

超小型人工衛星に適した

民生用リチウムイオン二次電池の評価試験方法の開発

九州工業大学 大学院工学府 先端機能システム工学専攻・趙研究室
博士前期課程2年 学籍番号：13350934 氏名：本幡 拓也

1. 研究背景および目的

近年、超小型人工衛星にリチウムイオン二次電池（以下、LIB）を搭載することが注目されている。従来使用されてきたニッケル水素電池などに対し約3倍の起電力を持つLIBを使用すれば、電池の個数を減らすことができる。従来型衛星向けの宇宙用LIBについては現在開発が進んでいる。しかし民生品を転用して超小型衛星に載せた場合、安全性の検証が不十分である。

本研究の最終目標は、民生品電池の超小型衛星用評価基準を確立である。一般にLEO（低地球軌道）では1年間で約5000サイクルの充放電を繰り返すので、これらの環境に合わせて電池の性能を評価する必要がある。しかし、短納期が売りの超小型衛星にとって長期間の評価試験は不向きである。そこで、短期間の電池の評価が必要となってくる。具体例としては、通常よりもDOD（放電深度）を大きくする加速評価試験が挙げられる。本研究の目的は、加速評価試験を念頭に入れ民生用電池の評価試験基準の確立に向けて、安価・短時間で電池の寿命評価方法を開発することである。この目的を達成するために試験システムを構築し、様々な環境の下でLIBの充放電試験を行なう。

2. 研究手法

2.1 試験供試体

本研究で使用したLIBの代表的諸元を以下の図1および表1に示す。



図1. LIB

表1. LIBの代表的諸元

公称電圧	3.6V
公称容量	2250mAh

2.2 充放電評価試験システム

本システムは電源、電子負荷そしてリレーから成り、グラフィック言語プログラムであるLabVIEW®を用いてそれぞれを制御する。試験前に各種パラメータを任意で設定できるので、LIBに限らず他の電池でも試験が可能である。以下に充放電回路図を示す。

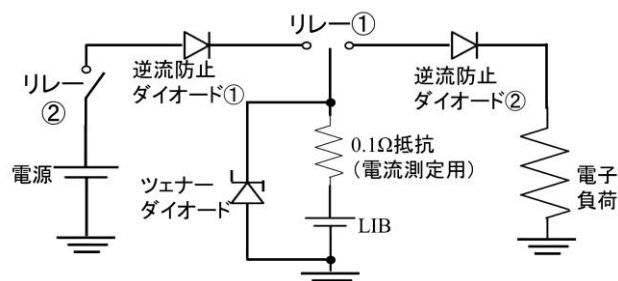


図2 充放電回路

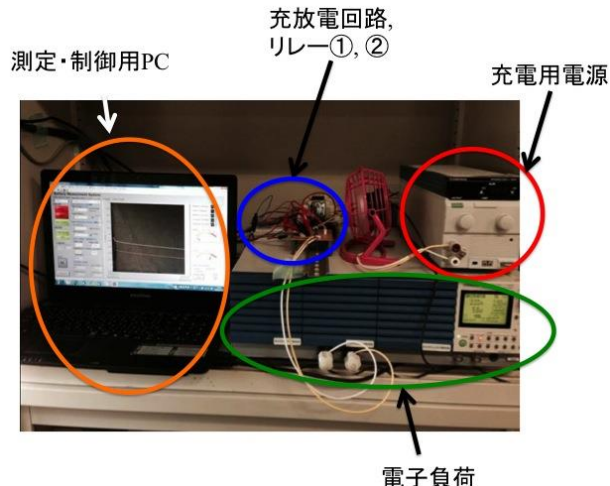


図3 充放電評価試験システムの写真

充電や放電が終了する条件を満たせば、LabVIEW®から送られる出力信号が2つのリレーに伝わり、リレーが開閉される。また安全策として、充放電回路中に電流の逆流を防止するショットキーダイオードを、LIBに過充電を防止するツェナーダイオードをそれぞれ挿入した。（図2参照）

3. 充放電評価試験

3.1 非加速試験

本試験は以下に示す環境下でそれぞれ実施した。充電はLIBにとって最適な定電流・定電圧充電方式で行ない、充電停止電圧は4.0Vである。1サイクルあたりの充電時間は諸条件に依るため、およそ50分から90分の範囲である。放電は定電流放電方式かつDOD50%で行ない、放電時間30分に到達後または2.8Vに到達後停止する。DODを50%に設定した理由は、放電直後に充電が定電流充電から開始することができたからである。

