

実使用したリチウムイオン電池の劣化に関する一事例

A case Study on the Degradation of Lithium-Ion Batteries in Actual use

中田悠介

指導教員 米盛弘信

サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 産業応用研究室

キーワード：交流電池, 劣化診断, リチウムイオン電池

1. はじめに

本研究室では、AC Biode 社が開発した世界初の独立型交流電池[1]に関する共同研究を行っている。交流電池は充放電に伴う劣化特性が明らかになっていない。そこで筆者らは、交流電池の劣化診断を進めている。交流電池は、Anode と Cathode の間に Biode と名付けた両性電極を挿入した構造である。したがって、基本的には交流電池も通常のリチウムイオン電池をベースとしている。

そこで、交流電池の劣化特性を調査する第一義的取り組みとして、通常のリチウムイオン電池の劣化特性を把握したい。したがって、本稿では実使用した電池の一例として課外活動で長期間使用されたバッテリーパックの劣化具合について報告する。なお、本研究における「劣化」とは、電池の内部抵抗値が増加することを指す。

2. 実験対象のリチウムイオン電池について

本稿で報告対象とするバッテリーパックは、約 10 年間使用したものである。本研究室では、出張遊園地と称して、自作の乗り物（電動バイク等）を様々なイベント等へ持参して、地域の子供達に向けて試乗体験を実施している。自作の乗り物は、リチウムイオン電池セルで構成したバッテリーパックをエネルギー源としており、おおよそ年 50 時間程度駆動させていた。1セルあたりの定格充電電圧は 4.2V であるため、セルを 13 直列にすることで 54.6V のバッテリーパックとしている。また、保存時は 52.0V、放電限界は 42.9V である。しかし、バッテリーマネ

ジメントシステム（BMS）によるセル毎の電圧監視を行っていないため、長期使用によって内部抵抗が不均一となり、放電限界電圧をやや下回ったセルが存在したと思われる。また、真夏の屋外で使用していたこともあり、劣化が進んでいると見込まれる。実際、2022 年 4 月に複数のバッテリーパックを分解し、内部抵抗値を測定したところ、セルごとに内部抵抗値が大きく異なっていた。そこで、内部抵抗値が近いセル同士でバッテリーパックを再構成してリユース品として使用していた。

本稿では、出張遊園地等で使用したバッテリーパック 3 個について、バッテリーパックを再構成した 2022 年 4 月から 2023 年 10 月までの 1 年半の期間におけるセル毎の内部抵抗値の変化量を明らかにした。そして、劣化具合の確認とその要因について分析する。

3. 実験方法

本実験は、長期間に渡って実使用したバッテリーパックを分解し、13 セルの内部抵抗値を明らかにする。内部抵抗値の測定には、バッテリーハイテスタ（HIOKI 製、BT3563）を使用する。その後、測定したデータについて、バッテリーパックを再構成した 2022 年 4 月の記録と比較する。

4. 実験結果

図 1 に実験に供したリチウムイオン電池セル毎における内部抵抗値を示す。セルナンバー 1 と 13 は、バッテリーパックの端子側であり、セルナンバー 7 が中間位置に配置したセルである。なお、バッテ

リパック 1 は使用中に故障して通電しなくなったものである。バッテリーパック 1 のセル 3 は、測定器で計測を試みたが、オーバーフローしてしまった。よって、バッテリーパック 1 が通電しないのは、セル 3 が絶縁状態になってしまったからであると考えられる。

本実験で用いたリチウムイオン電池セルの工場出荷時における内部抵抗値は 4~5mΩ であった。しかし、最も状態が良好なバッテリーパック 3 においても 20mΩ 程度まで劣化してしまっていることが分かる。また、バッテリーパック 1, 2 はセル毎の内部抵抗値の差がかなり大きい。

図 2 に 2022 年 4 月から 2023 年 10 月までの内部抵抗値の変化量を示す。グラフから分かることとして、次の 2 つが挙げられる。

- バッテリーパック 1 とバッテリーパック 2 は中間に配置されていたセルの内部抵抗値が大幅に増加している。
- バッテリーパック 3 の内部抵抗値は殆ど増加していない。

