

研究論文

太陽光発電の高効率化に効果的な遮熱ネットの開発

原田 真^{*1}、浅野春香^{*1}、深谷憲男^{*2}、村松圭介^{*1}、
山本尚男^{*3}、中村直彦^{*3}、岡村和俊^{*4}

Development of the Net which is Effective for Photovoltaic Power Generation

Makoto HARADA^{*1}, Haruka ASANO^{*1}, Norio FUKAYA^{*2},
Keisuke MURAMATSU^{*1}, Hisao YAMAMOTO^{*3}, Naohiko NAKAMURA^{*3}
and Masatoshi OKAMURA^{*4}

Mikawa Textile Research Center^{*1*2} Taiyo kagakukougyo CO.,LTD.^{*3} Maruokasangyo CO.,LTD.^{*4}

本研究では、結晶シリコン型太陽電池が温度上昇によって大幅に発電効率が低下する問題の対策として、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・吸収する特性の遮熱ネットの開発に取り組んだ。遮熱系は、遮熱材を練り込み熔融紡糸した遮熱中空糸および遮熱フィルムをスリット化することで作製し、これらの遮熱系を用いて遮熱ネットを開発した。

開発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において実証実験を行い、遮熱ネットによる遮熱効果と発電への影響に関する多くのデータを得た。

1. はじめに

我が国のエネルギー政策は脱原発、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21年度から22年度にかけて明るさと遮熱性能を兼ね備えた遮熱ネットの共同開発を行い、遮光率を50%未満に抑えながら10℃以上の温度低下を実現した明るい遮熱ネットを開発した。

そこで、本研究ではその技術をベースに、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だ。

2. 実験方法

2.1 遮熱系の作製

本研究で用いた遮熱系は、ベース樹脂に遮熱剤を混練して熔融紡糸する方法と、遮熱フィルムをスリット加工する方法の2種類で作製した。

2.1.1 遮熱中空糸の作製

遮熱系は、平成22年度に取り組んだ「明るい遮熱ネット」の遮熱系作製条件を参考に、次の条件で中空糸を熔融紡糸することで得た。

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

熔融紡糸装置：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 10mmφ 厚さ 0.2mm×3穴

2.1.2 遮熱スリット系の作製

遮熱スリット糸に用いるフィルムについては、市販されている遮熱性能を持つ表1に示すウインドウフィルム対象に、紫外線から近赤外線領域の光透過性を評価して、目的に合ったものを検討、選択した。

測定装置 可視紫外分光光度計 UV-4000 日立製作所(株)製

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)
リフレッシュイン TX71、TZ31、TZ33	東海ゴム工業(株)
PENJEREX PX-7000A	日東電工(株)

2.1.3 遮熱系の物性評価

作製した遮熱系は、ネットに編網することを考慮して、強伸度および結節強度を測定した。

*1 三河繊維技術センター 産業資材開発室 *2 三河繊維技術センター 産業資材開発室(現尾張繊維技術センター 機能加工室) *3 タイヨー化学工業株式会社 *4 マルオカ産業株式会社

測定装置 テンシロン RTG-1310 (株)エー・アンド・デイ製

2.2 遮熱ネットの作製

2.2.1 遮熱ネットの編織

作製した遮熱糸を用いて、マルオカ産業(株)所有のラッセル機でネットを作製した。遮熱中空糸で作製したネット（以下遮熱中空糸ネット）と遮熱スリット糸で作製したネット（以下遮熱フィルムネット）は、糸の幅、素材、強伸度が全く異なっており、特にスリット糸は幅広で固いため、挿入タイプのラッセルネットとした。

