

マイクロハイブリッド車用第二世代 UltraBattery の開発

Development of Second Generation UltraBattery for Micro Hybrid Electric Vehicle

佐藤 和義*
Katsuyoshi Sato

柴田 智史*
Satoshi Shibata

赤坂 有一*
Yuichi Akasaka

本間 徳則*
Tokunori Honma

古川 淳*
Jun Furukawa

Abstract

We have developed second generation UltraBattery corresponding to severe charge-discharge condition of micro hybrid electric vehicle equipped with acceleration assist function. Second generation UltraBattery have achieved more than three times long lifetime in comparison with previous UltraBattery for lifetime test under the assumption that micro hybrid electric vehicle driving with acceleration assist because of improvement of positive electrode durability and charge acceptance.

1. はじめに

現在から近い未来にかけて、地球環境保護、持続可能な社会への寄与を目的に、自動車における温室効果ガスの排出規制が世界各国で制定されている。このCO₂排出規制に対応するため、各自動車メーカーにおいて自動車の電動化が推進されている。EVやPHEV、Strong-HEVは高い燃費効果を期待できるが、大容量のLi-ionバッテリーと大出力のモータ等の高コストの部品を必要とするためシステムコストが大幅に増加する。また、EVにおいては充電インフラや充電スピード、航続可能距離などの問題から普及が伸び悩んでいる。Strong-HEVはトヨタ自動車のプリウス、アクアが日本国内において売り上げを伸ばしたが、欧州等の国外では日本国内ほど売り上げを伸ばしていない。一方で、システムコストの増加が小さく燃費効果を期待できるアイドリングストップシステムや減速時のエネルギーによりオルタネータで発電を行う回生充電システムを搭載したマイクロハイブリッド車が市場に投入され、シェアを拡大している。マイクロハイブリッド車は、アイドリングストップ中はオルタネータによる発電が行われないため、その間の電気負荷は全てバッテリーから供給することになる。更にエンジン始動回

数も従来車に比べて多くなり、大電流での放電回数も増加するため、大電流放電に強いバッテリーが求められる。一方で、回生ブレーキによる充電を効率良く受け入れるためにバッテリーの充電受入性も重要であり、バッテリーにはPSOC (Partial State of Charge：部分充電状態) 環境下での高い充電受入性と耐久性が求められる。

そこで、当社は同一セル内に鉛蓄電池と非対称キャパシタを組み込んだUltraBatteryを商品化した。UltraBatteryの構成を図1に示す。UltraBatteryは2013年11月からホンダ オデッセイ アブソルートに採用され、2015年4月からホンダ ステップワゴンに採用されている。UltraBatteryは、①優れた充電受入性、②PSOC条件下におけるサルフェーション抑制効果による高耐久性、③成層化の抑制といった特長を有している¹⁾。

* 経営戦略企画室 UB事業化部

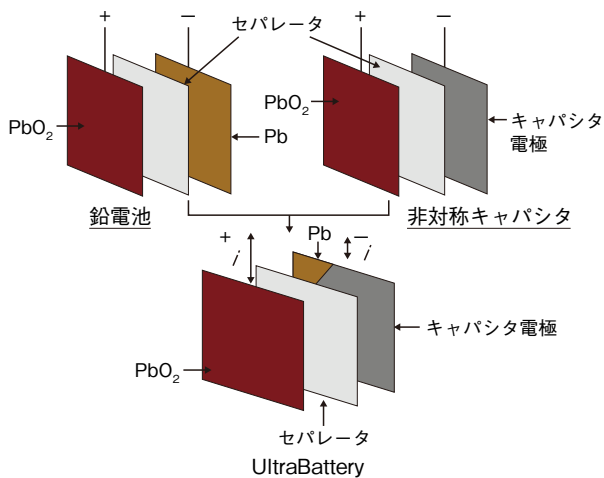


図1 UltraBatteryの構成
Fig.1 Schematic of UltraBattery

UltraBatteryはマイクロハイブリッド車に対しての電源構成の1つの解だが、マイクロハイブリッド車における最適な電源構成については、各自動車メーカーにおいて様々な開発がなされている。代表的な例としてはスズキ エネチャージの12V鉛バッテリーと12V Li-ionバッテリーの構成^{2),3)}やマツダ i-ELOOPの12V鉛バッテリーと24V電気二重層キャパシタ、降圧のためのDC-DCコンバータを備えた構成⁴⁾がある。これらのシステムはLi-ionバッテリーや電気二重層キャパシタの高い充電受入性をいかして燃費効果を高めるシステムではあるが、部品増によるコストアップが免れない。

