

携帯端末の高性能・薄形化を進めるため、当社では、超薄形アルミラミネート外装リチウムイオン電池(以下、超薄形LIBと略記)を開発し、商品化した。携帯端末の今後の高性能化に対応するため、電源である電池も高容量化が強く要求されているほか、携帯端末の薄形化志向に合わせるため、電池の薄形・大面積化が必要となっている。この電池のサイズフレキシブルという特長を生かした大面積超薄形LIBの開発及び評価を進めた結果、超薄形LIBが、大面積化による特性低下が少なく、携帯端末に特徴的な電池の温度むらに強い電池であることが確認された。

An ultrathin lithium-ion battery for cellular phones was developed and commercialized. This battery is characterized by excellent low-temperature discharge performance, good safety and low swelling at high temperatures. The ultrathin lithium-ion battery's aluminum laminated film outer jacket enables flexibility of battery size.

These characteristics are well suited to the requirements of recent portable information equipment. When ultrathin lithium-ion batteries with large footprint were produced and evaluated, it was found that the large-footprint ultrathin lithium-ion batteries offer excellent overall performance, with little performance degradation caused by partial heat.

1 まえがき

近年の急速な半導体及び実装技術の進展により、従来は想像もできなかった各種機器が小型化、コードレス化されてきている。携帯電話を例にとると、約10年前に肩掛け式の電話が発売されたが、コスト及び大きさの問題からごく限られた人が使う特殊な装置でしかなかった。しかし、10年経った今、小型・低価格化が進み、各種交通機関内でその使用を控える旨のアナウンスを必要とするほどまでに、広く使われるようになってきている。また、高機能化も進み携帯電話一つあれば、何でもできる社会が到来しようとしている。これと類似な現象は、ノートパソコン(PC)、ビデオカメラなどでも起きている。また、PDA(Personal Digital Assistants)、IA(Internet Appliance)と呼ばれる新種の携帯端末も、急速にそのマーケットを拡大しつつある。

これらの各種携帯端末をその裏で支えるものが、二次電池である。特にリチウムイオン電池は、高容量・高電圧・軽量という特長から広く使われるようになってきている。

当社では、携帯端末用電源として従来使用されてきた角形アルミ缶電池に代わる電池として、超薄形LIBを開発・商品化した⁽¹⁾。この電池は、放電特性及び安全性などの特性面において、従来のリチウムイオン電池より優れているばかりでなく、形態自由度が大きいという特長を持っている。このため、従来の角形アルミ缶電池では対応困難であった薄形・大面積の電池への対応が可能となり、携帯端末の薄

形・高性能化に大きく寄与できると期待されている。

携帯端末用超薄形LIBとPDAへ組み込んだ、イメージモックアップ(以下、モックと略記)を図1に示す。

ここでは、携帯端末マーケットの進展に触れた後、これら携帯端末用電源としてのリチウムイオン電池に求められる特性とその達成手法、及び今後の展開について述べる。

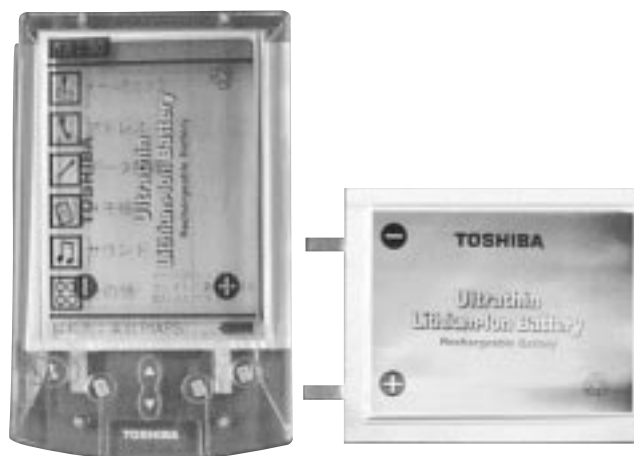


図1. 携帯端末用超薄形LIB(右)とPDAモック(左) 携帯端末用に開発した1,000mAh級超薄形LIBを右側に示す。これを使用することにより、携帯端末の薄形化が可能となる。

Mockup of large-footprint ultrathin lithium-ion battery for portable information equipment and PDAs