2.2.2 各種性能評価

作製したネットについて、以下の試験を実施して各種性能を評価した。

強伸度	試験片	たて方向	幅約5cm
		よこ方向	グラブ法(チャック幅7cm)
		つかみ間隔	20cm
		引張速度	20cm/min
遮光率	JIS L 1055「カーテンの遮光性試験方法」		
開口度	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。		
通気度	JIS L 1096「フラジール形法」		
遮熱性	熱源にハロゲンランプを用いて、ランプの下45cmの位置に5cm×5cmの穴を設けた断熱板を設置し、その上に試料を配置した。ランプの光量は、試料の下50cmの位置に配置した照度計が10,000lxを示す様に調整した。試料の下および20cmの位置に温度センサーを設置し、試験開始後10～60分の平均の温度差で評価した。		

2.3 実証実験

実証実験は、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、多結晶シリコン型太陽電池（以下 PV）を用いて実施した。発電量の計測は、パネル15枚分（2.5kW）を1つの測定範囲とした。PVの前方・後方に、パイプをPV面に対して平行になるように取り付け、ネット取り付け用のベースとした。ネットは図1に示すように、スプリングを介してパイプに固



図1 エリアでの実験状況

定し、たるみ、強風による影響が少なくなるように設置した。ネットは、屋上用遮熱ネットの設置条件を参考に、PV面に対し平行に間隔を40cm設けて設置した。

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表面温度、発電量を比較した。

3. 実験結果及び考察

3.1 遮熱糸の作製

検討した遮熱フィルムの分光透過率を図2～5に示す。いずれも、ウインドウ用のフィルムということもあり、可視光の領域の透過率が高いものが多かった。リフレシャイン TX71 および PENJEREX PX-7000A は赤外線領域での透過性が低く、遮熱性が期待できるものの、全体的に透過率が低かった。Nano90S および高透明熱線反射フィルムは、可視光の透過率が90%近くあり、非常に高い透明性を示した。さらに、Nano90Sの方が反射する波長帯が広い点と、量産されており入手しやすいという点から、遮熱スリットヤーンは、Nano90S フィルムを12mm幅にスリットすることで得た。

