

バッテリー式フォークリフト FE25/30-2 製品紹介

中 澤 慶 一

2014年4月より発売の従来機 FE25/25H/30-1（以下、本従来機という）に対し、バッテリー式フォークリフトのメリットである環境性やコンパクト性をそのままキープしながら安全性や快適性を更に高めるとともに、エンジン式フォークリフト同等の走行性能、走破性を有し、屋内と屋外すべてのフィールドで活躍できるバッテリー式フォークリフト FE25/30-2（以下、本新機種という）を開発したので、その主な特徴を紹介する。

キーワード：密閉湿式ブレーキ、高電圧化、傾斜警告、衝突検知、アクセルワンペダルモード、キャブ

1. はじめに

コマツは温室効果ガス削減のため、2030年代にCO₂排出量の50%低減（対2010年度）をターゲットに設定し、2050年代のカーボンニュートラルを検討中である。これまで、国内における2014年基準排ガス規制の開始に合わせ、ディーゼル車にかわるフォークリフト事業の中核商品として販売した本従来機シリーズにより2.5、3tクラスの国内市場のバッテリー化をリードしてきたが、アウトドアにおける長距離の走行や登坂走行を必要とする一部のユーザーをカバーできず、エンジン車からの代替が進んでいなかった。このような背景のもと、『環境性』、『経済性』、『性能』、『安全性』、『快適性』を両立させた本新機種を開発したのでその概要を紹介する。



図一 本新機種 (2.5t)

2. 開発のねらい

本新機種は本従来機の特徴である「長時間稼働を可能とする急速充電システム」、「面倒なバッテリー補水作業やバッテリーフードを開けるなどの充電準備作業を不要とするイージメンテナンスタッパリ」、「アウトドアでの作業を可能とする耐水・耐塵構造」、「車両の稼働状況を把握しお客さまの安心と信頼をサポートするICT機能（Komtrax（以下、本ICT機能という）」）について踏襲しながら、エンジン車以上の価値を提供するために走行性能や安全性、経済性、快適性の向上を図り大幅に商品力をアップした。

以下に本新機種に新規採用した構造や機能の特徴を一部紹介する。

- ①環境性・経済性向上
 - ・密閉湿式ブレーキ
- ②性能向上
 - ・エンジン車に匹敵する走行性能、走破性
- ③安全性向上
 - ・急速充電器（高電圧化対応、Electromagnetic Compatibility (EMC) 性能向上）
 - ・ステアリング量に連動した旋回時車速制限
 - ・傾斜警告、転倒通知、衝突検知警報システム
- ④快適性向上
 - ・アクセルワンペダルモード
 - ・キャブ

3. 主な特徴

(1) 環境性・経済性向上

(a) 密閉湿式ブレーキ

2.5, 3tクラスのフォークリフトは水産業で使われることが多く、従来のドラムブレーキでは水が大量にかかる現場において、ブレーキの利きが安定しにくい課題があった。これを解決するため、本新機種には当社 FH シリーズや WA シリーズなどで実績のある、密閉湿式多板ブレーキを搭載した（図-2）。

