

戦略的国際共同研究プログラム(SICORP)

EIG CONCERT-Japan 共同研究

終了報告書 概要

1. 研究課題名：「印刷による完全無機多孔質金属酸化物を基礎としたペロブスカイト太陽電池：高効率・低価格デバイス構造のための電荷選択酸化物の決定」
2. 研究期間：2019年4月～2022年3月
3. 主な参加研究者名：
日本側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	伊藤 省吾	教授	兵庫県立大学・材料・放射光工学専攻	研究指導, 実験作業
主たる共同研究者	辻 流輝	学生	兵庫県立大学・材料・放射光工学専攻	実験作業
主たる共同研究者	小林 英治	主任	紀州技研工業株式会社・開発本部・PE開発部	実験作業
研究参加者	遠藤 聡人	部長	紀州技研工業株式会社・開発本部・PE開発部	実験作業
研究参加者	船山 遼斗	研究員	紀州技研工業株式会社・開発本部・PE開発部	実験作業
研究期間中の全参加研究者数			5名	

相手側チーム

	氏名	役職	所属	研究分担
研究代表者	Andreas Hinsch	Senior researcher	Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems	研究指導、実験作業
主たる共同研究者	Lionel Flandin	Professor	Université Savoie Mont Blanc	研究指導、実験作業
研究参加者	David Martineau	Researcher	Solaronix S.A.	実験作業
研究参加者	Simone Mastroianni	Pos-doc	Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems	実験作業
研究参加者	Lukas Wanger	Pos-doc	Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems	実験作業
研究参加者	Dmitry Bogachuk	PhD student	Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems	実験作業
研究参加者	Lara Perrin	Associate Professor	Université Savoie Mont Blanc	実験作業
研究期間中の全参加研究者数			7名	

4. 国際共同研究の概要

ハイブリッド有機 - 無機ハライドペロブスカイト太陽電池（PSC）の高効率化のため、電荷選択性多孔質金属酸化物の高機能化は非常に重要であり、さらに PSC 内部にカーボン/グラファイト対電極を導入することで、非常に頑強なセル光電変換特性と、理論上の限界に近い開放回路電圧と、スケーラブルな材料およびプロセスによる高いセル効率の達成が可能となる。この課題は、日本最大の軟 X 線シンクロトロンの使用、特許取得済みのペロブスカイト溶液アプローチなど、すべてを包含する分析と革新的なソリューションを確立するために、さまざまな知識分野からパートナー（日本：兵庫県立大学、紀州技研工業（株）；ドイツ：フラウンホッフ・ISE；スイス：ソラロニクス S.A.；フランス：サボエ・モンブラン大学）が選ばれた。

5. 国際共同研究の成果

5-1 国際共同研究の学術成果および実施内容

当該国際プロジェクトにおいて、共同研究同意書を締結し、日本側からの研究者の派遣や Web でのミーティング等の実施を通して共同研究を行い、成果を得て実施期間中に論文を 4 本発表した。実施期間の大半において新型コロナウイルスの影響により欧州側から日本への来訪が学会参加のみで研究者の長期滞在が出来ず、それに関しては今後引き続き密な関係を築き上げて共同で研究を進めていく予定である。

5-2 国際共同研究による相乗効果

・日本からの交流として、兵庫県立大学の大学院学生が 2019 年 10 月にドイツフラウンホッフ・ISE に 1 か月間滞在し、共同研究を行った。その研究交流が礎となり、先方の博士課程学生とのサンプルのやり取りがスムーズに進むようになり、実施期間中に 4 本の共著論文を出版した。さらに関連内容として日本側からは 2 報の論文と 2 本の特許を現在執筆中である。

・欧州側からの交流として、2020 年 1 月につくばで実施した国際学会（IPEROP-20）にドイツとフランスの研究者が招待講演者として学会発表を行い、その直後に両博士は兵庫県立大学を訪問して研究会を実施し、共同研究交流を行った。

5-3 国際共同研究成果の波及効果と今後の展望

ペロブスカイト太陽電池としては世界最長となる屋外環境 20 年相当の耐久性を実証し、有機材料を光電変換層に使用した太陽電池は耐久性に劣るといった従来の見解を覆す成果を得ることが出来た。一方、変換効率の高効率化と製造コストの低減については課題が残っている。研究機関による太陽電池の構造および材料の最適化に並行する形で、企業が生産設備の改良並びに製造方法の検証を進める両輪の体制で、ペロブスカイト太陽電池の実用化を目指していくことになる。新型コロナウイルスの影響が少なくなり、欧州に行ける状態になったところで、日本から欧州に再び訪問し、詳細な研究の方針を設定した上で、共同で研究を進めていく予定である。