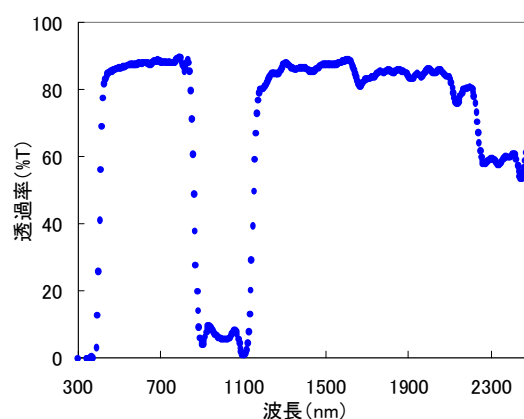


図2 Nano90Sの分光透過率

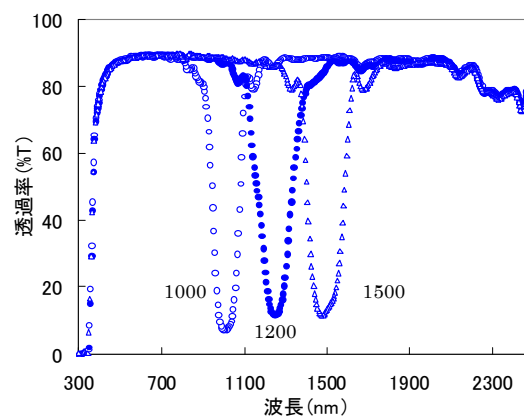


図3 高透明熱線反射フィルムの分光透過率

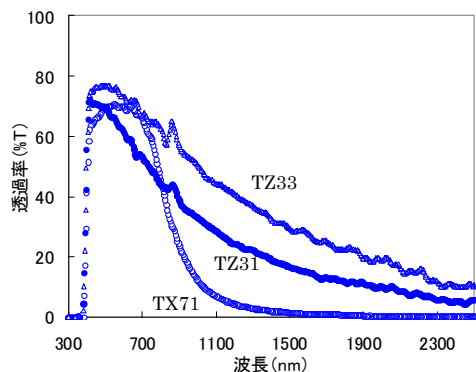


図4 リフレシャインの分光透過率

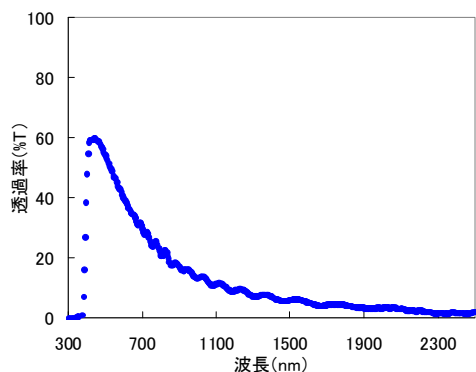


図5 PENJEREX PX-7000A

遮熱中空糸は、溶融紡糸において必要な繊維幅を得ることが難しかったので、未延伸とした。

表2に作製した遮熱糸の引張強さおよび結節強度を示す。いずれの糸も、ネットを作製するのに十分な引張強さ、結節強さを示したが、中空糸は伸び性が高いため、編網時に調整が必要であることがわかった。

表2 遮熱糸の物性

	引張強さ (N)	伸び率 (%)	結節強さ (N)
遮熱中空糸	22.2	100 以上	13.4
遮熱スリット糸	97.7	52.6	80.9

3.2 遮熱ネットの作製

図6に作製した遮熱ネットを示す。遮熱中空糸ネットは、糸の伸び性が高いため、糸の送り出しを調整して編網する必要があった。表3に遮熱ネットの各種性能を示す。強伸度に注目すると、遮熱フィルムネットのたて方向は十分な強度を示したが、よこ方向は強度が低く伸びやすいことが判明した。遮熱中空糸ネットもよこ方向の伸び率が大きかった。太陽電池に設置することを考慮して、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%未満を示し、中空糸ネットと比べ低く、可視光をよく通すことがわかった。通気度は遮熱中空糸ネットが高かったのに対し、

遮熱フィルムネットは非常に低かった。この原因は、開口率が 5%と非常に低いことと、スリット糸がネット面に対して平行に配置され隙間がないためと考えられ、ネット面を通しての空気の流れが小さいことが予測された。



遮熱中空糸ネット



遮熱フィルムネット

図6 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	195	528
	よこ	254	28.6
伸び率 (%)	たて	15.9	26.3
	よこ	75.7	102
遮光率 (%)		47.1	19.8
通気度 (cm ³ /cm ² ・s)		292	60
開口度 (%)		19	5
遮熱性		-14.1	-9.9

3.3 実証実験結果

3.3.1 あいち臨空新エネルギー実証研究エリアでの実験

図7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。表面温度に注目すると、中空糸ネットの表面温度が最も低かったが、遮熱フィルムネットは最も温度が高く、なしと比べて 7℃以上高かった。発電量は、遮熱フィルムネットが最も少なく、なしの 70%程度であった。この原因として、遮熱フィルム

ネットは開口率が 5%であったことから密度が高く、通気性が非常に悪いため、空気の流れが妨げられ、熱がこもる結果となり、最も温度が高くなったと考えられた。そこで、遮熱フィルムネットの通気度を増加させるために、遮熱中空糸ネットの通気度を参考に、スリット糸を一定密度で抜き取る改良を実施した。

具体的には、ネットの縦方向に挿入されているスリット糸を、3 本ごとに 1 本空間となる構造に改良した。その結果、開口度は 30%となり、通気度は $315\text{cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ に大幅に増加した。

