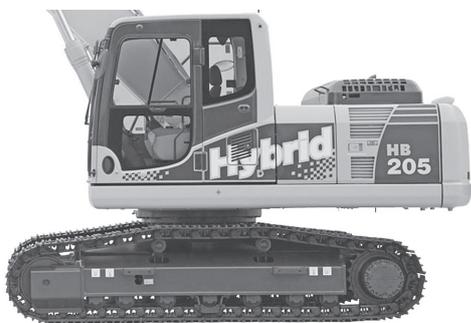


写真-5 新デザイン

(2) 仕様車の拡充

旧モデルは、標準機に対してハイブリッドシステムの商品化を目的とし、販売仕様を絞ったものであったが、今回のモデルチェンジでは、多くのお客様に対応できる仕様の拡充を実施した。この20tクラスの市場はグローバルでも需要が大きく、各地域仕様にも対応可能とすることで、全世界の市場での発売も開始した。

①作業モードの追加

旧モデルではEモード(省燃費モード)の選択は1モードしかなかったが、標準機と同等の4モードとし、

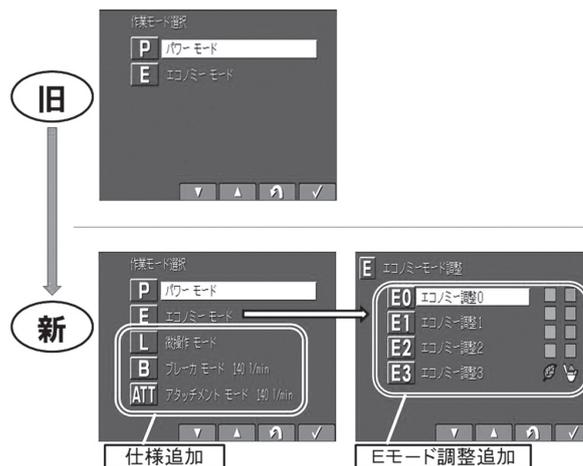


図-9 新モードモニタ画面

現場の状況にあった稼働による最適運転を可能にした(図-9)。

②アームクレーン仕様

国内で要望の大きなものが、吊り作業可能仕様車であった。作業機先端にクレーンと同様にフックを装着し、車体からの吊り距離と重量から安定性をモニター監視し危険な場合には警告するシステムが織り込まれたもので、建設現場を中心に標準機の多くが装着しており、新モデルでも仕様を追加した(写真-6)。



写真-6 アームクレーン仕様

③アタッチ・ブレーカ仕様

油圧ショベルの用途は、土砂の掘削だけでなく先端に様々なアタッチメントを装着することが多く、代表的なものにフォークグラブ、クラッシャ、ブレーカがある。装着には、増設油圧バルブと操作ペダルが必要となるが、新モデルでは標準機と同様に本仕様を準備し、多くのお客様用途に対応可能になった(写真-7)。

④グローバル地域別仕様

20tクラスの需要は世界的に最も多く、その使われ方に対する仕様は多種多様なものである。ハイブリッド機でも、各地域固有の仕様にも対応することで、グ



写真-7 アタッチ・ブレーカ仕様

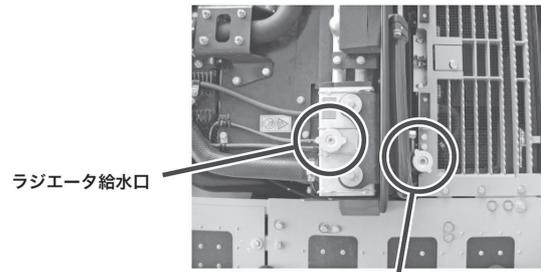


写真-8 ラジエータ給水位置

ジン用ラジエータと隣接配置し、車体上部フード開口の同じ位置から整備可能とした（写真-8）。

グローバルな市場で販売可能になった。

（言語も 12ヶ国語に対応。）

旧モデルでは、中国・北米対応までに限定されていたが、欧州・アジア・豪州・南米など世界の主要な地域での販売も開始している。

(3) 点検整備性の改善

①ハイブリッド温度ゲージ追加

標準機では、作業負荷の状況をオペレータが認識できるように水温ゲージや作動油温ゲージをモニタに常に表示しているが、新モデルでは、ハイブリッドシステムについてもその温度ゲージ表示を追加し、負荷をひと目で確認できるようにした。高負荷時には、ゲージレベルが上がりコーションで負荷の軽減運転を通知する（図-10）。



図-10 ハイブリッド温度ゲージ

②ラジエータ給水の改良

ハイブリッド専用ラジエータ冷却水の給水口をエン

(4) 総合技術の向上

従来の標準機は、エンジン動力を油圧に変換し作業機を駆動操作するものだが、ハイブリッド機では電気動力を追加し、システム効率を改善しながらも操作時の違和感をなくすため、エンジン・電気・油圧・制御の各コンポーネントを総合的に成立させる必要がある。これらすべての要素を自社開発・自社生産することで、新モデルでは、性能と生産性を更に向上させることができ、全世界の市場へ供給可能な生産体制を整えることが可能となった。

6. おわりに

環境負荷の軽減に対する社会ニーズの高まりは、乗用車ではハイブリッド車、電気自動車と急速な勢いで社会に広まっている。建設機械でも本機の活用が、環境負荷軽減の一翼を担うべく全世界へ展開できるよう、更なる技術躍進に努めたいと考える。

JCMA

【筆者紹介】

吉田 周司（よしだ ひろし）

コマツ

開発本部 建機第一開発センタ 環境商品開発グループ
チーム長

