

携帯電話用バッテリーの 評価技術

現在開発中の携帯電話には、高エネルギー密度であるLiイオン電池が使用されている。この電池の採用により、携帯電話の小型化、高性能化が実現できた。しかし、この電池は、高エネルギー密度であるがために設計段階での安全性を考慮した評価が必要となっている。

そこで、新規携帯電話を開発する際に必要な評価手法の1つである、電池パックの安全性評価に関する試験方法およびその試験基準の概要を示し、携帯電話の開発では十分に使用上の安全性確保を実践していることを明らかにする。

たけの かずひこ こうろき えいき
竹野 和彦 興侶 英規

1. まえがき

現在、移動通信方式は第2世代から第3世代へと大きく変化し移行しつつある。この携帯電話を快適に使用するには、通話時間や待受け時間の確保が必要である。そのために、携帯電話本体の消費電力の低減とともに携帯電話用電池（バッテリー）のエネルギー密度の向上が積極的に行われている。

現在、多数のユーザが携帯電話を利用している現実を踏まえると、ユーザの中には携帯電話を過酷な環境下で使用するケースもある。具体的には、炎天下の車中に放置したり、不用意に水没、落下および圧壊などをするケースである。一方、近年の製造物責任法（PL法）の考え方の浸透やユーザの安全意識の変化に対応するために、上記の使用形態をある程度想定した携帯電話の安全性に関わる開発・評価が必要とされている。その開発や評価の中で、特に、高エネルギー密度であり、携帯電話の安全設計に重要な影響を与える2次電池に対しては、携帯電話特有の使用形態や運用台数を考慮した安全性評価技術が求められている。

本稿では、現在、携帯電話に普及しているLi（リチウム）イオン電池の安全性評価技術について述べる。

2. 携帯電話の電源系の構成

携帯電話の電源系（電池パック、充電回路など）の基本構成を図1に示す。携帯電話の電池パックを充電する場合、家庭用の電源コンセントなどからの交流電力（AC100V）は、ACアダプタを介して、直流電力（数V程度）へ変換し、携帯電話へ入力される。その電力は、Liイオン2次電

