

国際宇宙ステーションを利用した全固体リチウムイオン電池「AS-LiB[®]」の宇宙実証

全固体リチウムイオン電池は、低温・高温、真空環境などの極限環境で使用でき、人工衛星、月面探査機などの宇宙機への適用が期待されている。当社は、JAXAと共同で世界初の宇宙空間での実証試験を実施し、当社が開発した全固体リチウムイオン電池「AS-LiB[®]」が特異な宇宙環境の影響を受けることなく、地上と同様に良好な電池特性を発現することを確認した。本稿では、試験に用いたAS-LiB[®]を紹介し、宇宙実証試験について報告する。

キーワード

全固体リチウムイオン電池、国際宇宙ステーション、宇宙航空研究開発機構（JAXA）

■ 目的

人工衛星をはじめとした宇宙機は、温度差が激しく、真空中で放射線に晒される極限環境で運用されており、電源としては二次電池が大きな役割を果たしている。従来のリチウムイオン電池などの二次電池の性能・寿命は温度に大きく依存するため、宇宙機内では二次電池の温度を管理する必要があり、熱管理の負担や機器の設計自由度の制限が課題となっている。加えて、宇宙飛行士や地上作業者の安全性を確保することや、宇宙への打ち上げ後にメンテナンスが困難であることから長寿命であることも二次電池に求められている^{1,2)}。

全固体リチウムイオン電池（以下、全固体電池）は難燃性の固体電解質を使用するため、高い安全性、広い動作温度範囲、長寿命を実現でき、従来のリチウムイオン電池の課題が解決可能な次世代電池として注目されている。当社のAS-LiB[®]は、独自の完全乾式製法によって、上記特性に加えて真空中でも安定した動作が可能な二次電池である。AS-LiB[®]を宇宙機に適用するため、当社は宇宙航空研究開発機構（以下、JAXA）と宇宙探査イノベーションハブの研究提案公募の枠組みのもと共同開発を行い、低温時・高温時での動作試験や打ち上げ時の振動・衝撃を模擬した機械環境試験などを実施し、宇宙機に適用できる見込みがあることを確認してきた。そこで、高真空・放射線などの複合的影響を受ける実際の宇宙環境での充放電特性を取得し、それらがAS-LiB[®]に与える影響を評価することを目的として、2022年に世界で初めてとなる全固体電池の宇宙実証試験を実施した。

■ AS-LiB[®]の特長

宇宙実証試験に用いたAS-LiB[®]の特長について述べる。図1に容量140mAhのAS-LiB[®]外観および基本仕様を示す。放電温度範囲が-40°C～120°Cと広いことが特長であり、またAS-LiB[®]は当社独自の完全乾式製



宇宙飛行証明書(Certificate of Space Flight)

法で製造していることから、電池内の揮発成分を極小化しており、真空中でも安定して動作可能である。加えて、前記製法により緻密な電池組織を形成することができ、従来の硫化物系全固体電池の課題であった動作時の拘束を不要とした。

項目	数値
寸法 (mm)	53
幅	67
高さ(タブ含まず)	2.7
厚み	25
質量(g)	4.15
充電 (CC)	0.014 (0.1C)
最大電圧(V)	2.70
最大電流(A)	0.14 (1C) ^{※1}
放電 (CC)	3.65 ^{※2}
終止電圧(V)	140 mAh
平均電圧(V)	3.65 ^{※2}
走格	20～120 ^{※3}
充電温度範囲 (°C)	-40～120 ^{※3}
放電温度範囲 (°C)	-40～120 ^{※3}



^{※1}: 使用条件によって変化致します。
^{※2}: 25°C、常圧、0.014Aでの測定結果です。
^{※3}: 容量や最大電流は変化致します。
※Cとは：Cレーと呼ばれ、電池を満充電から1時間で完全に放電する際の電流値を1Cと定義

図1 140mAhのAS-LiB[®]の基本仕様及び外観

■ 宇宙空間での実証試験

実証試験は、国際宇宙ステーション(ISS)の「きぼう」日本実験棟の船外プラットフォームに設置された「船外小型ペイロード支援装置(SPySE)」を利用して行った。

試験対象はAS-LiB[®]品を1直列15並列構成とした組バッテリ(2.1Ah相当)であり、前記バッテリーを組み込んだ試験装置にはRICOH THETA(360°カメラ)を搭載し、AS-LiB[®]の電力で撮像可能な仕様とした。図2に外観と外形図を示す。また、図3に宇宙空間で撮像した写真を示す。

