

燃料電池自動車等用高出力リチウムイオン電池の 技術開発

Technological Development of High Power Lithium-Ion Battery for FCVs and HEVs

佐々木 丈* 村田 利雄*

Takeshi Sasaki Toshio Murata

Abstract

Battery is one of the most important component for electric propulsion vehicles. GS Yuasa Corporation has been developing high power and high energy lithium-ion batteries under the national "PEFCs/Hydrogen Energy Utilization Program" collaborating with the New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO) of Japan since FY 2002. The goal of this project is the development of lithium batteries with high specific power to provide good power assist for fuel cell vehicles (FCV) and hybrid electric vehicles (HEV). In the part of R&D on positive active materials in the program, GS Yuasa Corporation has taken charge of the development of Ni-Mn-M (M: transition metal) composite oxide system that satisfies both advantages of cost-favorable Mn oxide system and power-favorable Ni oxide system. In FY 2004, a 1kWh-class prototype battery pack with high power of 1,800 W kg⁻¹ and an energy density of 78 Wh kg⁻¹ using Ni-Mn-Co composite oxide was developed. In FY 2005, new Ni-Mn-M composite oxide as the positive active material was developed for new 10 Ah-class prototype battery and a 0.3 kWh-class prototype battery module having specific power of higher than 2,340 W kg⁻¹ and specific energy of 80 Wh kg⁻¹.

Key words: Lithium-ion battery; Hybrid vehicles; Fuel cell Vehicles

1 緒言

当社は、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)との共同研究として、平成14年度から平成18年度の国家プロジェクトである燃料電池自動車等用リチウム電池技術開発に参加し、当プロジェクト中の車載用リチウム電池技術開発を担当して、高出入力・

高エネルギー密度のリチウムイオン二次電池の開発を推進している。このプロジェクトは、燃料電池自動車やハイブリッド電気自動車のパワーアシストや回生充電に用いるリチウムイオン二次電池の開発を目的としている¹⁾。

本プロジェクトで開発するリチウムイオン二次電池には、高出入力密度、高エネルギー密度、長寿命、高効率、低コスト、高安全性および高信頼性が求められている。これらの因子の具体的な開発目標を Table 1

* 研究開発センター 第二開発部

に示す。

当社は、上記の目標を達成するために、電池材料の開発、単電池の開発および組電池の開発を進めてきた。その概要と進捗状況を報告する。

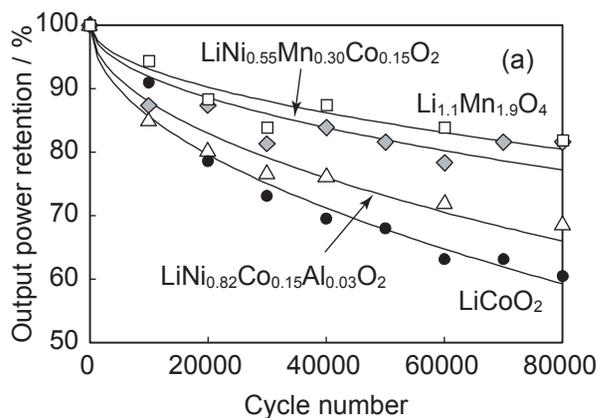
2 開発の概要と進捗状況

プロジェクトで開発する電池には、Table 1に示すような長期間の寿命性能が要求される。電池設計の改良等により初期に高い出力密度やエネルギー密度を備えていても、寿命性能が不適であれば目標の達成は困難である。

この点を考慮して、電池材料の開発の一つとして、小形民生用機器等で広く開発されてきたコバルト酸化物を正極活物質とした電池(以下、コバルト系電池)、低コストが期待されるスピネルマンガン酸化物を正極活物質に用いた電池(以下、マンガン系電池)、高出力が期待されるニッケル酸化物を正極活物質に用いた

Table 1 Target values of the Li-ion battery by NEDO's development-project.

| Items | Target value |
|---------------------------------|--|
| Specific power / $W\ kg^{-1}$ | 1,800 |
| Specific energy / $Wh\ kg^{-1}$ | 70 |
| Life / year | 15 |
| Energy efficiency / % | 96 |
| Cost | Perspective not higher than 10% of vehicle-cost premium by hybridization at initial introduction: Fifty thousand yen/kWh |
| Safety and reliability | To endure on-board abuse and environmental conditions |



