

製品紹介

大型ホイールローダ WA600-6 製品紹介

Introduction of Large Wheel Loader WA600-6

佐藤 吉治
Yoshiharu Sato
佐藤 稔
Minoru Sato
坂東 範仁
Norihito Bandou

安全、環境に配慮し、かつダントツの生産性と経済性を両立させた大型ホイールローダ WA600-6 を開発、市場導入した。その背景と織り込んだ技術内容を解説し製品紹介する。

An environmentally friendly large wheel loader model WA600-6 that achieves both “Dantotsu” productivity and economy has been developed and has been introduced to its market. The background for the product development and technology incorporated in the new product, as well as the product itself, are described.

Key Words: WA600-6, ホイールローダ, EPA 排気ガス 3 次規制, EU 排気ガス 3 次規制, EU 騒音 2 次規制, ダントツ, 低燃費, 車格, モジュラーテッドクラッチ, ロックアップクラッチ

1. はじめに

WA600-3 は 1995 年に市場導入以来、幅広いユーザから高い評価を得てきたが、既にモデルチェンジ後、10 年以上経過し、ユーザニーズの変化や競合機のモデルチェンジにより見直しが必要となってきた。

また 2006 年より日米欧で実施される第 3 次排気ガス規制や EU 騒音 2 次規制などの社会的規制や、地球温暖化防止のための CO₂ 削減などの地球環境保護、人間尊重への対応が求められてきた。

このような背景のもと最新技術を織込み安全、環境に配慮し、かつダントツの生産性と経済性を両立させた WA600-6 を市場導入したのでその概要を紹介する。

2. 開発のねらい

WA600 クラスが積込み対象とする鉱山、碎石現場でのダンプトラック需要は近年、32 トンクラスから 46 トンクラスへ移行してきている。この傾向に対応するため今回



写真 1 WA600-6

のモデルチェンジではバケット容量、積込み高さをアップして車格を大きくすることとした。

またコマツの基本コンセプトである「経済性・安全・環境・IT」を機軸に新技術を織込みセリングポイントとすることを念頭に置き、開発のねらいを表 1 のように設定した。特に燃費に関してはダントツのセリングポイントにすべく、力点をおくこととした。

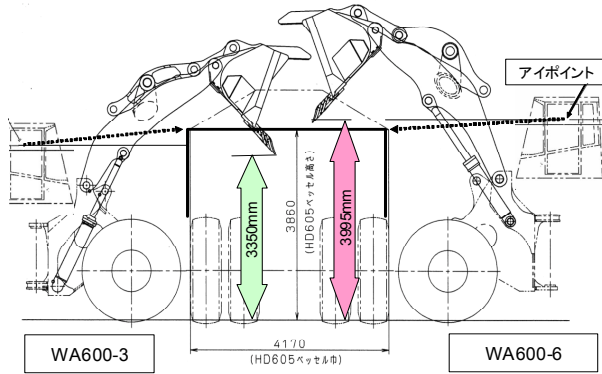
表 1 ねらいと達成手段

| | ねらい | 達成手段 |
|-----|---------------|--|
| 経済性 | 作業量アップ | 車格アップ: 積込み対象ダンプトラック: 32~40トン⇒46~60トン ↳ バケット容量アップ, ダンピングクリアランスアップ |
| | 燃費低減 | 大容量トルクコンバーター+低回転・高トルクエンジン 可変容量ピストンポンプ+CLSS(作業機、ステアリング回路) エンジン出力2モードシステム(Pモード, Eモード) 自動変速点2モードシステム(Hモード, Lモード) ロックアップクラッチトルコン標準装備 |
| 安全 | オペレータの疲労低減 | ステアリング操作 — AJSS(切返し頻度の低減) 作業機操作 — EPCLレバー(ストローク, 操作力の低減) 変速操作 — オートマチックトランスミッション ブレーキ操作 — 左ブレーキ連動モジュラーテッドクラッチ 居住空間 — 低騒音・高気密・大型キャブ |
| | 視界性向上 | ハイマウントキャブ ROPS一体大型キャブ+後面熱線ガラス |
| | キャブへの乗降容易化 | リヤアクセスラダー+ステップライト |
| | 環境 | ecot3エンジン |
| 環境 | 日米欧次期排気ガス規制対応 | 可変容量ファンポンプ+ハイブリッドファン エンジンルーム遮音構造 |
| | EU騒音2次規制対応 | |
| | 有害物質の低減 | アルミラジエータ 燃費低減によるCO ₂ 削減 |
| IT | 故障診断容易化 | EMMS |
| | 予防保全容易化 | VHMS(オプション) |
| | 省エネ運転ガイド | エコインジケータ |

