

4. 駆動用蓄電池搭載車の安全性評価について

—路上使用時のアクシデントを想定した条件の検討—

自動車安全研究領域 ※松村 英樹 田中 良知 伊藤 紳一郎
松島 和男 細川 成之 松井 靖浩

1. はじめに

現在、地球環境問題に対する意識の高まりから、電気式ハイブリッド自動車（以下、HEV という）や電気自動車（以下、EV という）などの駆動用蓄電池を搭載した車両が急速に普及しつつある。この駆動用蓄電池搭載車（以下、電動車両という）には、ニッケル水素電池やリチウムイオン電池が用いられている。

一方で、リチウムイオン電池は、外部から強い衝撃や熱を与えられるなどの苛酷な状況に曝されると熱暴走を引き起こし、発熱・発火・破裂・ガス噴出などの現象が発生する可能性があることが知られている。この現象が大量のリチウムイオン電池を搭載するEVやHEVなどで発生すると、乗員及び車両周辺に重大な被害を及ぼす可能性があると考えられる。そのため、リチウムイオン電池を搭載した車両に対する安全性を検討する必要がある。この時、自動車が遭遇する苛酷な状況（条件）において、リチウムイオン電池の安全性を検討するのが妥当と考える。自動車が遭遇する苛酷な状況として、車両火災及び衝突事故が考えられる。

本検討では、リチウムイオン電池を搭載した車両の安全性評価試験の条件を定めるための基礎データを収集することを目的として、車両火災実験及び衝突実験を実施する。

2. 車両火災時の条件の検討

2. 1. 車両火災実験について

過去の車両火災の原因は、事故時の火災や放火、マッチ・ライター・タバコの不注意などがある。また、電動車両がガソリン車の車両火災に巻き込まれる場合も考えられる。これらの車両火災の検討において、駆動用蓄電池の搭載が想定される部分の温度特性（温度変化、最高温度など）は、十分に把握されていない。

本検討では、道路上において電動車両が事故に遭遇

し、他のガソリン車からガソリンが漏れて電動車両の下部に滞留した後、引火して電動車両がその下方から火炎に曝される場合を想定した模擬実験を行う。この模擬実験では、実際の車両を燃やして、駆動用蓄電池の搭載が想定される位置における温度特性（温度変化、最高温度など）を測定する。なお、これらの温度特性は、車両の特性（車両構造、シヤシ材質・厚み、付属装置や内装材の搭載条件など）により変化するため、本検討では車両火災時における1つの事例として、定量的な温度特性を取得する。

2. 2. 実験方法

リチウムイオン電池は、既に販売された車での搭載位置や、重心・スペースの制約条件を考慮して、スペース(ア)からスペース(ウ)の位置に設置されると想定される。そのため、図1に示す電動車両の下部に設置した容器（以下、ガソリンプールという）に溜めたガソリン(40L)を着火源とした。

