

|          |  |
|----------|--|
| 氏名       | いぐち あきのり<br><b>井口 昭則</b>   |
| 学位(専攻分野) | 博士(工学)   |
| 学位記番号    | 博甲第707号  |
| 学位授与の日付  | 平成26年3月25日   |
| 学位授与の要件  | 学位規則第4条第1項該当   |
| 研究科・専攻   | 工芸科学研究科 先端フアイブ科学専攻   |
| 学位論文題目   | <b>太陽光発電パネル用バックシートフィルムの耐久性評価および部分放電による劣化評価方法の検討</b>                |
| 審査委員     | (主査)教授 西村寛之<br>教授 濱田泰以<br>准教授 小滝雅也<br>東洋紡(株) エンプラ CAE センター部長 *山下勝久 |

### 論文内容の要旨

太陽光発電システムは実用化されてから既に20年以上の歴史があり、地球温暖化対策のひとつとして世界的にかつてないほどの急激な普及を遂げてきている。日本においても、家庭用はもとより学校はじめ図書館などの公共施設に太陽光発電システムが次々に導入されてきた。一方、太陽光発電システムは一般に20年以上の寿命が要求されているが、壁面や屋根の上に設置される場合が多く、日常点検や管理は容易でない上に、使用中に発電量の低下したものが発生している。しかし、この低下が日照時間等の天候によるものなのか、太陽光発電パネル（以下 PV パネルと略す）の性能低下によるものなのか判断することは困難である。太陽光発電の計測データを解析すること以外で、その性能低下を判断する方法がほとんどないのが現状であり、より簡便かつ非破壊検査法による劣化診断方法の研究開発は学術的にも工業的にも重要であると考えられる。

本研究では、発電量の低下の原因の第一要因である PV パネルを構成するバックシートの損傷、劣化の原因究明と健全性を確認するための非破壊による診断方法を確立することを目的とし、それらについて詳細に検討を行っている。

第1章では緒論として、本研究の背景、目的と意義、そして本研究に至った経緯を述べている。第2章では、まず実際に実用化されて3~6年間現場に設置されていた PV パネルの発電性能を調査し、約3年間の現場設置ですでに発電性能が初期性能の82~87%に低下していることがわかっている PV パネルを入手、更にそれらの PV パネルから採取したバックシートから試験片を切り出し、バックシートの材料強度の低下を引張試験等にて確認している。また SEM にて引張試験後の破断面の観察を行い、さらに FT-IR 測定装置、DSC 測定装置およびレーザーラマン分光測定装置を用いて、バックシートの加水分解の程度や結晶化の進展からその劣化度合いを評価している。その結果、3年間設置されたバックシートは、外表面側から内表面側へ加水分解が進行していることを明らかにしている。また、外表面側より内表面側から結晶化が進行していたことも明らかとし、現場設置された稼働中の PV パネルのバックシートは、実使用環境での劣化度を評価することが可能であることを示している。

第3章では、実際に現場に8年間設置された PV パネルのバックシートと市販されている PV パネル用のバックシートを用いて、温水浸漬試験および高温高湿試験による促進劣化を行い、そ

これらの機械的特性および部分放電開始電圧と部分放電回数について検討している。その結果、現場に8年間設置されたPVパネルのバックシートの劣化度合いに対して市販のPVパネルバックシート材料であるPETフィルムの促進劣化評価試験法が有用であることを示している。

第4章では温水浸漬試験および高温高湿度試験の促進劣化試験評価法の妥当性について検討している。その結果、PVパネルのバックシートの材料であるPETフィルムの加水分解劣化が進行すると、フィルム内部に微細な空洞やき裂が生じて絶縁抵抗および部分放電開始電圧が低下し、部分放電容量が最大となるピーク電圧も低下することを明らかにしている。また、PETフィルムの引張試験による破断強度や破断伸び等の機械的評価、部分放電による電氣的評価、および熱分析・分光分析による物性と構造との関係を明らかにしている。第5章では、この研究の実証成果をまとめ、さらにそれらの結論の意味するところを吟味している。

本研究においては、促進劣化試験を施したPETフィルムに対して引張試験を行い、塑性変形域の傾きを駆使することによりPETフィルムの劣化状態を適正に判断できる方法を見出している。さらに非破壊で実施可能な部分放電試験法を応用することにより、PETフィルムの劣化度合いと部分放電容量が同傾向を示すことを見出し、PETフィルムの非破壊検査法として利用できる可能性を示している。

#### 論文審査の結果の要旨

本論文では、促進劣化試験を施したPETフィルムに対して引張試験を行い、塑性変形域の傾きを駆使することによりPETフィルムの劣化状態を適正に判断できる方法を見出している点に特徴がある。さらに非破壊で実施可能な部分放電試験法を応用することにより、PETフィルムの劣化度合いと部分放電容量が同傾向を示すことを見出し、PETフィルムの非破壊検査法として利用できる可能性も提案している。

これらの研究成果により、従来評価が困難であった太陽光発電パネルバックシートの耐久性および劣化メカニズムについて部分放電試験法を用いることにより機械特性を定量的に評価したことは、工業的に大変意義があり、さらに引張試験の塑性域における傾きがPETフィルムの劣化度合いと相関することを見いだしたことは学術的な観点からも評価できる。

本論文の内容は次の6報に報告されており、6報すべて申請者を筆頭著者とするものである。

1. Akinori Iguchi, Hideo Hirabayashi, Kazushi Ymanada, Hiroyuki Nishimura, "Analysis of structural changes of aged PV backsheets", Journal of Materials Life Society, Vol. 25, Symposia, pp.95-99 (2013)
2. Akinori Iguchi, Hideo Hirabayashi, Kazushi Yamada, Hiroyuki Nishimura, Yasuhiro Uchiyama and Junpei Kojima, "Evaluation of degradation of back-sheet for photovoltaic panels", SPE-ANTEC Technical Papers, 58, No.1259626 (2012)
3. Akinori Iguchi, Hideo Hirabayashi, Kazushi Yamada, Hiroyuki Nishimura, Yasuhiro Uchiyama and Junpei Kojima, "EVALUATION OF DEGRADATION OF PET FILM FOR PV BACKSHEET BY PARTIAL DISCHARGE", SPE-ANTEC Technical Papers, 59, No.1590505 (2013)

4. Akinori Iguchi, Hideo Hirabayashi, Takahiro Hayashi, Kazushi Yamada, and Hiroyuki Nishimura, "Evaluation of Degradation of PET Film by Partial Discharge Method", Materials Sciences and Applications, Vol.5, pp.33-38 (2014)
5. 井口昭則, 林崇太, 平林秀雄, 山田和志, 西村寛之, "PET フィルムの劣化機構の解明", 成形加工 (印刷中)
6. 井口昭則, 平林秀雄, 山田和志, 西村寛之, "太陽光発電パネルの促進劣化させたバックシートの機械的強度と部分放電による評価", 化学工学論文集 (印刷中)

以上の結果より、本論文の内容は十分な新規性と独創性、さらに工業的な意義があり、博士論文として優秀であると審査員全員が認めた。