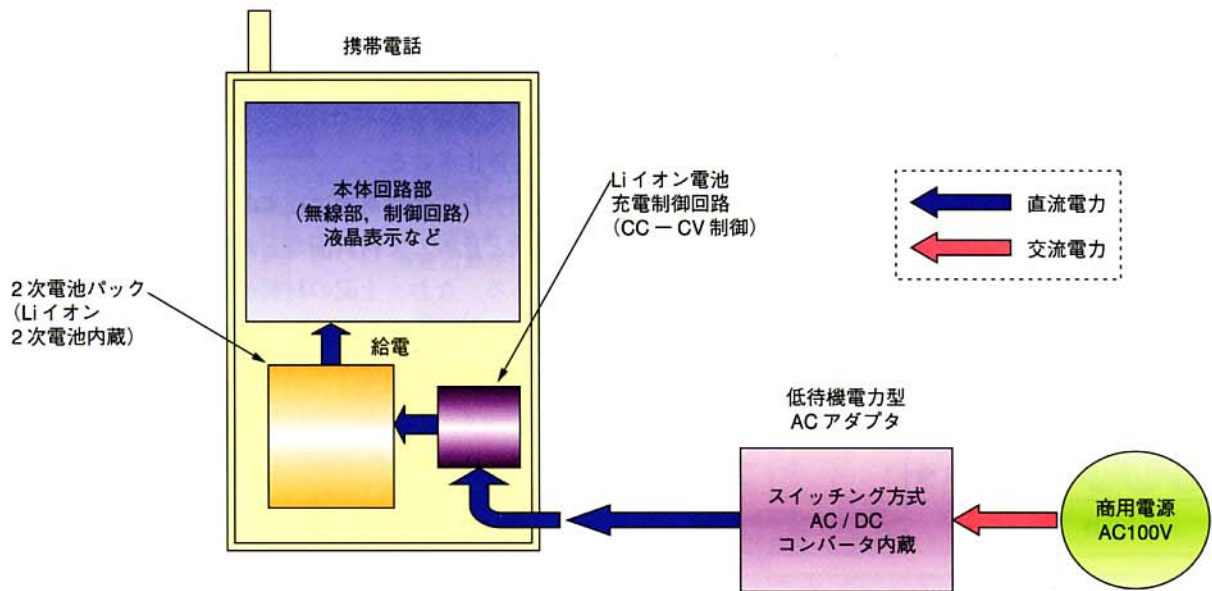


図1 携帯電話の電源系

池の充電制御を行う回路を介して、電池パックに入力され、充電が行われる。

図1中の電池パックの構成を図2に示す。このパック内には、Liイオン電池のほかに保護回路や温度計などが内蔵されている。一般に、Liイオン電池は過充電、過放電、過電流および異常高温などによって安全性が低下する場合があります。したがって、この不安定要因を補償するために、過充電や過放電を保護する電池保護IC、電池の温度を監視する温度計、過電流が電池に流れないように電流ヒューズの役目をする過電流保護素子の1種であるPTC素子を活用している。

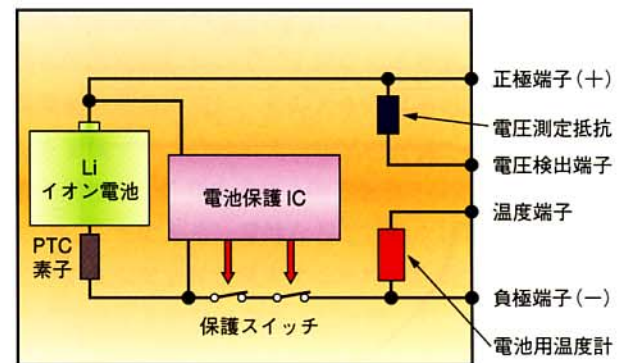


図2 携帯電話用電池パックの構成

3. Liイオン電池の概要と安全性

図3に各種電池のエネルギー密度の変遷を示す。1990年代前後のアナログ携帯電話ではニッカド電池が使用されてきた。その後、デジタル携帯電話で同電池よりも高エネルギー密度であるニッケル水素電池が使われる時代を経て、現在、高エネルギー密度であるLiイオン電池が広く使われている。この電池の形状の種類としては、角型と円筒型があり、内蔵時のデッドスペースを少なくできる角型が携帯電話に使用されている。この角型は現在でも年々高容量化が図られている。

Liイオン電池の原理図を図4に示す。この電池は、正極に LiCoO_2 （Li-コバルト-酸素）、負極に炭素（グラファイト）を配置し、両電極間でのLiイオンの移動により充電・放電を行う機構を特徴とする。この電池の特徴は、従来の水溶性電解液を使ったニッケル水素電池などと違い、反応

