

# Collaboration Projects

## 安全・快適な移動端末利用のための リチウムイオン電池と新電池試験法

移動端末を安全・快適に使うために、電池パックに内蔵されているリチウムイオン電池の安全性の確保が必要である。このリチウムイオン電池は、製造中の不良や使用中の過度な衝撃などの外部要因により、正極と負極が内部短絡して内部温度が上昇し、ある条件で熱暴走を伴う異常発熱が発生する場合があります。移動端末用電池パックの運用の大きな課題となっている。このため、この電池の発熱メカニズムを考察し、内部短絡の発生に対して異常発熱しない条件およびその現象が発生するかどうかを簡易に判定できる新電池試験法を提案し、実際に運用した。なお、本研究は九州大学先導物質化学研究所(山木 準一教授)との共同研究により実施した。

移動機開発部  
たけの かずひこ  
竹野 和彦  
のむら なおじ  
野村 直児  
かない やすゆき  
金井 康通

### 1. まえがき

移動端末には、通信速度の高速化や機能の進化とともに、電池パックの容量増加が常に求められてきた。現在電池パックに使われているリチウムイオン電池<sup>\*1</sup>は、高エネルギー密度電池<sup>\*2</sup>の特徴により、近年の移動端末の普及に大きく貢献した。

しかし、この電池は高エネルギー密度であるために、製造不良や外部からの衝撃などによる正極と負極間の内部短絡<sup>\*3</sup>時に異常発熱などの事象が起きやすい傾向にあり、電池パックの運用上の課題となっている。

本稿では、リチウムイオン電池の異常が発生するメカニズムと、異常防止のための試験法について解説す

る。なお、本研究は電池材料の研究の権威である九州大学先導物質化学研究所 山木 準一教授との共同研究成果である。

### 2. 移動端末用電池パック

#### 2.1 移動端末用電池・電源の概要

移動端末の電池パックや充電の概要を図1に示す[1]。商用交流電力は、直流電力に変換するACアダプタを介して、移動端末内部の充電回路を経由し、電池パックに供給される。この電池パックの中にリチウムイオン電池が内蔵されている。

#### 2.2 電池パックの異常発熱と原因

この電池は、発売当時から約12年間でエネルギー密度が約2倍増加したが、それに比例して、電池の製造不良や外部要因などが電池パックに発生したときに異常発熱するケースが多くなる。

リチウムイオン電池に内部短絡が発生し、異常発熱に至るまでのメカニズムを図2に示す。電池の内部短絡が発生した場合、短絡箇所のジュール熱<sup>\*4</sup>により電池温度が上昇する。この後、電池の最高温度が基準温度を超えないときは、ジュール熱の減少とともに電池温度は低下して、電池は穏やかな発熱反応で終わる。一方、電池温度がある基準温度

\*1 リチウムイオン電池：充電可能な電池の一種(2次電池)であり、リチウムイオンが電解液を移動することによって充電・放電を行う電池。

\*2 高エネルギー密度電池：2次電池のうち、従来のニカド電池などと比較して多くの

電力を蓄えられる2次電池の総称。リチウムイオン電池などがその代表。

\*3 内部短絡：電池内部において、電気的にそれぞれ正極と負極の電位をもつ正極と負極が接触すること。接触により大きな電流が流れて、温度が上昇する。

を超えた場合、電池の各正極や負極の構成材料の反応から発生する発熱により熱暴走\*5（異常発熱）が発生する[2]。

電池の断面図を図3に示す。リチウムイオンを含んだ活物質\*6と集電体\*7からなる正極と負極との間に、有機電解液とセパレータ\*8が挟まれている。なお、正極の表面にある活物質の面積を負極の活物質の面積よりも小さくさせるために、正極の端は活物質がなく集電体が露出している。また、電池ケースはアルミであり正の電荷に帯電している。

外部衝撃などで発生する短絡パターンとしては三通り（図3①～③）となる。この各パターンの短絡抵抗を測定すると、正極と負極の表面にある活物質間の短絡①は数オーム以上、負極表面にある活物質と正極集電体との間の短絡②および負極表面にある活物質と電池ケースとの間の短絡③は数十ミリオームである。

