

ゴルフカー向け内製リチウムイオン電池パック開発 In-house Development of Lithium-ion Battery Packs for Golf Cars

長澤 佑樹 宮崎 敏典 香田 昌伸 安藤 羅崇汰 竹内 祐哉 宮田 明典 程 冉冉
三輪 千夏 笹本 侑紀 藤原 一樹 田中 洋充



Abstract

In June 2025, Yamaha Motor launched the 5-seater electric golf cars G30Es and G31EPs, both equipped with newly developed in-house lithium-ion battery packs. To meet actual usage conditions and latent customer needs, two types of battery packs were developed in parallel: a 4 kWh and a 6 kWh model.

This lithium-ion battery pack is a fully in-house product, developed and manufactured entirely within the Yamaha Group. The development and design were carried out by Yamaha Motor Co., Ltd., while Yamaha Motor Power Products Co., Ltd. was responsible for manufacturing. This marks Yamaha's first in-house production of a traction battery pack for four-wheeled vehicles. As electrification accelerates across all forms of mobility, achieving cost competitiveness in traction battery packs has become essential. This product realized full in-house production not only through progress in development, manufacturing technology, quality assurance, and procurement strategies, but also through close collaboration with affiliated companies, leading to significant technological advancements.

As a result, compared with the previously installed battery, the 6 kWh pack achieved approximately 50% cost reduction. The following sections detail the specific technological approaches that made this possible.

1 はじめに

新たに開発したリチウムイオン電池パックを搭載した5人乗り電動ゴルフカー「G30Es」「G31EPs」を、2025年6月に国内市場へ投入した。ゴルフカーの使用実態および潜在的なニーズに対応すべく、4kWh および6kWh の2種類の電池パックを並行して開発した(表1)。

本リチウムイオン電池パックは、開発から製造までを一貫して社内で行った内製品である。開発設計は「ヤマハ発動機株式会社(以下当社)」、製造は「ヤマハモーターパワープロダクツ株式会社」が担当し、四輪車の駆動用電池パックとしては当社初の内製事例となる。

今後、モビリティ全般の電動化が加速する中で、車両駆動用電池パックにおけるコスト競争力は必要不可欠である。本製品

は、開発のみならず製造技術、品質技術、調達推進、関連会社との協力を通じて内製化を実現し、技術の獲得に至った。その結果、従来搭載電池と6kWh 電池を比較して、約50%のコスト削減を実現しており、その具体的な取り組み内容については、後述する各技術項目にて紹介する。

表1 仕様諸元表

項目	4kWh 電池	6kWh 電池
リチウムイオン電池種類	リン酸鉄系	
総エネルギー量 (kWh)	4.1kWh	6.1kWh
電圧 (V)	51.2V	
容量 (Ah)	80Ah	120Ah
外形サイズ	L889× W361× H228	
組電池、モジュール構成	4S2P × 4S	4S3P × 4S
重量	約63kg	約79kg

2 開発の狙い

本製品は、品質および信頼性を確保しつつ内製化を実現し、低コスト化を図ることを目的として、以下の5項目を重点に置いて開発を進めた。

- 1) 高品質・低コストを両立する電池モジュールの実現
- 2) 筐体部品および配索仕様の最適化設計
- 3) LFP(リン酸鉄リチウム)電池制御技術
- 4) 電池制御システムの基板設計
- 5) 電池検査およびパック組立ライン構築技術

次項より、上記5項目についての技術紹介を行う。

2-1. 高品質・低コストを両立する電池モジュールの実現

前述の開発の狙いを達成するため、ゴルフカー用途に適したLFP電池モジュールを開発した(図1-1)。LFP電池はレアメタルを使用せず、鉄やリンといった豊富に存在する資源を用いることで、低コストかつ安定した調達が可能である。さらに、性能・強度面および品質管理面においても、あらゆるゴルフコースやプレイスタイルに対応可能な高い信頼性を実現しており、これにより本電池モジュールをゴルフカー用途に最適な仕様へ仕上げた。

この高い信頼性を支えるために、性能・強度面に関する具体的な取り組みを行った。まず、ゴルフカーの走行データを分析した結果、コース路による頻繁な加減速や長時間連続走行が電池に与える影響が大きいことが判明した。これに対応するため、電池セルの選定においては高い電流供給と回生性能を重視しながら、容量保持性能を優先した設計方針を採用した。また、

走行中の振動や衝撃に耐えるため、モジュール構成部品の構造設計を行い、目標の耐久性を実現した。さらに、走行時および保管時の状態を正確に監視・制御するため、実測およびシミュレーションにより電池モジュールの温度分布を把握した(図1-2)。特定の電池セルにサーミスタを直接取り付けることで、温度ばらつきを抑えつつ、正確な温度計測機能を組み込んだ。これにより、性能面および強度面の最適な開発目標として設定し、電池モジュールの高性能と高信頼性設計を進めた。

