

新たな環境対応技術を搭載した 油圧ショベルZAXIS-6シリーズ

眞野 英徳
Mano Hidenori

佐藤 謙輔
Sato Kensuke

小高 克明
Kodaka Katsuaki

廣木 武則
Hiroki Takenori

一般自動車のみならず、建設機械においても排出ガス規制が段階的に強化されてきており、2011年に制定された第4次排出ガス規制は、2014年より最終段階の規制として開始されている。これに合わせて、日立建機はZAXIS-6シリーズを製品化した。排出ガス規制に適合させるとともに、省エネルギー性能としてさらなる燃費低減を求め、

また、現行モデルの市場調査から多くの市場ニーズを車体に適用させてモデルチェンジした油圧ショベルである。さらに、車体の状態を迅速に把握し、サポートするために情報化技術の有効活用にも取り組んでいる。現在、ZAXIS-6シリーズは、北米市場への導入を開始している。

1. はじめに

近年、各方面で環境負荷低減に向けた取り組みが進められる中で、建設機械においても、世界的に排出ガスへの規制が強化されている。この状況の下、日立建機株式会社は、新排出ガス規制に対応する油圧ショベルZAXIS-6シリーズを開発し、北米への導入を開始した。

ZAXIS-6シリーズでは、エンジンの排出ガス規制への適合と低燃費化を両立したシステムを構築している。エンジンの排出ガス規制に適合させるために新技術として尿素SCR (Selective Catalytic Reduction) システムを採用し、さらなる燃費低減のために現行TRIAS (トライアス) システムの改良に取り組んできた。また、車体建屋上部に手すりを設置し、メンテナンス時の安全性を向上した。さらに、車体状態の監視機能の強化、および故障発生時における対応時間の短縮のため、Global e-Serviceの機能向上を行い、情報化技術の有効活用を図った。

ZAXIS-6シリーズは、新技術の尿素SCRシステムを採用したこともあり、特に尿素関連部品の使い勝手や尿素有水性状に対する信頼性については、国内外の顧客による長期稼働試験を実施して評価を行ってきた。

ここでは、ZAXIS-6シリーズの環境対応の新技術と省エネルギー技術、安全性の向上、情報化技術の有効活用について述べる(図1参照)。



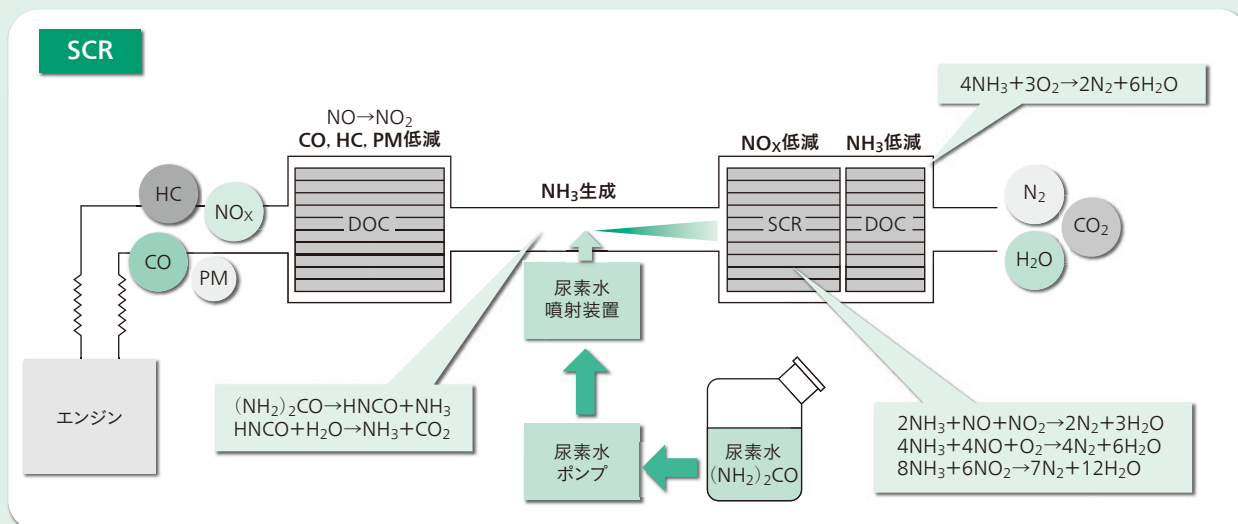
図1 | ZAXIS-6シリーズ

ZAXIS 250LC-6の外観イメージを示す。

2. 環境対応の新技術と省エネルギー技術

2.1 環境対応の新技術「尿素SCRシステム」

2014年から始まった新排出ガス規制では、PM (Particulate Matter: 粒子状物質) の規制値が0.02 g/kWh (従来規制値と同じ)、NO_x (窒素酸化物) の規制値が0.4 g/kWh (従来規制値の $\frac{1}{5}$) となり、NO_x排出量の規制が大幅に強化された。エンジンの排出ガス中のPMとNO_xの量はトレードオフの関係にあるため、規制値を満足するためにはエンジン自体の改善だけでは限界があり、触媒によって排出ガスを浄化する後処理技術が必須となってきている。油圧ショベルへの排出ガス後処理装置の搭載は前モ