表 2 非加速試験の一覧

試験内容	サイクル数
大気・常温 (25°C, 1 日間)	19
大気・常温 (25°C, 1 週間)	120
真空・常温 (25°C, 1 日間)	11
大気・高温 (45°C, 1 日間)	15
大気・低温 (0°C, 1 日間)	15
大気・低温 (-3°C, 1 日間)	16
大気・常温 (25°C, 1 日間)	14
総サイクル数 (計 13 日間)	210

真空環境は小型熱真空チャンバーで、高温・低温環境は小型恒温槽でそれぞれ再現した。(両機器とも本学・超小型衛星試験センター所有のもの)以下に全体の非加速試験前後における LIB の放電容量を示す。

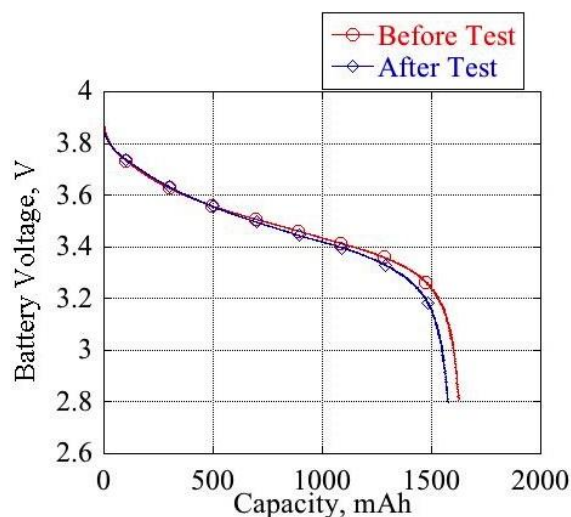


図 4 非加速試験前後の LIB の放電容量

非加速試験の結果から約 3%の劣化が見られた。

3.2 加速評価試験

本試験は最も劣化が進むとされている高温環境^[1]と常温環境下で実施した。本試験では、非加速試験での DOD を 50%から 100%に変更し、完全充放電を実施した。

表 3 加速評価試験の一覧

試験内容	実施期間	サイクル数
大気・高温(70°C)	1 週間	84
大気・常温(25°C)		105

高温環境は小型恒温槽で、常温環境は 25°Cを維

持した実験室でそれぞれ模擬した。以下に高温と常温加速試験における LIB の劣化の推移を、試験前の放電容量を 100%とした容量の割合を縦軸、試験日数を横軸にそれぞれ示す。

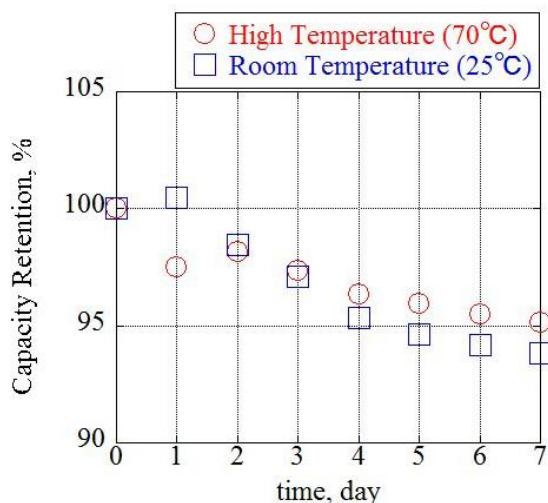


図 5 高温・常温加速試験の容量劣化の推移

加速試験の結果から、高温では約 5%、常温では約 6%の劣化がそれぞれ見られた。前節の通常評価試験と比較すると、試験期間を半減すれば劣化が約 2 倍となった。同等以上の劣化が見られたことは、加速試験の実施に大きな意義があったと言える。

4.総括・今後の予定

充放電評価試験システムの構築により、諸条件下で充放電評価試験を実施することができた。しかし諸条件とはいえ実宇宙環境を模擬した条件が少なかったため、今後宇宙環境での評価も必要である。

参考文献

[1]H. YOSHIDA., et al, “Verification of Life Estimation Model for Space Lithium-Ion Cells”, Electrochemistry, pp. 482-488(2010)

研究発表業績

(国内会議)

- ・ 日本航空宇宙学会西部支部講演会(2013), 2013年11月, 山口市
- ・ 第58回宇宙科学技術連合講演会, 2014年11月, 長崎市

(国際会議)

- ・ 29th International Symposium on Space Technology and Science, June, 2013, Nagoya, Japan,
- ・ 65th International Astronautical Congress, October, 2014, Toronto, Canada