


ベンチャー企業の株式会社PXPは、クリーンエネルギーである「曲がる太陽電池」を搭載したEV三輪車の実証実験を行った。太陽電池は、同社が独自に開発したCIS太陽電池を積層したペロブスカイトタンデム構造で、変換効率26.5%を達成。1日の発電のみで約25km~30km走行の実証実験をした。

企業名	 株式会社 PXP		
事業内容	20年以上にわたり、再生可能エネルギーの研究開発・生産に携わってきたメンバーが集結し、いつでも・どこでも・だれでも自由に使えるクリーンエネルギーの開発に取り組む。次世代光電変換素子の研究開発、次世代光電変換素子の製造販売、次世代光電変換素子の製造技術供与・技術サポート。		
所在地	〒252-0131 神奈川県相模原市緑区西橋本 5-4-21 さがみはら産業創造センター SIC1-107		
TEL	042-703-5250	URL	https://pxpco.jp/about/company/
資本金	4,601万円	従業員数	—

【本技術の概要】

株式会社PXPは2024年5月21日、いつでも・どこでも・だれでも自由に使えるクリーンエネルギーである「曲がる太陽電池」を搭載したEV三輪車の実装実験を行った。従来のシリコンベースのパネルと比較して、軽量であり、高いエネルギー変換効率を持つことが特徴である。当該EV三輪車は、外部からの電力供給に頼らず、移動が可能なることから、災害時などの非常時において移動手段および電源としての機能も持つ。都市部や過疎地における持続可能な移動手段として期待される。

車体屋根部に貼り付けた太陽電池パネルはトータル1kg未達の超軽量設計で、厚さも約1mm以下と薄い。太陽電池には、同社が独自に開発したペロブスカイトタンデム型太陽電池^(注1)を搭載し、1日の太陽光による発電のみで、約25km~30kmの走行が可能になると見込まれた。

「曲がる太陽電池」には、可視光領域に高い変換効率をもつペロブスカイト薄膜太陽電池^(注2)と、銅・インジウム・セレンを主元素としたカルコパイライト光電変換層(CIS太陽電池)^(注3)とを積層し、太陽光の波長の吸収できる幅を広げることで発電効率を26.5%まで高めた。

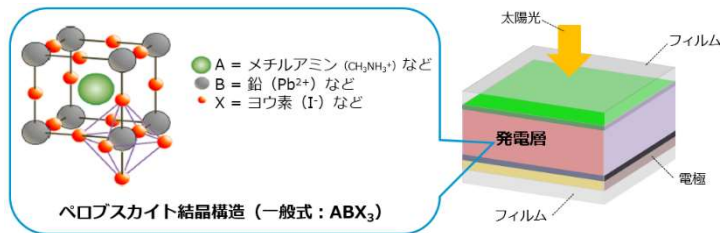


図1. 「曲がる太陽電池」を搭載したEV三輪車

【有望技術紹介 No.108】

(注1) 金属箔を基板に異なる種類の光電変換層を重ねたフレキシブルな構造のタンデム型太陽電池。

(注2) 以下の構造を持つ化合物を発電層とする太陽電池。



(注3) 基板上に裏面電極があり、その上に CIS (銅・インジウム・セレンを主元素) 光吸収層・バッファー層・窓層半導体・透明電極層という構成。CIS 光吸収層の特性改善を目的にインジウム (In) の一部をガリウム (Ga) に置き換えた GIGS 太陽電池が用いられることもある。

