

製品紹介

バッテリー式フォークリフト FE25/30-2

Electric Forklift Truck Model FE25/30-2

中澤 慶一
Norikazu Nakazawa
柿崎 崇洋
Takahiro Kakizaki
菊山 裕司
Yuji Kikuyama
小林 大祐
Daisuke Kobayashi
小久保 英晃
Hideaki Kokubo

2014年4月より発売の従来機FE25/25H/30-1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を開発したので、その主な特徴を紹介する。

We have developed an electric forklift truck FE25/30-2 that can be used both indoors and outdoors. In addition to the features of conventional model FE25/25H/30-1 released in April 2014, this product has achieved an equivalent driving performance to diesel forklift truck and has further improved safety and comfort while maintaining an environmental performance and compactness. In this report, we would like to introduce the main features of this new product.

Key Words: FE25-2, FE30-2, バッテリー式フォークリフト, 急速補充電, イージメンテナンspbattery, 密閉湿式ブレーキ, 高電圧化, 定置式急速充電器, 回転時車速制限, 傾斜警告, 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排出量を50%低減（対2010年度）をターゲットに設定し2050年代カーボンニュートラルを検討中である。これまで、国内2014年基準排ガス規制開始に合わせ、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FE25/25H/30-1シリーズで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FE25/30-2を開発したのでその概要を紹介する。



図1 FE25/30-2 (図はFE25-2)

2. 開発のねらい

FE25/30-2は従来機FE25/25H/30-1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spbattery」、「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）」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FE25/30-2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

3.1 環境性、経済性向上

3.1.1 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、FE25/30-2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がブレーキに進入することを防止した。これにより、常に安定した制動を発揮することを可能にした。

(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。

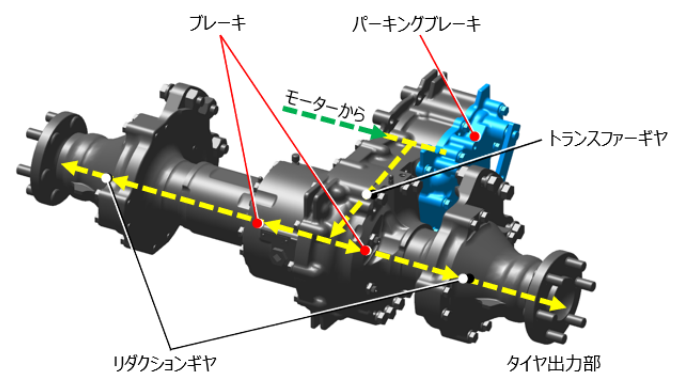


図3 ドライブアックスのブレーキとギヤの配置

3.2 性能向上

3.2.1 エンジン車に匹敵する走行性能、走破性

FE25/30-2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してしまう、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、FE25/30-2はバッテリー電圧を108V（FE25-2）/120V（FE30-2）に変更し、高電圧＆高回転の小型高出力モータ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）

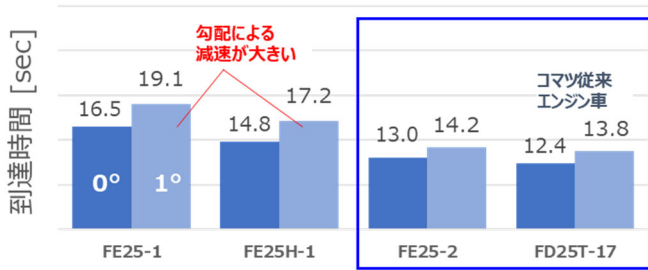


図4 発進加速性能

(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1 走破性に関する寸法比較

		2.5t			3.0t		
		FE25-2	FE25-1	FD25-17	FE30-2	FE30-1	FD30-17
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

