

研究論文

太陽光発電の効率向上に効果的な遮熱ネットの開発

原田 真*¹、浅野春香*¹、村松圭介*¹、山本尚男*²、中村直彦*²、岡村和俊*³

Development of Nets which Assist More Efficient Photovoltaic Power Generation

Makoto HARADA*¹ Haruka ASANO*¹, Keisuke MURAMATSU*¹,
Hisao YAMAMOTO*², Naohiko NAKAMURA*² and Masatoshi OKAMURA*³Mikawa Textile Research Center*¹ Taiyo Kagakukougyo CO.,LTD.*² Maruokasangyo CO.,LTD.*³

本研究では、太陽光パネルの発電に必要な波長光は透過し、赤外線を選択的に反射・吸収する特性を持つ遮熱ネットを開発し、太陽電池（以下 PV）に設置することで、温度上昇を抑制し発電量を増やす方法に取り組んだ。2年目となる今年度は、前年度明らかになった問題点である「光の透過性」、「熱のこもり」、「通気性の改善」に取り組んだ。改良したネットを用いてあいち臨空新エネルギー実証研究エリアの太陽電池施設 PV で実証実験を行った結果、前年度と比べて発電量の増加を確認したとともに、遮熱効果と発電への影響に関する多くのデータを得た。さらに、遮熱糸に蛍光特性を組み入れることで、紫外線を発電に使える波長光に変換し、発電量を増加させる方法にも取り組んだ。

1. はじめに

我が国のエネルギー政策は、次世代エネルギーへの転換に拍車がかかっている。なかでも太陽光発電は、次世代エネルギーとして最も期待されているが、現行では発電効率が 20%に満たないものが多く、更なる改良が求められている。また、最も普及している結晶シリコン型太陽電池は、温度上昇によって大幅に発電効率が低下する事が知られており、10℃温度が上昇するに従って約 5% 発電効率が低下するため、この対策が強く求められている。

我々は、平成 24 年度から明るい遮熱ネットの技術をベースに、太陽電池の発電に必要な波長光は透過し、温度上昇につながる赤外線を選択的に反射・吸収するネットの開発に取り組んできた。さらに、遮熱糸に蛍光特性を組み入れることで紫外線を発電に使える波長光に変換し、発電量を増加させる方法にも取り組んだ。

2. 実験方法

2.1 遮熱糸、波長変換糸の作製

本研究で用いた糸は、遮熱糸が溶融紡糸による方法とフィルムをスリット加工する方法の 2 種類で、波長変換糸はフィルムをスリット加工する方法で作製した。

2.1.1 遮熱中空糸の作製

遮熱中空糸の作製では、ベース樹脂、遮熱材は変更せず、溶融紡糸ノズルを改良し、継目部分を無くすとともに中央

部から空気を注入する機構を取り入れた。それによって、継目がなく延伸による薄肉化を達成した中空糸を得た。

ベース樹脂：直鎖状短鎖分岐ポリエチレン

モアテック 0138NK (株)プライムポリマー製

遮熱剤：パールマイカ SCI 103 (株)ヤマグチマイカ製

溶融紡糸装置：モノフィラメント紡糸機 TN-35

中部化学機械(株)製

中空ノズル：穴径 10mm φ 厚さ 0.2mm×3 穴

2.1.2 波長選択糸の作製

前年度の遮熱糸は遮熱性を重視した結果、PV の発電に必要な光の透過も低くなってしまった。発電に必要な光を重視するため、太陽光のうち PV の発電に必要な光を透過し、熱線を選択的に反射するようなフィルムを求め、表 1 に示す 6 種類の遮熱フィルムについて検討を行った。フィルムを選択し、スリット加工することで波長選択糸とした。

表 1 検討したフィルム

サンプル名	メーカー
Nano90S	住友スリーエム(株)
高透明熱線反射フィルム 1000、1200、1500	日立マクセル(株)
リフレーション TZ33	東海ゴム工業(株)

*1 三河繊維技術センター 産業資材開発室 *2 タイヨー化学工業株式会社 *3 マルオカ産業株式会社

2.1.3 波長変換系の作製

発電量をさらに増やすために、太陽光のうち発電に使えなかった紫外線を発電に必要な波長光に波長変換する蛍光材料を糸に取り入れる方法について取り組んだ。

本研究の用途では、発電に用いる波長光の透過性と屋外で使用しても劣化しない耐候性が必要である。この条件を満たす蛍光材料として、無機ナノ蛍光材料であるルミライトナノ R-Y202(シンロイヒ(株)製)を選択した。

