

製品紹介

油圧駆動式フォークリフト FH60-1/FH70-1/FH80-1 製品紹介
Hydro Static Transmission Forklift Models FH60-1, FH70-1, and FH80-1

山本 宏
Hiroshi Yamamoto
新橋 毅仁
Takehito Shinbashi
高原 哲
Satoshi Takahara

当社のフォークリフトで初めて電子制御 Hydro Static Transmission および 可変容量ポンプ・Closed-center Load Sensing System を搭載し市場導入した 3.5-5t クラスエンジン式フォークリフト FH シリーズ FH35/40/45/50-1 の上位機種への系列拡大を目的として、6-8t クラス FH60/70/80-1 を開発、市場導入した。新型油圧駆動式フォークリフトの特徴を有しつつ、性能、機能を現行機から大幅に向上した本機種の内容を紹介する。

The 6-8 ton class engine-powered forklift trucks, FH60-1, FH70-1, and FH80-1, have been developed and introduced into the market as larger capacity trucks of the FH series. Previous models FH35-1, FH40-1, FH 45-1, and FH 50-1 are Komatsu's first forklift trucks that are equipped with an electronically controlled hydrostatic transmission and a closed-center load sensing system with a variable pump. Based on Komatsu's hydraulic technologies, the FH60-1, FH70-1, and FH80-1 have been greatly improved over the existing models. This paper describes the new technologies introduced in the new FH60-1, FH70-1, and FH80-1 models.

Key Words: フォークリフト, 電子制御ハイドロスタティックトランスミッション, クローズドセンタロードセンシングシステム, マルチモニタ, KOMTRAX, 低燃費, 環境, 安全, ICT

1. はじめに

近年、世界的な環境意識の高まりや原油高騰などにより、産業車両にも、低燃費、環境負荷低減のニーズが急速に高まっており、これに対応すべく、電子制御 Hydro Static Transmission を採用した中型フォークリフトの開発に着手し、2012年7月に4-5tクラスエンジン式フォークリフト FH40/45/50-1 を市場導入。(2013年6月 FH35-1 機種追加) FH35/40/45/50-1 は、大幅な燃費改善と操作性向上により市場にて極めて高い評価を頂いている。

「FH シリーズ」の上位機種への系列拡大を目的に 6-8t クラスを開発、電子制御 Hydro Static Transmission の市場評価をもとにさらに、操作性を進化させた FH60/70/80-1 を市場導入したので、その概要を紹介する。(図 1, 表 1)



図 1 FH80-1 外観写真

表1 主要スペック

項目		単位	開発機 FH80-1	現行機 FD80-10
性能・ 寸法	最大荷重	kg	8000	8000
	荷重中心	mm	600	600
	最高車速	km/h	23.5	31
	ホイールベース	mm	2300	2300
	トレッド 前輪/後輪	mm	1540/1640	1540/1640
エンジン	車両質量	kg	11280	10910
	製造メーカー	-	コマツ	コマツ
	型式名称	-	SAA4D95LE-6	SAA4D95LE-5
	気筒数/総排気量	-/cc	4/3260	4/3260
	定格出力ネット	kW/rpm	63.9/2150	69.0/2250
燃料タンク容量	L	177	140	
情報	ICT	-	KOMTRAX	-
燃費	社内規定Aコース (現行機比)	-	70	100

2. 開発のねらいと達成手段

- (1) 排ガス規制対応
 - ・ 日本の2011年基準の排ガス規制 (Tier4 Interim) 対応
- (2) 最大30%の大幅燃費低減(対現行機FD80-10)
 - ・ 電子制御 Hydro Static Transmission により、動力伝達ロスの低減
 - ・ 荷の重量にあわせてエンジン出力を制御し高負荷作業での低燃費化を実現
 - ・ Closed-center Load Sensing System +可変ポンプにより作業機と走行同時操作時の油圧ロスの低減
- (3) 操作性と作業性の向上
 - ・ 電子制御 Hydro Static Transmission の採用による走行操作性の向上
 - ・ クリープレス・坂道発進・スイッチバック時の作業性の向上
 - ・ 港湾作業・コンテナ荷役作業時の微速走行性の向上 (※)
 - ・ 作業機コントロールの Proportional Pressure Control 化による操作力の低減 (※)
 - ・ オペシートの改良によるホールド性向上 (※)
- (4) 安全性の向上
 - ・ 車速制限機能を標準装備
 - ・ シートベルト未着用コーション表示機能追加 (※)
- (5) ICT
 - ・ カラー液晶のマルチモニタ搭載による視認性向上及び多機能化 (※)