Strategic International Collaborative Research Program (SICORP)
EIG CONCERT-Japan Joint Research Program
Executive Summary of Final Report

1. Project title : 「PRintable fully inorganic porous metal Oxide based PERovskite Solar Cells: defining charge selective oxides for high-efficient and low-cost device structure」
2. Research period : 04/2019 ~ 03/2022
3. Main participants : Japan-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Seigo Ito	Professor	University of Hyogo	Research guidance, experimental work
Co-PI	Ryuki Tsuji	Ph.D Student	University of Hyogo	Experimental work
Co-PI	Eiji Kobayashi	Senior Staff	Kishu Giken Kogyo Co., Ltd.	Experimental work
Collaborator	Akito Endo	Manager	Kishu Giken Kogyo Co., Ltd.	Experimental work
Collaborator	Ryoto Funayama	Researcher	Kishu Giken Kogyo Co., Ltd.	Experimental work
Total number of participants throughout the research period:				5

Partner-side

	Name	Title	Affiliation	Role in the research project
PI	Andreas Hinsch	Senior researcher	Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems	Research guidance, experimental work
Co-PI	Lionel Flandin	Professor	Université Savoie Mont Blanc	Research guidance, experimental work
Collaborator	David Martineau	Researcher	Solaronix S.A.	Experimental work
Collaborator	Simone Mastroianni	Pos-doc	Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems	Experimental work
Collaborator	Lukas Wanger	Pos-doc	Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems	Experimental work
Collaborator	Dmitry Bogachuk	PhD student	Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems	Experimental work
Collaborator	Lara Perrin	Associate Professor	Université Savoie Mont Blanc	Experimental work
Total number of participants throughout the research period:				7

4. Summary of the international joint research

The functionalization of charge selective porous metal oxide electrode layers is crucial for achieving high efficiency in novel solar cell concepts. Hybrid organic-inorganic halide perovskite solar cells (PSCs) have attracted an impressive attention in the photovoltaic and optoelectronic world because of their striking and remarkable properties. Printable inorganic porous metal oxides with carbon/graphite counter electrodes will compose the enhanced cell structure for a uni-directional charge transport resulting in open circuit voltages close to the theoretical limit with up-scalable materials and processes. This will contribute to the development of an efficient and sustainable PV technology which can be produced locally. The project partners have been selected from different branches of knowledge to assure an all-embracing analysis and innovative solutions, including the addition of graphene oxide, the use of the largest soft X-ray synchrotron in Japan and patented perovskite solution approaches. Active exchange of junior researchers and know-how are planned to be the basis for the success of this joint project. The project is accompanied by two companies for the assessment of the industrial relevance and demonstration of large area devices. With the aim to increase the visibility of the collaboration and to promote interaction and discussion with external research institutes and interested companies, three focused symposia are planned at the project partners' institutions. Finally, the presentation of results at international conferences and joint publications in scientific journals are planned.

5. Outcomes of the international joint research

5-1 Scientific outputs and implemented activities of the joint research

Through this international project, we concluded a joint research agreement, dispatched researchers from the Japanese side, held a meeting on the WEB, conducted joint research, and published several papers with results. Due to the influence of COVID-19, the European side visited Japan only by attending the academic conference, and the researchers could not stay for a long time. Regarding this, we plan to continue to build close relationships and promote joint research.

5-2 Synergistic effects of the joint research

As an exchange from Japan, a graduate student from the University of Hyogo stayed at Fraunhofer ISE in Germany for one month in October 2019 to conduct joint research. The research exchange became the cornerstone, and the exchange of samples with the doctoral student of the other party became smoother, and four co-authored papers have already been published. Furthermore, as related content, two papers and two patents are currently being written by the Japanese side.

As an exchange from the European side, researchers from Germany and France gave presentations as invited speakers at the International Conference (IPEROP-20) held in Tsukuba in January 2020, and immediately after that, both researchers gave presentations at the University of Hyogo, held a research meeting, and exchanged joint research.

5-3 Scientific, industrial or societal impacts/effects of the outputs

The world's best-stable perovskite solar cell has demonstrated durability equivalent to 20 years in an outdoor environment. On the other hand, there are still problems in improving the conversion efficiency and reducing the manufacturing cost. In parallel with the optimization of the structure and materials of the solar cell by the research institutes, the companies will aim to put the perovskite solar cell into practical use with a two-wheeled system in which the company promotes the improvement of the production equipment and the verification of the manufacturing method. When the influence of the coronavirus has diminished and it is now possible to go to Europe, we will continue to set detailed joint research policies.

