

# ISS システムとマイクログリッドの蓄電技術

## Energy Storage Technology for ISS and Micro Grid

山田 学  
Manabu YAMADA

田村 博志  
Hiroshi TAMURA

中村 雅也  
Masaya NAKAMURA

ISS advanced technology for improving fuel consumption will continue to be developed. A Li-ion battery for ISS was developed to connect in parallel to a Pb battery without a DC-DC converter. This ISS system improves fuel efficiency with higher charge acceptance for regeneration and longer power supply during engine stop/start. HEMS or BEMS are also required for future low-carbon society. This presentation introduces energy storage technology for total and efficient energy management of cars, houses and communities.

Key words :

*ISS, Li-ion Battery, Micro Grid, HEMS, BEMS, V2H, V2G*

### 1. 緒言

近年、高騰する化石燃料価格や、大気汚染や地球温暖化等の環境問題によって自動車への燃費改善や排ガスのクリーン化の要望が強くなっている。自動車メーカーはその対策として、内燃機関とモータを組み合わせたハイブリッド電気自動車（HEV）や外部充電が可能なプラグインハイブリッド電気自動車（PHEV）および電気自動車（EV）での本格普及を狙っている。さらに、CO<sub>2</sub> 排出量の削減規制のために、一般のガソリン車やディーゼル車の燃費向上にも積極的に取り組んでいる。その中のISS（アイドリングストップ&スタート）システムは、一般車の燃費向上の有効な手段の一つとして普及が進んでおり、更なる燃費向上が期待されている。そこで、当社では鉛蓄電池とリチウムイオン電池の2電源を用いて、自動車の燃費が更に向上できるISSシステムを開発したので紹介する。

一方、環境問題やエネルギー問題を自動車以外でも解決するために、将来のスマートコミュニティ構想が政府主導で開発されている。スマートコミュニティとは、再生可能エネルギーの大量導入や需要制御の観点で、次世代エネルギーインフラとして関心の高まっているスマートグリッド及びサービスまでを含めた社会システムである。2010年度より、経済産業省は次世代エネルギー・社会システム実証地域を4都市選定し、エネルギー・マネジメントシステムの実証を中心に、交通やライフスタイルの変革を含めた実証を開始している。4都市の1つに豊田市が選定され、HEMS分野、BEMS分野、商用車分野で当社もプロジェクトに参画している。そこで、このスマートコミュニティを実現する蓄電池を応用したシステム技術についても紹介する。

## 2. ISS システムの蓄電技術

ISS システムでは、アイドリングストップ時にオルタネーターの発電ができないため、蓄電池からの放電に頼ることになり、鉛蓄電池の強化・大容量化が必要である。また、エンジンを再始動する際、スターターに 500 ~ 1000A の大電流が流れるため、電圧は大きく低下しナビやオーディオなどの負荷機器はリセットしてしまう。このため、アイドリングストップ時間を拡大し燃費効果を上げるには、車両 12V 電源系の強化が必要である。

そこで、ISS の電源強化に応え、さらに減速時の回生エネルギーを蓄電し、負荷機器に供給することで発電用の燃料を節約し、車両の燃費を向上することができる ISS 用 2 電源システムの検討を行った。

### 2.1 ISS 用 2 電源システム

従来の鉛蓄電池に種類の異なる蓄電池を並列接続して電力の授受を行うためには、通常 DCDC コンバーターを介する必要があるが、それではコストが大幅に上がってしまう。そこで、従来の鉛蓄電池 (Pb 電池) に DCDC コンバーターを使用しないリチウムイオン

電池 (Li 電池) パックを並列接続した ISS 用 2 電源システム (Fig. 1) を考案した。

この構成において、リチウムイオン電池パックはナビ、オーディオ等のエンジン再始動時にリセットしては困る負荷 (被保護負荷) と、オルタネーター、スターターまたは鉛蓄電池との間に介在し、被保護負荷へ電力を供給する。一方、ライトやブローファン等、再始動時に電圧が低下しても問題ない負荷 (一般負荷) は鉛蓄電池側に接続されている。

