

太陽電池モジュールの配線から出火した火災

相模原市消防局 今村 智

1 はじめに

今回ご紹介するのは、近年、普及が進む住宅用太陽光発電設備の太陽電池モジュール（太陽光パネル）取付け不良から出火に至った火災です。

太陽電池モジュール（以下「モジュール」という。）の製造元及び関連するハウスメーカーは、ともに大手企業であり、実績も相当数あることから今後も同様の事例が起こる可能性があると思われれます。

調査担当としては、反省点も多いものですが、今後の参考にお役立ていただければ幸いです。

2 火災の概要

- (1) 出火日時 平成26年8月 10時48分ごろ
- (2) 覚知時分 平成26年8月 10時53分
- (3) 鎮火時分 平成26年8月 11時50分
- (4) 焼損程度 木造サイディング2階建て
延べ面積149㎡のうち小屋裏32㎡焼損（半焼）
- (5) 死傷者 なし
- (6) 気象状況 晴れ、南の風5m/秒、
気温32℃、相対湿度59%

3 太陽光発電設備について

本火災における太陽光発電設備は、屋根に設置

された102枚のモジュールが7系統に分かれており、各系統（14枚又は15枚のモジュールを直列に接続）が太陽光により直流電流を発電し、屋内にある接続ユニット（接続箱ともいう。）で1つにまとめられ、その後、パワーコンディショナと呼ばれる装置に入り、交流に変換されるもので、変換された交流電流は、住宅用電力として供給されるほか、余剰電力は電力会社に売電されるものである。

- (1) 設置年月 平成25年9月の新築時に設置
(モジュールは屋根一体型)
- (2) 1モジュール当たりの発電能力
公称最大出力動作電圧 13.5～16.5V
公称最大出力動作電流 3.72A
公称短絡電流 3.92A
- (3) 1系統当たりの理想電圧 220～230V

4 発見・通報時の状況

家人の口述によると、在宅中の家人が、通行人から「屋根から煙が出ている」と知らされ、外に出て見たところ、東側の軒から白煙が噴出していたものである。

家人は1、2階室内に異常は認めておらず、2階東側に位置する寝室の天井に設けられた換気口から天井裏が延焼しているのを確認している。

5 消防隊現場到着時の状況

最先着の消防隊が、2階東側の軒から白煙の噴出を確認。内部進入したところ、2階に白煙が充満。廊下の天井（寝室入り口付近）裏に火炎を確認している。

6 第1回実況見分

【結果】

- (1) 2階天井より下方に焼損が認められない。

写真1



写真1

- (2) 寝室の上方で屋根が燃え抜けている。
- (3) 寝室の小屋裏に隣接する区画の焼損がいざれも寝室側に強く認められる。
- (4) 寝室小屋裏の屋内配線に異常はない。

- 7 前記4から6の事実を踏まえ出火箇所は寝室上方の小屋裏と判断する。

8 第2回実況見分

ハウスメーカー、太陽光発電設備の製造元、施工業者等約20名で第2回実況見分を実施した。

【結果】

- (1) ケーブルの接続部、屋内への引込み口、各

種防水処理 ⇒ 異常なし。

- (2) ケーブルがモジュール本体と取付け用金具の間に挟まれている状態。写真2及び3 ⇒ ケーブルと取付け用金具間で導通が認められる箇所有り。



写真2

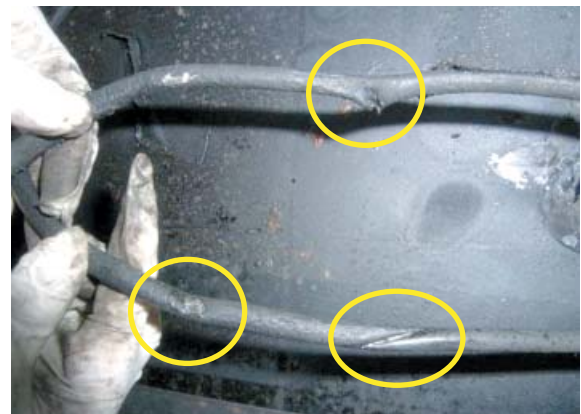


写真3

- (3) 取付け用金具にはアース線が施工されている。写真4



写真4

- (4) 圧迫（噛み込み）痕の認められたケーブルを一部収去し、X線透過装置、デジタルマイクロスコープによる技術支援を消防研究センターへ依頼する。
- (5) 残りの太陽光発電設備一式を製造元本社技術部で詳細に調査し、結果の報告を求める。

