

桜島火山山腹におけるGPS連続観測用電源の降灰対策

植木貞人*・太田雄策*・出町知嗣*・
井口正人**・園田忠臣**・市川信夫**

* 東北大学大学院理学研究科

** 京都大学防災研究所

要 旨

桜島火山山腹におけるGPS連続観測で最大の問題は、太陽電池への降灰により発電能力が低下し、給電不能に至ることである。対策として、フッ素コーティング剤の効果について実験を行った。その結果、適当な条件下で使用することにより、太陽電池への火山灰付着による発電能力低下の軽減に効果があることがわかった。そこで、2010年9月から観測点で実用試験を開始した。現場での試験から、フッ素コーティングは火山灰固着防止にも効果のあることが明らかになった。さらに、複数の太陽電池を使用する際には、電源系統の多重化なども重要であることが判明した。以上の対策を合わせて行うことにより、降灰に起因する欠測を減らすことができる見通しがついた。

キーワード: 桜島火山, GPS連続観測, 電源の降灰対策

1. はじめに

われわれは、桜島火山のマグマ供給システムに関する理解を深め、大規模噴火に先行するであろうマグマ供給量の変化を把握するために、2009年8月に同火山北山腹（北岳観測点）と東山腹（権現観測点）で、2010年9月に北西山腹（鹿馬野観測点）でGPS連続観測を開始し、今日まで継続している（太田ら、2010, 2011）。観測データを京都大学火山活動研究センターならびに東北大学地震・噴火予知研究観測センターでモニターするため、観測点には、GPS受信機とともにデータ伝送装置を備えている。これらの観測計器に必要な電力（12 V×0.5 A）は、すべて、各観測点に設置された太陽電池・密閉型蓄電池・充放電制御装置からなる電源システムによって供給される。計器の消費電力から計算される太陽電池の必要枚数は、日照時間に余裕をみても、50 W 程度のものの2枚である。しかし、実際には、火口に近い北岳観測点と火口の東に位置する権現観測点では、54 W の太陽電池を5枚使用しても欠測が発生した。マグマ活動を把握する上で欠測は最大の障害となる。

2009年～2011年の観測で発生した2週間以上の長

期欠測は、北岳観測点において無線LANアンテナ取付金具が火山ガスによって腐食し、アンテナの向きが大きくずれたことに起因するものを除き、すべて、太陽電池に火山灰が堆積し、発電能力が低下したことに原因がある。観測開始から半年程度の間には、長期の欠測の後に自然復旧した場合もあったが、その後は、人力で除灰作業を行わなければ観測が停止したままとなる状況になった。北岳観測点や権現観測点へは、30分から1時間程度、急斜面ややぶの中を登山する必要があり、観測点の保守作業を頻繁に行うことは容易ではない。このような状況から、観測データを継続して取得し、火山活動の変化を把握するためには、電源システムの火山灰対策が最も重要な問題である。これへの対策として、フッ素コーティング剤を用いた実験や現場での実用試験を行い、適当な条件下で一定の効果が得られる見通しがついたことから、実験内容と結果について報告する。

太陽電池の降灰対策は、2009年夏以降活発な噴火活動を続ける桜島火山（井口ら、2011）での特殊な問題の一面はあるが、マグマ噴火に際してはどの火山においても起こり得る問題である。

2. 電源システムの降灰対策

長期欠測時の太陽電池表面は、厚さ数 mm の火山灰がびっしりと均等に堆積し、ガラスに固くこびりついている状態である。火山灰の堆積による発電能力低下を軽減するためには、火山灰が太陽電池に付着しづらくするとともに、風や降水によって容易に吹き飛ばされるあるいは洗い流されるようにすることができれば、有効な対応策となる。このために利用可能と思われる市販の材料には、フッ素コーティング剤、シリコンコーティング剤、ケイ素ガラスコーティング剤、疎水性コーティング剤、酸化チタン配合コーティング剤などがある。資料を収集して比較検討を行った結果、低摩擦係数・高撥水度・高硬度の高密着性薄膜を作ることができるフッ素コーティング剤フロロサーフ FG-5020TH-0.2（フロロテクノロジー社製）がわれわれの目的には最適と判断した。本製品は透明の不燃性溶剤を用いているため、安全かつ光透過性が良い上、ガラスには下地処理なしで直接刷毛で塗ることができ、室温での乾燥時間が15分程度と取り扱いが容易である。このコーティング剤を用いて太陽電池への火山灰堆積実験を行うとともに、観測点における実用試験を行った。

