

放熱塗料を用いた太陽光発電における発電量低下の抑制

前川 孝司・中村 隆志*・田上 英人・磯崎 裕臣

Inhibition of output reduction in solar power generation with the use of heat dissipation paint
Koji MAEKAWA, Takashi NAKAMURA, Hideto TANOUE, Hiroomi ISOZAKI

Abstract

It is necessary to use the renewable energy, such as photovoltaic is required for realization of low carbonized society. The power generation characteristics of a solar cell will decrease 0.5%, if the temperature on the surface of a solar cell rises by 1 degree C. We tried to improve the power generation efficiency of solar cell by application with heat dissipation paint. We succeeded about 3% improvement in the power generation efficiency of the 40W solar cell by painted of heat dissipation paint.

Keywords : photovoltaic, solar cell, power generation efficiency, heat dissipation paint, I-V characteristic

1. 緒言

平成26年4月に閣議決定されたエネルギー基本計画において、再生可能エネルギーは「現時点では、安定供給面、コスト面で様々な課題が存在するが、温室効果ガスを排出せず、国内で生産できることから、エネルギー安全保障にも寄与できる有望かつ多様で低炭素の国産エネルギー源」と位置付けられており、低炭素社会の実現に向け、太陽光発電や風力発電など再生可能エネルギーの有効活用が望まれている⁽¹⁾。

太陽光発電において、パネルの表面温度が1℃上昇することで発電効率が0.5%程度低下する⁽²⁾ため、日射量が多い晴天が必ずしも太陽光発電に適しているわけではない。例えば、気温が27℃でエネルギー密度が800W/m²の日射がある場合、太陽電池の表面温度は約70℃に達してしまう。太陽電池の発電性能の定格値は最適な25℃で測定されていることがほとんどであるため、先程の天候の場合には、定格値から45℃上昇していることとなり、出力は約20%低下する。現在、一般に販売されている太陽電池の変換効率は定格で20%であるため、示した条件では20%低下し、変換効率が16%の程度しか実際には発揮できないことになる。最適な25℃という環境を実現できる季節は1年の内の3～4ヶ月程度であり、九州では5月中旬から10月後半までは、パネルの温度上昇によって、数%～二十数%の低下がおこる。つまり九州地方にとって、パネルの温度上昇による変換効率の低下は半年という長い期間継続して引き起こされ、解決すべき課題である。

表面の温度上昇を抑制する解決法として風冷や水冷などがあり⁽³⁾、表面を冷却すればよい。しかし、風冷では風を送るために、水冷では水を送るためにそれぞれ電力ならびにそれらを動作させるシステムが必要となる。それらに要するエネルギーが冷却によって回収されるエネルギー以上となってしまうは無意味である。そこで、本研究では電力を一切使用しない相変化を利用した熱抑制塗料をパネルの背面に塗布することで表面温度を下げ、発電効率の向上を目指し、実証実験によって効果を確認した。

2. 実験

2. 1 熱抑制塗料

熱抑制塗料には、主に屋根や外壁などの上塗材に使用されている、株式会社エイチ&エス化工に協力いただき「クールネスコートHT-A」⁽⁴⁾を用いた。

図1のように、塗料には2タイプの特殊高分子マイクロカプセルが配合されている。特殊高分子マイクロカプセル(A)は断熱性・保温性を発揮し、太陽熱などの吸収を防ぐ。一方、特殊高分子マイクロカプセル(B)は何種類もの相変化物質が各々設定された温度になると固体から液体になる際に融解熱を奪い、塗膜の表面温度を低下させる。動作としては、ある一定の温度まではカプセル(B)によって、相変化で融解熱として熱を奪い、一定以上になるとカプセル(A)によって熱の吸収を防ぐ。これらの動作を確認するために、熱伝導率の比較的高い銅板を用いて、熱抑制塗料の温度特性を測定する。1枚の大きな銅板から6.4cm×10.7cm(一般的な太陽光パネルの1/15スケール)サイズで4枚切り出し、熱抑制塗料を塗っていないもの、1度だけ塗ったもの、1度塗り乾燥させた後に2度・3度・4度と重ね塗りしたものを用意した。空調により一定温度に保った暗室内で一定の距離から、500Wの白熱球を5分間だけ塗料を塗布していない片面に照射し、その後、自然に放熱させた時の温度変化を5秒のサンプリング間隔で測定した。測定結果を図2に示す。

