

# AC 駆動式ブルドーザ D7E

福岡 大輔

近年、BRICs（ブラジル・ロシア・インド・中国）の著しい経済発展、人口増加により、世界のエネルギー消費量は増加の一途を辿っており、これに起因する環境汚染が国際的な問題となっている。特に温室効果ガス（CO<sub>2</sub>：二酸化炭素、CH<sub>4</sub>：メタン、N<sub>2</sub>O：一酸化二窒素等）による地球温暖化は国際的な深刻な問題として取り上げられており、削減が強く求められている。我が国は温室効果ガスの排出を2020年までに1990年比で25%削減するとの中期目標を打ち出しており、今後この目標達成に向けた取組みとして、我々建設機械業界は高いハードルの目標数値が課せられる事が想定される。また、温室効果ガス以外にも、NO<sub>x</sub>（窒素酸化物）、HC（炭化水素）、CO（一酸化炭素）、PM（微粒子物質）、黒煙といった排出ガスに対して、更なる削減が求められている。今回、こうした状況下に対応した革新的な技術 エレクトリックドライブシステムを搭載した次世代型 AC 駆動式ブルドーザ D7E について紹介する。

キーワード：エレクトリックドライブシステム、CAT C9.3ACERT エンジン、センターポスト&チルトキャブ、電動エアコンディショナシステム、ハイドロリックシステム、クーリングシステム

## 1. 概要

D7E はエンジン定格出力 175 kW (238PS)、排気量 9.3 L、特定特殊自動車排出ガス規制法（オフロード法）に適合する能力を備えた 27 トンクラスの中型ブルドーザである。パワートレインは、従来のメカニカルドライブシステムに変えて、新たにエレクトリックドライブシステムを搭載し、クリーンな排出ガスによる環境への配慮は言うまでもなく<sup>\*</sup>、燃費、ランニングコスト

等を削減しながら、生産性の向上を図っている。その他にも、随所に新機能を盛り込んでおり、視認性、操作性、居住性、サービスマンテナンス性、安全性が飛躍的に向上している。図-1 に新機能一覧を紹介する。  
※ EPA（U.S Environmental Protection Agency：米国環境保護局）から 2008 年 Clean Air Excellence Award 受賞

## 2. エレクトリックドライブシステム

ブルドーザの動力伝達装置は、中・大型ではトルクコンバータとパワーシフトトランスミッションを組み合わせたメカニカルドライブが、小型では油圧ポンプ&モータのハイドロスタティックが主流で、中・大型の一部には、左右の履帯の駆動に油圧モータを採用したディファレンシャルステアリングを導入し、更なる操作性の向上を図っている。D7E ブルドーザは図-2 のドライブシステムに示すように、現行のディファレンシャルステアリングと次世代の動力伝達機構であるエレクトリックドライブを組み合わせたもので、エンジンで発電機を駆動し交流電力（AC480V）を発生させ、パワーインバータで一旦直流（DC650V）に変換し、AC モータを駆動する時に再度交流に変換し、動力をファイナルドライブに伝達する。ディファレンシャル

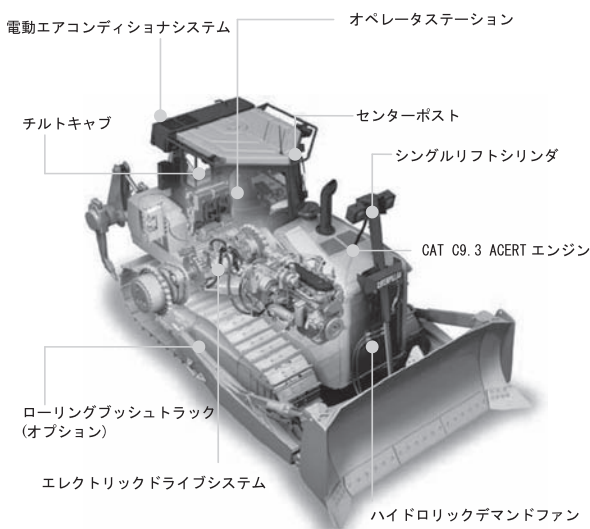
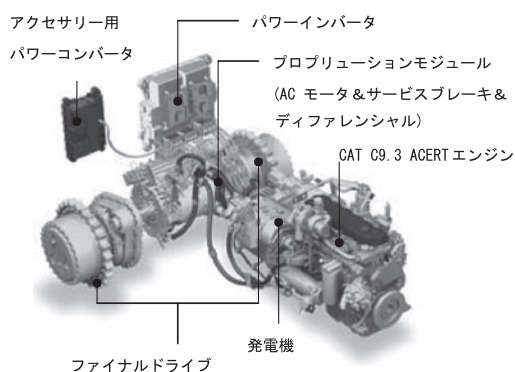


