

安全性に優れた新型二次電池 SCiB™

Newly Developed SCiB™ High-Safety Rechargeable Battery

小杉 伸一郎 稲垣 浩貴 高見 則雄

■ KOSUGI Shinichiro ■ INAGAKI Hiroki ■ TAKAMI Norio

東芝は、大幅に安全性を高めた新型二次電池 SCiB™を開発し、本格的な量産体制を確立した。

SCiB™は、負極に当社独自の酸化物系新材料を採用しており、外力などで内部短絡が生じても熱暴走を起こさない本質的な安全性を備えている。また、3,000回以上の充放電における性能劣化がわずかであり、寿命特性も優れている。他の電子デバイスと同等の寿命を持つため、電池交換を前提としない機器設計が実現できるうえ、廃電池処理の削減が見込まれ、環境負荷の低減にも寄与できる。更に、急速充電性能にも優れており5分間充電が可能である。

SCiB™の卓越した安全性を前提に長寿命と急速充電性を生かし、電動自転車や電動バイク、電動フォークリフト、無人搬送車、MFP(Multi Functional Peripheral:複合機)、及び業務用のアプリケーションなど、様々な分野への応用が期待できる。

Toshiba has developed the SCiB™ high-safety rechargeable battery and is ready to produce it in commercial quantities. The SCiB™ battery has three major features. First, it is designed to have intrinsic safety and will not thermally run out of control even when an internal short-circuit is formed due to an external impact. This is because an inactive oxide is applied to the anode in place of carbon, which is more active and combustible. Second, the SCiB™ battery has a superior lifetime. Its performance degradation has been confirmed to be negligibly small after 3,000 charge-discharge cycles. This is comparable to other electronic devices such as electrolytic condensers, which means that new types of electronic equipment will be marketed that require no replacement batteries. It is therefore an environmentally friendly product due to the reduction in waste batteries. Third, the SCiB™ battery can be recharged in only five minutes.

It will be applied to a wide variety of electric appliances such as electric bicycles, electric forklifts, automatic guided vehicles (AGVs), multifunctional peripherals (MFPs), and so on.

1 まえがき

東芝は、安全性を大幅に高めた新型二次電池 SCiB™を製品化し、2008年3月から本格的な量産を開始する。

SCiB™は、負極に熱的に安定な当社独自の酸化物系新材料を採用しており、外力などで内部短絡が生じても熱暴走を起こさない本質的な安全性を備えている。SCiB™の外観を図1



図1. SCiB™ AP146396HAの外観 — 手のひらサイズの電池で50 Aの大電流充電、45 Aの大電流放電を実現している。

SCiB™ battery type AP146396HA

表1. SCiB™ AP146396HAの基本仕様

Specifications of SCiB™ battery type AP146396HA

項目	仕様
公称電圧	2.4 V
公称容量	4.2 Ah
最大充電電流	50 A
最大放電電流	45 A
寸法	62 (幅)×95 (高さ)×13 (厚み) mm

に、主な仕様を表1に示す。

量産を開始するSCiB™の公称容量は4.2 Ah、公称電圧は2.4 Vであり、電池1個で10 Whの電力を蓄えることができる。また、3,000回の充放電を繰り返しても性能劣化(容量の減少)はわずか10%未満である⁽¹⁾。従来の二次電池では500回程度の充放電で30%程度の容量減少があったため、使用機器は電池交換を前提に設計されているが、SCiB™は、寿命がほかの電子デバイスとほぼ同等であるため電池交換を織り込んだ設計が不要となる。適用機器の寿命途中で廃棄電池が出ない、省資源と省エネルギーの環境調和型製品である。

SCiB™は最大充電電流50 A、最大放電電流45 Aで、62 (幅)×95 (高さ)×13 (厚み) mmの手のひらサイズの電池であるが、

50 Aもの大電流での充電が可能のため、通常では5分間で充電が完了できる。

以下に、SCiB™の優れた安全性と、長寿命、急速充電性などの特長と応用について述べる。

2 SCiB™の優れた安全性と電池の構成

SCiB™の押しつぶし試験後の電池の外観を図2に示す。満充電状態の電池を半径10 mmの丸棒で押しつぶす強制短絡試験を実施した。丸棒で押しつぶすと、電池内部で強制的に短絡が発生し、これに伴う発熱などから電池の安全性が評価できる。満充電で十分なエネルギーを内在した電池を丸棒にて押しつぶすと電池内部で強制短絡が生じるが、SCiB™では、図2のように電池を完全に押しつぶしても内部短絡による温度上昇は緩やかで、破裂や発火に至らなかった。

