

事 務 連 絡

平成25年3月26日

各都道府県消防防災主管課 御中

消防庁消防・救急課
消防庁消防研究センター

太陽光発電システムを設置した一般住宅の火災における消防活動上の留意点等について

東日本大震災における原子力発電所事故を契機に再生可能エネルギーが改めて注目されており、特に太陽光発電システムについては、一般住宅において急速に普及が進んでいる状況にあります。

一方で、太陽光発電システムの燃焼性状や消火方法、また、太陽光発電システムを設置した一般住宅における消防活動上の危険性やその対応方法等については、その事例や情報が少ないことから、今後の検討等が必要とされるところです。

現在、経済産業省等による電氣的な安全に関する検討や、消防研究センターでの防火・活動安全に関する研究が進められているところであり、今後、これらの結果等について必要な情報を提供していきたいと考えておりますが、まずもって、第16回消防防災研究講演会において消防研究センターから太陽光発電システムに関する講演を実施していることから、本講演における資料を今後の消防活動上の資料として情報提供します。

なお、本資料にも記載されていますが、太陽光発電システムが設置されている一般住宅の消防活動にあっては、別紙事項に十分留意していただきますようお願いいたします。

各都道府県消防防災主管課におかれましては、貴都道府県内の市町村（消防の事務を処理する一部事務組合等を含む。）に対して、この旨周知されるようお願いいたします。

消防庁消防・救急課

警防係 今井係長、橋本事務官

TEL 03-5253-7522

FAX 03-5253-7532

E-mail keibou@m1.soumu.go.jp

消防庁消防研究センター

技術研究部 田村裕之、塚目孝裕

TEL 0422-44-8331

FAX 0422-42-7719

E-mail tamura@fri.go.jp

tsukame@fri.go.jp

太陽光発電システムの設置された一般住宅における消防活動上の留意点

1 感電及び出火の危険性

(1) 危険性について

- ・太陽光発電システムは、太陽電池により光エネルギーを電気エネルギーに変換しているため外部から発電を遮断できないことから、火災の初期から残火確認等に至るまで、感電事故の可能性はある。
- ・棒状での放水は、水を伝わって感電する可能性がある。
- ・太陽光発電システムの配線が切断されて建物に触れている場合、建物の断熱材や金属の柱、梁を伝い感電する可能性がある。
- ・夜間であっても、炎の光等によって発電が継続しており、感電の可能性はある。
- ・見た目の破壊が進んでいる太陽電池モジュールにあっても光が当たると発電するため、感電の可能性はある。
- ・感電により致命的な症状を被らなくても、屋根上での作業では、感電の衝撃によって消防隊員が落下する可能性がある。
- ・取り外した太陽電池モジュールは光を受けると発電するため、感電や発火の可能性はある。

(2) 消防活動時における対策について

- ・棒状での放水は、水を伝わって感電する可能性があるため、粒状で建物に水がかかるよう、放水の距離や筒先の調節（噴霧状等）を行うようにする。
- ・太陽光発電システムの配線が切断されて建物に触れている場合は、消火活動により水が浸みこんだ手袋で安易に建物に触れないようにする。建物内部で活動する場合は、絶縁性の高い手袋（高電圧用ゴム手袋等）を活用するようにする。
- ・残火確認等のとき、太陽光発電システムの太陽電池モジュールを握った手から感電することがあることから、見た目の破壊が進んでいるものも含め、安易に触れたり、破壊したりしないようにする。
- ・取り外した太陽電池モジュールは感電や発火を防ぐために、太陽電池モジュール表面を遮光するか裏返しに置くようにする。

2 落下の危険性

(1) 危険性について

- ・太陽光発電システムが設置されている一般住宅から火災が発生した場合、梁や柱、屋根等が火災の影響で炭化してもろくなっていると、太陽電池モジュールが自重で落下する可能性がある。
- ・高い熱を受けた太陽電池モジュールのガラスは、強化ガラスからフロートガラス（板硝子）に変化している場合があるため、割れた時の破片が細かくならず、20cm前後の大きな破片となる。そのため、残火確認、原因調査、検索等の作業中に大きなガラスの破片が落下してくる可能性がある。

(2) 消防活動時における対策について

- ・太陽電池モジュールの落下に留意するとともに、できるだけ屋根上から太陽電池モジュール等を除去しておく。

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

消防研究センター 田村裕之、阿部伸之、松島早苗、
塚目孝裕、高梨健一、尾川義雄、河関大祐

1. はじめに

東日本大震災における原子力発電所事故を契機に再生可能エネルギーが改めて注目されている。特に太陽光発電システムは、従来の一般住宅用だけでなくメガソーラー発電所も建設され、その需要は急速に高まっている。一方で、太陽光発電システムが火災に見舞われたことを想定した時、その燃焼性状、消火方法、消防活動上の危険性について知見がなく、さらに消防隊員が消防活動中に感電する事例があり、また、東日本大震災においては火災も生じており、太陽光発電システムの社会への普及の速度に見合った対応がなされていないのが現状である。太陽光発電システムの出火の可能性の調査、消防活動における感電等の危険性に関する調査を行い、それらに対する対策を検討する必要がある。

