

油圧駆動式フォークリフトの開発

FH40-1/FH45-1/FH50-1

山本 弘 幸・原田 康 男・平 岩 秀 幸

フォークリフトは、荷役運搬車両として工場や倉庫、貨物駅・港湾、建築現場などで幅広く使われている。工場、倉庫などの構内においては稼働現場が制限されることがあり、狭い場所での、加速・停止及び荷役・走行同時操作の頻度が多く、おのずと燃料消費量が多くなるため、燃費低減に対する市場ニーズが高い。

今回市場導入した新型油圧駆動式フォークリフト「FHシリーズ」（以下「本シリーズ」という）（写真-1）では、従来型フォークリフトの走行駆動に使用されている T/C（Torque Converter）+ T/M（Transmission）にかえて、電子制御 HST（Hydrostatic Transmission）を採用し、低燃費と環境負荷低減を実現した。本稿では燃費低減技術について紹介する。

キーワード：フォークリフト、油圧駆動、可変ポンプ、低燃費

1. はじめに

近年、世界的な環境意識の高まりや原油価格高騰などにより、産業車両や建設機械にも、低燃費と環境負荷低減のニーズが急速に高まってきた。フォークリフトの開発・製造においても、上記への対応が重要な要素となっている。

本機は走行にトルコン車と同じ運転フィーリングを実現し、内部クラッチの滑りによるメカニカルな摩擦が発生せず伝達ロスが少ない独自の電子制御 HST（Hydro-Static Transmission）を用い、作業機系には、必要な適正油量だけを供給する可変ポンプ+ CLSS（Closed-center Load Sensing System）を搭載した。

また荷を持っていない時（無負荷時）はエンジン出力を抑制し、加速時に燃料消費率の良い部分を極力長

く使うなどフォークリフトの使い方に合わせてエンジン制御を行うことで、特に高負荷作業に特化した燃費低減を実現した。

2. 主要コンポーネント

走行駆動系にホイールローダやブルドーザで実績のある油圧システム「電子制御 HST」、作業機系に油圧シヨベルでも採用している「可変ポンプ・CLSS」を搭載するとともに、コモンレールディーゼルエンジン制御により、低燃費と環境負荷の低減、さらに操作性の向上を実現した（図-1）。



写真-1 FH50-1

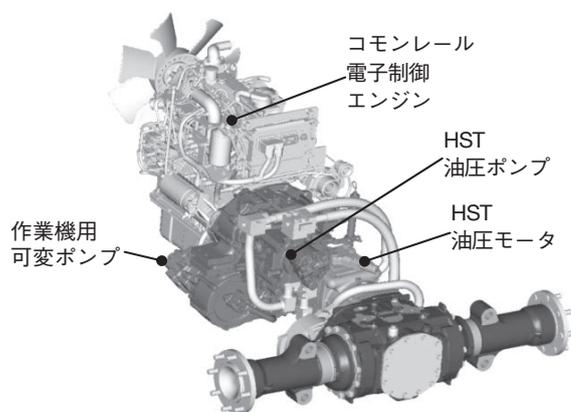
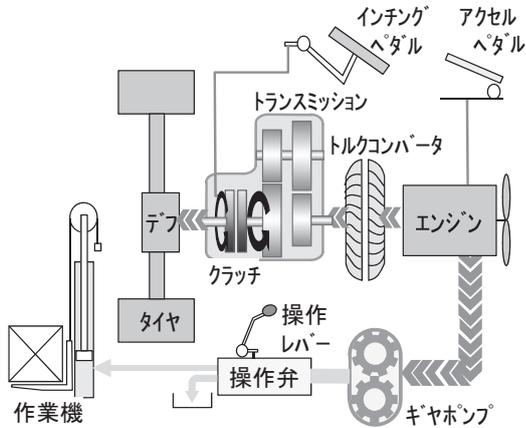