この ISS 用 2 電源システムの動作概要を Fig. 2 に示す。

( i ) 車両が減速している時は、オルタネーター (Alt) で積極的に回生発電を行い、鉛蓄電池や一般負荷はもちろん、リチウムイオン電池パックの電源切替スイッチとシステムメインリレー (SMR) を ON にして、Li 電池モジュールおよび被保護負荷に電力供給する。この時、鉛蓄電池とリチウムイオン電池モジュールの両方が充電されるが、リチウムイオン電池モジュールの方が内部抵抗が低く充電受け入れ性が良いため、大半の電力はリチウムイオン電池モジュールに蓄えられる。

( ii ) アイドリング時・加速時・定常走行時は、リチウムイオン電池モジュールの残存容量 (SOC) に応じ、電源切替スイッチを ON/OFF する。すなわち、

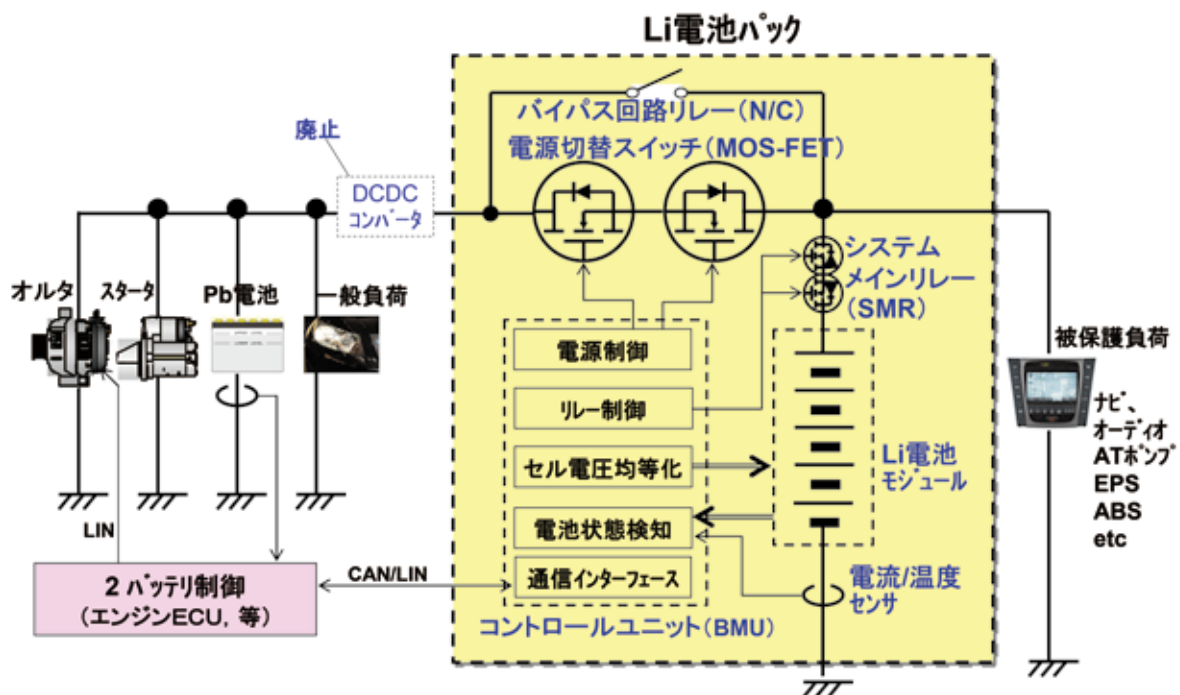


Fig. 1 Block Diagram of 2-Battery Electrical Power-supply System and Li-ion Battery Pack

