

長期稼働太陽電池の評価研究

－劣化機構の解明に向けて－

電子情報部 ○橋泰至 豊田丈紫 米沢裕司

1. 目的

太陽電池は屋外環境で 20 年以上の長期稼働が求められる。平成 29 年 4 月に施行された改正FIT法では、再生可能エネルギー発電所の保守・点検や、メンテナンスが新たに義務付けられた。そのため、設置後数十年に渡り保守管理を行うための評価手法を確立することは有用である。そこで本研究では、平成 10 年に設置して稼働を継続している工業試験場の 200kW 太陽光発電システムを活用して太陽電池の劣化に関する情報を収集すると共に、太陽電池の劣化がどのように進行するのかを把握するため、意図的に劣化させた太陽電池を用いた各種評価手法の有用性を検討した。

2. 内容

2.1 熱画像の撮影

稼働中の太陽電池を検査する方法としては、接触式と非接触式の 2 つの方法がある。接触式では、太陽電池架線への接触作業には電気工事士の有資格者によることが法令で要求されるのに対し、非接触式は不要であることに加え簡単に検査することができる。そこで、近年活用が進んでいるドローンに赤外線カメラを搭載した非接触式の熱画像撮影による評価手法の検討を行った。ドローンを用いる熱画像撮影では、一度の飛行で設置されている多数の太陽電池の情報を収集することが可能であるという特徴を有している。図 1 に稼働中の太陽電池を空撮した熱画像例を示す。太陽電池のフレームに相当する白い長方形以外に、黒の太枠で囲んだ太陽電池上部には、白い帯状で示される高温部が確認できる。当該太陽電池の発電特性を調べたところ、発電回路において断線故障が存在することを確認した。これは、本来であれば電気エネルギーに変換されるべき光エネルギーが、断線故障部では発電されずに熱エネルギーに変換されたためである。また、 400 W/m^2 以上の日射強度が受光中であれば、本手法で断線故障部の検出が可能であることを確認した。

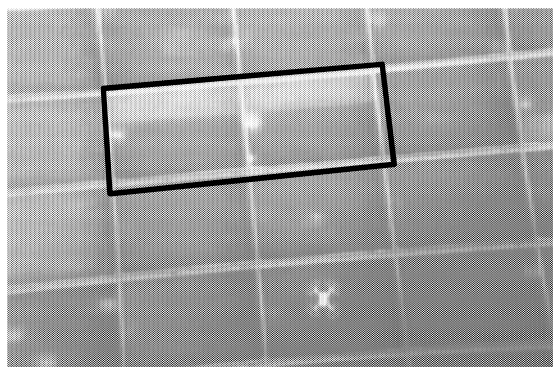


図 1 太陽電池の熱画像例
(白色箇所が高温部)

2.2 エレクトロルミネセンス画像

次に屋外環境に左右されずに太陽電池の健全性を正確に評価する接触式手法の検討を行った。太陽電池は半導体であるため、太陽電池自身に通電することでLED等と同様に発光現象を示す。これをエレクトロルミネセンス(EL)と呼び、専用のカメラで撮影することでEL画像が取得できる。EL画像の撮影は、太陽電池を構成する複数の発電素子(セル)単位の電氣的導通を視覚的に確認できる検査手法であり、太陽電池メーカーの出荷前検査など健全性評価手法としての実績が高い。本研究では、設置された状態の太陽電池に対して、夜間の晴天時にEL画像の撮影を試みた。図 2 は、18 年間稼働した後の太陽電池 48 台(全て同型式)を同時にEL発光させて撮影した画像である。太陽電池のフレームに相当する黒い長方形の内側では多数のセルが整列してEL発光している様子が確認できる。また、各セルのEL発光強度が弱く、部分的に暗化している箇所が散見できる。この暗化部では、前項で