電池(以下、ニッケル系電池)およびマンガン系電池とニッケル系電池との特長をあわせ持つニッケル-マンガン-M(Mは遷移金属)複合酸化物(以下、複合酸化物系電池)を正極活物質に用いた電池の寿命性能を比較検討した。

正極活物質に各種の酸化物を用い、負極活物質に難黒鉛化性炭素を用いた小形電池のパルス充放電サイクル加速寿命試験における容量維持率を Fig. 1に、出力密度および入力密度の維持率を Fig. 2に示す。これらの図から、複合酸化物系電池は、他の電池と比較して容量保持率および入出力性能の維持率が高く、長期間

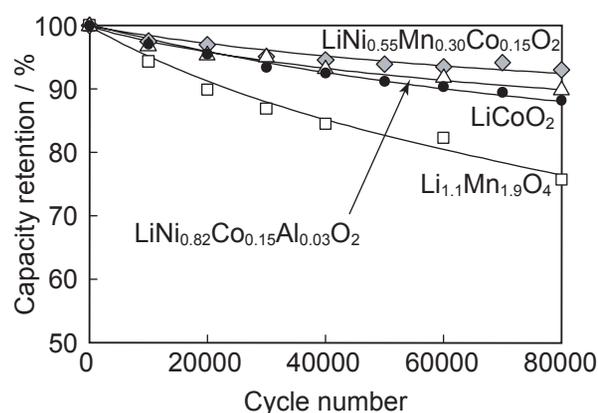


Fig. 1 Capacity retention for prototype small lithium cells with various lithium-contained metal oxides as a positive active material after pulse charge-discharge cycles of 2.4 CA for Δ SOC 4% at SOC 50% at 45 °C.

● LiCoO₂, △ LiNi_{0.82}Co_{0.15}Al_{0.03}O₂, □ Li_{1.1}Mn_{1.9}O₄, ◆ LiNi_{0.55}Mn_{0.30}Co_{0.15}O₂

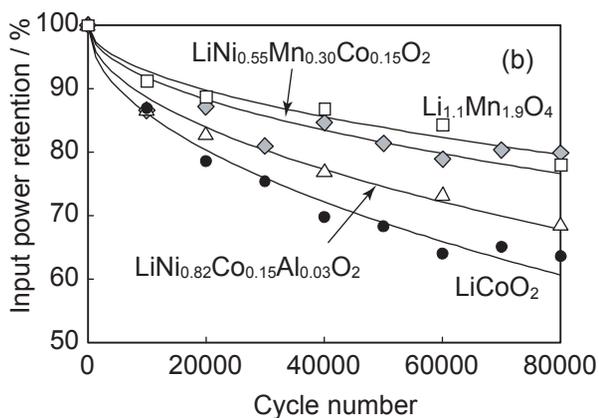


Fig. 2 Power retention for prototype small lithium cells with various lithium-contained metal oxides as a positive active material after charge-discharge cycles of 2.4 CA for Δ SOC 4% at SOC 50% at 45°C.

(a) Output power retention, (b) Input power retention

● LiCoO₂, △ LiNi_{0.82}Co_{0.15}Al_{0.03}O₂, □ Li_{1.1}Mn_{1.9}O₄, ◆ LiNi_{0.55}Mn_{0.30}Co_{0.15}O₂

の車両走行後においても幅広い利用可能容量および安定した入出力が得られると期待できる²⁾。

平成16年度(2004年度)には、この複合酸化物を正極活物質とした単電池を開発し、さらに、冷却風の流れ解析によって、単電池の均一な冷却を実現する配列方法を考案して1 kWh級組電池を開発した。この組電池の外観をFig. 3に示す。50% SOCにおけるV-I特性試験(1 CA-3 CA-5 CA-10 CA, 10秒, 25



Fig. 3 External appearance of 1 kWh-class prototype lithium-ion battery pack with new arrangement of single cells for uniformity air-cooling system.



Fig. 4 External appearance of 10 Ah-class prototype lithium-ion single cell with ellipse-shape case.