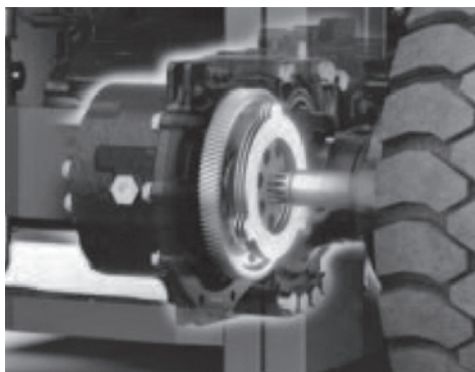


図-2 密閉湿式多板ブレーキ

①防水性・防塵性

ブレーキ本体をドライブアックス内部に封入する構造とすることで、水や粉塵などの異物のブレーキへの進入を防止した。これにより、常に安定した制動の発揮を可能にした。

②環境衛生

一方で、ブレーキダストがドライブアックスの外部に飛散しない構造としたことで、稼働現場における環境衛生の向上に貢献した。

③メンテナンス

従来機と比べ、摩耗部品の交換時間を5倍以上とした。これにより、オイル交換以外の定期整備をほぼ不要とした。

④ブレーキ油圧システム

ブレーキとタイヤ出力部の間にリダクションギヤを配置し、制動力をギヤで増大して出力する方式を採用した（図-3）。これにより、ブレーキの大幅なコンパクト化を達成しただけでなくオイルポンプやポンプ駆動モーターを用いた倍力装置が不要となり、ポンプ駆動・蓄圧等のロスが無いブレーキ油圧システムの採用を可能にした。この結果、電費や稼働時間の向上に貢献することができた。

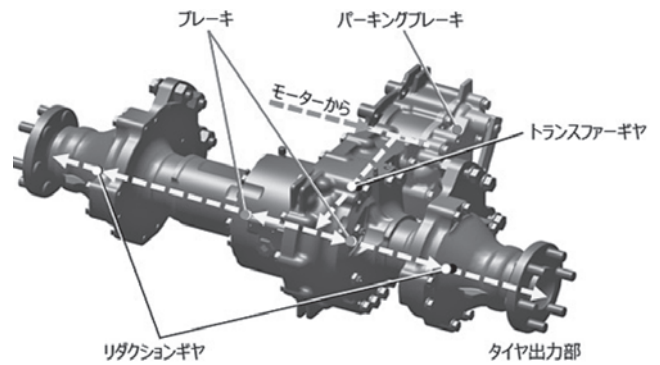


図-3 ドライブアックスのブレーキとギヤの配置

(2) 性能向上

(a) エンジン車に匹敵する走行性能、走破性

本新機種は走行性能や走破性を従来のディーゼル式フォークリフトと同等にすることで屋外での作業性が向上した。

①走行性能

従来のバッテリー式フォークリフトは、走行モーターの出力を小さくすることで車両をコンパクトにし長時間の稼働を可能としていたため、屋外における一見フラットに見える1~2°といった緩い水勾配などで減速してしまい長距離走行すると作業効率が悪化する、また9~12°といった急勾配でも減速してしまいディーゼル式フォークリフトのようにスムーズに登坂することができない、という課題があった。

そのため、本新機種はバッテリー電圧を108V（本新機種（2.5t））/120V（本新機種（3.0t））に変更し、高電圧 & 高回転の小型高出力モーターを新規開発することで、コンパクトな車体サイズのままディーゼル式フォークリフトと同等のパワーとスムーズさを実現した（図-4）。

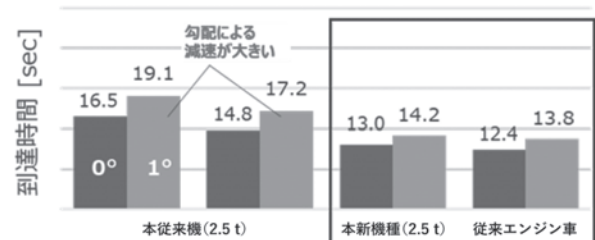


図-4 発進加速性能
(負荷時 0-50m 到達時間 [勾配 0°, 1°])

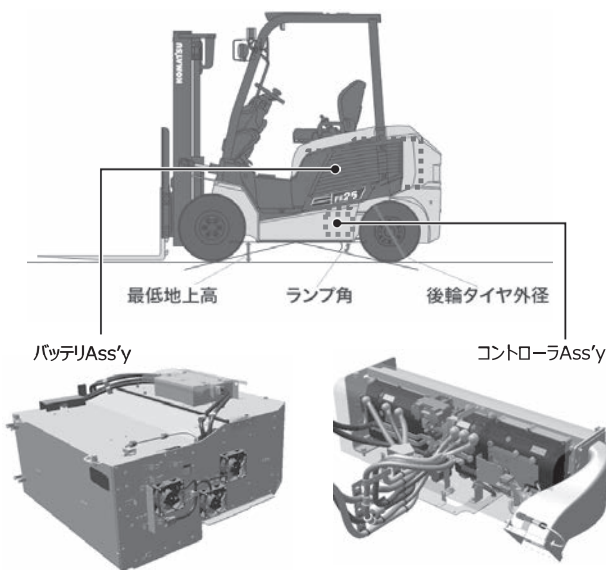
②走破性

屋外における凹凸の路面に対しては、エンジン車同等の最低地上高とエンジン車同一の後輪タイヤサイズを実現することで、路面でのフレーム底打ちや路面の異物引きずり、段差の乗り越え性を改善した（表-1）。