図-1 主要コンポーネント

3. システムの概要

(1) 従来車（トルクコンバータ T/C 搭載車）

一般的な従来の T/C 車のシステム構成を図—2 に示す。



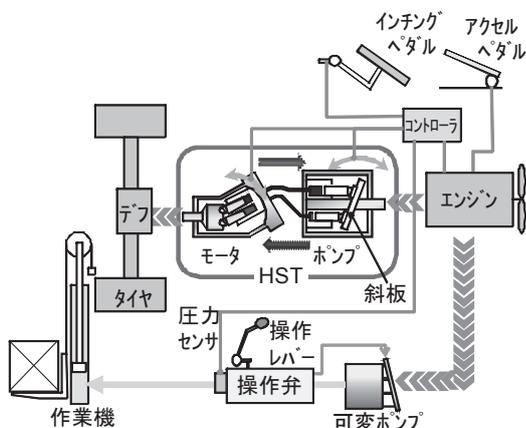
図—2 一般的な従来車（T/C 車）システム構成図

トランスミッションの出力軸には、クラッチが付き、インテグペダルを踏むと、動力が切断される。作業機を速く動かしたまま、ゆっくりと前進したい場合（荷役・走行同時操作）は、アクセルペダルを踏みこみ、エンジン回転を上げ、インテグペダルでクラッチの滑りを調整し、走行速度をコントロールする。

また一般的に、作業機の油圧システムにはギヤポンプが用いられるが、固定容量の為に作業機の動作とは関係なく、エンジン回転に応じた油量を供給する。

(2) 「本シリーズ」（HST 搭載車）

「本シリーズ」HST 搭載車のシステム構成を図—3 に示す。



図—3 HST 車システム構成図

HST 車は、エンジンでポンプを回転し発生させた油圧を、モータで再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、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できる。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。

インテグペダルを踏み込むと、HST ポンプ斜板が中立になり、車両は停止する。作業機を速く動かしたまま、ゆっくりと前進したい場合（荷役・走行同時操作）は、アクセルペダルを踏みこみ、エンジン回転を上げ、インテグペダルでコントローラからのHST ポンプ容量制御信号を変化させ、斜板の角度（油量）を調整し、走行速度をコントロールする。

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。

4. 燃費低減技術

(1) フォークリフトの使われ方

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・高稼働な現場になるほどこのような使われ方が顕著になり、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。このよう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込みながら開発を進めていった。

(2) 燃費低減技術

(a) HST による発熱ロス・滑りロス低減

T/C 車の、荷役・走行同時操作では、インテ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（図—2）。

一方 HST 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、油量を調整することによって、車速をコントロールするので、クラッチの発熱ロスや滑りロスを発生しない分、燃費低減になる（図—3）。

(b) 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車速領域での効率は高いが、低車速領域では攪拌ロスが大きく HST より効率が悪い（図—4）。

そのため HST 車は走行の加速性が良くなるが、その分エンジン吹け上りを抑えるようコントロール

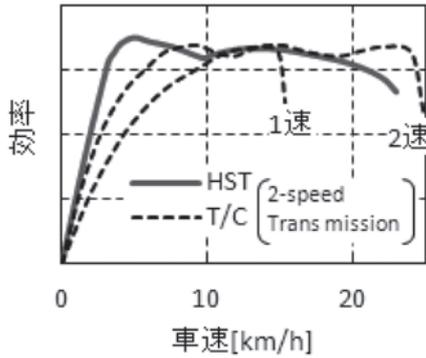


図-4 走行効率

し、走行性能を変えずに、加速時の燃費を低減させている。

(c) エンジン出力最適化 (63 kW → 53 kW)

前記 (a), (b) により、作業性をほとんど損なうことなく、従来型 T/C 車よりエンジン最大出力を約 15% 低減することができ燃費低減になる (図-5 ①)。

(d) 低速マッチング

一般的に、エンジン最高回転数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数付近の燃料消費率の方が小さい。

エンジンに対する HST 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な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-5 ②)。

(e) 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。(5.0t 積み車で約 1.7 倍) 無負荷時の無駄な加速を抑えるため、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につなげた (図-5 ③)。

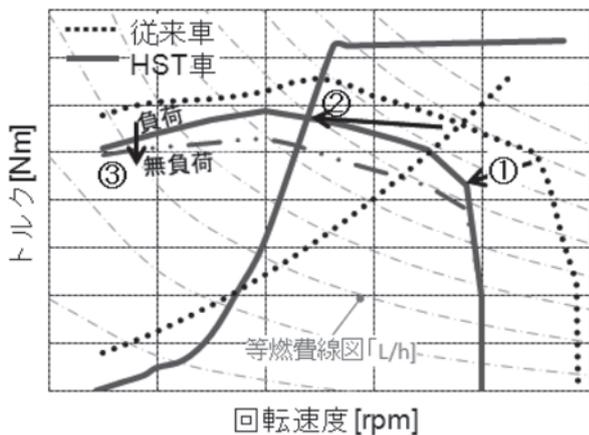


図-5 エンジンとのマッチング線図

(f) CLSS (Closed-center Load Sensing System) + 可変ポンプシステム¹⁾

CLSS+ 可変ポンプシステムは、当社の従来車から搭載しており、燃費低減に貢献している。

一般的なフォークリフトの作業機油圧システムは、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。

HST 車には当社の従来車と同様に CLSS + 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-6)。

