

マイルドハイブリッド車用 24 V SCiB™ バッテリーパック

24 V SCiB™ Battery Pack for Mild Hybrid Electric Vehicles

村上 学 MURAKAMI Manabu 鈴木 盛雄 SUZUKI Morio 正岡 敏彦 MASAOKA Toshihiko

マイルドハイブリッド車は、エンジンによる走行を補助する低電圧のモーターを用いて、車両減速時に補助電源に貯蔵した回生エネルギーを、電装機器の電源とするだけでなく駆動力としてリサイクルすることで、コスト上昇を抑えつつ燃費の改善を図ることができる。

東芝は、車両減速時の回生エネルギーを効率的に回収・貯蔵し、車両電源として活用する車載用補助電源として、リチウムイオン二次電池 SCiB™ を供給し、車両の二酸化炭素 (CO₂) 排出量の削減や燃費の向上に貢献している。今回、環境規制強化に伴い自動車の電動化が拡大する流れを踏まえ、入出力特性を強化した 10 Ah SCiB™ セルを適用したマイルドハイブリッド車用 24 V SCiB™ バッテリーパックを開発した。このバッテリーパックは、優れた入出力特性や、車室外設置可能なパッケージング、高い安全性などが評価され、マツダ(株)が2019年5月にリリースした新型 MAZDA3 に採用された。

Mild hybrid electric vehicles (MHEVs) are driven by a gasoline engine under normal driving conditions and a low-voltage electric motor that serves only to assist the gasoline engine under low-speed or acceleration conditions. MHEVs offer improved fuel consumption at low cost by making effective use of regenerative energy during deceleration.

Toshiba has been supplying SCiB™ rechargeable lithium-ion batteries as an auxiliary power source for automobiles, thereby contributing to the reduction of carbon dioxide (CO₂) emissions and improvement of fuel consumption. In line with the global trend toward the electrification of automobiles to comply with increasingly stringent environmental regulations, we have now developed a 24 V SCiB™ battery pack for MHEVs using 10 Ah SCiB™ cells with enhanced input-output power characteristics. In Japan, this battery pack has been adopted in the Mazda3 released by Mazda Motor Corporation in May 2019, following its evaluation as a package with appropriate performance for installation outside of the vehicle compartment that provides superior input-output power characteristics as well as high safety.

1. まえがき

東芝の SCiB™ では、軽自動車などの補助電源として、高出力タイプの 2.9 Ah SCiB™ セルが広く普及している⁽¹⁾。環境規制強化に伴って、自動車の電動化の流れを踏まえ、当社は、入出力特性を更に強化した 10 Ah SCiB™ セルの量産を開始している^{(2), (3)}。今回、10 Ah SCiB™ セルを活用したマイルドハイブリッド車用 24 V SCiB™ バッテリーパック（以下、バッテリーパックと略記）を開発し、2019年5月に国内発売された、マツダ(株)の“MAZDA3”（**図1**）のマイルドハイブリッド車に採用された⁽⁴⁾。

マイルドハイブリッド車は、エンジンによる走行を補助する低電圧のモーターを用いて、補助電源に貯蔵した回生エネルギーを電装機器の電源とするだけでなく、エンジン再始動時の駆動力としてリサイクルすることで、コスト上昇を抑えつつ燃費の改善を図ることができる。補助電源として搭載されるバッテリーパックは、車両減速時の回生エネルギーを回収・貯蔵し、そのエネルギーを 24 V 電源として使用するこ



図1. バッテリーパックを搭載した MAZDA3 のマイルドハイブリッド車
バッテリーパックは、車体のフロア下部に設置され、車両減速時の回生エネルギーを回収・貯蔵し、24 V 電源として使用する。
Mazda3 equipped with 24 V SCiB™ battery pack

とで、CO₂ 排出量削減や燃費向上に貢献するとともに、車室外設置可能なパッケージングや高い安全性を併せ持つものである。

バッテリーパックの開発では、10 Ah SCiB™ セルが持つ高い安全性を生かすのに加え、車室外設置に伴う実用安

全性確保のため、外装に強度や、軽量化、量産性などの要件を満たすアルミニウム合金ダイカストADC12^(注1)を採用し、衝突などの事故に対する安全性を確保した。その結果として、車載用リチウムイオン電池のUNECE（国連欧州経済委員会）のR100（電動パワートレインの特定要件に係る、車両の認可に関する統一協定期則）におけるREESS（Rechargeable Energy Storage System）の部品認証を取得している。また、開発プロセス全体として、自動車分野の機能安全規格であるISO 26262（国際標準化機構規格26262）にも対応した。

