

各報道機関文教担当記者 様

## 有機材料だけで作る太陽電池、 世界最高効率を達成！

金沢大学理工研究域物質化学系の中野正浩准教授らの研究グループは、株式会社麗光、カナダ クイーンズ大学と共同で、**すべて有機材料で構成されたフィルム型太陽電池において従来の2倍以上の性能を実現することに成功しました。**

現在の太陽光パネルは、有害性が懸念される金属材料などを含むため、廃棄処理にコストがかかるという課題を抱えています。そこで、有害な金属材料などを含まない「全有機太陽電池」が注目されています。しかし、これまでの全有機太陽電池の光を電気に変換する効率（光電変換効率）は約4%にとどまり、従来のシリコン型太陽電池の効率（27%以上）と比較して低いことが実用化における課題です。本研究では、低温で作製可能な有機透明電極の開発と、カーボンナノチューブ電極のラミネーション法を用いた新たな作製手法により、光電変換効率を従来の2倍以上に向上させることに成功しました。これにより、**全有機太陽電池の実用化に向けた重要な一歩を踏み出しました。全有機太陽電池は、従来の太陽電池と違い単純な焼却によって処分可能である上、有害物を含まないため農地や水源地、人体との接触が多い場所や場面での活用が考えられます。**

本研究成果は、2025年2月7日に国際学会誌『*Advanced Functional Materials*』のオンライン版に掲載されました。

## 【研究の背景】

地球温暖化対策の推進に伴い、太陽光発電のさらなる普及が求められています。しかし、現在設置されている太陽光パネルが耐用年数を超えた場合の廃棄が課題となっています。有害な物質を含むパネルはリサイクルや廃棄が難しく、適切に処理するため、廃棄コストが高くなる傾向にあります。また、次世代の太陽電池として注目されているフィルム型太陽電池も、有害性が懸念される金属や金属酸化物などを含むため、環境負荷や廃棄コストの問題が指摘されています。こうした課題を解決するために、全て有機材料（炭素系材料）で構成された「全有機太陽電池」が提案されています。全有機太陽電池は有害な金属を含まず、通常のプラスチックと同様に焼却処理が可能であるため、廃棄のコストや労力を大幅に削減できる可能性があります。しかし、全有機太陽電池の技術はまだ開発の初期段階にあり、光を電気に変換する効率（光電変換効率（※1））の向上が最大の課題です。これまでに報告された全有機太陽電池の最大光電変換効率は約4%であり、従来のシリコン型太陽電池（27%以上）や次世代のフィルム型太陽電池であるペロブスカイト太陽電池（26%以上）と比べると、大幅に劣っています。

## 【研究成果の概要】

金沢大学を中心とした本研究チームは、世界最高性能を持つ全有機太陽電池の開発に成功しました。従来の全有機太陽電池の光電変換効率（PCE）は約4%にとどまっていたましたが、本研究ではその2倍以上の性能を達成しました（図1）。全有機太陽電池のPCEが低い主な原因として、二つの課題がありました。一つ目は、十分な導電性を持つ有機透明電極材料で、フィルム型太陽電池に適用可能な材料が限られていることです。高導電性の透明有機材料は数例報告されていますが、それらの多くは導電性を向上させるために強い酸や塩基の添加、高温（150℃以上）での熱処理が必要でした。しかし、これらの条件は有機材料の基板を損傷させるため、より温和な条件で作製でき十分な導電性を持つ有機電極材料の開発が求められていました。そこで本研究では、導電性高分子であるPEDOT:PSSをベースとし、酸や塩基を使用せず低温（80℃）で作製可能であり、太陽電池の電極として十分な導電性（シート抵抗 <math><70 \Omega/\text{sq}</math>）を示す透明電極を開発しました。二つ目の課題は、多層膜で構成される太陽電池デバイス（図2）を作製する際に、下層や基板を損傷させずに膜を積み重ねていくことが難しい点です。特に溶液プロセス（※2）を用いた場合、上層を形成する際に下層が溶解したり、膜の均一性が損なわれたりするリスクがありました（図3）。この問題を解決するために、本研究チームは金沢大学が開発した「カーボンナノチューブ電極のラミネーション法」を活用しました。この手法では、太陽電池の封止材上（※3）に別個に電極を形成し、それを貼り付けることで電極を作製します。この方法を用いることで、カーボンナノチューブ電極を作製する際の溶液プロセスが、下層の有機材料を損傷させることを防ぐことができます。

このように、新たな電極材料と作製手法を組み合わせることで、従来の2倍以上の光電変換効率を持つ全有機太陽電池の作製に成功しました。この結果により、全有機太陽電池の高性能化が進み、実用化に向けた重要な一歩となることが期待されます。

### 【今後の展開】

全有機太陽電池は有害物質を含まないため、農地や水源地、ウェアラブルデバイスなど人体に近い用途への適用も視野に入ります。加えて、軽くて柔らかいという特性を持つため、従来の太陽光パネルでは設置が難しかった場所にも導入でき、設置場所の選択肢を広げる可能性があります。研究チームは、そのような全有機太陽電池の実用化を目指し、さらなる高性能化に取り組んでいます。今後の研究では、有機電極の導電性をさらに向上させ、光電変換効率を高めることを目指します。また、より低コストで製造可能な材料や手法の開発にも取り組んでいます。全有機太陽電池の低コスト化が実現すれば、誰でも気軽に使え、廃棄も容易な太陽電池としての普及が期待できます。

本研究は、北陸銀行若手研究者助成金の支援を受けて実施された。また、本研究の成果の一部は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の支援を受けて得られた研究成果である。

