

円筒形で太陽電池の可能性を拓く



なかむら まさき
中村 雅規
ウシオ電機
技術統括本部
パワー・システム部 部長
2014~17年
S-イノベ 研究分担者

はやせ しゅうじ
早瀬 修二
電気通信大学 I-Powerエネルギー
システム研究センター 特任教授
2009~19年 S-イノベ 研究リーダー

ながよし ひであき
永吉 英昭
フジコー 常務取締役・
技術開発センター長
2015~19年
S-イノベ 開発リーダー

のむら たかとし
野村 隆利
CKD 新規事業開発室
2015~19年
S-イノベ 研究分担者

再生可能エネルギーの代表格である太陽電池。現在主流となっている無機系太陽電池に代わる次世代太陽電池の開発に挑んだのが電気通信大学(採択時、九州工業大学)の早瀬修二特任教授とフジコーの永吉英昭常務取締役をリーダーとする研究チームだ。材料開発から製造装置開発、さらにはシステム化までを一貫通貫で進め、これまでにない円筒形の有機系太陽電池を実現し、その可能性を広げようとしている。

有機系の弱点を円筒形で克服

現在、太陽電池は主に無機材料の結晶シリコンで作られているが、製造工程で約1500度の高温と真空環境が必要で、製造コストがかかる。そのため、常温、常圧の条件で基板に塗布するだけで製造できる有機系太陽電池の研究開発が長年進められている。

有機材料には、基板にプラスチックなどを用いることで、軽量かつフレキシブル、大面積の太陽電池を作れるという特長がある。しかし、空気中の水や酸素によって容易に劣化し、発電効率が急速に低下することが普及を阻んでいる。水や酸素に触れさせないための封止技術の開発も進められているが、実用化には長期にわたる安定性と確実性のある封止が求められ、製造コストがかさんでしまう。

こうした中、研究チームは有機材料を使った太陽電池を蛍光灯のようなガラス管の中に丸めて封入する「円筒形太陽電池」の開発に成功した(図1)。フラット型と違い両端だけを封止すればよいので、封

止のコストを抑えられる。また、ガラスと金属という素材だけを用いて封止するので効果も高く、長寿命を実現する画期的な技術だ。

細く丸めても性能を維持

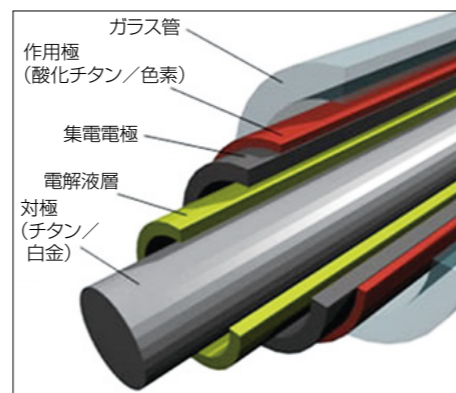
早瀬さんは元々企業の研究者で、20年以上前から有機系太陽電池の一種、色素増感太陽電池の研究開発に従事していた。「大学に移ってから研究を続け、なんとか実用化したいと考えていました。ちょうどその頃にS-イノベが立ち上がり、早速応募したのです」と早瀬さんは10年前を振り返る。

色素増感太陽電池は、光触媒としても知られる酸化チタンのナノ多孔膜を光電極として用いる電池だ。紫外線しか吸収しない酸化チタンの表面に色素を吸着させて可視光への感度を高めるため、色素増感と呼ばれる。

S-イノベ開始当時、無機系太陽電池の普及が加速していたが、早瀬さんらは独自の研究を続けた。当初はフレキシブル

なフラット型と円筒形の2形状で開発を進めていたが、S-イノベ開始から約4年経った頃に転機が訪れる。ウシオ電機から「農業分野で円筒形太陽電池の需要がある」という情報が寄せられたのだ。

ウシオ電機では当時、東日本大震災で被災した農家の復興支援として、ビニールハウスを使ったイチゴ栽培システムの導入を検討していた。栽培には温度や湿度などの管理が重要だが、センサーシステムで栽培環境を計測し、遠隔管理できれば手間を減らせると考えていた。「電源として太陽電池を想定しまし



■図1 円筒形色素増感太陽電池の構造

たが、ビニールハウスの屋根に一般的なフラット型を設置すると、太陽光を遮ってしまいます。円筒形にすれば間を空けて設置できますから、光を取り込めます。社内でも研究を進めていたところでした」と中村さんは語る。

無機系太陽電池に対抗するため、早瀬さんらもこれを機に円筒形の開発1本に絞り込んだ。こうしてウシオ電機が参画したが、円筒形太陽電池の実現には、細く丸めても性能が変わらない色素増感太陽電池が不可欠だった。この技術開発を担ったのが、続いて参画した金属表面処理のフジコーだ。通常、色素増感太陽電池は、基板に塗布した溶液を約400度で焼き固めて作るが、フジコーは独自の塗布技術を持っていた。「溶射といって溶液を加熱しながら基板に吹き付ける方法です。通常の塗布より密着度が高く、丸めても簡単には剥がれません」と永吉さんは胸を張る。ウシオ電機、フジコーの合流により、研究は加速していくことになる。