ここでは、このバッテリーパックの主な特長と技術アプローチについて述べる。

2. バッテリーパックの仕様と構成

バッテリーパックの基本仕様及び外観を図2に、ブロック図を図3に示す。バッテリーパックは、10 Ah SCiB™セルや、SCiB™の保護などの機能を持つ制御基板などの内



(a) 外観

項目	仕様
公称容量	10 Ah
公称電圧	2.4 V
出力性能	1,800 W (SOC50%, 25℃, 10s)
入力性能	1,500 W (SOC50%, 25℃, 10s)
外形寸法	約116(幅)×22(奥行き)×106(高さ)mm
質量	約510g

(b) 10 Ah SCiB™セルの主な仕様

項目	仕様
構成	10 Ah SCiB™セル×9直列
公称電圧	21.6 V
公称容量	10 Ah
外形寸法	177(幅)×800(奥行き)×55(高さ)mm
質量	約9.5 kg

(c) バッテリーパックの主な仕様

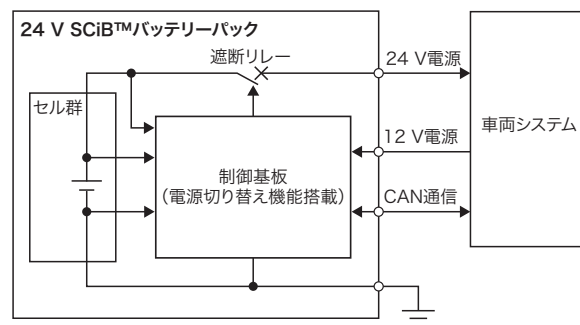
SOC : State of Charge (充電状態)

図2. 10 Ah SCiB™セルとバッテリーパックの主な仕様

バッテリーパックは、10 Ah SCiB™セルや、制御基板などの内蔵部品と、ADC12の外装ケースで構成されている。

Main specifications of 10 Ah SCiB™ cell and 24 V SCiB™ battery pack

(注1) アルミニウム合金ダイカストの記号の一つ。JIS H 5302（日本産業規格 H 5302）で規定されている。



CAN: Controller Area Network

図3. 24 V SCiB™バッテリーパックのブロック図

制御基板は、セル電圧、温度、及び電流を計測し、バッテリーパックが危険事象に至らないように、保護機能や故障検知機能を備えている。

Block diagram of 24 V SCiB™ battery pack

蔵部品と、ADC12の外装ケースで構成される。制御基板では、セル電圧、温度、及び電流を計測しており、バッテリーパックが危険事象に至らないように、保護機能や故障検知機能を持つ。バッテリーパックに10 Ah SCiB™セルを採用することにより、公称電圧21.6 V（9セル直列構成）で車両とのマッチングが可能となった。

3. バッテリーパックの特長

3.1 安全性

今回のマイルドハイブリッド車は、SCiB™特有の高い安全性と高入出力特性を兼ね備えた10 Ah SCiB™セルを搭載することでバッテリーパックの安全性を確保した。また、バッテリーパックと接続される周辺デバイス（DC/DCコンバーター（直流直流変換器）や発電機など）への負荷軽減に寄与するため、高効率でコンパクトなマイルドハイブリッドシステムの実現及び燃費の改善ができる。

また、安全性を確認するために、バッテリーパックが車両に搭載された状態で、故障検知機能が動作せずに過充電状態となった場合のワースト条件として、車両側から印加される可能性のある約35 V（使用電圧範囲上限の約140%）で1時間のCV（定電圧）充電試験を実施した。充電中に顕著な温度上昇はなく、周囲温度はバッテリーパック表面温度とともに30℃近傍で推移した。また、充電後24時間の放置においても、バッテリーパック外観の変化や、異臭、発火、発煙など安全性を損なう事象は確認されなかった。この結果から、バッテリーパックが過充電された場合でも、安全性を確保できることが確認できた。

3.2 冷却機構

バッテリーパックが限られたスペースに搭載される条件下で、アンダーカバーに設けられた通風孔からの走行風により

必要な冷却性能を得るため、バッテリーパックの熱解析モデルでの解析と実試験で相関分析を実施しながら熱特性を改善した。その結果、積極的な冷却機構を設けることなく、走行風による自然冷却だけで熱要件を満足できた。

