

## ペロブスカイト太陽電池の変換効率 18.2%を達成

配布日時：平成 28 年 3 月 28 日 14 時  
国立研究開発法人 物質・材料研究機構

### 概要

1. 国立研究開発法人 物質・材料研究機構（以下 NIMS）太陽光発電材料ユニットの韓 礼元ユニット長をはじめとする研究グループは、ペロブスカイト太陽電池の標準面積（ $1\text{cm}^2$ ）のセルで、世界で初めて 18%を超えるエネルギー変換効率<sup>\*1</sup>）を達成しました。本データは、国際的に認知された中立な太陽電池評価機関である産業技術総合研究所（AIST）太陽光発電研究センター評価・標準チームによって確認されました。
2. これまで報道されたペロブスカイト太陽電池の変換効率の記録は、ほとんどが面積の小さなセル（約  $0.1\text{cm}^2$ ）で得られたものです。しかしセル面積が小さいために測定の誤差が大きく、測定方法も公開されていないため、信頼性を持って研究・開発を進めるために、標準面積（ $1\text{cm}^2$ ）のセルで中立な太陽電池評価機関にて変換効率を得ることが重要となっています。NIMS では昨年 5 月、世界に先駆けて  $1\text{cm}^2$  角のセルにおいて変換効率 15%を実現しました<sup>\*2</sup>）。また、さらなる変換効率の向上を目指して、混合カチオン系のペロブスカイト材料の高純度作製方法の提案も行っています。
3. 本研究グループは、上記の成果をベースに、ペロブスカイト層の混合カチオンの比を調整し、ヨウ素を一部臭素に置き換えることで、良質なペロブスカイト層の結晶粒子を得ることに成功しました。これにより、光照射で形成された電子とホールを効率よく取り出すことが可能になり、短絡電流密度<sup>\*3</sup>）を  $21\text{mA}/\text{cm}^2$  以上に増大させることに成功しました。さらに、ペロブスカイト層と電子輸送層などの各層の膜厚を正確に制御し、太陽電池内部の電気抵抗を減らすことで変換効率の大幅な向上を実現し、変換効率 18.2%を達成しました。
4. 今後は、さらなる高性能キャリア輸送材料や太陽光の波長をより広く利用するペロブスカイト材料を開発すると共に、ペロブスカイト太陽電池の界面制御によって、現在実用レベルでもっとも多く製造されている多結晶シリコン太陽電池のセル変換効率（約 20%）を超えることを目標としています。
5. 今回の研究成果の一部は、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）で実施している「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」の結果得られたものです。本成果は、米国フェニックスで行われる国際会議（2016 MRS Spring Meeting & Exhibit、2016、3月 28-4月 1日）において発表されます。

## 研究の背景

環境・エネルギー問題の解決のために、太陽光エネルギーを利用する太陽電池が注目され、現在シリコン系太陽電池が実用化されています。生産量の拡大により製造コストは大幅に低下してきましたが、火力などの従来発電方法と比べると発電コストはまだ高く、そのため低コストで製造可能な高効率太陽電池が求められています。

ペロブスカイト太陽電池（図 1）は、廉価な材料で構成されており、塗布という簡易な方法で大量生産が可能であることから、製造コストを大幅に下げられる可能性があります。近年、この塗布プロセスで製造可能なペロブスカイト太陽電池において、20.1%の変換効率（セル面積 0.0955cm<sup>2</sup>）が報告されました。しかし、セル面積の小さいセルでは、測定誤差が大きく、他の太陽電池との性能比較ができません。

NIMS の太陽光発電材料ユニットの韓 礼元ユニット長をはじめとする研究グループでは、2 年前からペロブスカイト太陽電池の研究をスタートし、ペロブスカイト太陽電池の表面の凹凸の制御、高性能キャリア輸送材料の開発による大面積化と高効率化研究を行い、昨年 5 月に 1cm 角のセルで変換効率 15%を達成しました。また、より高い変換効率を目指して、波長利用範囲の広い混合カチオン系のペロブスカイト材料の高純度作製方法の提案も行いました。

## 研究内容と成果

今回研究グループは、ペロブスカイト太陽電池において変換効率 18.2%（セル面積 1.02cm<sup>2</sup>）を達成しました（図 2）。国際的に認知された中立な太陽電池評価機関である AIST 太陽光発電研究センター評価・標準チームの測定結果として確認されました。

まず、太陽光の吸収効率を上げるためにペロブスカイト材料における 2 種類のカチオンの混合比を最適化し、さらに一部ヨウ素を臭素に置き換えることによって、ペロブスカイト層における欠陥の少なく大きな結晶粒子を得ることができました。これにより、光照射で形成された電子とホールを効率よく取り出すことが可能になり、短絡電流を 21mA/cm<sup>2</sup>以上に向上させることができました。さらに、ペロブスカイト層、電子輸送層、電子抽出層などの材料と膜厚の最適化に関する検討を行い、太陽電池内部の電気抵抗を低減することで、太陽電池の曲線因子<sup>\*4)</sup>を 2 割程度上げることに成功しました。上記成果をベースに作製された 1cm 角の太陽電池について、疑似太陽光 AM 1.5G (100 mW cm<sup>-2</sup>) の照射下で、短絡電流密度 21.48 mA cm<sup>-2</sup>、開放電圧<sup>\*5)</sup> 1.081 V、曲線因子 0.784 が得られ、変換効率 18.21%が確認されました。

