

48 Vから300 V級ハイブリッド車に対応可能な5 Ah SCiB™モジュール

5 Ah-Class SCiB™ Module Providing Hybrid Vehicle Power Sources Ranging from 48 V Battery Module to Battery Systems of up to 300 V Class

岡部 令 OKABE Ryo 吉川 知秀 YOSHIKAWA Tomohide 篠原 尚人 SHINOHARA Naoto

自動車業界では、自動車の排出ガスに含まれる二酸化炭素(CO₂)の更なる排出量削減が世界的な規模で求められており、メーカー各社は48 Vマイルドハイブリッド技術で車両コストの上昇を抑えつつ燃費の改善を図っている。

東芝は、車載用補助電源として5 Ahクラスのリチウムイオン二次電池 SCiB™セルを採用した48 V SCiB™モジュールを開発し、テストサンプルの提供を開始した。小型・軽量で高入出力特性を実現し、エンジンから発生するエネルギーと減速時に発生する回生エネルギーを有効活用することが可能で、48 Vから300 V級のバッテリーシステムを構成でき、省電力に有効な高電圧化が図れるスケーラビリティを備えている。

In line with the global trend toward the further reduction of carbon dioxide (CO₂) in vehicle exhaust gas emissions, automobile manufacturers have recently been making efforts to promote the development of technologies for 48 V mild hybrid vehicles with appropriate performance to improve fuel consumption while reducing costs.

Toshiba Corporation has developed a 48 V SCiB™ rechargeable lithium-ion battery module with compact, lightweight, and high input-output power characteristics using 5 Ah-class SCiB™ cells as an auxiliary power source for automobiles, and commenced the delivery of trial products to customers. This battery module makes effective use of energy generated by the engine and regenerative energy produced during deceleration, and has sufficient scalability to operate not only as a 48 V battery module but also to realize battery systems of up to the 300 V class for further energy saving through the connection of multiple battery modules in series.

1. まえがき

気候変動枠組条約に関する京都議定書が1997年に採択されて以降、大気中のCO₂濃度を一定に保つことを目指した施策が急速に推し進められている。2015年のCOP21(国連気候変動枠組条約第21回締約国会議)の温室効果ガス削減に関する国際的取り決めの合意を受け、欧州では、2021年における自動車の走行距離当たりのCO₂排出規制値を、2015年規制値の130 g/kmから約30%削減となる95 g/kmとする目標を掲げている⁽¹⁾。このような背景から、欧州を含む自動車メーカーは、CO₂排出量削減のため、これまで主流であったアイドリングストップ(ISS)車や12 Vマイクロハイブリッド車に対し、電気自動車(EV)、プラグインハイブリッド車(PHEV)、及びハイブリッド車(HEV)の比率を上げることを検討している。東芝のリチウムイオン二次電池 SCiB™は、ISS車や、12 Vマイクロハイブリッド車、24 Vマイルドハイブリッド車などに採用され、燃費改善に貢献してきた⁽²⁾⁻⁽⁴⁾。2021年以降のCO₂排出量規制は、ISS車や12 Vマイクロハイブリッド車の比率を上げるだけでは達成困難であることから、自動車メーカー各社、特に欧州の自動車メーカーでは、よりCO₂排出量削減効果が高い

車種として、補助電源に48 Vバッテリーを採用した48 Vマイルドハイブリッド車の開発を進めている。当社は、これらの車種の車載バッテリーに適用可能な、高エネルギー密度と高入出力特性を両立させた5 Ahクラス SCiB™セル(図1)を開発し、そのCO₂排出量削減効果を検証してきた^{(5), (6)}。一方、更なる効率化のために、自動車メーカーによっては、同一の出力でも電力ロスに直結する電流値を下げられることから、バッテリー出力の高電圧化の検討及び適用を行っている。バッテリーの出力電圧値は、メーカーによってより高い値を採用するケースもあるが、おおむね100~300 Vの範囲である。今回、この5 Ahクラスにおいて、48 Vから300 V級のバッテリーシステムを構成できるスケーラビリティを備えた車載向け48 V SCiB™モジュールを開発した。ここでは、その機能の概要と特長について述べる。

2. 48 V SCiB™モジュールの概要

48 V SCiB™モジュールの基本仕様及び外観を図2に、システムブロック図を図3に、それぞれ示す。48 V SCiB™モジュールは、5 Ah SCiB™セルや、制御基板などが、樹脂製外装ケースに内蔵された構成となっている。制御基板はセル電圧、温度及び充放電電流を計測しており、48 V