この蛍光材料は親水性で溶融混練ができないため、フィルムにコートすることとした。波長変換の評価は、コートしたフィルムの励起スペクトル、蛍光スペクトルを分光蛍光光度計で測定することで行った。波長変換糸は、このフィルムをスリット加工することで得た。

ベースフィルム：ポリプロピレン（片面コロナ処理）

樹脂：ハイドラン WLS-210 DIC(株)製

蛍光材濃度：2wt%、5wt%、10wt%

コーティング加工装置：M-200 (株)ヒラテクト製

分光蛍光光度計：FP-8500 日本分光(株)製

2.2 ネットの作製

2.2.1 遮熱ネットの編網

前年度の問題点であった熱のこもり、通気性の改善を果たすため、最適な網組織、打込み密度などの作製条件を検討した。2種類の遮熱糸を用いて、熱を逃がすための空気の流れやすさと日射を受ける面積を考慮した5種類の構造のネットを試作し、以下の試験結果から最適なものを決定した。

遮光率 JIS L 1055「カーテンの遮光性試験方法」

通気度 JIS L 1096「フラジール形法」

開口率 投影面積率を測定し、平面上の空間の割合を100-投影面積率で求めた。

2.2.2 波長変換ネットの編網

波長変換ネットは、蛍光材をコートした波長変換糸を用いて、通気性を重視した空隙の大きい構造Aと、波長変換光の量を重視した空隙の少ない構造Bの2種類のネットを編網して検討した。

2.3 実証実験

2.3.1 あいち臨空新エネルギー実証研究エリアでの実証実験

ネットの遮熱による発電量増加の実証実験は、前年度同様に愛知県常滑市にある「あいち臨空新エネルギー実証研究エリア」が所有する多結晶シリコン型PVを用いて実施した。

実験は、ネットなし、遮熱中空糸ネット、遮熱フィルムネットの3検体について、PV裏面温度、発電量を比較した。また、前年度の実験で実験環境温度が低く、高温での発電量低下が確認しにくかったことの対策として、

実験区間のみ図1に示すようにPV裏面に通気を妨げるネットを設置して実験を行った。



図1 エリアでの実験状況

2.3.2 波長変換ネットの実証実験

波長変換ネットの実証実験は、多結晶シリコン型太陽電池パネル SM-245PC8 (S-Energy Co., Ltd.製) 1枚を用いて図2に示す装置を用いて実施した。評価は、時間ごとのPV裏面温度および発電量(PMAX)を比較した。



図2 実験装置

3. 実験結果及び考察

3.1 遮熱系の作製

太陽電池が発電のために吸収する太陽のエネルギーは、各波長における太陽光の強度と太陽電池の感度によって決まるため、太陽電池が受けるエネルギーはその積算であると考えられる。フィルムを太陽電池の上に配置する本研究では、太陽電池が受けるエネルギーはフィルムによって一部が遮られるため、太陽電池が受けるエネルギーは次式で示すEと相関があると考えられる。

$$E = \sum_{n=340}^{1200} I_n \cdot S_n \cdot P_n$$

I_n : 波長 n における太陽光の分光放射強度

S_n : 波長 n における結晶シリコン型太陽電池の太陽光吸収感度

P_n : 波長 n におけるフィルムの光透過性

そのため、最適なフィルムを検討する手段の一つとして、各種フィルムを用いた時の E の値を計算して比較した。その結果を表 2 に示す。

表 2 各種フィルムの計算結果

	なし	Nano90S	高透明熱線反射フィルム			TZ33
			1000	1200	1500	
E	35,480	24,380	28,150	31,310	31,290	23,350
割合	100.0	68.7	79.3	88.2	88.2	65.8

この結果から、高透明熱線反射フィルム 1200 および 1500 が約 90%と最も高い数値を示した。これは太陽電池が必要とする波長光の透過性が高いためであり、さらに 1200nm、1500nm の赤外線を遮ることによる遮熱効果も期待できる。この結果から、フィルムは高透明熱線反射フィルム 1200 を選び、幅 3.5mm にスリット化することで原糸を作製した。