本実験で使用する温度センサはK熱電対(クロメル-

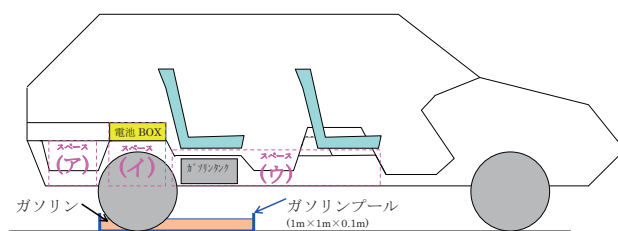


図1 実験構成図

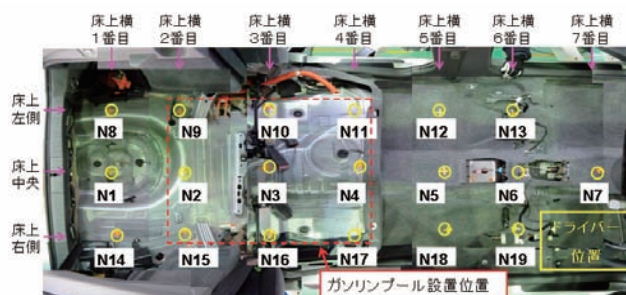


図2 温度センサの設置位置

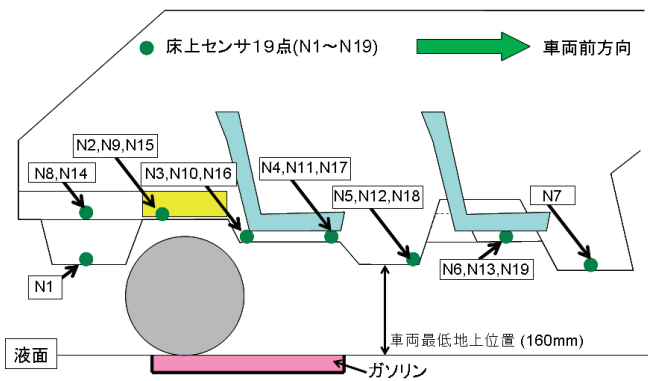


図3 車両断面図での温度センサの配置

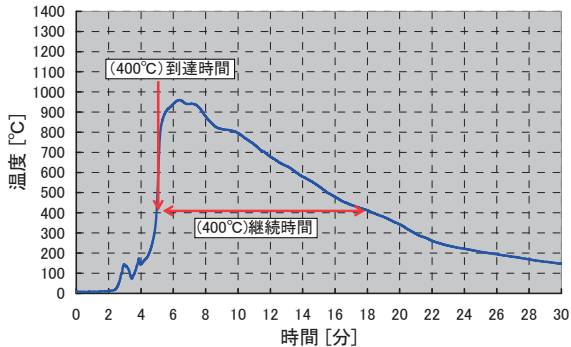


図4 床上の温度の測定結果の一例 (N6)

アルメル)19個とし、図2及び図3に示す車両床上(車内側のシャシ表面上: N1~N19)に設置する。また、同時にビデオ撮影を行い、火炎の様相を確認した。

2. 3. 実験結果

図4に床上の温度の測定結果の一例(N6)を示す。図4及びビデオ撮影の結果から、温度センサN6の温度は着火後、床下からの熱の影響を受けて温度が徐々に上昇し、次に、車内火災が拡大して温度が急激に上昇する。その後、車体の焼失による開口部の増加で冷却されると考えられる。このことから、駆動用蓄電池への熱の入力は、漏れたガソリンの炎だけではなく、車内火災の炎の影響も考慮すべきと考えられる。

図5に床上の各温度センサにおける最高温度を示す。図5より、大部分の温度センサの最高温度は、約800°Cから約1000°Cであった。

駆動用蓄電池への入力温度として、注目する温度(以下、閾値温度とする)、その閾値温度に到達する時間(到達時間)、閾値温度以上が継続する時間(継続時間)が重要なパラメータと考えられる。閾値温度は、150°Cから400°Cまでを50°C間隔とし、400°Cから1100°Cまでを100°C間隔とした。