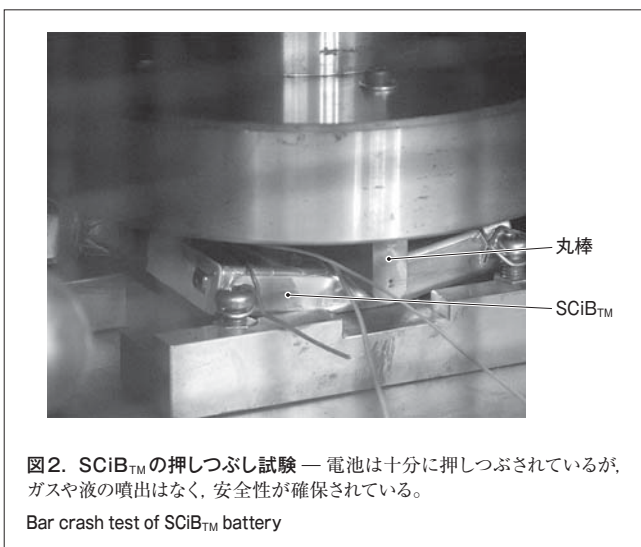


図2. SCiB™の押しつぶし試験 — 電池は十分に押しつぶされているが、ガスや液の噴出はなく、安全性が確保されている。

Bar crash test of SCiB™ battery

負極材料として従来のリチウムイオン (Li-ion) 電池にはカーボン系の黒鉛などが用いられているが、SCiB™では当社独自の酸化物系負極材料を採用している。

SCiB™の構造は、従来のLi-ion電池と同様に、正極、負極、セパレータ、電解液、それらを収納するケースから構成される(図3)^{(2), (3)}。ケースには電流取り出しのための端子が設けられ、内部の正極、負極に接続されている。正極と負極は、薄い金属箔(はく)に正極材と負極材をそれぞれ塗布したものである。両極間には絶縁のためにイオン透過性のあるセパレータが設けられている。負極と正極、セパレータをそれぞれ重ね合わせて所定の形に捲回(けんかい)後に整形し、電解液とともに電池ケースに収めている。

負極の主要材料であるチタン酸リチウム(LTO)は、従来のLi-ion電池に採用されているカーボン系材料と異なり、それ自体が燃えることのない熱的に安定な物質である。また、電解液と

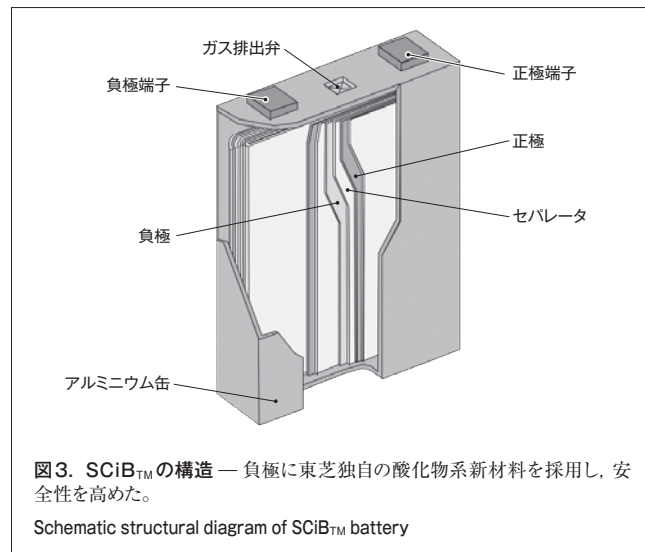


図3. SCiB™の構造 — 負極に東芝独自の酸化物系新材料を採用し、安全性を高めた。

Schematic structural diagram of SCiB™ battery

の反応性も低く、極めて安全性が高い。SCiB™の新負極材とカーボン系負極材(黒鉛)の両負極材について、Li吸蔵時の電解液との反応性を比較した示差熱分析結果を図4に示す。

カーボン系負極材の場合、150℃付近から電解液との反応による発熱が始まり、200℃を超えると発熱量は急激に増加する。240℃に発熱反応のピークがあり、この反応熱によって電池が過熱される。一方、SCiB™の新負極材では、200℃を超える高温域まで電解液との反応は認められない。すなわち、新負極材を採用したSCiB™では、負極材と電解液との反応が引き金になって熱暴走が生じる可能性は極めて低い。

