

再生可能エネルギーを活用したeco発電 太陽光発電システムの技術動向

1. 太陽光発電システムの概要

太陽光発電システムは、電力会社の商用系統との連系運転を行う系統連系型システムの構築によって急速に普及してきました。系統連系型システムは、太陽の光で発電した電力を瞬時に商用負荷で消費できるため、蓄電池が不要な効率的なシステムです。

近年、地球温暖化問題の緊急性および重要性が世界各国において認識され、世界規模でCO₂排出量削減に向けて様々な取り組みが実施されています。特に太陽光発電システムに関しては、2004年にドイツで改正された電力固定価格買い取り制度が急速な普及を促進したことから、欧州各国および日本においても本制度が導入され、世界的に太陽光発電システムの普及が更に加速しています。

2. 太陽電池モジュールの技術動向

太陽の光エネルギーを電気エネルギーへ変換するパネルは、「太陽電池モジュール」と呼ばれ、システムの発電性能に係わる重要な構成部品です。

太陽電池モジュールは、現在、多結晶や単結晶といった結晶シリコン系太陽電池セルを用いるタイプが主流であり、太陽電池セルを複数枚電気的に接続し、カバーガラス、封止材、バックシート、フレームで保護する構造となっています。

結晶シリコン系以外に、アモルファスシリコン、化合物などを主材料とした薄膜太陽電池の普及も進み始めたところですが、本稿では主に結晶シリコン太陽電池の最近の技術動向について紹介します。

(1) 太陽電池セルの高効率化

太陽電池モジュールの発電効率を向上させるには、太陽電池セルに用いられるシリコン基板の品質向上の他に、太陽電池セルの印刷電極を含めた電流経路での電気抵抗の低減が挙げられます。

a) 太陽電池セルにおける電気抵抗の低減

太陽電池セルの電気抵抗を低減する技術開発として、バス電極本数の増加があります(図-2参照)。これまでのバス電極は2本が主流でしたが、これを3本に増やすことで太陽電池セル内の電気抵抗を減らすことができます。

3本バス電極よりもさらなる改善を図るため、4本バス電極セルを用いた製品もあります(図-3参照)。

この際、2本バス電極と同じ電極

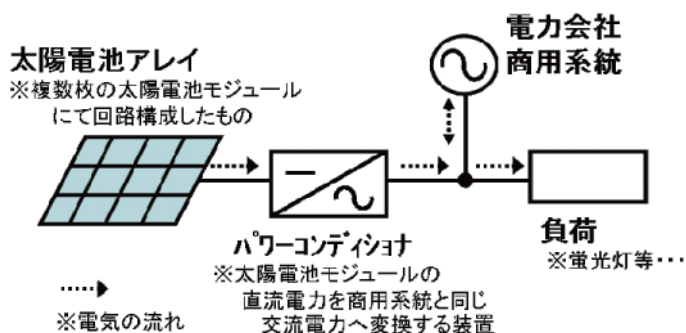


図-1 太陽光発電システム構成図(例)

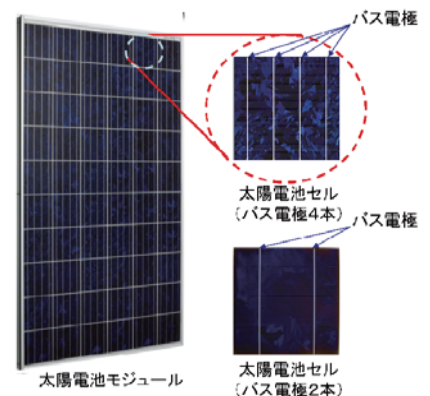


図-2 太陽電池モジュールとセル
(多結晶シリコン)