表一 走破性に関する寸法比較

		2.5 t			3.0 t		
		本新機種	本従来機	従来エンジン機	本新機種	本従来機	従来エンジン機
最低地上高	mm	164	115	164	195	149	191
ランプ角	°	24	17	23	26	20	25
後輪外径	mm	534	469	534	588	535	588

これらはフレーム内のコントローラ Ass'y のレイアウトやバッテリー Ass'y の形状を大幅に見直すことで、運転席高さおよびフロア高さを従来機と変更することなく実現することができた (図一5)。

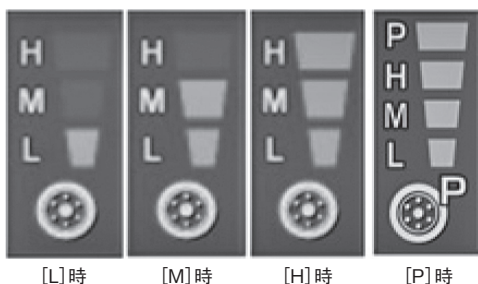


図一5 バッテリーのコントローラの構造とレイアウト

③ 走行性能と稼働時間の両立

本新機種では、走行時の最高速度や力強さを設定するパワーモードについて、従来機の L (ロー), M (ミドル: デフォルト), H (ハイ) モードに加えて、エンジン車相当の走行性能を実現する P (パワフル) モードを設定した (図一6)。

高出力化と同時に下記により消費電力を低減したことで、P モード設定時にも従来機のデフォルト M モー



図一6 走行パワーモードモニタ表示

ド時と同様の稼働時間を達成した。また、M モード比較では軽負荷の JIS コースおよび高負荷の当社積込作業想定コースの両方において従来機に対して 10 ~ 20% の稼働時間向上を達成した。

- ・モーター高電圧化による効率向上
- ・車両重量低減 (本新機種 (2.5 t) : -60 kg, 本新機種 (3.0 t) : -180 kg)
- ・アクセルワンペダルモードによる減速時の回生強化 (3章, (4) 節, (a) 項にて説明)

更に今回新規にオプション設定した、坂道に差し掛かると走行パワーモードを自動的に P (パワフル) モードに切り換える「登坂時パワーモード自動切り換え」を設定することで、作業性向上と省エネを両立した (図一7)。

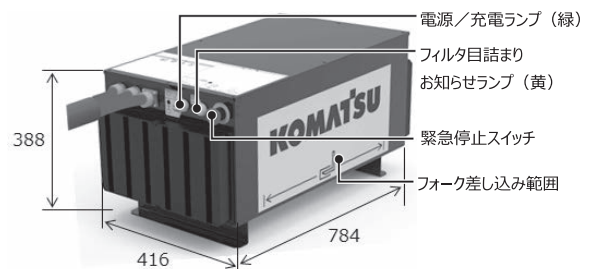


図一7 登坂時パワーモード自動切り換え

(3) 安全性向上

(a) 定置式急速充電器

長時間の稼働や高負荷の使い方では短時間での充電を可能にする急速充電器が必要とされている。今



図一8 急速充電器

表一 急速充電器の主な仕様

		本新機種
入力電圧		3 相 200 V
出力電圧		108/120 [V]
定格出力		19.1 kW (急速充電)
寸法	サイズ	388 × 416 × 784 [mm]
	容積	127 L
	重量	67 kg
防塵・防水		IP X4, 防塵フィルタ付
EMC		CISPR11 ClassA 準拠相当