- ・ FHシリーズから標準装備の「KOMTRAX」の機能向上 (※)

(※):FH60/70/80-1にて新たに搭載

3. 主要コンポーネント

「FHシリーズ」の特徴を踏襲し、走行駆動系および作業機系において、ホイールローダやブルドーザで実績のある独自の油圧システム「電子制御 Hydro Static Transmission」・「可変ポンプ・Closed-center Load Sensing System」を搭載した。

エンジンは、従来のコモンレール電子制御に加え Diesel Oxidation Catalyst や Variable Flow Turbocharger を搭載し Tier4 Interim に対応している。(図2, 図3)

主要コンポーネントは FH35/40/45/50-1 同様、自社開発、自社生産しており、建設機械で培った技術を活かし信頼性・生産性を高めている。

Closed-center Load Sensing System

+
可変ポンプ

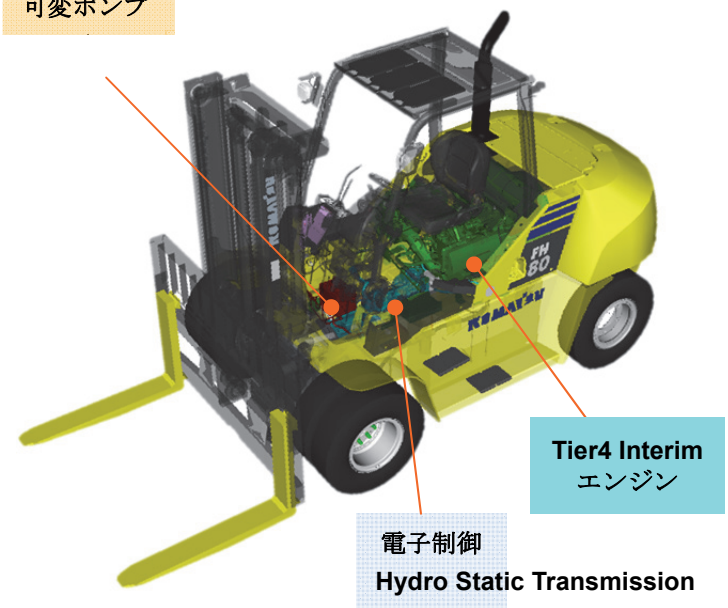


図2 FH80-1 全体図

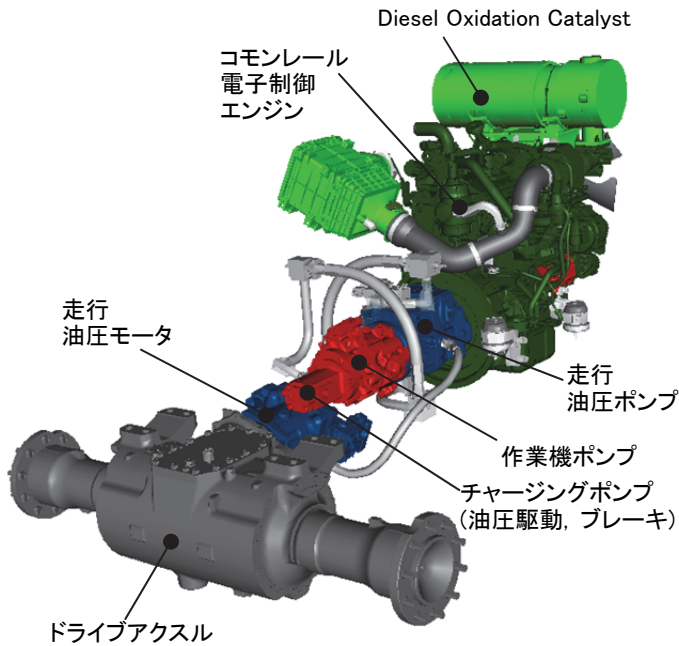


図3 主要コンポーネント

4. システムの概要

4.1 FH60/70/80のシステム構成

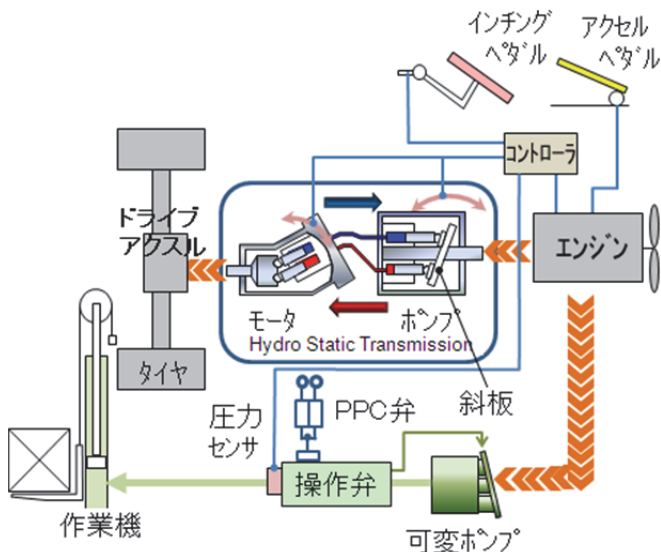


図4 電子制御 Hydro Static Transmission 車システム構成図

FH60/70/80-1 の電子制御 Hydro Static Transmission 搭載車のシステムの構成を図4に示す。FH60/70/80-1 も FH35/40/45/50-1 同様のシステムを構成している。

