

大気球を利用した宇宙用太陽電池セルの較正実験

梯 友哉, 豊田 裕之, 今泉 充, 中村 徹哉, 宮澤 優, 久木田 明夫, 佐藤 峻介,
伊藤 琢博, 坂東 信尚 (JAXA)

概要

ソーラーシミュレータの較正に用いる「一次基準太陽電池セル」を取得することを目的とし、大気球を利用して大気の影響の少ない高高度で太陽電池セルの電気特性を取得し、回収する実験を計画している。

具体的には、米国との国際協力で気球搭載用の太陽電池測定装置を開発し、ピギーバック実験として高頻度の実験を行う計画である。本装置は、太陽電池の温度制御・姿勢制御・電気特性取得を自動で行う自立型システムであり、電源・通信等の機能についても独立した運用を前提としている。一方で、JAXA インハウスでの太陽電池測定システムの新規開発も進め、開発が完了した段階で大気球に搭載するシステム構成を変更していく方針である。

本稿では実験の背景・目的、ならびに、実験概要、今後の方針について詳細に述べる。

1. 研究背景

宇宙用太陽電池の電気特性は、入射光スペクトルに依存するため、本来は宇宙空間で測定・評価されねばならない。しかし、宇宙空間で頻繁に測定・評価を行うことは困難であるため、実験室においてソーラーシミュレータを用いて測定・評価を行うのが通例である。

ソーラーシミュレータは、宇宙空間の太陽光 (AM0: Air Mass Zero) と照度スペクトルを完全に一致させることができないため、大気の影響が十分に小さくなる高高度で特性を測定した「一次基準太陽電池セル」を用いて較正されなければならない。ここで、一次基準とは、ISO で下表のように定められている。

なお、宇宙用太陽電池の測定および較正法は、ISO15387“Space systems -Single-junction solar cells- Measurement and calibration procedures” で定められているが、宇宙用太陽電池がシリコン太陽電池から多接合太陽電池に移行した状況に鑑み、現在改訂が進められているところである。

表 1 一次基準太陽電池セル

	ISO による定義	実際に行われている作成方法
一次基準	対流圏界面(高度 8~16 km)より高高度で電気特性を取得された太陽電池セル	気球を用い高高度飛行で特性取得 (CNES) ジェット機を用い高高度飛行で特性取得 (NASA)
二次基準	一次基準セルへのトレーサビリティが確保された太陽電池セル	一次基準セルにより較正された ソーラーシミュレータで特性取得 (各国)

一次基準太陽電池セルは、基本的に宇宙用太陽電池の種類毎に必要な。したがって、新規太陽電池技術の開発時や、既存の一次太陽電池基準セルの再校正時に、高高度で特性を測定したセルが必要であり、高い頻度での実験実施を維持する必要がある。

一次基準太陽電池セルの課題として以下2点が挙げられる。

1. 一次基準太陽電池セルの入手困難性

一次基準太陽電池セルの取得は、現在、気球（CNES : Le Centre national d'études spatiales）とジェット機（NASA : National Aeronautics and Space Administration）による高高度飛行に限られるが、近年では両者とも資金難により実施の目途が立たず、一次基準セルの入手が非常に困難になっている。

2. 欧米に依存した測定・評価手法

日本を含む他の国々は、自国の技術のみでは宇宙用太陽電池の精密な測定を行うことができず、一次基準太陽電池セルの入手を欧米に依存しており、基準セルを欧米から非常に高い金額を出して購入している状況である。

したがって、高高度フライトによる新規太陽電池の一次基準セルの校正技術確立は、世界の宇宙用太陽電池コミュニティ、ひいては宇宙開発業界全体にとっての急務である。

2. 実験目的

ソーラーシミュレータの校正に用いる「一次基準太陽電池セル」を取得するために、大気球を利用した「宇宙用太陽電池 一次基準太陽電池セル測定・回収システム」を構築することを目指す。

具体的な方針は下記2つのステップを検討している

・ ステップ1：海外との共同開発

米国研究機関（NRL : Naval Research Laboratory）と測定システムを共同開発し、大型気球相乗り機会を利用して実験を実施。既に開発が進んでいるため、早期の実施が可能。

主に、研究背景の課題1に対応し、一次基準太陽電池セルを早期に入手可能となる。

・ ステップ2：JAXA インハウスでの開発

インハウスで測定システムを新規開発し、大型気球相乗りもしくは小型気球を利用して実験を実施。本年度より設計および開発を開始し、数年後のフライトを目指す。

主に、研究背景の課題2に対応し、自国で一次基準太陽電池セルを取得できる能力を得ることができる。これは、宇宙用太陽電池における我が国の存在感を大きく増すことのできる機会となると考えられる。