回、車体出力アップに伴う高電圧化に対応する急速充電器を開発した（図-8、表-2）。

①高電圧化（108/120V）

FEシリーズの走行能力を向上し、エンジン車に匹敵する走行性能を実現するためバッテリーを高電圧化した。バッテリー電圧は本従来機の72Vに対し、本新機種（2.5t）が108V、本新機種（3.0t）が120Vと高電圧化したため急速充電器も高電圧出力に対応した（図-9）。

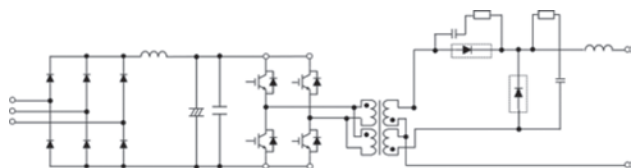


図-9 概略回路図

②急速充電システム

1時間の急速補充電で、バッテリー容量の最大60%を回復できるので、1日当たりの稼働時間を大幅に伸ばすことができる。

③ヒートバランス性能

冷却風動線をヒートシンク室と電気室に分離してそれぞれのファンに空冷を担わせることにより冷却性能を最適化した（図-10）。

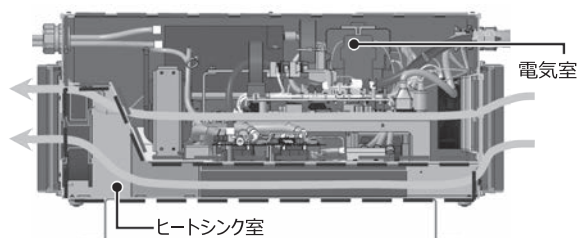


図-10 冷却風動線分離

④EMC性能向上（電磁両立性 CISPR11 ClassA 準拠相当）

高性能EMCフィルタの採用および直流／交流ラインを分離してパワー半導体が発生するスイッチングノイズを商用電源回路にのせない構造とした。

⑤防水性能向上

新規開発したラビリンス構造の樹脂製ルーバにより全方向からの防水性を持つ構造とした（図-11）。

⑥フィルタ目詰まりお知らせランプ

吸排気フィルタが目詰まりして冷却風量が減り、内部部品が温度上昇することを検知してユーザーにお知らせする機能を追加した（図-12）。

⑦新型充電プラグ

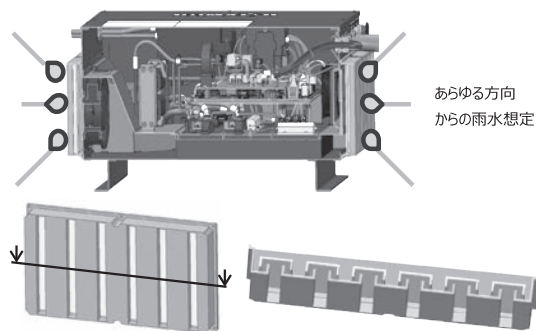


図-11 ラビリンスルーバ

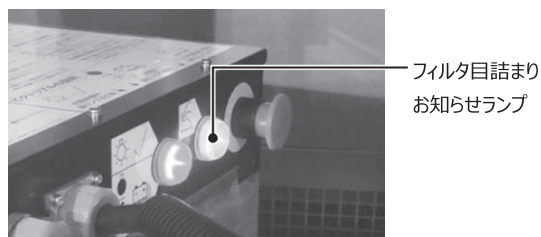


図-12 フィルタ目詰まりお知らせランプ

操作力を約30%低減して操作性を改善した。また、調心構造コネクタ（パワー端子、信号端子）を採用することで、勘合時端子がアライメントされて確実な接続を確保し、信頼性を向上した。

(b)ステアリング量に連動した旋回時車速制限

旋回時の速度を抑制し、旋回時の車両横転を防止するために、ステアリング角度に連動した車速制限機能を搭載した。具体的には、ステアリング角度を常時監視し、車両の旋回半径を算出、旋回半径の大小に応じて車両の制限速度を自動調整させることで、作業時の車両速度を維持しつつ、左右安定性の向上を実現した（図-13）。

