

高効率シリコン太陽光発電デバイスの開発

マーティン・グリーン博士

1948年7月20日生まれ(72歳)
ニューサウスウェールズ大学 教授

成長が期待される太陽光発電

脱炭素社会に向けて、地球温暖化の原因である二酸化炭素を排出しない「再生可能エネルギー(再エネ)」を使った電力へのシフトが求められています。再生可能エネルギーには太陽光や風力、地熱などがありますが、いずれも従来の火力発電や水力発電に比べてコストが高いため、導入が進みませんでした。

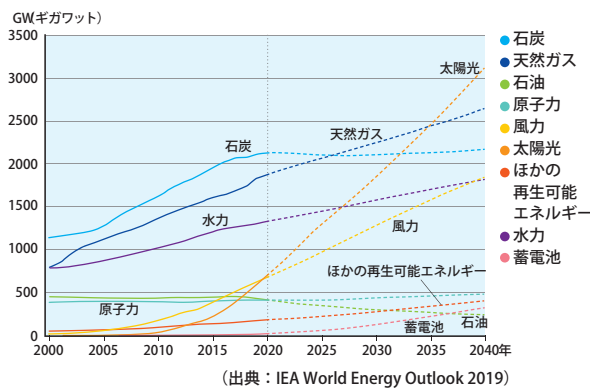
2010年代半ばに、太陽光発電が火力発電をコスト面で下回り、「太陽光発電所が火力発電所よりも安価」という時代になりました。今後、太陽光発電の急速な増加が予想されます(下図)。このパラダイムシフトの裏には、太陽光発電デバイス(太陽電池ともいう)が、太陽光エネルギーを高効率に電力へ変換できるようになったことと、太陽光発電

所の大規模化による発電コストの低価格化があります。博士は、1970年代から結晶シリコン太陽光発電デバイスの変換効率向上に取り組み、多くの成果を上げてきました。

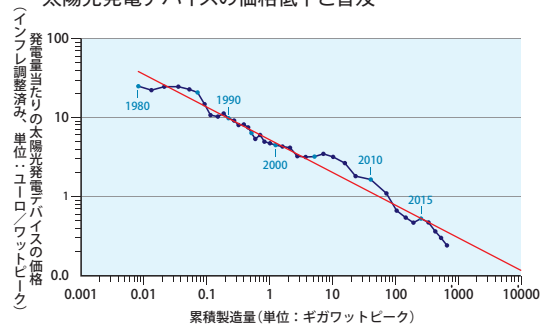
太陽光発電デバイスと発電の仕組み

太陽光をエネルギー源にして発電するデバイスはさまざまですが、結晶シリコン(半導体の素材)型が、世界中に設置されている太陽光発電デバイスの約95%を占めているといわれています。そのほとんどがpn接合型と呼ばれる、p型シリコンとn型シリコンが接した構造になっています。太陽光が当たるとそのエネルギーによってマイナスの電荷をもつ“電子”と、プラスの電荷をもつ“正孔”が生じ、電子はn型シリコンへ、正孔はp型シリコンへそれ

公表政策シナリオに基づく2000-2040年の電力源の推移



太陽光発電デバイスの価格低下と普及



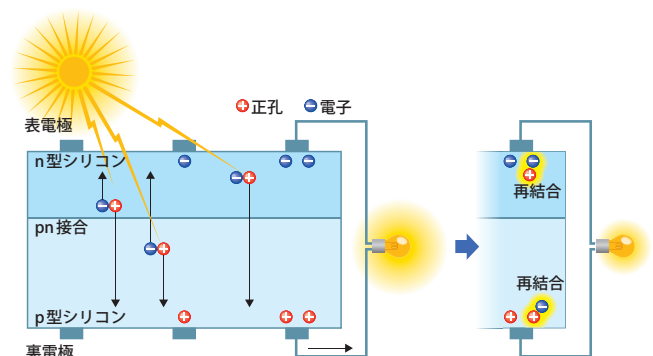
太陽光発電デバイスの価格の低下は2000年までは変換効率の向上が大きな要因でしたが、2000年代に入ると発電所の大規模化が寄与するようになりました。博士は、技術開発と太陽光発電に関わる人材の育成によって、その双方に貢献しています。

(出典：PHOTOVOLTAICS REPORT (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE with support of PSE Projects GmbH, 16 September 2020)



出典：Google Earth

アブダビのギガソーラーシステム。博士が発明したPERC構造をもつ、pn接合型の結晶シリコン太陽光発電デバイスが採用されています。場所と技術にもよりますが、デバイスの製造に必要なエネルギーの10～30倍の電力を発電で回収できる点でも、環境に優しいといえます。



ぞれ流れていきます。この電荷を電極で取り出し、電力を得るのです。

すべての電子と正孔を取り出すことができれば、高いエネルギー変換効率を実現できるのですが、実際には、電子と正孔が再結合してしまいエネルギー損失が起きている(1頁右段下図)。