短絡時の等価回路(a)および温度変化(b)を図4に示す。図4(a)より、電池セルの内部抵抗を $R_1$ （数十ミリオーム程度）、短絡時の短絡抵抗を $R_2$ とすると、電気回路の原理から、 $R_2$ の発熱量 $P$ の最大は、短絡抵抗 $R_2$ が電池の内部抵抗 $R_1$ に近いときである。この条件は $R_2$ が短絡パターン②や③の抵抗に相当することであり、この部分での短絡が異常発熱を引き起こす原因の1つとなっている。

この防止対策として、現在の移動端末用電池パックでは、電池材料の熱反応の抑制、短絡パターンが発生

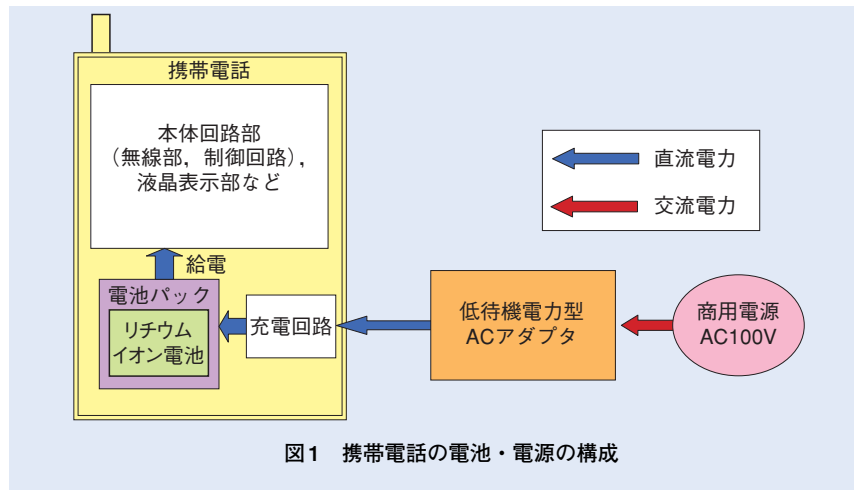


図1 携帯電話の電池・電源の構成

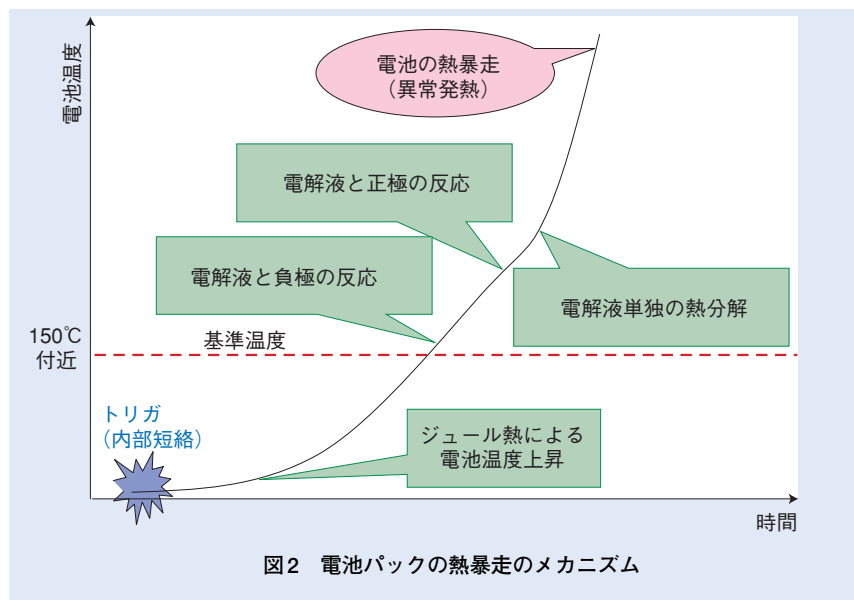


図2 電池パックの熱暴走のメカニズム

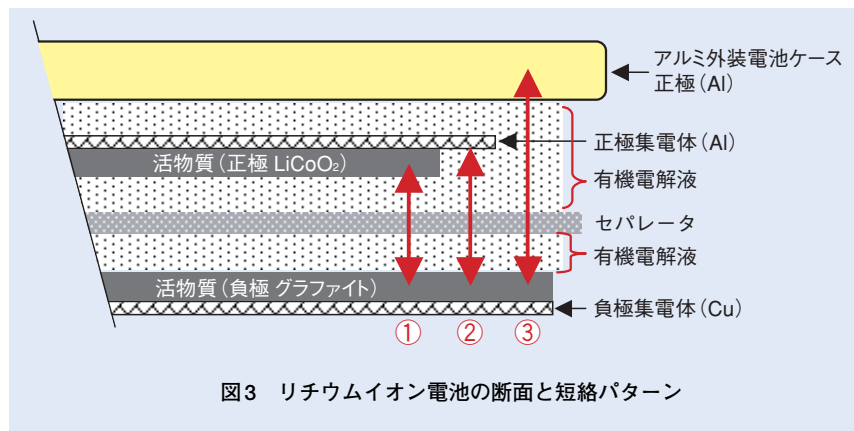


図3 リチウムイオン電池の断面と短絡パターン

\*4 ジュール熱：電気回路のうち抵抗に電流を流した場合、その抵抗内での電力損失によって発生する熱。  
\*5 熱暴走：ある材料の化学反応において、反応温度が上がるほど、その材料の分解時の発熱反応速度が大きくなる場合、小

さな発熱でも急激に高温状態になる現象。  
\*6 活物質：電極に塗られた電気化学反応を起こす物質であり、リチウムイオン化合物の一種。  
\*7 集電体：リチウムイオン電池の両極内において、電気を蓄える活物質から電気