3.3 電源切り替え機能

バッテリーパック制御基板は、車両側の12V電源から給電されることで起動するが、何らかの理由でこの電源が給電不能となった場合には、制御基板が動作不能となる。そのため、12V電源の挙動に対するバッテリーパックの耐性を確保する目的で、制御基板に電源切り替え機能を搭載した。この機能は、万が一12V電源が途絶した場合でも、バッテリーパックが危険事象に至らないように、遮断リレーを開状態にする重要な役割を果たす。

図3に示したバッテリーパックの構成において、電源切り替え機能を搭載する制御基板には、セル群の出力電圧と、車両システムからの12V電源が供給されることになる。制御基板は、車両から供給される12V電源の有無を判断する機能を持つ。車両システムからの12V電源の供給が停止した場合には、供給元を12V電源からセル群の出力電圧へ自律的に切り替える。この遮断リレーの動作は、制御基板によって制御される。

このことにより、12V電源からの電源供給が停止した場合でも、制御基板の動作を継続させることができ、安全に車両システムからバッテリーパックを切り離すことが可能となる。

3.4 電圧検出方式

バッテリーパックは、車体のフロア下の限られた空間に設置する必要があり、10Ah SciB™セルや制御基板などの構成部材のレイアウトに制約があった。そのため、従来のセル間バスバーに中継基板をボルト締めしてセル電圧を検出する方式に代えて、セル間バスバーに直接電圧検出用ワイヤ端子をはんだ付けする方式を採用した。このはんだ付けの量産品質を確保するために、断面解析などによるぬれ性評価を実施した。

3.5 ファームウェアのテスト環境構築

車載製品の開発では、車両システム側からの多岐にわたる要求に対し、品質を確保しながら設計・実装・評価のサイクルを短期間で回すことが求められる。

このためには、バッテリーパック外部の12V電源や、イグニッション、CAN (Controller Area Network) 通信などのI/F (インターフェース)、セル状態 (電圧、温度、電流) 変化のタイミング検証による品質の確保、及び車両システム側からの追加・変更要求に対してリリースごとに実施するリグレッションテストの時間短縮が必要であり、これらに対応するため、ファームウェア総合試験用に自動化テストシ

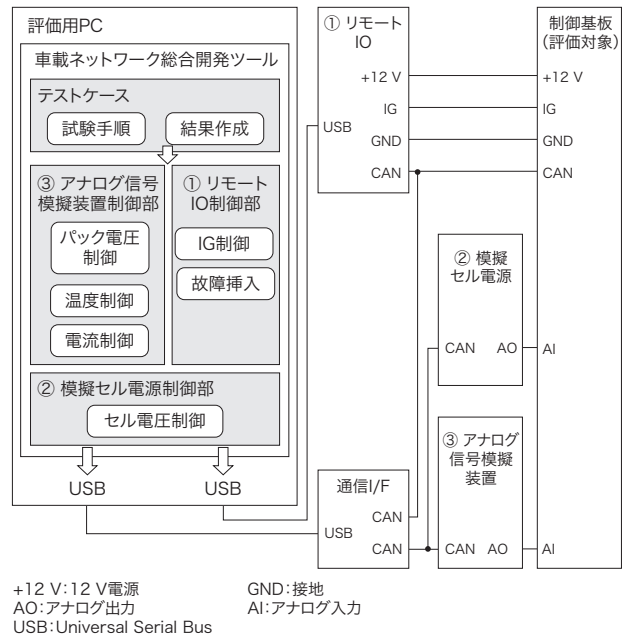


図4. ファームウェア総合試験用自動化テストシステムの構成

バッテリーパックの車載製品としての品質確保やリグレッションテストの時間短縮のため、自動化テストシステムを構築した。

Configuration of automated test system for charge controller firmware integration test

ステムを構築した (図4)。

このシステムは、評価対象の制御基板への入力模擬として、①12V (電源)、IG (イグニッション)、及びCAN (通信) を模擬するリモートIO (入出力)、②セルを模擬する模擬セル電源、③アナログ信号 (バッテリーパックの電圧・温度・電流) を模擬するアナログ信号模擬装置、及びこれらを制御する通信I/F、評価用PC (パソコン) で構成される。評価用PCに車載ネットワーク総合開発ツールを導入することで、自動化テストシステムを構成する装置は、全てこの開発ツール上のプログラムから一括して制御できる。開発ツール上のプログラムで、ファームウェアの試験手順、試験結果作成を行うことで、試験の自動実行を可能とした。