エンジンでポンプを回転し発生させた油圧を、モータでふたたび回転力に変換する。ピストンに接する斜板の角度を変え、ピストンのストロークを変化させることによって、連続的に作動油の流量を増減させ速度の調節を

行う。斜板の角度によって正転、停止、逆転まで無段変速で制御することが出来る。斜板を中立にするとピストンのストロークが停止し、ブレーキをかけることと同じ効果を生む。

インチングペダルとアクセルペダルからは、電子信号がコントローラに入力され、決められた条件に応じてコントローラはポンプとモータへの EPC 電流を出力し、ポンプ容量、モータ容量がオペレータの意志に合わせて決められる。

また、作業機の油圧システムにも、可変ポンプが用いられ、操作弁からの信号により必要な油量だけ供給している。

5. 燃費低減

5.1 フォークリフトの使い方

フォークリフトは狭い場所で稼働することが多く、加速・停止（前後進の切り替え）及び荷役・走行同時操作の頻度が多い。特に高負荷・高稼働な現場（例:再生資源取扱い業）になるほどこのような使い方が顕著になり、また燃料消費量も多くなることから燃費低減に対するユーザの関心も大きい。この様な燃費低減によるユーザメリットが大きな作業現場を考慮し、以下の様な燃費低減技術を織り込んだ。

再生資源取扱い業（古紙）



図5 フォークリフトの高負荷作業例

5.2 燃費低減技術

① 発熱ロス・滑りロスの低減

T/C 車の、荷役・走行同時操作では、インチングペダルでクラッチの滑りを調整し、速度をコントロールするため、クラッチの滑りロスや発熱ロスが発生する。

一方油圧駆動車では、クラッチを滑らせる代わりにポンプ斜板の角度を変え、油量を減らすことによって、車速をコントロールするので、発熱ロスや滑りロスが発生しない分、燃費低減になる。

② 低車速域で高効率

フォークリフトに一般的に使用されているトルクコンバータ（3要素1段2相式）では、フリーホイールにより

高速域での効率は高いが、低車速領域では攪拌ロスが大きく油圧駆動より効率が悪い。(図6)