3. 主な特徴

3.1 車格アップ

積込み対象ダンプトラックの需要動向に対応するため、標準のブーム、バケットで60トンクラスのダンプトラックまで積込みできるように車格をアップした。オペレータの視点高さも現行機に対し高くし、積込み時にベッセル内を視認可能とした(図1)。



| 機種 | WA600-6 | | WA600-3 | |
|--------------------------|-----------------|-----------|---------|----------|
| | 3850mmブーム | 3990mmブーム | 標準ブーム | ハイリフトブーム |
| バケット容量 (m ³) | 7.0 | 6.5 | 6.0 | 5.6 |
| バケットの種類 | 山刃 爪、サイドガード付き | | 山刃 爪付き | |
| 常用荷重 (ton) | 12.60 | 11.68 | 10.80 | 10.08 |
| ダンプバケリアス(刃先) (mm) | 3730 | 3995 | 3350 | 3995 |
| ベッセル高さ(mm) | ダンプトラックへの積み込み回数 | | | |
| HD605クラス | — | 5 | — | 6 |
| HD465クラス | 4 | 4~5 | — | 5 |
| HD405クラス | 3 | 4 | — | 4 |
| HD325クラス | 3 | 3 | 3~4 | 4 |

—:ダンプバケリアス不足により積み込み不可

図1 ダンプトラックとのマッチング

3.2 環境との調和

(1) 低燃費

燃費低減手段として次の5つの方策を採用した。

①低回転・高トルクエンジンと大容量トルクコンバータとのマッチングによりエンジンの高燃費効率領域を使用可能とした(図2)。また大容量トルコン採用によりエンジンが低回転でも吸収トルクが大きくなったため、発進時や掘削時などでの余分なアクセルペダル踏み込みが減り、燃費低減に寄与した。

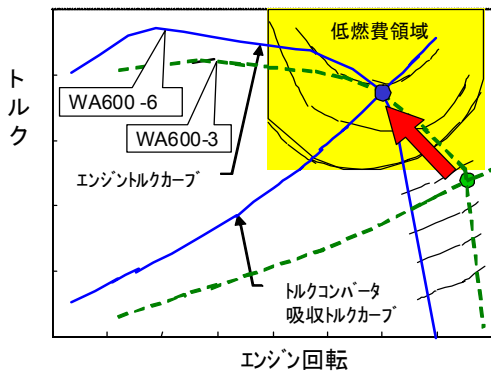


図2 エンジン-トルクコンバータ マッチング

②Hydrau MIND System (ハイドロマインドシステム)

新開発のHydrau MINDシステム(可変容量ピストンポンプ+CLSS(Closed Circuit Load Sensing System))を作業機、ステアリング回路に採用することにより、従来の固定容量ポンプ方式に比べ油圧ロスを大幅に低減した。さらに作業機制御に関してはブーム水平位置以上での流量カットやリリーフカット機能を設け、一層の負荷低減を図った(図3)。

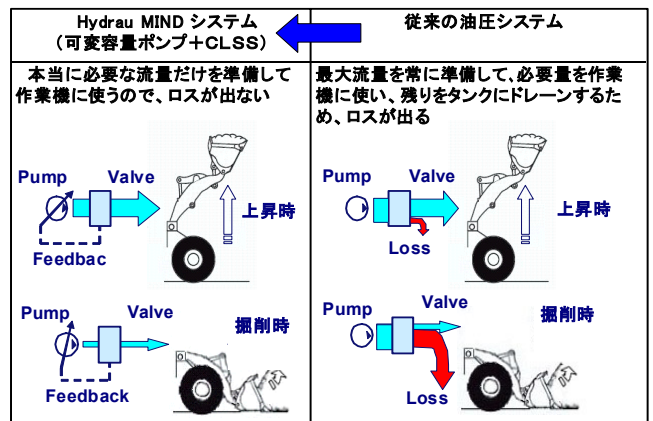


図3 Hydrau MIND と従来の油圧システムの比較

③デュアルモードパワーセレクトシステム

エンジン出力を2つのモード(Pモード、Eモード)から選択できるシステムを採用した。

今回のWA600-6では従来のEモードの概念を変え、大部分の作業においても十分な作業量を確保しつつ、かつ燃費を抑えられるようにチューニングを行った(図4)。このためモード切換えスイッチはモーメンタリタイプを採用し、エンジンの再始動時には常にEモードとなるように設定した。Pモードは生産性を重視したい場合など、必要に応じて選択する、という設定とした。

