L-55

# 太陽電池バイパス回路の開放故障検出
## —異なる日射条件での比較—
## Open Fault Detection of Bypass Circuit of PV Module
## -Comparison of Different Intensity Conditions-

○平山拓門[1],加瀬亮一[2],西川省吾[3]
*Takuto Hirayama[1], Ryoichi Kase[2], Shogo Nishikawa[3]

Abstract: If some solar cells are covered by partial shadow, reverse voltage is generated in that cells and cells become hot spot. PV module has bypass circuit to protect from reverse voltage. In the current technology, it is necessary to measure all modules in order to identify the failure locations. Therefore we developed the detection technology for open circuit failure with IR camera and D.C. power source. In this paper, we report results of experiments in different intensity conditions.

## １．はじめに

太陽電池モジュールの一部に影が出来たり，一部分のみが劣化するとその部分がホットスポットになり，火災や破損の原因になりうる．これらを防ぐ目的として，太陽電池モジュールにはバイパス回路が設けられている．現在バイパス回路の開放故障検出はモジュール１枚ずつ測定を行う必要があるため，大規模発電所などでは容易に故障個所を特定できない．

本研究では，直流電源と赤外線カメラを用いて，同時に複数枚の太陽電池モジュールを計測し，容易にバイパス回路の開放故障検出が行えることを目指している．[1] 本稿では異なる日射強度での温度上昇の違いについて検討を行ったので報告する．

## ２．バイパス回路の役割

複数の太陽電池セルを直列に接続したものを太陽電池モジュール（以下モジュール），複数のモジュールを直列に接続したものをストリング，ストリングを並列に接続したものをアレイと呼ぶ．またモジュールには部分的に影が出来た際に逆電圧が加わり，ホットスポットとなるのを防ぐ目的としてモジュールに並列にダイオードが接続されている．このダイオードを含む回路をバイパス回路と呼び，バイパス回路と並列につながれている太陽電池セルのかたまりをクラスタと呼ぶ．

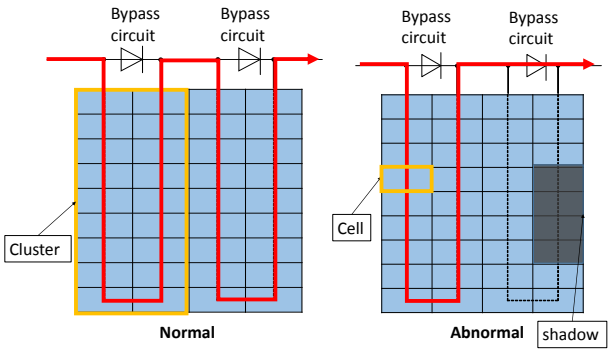


**Figure 1.**The Role of Bypass Circuit

通常，影の掛からない状態では発電中の太陽電池の電流の流れは Figure1 の左図のようにバイパス回路には電流が流れず，各クラスタを流れる．一方，モジュールに部分的な影が生じると，影の掛かったクラスタには電流が流れず Figure1 の右図のように電流はバイパス回路を流れホットスポットの発生を防いでいる．

## ３．故障検出原理

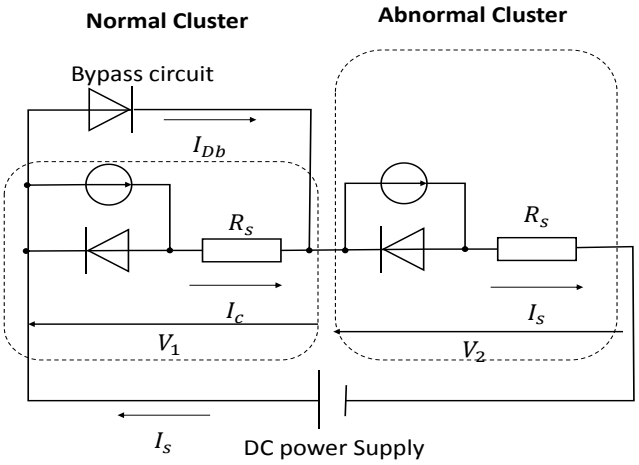


**Figure 2.** Detection principle

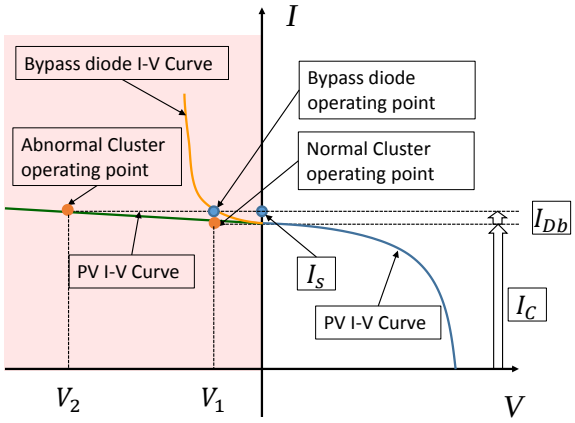


**Figure 3.** IV Curves of PV and Bypass Diode

１：日大理工・学部・電気　２：日大理工・院（前）・電気　３：日大理工・教員・電気

Figure2 に示すように太陽電池モジュールに逆電圧を印加すると正常クラスタではバイパスダイオードに順方向電圧が加わり，その時の動作電圧は $V_1$[V]になる．この時，回路には $I_c$+$I_{Dd}$ [A]の電流が流れる．他方異常クラスタでは，クラスタに $I_s$=$I_c$+$I_{Db}$ [A]の電流が流れ，太陽電池の IV 特性から動作電圧が $V_2$[V]となる．このときの各クラスタでの動作点を示したものが Figure3 になる．このとき $V_1$<<$V_2$ となるので正常クラスタと異常クラスタでの消費電力に差が生じ，各クラスタでの温度上昇が異なる．この温度上昇の違いを赤外線カメラにより計測することで故障個所を特定することが出来る．

