

JARI Research Journal

2025年
4月号



JARI Research Journal 2025年4月号

●一般記事

【研究活動紹介】 電動キックボードの四輪車との衝突実験方法 p. 1~
(6p)

一色 孝廣 (安全研究部) JRJ20250401

【トピックス】 リチウムイオン電池試験室の紹介 p. 7~
(5p)

前田 清隆 (環境研究部) JRJ20250402

電動キックボードの四輪車との衝突実験方法*

Crash Test Method for Electric Scooters in Collisions with Passenger Cars

一色 孝廣*¹

Takahiro ISSHIKI

日本国内で電動キックボードが関係する交通事故は増加傾向にあり、なかでも四輪車を相手当事者とする事故は単独事故に次いで多い。一般財団法人日本自動車研究所（JARI）では、電動キックボード乗員の衝突被害を軽減させる研究などに寄与すべく、電動キックボードと四輪車の両車走行の事故を再現する衝突実験方法を確立した。

KEY WORDS: 特定小型原動機付自転車，電動キックボード，四輪車，交通事故，出会い頭，両車走行，衝突実験

1. はじめに

電動キックボードは法規上、車体の大きさや原動機の出力、最高速度などによりいくつかの車両区分に分類される。なかでも「特定小型原動機付自転車」に分類される機種は、16歳以上が運転免許不要で乗車できる新たな交通ルール¹⁾の適用や、シェアリングサービスの拡大などにより、日本国内で活用が広がっている。それに伴い電動キックボードが関係する交通事故は増加傾向にあり、なかでも四輪車を相手当事者とする事故は単独事故に次いで多くなっている²⁾。

電動キックボードは近年急速に活用が広がったモビリティであるため、四輪車との衝突における電動キックボードの挙動や、乗員の受傷形態には不明な点が多い。電動キックボードの安全性を向上させるには、四輪車との衝突を再現する手法を確立し、取得したデータを用いた衝突被害軽減の研究などを推進させることが必要である。

従来、一般財団法人日本自動車研究所（JARI）では、静止物に対する電動キックボード単独の衝突実験方法³⁾を確立していたが、走行中の四輪車などとの出会い頭で衝突する場合のような、両車走行の衝突実験方法については確立できていなかった。また、海外の先行する事例^{4)~6)}などにおいても、走行中の四輪車などとの両車走行の衝突実験については確立された手法が見られなかった。

以上の背景から、JARIでは電動キックボードと四輪車の両車走行の事故を再現する衝突実験方法（図1）を確立する研究を実施した。本稿では、その取り組みについて紹介する。



図1 最終的に方法を確立した衝突実験の様子

* 2025年3月7日受理

*1 一般財団法人日本自動車研究所 安全研究部

2. 電動キックボードの衝突実験方法の概要

電動キックボードは、二輪かつ乗員が立って乗車する機種が多い。そのような機種において衝突実験用の人体ダミーを乗員に見立てて事故再現実験を行おうとする場合、人体ダミーが電動キックボード上で自立せず、かつ電動キックボード自体も自立しないという問題が生じる。

そのため、従来 JARI が確立していた電動キックボード単独の衝突実験方法では、1) 専用の台車により電動キックボードおよびその乗員を模した人体ダミーを立たせた状態で保持し、2) 保持した状態のまま台車ごと牽引して衝突速度まで加速させ、3) 衝突直前に台車のみ減速停止させ、4) 電動キックボードおよび人体ダミーを慣性により台車から離脱させ、対象物に衝突させる方法を取っていた。本研究においても同様の方法を基本に、四輪車との両車走行の実験を成立させるための工夫を施すことにした。

3. 方法

3.1 設備と機材

従来から JARI が確立していた電動キックボード単独の衝突実験方法では、「牽引のための駆動装置が単軸の実験設備」（以降、単軸の実験設備とする）⁷⁾を用いていた。そのため、電動キックボードと四輪車を同時に牽引して衝突させることができず、静止した四輪車に対して電動キックボードを単独走行にて衝突させていた。そこで本研究では、「交差する複数軸の駆動装置を備えた、自動車などのための衝突実験設備」（以降、複数軸の実験設備とする）⁸⁾を用いて、電動キックボードと四輪車を同期させて牽引し、両車走行にて衝突させることにした。