図4の例では、閾値温度400°Cに対して到達時間は約5分となり、継続時間は約13分となった。

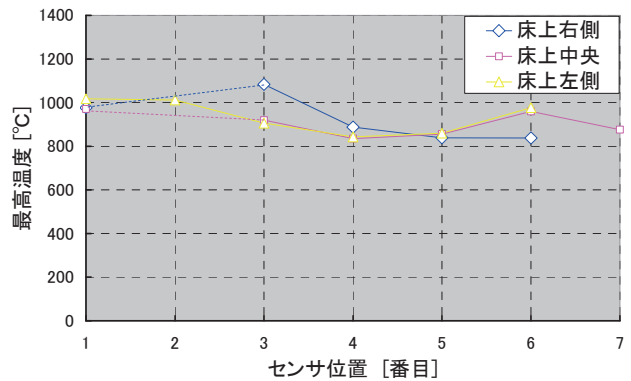


図5 床上の温度センサにおける最高温度

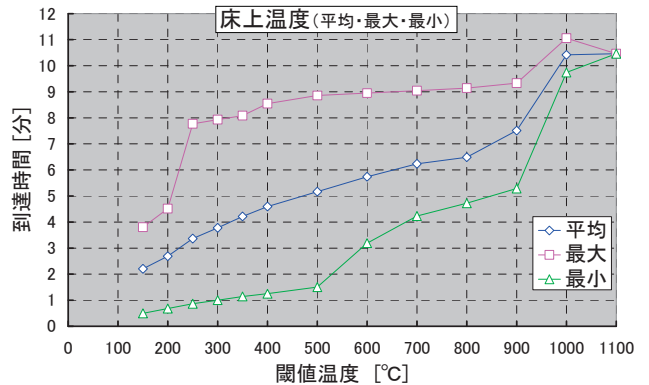


図6 各閾値温度への到達時間(最大・最小・平均)

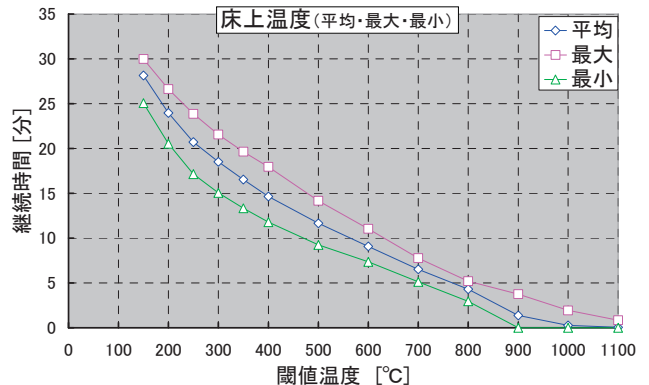


図7 各閾値温度での継続時間(最大・最小・平均)

全温度センサについて求めた到達時間の平均値、最大値及び最小値を図6に示す。同様に、全温度センサについて求めた継続時間の平均値、最大値及び最小値を図7に示す。これらの結果から、車両が着火してから全焼し150°C以下となるまでの時間は、最小で25分程度となることが分かった。

以上のことから、電動車両の火災の検討において、駆動用蓄電池への熱の入力は、漏れたガソリンの炎による影響だけでなく、車内火災の炎の影響についても考慮すべきであることが分かった。また、駆動用電池の搭載が想定される部分において数分で150°C以上になり、数十分間高温状態が継続する可能性があることが示された。

3. 衝突事故時の条件の検討

3. 1. MDB 側面衝突実験方法

衝突事故時における駆動用蓄電池の安全性評価の検討のため、高電圧ニッケル水素蓄電池を搭載した HEV について 3 形態の側面衝突実験を実施して、車両の加速度と変形量の比較をした。

表 1 に実験の衝突形態及び実験条件の概要を示す。実験は、①現在の乗員保護基準である ECE/R95 側面衝突法規試験形態、②駆動用蓄電池に最も近い位置に MDB(Mobile Deformable Barrier) を衝突させる形態 (他の条件は ECE/R95 と同等)、③将来の側面衝突法規として、現在検討が進められている側面衝突試験形態 (MDB が AE-MDB(Advanced European MDB)になり、衝突位置が後方に 250mm 変更) の 3 形態で行った。

表 1 試験条件

	法規衝突	後輪衝突	AE-MDB衝突
衝突形態			
衝突速度	50.1 km/h	50.1 km/h	50.1 km/h
衝突位置	MDB中心とSRPが一致	MDB中心と後輪中心より25mm前方	MDB中心とSRPから250mm後方
衝突車仕様	ECE/R95 MDB	ECE/R95 MDB	AE-MDB
衝突車質量	948 kg	948 kg	1500 kg

2. 2. MDB 側面衝突実験結果

図 8 に車両の床部の構造部材について、試験前後の形状を示す。試験前形状に対しての差が変形量を表す。変形量は AE-MDB を衝突させた実験の変形が最も大きく、サイドシル部が約 30 mm 変形した。駆動用電池位置に関しては、全ての実験において、衝突前後でほぼ同等の測定結果であり、ほとんど変形していなかった。このことから、MDB 衝突実験が模擬している、乗用車同士の側面衝突事故では、変形が駆動用電池に与える影響は小さいと考えられる。

