

製品紹介

バッテリー式フォークリフト FE25G-2/FE30G-2

Electric Forklift Truck FE25G-2/FE30G-2

小澤 一 顕
Kazuaki Ozawa
山本 匡 史
Tadashi Yamamoto
伊藤 紘 基
Hiroki Ito

2021年3月に発売したFE25-2/FE30-2の車両サイズや特徴を継承しつつ、急速充電が可能な大容量リチウムイオンバッテリーを搭載し、新開発の定置式急速充電器との組合せにより、これまでエンジン式フォークリフトが採用されてきた充電時間が確保できない長時間の稼働が必要とされる現場や、作業負荷が高いアタッチメントを使用している現場でも対応可能なFE25G-2/FE30G-2を開発した。その主な特徴を紹介する。

Komatsu developed the FE25G-2 and FE30G-2 models, which inherit the truck dimensions and other features of the FE25-2 and FE30-2 models that were launched in March 2021. The new models feature high-capacity, fast-charging lithium-ion batteries and, when used with the newly-developed stationary fast chargers, expand the scope of application into the sites where extended operation with no time for recharging is needed and/or attachments are used in heavy-duty applications, a domain long reserved for engine-powered forklift trucks. This paper presents some of the key features of the new models.

Key Words: FE25G-2, FE30G-2, バッテリー式フォークリフト, リチウムイオンバッテリー, 急速充電, 2台充電, 長時間稼働, メンテナンスフリー, 定置式急速充電器

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50%削減（対2010年度）をターゲットに設定し、2050年カーボンニュートラルをチャレンジ目標として掲げている。これまでFE25/FE30で2.5t-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、一部の負荷の高い重アタッチメント仕様や、充電時間の取れない長時間稼働のユーザーはカバーできず、大容量鉛バッテリー車やエンジン車からの代替には応えることが出来ていなかった。これに対し、ESG経営の観点からバッテリー化の進む欧州市場においては、大容量・大出力に有利なりチウムイオンバッテリー車が登場し、バッテリー化が拡大している。従来からバッテリー化がある程度定着していたフォークリフト業界だが、リチウムイオンバッテリーの普及により更にバッテリー化が進む転換期にある。このような背景のもと、FE25G-2/FE30G-2を開発した。

表1 主な仕様

項目	単位	FE25G-2	FE30G-2
最大荷重	Kg	2,500	3,000
基準荷重中心	mm	500	←
バッテリー	-	リチウムイオン	←
バッテリー電圧	V	115.9	←
バッテリー容量	Ah	302	←



図1 FE25G/30G-2外観
(図はFE25G-2, カタログより引用)

2. 開発のねらい

従来、負荷の高い過酷な現場や、充電時間が確保できない長時間稼働の現場では、稼働時間と充電時間がネックとなっていたため、エンジン車が多く普及していた。また、従来の鉛バッテリー車に対して、急速充電により繁忙期における充電時間の短縮や稼働時間の延長を可能としたFE25/30をお使いのお客さまからも更なる改善をご要望いただいていた。そこでこれらの現場でもバッテリー車での稼働を可能にするため(図2)、FE25G-2/FE30G-2を開発した。主な特徴は以下4点である。

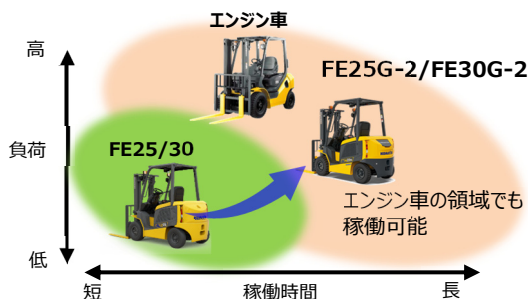


図2 稼働時間と負荷のねらい (イメージ)

(1) 長時間稼働

- ・ リチウムイオンバッテリーの採用

(2) 急速充電

- ・ 繰り返し可能な急速充電
- ・ 急速充電器2台接続による更なる短時間充電
- ・ 専用定置式急速充電器

(3) バッテリー交換インターバルの延長

- ・ 長寿命なリチウムイオンバッテリーによるバッテリー交換費用の低減

(4) メンテナンスフリー

- ・ 補水不要で、何度でも繰り返し急速充電が可能

3. 主な特徴

3.1 長時間稼働

3.1.1 リチウムイオンバッテリーの採用

長時間稼働に対応するために、FE25-2/FE30-2に対しバッテリーを大容量化。更にFEシリーズで培ったフォークリフトの使われ方に対応したさまざまな設計要件を織り込んだ。

