

鹿児島県霧島市における太陽電池モジュール上への降灰が発電量に与える影響

宇野史睦¹・新堀敏基²・橋本明弘³

- 1, 産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター システムチーム
- 2, 気象庁 気象研究所 火山研究部
- 3, 気象庁 気象研究所 予報研究部

研究目的

- 桜島・霧島連峰の噴火による太陽電池モジュール上への降灰により、発電量が低下する事例が報告されている。
- しかし、屋外測定における降灰量に対する発電量の低下率についての評価は数件^[1]のみで、日本国内ではほとんど行われていない。
- 降灰による発電量低下は発電量予測の大きな誤差の1つである。
- 2013年3月より鹿児島県霧島市で実施している太陽電池モジュール屋外暴露試験データを使用し、**大量降灰時の発電量の減少量**の評価を行った。
- また、火山灰や火山性ガスへの暴露試験による3年間における**発電効率の低下**について調査した。

観測概要

- IVカーブ [Isc, Vocは1024測定点より評価]、**裏面温度** (3点)
- **傾斜面日射量**, 分光放射
- 気温, 風向風速, **降水量**, 濡れ時間
- 降灰量 (月積算)
- 日降灰量 (鹿児島県提供)

設置モジュール

番号	種類
01, 02	単結晶シリコン [sc-Si]
03, 04	多結晶シリコン [pc-Si]
05, 06	CIGS
07, 08	薄膜シリコン多接合 [a-Si/μc-Si:H]



Fig. 1. トヨタ車体研究所屋上における屋外暴露

大量降灰時における発電量低下イベント

- 7月8日の屋前から徐々に発電効率*が減少し始め、18日に急激に減少した。
- モジュールの種類によって、発電効率が異なるが変動はよく一致している。

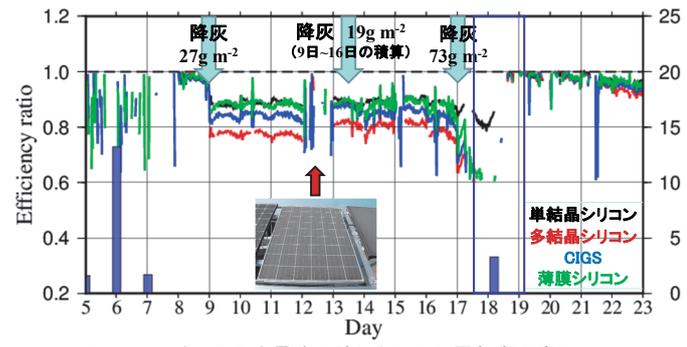


Fig. 2, 2013年7月の大量降灰時における発電効率の変化

- ← 降灰量に比例した発電量の減少を確認
- ← モジュール差はガラス表面の形状に起因か？

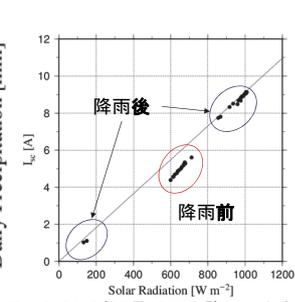


Fig. 3, 2013年7月18日の降雨による火山灰の洗い流しをとらえた事例。実線は発電効率=1の時の日射量に対するIsc

7月における発電効率の変化

- ・6-8日：降水による火山灰の除去
- ・9-17日：降灰による発電効率の低下
- ・18日~：短時間降水による火山灰の除去

- 火山灰の堆積なし⇒降灰による発電量低下⇒降水による火山灰の洗い流しという変化を発電効率を時系列で評価することで見て取れた。

注意点

- ✓ 極端に変動の大きいデータは除外
- ✓ 降灰量はカップによる測定でモジュール表面への堆積量ではない。

*発電効率は Iscにおける屋外測定と低格容量の比

長期解析 [降灰による影響 (左)・モジュール劣化評価 (右)]