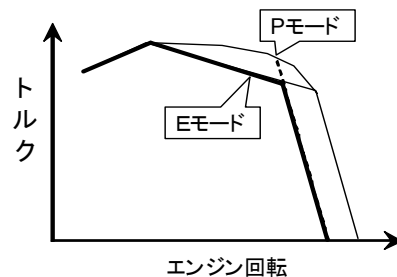


図4 エンジントルクカーブ(P, Eモード)

④トランスミッション自動変速点2モードシステム(Hモード、Lモード)

ロード&キャリア作業や長距離の自走時において、走行路の勾配に合わせて自動変速点を選択できるようにした。平坦路ではLモードを選択することにより、低い車速でのシフトアップが可能となるため、エンジンを低回転に保ち燃費を抑えることができる。

⑤ ロックアップクラッチ付きトルクコンバータ

特に長距離登坂時の燃費を大幅に低減するため標準装備とした。従来のロックアップは設定した最高速度段でしか作動できなかったが、今回はより燃費低減に寄与するように2速からの作動を可能とした（図5）。

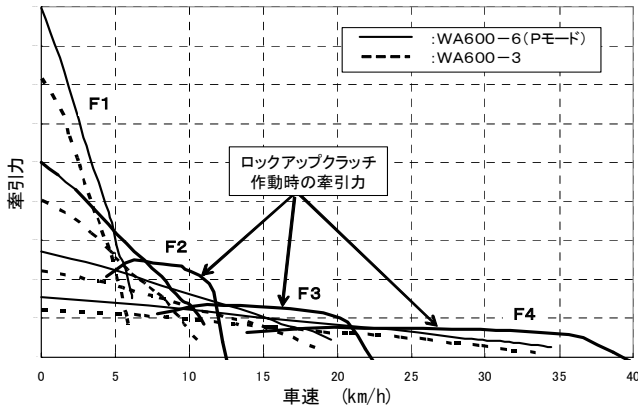


図5 牽引力性能

以上の方策を採用した結果、代表的な作業であるVシェープロードイングでは従来機に対し燃費効率が20%以上向上した（表2）。

表2 従来機との燃費比較結果^{*)}

| 作業内容 | 項目 | WA600-6 | | WA600-3 |
|-------------|------------|---------|------|---------|
| | | Eモード | Pモード | |
| Vシェープロードイング | 燃費効率 ton/L | 127 | 124 | 100 |
| | 燃費 L/h | 89 | 98 | 100 |
| | 作業量 ton/h | 113 | 121 | 100 |

*) 社内テストデータ。3型を100として表示。
実際の作業では条件や内容により異なる。

(2) 低騒音

定格回転の低減（従来機に対し10%減）、エンジンルームの遮蔽、可変容量ファンポンプの採用等により周囲騒音を低減し、EU騒音2次規制に対応した。トレードオフとなるヒートバランス温度の上昇に対しては各種制御による油圧ロスの低減、ハイブリッドファンによる風量アップなどにより対応した。上記対応によりヒートバランス温度を従来機よりも低く抑え、機器の耐熱信頼性を向上することができた。

(3) 排ガス規制

当社の最先端テクノロジーである ecot3 を用いたエンジンを搭載することにより、燃費を悪化することなく第3次排気ガス規制に対応した。主な変更点は下記である。

- ・ 噴射系は、従来の HPI (High Pressure Injection) から、電子制御高圧噴射のコモンレール式に変更し、より自由度の高い燃料噴射を可能とした。
- ・ クールド EGR (Exhaust Gas Recirculation) システム

