

太陽電池の現状と展望

Solar Cells: Current Status and Future Outlook

成田 満 NARITA Mitsuru

安田 耕治 YASUDA Koji

1 まえがき

世界のエネルギーは、CO₂を排出する化石燃料から地球温暖化対策のためクリーンエネルギーへ転換しようとしている。太陽光、風力などのクリーンエネルギーは、環境にやさしいだけでなく半永久的に利用が可能である。その中でも、太陽光を利用する太陽電池は、メガソーラーなどの大規模発電から携帯電話などの個人向けのスモール発電まで多くの用途に対応でき、特に注目されている。

富士電機は、フレキシブルなアモルファスシリコン^{(*)1} (a-Si) 太陽電池「FWAVE」を2006年から熊本工場^{(*)2}で量産し、系統連系市場および独立電源市場へ展開してきた。2011年からは、フレキシブル太陽電池の特長を最大限に生かせる分野として、民生製品をはじめとする新規分野の開拓を開始した。多品種の製品に対応するため、セル販売を本格化^{(*)2}しており、モジュールメーカーと共同で、新たな製品群が構築されつつある。

本稿では、太陽電池の市場と特徴、ならびに富士電機の取組みと今後の新規商材の開発について述べる。

2 太陽電池の種類と市場

(1) 太陽電池の種類

太陽電池は、図1に示すように結晶系と薄膜系に分類される。このうち結晶系は、シリコンタイプとGaAs化合物に分類される。一方、薄膜系は、a-Siフレキシブル基板タイプ、a-Siガラス基板タイプ、CIGS、CdTeの化合物およびその他の有機系などに分類される。富士電機の太陽電池は、薄膜系のa-Siフ

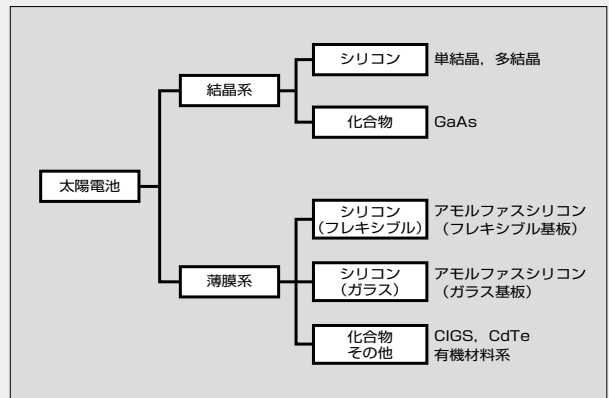


図1 太陽電池の種類

レキシブル基板タイプである。基本的な特徴は、非常にしなやかで軽く、サイズの自由度が高いことである。

(2) 種類別市場動向

図2に太陽電池種類別世界市場動向（モジュール販売ベース）を示す。

2010年の実績値は20.8GWであり、その後2015年まで14～25%の高い成長率が続く予想されている。こうした背景には、再生可能エネルギーを優遇する固定価格買取制度の効果があると考えられる。その一方で、太陽電池モジュールの低価格化が急速に進み、事業を進める上では厳しい環境になってきている。

種類別では、結晶系が依然として主流であるが、薄膜SiやCIGSといった薄膜系太陽電池が全体に占める割合は増加している。

(3) フレキシブル太陽電池

図3に、薄膜Siフレキシブル太陽電池の市場動向を示す。年平均成長率は20%以上あり、結晶Siを含め

(*1) アモルファスシリコン

シリコンの原子が規則的に結合した結晶シリコンに対し、規則正しい結晶構造を持たない、ランダムに結合したシリコンをアモルファス（非晶質）シリコンという。

(*2) セル、モジュール

太陽電池として機能する素子をセルという。配線や裏面封止（保護）がされていない太陽電池の基本単位である。一方、モジュールは複数のセルを配列して、保護シートや強化ガラス、金属枠などでパッケージ化し、端子箱（電気の取出口）を取り付けたものである。モジュールは、一般に、パネルもしくは太陽電池パネルと呼ばれる。