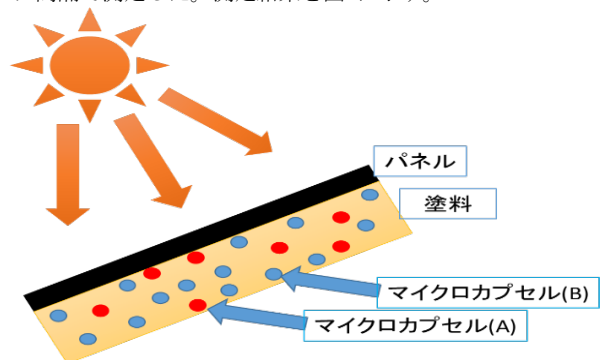


図 1 熱抑制塗料

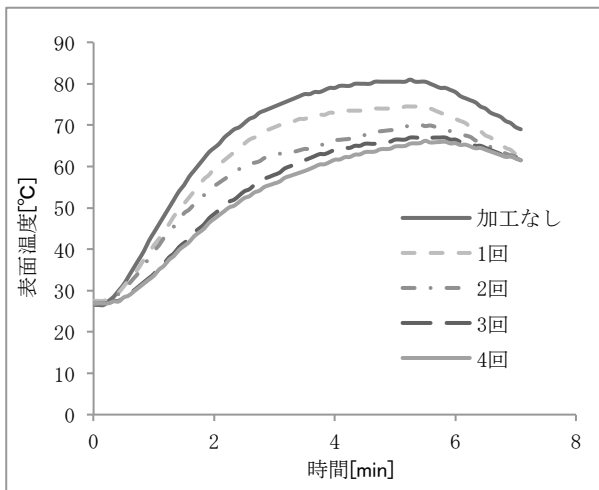


図 2 定熱源での温度抑制特性

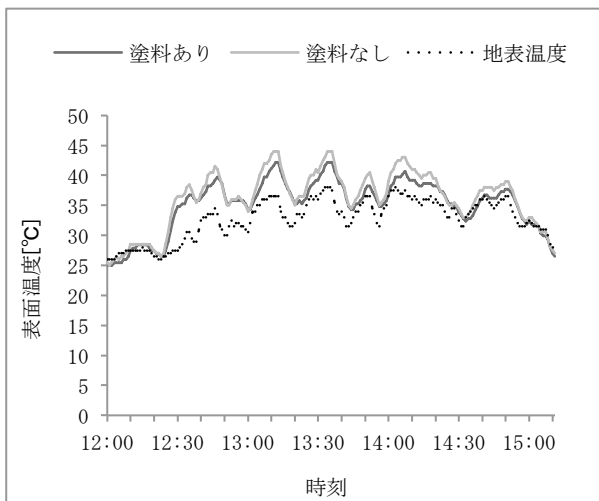


図 3 屋外での温度抑制特性：6月12日(木)

加工なしは、そのままの銅板、1回、2回は塗料を塗った回数である。照射していた前半5分間では、重ね塗りをすることで、加工なしに比べ温度上昇を抑制することが出来ている。一方、放熱させている後半では、保温効果が発揮され、重ね塗りをすることで温度の変化が緩やかになる結果を得た。3回重ね塗りをした結果と4回重ね塗りをした結果に大きな抑制効果の差が生まれなかったことから、本実験では、太陽光パネルの裏側に、3度塗装を施し、実験することとした。一方、6月の晴天時に塗料を3度重ね塗りした場合と塗っていない場合の屋外における太陽光での温度変化の結果を図3に示す。黒い線が塗布加工を施した銅板、灰色の線が加工を施さなかったもの、破線が地表(アスファルト)の温度である。なお、太陽光パネルでの温度変化を模擬するため、銅板はそれぞれ地表から10cm程度の隙間を開け、真南の方角に30°の角度で設置した。

