

太陽光発電システムの消防活動時の危険性に関する検証 (その3)

栗原 豪*, 中西 智宏*, 相河 好江*, 石井 剛**, 加藤 達仁*

田中 守人***, 渡邊 茂男****, 町井 雄一郎*

概 要

平成24年度に、住宅用太陽光発電システムが設置された建物火災を対象として、太陽光発電システムの消防活動時における危険性の把握及び危険回避方策について検証を実施した。その結果、複数枚の太陽電池モジュールの集合体（以下「アレイ」という）及び1枚の太陽電池モジュール（以下「パネル」という）に関して、危険性を生じさせる基本的な特性等を把握することができた¹⁾。

本検証では、津波等で変形、浸水した太陽光発電システムにおける、発電機能が残存と思われるパネルからの出火危険等を検証したところ、破壊された太陽光パネルでも発電を継続し、出火危険があることがわかった。

1 はじめに

平成23年3月11日に発生した東日本大震災では、太陽光発電システムのパワーコンディショナーが津波により浸水し、配線に付着した塩分等により絶縁が劣化し、火災に至る事例等が報告されている²⁾。このことから本検証では、太陽光発電システムのパネルが津波等で変形、浸水した場合の出火危険を検証することを目的とした。

2 検証期間

(1) パネルの正極及び負極端子の接触に伴う短絡状況の観察

平成25年2月22日（金）13時00分から14時00分
天気：晴、平均気温：5.5℃、湿度：42%（東京）

(2) (1)以外の実験

平成25年8月28日（水）10時00分から17時00分
天気：晴、平均気温：27.8℃、湿度：57%（東京）

3 検証場所

東京消防庁消防技術安全所

4 検証に使用したパネル

検証に使用したパネルの緒元・性能を表1に、またパネルの表面及び裏面の外観を写真1及び写真2に示す。

表1 パネルの緒元・性能

名称等	公称値等	
種類	多結晶シリコン型	
外形寸法(mm)	1165(幅)×990(奥行) ×46(厚さ)	
公称値	質量(kg)	14.50
	最大出力(W)	170.00
	開放電圧(V)	26.02
	短絡電流(A)	8.60
	最大出力動作電圧(V)	21.36
	最大出力動作電流(A)	7.96

* 装備安全課 ** 成城消防署 *** 西新井消防署 **** 小平消防署

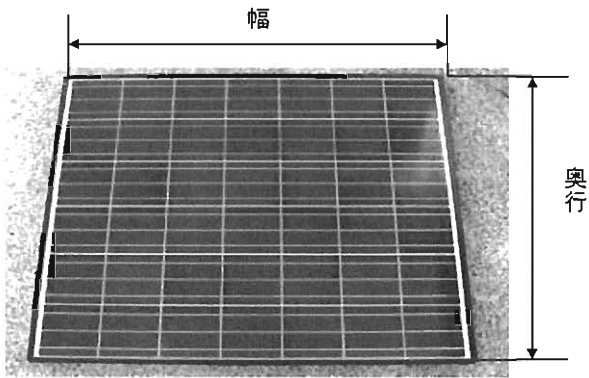


写真1 パネルの外観（表面）

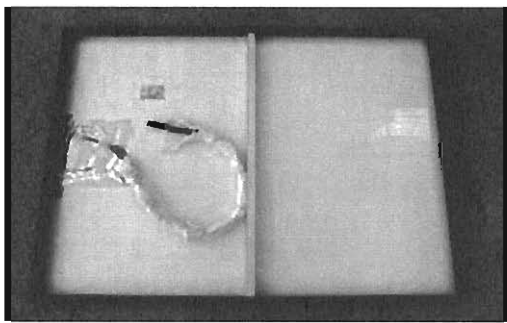


写真2 パネルの外観（裏面）

5 測定機器等

実験に使用した測定機器を表2に示す。

表2 測定機器等

測定項目	機器名称等	緒元等
日射量	佐藤商事株式会社製 LA-1017	分解能：1W/m ² 測定範囲： 0～1999W/m ²
電圧	三和電器計器製 Digital multimeter RD701	分解能：0.1mV 測定範囲： 400mV～1000V
電流	YEW 製電流電圧計	測定範囲： 電流 0～30A 電圧 0～1000V
温度	NEC AVIO 赤外線テクノロジー(株)製 H2640	測定範囲： -40℃～2000℃ 精度：±2℃