更なる燃費効果を求めて、スタータ、モータ、ジェネレータの3つの機能を備えたISG (Integrated Starter Generator) を使用したS-エネチャージを搭載した車種がスズキから発売されている。このS-エネチャージシステムでは発進、加速時にモータによるアシストを行い、エンジン負荷を低減し、燃料消費を削減するシステムである。このハイブリッドシステムに対応するためには、モータアシストによる大電流での放電性能と、より少なくなる充電時間に確実に充電する高い充電受入性が要求される。

本報ではモータによる加速アシスト機能が付き、更に過酷な充放電条件となったマイクロハイブリッドシステムに対応する第二世代UltraBatteryの開発について報告する。

2. 加速アシスト付マイクロハイブリッド走行パターン寿命試験

2.1 寿命試験概要

本報の寿命試験ではNEDC (New European Driving Cycle) の走行モードに合わせて、加速アシスト機能付きマイクロハイブリッド車での走行時の鉛バッテリーの充放電電流を想定した充放電パターンにより評価を実施した。その充放電パターンの特徴は図2で示すように、加速時はモータアシストによる大電流放電を行い、定速度走行時はオルタネータによる発電を行わず、減速時は回生充電を行う。停止時はアイドリングストップに伴う放電となる。このように通常のアイドリングストップ車に比べても大電流放電での使用頻度が高く、通常充電はほとんど行われず、ほぼ減速回生のみで運用するという鉛バッテリーにとって非常に過酷な条件の試験である。

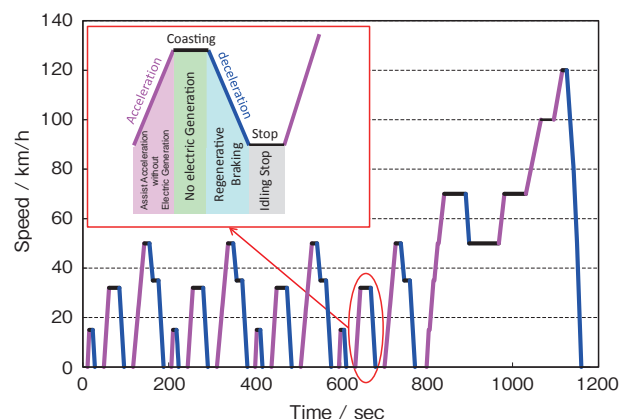


図2 NEDC 走行パターンと加速アシスト付マイクロハイブリッドの充放電制御
Fig.2 NEDC and charge-discharge control for Micro hybrid system with acceleration assist

このような加速アシスト機能付きマイクロハイブリッド車の走行を想定し、優れた燃費性能が期待できる充放電パターンによりUltraBatteryの性能を評価した。なお、評価に使用したバッテリーは液式DIN LN3 UltraBatteryで5時間率容量は63Ahである。比較として使用したのは、DIN LN3と規格は異なるがほぼ同サイズの液式S-95 UltraBattery及び、

液式S-95 他社製EFB (Enhanced Flooded Battery : ISS車用液式鉛バッテリー) で5時間率容量は64Ahである。

2.2 寿命試験結果

寿命試験の結果として、達成サイクルの比率を図3に示す。改良前のUltraBatteryの寿命サイクルを100として改良後の第二世代UltraBatteryと比較試験を行ったいくつかのEFBの寿命サイクル比率を示した。改良後の第二世代UltraBatteryは改良前に比べて、3倍以上の寿命サイクル数を達成した。比較したEFBに比べても、その優位性を確認できた。