リチウムイオン電池のSOCが十分多い場合は、電源切替スイッチをOFFし、リチウムイオン電池モジュールが蓄えた電力を放電して被保護負荷へ供給する。また同時に、オルタネーターでの発電を抑制することにより、燃料消費を低減する。リチウムイオン電池のSOCが低下した（残量が少ない）場合は、電源切替スイッチをONし、同時にオルタネーターで発電すること（アイドリングストップ中止）により、リチウムイオン電池を充電する。

(iii) アイドリングストップからエンジン再始動する時は、電源切替スイッチをOFF、SMRをONとし、鉛蓄電池からスターターと一般負荷へ、リチウムイオン電池から被保護負荷へ電力供給する。また、スターター始動により鉛蓄電池と一般負荷の電圧は大きく低下するが、被保護負荷は電源切替スイッチで鉛蓄電池と切り離されているため、電圧は低下せずナビ、オーディオ等のリセットを防ぐことができる。

(iv) 駐車時は、BMUがスリープするので、電源切替スイッチもSMRもOFFになるが、ノーマリークローズ(N/C)のバイパス回路リレーがクローズ(ON)

することで、被保護負荷へ暗電流を供給できる。

## 2.2 リチウムイオン電池パック

リチウムイオン電池パックは、Fig.1に示す様に、リチウムイオン電池セルを多直列した電池モジュール、コントロールユニット(BMU)、半導体スイッチ(MOS-FET)で構成される電源切替スイッチとシステムメインリレー(SMR)、電池の電圧・電流・温度を測るセンサー等から構成されている。

BMUはリチウムイオン電池モジュールの電圧・電流・温度・残容量(SOC)等の状態を検知し、過充電や過放電、過昇温からリチウムイオン電池を保護するとともに、エンジンECU等に内蔵されている2バッテリー制御に通信インタフェース(CANまたはLIN)を介して送信する。また、2バッテリー制御からの信号に基づき、電源切替スイッチやSMRをON/OFFして、リチウムイオン電池モジュールの充放電や被保護負荷への電力供給を制御する。また、電源切替スイッチに並列にノーマリークローズ(N/C)のバイパス回路リレーがあり、BMUの異常時や車両駐車中

