

太陽光発電パネル用白板ガラスの汚損が光透過率に与える影響に関する研究

濱田俊之*, 栢健一**

Evaluation of Optical Transmission of Soil on Super White Glass for Photovoltaic Module

Toshiyuki HAMADA*, Kenichi HAJI**

Abstract : Amidst the rapid advance of the progress and spread of photovoltaic (PV) solar system, almost all of them have not been taken care after established since PV solar systems are called maintenance free. However, when the PV module surface becomes soiled, transmitted light of PV cover glass is reduced, and the output power of PV module is reduced. In this study, we investigated the transmittance characteristics of soil on super white glass for PV module.

Key words : photovoltaic solar module, optical transmission, super white glass

1. はじめに

太陽光発電はエネルギー資源が無尽蔵で、発電時に CO₂ を排出しないクリーンな発電方式として注目されている。また、再生可能エネルギーの固定価格買取制度 (FIT) も後押しして太陽光発電は近年急速に普及しており、今後は発電運用技術の最適化や保守メンテナンス技術への重要性が高まっている。本研究では、太陽光パネルに付着した汚れと光の透過光強度の関係を明らかにし、太陽光発電設備の最適な保守・運用技術へ役立てることを目的としている。

本報告では、太陽光発電パネルの表面汚損が発電出力低下に与える影響を明らかにするため、太陽光パネル用白板ガラスの汚損が光透過強度に与える影響の評価手法の検討を行った。その後、人工汚損試験ならびに自然汚損試験により、太陽光パネル用白板ガラスの汚損が透過光強度に与える影響を確認した。

2. 実験方法

2.1 太陽光パネル用白板ガラスの光透過測定システム

図1に太陽光パネル用白板ガラスの透過光強度測定システム

(2018年1月9日受理)

*宇部工業高等専門学校電気工学科「責任著者」

**鹿児島工業高等専門学校電気電子工学科

ムを示す。模擬太陽光にはハロゲンランプ(SCHOTTMORITEX製, MegaLight 100)を用い、太陽光パネル用白板ガラス透過光は白板ガラスに接触配置したシリコンフォトダイオード型日射計(デルタオーム社製, LPSilicon-PYRA 04)にて測定した。なお、ハロゲンランプより日射計へ照射される日射強度は1000[W/m²]一定として測定を行った。測定箇所は図2に示すように白板ガラス面を16分割して各地点合計16箇所を測定した。ちなみに、受光素子は直径12mmである。表1に表面が清浄な状態の白板ガラス透過光強度を示す。汚損物が堆積していない場合、測定されたガラス透過光強度の平均値は約1022[W/m²]であり、領域及びガラスごとの測定値のばらつき

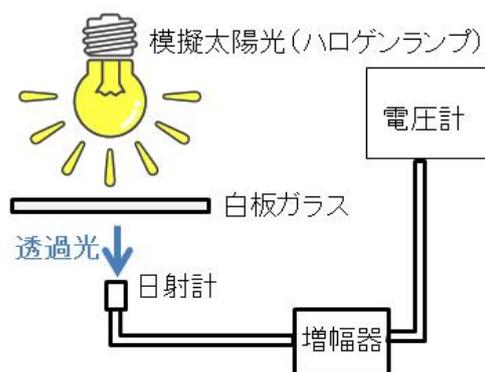


図1 透過光強度測定システムの概要

Area1	Area8	Area9	Area16
Area2	Area7	Area10	Area15
Area3	Area6	Area11	Area14
Area4	Area5	Area12	Area13

図 2 白板ガラスの測定箇所

表 1 透過光強度測定値[W/m²]