を搭載し、燃焼温度を低下させて NOx の発生を抑えた。

- ・ 燃焼シミュレーション計算を駆使し、燃焼室形状を従来にない特殊形状に設定した。電子制御された燃焼噴射との組み合わせを最適化することによりエミッションの低減、低燃費を実現した。

3.3 居住性・操作性

(1) オペレータ耳元騒音の低減

キャブのビスカスマウントや油圧配管、油圧バルブのラバーマウントに加え、ハーネス、配管などのフロア通過部のシール性改善、窓開閉構造の変更などによりキャブの遮音性、気密性の向上を図り、オペレータ耳元騒音を低減した。従来機に対し 6dB (A) の低減を達成している。

(2) 全段電子モジュレーション式オートマチックトランスミッションの採用

頻繁な前後進と変速操作に対してもショック、タイムラグが少なく長時間の運転でも疲れないように全段電子モジュレーション式オートマチックトランスミッションを採用した。クラッチディスクの摩耗などによるモジュレーション特性の経時変化を防止するため、クラッチのピストン室充満時間を一定に保つ学習制御機能を有している。

(3) 調整機構付き大型アームレストの採用

ホイールローダは車両全体が移動しながら作業し、また車速も速いという特性から、オペレータの疲労度合いは高く、特に長時間作業する機会の多い大型クラスのオペレータシート回りへの改善要望は強い。

これらのユーザ要望に応えるべくエアサスペンション式大型シートに加え、前後、高さ、角度を任意に調整可能な調整機構付き大型アームレストを採用した（図6）。

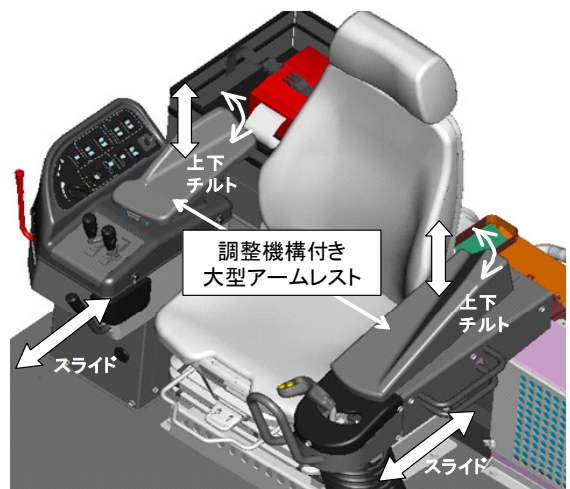


図6 調整機構付き大型アームレスト

(4) 左ブレーキ連動モジュレートッドクラッチ

モジュレートッドクラッチは既に WA1200-3 にて牽引力制御や車速制御用として採用している実績があるが、今回はさらに左ブレーキペダルと連動してインチャング操作を可能とする機構を採用した。本機構により従来のトランスミッションカットオフ方式に比べてダンプトラックへのアプローチ時の車速調整が容易となり、効率の良い作業が可能となった (図7)。

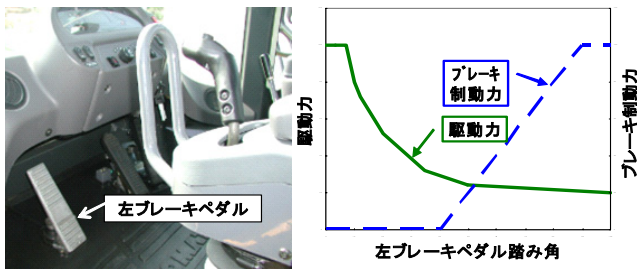


図7 左ブレーキペダル操作時の駆動力とブレーキ制動力の関係

(5) EPC (Electric Pilot Control) 作業機レバー

従来の PPC 作業機レバーに対し操作力を 60%、ストロークを 75% に低減し、長時間作業での疲労軽減を図った。また、電子制御による下記機能により一層、作業の容易化を可能とした (図8)。