2.1 コーティング剤を用いた火山灰堆積実験

実験には、観測に用いているものより小型の36 cm × 33 cm、12 W の太陽電池、これと同じ大きさのガラス板、桜島で採取した火山灰を用いた。ガラス板はコーティング剤を刷毛で2回塗りしたものと無処理のもの2種類を準備し、太陽電池の上に重ね、これに火山灰を降らせて火山灰堆積状況の違いを観察するとともに、じょうろを用いて散水することで降水による洗浄効果の違いを調べた。降灰には50目のふるいを用いた。コーティング剤の効果は、太陽電池の出力をコーティングがない無処理のガラスを用いた場合と比較することで評価した。

実験の状況を Photo 1 に、結果を Table 1 に示す。Table 1 では、コーティングがある場合とない場合のそれぞれについて、降灰堆積の有無、ガラス表面の

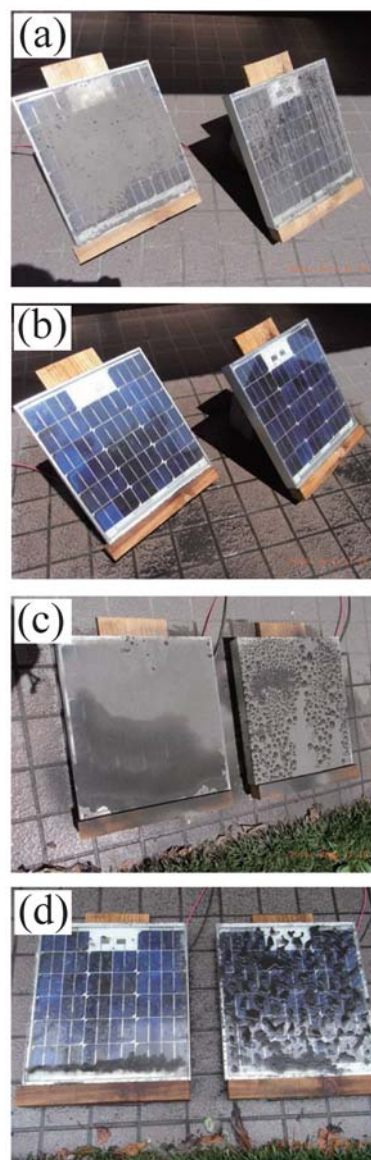


Photo 1 Experiment on the effect of fluorine coating to prevent ash fall deposits on solar cells under some different conditions. (a) Ash fall on wet cells, (b) rain fall on them in case of dip angle of 45 deg. (c), (d) The same as in (a), (b) but for the dip angle of 2 deg. In all the cases, the left and right cells are not-coated and coated ones, respectively.

Table 1 Results of ash fall experiments. Relative output voltages of solar cells under some different conditions are shown. Reference is the output of a not-coated, dry and clean cell. Numerals in parentheses denote RMS residuals.

