

赤外線カメラによる太陽電池モジュールのセル故障検出技術

Failure detection of PV Module cell by Infrared camera

○木村亮¹, 藤田直希², 西川省吾³

*Ryo Kimura¹, Naoki Fujita², Shogo Nishikawa³

Abstract: If a part of the solar cell module is deteriorated, the temperature of that part may increase during energization, resulting in a hot spot. If a hot spot is detected by an infrared camera, the failure can be detected early. It is also desirable to detected fault spot with an infrared camera even when it is not exposed to light such as at night.

1. はじめに

もし太陽電池モジュールの一部が劣化すると、通電中にその部分の温度が上昇しホットスポットとなる場合がある。このホットスポットを赤外線カメラで検知することで故障を早期検出することができる。また夜間など光が当たらない状態でも赤外線カメラによる検知が可能であることが求められる。本報告では太陽電池セルの一部が故障したと仮定したときのセル故障の検出を太陽電池セルのダイオードの暗特性、赤外線カメラでの調査結果を報告する。

2. 故障方法

< 2.1 > 過電流故障

太陽電池モジュールの短絡電流より大きい電流を順方向に通電し、インターコネクタを通してセル本体に故障を起こす。今回は電源から通電できる電流に限界があるため、短絡電流 I_{sc} (4.8[A]) の5倍である 24.0[A] の電流を約 30 分程度流して故障を発生させた。

< 2.2 > 過電圧故障

太陽電池モジュールの開放電圧より大きい電圧を逆方向に印加し、インターコネクタを通してセル本体に故障を起こす。今回はモジュールの開放電圧 V_{oc} をセルの枚数で換算し、セル単体の開放電圧の 30 倍である 18.1[V] の電圧を印加して故障を発生させた。

< 2.3 > 物理的損傷

太陽電池モジュール内のセルに物理的に衝撃を与え、物理的な破損を発生させた。表面は強化ガラスで覆われており安全性を考慮し、モジュール裏面からハンマーを使用し物理的な力を加えた。

3. 試験回路

試験回路を Figure1 に示す。Figure 1 の(a)は太陽電池セルの I-V 特性を測定する回路である。直流電源を用いて太陽電池セルの両端に順・逆方向に電圧を印加す

ると、太陽電池の動作点はそれぞれ I-V 曲線の第 2・4 象限に存在する^[1]。そこで各故障を発生させた後に太陽電池セル内の I-V 特性の変化を測定した。

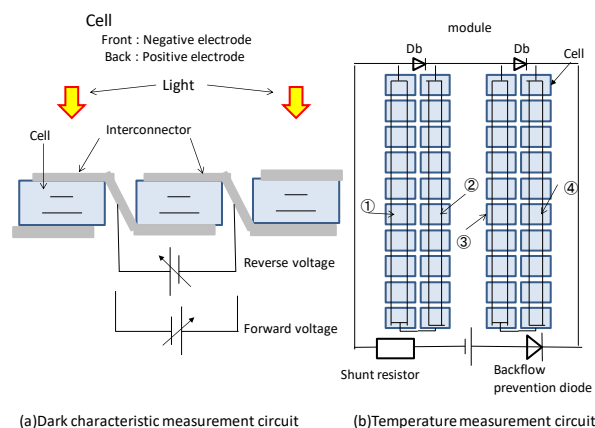


Figure 1. Configuration of PV module

Figure 1 の(b)では各故障状態において、太陽電池セルに電流を通電した時に発生する発熱を赤外線カメラによる測定を行った回路である。このように回路を組むことで電源からの一定電流を通電したときにバイパスダイオード (以下 Db) に流れずに太陽電池セルに流れる。太陽電池セルは通常は第 1 象限で動作し発電するが、本試験では第 4 象限で動作させているため発電ではなく電力を消費する。また故障させた太陽電池セルに逆方向バイアスの電流を通電すると太陽電池セル内の劣化部分が抵抗となり、より発熱量が大きくなる。この発熱を赤外線カメラを使用し温度変化を測定した。

4. 試験内容

< 4.1 > 太陽電池セルの暗特性

使用した太陽電池モジュール内の各故障状態における各セルの I-V 曲線を把握するために、Figure 1 の(a)の試験回路で各セルに電源を直列に接続し順方向に電圧を徐々に印加し第 4 象限を、またダイオードの特性

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

である逆耐圧特性（以下ブレイクダウン電圧）を測定するために逆電圧を印加し、第2象限を測定した。

< 4.2 > 赤外線カメラを用いた温度変化

Figure 1 の(b)の試験回路で太陽電池モジュールに逆方向に短絡電流 I_{sc} の1倍である4.8[A]の大きさの電流を通电し、赤外線カメラを用いて故障前後のセル表面の温度変化を測定した。

