

垂直設備両面受光型 太陽電池の発電性能評価



中島 等* 尋田 伸幸*

従来の太陽光発電システムに用いられる太陽電池パネルは、年間を通じて最も発電量が大きくなるように方位と傾斜角を合わせて設置しているが、新しく開発された両面受光型太陽電池はパネルを垂直に設置しても従来型の最適設置に近い年間発電量が期待できることから、フェンスや防音壁と一体型にした太陽光発電システムへの適用等の可能性がある。そこでJR東日本研究開発センターに試験装置を設置し垂直設置両面受光型太陽電池の発電性能について評価試験を行った。

●キーワード：環境、自然エネルギー、電源

1 はじめに

JR東日本研究開発センターでは、エネルギー使用の一層の効率化や、よりクリーンなエネルギーの導入により、CO₂排出量の削減に努めるため、新技術を適用した鉄道施設のための高効率エネルギー供給システムの開発を目指している。

太陽光発電は無尽蔵でCO₂を排出しない自然エネルギーであるが、従来の太陽電池は日射を片面で受け電気に変換しており、太陽電池パネルは年間を通じて最も発電量が大きくなるように方位と傾斜角を合わせて設置している。これに対し、新技術の一つである両面受光型太陽電池は、日射をパネルの両面で受けて発電できることから、方位と傾斜角に無関係に設置可能であり、垂直に設置することにより、従来型の最適設置に近い年間発電量が期待できる。

垂直設置することによりフェンスや防音壁と一体型にした太陽光発電システムへの適用等の可能性が考えられることから、JR東日本研究開発センターに設置方位をそれぞれ変えた試験装置を設置し1年間のデータを記録、性能の評価を行った。

2 両面受光型太陽電池

代表的な結晶シリコン太陽電池はシリコンにボロンを添加したp型シリコン半導体をベースに、表面にリンを拡散してn型シリコン半導体の層（n⁺層）を作る。このnp接合部には電界（電

位勾配）ができ、太陽光を照射すると光子が原子に衝突して、電子と正孔との対が発生する。この電子と正孔とが内部電界により相互に逆方向に流れ、電流が発生する。しかし、太陽光の大部分が表面近傍で吸収され、裏面近傍で生成された電子も逆流したり、np接合部まで移動する間に正孔と再結合してしまう。

そこで両面受光型太陽電池では、裏面からも太陽光を受光するとともに、全体を薄くすることで、裏面近傍で生成した電子がnp接合部に移動する距離を短くしている。また、片面受光型太陽電池のアルミ電極側に生成されるp⁺層（BSF; Back Surface Field）を、裏面にボロンを拡散することにより積極的にp⁺層を作り、電子の逆流防止を防ぎ性能向上を図っている。つまり、アルミ電極を配する代わりにボロンを拡散することによりBSFを形成しているので、裏面からの受光が可能となっている。

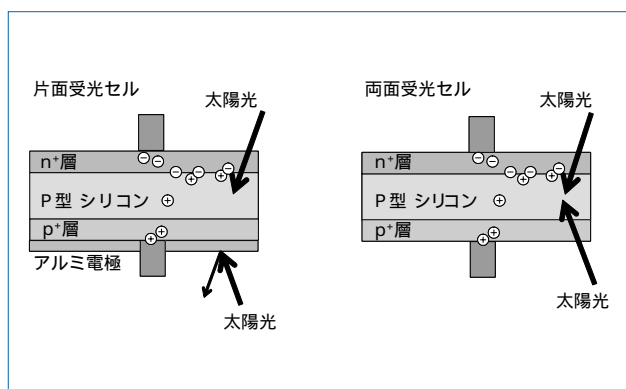


図1：両面受光太陽電池の構造

3 評価試験

試験装置として両面受光型太陽電池アレイ3台と片面受光型太陽電池アレイ1台を製作した。それぞれのアレイは2枚の太陽電池パネルで構成している。両面受光型太陽電池のパネルの仕様を表1に示す。これらのアレイのうち両面受光型太陽電池アレイをそれぞれ東向き、南向き、南東向きに、片面受光型太陽電池アレイを南向きに設置し、太陽電池アレイの電流・電圧及び、東西南北各方向の垂直面日射量のデータを2003年の1年間計測した。発電した電力は蓄電池に充電し、夜間負荷であるハロゲンランプにより消費するものとした。

