

スマート社会における 大容量・高電圧Li-ion電池充電器の開発

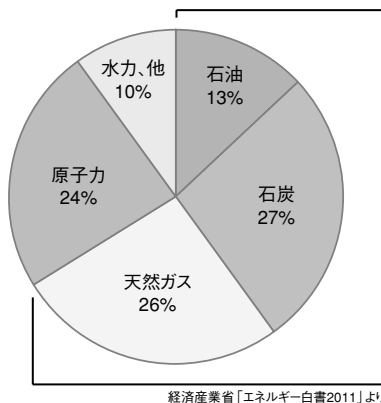
栗花 弘昭

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、日本で過去最大の地震であり、電力損失が起因して各地に甚大な被害をもたらした。震災によって停止した原子力発電は、未だ再稼働ができず、電力需要がピークを迎える夏場には、「節電」や「使用制限」といった処置が講じられたことは記憶に新しい。政府はこの震災を機に、日本のエネルギー政策方針を転換させ、再生可能エネルギーの開発やスマートグリッド、HEMS(Home Energy Management System)等の普及による電力バランスの改善に力を入れている。

OKIテクノパワーシステムズは、スマート社会に貢献するカスタム電源メーカーとして、今後のインフラ改革に寄与する新たな開発を開始した。本稿では、その電源技術のノウハウと、今後の取り組みについて紹介する。

日本の電力発電構成と今後の課題

日本は天然資源が乏しく、一次エネルギー資源(石油、石炭、天然ガス、原子力、水力他)の90%以上は輸入に依存している。輸入された一次エネルギーは、火力発電が66%、原子力発電が24%の割合で発電されている(図1)。



経済産業省「エネルギー白書2011」より

図1 日本の発電電力量構成(2010年)

約66%が
火力発電によって
電力を生産している

震災を機に、政府は原子力発電の依存度を引き下げざるを得ない状況であるが、以下の理由から火力発電の出力を積極的に上げることもできない。

- ① 石油・石炭・天然ガスは枯渇性資源である。
- ② 火力発電はCO₂排出量が多い。
⇒ 地球温暖化対策に逆行してしまう。
- ③ 中国・インド等の新興国での需要が増加。
⇒ 原料費高騰および資源獲得競争が激化。

この問題に対して政府のエネルギー政策では、省エネルギーの徹底的な推進と、原子力発電に変わる再生可能エネルギーの開発・普及の強力推進が重要となる。

スマートコミュニティにおける蓄電池の役割

政府では、この課題に対する解決策として、次世代送電システム(スマートグリッド)と、住宅のエネルギー管理システム(HEMS)を融合させた「スマートコミュニティ」(図2)の開発を提唱している。これは、太陽光や風力など再生可能エネルギーを最大限活用し、一方でエネルギーの消費を最小限に抑えていく次世代の社会システムである。

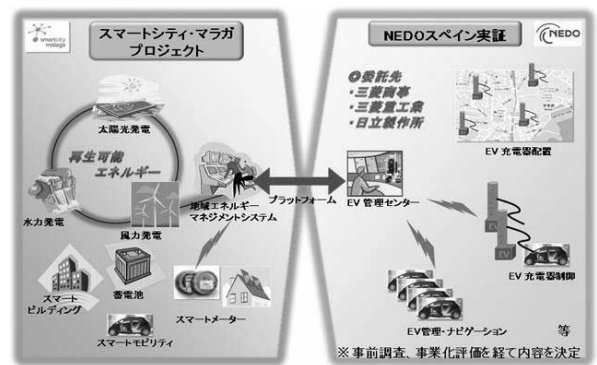


図2 NEDOスマートコミュニティ実証事業より

しかし、太陽光や風力などの再生可能エネルギーは、天候によって発電量が変化してしまう(図3)欠点が存在し、電力の安定供給が困難であるといった課題がある。

そこで、スマートコミュニティでは、電力安定供給のために再生可能エネルギーと蓄電池のセットが注目されている。蓄電池の利用目的は、下記の通りである。

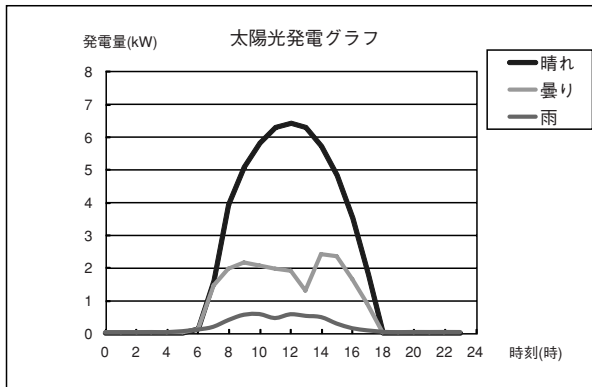


図3 太陽光発電出力 (例)