屋内での定熱源での実験では、加工なしのものと3度重ね塗りを施したものとは(加工なしの表面温度が75°Cの際)

最大で18°Cの温度差が生まれたが、6月の屋外での実験では、最大でも4°C程度の抑制に留まる結果(14時10分頃)を得た。図2と図3で、抑制効果が異なる理由としては、図2がパネルの後ろの空間が広く、反射による影響がなかったのに対し、図3の実験では地表からの反射による熱が加わったからであると判断した。なお、図2の18°Cの温度抑制は、理論上太陽電池の変換効率9%の向上であり、図3の4°Cの温度抑制でも、2%の効率向上につながる結果を得た。

2. 2 発電実験

株式会社システムトークスの単結晶型40W太陽光パネルSS-G40Wを2枚用いて、光を照射した際に、発電効率が向上するかを測定した。参考までに、暗室内で500Wの白熱球を用いて、加工を行う前に2枚それぞれの特性実験を行なった結果を図4に示す。図4に示したように用意した2枚の特性がほぼ一致していることを確認したため、一枚の太陽光パネルの背面のみに熱抑制塗料を3度重ね塗りの加工を施した。

発電効率の比較測定の条件は図2の測定と同様に、空調により一定温度に保った暗室内で一定の距離から500Wの白熱球を25kLxでパネルに対して照射した。発電実験の負荷には菊水電子工業株式会社の電流電子負荷PLZ164WLを用い、負荷により回路に流れる電流を変化させる特性実験を行なった。温度変化を図5に、IV特性を図6に、電力特性を図7にそれぞれ示す。図5から塗布することで10度程度の熱を抑制することが出来ることを確認した。図6・7の特性測定は、照射開始から30分後および60分後にそれぞれ行なったが大きな差は得られなかったため、60分後の特性のみを示している。図からもわかるように、塗料ありの方が、なしのものに比べ、特性の面積が大きく、変換効率が高いことが示される。塗料ありの場合、電流が0.21A時に13.8V、2.94Wを得たのに対し、塗料なしの場合であれば13.2V、2.77Wの発電が行われた。つまり塗装加工を施すことによりこの条件下では6%の効率向上が得られた。

暗室での特性測定と同様に屋外において太陽光を照射し効率向上測定を行なった。測定は晴天時に真南の方角に30°の角度でそれぞれの太陽電池パネルを並べて設置し、測定を行なった。設置場所は北九州工業高等専門学校の2号館と3号館の間の駐車場スペース(アスファルト)・北九州工業高等

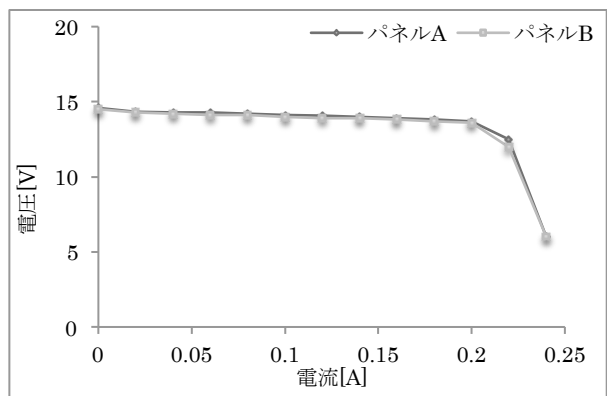


図 4 使用する太陽電池のIV特性(加工前の比較)

専門学校のグラウンド(土)・グラウンド上にある演台(アルミ)と3箇所で行なった。測定結果の一例として、グラウンドの上で測定した温度変化、電力特性を図8および図9に示し、各3箇所で行なった実験結果をまとめたものを表1に示す。