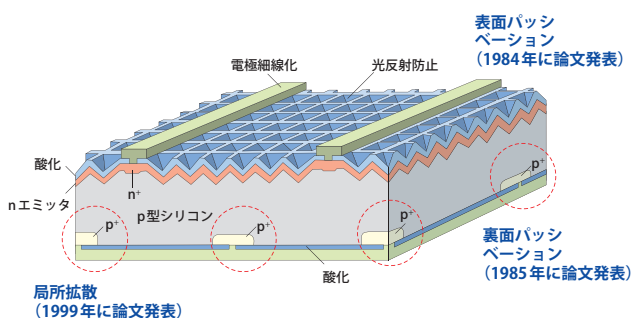
グリーン博士が太陽光発電の効率向上に果たした役割とPERC構造

pn接合型の結晶シリコン太陽光発電デバイスは、1954年にベル研究所で発明されました。1970年代、アメリカのCOMSAT研究所がそれを改良して量産可能なデバイスを開発・実用化しましたが、エネルギー変換効率は17%で頭打ちとなっていました。

1975年、博士は「エネルギー変換効率を上げるには電子と正孔の再結合を抑制することが重要である」といち早く指摘し、その方法を示して当時の1.5倍まで性能は上がると示唆しました。1983年に変換効率が18%に到達して以降、次々に新しい技術を発明し記録を更新。1999年には変換効率が1.5倍に迫る24.7%(2008年に基準の変更で25.0%と認定)に達しました。

発電効率向上の歴史

1954年	ベル研究所 結晶シリコン太陽電池の発明
1973年	COMSAT 研究所 効率17%を実現、以後頭打ち
1975年	グリーン博士 コンセプト提案 高度な再結合抑制による1.5倍の効率向上の可能性を示唆
1983年	グリーン博士 効率18%を達成 シリコンと電極界面の不活性化 電流の取り出しを局所トンネル接合で両立
1983年	グリーン博士 PERC構造を発明 表面・裏面をパッシベーション
1999年	グリーン博士 効率24.7%を達成
2008年	グリーン博士 効率25.0%と認定



市場に広がるグリーン博士の高効率結晶シリコン太陽光発電デバイス(1999年論文の掲載図をもとに作成)。青字は、グリーン博士が新たに搭載した技術。

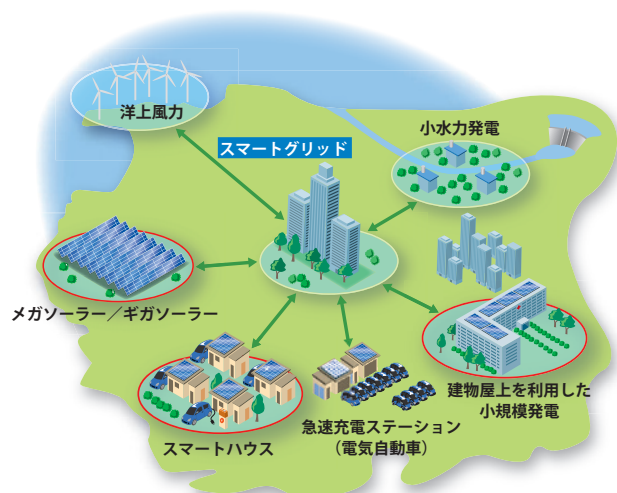
この大記録を樹立したのが、図のような太陽光発電デバイスです。従来の技術に加えて、表面および裏面全体を酸化させて不活性化(パッシベーション)したり、シリコンと電極の界面をなるべく小さくして局所拡散を行うことで、それぞれの場所で再結合が起こるのを抑えています。これはPERCあるいはPERL構造と呼ばれ、現在、結晶シリコン太陽光発電デバイスの主流になっています。

太陽光発電がつくる安心な社会

現在、さまざまな太陽光発電デバイスがあり、中にはエネルギー変換効率が50%に迫るものもありますが、その多くが宇宙などの特殊用途か研究開発段階のもので、

博士の発明は、すでに実用化されていた結晶シリコン太陽光発電デバイスに、エネルギー変換効率の向上という改良を行い、性能面とコスト面の両方が優れた実用的なデバイスを完成させ世の中に広めました。その結果、太陽光発電は脱炭素社会を実現するための現実的な方法を提供することになりました。

太陽光発電は、発電時に二酸化炭素を排出しただけでなく製造と廃棄時に必要なエネルギーよりも多くのエネルギーを生み出すクリーンなエネルギーです。さらにメガソーラーやギガソーラーのような大規模発電と住宅の屋根での小規模発電といったように、規模を柔軟に変えることができます。小規模発電による分散型電力は、災害時の被害規模を小さく抑えられます。太陽光発電をはじめとした再生可能エネルギーが基幹電力になった時、私たちはより持続可能な電力を手に入れることができるのです。



その地域の自然環境や都市環境などに合わせて、大規模/小規模の太陽光発電所が分散して建設されます。他の各種の再生可能発電所も建設され、電力を融通し合ったり災害時などに提供したりするために、全体はスマートグリッドでつながっています。