

## 【ナノテクノロジー特集】

### ナノ結晶太陽電池の明るい未来（米国）

- バークレーの科学者が廉価で作製が容易な極めて薄い太陽電池薄膜を合成 -

太陽光を効率的に電力に変換し、実質的に必要とされる電力を提供できる廉価な超薄膜のナノ寸法半導体で、住宅や商業ビルの屋上が積層される将来が想像できる。この明るい未来は、米国エネルギー省ローレンス・バークレー国立研究所で達成された科学研究の成果のおかげで、実現に一步近づいた。

バークレー研究所およびカリフォルニア大学バークレー校の研究者が、完全に無機のナノ結晶から構成されて、溶液からスピんキャストされる、極めて薄い太陽電池を初めて開発した。この2重ナノ結晶太陽電池は、有機ポリマーから作られた太陽電池と同じくらい製作が安価で容易である。また、有機材料を含んでいないので、大気中において安定であるという追加的な長所がある。

「このコロイド状無機ナノ結晶は、従来の太陽電池半導体の広帯域吸収と優れた輸送特性を保持する一方で、拡張可能で制御された合成法、溶液処理の能力および置換型不純物への過敏性低下などの、有機材料の基本的な利点をすべて共有している」とバークレー研究所材料科学部の研究者で UC バークレー校材料科学工学部の4年目の大学院生であるイラン・グルは語った。

グルは、この新しい開発を報告したサイエンス誌 10月21日号の論文の筆頭著者であり、バークレー研究所材料科学部長で UC バークレー校の化学材料科学工学部の学部長であるポール・アリビサト教授の研究グループの博士課程にいる。アリビサトは、ナノ結晶についての代表的な権威者でサイエンス誌論文の共同執筆者である。他の共同執筆者には、バークレー研究所のニール A.フロマーと UC バークレー校のマイケル・グリーンアーがいる。

この論文では、セレン化カドミウム(CdTe)およびテルル化カドミウム(CdSe)の2つの半導体のロッド状のナノメートル寸法の結晶が、別々に合成され、次に溶剤で溶かされて、導電ガラス基板上にスピんキャストされた技術に関して記述している。人間の毛より約1,000倍も薄い、この作られた薄膜は、太陽光を約3パーセントの効率で電気に変換することを示した。これは、これまで最高の有機太陽電池の変換効率に匹敵しているが、まだ従来のシリコン太陽電池薄膜よりはかなり低い。

「エネルギー変換効率の点から、明らかにまだ長い道のりを要する。しかし、この2

重ナノ結晶太陽電池は極めて薄く、また溶液処理できる。それは従来の半導体太陽電池に対して有機太陽電池を非常に魅力的にしているコスト低下の可能性を持っていることを意味する」とグルは語った。

米国のすべての国民は切実に気がついているように、化石燃料のコストは高くなっている。ガソリンステーションでの価格高騰から、北極氷冠の融解まで、メッセージははっきりとしている。代替エネルギー源を見つけないといけない。

太陽エネルギーは多くの点で理想的な選択である。ソースとしての太陽エネルギーは豊富であり、太陽は、毎日地球表面の1平方メートルあたりおよそ1,000ワットのエネルギーを降り注いでおり、地球の生涯中続くであろう。太陽エネルギーは大気に汚染物質をもたらさず、地球の気候変化に影響せず、しかもタダである。そのコストは太陽エネルギーを電力に変換した時に生ずる。

今日のほとんどの商用の太陽電池はシリコンから作られている。従来の多くの半導体のように、シリコンは優れており、よく確立された電子特性を提示する。しかしながら、太陽電池としてシリコンあるいは他の従来の半導体の使用は、現在まで、その高い生産コストによって制限されている。最も単純な半導体太陽電池の組立てでさえ、高真空と摂氏400~1,400度の間の温度のような正確な制御条件の下に行われる複雑なプロセスである。

ある複合有機ポリマーグループ材料が電気を導くように作ることができることが1977年に発見された時、すぐにこの材料を太陽電池で使用するに関心もたれた。僅か数セントで大量にプラスチック太陽電池を作ることができることが示された一方で、このデバイスが光を電気へ変換する効率は、半導体から作られた太陽電池の電力変換効率と比較すると常に貧弱であった。

2002年にアリビサトと彼の研究グループのメンバーが、有機ポリマーとCdSeのハイブリッド太陽電池を作ることができるブレークスルーを発表した。このハイブリッド太陽電池は半導体とプラスチック太陽電池の最良の特徴のいくつかを提示する一方で、有機物を含んでいるので大気中では傷つきやすかった。

「全てがコロイド性ナノ結晶に依存する太陽電池が、最近、理論的に予測された。我々は、現在、そのデバイスを実証して、その動作メカニズムを示した」とアリビサトは語った。

電流がn型とp型半導体薄膜層の間を流れる従来の半導体太陽電池と異なり、この新しい無機ナノ結晶太陽電池では、ドナーアクセプター・ヘテロ接合として知られて

いるドナーとアクセプターの電荷として働く 1 対の分子により電流は流れる。これは、プラスチック太陽電池で電流が流れるのと同じメカニズムである。

「この無機ナノ結晶太陽電池は、典型的な有機システムのドナー・アクセプター・ヘテロ接合モデルに主として基づいて動作するように見える。このようなデバイスを作るために必要とされる特定の材料特性をよりよく理解することは非常に役に立った。この研究は、またポリマーとナノ結晶薄膜との間のいくつかの重要な類似点を解明した」とグルは語った。

CdSe や CdTe の薄膜は、暗いところでは絶縁体であるが、太陽光にさらされた時にその導電率は 3 桁ものオーダーの劇的な上昇を起こす。ナノ結晶を焼結させると、この薄膜の性能が著しく向上することが発見された。時間とともに性能が低下するプラスチック太陽電池と異なり、エージングはこの無機ナノ結晶太陽電池の性能を改善するように見える。

「そこにはまだ分かっていないことがたくさんあるので、次のステップは、我々の原型のシステムを詳細に評価し、さらに発展させることである。その後、システムアーキテクチャーや半導体材料の選択を変えるなど、多くの方向を追求する予定である」とグルは語っている。

エネルギー財団によれば、もし米国の可能な住宅や商用ビルの屋根をこの太陽電池薄膜で覆うことになると、米国中で概算 710 ギガワットの電気を供給することができる。それは、米国が現在発電できるすべての電力の 4 分の 3 以上にあたる。その好ましい太陽照射レベルのために、カリフォルニアはこの技術に対する第 1 の候補地と考えられる。

以上

より詳細な情報については、<http://www.cchem.berkeley.edu/~pagrp/> へ。

(出典：<http://www.lbl.gov/Science-Articles/Archive/MSD-nanocrystal-solar-cells.html>)