2 携帯端末とマーケット

携帯電話及びノートPCなどの携帯端末に使用されると予想されるリチウムイオン電池の数量を、これら携帯端末のマーケット予測に基づき算出した結果を図2に示す。2000年度4億台弱の売上げが期待されている携帯電話、ノートPCなどの大型商品のマーケット伸長は伸びに鈍化が見られるものの、今後も継続すると考えられる。また、現在は小さなマーケットである、PDA、IAなどの小型携帯端末マーケットが急激に立ち上がることが期待されており、携帯電話に比較すると一けた少ない電池使用量ではあるが、動向を注意して見守る必要がある。

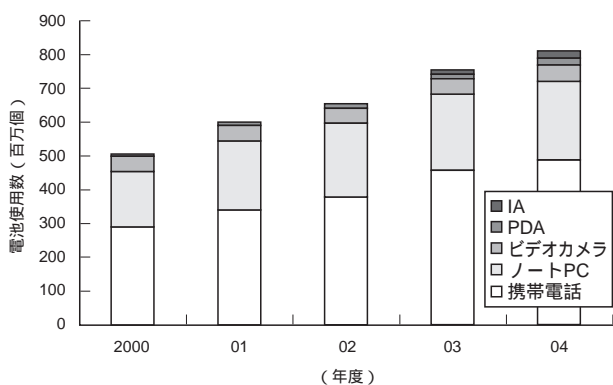


図2 携帯端末用電池のマーケット予測 携帯機器は今後も着実に増加し、PDA、IAの急速な伸びが見込まれる。
Market forecast for portable information equipment

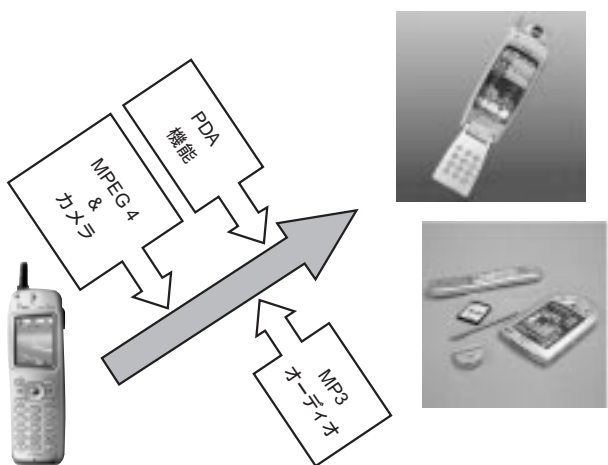


図3 携帯電話の技術動向 携帯電話は通話+メール機能から、MP3、MPEG4やPDA機能を取り込み、高機能化すると予想される。
Technological trends in cellular phones

これら携帯端末のうち、携帯電話は2001年からサービスが開始されるW-CDMA(Wide-band Code Division Multi-

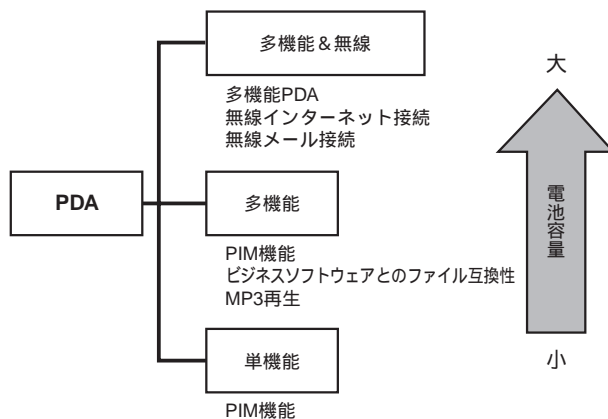


図4 PDAの機能と電源に対する要求 PDAはその機能により3種類に区分でき、高機能化につれて電池に対する要求も高度化する。
Personal Digital Assistants(PDA) functions and related battery requirements

ple Access)をはじめとする各種高速伝送技術に対応して、その機能も従来の会話をし、メールを交換する端末から、動画・音楽などのコンテンツを受信し、再生して楽しむ端末へ機能が変化していくことが予想される(図3)。

2000年秋開催された電子デバイス関係の展示会であるCEATEC(Combined Exhibition of Advanced TEchnologies - providing image, information and communications)においても、各キャリアのブースにはこのような近未来をイメージした各種モック、イメージ映像がふんだんに展示紹介され、見学者に夢を与えていた。

現在マーケットに出ているPDAをその機能別に分類した図を図4に示す。図に示すごとく、PIM(Personal Information Manager)機能に特化した機能の軽いPDAから、MP3(MPEG 1(Moving Picture Experts Group 1)Audio Layer 3)再生機能や各種ビジネスソフトウェアとの互換性を持たせた、重装備のPDAまで各種のPDAが、マーケット確保にしのぎを削っている。