(*3) 結晶系太陽電池、薄膜系太陽電池

結晶系太陽電池は、単結晶シリコン太陽電池、多結晶シリコン太陽電池のことをいう。2011年では全出荷量の81.8%を占めている。一方、薄膜系太陽電池は、薄膜シリコン太陽電池、CIGS太陽電池、CdTe太陽電池のことをいう。全出荷量の約17.7%を占める。両者で99.5%とほぼ全体を表現できることから、簡便な分類法として使用されている。

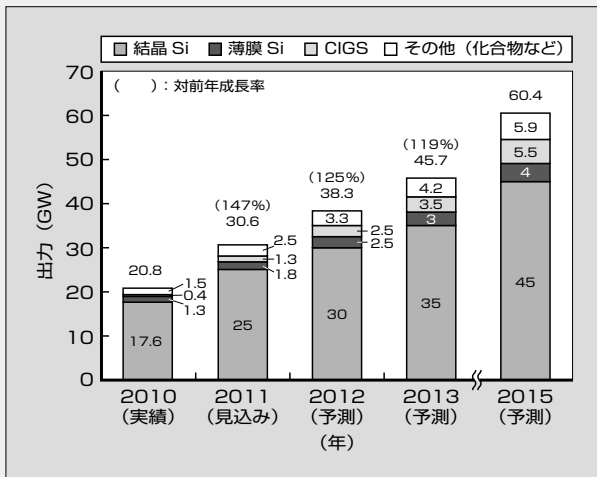


図2 種類別太陽電池の世界市場動向

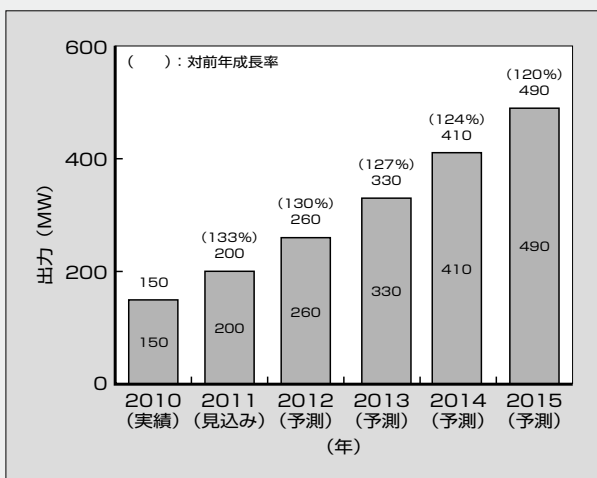


図3 薄膜 Si フレキシブル太陽電池の世界市場動向

た全体の年平均成長率よりも高く、今後の応用範囲の拡大が期待されている。軽量で折り曲げ可能であることから、現在主流の結晶 Si 太陽電池では導入が困難、あるいは不可能な用途での利用が期待されている。一方で、CIGS によるフレキシブル太陽電池も急速に伸びてきており、いかに差別化を行うかが重要なポイントとなっている。

③ 富士電機の取組み

富士電機は、1978年に a-Si 太陽電池の研究開発を開始し、1980年に世界に先駆けて電卓用太陽電池を製品化して、長野県の松本工場で量産を開始した。また、1994年にフィルム型太陽電池の開発を開始し、2004年には鋼板一体型太陽電池の開発を完了した。2005年には熊本県の南関町に着工し、2006年に熊本工場（生産能力 24 MW）として操業を開始した。図4に熊本工場の外観を示す。

建物への荷重負荷が低い FWAVE と系統連系技術



図4 熊本工場



図5 フレキシブル太陽電池モジュール

を生かして、屋根用の鋼板一体型太陽電池モジュールの単体販売およびシステム販売を2006年に開始した。また、2008年にはセルの両面を樹脂と対候性フィルムで封止したフレキシブル太陽電池モジュール（図5）の販売を開始した。

その一方で、リーマンショックや太陽電池の供給過多が原因となって低価格化が進み、太陽電池製造メーカーには厳しい状況が続いている。こうした中、富士電機は、フィルム基板太陽電池の特長を最大限に生かせる分野に注力するという方針を打ち出した。主なターゲットとしては、民生製品や、機能材料と一体化した高付加価値製品などで多岐にわたっている。