ここでは、太陽光発電システムの概要、火災および消防活動事例、火災実験などを紹介し、現状での対策について報告する。

2. 太陽光発電システムの概要

一般的な住宅用の太陽光発電システムについて紹介する。システム構成の概略図を図1に示す。太陽電池、接続箱、パワーコンディショナ、漏電遮断器、売電積算電力計、買電積算電力計などからなる^{1) 2)}。主な働きは次のとおり。

(1) 太陽電池 太陽からの光エネルギーを電気エネルギーに変換する装置である。電池材料には、結晶シリコン、薄膜シリコン、化合物半導体などがある。結晶シリコン系の太陽電池モジュールの断面構造を図2に示す。太陽光の当たる表面は強化ガラス、太陽電池セルを固定する

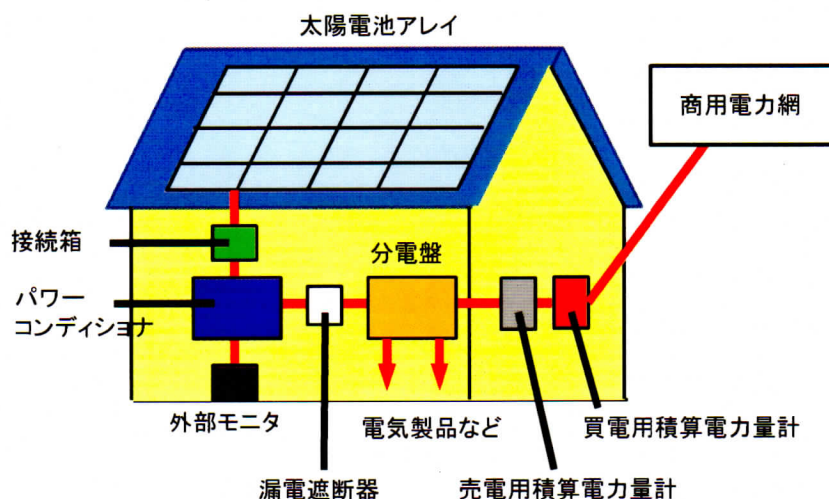


図1 太陽光発電システムの概要

樹脂製の封止材、裏面保護用の耐候性のあるバックシートで構成されている。太陽電池を小さい単位から表現すると、セル、クラスタ、モジュール、ストリング、アレイとなる（図 2 参照）。モジュールが一般的なパネル 1 枚に相当し、モジュールをいくつかひとまとめでしたものをストリングと呼び、ストリングが数個集まってアレイを形成する。アレイが住宅一軒分の太陽電池全体である。モジュールの中はいくつかのクラスタに分かれていて、不具合のあるセルの異常が大きくなるようにするためのバイパスダイオードがクラスタ毎に組み込まれている。

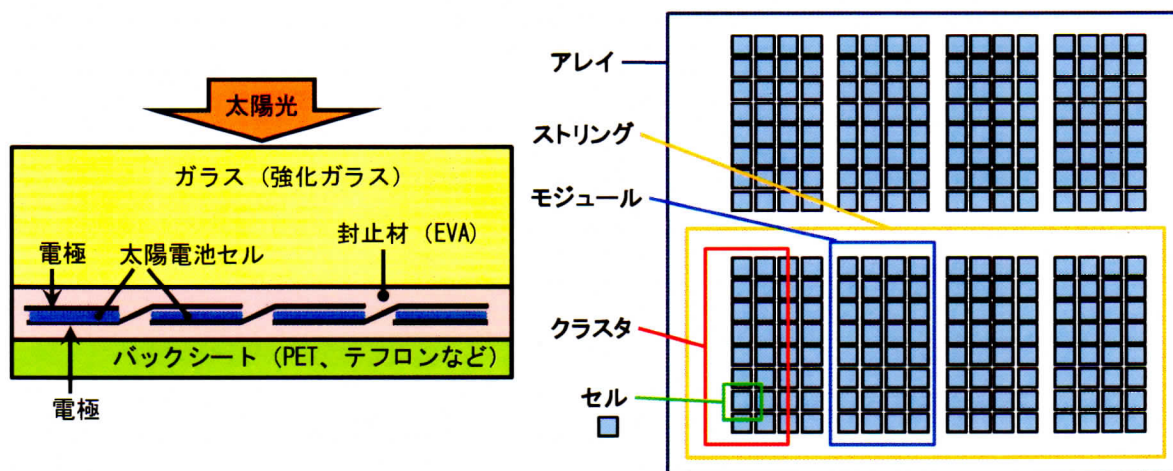


図 2 結晶シリコン系太陽電池の断面構造(左図)と一般的な構成(右図)

- (2) 接続箱 並列に構成された複数のストリングの出力を合成しアレイの出力としてパワーコンディショナへ送り出す、接続端子を持った箱である。電流の逆流を防止するブロッキングダイオード、電路を遮断する開閉器、雷対策としての避雷器が内蔵されている。
 - (3) パワーコンディショナ 太陽電池からの直流電力を最大限に引き出せるように制御するとともに、接続箱より供給されてくる直流電力を交流電力に変換し、住宅内コンセントへの供給や売電を行う。商用電力網に悪影響を及ぼさないような連係保護装置を内蔵している。
 - (4) 分電盤 電力をコンセントなどの電気機器に分配する。太陽光発電システム専用のブレーカを持つ。
 - (5) 漏電遮断器 電力系統から漏電があった場合に電力を遮断する。
 - (6) 売電積算電力量計 電力会社へ売った電力の積算を行う。
 - (7) 買電積算電力量計 電力会社から購入した電力の積算を行う。逆電防止機能が付く。
- これらのほかに、外部モニタ、蓄電池、日射計などが付加される場合がある。