（電子）を外部に効率よく取り出すためのメッシュ状の金属薄膜。  
\*8 セパレータ：正極と負極を電氣的に絶縁するポリマー製シートであり、電解液を保持する膜。

しない保護シートの追加および放熱性の良い電池構造への変更を行っている。

### 3. 電池パックの新試験法

前述の対策の効果を確認するための新試験法として、今回提案する試験方法を表1に示す。短絡パターン①や③の部分的な短絡を模擬する部分圧壊試験や、その部分圧壊試験でも短絡しない電池をさらに充電・放電サイクル（充放電サイクル）させて安全性をみる複合試験などを新たに導入している。

新試験である複合試験の概要を図5に示す。外部から丸棒で電池を規定の圧力で圧壊し、その直後または充放電サイクル中に熱暴走が発生しないことの試験を行う。

一例として、複合試験のうち、部分圧壊した直後に短絡が発生したときの電池温度を図6に示す。短絡直後に電圧が低下し、電池温度は約3℃上昇しているが、すぐに電圧が回復して短絡が終わっており、異常発熱しない良品電池と分かる。

さらに、部分圧壊でも短絡しなかった場合は、引き続き充放電サイクル試験を実施する。これは製造不良などの内部要因や外部衝撃などの外部要因により、電池内部に部分的な損傷が発生しているが、短絡していない電池を使い続けるケースを想定しての試験である。そのサイクル試験の条件としては、移動端末を充電したまま動作させる連続充電・動作モードを想定して、100%充電から約5%の充電と放電の繰返しであ