図-1 D7E 新機能一覧

ステアリングにより、左右の履帯に動力を伝えながらの旋回（パワーターン）や左右の履帯を正逆転させてのその場旋回（スポットターン）が行える。搭載エンジンは、出力 175 kW（238PS）、排気量 9.3 L で特定特殊自動車排出ガス規制法（オフロード法）に適合する能力を有している。AC モータは無段変速で、メカニカルドライブのようなギヤシフトは不要である。パワーインバータで一旦変換された直流は、アクセサリ用パワーコンバータで、車両用電源（DC24V）を供給すると共にエアコンのコンプレッサ駆動、ラジエータやパワートレインオイルを冷却するウォータポンプの駆動に DC320V を供給する。これにより、従来はエンジンからベルト駆動で行っていたのがベルトレスとなり、燃費低減、サービス性の向上に寄与している。また、パワートレインの部品点数は従来機比の 60% と少なく、機械経費の低減を図っている。社内テストでは、メカニカルドライブの D7R2 ブルドーザ（重量 28.4 t、出力 179 kW）に比べて、ドーピング作業において作業量（ $m^3/h$ ）で 10% アップ、燃料消費量（L/h）で 20% 低減、燃料生産性（ $m^3/L$ ）で 25% アップという結果が得られている。



図一2 エレクトリックドライブシステム

### 3. CAT C9.3 ACERT エンジン

D7E は、特定特殊自動車排出ガス規制法（オフロード法）に適合する能力を備えた CAT C9.3 ACERT エンジン（定格出力／回転数 175 kW/1,700 rpm、排気量 9.3 L）を搭載している。このエンジン動力を利用し、発電機で高効率な AC480V を発生させている。尚、前述したエレクトリックドライブの採用に伴い、エンジンベルト、オルタネータを不要としている。エンジンの制御は、エレクトロリック・コントロール・モジュール（ECM）にて行い、噴射量・タイミング・圧力をシリンダごとに、正確に制御し、マルチ・インジェクション・システムの多段噴射、最適な燃焼効率

を実現することで、NO<sub>x</sub>、HC、CO、PM、黒煙の発生を抑制するとともに低騒音・低振動化も実現している。



写真一 CAT C9.3 ACERT エンジン

### 4. オペレータステーション

#### (1) センターポスト&チルトキャブ

運転環境の心地良さ、視認性、操作性、サービスメンテナンス性を追求したセンターポスト&チルトキャブを採用しており、オペレータ・ステーションは最新技術の粋を集めたものとなっている。このセンターポストキャブの採用とセンターライン上に視界の妨げとなるシングルリフトシリンダ（1本タイプ）とマフラー、エアクリーナを配置する事により、前方の視認性を従来機比 35% 増加させており、左右コントロールレバーとシートをそれぞれ独立して調整可能なシートマウントコントロールとともに比類のない操作性を提供して作業性向上に寄与している。また、キャブが手動でチルトアップできることから、油圧やエレクトリックドライブの機器類へのアクセスが容易に行える為、休止時間を大幅に短縮する事が可能となっている。尚、オ



A: オペレータ視界



B: シートマウントコントロール C: チルトキャブ

写真二 オペレータステーション

ペレータ騒音は73 dBと従来機比50%低減している。

## (2) モニタリングシステム

ダッシュ・パネル・ゲージ（エンジン回転数、燃料計、エンジン冷却水、ハイドロリックオイル温度、トランスミッションオイル温度）と液晶モニタとの組合せにより、オペレータ及びメカニックが車両の運転、故障診断イベント、整備間隔、操作モードなどを監視する。このモニタリングシステムを通してオペレータの好み、運転パラメータを変更することも可能で、これによりオペレータは車両の運転効率を高める更なる手段を得ることになり、休車時間の短縮と車両性能を最大限に引出すことができる。