また、SCiB™の新負極材の主要材料であるLTOは金属酸化物であり、カーボン系負極材とは異なり、それ自体には導電性がない。したがって、負極電極材の電子伝導率は低く、万一、正極と負極が直接短絡しても、流れる電流量はカーボン系負極材に比較して小さい。その結果、内部短絡が発生した際も局所的な温度上昇による発熱が抑制される。

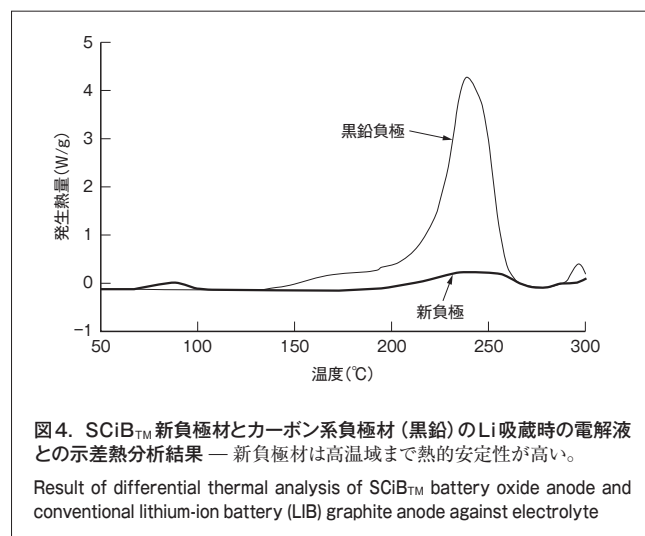
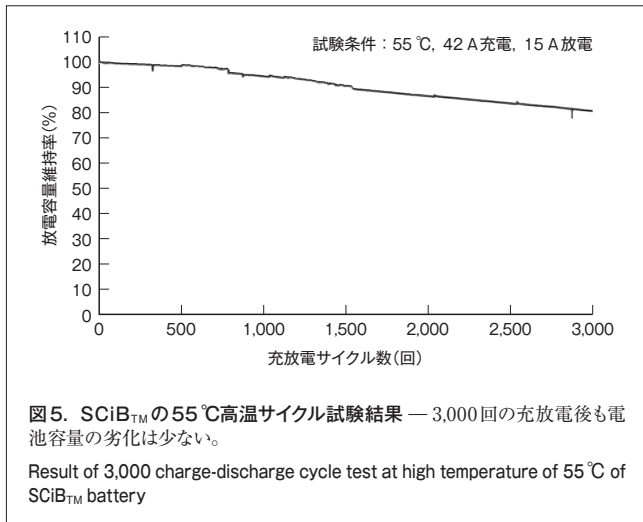


図4. SCiB™新負極材とカーボン系負極材(黒鉛)のLi吸蔵時の電解液との示差熱分析結果 — 新負極材は高温域まで熱的安定性が高い。

Result of differential thermal analysis of SCiB™ battery oxide anode and conventional lithium-ion battery (LIB) graphite anode against electrolyte

3 長寿命と急速充電性

SCiB_{TM}は、寿命性能においても従来のLi-ion電池に比べ格段に優れている。42 A充電, 15 A放電での55℃高温サイクル試験結果を図5に示す。横軸は充放電サイクル数, 縦軸は容量維持率(初期の電池容量を100%として表示)である。



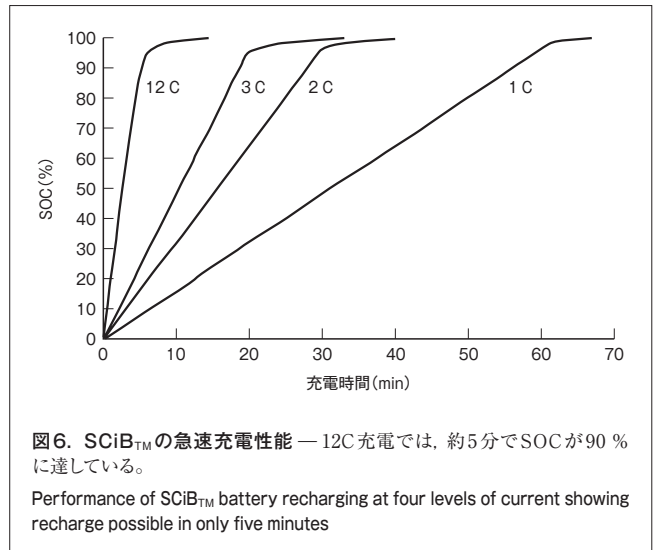
一般に、電池の劣化は化学反応により発生するので、電池の温度が高いほど劣化は早まる。ここでは電池劣化を加速させるために、電池温度を55℃の高温にして試験を実施した。42 Aの大電流による急速充電, 15 Aの大電流放電, 電池温度は55℃と極めて過酷な条件においても、3,000回充放電後のSCiB_{TM}の容量劣化はわずか20%であった。