ただし、単軸の実験設備が駆動装置による台車の加速および減速停止を任意に行えたのに対し、本研究の複数軸の実験設備は駆動装置の特性上、台車の加速は行えるものの減速停止は任意に行えないという制約があった。そのため、本研究では台車を駆動装置で加速した後は両者を切り離して、減速停止を駆動装置に頼らず台車自体で行うことにし、減速停止のためのエネルギー吸収装置を備えた台車を新たに設計した（図2）。

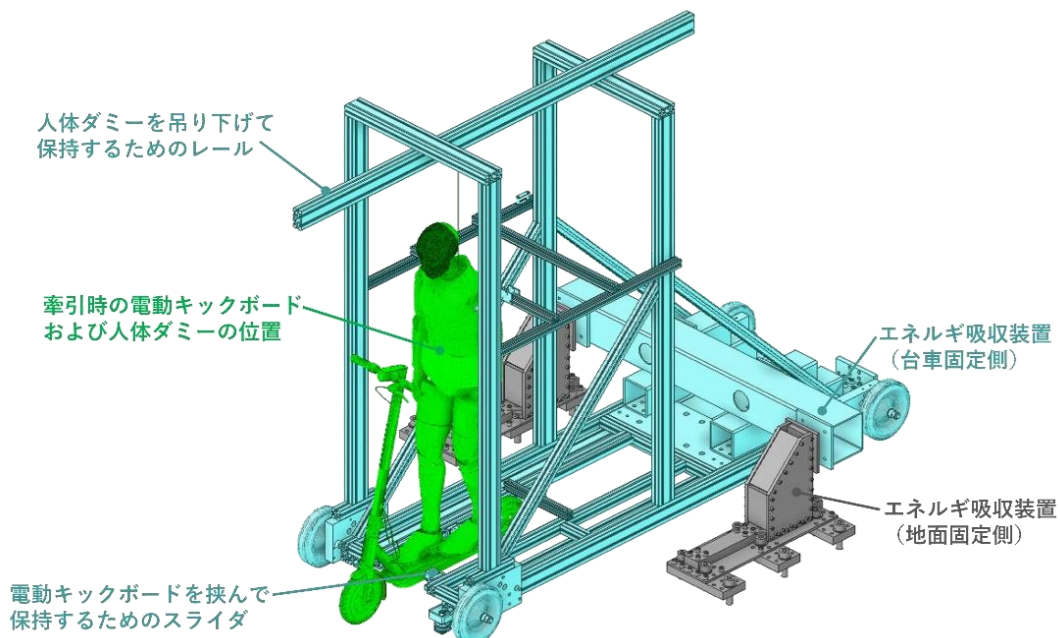
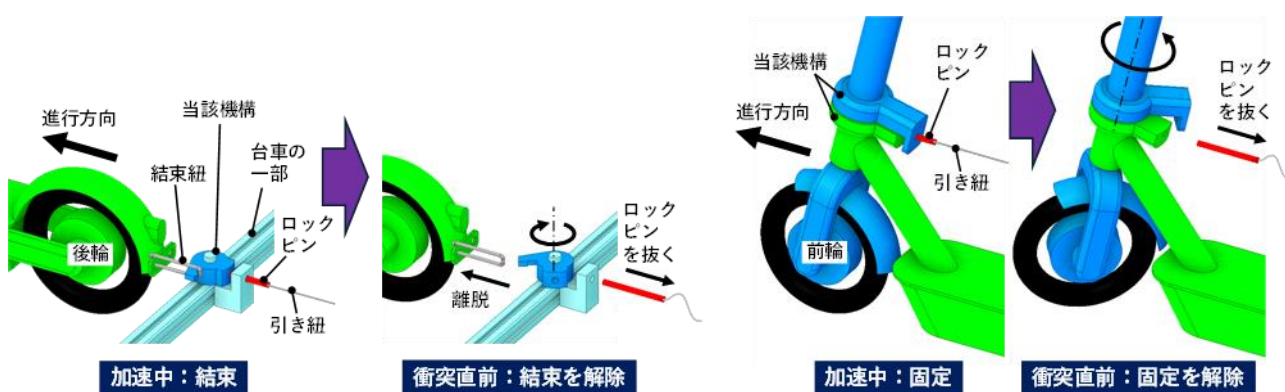


図2 台車の設計

なお、本研究の複数軸の実験設備は、駆動装置が自動車などの牽引も可能な大出力を持つ反面、比較的小さな出力の単軸の実験設備と比べると加速の滑らかさに劣るため、電動キックボードが加速途中などの不適切なタイミングで台車から離脱する恐れがあった。そのため、本研究では電動キックボードを台車に結束して離脱の恐れがない状態で加速を開始し、その後加速が終了して等速運動に移行したタイミングで結束を解除する独自の機構を考案した（図3 a）。

