

建材一体型太陽電池の鉄道施設への適用

仙田 要 (せんだ かなめ)

牧野 喜郎 (まきの よしろう)

1 まえがき

地球環境や地球温暖化に対する対策が叫ばれている昨今、電鉄会社もクリーンなエネルギーの活用に真剣に取り組んでいる。

鉄道駅舎の上屋（ホーム）屋根にはスレート材が多用されている。スレート屋根の耐久寿命は10～20年であるが、屋根更新を迎える駅舎において、単に新しい屋根材にふき替えるだけではなく、建材（屋根材）一体型太陽電池を使った発電システムの適用が始まっている。駅舎のかなりのスペースを占めるホーム屋根部を有効活用できるため、今後の普及が期待されている。

アモルファスシリコン太陽電池セルによる建材一体型太陽電池を適用した発電システムについて、京王電鉄(株)明大前駅と若葉台駅の導入実績を例として以下に紹介する。

図1に若葉台駅の太陽電池設置屋根の外観を示す。

2 建材一体型太陽電池の特長

現在電力用として多く適用されている太陽電池にはセル材料に結晶系シリコンを使用したものとアモルファスシリコンを使用したものに大別できる。

結晶系シリコン太陽電池は太陽電池セルの表面を強化ガラスで覆い、裏面を耐候性の良いテトラ樹脂フィルムなどで封止し屋根材となる耐火性板材で覆ったパネル構造のものが一般的である。

一方、アモルファスシリコン太陽電池は結晶系シリコンと同様の強化ガラス上に太陽電池を成膜し、裏面をテトラ樹脂フィルムなどで封止したパネル構造のもののほかに、ステンレス鋼はくなどにアモルファスシリコン太陽電池を成膜したセルを鋼板などの板材に貼付（ちょうふ）し耐久性のあるフィルム材で封止した構造のものがある。

明大前駅と若葉台駅で適用したものはアモルファスシリコン太陽電池セルを鋼板に貼付したタイプであり、以下の特長がある。

(1) 屋根材とした状態では強化ガラスタイプのパネル構造

図1 若葉台駅の太陽電池設置屋根の外観



太陽電池に比べて軽量であり、太陽電池と部材を加えた単位面積あたりの質量は 7.2 kg/m^2 と強化ガラスタイプパネル構造の約 $1/2$ である。このため、既設屋根の支持構造を強化することなく屋根の更新が可能となる。

(2) 夏季晴天時には屋根の表面温度は $60 \sim 80^\circ\text{C}$ になる。一般的に結晶系シリコン太陽電池は温度が高くなると出力の低下が著しいのに対し、アモルファスシリコン太陽電池はその傾向が少なく、また温度が高いとアニール効果により逆に変換効率が向上する。したがって冬季より夏季の方が発電性能が向上する。

(3) 太陽電池の製造に必要とされるエネルギーが結晶系シリコン太陽電池に比べて少ない。真空中でシラン系の原料ガスを分解して基板上にアモルファスシリコン薄膜をたい積させる製法で製造過程での必要温度が低いため省資源・省エネルギーにて製作できる太陽電池であり、エネルギーペイバックタイム（EPT：太陽電池を作るための投入エネルギーを太陽電池が発電したエネルギーで除した値）が短く、創エネルギー効果に優れている。

以上が今回適用した鋼板貼付型アモルファスシリコン太陽電池の特長であるが、一方、結晶系シリコン太陽電池にはアモルファスシリコン太陽電池に比べ変換効率がよいという特長がある。現在製品化されているものでアモルファ



仙田 要

京王電鉄(株)車両電気部電力課課長補佐。



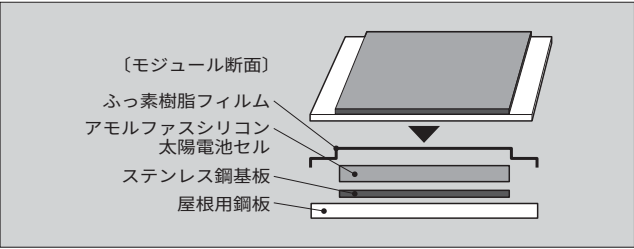
牧野 喜郎

電気鉄道用変電・制御システムの技術企画業務に従事。現在、電機システムカンパニー交通・特機事業部変電技術部担当部長。電気学会会員。

表 1 建材一体型太陽電池の仕様と特性

分 類		長尺モジュール太陽電池	短尺モジュール太陽電池
項 目	長 さ	5,440 mm	4,000 mm
	幅	525 mm	525 mm
質 量		23.3 kg	17.1 kg
公 称 最 大 出 力		153.0 W	109.0 W
公称最大出力動作電圧		31.5 V	22.5 V
公称最大出力動作電流		4.84 A	4.84 A
公 称 開 放 電 圧		42.8 V	30.6 V
公 称 短 絡 電 流		5.68 A	5.68 A
太 陽 電 池 セ ル 数		21 直列	15 直列