職人技を製造装置で再現

さらに、ほぼ同時期に自動機械装置メーカーのCKDが参画する。「渡りに船のタイミングでした。きっかけは偶然の出会いで、とても印象に残っています」と早瀬さんは振り返る。

円筒形太陽電池は、両端に取り付けた電極とガラス管を一体化させた形で封止する。金属とガラスの膨張率が異なるため、ガラス管をひび割れさせずに一体化し、完全に封止することは容易ではない。産業用ランプなども扱うウシオ電機には優れた封止技術を持つ職人が所属していたが、実用化を考えると職人の技術に頼り続けることはできない。そこに、ランプ系の製造装置を手がけるCKDが現れたのだ。

参画の経緯を、野村さんはこう説明する。「LEDの普及でランプ製造装置の需要は激減し、新たな分野の開拓が必要でした。ある日、展示会のJSTブースを訪問した社員が円筒形太陽電池と出会い、当社の技術が生かされると直感したのです。JSTの担当者に早瀬先生を紹介しても

らい、その後はトントン拍子に参画が決まりました」。

しかし、ランプと太陽電池では使用する金属の種類も異なり、技術をそのまま転用できない。職人や金属の専門家のアドバイスも受けながら、半年にわたる試行錯誤の末に自動封止装置の開発に成功した。「製造装置メーカーは製品の量産化という最終段階から参画するのが一般的でしたが、S-イノベでは開発段階から関わりノウハウの蓄積や課題の共有ができました。これが開発時間の短縮や低コスト化の工夫につながりました」と野村さん。

CKDが開発した製造装置により製造時間が大幅に短縮され、性能評価にも弾みがついた。ウシオ電機が円筒形太陽電池と温度や照度を測るセンサーを組み合わせたデバイスを製作し、10本以上をフジコーの敷地内に設置した。約4年が経過したが、性能はまったく落ちていないという(図2)。今月中にさらに240本のデバイスを敷地内に並べ、安全性も含めた大規模データを集積する予定だ。

家電量販店と連携し用途開拓

「フラット型の場合、一部が劣化すると全体を取り替えるわけにはいきませんが、円筒形の場合は蛍光灯のように1本1本取り外して、劣化した分だけを交換できます。利用する本数を変えれば、発電量も柔軟に調整できます」と早瀬さんは円筒形の強みを説明する(図3)。太陽がどの方向にあっても効率的に発電



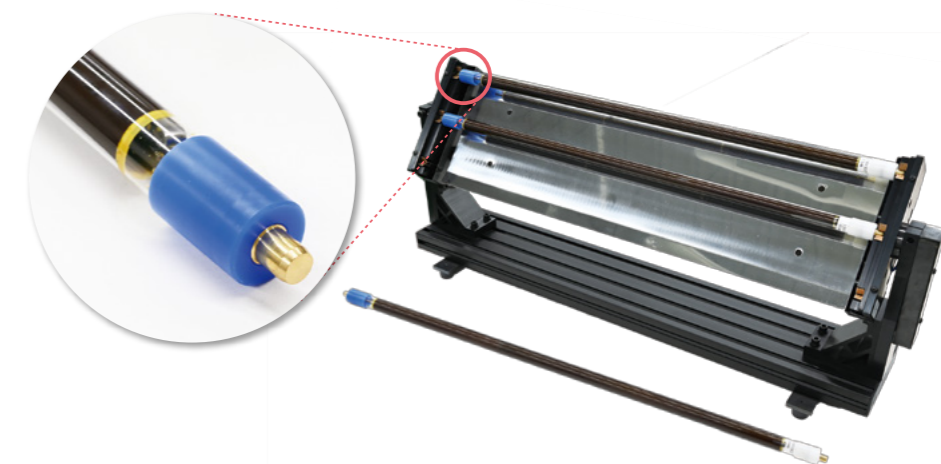
■図2 フジコー敷地内でのセンサーデバイス性能試験。データはインターネット経由で遠隔地からも確認できる。

でき、風にあおられる心配もないので固定用架台も必要ない。従来のフラット型では対応できなかった用途への展開が期待できるのだ。

谷口彬雄POのアドバイスもあり、家電量販店との連携も進めている。2~3年以内の実用化を目指しており、量産体制が整い次第、農業向けに限らず広く一般向けにも販売していく計画だ。

早瀬さんは「数年間のプロジェクトでは、サンプルを作っただけで終わることが多い。入れ替わりはありましたが、材料、装置製造、システムのそれぞれの分野で高い技術を持つ企業と、10年間にわたりじっくりと取り組めた意義は大きいです。お互いの専門性を尊重し、バランスの取れた協力体制を築けたことが、成果につながりました」と成功の要因を語る。

無機系太陽電池に匹敵する高い発電効率で注目されるペロブスカイトの円筒形電池化にも成功するなど、S-イノベ終了後も協力体制は続いている。研究者と企業の努力が実を結んだ円筒形太陽電池の可能性は確実に広がっていくだろう。



■図3 開発された円筒形太陽電池。はめ込み式で蛍光灯のように1本ずつ交換できる。用途に応じて使い分けられるよう、30、60、90、120センチメートルの4種類を用意している。