

令和7年11月25日

各報道機関文教担当記者 様

ペロブスカイト太陽電池モジュールを 大気下で安定して作れる長寿命化技術の開発に成功

金沢大学自然科学研究科博士後期課程1年の中原悠吾、ナノマテリアル研究所のシャヒドゥザマン モハマド准教授、當摩哲也教授の研究グループは、**ペロブスカイト太陽電池の大気下成膜と長寿命化に成功しました。**

ペロブスカイト太陽電池は、印刷技術による低コスト製造が可能な次世代型太陽電池として、脱炭素社会の実現に向けて注目されています。本研究グループは、これまで、従来のシリコン太陽電池の「重い」「価格が高い」といった課題を克服するため、“ロールツーロール法（R2R法）”（図1）による大量生産技術の開発に取り組んでいます。特に、ペロブスカイト層の水分による劣化を防ぐため、イオン液体を添加することで疎水性を高めて耐久性を向上させる技術を開発し、報告しています（参考文献1）。しかしこの報告では“スピコート製膜法”（図2）という製膜法を用いており、窒素ガス雰囲気下で小さなガラス基板を高速回転させて膜を形成します。一方でR2R法では、大気下でメートルサイズのフィルムを数分かけて乾燥させる必要があるため、イオン液体添加技術の適応性に懸念がありました。

そこで本研究では、R2R法と同じ製膜法である“バーコート製膜法”（図3）を用いて、大気下でもイオン液体添加技術が適応できるか検証しました。その結果、スピコート製膜法に比べて乾燥時間が数桁長い乾燥時間5分の条件では、結晶粒界（※1）の少ないマイクロメートルオーダーの欠陥のない巨大な結晶を形成することが分かりました。また、大気曝露試験（※2）では、1200時間を超えても初期性能の9割を保持し続けることが分かりました。

この技術は株式会社麗光（本社：京都府京都市、代表取締役社長：岩井順一）との共同研究により開発され、同社は現在、この成果の一部を用いて環境省 R&D 事業の一環として、**横浜港大さん橋国際客船ターミナル屋上広場にて、港湾苛烈環境下での大規模実証試験を行っています**（図6）。

本研究成果は、2025年11月13日に『*Solar Energy Materials and Solar Cells*』のオンライン版に先行掲載され、2026年1月15日に正式掲載される予定です。

【研究の背景】

ペロブスカイト太陽電池は、2008年に桐蔭横浜大学の宮坂力教授が開発した新しいタイプの太陽電池です。無機・有機ハイブリット材料である“ペロブスカイト”を使うことで、従来のシリコン半導体では難しかった印刷などの塗布技術による低コスト製造が可能になります（参考文献 2）。日本では、菅元首相の所信表明演説で 2050 年に温室効果ガス「実質ゼロ」を目指すと言明し、環境省もこれを法制化する動きを見せています。こうした背景から、次世代の温室効果ガスゼロ排出をもたらすエネルギー創製デバイスとして、ペロブスカイト太陽電池の研究開発が注目されています。

【研究成果の概要】

本研究グループは、現在主流のシリコン太陽電池が抱える「重い」「価格が高い」という課題を解決するため、次世代の太陽電池であるペロブスカイト太陽電池の工業化に向けた研究を進めています。特に、高速かつ連続的にフィルムへ製膜・乾燥処理を行う“ロールツーロール法 (R2R 法)”による大量生産技術の確立に注力しています (図 1)。

4 年前、本研究グループは、ペロブスカイト太陽電池が水分に対してとても敏感で、すぐに分解してしまい寿命が短くなってしまうという課題に対し、ペロブスカイト太陽電池の塗布成膜時に、イオン液体を少量添加するのみでペロブスカイト層の疎水性を向上させる技術を開発しました。この技術により、太陽電池の耐久性が向上し長寿命化したことを報告しています。ただし、この報告では、実験室レベルの製膜方法である“スピコート製膜法” (図 2) を用いており、ペロブスカイト前駆体液を数センチ角の小さなガラス基板上に塗布し、最高で 1 秒に 100 回転という超高速回転させ、秒以下のスケールで急速乾燥を行っていました。加えて製膜環境も、ペロブスカイト層が劣化しないように窒素ガス雰囲気下で行われており、大気中での製膜には適していませんでした。そのため、R2R 法のように大気下で数分かけてゆっくり結晶化させる製膜条件に、我々のイオン液体添加技術が適応できるか懸念がありました。

