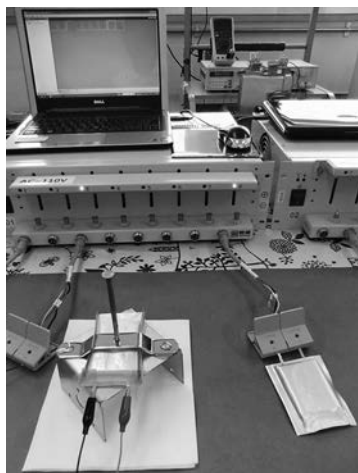


リン酸鉄リチウム電池の簡易釘刺し試験

—安全性向上を実証—



リチウムイオン電池は、使い方を誤ると発煙や発火、破裂といった電池破損につながりかねないリスクがある。リチウムイオン電池の安全使用は必要不可欠である。このため、リチウムイオン電池の安全性評価試験の1つとして釘刺し試験が行われている。

筆者の研究室では、燃えない電池として知られるリン酸鉄リチウム電池 (LiFePO₄ Battery) と大容量キャパシタとしての応用が期待されるリチウムイオンキャパシタについて簡易釘刺し試験を行った。これらの試験について興味ある結果が得られたので、本稿では釘刺し試験法の概要と併せて解説する。なお、リン酸鉄リチウム電池の製作例については、同誌2018年9月号に、プリドープ法を用いたリチウムイオンキャパシタの製作例については同誌2018年3月号で解説している。

執筆者

大阪電気通信大学 白田 昭司*

*うすだ しょうじ：客員教授 工学博士

連絡先：info@usuda-lab.info (<http://usuda-lab.info/>)

釘刺し試験の目的と仕組み

釘刺し試験(Nail penetration test)は、内部短絡試験法の1つで、リチウムイオン電池の内部短絡耐性を試験目的とした安全性試験である。代表的な安全性試験を表1に示す。

内部短絡の模擬試験として、電池に釘を貫通させ、内部短絡を疑似的に発生させたときに、電池が発煙、発火、破裂しないことを確認する。

釘刺し試験のイメージを図1に示す。正常な状態では、リチウムイオン電池の正極シートと負極シートは有機電解液中で絶縁用高分子膜であるセパレータという絶縁シートで絶縁されている。この状態で、釘を加圧し、リチウムイオン電池内に釘を挿入貫通させて、釘を介して正極シートと負極シートを短絡(ショート)させることにより、強制的に内部短絡を引き起こすようにした試験である。すなわち、セパレータが貫通することで内部短絡状態となる。挿入する釘の径や素材、挿入深さや挿入位置、挿入速度などの条件を変えて試験できるのがこの試験法の特徴である。

表1 安全性試験と目的

試験名	目的
釘刺し	内部短絡耐性
圧壊	内部短絡耐性
加熱	熱安定性
過充電	熱安定性、過充電耐性 (材料の電気化学的安定性)
外部短絡	外部短絡耐性

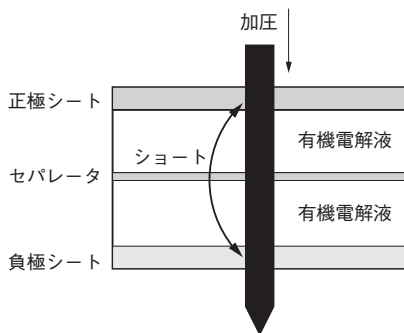


図1 釘刺し試験のイメージ

釘刺し試験は、電池の安全性を確認するだけでなく、電池の基礎的な性質を知る上で欠かせない試験である。

通常、電池使用時の内部短絡は、製造時に混入した導電性の異物や外部からの応力、衝撃により発生する可能性があると考えられているが、製品として製造された後に、電池の充放電回路を含む制御システムで内部短絡の対策を施すのは難しいのが現状である。内部短絡が発生すると電池内に大きな短絡電流が流れ、それに伴ってジュール熱が発生し、この発熱がトリガーとなって、可燃性の有機電解液が反応し、高温のガスの発生を伴い、結果として熱暴走状態へ遷移する可能性が高くなる。熱暴走状態になると、発煙、発火の状態から最悪の場合は破裂を引き起こし、利用者が負傷する危険性が出てくる。使用する側に立って電池の安全性を確保することは、電池を使用する上で重要である。

次に、内部短絡試験法のもう1つの「強制内部短絡試験」について説明する。

釘刺し試験は、釘を介して電池内部の短絡を強制的に作り出す試験であるため、正極と負極間の内部短絡を比較的簡単に作り出すことができる。しかし、釘を電池内に刺すため電池に穴が開いてしまい、その穴から高温ガスが放出し、電池内部の放熱状態が変化してしまうため、実際の内部短絡とは状況が異なってしまうことが考えられる。