3.2 遮熱ネットの作製

図 3 に作製した遮熱ネットを示す。表 3 に遮熱ネットの各種性能を示す。どちらもたて方向の強度は十分あったが、よこ方向は強度が低く伸びやすかったため、実証実験における風の影響を考慮して、ネット周囲にロープを配置して補強することとした。遮光性は遮熱フィルムネットが遮光率 20%未滿を示し、可視光をよく通すことが確認された。通気度は開口度を高くした結果、どちらも 500 以上と前年と比べて大幅に増加しており、ネット面を通じた放熱効果が期待される。



遮熱中空糸ネット 遮熱フィルムネット

図 3 開発した遮熱ネット

表 3 遮熱ネットの各種性能

	遮熱中空糸ネット	遮熱フィルムネット
引張強さ (N) (たて方向 幅 5cm)	197	181
伸び率 (%) (たて方向 幅 5cm)	20.0	20.0
遮光率 (%)	30	19
通気度 ($\text{cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$)	610	550
開口度 (%)	38	31

3.3 波長変換ネットの作製

波長変換ネットの検討において、蛍光材のコーティング試験で得られた 3 種類のフィルムについて、蛍光分光光度計による励起/蛍光スペクトルの測定を行った。その結果を図 4 に示す。いずれのサンプルも紫外線を吸収し、主に 619nm の赤色可視蛍光を発していることが確認され、濃度の増加に応じた強度の増加もみられた。

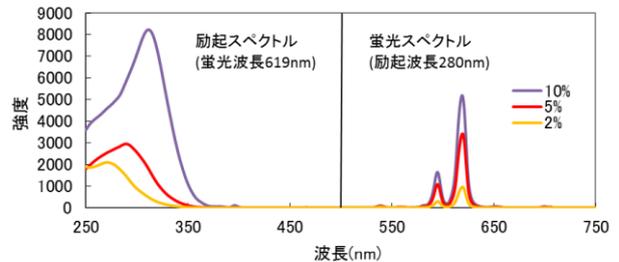
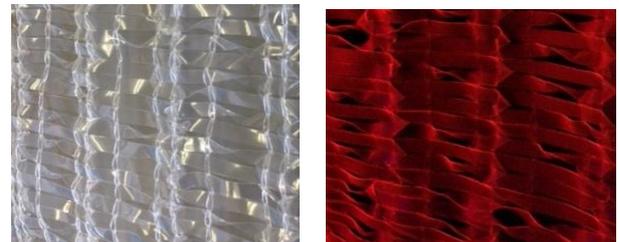


図 4 励起/蛍光スペクトル

しかし、蛍光材濃度 10wt% のフィルムは可視光の透過性がかなり低下した点などから、波長変換糸は 2wt%、5wt% の 2 種類で作成した。図 5 に蛍光材 5wt% の糸で作製したネットを示す。室内光下では透明なネットが紫外線照射の下では赤く発光することが確認できる。



室内 紫外線ランプ照射

図 5 波長変換ネット (構造 B)

3.4 実証実験

3.4.1 あいち臨空新エネルギー実証研究エリアでの実験

図 6 に、あいち臨空新エネルギー実証研究エリアで実施した実験結果の一例を示す。PV 裏面温度に注目するといずれのネットも遮熱効果は確認できた。遮熱効果は波長選択ネットで約 2°C、中空糸ネットで約 5°C であり、思ったほどの効果は得られなかった。この原因は、光の透過性を高めたための空隙が PV への直達光となり、温度上昇につながったと思われる。

一方、発電量は波長選択ネットでネットなしの 94%、中空糸ネットではネットなしの 85%と昨年の結果である 70%程度と比べると大幅に改善することができた。しかし、いずれもネットなしを上回ることはできなかった。ソーラーシミュレーターでの実験において、波長選択フィルム単体の発電量低下が 10%であったことを考える

と、ネットにしたことによる発電量の増加は確認されたが、ネット設置の発電量低下を補ってトータルの発電量を増加させるには及ばなかった。

また、波長選択ネットは設置して1ヶ月程で明らかな黄変が確認され、発電に必要な波長340~600nmの光の透過率低下および1200nm付近の透過率の増加が確認された。このことも発電量が伸びなかった原因の一つと思われる、フィルムの耐候性の重要性がわかった。