機能に幅が大きいことから、PDAの電池に対する要求も、機能に応じて携帯電話並みの500mAh級から、ノートPC用の1,500mAh級まで幅が広い。しかし、今後PDAのカラー化とともに、無線機能の取込み、MP3、MPEG4の再生機能取込みが進むと予想されることから、電池に対する要求も、高容量化、大電流放電特性改善、広い温度範囲への適用などの電気特性において、厳しさが増すものと考えられる。また、これら携帯端末のデザインへ合わせるため、よりいっそうの薄形化への要求も増すことが予想される。

3 超薄形LIBの開発と特長

携帯端末のデザインに合わせて電池を設計する、サイズフレキシビリティ技術の開発は、今後の携帯端末用リチウムイ

オン電池の開発において避けては通れない課題である。

従来は外装にアルミ製の金属角形缶を使用した角形アルミ缶電池が携帯端末に広く使用されてきた。しかし、携帯端末の薄形化が進むなか、アルミ製外装缶では缶材料の加工性、封口に使用されるレーザー溶接性などの問題から、薄さ4 mm以下の領域は製造の困難さが急激に増加する。また、電池が大面積化した場合、アルミ製外装缶では実質的に製造が不可能になると考えられる。

当社では、これらの問題を解決することを目的として、アルミラミネートフィルムを外装に使用した超薄形LIBを開発・実用化した。

アルミラミネート外装を電池に採用するにあたり、アルミ缶外装電池に対し不利となる、①電池内圧上昇時の電池膨れが発現しやすい、②外装強度が弱く本質的な安全性を高くする必要がある、という点を解決し、なおかつ携帯端末電源として重視される、③大電流放電特性、④低温放電特性、などの特性を両立できる電池システムの開発が必須であった。これら諸条件をクリアする電池システムとして、ポリマー電池系と各種比較検討を実施した結果、電解液を使用した、液ラミネート電池システムを採用した。電解液としては、特に①、②の条件をクリアさせる必要があることから、通常採用されている環状カーボネートと鎖状カーボネートの混合系に代えて、環状カーボネートとγブチロラクトンの混合系を採用した。γブチロラクトンを使いこなす技術開発に成功したことから、電極と電解液との反応性が低いというγブチロラクトンの特徴を生かし、膨れ、安全性において優れた電池とすることができた。また、③、④の条件をクリアさせるため、電池及び電極も新規設計とした。

正極材料と電解液を混合して、加熱した際の発熱状況を調べた結果を図5に示す。超薄形LIBで採用した電解液との反応は、通常のリチウムイオン電池で採用されている電解

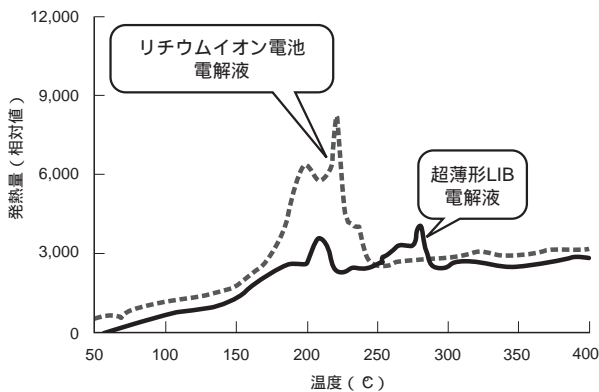


図5. 正極材料と電解液の反応 超薄形LIB電解液のほうが、通常のリチウムイオン電池電解液より正極材料との反応性が低い。
Reaction between active material in positive electrode and the electrolyte

液との反応に比較して、反応の開始温度が高く、しかもグラフの上ではピーク高さで表される発熱量も小さいことがわかる。この現象は実際の電池においては、異常使用時の発熱挙動に対応していると考えられていることから、実用上十分な安全性が確保されている現行のリチウムイオン電池に比較して、超薄形LIBにおいては更に高い安全性が確保されていることを示している。