(1) バッテリーの大容量化

エネルギー密度が高いリチウムイオンバッテリーの特徴を活かし、鉛バッテリー仕様のFE25-2/FE30-2の車体サイズはそのままにバッテリーを大容量化(図3)。1充電当たりの稼働時間の延長を達成した(表2)。

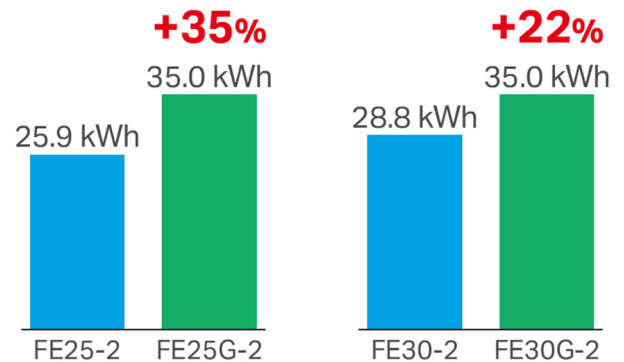


図3 バッテリー容量の比較 (カタログより引用)

表2 稼働時間の比較 (販売マニュアルより引用)

		2.5t		3.0t	
		FE25G-2	FE25-2	FE30G-2	FE30-2
稼働パターン A (※1)	h	7.7	5.7	6.3	5.2
B (※1)	h	9.2	6.8	7.6	6.3
C (※1)	h	11.0	8.2	9.1	7.5

(※1) : 当社想定稼働パターン

(A : 高負荷荷役 B : 一般荷役 C : 低負荷荷役)

(2) バッテリーの防水・防塵設計

充電時/放電時の発熱が小さいリチウムイオンバッテリーの特徴を活かし、鉛バッテリー仕様のFE25-2/FE30-2で設置していた冷却ファンを廃止した。結果としてバッテリーケースの密閉性を向上することができ、IP55の防水・防塵構造を実現(図4)。屋外の過酷な現場でも安心して稼働できる設計とした。

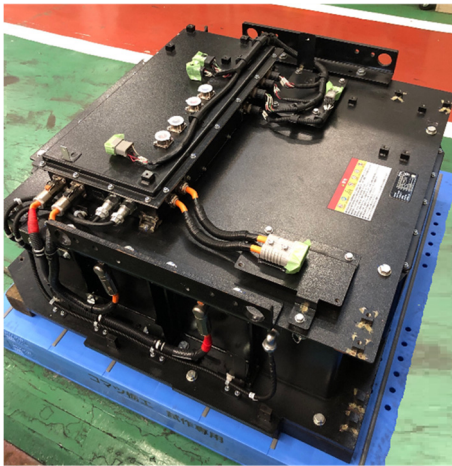


図4 リチウムイオンバッテリー外観

(3) 低温稼働に対応するバッテリーヒーター

リチウムイオンバッテリーのデメリットである低温時の性能劣化を補うため、バッテリー専用ヒーターを搭載した。このヒーターは、モジュール内に蔵されており（図5）、車体側コントローラから独立したバッテリー・マネジメント・システムにより、バッテリー温度を監視することで自動でオン/オフを行う。

また、ヒーターによる電力消費を補うため車両に充電ケーブルを挿したままにしておけば自動で継ぎ足し充電する機能も設け、低温時の稼働時間に影響が出ないよう配慮した。

ヒーター配線



図5 バッテリーモジュールとヒーター配線

(4) 急速充電対応と安全設計

急速充電対応のため、1時間率の充電電流を印加可能なバッテリーセルおよび強電回路部品を選定した。

また、リチウムイオンバッテリーの安全のため、車体側コントローラから独立したバッテリー・マネジメント・システムがリチウムイオンバッテリー内に設置されている。バッテリー電源起動中は、このシステムが、各セルの電圧、各モジュールの温度、およびパックの電圧、電流などを常時監視しており、これらの値に異常があると、放電回路および充電回路を遮断する。また、バッテリー・マネジメント・システムは車体コントローラと通信を行い、異常があった場合は段階的に車両出力の制限をかけたり、車体モニタパネルに異常を知らせるなど作業上リスクがないよう配慮している（図6）。