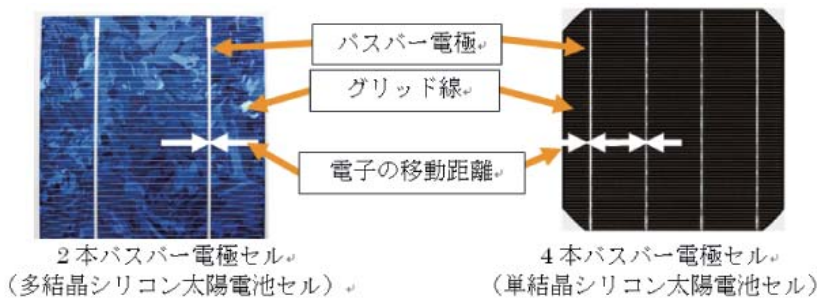


図-3 単結晶太陽電池セル

幅で本数を増やすと太陽電池セル表面の電極面積が増え、受光面積が小さくなり出力低下につながるため、より細かいバス電極幅で電極数を増やす必要があります。バス電極数が多いほど細かいバス電極が必要となり、配線部材を接続する際に高度な製造技術が要求されます。

b) シリコン基板の品質向上

単結晶太陽電池セルの場合、多結晶太陽電池セルより結晶品質が高く効率向上につながります。多結晶シリコン太陽電池セルを使用した、同一サイズの太陽電池モジュールと比べモジュール1枚あたりの出力は約5%向上します。単結晶シリコン太陽電池セルを採用すると、発電効率は向上しますが、同時に電流値も上昇するため、セル内の電気抵抗が増加し、エネルギーロスも大きくなります。前述した多本数バス電極を使用することで、電子の移動距離を減らしてセル内電気抵抗を低減することにより、単結晶シリコン太陽電池セルの出力が高くなります。

(2) 太陽電池モジュールの大出力化

太陽光発電の普及が高まると共に、3~4kWが中心の住宅用中小規模システムに加え、工場屋上や遊休地等を用いた数十kW~数MWの大容量システムの導入が進んでいます。一般住宅によく見られる傾斜屋根への施工の場合、傾斜面での作業

における運搬性や安全性、限定された屋根面積に対する配置の自由度が重視され、モジュールの高効率化への要望は強いものの、大型化による大出力化への要求は多くありません。一方で、平坦な地上設置や工場屋上等、モジュールの扱いが比較的容易で、十分な設置面積がある場合には、それらの制限が少ないため、モジュールを大型化することにより、少ない枚数でシステムを構成出来ます。

(3) 塩害地域、積雪地域への設置対応力拡大

太陽電池は屋外へ設置されるため、モジュールには積雪や風圧荷重といった様々な外力が加わります。モジュールの大型化に伴い、一枚あたりに加わる外力の総荷重も大きくなるため、セルやフレーム強度を向上させる必要があります。

多本バス電極化によるセル内部応力低減と共に、モジュール裏面中央に補強バーを導入することで、ガラ

スの撓みに起因する、太陽電池セルへのダメージやガラスの割れ等の不具合を防止することができます。特に垂直積雪量1m以上の多雪地域への設置時は、製品構造面での強化に加え、架台についても積雪量を考慮し架台高さや傾斜角度の配慮も必要となります(図-4参照)。

3. パワーコンディショナの技術動向

(1) 太陽光発電システムとパワーコンディショナ

太陽光発電システムを電力系統に接続し、発電電力を有効活用する系統連系システムが世界各国で普及しています。このシステムにはパワーコンディショナ(太陽電池で発電した直流の電力を交流に変換して電力系統へ送り出す機器)が使用されます。

(2) パワーコンディショナの仕組みと働き

太陽電池は日射により発電しますが、エネルギーを外部に取り出さないと太陽光エネルギーが熱になるだけで活用できません。また発電電力は日射量に従い刻々と変化します。パワーコンディショナには、この電力を効率よく取り出し有効活用する機能が要求されます。パワーコンディショナの基本機能をまとめると以下となります。

