

**2020年度 宇宙探査イノベーションフォーラム**  
**『全固体リチウムイオン二次電池(AS-LiB<sup>®</sup>)の  
宇宙での実用化に向けた開発状況』**

2021年2月2日  
日立造船株式会社  
事業企画・技術開発本部  
機能性材料事業推進室  
岡本 英文

## 目次

---

1. 全固体リチウムイオン二次電池(LiB)について
2. 宇宙探査イノベーションハブにおける開発成果
3. 全固体リチウムイオン二次電池(LiB)の実用化について

---

## 1. 全固体リチウムイオン二次電池(LiB)について

# 1-1. 全固体リチウムイオン二次電池(LiB)とは

## 【電解液系LiBと全固体LiBの構造比較】

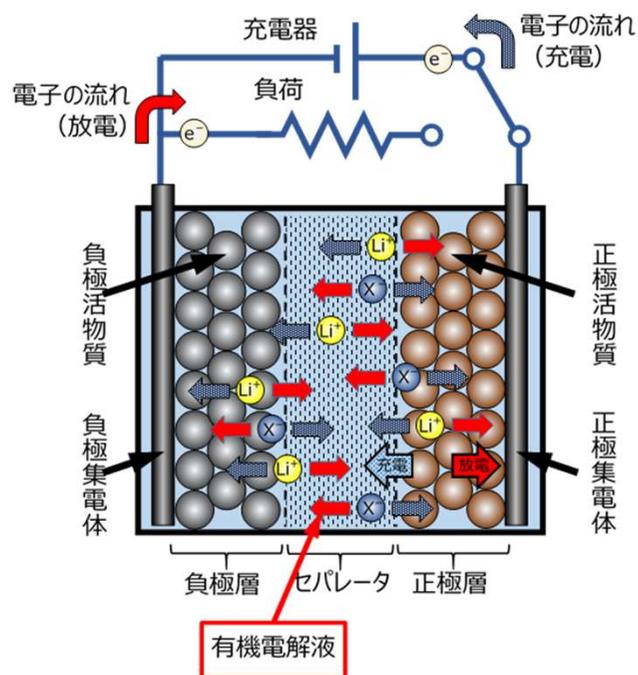


図. 電解液系LiB構造

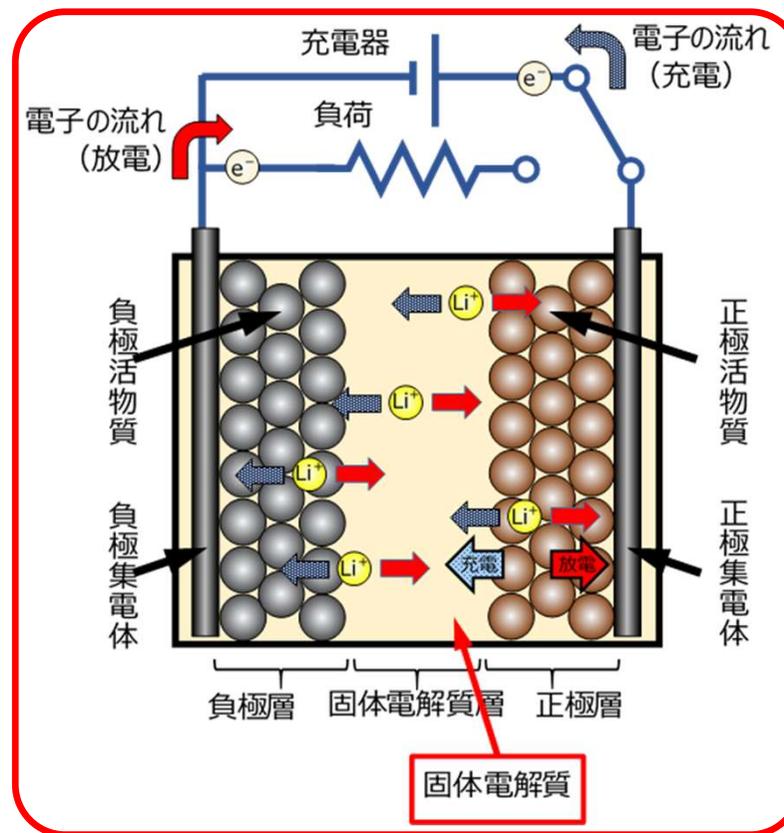


図. 全固体LiB構造

## 1-2. 全固体LiBの分類

### 【電解質種による分類】

電解質	特徴	主な材料
無機固体電解質 (硫化物系)	低い粒界抵抗、高いイオン伝導度 扱いが困難、軟らかい	$\text{Li}_7\text{P}_3\text{S}_{11}$ 、 $\text{Li}_3\text{PS}_4$ $\text{Li}_{10}\text{GeP}_2\text{S}_{12}$ 、 $\text{Li}_6\text{PS}_5\text{X}$