引用先：<https://ev-times.com/2024/05/24/24313>

引用先：<https://prtmes.jp/main/html/rd/p/000000007.000131866.html>

【背景・基本原理】

PXP は 2020 年設立のベンチャー企業。ペロブスカイト／カルコパイライトのタンデム構造を用いた軽く曲がる割れないソーラーパネルや、全固体電池一体型ソーラーパネルなどの研究開発を行っている。また、2024 年より量産パイロットラインの稼働を開始している。同社が開発した 2 種類以上の異なる太陽電池を積層したタンデム太陽電池の性能は、トップセルとボトムセルの材料の組み合わせで決まる。太陽電池には、発電効率上最適な波長があり、複数の太陽電池を接合して変換効率を向上させることができる (図3参照)。長波長を透過するペロブスカイトは、トップセルの材料として有望だが、理論変換効率が最大となる 1.67eV 付近の色のペロブスカイトでは耐久性が良くないという課題があった。一方、比較的高耐久性のある 1.55eV 付近の色のペロブスカイトを用いると、ボトムセル材料の性能に大きな影響を与えることがわかった。そのため、ボトムセル材料としてシリコンや色を調整したペロブスカイト、カルコパイライトを検討した。その結果、カルコパイライトが最も高い理論変換効率を示した。また、ペロブスカイトと同様に、曲げられるが割れないといったフレキシブル性を生かせるため、ペロブスカイトとカルコパイライトは相性の良い組み合わせであることを見出した (図4参照)。



図2. タンデム太陽電池を搭載した EV 三輪車

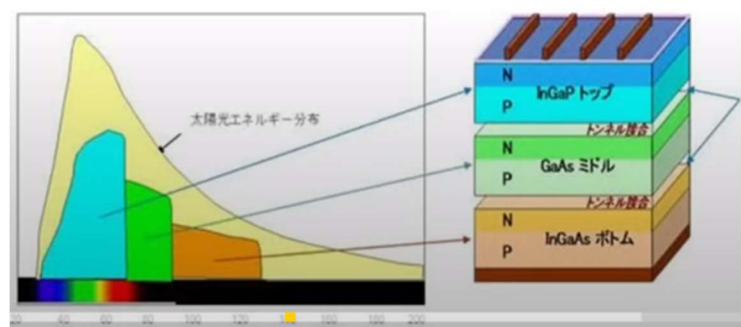


図3. 接合型太陽電池の構成イメージ例

引用先：You Tuve ERESTAGE LAB ・2024.5.16

トップセル材料		タンDEM変換効率 (理論限界)		
ペロブスカイト	色:1.67eV (比較的低耐久)	39.1%	33.5%	42.4%
ペロブスカイト	色:1.55eV (比較的高耐久)	31.0%	25.3%	36.4%
ボトムセル材料				
シリコン	ペロブスカイト	カルコパイライト		
色:1.12eV (高耐久)	色:1.2eV (低耐久)	色:1.0eV (高耐久)		
特徴				
曲らない ※薄くてたわむもの有		曲がる		
割れる		割れない		
世界中で膨大な数の研究機関、企業が主力。		中国、欧州、米国、日本の研究機関、企業が主力。	欧州、中国、日本の限られた研究機関、企業が着手。	



図4. タンDEM型太陽電池の構造と開発動向

PXP では比較的高耐久な 1.55eV ペロブスカイトを用いて、フレキシブルなタンDEM型太陽電池の実用化を目指している。同社は 2023 年 11 月にペロブスカイトとカルコパイライトの組み合わせで、変換効率 23.6%を達成した。今回、そこから約 5 カ月でさらに効率を 26.5%まで高めることに成功した。

引用先：<https://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/2404/12/news094.html>

引用先：Hiroki Sugimoto et al. Preprint for PVSEC-34 (2023)

【発電効率とバンドギャップ】

太陽光発電の変換効率に大きく関わる要因に「バンドギャップと光の吸収」が関係する。バンドギャップは物質の結晶体の中で「電子」が存在できない領域で、物質固有のものである。太陽光発電素子に用いられる物質では、バンドギャップの小さい方が変換効率は良くなることが知られている。シリコン系の物質が発電素子に使われるのは、シリコンのバンドギャップが小さいからである。半導体のバンドギャップと光吸収の関係は、図5(a)のように、入射光の光子エネルギー ($h\nu$) がバンドギャップ (E_g) より小さければ、価電子帯の電子は伝導帯に飛び移ることができず、半導体は光を吸収しない。これに対して、図5(b)のように $h\nu$ が E_g より大きくなると、価電子帯の電子は光のエネルギーをもらって伝導帯に飛び移り、価電子帯にホールを残し、光を吸収することになる。