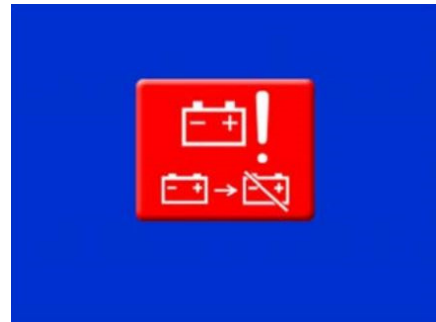


図6 車体モニタパネルの異常通知画面

(5) リン酸鉄系リチウムイオンバッテリーの採用

安全性が高く、サイクル特性が良いリン酸鉄系リチウムイオンバッテリーを採用した。リン酸鉄系のリチウムイオンバッテリーは、電気自動車などで多く採用されている3元系に比べエネルギー密度は劣るが、安全性（爆発・発火など）と寿命を重視した（表3）。

表3 リチウムイオンバッテリーの種類と特性

セル材料	リン酸鉄系	3元系
	正極	LFP (Fe, P)
負極	黒鉛 (C)	黒鉛 (C)
Q 電圧 (V)	3.2	3.7
セルエネルギー密度	○	◎
出力密度	○	○
寿命 (容量維持率80%)	◎	○
安全性	◎	△
C コスト	◎	△
D 材料供給性 (レアアース)	◎	△ (Ni, Co)
主な適用機種	乗用車、バス、トラック	乗用車

◎良好
○可
△不十分

3.2 急速充電

3.2.1 繰り返し可能な急速充電

繰り返し急速充電が可能なりチウムイオンバッテリーと専用の急速充電器の組み合わせにより、休憩時間など短時間での継ぎ足し充電で連続稼働に貢献。従来大容量の鉛バッテリー車でもバッテリー交換や車両の乗り換えが必要だった長時間稼働の現場でも、短時間での継ぎ足し充電で車両1台での稼働が可能となる（図7）。

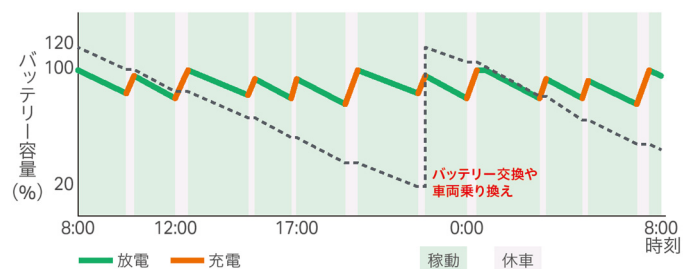


図7 FE25G-2 充電器1台での連続稼働イメージ (カタログより引用)

3.2.2 急速充電器2台接続による更なる短時間充電

稼働時間が長く、充電時間が確保できない場合、急速充電器を2台接続することにより（図8）、更なる短時間で充電を実現（図9）。従来、鉛バッテリーの交換や車両の乗り換えで対応せざるを得なかった高負荷作業の現場や繁忙期の急な追加作業などにも急速充電で稼働可能になる（図10）。



図8 FE25G-2充電器2台での充電イメージ
(カタログより引用)

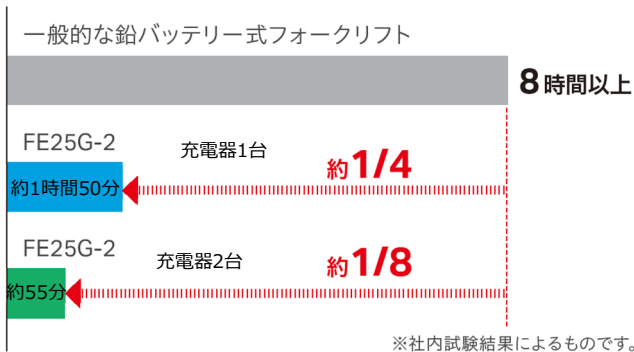


図9 バッテリー容量20%→100%充電の充電時間
(カタログより引用)

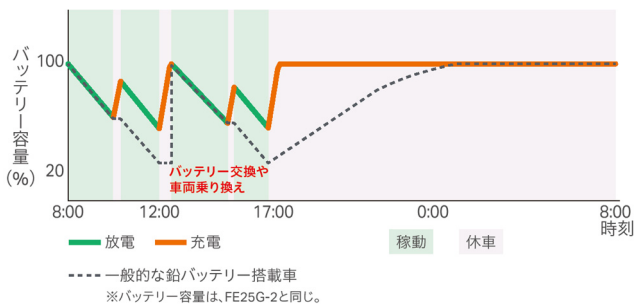


図10 FE25G-2充電器2台での高負荷稼働イメージ
(カタログより引用)

