

# リチウムイオン電池搭載 UPS の開発

## Development of UPS with lithium ion battery

道永 勝久\*      佐井 真也\*      河原林 一 王\*  
菊田 重則\*      山本 利男\*

Katsuhisa Michinaga      Shinya Sai      Kazuo Kawarabayashi  
Shigenori Kikuta      Toshio Yamamoto

### Abstract

A UPS with lithium ion batteries "BIROS-SL SERIES" has been developed. The energy density of lithium ion battery is higher than that of other batteries currently used in power supply equipments. The discharge performance of lithium ion battery is superior to the others. The additional protection devices are, however, needed for the prevention of the over-charge, over-discharge, and imbalanced capacity of any single cell. This newly developed "BIROS-SL SERIES" UPS has the automatically functional devices for these protections to keep the same easy-maintenance as the case of "BIROS-S SERIES" UPS. This type equipment for 10 kVA UPS with 5-minutes backup is 60% in volume and half in mass compared with those of the conventional one. Moreover, "BIROS-SL SERIES" has a remote monitoring system of detecting each cell voltage of lithium ion battery.

## 1 まえがき

産業用の UPS に対しては、常に小形化・軽量化が要求されており、とくに都市部の密集地域においてはスペースの有効活用の要求や床加重の制限の面から、切実になっている。日本電池（株）ではより小形の半導体部品の採用や回路・構造設計の最適化により、「BIROS シリーズ」において常に小形軽量化された UPS を市場に提供してきた。しかしながら半導体部品の性能向上や回路・構造設計の最適化だけで改善をおこなうのは限界があり、次第に市場に魅力的な商品を提供できなくなりつつある。当社はこの状況を打破し、小形化・軽量化へのブレークスルーを実現するために、リチウムイオン電池搭載 UPS を開発したので、

その概要を報告する。

## 2 外観および仕様

開発したリチウムイオン電池搭載 UPS “BIROS-S1010SL” および BIROS-S1010SL 内蔵の蓄電池ユニットの外観を図 1 および図 2 に示す。また仕様の概要を表 1 に示す。

従来より発売されている「BIROS-S シリーズ」に対してリチウムイオン電池搭載品は“BIROS-SL”と、末尾に L を付けた形名としている。電気的特性は従来の BIROS-S シリーズと同等、メンテナンス性もほぼ同等とし、後述するリチウムイオン電池特有の保護動作については、蓄電池ユニット（図 2）に集約し、自動的におこなわれるように設計されている。

\* 電源装置生産カンパニー技術部



図1 リチウムイオン電池搭載UPS "BIROS-S1010SL"の外観

Fig.1 Appearance for UPS "BIROS-S1010SL" with lithium ion battery.

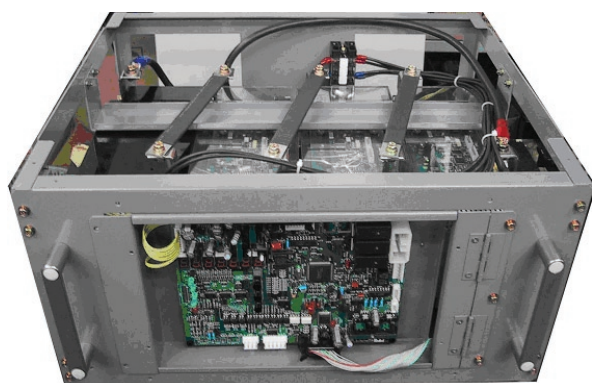


図2 蓄電池ユニットの外観

Fig.2 Appearance for lithium ion battery unit.

表1 BIROS-S1010SLの仕様

Table 1 Specification for BIROS-S1010SL.