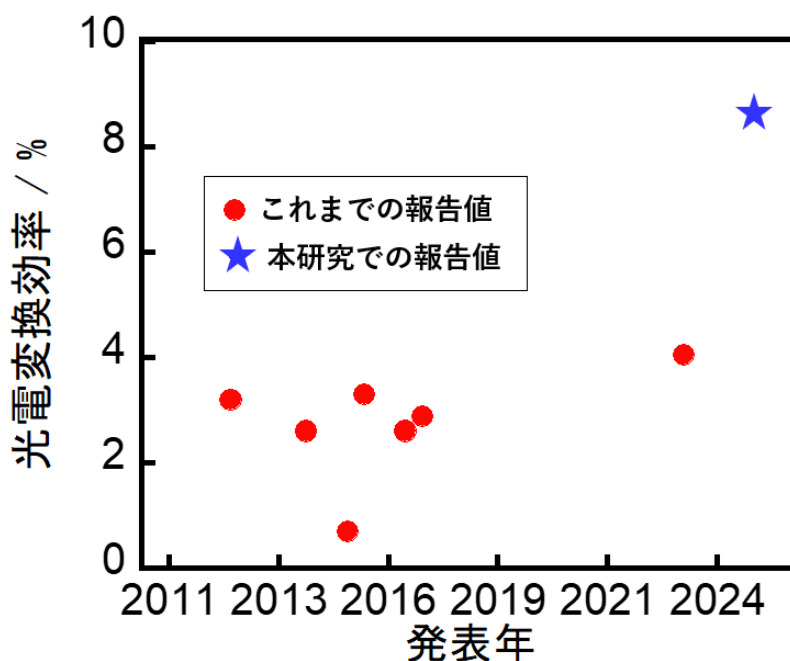


図 1：本研究で開発した全有機太陽電池と従来の全有機太陽電池の光電変換効率

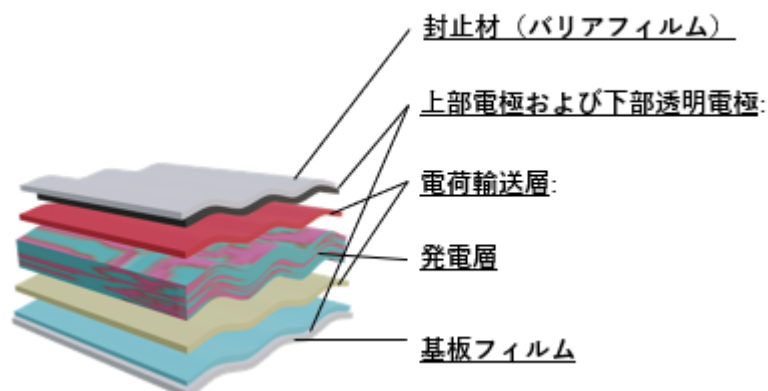


図 2 : 太陽電池デバイス (フィルム型) の模式図

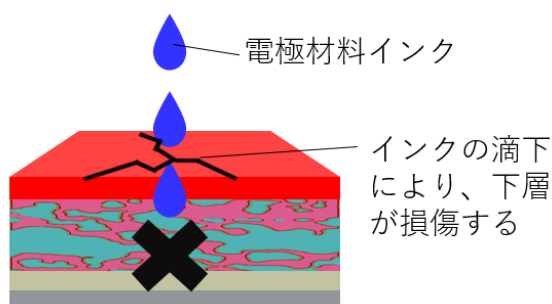


図 3 : 多層膜で形成される太陽電池デバイスにおいて溶液プロセスで電極を作製する際の下層膜の損傷例

### 【掲載論文】

雑誌名 : *Advanced Functional Materials*

論文名 : Unlocking High-Performance in All-Organic Solar Cells by the Development of Organic Electrodes with no Acid and High-Temperature Treatment and the Effective Preparation Thereof on Organic Multi-layer Films

(酸や高温処理を必要としない有機電極の開発と有機多層膜上への効率的な作製による全有機太陽電池の高性能化)

著者名 : 中野 正浩、橋田 圭樹、小西 章裕、板谷 寛之、高橋 憲司、Md. Shahiduzzaman、辛川 誠、當摩 哲也、新子谷 樹哉、河合 公雄、西山 了、高橋 光信、Jean-Michel Nunzi

掲載日時 : 2025 年 2 月 7 日 17 時 (日本時間) にオンライン版に掲載

DOI : 10.1002/adfm.202419813

URL : <https://doi.org/10.1002/adfm.202419813>

### 【用語解説】

#### ※1 光電変換効率

光エネルギーをどれだけの割合で電気エネルギーに変換できるか、という太陽電池の性能を表す指標。

#### ※2 溶液プロセス

材料インクを基材に塗布することで製膜を行う手法。蒸着などのプロセスと比較して量産性、コストに優れるという特徴がある。フィルム型太陽電池の長所として、従来のシリコン型太陽電池には用いられない溶液プロセスが適用できる、ということが挙げられる。

#### ※3 封止材

大気中の水や酸素に敏感な太陽電池素子を保護するための保護膜（バリアフィルム）。

---

### 【本件に関するお問い合わせ先】

#### ■研究内容に関すること

金沢大学理工研究域物質化学系 准教授

中野 正浩（なかの まさひろ）

TEL : 076-234-4770

E-mail : [msahiro-nakano@se.kanazawa-u.ac.jp](mailto:msahiro-nakano@se.kanazawa-u.ac.jp)

#### ■広報担当

金沢大学理工系事務部総務課総務係

松田 理奈（まつだ りな）

TEL : 076-234-6951

E-mail : [s-somu@adm.kanazawa-u.ac.jp](mailto:s-somu@adm.kanazawa-u.ac.jp)