	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4	Sample 5	Sample 6
Area 1	1025.2	1023.8	1024.2	1026.0	1027.2	1022.8
Area 2	1023.6	1024.0	1024.2	1025.4	1026.8	1021.4
Area 3	1023.0	1024.4	1024.6	1025.6	1025.4	1021.4
Area 4	1023.8	1024.4	1025.2	1025.8	1025.8	1022.0
Area 5	1024.4	1023.8	1024.0	1024.2	1024.6	1020.0
Area 6	1023.6	1024.2	1023.4	1023.6	1024.4	1021.6
Area 7	1023.6	1023.8	1023.4	1023.8	1024.6	1020.6
Area 8	1024.8	1023.4	1023.8	1023.8	1025.6	1021.0
Area 9	1024.6	1024.4	1023.8	1023.2	1025.2	1018.4
Area 10	1023.6	1024.2	1022.6	1023.6	1024.0	1022.2
Area 11	1023.0	1023.8	1022.4	1023.6	1023.2	1021.6
Area 12	1023.0	1023.8	1023.2	1023.8	1022.8	1021.4
Area 13	1024.4	1024.4	1025.6	1024.8	1024.6	1024.0
Area 14	1024.0	1024.6	1025.4	1025.4	1023.6	1024.2
Area 15	1024.0	1024.4	1025.4	1026.8	1024.0	1022.4
Area 16	1025.2	1025.0	1025.6	1025.4	1025.4	1023.2

は1%未満であった。なお、測定値が、ガラスを配置しない状態で日射計に模擬太陽光を照射した値 1000 [W/m²]より高くなっているのは、白板ガラス裏面に光閉じ込め効果向上のためエンボス加工されている効果によるものである。

次に、人工汚損試験により太陽光パネル用白板ガラス表面に汚損物が堆積した場合の汚損度とガラス透過光強度の関係を確認した。汚損物には、代表的な関東地方の自然汚損堆積物である関東ローム(JIS 試験用粉体1の7種)をイオン交換水で攪拌・塗布することで均等にガラス表面を汚損させた。なお、ガラス表面の汚損度はそれぞれ 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0 [g/m²]とした。

図 3 に人工汚損時のガラス透過光強度を示す。同図より、汚損度が大きいほど透過日射量は低下することが分かる。これは表面に堆積した汚損物による光吸収、散乱、反射によるものである。ちなみに、汚損度が 0[g/m²]のときのガラス透過光強度を 100 [%]としたときに汚損によって低下する日射強度の割合は、汚損度 0.5 [g/m²]で 2.27 [%], 1.0 [g/m²]で 4.87 [%], 2.0 [g/m²]で 9.27 [%], 3.0 [g/m²]で 16.31 [%], 5.0 [g/m²]で 25.56 [%]であった。

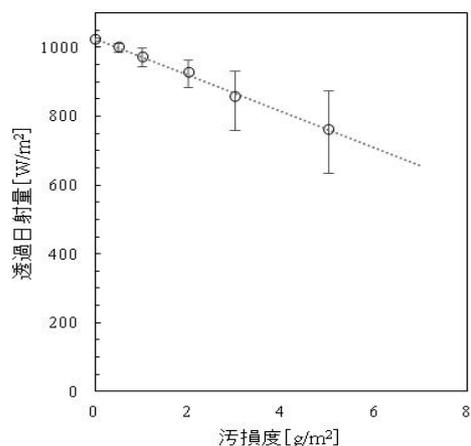


図 3 人工汚損時の各汚損度におけるガラス透過光強度

2. 2 太陽光パネル表面汚損物の回収方法の検討

太陽光パネルの汚損と発電出力の関係を明らかにするには、太陽光パネルに堆積する汚損物の量を測定する必要がある。しかし、実使用環境下の太陽光パネルは 1 枚当たり 1 [m²]を超えるものを数十枚～数千枚も使用している。また、表面に堆積した汚損物は、人為的要因により回収しきれない汚損物及び、ろ紙では収集不可能な微小粒子や可溶性物質などがあり、そのすべての回収は不可能である。したがって、パネル表面に堆積した汚損物重量を知るためには、人為的に既知の数量だけガラス表面に汚損物を堆積させ、汚損物の回収率を明らかにし、自然汚損時のパネル汚損度を推定することが有効であると考えられる。太陽光パネルに堆積した汚損物を回収する手法には、送電用がいしなどの汚損評価手法として用いられる筆洗い法を提案する²⁾。なお、太陽光パネルの汚損度評価では、筆洗い法によって回収した汚損物を高密度ガラスろ紙 (ADVANTEC 社製 GA-55, 保留粒子径 0.6 μs) によってろ過することで汚損物回収を行い、その回収率を評価した。