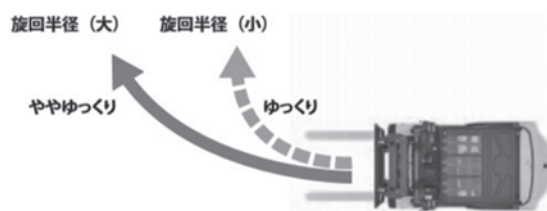


図-13 旋回時車速度制限

(c)傾斜警告・転倒通知、衝突検知警報システム

フォークリフト稼働現場の安全意識は年々高まっており災害は減少傾向ではあるが、近年でも多くの重大災害が発生している。その災害の大半は、はさまれ・巻き込まれ・激突などの接触事故や転倒事故によるものである。これらに対して、新たな安全補助機能をオプション追加することでユーザーの安全作業を支援し、管理者およびオペレーターの安全運転意識の向上

に貢献する。

①傾斜警告・転倒通知

屋外特有の課題である転倒事故に対応する安全補助機能として、設定した角度以上の傾斜地への進入や傾斜地での荷役、旋回操作などの危険作業時にオペレーターに音で注意喚起する。同時に本 ICT 機能から管理者にも通知されるため、安全運転への意識向上のみでなく危険作業や危険個所の把握による安全管理にも貢献する。また、万が一に車両が転倒してしまった場合は、ホーンが鳴り周囲にそれを知らせると同時に本 ICT 機能から管理者にも通知することで、事故の早期発見に貢献する (図-14)。

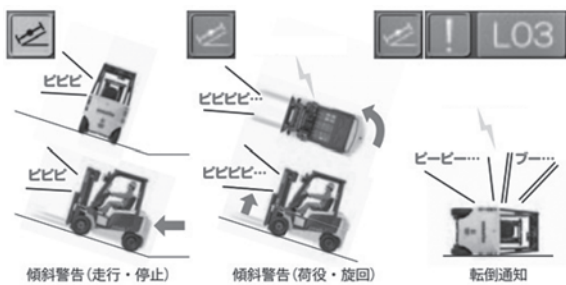
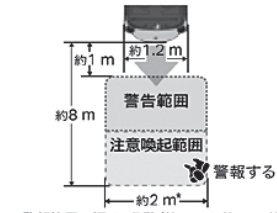


図-14 傾斜警告・転倒通知

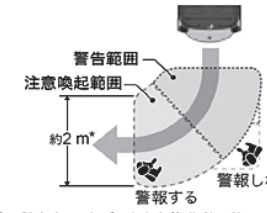
②衝突検知警報システム

後進時における死角の見逃しや安全確認不足による接触事故に対応する安全補助機能として、オペレーターの後方安全確認を光と音でサポートする。後進時にステアリング角度 (タイヤ切れ角) から進行方向を予測し、その方向に衝突の危険性がある場合に警報する。車両の進行方向外にある人、荷物等に対しては不要な警報を低減している。また、衝突の危険度合いに応じて、注意喚起範囲と警告範囲の2段階の範囲を設定し、警報ランプの点滅回数と警報ブザーの断続音の違いで危険度をオペレーターに注意喚起する (図-15)。

後進走行時 (直進時) 車両両後ろの約1 mから最大約8 mが警報範囲になります。範囲は走行速度により異なります。



後進走行時 (旋回時) 車両の進行方向の約1 mから最大約8 mが警報範囲になります。範囲は走行速度により異なります。



* 警報範囲の幅は3段階 (約1.5 m、約2 m、約3 m) で設定することができます (初期値は約2 mです)



図-15 衝突検知警報システム



図-16 アクセルワンペダルモード

ルワークによる車両速度のコントロール性を向上させるとともに、効率良く制動エネルギーを回収することで稼働時間の延長にも貢献した。

また、アクセルワンペダルモードの搭載により、必要なペダルの踏み替え回数を多くの局面で低減し、操作性が向上した。例えば、坂道走行においては、後進時にアクセルペダルで車両をコントロールできるだけでなく、前進時のペダル踏み替えの際にずり下がる量を従来機に対して80%低減した。これにより車両をスムーズに発進でき、より安全な運転が可能となった (図-17)。