SCiB™モジュールが危険事象に至らないようにするための保護機能と故障検知機能を持つ。5 Ah SCiB™セルを採用し、



項目	仕様
容量	5 Ahクラス
入力性能	700 W (SOC 50%, 10 s, 25 °C)
出力性能	600 W (SOC 50%, 10 s, 25 °C)
サイズ	63 (幅) × 14 (奥行き) × 97 (高さ) mm
質量	約 160 g
公称電圧	2.3 V

SOC : State of Charge (充電状態)

図1. 5 AhクラスSCiB™セルとその主な仕様

5 AhクラスSCiB™セルは、1セルで700 Wの入力及び600 Wの出力が可能となり、20直列構成とすることで小型・軽量の48 Vバッテリーを実現できる。

5 Ah-class SCiB™ cell and its main specifications



項目	仕様
構成	5 Ah SCiB™セル×20直列
公称電圧	48 V
公称電流容量	5 Ah
最大入出力電力	9,200 W (SOC 50%, 25 °C)
外形寸法	360 (幅) × 84 (奥行き) × 125 (高さ) mm
質量	約 4.6 kg
体積入出力率	2,434 W/L (SOC 50%, 25 °C)
重量入出力率	2,000 W/kg (SOC 50%, 25 °C)

図2. 48 V SCiB™モジュールとその主な仕様

開発した48 V SCiB™モジュールは、1モジュールで9,200 Wの入出力が可能になっており、体積入出力率及び重量入出力率から、小型・軽量かつ高入出力であることが分かる。

48 V SCiB™ module and its main specifications

20直列構成とすることで小型・軽量の48 Vバッテリーを実現した。その特長について、次章で述べる。

3. 48 V SCiB™モジュールの特長

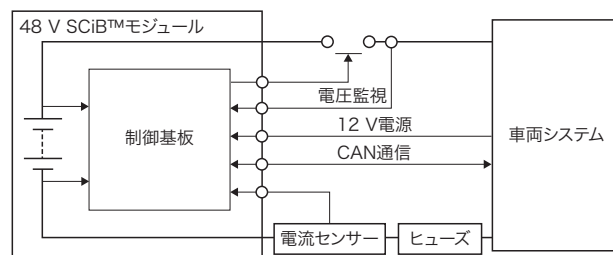
3.1 主回路電圧スケーラビリティ

2章で述べたとおり、48 V SCiB™モジュールは、単体で48 V出力のシステムを構成することが可能である。更に、同じ筐体(きょうたい)でセル電圧及び温度の測定機能だけを持つサブモジュールを直列に接続することにより、48 Vから300 V級のバッテリーシステムを構成できる主回路電圧のスケーラビリティを備える(図4)。

また、適用する主回路電圧に応じた主回路開閉リレー、電流センサー、ヒューズなど、標準コンポーネントを複数種類準備している。必要に応じて負極リレー及びプリチャージ回路を追加することも可能である。

3.2 AUTOSAR対応

48 V SCiB™モジュールのソフトウェア開発では、マイルド



CAN: Controller Area Network

図3. 48 V SCiB™モジュールを用いたシステムブロック図

制御基板はセル電圧、温度及び充放電電流を計測しており、48 V SCiB™モジュールが危険事象に至らないようにするための保護機能と故障検知機能を持つ。

Block diagram of in-vehicle 48 V SCiB™ module

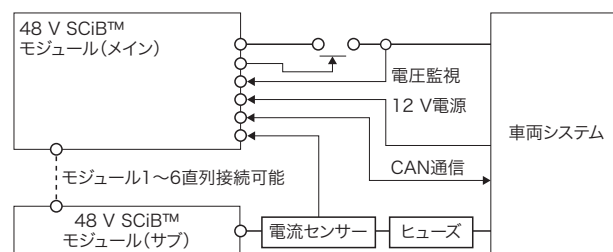


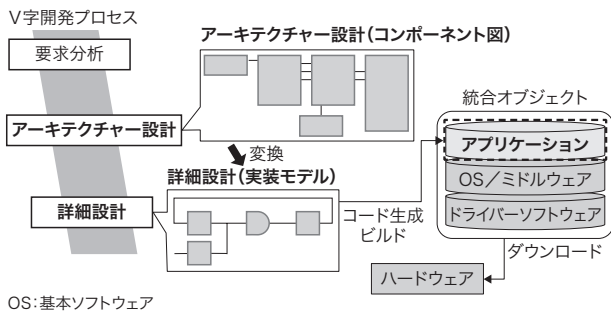
図4. 48 V SCiB™モジュールを用いた主回路電圧のスケーラビリティ

48 V SCiB™モジュールに、同じ筐体でセル電圧及び温度の測定機能だけを持つサブモジュールを直列に接続することにより、48 Vから300 V級までの主回路電圧のバッテリーシステムを構成できる。

Scalability of main circuit voltage of battery system using 48 V SCiB™ modules

ハイブリッド車を中心とした仕様が異なる車両への適用が可能な車載共通ソフトウェアを開発した。このソフトウェアの開発にあたっては、AUTOSAR規格に準拠した基本ソフトウェアを導入し、また、電池残量計算、バッテリー保護、及びセル電圧均等化制御を担うアプリケーションソフトウェアにモデルベース開発の技法を適用した(図5)。