また、先行する事例においては、電動キックボードのハンドルを固定した状態で衝突実験を行っているが見受けられるケースが存在した。これは、牽引時に電動キックボードの直進安定性を確保することが目的のひとつと考えられる。本研究においても、台車の試作段階で電動キックボードの牽引を試行したところ、概ね 10 km/h を超える速度域で路面の不整などをきっかけに電動キックボードのハンドルが左右に振れ、直進安定性を損なう事象が生じたことから、牽引時に電動キックボードのハンドルを固定しておく必要性が確認された。しかし、事故再現の観点からは、衝突瞬間以降はハンドルを固定しないことが望ましいため、本研究では電動キックボードのハンドルを固定した状態で加速を開始し、衝突直前の適切なタイミングで固定を解除する独自の機構を考案した（図3 b）。



a) 電動キックボードを結束・結束解除する機構

b) ハンドルを固定・固定解除する機構

図3 本研究にて考案した独自機構（概念図）

3.2 実験の目的と条件設定

前述の設備および機材を用いて、電動キックボードと四輪車の両車走行の衝突実験を実施し、その成立性を確認した（図4）。具体的には、電動キックボードおよび人体ダミーの姿勢の保持と離脱、ハンドルの固定解除に加え、衝突速度および衝突位置が目標通りとなるかを確認した。

電動キックボードには特定小型原動機付自転車に分類される全長約 1.2 m の二輪かつ乗員が立って乗車する機種を用い、四輪車には全長約 4.7 m の一般的なセダン型の乗用車を用いた。また、電動キックボードの乗員は成人男性相当の人体ダミー（Hybrid-III 50 パーセントイル成人男性、身長 1.75 m、体重 78 kg、立ち姿勢型）を用いて模擬した。

衝突速度は、技術的に成立が難しい高速度の条件において実験が成立するかを確認するため、電動キックボードと四輪車が共存し得る一般道路における走行速度規制の上限値（電動キックボード：20 km/h、四輪車：60 km/h）を目標とした。また、衝突速度の目標に対するずれは、日本の自動車アセスメントにおける側面衝突試験⁹⁾などを参考に±1 km/h までとした。衝突位置については、実験後に四輪車側に残された痕跡から初期接触の位置を確認しやすいよう、四輪車の運転席ドアの前後中央に電動キックボードの前輪が初期接触することを目標とした。

なお、本研究では上記の限られた条件で実験の成立性を確認しており、現実に発生し得る他の事故形態（四輪車の前面と電動キックボード側面の衝突など）での実験の成立性については別途確認が必要である。

