

令和 2 年 6 月 20 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K13008

研究課題名（和文）火山灰による太陽光発電量の減少を利用した降灰量推定モデル開発と降灰予報モデル検証

研究課題名（英文）development of estimation method of amount of tephra fall using effective degradation rate on photovoltaic power generation and evaluation of tephra fall forecast model.

研究代表者

宇野 史睦（UNO, FUMICHIKA）

東京大学・大気海洋研究所・特任研究員

研究者番号：60634946

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：太陽光発電において火山灰を含む土壌粒子が表面に堆積することにより、実際の日射量に対して発電量が少なくなる問題が報告されている。この問題は、日射量に対して想定される発電量の減少率（発電量減少率）から降灰量を推定する可能性を示唆する。本研究では、頻繁に噴火している鹿児島県桜島周辺の太陽光発電施設を対象に発電量・日射量のモニタリングデータを収集し、また桜島の火山灰を用いて降灰量毎に発電量低下率を屋外実験にて評価し、太陽光発電量の減少率を利用した降灰量推定手法を構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

太陽光発電量の降灰による減少率と降灰量の関係性を求め、太陽光発電量の発電量データを解析することで、数分から十数分の時間解像度で降灰量推定が可能となる。また、大型の太陽光発電施設だけでなく家屋の屋根に設置されている太陽光発電施設数は、日本全国で数十万地点に上り、これまで観測地点が少なく空間的な降灰分布を把握できなかったが既存の施設のデータを利用するだけで高密度観測網の構築が可能である。例えば、鹿児島県内だけでも約3万地点となる。これにより、降灰予報モデルの検証として、総降灰量だけでなく、降灰の時間変化の予測精度も評価可能となる。このようなデータは降灰予報の分野では初めての評価となる。

研究成果の概要（英文）：Photovoltaic power generation has decreased the accumulation of the volcanic ash on the photovoltaic module. The ash decreases the amount of power generation relative to the actual amount of solar radiation. It is suggested the possibility of estimating the amount of tephra fall from the rate of decrease in solar power generated by volcanic ash. In this study, we collected monitoring data of photovoltaic power generation and solar radiation for solar power generation facilities around Sakurajima, Kagoshima Prefecture. Moreover, we evaluated the effective degradation rate on photovoltaic power generation of accumulation of the tephra using the corrected volcanic ash of Sakurajima at outdoor experiment. We developed the estimation method of amount of tephra fall using effective degradation rate on photovoltaic power generation.

研究分野：気象学

キーワード：降灰 太陽光発電 桜島

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

降灰予測は、気象庁にて噴火した場合の降灰地域やその量について毎日主要な火山について実施され、情報が公開されている。しかし、降灰量の予測値の精度について検証するための降灰量・降灰分布のデータは限定的である。検証に利用可能なデータは、大規模な噴火事例は人により後日降灰量の観測、また、桜島においては毎日9時にその前日の降灰量を一部の地域で測定を実施しているのみである。

また、太陽光発電分野においては、鹿児島における桜島の降灰により発電量の低下が問題となっている。これは太陽電池上に火山灰が堆積することで太陽電池へ入射する太陽光を遮るためである。つまり、降灰量と太陽光発電量には一定の関係があることが考えられる。しかし、この関係について定量的に評価した研究はない。

太陽光発電量の降灰による減少率と降灰量の関係を求め、太陽光発電量の発電量データを解析することで、降灰量推定が可能となる可能性がある。大型の太陽光発電施設だけでなく家屋の屋根に設置されている太陽光発電施設数は、日本全国で数十万地点に上り、鹿児島県内だけでも約3万地点となる。太陽光発電量から降灰量を推定できれば、既存の施設のデータから高密度の降灰量観測網として利用可能である。さらに太陽光発電量は数分～十数分単位で測定を行っているため、降灰量の時間変化も評価可能である。これにより、降灰予報モデルの検証として、総降灰量だけでなく、降灰の時間変化の予測精度も評価可能となる。このようなデータは降灰予報の分野では初めての評価となる。