そのため油圧駆動車は走行の加速性が良くなるが、その分エンジン吹き上がりを抑えるようコントロールし、走行性能を変えずに、加速時の燃費を低減させている。

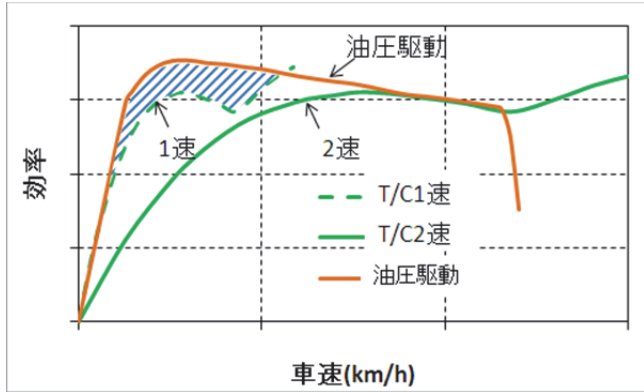


図6 走行効率

③ エンジン出力最適化

前記①, ②により、作業性をほとんど損なうことなく、従来形T/C車よりエンジン最大出力を約8%低減することができ、燃費低減となった。

④ 低速マッチング

一般的に、エンジン定格回転速度付近の燃料消費率よりも、最大トルクが得られるエンジン回転速度付近の燃料消費率の方が小さい。

エンジンに対する油圧ポンプの吸収トルクのマッチング点を、トルクコンバータの吸収トルクより最大トルク付近に設定した。これにより、加速時に燃料消費率の小さい範囲を極力長く使うことができるようになり燃費低減につなげた。(図7 ④)

⑤ 無負荷時エンジントルクカーブ切り換え

フォークリフトは、積荷を持っている時(負荷時)と、持っていない時(無負荷時)の車体重量の差が大きいためFH35/40/45/50-1では無負荷時の無駄な加速を抑える目的で積荷の重量をセンサで検知し、積荷が軽い時はエンジン出力を抑制することで燃費低減を図っている。FH60/70/80-1はこれを更に発展させ、負荷に応じて無段階にエンジン出力を制御抑制することにより一層の燃費低減を達成した。(図7 ⑤)

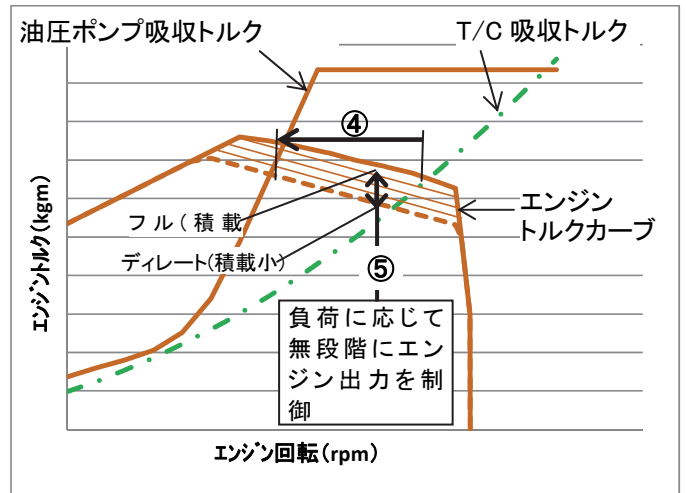


図7 エンジンとのマッチング線図

⑥ Closed-center Load Sensing System + 可変ポンプシステム

一般的なフォークリフトの作業機油圧システムには、主にギヤポンプ(固定容量)を用いたシステムのため、必要以上の油量を供給し、ロスが多くなっていた。

FH60/70/80-1はFH35/40/45/50-1と同様 Closed-center Load Sensing System+可変ポンプシステムを採用し、作業機を動かす時、ポンプ吐出圧と各作業機の負荷圧の差圧が一定になる様に制御することによって、必要な油量だけ供給するので、油圧ロスが少ない。(図8)