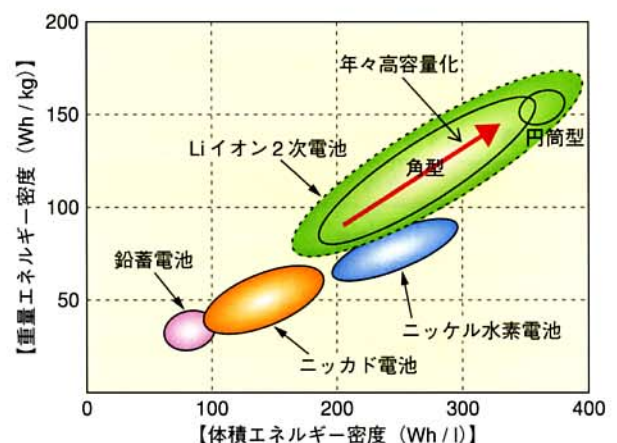


図3 電池のエネルギー密度の変遷

性に富むLi材料や有機溶剤系の電解液を使用している点である。

図5にLiイオン電池の充電時の電流・電圧特性を示す。この電池の充電は以下の動作により行われる。初めに、一

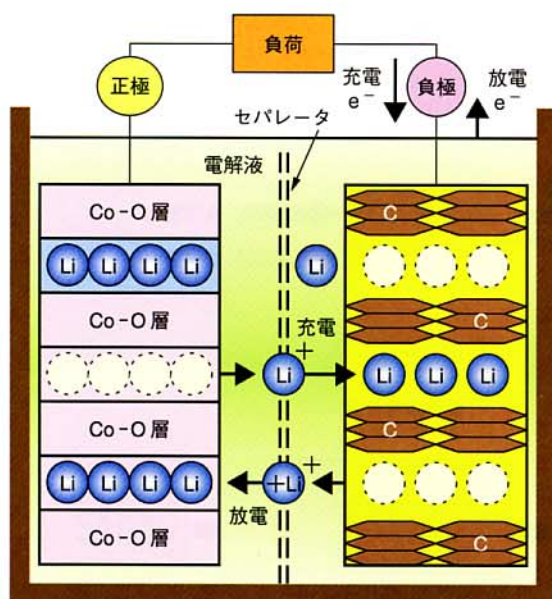


図4 Liイオン電池の原理図

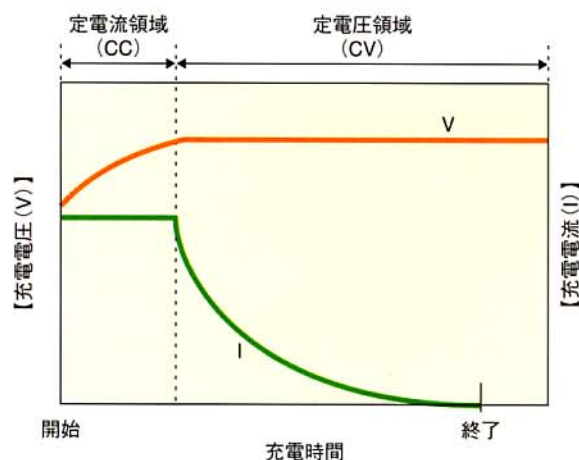


図5 Liイオン電池の充電方式

表1 Liイオン電池の不安要因の想定ケース

使用環境	原因	Liイオン電池の想定ケース
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
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
電池破損	落下、圧壊の影響	温度上昇、漏液など
水濡れ	不用意な水中投下	膨れ、充電不可（端子腐食）
高温放置	炎天下の車中など	容量劣化、膨れ、漏液

定の充電電流を流し（定電流領域：CC領域）、その後充電電圧が上限電圧値になった時点で、充電電圧を一定に保つように充電電流（定電圧領域：CV領域）を垂下させる。そして、充電電流がゼロに近くなった時点で満充電となり、充電を停止させる。

以上、Liイオン電池は従来のニッカド電池やニッケル水素電池と比較して材料面などが異なり、使用上の注意が必要である。なお、上記の材料的な特性や充電方式を踏まえて、異常充電などが行われた場合に想定されるLiイオン電池の不安要因の想定ケースを表1に示す。過充電や破損などによって、電池内部のLi材料や有機溶剤系電解液の反応などにより、液漏れや温度上昇などが発生する場合がある。

4. 電池評価手法

4.1 安全性評価ポリシー

携帯電話用電池パックの安全性を確保するために考慮すべき評価ポリシーを図6に示す。携帯電話が多様な使用形態および環境に置かれることを踏まえて、さまざまな影響（例：高電圧印加、破損など）を想定する必要がある。このため、携帯電話本体（充電回路の保護回路系）の安全性確保に加え、携帯電話本体の保護回路系の故障を想定した電池パックおよびLiイオン電池の単体での安全性確保を目標としている。

図6中の1例として、外部から高電圧が携帯電話本体の給電端子に印加された場合を考える。まず、高電圧が本体に印加された場合、本体の充電回路の保護機能の動作が正常に動作する条件下では、携帯電話全体の安全性は確保される。しかし、万が一、その保護機能が故障した場合、電池パック側に高電圧が印加される。通常は、電池パック内の保護素子などの動作で、その影響は内部のLiイオン電池パックに及ぶことはない。ところが、電池パックの保護素子などが本体の保護機能と同時に故障した場合、高電圧がLiイオン電池に直接印加することになる。以上のことから、通常時以外も想定して、Liイオン電池単体での安全性の確保を図る必要がある。

上記のLiイオン電池の高電圧印加の電圧領域を図7に示す。通常使用領域以上の電圧が印加された場合、使用危険領域に入ることになる。正常動作では携帯電話本体の保護機能や電池パック内の保護回路で、使用危険領域に入ることではない。

図6中において、上記の事象以外の破損や水没などの事例においても、万が一の保護機能の故障や保護不可能なケースを想定して、Liイオン電池単体での安全性を確保することが必要である。