## 4．実施内容

異なる日射条件でモジュールに逆電圧を印加して，赤外線カメラにより 10s 間隔で測定を行った．また各点での電流，電圧熱電対による太陽電位裏面温度の測定を 1s 間隔で測定を行った．測定に使用した回路を Figure4 に示す．モジュール 2 つを直列に接続したストリングの内，1 つのモジュールの 1 クラスタのみ，バイパス回路を意図的に外し開放故障としたものに外部電源により直流電圧を印加した．測定に用いた太陽電池の仕様を Tabel1 に示す．また印加電圧の大きさはモジュール一枚の公称開放電圧の値（22.1V）とした．

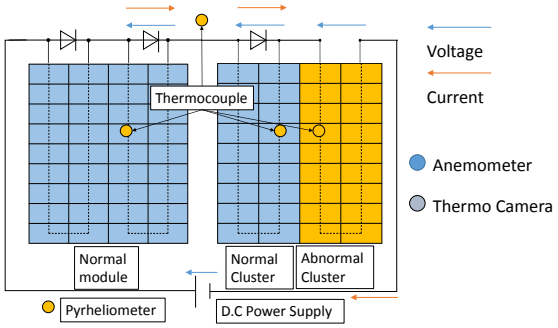


**Figure4.** Test Circuit

**Table 1.** Specififcation of PV Module

| Type | Polycrystaline Si |
|---|---|
| $P_m$ | 70 W |
| $V_{oc}$ | 22.1 V |
| $I_{sc}$ | 4.30 A |
| $V_{pm}$ | 17.9 V |
| $I_{pm}$ | 3.92 A |
| BypasDiode | 2 |
| Cluster | 2 |

## 5．結果

測定時の日射強度 $Ir$ はそれぞれ高日射 $Ir$ =971~988W/m$^2$，中日射 $Ir$ =541~601W/m$^2$，低日射 $Ir$ =208~277W/m$^2$ 及び室内（日射無し）であった．太陽電池裏面の熱電対による測定結果を Figure5 に示す．Figure5 は電圧を印加する直前の温度を基準として時間経過と温度変化を示す．これより正常モジュールでは温度上昇がほとんど見られないのに対し，異常クラスタでは温度が上昇していることが分かる．また，日射がない状態では温度上昇がほとんどなく日射強度が高くなるにつれて温度上昇が大きくなることが分かる．

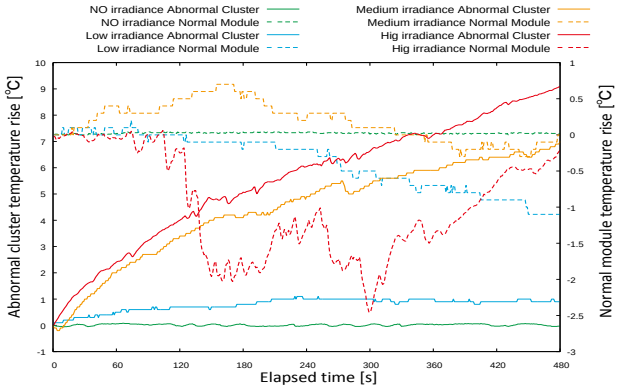


**Figure 5**. Backside Temperature Rise of PV Module

次に熱画像による測定結果を Figure6 に示す．図中の白破線で囲った部分がバイパス回路を開放させた部分である．

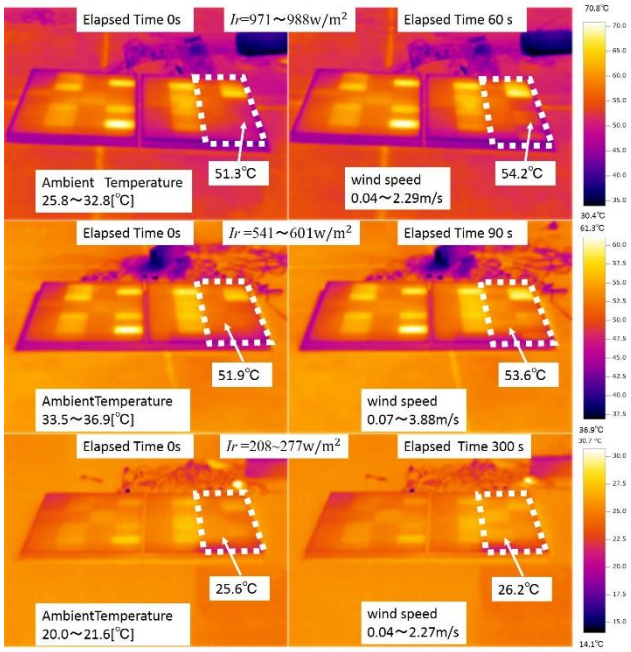


**Figure6.**Thermal Image

Figure6 の結果より高日射では電圧を印加してから 60s，低日射においても 300s 程度で故障個所を特定することが出来ることが分かる．

## 6．まとめ

直流電源と赤外線カメラを用いるバイパス回路の開放故障検出方法は日射が低い条件でも故障個所を特定できることを確認した．

## 7．参考文献

[1]加瀬亮一，他「太陽電池モジュールバイパス回路故障検出―開放故障の特定―」太陽/風力エネルギー講演論文集 2015　pp85~88