(1) BIROS-S1010SL 本体

項目	仕様
運転方式	常時インバータ・商用並列運転方式
冷却方式	強制風冷および強制換気
交流入力	1 PH 2 W 100 V $\pm$ 10 % 入力容量 10 kVA 50 / 60 Hz 力率 95 % 以上
直流部	電圧変動範囲 84.0 ~ 120.0 V 電池 114.8 V
交流出力	1 PH 2 W 定格出力容量 10 kVA (8 kW) 定格電圧 100 V 定電圧精度 $\pm$ 1.5 %
総合効率	83 % 以上
寸法	W 600 $\times$ D 600 $\times$ H 1600 mm
質量	約 350 kg

(2) 蓄電池ユニット

項目	仕様
使用電池	LIM形リチウムイオン電池
公称電圧	106.4 V
セル数	28 セル
放電電力量	1064 Wh
寸法	W 475 $\times$ D 400 $\times$ H 240 mm
質量	約 31 kg (電池含む)

### 3 構成

#### 3.1 BIROS-S1010SLの構成

“BIROS-S1010SL”のシステム構成を図3に示す。  
 (A)で示す点線部分がリチウムイオン電池およびその周辺回路であり、BIROS-Sシリーズと異なる部分である。そのなかでも(B)で示す一点鎖線部分が蓄電池ユニットとしてユニット化されている。

図3の点線(A)で囲んだ以外の構成は従来の“BIROS-S”と同じである。ただし、従来と電圧変動範囲が異なることや、盤面のデジタルパネル表示をり

チウムイオン電池に対応する必要があることから、シーケンス用ソフトを変更している。

### 3.2 電池モジュール

電池モジュールの外観を図4に示す。電池モジュールは7個の単セルを直列に接続したもので、この電池モジュールを4個直列に接続して蓄電池ユニットとしてまとめている。各モジュールごとに充電器と保護基板(BPR)を備えている。BPRはセル電圧、温度の測定をおこない、異常時には充電器を停止させる機能をもつ。そのほかに電池のセルバランス動作、充電器の動作検出などもおこなっている。停電時には放電停止用のMGS、逆流防止用のSIを通して双方向コンバータに電池モジュールから電力が供給される。

### 3.3 管理装置

管理装置はRS-485を使用したシリアル通信にて、保護基板(BPR)より各種情報を収集し、それにより警報出力やMGSの制御をおこなう。管理装置はBPRを5モジュールまで接続可能で、電池モジュールごとのセルバランス動作をおこなえる。この装置には簡単な表示機能があり、各セルの電圧、温度、過去に発生した故障履歴などを表示できる。また、BIROS-S1010SLのシーケンスユニットとも1対1のシリアル通信をおこなっており、BIROS-S1010SLの動作・故障状況を収集している。

## 4 リチウムイオン電池の特長

リチウムイオン電池はほかの電池に比べて、エネル

ギー密度が高く、高率充放電が可能で、自己放電率が低いといった多くの優れた点がある。その長所のなかでもエネルギー密度は、UPSに一般的に使用されるほかの電池に比べて格段に優位に立っており、UPSはリチウムイオン電池を使用することにより、劇的な小形化・軽量化を実現することができる。エネルギー密度の比較を表2に示す。リチウムイオン電池の高率放電特性がよいという特長は、UPSに使用する場合はさらに有利に働く。一般的に産業用UPSについては、5~10分のバックアップ時間の要求が多く、電池は短時間で大電流を出力する必要がある。ところが、たとえば鉛蓄電池の場合には高率放電では取り出せる容量が少なくなるため、このことを考慮して、より大きな容量の電池を搭載する必要があり、小形化・軽量化の面からは不利に働く。図5に出力容量が10kVAのBIROS-Sシリーズにおいてバックアップ時間とその時間を満たすために必要な電池容量を算出した結果を示す。この算出結果は一例ではあるが、たとえば5分バックアップで比較すると、リチウムイオン電池LIMに対して制御弁式鉛蓄電池MSEを使用すると必要な容量は約6倍になることがわかる。