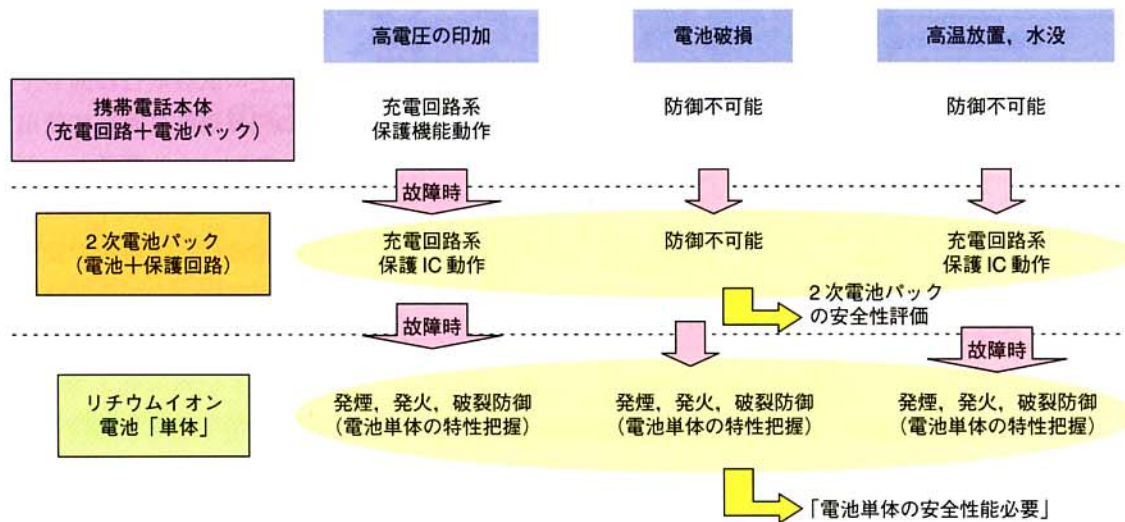


図6 安全性評価ポリシー（代表例）

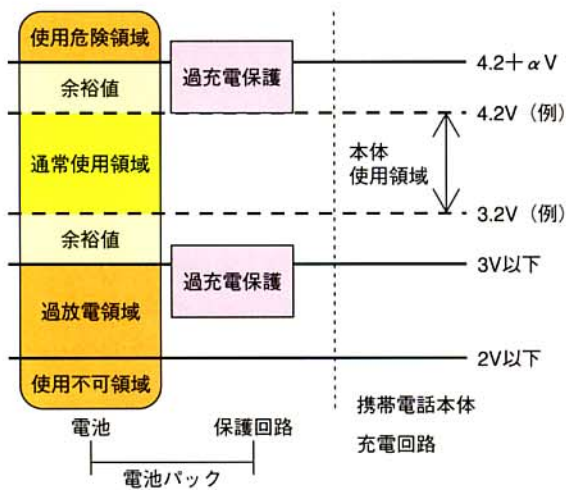


図7 充電時の電圧領域

4.2 電池評価試験の概要

携帯電話用電池に対する安全性に関わる評価結果の例を表2に示す。なお、本評価ポイントは図6などの安全性の評価ポリシーを踏まえた試験項目である。さらに、本ポイントの試験は電池単体および電池パックの双方で行う。

評価ポイントの試験項目としては大きく分けて、電気的試験、機械的試験、環境的試験がある。そして、前記試験の安全性基準は電池自体に発煙、発火、破裂が絶対に発生しないことである。

まず、電池の電気的試験について説明する。この試験では、電池端子のショートを想定した外部短絡試験（低抵抗での短絡試験など）、非純正充電器を使用した場合の過充電試験（高電圧充電、大電流充電など）を実施し、異常がないことを確認する。なお、電池パックに関しては、充電と放電のサイクルを数百回繰り返し、サイクル劣化の安全性

に対する影響がないことも確認する。

ここで、電気的試験の具体的な1例として、大電流充電時の過充電試験の概要を図8に示す。本過充電試験では、電池単体の充電において、正常な充電電流よりも数倍大きな電流値を電池に流し、そのときの電池電圧と電池温度の測定を実施する。この過充電試験の評価ポイントは、電池温度が発煙などの発生を伴う臨界温度 T_s 以下であることを確認することである。発煙などを伴わない電池でも試験末期で急激な温度上昇が発生するため、 T_s 以上にはならないことを確認する必要がある。したがって、過充電試験において電池温度の振る舞いを観察することにより、電池の安全性を評価する。

次に、機械的試験を説明する。この試験では、電池に釘などが刺さった場合や破損する場合を想定して、内部短絡試験（釘さし試験）や圧壊、衝撃試験を実施し、異常が発生しないことを確認する。