新規電解液と新規電池構造を採用した超薄形LIBの実用化により、今後の携帯端末に要求される電池の大面積化及び薄形化を実現することが可能となった。

この電池は、携帯電話用として、当社の関連会社である(株)エイ・ティー・バッテリーで量産・出荷が行われている。

4 リチウムイオン電池の高容量化技術

前述のごとく、携帯端末マーケットの伸長に伴い、リチウムイオン電池の使用量は増大の一途をたどると考えられるが、それとともに高容量化に対する要求も厳しくなる。円筒形リチウムイオン電池を例にとり、高容量化を支えてきた技術の例を図6に記す。このように電池高容量化は、電極材料変更による高容量化と電池構造変更による高容量化の二つがバランスよく支えてきた。

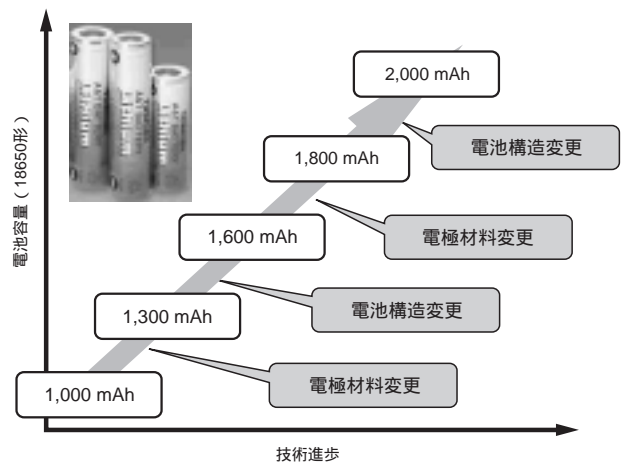


図6. リチウム電池の高容量化を支えた技術 電極材料と電池構造による高容量化が、リチウム電池の高容量化を支えている。
Support technologies for increasing battery capacity

しかし、電池構造変更による高容量化もそろそろ限界に達したと思われ、電池缶内に活物質を詰め込む余地が見当たらなくなってきている。また、電極材料変更による高容量化についても、グラファイト系負極とコバルト(Co)系正極を組み合わせている限りにおいては、限界に達しつつあるように見受けられる。

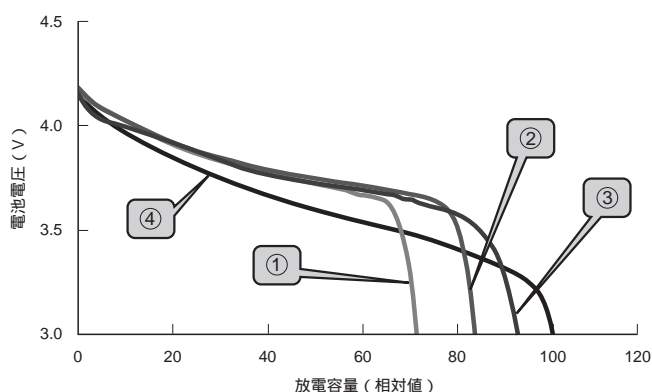


図7 . 正極材料による電池高容量化 現行のCo系材料からNi系材料に変更することにより、約20%の容量増加が期待できる。
Comparison of capacity among Co-type and Ni-type positive electrode materials

このような状況下において、ニッケル(Ni)系正極材料が電池高容量化に対して有効と考え、数年来開発を進めている。各種材料での電池放電特性を図7に示す。図中①は現行Co系材料、②は詰込みを徹底的に実施したCo系材料、③はNi系の良さを取り込んだ開発正極材料、④は高容量化を更に進めた開発正極材料でのデータである。このように、容量を増大するにしたいが、Ni系材料の特徴である電圧低下傾向が認められるが、それにも増して放電容量の増大が大きいことは魅力的であると考えている。

5 リチウムイオン電池の長寿命化技術

携帯端末においては、そのデザイン性を追及するためビルトイン(電池組込み)としての使用形態が増加すると予想される。この場合、最低限機器製品寿命の間、電池交換を不必要とする長寿命化技術の開発が必要となる。

市販の円筒形リチウムイオン電池の充放電繰返し寿命特性を評価すると、電池によって充放電繰返し寿命がかなり異なっていることが見出された。この原因を探るとともに、長

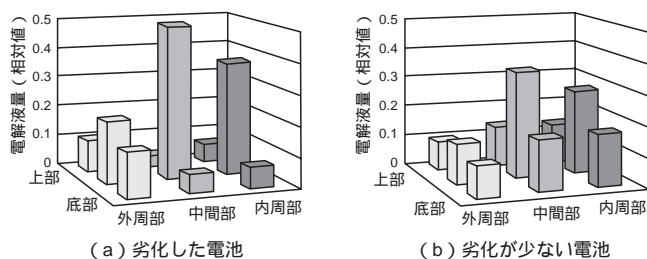


図8 . 電池内の電解液分布の比較 劣化した電池(a)に対し、劣化が少ない電池(b)では充放電繰返し後の電解液分布ムラが少ない。
Electrolyte distribution in cycled batteries