## 5 リチウムイオン電池の保護動作

### 5.1 保護動作 - 概要

多くの優れた特長をもつリチウムイオン電池だが、一方、過充電、過放電に対する保護動作や電圧バランス動作が必要という短所がある。リチウムイオン

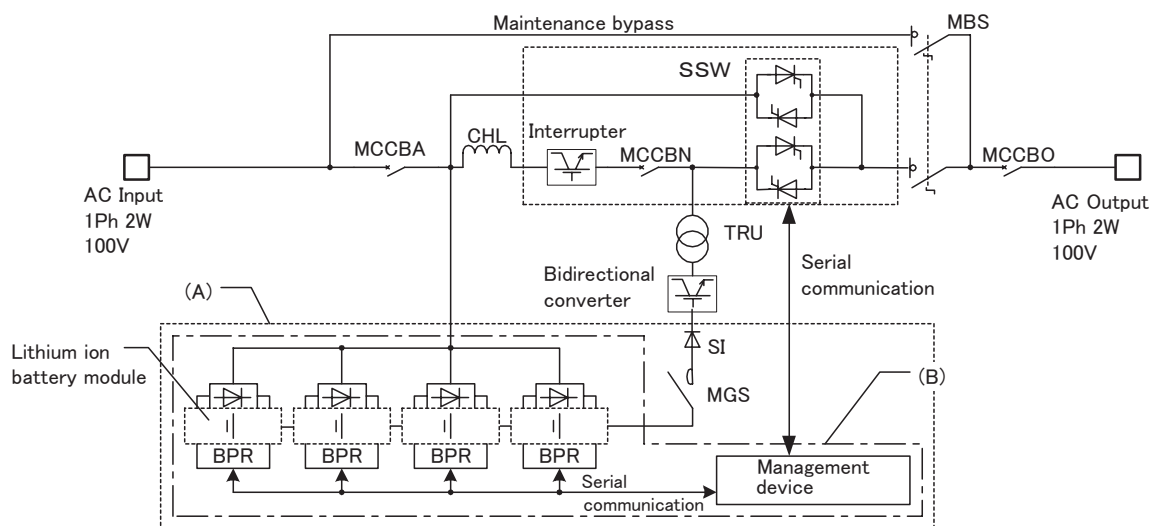


図3 BIROS-S1010SL のシステム構成  
Fig.3 System diagram for BIROS-S1010SL.



図4 リチウムイオン電池モジュールの外観  
Fig.4 Appearance for lithium ion battery module.

表2 UPS用各種電池のエネルギー密度  
Table 2 Energy density of various batteries for UPS.

	容積エネルギー密度	質量エネルギー密度
Li-ion	130~400 Wh / l	60~175 Wh / kg
Ni-Cd	80~200 Wh / l	40~55 Wh / kg
PbO <sub>2</sub> -Pb	70~110 Wh / l	23~41 Wh / kg

電池自体は優れた性能をもっているのですが、リチウムイオン電池の使用にあたっては、これらの短所を周辺回路でカバーしていくかが重要になる。以下にそれぞれの保護動作について解説する。

### 5.2 過充電保護

リチウムイオン電池は過充電すると電池性能の劣化を引き起こし、電解液の分解によるガスの発生を生じる場合がある。ガスの発生により電池の内圧が高まると、場合によっては安全弁が開放する。したがって電源装置ではセルごとに電圧を監視し過充電セルを検出してそれ以上充電されないようにする。

一般的に過充電保護に関しては二重系以上の保護が必要であり、“BIROS-S1010SL”では電池モジュール内で図6に示すような過充電保護をおこなっている。まずBPRによるセル電圧・温度の2点の検出と、それらとは独立に動作する電池の異常検出センサによる検出により、充電停止SW(図6の1)をOffに

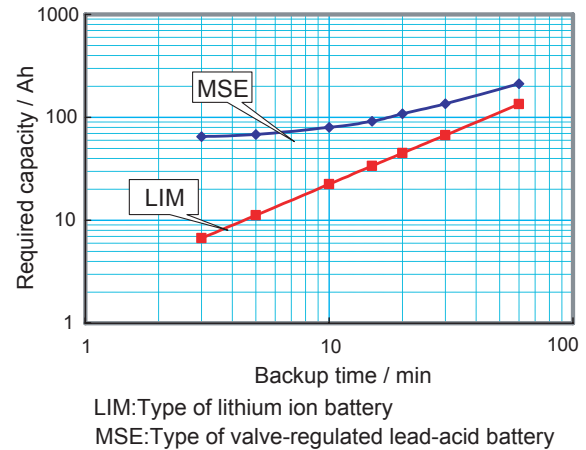


図5 バックアップ時間と必要電池容量  
Fig.5 Backup time and required battery capacity.