(4) 快適性向上

(a) アクセルワンペダルモード

従来機では、荷取りをする際、アクセルペダルとブレーキペダルの踏み替えを頻繁に行い、速度調整や停止、再発進を行う必要がある。このような頻繁な踏み替え操作を減らし、オペレーターの負担を軽減することを目的として、アクセルペダルのみで車両の加速・減速・停止をおこなうアクセルワンペダルモードを搭載した (図-16)。

アクセルワンペダルモードには、オペレーターのペダル操作に対する回生制動比率を従来機よりも高めた新方式のモーター制御を採用した。これにより、ペダ





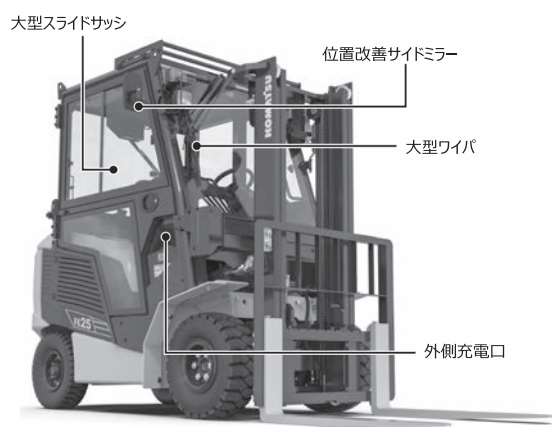
本新機種 (2.5 t)	従来機
後進時 ゆっくり後進 (アクセルペダルでコントロール)  ブレーキ踏力 0 kgf	後進時 急な後進 (ブレーキペダルでコントロール) 
前進時 ずり下がりが少なく、スムーズに発進できる  ずり下がり量 ▲80%	前進時 ずり下がりが発生。スムーズに発進できない 

図-17 坂道走行

(b) キャブ

新設計キャブは従来機から好評の天窗ガラスによる良好な上方視界を踏襲し、ワイパモータ位置の見直し、ワイパブレード・アームの長さを拡大して、払拭位置改善と広い払拭範囲（80%改善）により、見たいところを見やすくし、安全性を向上させた。また、サイドミラー位置を見直すことで視線移動を低減し、安全性の向上および疲労を低減させた。更に、左右ドアにスライドサッシを設け、リア窓を跳ね上げ式にすることにより、通気性を大幅に改善し、夏場の快適性を向上させた。冬場においても、ヒータファン変更によりヒータ騒音を低減し（16 dB 改善）、快適性が向上した。室内灯はLEDに変更し、書類などが読みやすくなった。充電口を室外に配置し、ドアを閉めた状態での充電が可能となり、雨などによる室内の濡れをなくした（図—18）。



図—18 キャブ装着 本新機種 (2.5t)

4. おわりに

フォークリフト国内需要の半数を占める2～3tのマーケットに対して、コマツは電動化に舵を切り2014年に従来機のFE25-1を市場導入した。それまで、エンジン車の販売に依存していたコマツにとって非常に大きなハードルであったが、そのハードルを超えたからこそまた新しいハードルが見えた。今回、従来機にて織り込むことのできなかった改善点や市場要望、そして新たに見えたお客さまの価値観に訴求するための新構造・機能を多数織り込むことができた新型車FE25/30-2を量産化、市場導入した。

このフォークリフトにとって電動式であることはひとつの要素であり、エンジン式フォークリフト以上の価値を提供できると自負している。新しいハードルを越えたからこそ見えるまた次のハードルをしっかりと受け止め、お客さまの現場を改善できるようにフォローしていきたい。

JCMA

[筆者紹介]

中澤 慶一（なかがわ のりかず）
 コマツ 開発本部
 車両第四開発センタ
 フォークリフト開発グループ
 チームマネージャー