国際共同研究における主要な研究成果リスト

1. 論文発表等

*原著論文 (相手側研究チームとの共著論文) 発表件数 : 計 4 件

・査読有り : 発表件数 : 計 4 件

1. Tsuji, Ryuki, et al. "Activation of Weak Monochromic Photocurrents by White Light Irradiation for Accurate IPCE Measurements of Carbon-Based Multi-Porous-Layered-Electrode Perovskite Solar Cells." *Electrochemistry* (2020): 20-64074. DOI: 10.5796/electrochemistry.20-64074
2. Tsuji, Ryuki, et al. "Function of Porous Carbon Electrode during the Fabrication of Multiporous-Layered-Electrode Perovskite Solar Cells." *Photonics*. Vol. 7. No. 4. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2020. DOI: 10.3390/photonics7040133
3. Bogachuk, Dmitry, et al. "Comparison of highly conductive natural and synthetic graphites for electrodes in perovskite solar cells." *Carbon* 178 (2021): 10-18. DOI: 10.1016/j.carbon.2021.01.022
4. Kobayashi, Eiji, et al. "Light-induced performance increase of carbon-based perovskite solar module for 20-year stability." *Cell Reports Physical Science* 2.12 (2021): 100648. DOI: 10.1016/j.xcrp.2021.100648

・査読無し : 発表件数 : 計 0 件

*原著論文 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの論文) : 発表件数 : 計 0 件

*その他の著作物 (相手側研究チームとの共著総説, 書籍など) : 発表件数 : 計 0 件

*その他の著作物 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの総説, 書籍など) : 発表件数 : 計 1 件

1. 小林英治, 辻流輝, 伊藤省吾, 炭素電極を有するペロブスカイト太陽電池の光誘起改善, 「光学 (日本光学会機関誌)」第 51 巻第 6 号 (2022 年 6 月発行)

2. 学会発表

*口頭発表 (相手側研究チームとの連名発表)

発表件数 : 計 1 件 (うち招待講演 : 0 件)

*口頭発表 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表)

発表件数 : 計 5 件 (うち招待講演 : 3 件)

*ポスター発表 (相手側研究チームとの連名発表)

発表件数 : 計 2 件

*ポスター発表 (相手側研究チームを含まない日本側研究チームの発表)

発表件数 : 計 7 件

3. 主催したワークショップ・セミナー・シンポジウム等の開催

該当なし

4. 研究交流の実績 (主要な実績)

該当なし

5. 特許出願

研究期間累積出願件数 : 2 件

6. 受賞・新聞報道等

2020

1. Poster Prize (IPEROP 20 conference), Simone Mastroianni, January 22nd (2020).
2. 令和二年度 関西電気化学奨励賞 (2020 第 3 回関西電気化学研究会 Webinar), 辻 流輝, 2020 年 11 月 28 日

2021

1. 神戸新聞 1 面、「次世代太陽電池 20 年超耐久」 2021 年 11 月 13 日
2. 日本経済新聞 電子版、「兵庫県立大学など、炭素電極を備えたペロブスカイト太陽電池の性能が光照射で回復可能な事を実証」 2021 年 11 月 15 日
3. pv magazine 電子版「Mesoporous carbon for a 20-year stable perovskite solar cell」 2021 年 11 月 15 日
4. 化学工業日報 9 面、「炭素電極備えたペロブスカイト太陽電池 屋外寿命 20 年実証 兵庫県立大など 光照射で性能回復」 2021 年 11 月 17 日
5. スマートジャパン アイティメディア 「ペロブスカイト太陽電池の実用化を後押し、20 年の屋外耐久性の獲得に成功」 2021 年 11 月 17 日
6. 日刊工業新聞 23 面、耐久性、20 年まで改善 ペロブスカイト太陽電池 封止方法を改良 2021 年 11 月 18 日
7. マイナビニュース 「ペロブスカイト太陽電池の寿命は 20 年相当まで改善できる、兵庫県立大などが確認」 2021 年 11 月 18 日

2022

1. 優秀学生講演賞, 電気化学会第 89 回大会、辻 流輝、2022 年 3 月 17 日
2. 日経エレクトロニクス「Emerging Tech 電子デバイス：ペロブスカイト太陽電池が量産 大面積化では国内企業がリード」 2022/02 号 (74~87 ページ掲載) 2022 年 1 月 20 日
3. EMIRA (株式会社 KADOKAWA) 「シリコン系太陽電池に匹敵する耐久性を初実証！ペロブスカイト太陽電池の実用化に一步前進」 2022 年 4 月 20 日

7. その他

【オープンサイエンスにかかる取り組み】

研究成果としての論文を無償で公開

Cell Reports Physical Science 2.12 (2021): 100648.