(1) 系統の安定化

再生可能エネルギーの発電量は天候によって大きく変動するため、電力系統へ大量連系した場合に系統が不安定になってしまう。発電量を蓄電池に貯蔵/放出することによって系統の安定化を制御する。

(2) 節電・ピークシフト

安価な夜間電力によって蓄電池に充電し、再生可能エネルギーの発電不足または電力需要増加時に活用する。

(3) バックアップ

災害発生時、停電時等の利用。

スマートコミュニティで使用する蓄電池は、家庭用で2kWh、コンビニ等店舗で5kWh~10kWh、ビルや工場では30kWh~1MWh程度が必要とされる。しかし、これら大容量の蓄電池は、産業用途としては一部でしか普及しておらず、現在バッテリーメーカー各社は、大容量・高電圧蓄電池の開発を進めている最中である。

蓄電池の種類と特徴および開発動向

充放電用途の電池は二次電池と呼ばれ、大きく4つの種類がある(表1)。

■ 鉛シール電池：使用実績が多く安価である。使用温度範囲が広く、過充電に強いという特長があるが、エネルギー密度が小さいために外形が大型である。

■ ニカド電池：含有するカドミウムが、環境負荷影響への懸念がありニッケル水素電池へ代替が進んでいる。

■ ニッケル水素電池：小型で急速充電が可能であること

を特長としている。強放電に強く、障害時の安全性も確認されていることから、幅広いアプリケーションで利用されている。

■ リチウムイオン電池：正極にリチウム含有金属酸化物、電解液に有機電解液を用いた電池で、エネルギー密度が高く充放電効率も良い。セル電圧が3.7Vのため、大電圧の組電池製造が容易で小型化が可能である。ただし、電解液に有機溶媒を使用していることと、過充電時に発熱および負極のリチウムが析出し、発煙・発火に至る可能性があるため、充電時には高精度の電圧制御が必須となっている。近年では、各種の保護機能が強化された結果、電気自動車にも搭載されるようになった。

表1 二次電池の種類

二次電池種類	セル電圧	エネルギー密度	エネルギー効率
鉛シール電池 (Pb)	12.0V	約35Wh/kg	87%
ニカド電池 (Ni-cd)	1.2V	約45Wh/kg	90%
ニッケル水素電池 (Ni-MH)	1.2V	約60Wh/kg	90%
リチウムイオン電池 (Li-ion)	3.7V	約120Wh/kg	95%

資源エネルギー庁「蓄電池技術の現状と取組について」

各電池とも長所・短所があるため(表2)、アプリケーションによって適切に使い分けることが重要である。しかし今後は、スマートコミュニティで要求される小型化・大容量化の蓄電池開発には、エネルギー密度の高いリチウムイオン電池の活用が必須となってくる。

表2 二次電池レビュー

二次電池種類	大きさ	充電方式	寿命	コスト
鉛シール電池 (Pb)	大	トリクル充電	○	○
ニカド電池 (Ni-cd)	↑↓	トリクル充電 or 急速充電	×	△
ニッケル水素電池 (Ni-MH)		急速充電	×	×
リチウムイオン電池 (Li-ion)	小	急速充電	△	×

リチウムイオン電池充電制御の技術要素

OKIテクノパワーシステムズは、電源設計・開発メーカーとして15年以上前から蓄電池の充放電技術に携わり、OKI金融機器の停電バックアップ制御を支えてきた。使用する二次電池は、時代のニーズによって小型化・高密度化に変化し、2006年から小型リチウムイオン電池の充電