① リモートブームポジション機能

キャブ内よりブーム高さの上限、下限位置を任意に設定できるため、位置合わせの手間がかからない。

② リモートバケット角度ポジション機能

キャブ内よりモニタ上で掘削時のバケット角度を約 ±5° の範囲で固定できるため、対象物に応じてバケット角度を最適に設定できる (図8)。

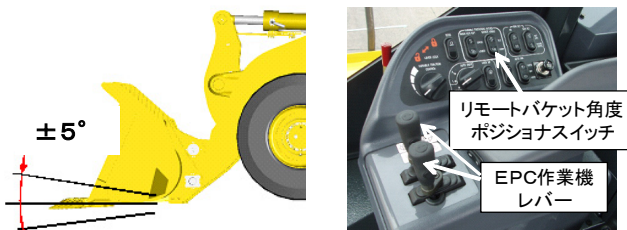


図8 EPCレバー、リモートバケットポジション

③ セミオート掘削機能 (オプション)

バケットの掘削操作が自動的にできるため、ブームレバーとバケットレバーの同時操作が不要となり、未熟練のオペレータでも掘削時の作業機操作が容易にできる。対象物によりバケットの操作パターンをルーズマテリアル用の「ルーズ」と爆落石用の「ロック」の2種類から選択可能とした。

(6) AJSS (Advanced Joystick Steering System)

AJSS は従来の速度制御型の電気式ジョイスティックに対し、ステアリングホイール式と同様の位置制御型であるため、操作頻度が低く違和感のない操作を可能としている (図9)。本方式は従来 WA700 以上の超大形ローダで採用され、長時間作業での疲労低減に大きく寄与し高く評価されている。WA600-6 ではさらに直進性改善や切り返し時のショック低減などのチューニングを実施し、一段と操作性を向上させた。またジョイスティックレバーは従来型に対し、前後進スイッチ操作部への凹み追加や握り部の径アップなど、より手にフィットする形状に変更した (写真2)。

(一部地域はオプション)



写真2 AJSSレバー

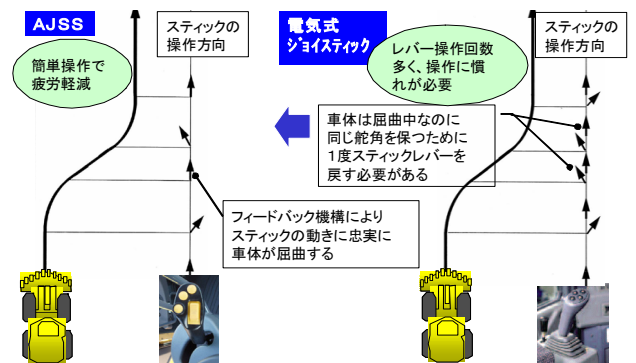


図9 AJSS と電気式ジョイスティックの比較

3.4 安全性の向上

(1) 大型 ROPS キャブの採用

大柄のオペレータでも楽に運転できる居住空間を確保するため、従来のキャブより面積で 16% 大きい大型 ROPS キャブを採用した。前面は上方視界、下方視界を確保できるように従来機に対しガラス面積を大きく取った。

後面には熱線ガラスを採用し、ガラス表面の曇りや霜を容易に除去できるようにし、後方視界性の向上を図った。

(2) リヤアクセスラダーの採用

キャブへの乗降を安全、容易とするためリヤアクセスラダーを採用した。夜間の乗降時の安全確保のためキャブ上部にステップライトを設置した (写真3)。



写真3 リアアクセスラダー

3.5 IT 織込み

(1) EMMS (Equipment Management Monitoring System) の採用

モニタパネルには、故障診断機能およびメンテナンス管理機能を持たせ、故障が発生した時の故障コードや機械のメンテナンス状況をメインモニタの中央下部に設けたキャラクタディスプレイに必要に応じて表示できるようにした。

また水温計やトルコン油温計などのゲージ類は大型機では、より視認性が求められるため従来型に対しデザインを変更した。さらにアクセルペダルの踏み込み加減に応じて緑色のランプが点灯するエコインジケータをモニタパネル内に配置した (写真4)。

また VHMS 搭載時には本エコインジケータの作動頻度



写真4 エコインジケータ

と燃費データをセットで管理者に提示し、オペレータの方々の運転指導に利用できるようにした。

(2) VHMS の装備 (オプション)

予防保全に有効な VHMS (Vehicle Health Monitoring System) を準備し故障診断、車両管理の容易化を可能とした。VHMS コントローラは車両の主要コンポーネントを制御している各コントローラをリアルタイムで集中管理しており、これらのデータをパソコンにダウンロードし、継続的にフォローすることにより、車両故障などに対する予防保全処置が可能となる。さらに衛星通信機能装着の場合には WebCARE により、車両情報がリアルタイムで入手可能となる。