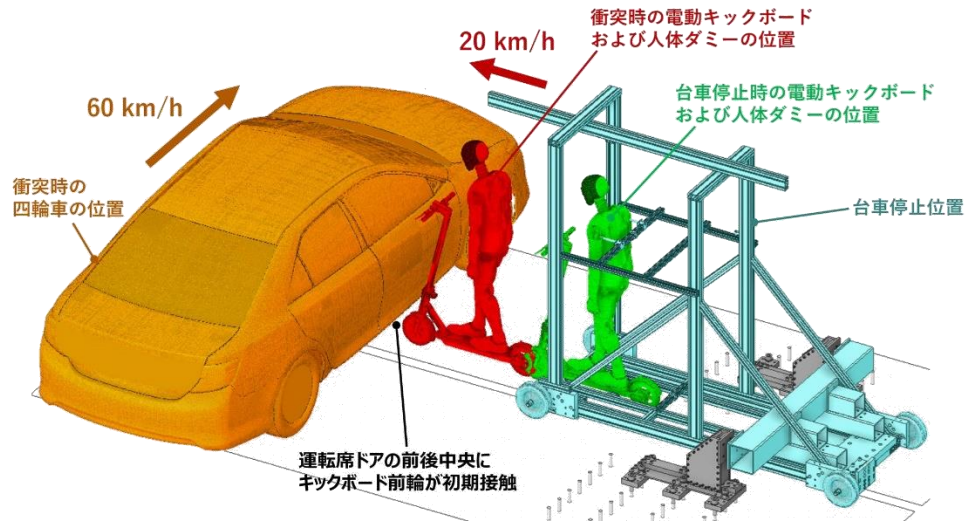


図4 目標とした実験条件

4. 結果

図5に実験前の台車の外観を示す。台車本体の製作、および実験設備への設置を、設計仕様に基づき実施した。

図6に実験の様子を示す。牽引中の電動キックボードおよび人体ダミーの保持は安定しており、電動キックボードの台車からの離脱やハンドルの固定解除にも問題がなく、離脱後から衝突瞬間まで電動キックボードおよび人体ダミーの姿勢が崩れることはなかった。衝突速度の目標と実測の差異は0.5 km/h以下（電動キックボード：目標 20 km/h に対し実測 19.6 km/h，四輪車：目標 60 km/h に対し実測 60.5 km/h），初期接触位置は四輪車の運転席ドアのほぼ前後中央であり（図7），衝突速度および衝突位置についても条件設定を満たす結果であった。

以上の結果から、JARIにおける電動キックボードと四輪車の両車走行の衝突実験の成立性を確認することができた。

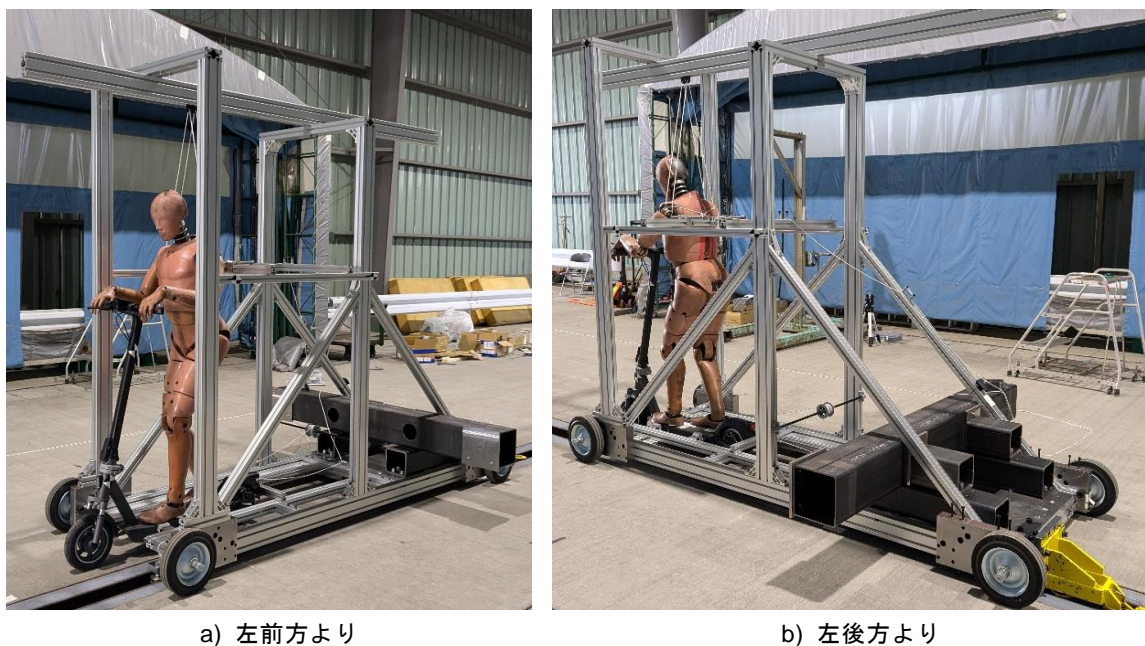


図5 台車の外観



図6 実験時の挙動

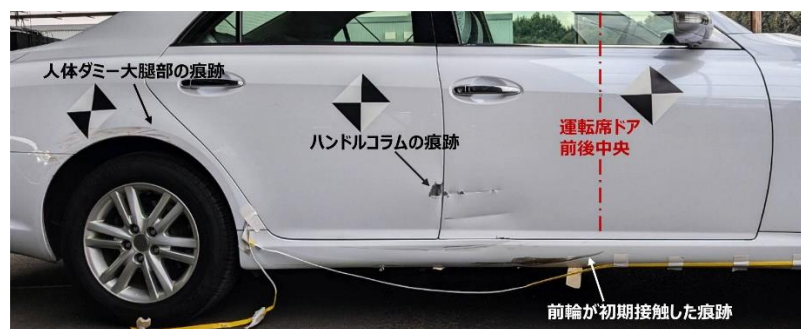


図7 実験後の四輪車右側面

5. まとめと今後の課題

JARI では、電動キックボードと四輪車の両車走行の衝突実験方法を、機材の具現化と実験の成立性確認を通じて確立することができた。本研究にて確立した衝突実験方法は、電動キックボードの衝突被害軽減の研究などに資するものと考えられる。