また、アプリケーションソフトウェアは共通制御モデルと顧客依存モデルに分割し、共通制御モデルにおいては、モジュールのスケラビリティを確保するため、モジュール数や外部コンポーネント仕様をパラメーター方式で選択可能な構成とした。これにより、顧客ごとに異なる要求仕様に短納期で対応可能とした(図6)。



OS:基本ソフトウェア

図5. AUTOSAR規格に対応したモデルベース開発

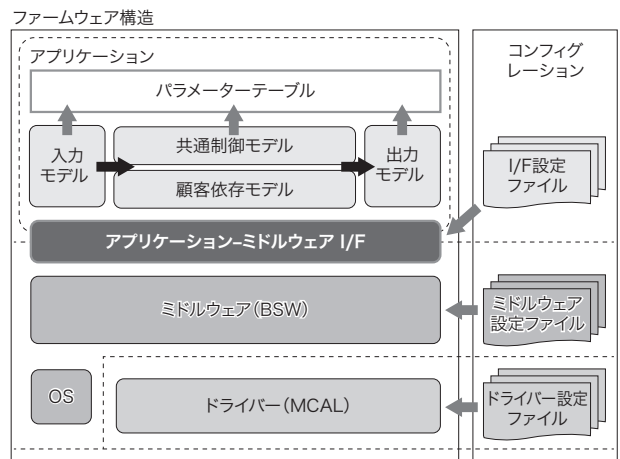
48 V SCiB™モジュールのソフトウェア開発では、車載機器業界標準のAUTOSAR規格に対応した、モデルベース開発の技法を採用した。V字開発プロセスとすることで、要求分析・アーキテクチャー設計及び詳細設計の作業レイヤーに分けることができ、再利用可能で効率的な設計・開発・評価ができる。

Model-based development processes implemented in compliance with AUTOSAR (AUTomotive Open System ARchitecture) standards

3.3 モデルベース開発を活用したファームウェアテスト環境の構築

ファームウェアの開発にモデルベース開発の技法を適用することで、HILS (Hardware In the Loop Simulator)を用いて、センサー出力値などを任意に設定可能なファームウェアテスト環境を構築することができる。テスト環境の構成を図7に示す。

この環境は、12 V電源、イグニッション信号、車両通

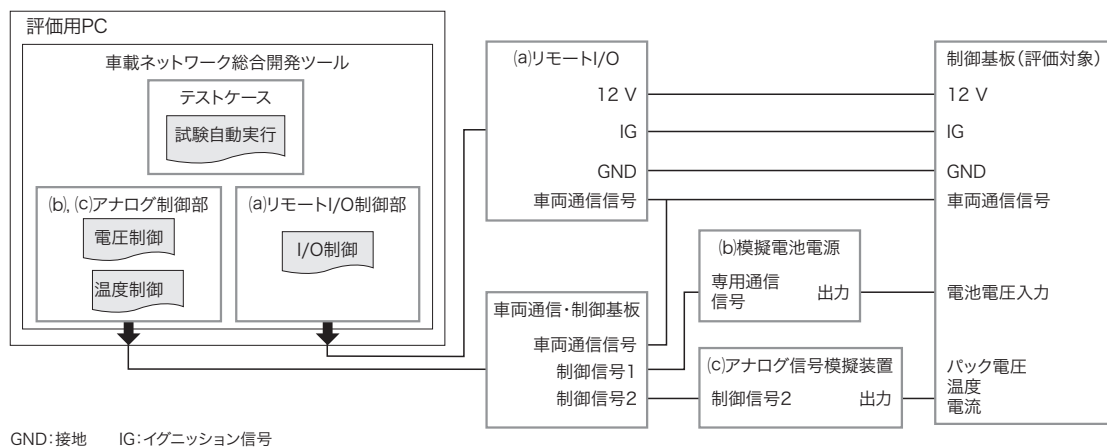


I/F:インターフェース BSW:Basic Software
MCAL:Microcontroller Abstraction Layer

図6. 48 V SCiB™モジュールのファームウェア構成

アプリケーションソフトウェアは、共通制御モデルと顧客依存モデルに分割して、共通制御モデルのモジュール数や外部コンポーネント仕様をパラメーター方式で選択可能な構成とし、顧客ごとに異なる要求仕様に短納期で対応できるようにした。