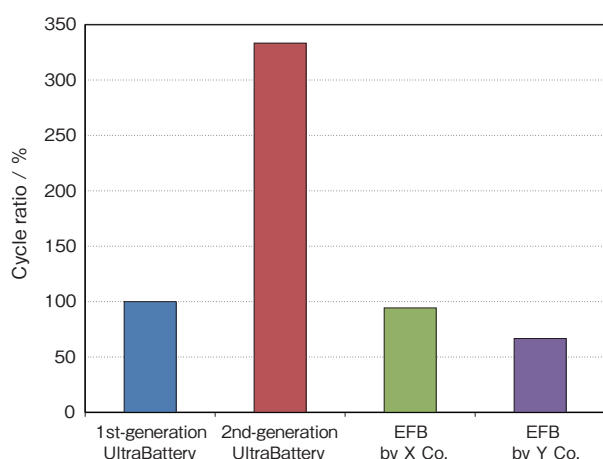


図3 NEDC 寿命試験の達成サイクル比率 (他社比較)
Fig.3 Cycle ratio for NEDC Lifetime test (comparison to other companies)

改良にあたっては、いくつかの課題があり、目標とするサイクル数を達成するため対策を実施した。その効果の検証も行いながら、最終的に目標とするサイクル数を達成し、UltraBatteryの性能向上を実現した。次項より、その改良にあたっての課題と改良の効果について述べていく。

2.3 改良前の課題

改良前のUltraBatteryが寿命試験サイクルを継続できず、短寿命になってしまう原因を分析し、課題を洗い出した。その結果、下記の3つの課題に対して重点的に対策を講じることとした。

【3つの課題】

- ①正極の耐久性が低く、容量低下によりサイクルを維持できない。
- ②絶対的な充電受入量が不足しているため、SOCの低下が早く、サイクルを継続できない。
- ③負極に比べ正極が充電されにくいいためSOCが低下しやすく、サイクルを継続できない。

まず、1つ目の課題は正極の耐久性が低く、大電流での充放電を繰り返す試験に耐えられず早期に容量低下してしまうという問題である。対策として、正極活物質の密度を最適値に高め、正極の耐久性を向上させた。

2つ目の課題は、絶対的な充電受入性能が不足しているため大電流での充電において早期に電流が垂下し、限られた回生充電時間に十分な充電量が確保できず、SOCが低下してしまう問題である。対策としては、前述した正極活物質密度の向上に加えて、負極活物質中の添加剤の変更や、正極及び負極の活物質質量比の最適化、極板枚数構成の最適化による内部抵抗低減などの設計改良を実施し、充電受入性能の底上げを狙った。

3つ目の課題としては、改良前のUltraBatteryでは正極への充電がされにくく、正極SOCの低下が顕著であった。このとき正極と負極への充電バランスが崩れ、正極容量が早期に失われるのに対して負極の容量は変化が小さかった。この対策も1つ目同様、正極の活物質密度を最適値に増加し、正極の耐久性を向上させ、正極の分極を抑えて、正極への充電がなされるよう設計を変更するとともに、正極及び負極の活物質質量比を最適化することで容量バランスの改善を実施した。

2.4 改良の効果

試験サイクル中の回生充電ポイントの充電電流を比較することにより、改良後のUltraBatteryが充電受入性において優位性があることを確認した。図4は寿命試験サイクル中の同等SOCと推定される充電ポイントでの、回生充電電流を比較した結果であり、図5は充電電流量を比較した結果である。改良後のUltraBatteryはEFBよりも最大電流での受

入時間が長く、サイクル中の充電受入性についての優位性を示した。また、改良前のUltraBatteryもEFBよりも充電受入性能が良い結果となっており、改良後に比べても悪い結果ではないが、前述した正極の問題によりサイクルを継続できていなかった。