9 消防研究センター鑑識結果

- ⇒ 圧迫痕の認められる箇所において芯線の露出はあるものの、芯線自体に変形、潰れは認められない。

10 太陽光発電設備の製造元からの調査結果報告

- (1) バイパスダイオードについて
バイパスダイオードには異常はない。
- (2) ケーブルについて
圧迫痕、ステップルの溶着以外に出火に結びつく異常は認められない。
- (3) パワーコンディショナについて
エラーの履歴は、地絡5回、停電3回が記録されており、直近の8回までの記録が残るものである。なお、日時は特定できない。その他の機能に異常はない。
- (4) 接続ユニットについて
異常なし。
- (5) 熔融痕について
焼損したモジュールのケーブルに熔融痕が認められる。
- (6) 再現試験
 - ア 半断線
7本のより線のうち6本を切断し、公称最大出力動作電流3.72Aよりも大きい4Aを1時間継続して流すも、温度上昇は2～3℃に留まる。
 - イ 短絡

プラス極とマイナス極を近接させると1～2mmで放電が発生し、15秒ほどでケーブルが溶断することが確認される。

- (7) 火災発生前（7月に2回、8月に1回）の製造元及び関係業者による現場調査結果
合計3回の現地調査結果の主な点は次のとおり。

第1回目 「分電盤の漏電遮断器が落ちる」との家人からの問い合わせを受け現地調査を実施した。
⇒ 系統3・系統4で絶縁不良を確認。（位置は特定できず）
⇒ 調査終了後、接続ユニットで系統3・系統4を遮断。

第2回目 系統3・系統4の絶縁不良箇所を特定するため、15枚のモジュールを取り外し実施した。
⇒ 圧迫痕は確認できなかった。
⇒ 屋内側の配線にステップルによる固定を確認。

第3回目 24枚のモジュールを取り外しながら前回の継続調査。
⇒ 作業中に絶縁抵抗値の不安定。（系統3及び系統4）
⇒ 原因は特定できず、異常2系統は接続ユニットで遮断。写真5

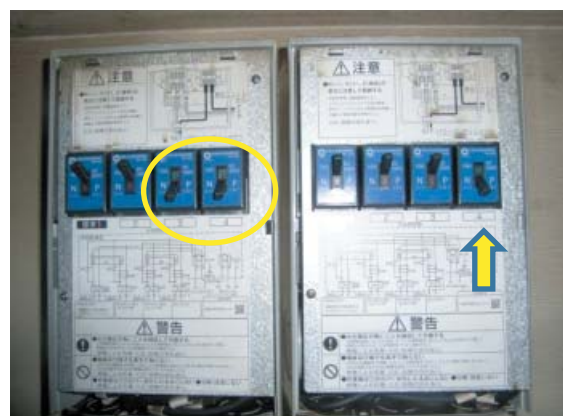


写真5 右端は未使用

⇒ 8月下旬に再度現地調査を実施予定。

11 所有者の口述

火災直前（当日）の経過

- 5時00分ごろ パワーコンディショナが地絡のエラーを表示。
- 10時00分ごろ パワーコンディショナの電源 ON・OFF 操作 2 回及び太陽電池側配線用遮断器「入」「切」操作。⇒ 一旦復旧
- 10時30分ごろ 漏電遮断器が落ちる。
- 10時50分ごろ 通行人から火災を知らされる。

12 出火原因の検討

出火箇所から考えられるのは屋内配線とモジュールであるが、屋内配線に異常は認められないため、モジュールについて考察する。

モジュール本体からの出火の可能性としては、バイパスダイオードの端子の緩みによるものが考えられるが、製造元の調査結果から、バイパスダ

イオードの収められているジャンクションボックス（太陽電池モジュールの背面に取り付けられている。）の内部に異常が認められないことから否定できる。

本火災ではケーブルに多数の圧迫痕が認められていることから、ケーブル配線に係る、漏電、半断線、アーク、短絡について検討する。

(1) 漏電について

本火災においては、電流がプラス極からマイナス極へ一方的に流れる直流を生じさせるモジュールが電源であり、モジュールで発生した電気は、プラス端子から各種機器を經由して最終的にマイナス端子へ戻なければ回路を形成しない。

