

赤外線カメラによる太陽光パネルの故障診断

齋藤研究室 0916115 佐藤明人

1. はじめに

1.1. 背景

産業革命後にエネルギーの使用量が飛躍的に増え、有限な地球の資源を大量に消費することが世界的な問題となっている。また、原子力発電による放射性物質の廃棄、安全性も問題となっている。近年、地球の有限な資源を利用するエネルギーにとって替わり、太陽光などの新エネルギーを中心とした再生可能エネルギーへの注目が集められている。

その一方で、PVResQと呼ばれる太陽光発電システムの運用・保守を考え、行動するプロジェクト活動の調査によると、483台を対象に約1/3の166台の太陽光発電システムが、何らかのトラブルを経験していると報告している¹⁾。パワーコンディショナの交換、修理の履歴は全体の21%にあたる101台にあった。太陽電池モジュールの交換履歴があったのは74台で、全体の15%を占めている。

1.2. 本研究の目的

可動部分がない太陽光発電システムはメンテナンスフリーと言われ故障が少ないと思われていたが、前出のように不具合・故障が約15%にもなることが報告されており、特にメガ・ソーラー・システムのような大規模な施設での故障診断技術の開発はきわめて重要である。したがって、本研究は今後の不具合診断の貢献することを目的とする。

2. 測定の原理

2.1. 黒体放射と赤外線カメラによる温度測定

黒体放射のスペクトルはプランクの式で得られ常温300Kでのピーク波長は約 $10\mu\text{m}$ である。

$$U(\nu, T)d\nu = \frac{8\pi k\alpha}{c^3} \frac{\nu^3}{\exp\frac{\alpha\nu}{T} - 1} d\nu \quad 2)$$

$U(\nu, T)$ は放射の強度、 k はボルツマン定数、 c は光速、 ν は放射の振動数を表す。絶対温度 T の物体の表面から単位面積、単位時間当たり放出される電磁波の全エネルギー W は以下のように表される³⁾。

$$W = \epsilon\sigma T^4$$

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4} \text{ (ここでは放射率である)}$$

W は T の4乗に比例するので、 $10\mu\text{m}$ 付近に感度を持つ赤外線カメラを用いることによって、わずかな温度

差も明確に区別することができる。また式から明らかなように、放射率の違いで熱画像の見かけの温度の違いが起こる。対象物の放射率が低ければ低いほど、反射の影響が大きく現れる。

3. 太陽光発電システム

3.1. 太陽光発電システム

太陽電池の発電部分の最小単位をセルという。太陽電池セル1枚の電圧は低くて使いにくいので、何枚かを直列に接続してパネルにし、実用的な電圧を得られるようにする⁴⁾。一般に広く普及している太陽電池セルは結晶(Si)、薄膜 Si、ヘテロ接合 Si の3種類であり、最近では CIS が普及し始めている。

太陽電池モジュールは使用環境の影響を受けることから、客観的な性能を統一的に定める必要があり、そのために国際的なルールとして定められているのが「標準試験条件」である。太陽電池に照射する光の強さ(日射強度)を 1000 W/m^2 にして、そのときの光のスペクトル分布をエアマス 1.5 になるようにして、太陽電池の温度を 25°C にするというものである¹⁾。

項目	性能
開放電圧(Voc)	公称開放電圧の $\pm 10\%$
短絡電流(Isc)	公称短絡電流の90%以上
最大出力(Pm)	公称最大出力の90%以上
最大出力動作電圧(Vpm)	
最大出力動作電流(Ipm)	受渡当事者間の協定による
曲線因子(FF)	
モジュール変換効率	

4. 実験

4.1. 赤外線カメラによる測定

太陽光発電パネルの裏面を、赤外線カメラを用いて、温度分布を観測した。測定に使用した器具は、赤外線カメラ『Neo Thermo』TVS-600シリーズ(日本アビオニクス株式会社)であり、測定対象パネルは、本学八木山キャンパス10号館屋上に設置された結晶シリコン型(京セラ)とHIT型(サンヨー)である。