示した断線故障には至っていないものの、部分的に断線している箇所であり、発電に寄与していない。この暗化部は、セルの破損や、セル単位の発電回路における部分断線であることが分かった。セルの一部が導通している場合、太陽電池の発電特性の一つである開放電圧には影響しないことから、断線故障よりも軽微な不具合として区別することができる。各太陽電池でEL暗化部の分布に個体差が生じているが、同一の試験条件で太陽電池 48 台全てのEL画像を撮影することができた。複数の太陽電池を一度に撮影できるため、接続作業回数の削減に繋がり、保守点検作業のコスト低減に有効である。また、小雨時でも晴天時同様のEL画像が得られており、セル単位以下の不具合箇所の特定に有効であることを確認した。

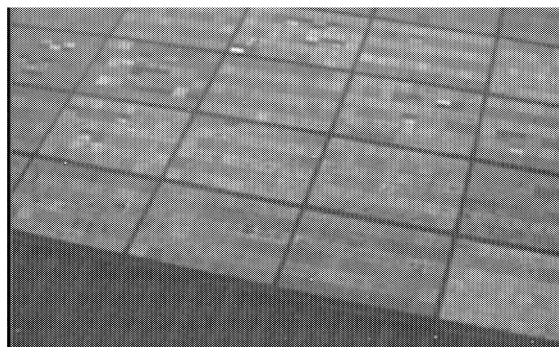
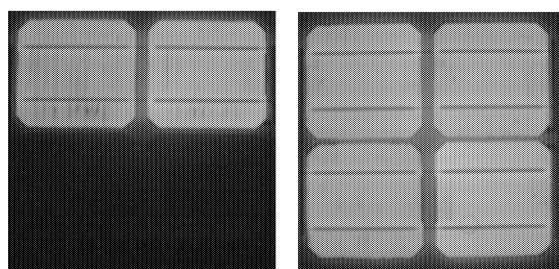


図2 太陽電池のEL画像例
(発光箇所が正常部)

2.3 電圧誘起劣化

複数の太陽電池を直列に接続することで電圧を高めることは、配線コストを小さくするばかりでなく、保守管理の効率化に有効な手段であることから、近年の太陽光発電は高電圧化の傾向がある。一方、電圧を高めることによって誘起される太陽電池の劣化は、発電出力を大幅に低下させる要因であることが知られており、長期間の安定した発電を実現するために劣化機構の解明が求められている。本研究では光照射による電圧誘起劣化への影響を解明するため、遮光処理を施した太陽電池(a)と、施していない太陽電池(b)に対して、同条件の電圧を誘起する試験を屋外環境で行った。試験後に撮影した太陽電池(a), (b)のEL画像を図3に示す。また、標準試験条件(日射強度 1 kW/m^2 , 太陽電池温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$)で測定した太陽電池の最大出力(P_{max})の規格値(試験前が1)を合わせて図3に示す。図3(a)の下半分は、太陽電池の表面を木材で覆うことで遮光した箇所に相当する。遮光部ではEL発光が観察されず、 P_{max} も低下した。これは遮光部において電圧誘起劣化が促進されたことを示唆している。



P_{max} : 0.63 P_{max} : 0.93
(a) 下部を遮光 (b) 遮光なし

図3 屋外での電圧誘起劣化実験の太陽電池EL画像

3. 結果

工業試験場で稼働中の太陽電池を、熱画像による非接触式の手法と、接触作業を伴うEL画像の撮影手法で評価した。その結果、太陽電池に内在する故障や不具合を発見することができた。また、電圧誘起劣化の評価では、太陽電池の受光部よりも遮光部においてセルの劣化進行が速いことが確認できた。これらの結果から、太陽電池に対する光照射条件によって劣化の度合いが異なることが分かった。

謝辞

本研究の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託を受けて国立研究開発法人産業技術総合研究所 他 8 機関と共同で実施した。また、本報告は、国立大学法人東京大学、米沢電気工事株式会社、日本無線株式会社との共同研究及び、株式会社成宏電機、北陸電話工事株式会社、学校法人金沢工業大学との共同研究をまとめた。関係諸氏に感謝いたします。