### 2. 研究の目的

本研究は、1:降灰量による発電電力量の減少率を調査するための発電量・降灰量データの測定と収集、2:桜島の火山灰の光学特性(粒形分布)の測定、3:小型モジュールによる屋外降灰実験による降灰量と太陽光発電量減少率の経験式の構築を目的とする。研究を進める中で、当初予定していなかった桜島の火山灰を入手できたため、より高精度の降灰量推定式を構築するために、2,3を実施した。そのため、当初予定していた降灰予測モデルの検証ではなく、経験式の構築に重点を置いて研究を進めた。

### 3. 研究の方法

鹿児島県における桜島の火山灰が実際に発電量にどの程度影響を与えているか、民間の太陽光発電施設の発電量・日射量の測定値を収集し、その傾向を調査した。また、新規でインターバルカメラを設置し、太陽電池上への降灰状況を動画にてモニタリングし、降灰のタイミングを確認した。発電量・日射量データは2015年1月-2019年1月末までを取得し、インターバルカメラは2017年8月に設置し、2019年1月末に撤去した。

また、桜島から約15km離れたインターバルカメラを設置した太陽光発電施設上に堆積した火山灰を入手できたため、当初の予定にはなかったが降灰による発電量減少率を評価するための屋外実験を行った。

火山灰の粒形分布によって火山灰が日射量を遮蔽する影響度は異なる可能性がある。そのため、使用する火山灰の粒形分布を走査型電子顕微鏡(Scanning Electron Microscope, SEM)を用いて、粒形分布を測定した。

次に、小型の太陽電池モジュール(GT434)上に、均一になるよう篩を用いて火山灰を堆積させ、発電電力量、日射量、モジュール裏面温度を測定した(図1)。その後、堆積させた火山灰を回収し、重量を測定した。発電電力量の減少は降灰感度実験の前後で測定した火山灰を堆積させない実験との比(Effective reduction: ER)とした。実験は産業技術総合研究所のD6棟屋上にて、2018/6/5, 6/7の晴天日の2日間に実施した。



図1, 降灰感度実験測定風景

### 4. 研究成果

#### 4.1 火山灰のモニタリングと発電量と日射量比較

発電量・日射量のモニタリングデータの中で最も発電量・日射量の間で乖離のあった期間が2015年4月であった(図2)。この図は発電量(EP)と日射量(SR)の日平均値と、シェードで日降水量1mm以上の日を示している。これを見ると、2015年4月21日に桜島が噴火した事例でそれまでほぼ同じ変化を示していたEPとSRに大

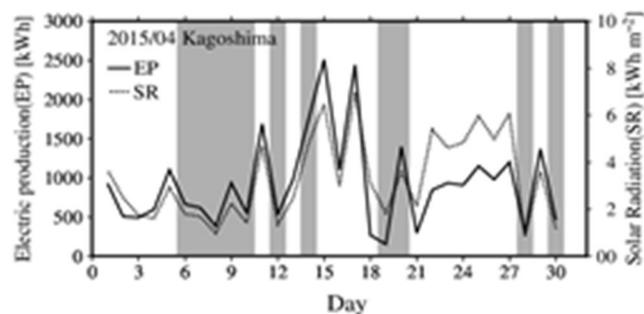


図2, 2015年4月における鹿児島県内の1つの太陽光発電施設における発電量(EP)と日射量(SR)の月変化。実線がEP,点線がSRを示す。また、シェードは日降水量1mm以上の日を示す。

きな乖離をしめし、4月27日の降水イベント後に、元の傾向に戻った。これは21日に太陽電池上に堆積した火山灰が27日の降水で洗い流されたためと考えられる。

インターバルカメラを設置した期間内において特定の太陽光発電施設に降灰があった事例を撮影した動画から判断し、その時の発電量と日射量の関係を見た。その結果、発電量と日射量の関係には比例関係が見られ、よく一致していることを確認した(図3)。

ただし、前日深夜の降灰があり、その日の正午頃に強風が吹いた事例では、太陽電池上の火山灰が吹き飛ばされ(図4)、降灰による発電量の減衰が見られなくなった。当初、主な降灰の洗い流しによる発電量の復元は、降水によるものだと考えていたが、強風による影響も無視できないことが示唆された。