(1) 2台充電に対応した充電口

2台充電に対応するために、FE25-2/FE30-2で車両右側前方にあった充電ポートを車両後方カウンタウエイト上部に変更した。充電ポート部中央にはバッテリー電源をON/OFFする起動ボタンと、バッテリー電源状態や充電状況を把握できる電源ランプを設置し（図11）、操作性に配慮した。

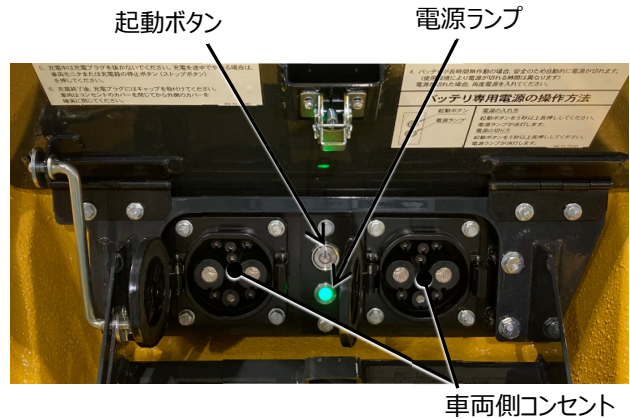


図11 充電ポート

(2) 急速充電に対応した充電操作の制御

鉛バッテリー搭載のFE25-2/FE30-2では、複数の充電モードに対応するため、充電プラグを挿入した際に車体モニタパネルの充電モード選択画面にてモード選択（普通・急速補充電など）をする必要があったが、FE25G-2/FE30G-2では繰り返し急速充電に対応するために、充電プラグを差し込むだけで自動で充電を開始するよう変更した（図12）。また、2台充電の際にも充電プラグを2台差し込むだけで自動で充電が開始されるようにし、操作性に配慮した。



図12 自動充電開始時の車体モニタパネル

3.2.3 専用定置式急速充電器

定置式急速充電器は、2台充電時の高出力対応として火災予防条例に適合する必要があるため、FE25G-2/FE30G-2専用設計とした。また、操作性向上のため表示灯や液晶パネル等の追加を行った。更に2台充電時も操作性を損なわないよう、機能面を作り込んだ。

(1) 安全設計および火災予防条例対応

充電中の不意なプラグの引き抜きを防止するため、電磁ロック機能を持つプラグを選定した(図13)。

充電中は電磁ロックにより固定され、引き抜くことができない



図13 プラグのロック機構

また、充電器に地絡検知機能を設け、充電開始前と充電中に診断することで、充電器およびバッテリー・車体を含めた地絡検知を可能とした。これらの安全設計により2台充電時の大電力の充電において火災予防条例に対応することが可能となった。

(2) 表示灯、液晶パネル、スイッチ

操作性向上のため表示灯と液晶パネルを搭載し、充電状況を確認できるようにした。また、充電停止スイッチと充電開始スイッチを備え充電器から充電の停止と再開操作が可能(図14)。従来、車両モニタのみで可能であった充電進捗確認や充電停止・再開等の操作が充電器でも行えるようになった(図15)。



図14 充電器の表示灯・液晶パネル・スイッチ類
(カタログより引用)

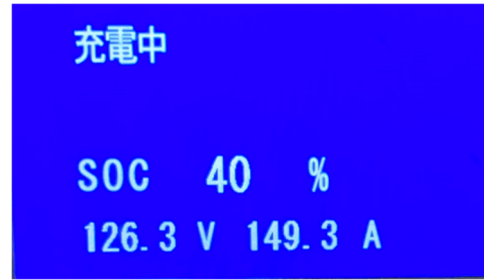


図15 充電時の充電器液晶パネル

(3) 2台充電対応

定置式急速充電器は、2台使用時もユーザーの操作性を考慮した機能を実装している。2台接続時に、どちらか一方の停止スイッチもしくは緊急停止スイッチを押せば、2台両方の充電を停止することができる。どちらか一方の開始スイッチを押せば、同様に2台両方の充電を開始することができる。これにより充電の停止/開始操作は、2台使用時でも1台使用時と同等の操作性を実現した。