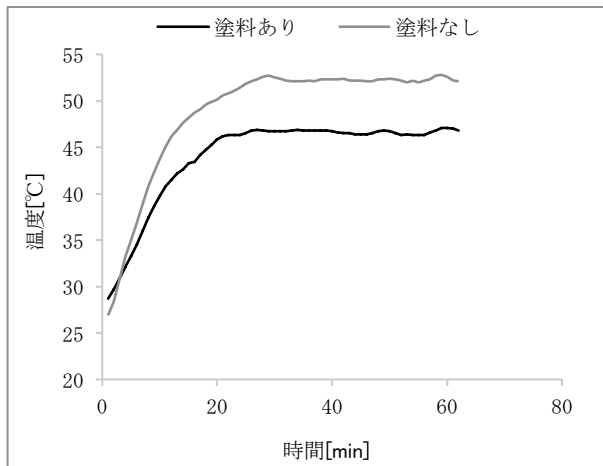


図 5 暗室でのパネルの温度変化

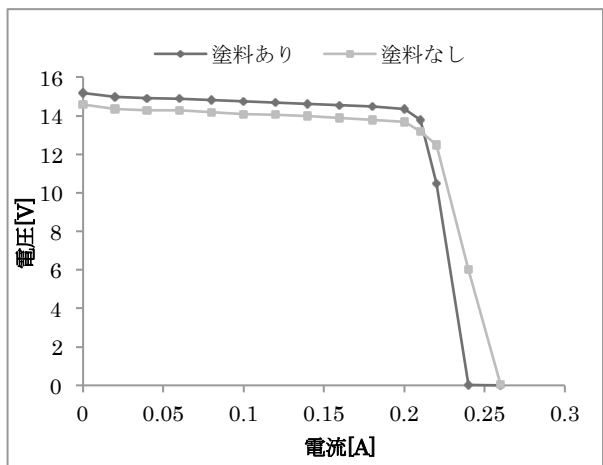


図 6 暗室でのIV特性

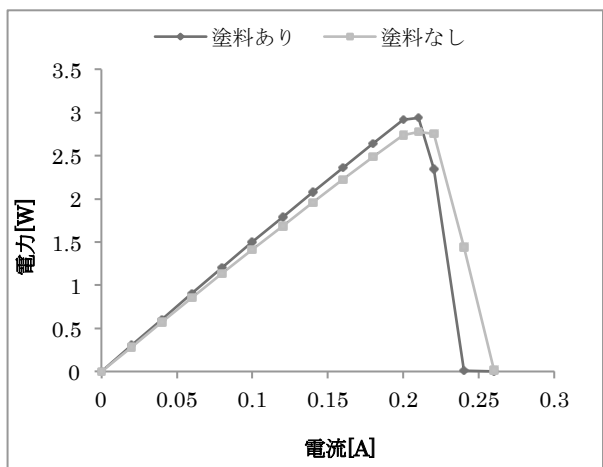


図 7 暗室での電力特性

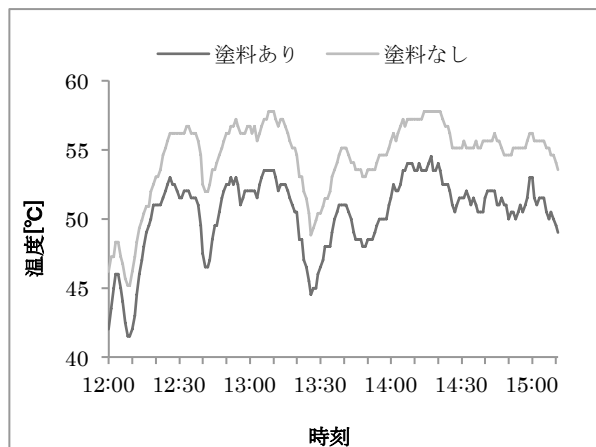


図 9 土の上での電力特性

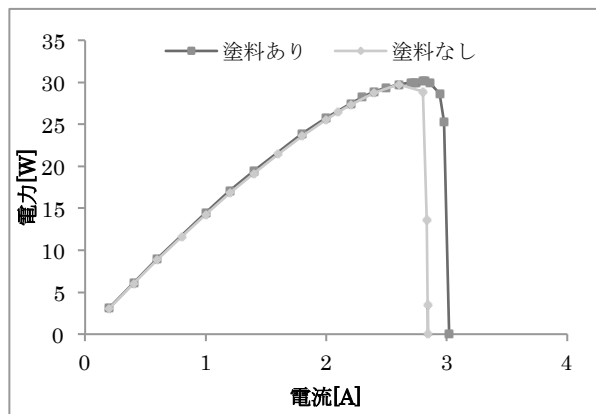


表 1 屋外での発電実験結果

場所	測定日時	最高気温	最大電力	塗料加工	日射強度
①	10月22日 14:03	25°C	28.92W	なし	0.52
①	10月22日 14:05	25°C	28.94W	あり	0.52
②	10月23日 14:08	26°C	29.44W	なし	0.53
②	10月23日 14:02	26°C	30.16W	あり	0.53
③	10月24日 14:10	26°C	31.34W	なし	0.55
③	10月24日 14:18	26°C	32.09W	あり	0.55

①：駐車場のアスファルト上

②：グラウンドの土の上

③：グラウンドの演台の上

なお、日射による温度変化を抑制塗料が十分に性能を発揮し、

熱を抑制した状態からという条件を加味し、それぞれの場所に設置した後、30分以上後に特性測定を行なった。また天気はほぼ変わらない3日間のほぼ同じ時刻、日射強度が約 0.5kW/m^2 になった時に測定を行なった。ただし、表1にあるように測定した日時が異なるため①と②といったように設置場所が異なる電力値の比較は出来ない。比較的、条件を揃えた設置箇所が同じ場所同士で塗料加工の有無で比較すると、アスファルト上が0.07%、グラウンド上が2.45%、アルミ上が2.39%の発電効率の向上が確認できた。