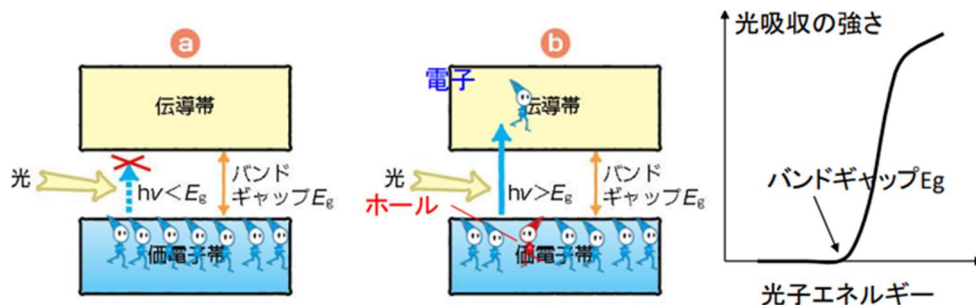


図5. バンドギャップと光の吸収説明図

引用先：https://home.sato-gallery.com/research/yasashii_taiyoudenchi20141119.pdf

【タンデム型太陽電池と全固体電池を一体化】

PXP は、ペロブスカイトとカルコパイライトを組み合わせたタンデム型太陽電池と、全固体電池を一体化した最適セル（発電素子）構造を開発（図6参照）。アラブ首長国連邦・ドバイで2023年11月15～18日に開催された国際会議「第一回 Middle East and North Africa Solar Conference」において最優秀論文賞を受賞した。

同論文では、極薄の金属箔を基板兼共通正極として、受光面側にペロブスカイトとカルコパイライトのタンデム型太陽電池を形成し、反対型に全固体電池を形成することで、発電機能と蓄電機能を一体化したセル構造を提唱した。最適設計を施すことで、日中の太陽の動きや天候変化、季節変動などの環境変化に対して、パワーコンディショナー（PCS）を用いずにセル単体で発電・蓄電・放電の電力制御が高效率で自動運転できることを示した。

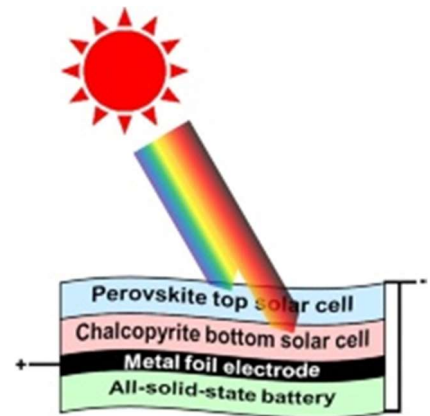


図6. 全固体電池を一体化したセル構造の概略図

引用先：<https://project.nikkeibp.co.jp/ms/atcl/19/news/00001/03804/?ST=msb>

【特徴】

PXP 社が実装・実験をした「曲がる太陽電池」を搭載した EV 三輪車の特徴は、フレキシブルソーラーパネルの高性能、価格競争力に加えて、カバーガラスが不要で軽く、曲がる、割れないなどの特性を活かし、EV 設計の自由度を広げる可能性がある。

主な特徴：

- ①車両登録は「側車付軽二輪車」／②普通自動車免許にて運転可／③3人乗り／④車検不要
- ⑤車庫証明不要／⑥ヘルメット不要／⑦家庭用 100v コンセントで充電

【今後の展開】

同社は今後、EV、HV、PHV や航空機、軽量さや曲面への取り付け性、高い信頼性、耐久性を求められる応用分野のビジネスパートナーの方々と商品化を進めて行く計画である。

専門家による目利きコメント

PXP は創立以来、世界初の方法でペロブスカイト/カルコパイライトのタンデム構造を用いた軽く曲がり、割れない太陽電池を開発してきた。2023年にパイロットを設置し、量産に向けた体制を整えつつある。今後は更なる効率改善、耐久性向上と商品化に向けた協業先選定が重要となると思われる。

お問い合わせ

担当者：株式会社 PXP 取締役 CTO 杉本広紀
TEL: 042-703-5250
E-mail: info@pxpco.jp