一般に電池の充放電の電流値はCレート(=電流値(A)/容量(Ah))で表される。容量1 Ahの電池を1 Aで充放電すると1 C, 10 Aで充放電すると10 Cと表記される。従来のLi-ion電池の場合、0.2 C充電, 1 C放電試験程度のゆるやかな条件でも500回程度の充放電で、容量は30%程度まで劣化する(当社)。これに対し、SCiB_{TM}では10 C充電(42 A), 3.5 C放電(15 A)の大電流での急速充放電試験においても、500回では容量劣化は極めて低く、3,000回の充放電後も容量減少は20%程度にとどまる。

以上のようなSCiB_{TM}の長寿命性能は、汎用機器の製品寿命期間での充放電回数を満足するものと考えられ、SCiB_{TM}を採用することにより電池交換を必要としない新たな機器設計が可能となる。また、廃電池処理の大幅削減が見込まれるため、SCiB_{TM}は環境調和型電池として有望である。

表1に示したように、SCiB_{TM}の最大充電電流は50 Aと大きく、5分間で充電可能な急速充電性能を備えている。電池の充電特性を図6に示す。横軸に充電時間, 縦軸に電池の充電率(SOC: State of Charge)を示す。

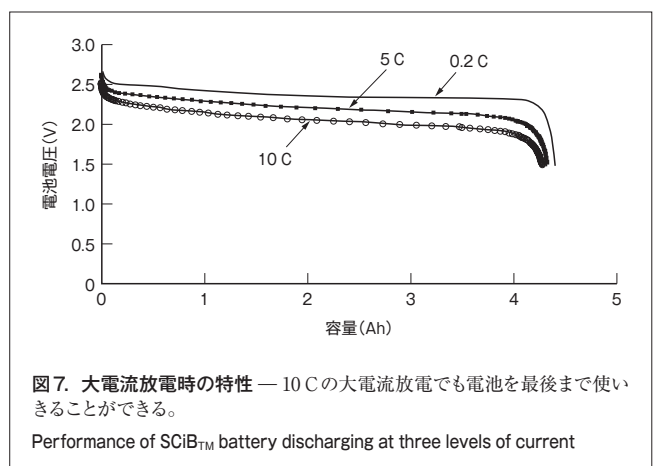
SOCは電池の充電状態を示す指標であり、0%で電池が



空, 100%で満充電状態を示す。電池の充電電流を1 C (4 A), 2 C (8 A), 3 C (13 A), 12 C (50 A)に設定して定電流-定電圧充電(CC-CV充電, 電池電圧が所定の値になるまでは定電流で充電, 電池電圧が所定の値に達した後は定電圧で充電)を行い、充電性能を評価した。図中の各充電曲線の直線部分は定電流での充電が行われている状態を示し、SOC100%に漸近する曲線部分は定電圧充電が行われている状態である。

それぞれの充電曲線はほとんどが直線部分, すなわち定電流充電部分からなっており、12 C (50 A)の大電流であっても、充電状態SOCは約5分で90%に達する。以上のように、SCiB_{TM}は非常に優れた急速充電性能を備えている。

SCiB_{TM}の放電特性を図7に示す。横軸は電流容量すなわち放電開始後の電流積算値で、横軸の左端は放電開始時(満充電状態)を表し、縦軸は電池電圧である。放電電流をパラメータに0.2 C (0.8 A), 5 C (20 A), 10 C (42 A)における放電時の電池電圧の変化を比較した。放電電流が10 C (42 A)と放電電流が0.2 C (0.8 A)の場合における電圧降下の差はわずかであり、電池の内部インピーダンスは極めて低いことがわか