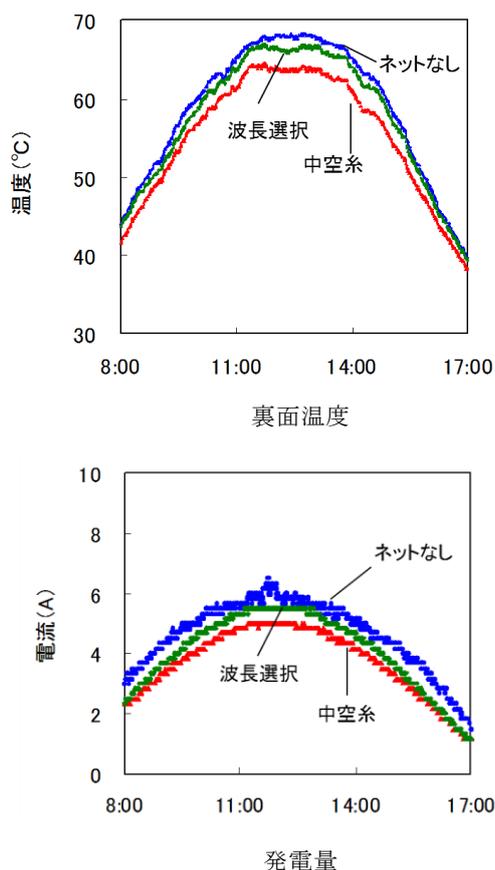


図6 エリアでの実証実験の一例

3.4.2 波長変換ネットの実証実験

図7に、波長変換ネットの実証実験の一例を示す。

PV裏面温度に注目すると、ネットなしとブランク(蛍光材なしのネット設置)に温度差がほとんど無いのに対し、2wt%、5wt%のネットは最大で約5°Cの温度低下が確認された。発電量は、ブランクがネットなしの約90%で、2wt%、5wt%のネットはブランクよりも少なかった。また、蛍光材濃度の違いによる差もほとんど確認されなかった。この濃度では蛍光の量が少なく、PVの発電量増加に寄与できなかったと考えられ、蛍光材の高濃度化などさらなる検討が必要とわかった。

4. 結び

今年度は、前年度明らかになった問題点である「光の透過性」、「熱のこもり」、「通気性」を改善したネットを

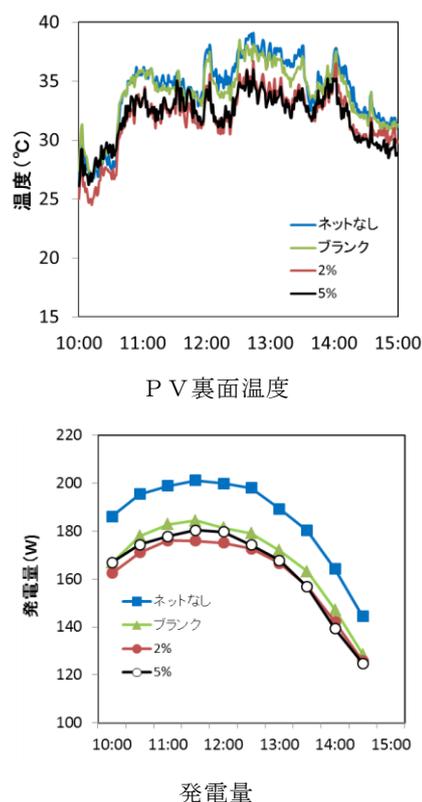


図7 波長変換ネットの実証実験の一例

用いて、あいち臨空新エネルギー実証研究エリアで実証実験を行った。また、遮熱系に蛍光特性を組み入れ、紫外線を発電に使える波長光に変換したネットの開発にも取り組み、以下の結果を得た。

- (1) ノズルを改良して作製した中空糸ネットは、光透過性が向上し発電量が前年より大幅に増加したものの遮熱効果が低下し、目標を達成することができなかった。
- (2) 波長選択ネットは、発電量がネットなしの94%と前年のネットから大幅に増加したものの遮熱効果が思ったほど得られず、目標を達成することができなかった。
- (3) 波長変換ネットは紫外線を吸収し、主に619nmの赤色可視蛍光を発することが確認されたが、発電量の増加まではつながらなかった。

謝辞

本研究の実施に当たり各種フィルムを提供いただき、ご意見をいただいた企業様に感謝の意を表します。

付記

本研究の一部は、独立行政法人科学技術振興機構平成24年度研究成果展開事業研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP) フィージビリティスタディ【FS】ステージ探索タイプにより実施した。