

# D 車載用リチウムイオン電池の安全性評価試験

リチウムイオン電池は、1990年代に商品化されて以来、携帯型機器に広く普及している。近年はその高いエネルギー密度に着目して車載向け開発が急速に進められ、大型化が進展している。車載リチウムイオン電池実用化には耐久性や信頼性確保が重要なため、寿命や充放電効率、安全性を高めるための研究開発が進められている。その一環として電池部材の評価や劣化機構の解明、電池内部観察、誤使用も想定した安全性評価や充放電性能評価、さらにこれら評価の数値解析によるシミュレーションが重要となっている。

リチウムイオン電池の安全性評価については、ポータブル機器用リチウムイオン電池についてJIS化されているが<sup>\*1)</sup>、車載用ではJIS規格に含まれていない。車載用リチウムイオン電池の安全性評価では、電池で起こりうる内部短絡試験を模擬した釘刺し試験、輸送時の安全確認試験の国連(UN)勧告試験<sup>\*2)</sup>が適用されることから、これら安全性評価試験についての当社取組みを紹介する。



技術本部  
応用化学事業部  
今北 毅

## D-1 内部短絡試験

### 参考文献

- \*1)  
・JISC8712 (2006) 密閉型小形二次電池の安全性  
・JISC8713 (2006) 密閉型小形二次電池の機械的試験  
・JISC8714 (2007) 携帯電子機器用リチウムイオン蓄電池の単電池及び組電池の安全性試験  
・JISD5305-1 (2007) 電気自動車—安全に関する仕様—第1部:主電池  
・JISD5305-2 (2007) 電気自動車—安全に関する仕様—第2部:機能的な安全手段及び故障時の保護  
・JISD5305-3 (2007) 電気自動車—安全に関する仕様—第3部:電気危害に対する人の保護

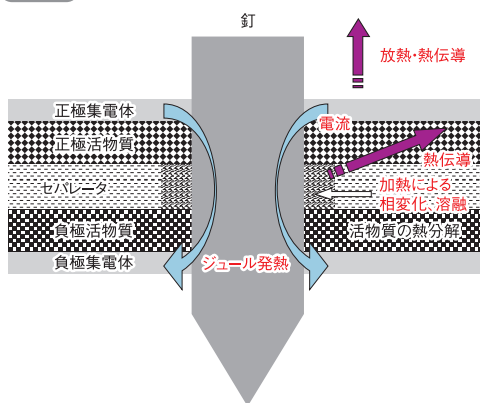
- \*2)  
リチウム金属電池およびリチウムイオン電池の輸送に関する手引書、(社)電池工業会、第4版、2009年4月

- \*3)  
特願2009-148003 安全性評価試験方法およびその試験装置 コベルコ科研 今北毅、戸塚裕文、横山則久

### 1-1 試験設備の考案

リチウムイオン電池は、異物混入や衝突破損などの何らかの原因により内部短絡が生じると、蓄積されている電気エネルギーが短時間に放出されることになる。標準的な18650サイズの円筒型電池(18φ×65mm、平均的電圧3.7V、容量2Ah)では、内部短絡すると最大27kJのエネルギーが開放され、発熱、漏液、発煙、破裂、発火などに至る可能性がある。内部短絡による異常事象を評価するには、導電体の釘を所定のスピードで電池に貫通させ、電圧、温度、ガス発生などを測定する釘刺し試験が適用される。釘を貫通させると、釘が導電体となって、正負極間が短絡し、ジュール熱が発生する(第1図)。急激に発生する熱のため、電極の分解、溶媒の分解等が起こり、急激なガス発生を生じる可能性があるため、試験そのものを安全に行うために十分な対策が必要である。

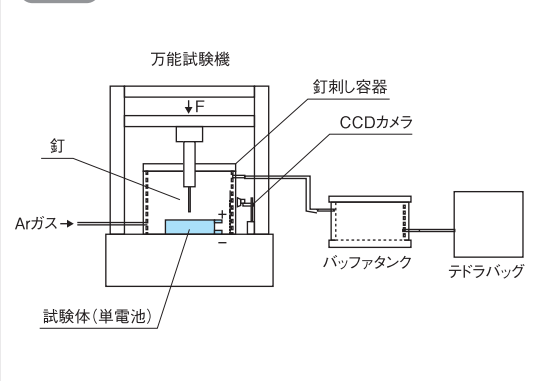
第1図 内部短絡による発熱現象



大型単電池に釘刺し試験を適用するため、第2図に示す釘刺し試験機を考案した<sup>\*3)</sup>。車載用リチウムイオン電池を釘刺し試験容器内に設置し、容器内を不活性ガスで置換することにより、発生するガスによる発火を起こさずに試験することが

