

③商用車のバッテリー劣化に関するフィールド調査に向けた取組(2)

環境研究部

※小鹿 健一郎

1. はじめに

交通研は、2022年7月にNEDOのグリーンイノベーション基金事業「スマートモビリティ社会の構築」の研究開発委託事業者に採択された。交通研は、本事業において2025年以降、商用車のバッテリー劣化に関するフィールド調査を行うことになっている。調査では、バッテリーのSOH（State of Health）を含む走行データを解析し、実使用環境下におけるSOHの変化の程度について明らかにする。また、問題となるレベルのSOHの低下が確認された場合、収集されたデータをもとに、SOHの低下を抑制するような車両の使い方について確認し、車両の使い方に関して提案を行う予定である。

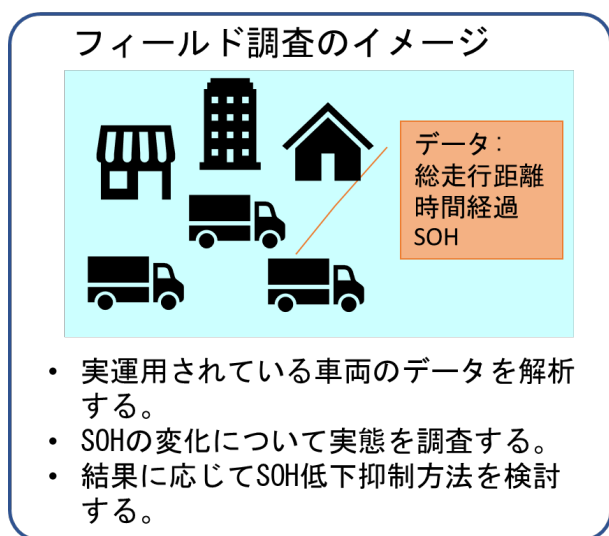


図1. フィールド調査のイメージ

本報告では、フィールド調査に先立ち行ったバッテリーのセル試験について述べる。バッテリーセルを対象とした試験は、22年度から24年度まで3年計画で実施した。22年度は三元系円筒型セル、23年度はリン酸鉄系円筒型セルを対象に評価を行い、交通研フォーラム2023^[1]および自動車技術会秋季大会2024^[2]においてそれぞれ発表を行っている。ここでは、24年度に実施した三元系角型セルの評価を中心に述べる。

2. バッテリーセルを対象とした試験

2. 1. 試験の概要

本節では、試験の概要として、目的、スコープ、試験の工程について説明する。本試験は、フィールド調査実施時の劣化要因解析を行うにあたり、注目すべきパラメータを整理することを目的として行った。本試験では、試験対象をバッテリーセルとした。セル試験、車両単体試験、フィールド調査の特徴を含めた比較を図2に示す。本試験の工程は、①充放電条件の設定、②繰り返し充放電の実施、③放電容量（SOH）の評価の順で行った。

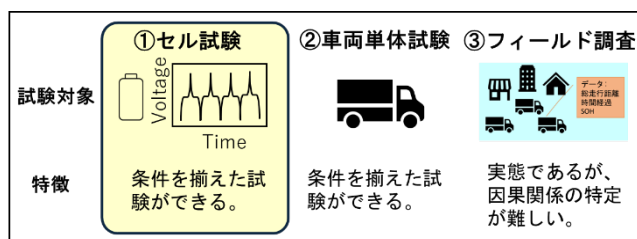


図2. 本試験のスコープと位置づけ

2. 2. 試験実施における24年度のポイント

24年度の実施のポイントとして、試験対象セルの選定、22年度実施内容との比較、明らかにしたい内容について述べる。試験対象セルの選定では、NEDOのプロジェクトにおいて、運送事業者が実際に使用しているEVトラック（デュトロZEV^[3]）に搭載されたバッテリーを入手して試験を行うこととした。22年度の実施内容と比較すると電池の正極材料は三元系で同じであるが、EVトラック用であり、容量が125 Ahの大容量セルであった（表1）。明らかにしたい内容としては、実際の車載セルにおいても、温度や充電の状況が、容量低下に影響をあたえるかについて注目した。