3. 実験概要

新規太陽電池技術の開発時，一次太陽電池基準セルの再校正時，また，太陽定数の変化を監視するために，高高度での測定・評価が必要であり，高頻度で定期的の実験を行っていく事が必要である．そのため，基本的にピギーバック実験を前提とし，主ミッションへの影響を最小限に留める取り付け方（取り付け場所，インターフェース等）を取ることで，可能な限り多くのフライト機会を得る計画である．

一次基準太陽電池セルの校正に必要な技術要素には，大気の影響が十分に小さくなる高度 30km 以上の飛行，電流電圧特性の精密測定，太陽光入射条件の取得，太陽電池セルを太陽に正対させる姿勢制御，温度測定・制御，地上との通信，太陽電池セルの健全回収等があるが，このうち高高度飛行と回収以外の項目は，着水時の衝撃緩和・防水措置を含めて，独立したシステムとして成立させる．具体的には，太陽電池の電気特性を取得するシステムは，温度制御・姿勢制御・電気特性取得を自動で行う自立型システムとし，電源・通信等の機能についても気球バス機器や主ミッションとは独立した運用を前提としている．通信機能は，イリジウムの双方向通信を用いる計画である．気球バスシステムおよび主ミッションとの干渉を予め検討する必要があるが，本装置の通信は間欠的であり，制約にあわせて通信タイミングを設定することも可能である．

本実験では，30km 以上の高高度における電流電圧特性および取得時の温度，太陽光入射条件がセットとして取得され，かつ，測定対象の太陽電池セルが損傷を受けずに回収されることが最低条件である．さらに，可能な範囲で，複数の高度における特性取得，複数の温度における特性取得ができることが望ましい．

3.1. 海外との共同開発

海外との共同開発予定の諸元は下表の通りである．

表 2 海外との共同開発による太陽電池測定装置諸元

寸法	40 x 20 x 20 cm
質量	10kg 以下
気球バス機器との インターフェース	電氣的: なし(自立型システム) 機械的: 保持具のみ
電源	独立電源
通信	イリジウムの双方向通信でテレコマ運用(タイミング調整可)
その他	太陽電池の電気特性取得機構を搭載 (GPS, ジンバル, 測定回路, 等)

なお，現在，気球搭載測定装置（防水機能なし）の開発，ならびに，試験フライトは完了済みであり，防水機構の開発を進めている．

今後の実施計画は次の通りである。

- 2015年11月： 防水機構設計完了
- 2016年1月： プロトタイプ製造完了
- 2016年3月： 防水機構実証試験完了
- 2016年4月以降： 気球実験

3.2. JAXA インハウスでの開発

高頻度で定期的に実験を実施することを目指し、小型気球でも実験可能な小型・軽量の気球搭載測定システムの開発を検討している。なお、小型気球の場合は、陸上回収を行うことを考えており、防水対策は施さず、大型気球相乗りの場合に、防水機構を同システムへ追加することで対応する計画である。

今後の実施計画は次の通りである。

- FY27：開発スタート，概念検討
- FY28：設計，要素技術開発
- FY29：噛み合わせ，実証試験
- FY30：気球実験

4. まとめと今後の予定

大気球を利用して高高度で太陽電池セルの電気特性を取得する実験の計画について紹介した。高頻度の実験を行うため、ピギーバック実験を想定した実験を計画している。

現在、来年度以降の気球実験での実験実施に向けて、米国との国際協力で太陽電池測定装置を開発中であり、今後、防水機構の製造・試験を実施予定である。

また、一方で、将来的に自国の技術のみで一次基準太陽電池セルの測定・回収システムを構築することを目指し、JAXA インハウスでの開発も進めていく。

参考文献

- [1] Raymond Hoheisel, *et al.*, “AM0 Solar Cell Calibration Under Near Space Conditions”, Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), 2014 IEEE 40th, 2014
- [2] cnes, Casolba, enhancing the quality of solar arrays,
<https://cnes.fr/en/web/CNES-en/3967-casolba-enhancing-the-quality-of-solar-arrays.php>,
(accessed 2015-10-30)
- [3] David Scheiman, *et al.*, “A Summary of The 2000-2001 NASA Glenn Lear Jet AM0 Solar Cell Calibration Program”, 17th Space Photovoltaic Research and Technology Conference, 2002
- [4] ISO/CD 15387 "Space Systems - Space Single Junction Solar Cells - Measurement and Calibration Procedures."