可能である。釘刺し部分からのガス漏れあるいは空気の巻き込みのないよう気密性の高い摺動部、急激に発生するガスを捕集するためのバッファタンクを設計・製作した。発生する全ガスを捕集できるため、熱分解過程の評価や微量有害ガス発生も評価が可能となっている。容器には、観察窓を2方向に設けて容器内部を容易に観察できるように工夫し、計測は気密フランジを通じて内部短絡による電圧変化や電池温度変化を計測できるようにした。各種安全対策の結果、大型単電池の試験が可能となった。

第2図 釘刺し試験設備



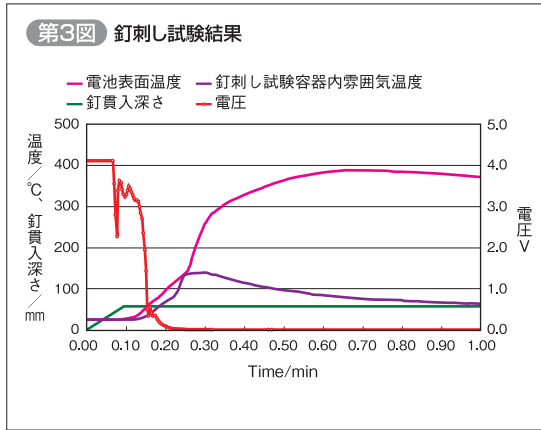
### 1-2 実施例

市販リチウムイオン電池を用いて釘刺し試験を実施した。試験条件を第1表に示す。

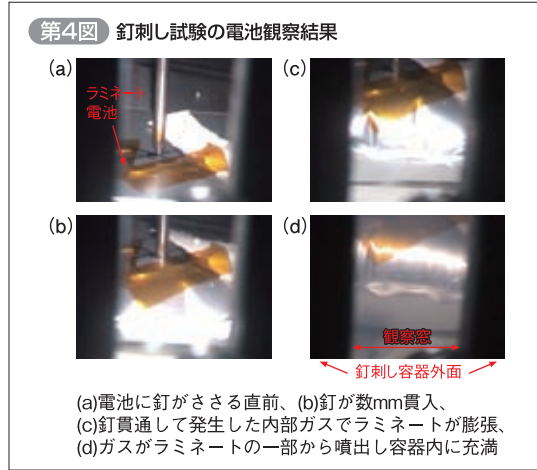
第1表 釘刺し試験条件

試験電池	電池：ラミネート型電池 充電：CC-CVモード
釘刺し試験条件	釘：5mmφ、10mm/s
雰囲気	アルゴン雰囲気 (50kPa減圧置換)

試験の結果、釘の貫通による電池電圧の変動、電池の温度上昇などの測定結果を第3図に示す。釘が電池に貫入して約0.06分後に電圧が低下しはじめ、同時に電池表面の温度上昇がはじまっている。釘の電極間貫通により内部短絡が起こり、ジュール熱が発生していることが示される。電圧は釘刺し後0.2分程度でほぼゼロとなり、電池表面温度は約0.6分後に最高温度約380℃に到達し



ている。観察窓を通してビデオ撮影した一部を第4図に示す。釘が貫入してラミネートが膨張し、内部でガス発生している様子が観察される。発生したガスをアルゴン通気して全量回収し分析した結果、CO<sub>2</sub>、COを主成分とし、そのほかC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、CH<sub>4</sub>、C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、H<sub>2</sub>、溶媒成分を含むガスが約10L発生していることが確認された。



## D-2 UN勸告試験

### 2-1 試験内容

UN勸告試験は、輸送時の様々な事象を想定して電池の安全性を評価する方法として国連 (UN) の危険物輸送に関する規制勸告として定められたものである。本勸告は、陸、海、空の運送モードにおける危険物運送基準であり、リチウム電池の国際輸送のための基準となっている。

対象とする電池は、すべてのリチウム電池、リチ

ウムイオン電池の単電池および組電池で、試験方法は、T1からT8までの8項目の試験を実施することとしている。車載用で対象となる大型単電池では、組電池を対象とするT7を除いた7項目が必要とされている (第2表)。ここで大型単電池とは、リチウム含有量12gを超えるリチウム金属単電池、ワット時定格値が150Whを超えるリチウムイオン単電池を示す。