3.6 信頼性、耐久性の向上

(1) 作業機ブシュ

ブシュ摺動部の油膜形成を確実にするため、WA700 以上の超大型ローダで実績のある浸炭多条溝ブシュを必要な箇所に採用した。またオートグリース (オプション) 用にはバケットヒンジ部にオイル封入ピンを採用し、信頼性向上とメンテナンスフリー化を図った。

(2) バリアブルトラクションコントロールシステム

右コンソール内のダイヤルを調整することにより、モジュレーテッドクラッチの滑り率を変化させ、1 速時の最大牽引力を 20%~100% の間で任意に設定可能とした (図10)。特に路面が滑りやすい現場では、本機能により予め最大牽引力を抑えておくことにより、スリップによるタイヤカットを防止することができる。

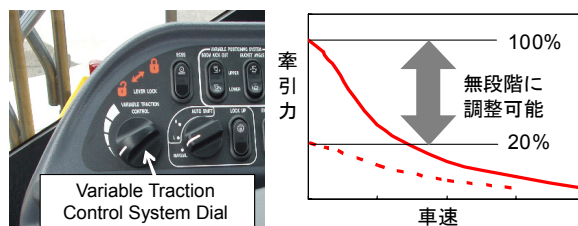


図10 バリアブルトラクションコントロール

(3) バケット大型タイヤガード

掘削時の転石乗り上げによるタイヤカットを防止するため、バケットのタイヤガードを大型化した (図11)。

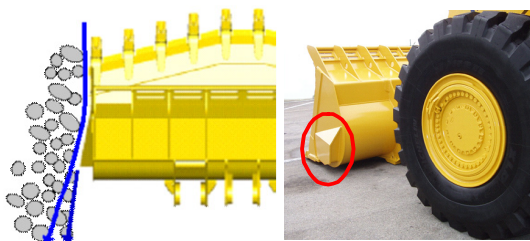


図11 バケット大型タイヤガード

3.7 整備性の向上

(1) モジュール式ラジエータコア

ラジエータコアをモジュール式に分割し、コア修復時にはラジエータガードを外さずに、必要な部分のみを取り出せるように整備性を向上した (図12)。

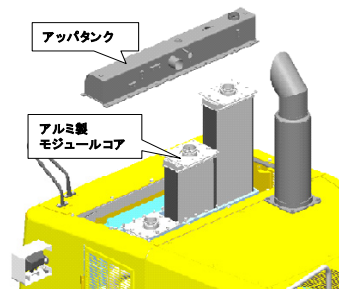


図12 モジュール式ラジエータコア

(2) 油圧駆動ファン

逆転ファン機能を用いて定期的にラジエータコアに詰まった異物を吹き飛ばせるようにした。また整備時などにコアを内側からも高圧洗浄できるように、油圧駆動ファンのマウントブラケットはスイング式として、ファンネットを外せば容易にコアの清掃ができる構造とした。

4. おわりに

今回の開発では作業量を落とさず、燃費をいかに低減するかという点や、オペレータの方にとっての運転環境をいかに快適に保つかという点に特に苦労した。WA600-6は既に海外の市場から順次導入されているが、幸いユーザからはこれらに対し高い評価をいただいております。苦労が報われたと感じている。

今後、市場導入をスムーズに行うため、市場からの情報に対しては迅速かつ丁寧に対応しフォローしていきたい。

筆者紹介



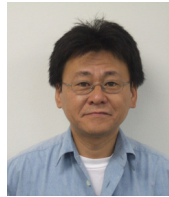
Yoshiharu Sato

佐藤 吉治 1983年、コマツ入社。
現在、開発本部 建機第二開発センター所属。



Minoru Sato

佐藤 稔 1973年、コマツ入社。
現在、開発本部 建機第二開発センター所属。



Norihito Bandou

坂東 範仁 1984年、コマツ入社。
現在、開発本部 建機第二開発センター所属。

【筆者からのひと言】

当社はエンジン、パワートレイン、油機、コントローラなど主要コンポーネントを内製していますが、今回のフルモデルチェンジではその強みを改めて実感しました。ハードルの高い品質目標を設定しましたが、一丸となって開発に取り組んだ結果、何とかクリアすることができました。