写真-3 モニタリングシステム

## (3) ディファレンシャルステアリングレバー

オペレータの親指だけで車両の前後進、速度の操作を行うことが出来るようにまとめられており、オペレータの疲労を軽減している。また予めよく使用する速度を記憶させ、ボタンひとつで速度を呼び出すことができる速度メモリ機能を備えており、オペレータの操作性を向上している。



写真-4 ディファレンシャルステアリングレバー

- ①前後進切替えスイッチ
- ②速度調整ホイール
- ③速度メモリボタン
- ④パーキングブレーキ

## (4) 電子油圧制御式 (E&H) コントロールレバー

従来の油圧パイロット式から電子油圧制御式 (Electronic & Hydraulic : E&H) に変え、レバー操

作力を軽減している。また安全面に配慮し、従来機同様に作業機装置ロックスイッチをブレードコントロールレバー脇に配置している。



(a)ブレードコントロールレバー  
(b)リップコントロールレバー  
(c)作業装置ロックスイッチ  
写真-5 電子油圧制御式 (E&H) コントロールレバー

## (5) オートシフトダイヤル&スロットルダイヤル

オートシフトダイヤル、スロットルダイヤル機能（詳細は後述）と前述した速度調整ホイール、速度メモリボタンを組み合わせることで、オペレータは様々な状況や用途に応じた速度調整をスムーズに行え、作業機の操作に集中する事ができる。

オートシフトダイヤル①は、前後進の速度について4種類のセッティングを可能としている。

- セッティング1—後進速度が前進速度より30%速い
- セッティング2—前進1.5 後進2.5
- セッティング3—前進2.1 後進2.5
- セッティング4—任意設定（モニタリングシステム上で設定）

スロットルダイヤル②は、エンジン回転数を5段階に調整(800 rpm, 1100 rpm, 1300 rpm, 1550 rpm, 1800 rpm)可能となっている。

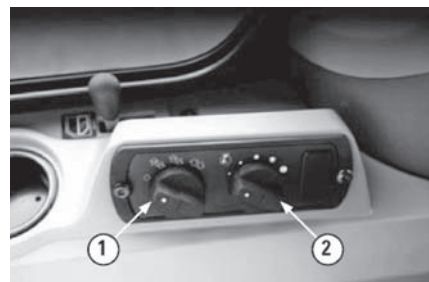


写真-6 オートシフトダイヤル&スロットルダイヤル

## (6) トラベルコントロールペダル

エンジン回転数を調整する従来機のデセルペダルと異なり、パワーインバータからACモータへ供給されるAC（交流電気）を調整する事で車両を減速させ、最終的にサービスブレーキを利用し停止させる機能を備えたトラベルコントロールペダルを採用している。この機能により、エンジンの負担軽減を図っている。



写真一七 トラベルコントロールペダル

### (7) 電動エアコンディショナシステム

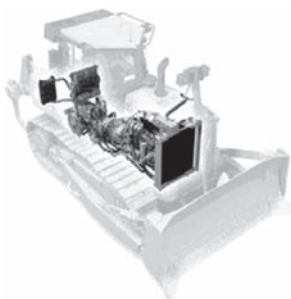
D7Eに採用しているエアコンディショナは、アクセサリ用パワーコンバータから供給されるDC（直流電気）で稼動されるため、エンジン回転数が低い場合でも、エアコン機能を十分発揮し、燃費を抑えながらキャブ内を適温に保つことができる。加えて、エンジンベルトが不要となり、従来エンジンフード内に配置していた構成部品（コンデンサ、コンプレッサ、アキュムレータ、ドライヤ、配管等）を集約し、エンジン周辺の高温度の影響を受けないキャブ後方へ配置している。これにより、簡単に脱着可能となり、メンテナンス時における休止時間を短縮する事ができる。



写真一八 電動エアコンディショナシステム

## 5. クーリングシステム

効率性、耐久性を重視した設計が成されており、支柱にアルミニウムを使用し、耐熱性、防錆性を向上させたラジエータ、エア・トゥ・エア・アフタークーラとアクセサリ用パワーインバータから供給されるDC320Vで稼動する電動ウォーターポンプの組合せにより、各々の構成品の冷却を行っている。またエンジン