なお、本研究では四輪車の側面に電動キックボードが衝突するという限られた条件で実験の成立性を確認しており、今後は、現実には発生し得る他の事故形態（四輪車の前面と電動キックボード側面の衝突など）についても対応を拡大していく予定である。

今後は、ラストワンマイルの移動や自動車免許を返納した高齢者の日常の足など、多様な移動のニーズに応えるモビリティが世の中に普及すると考えられる。電動キックボードをはじめとするこれらモビリティの安全に貢献できるよう、引き続き研究を進めていきたい。

参考文献

- 1) 警察庁: 特定小型原動機付自転車に関する交通ルール等について,
https://www.keishicho.metro.tokyo.lg.jp/kotsu/jikoboshi/electric_mobility/electric_kickboard.html, (参照 2025-3-7)
- 2) 警察庁: 改正道路交通法の施行後における特定小型原動機付自転車等の状況等について (令和6年1月23日),
<https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/council/newmobility0703.pdf>, (参照2025-3-7)
- 3) 鮎川佳弘, 渡邊直也: 電動キックボードの衝突実験, 日本法科学技術学会第28回学術集会講演要旨集, Vol. 27 Supplement, p. 118 (2022年10月)
- 4) Como S. et al.: Crash Test Methodology for Electric Scooters with Anthropomorphic Test Device (ATD) Riders, SAE International Journal of Advances and Current Practices in Mobility, 2022, [doi:10.4271/2022-01-0853](https://doi.org/10.4271/2022-01-0853)
- 5) DEKRA: DEKRA Crash-Versuch - eScooter mit Fahrradhelm, <https://www.youtube.com/watch?v=BBay4apXtS4>, (参照 2025-3-7)
- 6) Autoliv: Autoliv performs first crash test of an e-scooter airbag, <https://www.youtube.com/watch?v=BCDXjJwA5Ac>, (参照 2025-3-7)
- 7) 一般財団法人日本自動車研究所: 試験/設備/ロボット安全試験/衝突 (壁・ダミー),
https://www.jari.or.jp/contract_testing_equipment/contract-research_examination/robot-safety/290/, (参照2025-3-7)
- 8) 一般財団法人日本自動車研究所: 試験/設備/自動車等の衝突・衝撃試験/衝突試験,
https://www.jari.or.jp/contract_testing_equipment/contract-research_examination/crash-impact/282/, (参照2025-3-7)
- 9) 独立行政法人自動車事故対策機構: 側面衝突安全性能試験方法, <https://www.nasva.go.jp/mamoru/download/R6-03.pdf>, (参照2025-3-7)

リチウムイオン電池試験室の紹介*

Introduction of a test chamber for lithium ion batteries

前田 清隆^{*1}

Kiyotaka MAEDA

近年の車両の電動化に伴い、リチウムイオン二次電池の安全性評価試験の需要が高まっている。一般財団法人日本自動車研究所（JARI）においては高まる試験需要に応えるため、既存の試験室に加え、リチウムイオン電池試験室を新設した。本試験室は、耐火・耐熱性能やガス発生時の浄化装置を備えており、モジュールの発火試験やパック保護試験が可能である。本稿では、新試験室で実施可能な試験の範囲、試験の例および本試験室の仕様などについて紹介する。