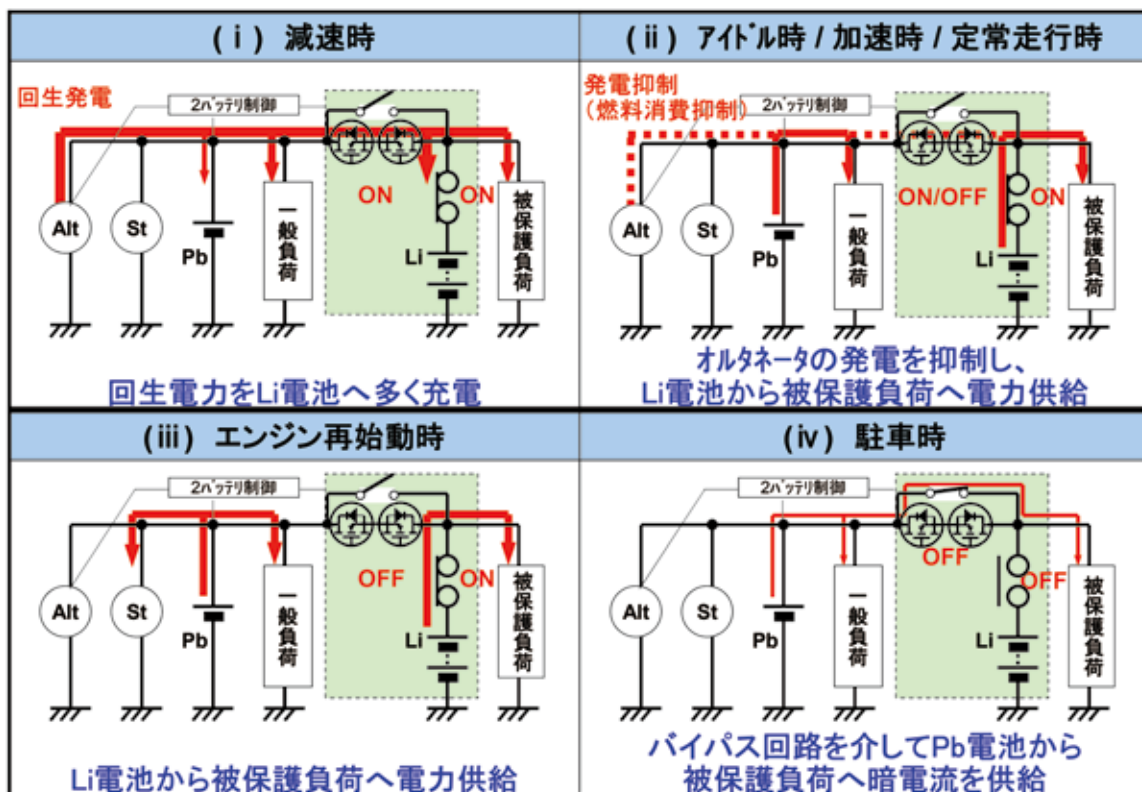


Fig. 2 Operation Summary of 2-Battery Electrical Power-supply System for ISS

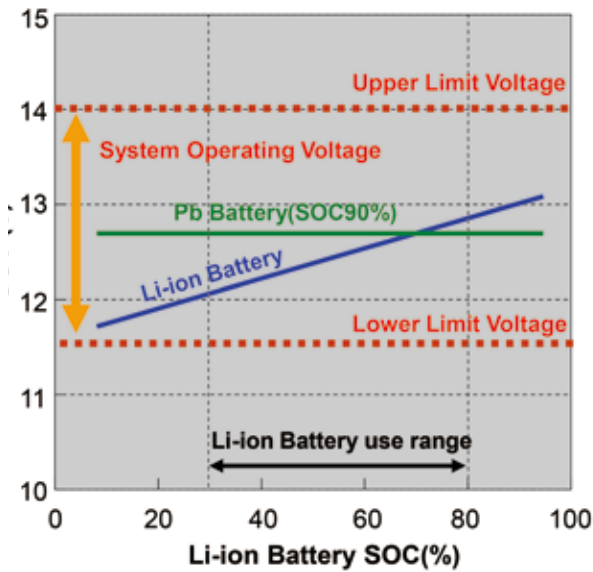


Fig. 3 Voltage Characteristics

等で電源切替スイッチやSMRをON/OFFできない時に被保護負荷への通電を行う。

リチウムイオン電池モジュールは、鉛蓄電池と開放電圧（12.0～12.8V）や充電電圧（14.0～14.5V）が一致し、かつ内部インピーダンスが鉛蓄電池よりも低ければ、DCDCコンバーターを使用せずに、並列接続が可能である。

これらの条件を満たすリチウムイオン電池セルを選

定した結果、正極にリチウムマンガン酸化物（LMO）、負極にチタン酸リチウム（LTO）を用いた高入出力型リチウムイオン電池（3Ah）を用いた。Fig. 3に示す様に、このLMO/LTO系リチウムイオン電池を5直列した電池モジュールは鉛蓄電池の電圧に近く、システムの使用電圧に入っている。また、正極にリチウムリン酸鉄（LFP）、負極にグラファイト（Gr）を用いた高入出力型リチウムイオン電池を4直列しても良い。

### 2.3 2 バッテリー電源システムの効果

モード走行評価における車速と鉛蓄電池とリチウムイオン電池モジュール各々の電流とSOCの変化をFig. 4に示す。

減速時にオルタネーターをフル発電する充電制御（減速回生）により、リチウムイオン電池には最大120Aもの充電電流が入りSOCが急上昇している。減速時以外はオルタネーターによる発電を抑制し、リチウムイオン電池モジュールに蓄電された電力を被保護負荷に供給することで、SOCが徐々に減っていくが、次の減速で回生充電し、SOCが上昇する。その結果、SOCが中間値を維持しており、モード走行を通じて減速時に蓄えた無燃料発電の電力で賄える結果が得られた。