℃)から算出した入出力密度は $1,800 \text{ W kg}^{-1}$ であり、1 CA放電容量から算出したエネルギー密度は 78 Wh kg^{-1} であった¹³⁾。なお、入出力密度およびエネルギー密度の計算には、電圧や温度のセンサー類、配線、電流遮断機構、スペーサーやカバー等の質量を含めた。

平成17年度(2005年度)には、複合酸化物を改良するとともに、プロジェクトの最終目標を想定した10 Ah級単電池を開発した。この単電池の外観をFig. 4に示す。また、その電池の仕様をTable 2に示す。組電池内における電池の充填効率の向上と高率充放電時の放熱性の向上とをはかるため、本単電池は長円形状を採用した。

平成17年度には、上記の10 Ah級単電池を8直列とした0.3 kWh級電池モジュールも開発した。この電池モジュールの外観をFig. 5に、1 CAでの充放電曲線をFig. 6に示す。また、その電池モジュールの仕様をTable 3に示す。本電池モジュールはプロジェクトの最終目標で想定している3 kWh級組電池システムの構成要素であり、3 kWh級組電池システムにおいては、接続棒や外装体の追加により、入出力密度お

Table 2 Initial specifications of 10 Ah-class prototype lithium-ion battery.

| | |
|--|-------------------|
| Nominal capacity / Ah | 10 |
| Nominal voltage / V | 3.65 |
| Dimensions / mm | 77 W, 20 D, 132 H |
| Mass / g | 365 |
| Output specific power / W kg^{-1} | 2,820 at 50% SOC |
| Input specific power / W kg^{-1} | 3,230 at 50% SOC |
| Specific energy / Wh kg^{-1} | 100 |



Fig. 5 External appearance of 0.3 kWh-class prototype lithium-ion battery module.

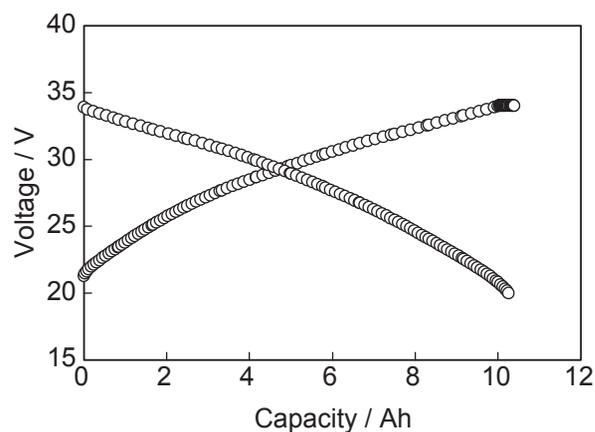


Fig. 6 Charge and discharge curves of 0.3 kWh-class prototype lithium-ion battery module.
 Charge: 10 A to 34.0 V followed by constant voltage for 3 hours total at 25 °C.
 Discharge: 10 A to 20.0 V at 25 °C.

よびエネルギー密度が Fig. 6 の値よりは低下するものの、その目標値を達成できる見込みである。

プロジェクトの最終年度である平成 18 年度には、すべての目標値の達成を見通せる、あるいは実証できるように、単電池および電池モジュールの総合的な性能改良を進め、さらに、組電池システムとしての完成度を高める予定である。

3 結言

平成 17 年度までの電池材料の開発、単電池の開発

Table 3 Initial specifications of 0.3 kWh-class prototype lithium-ion battery.

| | |
|--|--------------------|
| Nominal capacity / Ah | 10 |
| Nominal voltage / V | 29.2 |
| Dimensions / mm | 219 W, 83 D, 142 H |
| Mass / kg | 3.5 |
| Output specific power / W kg ⁻¹ | > 2,340 at 50% SOC |
| Specific energy / Wh kg ⁻¹ | 80 |

および組電池の開発により、0.3 kWh 級電池モジュールにおいて、燃料電池自動車等用リチウム電池技術開発プロジェクトの最終目標の達成を見通せる出力密度およびエネルギー密度をえることができた。

本技術開発は、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の補助によっておこなったものであり、ここに深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) T. Ikeya and H. Miyazaki, *Proceedings of the 46th Battery Symposium in Japan*, 1HEV-01, 2005.
- 2) H. Yamane, S. Kitano, T. Sasaki, H. Tasai, H. Wada, T. Murata and M. Yamachi, *Proc. 12th Int. Meet. Lithium Batt. (IMLB 12)*, Nara, Japan, June 27-July 2, Abst. No. 417 (2004).
- 3) T. Murata and T. Sasaki, *Proceedings of the 46th Battery Symposium in Japan*, 2HEV-09, 2005.