新エネルギーの先端技術

ペロブスカイト太陽電池で太陽光発電の大幅な低コスト化へ

安価な製造、劇的な変換効率向上のポテンシャル

ペロブスカイト太陽電池は、太陽光発電の劇的な低コスト化につなげられる新たな太陽電池と見込まれ、世界各国でその研究に力が注がれている。結晶シリコン系をはじめ様々な太陽電池がある中、ペロブスカイト太陽電池は、高い変換効率を有しながら、きわめて安価に製造できるとして期待が集まる。

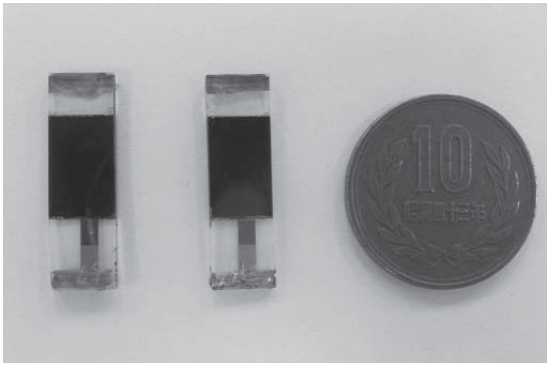
ペロブスカイト太陽電池は、ペロブスカイト構造と呼ばれる結晶構造を持つ材料を、発電層に用いた太陽電池を一般的に指す。「ペロブスカイト」の名前はロシアの鉱物学者レブ・ペロブフスキ(1792～1856)に因み名付けられた。

22.1％までに変換効率が急向上

ペロブスカイト太陽電池は、2009年に桐蔭横浜大学の宮坂教授がその原型を論文発表して以来、世界各地で研究が進められている。当時のセル変換効率は3.9％と低いものだったが、近年では22.1％の変換効率が韓国の研究グループにより達成されるなど、近年変換効率の向上・改善が急ピッチで進んでいる。世界各地で研究が非常に活発に進められ、研究の動向を「ブーム」と指摘する声もある。

安価で結晶シリコン系に匹敵の性能

ペロブスカイト太陽電池の研究が世界的なブームとなっている大きな理由は、近年の変換効率の急速な向上とともに、非常に安価に製造が行えることへの期待がある。試作のセルレベルながら実現した22.1％という変換効率は、数値だけでみれば、すでにメガソーラーなどでモジュール製品としても実用化されている結晶シリコン系太陽電池並みの変換効率に匹敵する。一方でペロブスカイト太陽電池は、材料の塗布やロール・ツー・ロールといった方式・工程で製造が可能ともされ、現状の結晶シリコン系太陽電池に比べてより安価に製造できると見込まれている。



ペロブスカイト太陽電池の試作セル

鉛フリー材料開発の動きも

ペロブスカイト太陽電池は、2050年に向け2016年に策定された内閣府のエネルギー・環境基本戦略(NESTI2050)でも、次世代太陽光発電技術として、2050年までに普及することを見据え研究に注力していく項目の１つとして記載されている。実用化に向けては例えば耐久性の問題など様々な課題もあるが、これらの点についても世界各地での研究が進められている。ペロブスカイト太陽電池は、変換効率などの観点から現在は鉛を使用した有機陽イオンを含むハロゲン化鉛が主流となっている。人体への影響が指摘される鉛を使用することへ懸念もあるものの、各国の研究機関などによる取り組みの中で、鉛フリーの材料に関する研究を進める動きもある。

2030年７円/kWhへの貢献

ペロブスカイト太陽電池は、これまで国の様々な研究機関が統轄するプロジェクトにおいても研究が進められている。現在では、例えば新エネルギー・産業技術総合開発機構(ＮＥＤＯ)のプロジェクトによる研究などが進められている。ＮＥＤＯでは、2014年９月に、太陽光発電の新たな技術開発指針として、「太陽光発電開発戦略(NEDO PV Challenges)」を公表した。戦略では、発電コスト低減目標として、2020年に業務用電力価格並となる14円/kWh(グリッドパリティ)、2030年に従来型火力発電の発電コスト並みあるいはそれ以下に相当する7円/kWh(ジェネレーションパリティ)を掲げる。

パナ、東芝、東大などが５カ年の研究

ＮＥＤＯが2015年度に公募した「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」事業において、「ペロブスカイト系革新的製造コスト太陽電池の研究開発」のテーマが採択され、現在その研究開発が進められている。採択を受けた事業者、研究機関はパナソニック、東芝、積水化学工業、アイシン精機、富士フイルムといった大手民間企業のほか、早稲田大学、東京大学も参画している。事業期間は2015年度から2019年度までの５カ年。