実証試験では、温度・充放電レートを変化させた基本特性の取得試験と、充放電サイクル試験(以下、サイクル試験)を実施した。表1に試験条件を示す。

ここで試験結果の例として、サイクル試験の結果を図4に示す。ここでは150サイクルまでのデータを示しているが、サイクル試験は1年以上の期間にわたり、合

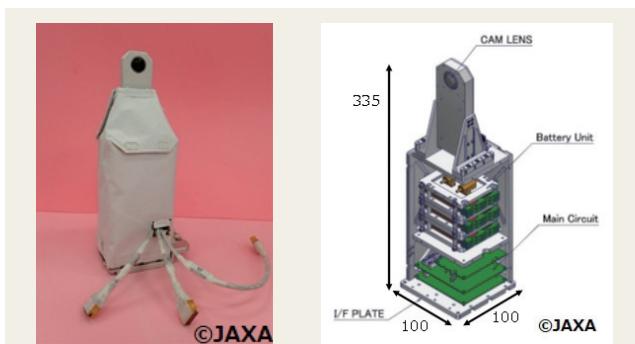


図2 実証試験装置の外観（左）と概形図（右）



図3 AS-LiB®の電力で撮影したISS船外の様子

表1 試験条件

ケース	充電			放電			サイクル数
	温度	レート	SOC	温度	レート	DOD	
0	23°C	0.1C	100%	23°C	0.1C	100%	1
1	20°C	0.1C	100%	20°C	0.1C	100%	1
2	20°C	0.1C	100%	20°C	0.5C	100%	1
3	20°C	0.1C	100%	20°C	1C	100%	1
4	20°C	0.2C	100%	20°C	0.5C	100%	1
5	20°C	0.2C	100%	20°C	1C	100%	1
6	40°C	0.1C	100%	40°C	0.1C	100%	1
7	40°C	0.1C	100%	40°C	0.5C	100%	1
8	40°C	0.1C	100%	40°C	1C	100%	1
9	40°C	0.2C	100%	40°C	0.5C	100%	1
10	40°C	0.2C	100%	40°C	1C	100%	1
11	20°C	0.2C	100%	20°C	0.5C	100%	562

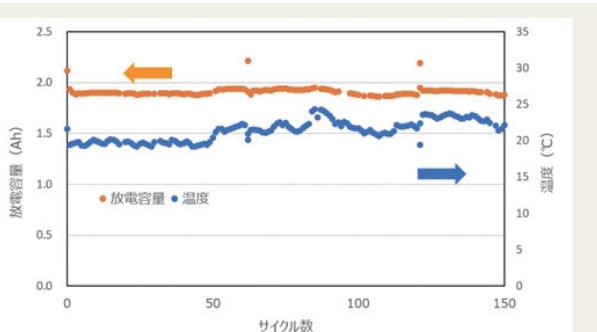


図4 充放電サイクル時の放電容量と温度の推移

計562サイクルの充放電を実施した（150サイクル以降のデータは評価中）。試験は充電0.2C、放電0.5Cの条件にて実施し、定期的に充放電とも0.1Cでの容量確認を行った。試験装置では、装置内の組バッテリーの直上の温度を測定しており、温度変化の推移も併せてグラフに記載した。放電容量は周囲温度に合わせて推移しているが、顕著な容量低下は見られず、寿命特性への宇宙環境による影響は見られなかった。以降のデータでも引き続き宇宙環境の影響を評価する予定である。

また、本試験のリファレンスとして、宇宙空間の充放電条件（温度、レート）に合わせて地上でも試験を

実施した。地上試験には、ISSにある電池と同時期に製造した電池単体を用いた。本稿では詳細は割愛するが、各基本特性の評価結果において、実証装置では放電回路抵抗が大きいことにより電圧降下が相対的に顕著に見られたが、放電プロファイルは同等で、宇宙環境による影響は見られなかった

■ 宇宙空間での試験後の評価

1年以上にわたる長期の充放電サイクル試験後、実証装置は宇宙から地球へ帰還し、当社築港工場に到着した。現在は帰還した実証装置の状態確認のため、特性確認を行うと共に、前記確認後に実証装置を解体し、組バッテリーを個々の電池に分けたうえでそれぞれの電池特性、外観評価などを実施中である。解体中の実証装置の写真を図5に示す。



図5 解体中の試験装置

■ おわりに

当社が開発した全固体電池「AS-LiB®」の宇宙空間での実証試験で、特異な宇宙環境の影響を受けることなく地上と同様に良好な充放電特性、寿命特性を有することを確認した。今後、電池材料や部材への影響など、より詳細な解析を行い、宇宙機への適用に向けた取組みに活かす予定である。また、宇宙機以外に、半導体製造装置などの産業機器用途にもAS-LiB®の適用を進めており、本活動にも今回の成果を活かしていく所存である。

参考文献

- 1) 山田知佐ほか, 第58回電池討論会, 2C13 (2017)
- 2) 内藤均, セラミック第54号, 316-320 (2019)

出典元

宮澤優, 川崎治, 内藤均, 榎本真梨 (JAXA), 西浦崇介, 岡本英丈 (カナデビア), 下田優弥 (ウェルリサーチ), 第67回宇宙科学技術連合講演会, 4A06 (2023)

【問い合わせ先】

カナデビア株式会社 開発本部
電池事業推進室
Tel: 06-6551-9206
E-mail: info1_as-lib@kanadevia.com