3. 火災および感電のあった消防活動事例

東日本大震災で発生した火災の中で、太陽光発電システムに焼損被害のあったものは、3 件を把握している。この 3 件は、津波の被害を受けた地区で発生している。また、震災とは関係ないが、消火活動をしているときに消防隊員が感電した事案があった。

3.1. 東日本大震災での火災事例

(1) 3 階建て住宅の 1 階車庫内に設置された太陽光発電システムのパワーコンディショナが津波により浸水し、パワーコンディショナ内部の配線から出火した。津波被害を受けた翌日の午前中に焼損を発見した。発見時は日射のある天気で、発電による電力で発火したものである。住民

は避難所にいたため無人であった。発見時、パワーコンディショナ内はまだ湿っていた。駆け付けた消防隊員が粉末消火器で消火した。被害はパワーコンディショナ内部だけである。

(2) 2階建て住宅に設置された太陽光発電システムのパワーコンディショナが津波により浸水し、配線に付着した塩分などの影響で絶縁が劣化し、微小電流が流れ続けることで発熱が起り、約2ヶ月後に出火したと思われる。住民は避難所にいて無人であった。火災を発見したのは近くにいた作業員である。消火活動はなかった。被害は金属筐体でできたパワーコンディショナ内部だけで、配線被覆部分が焼損した。

(3) 建物1階外壁に設置された太陽光発電システムのパワーコンディショナ（接続箱機能も内蔵）と思われる機器が津波で浸水した。屋根上の太陽電池からの電力入力配線に力がかかり機器筐体から配線が脱落したことにより短絡し、配線被覆が焼損したと考えられる。被害は筐体付近の配線のみである。焼損が発見されたのは津波被害から約2週間後であった。

これらの火災はすべて津波の被害を受けた住宅において発生している。配線が脱落したものを除き、海水の塩分等が端子部分に付着することで、端子の腐食、端子台等の絶縁劣化等が起こったのではないと思われる。内陸の火災には消防本部が把握した太陽光発電システムに関係した火災はなかった。

3.2. 感電のあった消火活動事案

3.2.1. 断熱材で感電した事案

屋根一体型の太陽光発電システムを設置した2階建て住宅が火災となった。出火原因は太陽電池モジュールの配線部分からと疑われる。消火により火災が収まり2階屋根裏の残火確認を行おうとした際に隊員が感電した。住宅の壁や屋根には断熱材が使われており、火災の影響により、断熱材がむき出しの状態となっていた。2階の屋根裏を確認するため、吹き抜けの玄関に梯子をかけ、隊員が2階上部に上った。この際、隊員は一般的な消火活動で身につける個人装備を着装していた。梯子に乗った隊員が、片手を梯子に、もう一方の手で断熱材に触れた時、手に電撃を感じた。幸い梯子から転落するなどの被害はなかった。

3.2.2. 小屋裏での活動中に感電した事案

屋根一体型の太陽光発電システムを設置した2階建て住宅が火災となった。出火原因は太陽光発電システムとは無関係と思われる。発見時、太陽電池モジュールのある屋根の隙間から煙が登っていることが確認できモジュールに焼けはなかった。消火活動を行った後、消防隊員は、屋根上でのモジュールの引きはがし作業や2階小屋裏内でモジュールを外に押しはがす作業をしていた。隊員は一般的な消火活動で身につける個人装備を着装していた。屋根上での引きはがし作業中、とび口等の破壊器具をモジュールの間に差し込み、てこの原理でモジュールを浮かし、手で引きはがそうとしたときにびりびりと手に感じた。また、小屋裏での押しはがし作業中、片手を建物の金属柱に置き、もう一方の手でモジュールの裏面を押したときに、バーンという電撃を感じた。幸い屋根から転落するなどの被害はなかった。

3.2.3. 隊員装備品の抵抗測定

どちらの事案も隊員はヘルメット、手袋、防火衣、長靴などの個人装備を着装していた。感電している状況としては、消火活動後の濡れた現場で、濡れた手袋（ケブラー製）を着け残火の確認をしているときである。濡れた現場では、断熱材や壁なども導電性が高くなるため、どこかで太陽光発電システムの配線が脱落などで建物部材に触れていると、建物部材を通して電流が流れ

てくる可能性が高まる。その部分に濡れた手袋で触れたため感電したと思われる。

消防隊員が使用していた手袋（ケブラー製）を水道水で濡らして、手袋の内側から外側への抵抗を絶縁抵抗計（250 V）で測定すると1 k Ω 以下であった（図3参照）。太陽光発電システムが100 Vを発電していたとすると1 k Ω の抵抗を流れる電流は0.1 Aとなり、人体にとっては痙攣が起こる電流値となり、屋根や梯子からの落下につながる危険がある。