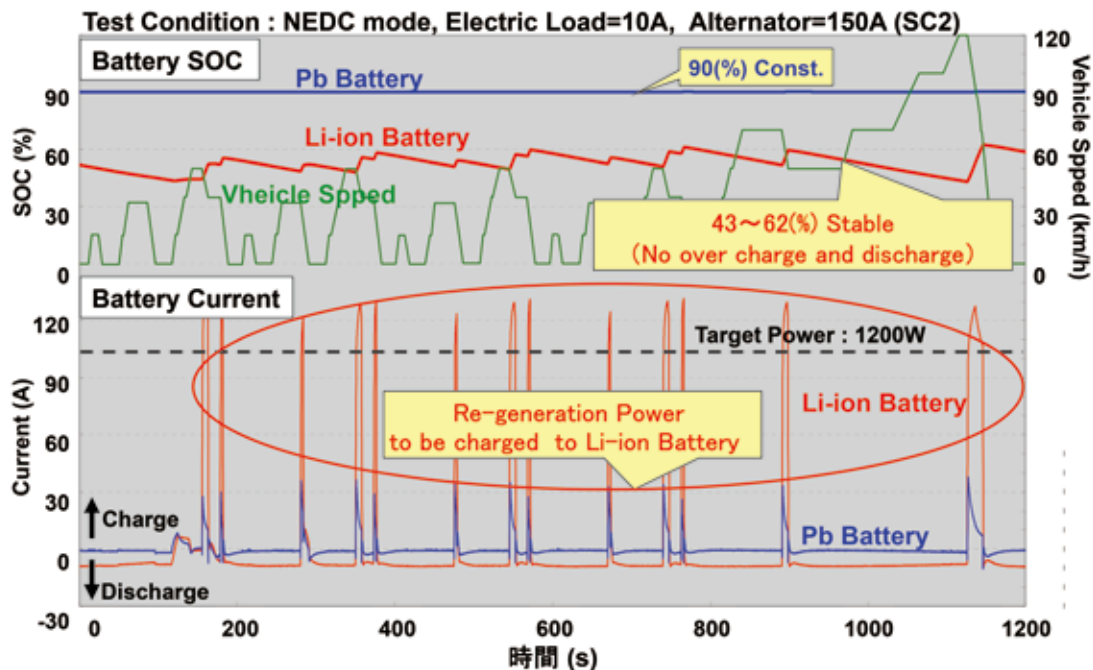


Fig. 4 Results of Test Operation



このISS用2バッテリー電源システムは、発電量がモード走行あたり約160kJ(約44Wh)に達し、無燃料発電でモードを走行でき、減速回生なしに比べ+3%、鉛蓄電池だけの場合に比べ+2%の燃費効果が得られる。

### 3. マイクログリッドの蓄電技術

スマートグリッドは発電所、送配電、変電所を経て家庭に設置される電力メータまでの範囲を制御の対象としている。一方、マイクログリッドは、分散型電源をネットワーク化した地域の電力マネジメントである。当社は、住宅・車を中心としたエネルギー制御領域をマイクログリッドと定義し、エネルギーを「創る」、「貯める」、「変換する」、「制御する」、「使う」、「知る」機能より構成する。PHV・EVは、マイクログリッドの構成要素の1つになる。ここで、車から住宅に電力を供給することをV2H (Vehicle to Home)、車から配電網に電力を供給することをV2G (Vehicle to Grid)と呼ばれている。蓄電池複合化システムは、蓄電池を含む一戸建て住宅、ビル、充電施設、コミュニティ蓄電池設備を対象としたHEMSやBEMS等のエネルギーマネジメントシステムである。

### 3.1 蓄電池付 HEMS

HEMS (Home Energy Management System) とは、住宅の消費エネルギー低減やCO<sub>2</sub>低減のために、住宅設備機器の制御やシステムとの連携制御をするシステムである。開発した蓄電池付HEMSの基本コンセプトをFig. 5に示す。