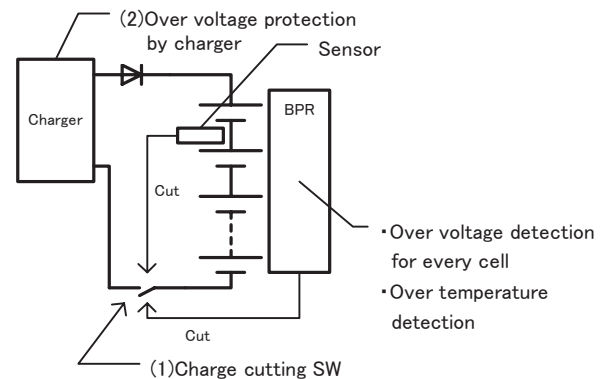


図6 過充電保護動作  
Fig.6 Operation for over charge protection.

してあり、これが一つ目の保護動作になる。二つ目の保護動作は充電器自身の過電圧停止機能(図5の2)であり、充電器自身が一定電圧以上を出力した時には自分自身で停止するようになっている。

### 5.3 過放電保護

また、リチウムイオン電池は過放電されると負極の集電体である銅箔が溶解することがあり、過放電に対する保護動作も必要になる。BIROS-S1010SLでは、放電終止電圧検出と過放電電圧検出の2種類の検出をおこなっている。まず、放電終止時はインバータ動作を停止後MGSを開放し、負荷への給電を停止している。つぎに負荷への給電を停止しても、盤面の表示装置、管理装置、BPRに対して小さい電流ではあるが放電し続けるので、さらに電圧が低下し、過放電を検出した場合はそれらを切り離して電池からの放電を完全になくしている。表3に過充電保護、過放電保護に関する仕様を示す。

表3 過充電および過放電保護電圧

Table 3 Protection voltage from over charge and over discharge.

Items	Setting voltage
End of charge for battery module	28.7 V ( 4.10 V / Cell )
Over charge detection value	4.20 V ( Every Cell )
Over charge detection value by Charger	30.8 V ( 4.4 V/Cell )
End of discharge	3.00 V ( Every cell )
Over discharge detection value	30.8 V ( Every cell )

5.4 セルバランス

リチウムイオン電池は何らかの原因で、いったんばらつきが発生すると、容量の少ない電池が過充電されることになり、電池劣化が促進されることになる。そのために組電池のリチウムイオン電池にはなんらかのセルバランス回路が接続され、電圧ばらつきを少なくする手段が講じられている。

BIROS-SI010SL ではBPRに図7のような充電電流をバイパスする回路を設けており、電圧が高いセルに対して放電抵抗をオンするという方法でセルバランス動作を実現している。図8にセルバランス動作の一例を示す。上記はモジュール内のセルバランス動作であり、モジュール内のセルバランスは保たれるが、モ

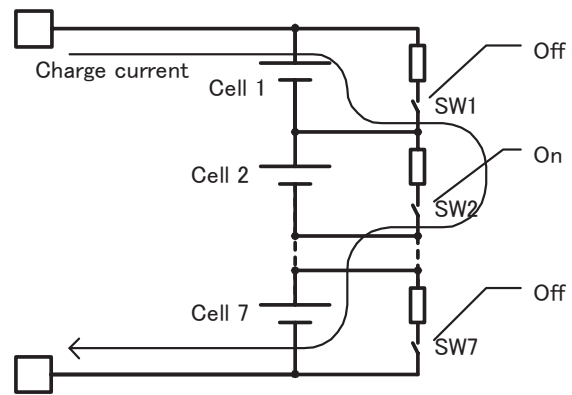


図7 単セルの電圧バランス回路  
Fig.7 Circuit for voltage balance of lithium ion single cells.