6 検証

津波等でパネルが変形及び浸水した場合を想定し、パネルを20cm×20cm角に折りたたんだ試験体（以下「破壊パネル」という）を用いた電圧測定、破壊パネルを海水（大田区京浜島一丁目1番4号、京浜運河にて採取）及び水道水（検証場所にて採取）に浸した場合の電圧及び電流測定等を実施した。また非破壊パネルの配線を海水及び水道水に浸した場合の可燃性ガスの測定を実施した。

7 実験方法

(1) 破壊パネルの製作

津波によって破壊されたパネルを模擬的に製作するため、消防隊が所有する破壊器具のひとつである万能斧を用いてパネルを写真3のように破壊し、更に図1に示す手順により写真4のようにパネルに変形を加え、破壊パネルを製作した。

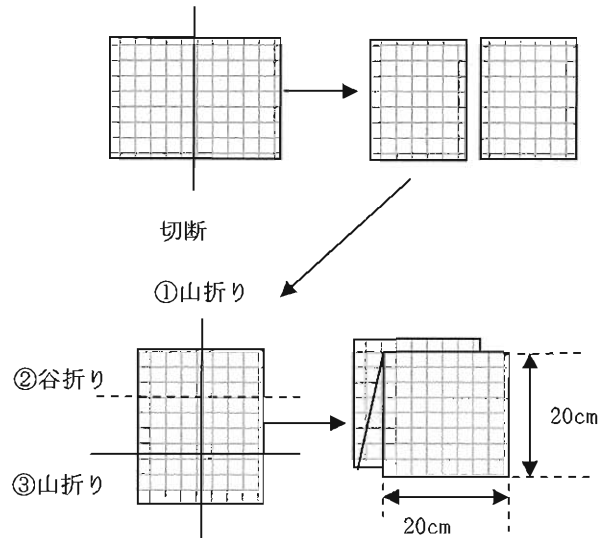


図1 破壊パネルの製作手順



写真3 破壊途中のパネル

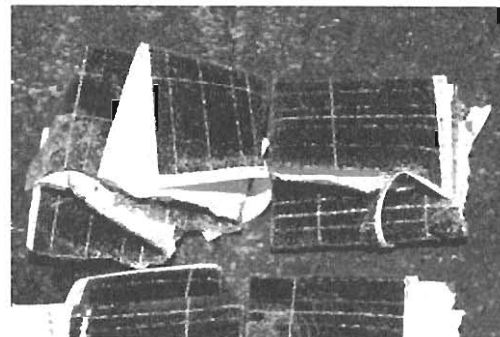


写真4 破壊パネル

(2) 破壊パネルの電圧測定

破壊パネルの発電の有無を確認するため、破壊パネル

から露出しているアルミニウム製電極の正極及び負極間の開放電圧測定を実施した。(写真5参照)



写真5 太陽光パネルの開放電圧測定 (乾燥状態)

(3) 破壊パネルの発熱測定

津波により流され、放置された状態における破壊パネルの発熱の有無を確認するため、破壊パネルを海水に浸して引き揚げた状態、水道水に浸して引き揚げた状態及び乾燥した状態において直射日光中に5時間放置してパネル表面の温度測定を実施した。(写真6, 写真7参照)