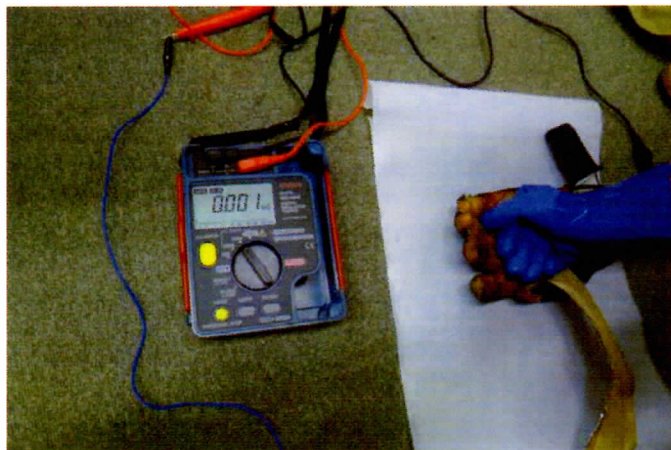


図3 濡れたケブラー製手袋の抵抗値測定（絶縁抵抗計 500 V）

4. 消防研究センターにおける火災実験

太陽光発電システムが設置された住宅が火災になった際、システムがどのように振る舞うかを把握するために、次のような実験を行った。

4.1. 火災からの放射による発電

火災時に生じる火炎から放射する光を受けたモジュールが、太陽光を模擬した照明灯の有無によって、どのような発電特性を示すかを実験室レベルで確認する。

地面に対して長手方向を垂直に立てたモジュール（図4参照）に正対した鉄製の円形火皿（内法として直径454 mm、高さ100 mm、厚さ3 mm）にn-ヘプタン1ℓ及び水5ℓを入れ着火した。モジュールと火皿の中心との離隔距離は1 mである（図5参照）。用意した火皿の大きさ及び燃料の量については、実火災を想定した想定火源を考える必要があるが、本研究では試験室において周囲環境を熱により損傷させないという制限を考慮の上選択した。太陽光と同じスペクトル分布を持つ人工太陽照明灯（ランプ容量500 W、セリック株式会社、SOLAX XC-500E）を6台使い、それぞれの光軸がモジュール中央に向くように目視により調整した。

図4に示した丸囲みの数字はモジュールの表面温度の経時変化を、丸囲みの英字はアルミニウム製枠の表面温度の経時変化を計測するためのK型熱電対（直径0.32 mm）の設置位置である。サンプリング時間1秒である。熱電対を設置したことによるモジュールの出力電圧の低下は1～2%である。

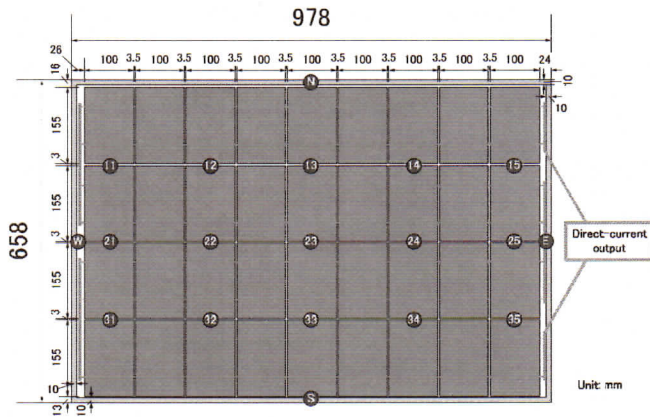


図4 実験で使用した太陽電池モジュール
(丸囲みの英数字は熱電対設置位置を示す)

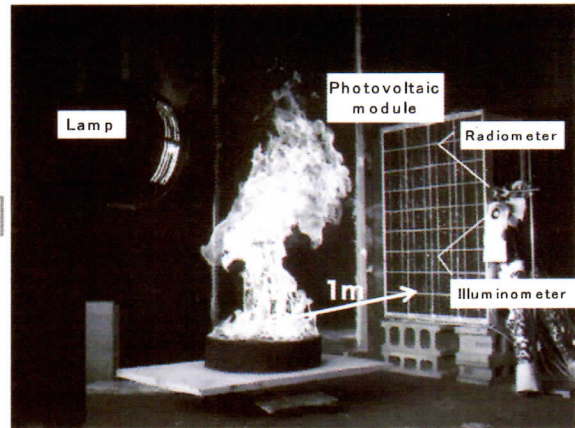


図5 モジュール及び機器類の設置状況

モジュールの脇に、放射計（株式会社チノー、RE-III 型）と照度計（コニカミノルタセンシング株式会社、T-10）を設置した。放射計はモジュールへの放射受熱量の経時変化を、照度計は人間が感覚的に感じる光の明るさの目安として照度の経時変化を、それぞれサンプリング時間1秒で取得した（図5参照）。モジュールの出力端子には負荷抵抗として5Ωの抵抗器を接続し、通常の使用状態に近づけた。

照明灯の光の有無及びヘプタン火炎の光の有無の組み合わせとして、実験条件は4通りである。照明灯の光のみの場合のモジュール中央における平均照度（5回計測した平均）は、19300 lxであった。