Condition		No ash, dry and clean	Ash fall on a dry cell	Ash fall on a wet cell	Ash fall on a wet cell	Ash fall on a wet cell
Coating	dip	45d	45d	45d	30d	2d
Not-coated		1.00	0.59	0.07 (0.05)	0.04 (0.01)	0.02
Coated		1.00 (0.00)	0.35	0.56 (0.15)	0.16 (0.16)	0.01

乾燥／湿潤状態，水平面からの傾斜角の違いによる太陽電池出力の変化を示した。数値は，コーティングなしで清浄・乾燥したガラスを用いたときの出力を基準とした相対出力である。複数回測定を行った場合，平均値とともに，RMS 残差をカッコ内に示す。

コーティング剤による太陽電池出力の低下は 1 % 以下であり，無視できるほど小さい。

傾斜角が 45 度の場合，乾燥状態で降灰があると，無処理のもので出力が 60 % に低下し，コーティングしてあるものはさらにその約 60 % に低下する (Table 1)。火山灰の多くはガラス面から滑り落ちるが，残ったものの付着状況を見ると，コーティングしてあるものの方が，無処理のものよりも不均質に分布し，部分によってはやや厚くなっている。これは，コーティング剤を塗布することによってガラス表面の凹凸が増大し，摩擦が大きくなったために火山灰が滑り落ちづらくなったことによると考えられる。他方，表面が濡れているときには (Photo 1a)，コーティングされている方の出力低下率が約 50 % であるのに対して，無処理のものはその 1/8 と大きな出力低下を示す (Table 1)。ガラスに火山灰が付着した状態で最大 78 時間放置した後，じょうろで散水すると，コーティングの有無にかかわらず，火山灰は洗い流され (Photo 1b)，太陽電池の出力はほぼ 100 % 回復した。

傾斜角が水平に近い 2 度の場合には，コーティングしたものでは，散水後大粒の水玉が表面に残り，降灰があると火山灰はガラスの表面とともに水玉にも付着して堆積する。コーティングがない場合には，当然ながら，全面に均等に堆積する (Photo 1c)。このときの太陽電池の出力は，清浄な場合の 1~2 % まで低下する (Table 1)。この状態で散水すると，コーティングがない方の灰はほとんどが洗い流され，ガラスの表面に薄く残る程度であるが，コーティングされた方では，灰混じりの大粒の水玉が多数残った (Photo 1d)。これらの水玉は，発電能力を低下させるだけでなく，日射に対してレンズとして作用し，太陽電池を損傷する危険性がある。

傾斜角が 30 度の場合には，傾斜角 2 度と 45 度の中間の結果が得られた。しかし，発電性能は 45 度の場合の 30 % 程度と低い。

以上の実験結果から，フッ素コーティング剤を塗布した太陽電池を 45 度程度の比較的急角度で用いることで，湿潤時の火山灰堆積を軽減し，発電能力の低下を大幅に抑えることができると考えられる。

今回の実験では，桜島の観測点で見られた火山灰のこびりつきは再現することができなかった。こびりつきは，湿潤状態で火山灰の堆積を何度も繰り返すことによって生じるものと思われる。

2.2 追加対策—逆流防止と電源系統多重化

前節の実験によってフッ素コーティング剤の塗布が太陽電池の降灰対策として効果があると考えられたため，2010年9月から北岳と権現の 2 観測点で実用試験を開始した。

Photo 2 に権現観測点における太陽電池設置状況を示す。手前にある 2 枚の太陽電池がフロロサーフでコーティングされたもので，設置から約 3 ヶ月後の状況を示す。奥にある未処理のものに比較して火山灰堆積量が少ない。また，積もった灰を掃除する際に，未処理のものは灰がこびりついて容易に取り除けなかったのに対して，コーティング処理したものでは灰がこびりつくことなく，簡単に取り除くことができた。このように，観測点における実用試験の結果，フッ素コーティング処理により火山灰の堆積を完全に防ぐことはできないものの，固着を抑え，堆積量を減らす上で効果があることが実証された。しかしながら，この間も停電による欠測が発生し，観測を回復させるために現地へおもむく必要が生じた。その原因を調べた結果，複数の太陽電池を使用する際の取り扱いに不具合のあったことが判明した。