- sc-Si, pc-Siは2つに分かれ、CIGS, 薄膜シリコンは連続的に変化

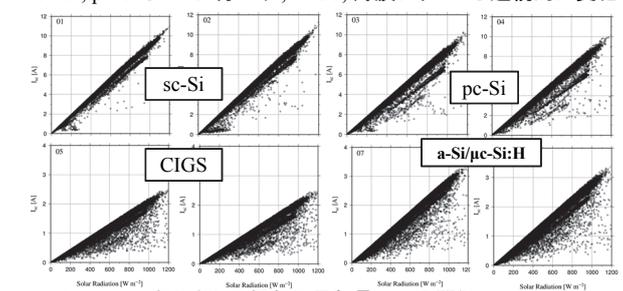


Fig. 4, 2013年における傾斜面日射量とIscの関係。

- 30g/m²以上では降灰量と発電量低下率は線形関係が見られる

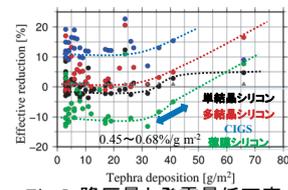


Fig 5, 降灰量と発電量低下率 Performance Ratio (PR)

$$PR_t = \frac{PR}{1 + \gamma(T - 25) PR_{ref}}$$

$$PR = \frac{P_{max} / P_{max,ref}}{G / G_{STC}}$$

G: 日射量, STC: 大気外日射量, ref: 屋内測定値, γ: 温度係数

- 各モジュールの経年劣化は2%/yearであり、先行研究^[2]と大きな差はない。ただし、ばらつきは大きい
- 降灰が長期で無い2015年9月以降はPr_tのばらつきが小さい。

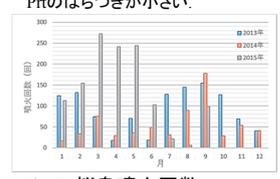


Fig 7, 桜島噴火回数。

Table 1, Pr_tを用いた年平均変換効率。

モジュール	2014	2015
sc-Si	0.902	0.891
pc-Si	0.852	0.836
CIGS	0.933	0.921
a-Si/μc-Si:H	0.755	0.755

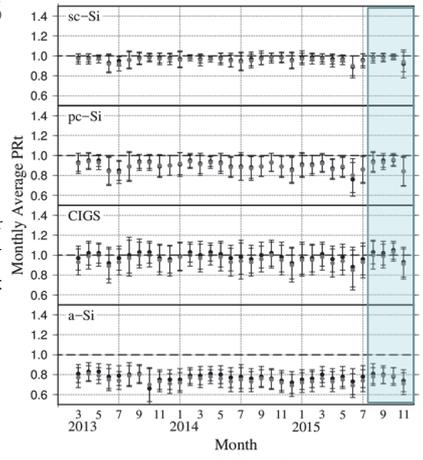


Fig 6, 月平均の温度補正済みPr (Pr_t)の2013~2015年の時系列

結論

- 火山灰による発電量低下と降雨による火山灰の洗い流しによる発電量の復元が屋外測定で確認できた。
- モジュールのガラス面に違いによる発電効率差は最大で20%であり、同じモジュールでも数%の差が見られた。
- 火山灰等によるモジュールの劣化に特異な影響は見られなかった。現在屋内測定で精緻な評価を実施中 (モジュール信頼性チーム)

参考文献

[1] Kaldellis, J. K., and M. Kapsali, 2011: Simulating the dust effect on the energy performance of photovoltaic generators based on experimental measurements, Energy, DOI:10.1016/j.energy.2011.06.018.
 [2] Ishii, T., T. Takashima and K. Otani, 2011: Long-term performance degradation of various kinds of photovoltaic modules under moderate climatic conditions, Prog. Photovoltaics, DOI: 10.1002/ppv.1005.

謝辞

本研究で使用した発電量等のデータは、「産業技術総合研究所平成24年度分野イノベーション推進予算」によるものである。データの取得に関しては増田副センター長、石井徹之氏 (現: 電中研)、佐藤梨都子氏 (モジュール信頼性チーム) を中心にご協力いただいた。また、気象データ、降灰量については、トヨタ車体研究所、鹿児島県より戴いた。ここに記して御礼申し上げます。