注：略語説明 SCR (Selective Catalytic Reduction), HC (Hydrocarbons), PM (Particulate Matter), DOC (Diesel Oxidation Catalyst)

図2 尿素SCRシステムの概要

尿素水を排気中に噴射するとアンモニアを生成し、NO_xがアンモニアと反応することで無害な窒素と水に分解される。

デルである ZAXIS-5B, 5N シリーズが初めてであり、排出ガス後処理装置として DOC (Diesel Oxidation Catalyst) + CSF (Catalyzed Soot Filter) を採用した。CSF は、隣り合うセルの端部が交互に目封じされたセラミック製担体に触媒が塗布された構造になっており、流入した排気がセル間のセラミックの壁を通過して流れる際に PM を濾（こ）し取ることで PM 排出量を大幅に減らすことができる。

今回開発した ZAXIS-6 シリーズ用エンジンでは、新たに尿素 SCR システムを採用し、強化された NO_x 排出量の規制に対応している。尿素 SCR はベースとなるトラック用エンジンではすでに実用化されていた技術であるが、トラックが CSF と尿素 SCR を併用しているのに対して、今回開発した油圧ショベル用エンジンでは CSF をなくして DOC と SCR のみの構成としている。

尿素 SCR システムは、後処理装置内で高温の排気中に尿素水を噴射してアンモニアを生成し、このアンモニアと NO_x を触媒によって反応させることで NO_x を無害な窒素と水に分解するシステムである（図2参照）。このため ZAXIS-6 シリーズには、エンジン、後処理装置に加えて、尿素水を貯蔵する尿素水タンクおよびタンク内の尿素水の量・温度・濃度を検出する尿素水センサユニット、尿素水を圧送する尿素水ポンプおよび尿素水ホース、後処理装置内に尿素水を噴射する尿素水噴射装置など、多くの尿素 SCR 関連部品が搭載されている。

また、トラックと油圧ショベルではエンジンが使用される回転数、トルクなどの負荷条件、振動や熱などの使用環

境が大きく異なっているため、開発にあたっては機器のレイアウトの検討、制御システムのマッチング、さまざまな環境条件でのテストなどを入念に実施し、油圧ショベル用エンジンとしての性能と信頼性を確保している。

尿素水は、-11℃以下で凍結するという特徴を持っており、さらに凍結時には体積膨張する。尿素水タンク設計においては、この膨張によってタンク破損しないように膨張容積を考慮する必要がある。事前予測と検証実験を行ってこの膨張容積を決め、さらに法規要件で定められた容量条件を満足し、また、顧客に要求される給水インターバルのヒアリングを実施し、尿素水タンクの容量を決定した（図3参照）。この尿素水タンクは車体右前に設置し、顧客