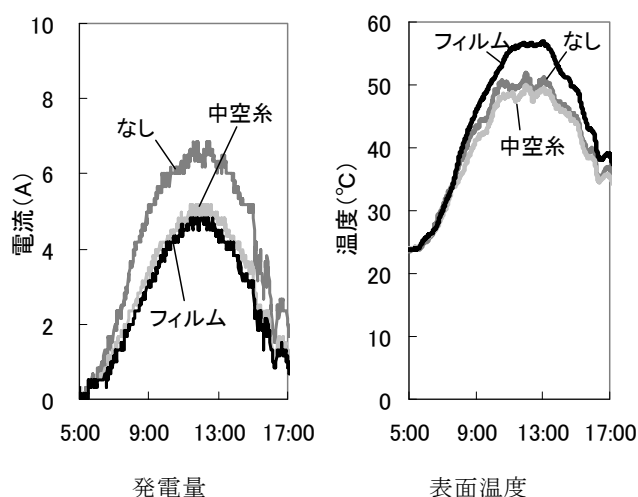


図7 実証実験の一例

改良後の結果の一例を図8に示す。表面温度に注目すると、中空糸ネットが最も表面温度が低い状況は変わらないが、遮熱フィルムネットもなしより低くなり、大幅な改善が見られた。発電量についても、遮熱フィルムネットの発電量が増加し、中空糸ネットよりも多くなった。しかし、いずれの場合でも、ネットなしと比べ発電量が少なく、発電量を増加させるためのさらなる改良および検討が必要であることがわかった。

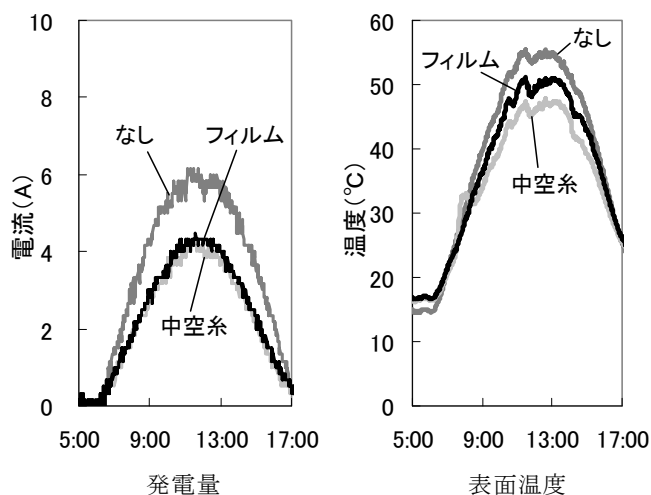


図8 実証実験の一例（改良後）

具体的な発電量増加の対策として、遮熱中空糸ネットでは、紡糸ノズルの改良による中空糸の薄肉化による透過性向上が必要と思われる。遮熱フィルムネットでは、今回用いたフィルムは、PVの発電に必要な900-1100nmの波長光の反射率が高いことが問題と考えられ、発電性を考慮した反射特性のフィルムを検討する必要があることがわかった。

また、今年度の結果から、エリアの施設は風の通りが大きすぎ、通常使用のPVで問題となる表面温度が70～80℃という高温状態にならないことがわかった。そこで、次年度はPV裏面に通気を妨げるネットを施し、現実のような高温の環境条件が再現できるように試験条件を検討して行う計画である。

4. 結び

本研究では、結晶シリコン型太陽電池の温度上昇を抑制し、発電効率が低下する問題の対策案として、発電に必要な波長光は透過し、赤外線を選択的に反射・吸収する特性の遮熱ネットの開発に取り組んだ。遮熱材を練り込み熔融紡糸した遮熱中空糸および遮熱フィルムをスリット化することで得た遮熱糸を用いて遮熱ネットを作製し、あいち臨空新エネルギー実証研究エリアでのフィールドテストによって以下の結果を得た。

- (1) 遮熱材を練り込んだ中空糸を用いて作製した遮熱ネットは、約10℃の遮熱効果が得られたものの、光の遮蔽の影響も大きく発電量は少なかった。
- (2) 遮熱フィルムネットは、スリット糸の密度を改良し、通気度を向上させることで、遮熱効果の改善を果たすことができた。

しかし、いずれのネットでも、ネットなしと比べて発電量は少なかったため、発電量を増加させるために、中空糸の薄肉化による光の透過性向上や、ネット構造の改良による空隙率の増加などの改良が必要であることがわかった。

謝辞

本研究の実施に当たって、各種フィルムを提供いただき、多くのご意見をいただいた企業様に感謝の意を表す。