Firmware configuration of 48 V SCiB™ module



GND:接地 IG:イグニッション信号

図7. ファームウェア総合試験用自動化テストシステム

ファームウェア開発にモデルベース開発の技法を適用したことで、センサー出力値などを任意に設定可能なファームウェアテスト環境が構築でき、テスト全体に掛かる工数が、従来手法に比べて大幅に削減された。

Block diagram of automated test system for firmware integration tests

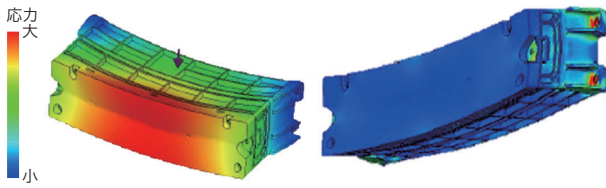


図8. 振動試験時の電池パックに掛かる応力分布と変形状態のシミュレーション結果の一例

耐環境性要求は、車両ベンダーや車格によって異なるが、シミュレーション環境を事前に整えておくことにより、短時間で新たな要求に対応できるようになる。

Example of results of stress distribution and deformation simulations of battery pack subjected to vibration tests

信信号を模擬するリモートI/O (Input/Output) (図7中の(a)), 電池セル模擬用電源 (図7中の(b)), パック電圧, 温度, 電流模擬用のアナログ信号模擬装置 (図7中の(c)), 及び評価用パソコン(PC)で構成される。評価用PCは、あらかじめ作成した車載ネットワーク総合開発ツールのスクリプトにより、模擬装置(a), (b), 及び(c)の制御やテストの条件入力・結果判定を自動で実行する。

これにより、スクリプト開発時間を考慮しても、テスト全体に掛かる工数は、従来の手法より大幅に削減された。

3.4 自動車搭載を考慮した耐環境性

48 V SCiB™モジュールは、耐環境性として、自動車搭載を考慮した耐振動性能及び耐衝撃性能が求められる。開発初期段階から3次元モデルを用いた応力分布のシミュレーション解析(図8)を実施し、要求性能を達成するための設計に活用した。また、実機を用いた評価試験を実施し、要求性能の達成を確認している。

4. あとがき

CO₂排出量削減効果が高い48 Vマイルドハイブリッド車の実現に貢献する48 V SCiB™モジュールを開発した。48 V SCiB™モジュールは2021年9月よりテストサンプルの提供を開始している。

48 V SCiB™モジュールを活用し、48 Vだけでなく300 Vまでの主回路電圧において、高い信頼性が求められる様々なアプリケーションの環境性能向上に貢献していく。

文献

- (1) 西野浩介, “戦略研レポート 世界の燃費規制の進展と自動車産業の対応”, 三井物産戦略研究所, <https://www.mitsui.com/mgssi/ja/report/detail/_icsFiles/afidfile/2017/03/15/170315i_nishino.pdf>, (参照 2022-07-11).
- (2) 猿渡秀郷, ほか, “アイドリングストップ車・マイクロHV向け二次電池 5 Ah級SCiB™”, 東芝レビュー, 2016, 71, 2, p.44-47.

- (3) 村司泰章, ほか, “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.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2017/03/72_03pdf/f06.pdf>, (参照 2022-07-11).
- (4) 村上学, ほか, “マイルドハイブリッド車用24 V SCiB™バッテリーパック”, 東芝レビュー, 2020, 75, 1, p.34-37. <https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2020/01/75_01pdf/f02.pdf>, (参照 2022-07-11).
- (5) 渡邊祐樹, ほか, “高エネルギー密度と高入出力を両立させた高性能HV向けリチウムイオン二次電池 20 Ah・5 Ah SCiB™”, 東芝レビュー, 2019, 74, 3, p.56-59. <https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2019/03/74_03pdf/f04.pdf>, (参照 2022-07-11).
- (6) 嶋川茂, “5 AhクラスSCiB™セルを用いた48 Vマイルドハイブリッド車のCO₂ 排出量評価用シミュレーション技術”, 東芝レビュー, 2020, 75, 4, p.16-20. <https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2020/04/75_04pdf/a05.pdf>, (2022-07-11).

・AUTOSARは、アウトザール・ゲゼルシャフト・ビュルゲルリッヒェン・レヒツの商標。



岡部 令 OKABE Ryo
電池事業部 電池システム開発部
Battery System Development Dept.



吉川 知秀 YOSHIKAWA Tomohide
電池事業部 電池システム開発部
Battery System Development Dept.



篠原 尚人 SHINOHARA Naoto
電池事業部 電池技術部
Battery Solution Engineering Dept.