多品種の製品に対応することを主な目的として、2011年からフィルム基板太陽電池セルの形態での販売を本格化した。富士電機はモジュールメーカーにセルを供給し、モジュールメーカーが最終製品に仕上げ、最終顧客に提供する形である。現在、モジュールメーカーと共同で各種モジュールを開発しており、新たな製品群が構築されつつある。

④ 製品分野と概要

富士電機が現在取り組んでいる太陽電池の製品分野のマップを表1に示す。

これまで事業を行ってきた既存領域および新たに注力している領域を示している。民生用途などの低電圧

分野を含め、製品形態のバリエーションが多様になっている。これに対応するため、新たな取組みとしてセル販売に注力している。

4.1 発電分野

発電分野は系統連系による売電を目的としている。この分野は、これまで取り組んできた既存分野であり、2012年7月からスタートする再生可能エネルギーの固定価格買取制度が追い風となって今後も伸張するものと考えられる。銅板一体型太陽電池モジュールは、軽量および曲面設置が可能であることから、横浜みなとみらい・さいたまスーパーアリーナに代表されるデザイン性の高い屋根が有効な用途と考えている(図6)。

表1 太陽電池の製品分野のマップ

用途 機能	系統連携系		独立電源	
	売電		常用電源	補助電源
発電	*1 メガソーラー・住宅屋根	デザイン性の高い屋根	*2 可搬・簡易設置	民生
複合機能建材	遮光			店舗・住宅
	蓄熱	積雪地域		
	防水	ビル屋上		
	遮音	高速道路		
	防草	休耕田・山林・鉄道・高速道路		

□: 既存領域 ■: 新規領域 (富士電機が注力している領域)
 * 1: 【発電分野】コストの低下によりさらに拡大する。
 2: 【低電圧分野】拡大するポテンシャルが高い。
 3: 【機能付加発電分野】ハイブリッド機能により新しい分野を開拓する。



図6 銅板一体型太陽電池モジュールの設置例

4.2 機能付加発電分野

フィルム基板太陽電池モジュールおよびセルを機能材料と一体化して複合機能素材化することで、結晶Si系では実現できない新たな価値を付加することを狙っている。一体化の対象となる主な機能としては、遮光、蓄熱、防水、遮音、防草が考えられる。このうち、遮光と防水について次に示す。防水機能を付加したモジュールについては、“フィルム基板太陽電池のモジュール化技術”(304ページ)で述べる。

(1) 遮光機能付加モジュール

図7に、遮光機能を持たせた応用例として可動式の店舗用オーニングを示す。92Wタイプのフレキシブルモジュール11枚を一体化した構造であり、電動式で太陽電池の巻出しと巻取りができる。

(2) 防草機能付加モジュール

図8に、防草シート一体型太陽電池とその適用例を示す。防草シートに92Wタイプのフレキシブルモジュールを一体化させたものである。主な設置場所としては、工業用地や道路、耕地などの傾斜地(のり面)が考えられ、防草機能を持ちながら発電を行うことで、土地の有効利用や管理費の削減が可能になるといったメリットがある。また、フレキシブルモジュールの特長を生かし、設置や撤去にかかる費用も大幅に削減できる。



図7 店舗用オーニングの例

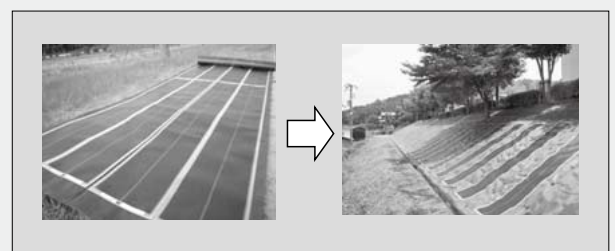


図8 防草シート一体型太陽電池の適用例

4.3 低電圧分野

低電圧分野は、可搬電源や民生用途などが新たに取
り組んでいる市場である。この分野はフィルム基板太
陽電池セルの軽量、フレキシブル、割れないなどの特
長を生かしやすい分野である。顕在化しているニーズ
は小さいが、潜在的なポテンシャルは高いと考えてい
る。