3. 結果及び考察

相変化物質をカプセルに入れ、塗料内に混ぜ込んだ熱抑制塗料を塗布することで、抑制効果により太陽電池の発電効率が2%程度向上する可能性が示された。ただし、設置する場所の周囲環境（地表からの反射熱率・周囲の平均風速など）が大きく影響があることが考察される。2%の向上率については、一般的な水冷式の向上率が3%程度であることから考えると、外部システムのメンテナンスなどを考えると十分に有効な数値であると考えた。

春・夏・冬の屋外での実験データを蓄積し、年間での向上率に加え、適用した場合の経済効果も検討したい。

謝辞

本研究は平成26年度卒業研究生の廣瀬雅一氏、高山雄利氏、ならびに平成27年度卒業研究生の森田滉樹氏の協力を得た。ここに記して深謝する。

参考文献

- 1) NEDO PV Challenges (NEDO 太陽光発電開発戦略) 2014年9月 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (URL:www.nedo.go.jp/content/100573590.pdf)
- 2) 小林誠・谷辰夫：「環境因子の変化に対する太陽電池モジュールの出力特性」, 太陽エネルギー, 109巻, 4号 (1993), pp. 39-46
- 3) 佐藤義久・鈴木将史・小林大・小林由和・鈴木堯志・古田真也・森本浩紀：「間歇水冷による太陽電池モジュールの発電効率向上に関する研究」, 日本太陽エネルギー, Vol. 34, No. 3 (2008-6), pp. 75-80
- 4) 株式会社 エイチ&エス化工 2014年2月 クールネスコー トHT-A 標準塗装仕様書, p1-18 (URL:<http://www.ac.auone-net.jp/~h-and-s/hyoujunsiyou.pdf>)

(2017年11月 6日 受理)