第2表 大型単電池のUN勸告試験

項目	目的	試験方法	要求事項
T1: 高度シミュレーション	航空輸送時の低圧状態を想定	周囲温度20±5℃、気圧11.6kPa以下の減圧雰囲気になくとも6h貯蔵する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>質量減少、漏液、弁作動、破裂、破断および発火がないこと</li> <li>開路電圧が試験前の90%以上保持</li> </ul>
T2: 温度試験	急速かつ極端な温度変化で、電池の密封性および内部の電気的接続を評価	75℃×12h以上→-40℃×12h以上を試験温度間のインターバル30分以内で10回繰り返す。その後、周囲温度20℃×24h保存する。	
T3: 振動	輸送中の振動を想定	振動数7Hz→200Hz→7Hz (1G→8G→1G) / 1セットを15minで掃引する。試験時間: 15min×12セット×3軸方向=9h。	
T4: 衝撃	輸送中の衝撃を想定	ピーク加速度50G、持続時間11msecの正弦半波を与える。3軸それぞれ正負方向各3回計18回の衝撃を与える。	
T5: 外部短絡	外部短絡を想定	55℃中で0.1Ω未満の外部抵抗で短絡状態にする。短絡状態を1h以上持続した後、6h観察する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部温度が170℃を超えないこと</li> <li>試験後6h以内に破裂発火がないこと</li> </ul>
T6: 衝突	重量物による衝突を想定	電池上に直径15.8mmの丸棒を置き、ここに9.1kgの重りを61cmの高さから落下させる。	
T7: 過充電	組電池の過充電状態に対する耐久力評価	メーカー推奨の最大連続充電電流の2倍で充電。試験の最小電圧は推奨充電電圧によって指定される。	<ul style="list-style-type: none"> <li>試験後7日間に破裂、発火がないこと</li> </ul>
T8: 強制放電	強制放電状態に対する耐久力評価	メーカーが定めた最大放電電流に等しい初期電流により、定格容量を初期試験電流で割った数値に等しい時間だけ強制放電する。	

※1 T1～T5は同じ電池で連続的に試験する。完全充電状態10個、完全放電状態10個、計単電池20個で実施。

T6: ①初回サイクル(50%充電)5個、②50回サイクル(完全放電)5個 T8: ①初回サイクル(放電電池)10個、②50回サイクル(完全放電)10個

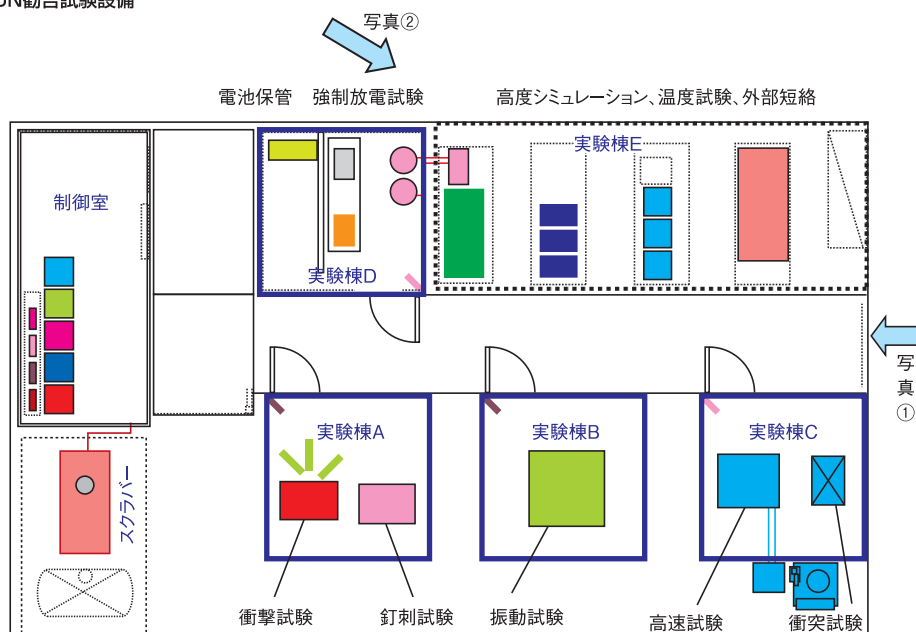
※2 T6、T8は単電池のみを対象とし、T7は組電池のみを対象。T1～T5は単電池と組電池を対象。

## 2-2 試験設備の整備

大型の車載用リチウムイオン単電池を対象としてUN勧告試験を実施するため、それぞれの試験に適切な試験設備、安全設備を検討して整備した。設備は、試験中の万一の電池不具合による熱暴走、ガス噴出、引火などの影響を最小限とするため、振動試験、衝撃試験、衝突試験、強制放電試験および試験後の電池保管について、それぞれを

単独のキュービック型実験棟内に設置した。各実験棟には、必要な換気設備のほか、モニターを付設して試験中および保管中の電池の健全性を外部から確認できるようにしている。試験設備の配置を第5図に示す。いずれの試験においても、また試験後の保管においても、電池電圧、電池表面温度等をモニターし、破裂や発火、漏液などの異常の有無を確認して評価することとしている。

第5図 UN勧告試験設備



写真① 左手前から実験棟C、B、A、制御室



写真② 実験棟E

最近のエネルギー事情の変遷から、“電池は産業のコメ”といわれるほどに注目されてきている。電池は、低炭素化社会のキーデバイスと考えられているが、車載にあたっては、車として求められる信頼性、安全性を担保することが不可欠とされている。そのための評価技術のひとつとして種々の安全対策

を考案して車載用大型単電池の釘刺し試験、UN勧告試験を実用化した。今後さらに充放電試験設備、組電池試験設備等を充実させ、安全な電池の研究開発に寄与していきたいと考えている。

(共著：エレクトロニクス事業部技術部 戸塚裕文  
／高砂事業所技術室 横山則久)