

# 京都大学 化学研究所 複合基盤化学研究系 分子集合解析研究領域

わかみや あつし  
若宮 淳志 教授

## 塗つて作つて曲げられるペロブスカイト太陽電池

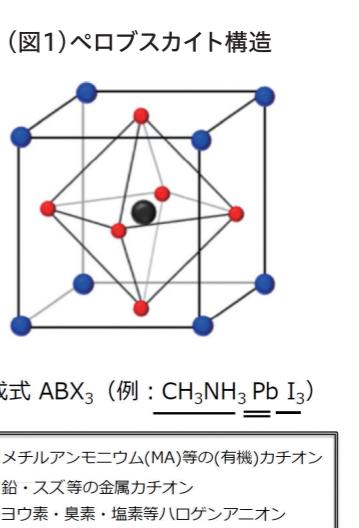
### フィルムへの塗布が可能

太陽電池といえば、いまや住宅の屋根やビルの屋上への設置だけではなく、小型のモバイル充電器にも使用されるなど、とても身近なものになっています。その半は「シリコン系太陽電池」で、太陽光を電気に変換する効率(光電変換効率)は世界の研究結果では最大で25%以上の高さを誇ります。

その製造工程は、岩石などに含まれる二酸化ケイ素を原料に、これを高温で融解し、還元して作製する結晶性のシリコンの塊を薄くスライスするというものです。しかし、製造工程において使用電力量が多く、大量の二酸化炭素を放出するなど環境負荷の高さが問題視されています。また、耐久性は優れているものの、「重くて硬いもの」が常識でした。

そこで近年、次世代型太陽電池として、世界的に注目を浴びているのが「ペロブスカイト太陽電池」です。この電池は、灰チタン石の「ペロブスカイト」という構造(図1)をもつ半導体材料で、メチルアンモニウムなどの有機化合物と、鉛やスズなどの無機化合物のハイブリッド(混成物)から構成されています。

その特長は、室内など低照度でも効率よく発電できること、高温での加熱を必要とせずフィルムなどに塗布して製造できるので製造コストや使用電力が抑えられること、さらに軽くて曲げられるため思い通りの形状にできることなどがあげられます。この太陽電池は、2009年に桐蔭横浜大学の宮坂力教授によって開発されました。ちょうどその頃、若宮淳志先生は京都大学の化学研究所に准教授として着任され、研究者として将来を捧げる研究テーマを模索していました。そんななかで、国内でもいち早くペロブスカイト太陽電池の研究を開始し、研究を続けるうちに「これはホンモノだ」とその可能性を確信。なにより、この電池は石油や石炭など炭素資源



の枯済問題やエネルギー問題の解決につながると考え、性能の向上だけでなく、実用化に向けた活動を開始されたのです。

現在、若宮研究室では世界最高レベルの光電変換効率23%を実現し、2018年には、京都大学発のベンチャー企業「株式会社エヌコートテクノロジーズ」を設立。多様な用途への対応を目指しております(図2)。



### 材料から塗布技術まで開発

「化学の醍醐味は、新材料の開発など、分子レベルでの『モノづくり』で、私は特に『有機エレクトロニクス』を中心に研究しています」

エレクトロニクスといえば、従来はシリコンなど無機材料が知られていますが、最近は有機EL・テレビなど、有機化合物がその役割を担えますまで、研究や開発が進んでいます。

こうしたなか、若宮先生は有機分子の設計、合成、物性の評価などにより、「ペロブスカイト太陽電池」の開発において、数々の貢献を果たしてこられました。

まず、高純度化前駆体材料(ヨウ化鉛)の開発です。

「それまで使用していたヨウ化鉛では、どうしても光電変換効率にバラつきが出てしまったのです。市販の材料は、99.999% (残存金属性基準)の高純度と表示されていましたが、世界中の研究者はこの純度について疑うことなく使用していました。しかし、私達が分析してみると、ペロブスカイト材料の作製には不純物となる水が含まれていたのです。そこで、徹底的に純度を高めた材料を開発し、国内外の研究者に提供しました。その結果、理論通りの成果が安定して得られるようになりました」

「高純度化前駆体材料は、その後、国内の試薬メーカーから販売されています。そのほか、ペロブスカイトの結晶を均一化する、独自の塗布成膜法も発見されています。それは、材料にタイミングよく溶媒を混ぜ、材料のもとになる小さな結晶を基板上に均一に並べたあと、加熱によって平坦かつ緻密に結晶を成長

させる方法です。この開発には約1年半を要し、その間、溶媒を混ぜるタイミングや溶媒の量を試行錯誤されたのです。

現在は、世界最高レベルの光電変換効率を実現する一方で、低照度であれば、シリコン系太陽電池に比べて、2倍の電力が得られる電池の開発にも成功されています。さらに優れた半導体特性をもたらせるために鉛の代わりにスズを使うという、鉛フリーへの高いハードルも乗り越えようとしておられます。

### 「どこでも電源」の実現を

若宮先生は産学連携も積極的に推進されています。炭素資源の枯済問題やエネルギー問題の解決に向け「ペロブスカイト太陽電池を普及させねばならない」という強い使命感を持っておられるからです。そこで、昨年10月には「フィルム太陽電池研究コンソーシアム」という勉強会も発足させました。現在この勉強会には、材料から装置、デバイスまでのメーカー約20社が参加しています。

「私の夢は『どこでも電源』を実現することです。

しかも、身近で安価なものを普及させたいのです。例えば、フィルムのペロブスカイト太陽電池を貼ったビニールハウスです。農家の人がホームセンターなどでシートを購入し、自分で組み立て、照明や冷暖房を補完できるような世界を描いています」

若宮先生の研究室  
(図3)非常用テントで実験  
7.5cm角のモジュールを2m分貼付している。

### (略歴)

京都大学 化学研究所 教授  
(株)エヌコートテクノロジーズ設立者  
博士(工学)

1998年、京都大学工学部工業化学科卒業。2000年、同大学院工学研究科物質エネルギー化学専攻修士課程修了。00年4月~03年3月、日本学術振興会特別研究員(DC1)として、同年7月~9月は米国Boston College訪問研究員に。03年、京都大学大学院工学研究科物質エネルギー化学専攻博士後期課程を修了。03年4月からは、名古屋大学大学院理学研究科物質理学専攻助手、物質科学国際研究センター助手、助教に着任。10年2月から京都大学化学研究所准教授に着任し、18年4月から現職。  
18年1月に(株)エヌコートテクノロジーズを設立。

には、7.5cm角のモジュールを12枚並べ、これをつないで2mにしたシートを貼り付けた非常用のテントがあり、このテントから25台のスマートフォンを充電することに成功されています(図3)。モジュールのサイズは、本年9月末導入予定のインクジェットプリンター式の塗布機によって、さらに拡大する予定です。また、新聞を印刷するような「ロール・トゥ・ロール」での製造も視野に入れておられます。

このように常に実用化を見据えた若宮先生のモットーは、現場主義です。現象を自分の目で確かめ、その原因を追及することを大切にすることのスタイルは、研究室の学生さんへも着実に受け継がれています。

「誰もがサラサラと思っていた溶液を、『粘つこい』という学生がいましてね。計測してみると微妙に粘性が強い。それには私も驚きました」若宮研究室では、鍛えられた五感によつて、謎の現象が次々に解明されているようでした。