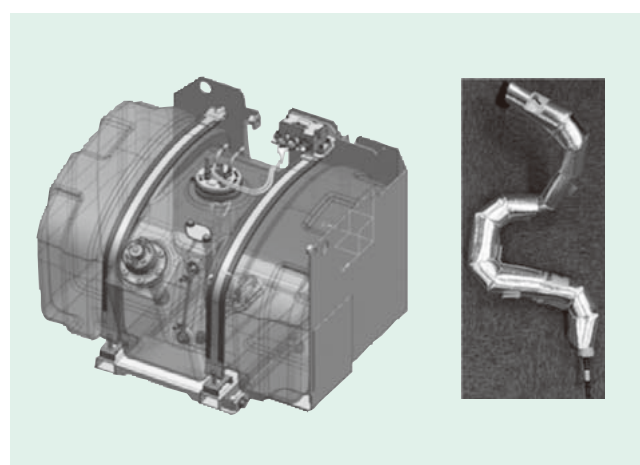


図3 尿素水タンクと断熱材付き尿素水ホース

尿素水に対して耐腐食性の高い PE (Polyethylene) を尿素水タンクに、PA (Polyamide) を尿素水ホースにそれぞれ使用している。

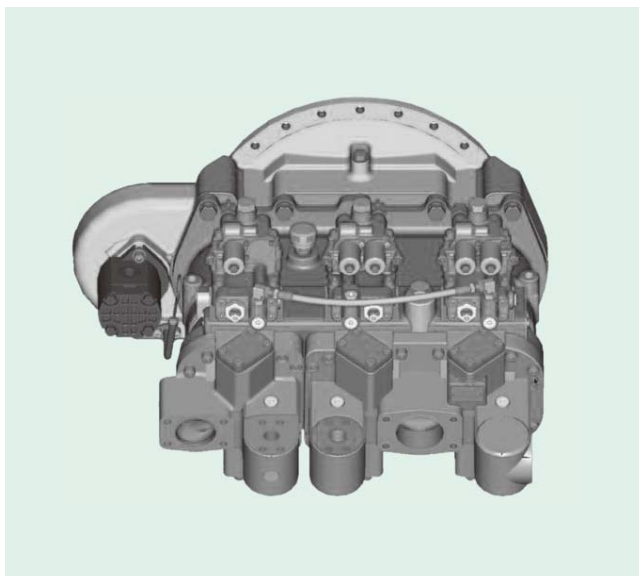


図4 TRIASIIメインポンプ

従来のメインポンプに対し、電磁弁を追加し、ポンプ流量を最適に制御した。

による実稼働試験の中で給水性評価を行ってきた。

先に述べたように尿素水は環境温度の影響を受けやすいため、尿素関連部品は、環境温度への配慮が必要である。尿素水ホースに、高温時の遮熱と低温時の保温を目的とした断熱材を適用した。断熱材は、使用される部位の環境温度とホース長さから必要最小限の断熱材の厚さと適用部位を決定した。

2.2 新油圧システム「TRIASII」

新油圧システムのTRIAS IIは、従来のTRIASシステムに対し、良好な操作性を維持しながら、きめ細かな電子制御を加えることでさらなる低燃費を実現した（図4参照）。

具体的には、ポンプの流量を従来以上に最適に制御するために、レバー操作量に応じてポンプ流量を制御することで油圧システムのロスを低減した。コントロールバルブのスプールも、ポンプの流量に合わせて最適なバランスになるようにチューニングした。これにより、従来よりも大幅な燃費向上効果を得ている。

