

降雪地域を想定して傾斜設置した ハイブリッド PV モジュールにおける融雪推移

Snow Melting Transition in a Hybrid PV Modules Installed at an Angle in a Snowy Region

小林透也
指導教員 米盛弘信

サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 産業応用研究室

本研究室では、PV モジュールと熱電変換素子を組み合わせたハイブリッド PV モジュールを提案している。本研究では、ハイブリッド PV モジュールを用いて、積雪地域に設置されている PV モジュールの積雪による問題に対する解決法を示す。

キーワード：太陽光発電，熱電発電，ハイブリッド PV モジュール，積雪

1. 緒言

近年、PV モジュールは一般家庭や企業に普及している。しかし、降雪地域では PV モジュールに雪が積もり、発電量が減少するという欠点をもつ。ほかにも、雪の荷重が加わることで PV モジュールの破損が懸念される。対策として、PV モジュールに傾斜をつけて自然に雪が落下する構造にしている。しかし、この構造では雪が落ちるのに時間がかかるうえ、自然に落ちるまで発電量が減少することが懸念される。

本研究室では、PV モジュールと熱電変換素子を用いたハイブリッド PV モジュール(以下:HPV)を提案している。夏場はゼーベック効果を利用し、太陽光発電と併用して熱電発電を行うことができる。また、熱電変換素子には電圧を印加すると熱の発生・吸収を行うペルチェ効果もある。そこで、HPV に組み込まれている熱電変換素子を利用して熱を発生させ、PV モジュールに積もった雪を溶かすことを考えた。先行研究[1]では、冬季の気温中にある HPV の表面温度が雪の融点に達することが確認された。また、先行実験[2]では同じ実験条件で実際に 138 分で雪が溶けることを確認した。

本稿では、実際の積雪地域で運用されているように PV モジュールに設置角度をつけ、先行実験[2]よりも早く PV モジュールに積もった雪を除去できることを確認する。

2. HPV について

本研究室で提案している HPV は、PV モジュールによる太陽光発電と熱電発電を併用する発電システムである。熱電発電は、熱電変換素子の表面と裏面の温度差で発電するゼーベック効果を利用している。HPV では、太陽光によって加温された PV モジュールとヒートシンクの温度差を熱電変換に利用する。図 1 は HPV の構造イメージである。HPV は PV モジュールと熱電変換素子、およびヒートシンクを主パーツとし、PV モジュールの裏面にヒートシンクを取り付け、その間に熱電変換素子を挟んだ構造になっている。さらに、熱電変換素子を固定するために熱伝導シートを PV モジュールとヒートシンクに取り付けている。

3. 実験方法

本実験では、積雪地域にある PV モジュールと類似した設置状態を再現し、PV モジュールを加温することで雪が溶けることを確認する。そのために熱電変換素子に電圧を印加して PV モジュールを加温し、雪が溶けるまでの過程を観察する。本実験では、雪の代用として赤色の氷を PV モジュールの表面に置いた。また、実際に積雪地域で運用されている PV モジュールと同じように角度をつけて設置した。今回は、地面から 30°傾けた。

図 2 は実験装置の構成である。各部の表面温度は K 型熱電対を用いて測定し、データロガーで記録した。熱電対は図 2 のように設置した。-15℃

の冷凍庫の中に実験装置を入れ、直流安定化電源で熱電変換素子モジュールに電圧を印加した。電圧は 50 V・電流は 1 A とした。PV モジュールは 180 分間加熱した。氷の様子は表面温度が氷の融点である 0 °C に達した時点から 30 分おきに記録した。

4. 実験結果

図 3 は PV モジュールの表面温度と裏面温度、および外気温の温度推移である。図 3 より電圧を印加して始めてから 28 分で PV モジュールの表面温度が 0 °C に達した。58 分で 4.1 °C を記録し、氷が溶け始めた。

図 4 は氷の融解遷移である。図 4(a) は 28 分が経過したときの氷の様子である。28 分では氷は溶けていない。図 4(b) は 88 分が経過したときの氷である。温度は 6.2 °C を記録し、水滴が目立つようになった。図 4(c) は 148 分が経過したときの氷である。表面温度は 3.6 °C を記録し、氷の量が目に見えて減った。最終的に氷が溶けきるには 178 分ほど必要であり、その時の表面温度は図 4(d) の 10.8 °C を記録した。