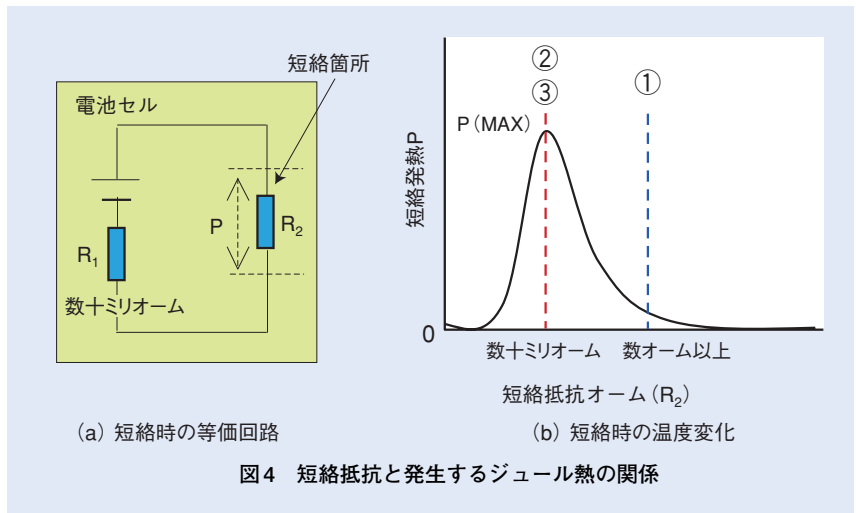
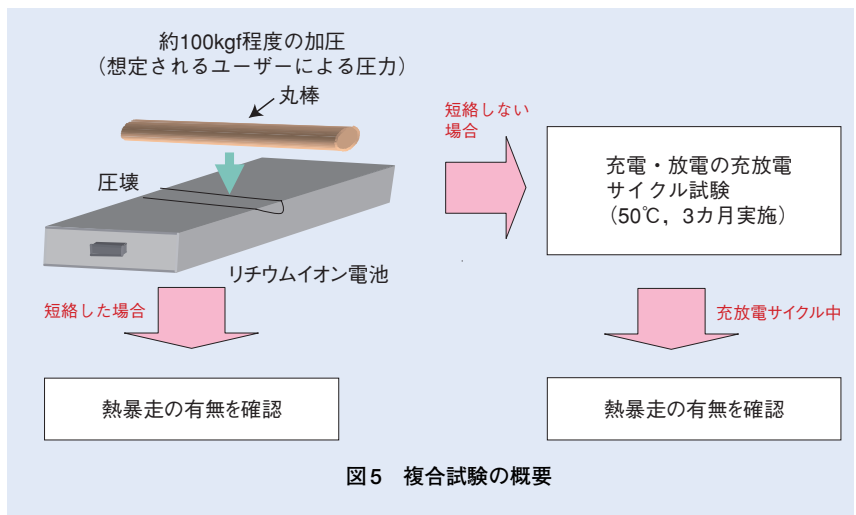


表1 電池パックの試験法

使用環境	原因	影響	新試験法
電池破損	落下、圧壊の影響	温度上昇、漏液など	部分圧壊試験、複合試験（圧壊＋充放電サイクル試験）
電池端子短絡	電池パック単体でのチェーンショートなど	温度上昇、漏液、発火	外部短絡試験
過充電（高電圧、大電流）	規格外充電、非純正充電器使用	膨れ、漏液、発煙、発火など	過電圧、印加試験
水濡れ	不用意な水中投下	膨れ、充電不可（端子腐食）	塩水水没試験
高温放置	炎天下の車中など	容量劣化、膨れ、漏液	高温試験（150℃）



る。また、サイクル温度を充電許容温度の最大値である 50℃に設定して約3カ月間（加速試験で約1年に相当）試験を行う[3][4]。

前述のとおり、商用の移動端末の電池パックを使用して図5の部分圧壊試験を実施して、短絡しなかった電池をサイクル試験した結果（約3カ月、2,500サイクルまで）を図7に示す。同サイクルまで電池が正常に動作しており、4サンプルとも問題ない電池と判断できる。

#### 4. あとがき

本稿では、移動端末用の電池の安全性や試験方法に関する検討を説明した。今後、安全を前提とした新型電池搭載を目標に、電池の高容量化の取組みや、次世代の充電器、燃料電池の開発を行い、快適なモバイル社会に寄与していく。

#### 文献

- [1] K. Takeno, J.Yamaki, M. Ichimura and K. Kaneko : “Methods of energy conversion and management for commercial Li-ion battery packs of mobile phones,” IEICE Trans. on Communications, Vol.E87-E, No.12, pp.3430-3436, 2004.
- [2] 山木 準一：“リチウムイオン二次電池の熱安定性,” 未来材料, 第4巻, 第7号, pp.18-24, (株)エヌ・ティー・エス出版, 2004.
- [3] 竹野, ほか：“移動端末用リチウムイオン電池の容量劣化特性,” 本誌, Vol.13, No.4, pp.62-65, Jan.2006.