KEY WORDS: EV・HEV システム, リチウムイオン電池, 安全性評価試験

1. はじめに

温室効果ガスによる地球温暖化の進行を抑え、産業革命前と比較して気温上昇を 2°C 未満に抑えるため、製造から廃棄までの温暖化ガスの排出量が内燃機関車より少ないリハイブリッド車（HEV）、プラグインハイブリッド車（PHEV）、電気自動車（EV）の普及が進んでいる。これらの車両は、駆動用の電気エネルギーを貯蔵する二次電池を搭載する。従来、HEV にはニッケル水素二次電池が使用されてきたが、近年はほとんどがリチウムイオン二次電池に置き換わっている。リチウムイオン二次電池を車両に搭載するためには、法規への適合が求められる。例えば、安全性に関わる国連協定規則 UN/ECE R100.03 part2²⁾ では過充電保護や過昇温保護などの保護試験に加え、圧壊試験などの破壊試験が規定されている。破壊試験においてリチウムイオン二次電池が外部短絡または内部短絡を起こして高温になった場合、負極活物質の被膜の分解、電解液の気化・分解および電解液と負極活物質の反応などにより CO、CO₂、炭化水素類が発生する^{3), 4)}。この反応によってさらなる発熱が生じ、電池内部の化学反応が制御不能になる、いわゆる熱暴走が発生する。熱暴走などによって電池内部で大量のガスが発生し、電池内の圧力が上昇すると、電池が破裂する恐れがある。そのため、リチウムイオン二次電池には、内部の圧力を開放する安全弁が作動するように設計されている。電池から排出された電解液や炭化水素類は可燃性であるため、着火源があるまたは発火点を超え、十分な酸素がある場合に燃焼し、場合によっては爆発することもある。さらに、リチウムイオン二次電池の燃焼時などには、気化した電解液、CO、CO₂、炭化水素類に加え、フッ化水素が発生することがあり、これらの多くは毒性を持つ⁵⁾⁻⁷⁾。したがって、リチウムイオン二次電池の安全性評価試験を行うためには、電池の燃焼や爆発に耐えうるだけでなく、発生したガスを適切に外部に排出し、かつ、浄化することが可能な試験室が必要となる。

一般財団法人日本自動車研究所（JARI）では、リチウムイオン二次電池の安全性評価試験を実施可能な試験室を 2 つ保有しており、これまで基準および標準化活動のデータ取得、製造会社の研究開発などに活用されてきた。近年の車両の電動化の進展に伴い、それらの試験室の稼働率が高止まりしているため、今回 3 つ目の試験室を新設した。本稿では、新設したリチウムイオン電池試験室で実施することが可能な試験の範囲、試験の例および本試験室の仕様などについて紹介する。

* 2025年3月5日受理

*1 一般財団法人日本自動車研究所 環境研究部

2. 新設したリチウムイオン電池試験室で実施することが可能な試験

新試験室で実施可能な試験を説明する前に、読者理解の参考として、はじめにリチウムイオン二次電池の形態について説明する。一般的に、リチウムイオン二次電池の形態はセル、モジュールおよびパックの3つがある。最小単位をセル（単電池），セルを複数個（通常4～30個程度）搭載したものをモジュール（組電池），モジュールを複数個（通常8～12個程度）搭載したものをパックという。また、リチウムイオン二次電池のセルの形状は、円筒形、角形およびラミネート形（あるいは、パウチ形）の3つがある。ラミネート形の外装材はレトルト食品の梱包用フィルムと同様である。概略を図1に示す⁸⁾。

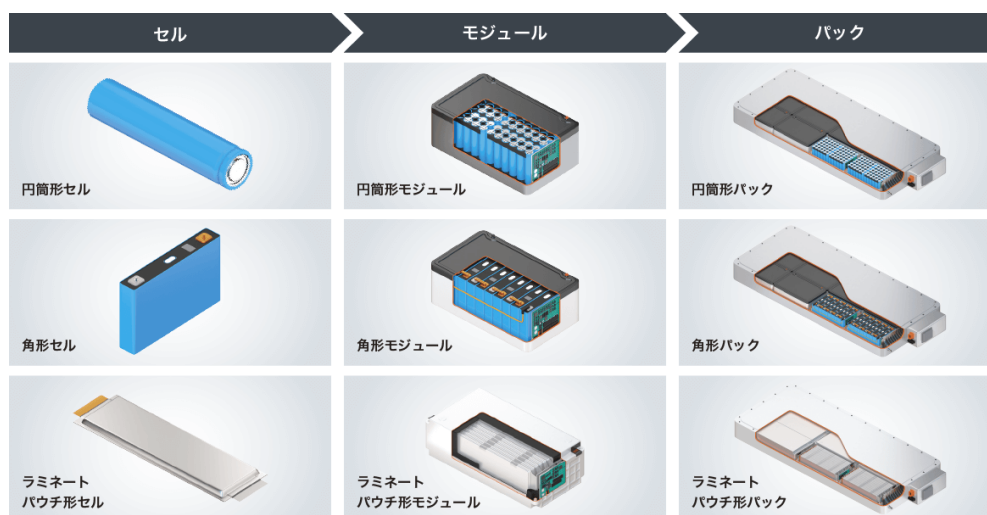


図1 リチウムイオン二次電池の形態⁸⁾

従来、JARIが保有する試験室は、セルの試験を行うことが可能な飛散防止隔壁と⁹⁾、EVの車両火災試験までを行うことが可能な耐爆火災試験設備¹⁰⁾の2つであった。そこで、新設した試験室は、それらの中間に位置するモジュールの発火試験や、パックで発火が生じないことを確認する試験まで行うことが可能な仕様とした。各試験室における評価対象の形態ごとに実施可能な試験の範囲を表1に示す。なお、飛散防止隔壁およびリチウムイオン電池試験室での試験の可否はあくまで一般的なものであり、セルの電気的エネルギー貯蔵容量が比較的大きい場合は、リチウムイオン電池試験室または耐爆火災試験設備で実施する。リチウムイオン電池試験室で実施可能な具体的な試験の範囲の例を表2に示す。