表1. 22年度の実施内容との比較

	電池	試験期間	充放電条件
24年度	三元系 125 Ah	3か月	車両試験データを参考に設定
22年度	三元系 約3.2 Ah	3か月	テスラを想定して設定



図 3. 対象電池の外観（左）モジュール、（右）セル

2. 3. 充放電サイクルの設定

2. 3. 1. 環境温度、充電方法、使用 SOC 範囲の設定

劣化への影響が想定される 3 つのパラメータである環境温度、充電方法、使用 SOC (State of Charge) 範囲に関して表 2 に示す通り設定した。環境温度は、高温と低温の 2 種類とし、夏期を想定した 35℃、冬期を想定した 10℃とした。充電方法は、急速充電と普通充電の 2 種類とし、夏期急速充電は、1.2 C、冬期急速充電は、1.2 C また、夏期普通充電は、0.4 C、冬期普通充電は、0.3 C とした。(限られた試験期間で変化を確認するために、充電電流値はどれも車両試験のデータよりも大きな値で設定した。) 使用 SOC 範囲に関しては、運用方法を以下の通り 3 つ仮定し、設定することとした。i) 高 SOC 運用: 短距離走行後、継ぎ足し充電にて満充電にて使用する運用。ii) 広範囲 SOC 運用: 走行を継続し、十分に放電してから満充電にして使用する運用。iii) 中間 SOC 運用: SOC に充電上限/放電下限を設定して使用する運用。

繰り返し充放電試験では、この 3 つのパラメータを組み合わせ、充放電試験装置のチャンネル数の制約に合わせて計 10 通りの条件で充放電を行った (表 3)。22 年度の結果から、最も劣化が小さかった中間 SOC 運用、普通充電の条件を除くこととした。

表 2. 充放電試験のための設定パラメータ

環境温度	×	充電方法	×	使用SOC範囲
高温(夏期) 35℃		急速充電 (劣化大を想定)		i) 高SOC 100-70% ii) 広範囲SOC 100-35%
低温(冬期) 10℃		普通充電 (劣化小を想定)		iii) 中間SOC 70-35%

表 3. 充放電条件 10 通りの内容

	充電方式	SOC範囲	条件番号
夏期	急速充電	高SOC	1
		広範囲SOC	2
		中間SOC	3
	普通充電	高SOC	4
		広範囲SOC	5
冬期	急速充電	中間SOC	-
		高SOC	6
		広範囲SOC	7
	普通充電	中間SOC	8
		高SOC	9
		広範囲SOC	10
		中間SOC	-

2. 3. 2. 対象電池と結果比較のための積算放電容量の整理

本実験系では、3 種類の SOC 範囲での繰り返し充放電結果を比較するため、劣化評価でよく行われる繰り返し充放電回数を基準とした比較は適当ではないと考え、積算放電容量を基準に、各セルの劣化の状態を比較することとした。具体的な積算放電容量値は、25,000 Ah であり、本試験対象電池（三元系正極・大型角形リチウムイオン電池、電圧 3.65 V、容量 125 Ah）では、200 回の放電（SOC100→0%）に相当する。参考までにデュトロ ZEV を想定して距離換算すると、デュトロ ZEV の一充電走行距離は約 150 km であるため、200 回の放電は、3 万 km 走行に相当する。

3. 3. 試験結果: 放電容量維持率 (SOH)

環境温度、充電方法、使用 SOC 範囲、がパラメータとしてどの程度 SOH の変化に影響を与えるのか明らかにするために、異なる条件で充放電を行い、SOH 評価を行った。SOH は、繰り返し充放電を行い、積算放電容量が 25,000 Ah に到達したところで行った容量測定の結果を初期の容量測定の結果で除した値として算出した。条件ごとの SOH を図 3 に示す。夏期 (35℃) 運用では、いずれの条件においても SOH が高く維持された。一方、冬期の急速充電、広範囲 SOC 運用の条件では SOH 低下が促進される傾向が示唆された。

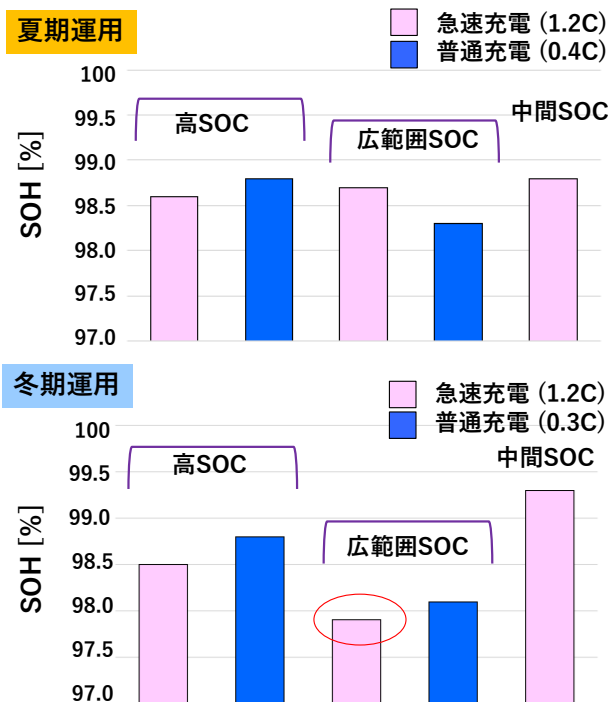


図 3. 各条件における放電容量維持率

3. 4. 22 年度の結果を含めた劣化傾向に関する考察

ここでは、22 年度の設定条件、結果について紹介し^[1]、二つの結果に共通する三元系リチウムイオン電池の劣化傾向について言及する。22 年度は、三元系円筒型セルを対象に試験を実施しており、テスラモデル S を想定した充放電条件を設定した。設定した積算放電容量は、795 Ah であり、22 年度試験対象電池 (三元系正極・小型円筒形リチウムイオン電池:NCR18650BM、電圧 3.6 V、容量 3180 mAh) では、250 回の放電 (SOC100→0%) に相当する。参考までにテスラ Model S を想定して距離換算すると、テスラ Model S の一充電走行距離は約 500 km であ