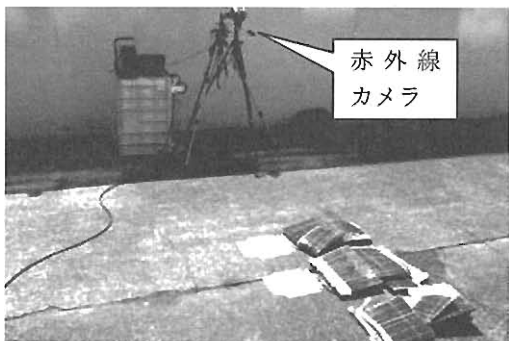


写真6 発熱測定

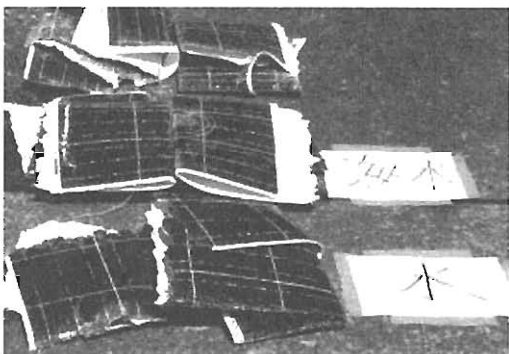


写真7 放置した破壊パネル

(4) 非破壊パネルの水没に伴うガス発生量測定

パネルが津波により変形することなく海水に流出した場合を想定し、非破壊パネルの出力ケーブルの端子を海水及び水道水にそれぞれ浸し、回路を形成した。この時、

出力ケーブルの負極側に気体が発生したことから、水上置換法により気体の発生量を測定した。(図2, 写真8から写真11参照)

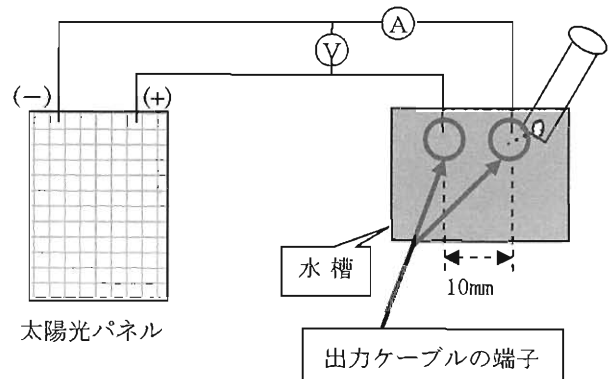


図2 実験設定図

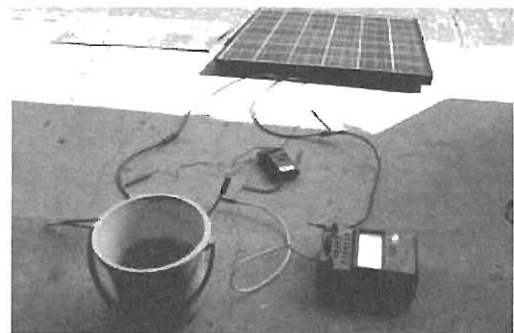


写真8 実験設定 (全体)



写真9 実験設定 (配線部)

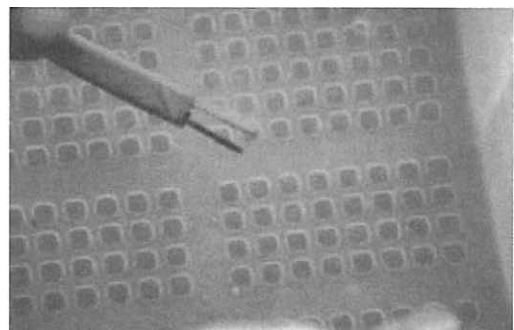


写真10 ガス発生状況 (出力ケーブルの端子を浸した状況)

