

配布先:文部科学記者会、科学記者会、名古屋教育記者会

2025 年 3 月 11 日

報道機関 各位

単層カーボンナノチューブ電極を用いたペロブスカイト太陽電池 ～名大で実証実験へ～

【本研究のポイント】

- ・単層カーボンナノチューブ電極を用いた 100 cm² サイズのペロブスカイト太陽電池モジュールの作製に成功し、実証実験を行う。
- ・フレキシブル性、軽量、薄いことに加えて、高い耐久性をもつペロブスカイト太陽電池として期待される。
- ・半透明な裏面電極として用いられ、両面受光型のペロブスカイト太陽電池になる。

【研究概要】

名古屋大学大学院工学研究科および未来社会創造機構マテリアルイノベーション研究所の松尾 豊 教授、大島 久純 特任教授、上岡 直樹 助教らの研究グループは、株式会社デンソーと協力して、単層カーボンナノチューブ薄膜透明電極(CNT 電極)を用いた 100 cm² サイズのペロブスカイト太陽電池モジュール(CNT-PSC と呼ぶ)の作製に成功しました。ペロブスカイト太陽電池は、次世代太陽電池として注目され、グリーンエネルギー源として実用化が期待されています。CNT 電極は化学的に安定であり、酸化や腐食に対し高い耐性をもち、ペロブスカイト太陽電池の最大の問題である耐久性を向上させます。また、CNT 電極は高い電子伝導性をもち、薄膜でも効率的な電荷輸送を実現します。さらに、柔軟性に優れているため、フレキシブル基板や曲面へも適用できます。

従来の金属電極は酸化されるという問題があり、ペロブスカイト太陽電池の耐久性に懸念を与えることから代替が検討されています。また、透明ではなく、デザイン性に劣ります。これに対して、CNT 電極は光透過性を備え、視覚的に目立たないので、両面からの受光が可能となり、意匠性が優れます。窓に貼ると屋外の光、屋内の光で発電できます。今回の CNT 電極は正孔を捕集する電極として用いられており、温和な正孔ドープ材料として、2,2,2-トリフルオロエタノールを用いて性能と耐久性を向上させています。

本研究の成果は、CNT 電極がペロブスカイト太陽電池の耐久性を向上させるゲームチェンジャーとして機能しうることを示しており、将来の CNT-PSC の実用化が期待されます。

【研究背景と内容】

カーボンナノチューブ(CNT)^{注1)}は、炭素原子が六角形の格子状に結合して形成される筒状のナノ材料です。炭素のみで構成されているため資源が豊富であり、リサイクルが不要で環境への配慮も優れており、持続可能な材料としての価値があります。CNT を薄膜化することで、光を透過しながらも優れた導電性を発揮し、太陽電池の透明電極として理想的な特性を持つことができます。

ペロブスカイト太陽電池^{注2)}は、我が国発の太陽電池であり、溶液塗布によって簡単に製造できるため、次世代太陽電池の最有力候補として期待されています。従来、ペロブスカイト太陽電池の裏面電極^{注3)}には金、銀、銅といった金属の蒸着薄膜が使用されてきましたが、例えば銀や銅はペロブスカイト太陽電池のヨウ素に酸化される、金は高価であるという問題を抱えています。また、製造プロセスにおいても大型の真空装置を必要とし、次世代太陽電池の大面积化や量産化における制約となる可能性があります。研究グループは裏面電極に CNT 電極を用い、透光性があり両面受光可能な CNT-PSC の 10 cm 角(100 cm²)モジュール^{注4)}を作製しました(図 1)。