寿命化のための方向性を得るため、当社はクライオサンプリング法と呼ぶ新規な電解液分布解析手法を開発し、サイクル進行に伴う電解液の電池内での移動がサイクル劣化の一因であることを見出した⁽²⁾。解析結果の一例を図8に示すが、サイクル特性に劣る電池(図(a))のほうがサイクル特性に優れた電池(図(b))より電解液の偏在が大きいことが明らかとなった。

このように電池長寿命化のためには、従来より精力的に進められている活物質の劣化抑制とともに、電解液の分布、変質をも考慮した電池の設計・開発が必須であることが明らかとなった。

6 超薄形LIBの新規携帯端末への展開

携帯電話用として携帯端末への参入を果たした超薄形LIBを、その他の各種携帯端末へ適用することを目的として、新たな開発を進めている⁽³⁾。

今後の大幅なマーケット拡大が望める、PDA、IAにおいては、機器の薄形化が大きな流れとなっており、これに対応した、薄形及び大面積で、なおかつ高容量の電池開発が強く要求されている。

これらの要求にこたえるべく、超薄形LIBの薄形及び大面積化の検討を進めている。これは、アルミラミネート外装を採用していることから、アルミ製金属缶を採用した従来の角形アルミ缶電池よりも、製造面において薄形及び大面積化には適している。しかし、薄形、大面積化したことにより懸念される電池特性低下の抑制、安全性のよりいっそうの向上など、電池設計にかかわる問題、大面積電極群の捲回(けんかい)方法、電解液注液方法などの電池製造にかかわる問題など、多くの課題の解決が必要である。

PDA用として試作した超薄形LIBの外観写真を図1に示す。このように薄形及び大面積という、従来の電池では実現困難だった特長を生かすことで、デザイン性に優れた各種モバイル機器の開発に寄与できるものと期待している。

この電池の放電特性を図9に示す。図より明らかなとおり、大面積化しても携帯電話用として商品化されている超薄形LIBの放電特性と遜色(そんしょく)のない放電特性が得られており、この電池の基本性能の高さが現れている。

このように大電流放電特性にも優れていることから、大電流パルス放電を伴う、無線機能が付加された携帯端末の電源としても適しているものと考えられる。

携帯端末へ大面積超薄形LIBを実装する場合、電池の容量を最大にするためには携帯端末デザインに合わせて、電池サイズの縦横比を変化させる必要がある。通常大面積化した電池において縦横比を変化させると、電池内部での電流の不均一が生じ、充放電繰返し寿命が低下するケースが多く、電池デザインを変更することの大きな支障となっていた。

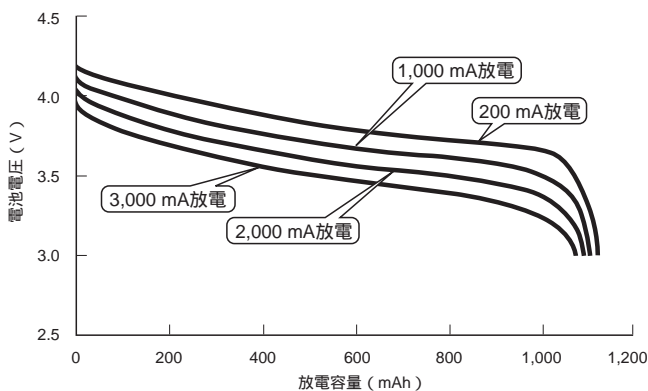


図9 . PDA用超薄形LIBの放電特性 3,000 mAの大電流で放電させても、ほとんど容量低下が認められず、携帯端末機器用に適している。
Discharge performance of large-footprint ultrathin lithium-ion battery

しかし、超薄形LIBにおいては、図10に示すように、縦横比を80:30から80:90まで振っても、その充放電繰返し寿命特性に顕著なる差は認められていない。このように、超薄形LIBは、電池サイズフレキシビリティの観点からも優れた特質を持った電池であると言えます、将来の携帯端末のデザインにいち早くマッチした商品を提供することが可能になると期待されている。