そこで本研究では、イオン液体による疎水性向上技術に加えて、R2R 法と同じ製膜方式である“バーコート製膜法” (図 3) を用いて、ペロブスカイト層の大気下成膜の実現を目指しました。イオン液体はペロブスカイト前駆体溶液に少量添加することで、ペロブスカイト結晶と相互作用を形成します。これによりイオン液体が、ペロブスカイト膜表面に存在し水分子の侵入を防ぎます。その結果、大気中の水分子による結晶の分解が抑制され、高品質なペロブスカイト膜を得ることに成功しました (図 4)。

バーコート製膜法では、完全な結晶化までに 5 分以上を要します。この緩やかな結晶成長プロセスによって、ペロブスカイト前駆体が長時間下地層 (膜) と接することができるため、基板との相互作用がより強くなります。これにより結晶が Frank-van der Merwe 成長 (層状に結晶が成長すること) したと考えています。本研究では、この結晶成長によりスピコート製膜法で得られるような粒状の結晶ではなく、結晶粒界の極めて少ない層状のペロブスカイト膜が得られました。スピコート製膜法では、結晶サイズが数百ナノメートルのため、我々の技術により高品質化したと考えられます。また、従来のスピコート製膜法で作製したペロブスカイト太陽電池は 400 時間後には初期の半分

以下の性能まで落ち込みましたが、このイオン液体添加技術とバーコート技術による高品質化・結晶サイズの増大により、大気暴露試験において、湿度 40%～50%の範囲の通常大気下でも 1200 時間にわたり性能の 90%を保持するという高耐久性を示しました(図 5)。

本技術は、株式会社麗光（本社：京都府京都市、代表取締役社長：岩井順一）との共同研究により開発されました。現在、同社は、この成果の一部を用いて、環境省「地域共創・セクター横断型カーボンニュートラル技術開発・実証事業（R&D 事業）」において、R2R 法で幅 30 cm、長さ 1 m のペロブスカイト太陽電池モジュールを製造し、横浜港大さん橋国際客船ターミナル屋上広場にて、塩害や海風の強い港湾苛烈環境下での耐久性および発電能力の実証実験を行っています（図 6）。

【今後の展開】

本研究の成果により、これまでペロブスカイト太陽電池の製膜に必要とされていた、窒素ガス雰囲気を維持するための大掛かりで高価な装置（例：リチウムイオン電池や製薬分野で使用されるグローブボックス装置など）を使わずとも、大気中で大量に低コストで製膜できる R2R 法技術に、我々のイオン液体添加技術を適用できることが分かりました。将来のペロブスカイト太陽電池モジュールの社会実装に寄与することが期待できます。

今後は、ペロブスカイト太陽電池のさらなる高性能化と低コスト化、そして大面積化を目指して研究を進めていく予定です。さらに、本研究を R2R 法へのスケールアップに向けた大きな足掛かりとして、金沢大学が工業段階と基礎研究をつなぐ社会実装の中心拠点としての役割を果たすことが期待されます。

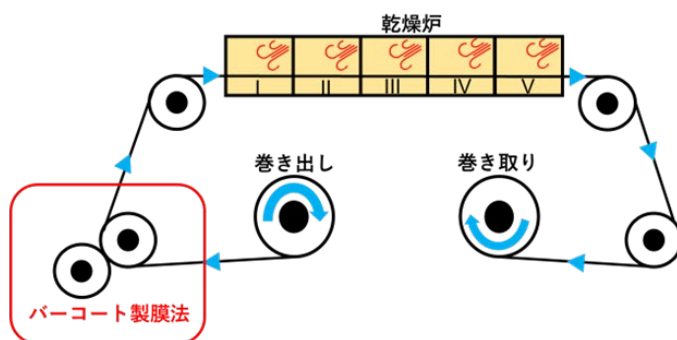


図 1. ロールツーロール法 (R2R 法) : 株式会社麗光 R2R 装置の写真 (左) とその模式図 (右)