われわれは必要な電力を得るために，GPS受信機とデータ伝送装置のそれぞれについて，2枚~5枚の複数の太陽電池を使用している。複数の太陽電池を並列にして使用する場合には，故障や日影のために発電性能が低下した電池へ逆電流が流れるのを防ぐため，逆流防止ダイオードを入れる必要がある。北岳観測点でも権現観測点においても，太陽電池には火山礫が衝突してできたと思われる割れ目が多数存在し，特定のパネルの性能が低下することは十分に起こり得ることである。本来，逆流防止ダイオードはパネル毎に入れることが望ましいが，われわれは，簡単のために，2~3枚のパネルを並列に接続して一つのグループとし，各グループにつき 1本のダイオードを介して，2~3のグループを 1台の充放電制御装置に並列接続する方法を採用していた。調査



Photo 2 Solar cells employed at Gongen station. Front two panels are coated and others are not-coated. Ash fall deposit on coated panels is thinner than that on others.

の結果、逆流防止ダイオードとして採用した1N5400が、容量不足のためか、使用開始から数ヶ月で故障したのが不具合の原因であることが判明した。

そこで、2012年2月からは、太陽電池の各グループ毎に1組の充放電制御装置・蓄電池を接続して独立な電源システムとし、GPS受信機あるいはデータ伝送装置には複数の電源システムから給電する方式に改めた。電源システムを多重化した後は、欠測が生じても自然復旧し、長期のデータ欠落は生じていない。

3. まとめ

桜島火山山腹におけるGPS連続観測で最大の問題となっている降下火山灰による太陽電池発電能力低下に関する対策のために、フッ素コーティング剤を用いて火山灰の堆積を軽減するための実験を行った。その結果、太陽電池を45度程度傾斜させて使用した場合、フッ素コーティング剤の使用によって、表面が濡れているときの火山灰付着による出力低下を大幅に軽減することができることが明らかになった。野外での実用試験から、フッ素コーティング剤の塗布は、太陽電池表面への火山灰の固着を防止する効

果もあることが判明した。さらに、実際の観測では複数の太陽電池を同時に使用することから、性能が低下した太陽電池が他に悪影響を及ぼさないための対策も重要である。これらの対策を合わせて行うことで、降灰に強い電源を得ることができ、欠測の少ない連続観測を実現することができると考えられる。

参考文献

- 井口正人・太田雄策・植木貞人・為栗 健・園田忠臣・高山鐵朗・市川信夫(2011)：2010年桜島火山活動を考える,京大防災研年報,第54号B,171-183.
- 太田雄策・植木貞人・井口正人(2010)：桜島火山山腹におけるGPS連続観測点の増設(2009年度),桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究(課題番号1809)2009年,pp.55-58.
- 太田雄策・植木貞人・出町知嗣・井口正人(2011)：桜島火山におけるGPS連続観測および予備的な解析結果(2010年度),桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究(課題番号1809)2010年,pp.43-47.

Measures to Protect Power Supplies from Ash Fall for Continuous GPS Observation at the Flank of Sakurajima Volcano

Sadato UEKI*, Yusaku OHTA*, Tomotsugu DEMACHI*, Masato IGUCHI**, Tadaomi SONODA**, Nobuo ICHIKAWA**

* Graduate School of Science, Tohoku University

** Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Synopsis

Effective measures to protect a power supply from ash fall are important problems to execute continuous GPS observations on the flank of Sakurajima volcano, where we have much ash fall because of its high activity. We carried out an experiment to examine the effectiveness of a kind of coating material of fluorine to protect solar cells from ash fall deposit. The results of the experiment show it is effective under some conditions to prevent dense deposit. We tried to use the coating material at the field. The field experiment shows that coating is also effective to prevent ash deposits from being solidified on solar cells. The experiences at the field teach us that proper measures to prevent inverse current which consumes the power of healthy cells are also important when multiple solar cells are jointly used. When these measures against ash fall and inverse current are combined, we can execute continuous observations without power loss.

Keywords: Sakurajima volcano, GPS continuous observation, protection of power supply from ash fall