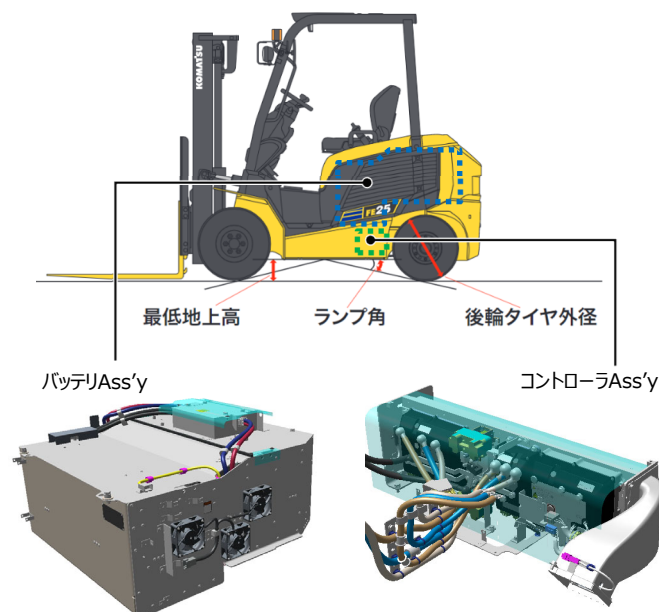


図5 バッテリーとコントローラの構造とレイアウト

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5）

(3) 走行性能と稼働時間の両立

FE25/30-2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6）

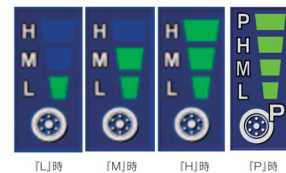


図6 走行パワーモードモニタ表示

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モード時と同様の稼働時間を達成、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。

- ・ モータ高電圧化による効率向上
- ・ 車両重量低減（FE25-2：-60kg, FE30-2：-180kg）
- ・ アクセルワンペダルモードによる減速時の回生強化（3.4.1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7）



図7 登坂時パワーモード自動切り換え

3.3 安全性向上

3.3.1 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)

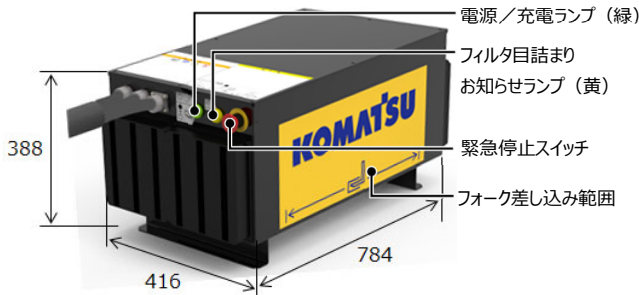


図8 急速充電器

表2 急速充電器の主な仕様

		FE25/30-2
入力電圧		3相 200V
出力電圧		108/120[V]
定格出力		19.1kW (急速充電)
寸法	サイズ	388×416×784[mm]
	容積	127L
	重量	67kg
防塵・防水		IP X4、防塵フィルタ付
EMC		CISPR11 ClassA 準拠相当

(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。バッテリー電圧は従来機FE25/25H/30-1の72Vに対し、FE25-2が108V、FE30-2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)

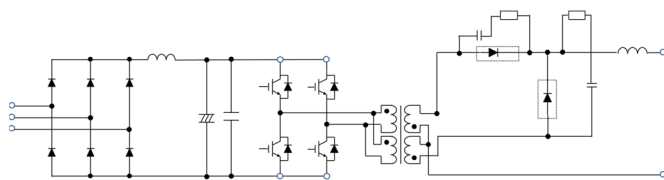


図9 概略回路図

(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)

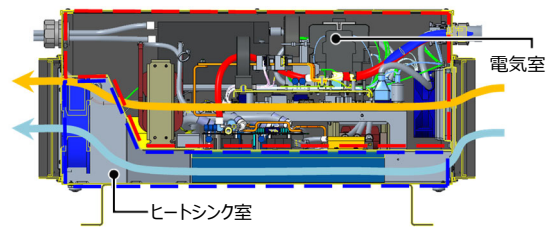


図10 冷却風動線分離

(4) EMC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)

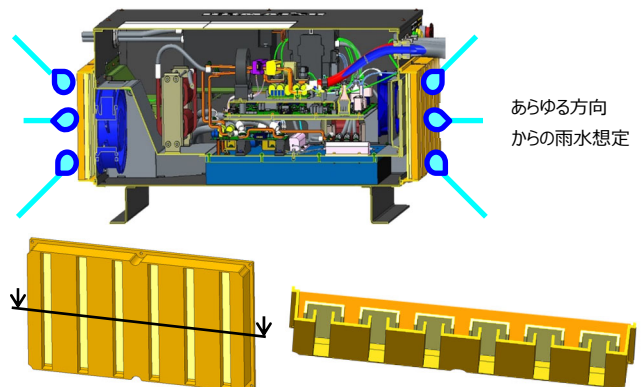


図11 ラビリンスルーバ

(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に知らせる機能を追加した。(図12)