実装技術の進歩により、機器の小型化がいつそう進み、電子回路と電池とが近接して配置される機会が増加すると予想される。また、携帯端末の高機能化とともに、使用されるCPU及び周辺電子部品の処理能力への要求もより高度なものとなり、それに伴ないこれら部品からの発熱も増加の一途をたどると予測される。

それに対し、電池反応は化学反応であり、本質的に温度の影響を受けやすいという性質を持っていることから、何らかの備えが必要となる。特に、大面積電池においては、

電池周辺の部品配置に起因する温度むらの可能性が高い。

超薄形LIBへ小型ヒーター(10 mm × 10 mm, 60℃)を接触させて試験を実施した結果を図11に示す。部分加熱の有無による充放電繰返し寿命への顕著なる影響は認められず、実用上問題が少ないものと考えられる。

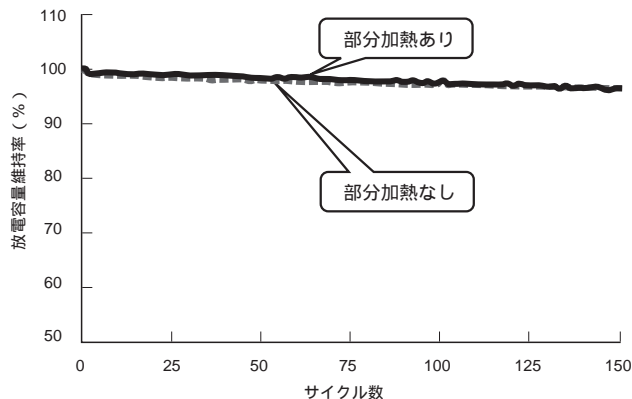


図11 . 電池充放電繰返し寿命へ及ぼす部分加熱の影響 CPUを模擬した60℃の小型ヒーターで部分加熱を与えても、充放電繰返し寿命へ及ぼす影響は、ごくわずかに抑制されている。

Cycle life of partially heated ultrathin lithium-ion batteries

7 あとがき

携帯端末動向と、これら携帯端末用電源としての電池に要求される特性について述べるとともに、アルミラミネート外装のリチウムイオン電池である超薄形LIBとその携帯端末への展開を述べた。

子供のころ、夢の世紀として描かれていた21世紀になった。高性能な電池の開発を通じ、子供のころの夢、そして、今の子供たちの夢の実現のお手伝いをしたいと考えている。

文献

- (1) Takami, N., et al. "New Thin Lithium-ion Battery Using an Organic Liquid Electrolyte with Thermal Stability". Abstract "10th International Meeting on Lithium Batteries". Como, Italy, 2000-05 - 06, Electrochemical Society. 2000, No.328.
- (2) 長谷部裕之, ほか. "リチウムイオン電池サイクル劣化機構の検討". 第41回電池討論会予稿集. 名古屋, 2000-11, 電気化学会電池技術委員会. 2000, p.314 - 315.
- (3) 小岩 馨, ほか. "ラミネートパッケージを用いた薄型リチウムイオン二次電池の開発(2)". 第41回電池討論会予稿集. 名古屋, 2000-11, 電気化学会電池技術委員会. 2000, p.368 - 369.

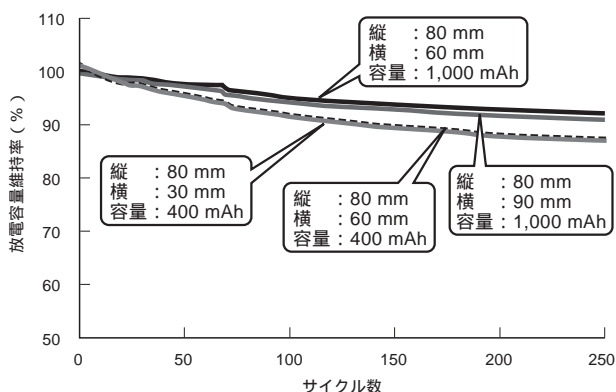


図10 . 電池充放電繰返し寿命へ及ぼす電池形状の影響 電池の縦横比を変えても、充放電繰返し寿命特性へ及ぼす影響は、ごくわずかに抑制されており、携帯端末機器のサイズ適合性に優れている。

Cycle life of various shapes of large-footprint ultrathin lithium-ion batteries



長谷部 裕之 HASEBE Hiroyuki

ディスプレイ・部品材料社 バッテリー・エネルギー事業部 BE開発部部長。電池に関する要素及び製品技術の開発に従事。電気化学会、応用物理学会会員。

Battery & Energy Div.