図 2. スピンコート製膜法 : スピンコート装置写真 (左) とその模式図 (右)

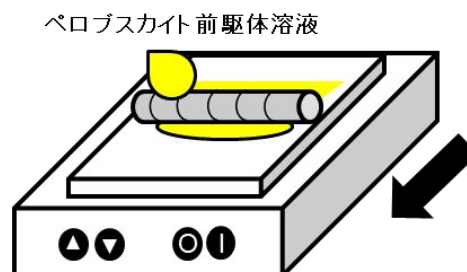
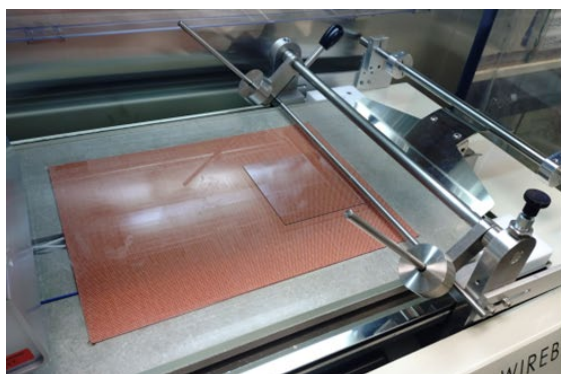


図 3. バーコート製膜法 : 本研究で使したバーコート装置写真 (左) とその模式図 (右)