蓄電池付HEMSは電気エネルギーの蓄積する要素として、蓄電池、PHEV/EVを想定している。このシステムは住宅にPHEV/EVが接続され、住宅やシステムとの制御のみならず低炭素化するように住宅と車へのエネルギーの最適配分することを目的としている。蓄電池は電力負荷の低い夜間に蓄電し、住宅では昼間にその電力を使うことで電力ピークカットに貢献できる。また、昼間の太陽光発電による電力を蓄電することで、CO<sub>2</sub>フリーの電力を夜間に使用し、PHEV/EVにCO<sub>2</sub>フリーの電力を給電する。

### 3.2 蓄電池付 BEMS

BEMS (Bill Energy Management System) は単にビルの制御を行うのみならず、ビル・商業施設で行われる業務用の省エネルギー化やCO<sub>2</sub>低減を目指している。開発中の商業施設向け蓄電池付BEMSの構成と電動冷凍商用車をFig. 6に示す。

商業施設に太陽電池を敷設し、5kWhの蓄電池と

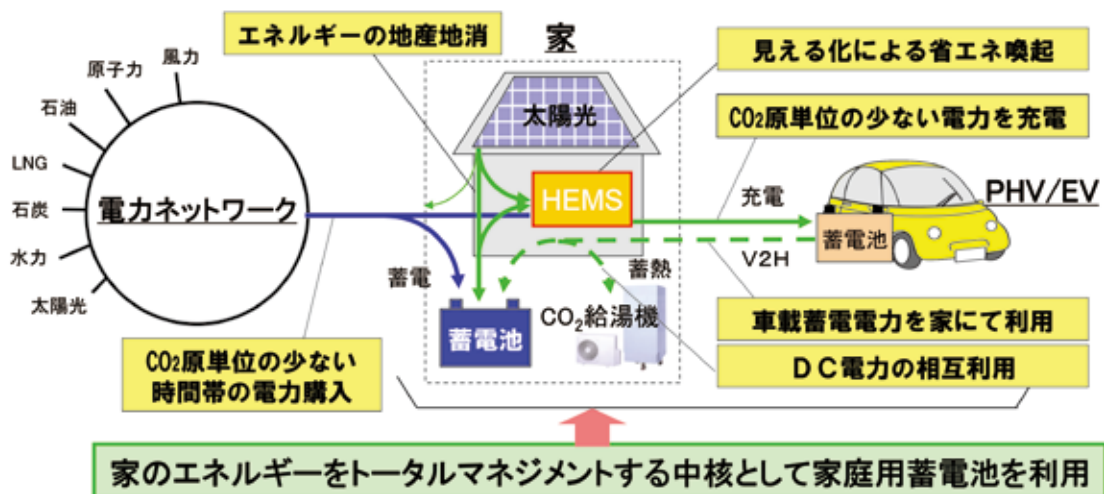


Fig. 5 Basic Concept of HEMS

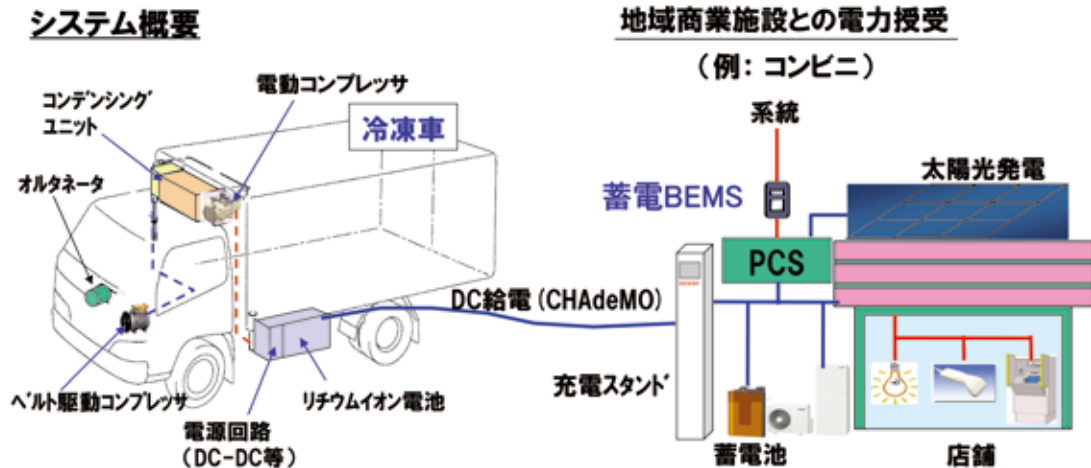


Fig. 6 Vehicle Equipped with Both Electric Refrigerator and Engine Stop/start System

CO<sub>2</sub> 給湯機、車両用充電機を装備している。太陽光発電によるCO<sub>2</sub>フリーの電力を商業施設内の利用、PHV・EV、電動冷凍商用車の充電にも活用する。商業施設の代表的なケースとしてコンビニエンスストアを想定している。また、アイドリングストップ用電動冷凍商用車は、蓄電池と冷凍機を搭載したトラックを想定している。わが国の運輸部門のCO<sub>2</sub>排出量のうち、商用車の占める割合は約37%と台数の割に大きな比率を占めている。特に冷凍車などにおいては、「アイドリングストップ運動」がそれなりに広がりを見せているものの、品温管理の目的で冷凍運転を継続せざるを得ないといった実情がある。冷凍車の電動運転電力を、そのエネルギー源を太陽光としたリチウムイオン電池で賄うことにより、CO<sub>2</sub>排出を伴わない品温管理とアイドリングストップの両立を目指すことにある。このリチウムイオン電池を用いたアイドリングストップ用電動冷凍システムは、2017年4月に製品化している。

