

世界を照らす太陽の再生可能エネルギー

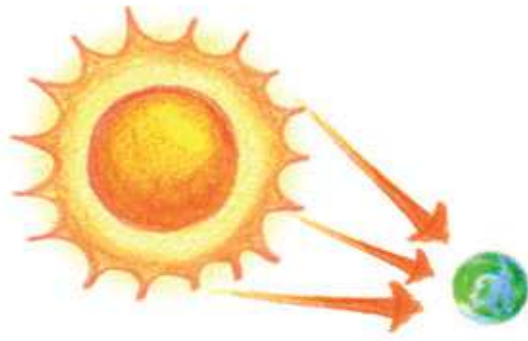
太陽光発電

【直接関連する項目】 科学と人間生活「光や熱の科学」
化学「化学反応とエネルギー・電池、無機物質、有機化合物」
【間接的に関わる項目】 化学「無機物質の性質と利用、有機化合物の性質と利用」

化石燃料などに代わって、長期間利用することの可能なエネルギーとして今もっとも注目されているのが太陽の光です。太陽が生み出すエネルギーは膨大で、1億5,000万km離れた地球でさえ、世界の年間消費エネルギーを、わずか1時間ほどでまかなうだけのエネルギーを地表に送っているのです。太陽光の利用としては、光触媒で水を分解して水素を取り出す研究も「化学のちから」を活用して進められていますが、ここでは実用化が進んでいる太陽電池について考えてみましょう。

光を電気エネルギーに

太陽光発電では、「太陽電池」と呼ばれる、結晶シリコン(*)などでできた素子(「パネル」といいます)で太陽光を受けて電気をつくり出します。電池というと、乾電池や蓄電池を連想して、「電気を蓄えるもの」をイメージするかもしれませんが、しかし、電池とは、正極(プラス極)と負極(マイナス極)の間に電位差(=電気を流す力)を生じさせる装置のことをいいます。たとえば、ボルタ電池やダニエル電池は、化学反応で電位差をつくり出します。太陽電池は、光で電位差をつくり出します。シリコン結晶を素子とする太陽電池については次のよ



うに説明することができます。すなわち、一定以上のエネルギーを持つ光を吸収すると、半導体である素子の中の電子が動かされることによってプラス(正孔)とマイナス(電子)に分離し、電極の間で電位差が生まれます。

現在、太陽電池はさまざまなサイズや形のものが製造されています。小型のものは携帯電話などの充電器や電卓に、大型のものは屋根の上に取り付けられて家庭での発電に利用されるなど、暮らしの中に広がってきています。多数の太陽電池パネルを並べて設置して、発電所のように大きな電力を供給する大規模太陽光発電の導入も進められています。出力が1メガワット(メガは 10^6 を意味しますので、1メガワット=百万ワット=1,000kW)を超える大規模なものは「メガソーラー」と呼ばれています。



図1.大規模太陽光発電所の例(山梨県北杜市)
 画像提供: 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)

現在主流になっている結晶シリコン系太陽電池は、1954年、アメリカ合衆国での開発が始まりでした。日本では、1973年の石油ショックを機に、太陽光を石油以外のエネルギー源として利用しようという国の取り組み「サンシャイン計画」において開発が進められました。その後、我が国は世界の太陽電池研究をリードし、1999年から2007年までは国別で生産量が第1位でした。2012年時

点で、太陽電池の生産・利用はさらに拡大していますが、中国・台湾での生産量が世界の生産量の半分以上を占めています。

太陽電池の素材あれこれ

太陽電池に使われる素材には、いくつかの種類があります。ケイ素を主成分とする「シリコン系」、数種の元素を含む「化合物系」、炭素を含む「有機系」などが開発されています。それぞれの系でさらに細かい種類に分類され、シリコン系の素材には、生産コストは高いがエネルギー変換効率のよい「単結晶」（全体がひとつの結晶体になっているもの）、効率は悪いがコストの安い「薄膜シリコン」、そして、それらの中間にあたる「多結晶」（多くの結晶体からなるもの）があります。現在は、シリコン系の多結晶を素材とする太陽電池がもっとも普及しています。