制御を開発し始めている(図4)。

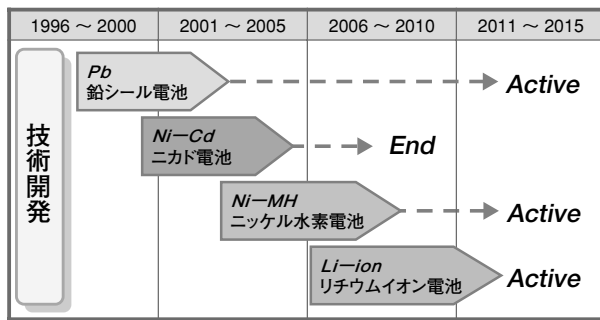


図4 電池充電制御ロードマップ

リチウムイオン電池は、前述した通り過充電による障害発生の可能性があるので、充電電圧・充電電流は数パーセントの精度で制御を行う必要がある(図5)。また、電池の安全保護回路手段として電池パック内にマイコンが内蔵されており、電池状態を通信によって確認する必要があるため、充電器はマイコンによる制御が必須となる。

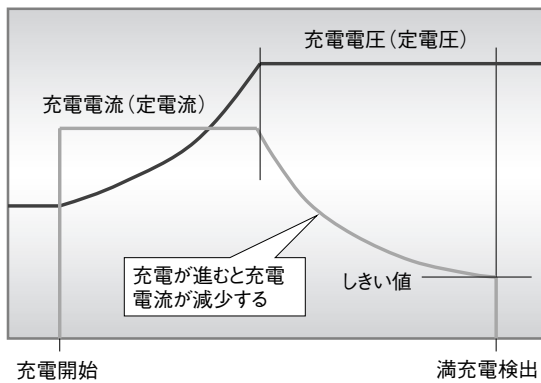


図5 リチウムイオン電池の充電特性

大容量・高電圧Li-ion充電器の開発

現在バッテリーメーカー各社は、電気自動車用途として開発している大容量リチウムイオン電池を、スマートコミュニティ関連や産業用途へ応用・拡販し始めている。弊社では、今後の蓄電池の核となるこれら大容量・高電圧リチウムイオン電池に着目して、2011年5月から開発を行っている充電器の内容について以下に紹介する。

使用電池は、三洋電機製の動力用標準電池システム「EVB-101」を採用した。本電池は、蓄電用途のほかパーソナルモビリティ(EV車両等)の動力用など、幅広いアイテムで使用することができる。

■EVB-101仕様

- 電池構成：14直6並 50.6V (typ)
- 電池容量：10.8Ah / 544Wh
- 最大出力：1.5kW / 5.2kW (peak)
- 通信機能インタフェース：CAN (High Speed)

充電器仕様は表3の通りとした。充電電圧は公称57.4Vに対して±1%の高精度が要求されている。また、バッテリーとの接続は今後の汎用性を考慮し、1mのコード引き出しとした。

表3 充電器仕様

項目	仕様
入力電圧	AC85~264V
電源方式	PFC+フォワード(絶縁型)
効率	83%@AC100V
出力容量	340VA
充電制御	CVCC制御
充電電圧	57.4V±0.5V
充電電流	6A±5%
出力形態	コード引き出し(1m)
外形寸法	213×255×65mm

次に、充電器の回路ブロック図を図6に示す。バッテリー側とはCANによる通信インタフェースを持つ。

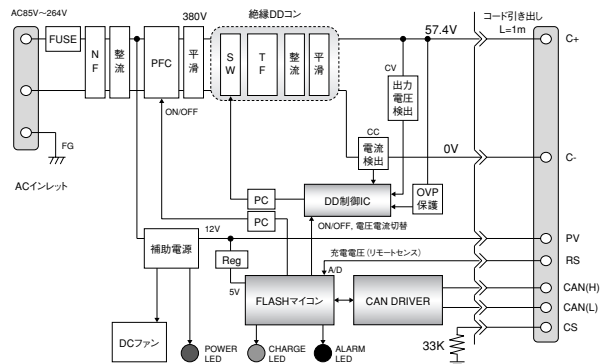


図6 充電器回路ブロック図

充電器は、ハードウェアで絶縁型定電流コンバータを構成し、定電圧制御とオンオフ制御、CAN通信制御はマイコンによるファームウェアで制御する。

充電器の技術的課題と特徴

今回の充電器を開発するにあたり、技術的な課題が大きく2つあった。

- ① 高精度の定電圧充電制御
- ② CAN通信ファームウェアの新規開発

EVB-101で要求される充電電圧は57.4V±1%であるのに対して、通常ハードウェア構成の回路の場合は各種ドリフト条件を含めると±5%の制御となってしまう仕様を満足できない。また、1mのコード引き出しによって接続するため、電圧ドロップが更に加わり、バッテリー入力端での1%制御が困難であった。