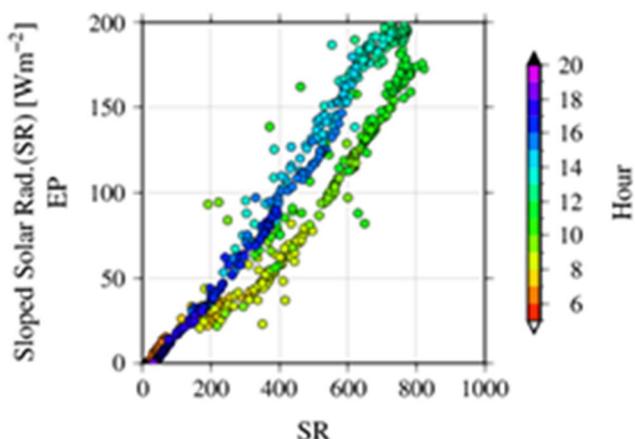


図3, 強風による火山灰の吹き飛ばし前後の発電量と日射量の関係. プロットの色は、観測時刻を示す。

#### 4.2 走査型電子顕微鏡を用いた粒形分布

実験に使用する火山灰の粒径を調べるため走査電子顕微鏡(SEM)を用いて、円相当半径を調べた結果(図5)、 $6.96\mu\text{m}$ であった。この値は、桜島における火山灰として報告されているものと大きな違いはないものの、比較的粒形が大きいものの比率は少なかった。これは、桜島島内で測定されたものと比べて、比較的離れた地域で採取した火山灰であることが要因と考えられる。

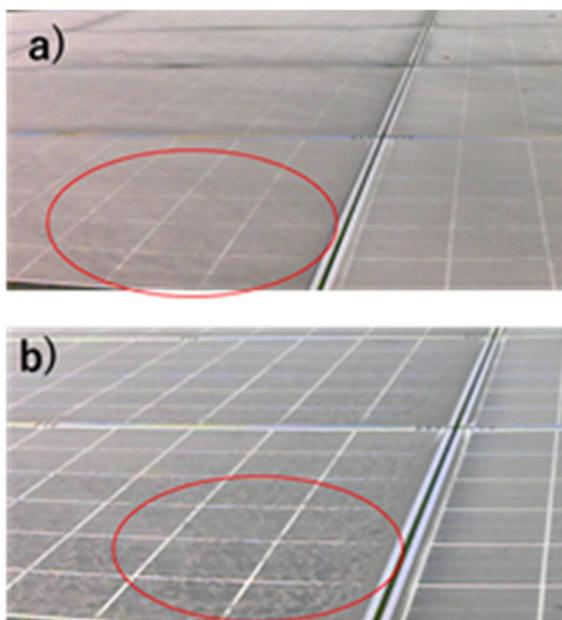


図4, インターバルカメラにより撮影した降灰のあった太陽電池表面の画像(a)と、強風により一部の火山灰が吹き飛ばされた太陽電池表面の画像(b)

#### 4.3 屋外実験による火山灰堆積量と太陽光発電量減少率

降灰感度実験は、2日間に渡り茨城県つくば市の産業技術総合研究所所内にて実施した。快晴日の2日間でそれぞれ降灰量を変更し、計32回実施した。1回の降灰実験で5度測定を行い、日射量の変動の少ない3測定を利用した。太陽光発電量減少率(ER)の減少率の計算はこの3回の測定の平均値を利用した。

その結果、 $2.0\text{g}/\text{m}^2$ 程度の堆積であってもERは20%ほどに達し、 $6.3\text{g}/\text{m}^2$ では30%を超えた。それ以降 $30.0\text{g}/\text{m}^2$ までは線形にERは増加し、80%を超えたあたりで、ERの増加が緩やかになった(図6)。これは太陽電池上に十分火山灰が堆積したことにより、堆積量に対する太陽電池のセルに入射する日射量の遮蔽量が飽和に近づいたため、堆積量あたりの減少率が低下したと考えられる。 $120.0\text{g}/\text{m}^2$ を超えたところで発電量はほぼなくなった。この屋外実験による降灰量と太陽光発電量減少率を関数化することで降灰量推定モデルを構築した。