その結果、ZAXIS 250LC-6では従来機と比較すると、ECOモードにおいて12%の低燃費化を実現した。

3. 安全性・メンテナンス性の向上

従来の安全性に新たな機能を追加し、安全性とメンテナンス性をより向上した。

3.1 建屋上手すりとエンジンカバー構造

車体建屋上のメンテナンス作業時の安全性を向上するために、建屋上部にISO 2867に準拠した手すりを標準装備した。また、エンジンカバーの開閉方向をカウンタウェ

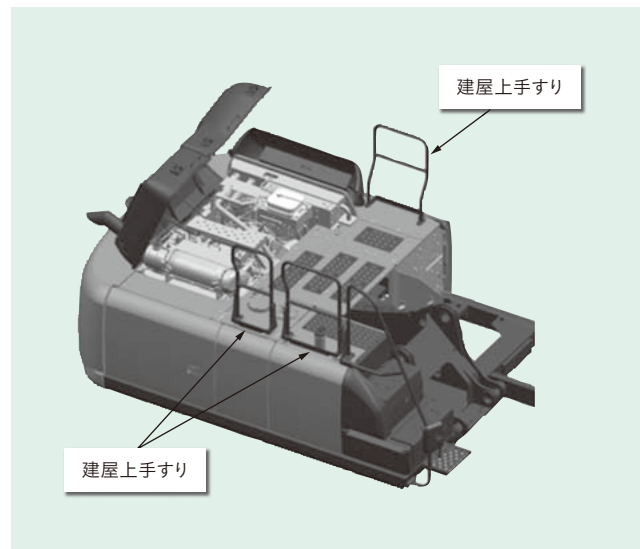


図5 ZAXIS 240-6の建屋上手すりとエンジンカバー構造

建屋上通路に手すりを設置して安全性を向上し、また、エンジンカバーの構造変更によってエンジンおよび周辺部品へのアクセスを容易にした。

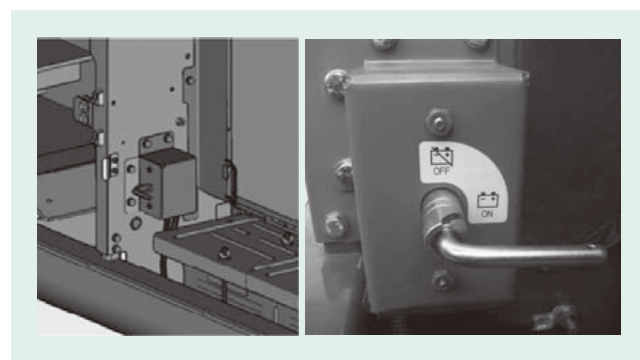


図6 バッテリーディスコネクトスイッチ

ハンドル式のスイッチで容易に供給電源のオン／オフができる。

ト方向とし、カウンタウェイト上でのメンテナンス作業をなくすとともに、後処理装置上のカバーを開閉可能とし、メンテナンス性の向上を図った（図5参照）。

3.2 バッテリーディスコネクトスイッチ

電気回路整備時の安全性を向上させるため、バッテリーディスコネクトスイッチを標準装備した。バッテリーディスコネクトスイッチは、容易に供給電源を遮断することができる（図6参照）。

4. Global e-Serviceの機能向上による 情報化技術の有効利用

新排出ガス規制では、排出ガス規制値を超えるような車体状態になった場合、エンジンの出力を段階的に制限することが求められている。

例えば、尿素水の欠乏状態、尿素SCRシステムのハードウェア的故障または疑似的センサーによる不法改造など、尿素水を噴射することができない状態を故障診断機能によって検出し、エンジンの出力（トルクおよび回転数）

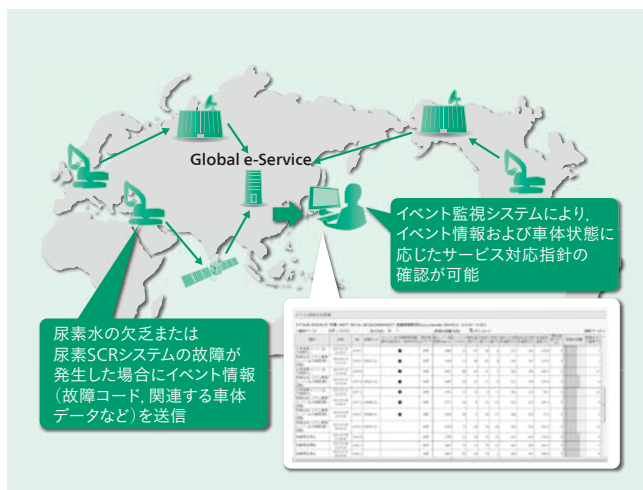


図7 イベント監視システムのイメージ
事務所から全世界のイベント情報を見ることができる。

図8 尿素SCRシステムに対応したイベント監視システム
機械から発生したイベント情報により、尿素SCRシステムの状態を監視することができ、その状態に応じた対処行動を画面上で把握することが可能となった。

を必要最低限のレベルまで段階的に制限しなければならぬ。そのため、エンジン出力制限中は、車体動作が制約され、通常作業ができない状態となる。

そこで、情報化技術の有効利用として、車体状態の監視機能の強化および故障発生時の対応時間の短縮を実現するため、Global e-Serviceの機能向上を図った。

車体状態の監視機能の強化として、尿素SCRシステムに対応したイベント監視システムを構築した(図7、図8参照)。尿素水の欠乏または尿素SCRシステムの故障によってエンジン出力制限が発動した際に、発生原因となっている故障コードおよび関連する車体データをリアルタイムでGlobal e-Serviceのサーバに送信する。

イベント監視システムでは、このサーバデータを利用す

ることで、車体状態のリアルタイム監視を可能とした。また、故障発生時の対応時間短縮のために、発生している故障コードや車体状態に応じた尿素SCRシステム関連のサービス対応指針を確認できるようにした。

5. おわりに

ここでは、ZAXIS-6シリーズの環境対応の新技術と省エネルギー技術、安全性の向上、情報化技術の有効活用について述べた。

ZAXIS-6シリーズは、開発評価の中で国内、海外の顧客による長期稼働評価を実施し、商品性を高めてきた。

今後も、顧客満足度を高めてMade by HITACHIのブランド力を強化し、より多くのユーザーに求められる製品を提供できるように開発を推進していく。

参考文献

- 1) 豊かで快適な社会づくりに貢献する建設機械、日立評論、94、5(2012.5)

執筆者紹介



眞野 英徳
日立建機株式会社 開発本部 商品開発・建設システム事業部
開発設計センタ 所属
現在、中型油圧ショベルの開発・設計に従事



佐藤 謙輔
日立建機株式会社 開発本部 商品開発・建設システム事業部
開発設計センタ 所属
現在、エンジンの開発・設計に従事



小高 克明
日立建機株式会社 開発本部 商品開発・建設システム事業部
開発設計センタ 所属
現在、油圧システムの開発・設計に従事



廣木 武則
日立建機株式会社 開発本部 制御システムセンタ 開発設計部 所属
現在、制御システムの開発・設計に従事