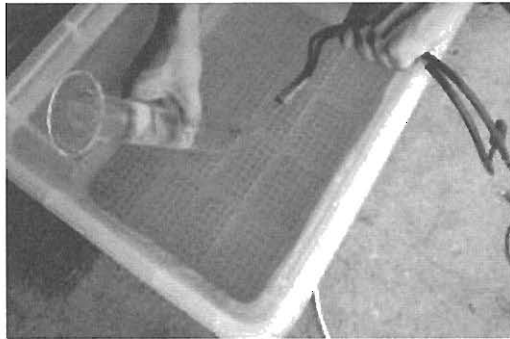


写真 11 水上置換法による採取

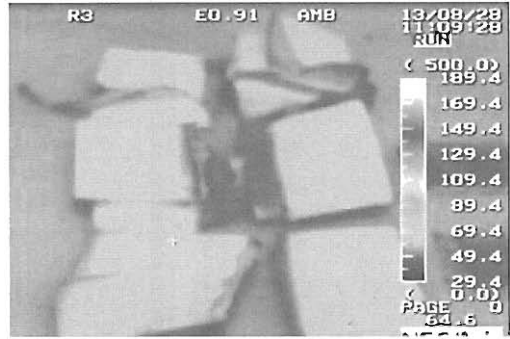


写真 12 実験前のパネルの表面温度

(5) 非破壊パネルの出力端子短絡に伴う電圧、電流測定及びスパークの発生状況の観察

発電中の非破壊パネルの正極及び負極端子を同時に同じ鋼管に接触させ、短絡させた場合の電圧、電流及びスパークの発生状況を観察した。

7 結果及び考察

(1) 破壊パネルの電圧測定

破壊パネルから露出しているアルミニウム製電極間の電圧を測定した。その結果、電極の開放電圧は最大で約 1V を示し、太陽光パネルを 20cm×20cm 角に破壊した後でも電池としての性能は維持しており、僅かではあるが発電を継続していることが確認できた。(表 3 参照)なお、本検証は津波によって破壊されたパネルを模擬的に製作するため切断箇所及び測定箇所にあつては随意としたことから、切断箇所及び測定箇所を変更した場合は、数値が異なる可能性がある。

表 3 破壊パネルにおける開放電圧

	日射強度 (W/m ²)	開放電圧 (V)
破壊パネル	694	1.004

※ 非破壊パネルの公称開放電圧は 26.02V

(2) 破壊パネルの発熱測定

海水に浸して引き上げた破壊パネル、水道水に浸して引き上げた破壊パネル及び乾燥した状態の破壊パネルの 3 種類のパネルに対して、実験開始前と 5 時間放置後の表面温度を赤外線カメラで測定した。結果を写真 12 及び写真 13 に示す。パネル表面温度は、太陽熱の増減に伴って推移し、破壊に伴う著しいパネル表面の温度上昇は確認できなかった。今回の実験では、どのパネルにおいてもパネル本体が著しい発熱をすることはなかった。



写真 13 5時間経過後のパネルの表面温度

(3) 非破壊パネルの水没に伴うガス発生量測定実験結果を表 4 に示す。

表 4 非破壊パネルの水道水及び海水中における電圧、電流及びガス発生量

	電極間距離 (mm)	日射強度 (W/m ²)	電圧 (V)	電流 (A)	ガス発生量 (mL/min)
水道水	10	694	23	3×10^{-2}	0.2
海水			22	1.5	4.0

図 2 に示す回路を流れる電流は、海水の方が水道水よりも 50 倍も多い結果が得られた。なお、水道水であっても電極間距離が 10mm の場合には 30mA の電流が流れることがわかった。

また気体発生量は海水の方が水道水よりも 20 倍多く発生した。水中であることから、電解質が多量に混入しており、主に H⁺及び Na⁺等の陽イオン、Cl⁻及び OH⁻等の陰イオンが存在している。陽極である配線に Cu が使用されていること、イオン化傾向及び電気陰性度を鑑みると、本気体は海水の水が電気分解されることによって負極に発生する水素が主であると推測できる。

(4) パネルの出力端子短絡に伴う電圧、電流測定及びスパークの発生状況の観察

発電中の非破壊パネルの正極及び負極端子を同時に同じ鋼管に接触させ、電圧、電流及びスパークの発生状況を観察した。スパークの様子を写真 14 及び 15 に示す。またスパーク発生時の電流と電圧を測定すると、電圧は 24.4V、電流は 7.9A であった。(表 5 参照)