無機固体電解質 (酸化物系)	空気中で高い安定性、耐久性 高い粒界抵抗、硬い	$\text{Li}_{3-x}\text{PO}_{4-y}\text{N}_z$ 、 $\text{Li}_{1.3}\text{Ti}_{1.7}\text{Al}_{0.3}(\text{PO}_4)_3$ 、 $\text{La}_{2/3-x}\text{Li}_{3x}\text{TiO}_3$ 、 $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$

### 【構造による分類】

構造	特徴	課題
厚膜型 (主に硫化物)	大容量 大電流	電子/イオンの伝導性確保 製法が未確立
薄膜型 (主に酸化物)	コンパクト (薄い・小さい) 製法が確立	一層あたりの容量が小さい

## 1-3. 硫化物系全固体LiBの特徴

### 【高い安全性】

- 電解液を使用していないため、液漏れの心配がない
- 固体電解質が化学的に安定であるため、高温・高電圧使用時に可燃性ガスを生じない

### 【広い使用温度域】

- 全固体電池は電解質が固体のため、高温で気化、低温で凝固することがない  
このため、液系LiBが動作できないような+100℃以上の高温環境下や-40℃という低温環境下でも充放電が可能

### 【高エネルギー密度】

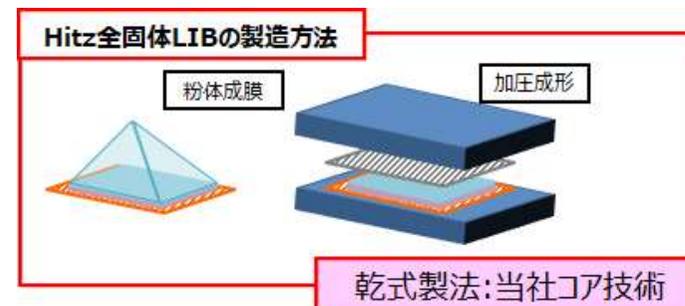
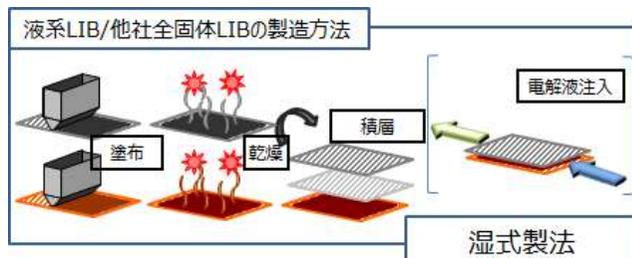
- 固体電解質を利用することで、電解液系LiBに対しては適用困難であった高容量系・高電位系材料の適用が可能
- 安全性が高まることで、パッケージや冷却機構の簡素化が可能  
これらによりコンパクトでエネルギー密度の高い電池を作製可能