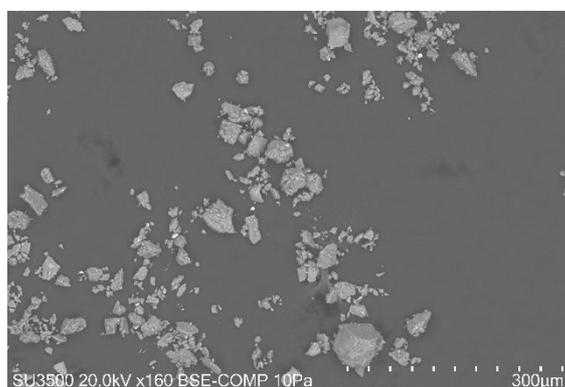


図5, SEMによる火山灰の粒子測定時の画像。

#### 4.4 研究まとめと計画変更

太陽光発電において火山灰を含む土壌粒

子が表面に堆積することにより、実際の日射量に対して発電量が少なくなる問題が報告されている。この問題は、日射量に対して想定される発電量の減少率（発電量減少率）から降灰量を推定する可能性を示唆する。本研究では、頻繁に噴火している鹿児島県桜島周辺の太陽光発電施設を対象に発電量・日射量のモニタリングデータを収集し、また桜島の火山灰を用いて降灰量毎に発電量低下率を屋外実験にて評価した。

研究計画立案当初には想定していなかった、大量の火山灰を入手できたこと、また試験用の小型太陽電池モジュールが入手できたことにより、より推定精度の高い降灰量推定手法を構築できた。その代わりに当初の予定にない、降灰実験や SEM による測定等を実施した。その結果、データ取得が中心となり降灰予報モデルの検証等は未実施となった。

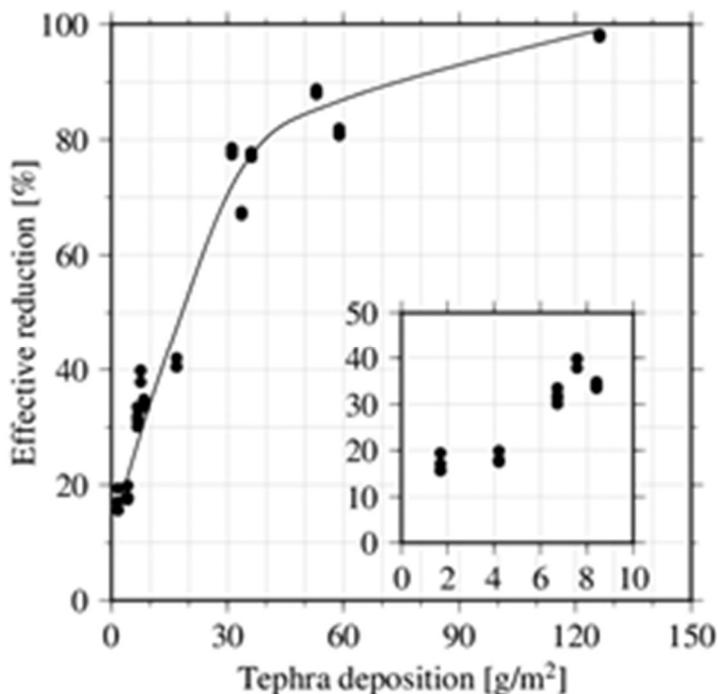


図 6, 火山灰による太陽光発電電力量減少率. 図中の右下図は微量の降灰実験における発電電力量の減少率を示す.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 宇野史睦・新堀敏基・橋本明弘
2. 発表標題 桜島の降灰による発電量低下率評価の屋外実験
3. 学会等名 太陽光発電研究センター成果報告会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宇野史睦・新堀敏基・橋本明弘・小長谷瑞木
2. 発表標題 火山灰による太陽光発電量の減少率を利用した降灰量推定
3. 学会等名 日本火山学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宇野史睦・新堀敏基・橋本明弘・小長谷瑞木
2. 発表標題 桜島噴火時の降灰による太陽光発電量の減少率評価
3. 学会等名 太陽光発電研究センター成果報告会2019
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	新堀 敏基  (SHIMBORI TOSHIKI)		

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	橋本 明弘  (HASHIMOTO AKIHIRO)		
研究協力者	小長谷 瑞木  (KONAGAYA MIZUKI)		