図 2 太陽電池モジュール構造イメージ



スシリコン太陽電池はモジュール変換効率が8～10%であるのに対して、結晶系シリコン太陽電池は12～15%である。

今回の適用例では更新屋根部分の面積が十分ある点と既設屋根支持材を補強せずに極力短期間で更新する方針のため、総合的判断により鋼板貼付型のアモルファスシリコン太陽電池を採用した。

③ 太陽電池の仕様・特性

この建材一体型太陽電池としては三晃金属工業(株)製のアモルファスシリコン太陽電池を使用している。既設ホーム屋根の形状に合わせて2タイプのモジュールを適用した。各太陽電池の仕様と特性を表1に示す。

④ 太陽電池の構造

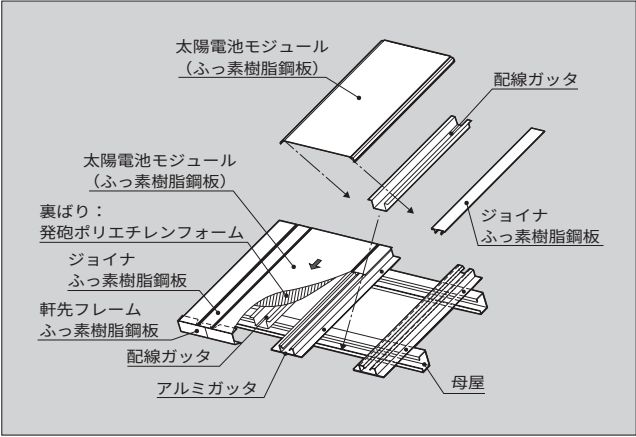
この太陽電池は図2のようにアモルファスシリコン太陽電池セルを成膜させたステンレス鋼基板を厚さ0.8mmの屋根用鋼板上に張り付け、さらにその上を保護用のふっ素系樹脂フィルムで封止した構造であり、形状は通常の屋根材鋼板と同一で太陽電池の存在を目立たせない外観である。図3に明大前駅の太陽電池の外観を示す。

図4の太陽電池設置屋根部分の構造に示すように、太陽電池部は母屋に固定されたガッタの間に挟み込まれ、さらにジョイナで固定される構造である。太陽電池モジュールからの出力配線は配線ガッタを通して必要な直列数だけ接続され、さらにその直列グループのP・Nおのおののケーブルはケーブルダクトを通してホーム屋根下の接続箱まで

図 3 明大前駅の太陽電池の外観



図 4 太陽電池設置屋根部分の構造



布設される。

⑤ 明大前駅・若葉台駅の設置例

この太陽光発電システムは新エネルギー・産業技術総合開発機構の「産業等用太陽光発電フィールドテスト事業」により計画され設置された。

明大前駅のシステムの設備容量は30kWであり、前述の153W太陽電池モジュール10直列×18グループと109W太陽電池モジュール14直列×2グループで構成している。図5に明大前駅ホーム屋根の太陽電池配置状況を示す。10kWごとにホーム屋根下に接続箱を設置して太陽電池モジュールの直列グループを集約し、10kW単位ユニットインバータに対応して接続する形態を採っている。ケーブルの布設は極力既設のケーブルラックおよびトラフを活用し工事費用の低減に配慮している。