### 【長寿命】

- 固体電解質はリチウムイオンのみを移動させる物質である  
対イオンの移動が原因となる副反応がなくなり、劣化の少ない安定な動作が可能

# 1-4. 日立造船の全固体LiBの製法

## 【製造プロセスの差異】



※湿式製法

【特長】

- プロセスが確立されている

【課題】

- 乾燥プロセスによるリードタイム増大
- 空隙の残存により、動作時に加圧が必要
- 動作温度にバインダー依存の要素あり

※乾式製法

【特長】

- 乾燥工程がなく、リードタイム短縮が期待できる
- 空隙が少なく、動作時の加圧が不要
- 電池材料のみで構成されるため、化学劣化が少ない

【課題】

- 量産向けのプロセスが確立していない

Hitzの機械技術を活用し、製造プロセスの開発を推進中

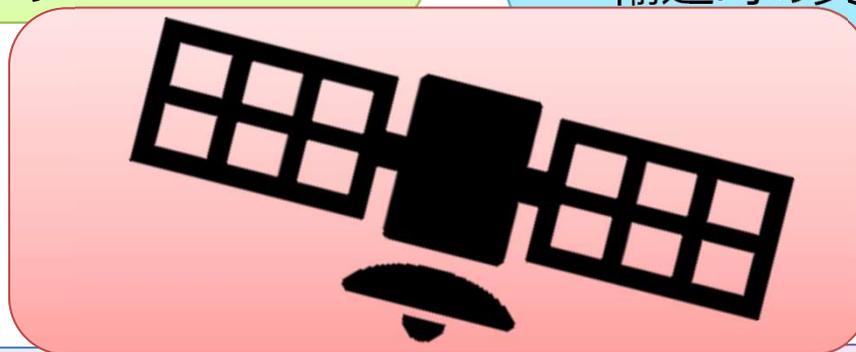
## 1-5. 宇宙機と全固体LiBの相性

### 【安全性】

- 地上作業員、宇宙飛行士の安全を確保しやすい

### 【高エネルギー密度】

- 軽量化による宇宙空間への輸送時の負担減



### 【高い耐環境性】

- 熱管理の負担減
- 設置場所の自由度向上

### 【長寿命】

- 宇宙機の長期運用が可能

全固体LiBを宇宙機で利用するメリットは多い

---

## 2. 宇宙探査イノベーションハブにおける開発成果

## 2-1. 宇宙探査イノベーションハブ(2016年～2018年)【成果目標と事業化】

＜成果目標＞		達成状況
(1) 厳しい高温・低温環境に耐える蓄電池の実現		
①	120°Cでの動作確認	達成
②	-100°Cでの保存と-40°Cでの放電を確認	達成
③	-40°C～120°Cでの1年以上の運用	達成
(2) 大型化・高容量化の実現		
①	5Ah級高容量パッケージ電池の試作	達成
②	パッケージ電池でエネルギー密度250 Wh/kg実現への計画	達成
(3) 試作電池の各種評価		
①	評価実施と結果のフィードバックによる上記目標達成へ寄与	達成



宇宙探査イノベーションハブで開発したラミネートタイプの全固体リチウムイオン電池(LiB)の外観

### ＜事業推進状況＞

・本共同研究の成果を基に、研究実施機関である日立造船(株)では、全固体電池の製造販売事業を2020年度より開始する。

- ・砂山和之, 第60回宇宙科学技術連合講演会, 1E08 (2016)
- ・嶋田貴信ほか, 第36回宇宙エネルギーシンポジウム, Conf. No.10 (2017)
- ・砂山和之ほか, 第62回宇宙科学技術連合講演会, 1B13 (2018)

