

車載用電池パック向け機能材料の開発

芦田 桂子 若松 真理子 厨子 敏博

Development of Functional Materials for Vehicle Battery Packs

Keiko ASHIDA Mariko WAKAMATSU Toshihiro ZUSHI

Abstract

We have developed “Putty-like heat transfer material”, “Fire resistant rubber part” and “Fire resistant plastic” as components of battery packs for electric vehicles. The putty-like heat transfer material can be used to reduce the heat generated by the lithium ion batteries (LIB) in the vehicle battery pack. The Fire resistant rubber part can be used to prevent the spread of fire due to ignition of LIB. And the Fire resistant plastic is as follows, when this plastic is used for the lid material of the battery pack, it is expected that the generated flame will not be released to the outside of the battery pack even if the LIB in the battery pack ignites violently.

In this paper, we will introduce these three types of development products.

キーワード：軽量化，耐火，樹脂，伝熱，バッテリーパック

1. はじめに

政府が2050年までに脱炭素社会の実現を目指すことを宣言したことを踏まえ、経済産業省や関係省庁が中心となり、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン戦略」を策定した¹⁾。その中の「実行計画」では、自動車の電動化を推進し、遅くとも2030年代半ばまでに、乗用車新車販売で電動車（電気自動車（EV）、プラグインハイブリッド自動車（PHV）、ハイブリッド自動車（HV））100%を実現できるように、包括的な措置を講じるとされている²⁾。このような背景から、2030年に電動車の販売台数を大幅に増加する計画を掲げている国内自動車メーカーもある。さらに、海外においても、中国の環境車に対する補助金制度や、ヨーロッパの厳しい環境規制が追い風となり、電動車の普及は順調に進むものと見込まれる。

電動車は従来のガソリン車と構造が大きく異なる。例えばEVには駆動用バッテリーとして車載用電池パックが搭載される（図1）。そこで、電池パック部材として利用可能な部材として、伝熱パテ、耐火ゴムおよび耐火樹脂を開発した。本報ではこれら三種類の開発品を報告する。

なお本開発は、2019～2020年度 三菱電線工業株式会社との共同開発案件である。

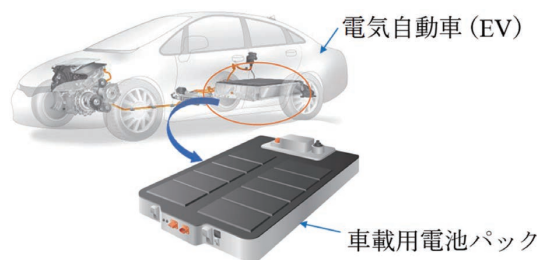


図1 車載用電池パック
Automotive battery pack

2. 車載用電池パック向け伝熱パテの開発

2.1 背景

車載用電池パックの多くは、図1に示したとおり、ホイールベース間の車体床下を埋め尽くすように搭載される。車載用電池パック内にはリチウムイオン電池（以下LIBと記載）が内蔵されている。LIBは、充放電する際に発熱する場合がある。この発熱によりLIBが劣化すると、電池寿命を損なうおそれがある。またLIBが異常発熱すると、充電速度が大幅に低下するという問題もある。

そこで、LIBの異常発熱を抑制するために、空冷方式や液冷方式による車載用電池パック内の温度コントロールが実用化されている。液冷方式の場合、例えば、車載用電池パック内を循環する冷却液によって冷やされた冷却板とLIBを接触させることにより、LIBの熱を取り除く設計がなされている。

冷却板と LIB を接触させた場合、それらの間に界面熱抵抗が生じる (図 2)。そのために、界面熱抵抗を低減して効果的に LIB の熱を除去したいという要求がある。この要求にこたえるために、LIB と冷却板の間に生じる界面熱抵抗を低減する材料を開発することとした。

2.2 伝熱パテの開発

LIB と冷却板の間に生じる界面熱抵抗を低減する方法の一つとして、それらの界面への伝熱シートの挿入が考えられる。しかしながら伝熱シートは LIB や冷却板との界面に対して、完全に追従して密着することは困難であり、界面に隙間が生じ、界面熱抵抗が生じる (図 3)。このために、LIB が十分に冷却できないことが問題であった。また、隙間低減を目的として押さえつけた場合、生じる圧縮反力によって LIB を損傷するおそれがあることも問題であった。