図2に現地に設置した試験装置の構成を、図3に設置したアレイの写真を示す。

表1：両面受光型太陽電池パネル仕様

セル	両面受光型単結晶シリコン
セル数	18/パネル
公称最大出力	表36.3W/裏30.0W

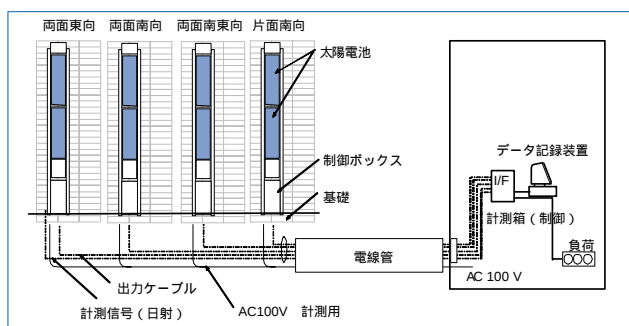


図2：太陽光発電試験システム構成

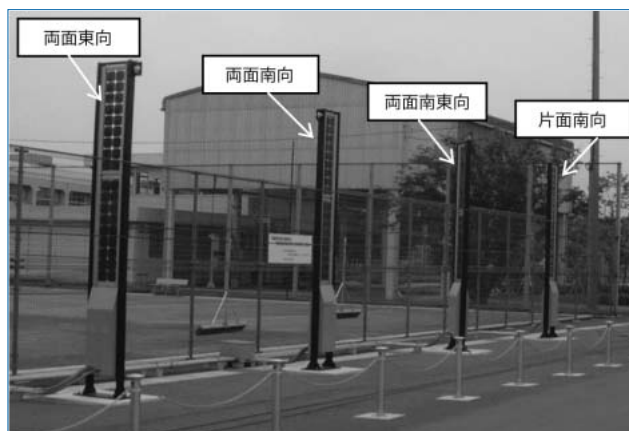


図3：太陽光発電試験システム外観

4 試験結果

4.1 1日の発電特性

図4-1～4-4に各季節における晴天日の発電特性を示す。1日における発電出力のピークは、南向きは各季節とも正午頃に発生し、冬季、春秋、夏季の順に大きい。また、東向きは午前と午後発生し春秋、夏季、冬季の順に大きく、南東向きは午前に発生し冬季、春秋、夏季の順に大きい。

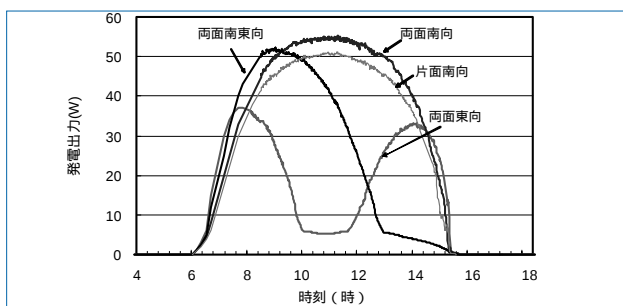


図4-1：春季における発電特性(2003.3.21)

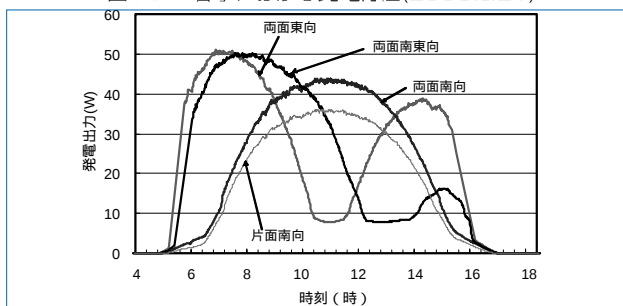


図4-2：夏季における発電特性(2003.6.5)

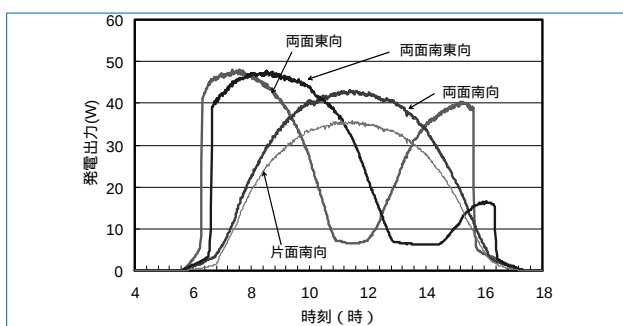


図4-3：秋季における発電特性(2003.9.30)

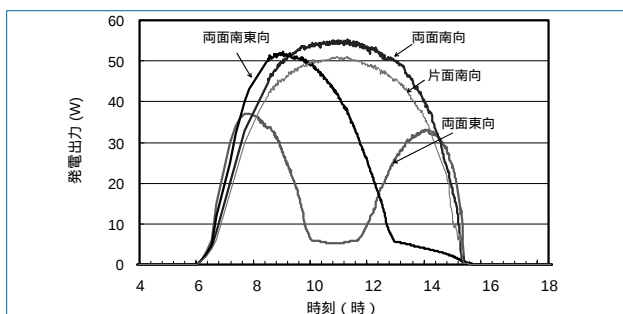


図4-4：冬季における発電特性(2003.12.21)