---

### 3. 全固体リチウムイオン二次電池(LiB)の実用化について

### 3-1. 開発した全固体電池『AS-LiB<sup>®</sup>』の外観・仕様

#### ■ AS-LiB<sup>®</sup>の外観

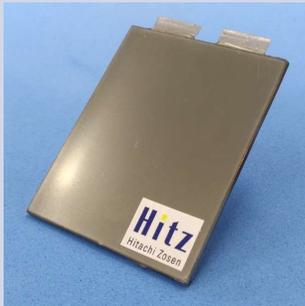


#### ■ AS-LiB<sup>®</sup>の仕様

項目		SB15-370H (INP3/52/71)
寸法 (mm)	幅	52±0.2
	高さ (タブ含まず)	65.5±0.2
	厚み	最大2.7
質量(g)		約25
充電 (CC)	最大電圧(V)	4.15
	最大電流(A)	0.014 (0.1C)
放電 (CC)	終止電圧(V)	2.70
	最大電流(A)	0.14 (1C) <sup>※1</sup>
定格	平均電圧(V)	3.65 <sup>※2</sup>
	定格容量(mAh)	140 <sup>※2</sup>
使用温度 範囲(°C)	充電温度範囲	20~120 <sup>※3</sup>
	放電温度範囲	-40~120 <sup>※3</sup>

※サンプル出荷中

### 3-2. 探査ハブで開発した電池とAS-LiB<sup>®</sup>の比較

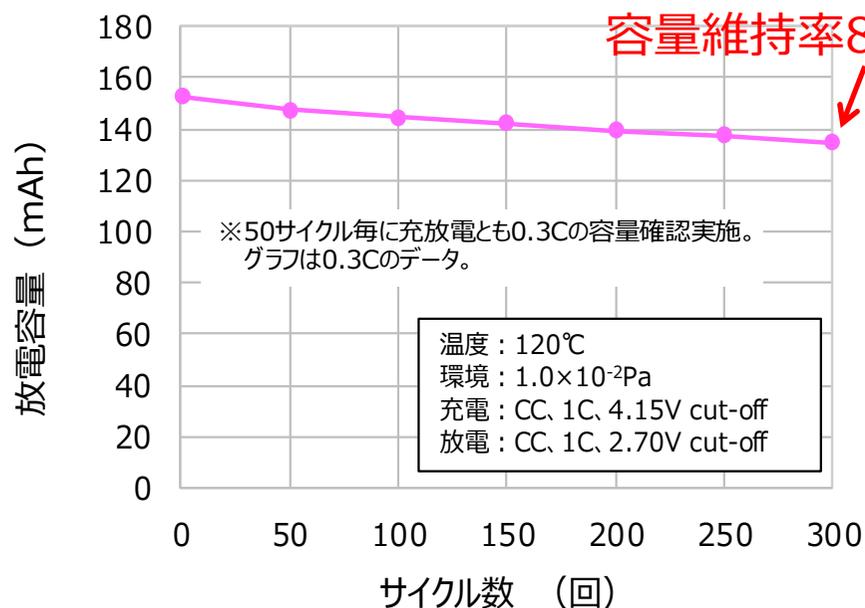
	宇宙探査イノベーションハブで 開発した電池	AS-LiB <sup>®</sup> (SB15-370H)
外観		
外装	ラミネートフィルム	金属ケース
上下限電圧 (V)	4.00-2.80	<b>4.15-2.70</b>
容量 (mAh)	150	140
重量 (g)	≥40	<b>25</b>
平均電圧 (V)	3.60	3.65
探査ハブで開発した電池を基準としたエネルギー密度比	—	<b>約2倍</b>

・岡本英文ほか, 第63回宇宙科学技術連合講演会, 2S11 (2019)