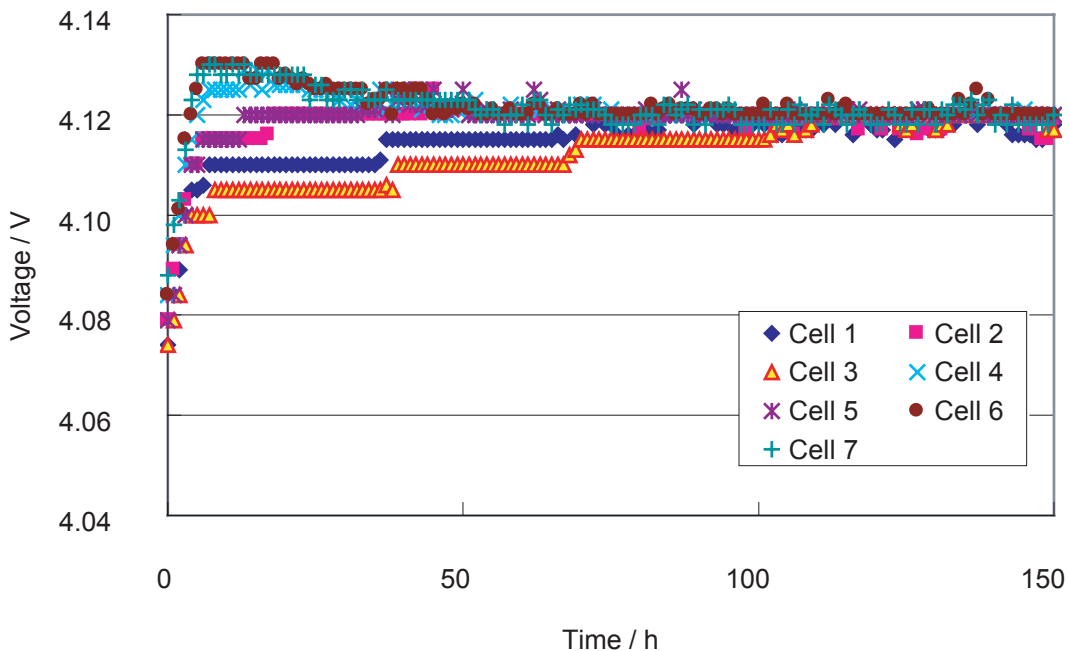


図8 リチウムイオン電池のセルバランス動作の一例

Fig. 8 An example of cell balance operation for lithium ion single cells.

ジュールごとの電圧にばらつきが発生する場合にはBPRのセルバランス機能では対応できない。このモジュール間のばらつきに対しては管理装置が、BPRからシリアル通信により収集したモジュール電圧をもとにモジュール間のばらつきを検出し、バランス動作をおこなっている。

## 6 監視機能

### 6.1 隔監視システム

これまで述べてきたようにリチウムイオン電池を使用する場合には各種保護動作をおこなうためにセル電圧・温度を測定する必要がある。リチウムイオン電池搭載UPSでは、この測定機能を活かし電池の監視機能を容易に達成できるというメリットもある。

産業用UPSでは電池のメンテナンスのために定期的に電圧計で電池電圧を測定しているが、BIROS-S1010SLではセル電圧・温度は、管理装置の簡単な表示機能表示することができるため、その測定作業を大幅に軽減することができる。

また、さらなるメンテナンス作業の軽減をおこなうためにこれらの監視項目を遠隔監視することが考えられる。日本電池（株）では、有線系、無線系の遠隔監視システムを開発しており、BIROS-S1010SLについて