### 3.3 リチウムイオン蓄電池システム

HEMS用リチウムイオン蓄電池システムの外観をFig. 7に示す。この蓄電システムは、定格容量が5kWhと10kWhであり、深夜電力1.5kWと太陽光発電電力2kWhの充電ができる。また、1500Wの定格出力が可能であり、システム総合効率率は0.86以上である。

使用した電池パックは、5kWh級の大型リチウムイオン電池パックであり、20Ah電池が96セル直列され

ている。システム動作範囲である-5℃～45℃の範囲において、容量効率は99.7%であり、電力効率は93.5%～96.7%である。

また、この大型リチウムイオン電池パックについて、安全性規格試験以外に燃焼試験や水没試験などの独自の安全性試験を行なった。燃焼試験に関しては、燃焼中に電池セルの破裂や電池パック部品の飛散は見られず、筐体と電池パックの最高温度は同等で、電池セルを起因とする激しい燃焼は起こらないことを確認できた。水没試験に関しては、電池パックの温度は水温付近まで上昇したが、電池セルに起因する著しい温度上昇は見られず、パック電圧に関しても電圧低下は見られなかった。以上の結果より、この大型リチウムイオン電池パックは高い安全性を有している。



Fig. 7 Appearance of Lithium-ion Battery System for HEMS

## 4. 結言

DCDC コンバーターを使用しないで、従来の鉛蓄電池とリチウムイオン電池を並列接続した ISS 用 2 バッテリー電源システムを開発した。この電源システムは、回生による電力受入性向上と車両電気負荷への電力供給により、一般車の燃費向上に貢献できる。

また、将来の低炭素社会を実現するためには、車・家・地域全体でエネルギーを効率的にマネジメントするシステム（HEMS, BEMS）が必要であり、開発したマイクログリッドの蓄電技術の役割は重要である。

## 著者



**山田 学**

やまだ まなぶ

先端研究 1 部 博士 (工学)  
蓄電池関連の開発に従事



**田村 博志**

たむら ひろし

エレクトリフィケーション機器技術 2 部  
車両電源用電池パック設計に従事



**中村 雅也**

なかむら まさや

研究開発 2 部  
電源開発に従事