以上の結果から、本実験では先行実験[2]よりも 40 分ほど雪が溶けるまでの時間が伸びた。これは、傾斜をつけたことで雪から溶けた水が流れたためと考えられる。水は空気よりも熱伝導率が高いため、水が多いと雪を溶かしやすいが水の量が少ないと溶ける速度が遅くなるため、雪が溶け切る時間が伸びたと考えられる。しかし、PV モジュールに積もった雪を除去することを目的とした場合、60 分で積もった雪が少し滑り落ちることが確認できた。以上の結果から、HPV に傾斜をつけて設置することで地面と水平に設置したときと比較して早く雪が溶け落ちることが確認できた。

5. 結言

本稿では、実際の積雪地域と同じように PV モジュールに角度をつけて設置し、加温実験を行った結果、先行実験[2]よりも早く雪を滑り落とすことで雪を除去できることを確認した。

参考文献

[1] 中村修斗, 米盛弘信: “ハイブリッド PV モジ

ュールにおける熱変換素子の温度特性”, 2023 年(第 5 回)電気設備学会学生研究発表会プログラム・予稿集, B-10, pp.39-40(2023)

[2] 小林透也, 米盛弘信: “積雪地域におけるハイブリッド PV モジュールの提案”, 2024 年(第 6 回)電気設備学会学生研究発表会プログラム・予稿集, 2E-19, pp.279(2024)

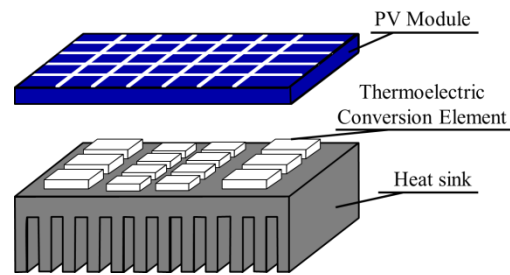


図 1 HPV の構造

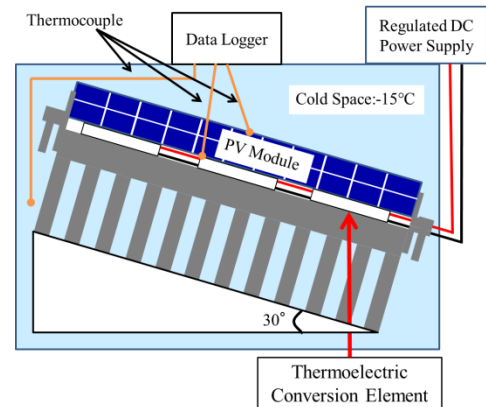


図 2 実験装置

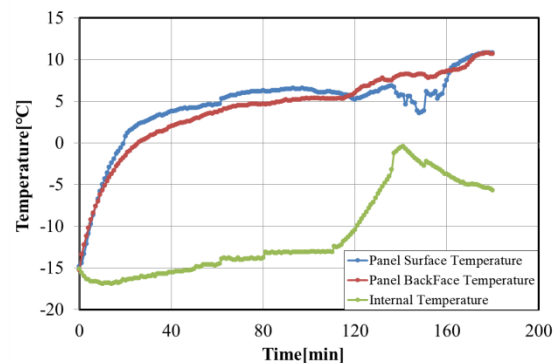
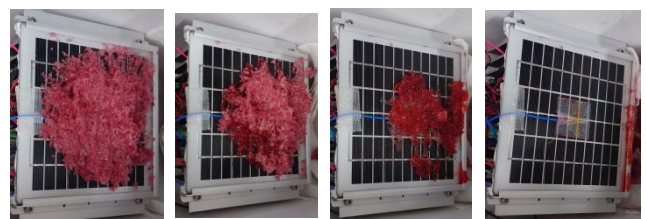


図 3 HPV の温度推移



(a)28分 (b)88分 (c)148分 (d)178分

図 4 シャーベット状の氷の融解遷移