性能・強度面だけでなく、安定した品質を確保するための体制整備にも注力した。調達部門・品質部門・電池セルメーカーと連携し、設計および製造段階においてFMEA およびFTAを活用し、潜在的な故障モードの洗い出しと対策を実施した。さらに、特殊特性項目の策定や検査方法の協議を開発初期から行い、品質管理体制について協議を重ねた。

これらの取り組みにより、性能・強度面と品質管理面の双方において、ゴルフカーに最適な電池モジュールを実現した。今後は、本開発で得られた成果をもとに、品質とコストの両立を図りつつ、LFP電池モジュールを今後の電動化における中核技術の一つとしてさらに展開していく方針である。

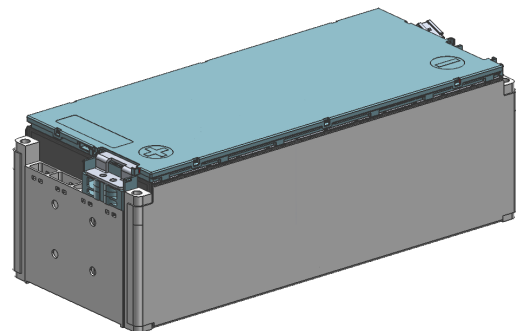


図1-1 電池モジュール

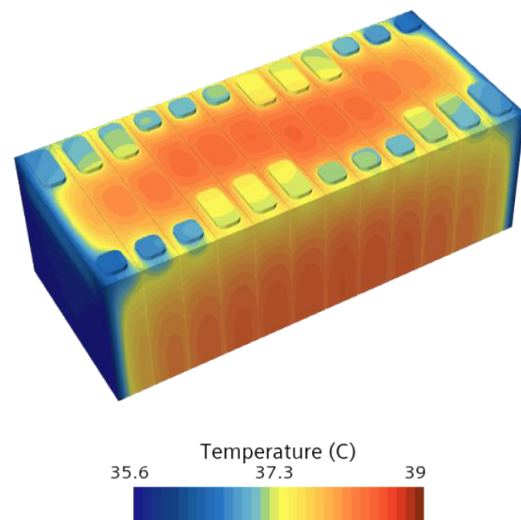


図1-2 電池モジュールの温度分布シミュレーション

2-2. 筐体部品と配索仕様の最適化設計

本開発では、筐体および配索仕様において電池を保護し、性能を最大限に発揮させるため、以下の3点を中心に最適化設計を行った。

2-2-1. 容量違い電池パック部品の共通化

車両ラインナップに応じて2仕様の電池パックを並行して開発した。電池モジュールやバスバーと呼ばれる導電部材の配置を工夫し、固定点の差異を最小限に抑えることで、電池パック全体の部品点数のうち95%以上の共通化を実現した(図2-1、図2-2)。

2-2-2. 板金筐体の採用

電池パック筐体は、プレス部品の多用と各締結点の最適化により、高張力鋼板を組み合わせることで軽量かつコンパクトな構造を実現した。剛性についてはシミュレーションにて強度が必要な箇所を明確化し、該当部位に集中して材料変更および剛性形状を織り込むことで、車両の振動や衝撃に耐え電池を保護できる強度を的確に確保する設計とした。

2-2-3. 大電流配線のバスバー化

大電流が流れる配線経路では発熱が危惧されるため、ケーブルに対して表面積が広く放熱性の高いバスバーを選定した。想定電流に応じた断面積の設定により発熱を抑制し、周辺部品の適切な耐熱グレードを設定することで、仕様の最適化を実現した。

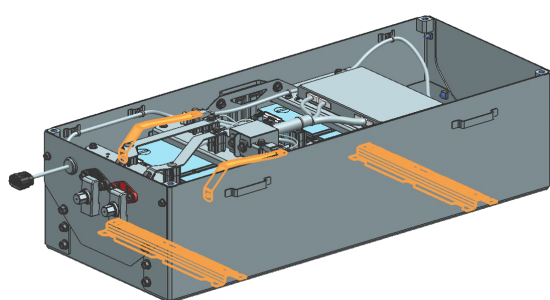


図2-1 4kWh 電池パック 共通部品 (橙色以外共通)

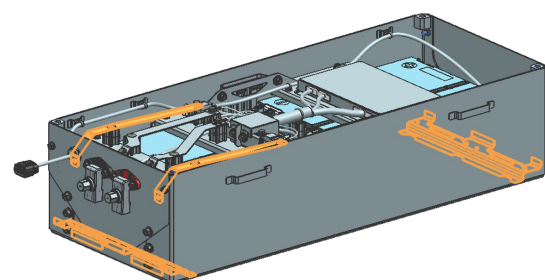


図2-2 6kWh 電池パック 共通部品 (橙色以外共通)