は無線系システムへの対応をおこなっている。無線系システムのシステム構成図を図9に、監視画面の一例を図10に示す。

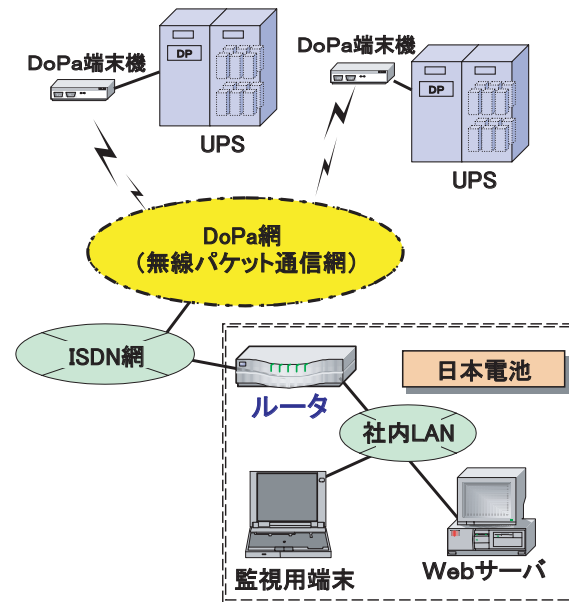


図9 無線系によるUPSの遠隔監視システム  
Fig.9 Remote monitoring system for UPS by the radio system.

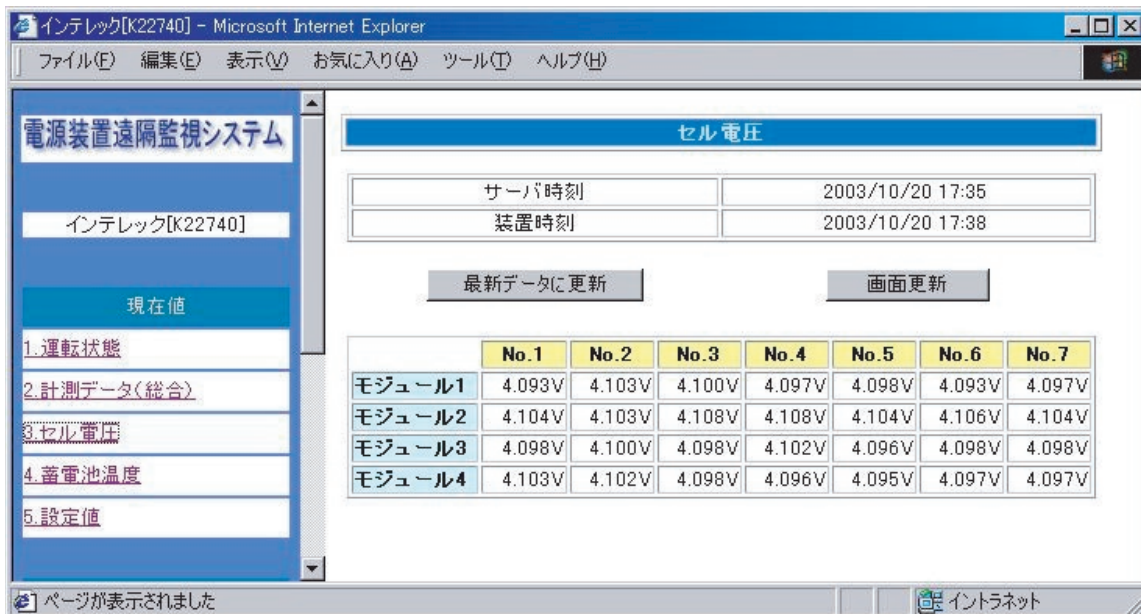


図10 遠隔監視表示画面例  
Fig.10 Example for display screen of remote monitoring system.