両面南向と片面南向を比較すると出力パターンは同様であるが、両面南向は片面南向よりピーク値がおおよそ20～30%大きくなっている。

4.2 1年間の発電特性

今回測定した各方向の日射量を図5-1に示す。また、平年の日射量を図5-2に、平年の日射量に対する今回測定した日射量の比を図5-3に示す。平年の日射量にはNEDO全国日射関連データマップにおける「浦和」のデータを使用した。このデータは過去30年間(1961年～1990年)の平均である。

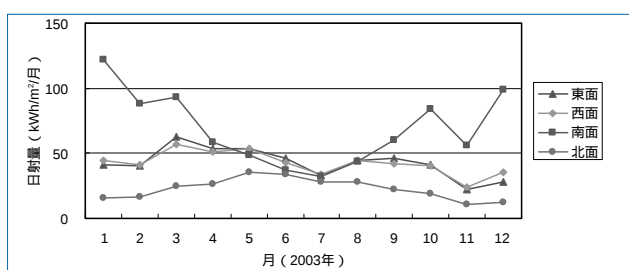


図5-1：月別日射量(2003年実測値)

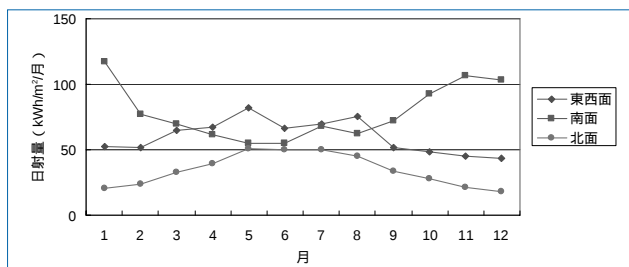


図5-2：月別日射量(平年値)

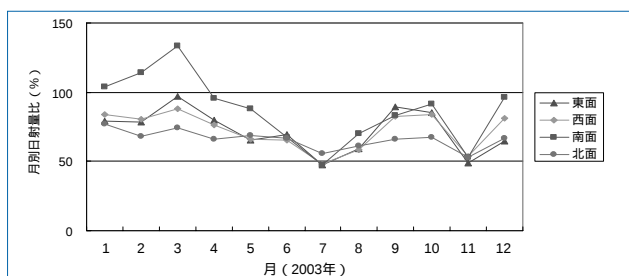


図5-3：平年の日射量に対する実測した日射量の比

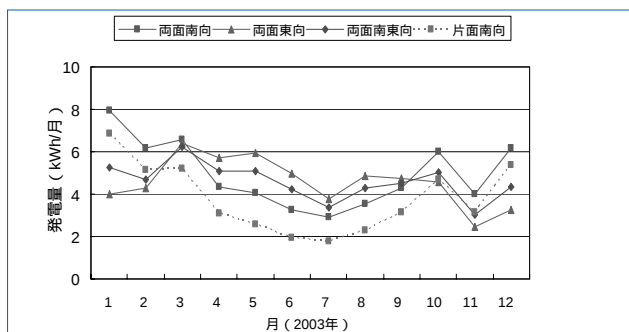


図6：月別発電電力量(実測値)

今回測定した2003年の日射量は南面の日射量が1～3月に平年を上回った以外は平年を下回っており、特に7月、11月は50%近くまで落ち込んだ。

図6に月毎の発電電力量を示す。発電電力量は、ほぼ日射量と同様の傾向を示している。南向きの発電量は冬季に大きく夏季に小さい傾向を示し、両面南向は片面南向より20～30%大きい。両面東向の発電量は冬季南向よりも小さいが、夏季には南向よりも大きくなり、両面南東向の発電量はこの中間の値を示している。2003年は夏季の日射量が少なく確認はできなかったが、東西向の日射量が平年では夏季に大きく冬季に小さい傾向を示していることから、両面東向の発電量も同様の傾向を示すと予測される。

4.3 年間発電量の比較

図7に各アレイの年間発電量を示す。また図8に片面アレイを最適設置(南向30°)に設置した場合の年間発電量(計算値)を1とした場合の各アレイの年間発電量を示す。ほぼ計算値と一致し、単に片面アレイを南向きに垂直設置しただけでは片面アレイを最適に設置した場合の年間発電量の70%程度しか発電できないのに対し、両面アレイを垂直設置した場合は、どの方向に設置しても90%以上の発電量が得られていることがわかる。さらに夏季に例年どおりの日射量があれば、両面東向、両面南東向の比率が上がる考えられる。