ペロブスカイト太陽電池、ポテンシャルは我々の想像以上に
東京大学 瀬川浩司教授

ペロブスカイト太陽電池の研究開発動向について、ＮＥＤＯの研究開発プロジェクトで研究の統括役を務める、東京大学の瀬川浩司教授にお話を伺った。

－これまでの研究内容は

瀬川　従来より有機系太陽電池に関する研究を幅広く行ってきた。こうした中2009年になり内閣府の総合科学技術会議が運用する最先端研究開発支援プログラム(ＦＩＲＳＴ)のプロジェクトの30課題の１つとして、私が中心研究者となった有機系太陽電池のプロジェクトがスタートした。プロジェクトには桐蔭横浜大学の宮坂力先生も加わっていただき、東京大学内の集中研究室での研究を開始した。宮坂先生は大学院時代の指導教員が私と同じ本多健一先生(故人)であったこともあり、以前から東大の私の専攻の客員教授にもなって頂いていたが、宮坂先生の指導を受けた東大の博士課程大学院生がペロブスカイト太陽電池を開発。当時変換効率は3.9％と微々たるものだったが、近年その変換効率の急激な向上などが見られ世界で研究が急加速している。

－ペロブスカイト太陽電池の概念整理を

瀬川　厳密に言うと「ペロブスカイト太陽電池」という名前の付け方が適切かどうか微妙だ。完全なペロブスカイト結晶の他に微結晶相やアモルファス相も混在している。ペロブスカイト構造が必ずしも必要な要素か微妙な点が存在しネーミングが難しい。材料としては「有機金属ハライド」が必須なのでその名前を冠し、ペロブスカイト太陽電池を「有機金属ハライド太陽電池」と呼称することもある。ただ「ペロブスカイト太陽電池」のほうが短期間に定着し、多くの研究者がそう呼んでいる。

－ＮＥＤＯの事業などの計画は

瀬川　ＮＥＤＯの2019年度までのプロジェクトで単セルレベルの中間目標で20％、最終目標では25％の変換効率達成を目指している。有機金属ハライドペロブスカイト太陽電池は塗布で、また低温プロセスで製造が行えるため製造工程の低コスト化が期待できる。我々の研究グループも約0.2㎠のセルで20.5％の変換効率に到達しており、これをさらにどう大面積化するか工夫が必要だ。ペロブスカイト太陽電池の変換効率の高いケースでは、バリア層やホール輸送層なども含め材料などを厳密に最適化している。有機金属ハライドペロブスカイトは、電子やホールのモビリティや光吸収強度が高く、電圧ロスも通常のシリコンに比べ極めて小さい。有機金属ハライドペロブスカイト太陽電池は、我々が考える以上に高いポテンシャルを持っているのかもしれない。

瀬川浩司氏

－鉛フリーの材料開発も

瀬川　内閣府の環境・エネルギーイノベーション戦略では太陽光発電は量子ドット太陽電池とペロブスカイト太陽電池に関し記載されているが、ペロブスカイト太陽電池は人体に影響のある鉛とは別の材料を研究する必要があるとしている。これはまだまだ課題もありもうワンステップ必要な取り組みだ。我々も鉛フリーの材料に関する研究はすでに着手している。ただＮＥＤＯの掲げる2030年に７円/kWhというコスト目標は鉛を使ったものとなる。

－民間企業との今後の連携は

瀬川　我々の取り組みはパナソニックや東芝など太陽電池の強力なメーカーが参画した体制ということでも注目されている。日本のメーカーは色素増感太陽電池や有機薄膜太陽電池の製造に関し強みを持ち合わせ、関連する材料メーカーも優良な企業が存在する。我々の参画するＮＥＤＯのプロジェクトの期間中にモジュールも試作する計画だ。

－従来の太陽電池はどうなる

瀬川　結晶シリコン系の太陽電池は、現状ですでに信頼性が確保できており、有機金属ハライドペロブスカイト太陽電池が実用化されても、既存の太陽電池更新などで結晶シリコン系太陽電池も引き続き需要が存在すると見ている。一方ペロブスカイト太陽電池は、ポストＦＩＴにおける低コスト太陽電池の本命として期待されるが、もう少し早い段階でＩｏＴ技術のセンシングデバイスのための電源として製品化されるというストーリーも考えられるのでは。