## 今後の展開と波及効果

今回、面積 1 cm<sup>2</sup>のセルにおいて変換効率 18.2%が実現できたことで、あと 1 割の効率向上で変換効率 20%超が視野に入るところまで来ました。そこで、今後この成果を基に、高性能の材料の組み合わせや各層の膜厚の最適化などの検討を行い、今年中に 1cm 角のペロブスカイト太陽電池で変換効率 20%を目指します。長期的には単結晶シリコン太陽電池の最高変換効率 25%への挑戦も現実になります。また、民間企業との共同で、これらの成果の実用化研究を積極的に推進することにより、火力発電並みのコスト（7 円/kWh）を実現し、さらなる太陽電池の普及に貢献します。

参考図

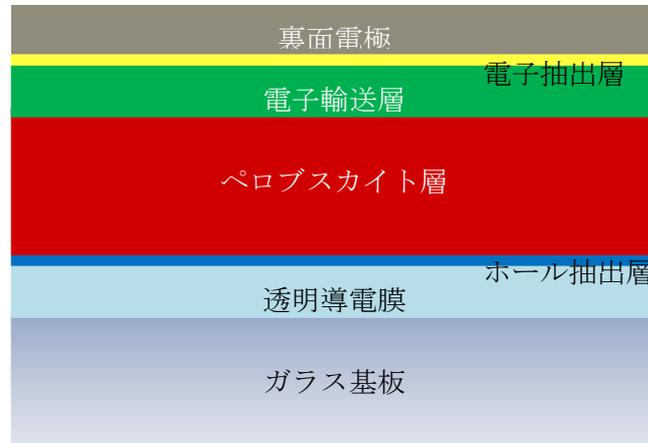


図1 ペロブスカイト太陽電池の構造

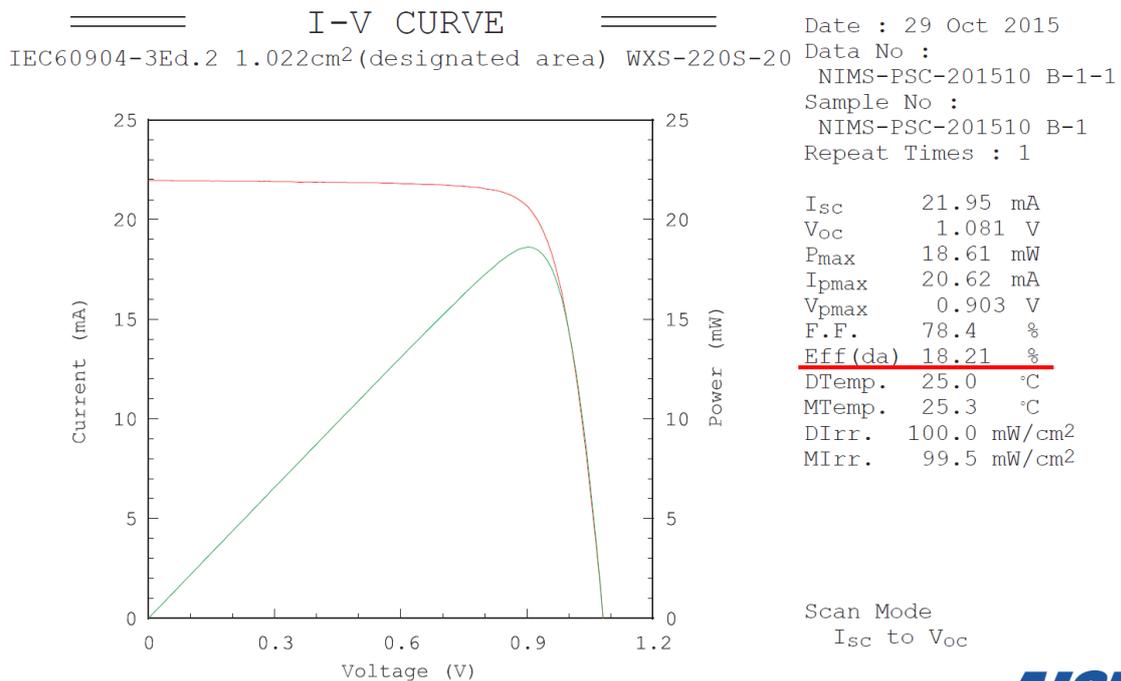


図2 産業技術総合研究所（AIST）太陽光発電研究センター 評価・標準チームによって計測されたペロブスカイト太陽電池の電流・電圧特性。赤い下線の部分が18%を超える変換効率を達成したことを示している。

## 用語解説

### (1) (太陽電池の) エネルギー変換効率

入力される太陽輻射光のエネルギーと、太陽電池から取り出せる電気出力エネルギーの比をパーセントで表したもの

### (2) 変換効率15%を達成

下記のプレスリリースを参照

<http://www.nims.go.jp/news/press/2015/05/201505010.html>

この効率は各種太陽電池の変換効率記録として論文誌PROGRESS IN PHOTOVOLTAICSのSolar Cell Efficiency Table Ver46に掲載されている。

### (3) 短絡電流密度

短絡電流 (光照射時に電池の端子が短絡した時の電流) を有効受光面積で割ったもの

### (4) 曲線因子

最大出力を開放電圧と短絡電流密度との積で除した値。太陽電池の特性を表すパラメータの一つで、主に内部直列抵抗、並列抵抗及びダイオード因子に左右される。

### (5) 開放電圧

光照射時に電池の端子を開放した時の出力電圧

## 本件に関するお問い合わせ先

### (研究内容に関すること)

国立研究開発法人 物質・材料研究機構 太陽光発電材料ユニット  
韓 礼元 (ハン リュアン)

E-mail: HAN.Liyuan@nims.go.jp

TEL: 029-859-2305

FAX: 029-859-2304

野田 武司

E-mail: NODA.Takeshi@nims.go.jp

TEL: 029-859-2441

FAX: 029-859-2304

### (報道担当)

国立研究開発法人 物質・材料研究機構 企画部門 広報室  
〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1

TEL: 029-859-2026

FAX: 029-859-2017