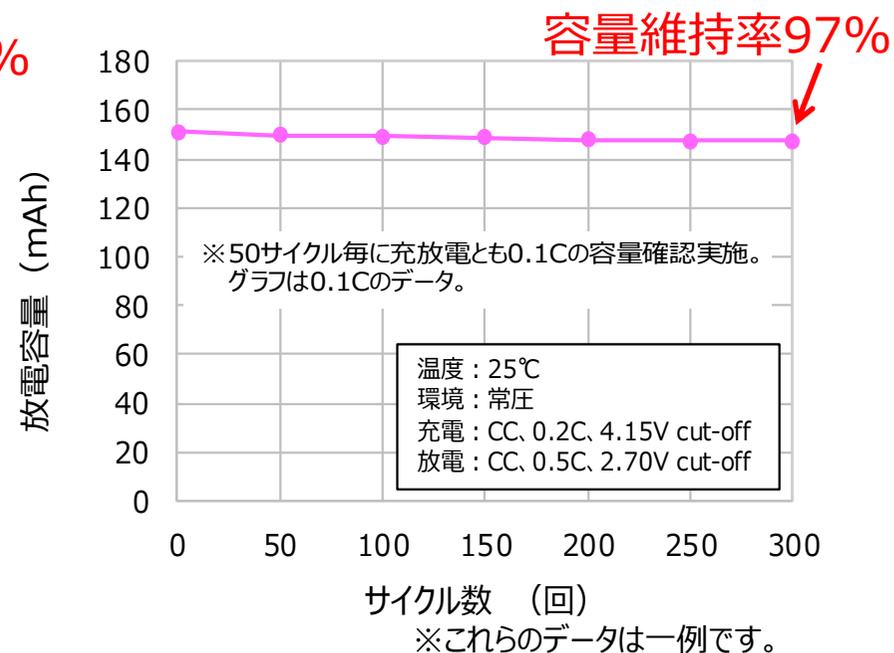
軽量化や材料の利用効率の向上により、AS-LiB<sup>®</sup>の重量エネルギー密度を約2倍に高めることができました。

### 3-3. AS-LiB®の基礎特性（高温・真空下および常温・常圧下のサイクル特性）

高温・真空下での充放電サイクル特性

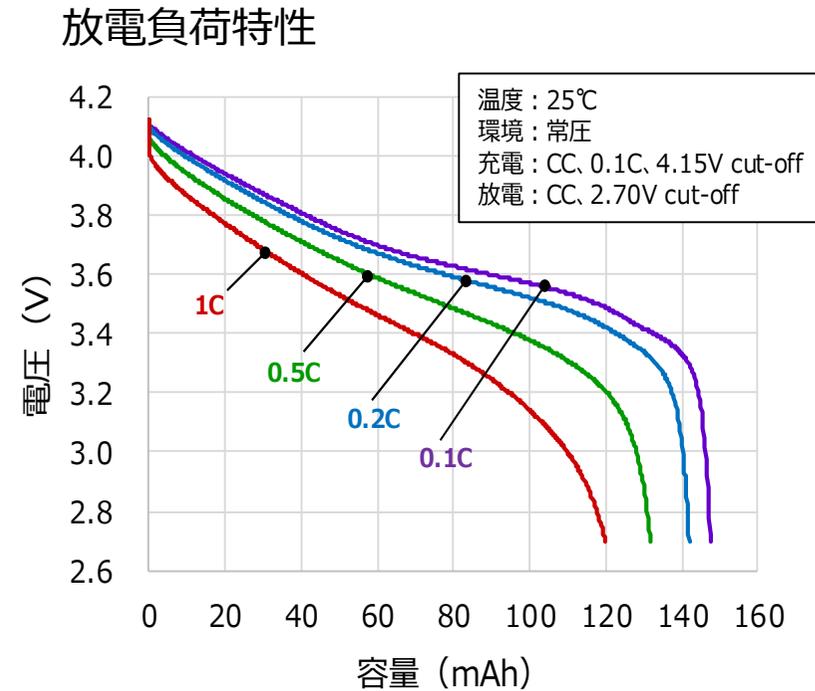
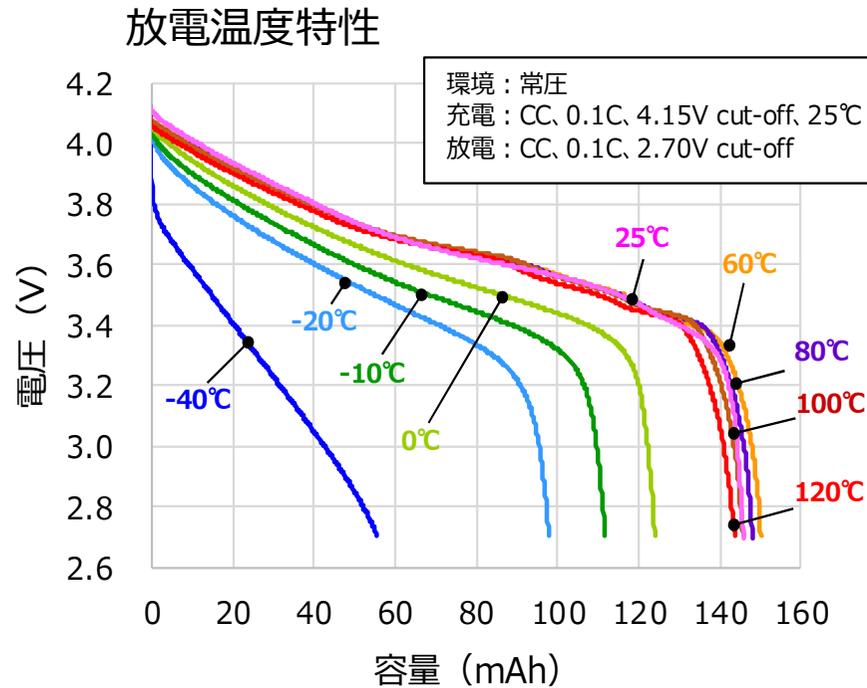