陰などによって運転中の太陽電池モジュールの受光面が部分的に遮られる場合や、太陽電池モジュール内の太陽電池セルの一部に不具合や性能低下などが生じた

場合に、太陽電池セルの全体あるいは局部が高温になる現象を「ホットスポット」という。

測定方法は、赤外線カメラで測定対象の太陽光パネルを撮影し、周囲との熱の差から発熱箇所を特定することである。

5. 実験結果・考察

赤外線カメラで撮影した太陽光パネルの裏面

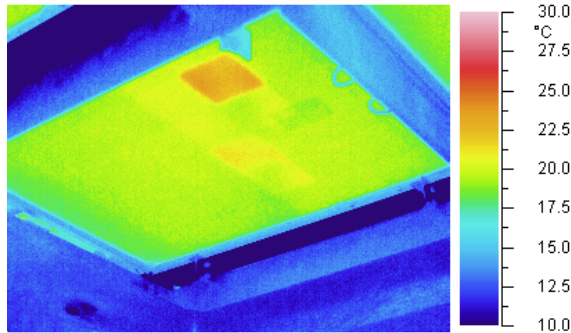


図 1.一部のセルに発生している不自然な発熱

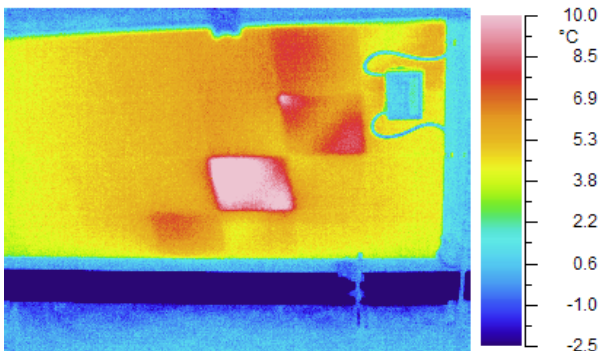


図 2.陰によって出来た規則的なセル発熱

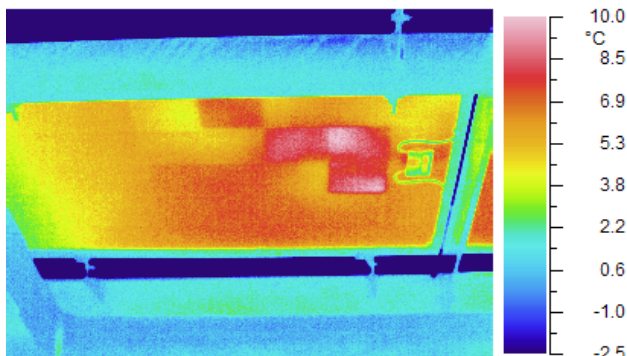


図 3.不規則なセルの発熱

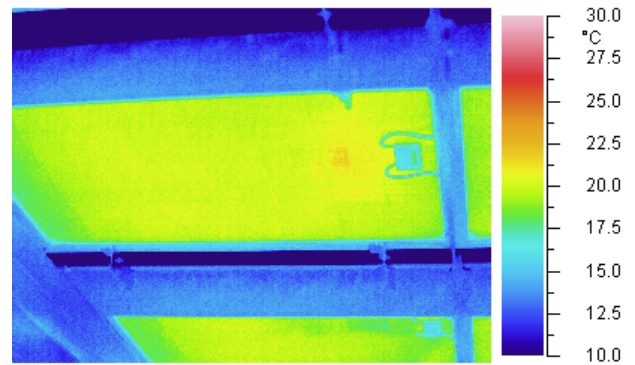


図 4.正常な太陽光パネル

故障の定義は、発電によって太陽光パネルに起こる不自然なホットスポットとする。

周囲と色が異なっている図 1、2、3 が部分的な発熱を起こしているセルのある太陽光パネルである。また、図 4 は正常な太陽光パネルである。

図 1 では一つのセルが発熱を起こしており、故障を起こしている可能性がある。図 2 は斜めに直線的な発熱を起こしているが、これは近くにある柱による陰と一致している。柱の陰の影響であることを確かめるべく、別の時間で撮影した結果が図 4 である。この結果から、故障による発熱ではなく、陰による一時的な発熱であることがわかる。また、図 3 も陰による影響を受けているが、陰の形とは違った発熱を起こしており、不具合を起こしている可能性がある。

6. 結論

赤外線カメラによる画像診断によって、容易に不具合を起こしている可能性のある箇所を特定することができる。しかし、一時的な陰によって発熱を起こすこともあり、より正確な不具合を診断するには電流の変化を調べなければならない。今回測定した八木山キャンパス 10 号館屋上のパネルは、専門の技術者の協力を得なければならないため調査することができなかった。今後、本格的な調査が行われることを期待する。

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」(日刊工業新聞社、2010年 7月 20日初版)
- 2) 「JSimplicity」(<http://www.jsimplicity.com/index.html>)
- 3) 原康夫, 「物理学入門」(学術図書出版社、2005年 10月 31日第1版、2009年 5月 10日増補版第2版)
- 4) 寺前裕司, 「太陽電池活用の基礎と応用」(CQ 出版株式会社、2011年 5月 15日初版)