る。放電電流10 C (42 A) の大電流放電の場合、約4.2 Ahの容量が得られており、また放電容量が3 Ahに達するまで電圧は2 V以上を維持している。

このようにSCiB™は、電池に蓄えられたエネルギーを大出力で使い切ることができる優れた二次電池である。

以上述べたように、SCiB™は安全性に優れる一方で、寿命が長く、急速充電性に優れた新型二次電池である。卓越した安全性を備えるSCiB™を適用すれば、より安全・安心なバッテリー搭載製品を容易に提供できる。

例えば、電動フォークリフトの場合、従来は鉛バッテリーを2年に1度程度交換しているが、SCiB™を適用すればフォークリフト本体を廃棄するまで電池交換を行う必要がなくなり、廃電池処理の不要な環境調和型フォークリフトが可能となる。また、電動自転車や電動バイクの場合、数分間で充電が可能のため、街角の充電スタンドで、ガソリンスタンド感覚でバイクの充電ができ、飛躍的に電動バイクの普及が進む可能性がある。特に、年間1万 km程度走行する業務用バイクでは、原動機付きバイクから電動バイクに変更することで1台当たり1 kg/日の二酸化炭素 (CO₂) 削減が見込まれ、ここでも環境負荷低減に寄与できる。

SCiB™の適用にあたっては、用途に合わせて所定の出力を確保するため、バッテリーモジュールを形成し組電池として用いる。4.2 Ahセルを10個直列に配列した標準モジュールを図8に示す。標準モジュールにおいても、セル単体と同等の優れた安全性が確保されており、5分間の急速充電も可能である。

また、安全性が高く寿命が極めて長いというSCiB™の基本的な特長は、ハイブリッド自動車や電動自動車などの応用分野に適した特性である。SCiB™は、残容量が残り少なくなっても十分な出力性能が維持でき、電池充電状態SOCの広い範囲にわたって入出力性能の変化が少ない特長をハイブリッド自動車に適用すれば、バッテリーシステムを更に小型・高性能化できる可能性がある。今後はハイブリッド自動車などに適した電池の開発にも積極的に取り組んでいく。



図8. SCiB™標準モジュール — 5分間で急速充電ができる。
SCiB™ battery module

4 あとがき

負極に当社独自の酸化物系新材料を採用し、安全性を高めたSCiB™を開発し、本格的な量産体制を確立した。新負極材は、従来のLi-ion電池で用いられているカーボン系負極材と異なり熱的に安定で燃えない材料で、強制的な内部短絡模擬試験においても発煙や発火に至ることはなく、高い安全性を備えている。また、3,000回の急速充放電においても性能劣化はわずかである。

従来の二次電池では電池交換を前提とした機器設計が行われてきたが、製品のライフタイムに対応できる長寿命のSCiB™では、交換を必要としない設計が可能となる。また、62 (幅) × 95 (高さ) × 13 (厚み) mmの手のひらサイズでありながら、50 Aもの大電流の充電、45 Aの大電流放電が可能であり、5分間で充電できる急速充電性能を備えている。

今後これらの特長を生かした、電動自転車、電動バイク、電動フォークリフト、無人搬送車、MFPなど、様々な分野への適用が期待される。

文 献

- (1) 東芝ホームページ. “新型二次電池「SCiB™」の事業化について.” プレスリリース. <http://www.toshiba.co.jp/about/press/2007_12/pr_j1102.htm>, (参照2007-12-26).
- (2) 高見則雄, ほか. ナノ材料電極を用いた新型電池. 東芝レビュー. 61, 2, 2006, p.6-10.
- (3) 高見則雄. 1分充電可能な新型急速充電電池の開発. 産業と電気. 3, 642, 2006, p.15-18.



小杉 伸一郎 KOSUGI Shinichiro, D.Eng.
産業システム社 SCiB事業推進統括部 SCiB技術部長代理, 工博。レーザー発振器, 廃棄物熱分解処理装置の開発, 及び新型電池の事業開発に従事。
Super Charge Battery Div.



稲垣 浩貴 INAGAKI Hiroki
研究開発センター 機能材料ラボラトリー主任研究員。
新型電池の材料開発に従事。電気化学会会員。
Functional Materials Lab.



高見 則雄 TAKAMI Norio, D.Eng.
研究開発センター 機能材料ラボラトリー研究主幹, 工博。
新型電池の開発に従事。電気化学会, 米国電気化学会会員。
Functional Materials Lab.