

次世代太陽光電池の開発で日本は勝てるのか

◆次世代太陽電池として期待されるペロブスカイト型

第6次エネルギー基本計画では、2030年の電源構成として再生可能エネルギーは36～38%（現在18%）で、太陽光は14～16%（現在6.7%）となっている。

国土面積の4分の3が山地で、平地が少ない日本において太陽光発電の導入を進めた結果、国土面積当たり・平地面積当たりの発電設備の導入量は主要国の中で最大となっている。こうした状況から、更なる太陽電池導入拡大に向けては、新たな設置場所の開拓や既存シリコン系の重い、柔軟性がない、コストが高いといった課題を克服した次世代型太陽電池の開発が期待されている。

表1 太陽電池の種類（シリコン系、化合物系、有機系の3種類）

	シリコン系	化合物系	有機系 ペロブスカイト型
導入状況	普及 シェア95%	高付加価値用途 (衛星等)	研究開発段階
発電効率	26.7%	37.9%	21.0%

23年8月31日、「第6回 グリーン電力の普及促進等分野ワーキンググループ」で、「次世代型太陽電池の開発」プロジェクトに関する取組状況が討議された。

ワーキンググループでは、既存シリコン系の課題を解決できる可能性のある有機系のペロブスカイト型が有望視されている。ペロブスカイト型は、直近7年間で発電効率が約2倍に向上するなど、飛躍的な成長をしているからである。

◆ペロブスカイト型のメリットと課題

ペロブスカイト型は、実用化を達成した際には、既存シリコン系に比べて以下の3つのメリットがある。

- ①シリコン系は多くの製造工程が必要であるが、ペロブスカイト型は溶解処理による簡素化された製造工程である。また、ペロブスカイト型は薄膜で使用するので、シリコン系と比較して約1/20程度の材料となる。以上のことから、ペロブスカイト型はコストダウン（約1/3～1/5程度）が期待できる。
- ②ペロブスカイト型はプラスチックなどの軽量基板の利用が容易で、軽量性や柔軟性が確保できるので、シリコン系では設置困難だった場所（ビルの壁面や耐

荷重の小さな屋根など) への設置が可能となる。

- ③ペロブスカイト型の主要な材料であるヨウ素の生産量は、日本が世界シェア30%を占めている。また、他の材料も含めて国内の材料で製造できる。

一方、ペロブスカイト型の実用化には課題もある。ペロブスカイト結晶構造は、酸素や水分によって影響を受けやすく、熱劣化による結晶構造の不安定性がある。この特性から、結晶内部での結合が変化し、電子が効率よく移動できなくなり、発電効率が低下する。太陽光パネルの表面温度は、夏場に70～80℃程度まで上昇するので、実用化には少なくとも耐熱性が必要となる。

また、ペロブスカイト型は少量の鉛を使用しており、鉛が土壌や河川などに流出することによる環境への影響も懸念されている。鉛の代替としてスズの研究開発がされているが、発電効率が大幅に低下する問題が解決できていない。

◆加熱するペロブスカイト型の開発競争と実用化の動向

国内では、複数の企業で、グリーンイノベーション基金を通じて、ペロブスカイト型の基盤技術の開発や、製品レベルの大型化を実現するための各製造プロセス（例えば、塗布工程、電極形成、封止工程など）の個別要素技術の確立に向けた研究開発を行うことを通して、現時点における既存シリコン系と同等の発電コスト14 円/kWh 以下の達成を30年までに目指している。

表2 国内のペロブスカイト型の開発状況

企業	開発状況
積水化学工業	23年4月からNTTデータ共同で、フィルム型を建物外壁に設置し、国内初の実証実験を開始した。実証項目は、設置方法の確立、発電効率の測定、耐久性を確認する。
パナソニックHD	23年8月31日、ガラス建材一体型のプロトタイプを開発し、神奈川県藤沢市で実証実験の開始を発表した。実証項目は、小吹設置による発電効率や耐久性を検証する。
東芝	23年2月11日に横浜市などの4者が東急田園都市線・青葉台駅にて実施する先行実証実験向けに、大面積のフィルム型を実験資材として提供すると発表した。
エネコートテクノロジーズ *京大発のベンチャー企業	22年12月に、京大の若宮教授のグループはスズ-鉛混合系ペロブスカイト型薄膜を効果的に表面修飾する手法を開発した。スズを含むペロブスカイト型で22.7%の発電効率を達成した。本研究成果をエネコートテクノロジーズに技術移転し、実用化に向けた開発研究を展開している。

諸外国の動向に関して、中国では、15年頃からスタートアップ企業が複数設立

された。多数の企業や大学が中国自国内の特許取得を進めていると見られ、研究開発競争は激化している。Dazheng（大正）やGCL Perovskite（協鑫光電）などをはじめとして、量産に向けた動きが見られる。

表3 中国のペロブスカイト型の開発状況

企業	開発状況
DaZheng (大正)	23年7月14日、廈門市海滄区人民政府、福建省パイロット自由貿易区廈門地域の管理委員会と大正は、3MWのモジュール生産基地プロジェクトの署名と除幕式を開催した。
GCL Perovskite (協鑫光電)	23年6月26日、発電効率16%のペロブスカイト太陽電池パネルを発表。24年には、生産ライン整備に100億円を投資し、量産に向けた体制構築を進めることを計画。
Photon Crystal Energy (光晶能源)	23年8月24日、1億6000万元を調達した。23年下半期には100MWのパイロットスケール生産ラインを建設する。24年にパイロットラインの試運転を行い、25年に量産を開始する計画。

英国では、オックスフォード大学発スタートアップのOxfordPVは、タンデム型の商品化・量産化・製造プロセスの開発に注力し、25年前後の大量生産を目指している。ポーランドのSaule Technologiesは21年5月に生産工場を完成させ、コロナ禍の影響で遅れたが、23年内に少量から商用化を行う計画である。

◆ 実用化の開発で先行する中国勢に勝てるのか

09年、世界で最初に太陽電池材料として、ペロブスカイト結晶を発明したのは日本人の宮坂教授である。ペロブスカイト型は日本発の技術である。

ただ、宮坂教授は海外での特許出願手続きに多額の費用が掛かるため、基礎的な部分の特許を国内でしか取得しなかった。海外勢は特許使用料を支払う必要がなかったことが、海外勢の特許攻勢を許す一因となっている。

特許庁のニーズ即応型技術動向調査では、中国の出願は15年以降に急激に増加した。特許出願の内容は製造装置に係るもので、量産化が目的である。

最近、中国メーカーは量産化が具体化した。ペロブスカイト型の量産時の課題はロット毎の性能差といわれている。量産化をいち早く進めている中国メーカーに製造時のノウハウが蓄積され、早期に課題を解決する可能性が高まる。

実用化で先行する中国メーカーに勝つために、日本企業が得意な精度の高い大量生産技術の確立である。その為には、企業は生産技術開発を加速し、政府は資金援助などの支援策を強化する必要がある。

【渡部徹】