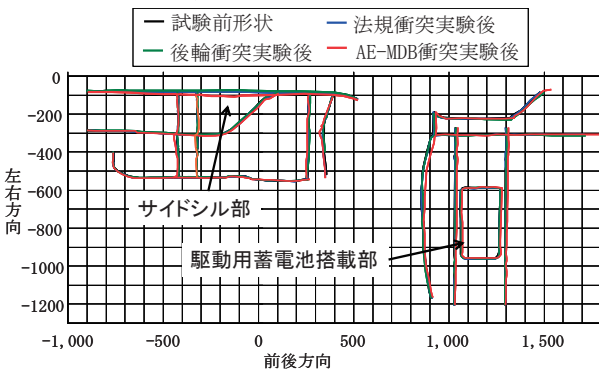
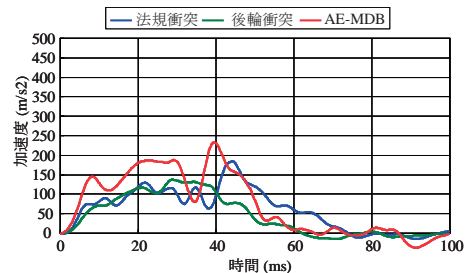


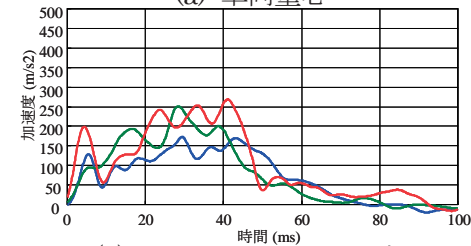
図 8 車両変形比較

図 9 に車両の各部位の加速度の時間履歴図を示す。車両重心位置での最大加速度は、後輪に衝突させた場

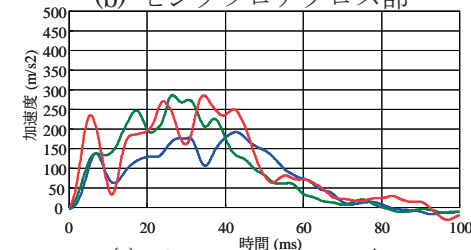
合が最も小さく、次いで法規衝突の場合で、AE-MEB を衝突させた場合が最も大きかった。その比は法規衝突と AE-MDB でおよそ 1.3 倍であった。センタフロアクロス位置での最大加速度は、法規衝突が最も小さくて、次いで AE-MDB と後輪衝突がほぼ同等で大きかった。その比はおよそ 1.7 倍であった。リアフロアクロス部での最大加速度は法規衝突が最も小さくて、次いで AE-MDB と後輪衝突がほぼ同等で大きかった。その比はおよそ 1.5 倍であった。駆動用蓄電池取り付け部での最大加速度は法規衝突が最も小さく、次いで AE-MDB で、後輪衝突が最も大きかった。その比は法規衝突と AE-MDB でおよそ 1.5 倍、法規衝突と後輪衝突でおよそ 1.9 倍であった。



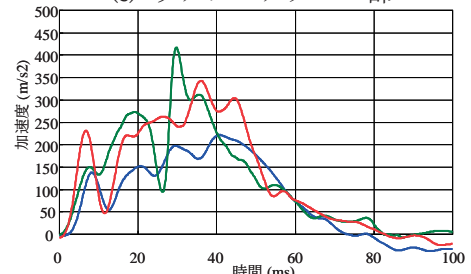
(a) 車両重心



(b) センタフロアクロス部



(c) リアフロアクロス部



(d) 駆動用蓄電池取付部

図 9 車両各部加速度時間履歴図

これらの結果から、乗員保護試験における衝突実験と、駆動用電池位置に衝突する実験では最大加速度に差が見られ、車両に搭載した駆動用蓄電池の加速度に

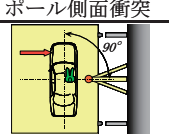
よる衝撃に対する安全性を、乗員保護試験で確認をすることは難しい場合があるといえる。