2-3. LFP 電池制御技術

現在、車載用途においてシェアを拡大しつつある LFP 電池に対応した電池制御ロジックおよび制御システムの技術開発は不可欠であった。そこで、電池制御システムの先行開発技術の応用と社内での電池評価技術の活用を踏まえ、限界利益の向上を主眼に内製開発を行った。特に商品性に寄与する充電率および劣化率の算出について、制御技術に加え、実電池による試験データの収集が重要な要素となるため、本項ではそれらの取り組みを紹介する。

リチウムイオン電池の充電率は、環境温度および放電速度(レート)に応じて変化する放電可能な電力量を基に算出される。様々な充放電試験結果から、LFP 電池向けの温度とレートの相関係数を導出し、これに基づく充電率の推定制御を新たに組み込んだ(図3-1)。

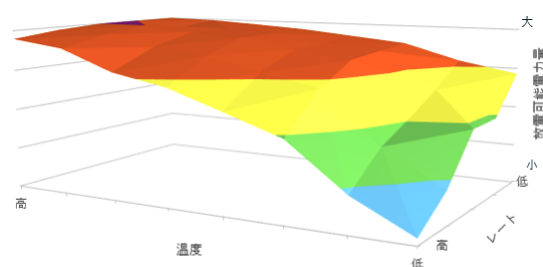


図3-1 LFP 電池向け放電可能電力量

リチウムイオン電池の劣化は、充放電の繰り返しによる劣化と保管による劣化の二種類に大別され、それぞれが環境温度などの使用状況に応じて影響度が変化する。膨大なサイクル試験および保存試験のデータを解析し、LFP 電池向けにサイクル数、環境温度、使用頻度、充電率を用いた多軸の劣化係数を導出する制御を開発した(図3-2、図3-3)。

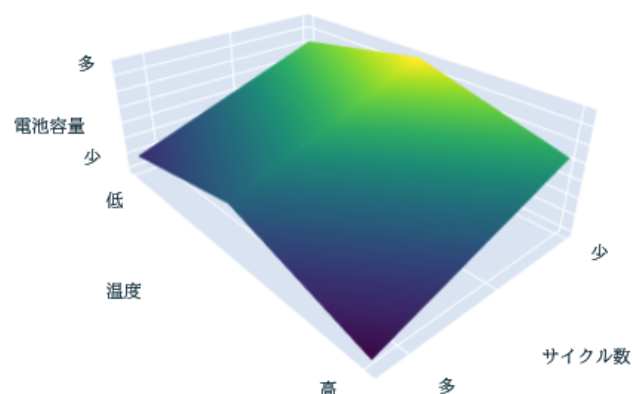


図3-2 LFP 電池向け充放電の繰り返しによる劣化率

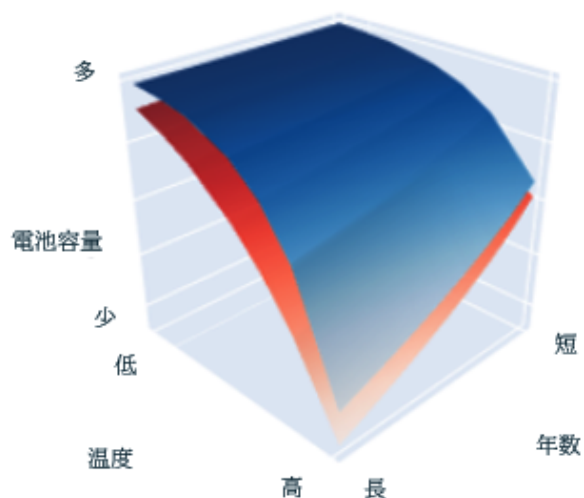


図3-3 LFP 電池向け保管による劣化率
(青:高充電率、赤:低充電率)

これらの制御により、幅広い気温条件下のゴルフ場や多様なゴルフカーの使用状況に対応した、充電率および劣化率の推定が可能となった。

さらに、品質確保のため、基板製造およびパック組立の各工程に対応可能な共通の工程完成検査機能を組み込んだ。これにより、的確な機能検証を実施することで、開発工数の削減と品質向上の両立を実現した。

2-4. 電池制御システムの基板設計

本項では、前項の制御ロジックを実装するマイコンを搭載した基板設計の狙いと取り組みについて紹介する。

電池制御システム ASSY (図4-1) の回路基板は、低コスト化を目的として2層基板で設計した。2層化に伴う課題として、以下の点が挙げられる。

- 1) 基板サイズの大型化による機械強度の低下
- 2) グランドプレーンの省略によるノイズ耐性の低下

1)への対応として、基板の共振点解析技術を導入した。これにより、基板固定点の最適化および穴数の最小化を図り、生産組立時の工数削減を実現した。

2)への対応として、外来ノイズの影響を低減するため、基板の電源を電池パック自身からの内部供給とした(図4-2)。この構成により待機時の消費電流が増加する課題が生じたが、マイコンを活用した基板設計技術と漏れ電流を徹底的に排除する回路設計によって、課題の解決を行った。