(1) 可搬電源

可搬電源の例として、図9に示すようなシート状の

モジュールが考えられる。このモジュールは、エベレ
スト登山において、携帯電話、パソコン、デジタルカ
メラの補助電源として使用したものである。巻き取っ
て筒に入れ、コンパクトな状態で運搬することが可能
である。モジュール形態についてはこうした巻取り式
の他に、折り畳み式もある。

(2) 簡易設置型モジュール

簡易設置型モジュールは、農業や漁業への応用が考
えられる。図10は熊本県で実証実験として行ったビ
ニールハウスへの簡易設置型モジュールの設置例であ



図9 登山における可搬電源の使用例



図10 簡易設置型モジュールの設置例

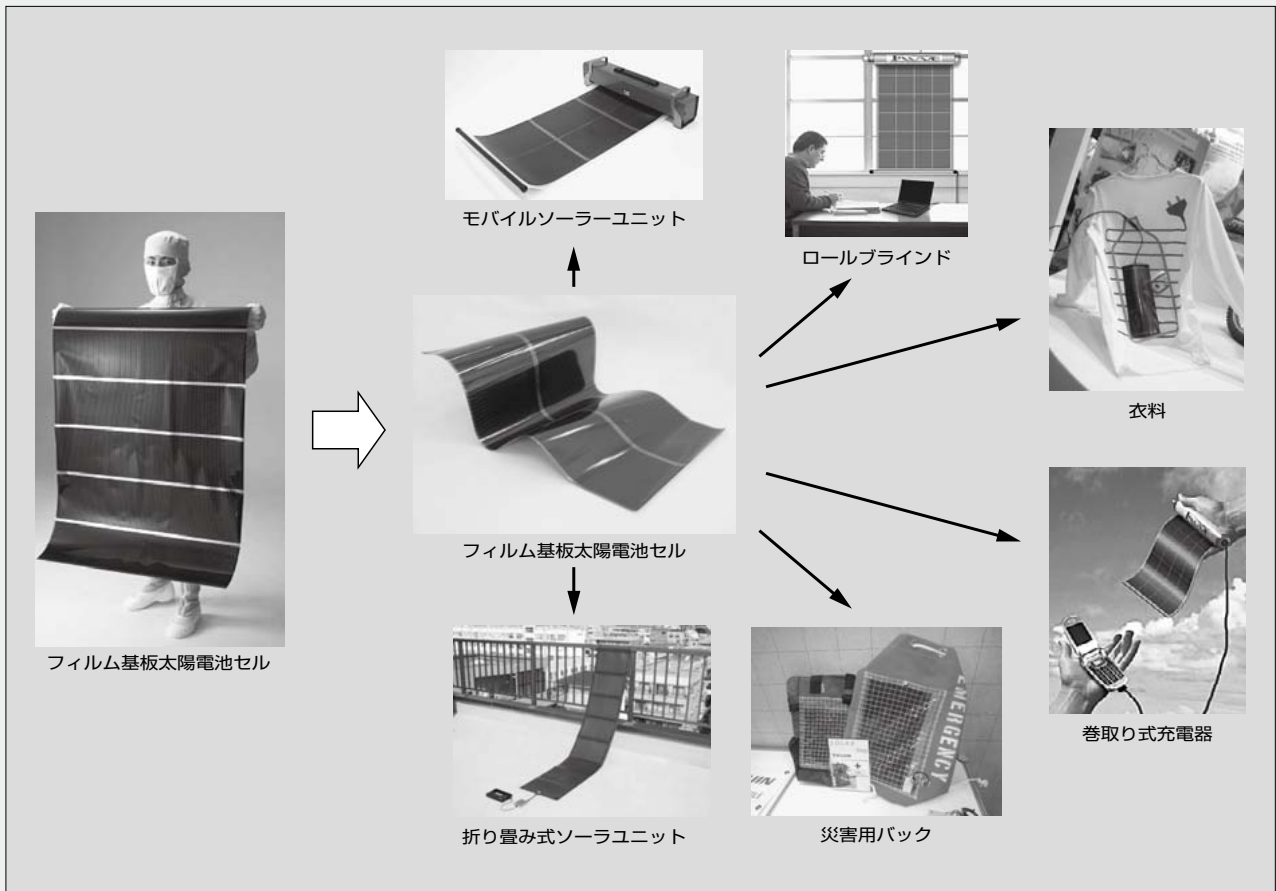


図11 フィルム基板太陽電池セルと民生製品への応用例

る。作物を育てながら一定量の発電ができることが分かっている。

(3) 民生用途

民生用途としては、図11に示すようにフィルム基板太陽電池セルを用いたさまざまな応用製品が考えられる。通常、リチウムイオンやニッケル水素などの蓄電池とセットで用いることが多く、電圧は数Vから数十V程度までと比較的低い。富士電機の23Wタイプのフィルム基板太陽電池セルは、最適動作電圧^(※4)が80Vと民生用途としては高いが、自由にセルを切断して低電圧モジュールに再構成できるというメリットがある(300ページ「フィルム型アモルファス太陽電池「FWAVE太陽電池セル」」参照)。こうした長を生かし、ロールブラインド、かぼん、シャツなど多くのパーソナルユース用の太陽電池製品を、モジュールメーカーと一体になって開発している。

民生用途としては、これ以外に、蛍光灯やLEDの室内光下で発電する製品も考えられる。蛍光灯や白色LEDなどのスペクトルは太陽光に比べて狭く、波長300~700nmの可視光領域に分布している。このスペクトル分布はa-Si太陽電池の分光感度^(※5)と合致しているため、室内光下では結晶Siよりも高い性能を

得ることができる。また、FWAVEと同様に軽量かつフレキシブルな特徴を備えている。室内光用としては色素増感太陽電池^(※6)が優れているとの発表がなされてきた。これに対して表2に示すように、富士電機のa-Si太陽電池は、蛍光灯(1,000lx)で66μW/cm²、LED(1,000lx)で79μW/cm²と他の種類よりも高い出力が得られている。

5 あとがき

