

ハイブリッド PV モジュールにおける温度差発電における問題

Problems in Temperature Difference Power Generation in a Hybrid PV Module

安藤貴之

指導教員 米盛弘信

サレジオ工業高等専門学校 専攻科 生産システム専攻 産業応用研究室

キーワード：PV モジュール，熱電変換素子，太陽光発電，温度差発電

1. 緒言

近年、二酸化炭素などの温室効果ガスによる地球温暖化が問題となっている。そのため、発電時に温室効果ガスの排出がない太陽光発電が注目されている。しかし、太陽光発電は、太陽光の輻射熱によって太陽電池モジュール(以下:PV)が高温になった際、発電効率が低下する問題がある。先行研究では、同問題を解決するために PV と熱電変換素子、およびヒートシンク(以下:HS)を組み合わせた「ハイブリッド PV モジュール」(以下:HPV)を提案・製作した。しかし、熱電変換素子への不十分な伝熱により、温度差発電の理想的な発電電力に対して実測値が低い結果であった^[1]。

本稿では、温度差発電における発電電力が低下した要因について調査した結果を報告する。

2. ハイブリッド PV モジュールの概要

太陽光発電は、太陽光を用いて発電するため PV に太陽光が照射される。PV は表面が黒色なため表面温度が上昇する。その結果、発電効率が低下する。よって、冷却により発電効率の低下を抑える必要がある。そこで筆者らは、常時冷却を行うとともに温度差を利用した発電システムを提案した。図 1 に提案したシステムを示す。同システムは、PV の背面にヒートシンク(以下:HS)を取り付けて冷却を行うとともに、PV と HS に温度差が生じた際に熱電変換素子のゼーベック効果を用いて発電電力を加算するシステムである。

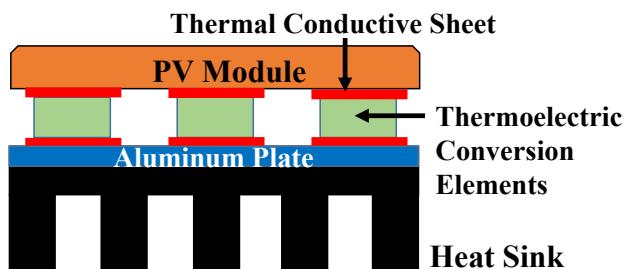


図 1 提案した発電システム HPV の概要

3. 温度差発電における伝熱改善

先行研究では、熱電変換素子への温度差確保が不十分であったため発電電力が低下した。そこで、熱伝導の改善を行った。図 2 に HPV を模擬した実験装置を示す。模擬装置は、太陽光による輻射熱をラバーヒータで再現している。図 3 に改善した模擬装置を示す。同装置は、PV と熱電変換素子の間に用いる熱伝導シートの大きさを変更し、熱伝導グリスと併用することで、伝熱効率の向上を図った。その結果、発電電力が 38mW から 400mW へと改善されたが計算値 1.120W に遠く及ばなかった^[1]。よって、熱伝導以外の問題が、発電電力を低下した原因になっているのではないかと考えた。

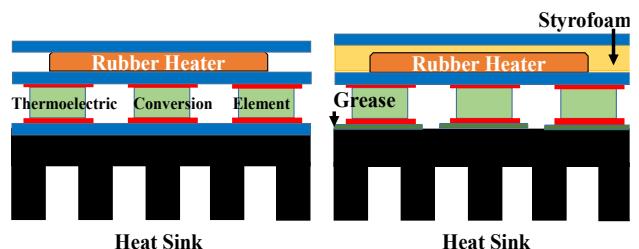


図 2 HPV の模擬装置

4. 热電変換素子の内部抵抗

伝熱改善を行った結果、発電電力の向上に成功したが、計算値を超えない。そこで熱電変換素子の内部抵抗 r に着目した。HPV に用いている熱電変換素子は、与える温度によって発電電力が増減するので抵抗が変化する。図 4 は、HPV 内部に取り付けた熱電変換素子の写真である。HPV の温度差発電に用いている熱電変換素子は、図 4 のように $40 \times 40 \times 0.37\text{mm}$ の素子が 6 個、 $20 \times 20 \times 0.42\text{mm}$ の素子が 8 個の合計 14 個であり、全素子は直列接続されている。したがって、筆者らは内部抵抗 r が発電電力の低下要因であると仮定した。