るため、250 回の放電は、12.5 万 km 走行に相当する。条件ごとの SOH を図 4 に示す。

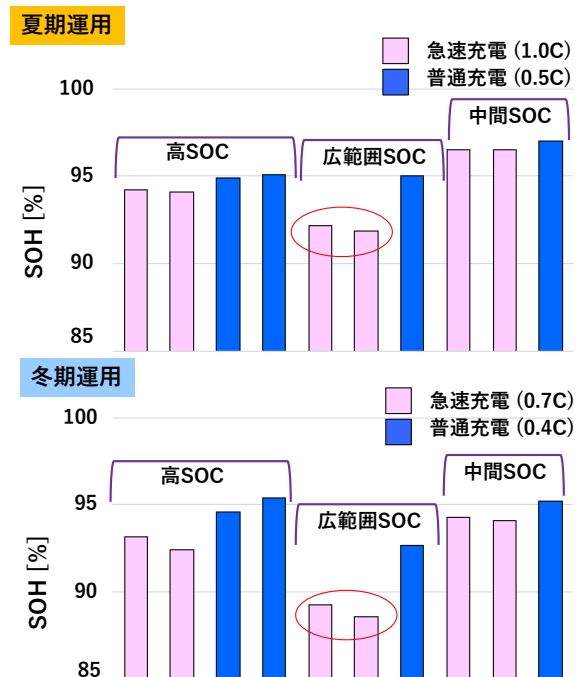


図 4. 22 年度に実施した三元系円筒型セルを対象とした試験結果(SOH)

二つの結果に共通する傾向は下記の通り、

- 急速充電であっても、中間 SOC 運用では SOH が高く維持される。
- 夏期はいずれの条件においても SOH が高く維持される。
- 冬期の広範囲 SOC 運用で急速充電を行う場合、SOH の低下が促進される。

両試験は、試験期間が 3 か月間と同一であるが、走行距離に換算して比較した場合、24 年度の結果は 3 万 km であり、22 年度の結果 12.5 万 km の約 25%程度であり、この違いが SOH の低下の程度の違いの要因のひとつであると考えている。(その他には、電池そのものの耐久性の違い、電池使用時の上下限電圧を設定する際の余剰容量の大きさなども要因として想定される。)

4. おわりに

商用車 EV に搭載されている三元系大容量角形缶セルについて、環境温度、充電方法、使用 SOC 範囲を組み合わせ、10 条件の充放電サイクルを与え、電池の劣化挙動を調査した。充放電装置により 3 か月間、充放電の負荷をセルに印加した（積算電流値をもとに車両走行距離に換算した値は約 3 万 km であった。）。

夏期運用では、本実験範囲内のいずれの条件においても SOH は高く維持された。走行を継続し、十分に放電してから満充電にして使用する運用（広範囲 SOC 運用：SOC100-35%）のうち、冬期の急速充電では、SOH 低下が促進される傾向が示唆された。この傾向は 22 年度実施の三元系小型円筒セルの試験結果と類似していた。

22 年度と 24 年度の結果と統合すると、設定した 3 つのパラメータが 2025 年以降の車両データの解析においても、車両使用条件と劣化の関係を明らかにするうえで重要であることが示唆された。

参考文献

- 1) 小鹿 健一郎 "商用車のバッテリー劣化に関するフィールド調査に向けた取組" 交通安全環境研究所フォーラム 2023
https://www.ntscl.go.jp/Portals/0/resources/forum/2023files/day1_01.pdf
- 2) 小鹿 健一郎 "リン酸鉄系リチウムイオン電池を対象とした温度、充電条件および運用 SOC 範囲によるバッテリー性能低下への影響ーリン酸鉄系セルと三元系セルの安全性に対するリチウム析出の影響の違いー" 自動車技術会論文集 2025 年 56 巻 2 号 p. 207-212
<https://doi.org/10.11351/jsaeronbun.56.207>
- 3) デュトロ ZEV 主要緒言
<https://www.hino.co.jp/dutrozev/lineup/index.html>

謝辞

この成果は、NEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の委託業務(JPNP21028)の結果得られたものです。