

太陽電池の耐久性評価技術の研究

企画指導部 ○橋泰至 豊田丈紫
化学食品部 嶋田一裕

1. 目的

再生可能エネルギーの固定価格買取制度の平成 24 年施行により、石川県内でも太陽電池の普及が拡大している。太陽電池の償却期間は 10 年以上と長く、長期に渡る太陽電池の耐久性が求められている。しかし、実際に長期間使用された太陽電池の劣化具合を詳しく調べた事例は稀少であり、劣化の実態はわかっていない。そこで本研究では、工業試験場において 14 年間屋外で使用された太陽電池の劣化状態を調べ、その劣化要因を明らかにすることを目的とした。

2. 内容

工業試験場では、図 1 に示す総出力 209kW の太陽電池を平成 10 年に導入した。平成 14 年度に一部の太陽電池を補修のために交換したが、設置以降、系統連系による発電を継続しており、構内電源として利用している。傾斜角度 16.7° の大屋根には多結晶シリコン太陽電池を南北向きに各 804 台、同 16.7° の越屋根には単結晶シリコン太陽電池を南北向きに各 60 台設置している。本研究では、図 2 に示すように稼働中の太陽電池の熱画像を撮影し、特徴的な発熱を示している太陽電池を含む約 50 台抽出して劣化要因を詳しく調べた。

2.1 外観検査

太陽電池に近接して肉眼による外観検査を行ったところ、出力低下の要因と考えられる太陽電池セルの割れ(図 3)や、太陽電池セルを充填している EVA(Ethylene vinyl acetate:エチレン酢酸ビニル)と裏面バックシートの黄変色が確認できた。EVA やバックシートは、紫外線の影響や水との反応により劣化して変色したと考えられる。

2.2 発電特性測定

ソーラーシミュレータ(擬似太陽光で光を太陽電池に照射して、太陽電池の発電特性を正確に測定する装置)を用いて標準試験条件(日射照度 $1\text{kW}/\text{m}^2$ 、太陽電池温度 25°C)における各太陽電池の発電特性を測定した。各太陽電池の最大発電出力(P_{max})を、型式毎に平均すると図 4 のようになった。いずれの型式も定格値よりも測定値の方が低い値であり、劣化による発電出力の低下が確認できた。型式Aには、抽出時に熱画像から劣化していると思われる太陽電池 16 台が含まれており、これが他の型式と比較して P_{max} の低下率が高くなった一要



図 1 石川県工業試験場の太陽電池

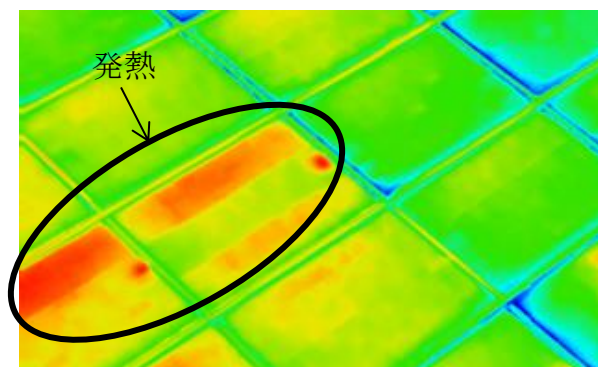


図 2 太陽電池の熱画像の例

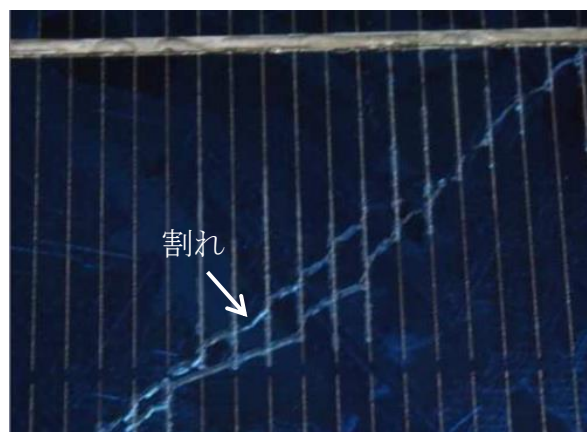


図 3 太陽電池の外観例
(セル割れ)