実験中のモジュール表面の最高温度は、91℃であった。外観上、特に損傷はなかった。また、アルミニウム製のモジュール枠の最高温度は53℃であった。モジュール表面温度よりもモジュール枠温度の方が約40℃低く、モジュールを加熱した時にモジュール枠が放熱に寄与すると考える。

図6にモジュールの出力電圧とその時の照度の関係を示す。ここで、出力電圧と照度の瞬時値は同期が取れていないため、それぞれのデータに10秒の移動平均を施してある。

照明灯をつけない場合は、電圧の出力はない。

ヘプタン火炎があるとその照度に従って、図6の2000 lx以下の測定点群のように、線形的に

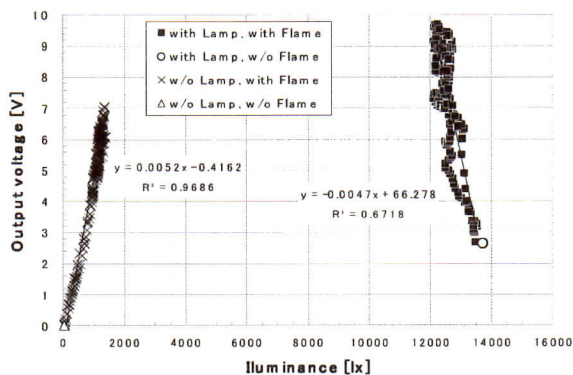


図6 モジュールの出力電圧と照度の関係

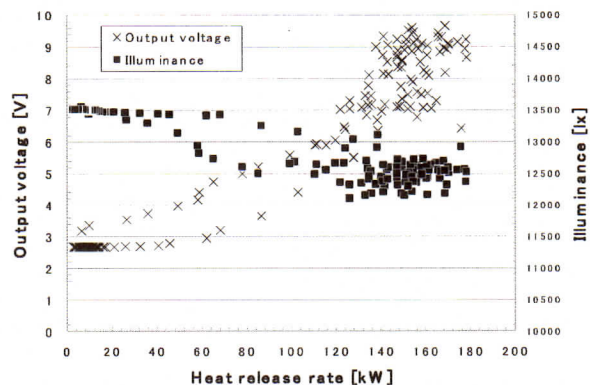


図7 発熱速度とモジュールの出力電圧及び照度の関係（照明灯点灯）

出力電圧が増加する。約 2.6 V の出力には約 670 lx のヘプタン火炎の照度が必要である。

一方、ヘプタン火炎がなく照明灯を点灯した場合には、照度約 13700 lx で約 2.6 V の出力電圧がある。つまり、ヘプタン火炎の照度が照明灯の 5%程度で同じ出力電圧を生じることになる。

照明灯を点灯した状況でヘプタン火炎が存在する場合、照度が下がると出力電圧が上昇する（照度が上がっているにもかかわらず出力電圧が低下する）傾向が見られた。ヘプタン火炎の発熱速度が増加するとモジュール出力電圧は増加するものの照度が低下する傾向もある（図 7）。図 5 に示す位置関係として、照明灯とモジュールの間にあるヘプタン火炎の発熱速度が大きい時に大きい火炎となりモジュールに影を作ることから、照度が低下すると考える。

消防活動中では消防隊員が感覚的に感じる光の明るさが、太陽光発電システムの発電量に直接関連付けられれば単純であったが、太陽光とは異なる火炎からの光のスペクトルや各波長の保有エネルギーにより結果としては複雑な発電特性であった。

本実験では、ヘプタン火炎から放出する光によるモジュールの発電性状を調べた。その結果、同じ照度での照明灯とヘプタン火炎では、ヘプタン火炎の方が高いモジュール出力電圧であり、太陽光発電システムが設置された建物が火炎に見舞われた際、夜間の消防活動であっても火炎の光により発電している恐れがあるという知見を得た。

4.2. 太陽電池モジュールの火炎曝露による挙動

モジュールからの出火や、出火建物に設置したモジュールが火炎に曝露された場合にどの程度の損傷をモジュールが受けるのか、また、その時の発電特性を調べようとするものである。

モジュール長手方向の一边を軸に地面に対して約 23° 傾けた状態で設置した。この設置角度は、「太陽電池モジュールの安全適格性確認—第 2 部：試験に関する要求事項 JIS C 8992-2 (IEC 61730-2)」で設定するモジュール傾斜角度と同じである。助燃剤を入れる容器として、鉄製の角形火皿 1 (内法として一边 355 mm、高さ 68 mm) を用意した。角形火皿には n-ヘプタン 3 l、水 1 l を入れた。先の人工太陽照明灯を 6 台用い、それぞれの光軸がモジュール中央に向くように目視により調整した。この時のモジュール中央における平均照度（照度計（コニカミノルタセンシング株式会社、T-10）により 5 回計測した平均）は 29300 lx である。これら機器類の設置状況を図 8 に示す。

4.1 の実験同様、モジュールの表面温度及びアルミニウム製枠の表面温度の経時変化を計測するための K 型熱電対（直径 0.32 mm）を設置した。サンプリング時間 1 秒である。