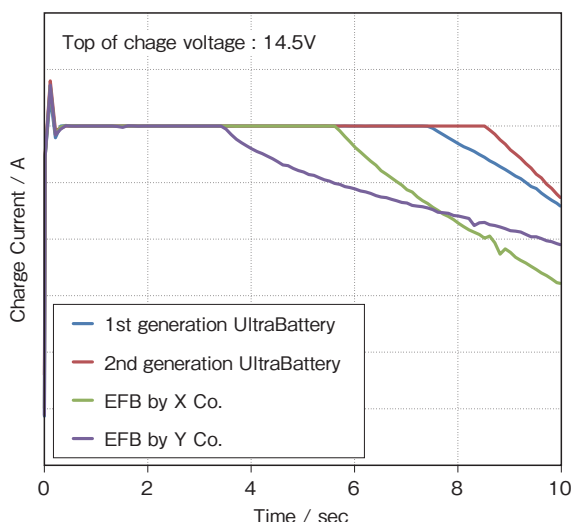


図4 試験サイクル中の充電電流比較
Fig. 4 Comparison of charge current during test cycle

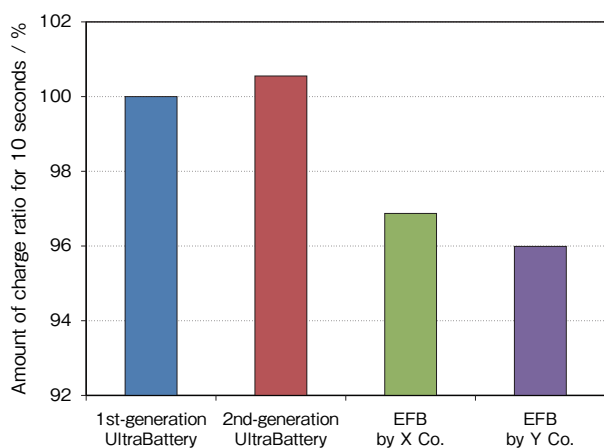


図5 試験サイクル中の10秒間充電電気量比較
Fig. 5 Comparison of amount of charge for 10 seconds during test cycle

UltraBatteryの特性として、サイクル中の大電流の充電受入性が優れているが、正極の耐久性が問題となりサイクルが継続できていないことが明らかとなったため、正極改善を最優先の課題とし、正極改善に取り組んだ。正極改善の効果を調査する方法と

して、試験前後において正極、負極の容量を個別に測定した。この測定によって正極へ充電されにくい状態が解消されたか確認を行った。

図6に測定結果から求めた正極負極それぞれの単極SOCを示した。試験スタート時のSOCを80%とし、一定のサイクル試験を継続させた電池の単極容量を測定して初期状態容量との比からSOCを算出した。結果として、改良後は正極、負極ともにSOC低下が改良前の約1/3に抑えられており、正極と負極の容量差は11%から2%に改善された。改良の結果、正極の性能だけでなく、正極負極ともに充電受入性能が底上げされ、改良前よりも大幅にSOCを維持し、正極に充電がされにくい状態も解消できた。

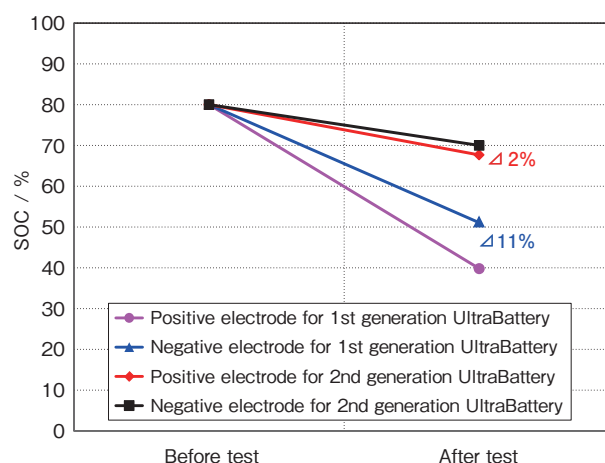


図6 試験前後の単極SOC測定結果
Fig. 6 Result of single electrode SOC measurement before and after test

充電受入性能の改善についての確認試験として、SOC別及び温度別での充電受入性を評価した。本寿命試験は、通常の鉛バッテリーの寿命試験に比べて試験パターン中の充電時間が放電に対して少ないため、サイクルをより長く継続させるためには回生充電の大電流をより効率よく取り込む能力が求められる。実際、改良前はこの寿命試験において、サイクルを経過するとともにSOCが著しく低下してサイクルを継続できないという問題があった。

図7にSOC別の充電受入性試験結果を、図8に温度別の充電受入性試験結果をそれぞれ示した。SOC

別の充電受入性の結果ではSOCが低くなるほど充電受入性は高くなっており、第二世代UltraBatteryは第一世代に比べて、全てのSOCにおいて大きく充電電流が上回っていることを確認した。特に低SOCになるほど、第二世代の充電受入性における優位性が確認できる。温度別の充電受入性については、温度が低くなることで充電受入性は大きく落ち込んでしまうが、第二世代UltraBatteryは第一世代に比べて、全ての温度において充電電流が上回っていることを確認した。