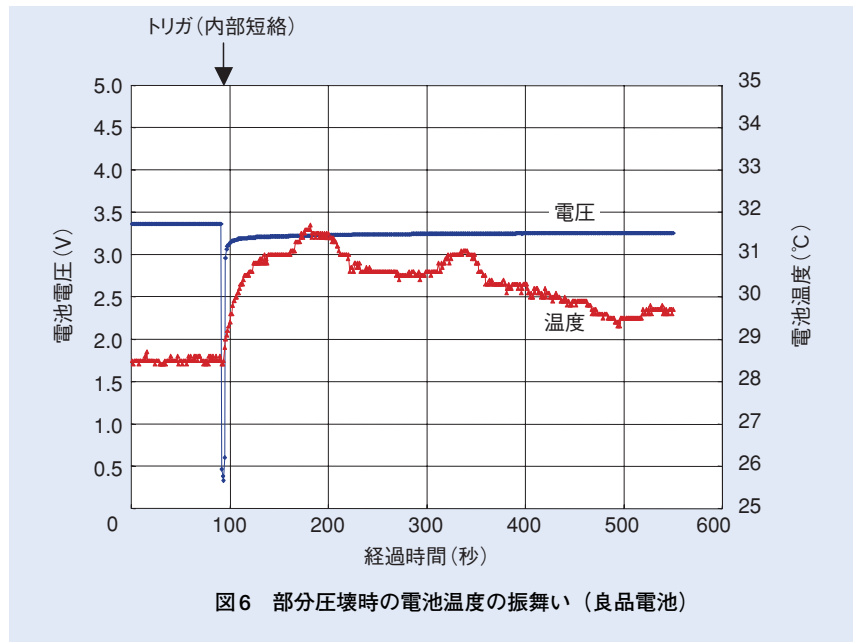


図6 部分圧壊時の電池温度の振舞い（良品電池）

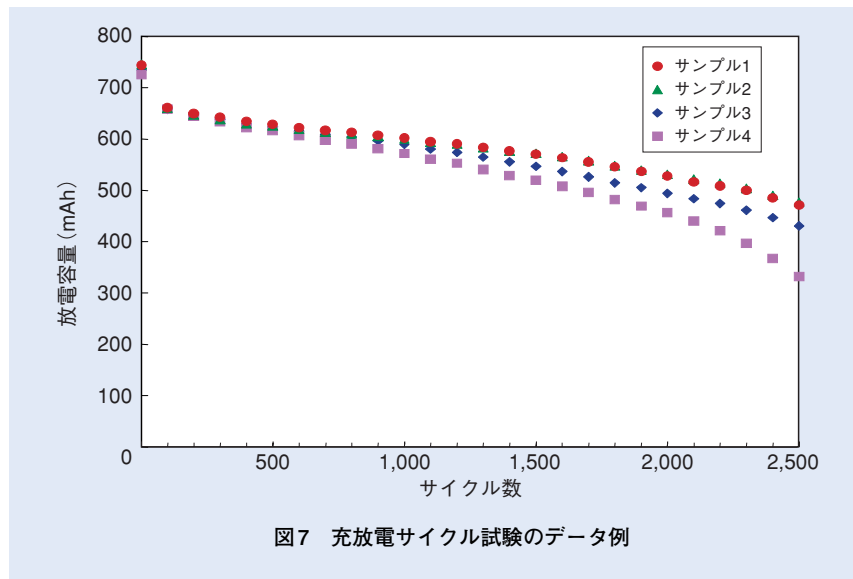


図7 充放電サイクル試験のデータ例

- [4] K. Takeno, J. Yamaki, M.Ichimura and K.Kaneko : “Influence of Battery Cycle Deterioration and Storage Deterio-

ration for Li-ion Battery using Mobile Phone,” Journal of Power Sources, Vol. 142, No.1, pp.298-305, 2005.