これらにより、12V電源、イグニッション、CAN通信、及びセル状態変化タイミングに対する動作検証を可能にするとともに、リグレッションテスト (ソフトウェア変更に伴う影響確認) に要する時間を大幅に削減した。

3.6 車室外設置への対応

3.6.1 防水機能

バッテリーパックでは、外装ケース (上下) 間、主回路端子部、及びインターフェースコネクタ部のそれぞれで防水処置を施し、車両システムから求められる防水耐性を実現した。その実現に際しては、車両システムからの要求仕様

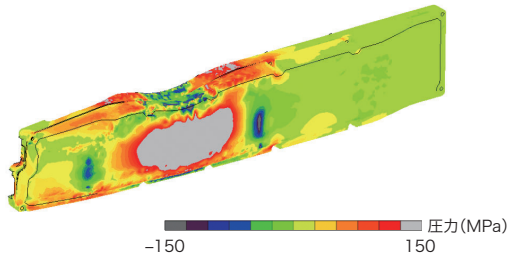


図5. 圧壊試験時の電池パックに掛かる応力分布と変形状態のシミュレーション結果の一例

シミュレーション解析と実試験との相関分析により、目標の耐衝突性能を実現した。

Example of result of stress distribution and deformation analyses assuming battery pack subjected to crush test

に合致するための試験（熱衝撃や、振動、温湿度サイクル、塩水噴霧、塩水浸漬（しんせき）、高温高湿、高温耐久、浸水、高圧洗車（IP^(注2)X9K）、塵埃（じんあい）など）に対しての必要不可欠なパラメーターを抽出し、各部位に適した封止手法を選定した。

3.6.2 防錆（ぼうせい）機能

バッテリーパックの外装ケースには防錆処置が必要で、カチオン電着塗装を施している。アルミニウム合金ダイカスト素材へのカチオン電着塗装は、素材表面の残存成分（離型剤や油分など）による塗膜密着性の低下が懸念されたが、塗装時の前処理工程で特殊処理を実施して残存成分を除去するとともに、耐食性皮膜を形成し、要求性能を実現できた。

3.6.3 衝突安全機能

バッテリーパックは、車体のフロア下部の空間に設置されるため、衝突などに対して高い安全性が必要となる。衝突安全性については、UNECEのR100におけるREESS部品認証の要求があった。開発の初期段階から3D（3次元）モデルでのシミュレーション解析（図5）と、バッテリーパックを用いた実試験との相関分析を実施することで、目標の耐衝突性能を実現した。

4. あとがき

マイルドハイブリッド車の環境性能の実現に貢献するバッテリーパックの特長と技術について記載した。このバッテリーパックは、2018年11月から量産を開始している。

今回の開発や量産の経験・実績を踏まえ、今後ますます増えていく自動車などへの電動化技術の導入に合わせて、SCiB™の技術開発と提案活動を継続し、環境性能の向上

(注2) JIS D 5020で規定される、自動車部品の保護等級。

に貢献していく。

謝辞

今回のバッテリーパック開発にあたり、多大なご協力をいただいたマツダ(株)の関係各位に、深く感謝の意を表します。

文献

- (1) 東芝インフラシステムズ. 産業用リチウムイオン電池 東芝二次電池 SCiB™. 東芝インフラシステムズ. 2019, 8p. <https://www.scib.jp/download/SCiB_toshiba.pdf>, (参照 2019-07-31).
- (2) 猿渡秀郷, 山本 大. アイドリングストップ車・マイクロHV向け二次電池 10 Ah級SCiB™. 東芝レビュー. 2016, 71, 2, p.44-47.
- (3) 村司泰章, 矢嶋 亨. CO₂排出量の削減に寄与する高入出力型のリチウムイオン二次電池 10 Ah SCiB™. 東芝レビュー. 2017, 72, 3, p.65-68. <https://www.toshiba.co.jp/tech/review/2017/03/72_03pdf/f06.pdf>, (参照 2019-07-31).
- (4) 吉田勝正, ほか. 新型MAZDA3 M Hybrid デバイス開発. マツダ技報. 2019, 36, p.71-77.



村上 学 MURAKAMI Manabu
電池事業部 電池システム開発部
Battery System Development Dept.



鈴木 盛雄 SUZUKI Morio
電池事業部 電池システム応用技術部
Battery System Application Engineering Dept.



正岡 敏彦 MASAOKA Toshihiko
電池事業部 電池システム応用技術部
Battery System Application Engineering Dept.