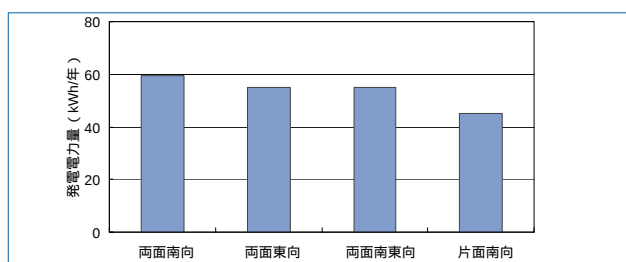


図7：各アレイの年間発電量

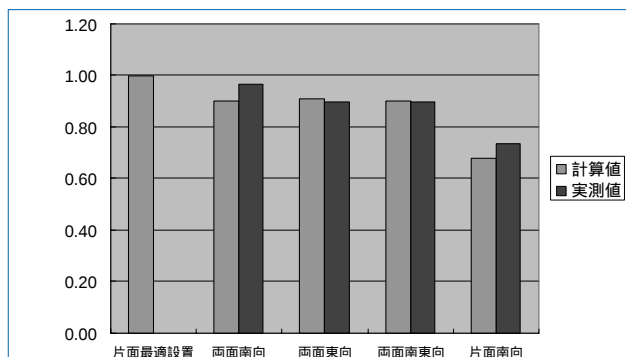


図8：片面アレイ最適設置(計算値)と各アレイの年間発電量の比

5 鉄道施設への適用

検証試験の結果、垂直設置した両面受光型太陽電池の年間発電電力量は設置方位と傾斜角に依存せず、最適設置した片面受光型太陽電池の90%以上の発電量が得られることが確認された。(ただし、この値は緯度による太陽の角度により差があると推定できる。)

以上の結果から、次の用途での使用が考えられる。

(1) 線路沿線への適用

太陽光発電はエネルギー密度が希薄なため、十分な発電電力を得るためには広大な面積が必要となる。そこで土地が確保されている道路や鉄道沿線への自然エネルギー設備の適用は各所で検討されている。しかし、従来型の太陽電池では方向を考慮して設置せざるをえず、設置上の制限が大きい。図9に千葉県館山自動車道市原サービスエリアに設置された例を示す。

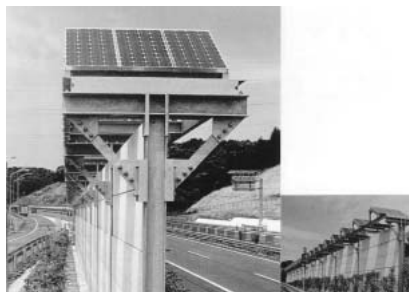


図9：道路沿線への太陽電池の設置例

これに対し、両面受光型太陽電池は、方向に無関係に垂直に設置することが可能でありこれによって、変電所等のフェンスや防音壁と一体型にしたシステムの適用が考えられる。図10にビルの屋上フェンスとして設置した例を示す。図11-1,11-2に適用可能な箇所を示す。例えば、高さ15mの両面受光型太陽電池パネルを防音壁等に使用した場合、今回の検証試験の実績をそのまま当てはめると、100mあたり年間約10,000kWhの発電量となる。

(2) 独立電源としての活用

設置方法に裕度があることから、電源が容易に確保できない箇所の独立電源としての適用も考えられる。特に、通常の設置方法では冬季、積雪により発電ができなくなってしまうような多雪地域においては、垂直設置により、積雪しにくく、さらに地上の積雪による反射光による発電も期待できることから有効と

考えられる。これについては現在、上越線越後湯沢駅に設置し、そうした使用をした場合の試験を実施中である。(図12)

6 まとめ

JR東日本研究開発センターに垂直設置両面受光型太陽電池を設置し1年間の基礎試験を行い、その性能の評価を行った。その結果、概ね期待どおりの結果が得られるとともにより有効な設置方法を検討できるデータも得ることができた。

なお、本研究は株式会社日立製作所との共同研究で実施した。



図10：ビルの屋上フェンスとしての適用例



図11-1：新幹線防音壁



図11-2：新幹線変電所フェンス



図12：積雪地域における独立電源としての試験（越後湯沢駅構内）

参考文献

- 1) 上下、江口他;両面受光型太陽電池の基本応用技術の開発,IEEJ Trans.PE,Vol.123,No8,pp.947～955,2003.8.