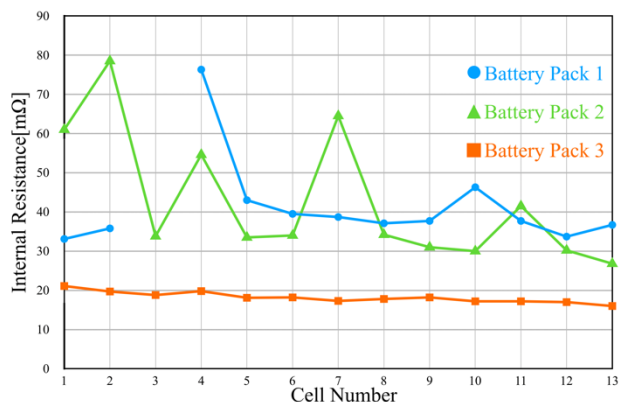


図 1 リチウムイオン電池の内部抵抗値

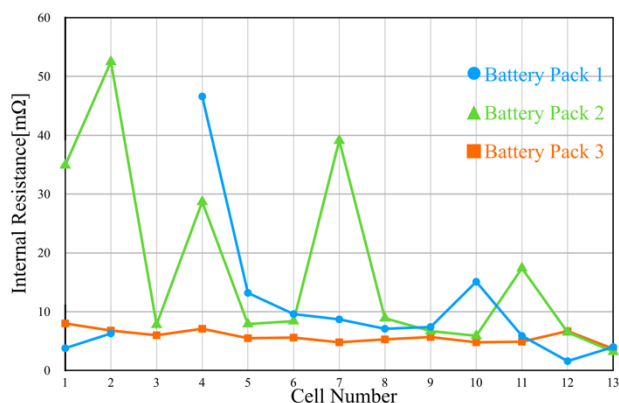


図 2 内部抵抗値の変化量

5. 考察

一般的に、リチウムイオン電池の内部抵抗値が増加する原因は、①充放電回数の増大、②高温下での使用、③過充電・過放電等が挙げられる。また、本バッテリーパックのような多数のセルを使ったバッテリーの場合、先頭と最後尾のセルが劣化しやすい傾向にある。これらのセルは充放電時における電荷の移動量が最も多いためである。

上記を踏まえた上で実験結果を確認する。まず、実験に供したバッテリーパックは 13 枚のセルを備えており、一般的には先頭と最後尾のセルが一番劣化しやすいはずであるが、実験結果ではそのような傾向は見られない。これは、年 50 時間程度しか使用してなかったことが要因として考えられる。

次に、中間に配置されていたセルが大幅に劣化している傾向が見られる点については、高温下での使用によってバッテリーパックに多大な負荷がかかったことが要因として考えられる。本バッテリーパックは放熱するための機構は備えておらず、また、パック内でセルを固定するために保温性の高いスタイロフォームを用いていた。以上の要因により、中間に配置されていたセルは殆ど放熱ができない環境にあり、これが内部抵抗値の大幅な増加を引き起こしたと考えられる。

一方、バッテリーパック 3 は他のバッテリーパックと比較して内部抵抗値のバラツキが少ない。実験に供したバッテリーパックの構成は全て同じであるが、使用回数が異なっていると思われる。したがって、バッテリーパック 3 だけ使用回数が少なく内部抵抗値のバラツキが生じにくかったと考察する。

6. おわりに

本稿では、長期間実使用したリチウムイオン電池の劣化特性を明らかにした。その結果、充放電を繰り返すことによる劣化、および熱による劣化が考えられた。したがって、本研究の対象である交流電池の劣化診断についても充放電回数だけではなく、発熱度合いに留意することが必要である。

参考文献

- [1] AC Biode 社 HP : <https://www.acbiode.com/battery-detail.html>(2023/10/23 閲覧)