モジュールの出力端子には、先の実験と同様に負荷抵抗として 5 Ω の抵抗器を接続した。

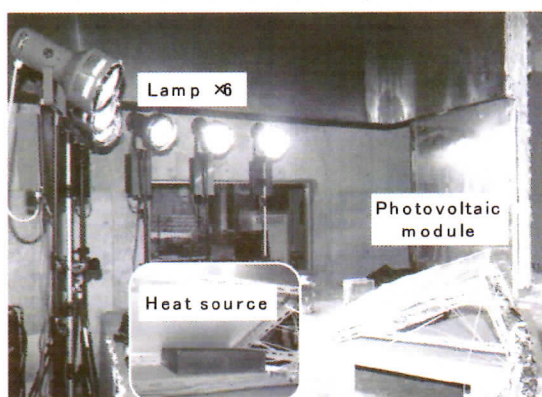


図 8 モジュール及び機器類の設置状況

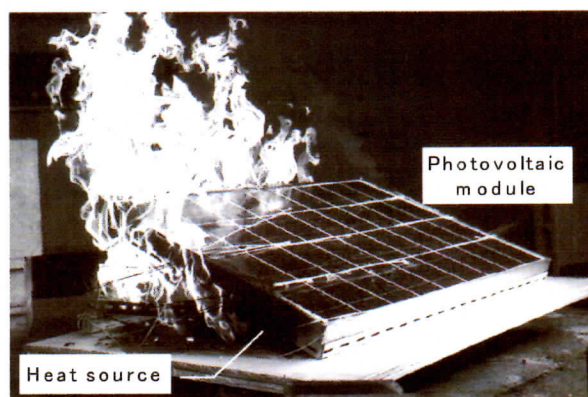


図 9 ヘプタン火炎によるモジュールの加熱

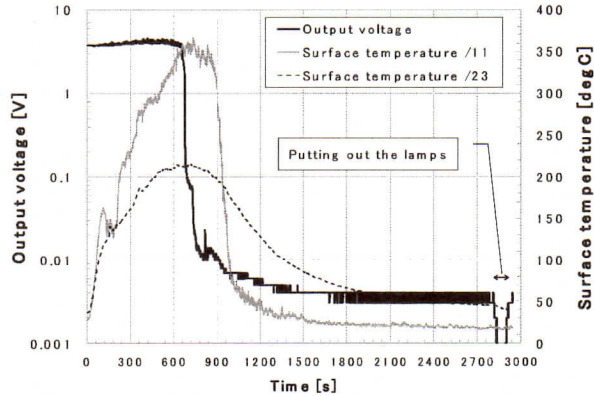


図 10 モジュールの出力電圧及び表面温度

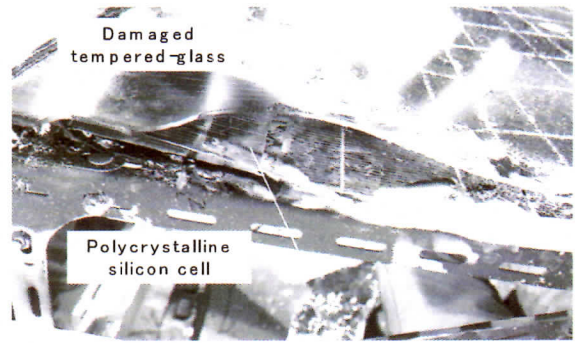


図 11 燃焼後のモジュールの損傷の様子

モジュールの燃焼性状を見るため、照明灯をつけた状態で角形火皿を用いて n-ヘプタン 1ℓ を燃焼させ、モジュールの出力電圧及び損傷状況を観察した。

モジュールは、樹脂（封止材）に包埋された多結晶シリコンを強化ガラスとバックシートで挟んだ構造であった。燃焼後の状況から、バックシートはアルミニウムシートを含む多層構造であった。実験に供したモジュールは 10 年以上前の製品であったためアルミニウムシートが使われていたが、現在の製品ではほとんど使われていない。アルミニウムシートは火皿の火炎を曝露しただけでは貫通（溶融）しなかった。そのため、封止材の燃焼までは観察されなかったため、本実験では途中、火炎により貫通しなかったアルミニウムシートを除去して、実験を続した。

モジュールがヘプタン火炎により加熱されている様子を図 9 に示す。実験中のモジュール表面の最高温度は、熱電対で 367 °C、サーモグラフィ装置で表面の最高温度を調べると 383 °C であった。損傷の激しい部分については、概ねこのような温度であったと考えられる。

モジュール出力電圧は図 10 のように、最高温度に到達した付近で急激に降下した。助燃剤である n-ヘプタンの燃焼が終わったのが 16 分 18 秒（978 秒）であるが（モジュール自体が自発的に燃焼することはなかった）、それ以降も徐々に電圧は降下し実験後に 0.003~0.004 V で一定となった。このときのモジュールの破壊状況を図 11 に示す。この状態で照明灯を消灯したところ出力電圧は 0V になったので、わずかながら電圧が出力していたことになる。実験後、モジュールの損傷状況を調べている際に電圧が回復していることに気づき、その時に 1 分間データを取得した時間平均出力電圧は 3.2 V であった。実験前の電圧が 3.8 V であったので出力電圧がほぼな