	リリース時ロス	中立ロス	ファインコンロス
固定ポンプを用いた回路	 全量吐出	 全量吐出	 全量吐出
可変ポンプ CLSSを用いた回路	 必要流量	 必要流量	 要求流量
油圧ロスの低減効果	 流量 低減ロス ポンプ圧	 流量 低減ロス ポンプ圧	 流量 低減ロス レバー入力

図-6 作業機油圧ロスの低減効果

5. 燃費低減効果

図-7は、社内測定コース別の燃費低減結果である。いずれのコースでも燃費低減効果が得られており、特

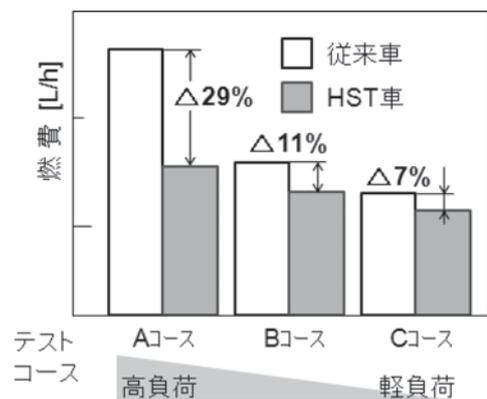


図-7 社内コースでの燃費低減結果

にトラックへの積み込み作業を想定した短い距離で前後進の切り替えが多い高負荷コース（Aコース）では△29%もの効果が得られた。

図-8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。大きな円が、燃料消費率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、燃料消費率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。

また、実際に試験的に導入した製紙工場での高負荷ユーザでは、当社の従来型 T/C 車に比べ△30%の燃料消費低減を達成した（図-9）。

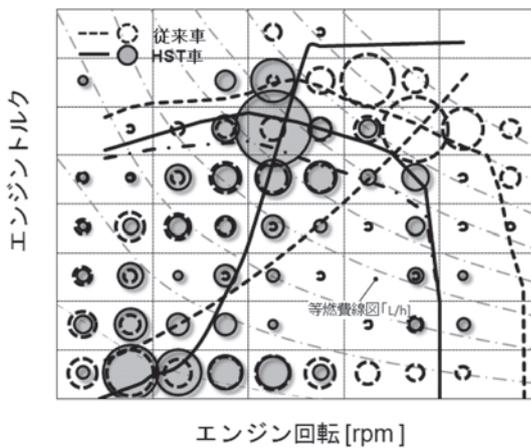


図-8 高負荷コースでの頻度分布と燃費マップ

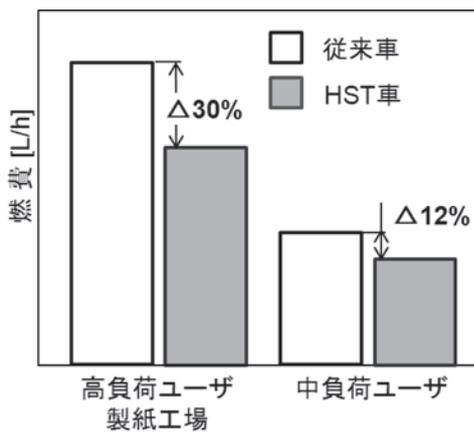


図-9 ユーザでの燃費低減効果

6. おわりに

エンジン・油圧機器・制御システムの技術を活かし、フォークリフトの使われ方に適した燃費低減技術の採用により、特に高負荷ユーザにおいて最大30%の燃費低減を達成することができた。

今後は、更なる技術躍進に努め、ユーザにとって魅力ある製品に成長させ続けていきたいと考える。

JCMA

《参考文献》

- 1) 福島 純一, 片岡 豊美, 吉田 伸実, “フォークリフト用可変ポンプ CLSS システム”, 平成 21 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, pp106/108 (2009) .

【筆者紹介】



山本 弘幸 (やまもと ひろゆき)
コマツ
ユーティリティ技術本部 開発センタ



原田 康男 (はらだ やすお)
コマツ
ユーティリティ技術本部 開発センタ



平岩 秀幸 (ひらいわ ひでゆき)
コマツ
ユーティリティ技術本部 開発センタ