表1 既存の試験とリチウムイオン電池試験室で実施可能な試験の範囲

		飛散防止隔壁 幅 3.0 m × 奥行 2.4 m × 高さ 2.5 m	リチウムイオン電池試験室 幅 5.1 m × 奥行 5.1 m × 高さ 3.8 m	耐爆火災試験設備 直径 18.0 m × 高さ 16.0 m
評価対象の 形体	発火の 可能性			
セル	低	○	○	○
	高	○	○	○
モジュール	低	×	○	○
	高	×	○	○
パック	低	×	○	○
	高	×	×	○
車両	低	—	—	○
	高	—	—	○

○：実施可，×：実施不可，—：車両の搬入不可

表2 リチウムイオン電池試験室で実施可能な試験の範囲の例

評価対象の 形体	発火の可能性	試験の例	試験の例の概要	実施の可否
セル	低	過放電試験	使用下限電圧未満まで放電する ¹¹⁾	○
	高	加熱試験	雰囲気温度を室温から 5 °C/min で 130 °C まで昇温し、30 分保持する ¹¹⁾	○
モジュール	低	水没試験	塩水に浸す ¹²⁾	○
	高	圧壊試験	直径 150 mm の半円筒の治具で潰す ¹¹⁾	○
パック	低	外部短絡保護試験	5 mΩ 以下の抵抗で短絡させ、短絡電流の制限や遮断の有無を確認する ¹⁾	○
	高	熱連鎖試験	パック内の 1 セルをヒータ加熱または釘刺しで強制的に熱暴走させる ¹³⁾	×

○：実施可，×：実施不可

3. リチウムイオン電池試験室の仕様

新設した試験室の外観を図2に、仕様を表3に示す。前述のようにリチウムイオン二次電池の安全性評価試験では、ガスの発生や発火が生じることがある。そのため、床、壁、天井および扉は耐火耐熱性能とした。扉の寸法は、電池パックの搬入および搬出を容易にするため適切に設計した。法規では試験時の温度も定められており、例えばUN/ECE R100.03¹⁾の圧壊試験では、試験中の温度を10℃～30℃に保つことが規定されている。そのため、試験室にはエアコンを設置し、万が一を考慮して火炎対策も施した。また、リチウムイオン二次電池の燃焼時等に発生するガスを浄化するため、ガス浄化装置を設置した。本ガス浄化装置は、今後普及が見込まれる全固体リチウムイオン二次電池の安全性評価試験で発生が想定される硫化水素も浄化可能である。発生したガスは天井の4つの排気口から排出され、浄化された後に屋外へ放出される。最大処理風量は、試験室の体積および換気回数が1回/分以上となるように、最大120m³/minに設定した。万が一、設計以上の燃焼が発生した場合に備えて、天井には散水装置を設置した。計測用および動力用の電源は試験室外壁に設置しているため、実験装置の持ち込みによる試験も可能である。



図2 リチウムイオン電池試験室の外観

表3 リチウムイオン電池試験室の主な仕様

項目	仕様
試験室の内寸	幅 5.1 m × 奥行 5.1 m × 高さ 3.8 m
床	耐火耐熱（耐火煉瓦）
壁	耐火耐熱（計測線および配管用のφ100 mmの穴が6か所）
天井	耐火耐熱
扉	幅 3.1 m × 高さ 3.5 m
温度の調整範囲	14℃～30℃設定（熱および火炎対策済）
ガス浄化装置	最大処理風量 120 m ³ /min, 硫化水素対応
散水装置	有り（天井中央）
電源	AC100 V（15 A コンセント）, AC200 V（三相三線 50 A, 単相三線 30 A）