図 4 に筆洗い法により各汚損度で回収できる汚損物の割合を示す。同図より、汚損度が高くなるにつれて回収率は高くなるが、回収率は 90 [%]程度で飽和した。これは、試験用粉体中に含まれる保留粒子径よりも小さな粒子及び水溶性物質による回収不能分が全体の約 10 [%]存在すると考えられる。また、0.5 [g/m²]のような汚損度が低い場合は人為的要因により回収不可能な汚損物量の割合が重汚損度の場合に比べて高くなる。なお、汚損度 0.5 [g/m²]における回収率は約 81 [%]であり、前述条件においては汚損物の約 9 [%]が人為的要因により回収できない量となる。したがって、前述の要因を考慮することによって太陽光パネルが自然汚損した際の汚損物の堆積重量を推定できることを確認した。

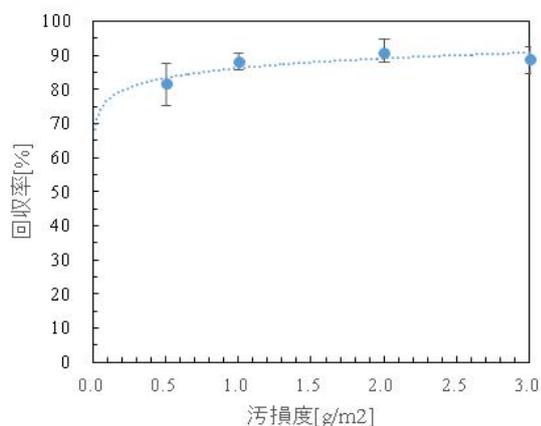


図4 人工汚損時の汚損物回収率

3. 実験結果

3.1 人工ならびに自然汚損試験による太陽光パネル用白板ガラスの透過光特性

図5に人工汚損試験および自然汚損試験により汚損した太陽光パネル用カバーガラス材の光透過率特性を示す。人工汚損試験では180 mm角の太陽光パネル用白板ガラス（標準ガラス）上に粒子組成や粒径分布が既知かつ、代表的な関東地方の自然汚損堆積物である関東ローム（JIS 試験用粉体1の7種）をイオン交換水で攪拌・塗布することで均等にガラス表面を汚損させ乾燥させた。なお、ガラス表面の汚損度は0.5-5.0 [g/m²]とした。自然汚損試験では、370 mm角の白板ガラス4枚を宇部高専管理棟屋上（山口県宇部市）にて30日間屋外暴露し、光透過率を測定するとともに、イオン交換水と高密度ガラスろ紙（ADVANTEC GA-55、保留粒子径0.6 μm）によってろ過することで汚損物を回収し、汚損度を評価した。なお、ろ紙により汚損物を回収する場合、人為的要因による回収不能分に加えてガラスろ紙の保留粒子径よりも小さな粒子の回収は不可能である。そのため、既知の数量の汚損物が堆積した人工汚損試験

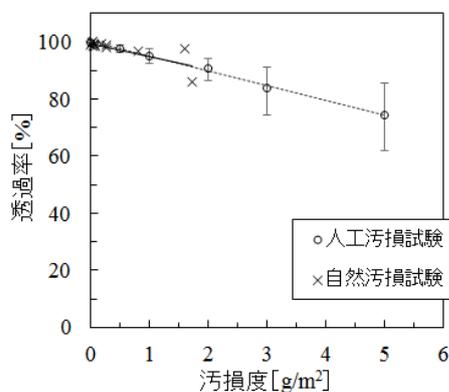
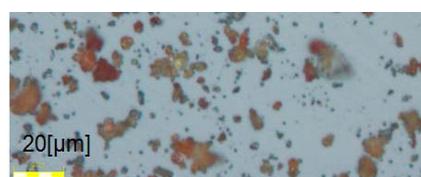