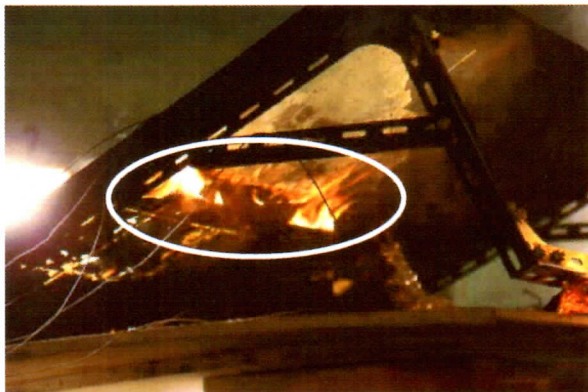


図 12 モジュール裏面の自己燃焼
（円内の白色が炎）

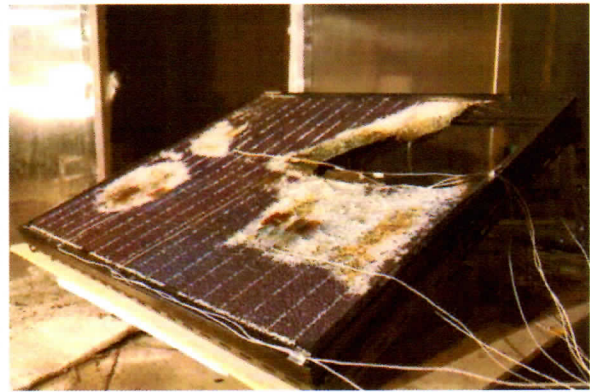


図 13 モジュールの部分脱落の状況

かった状態から 84 %まで電圧が回復した。電圧が急激に低下したと回復したことの明確な理由は不明であるが、一部のセルの異常によりバイパスダイオードが働いたことやモジュール内で溶けた配線が冷えて再び接続する現象などが考えられる。

また、バックシートにアルミニウムシートが使われていない別の新しいモジュールでの火炎曝露による燃焼実験を行った。燃焼用の火皿は同じ角型火皿を用いた。その時のモジュールの状態を図 12 と図 13 に示す。図 12 中央の明るい部分が炎であるが、n-ヘプタンが燃え尽きていても、バックシート素材または封止材の樹脂が数分間継続燃焼した。バックシートの一部にアルミニウムシートが使われたモジュールでは見られなかった現象である。また、図 13 のように、火勢がなくなった後に、表面のガラスが割れ、部分的に脱落する状況が見られた。その時のガラス破片は図 14 のように 15~20 cm の大きさの破片となっていた。これが屋根から落下した場合には、消防隊員の受傷の可能性があるため、注意が必要である。また、この状態のモジュールでも電圧出力を継続していた。

本実験では、ヘプタン火炎に曝露したモジュールの損傷及び加熱中の発電特性を調べた。その結果、モジュールは損傷を受けて出力電圧が低下もしくは出なくなっても、時間の経過を追って電圧が回復することがあることに注意を要すると言う知見を得た。



図 14 モジュールから脱落したガラス片

4.3. 光遮蔽実験

消火活動で行う残火確認の際、日射がある場合、太陽電池モジュールは発電を継続している。火災と消火活動の影響により、配線被覆の熔融、配線の切断や脱落、建物の断熱材や木材への水の浸み込みなどにより、通常では太陽電池モジュールからの電流が流れ込まないような部分に流れ込む場合が想定できる。先の消火活動事例なども、残火確認の際の事例である。太陽電池モジュールは見た目の破壊が進んでも、出力を継続する回路構造になっているため、感電の危険がなくなる。そこで、簡単な実験ではあるが、モジュール表面を覆い遮光することで出力をどのくらい抑えられるかを試した。

実験方法は、消防研究センター本館屋上に南向きに約 23° モジュールを起こして日射を当てた。普通の状態のモジュール、市販のブルーシート 1 枚でモジュール表面を覆ったものと 2 枚重ねて覆ったものを用いた (図 15 参照)。使用したブルーシートはポリエチレン製で大きさが 1.8

×2.7 m、#3000（厚さ不明）という標記のあるものである。モジュールの出力端子に負荷抵抗として 2 Ω の抵抗をつなぎ、その両端の電圧を計測した。実験日は 2012 年 11 月 8 日の午前中で、天気は晴れのときのデータである。

図 16 に各モジュールの出力電圧の変化を示す。7 時前から日射を受け始めている。このモジュールの最大出力動作電圧は 15.16 V で、図 16 の普通モジュールのグラフのように、日射を受けても最大電圧までは上がっていない。今回の計測範囲でブルーシートの影響を見ると、普通のモジュール出力電圧に対して、ブルーシート 1 枚では 12~16% に、ブルーシート 2 枚では 5~7% になった。ブルーシート 1 枚でも 6 分の 1 程度の電圧に抑えることができる。シートの色や厚さ、材質により大きく遮光性能は変化すると思われるので、性能を正確に把握するには個別の計測が必要である。

今回の実験では太陽高度が低いため日射が弱く、モジュールの最大出力動作電圧を超えることはなかった。最大出力を超える日射があった場合には、普通モジュールでは出力電圧が頭打ちになるが、ブルーシートで遮光したモジュールの出力電圧は最大電圧までの範囲で上昇することが予想される。太陽高度が高く日射が強い場合には、ここでの遮光効果よりも低い効果しか得られないので、注意が必要である。