強制内部短絡試験とは、先端が球形に加工した釘を使用し、電池に穴を開けることなく内部短絡を作り出す試験法である(図2)。この方法は、釘の押し圧力により、電池の電極材料(正負電極シート)間の短絡を実現し、試験後は電池の形状はわずかな変形ですむ。通常の釘刺し試験よりも実

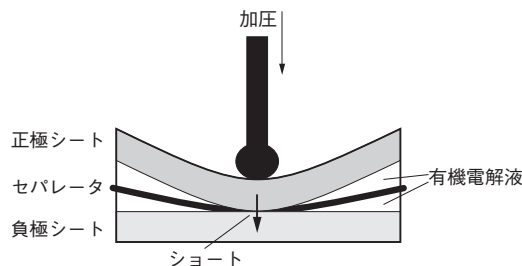
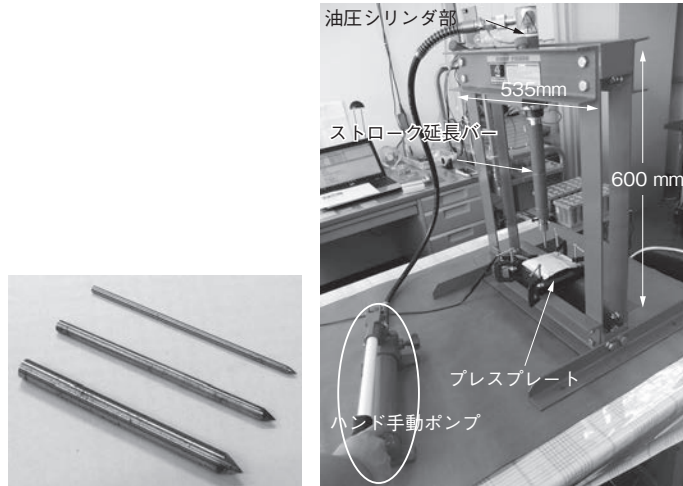


図2 強制内部短絡試験のイメージ



(a) 3種類の釘

(b) 釘刺し実験機

図3 3種類の釘と製作した釘刺し試験機

際の内部短絡に近い状況を作り出すことができる。

釘刺し試験治具

筆者の研究室では、市販のハンドプレス機を改造した半自動釘刺し試験機を製作し、リチウムイオン電池の釘刺し試験を実施してきた(図3, 図4)。これについての詳細は、筆者のホームページ <http://usuda-lab.info/blog/348/> またはイギリス科学技術雑誌 Batteries International 誌 (2015年, Summer, Issue96) を参照されたい。

本稿で紹介する釘刺し試験治具は、貫通穴を設けた金属固定枠 (89 mm × 92 mm × 125 mm 高さ) と鉄製丸釘 (4.6 mmφ × 125 mm 長さ) から構成される。固定枠に対象の電池を挟み込み、電池の中心付近に丸釘を置いて釘の頭を木槌で叩くことにより貫通させる方式である(図5)。研究室では“簡易釘刺し試験法”と呼称している。

釘刺しに際しては、電池の火災や飛散物に対する人体保護のため周囲を金属板で遮蔽し、溶接用の手袋を装着して実施した。

釘刺し試験による試験結果

釘刺しに際して、電池の端子電圧とサーモグラフィによる電池表面の温度の熱画像の測定を行った。また、メモリスコープによる電

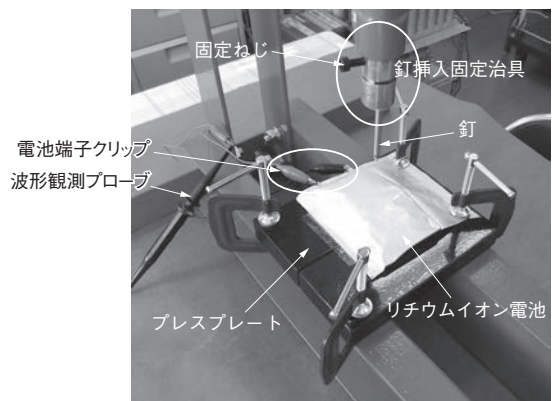
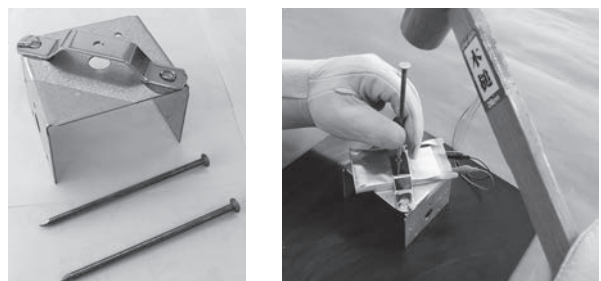


図4 釘刺し試験機の電池固定部



(a) 電池固定枠と丸釘

(b) 電池固定

図5 電池固定枠と釘差し開始状態