そこで本充電器では、バッテリーから出力されるリモートセンスピンを使用して、マイコンによるデジタル制御を新規に取り入れることにした(図7)。

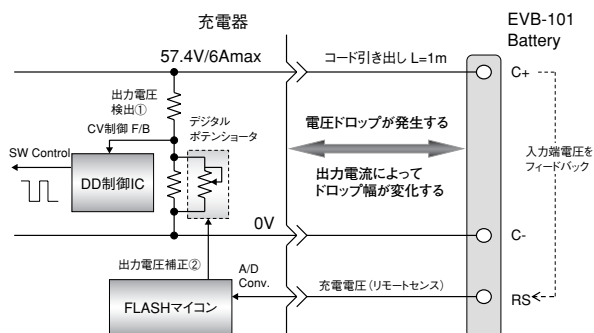


図7 デジタル電圧フィードバック回路

リモートセンスピンの充電電圧を、マイコンのA/Dコンバータで読み込み演算し、デジタルポテンショメータを介して電圧検出フィードバックを補正する方式を開発した。従来、高電圧出力の電圧精度補償は、ボリューム抵抗を使用して手動で調整を行っていたが、本方式によって100mV単位での自動補正が可能となった。

この結果、バッテリー入力端での高精度充電電圧制御が実現し、仕様を満足することができた。充電特性を図8に示す。

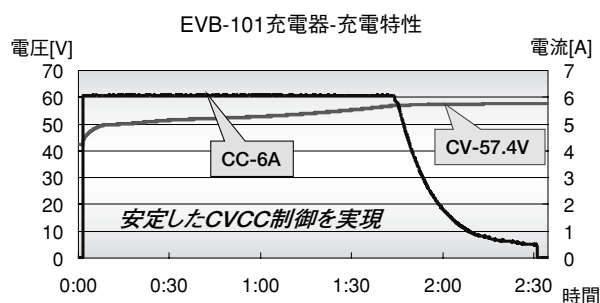


図8 充電特性カーブ

また、EVB-101は、動力用に使用できるように車載向けネットワークとして標準化されているCANインタフェース(ISO-11898-2 High Speed)を装備している。CAN(Controller Area Network)は、高いエラー検出機

能とリカバリー機能を持つプロトコルで、今後の民生機器への展開も期待できる重要なアイテムである。そこで今回、新たにCAN通信ファームウェア技術開発に取り組み、CANドライバおよびその通信試験に関する開発環境を構築した。これにより今回の充電器の制御系へのCAN機能搭載を実現した(写真1)。



写真1 本充電器(左)とEVB-101(右)

今後の展開について

本充電器は、絶縁型定電流コンバータを採用しているため、充電電流がEVB-101専用のセッティングとなっていて拡張性に乏しいといった課題がある。今後、複数メーカーの多種類(充電電圧や充電電流が違う)の大容量リチウムイオン電池に対応できるように、DSPを使用してコンバータを直接スイッチング制御する方式に改善を行い、充電器の標準化を展開していきたい。

また、今回開発のノウハウを、今後民生市場で拡大するリチウムイオン電池のアプリケーションに活用し、蓄電池充放電技術のトップメーカーとして、現代社会のエネルギー問題に取り組んでいきたい。◆◆

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁：「蓄電池技術の現状と取組について」、平成21年2月
- 2) NEDO 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：スマートコミュニティ実証事業
- 3) 経済産業省：「平成22年度 エネルギーに関する年次報告(エネルギー白書2011) 概要」、平成23年10月

● 筆者紹介

栗花弘昭：Hiroaki Kurihana, 株式会社OKIテクノパワーシステムズ 技術部