本稿では、太陽電池の市場と特徴、ならびに富士電機の取組みと今後の新規商材の開発について述べた。富士電機は、太陽電池の新分野に焦点を当て、さらなる市場拡大につなげていく。特に、民生用の太陽電池は今後個人ごとに持つことになると考えられる。太陽電池をより使いやすくそして人が身につける道具にも活用することで、今後ともフレキシブル多用途型太陽電池の発展に貢献していく所存である。

参考文献

- (1) 富士経済. 2011年版 太陽電池関連技術・市場の現状と将来展望(上巻).

表2 室内光用太陽電池の出力特性比較

種類	出力* (μW/cm ²)	
	蛍光灯光源	LED光源
①薄膜Si(富士電機)	66	79
②薄膜Si(A社)	43	51
③結晶Si(B社)	34	38
④結晶Si(C社)	24	22
⑤色素増感(D社)	46(光源不明)	
⑥色素増感(E社)	40(光源不明)	

*出力:照度1,000lx時
 ①~④:社内で測定
 ⑤:TECHNO-FRONTIER-2011, EE Times 2011年7月
 ⑥:環境ビジネス2011年2月号



成田 満

電子写真用感光体の設計・開発および太陽電池の業務に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部光半導体事業部太陽電池部主幹。電子写真学会会員、応用物理学会会員。



安田 耕治

海外産業プラント向けマーケティングおよび太陽電池の業務に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部光半導体事業部太陽電池部長。太陽光発電協会(JPEA)幹事会メンバー。

(※4) 最適動作電圧

太陽電池の出力(電力)は、電流*電圧で求められる。太陽電池に負荷をつないで一定の強さの光を当て、負荷抵抗を変化させると電圧と電流の出力特性が得られる。このとき出力が最大になる電圧を最適動作電圧という。

(※5) 分光感度

光の波長とともに太陽電池の出力は変化する。光の波長を変化させたときの出力分布を分光感度という。太陽電池の場合、光の種類としては太陽光と室内光がある。それぞれの波長強度分布に似た感度分布を持つことが望ましい。

(※6) 色素増感太陽電池

色素増感太陽電池のメカニズムは木の葉の葉緑素が太陽光を受けて電子を発生させ、その働きで光合成を行うのに似ている。葉緑素の代わりにするのが色素であり、この色素に光が当たるとそのエネルギーによって色素が励起し、電子を放出する。このメカニズムを活用したのが色素増感太陽電池である。



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。