最後に、環境的試験では、炎天下の車中での放置による温度上昇などを想定した加熱試験や、水濡れや水没（水道水、塩水イオン水）などの影響を想定した水没試験を実施し、異常が発生しないことを確認する。

ここで、環境的試験の具体的な1例として、電池単体の加熱試験を模式的に図9に示す。この試験は電池単体を高温槽などの熱発生装置に入れ、100℃以上に加熱し、そのときの電池温度の測定を行う。本評価のポイントは、あらかじめ安全性の基準温度 T_h を決め、電池を温度 T_h の雰囲気中に数時間保存し、その間電池に発煙などの不具合がないことを確認する。なお、不具合のある電池は図9中のように急激に温度上昇が発生するが、安全性を確保している電池は多少温度上昇はあるものの、最終的に雰囲気温度 T_h

表2 評価結果例

	電池「単体」試験	結果	電池パック試験	結果
電氣的試験	外部短絡試験（ショート試験）	○	外部短絡試験（ショート試験）	○
	過充電試験（規格外充電器）		過充電試験（異常充電器）	
	⋮		サイクル劣化試験	
機械的試験	内部短絡試験（釘さし試験）		内部短絡試験（釘さし試験）	
	圧壊、衝撃		圧壊、衝撃	
	⋮		⋮	
環境的試験	加熱試験（温度限界把握）		加熱試験（温度限界把握）	
	水中投下（塩水、イオン水など）		水中投下（塩水、イオン水など）	
	膨れ防止試験 （リチウムポリマー電池）	↓	⋮	↓

○：外観変化なし，△：漏液，×：発煙，発火，破裂

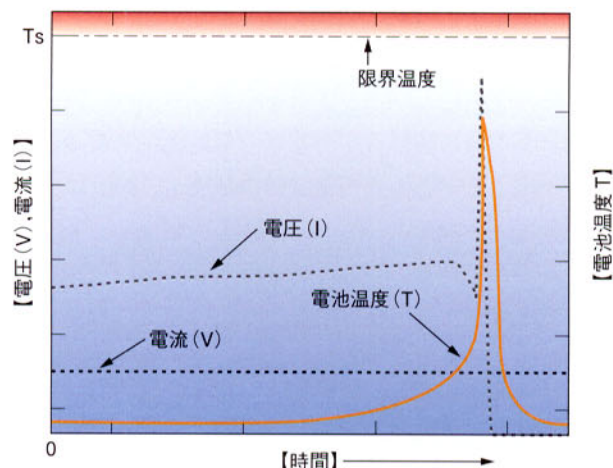


図8 過充電試験

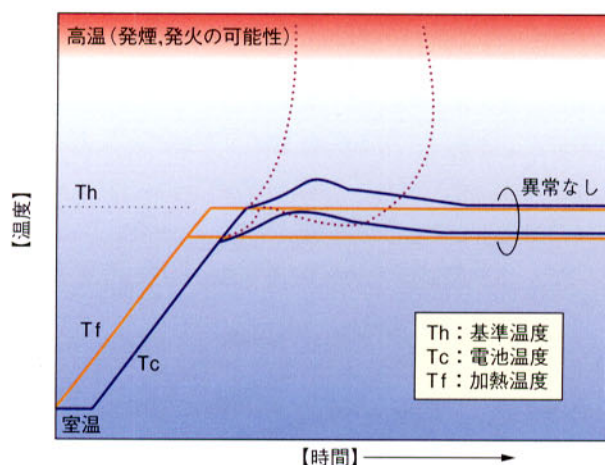


図9 加熱試験

と同じ温度になることを確認している。

以上の試験項目に関して、携帯電話の開発段階において使用を予定しているLiイオン電池およびその電池を内蔵した電池パックの評価を実施し、電池パック自身の安全性が確認された電池のみ携帯電話用の電池として商品化される。なお、最近商品化されているLiポリマー電池に関しても同様な評価を実施し、電池自体の安全性を確認している。

5. あとがき

携帯電話の安全性のさらなる向上のために、携帯電話に搭載するLiイ

オン電池パックの安全性に関する試験項目およびその判断基準と評価法について説明した。そして、その手法を現在開発段階のすべてのmoVa, FOMA携帯電話の電池パックの評価に適用しており、携帯電話の商品としての品質および信頼性の向上に大きな貢献を果たしている。

今後、携帯電話の使用時間向上を目指したマイクロ燃料電池なども想定した新型電池の安全性評価手法確立へ展開させ、より良いモバイル環境実現への貢献を進めていく。