常温・常圧下での充放電サイクル特性



- ・日照時の月面のような高温・真空環境下でも長期間使用可能であることを確認した。
- ・国際宇宙ステーションの船内のような常温環境下において長期間使用可能であることを確認した。

### 3-4. AS-LiB<sup>®</sup>の基礎特性（放電温度特性、放電負荷特性）



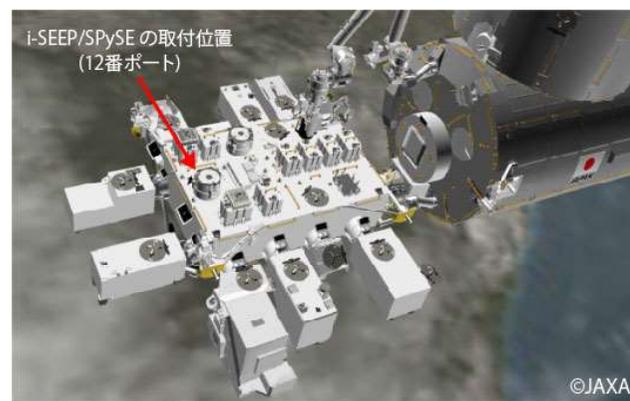
- -40°C(宇宙機における他の機器類の温度要求下限値)といった極低温環境下でも定格容量の1/3の放電容量を示すことを確認した。
- 1Cの電流を通電しても約8割の放電容量を示すことを確認した。

### 3-5. 現在の取組み

宇宙での全固体リチウムイオン電池の実用化に向けた実証実験の実施を決定  
～2021年秋以降に「きぼう」日本実験棟に向けて打ち上げ予定～



容量：140mAh  
15セルを並列接続し  
約2.1Ahの電源とする



- ・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る中型暴露実験アダプター(i-SEEP)上の船外小型ペイロード支援装置(SPySE)にAS-LiB®を設置し、過酷な環境でAS-LiB®が稼働できるか確認する。
- ・現状の計画では、2021年秋以降にISSに向けて打ち上げ、2021年年末より約半年間、実証実験を行う予定。

■ 本研究の一部は、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）イノベーションハブ構築支援事業に基づく国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）宇宙探査イノベーションハブの下で実施されました。

■ 本研究の一部は、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）からの委託を受けて実施されました。

関係各位に深く御礼申し上げます。



## 地球と人のための技術をこれからも

日立造船はつないでいきます。かけがえない自然と私たちの未来を。

**Hitz**  
Hitachi Zosen

日立造船株式会社

<http://www.hitachizosen.co.jp/>