図5 太陽光パネル用ガラスの光透過特性

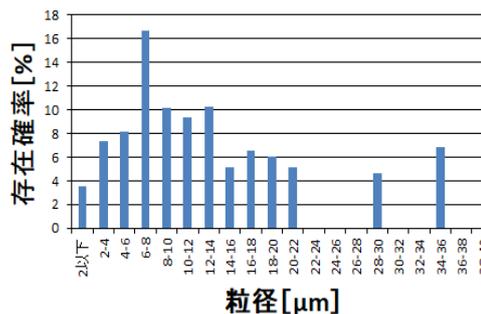
での回収率から自然汚損時の汚損度を推定している。図5より、汚損度が高くなるに従い光透過率は徐々に低下する。また、自然汚損試験と人工汚損試験を比較すると、自然汚損試験における汚損度と光透過率の関係は近似しており、自然汚損試験での汚損状況は人工汚損試験で模擬可能であることが明らかとなった。自然汚損による白板ガラスの透過光特性より、今回自然汚損試験を実施した地方都市部の太陽光発電設備の実環境下においては多くの場合、汚損が光透過率を低下させる割合は数%程度であることが確認された。

3.2 汚損物の粒度分布

人工汚損（関東ローム1の7種）及び自然汚損における汚損粒子の光学顕微鏡拡大写真及び粒径分布を図6に示す。汚損



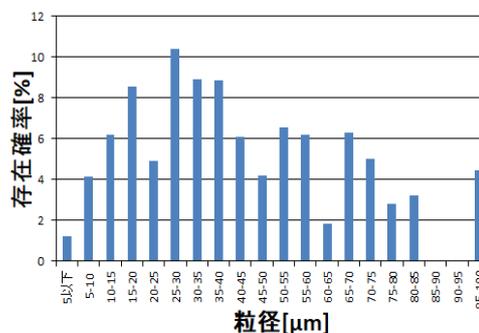
(a) 人工汚損物(関東ローム1の7種)の写真



(b) 人工汚損物(関東ローム1の7種)の粒度分布



(c) 自然汚損物の写真



(d) 自然汚損物の粒度分布

図6 汚損物写真及び粒径分布

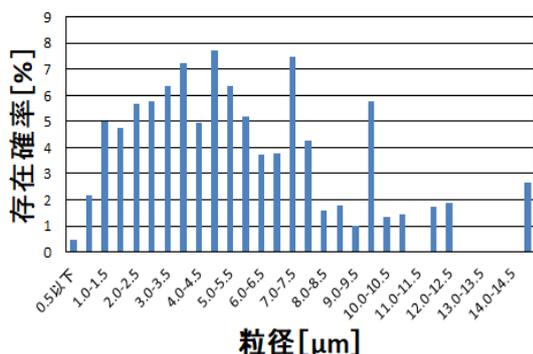
堆積物の粒度分布測定には、自然汚損は宇部高専管理棟屋上に設置されている太陽光発電設備のガラス表面から汚損物を回収した。粒度分布の測定には、顕微鏡法を用い、自然汚損、人工汚損いずれも無作為に 1000 個の粒子を抽出し実際に顕微鏡法で汚損物の径を測定した。同図より、透過光強度はほぼ同じだが、粒径分布は異なる。

3. 3 粒度分布が透過光強度に与える影響

図 7 に人工汚損(関東ルーム 1 の 11 種)の顕微鏡拡大写真及び粒径分布、図 8 に太陽光パネル用ガラスの光透過特性(関東ルーム 1 の 7 種, 1 の 11 種)を示す。同図より、同じ汚損度においても、粒径の小さな粒子の方が、光透過率が低下する。これは、粒径分布の小さな粒子の場合、汚損物がガラス表面を隙間なく分布し、光遮へい効果が高くなるためである。