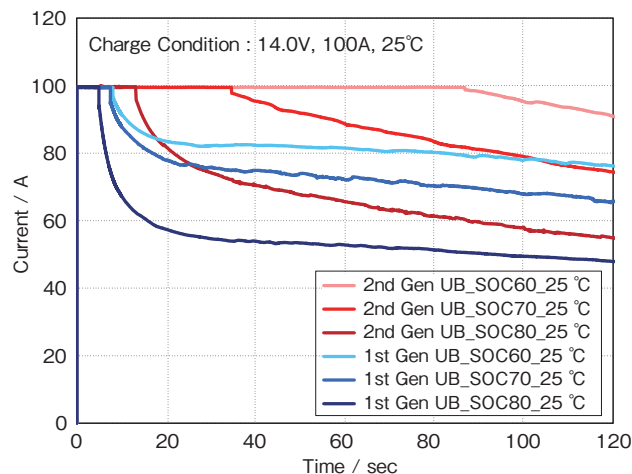


図7 SOC別の充電受入性試験
Fig.7 Charge acceptance test at several SOC

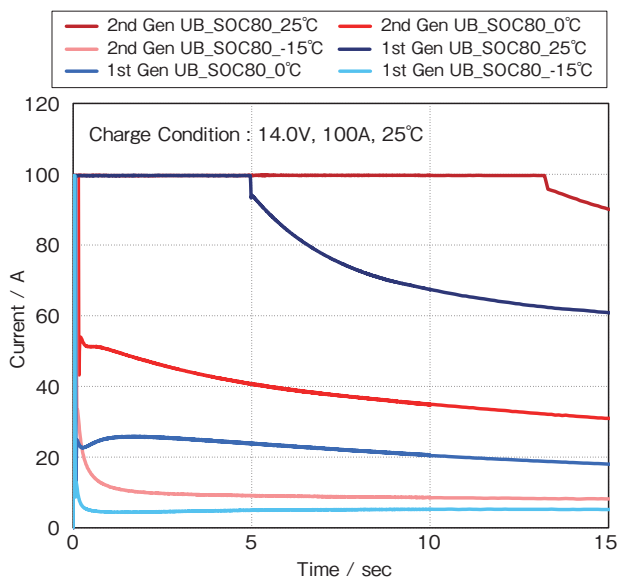


図8 温度別の充電受入性試験
Fig.8 Charge acceptance test at several temperature

改良を実施したことにより、課題となっていた①正極の耐久性向上、②充電受入性の向上、③正極の充電されにくさ解消、を実現することができた。

3. まとめ

加速アシスト機能付きマイクロハイブリッドシステムの厳しい充放電に耐える第二世代UltraBatteryの開発について報告した。

改良の結果、加速アシスト機能付きマイクロハイブリッド車の走行を想定した充放電パターンの寿命試験において、第一世代UltraBatteryに比べて3倍以上の長寿命を実現した。改良のポイントは主に正極の性能向上にあり、改良によって正極の耐久性が向上し、負極に比べて充電されにくい状態が解消された。正極の性能が負極の性能に追いつき、第一世代UltraBatteryを大幅に上回る性能を実現できた。

自動車の電動化が進む現在において、UltraBatteryがマイクロハイブリッド車用電源の最適解の1つになるものと確信している。

参考文献

- 1) 柴田智史, 中島秀仁, 荻野由涼, 西村章宏, 赤阪有一, 本間徳則, 古川淳, FBテクニカルニュース, No.70, 9 (2014)
- 2) 向井 徹, 片岡 準, 淡川拓都, 駒田節子, Suzuki Technical Review, Vol.39 No.39, 17 (2013)
- 3) 宇都宮大和, 長井友樹, 片岡準, 淡川拓都, デンソーテクニカルレビュー Vol. 19, 66 (2014)
- 4) 高橋正好, 高橋達朗, 北木義正, 山下丈晴, 北川浩之, 平野晴, マツダ技報 No.30, 37 (2012)