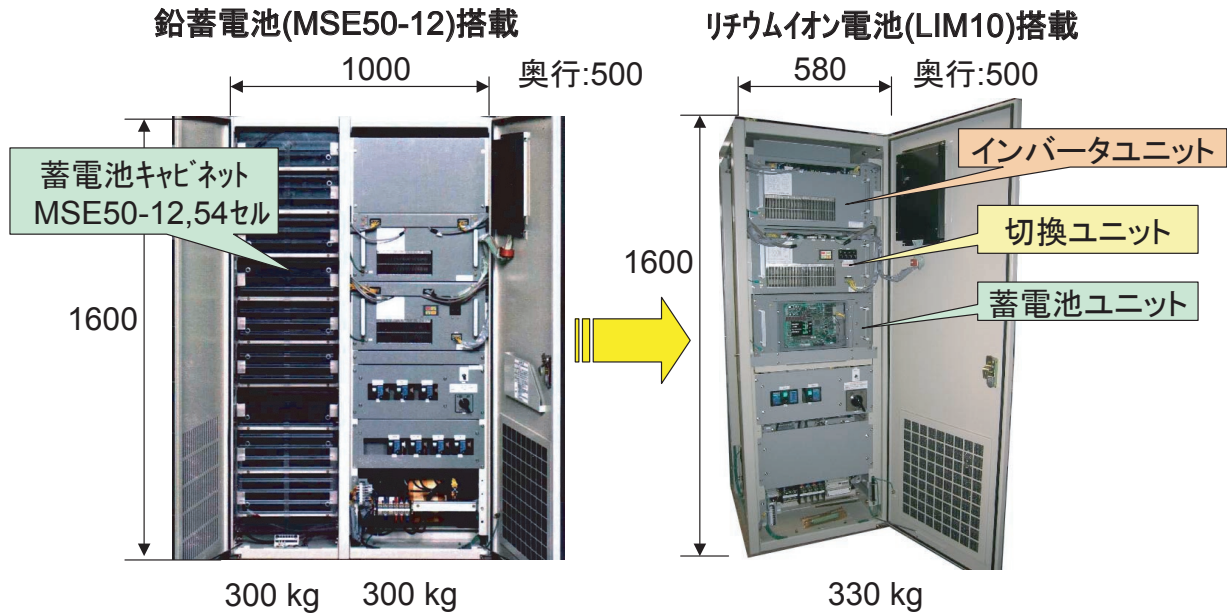


図 11 リチウムイオン電池搭載による UPS の小形化・軽量化の効果  
 Fig.11 Effect of compactness and lightweight by the application of lithium ion cells to UPS.

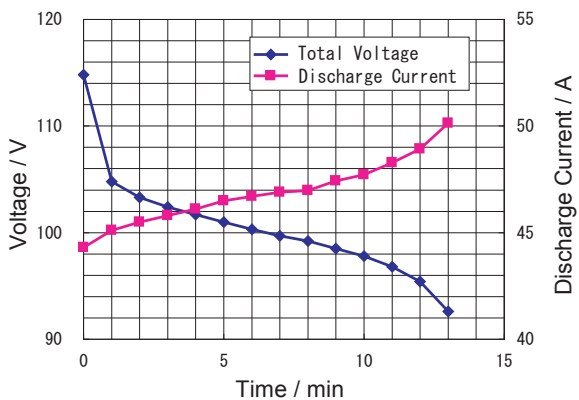


図 12 BIROS-S1005SL カップリング時のリチウムイオン電池の放電特性  
 Fig.12 Discharge characteristics for lithium ion batteries at the time of "BIROS-S1005SL" coupling.

## 7 効果の検証・特性

### 7.1 容積・質量

リチウムイオン電池を使用することによる小形化・軽量化の効果を従来の装置と比較した。その結果を図 11 に示す。容積としては約 6 割、質量は約半分になる。

### 7.2 放電特性

図 12 に BIROS-S1005SL の 10 分バックアップシステムにおける放電特性を示す。負荷 5 kVA (4 kW, 力率 0.8), 常温の条件にて放電試験をおこなったものである。

## 8 まとめ

以上、今回開発したリチウムイオン電池搭載 UPS “BIROS-S1010SL” の概要について報告した。本装置によりリチウムイオン電池搭載についての基本的な技術が確立され、従来 UPS に比べて画期的な小形化・軽量化を実現した。

今後はリチウムイオン電池の対応範囲を広げ、2004 年 3 月までに「BIROS-F2 シリーズ」への搭載、「BIROS-S シリーズ」への大容量電池の搭載を完了する予定である。

### 文献

- 1) 菊田重則, 金井和夫, 多田幸夫, 河原林一王, 山本利夫, *GS News Technical Report*, 58 (2), 42 (1999)