これらの問題を解決するために開発した伝熱材料が「伝熱パテ」である。伝熱パテは粘土状であり、そのために、相手材への形状追従性に優れる点が特徴である。相手材への形状追従性が良好であると、伝熱パテと、LIB や冷却板の界面に生じる界面熱抵抗を抑えることが出来る (図 4)。また、粘土状であるため、押さえつけた際の反力が伝熱シートよりも小さいことも期待される。

厚さ 3 mm の伝熱パテの外観を図 5 に示す。伝熱パテは粘土状のため、これに限らず所望の厚さ形状に成形可能である。

伝熱パテの基材主成分は炭化水素系ポリマーであって、シリコーンを使用していない。したがって、電気リレー

接点の不良原因となるおそれのある低分子量シロキサンを構成成分として含まないこととなる。このことから、伝熱パテを使用する際に低分子量シロキサン発生の配慮は不要である。

伝熱パテの代表特性を表 1 にまとめる。現在、さらに熱伝導率を高めた伝熱パテを検討中である。

2.3 まとめ

車載用電池パック内の LIB の異常発熱を抑制するための放熱補助剤として伝熱パテを開発した。粘土状であることにより相手材表面への形状追従性が良好であり、それゆえに界面熱抵抗を効果的に低減することが期待される。今後、車載用電池パックに限らず、各種発熱体に展開したい。

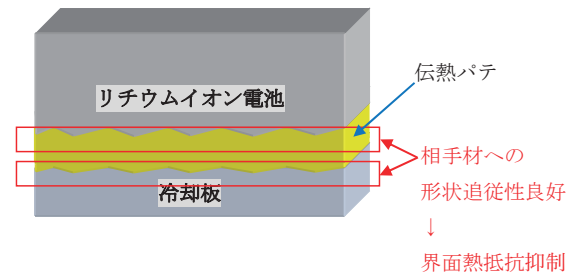


図 4 伝熱パテによる界面熱抵抗抑制

Suppression of interfacial thermal resistance by putty-like thermal interface materials

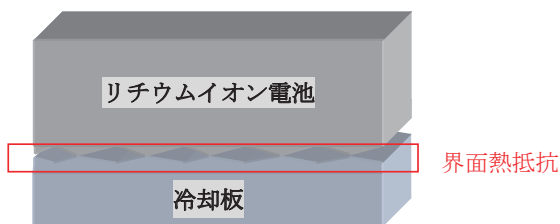


図 2 リチウムイオン電池と冷却板の間の界面熱抵抗
Interfacial thermal resistance between lithium ion batteries and cooling plates

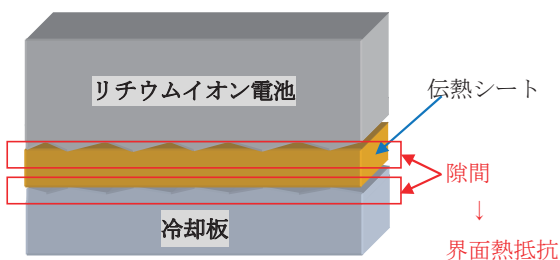


図 3 伝熱シートにより生じる界面熱抵抗
Interfacial thermal resistance generated by heat transfer sheets

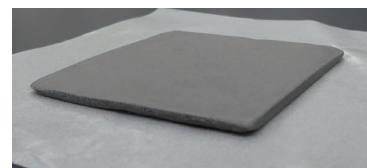


図 5 伝熱パテ

Putty-like thermal interface materials

表 1 伝熱パテの特性 (代表値)

Characteristics of putty-like thermal interface materials

	単位	特性値 (代表値)
密度	g/cm ³	1.8
軟度	—	54
絶縁体積抵抗	Ω · cm	1.5 × 10 ¹⁴
比誘電率	—	9.3
絶縁破壊電圧	kV/mm	12.8
難燃性	UL94 (0.75 mm)	V-0 相当
熱伝導率 (定常法 @50℃)	W/(m · K)	1.4