また、本基板は限界利益の向上を目的として、既存の設備工程を活用する内製手段を選択した。「遠州森町工場(旧ヤマハ

モーターエレクトロニクス株式会社)」での生産にあたり、品質向上を図るべく、開発初期段階から森町製造部の各部門(生産技術、品質保証、調達部門等)と連携し、製造要件の事前設計織り込みを実施した。さらに、検査要件への円滑な対応を実現するとともに、電子部品の低コスト化や長期的な供給保証などの課題解決に取り組み、高品質な基板の安定供給を実現した。



図4-1 電池制御システム ASSY 写真

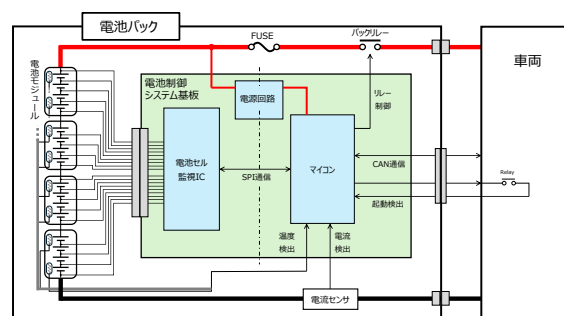


図4-2 電池システムブロック図

2-5. 電池検査およびパック組立ライン構築技術

全数品質保証の重点目標として、電池パック組立ラインの構築を行った。

特に、量産タクトタイム内において電池モジュール内部の異常を全数検査するため、高速パルス診断法※という検査手法を導入した。導入に際して課題となっていた電圧への対応およびノイズ除去については、エンネット株式会社の協力のもと、本電池に適したソフトウェア開発を行い、解決を図った。この検査手法を組み込んだ自動検査装置の製作により、量産タクトタイム内での全数検査が可能となった(図5)。



図5 電池検査パック組立ライン

さらに、生産されたすべての電池パックに対して、電池モジュール製造メーカーの測定データおよび社内生産での測定データ、ゴルフカー製造シリアルとの紐づけを行い、トレーサビリティを確保した。これにより、市場の使用状況に応じた今後の車体開発や電池パック開発への活用が期待される。

※高速パルス診断法とは、電池内部の正極、負極、電解液といった部位ごとの異常を数分で測定できる手法である。

出典：エンネット株式会社 | 電池、デバイスおよび関係材料の開発 <https://energy.net.co.jp/>

3 おわりに

当社の設計技術および製造技術を融合することで、内製化による高い性能、品質、信頼性とコストの両立を成す競争力の高い電動ゴルフカー向け駆動用リチウムイオン電池パックの商品化を実現した。この成果は、開発部門のみならず、社内外の製技が一体となって電動技術の具現化に挑んだ結果であり、部門の垣根を越えた協働の賜物である。

今後も電動技術を磨き続け、お客さまの期待を超える新たな価値を提供し、カーボンニュートラルへの貢献を目指した技術開発を継続する。新技術・新製品・電動モビリティが描き出す当社の未来に、引き続きご期待いただきたい。

■ 著者



長澤 佑樹
Yuki Nagasawa
パワートレイン開発本部
電動開発統括部
パワーサプライ開発部



宮崎 敏典
Toshinori Miyazaki
パワートレイン開発本部
電動開発統括部
パワーサプライ開発部



香田 昌伸
Yoshinobu Koda
パワートレイン開発本部
電動開発統括部
パワーサプライ開発部



安藤 羅崇汰
Rasuta Ando
パワートレイン開発本部
電動開発統括部
パワーサプライ開発部



竹内 祐哉
Yuya Takeuchi
パワートレイン開発本部
電動開発統括部
パワーサプライ開発部



宮田 明典
Akinori Miyata
品質保証本部
ランドモビリティ品質保証統括部
製品品質保証部



程 再冉
Zairan Cheng
パワートレイン開発本部
電動開発統括部
パワーサプライ開発部



三輪 千夏
Chinatsu Miwa
パワートレイン開発本部
電動開発統括部
パワーサプライ開発部



笹本 侑紀
Yuki Sasamoto
パワートレイン開発本部
電動開発統括部
パワーサプライ開発部



藤原 一樹
Kazuki Fujiwara
パワートレイン開発本部
電動開発統括部
パワーサプライ開発部



田中 洋充
Hiromichi Tanaka
ヤマハモーターパワープロダクツ(株)
工場技術部