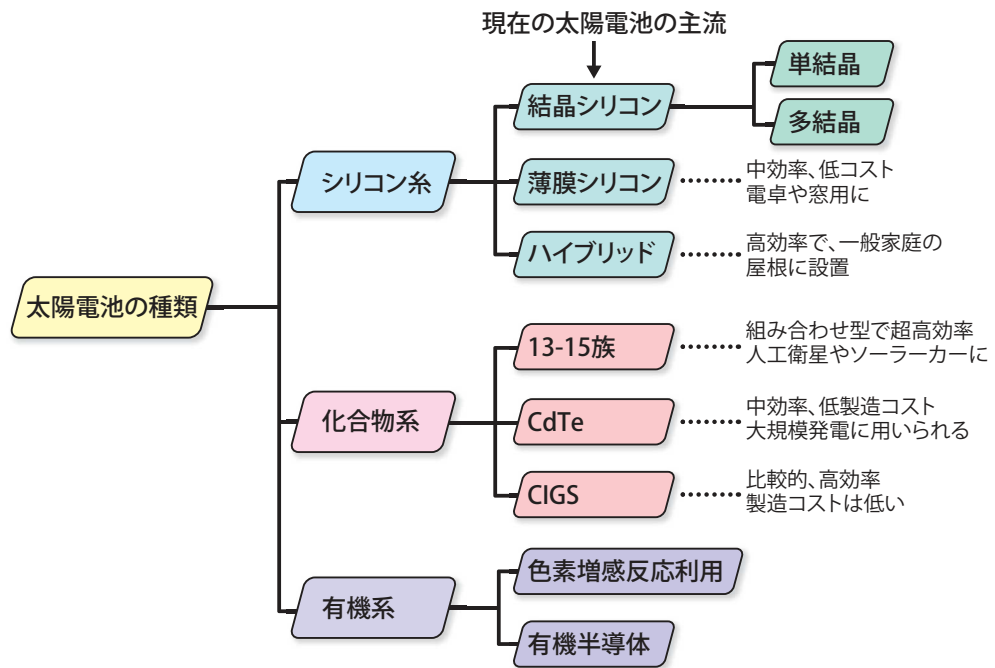


図2.太陽電池の種類
 佐藤 勝照『「太陽電池」のキホン』ソフトバンククリエイティブ（2011年4月発行）より引用、一部改変

「化合物系」には13-15族（13族と15族の元素の組み合わせでできる半導体で、旧名称ではIII-V族と呼ばれる；例としてGaAs：ヒ化ガリウム）、CdTe（テルル化カドミウム：12-16族）、CIGS（組成式：CuInGaSe₂）を素材とする種類があります。13-15族で複層に組み合わせたものは、シリコン系のものよりも光を変換する効率が高いですが、コストも高いことから一般には普及しておらず、人工衛星などで利用されています。

「有機系」には、色素増感反応を利用したもの（色素に光を吸収させることで、利用波長の範囲を長波長側に広げている）と有機半導体を用いたものがあります。これらは、効率や耐久性に課題がありますが、生産コストは安いと予想されており、将来の可能性が期待されています。

光の性質とエネルギー変換

日本に降り注ぐ太陽光のエネルギーは、平均すると1 m²あたり毎秒1 kWほどありますが、現在の太陽電池で利用できるのは、実はその一部だけです。これには光の性質が関わっています。

太陽光には、私たちが目で見ることのできる「可視光線」や、エネルギーが強く日焼けのもととなる「紫外線」など、さまざまな波長の光が含まれています。エネルギーを無駄なく電力に変換するためには、すべての波長の光を吸収する必要があります。しかし、太陽電池では、その素材によって吸収できる光の波長に限られるため（図3参照）、利用できるエネルギーに限界があります。また、太陽電池が光を吸収したあと電気に変換する過程でもエネルギーの損失があります。現在実用化されている結晶シリコン太陽電池の場合、電気として取り出せているのは、太陽電池が受け取った太陽光エネルギーの2割程度なのです。

二酸化炭素を排出しない「クリーン」な発電

太陽光発電の実用化が進んでいる理由のひとつに、発電の際に二酸化炭素を出さないことがあります。ただし、この理由だけでは、単純にクリーンな発電方法とはいえません。太陽電池に限らず、発電のための機器を製造するには多くの電力を必要としますので、そ