①太陽電池で発電する電力を無駄な

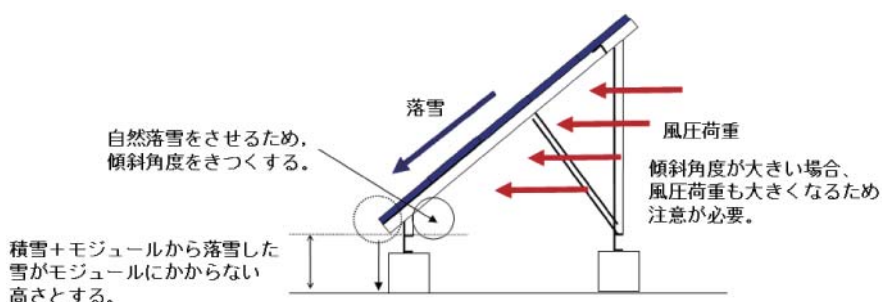


図-4 太陽電池モジュール設置イメージ

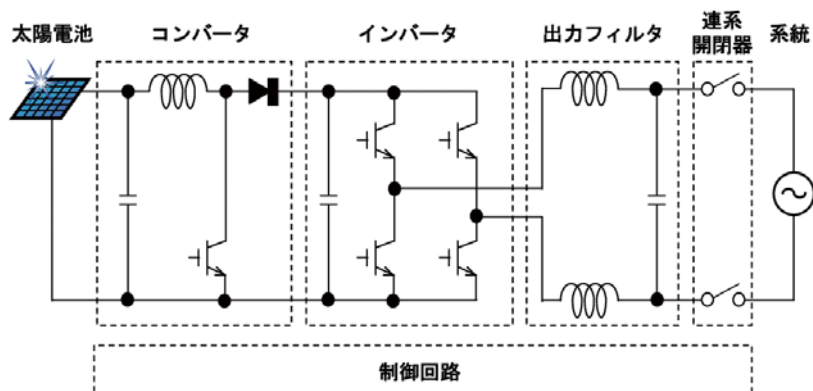


図-5 パワーコンディショナの主回路構成例

く取り出す。

- ②取り出した電力を効率よく交流電力に変換する(インバータ)
- ③電力を系統に送り出す(系統連系)
- ④系統の異常を検出して発電を停止する(系統連係保護)

パワーコンディショナの主回路構成例を図-5に示します。太陽電池の電力はコンバータ部に入力され、太陽電池の電力を効率よく取り出すと同時にインバータに必要な電圧に変換します。コンバータの出力はインバータ部に接続され直流を交流に変換します。系統連系インバータではインバータの出力電流が所望の波形となるように電流制御します。さらに、インバータの出力はパルス状の波形をしているため、コイルおよびコンデンサで構成される出力フィルタで滑らかな正弦波に変換します。出力フィルタと系統との間には、必要に応じて系統とインバータを接続する連系開閉器を装備しています。また制御回路により各部をコントロールします。

(3) パワーコンディショナの種類

パワーコンディショナは電力を発電・供給する機器という点で他の家電製品と比べ大きく異なっており、電気関連法規においては発電設備と

して扱われます。

太陽光のエネルギー密度は1kW/m²と小さいため、システムサイズを決める要因として、設置可能面積およびシステムコストがあります。住宅用としては、システムのサイズは数kW程度までが多く、受電する電気方式に対応して国内では単相AC200Vがほとんどなのに対し、公共・産業用では多くの電力を扱うことから一般に三相の高圧で受電しているケースが多くなるため、パワーコンディショナの接続される系統は3相AC200が多く、システム容量は10kW以上がほとんどです。

いずれの用途においても、パワーコンディショナは太陽電池で発電した電力を効率よく系統に送り出すという点で共通しており、高い電力変換効率が求められます。

(4) パワーコンディショナの性能

パワーコンディショナの電力変換は直流電力を交流電力に変換する割合を示すため、理想的な変換回路が構成できれば変換におけるロスはなくなり効率は100%となります。しかし実際は、主回路の電力変換ロスに加えこれらを駆動する制御回路、電源回路、電気配線、通信・表示等の電力が必要となるため効率は低下

します。

現在までのところ、海外では主回路素子としてシリコン半導体を使用し最大効率98%を実現した製品も販売されています。またSiCデバイスを使用して98.5%の効率を実現した研究成果も報告されています。

近年SiCデバイスは実用化レベルとなってきており、パワーコンディショナの容量・連系する系統にもよりますが、近いうちに99%程度までは効率が改善していくと考えられます。

4. 今後の展望

今後も太陽電池モジュールの大出力化、高効率化開発、SiCに代表される先端デバイスの適用によるパワーコンディショナの高効率化など太陽エネルギーの有効活用を支える技術が加速してゆき、地球温暖化対策の切り札になることが期待されています。