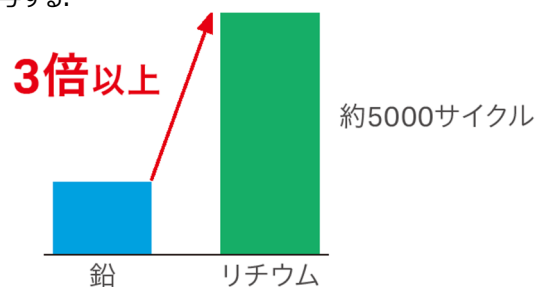
(4) 幅広い建屋側電源の遮断機容量への対応

さまざまな稼働現場で電源の遮断機容量制限に対応するため、定置式急速充電器の電流制限を、30A、60A、75Aから選択する機能を実装した。(当社販売店による設定変更が必要)

3.3 バッテリー交換インターバルの延長

3.3.1 長寿命なリチウムイオンバッテリーによるバッテリー交換費用の低減

一般的な鉛バッテリーと比べてリチウムイオンバッテリーは長寿命となる。中でもサイクル寿命の長いリン酸鉄系リチウムイオンバッテリーを採用することで、鉛バッテリーに対し約3倍以上の長寿命化を実現した(図16)。これまで何度もバッテリー交換が必要だった現場のバッテリー交換インターバルの延長が期待でき、ライフサイクルコストの低減に寄与する。



※放電～充電を1サイクルとした場合の社内試験結果によるものです。実際のバッテリー寿命とは異なります。

図16 充放電サイクル数の比較
(カタログより引用)

3.4 メンテナンスフリー

リチウムイオンバッテリーは一般的な鉛バッテリーと違って補水（※2）の手間も費用も掛からない。また、定期的に長時間の満充電をする必要もない（※3）ので充電管理の煩わしさがなくなる。何度でも繰り返し急速充電が可能となり現場の稼働時間の延長が期待できる。

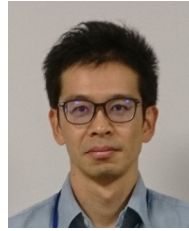
- （※2）：一般的な鉛バッテリーは充電中の化学反応によって電解液がガスとなり減ってしまうため、定期的な補水作業が必要
- （※3）：鉛バッテリーは、放電時に生成する硫酸鉛結晶物を除去するために、定期的な満充電が必要

4. おわりに

近年CO₂排出が社会問題になり、カーボンニュートラルに向けた取り組みが日常的に議論されるようになった。一般消費者の身近なところでは、バッテリー駆動の乗用車（EV）の普及が加速していることもあり、フォークリフトとしても更なる進化を目指しリチウムイオンバッテリー車の開発に着手した。ベースとなるFE25-2/FE30-2は鉛バッテリーでも急速補充充電が可能で大きな特徴を有しているため、リチウムイオンバッテリー車においては、その性能を超えるところを目標に開発をスタートさせた。試行錯誤の末、急速充電のために、充電器2台から一気にバッテリーに大電力を送り込む「2台充電」の方式を採用した。

出展した2022年9月の国際物流総合展2022においても来場者の短時間の急速充電への関心も高く、急速充電を含むこの商品のコンセプトは、お客さまの生産性向上に貢献できると自負している。今後はこの開発で得た知見を活かし、フォークリフトの電動化を更に推進し、カーボンニュートラルという難問にチャレンジしていきたい。

筆者紹介



Kazuaki Ozawa

おざわ かず あき
小澤 一 顕 2000年、コマツ入社。
開発本部 車両第四開発センタ所属



Tadashi Yamamoto

やまもと ただ し
山本 匡 史 2008年、コマツ入社。
開発本部 電動化開発センタ所属



Hiroki Ito

いとう ひろ き
伊藤 紘 基 2010年、コマツ入社。
開発本部 電動化開発センタ所属

【筆者からひと言】

本開発では企画段階から、商品企画部門、営業部門、生産部門、協力企業等の関係各位には多大なるご協力を頂きました。とりわけ2020年に発足した電動化開発センタ各位、バッテリー・充電器サプライヤ各位には、リチウムイオンバッテリーフォークリフトという新しい分野の商品開発をけん引して頂きました。開発には数々の困難がありましたが困難を克服し、一つの商品として量産まで漕ぎつけたことに感謝申し上げます。お客さまに商品が届いてからも、いただいた声を大切に、お客さまの現場の生産性向上のために今後も価値ある商品を開発していきたいと思っております。