

ペロブスカイト太陽電池の宇宙応用に向けて

(宇宙航空研究開発機構¹・桐蔭横浜大²・早稲田大³) ○宮澤 優¹・池上 和志²・宮坂 力²・金谷 周朔¹・豊田 裕之¹・廣瀬和之^{1,3}

Space Application of Perovskite Solar Cells (¹JAXA, ²Toin Univ. of Yokohama, ³The Univ. of Waseda) ○ Yu Miyazawa,¹ Masashi Ikegami,² Tsutomu Miyasaka,² Shusaku Kanaya,¹ Hiroyuki Toyota,¹ Kazuyuki Hirose^{1,3}

Perovskite solar cells (PSCs), which are light weight and low-cost, and they offer high power conversion efficiencies, are promising not only in commercial applications but also in space applications considering the changes coming in the space industry. We clarified that PSCs had high tolerance against radiation, which was the biggest deterioration factor in the space environment. In this presentation, we will describe the background of focusing on the space application of PSCs and the research status of radiation resistance.

Keywords : Perovskite Solar Cells; Space Application; Radiation

ペロブスカイト太陽電池は、桐蔭横浜大学の宮坂らが 2009 年に最初の論文¹⁾を発表して以来、世界中で盛んに研究されている。我々は、ペロブスカイト太陽電池の変換効率が 15%を超えて急成長中であった 2014 年にペロブスカイト太陽電池の優れた特徴、特に、光学吸収係数が高く軽量薄膜化が可能であることとキャリア拡散長が光吸収層膜厚より十分長いこと²⁾に着目して宇宙応用に向けた研究開発を開始した。ペロブスカイト太陽電池の宇宙応用の実現は、後述する放射線耐性の評価結果にかかっているものの、高効率な発電性能に加えて低コストで軽量薄膜を特徴とする太陽電池として、将来のコンステレーションミッションや月面基地建設等の実現に大きく貢献することが可能である。

太陽電池の宇宙応用時の最大の課題は、放射線への耐久性である。一般的な半導体太陽電池は、宇宙空間に存在する電子線と陽子線によって損傷する。放射線損傷のメカニズムは、電子線や陽子線によって半導体中の構成原子が格子点からはじき出され、欠陥が導入されることによる。それらの欠陥が、主として、電子-正孔の非輻射再結合中心として働き、少数キャリア寿命や少数キャリア拡散長を低下させることで太陽電池に劣化が生じ、出力が低下する³⁾。宇宙機設計としては、宇宙環境での放射線による性能劣化も考慮して、寿命末期でミッションが必要とする電力量から太陽電池セルの搭載数を決定するため、放射線耐性は宇宙用太陽電池にとって重要な指標である。

我々は、ペロブスカイト太陽電池が宇宙用太陽電池として主流である 3 接合化合物太陽電池に比べて高い放射線耐性を有することを世界で初めて明らかにした^{4,5)}。図 1 に $\text{Cs}_{0.05}(\text{MA}_{0.17}\text{FA}_{0.83})_{0.95}\text{Pb}(\text{I}_{0.93}\text{Br}_{0.07})_3$ を発電層に用いたペロブスカイト太陽電池に 1MeV 電子線を $1 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ を照射した前後の AirMass1.5 下の電

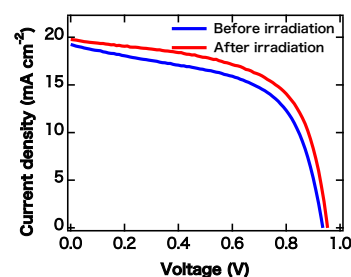


図 1 1MeV 電子線 $1 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 照射前後の電流密度-電圧カーブの比較

流密度-電圧カーブを示す。

電子線は入射した物質に様に損傷を与え、太陽電池の種類に依らず電子線による損傷の程度は電子線エネルギーに比例する。そのため、電子線照射試験により、異なる太陽電池の放射線耐性を比較することが可能である。宇宙用太陽電池として使用されてきたシリコン太陽電池や3 接合化合物太陽電池は、1MeV 電子線 $1 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ の照射により、変換効率がそれぞれ 40%⁶⁾、38%⁷⁾ 程低下する。一方、図 1 に示したペロブスカイト太陽電池は、1MeV 電子線 $1 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ の照射による変換効率の低下が見られず、放射線耐性が高いことがわかる。照射前より照射後に性能が高く回復が見られることについては、更なる実験による検討が必要である。ペロブスカイト太陽電池の放射線耐性が高い理由の一つとして、ペロブスカイト結晶の光学吸収係数が大きくペロブスカイト層膜厚を十分に薄くできるため、キャリア拡散長低下の影響が小さいことが考えられる。

これまでは官主導の大規模衛星ミッションが宇宙開発を牽引してきたが、今後は超小型衛星を利用したコンステレーションミッションによるビジネス、あるいは月面基地建設計画などが宇宙開発を牽引することが予想され、低コストの宇宙用太陽電池が必要不可欠となる。このような状況で、軽量で低コストのペロブスカイト太陽電池の放射線耐性が高いことが明らかとなり、将来の宇宙用太陽電池として大いに期待されている。宇宙応用に向けた課題の一つが、地上応用での課題と同様に高温耐久性である。宇宙応用に向けて、高温耐久性を向上させると共に、宇宙での最大の劣化要因である放射線に対する挙動を明らかにすることを目指している。

謝辞：

本研究の一部は、JST イノベーションハブ構造支援事業に基づく JAXA 宇宙探査イノベーションハブ共同研究「高効率・低コスト・軽量薄膜ペロブスカイト太陽電池デバイスの高耐久化開発」として支援を受けたものである。

- 1) A. Kojima, K. Teshima, Y. Shirai, and T. Miyasaka, *J. Am. Chem. Soc.* **2009**, 131, 6050.
- 2) T. Miyasaka, *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **2018**, 91, 1058.
- 3) 例えば, 今泉充, *isotope News* **2012**, No.716, 12.
- 4) Y. Miyazawa, M. Ikegami, T. Miyasaka, T. Ohshima, M. Imaizumi, and K. Hirose, 42th IEEE Photovoltaic Specialists Conference **2015**, New Orleans.
- 5) Y. Miyazawa, M. Ikegami, H. -W. Chen, T. Ohshima, M. Inaizumi, K. Hirose, and T. Miyasaka, *iScience*, **2018**, 2, 148.
- 6) M. Yamaguchi, J. T. Stephen, S. Matsuda, and O. Kawasaki, *Appl. Phys. Lett.*, **1996**, 68, 3141.
- 7) ZTJ Space Solar Cell data, SolAero Technologies Co., URL: <http://solacrotech.com/wp-content/uploads/2015/03/ZTJ-Datasheet.pdf>.