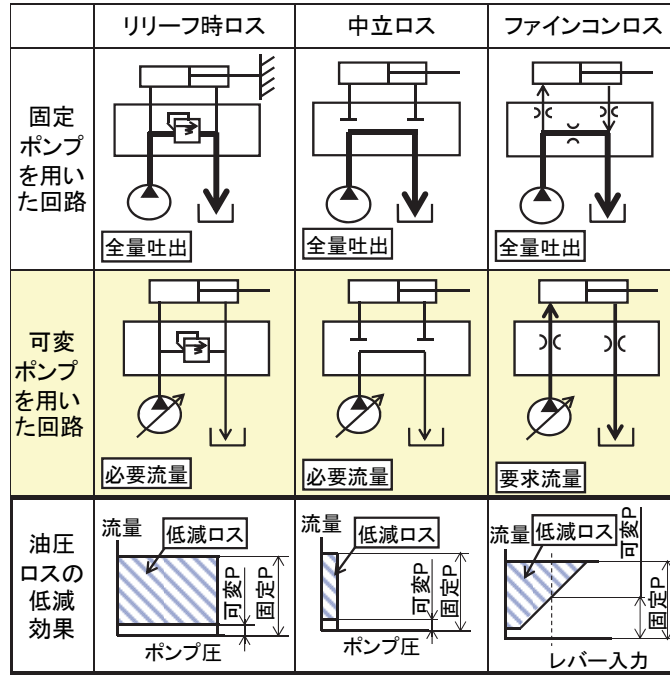


図8 作業機油圧ロスの低減効果

6. 成果

6.1 燃費低減

図9は、社内規定コース別の燃費低減効果である。

トラックへの積み込み作業を想定した短い距離でスイッチバックが多い高負荷コース(Aコース)だけでなく、低～中負荷コース(Bコース)でも大幅な燃費改善効果が得られた。(最大約30%)

図10は、高負荷コース(Aコース)でのエンジン回転とトルクの頻度分布を表している。円が大きいほど頻度が高いことを示している。従来車に対し、大きな円が、燃料消費量の小さい側へ移動していることがわかる。特に、加速時のエンジン回転速度の変化が少なく、燃費消費量の小さい範囲を長く使うことができ、狙い通りの結果を得ることができた。

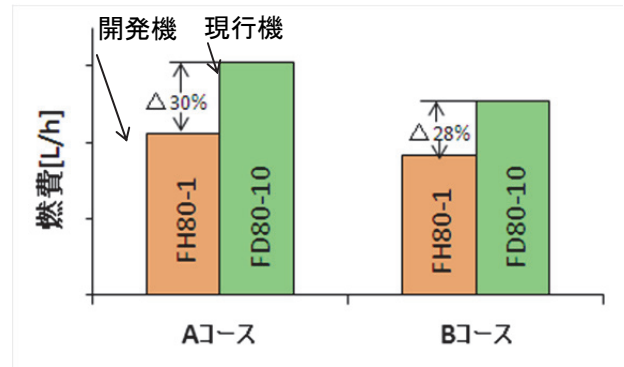
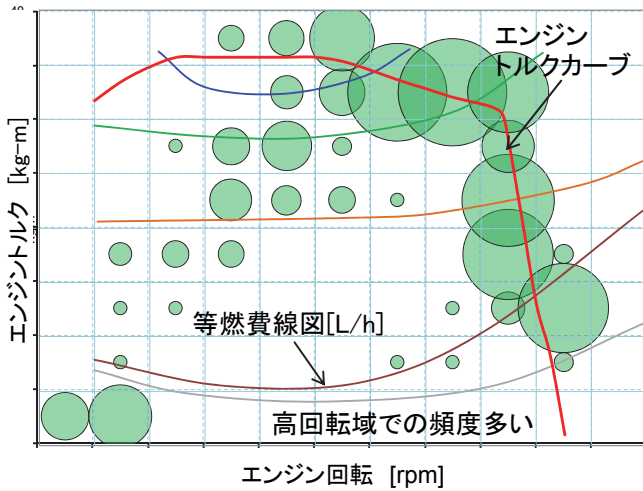