3. 車載用電池パック向け耐火ゴム部材の開発

3.1 背景

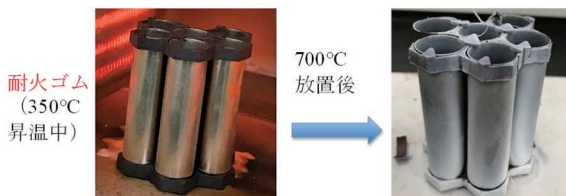
車載用電池パック内の LIB は、放熱補助が良好に行われなかった場合、熱暴走して発火するおそれがある。この発火により LIB ホルダーが焼損し、発火した LIB が転倒して隣接する他の LIB に延焼する可能性があり問題である。そこで LIB の発火によっても焼損しない LIB ホルダーを提供することを目的として、焼損しがたい耐火ゴム部材を開発することとした。

3.2 耐火ゴム部材の開発

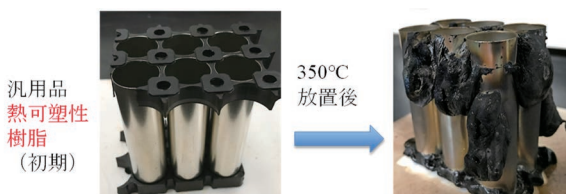
発火した LIB の転倒を防止するために、高温にさらされても形状を維持して発火セルを保持できる耐火ゴムを開発した。この耐火ゴムを用いた電池セルホルダーを作成して燃焼試験を実施した(図 6)。汎用の LIB ホルダーは熱可塑性樹脂で成形されており、その融点を超えると形状維持困難であった(図 6(2))。一方、開発した耐火ゴムを用いた電池ホルダーは、700℃に暴露しても LIB の固定部材として形状を維持できることを確認した(図 6(1))。

3.3 まとめ

LIB が発火した際の、隣接する電池セルへの延焼防止を目的とする耐火ゴム部材を開発した。700℃で燃焼後も固定部材として形状維持できることから、発火した LIB の転倒防止に寄与し、隣接する LIB への延焼を抑制するものと思われる。



(1)耐火ゴム製電池フォルダーの燃焼試験



(2)汎用電池フォルダー（熱可塑性樹脂）の燃焼試験

図 6 LIB フォルダーの燃焼試験

Combustion test of lithium ion battery folder

(1) Fire-resistant rubber folder

(2) General folder (Thermoplastic resin)

4. 車載用電池パック向け耐火樹脂の開発

4.1 背景

EV の普及に向けて解決すべき重要な課題として、EV の航続距離が短いことが挙げられる。

航続距離延伸のために車体の軽量化は不可欠であり、従来金属であった部品の樹脂への代替が進められている。一方で、EV に搭載されている LIB は航続距離延伸や充電回数減を目的に、高エネルギー密度化、小型化、軽量化が進められてきた。これにより発火時の危険性は近年ますます高まっている。

LIB セルには構造上故意に脆弱部（例えば安全弁）が設けられている。熱暴走時にはこの脆弱部から火炎や高圧ガスを噴出させることでセルの破裂を防止する。この脆弱部から噴射される高温高圧のガスや火炎は 1000℃を超えることもあり、これによって使用者や周辺部品に二次被害が生じるおそれがある。

以上の背景から、車載用電池パック筐体は大型であり軽量化の寄与度は高いものの、樹脂化は進んでいないというのが現状である。

そこで、本研究では軽量化可能な樹脂材料でありながら、LIB 発火時の火炎に触れても溶融変形しない材料を開発することとした。

4.2 耐火樹脂の開発

樹脂材料でありながら火炎に耐えられる材料としては、広く市販されている難燃樹脂が想起される。難燃樹脂の評価方法としては Underwriters Laboratories Limited Liability Company が策定する製品安全規格（以下、UL 規格と記載）が一般的に使用され、用いられる火炎は最大 500 W 程度である³⁾。

しかしながら、近年の高エネルギー密度化によって LIB 発火時の出力は格段に大きくなっており、UL 規格の中でも最高ランクの難燃性である UL94 5VA 合格品であっても、LIB 発火時相当の火炎条件では図 7 (1) のように樹脂が溶融して垂れ落ちてしまう(図 7 はどちらもプレート状に成形した樹脂を固定し、上部から火炎を当てた後の様子を横から見た図)。そのため LIB 周辺に使