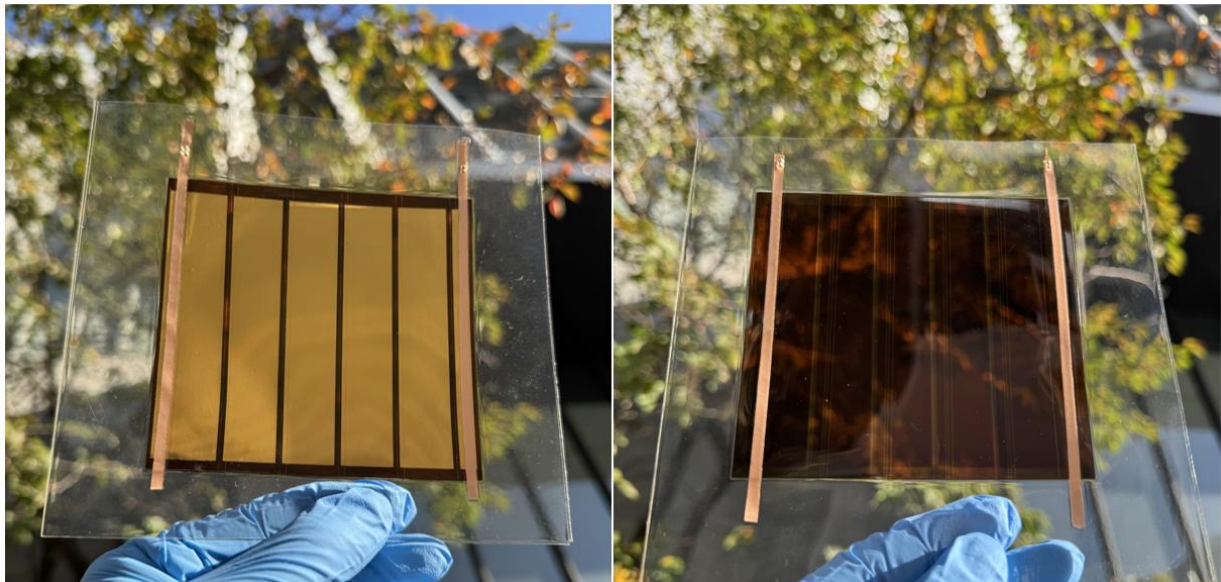


図 1. 10 cm 角(100 cm²)CNT-PSC モジュール。左は従来の金電極、右は CNT 電極を用いたペロブスカイト太陽電池。

従来の金裏面電極を使用したペロブスカイト太陽電池と比較して、CNT-PSC は意匠性に優れた特徴をもっています。従来のペロブスカイト太陽電池では、金電極側から見ると金電極が目立ってしましますが(図 1 左)、研究チームが開発した CNT-PSC では、CNT 電極側から見ても電極が目立たず、その光透過性により向こう側の景色が視認できます(図 1 右)。発電効率は金電極を用いた従来のペロブスカイト太陽電池に比べて若干劣るものの、この特徴により光を入射させる面を反転させても、同等の発電効率を与えることが確認されています。さらに、金電極は優れた導電性を持つ一方で、拡散によってペロブスカイトの分解を促進する懸念があります。これに対し、CNT 電極はその高い安定

性により、ペロブスカイト太陽電池の耐久性向上に貢献します。加えて、今回正孔ドープ材料として使用した 2,2,2-トリフルオロエタノールは、CNT 電極を使用したペロブスカイト太陽電池の安定性をさらに強化します。

【本研究の意義】

ペロブスカイト太陽電池の最大の課題である耐久性は、バリアフィルムで封止^{注5)}を施しても、金属電極を使用し続ける限り解決が難しい可能性があります。しかし、CNT 電極は、ペロブスカイト太陽電池のこの問題に対処できる可能性を秘めており、さらに従来の片面受光型から両面受光型への進化を実現しています。軽量かつフレキシブルであるため、設置場所の自由度が大幅に向上する点も大きな利点です。

シリコン太陽電池との差別化ポイントとして、シリコン太陽電池は硬くて重いシリコン基板を使用し、高温処理が必要である一方で、CNT-PSC は電極の材料が炭素であることから柔らかく軽量のペロブスカイト太陽電池となり、CNT 電極は転写により積層されるので製造プロセスもさらに低減されることが期待されます。最も重要なこととして、曲面のパイ電子共役系である CNT は、ラジカル種や活性酸素を消去し、ペロブスカイト太陽電池の耐久性を向上させます。

この CNT-PSC は、名古屋大学の研究施設であるナショナルイノベーションコンプレックス館(NIC 館)にあるシアトルエスプレスカフェ横の窓に貼付し、3月から実証実験を開始しています(図 2)。太陽電池パネルには CNT-PSC に加え、同様に CNT 電極を搭載した有機薄膜太陽電池^{注6)}(CNT-OPV)も貼付しており、それぞれの発電量が電子パネルに表示される仕組みになっています。また、太陽光で蓄えた電力を利用して LED を点灯させるシステムを備えています(図 2 左)。これらの太陽電池を紹介したポスターも掲示しています(図 2 右)。

実証実験を通して多くの方々に公開することで、再生可能エネルギーの重要性や太陽光エネルギーの有効活用に関心を持っていただける機会を創出します。また、環境に優しい技術の開発やエネルギーデバイスの産業化への関心を広げるきっかけとして、持続可能な未来への意識を高めることを目指しています。

本研究は、CNT-PSC では株式会社デンソー([プレスリリース 2024.12.24](#))、および CNT-OPV ではデザインソーラー株式会社([プレスリリース 2024.12.06](#))との共同研究のもとで行われたものです。



図 2. 名古屋大学のシートルエクスプレスカフェ横の窓での実証実験の様子。CNT-PSC を 1 枚、CNT-OPV を 9 枚貼り付け、発電量、光照度、温度、湿度などを記録している。

【用語説明】

注 1)カーボンナノチューブ(CNT):

炭素原子が六角形格子を形成して筒状になった構造をもち、優れた電気伝導性、強度、熱伝導性をもつ。電子デバイスやエネルギー材料、バイオ医療など幅広い分野で応用が期待されている。

注 2)ペロブスカイト太陽電池:

ペロブスカイト構造の有機無機ハイブリッド材料を発電層に用いた太陽電池。高効率かつ低コストで製造可能なため、従来のシリコン太陽電池に代わる次世代の太陽電池として注目されている。

注 3)裏面電極:

太陽電池や電子デバイスの裏側に配置される電極で、発電層で発生した電流を収集する。安定性や電気伝導性、コスト優位性などが求められ、金属や炭素材料などが使用される。

注 4)モジュール:

太陽光を電気に変換する複数の太陽電池セルを組み合わせて、一つのユニットとした構造体を指す。

注 5)封止:

太陽電池セルを外部環境から保護するために、透明なフィルムで覆い、固定することをいう。

注 6)有機薄膜太陽電池:

発電層に有機半導体材料を用いた太陽電池で、軽量・柔軟な特性をもち、製造コストが低いことが特徴。多様な基板に対応可能で、次世代の再生可能エネルギー源として注目されている。



東海国立大学機構は、岐阜大学と名古屋大学を運営する国立大学法人です。
国際的な競争力向上と地域創生への貢献を両輪とした発展を目指します。

東海国立大学機構 HP <https://www.thers.ac.jp/>