因と考えられる。いずれの型式でも、定格値と比較して測定値は低下しており、10年間以上屋外に設置したことによる影響で出力低下したと考えられる。

2.3 エレクトロルミネセンス画像

太陽電池は、光エネルギーを電気エネルギーに変換するものであるが、逆に電気を与えると、電気を光に変換して赤外光を出す。この赤外光を撮影したエレクトロルミネセンス(EL)画像は、正常発電部が発光し、発電異常部は暗化する。比較的劣化度合いが大きい型式Aの太陽電池のEL画像は図5の配線接続不良部のようになり、片側半分が暗化し、他方の発光が強くなっているセルが複数確認できた。これは、セル上の2並列の配線の内、片方で接続不良を生じたためと考えられる。接続不良を生じた側では、電流が流れない(または小電流である)ため暗化し、他方では電流が集中して流れるため発光が強くなったと推察できる。また、セル割れが原因と思われる暗化も確認できた。出力低下の度合いが大きい太陽電池では、このような暗化部が複数確認できた。

2.4 温度サイクル試験

屋外に設置中の太陽電池は、昼夜や季節による温度変化の影響を受ける。そこで、温度変化と太陽電池の劣化との関係を明らかにするため、型式Aの中から比較的出力低下(劣化)が小さい太陽電池を選定し、JIS C8990に準じて-40℃と85℃の温度環境を交互に繰り返す温度サイクル(TC)試験を行った。TC試験を200回繰り返した前後のEL画像は図6のようになり、これらを比較するとTC試験200回後には配線の接続不良と思われる暗部が拡大していた。また、標準試験条件におけるPmax値は、TC試験200回後に約30%低下していた。これらのことから、TC試験により太陽電池の劣化が再現できており、温度変化による影響が劣化要因の一つと推察できる。

3. 結果

10年以上屋外で使用した太陽電池の劣化状態を調べ、発電出力が低下した要因として、以下が明らかになった。

- (1)セル充填材やバックシート材の紫外線による変質・劣化
- (2)セル割れや配線の接続不良による発電出力の低下
- (3)温度変化の影響による太陽電池内の配線接続不良の増加

本研究で得られた知見は、太陽電池の新たな部材開発や製造条件の検討に役立つ、太陽電池の信頼性向上、長寿命化に役立てることができる。また、本研究で培った太陽電池を評価する技術を活かして、今後、太陽電池の劣化や不具合を検知する装置の開発を行う計画である。

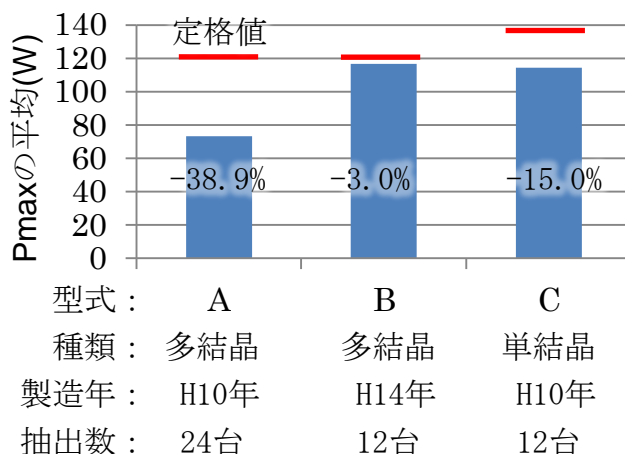


図4 各型式太陽電池のPmax

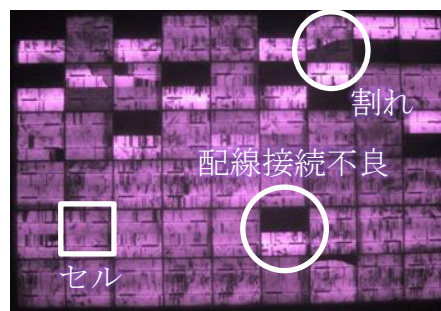


図5 型式AのEL画像例

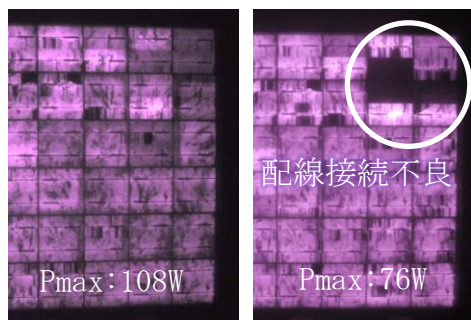


図6 TC試験前後のEL画像