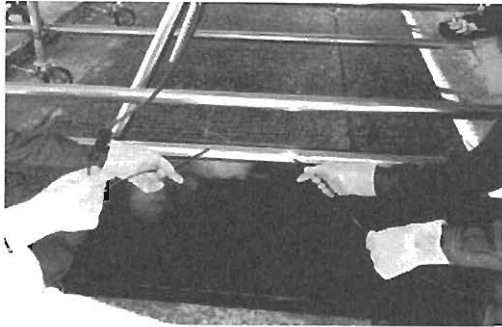


写真 14 スパークの様子

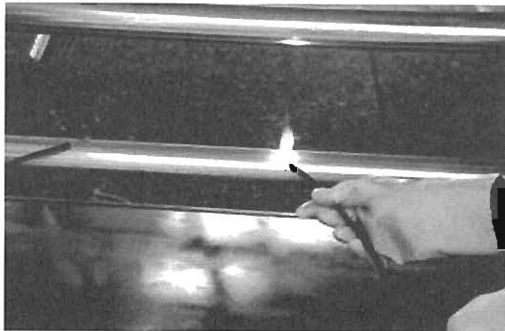


写真 15 スパークの拡大図

表 5 パネル短絡時の電圧及び電流

	電圧 (V)	電流 (A)
パネル	24.4	7.9

表 6 最小着火エネルギー³⁾

可燃性ガス	最小着火エネルギー (mJ)
水素	0.02
二硫化炭素	0.015
メタン	0.33
エタン	0.42
プロパン	0.30
ヘキサン	0.95
エチレン	0.96
メタノール	0.21
ベンゼン	0.76
アセチレン	0.03

表 6 に代表的な可燃性ガスの最小着火エネルギーを示す。水素の最小着火エネルギーは 0.02mJ であり十分に小さいことから、パネルの配線の接触によりスパークが生じると水素等の可燃性ガスがそこに存在すれば燃焼し、火災に発展する可能性がある。

8 まとめ

- (1) 万能斧によって 20cm×20cm に破壊された太陽光パネルでも、僅かではあるが発電を継続することがわかった。
- (2) 海水に浸して引き上げた破壊パネル、水道水に浸して引き上げた破壊パネル及び乾燥した状態の破壊パネルを 5 時間放置した結果、3 種類のパネルともパネル表面の温度上昇は確認できなかった。
- (3) 水中でパネルが発電すると、電気分解により水素を発生する可能性がある。
- (4) パネルの配線の接触により生じる激しいスパークは、水素等の可燃性ガスを燃焼させるエネルギーを持つ。

9 おわりに

太陽光発電システムは再生可能エネルギーのひとつとして今後も増加が見込まれている。震災等の災害が発生した場合には、どのように破壊されたパネルの発電を停止させ、火災の発生危険を減少させるのが、今後の課題である。

【参考文献】

- 1) 「太陽光発電システムの消防活動時の危険性に関する検証 (その 1)」 「太陽光発電システムの消防活動時の危険性に関する検証 (その 2)」 石井他 平成 25 年消防技術安全所報 50 号 p. 36-53 消防技術安全所
- 2) 田村裕之ほか：太陽光発電システムを設置した住宅の火災と消防活動の問題点、第 16 回消防防災研究講演会資料 平成 25 年 2 月
- 3) 火災と消火の理論と応用 p. 3 平成 17 年 4 月 6 日社団法人日本火災学会監修

Part three of a study involving the risks solar power generation systems pose to firefighting

Go KURIHARA*, Tomohiro NAKANISHI*, Yoshie AIKAWA*,
Tsuyoshi ISHII**, Tatsuhito KATOU*, Morito TANAKA***,
Shigeo WATANABE****, Yuuichirou MACHII*

Abstract

In 2012 fiscal year, the aim of this study was a grasp of the risk and risk avoidance measures during the firefighting to building fire with solar power generation systems. As a result, we understood basic characteristic to cause the risk in relation to multiple solar cells and a piece of solar cell module.

In this study, we recognized that panels with remaining power generation function by deformed and/or inundated solar power generation systems caused by tsunami take the risk of outbreak of fire, and we realized that destroyed solar cell panels continue power generation, and they cause outbreak of fire.

*Equipment Safety Section **Seijyo Fire Station ***Nishiarai Fire Station

****Kodaira Fire Station