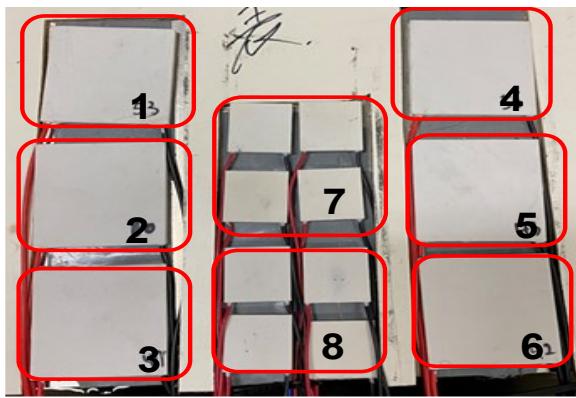


図 4 HPV 内部に設置した熱電変換素子

5. 热電変換素子の内部抵抗を調査

発電電力の低下には内部抵抗 r が影響している可能性があるため、各熱電変換素子に温度差 30°C を与えた際の発電特性を測定し、内部抵抗 r を算出した。表 1 に各熱電変換素子の発電特性(電流-電圧)から算出した内部抵抗 r を示す。表 1 より、NO.1～NO.6 の素子における平均内部抵抗 r_{ave} は 2.92Ω 、NO.7～NO.8 の素子における平均内部抵抗 r_{ave} は 2.06Ω であった。また全ての熱電変換素子における内部抵抗 r の合計値は 21.7Ω である。

図 5 は、内部抵抗 r を考慮した際の HPV における温度差発電の等価回路である。図 5 のように熱電変換素子の内部抵抗 r と外部に接続した電子負荷 R は直列接続である。最大電力伝達定理より、両者の抵抗値が等しいときに最大電力が伝達できる。このことは、実験においても確認できた。しかし、各熱電変換素子の内部抵抗 r は表 1 で示したように個体差があるため、すべての熱電変換素子が最大電力で発電しているとは限らない。また、

HPV 内部に設置したすべての熱電変換素子へ温度差が均一に与えられているとは限らない。したがって、これらの要因から発電電力が計算値を下回ったのではないかと考察した。

表 1 各熱電変換素子における内部抵抗

Thermoelectric Conversion Elements	Internal Resistor $r [\Omega]$	Average Value $r_{ave} [\Omega]$
NO.1	2.89	2.92
NO.2	3.09	
NO.3	2.99	
NO.4	2.92	
NO.5	2.99	
NO.6	2.64	
NO.7	2.10	
NO.8	2.03	2.06

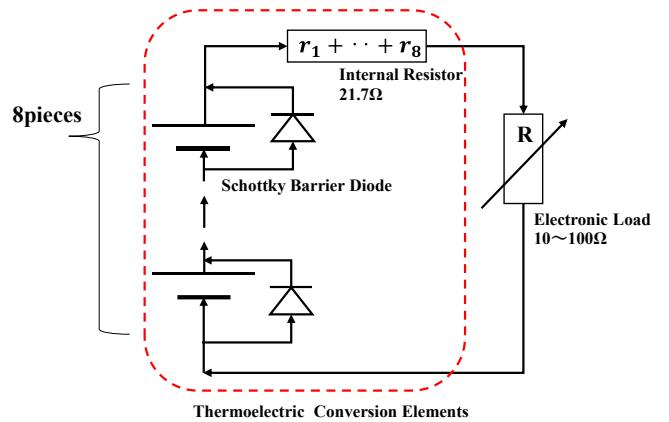


図 5 HPV における温度差発電の等価回路

6. 結言

本稿では、HPV を構成する一要素の温度差発電において発電電力が低下した要因を考察した。その結果、熱電変換素子の内部抵抗 r が発電電力の低下に影響していることが示唆された。そのため、HPV 用の最大発電点追従制御 (MPPT) 回路を組み込むことが必要といえる。

今後は、MPPT の製作、および熱電変換素子の内部抵抗のばらつきを抑える方法を模索していく。また、各熱電変換素子の温度差にばらつきが生じない構造を考案していく。

参考文献

- [1] 安藤貴之、米盛弘信:「太陽光発電と温度差発電を組み合わせた発電システムにおける伝熱改善」電気設備学会全国大会講演論文集, pp.294-295(2022)