

～安全・安心な「大規模エネルギー貯蔵デバイス」の開発に向けて～

一般募集区分
物質・物理科学分野

研究テーマ名: 宇宙用電池における微小重力下での安全評価手法開発のための電気化学界面現象の究明
代表研究者: 早稲田大学先進理工学部 教授 本間 敬之

背景、目的

- 地球環境問題の意識高揚に伴い、自動車産業を中心にリチウムイオン二次電池の研究開発競争は熾烈を極めていいる。急速充放電操作に伴う樹枝状結晶(デンドライト)成長に由来する短絡(ショート)現象の制御は大きな課題となっている。
- 人工衛星の破壊要因の3%が電池とされ、ショートを予知し、未然に防ぐことは人工衛星運用や探査の必須技術である。
- 落下塔の短時間微小重力下では、内部ショートのトリガーとなる「金属核成長が助長される」との知見を得た。宇宙環境で電池の安全性評価、長期運用における信頼性確保の必要性がある。
- 「きぼう」でリチウム二次電池の充放電試験、内部抵抗(インピーダンス)計測試験およびリチウム金属核発生成長に伴う極微弱電流計測を行い、宇宙電池安全性評価研究を実施する。

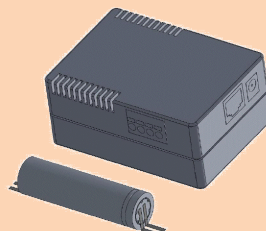
成果の活用、目指すビジョン

- エネルギー貯蔵デバイス高性能化、安全性・信頼性向上に貢献
宇宙工学領域でのエネルギー貯蔵デバイスの高性能化、安全性・信頼性向上に貢献する。生命維持、ISRU(その場資源利用)など宇宙探査に重要な電気化学的知見を得る。地上では対流を考慮したモデルを構築することで、再生可能エネルギーを基幹電力ネットワークに連系させる大規模エネルギー変換貯蔵研究に展開する。
- X線天文学や宇宙工学領域に貢献
核発生成長現象の物理モデル研究により高機能ナノ構造大面積界面を創製でき、X線マイクロカロリメータなどの超高感度センサーあるいは光電池など多様なデバイスへの応用展開も可能で、X線天文学や宇宙工学領域全体に貢献する。

研究概要

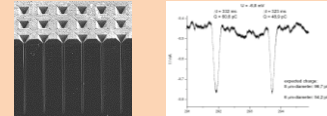
宇宙実験

- リチウムイオン二次電池安全性評価
 - 交流インピーダンス計測
 - 電池回収と分解調査



充放電機能付き
インピーダンス計測ボードとバッテリー

- 微細孔内のリチウム核発生成長過程の極微弱電流計測



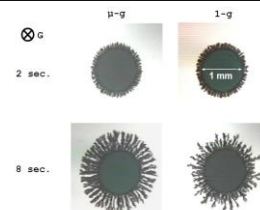
地上実験(ESA研究)

- In-situ TEM、NMR、Raman分光、放射光実験、中性子回折により、核発生成長現象データを取得し、動的モンテカルロ(KMC)シミュレーションを実施

軌道上での充放電操作時のインピーダンス計測結果を模擬した等価回路を作成

微小重力下(=拡散場)でのデンドライト成長の物理モデルを構築

等価回路とデンドライト成長物理モデルを比較し、リチウム電池可逆性維持のための充放電操作と寿命予測モデルを提案



短時間微小重力環境下(左)と地上1G(右)におけるデンドライト成長挙動の比較

- 物理モデルを駆使して、長期間運用可能な深宇宙用低温リチウム二次電池開発と宇宙電池安全管理手法へ展開
- 自然エネルギーを電力ネットワークに連系させる大規模エネルギー貯蔵や水素エネルギーシステム研究へも発展させる。

分野	物質・物理科学分野
テーマ名	宇宙用電池における微小重力下での安全評価手法開発のための電気化学界面現象の究明
代表研究者	早稲田大学先進理工学部 本間敬之
テーマ概要	<p>本研究では、「きぼう」にてリチウムイオン二次電池を充放電操作させた時の内部抵抗（インピーダンス）計測を行なう。計測結果を基に作成する等価回路モデルで電気化学反応のパラメータを取得し、宇宙電池安全性評価研究を実施する。その際、可能であればリチウムイオン二次電池の一部を地上に回収して分解調査を行い、その結果を、テレメトリで取得する電気化学的データから得る内部状態の予測と比較検証する計画である。</p> <p>リチウムイオン二次電池には、Li 金属デンドライト成長を伴う充放電操作劣化機構があり、その成長は短絡（ショート）等の不具合モードを誘発する。また、落下塔実験により微小重力環境では 1G 環境に比べてデンドライト成長が促進されることがわかっている。</p> <p>等価回路に基づく電気化学パラメータから得られる内部状態予測と地上回収サンプルの分解調査の直接的な比較のためには、電極/電解液界面現象のナノ構造物理モデルが必要になる。インピーダンス計測と同時に、電池安全性試験装置内の空きスペースに毛细管セルを設置し、Li 電析核発生成長過程に伴う極微弱電流計測を行う。その結果を基に、電池内部の拡散場におけるメソ領域電極/電解液界面現象の核発生成長過程の離散系物理モデルを構築する。平行して ESA 国際研究チームの地上 in-situ 計測研究成果と対比して物理モデルを修正することにより、等価回路に基づく宇宙電池寿命予測モデルを高度化する。</p>
成果の活用、目指すビジョン	<ul style="list-style-type: none"> ● 微小重力下（＝拡散場）での電極/電解液界面現象の研究により、宇宙空間で長期間低温操作される二次電池開発や生命維持装置開発にも寄与する。 ● 更に、自然対流効果を考慮した多階層物理モデルにより、わが国の一大課題である地上での間歇性自然エネルギーシステムと基幹電力ネットワークの連系に必須な高機能ナノ構造界面を有する大規模エネルギー貯蔵デバイスの研究開発にフィードバックできる。すなわち、現代社会のエネルギー課題にも貢献することが可能となる。 ● また、高機能ナノ構造界面を生産性高く創製することができるため、X線天文学で重要な X 線マイクロカロリメータなどの超高感度センサーあるいは光電池など多様なデバイスへの応用展開も可能である。