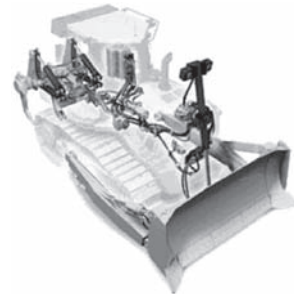


写真一九 クーリングシステム

冷却の必要性に応じて、ファンの速度を自動的に調整し駆動する、ハイドロリックデマンドファンを装備しており、エンジンへの負担軽減と共に冷却の効率向上を図っている。また必要に応じてファンを駆動させることで騒音低減にも貢献している。

## 6. ハイドロリックシステム

前後の作業機に油圧を供給するコントロールバルブをそれぞれの作業機近くに別々に配置し、ハイドロリックオイルが循環する時間を30%速くする事で作業機応答性の向上を図っている。これにより、シングルリフトシリンダは従来機同様の能力を有する一方、部品点数を半減しメンテナンス性向上に貢献している。



写真一〇 ハイドロリックシステム

## 7. アンダーキャリッジ

大型ブルドーザと同等の部品、窒素ガス充填式リコイルシリンダなどを採用する事により、耐久性の向上を図っている。尚、現場状況に応じて、足回り経費を35～70%低減することが可能なローリングブッシュトラックをオプションとして設定している。



写真一一 ローリングブッシュトラック

## 8. メンテナンス性

従来機同様に日常点検は全てエンジンフード左側に集約している。今回、エレクトリックドライブシステムを始めとする新機能の採用により、パワートレインオイル／

フィルタとハイドロリックオイル／フィルタの交換時間が大幅延長され、メンテナンスコストの削減を図っている。



写真-12 エンジン左側サービスドア内部

表-1 サービスドア時間比較表

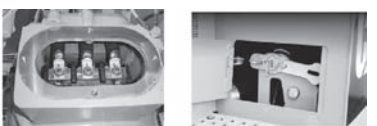
	D7E	従来機
パワートレインオイル	2,000 時間	1,000 時間
同 フィルタ	2,000 時間	500 時間
ハイドロリックオイル	4,000 時間	2,000 時間
同 フィルタ	1,000 時間	500 時間

## 9. 安全性

D7E はオペレータ、周囲の作業員、メカニックの安全を配慮した様々な設計、機能を施している。新たな特徴として下記 3 点を紹介する。

### (1) エレクトリックドライブセーフティ

エレクトリックドライブシステムが、万が一異常をきたした場合、診断システムがこれを速やかに感知し、モニタリングシステムを通じてオペレータに通知する。その後、メカニックがアクセスする場合、同システムは個々に完全密閉されており、且つ各システムを繋ぐケーブルには絶縁体素材を使用、コネクターには米軍規格



(a)米軍規格コネクター (c)LED 付ディスコネクトスイッチ



(b)エレクトリカルケーブル

写真-13 ドライブトレイン内部

を満たした部品を使用している為、仮に雨などの水に浸かった場合でも、メカニックは安全に作業を行える。その他安全装置として、ディスコネクトスイッチを設置しているが、サービスマンが確実に電流がシャットダウンされたことを確認できる LED ランプを備えている。

### (2) オペレータ感知システム

オペレータ感知システムはエンジン稼動時、オペレータがシートから離れた際、自動的にハイドロリックロックがかかるシステムである。これによりステアリングレバー、コントロールレバーはロック状態となる為、オペレータは安全に乗降する事ができる。

### (3) 後方監視カメラ (オプション)

広角視界を持つカラーカメラをオプションとして設定している。オペレータステーション内には、周囲の明るさに応じてディスプレイの輝度やコントラストを調整することが出来る 7 インチカラーモニターを用意。極端に後方視界が悪い場合や、さらに後方の安全を確認したい場合に有効活用する事ができる。

## 10. おわりに

D7E の最大の特徴は、革新的なエレクトリックドライブシステムと CAT C9.3 ACERT エンジンが生み出す高効率エネルギーシステムに因る生産性の向上と排出ガス環境対策である。

今後も環境対策を初めとした、時代とともに変化する様々な市場要求に応える製品開発に努力する所存である。



写真-14 D7E 外観

JCMA

### [筆者紹介]

福岡 大輔 (ふくおか だいすけ)  
キャタピラー・ジャパン(株)  
市場開発部 トラクタ商品課

