2025年度（第50回）学術研究振興資金　学術研究報告

学　校　名	**桐　蔭　横　浜　大　学**	研究所名等	
研 究 課 題	宇宙用途に向けた高効率・高信頼性ペロブスカイト太陽電池の作製	研 究 分 野	工　　学
キーワード	①太陽電池、②結晶工学、③デバイス工学		

〇研究代表者

氏　　名	所　　属	職　　名	役　割　分　担
柴　山　直　之	桐 蔭 横 浜 大 学 医　用　工　学　部	専 任 講 師	研究全体の統括

〇研究分担者

氏　　名	所　　属	職　　名	役　割　分　担
宮　坂　力	桐 蔭 横 浜 大 学 医　用　工　学　部	特 任 教 授	研究に対する助言
中　村　唯　我	高輝度光科学研究センター	研　究　員	放射光実験
宮　澤　優	宇 宙 航 空 開 発 機 構	研　究　員	宇宙太陽電池に対する助言
金　谷　周　朔	宇 宙 航 空 開 発 機 構	研　究　員	宇宙太陽電池に対する助言

宇宙用途に向けた高効率・高信頼性ペロブスカイト太陽電池の作製

1. 研究の目的

人工衛星に向けた高信頼性、高効率な宇宙用ペロブスカイト太陽電池を開発する。

2. 研究の計画

①ペロブスカイト太陽電池を宇宙用に再開発し、宇宙空間での太陽光スペクトル下において、変換効率20%を達成する。
②放射線耐久性試験および熱衝撃試験を行い、変換効率維持率95%を達成する。
③高耐久性かつ高効率なペロブスカイト太陽電池モジュールを実現する。

3. 研究の成果

2023 年度から 2025 年度までの継続課題において、下記を達成した。
①宇宙空間の太陽光スペクトルをソーラーシミュレーターにより再現し、変換効率 23%を達成した。
②放射線耐久性（電子線照射）後、変換効率を維持することが分かった。
③ペロブスカイト太陽電池は負の温度係数を有することが分かった。
④ペロブスカイト太陽電池サブモジュールを作製し、変換効率、温度係数が研究室サイズのペロブスカイト太陽電池と同様の挙動をすることが確認できた。

4. 研究の反省・考察

反省点としては、様々な宇宙放射線に対する耐久性の評価を実施することが出来なかったことが、あげられる。総合科学研究機構 CROSS における中性子照射試験は、施設側での装置調整が継続していたため実施できなかった。宇宙空間での利用を見据えて、各種放射線耐久性に対する挙動や材料の最適化が今後の課題として残るが、本研究助成を得たことで、この分野に対して大きな進展をもたらすことが出来た。

成果としては、日経新聞 1 面（2024 年 6 月 17 日）や多数の学術論文を発表することができ、今後のペロブスカイト太陽電池の進展の礎となる成果が得られた。

5. 研究発表

（１）学会誌等

①Tatsuya Ohsawa*, Naoyuki Shibayama*, Nobuhiro Nakamura, Shigeto Tamura, Ai Hayakawa, Yohei Murayama, Kohei Makisumi, Michitaka Kitahara, Mizuki Takayama, Takashi Matsui, Atsushi Okuda, Yuiga Nakamura, Masashi Ikegami, Tsutomu Miyasaka, “A Phthalocyanine-Based Polycrystalline Interlayer Simultaneously Realizing Charge Collection and Ion Defect Passivation for Perovskite Solar Cells” *Journal of Materials Chemistry A*, **2024**, 12, 22510. (Front cover)

②Naoyuki Shibayama*, Shota Fukumoto , Hiroyuki Kanda , Takaya Shioki , Takeshi Fukuda , Yoshihiro Oka , Yuichi Haruyama , Satoru Suzuki , Seigo Ito*, “Temperature dependence of spray pyrolysis deposited NiOx layer in inverted perovskite solar cells” *Oxford Open Energy,* **2024**, 3, oiae003.

③Tomoyuki Tobe, Naoyuki Shibayama*, Yuiga Nakamura, Masashi Ikegami, Hiroyuki Kanda, Tsutomu Miyasaka*, Chemistry – An Asian Journal, **2024**, 19, e202400686.

④Shun Tian*, Xiao-Xin Gao, David Reyes, Olga A. Syzgantseva, Milorad M. Baytemirov, Naoyuki Shibayama, Hiroyuki Kanda, Pascal A. Schouwink, Zhaofu Fei, Liping Zhong, Farzaneh Fadaei Tiranito, Yanyan Fang, Paul J. Dyson, Mohammad Khaja Nazeeruddin*, *Small*, 2024, 20, 2406929.

⑤Jaekeun Lim, Alwani Imanah Rafieh, Naoyuki Shibayama, Jianxing Xia, Jean-Nicolas Audino, Tom Wirtz, Sachin Kinge, Stefan W. Glunz, Yong Ding, Bin Ding, Hobeom Kim, Michael Saliba*, Zhaofu Fei*, Paul J. Dyson*, Mohammad Khaja Nazeeruddin*, Hiroyuki Kanda*″Ultra-uniform perovskite crystals formed in the presence of tetrabutylammonium bistriflimide afford efficient and stable perovskite solar cells″ *Energy & Environmental Science*, **2024**, 17(21), 8209-8218. (TOP 10%論文)
⑥Yuiga Nakamura*, Naoyuki Shibayama*, Hideki Hayashida, Kunihisa Sugimoto, Tsutomu Miyasaka, ″Thermal Expansion Behavior of Halide Perovskite Single Crystals Across a Broad Temperature Range″*European Journal of Inorganic Chemistry*, **2025**, 28(5), e202400682. DOI: 10.1002/ejic.202400682
⑦Natalia Belen Correa Guerrero, M. Dolores Perez*, Naoyuki Shibayama*, Tsutomu Miyasaka*, “Advancements and Prospects for eco-friendly, high-performance silver bismuth halide solar cells” *Chemical Science*, **2025**, 16(14), 5807-5818.
⑧Zhanhao Hu, Nao Saito, Masashi Ikegami, Naoyuki Shibayama* and Tsutomu Miyasaka*, “All-SAM Interfacial Architecture for Perovskite Solar Cells without Charge Transport Materials”, *Chemical Science*, **2026**, 17, 5869.

（２）口頭発表等

①柴山直之：“ペロブスカイト太陽電池の最新動向 ～結晶化過程に焦点を当てて～”，一般社団法人日本オプトメカトロニクス協会第４回フォトンテクノロジー技術部会，東京都港区，2025年２月25日（招待講演）
②柴山直之：酸化物ナノ粒子の粒子サイズがペロブスカイト太陽電池の特性に与える影響：第86回応用物理学会秋季学術講演会，（2025年９月10日），口頭発表
③**Naoyuki Shibayama**：*In Situ* Heating WAXS Analysis of Crystallization Dynamics in $FAPbI_3$ Films：2025 KJF International Conference on Organic Materials for Electronics and Photonics (KJF-ICOMEP 2025)（2025年８月26日），ポスター発表

（３）出版物

①柴山直之” ペロブスカイト太陽電池の最新動向“，光技術コンタクト，2024，62，pp4-11.