

低炭素技術として躍進するペロブスカイト太陽電池

桐蔭横浜大学
宮坂 力

1. はじめに、カーボンニュートラルに資する次世代太陽電池

ペロブスカイト太陽電池の実装試験が進んでいる。大阪万博の会場には積水ソーラーフィルム社の製作したペロブスカイト太陽電池のフィルム型モジュールが会場入り口の約 250m にわたって設置され、その電力が照明等に利用されている。筆者らの参画する企業連携グループも環境省のカーボンニュートラル技術開発・実証事業プロジェクトの事業としてフィルム型モジュールを開発し、これを横浜港に設置して耐久試験を開始した。ペロブスカイト太陽電池が次世代太陽電池として高く評価されるのは、エネルギー変換効率（PCE）の高さと製造コストを低減する高いポテンシャルである。このような二面をもつ太陽電池は過去には例がなかったといえる。ペロブスカイトの効率は記録を更新し続け、本年に1月にはシリコン単結晶を超えて 27%まで高まった。なぜ、そこまで進化を続けられたのか？それは本稿で述べるハロゲン化ペロブスカイトの固体結晶が持つ「欠陥寛容性」という希有な光物性、優秀な半導体物性による。ハロゲン化ペロブスカイトは、直接遷移型の半導体であり厚さ 1 μm の薄膜で光吸収し、長距離の電荷輸送能力をもつ。さらに、その成膜が安価な低温の印刷工程で可能なことからプラスチックフィルム基板を使った軽量で曲げられる太陽電池の製造を可能にする。これまでの Si 太陽電池や化合物半導体の太陽電池に比べて優位な点は、高効率の発電や低コストの溶液成膜だけではない。重要なのは、使用済みの太陽電池の回収処理が容易であり、廃棄に大きなコストがかからないことである。これらは、太陽電池の環境負荷を評価するライフサイクルアセスメント（LCA）において、消費エネルギー（消費電力）が小さいという高い評価につながる。まさにカーボンニュートラル社会に資する太陽電池といえよう。

そして、わが国がペロブスカイト太陽電池の研究を始めたパイオニアであることも重要である。技術の発見に至った歴史を述べると、同じく環境負荷の小さいことを特徴とする塗布型太陽電池である色素増感太陽電池の延長として、2006 年ころに筆者らが酸化チタン半導体電極の表面にメチルアンモニウムヨウ化鉛 ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$) のペロブスカイト微結晶を析出させた電極から光電応答が得られた¹⁾。超薄膜のため光吸収が微弱で PCE 値は数%の程度であったが²⁾、Oxford 大学との共同研究が始まりペロブスカイト結晶を μm レベルの厚い半導体膜にした結果、PCE は 10%を超えた³⁾。この成果を受けて世界の研究機関が追試したことで変換効率は急速に改善し 2015 年には 20%を超えた。そして現在、ペロブスカイト太陽電池の PCE の認証値は単結晶シリコン太陽電池の最高効率

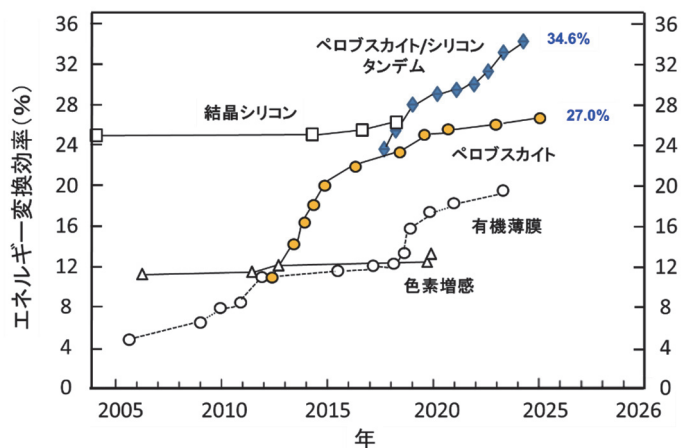


図1 太陽電池の変換効率の進展