若葉台駅のシステムの設備容量は60kWであり、おおむね明大前駅のシステムを2セット設けた構成である。図6に若葉台駅の太陽光発電システムの構成を示す。

既設駅設備を運用しつつホーム屋根の撤去工事および太陽電池設置工事を行うためには、次のような制約条件が発生する。

図5 明大前駅ホーム屋根の太陽電池配置状況

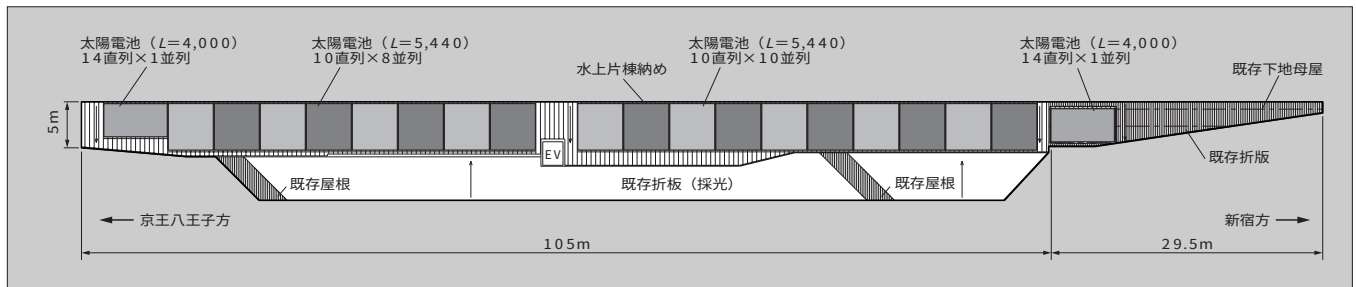
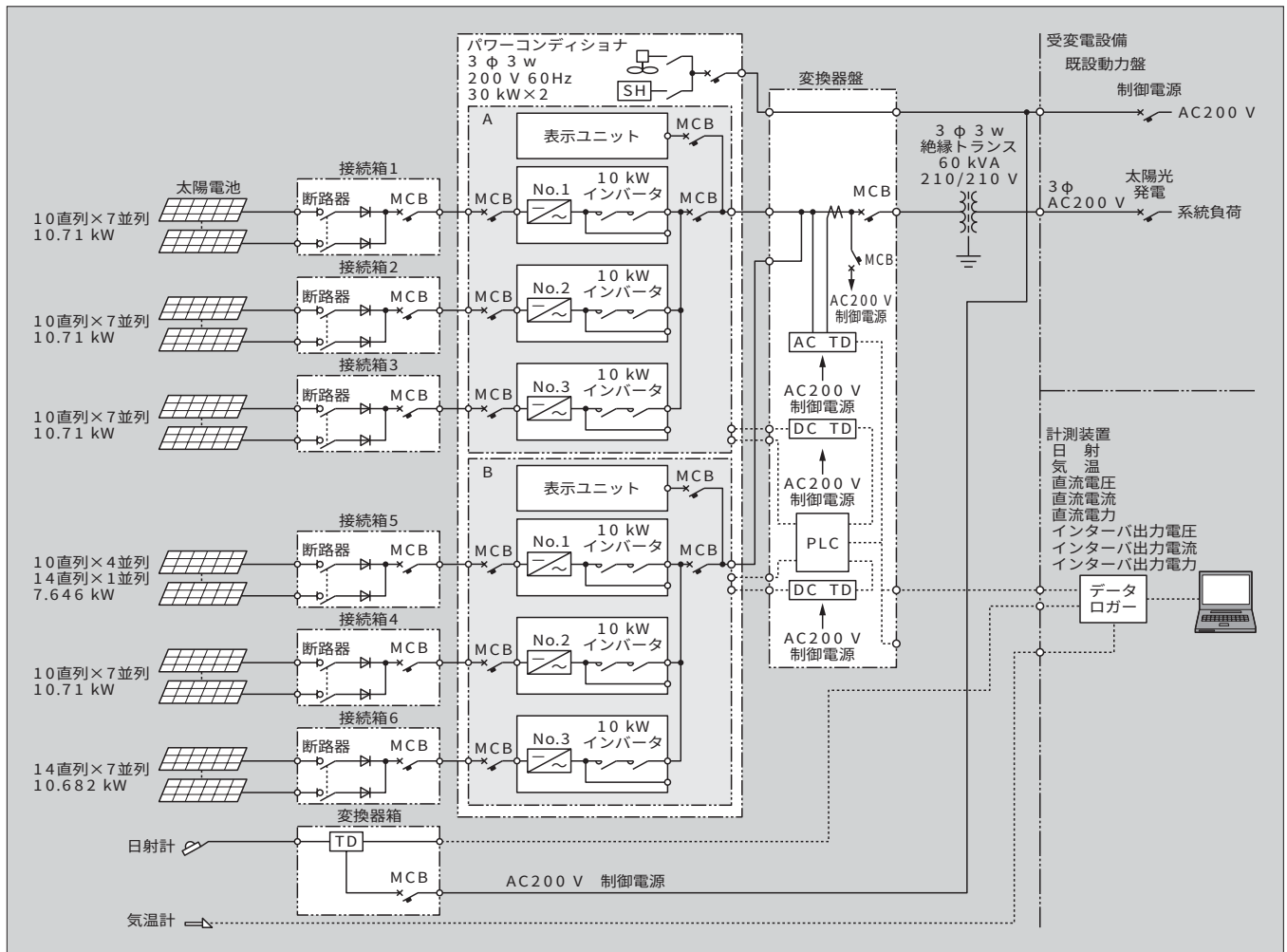


図6 若葉台駅の太陽光発電システムの構成



- (1) 乗降客が多く常に混雑する駅では営業運転中の屋根工事作業は不可能である。
- (2) 夜間作業では近隣住民に対する騒音の配慮が必要である。
- (3) ホーム屋根上部に電線や高圧配電線がある場合は、屋根工事作業時の停電処置や感電防護処置が必要である。
- (4) 作業中止時のホーム屋根雨仕舞が必要である。