(1) 従来 UL94 5VA 合格品 (2) 耐火樹脂(本開発品)

図 7 樹脂の燃焼試験

Fire resistance test of plastic

(1) Product on the market passed the UL94 5VA test

(2) Fire resistant plastic (developed material)

用すると、溶融した高温の樹脂が人体に触れたり、貫通孔から火炎が電池パックの外に漏れ出てしまうおそれがあった。

我々はこの問題を解決するべく耐火樹脂を開発した。耐火樹脂は UL94 5VA 合格相当の難燃性を持ち、さらに LIB 相当の高出力の火炎に曝されても“溶融変形しにくい”という特徴を持つ。先述の従来 UL94 5VA 合格品 (図 7(1)) と同条件で試験をしたところ殆ど変形せず、溶け落ちも見られない (図 7(2))。

また、熱可塑性樹脂であるため射出成形が可能で成形加工が容易である。図 8 に厚さ 2 mm のプレート状に成形した耐火樹脂を示す。

さらに、引張強度 100 MPa 程度と一般的な樹脂材料と同程度の機械強度を併せ持つ。耐火樹脂の Technical Data を表 2 に示す。現在、さらに付加すべき特性について情報収集を進めている。

なお、二酸化炭素排出量をより低減可能なグレードも開発している。

4.3 まとめ

LIB 発火時の火炎に触れても溶融変形しないことで、軽量化に貢献しつつも周辺部品や使用者の安全確保が可能な耐火樹脂を開発した。また、引張強度 100 MPa 程度

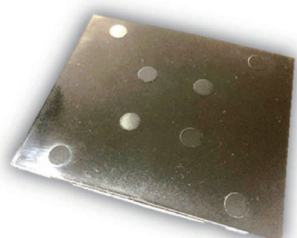


図 8 耐火樹脂 (プレート)
Fire resistant plastic (plate)

表 2 Technical Data (代表値)
Technical Data

項目		単位	試験法	耐火樹脂
機械特性	引張強さ	MPa	ISO527	97
	曲げ強さ	MPa	ISO178	169
	曲げ弾性率			8569
加工条件	樹脂温度	℃	—	255-290
	金型温度			140
	乾燥温度			120
	乾燥時間	Hr	—	2-4

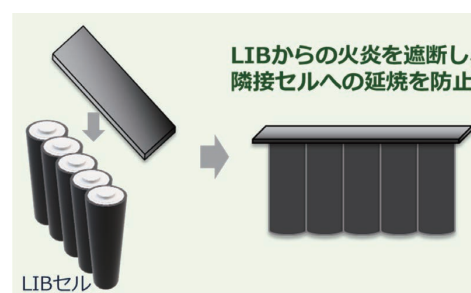


図 9 活用例
Usage example

と一般的な樹脂材料と同程度の強度を併せ持つ。

この開発品を LIB セルの脆弱部を覆うように付設することで、一つの LIB セルが発火したとしても隣接セルへの延焼を防止することができ、電池パックの外部へと火炎が漏れないため、使用者や周辺部品への二次被害を防ぐことができると考えている (図 9)。

5. おわりに

グリーン戦略が追い風となり普及が進むと見込まれる EV について、搭載される電池パックに利用可能な種類の部材を開発した。電池パック内の LIB の発熱対策として伝熱パテを、異常に発熱した LIB の発火に対する焼損防止として耐火ゴム部材を、さらに LIB が激しく発火しても生じた火炎を電池パックの外部に出さないことが期待される耐火樹脂、以上三点を紹介した。これらの材料が EV 用電池パックの課題を解決し、将来のカーボンニュートラルな世界への一助となることを期待する。

文 献

- 1) 経済産業省ホームページ,
<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012.html>
- 2) 経済産業省ホームページ,
<https://www.meti.go.jp/press/2020/12/20201225012/20201225012-2.pdf>
- 3) UL 耐火性試験公称 500W 標準試験炎の生成
JIS C60695-11-3



芦田 桂子 Keiko ASHIDA
樹脂複合領域 主任研究員



若松 真理子 Mariko WAKAMATSU
樹脂複合領域 研究員



厨子 敏博 Toshihiro ZUSHI
次世代自動車（EV・軽量化）分野
推進リーダー（上席研究員）