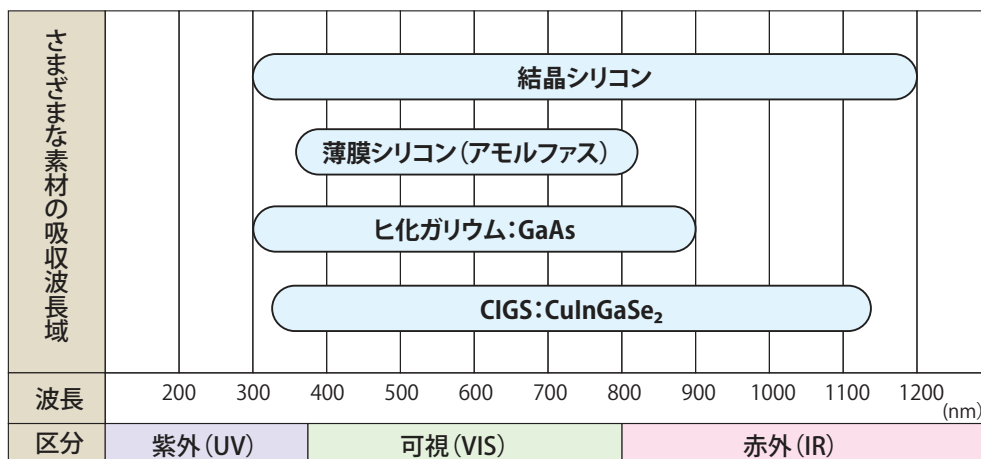


図3.さまざまな素材における吸収波長の違い
M.A.Green et al., Prog. Photovolt: Res. Appl. 20, 12-20 (2012) の fig. 1 を元に作成



の製造のための電力も含めた合計で考えなければなりません。

そのため、再生可能エネルギーと呼ばれる、自然から得られるエネルギーを用いた発電では、「発電機器を製造するために使った電力を、どれくらいの期間、使用することで取り返せるか」という見方で評価することが必要です。結晶シリコン系の太陽電池では、日本における標準的な環境（年1,000時間発電）で使用すると、2年程度の発電で、それを製造するために使った電力をまかなうことができるとされています（参考文献5）。もちろん、より少ない電力で製造でき、より効率の高い発電ができれば、製造分の電力を回収するのに必要な時間ももっと短くなります。さらに、今よりも長期間（20年以上）にわたって使える太陽電池の研究が続けられています。

電気を安全に、効率よく得るために

太陽の光に依存する太陽光発電では、夜間やくもりの日があるので、日本では平均して1年間に1,000時間程度しか発電できません。1年間で8,000時間以上あることを考えれば、常に発電できる火力発電や原子力発電に比べると発電量はどうしても少なくなります。しかし、設置可能な場所が多く、さまざまなスペースを利用できること、設置場所付近の汚染や危険度は圧倒的に低いことなどの利点があります。クリーンで安全な電力を安定して得るためには、より効率の高い太陽電池を開発することが望まれています。

今後も太陽光発電は、クリーンな発電の有力候補として各国で研究開発と普及が進められていくでしょう。

問題

原子力発電1基に相当する電力量を得るために太陽光発電を利用する場合、どのくらいの面積が必要でしょうか。また、その面積は東京ドーム（5万m²とする）の何倍になるでしょうか。

ただし、原子力発電1基の発電量は100万kWで、連続稼働するとし、太陽電池は1年（8,760時間）のうち、1,000時間、0.2 kW/m²の一定電力で発電していると仮定します。

答え

43.8 km²、東京ドームの876倍

(*) シリコン：半導体のケイ素は通常「シリコン (silicon)」と呼ばれる。「シリコン樹脂」などの「シリコーン (silicone)」とは異なるものである。

【参考文献】

- 1) 産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター 「トコトンやさしい太陽電池の本」 日刊工業新聞社 2007年1月発行
 - 2) 佐藤 勝昭 「『太陽電池』のキホン」 ソフトバンククリエイティブ 2011年4月発行
 - 3) 一般社団法人太陽光発電協会 (JPEA) ホームページ <http://www.jpea.gr.jp/11basic01.html>
 - 4) 産業技術総合研究所 太陽光発電工学研究センター 補足資料 http://unit.aist.go.jp/rcpvt/ci/about_pv/supplement/EPTdefinition.html
 - 5) 産総研TODAY vol.8 No.1 pp.16-17 「太陽光発電のLCA評価」(2008年)
http://www.aist.go.jp/aist_j/aistinfo/aist_today/vol08_01/special/p16.html
-



企画・編集 公益社団法人新化学技術推進協会 GSCN普及・啓発グループ 〒102-0075 東京都千代田区三番町2 三番町KSビル2階
TEL : 03-6272-6880 FAX : 03-5211-5920 E-mail : info@jaci.or.jp URL : <http://www.jaci.or.jp>
協力 株式会社リバネス