(a) 人工汚損物(関東ルーム 1 の 11 種)の写真



(b) 人工汚損物(関東ルーム 1 の 11 種)の粒度分布

図 7 人工汚損物(関東ルーム 1 の 11 種)写真及び粒径分布

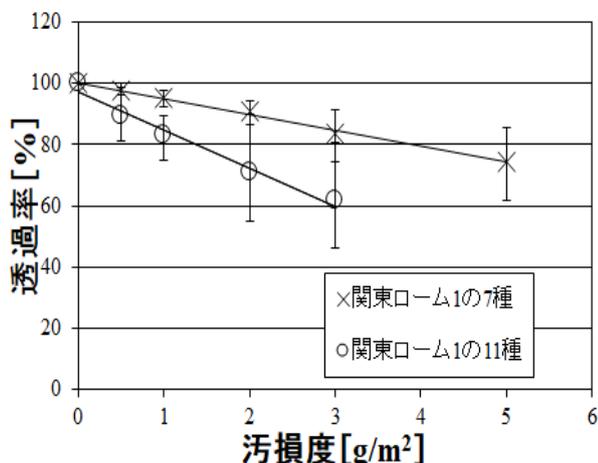


図 8 太陽光パネル用ガラスの光透過特性 (関東ルーム 1 の 7 種, 1 の 11 種)

4. まとめ

本報告では、太陽光発電パネルの表面汚損が発電出力低下に与える影響を明らかにするため、太陽光パネル用白板ガラスの汚損が光透過強度に与える影響の評価手法の検討を行った。その後、人工汚損試験ならびに自然汚損試験により、太陽光パネル用白板ガラスの汚損が透過光強度に与える影響を確認した。以下に明らかになったことを示す。

- (1) 模擬太陽光 (ハロゲンランプ) と日射計を利用した人工汚損試験システム及び汚損物の回収率特性より自然汚損時に実際に堆積している汚損物量を測定可能となった。
- (2) 人工及び自然汚損試験による太陽光パネル用白板ガラスの汚損度と光透過率の関係を確認した結果、いずれの試験においても汚損度が高くなるにつれて光透過率は低下することが確認された。汚損パネルの洗浄時期の検討を行うにあたり長期の試験期間を要する自然汚損試験ではなく人工汚損試験にて模擬可能であることが示された。
- (3) 汚損によるカバーガラスの光学的特性は、汚損物の粒径分布や粒子自体の光透過率による影響を受けるため、地域ごとに汚損特性は異なることが確認された。
- (4) 自然汚損試験により、今回試験を行った宇部高専管理棟屋上のような地方都市部の一角においては太陽光発電設備の汚損が光透過率に与える影響は数%程度であることが明らかとなった。

5. 校外発表論文等抄録

- [1] 植田亮, 濱田俊之, 太陽光パネル用カバーガラスの汚損がガラス透過光に与える影響, 平成 29 年度 (第 68 回) 電気・情報関連学会中国支部連合大会, 電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集(CD-ROM), R17-07-12, 岡山理科大学, 岡山県, (2017 年 10 月)
- [2] 中本健太, 濱田俊之, 栢健一, 人工および自然汚損試験による太陽光パネル用カバーガラス材の光学的特性, 平成 29 年電気学会全国大会, No. 7-018, 富山大学, 富山県, (2017 年 3 月)
- [3] 藤田成輝, 和田圭司, 濱田俊之, 栢健一, 太陽光発電パネル用ガラスの表面汚損に関する評価手法の検討, 平成 28 年度 (第 67 回) 電気・情報関連学会中国支部連合大会、電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集(CD-ROM), 広島大学, 広島県, (2016 年 10 月)

謝辞

本研究は、(公財)中国電力技術研究財団ならびに、(公財)中部電気利用基礎研究振興財団の助成により行われた。

参考文献

1) 日本工業規格, “太陽電池デバイス-第3部: 基準太陽光の分光放射照度分布による太陽電池測定原則”, JIS C8904-3, 2011.

2) 黒川正明, 松本隆宇, “人工汚損がいしの筆洗い抵抗法による ESDD 測定制度”, 電学論 B, Vol.118, No.10, pp. 1208-1209, 1998.