このような諸条件に対応しつつ限られた工期内に完成させるために工事計画は慎重に検討する必要がある。

明大前駅は電気室がなく、若葉台駅は電気室の空きスペースが少ないため、両駅ともインバータは屋外仕様の盤に収納している。

⑥ 電車電磁波ノイズの太陽電池への影響調査

今回のホーム屋根への太陽電池適用に対し、直近を走行する電車やトロリ線からの電磁波ノイズが太陽電池に及ぼす影響の有無について事前に優等電車が加速状態で通過する若葉台駅にて調査を行った。

方法としては屋根材一体型太陽電池と電界センサ・磁界センサを取り付けた板をホーム屋根上に固定し、ホーム端部に測定機材を設置して営業運転中のデータ収集を行った。その結果、ホーム屋根上の電磁波レベルは電界が数 V/m、磁界が数 mA/m のレベルで人体への安全基準値より一け

た以上低く、太陽電池のリード間ノイズ電圧は 200 mV 程度、ノイズ電流は測定限界の 2 mA 以下であり、太陽電池に対してまったく問題ない値であった。

⑦ フィールドデータ

2001 年 4 月から 2002 年 1 月までの明大前駅と若葉台駅における太陽光発電設備の月ごとのシステム利用率（システム出力電力量を太陽電池アレイの定格出力電力量と時間との積で除した値）の推移を図 7 のグラフに示す。

システム利用率は一般的に最適傾斜角度で太陽電池を設置した場合に年間平均で 12 % 程度であるが、明大前駅は 6.1 ~ 14.4 % であり、若葉台駅の場合は 8.4 ~ 17.4 % の結果を得た。

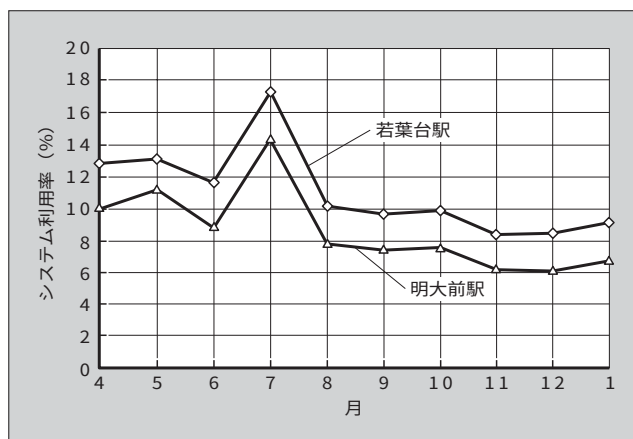
両駅は駅ホームの屋根を太陽電池としているために、明大前駅では 7 ~ 10 度、若葉台駅では 15 度の傾斜角度となっている。したがって年間最大日射量を受ける傾斜角度の最適条件である 30 度程度に比べ、システム利用率は低い傾向にならざるを得ない。7 月のシステム利用率が高いのは、この月の日射量が平年値の 1.5 倍程度あったためである。

明大前駅と若葉台駅のシステム利用率の差については下記の要因と考えている。

- (1) 明大前駅はホーム屋根の傾斜角度が若葉台駅に比べ浅く、また方位角が若葉台駅はほぼ真南であるのに対し明大前駅は南東方向に面している。
- (2) 明大前駅は商業地域に位置し、低層だが駅周辺に建物があり日射に影響を及ぼしている。一方、若葉台駅は都市計画地域内の駅であり、周辺は駅前広場などが配置され周囲に日射を遮るものがほとんどなく良好な条件にあるためにシステム利用率が高い傾向にある。

前者の影響による差異は計算上わずかであり、後者の影響が支配的と考える。

図 7 システム利用率の推移



フィールドテストデータからシステム利用率を見る限りでは、両駅の太陽光発電システムは順調に運転を継続している。今後、長期的なデータ蓄積による駅ホーム屋根上設置の太陽光発電システムの評価が期待される。

⑧ あとがき

鉄道において駅舎のホーム屋根スペースは活用されているケースが少なく、有効活用が期待される場所である。今後建材（屋根材）一体型太陽電池のさらなる低価格化が進んでいけば、ホーム屋根での太陽光発電システムは相当普及するものと考えられる。

将来の地球環境を考慮すると化石燃料による発電は極力抑える必要があり、太陽光発電以外のクリーンエネルギーの有効活用を含めトータルシステムとしての最適省エネルギー・新エネルギーシステムの構築を推進していきたい。

最後にこの太陽光発電フィールドテスト事業の実現に際し多大なご指導・ご協力を賜った新エネルギー・産業技術総合開発機構殿に深く感謝する次第である。



＊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。