図9 社内規定コースでの燃費比較

FD80-10 (トルコン車) 現行機



FH80-1 (Hydro Static Transmission車) 開発機

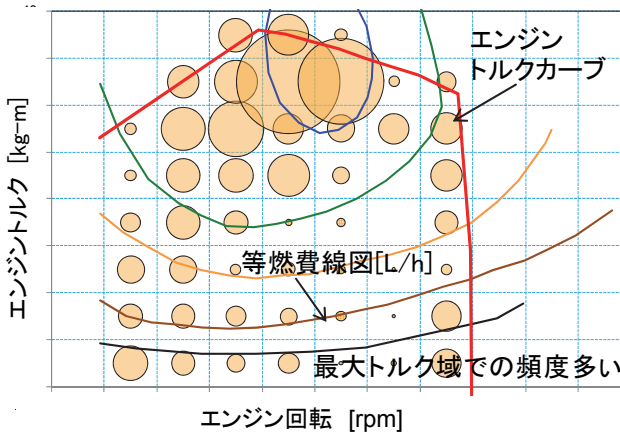


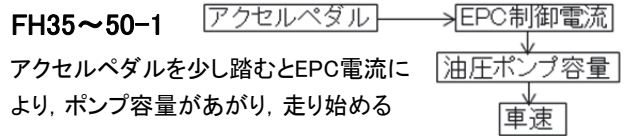
図 10 高負荷コースでの頻度分布と燃費マップ

6.2 操作性と作業性の向上

FH35/40/45/50-1 は電子制御 Hydro Static Transmission により切替え時の斜板を連続的にコントロールし、ブレーキ操作で一旦停止せずにアクセル ON のままでもショック無く前後進の切替えができること、その特徴でもある斜板中立時のブレーキにより、坂道でのずり下がりも少なくオペレータの疲労が軽減されることを織込み、紙業ユーザを中心に市場でも高い評価を得た。FH60/70/80-1 においても、同様なユーザが多く、好評価が期待できる。

港湾関連のユーザでは、コンテナへの搭載性向上のため 0~0.5km/h 程度での微速走行での操作性向上の要望があり FH60/70/80-1 では低速域でのアクセル・インチング制御の改善を開発に織込んだ。(図 11)

FH35~50-1



FH35/40/45/50-1 は、微速発進時、車両の応答遅れが発生し車両の動き出しが遅いため、アクセルペダルの踏込量が大きくなり、初速の飛出しが大きくなる傾向があった。これに対し FH60/70/80-1 では低速域にフィードバック制御を入れることにより、車両の応答遅れが小さく、より低速域での発進・低速走行性を向上することができた。

FH60/70/80-1 [微速域のみフィードバック制御を追加]

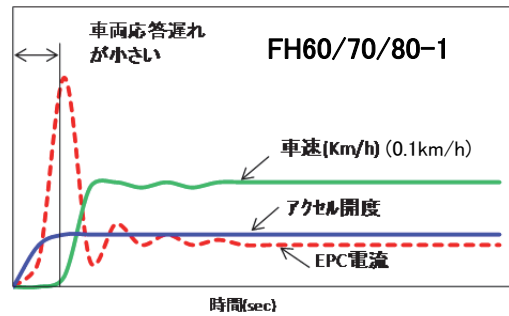
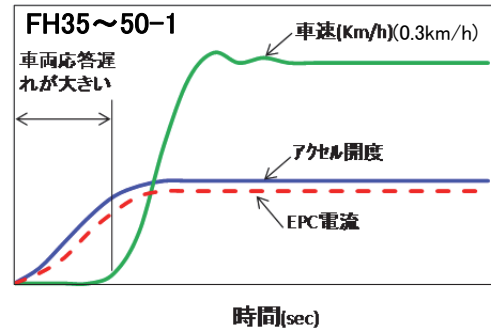
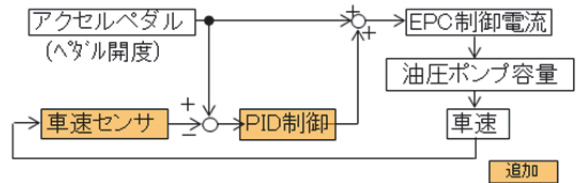


図 11 低車速域での制御

その他

- ・ 低車速域でのアクセルオフ時の減速度を強め、アクセルのみで止まれるように変更
- ・ 微速走行の同時操作 (アクセルとインチング同時踏込) 時

油圧駆動力を残し、メカブレーキで滑らかに止まれる。などの改善を織込むことで、微速発進から停止までの調整が可能となり、特に、港湾でのコンテナ荷積み作業などで微速での操作性が大幅に向上した。

また、従来のオペシートはヒップサポートであるため、大柄のオペレータには窮屈さを感じる場合が多く見られた。FH60/70/80-1 ではこのオペシートをホールド感の良いウエストサポートに変更し、かつ座面幅を拡大したことにより、大柄オペレータでも快適に着座できるものに改良した。