4. おわりに

本稿では、新設したリチウムイオン電池試験室で実施可能な試験の範囲、試験の例および主な仕様について紹介した。リチウムイオン電池試験室は、JARIが15年以上実施してきた車載用リチウムイオン電池の安全性評価試験の経験に基づいて設計したものである。本試験室が、基準および標準化活動への貢献、大学や研究機関の基礎研究、製造会社の研究開発等に役立てれば幸いである。

参考文献

- 1) 一般財団法人電力中央研究所：電力中央研究所 技術資料 NO.Y21503, 電動車と内燃機関車の製造と走行に伴うGHG排出量評価－事業用火力発電比率に応じた比較分析－(2021), <https://criepi.denken.or.jp/jp/serc/source/pdf/Y21503.pdf>, (参照 2025-03-05)
- 2) UNITED NATIONS : Addendum 99: Regulation No. 100 Revision 3, <https://unece.org/sites/default/files/2024-01/R0100r3e.pdf>, (参照 2025-03-05)
- 3) K. Kumai et al.: Gas generation mechanism due to electrolyte decomposition in commercial lithium-ion cell, J. Power Sources, Vol. 81-82, p. 715-719 (1999), [doi:10.1016/S0378-7753\(98\)00234-1](https://doi.org/10.1016/S0378-7753(98)00234-1)
- 4) R. Spotnitza, J. Franklin: Abuse behavior of high-power, lithium-ion cells, J. Power Sources, Vol. 113, p. 81-100 (2003), [doi:10.1016/S0378-7753\(02\)00488-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7753(02)00488-3)
- 5) Y. Fernandes et al.: Identification and quantification of gases emitted during abuse tests by overcharge of a commercial Li-ion battery, J. Power Sources, Vol. 389, p. 106-119 (2018), [doi:10.1016/j.jpowsour.2018.03.034](https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2018.03.034)
- 6) W. Li et al.: Fire boundaries of lithium-ion cell eruption gases caused by thermal runaway, iScience Vol.24(5), 102401 (2021), [doi:10.1016/j.isci.2021.102401](https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102401)
- 7) F. Diaz et al.: Gas generation measurement and evaluation during mechanical processing and thermal treatment of spent Li-ion batteries, Waste Management, Vol. 84, p. 102-111 (2019), [doi:10.1016/j.wasman.2018.11.029](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.029)
- 8) 日置電機株式会社：バッテリー分野の計測, <https://www.hioki.co.jp/jp/products/category/battery/>, (参照 2025-03-05)
- 9) 一般財団法人日本自動車研究所：電池安全性評価試験設備, https://www.jari.or.jp/contract_testing_equipment/contract-research_examination/hydrogen-fuel-environment/263/, (参照 2025-03-05)
- 10) 一般財団法人日本自動車研究所：耐爆火災試験設備, https://www.jari.or.jp/contract_testing_equipment/contract-research_examination/hydrogen-fuel-environment/277/, (参照 2025-03-05)
- 11) International Electrotechnical Commission: Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles – Part 3: Safety requirements, IEC 62660-3 Edition.2.0 (2022), <https://webstore.iec.ch/en/publication/65084>, (参照 2025-03-05)
- 12) Society of Automotive Engineers: Safety Standard for Electric and Hybrid Vehicle Propulsion Battery Systems Utilizing Lithium-based Rechargeable Cells, SAE J2929 (2011), https://img.antpedia.com/standard/files/pdfs_ora/20221211/sae/SAE%20J2929-2013.pdf, (参照 2025-03-05)
- 13) International Organization for Standardization: Electrically propelled road vehicles — Safety specifications —Part 1: Rechargeable energy storage system (RESS) AMENDMENT 1: Safety management of thermal propagation, ISO 6469-1:2019/Amd 1 (2022), <https://www.iso.org/standard/73574.html>, (参照 2025-03-05)

JARI Research Journal 掲載区分

掲載区分	記載概要
研究速報 Research Report	背景, 目的, 方法, 結果, 考察といった一般的な研究論文の体裁を持った記事。
技術資料 Technical Report	一般的な研究論文の体裁ではないものの, 新たな知見または価値あるデータを報告する記事。
調査資料 Survey Report	他機関より得られた資料, データを元に, 新たな知見を報告する記事。
解説 Review	特定の分野やテーマに関して, 「現状の最新動向」や「研究・開発状況」などをまとめ, 要約・説明する記事。
研究活動紹介 Research Activity	JARI の研究活動を紹介・報告する記事。
トピックス* Topics	JARI の「研究活動」以外の「活動」等についての記事。また上記の分類外の記事。 *トピックス=「話題」「出来事」