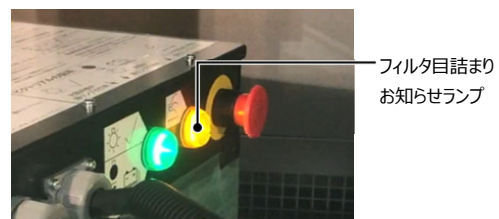


図12 フィルタ目詰まりお知らせランプ

(7) 新型充電プラグ

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。

3.3.2 ステアリング量に連動した旋回時车速制限

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车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）

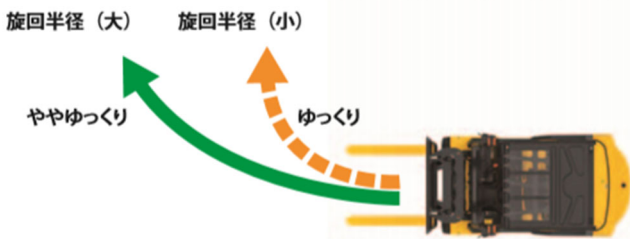


図13 旋回時车速制限

3.3.3 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、コマツと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の安全作業を支援し、管理者およびオペレータ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に音で注意喚起する。同時にKomtrax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箇所を把握することでの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Komtrax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）



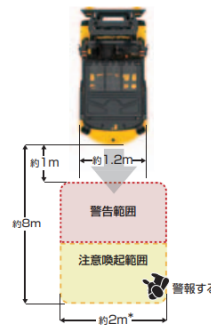
図14 傾斜警告・転倒通知

(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に注意喚起する。（図15）（詳細は別途のコマツテクニカルレポート参照）

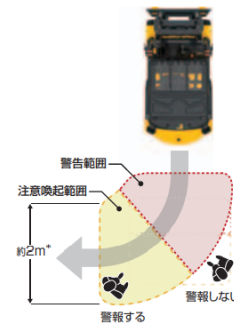
後進走行時（直進時）

車両真後ろの約1mから最大約8m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1mから最大約8m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1.5m、約2m、約3m）で設定することができます（初期値は約2mです）

警告範囲

検知した障害物が近距離にあるとき、警報ブザーが断続的に鳴動し、警報ランプが点滅します。（1秒間に4回）

注意喚起範囲

検知した障害物が遠距離にあるとき、警報ブザーが断続的に鳴動し、警報ランプが点滅します。（1秒間に2回）



図15 衝突検知警報システム概要

3.4 快適性向上

3.4.1 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)



図16 アクセルワンペダルモード

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





FE25-2	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

3.4.2 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(16dB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FE25/30-2 (図はFE25-2)

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。

筆者紹介



Norikazu Nakazawa
なかざわ のりかず
中澤 慶一 2002年, コマツ入社.
開発本部 車両第四開発センタ所属



Takahiro Kakizaki
かきざき たかひろ
柿崎 崇洋 2008年, コマツ入社.
開発本部 電動化開発センタ所属



Yuji Kikuyama
きくやま ゆうじ
菊山 裕司 2010年, コマツ入社.
開発本部 ICTシステム開発センタ所属



Daisuke Kobayashi
こばやし だいき
小林 大祐 2004年, コマツ入社.
開発本部 パワートレイン開発センタ所属



Hideaki Kokubo
こくぼ ひであき
小久保 英晃 1992年, コマツ入社.
開発本部 キャブ開発センタ所属

【筆者からひと言】

本開発では、市場調査やビジネスディスカッションの段階から量産まで、商品企画部門、営業部門、生産部門、サービス部門、協力企業等の関係者各位には多大なるご協力をいただきました。また、本稿の制作に協力いただいた方を中心とした多数の開発部門の方々に協力をいただき、総力を結集させて作り上げた商品です。この開発に関わったすべての方に感謝申し上げます。

品質確認完了間近にて想定外の困難があり市場導入に時間を要してしまいましたが、今後も、お客さまの現場のために必要な価値を追求し実現し続けたいと思います。