5. 試験結果

< 5.1 > 各故障状態の暗特性測定

Figure 2, Figure 3 及び Figure 4 は各故障状態における各太陽電池セルの I-V 特性である。Figure 2 の過電流故障, Figure 3 の物理的損傷では故障前後で大きな変化は見られず、逆電圧が印加されたときに電流が流れなかったためダイオードの特性が残っており、故障状態と断定することができなかった。一方, Figure 4 の過電圧故障では故障発生前後で変化が確認できた。

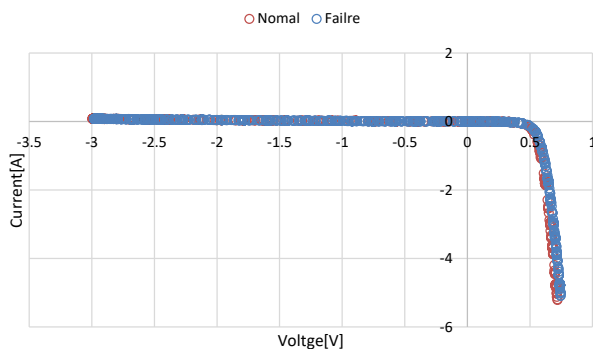


Figure 2. Dark characteristics (Over current damage)

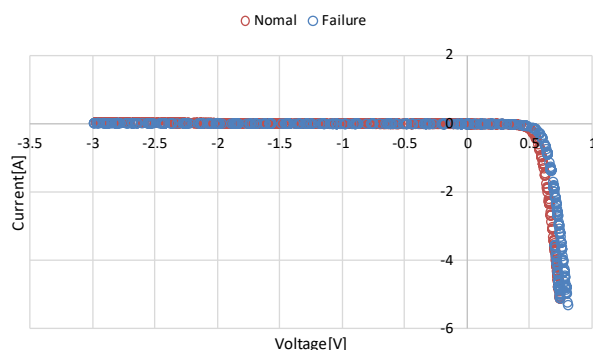


Figure 3. Dark characteristics (Physical damage)

第2象限に着目すると過電流故障の Figure 2 や物理的損傷の Figure 3 の様に劣化が確認できない場合では通电しないが、過電圧故障の発生直後に電圧を印加すると電流が通电した。改めて Figure 4 の過電圧故障箇所のセルの I-V 特性を測定すると、逆電圧を印加したとき小電流が流れていることが分かる。よって、過電

圧故障によるダイオードの特性は完全に失ってはいないが、劣化したと言える。

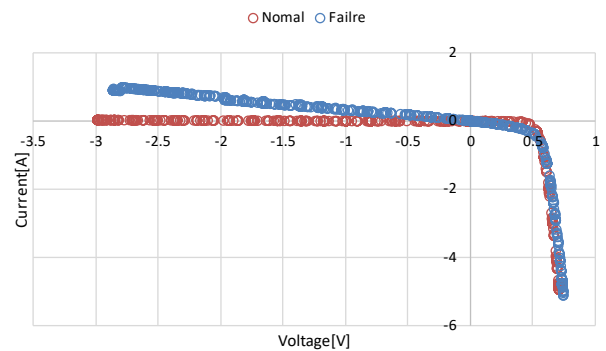


Figure 4. Dark characteristics (Over voltage)

< 5.2 > 各故障状態の温度変化の測定

Figure 5 は各故障状態において各太陽電池セルに短絡電流を逆方向に流した時に測定した時間に対する温度変化である。過電圧故障と他の故障方法のセルと比較した時に温度変化が大きくなっていることがわかり、赤外線カメラによる異常を検知できたと言える。

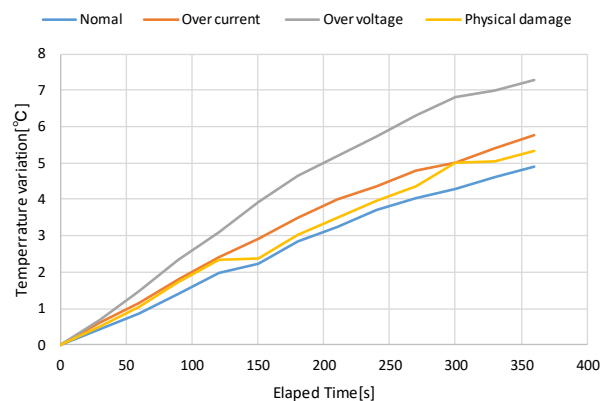


Figure 5. Temperature variation at each damage

6. まとめ

唯一劣化が確認できた過電圧故障は太陽電池セルのダイオードが劣化したことで I-V 特性測定でブレイクダウン電圧の値が変化したと考えられる。過電流故障を発生させたとき、通电する電流の大きさに限りがあったため故障しなかった可能性が考えられる。過電流故障での故障発生が確認されなかったため、今後は過電流故障による破損条件について検討していく。

7. 参考文献

[1] 加藤和彦, 「太陽光発電システムの不具合事例ファイル」, 日刊工業新聞, p16-17,37, 2010 年