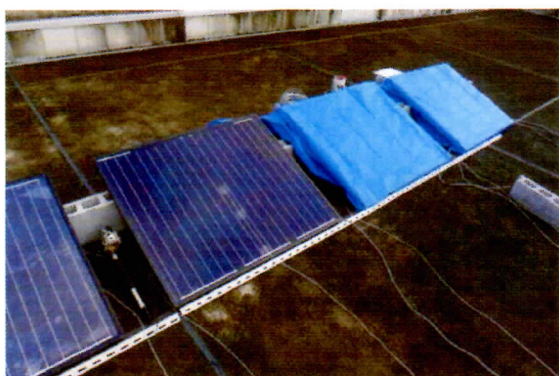


図 15 遮光効果の観測

（右から、ブルーシート 2 枚、ブルーシート 1 枚、普通モジュール）

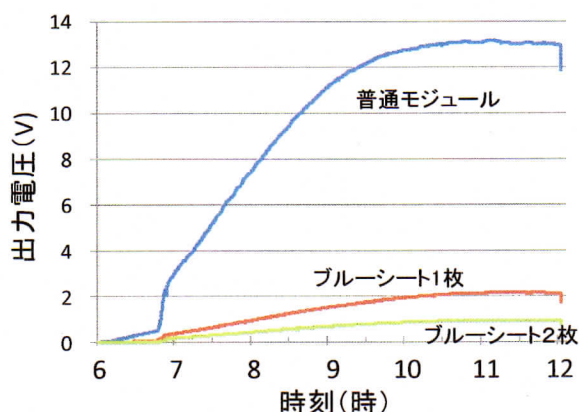


図 16 遮光による出力電圧の変化

5. 対策

火災事例や消防活動事例、燃焼実験などから、太陽光発電システムが設置された建物火災に対する注意点をここではまとめてみたい。

5.1. 装置自体の危険性

(1) 出火の危険性

一般的な電気製品と同様に、配線部分、接続端子部分、回路基板部分などから出火する危険性がある。決してメンテナンスフリーの安全な装置ではない。また、消火活動に伴うモジュールの破壊によって破壊時に短絡回路を形成するとアーク放電が起こる可能性がある。

モジュールを屋根から外し、火災現場等で屋外に置いておく際、日射があればモジュールは発電し出火の原因となるため、裏返しに置か光を通さない物で覆う必要がある。

(2) 落下の危険性

梁や柱、屋根等が火災の影響で炭化してもろくなっていると、太陽電池モジュールの自重で落下する危険性がある。

高い熱を受けた太陽電池モジュールのガラスは、強化ガラスからフロートガラス（板硝子）に変化している場合がある。そのため、割れた時の破片が細かくならず 20 cm 前後の大きな破片となる。残火確認、原因調査などの作業中に大きなガラスの破片が落下することがあるので注意する。できるだけ屋根上からモジュールを除去しておくことが安全である。

5.2. 消防活動中の危険性

(1) 感電の危険性

残火確認等でモジュールを屋根からはずす作業の際に、モジュールに触れた破壊器具やモジュールを握った手から感電する場合がある。太陽光発電システムの配線が切断されて建物に触れている場合、建物の断熱材や金属の柱や梁を伝い感電する場合がある。消火活動により水が内部にまで浸み込んでいる手袋では感電の危険性が高まる。建物に近づき活動する時は、絶縁性の高い手袋（高電圧用ゴム手袋など）を活用するほうが安全である。

棒状注水で水が粒にならずに建物に掛かる場合は、水を伝わっての感電の可能性もあるため、粒状で建物に水がかかるとい距離や筒先の調節を行う。

感電により心臓の停止などの致命的な症状を被らなくとも、感電のショックで屋根から落下するなどの二次的な危険性がある。高所での作業では、落下防止の措置をとる。

夜間であっても炎の光を受けて発電するので、感電の危険はなくなる。

モジュールの燃焼実験で分かったように、見た目の破壊が進んでいる太陽電池モジュールであっても、日射があれば発電をすることもあるので、感電の危険性はなくなる。

(2) 消火の困難性

屋根上でモジュールが燃えている場合、主な可燃物はモジュール裏面の樹脂製のバックシートや封止材である。燃焼しているこれらを消火するとき、モジュール表面のガラスが水を遮ることや裏面に直接水をかけづらい構造であることから、消火に時間がかかる。

(3) 活動での注意点

太陽光発電システムが設置されている建物であるかを活動開始までに把握する。また、可能であれば、接続箱やパワーコンディショナ部分の開閉器を切る。

6. まとめ

津波の浸水により発火した事例もある太陽光発電システムが設置されている建物での火災危険性、消防活動危険性等について、事例や実験を元にまとめた。太陽光発電システムの設置が拡大しているが、火災に関しての対策・対応はまだ不十分である。今後、調べるべき点は多いが、この報告が消防活動を行う上で少しでも参考なれば幸いである。

参考文献

- 1) 住宅用太陽光発電システムに係る施行研修専門知識講習テキスト B、一般社団法人太陽光発電協会
- 2) 加藤和彦、太陽光発電システムの不具合事例ファイル、日刊工業新聞社(2010)