3. 3. ポール側面衝突実験方法

一般に車両相互事故よりも車両単独事故の方の車両変形が大きいと言われている。そこで、変形については、車両相互事故を模擬した MDB 側面衝突実験より、車両単独側面衝突事故を模擬したポール側面衝突実験で検討した方が良いと考えられる。

ポール側面衝突実験条件について（試験車両は HEV ではない普通乗用車）、過去に当研究所で行った実験を表 2 に示す。29 km/h で直角に前席乗員頭部重心とポール中心が一致する位置に衝突させた。

表 2 ポール側面衝突試験条件

ポール側面衝突	
衝突形態	
衝突速度	29 km/h
衝突位置	ダミー頭部中心とポール中心が一致
ポール直径	254 mm
衝突角度	90°

3. 4. ポール側面衝突実験結果

図 10 に実験前後での外板サイドシル部の形状を示す。外板の変形で約 250 mm サイドシルが変形していた。このことから、駆動用電池を変形が及ばない範囲に搭載するか、車両に搭載する駆動用電池について（カバーに強度部材を使用している場合は、駆動用電池にカバーをつけた状態で）変形衝撃に関する安全性の確認をする必要があると考えられる。

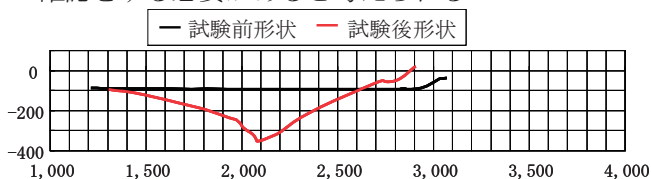


図 10 ポール側面衝突による車両変形

4. まとめ

本報告では、車両火災時及び衝突事故時において電動車両の電池搭載想定部分が曝される状況の物理的条件を求めた。

車両火災の検討では、電動車両が事故時に火災に巻き込まれた場合を想定として、駆動用蓄電池の搭載が想定される位置における温度特性について検討した。

今回の実験条件において、リチウムイオン電池が設置されると想定される部分における各閾値温度での到達時間と継続時間が得られた。

今回の検討の結果、車両火災が車内火災を伴う場合

には、駆動用蓄電池が比較的長い時間、高温環境下に曝される可能性があるため、車両火災時の安全対策を検討する場合において、車両が全焼するまでの時間に対する安全性の確認が必要と考えられる。

衝突事故時の検討では、車両の加速度と変形量に関する検討を行った。車両の加速度については、乗員保護を目的とした現在の基準条件と、他に駆動用蓄電池に厳しい 2 条件のあわせて 3 条件で実験を行った。その結果、車両最大加速度について、フロア部では AE-MDB が最も高く、法規条件に比べ約 1.3 倍であった。駆動用蓄電池取り付け部では後輪衝突の形態が最も高く、法規条件に比べ約 1.9 倍であった。このように、乗員保護試験の衝突と駆動用蓄電池搭載部に厳しい条件では加速度に大きな差が見られることから、電池の加速度に対する評価は新たな試験法が必要と考えられる。

車両の変形については、車両単独事故を模擬したポール側面衝突実験結果で最大変形量が約 250 mm であった。これより、駆動用蓄電池の衝突時の変形に対する安全性の確保については、駆動用蓄電池の搭載位置に関して、自動車事故時に変形がないことを保証するか、実際に駆動用蓄電池搭載位置に厳しい条件でポール側面衝突試験を実施するか、または、駆動用蓄電池単独での動的入力試験を実施することによる安全性確認が必要であると考えられる。

今後の課題として、車両火災の検討では、各車種の車両構造の違い（個体差）や放火やマッチ・ライターなどが原因となる車両火災についても検討が必要と考えられる。また、衝突事故時の検討では、変形に対する電池搭載位置要件のさらなる検討や、駆動用蓄電池での動的入力試験条件に関する検討が必要と考えられる。

今後、今回得られた結果を踏まえ、駆動用蓄電池搭載車両の安全性（特にリチウムイオン電池）の基準案を提案したい。

本検討は、国土交通省の 2009 年度および 2010 年度の委託事業「リチウムイオン蓄電池搭載車両の安全性評価に関する調査・検討」により実施したものである。