図 12 新型オペシート

6.3 安全性

車速制限機能を標準装備し、狭い場所での作業時の速度抑制や、工場内で決められた制限速度に対し 4 段階で最高速度を設定できるようにした。

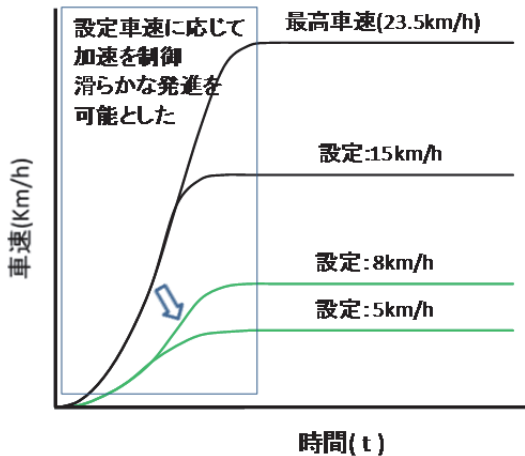


図 13 4段階最高速度設定

また、オペレータへのシートベルト未装着に対する注意喚起のためシートベルトスイッチを追加し安全性の向上に努めた。

6.4 ICT (Information and Communication Technology)

FH60/70/80-1 では 3.5 インチカラー液晶マルチモニタを搭載し、車両情報の視認性を大幅に向上した。(図 14) また、従来機ではオプションであった車速計や荷重計を標準装備するなどの機能向上も織込んでいる。

FH35/40/45/50-1 にて「KOMTRAX」をフォークリフトとして初めて標準搭載したことにより、位置や稼働状況、燃料消費量などの情報の「見える化」を実現、FH60/70/80-1 では更に進化した「KOMTRAX」を搭載した。これによ

り実稼働時間とその期間の燃費、今回オプションで設定した ID キーを活用したオペレータ識別化など、より以上にきめ細かくサポートできる様になった。

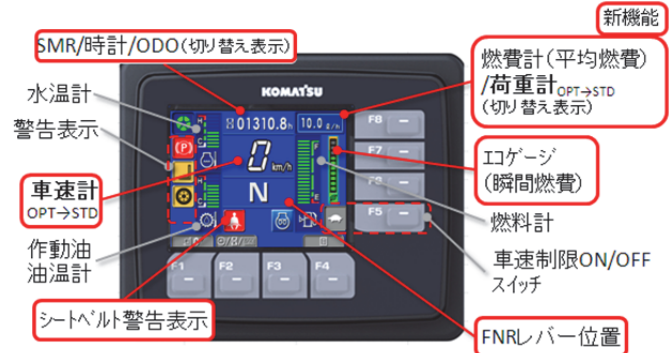


図 14 カラー液晶マルチモニタ

7. おわりに

電子制御 Hydro Static Transmission, Closed-center Load Sensing System を搭載しコマツの「ダントツ商品」となった FH35/40/45/50-1 の 6-8t クラスへの系列拡大を目的としつつ、様々な新機能を織込み更に進化させた形で FH60/70/80-1 の製品化を実現した。今後も「FH シリーズ」としての進化と成長を継続させて市場ニーズに合致した魅力ある製品を出していきたい。

筆者紹介



Hiroshi Yamamoto

やまもと ひろし
山本 宏 1984年、コマツ入社

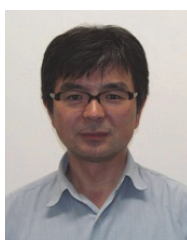
現在、開発本部ユーティリティ開発センタ
所属



Takehito Shinbashi

しんばし たけひと
新橋 毅仁 1998年、コマツ入社

現在、開発本部ユーティリティ開発センタ
所属



Satoshi Takahara

たか はら さとし
高原 哲 1991年、コマツ入社

現在、開発本部ユーティリティ開発セン
タ所属

【筆者からひと言】

他開発センタ、工場関連部門、試験センタとの緊密な連携により、市場にて高い評価を頂いている FH35/40/45/50-1 の特長を更に進化させ、より完成度の高いフォークリフトを開発することができた。

また、3.5～5ton 車も本文で紹介した特長を同様に織込み Tier4 Final 対応の FH35/40/45/50-2 を同時期に市場導入することとなった。

FH60/70/80-1 と合わせこれらの7機種でフォークリフトの拡販とユーザ満足度に更に寄与できれば幸いである。