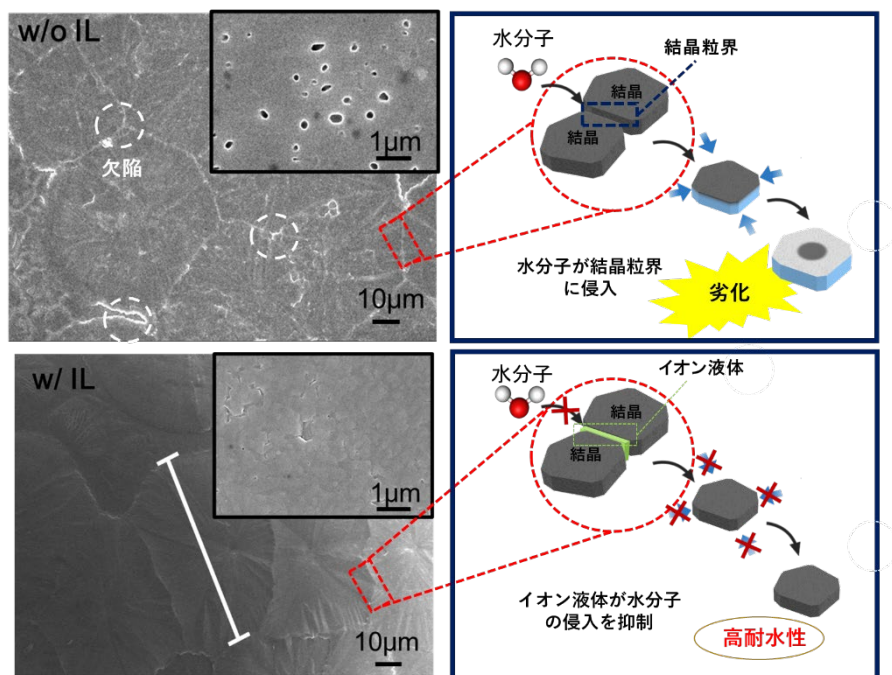


図 4. イオン液体無添加で欠陥が多数生じたペロブスカイト膜（上）とイオン液体を添加して高品質化したペロブスカイト膜（下）の表面電子顕微鏡写真

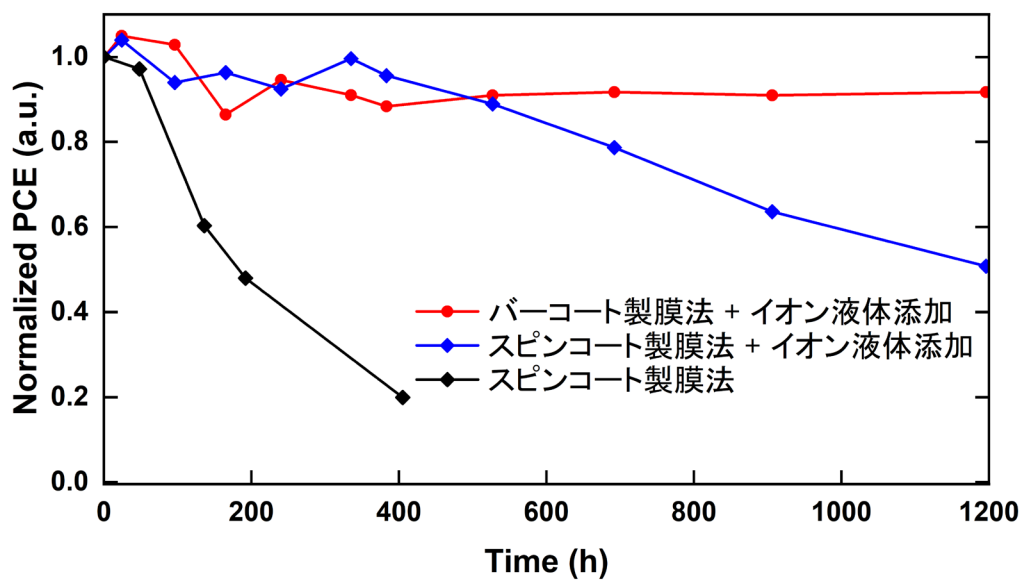


図 5. 湿度 40%～50%範囲の通常大気下での大気暴露試験の結果



図 6. 横浜港大さん橋国際客船ターミナル屋上広場に設置されているペロブスカイト太陽電池モジュール。モジュールサイズは 30cm×1m。

【参考文献】

1. <https://www.kanazawa-u.ac.jp/rd/92312/>
金沢大学プレスリリース「イオン液体を一滴加えるだけでペロブスカイト太陽電池の高性能化と長寿命化に成功！」2021 年 4 月
2. <http://nanomari.w3.kanazawa-u.ac.jp/>
金沢大学ナノマテリアル研究所創エネデバイス開発グループ ホームページ参照

【掲載論文】

雑誌名：*Solar Energy Materials and Solar Cells*

論文名：Ambient-Air Fabrication of Bar-Coated Ionic Liquid-Assisted Perovskite Films with Micrometer-Scale Grain Sizes for Stable Solar Cells

(バーコート法によるマイクロスケールのペロブスカイト層を使用したイオン液体添加型高耐久ペロブスカイト太陽電池の大気下成膜法の開発)

著者名：Y. Nakahara, M. Shahiduzzaman, R. Yazawa, M. Nakano, M. Karakawa, R. Nishiyama, S. Ikuhara, K. Kotani, K. Tomita, K. Takahashi, J. M. Nunzi, and T. Taima.

(中原悠吾、シャヒドゥザマン モハマド、矢澤兒海、中野正浩、辛川誠、西山了、幾原志郎、小谷浩三、富田恒之、ヌンジジャーニミッシェル、高橋光信、當摩哲也)

掲載日時：2026 年 1 月 15 日に掲載予定

DOI： [10.1016/j.solmat.2025.113996](https://doi.org/10.1016/j.solmat.2025.113996)

URL： <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927024825005975>

【用語解説】

※1 結晶粒界

結晶のかたまり同士の境界のこと。この領域では結晶配列が乱れて欠陥となっており、電氣的性質などに大きな影響を与えます。

※2 大気暴露試験

水や酸素が含まれる通常大気に暴露して性能変化を検査する試験。本研究では温度をおよそ 25 度に調整して試験を行いました。

【本件に関するお問い合わせ先】

■研究内容に関すること

金沢大学ナノマテリアル研究所 准教授

Shahiduzzaman Md. (しゃひどうざまん もはまど)

TEL：076-234-4937 (直通)

E-mail：shahiduzzaman@se.kanazawa-u.ac.jp

金沢大学ナノマテリアル研究所 教授

當摩 哲也 (たいま てつや)

TEL：076-264-6279 (直通)

E-mail：taima@se.kanazawa-u.ac.jp

■広報に関すること

金沢大学理工系事務部総務課総務係

多賀 曜子 (たが ようこ)

TEL：076-234-6826

E-mail：s-somu@adm.kanazawa-u.ac.jp