回路を形成する可能性としては、モジュールとパワーコンディショナからアースされている各 D 種接地線であるが、7 月及び 8 月に絶縁不良の認められた系統 3 及び系統 4 については、モジュールとパワーコンディショナの間に設けられた接続ユニットで回路を遮断（回路が開いた状態）されているため、回路は形成されない。（図 1）

このことから系統 3 及び系統 4 における、漏

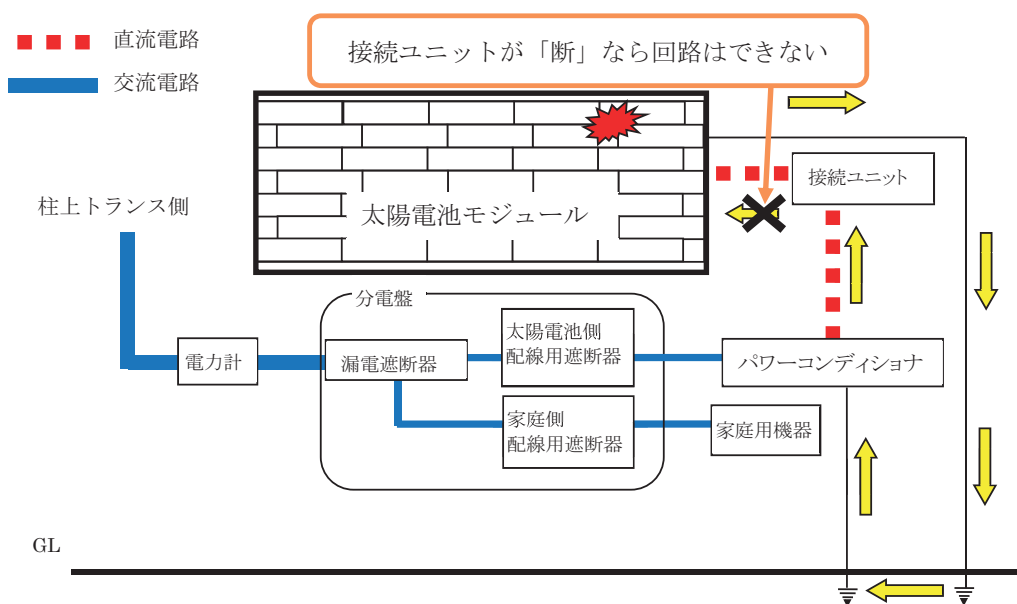


図 1. 漏電時の回路

電は否定できる。

火災当日は05時ごろから10時ごろまでパワーコンディショナが地絡のエラーを発しているにも関わらず、漏電遮断器が作動していないことから、製造元に問い合わせたところ、直流の漏電は感知しない可能性があるとのことであった。

したがって、この間は漏電が継続していた可能性が高いが、電流はモジュール本体や取付け用金具からアース線に接続されているため、接触抵抗が高まり発熱が起こるような箇所があるとは考えにくく否定した。

(2) 半断線について

収去したケーブルに認められる7箇所 of 圧迫痕のうち芯線に異常があるものはなかったこと。また、ケーブルの芯線を構成する、より線の太さは直径0.6ミリメートルであり、一般的なコードのより線の太さ（0.18ミリメートル）より太く、強度があると考えられること。これらのより線を断線させるほどの圧力が加わるのは取付け作業時（製造元による第3回現地調査以前）

だけであり、仮にそれだけの圧力が加われば、絶縁被覆の方が先に損傷すると考えられるが、作業直後にパワーコンディショナまたは、漏電遮断器が何ら異常を検知していないこと。また、製造元の半断線試験では、温度上昇がわずかであることなどから半断線による出火は否定した。

(3) アークについて

火災当日に地絡を生じさせた系統については、回路の形成が考えられる。明確な復旧作業が行われていないにも関わらず、10時過ぎに復旧していることから、漏電点が建物の金属製建材（取付け用金具等）から離れたことが考えられ、この時アーク火花を発生させた可能性はあるが、ただちに引火に至る可能性は低い。

(4) 短絡について

モジュール本体、取付け用金具は、アース線により接続されているため、一つの大きな導体の効果を持つこと。

火災の1ヶ月ほど前から系統3と系統4では既に絶縁不良がそれぞれに認められていること。

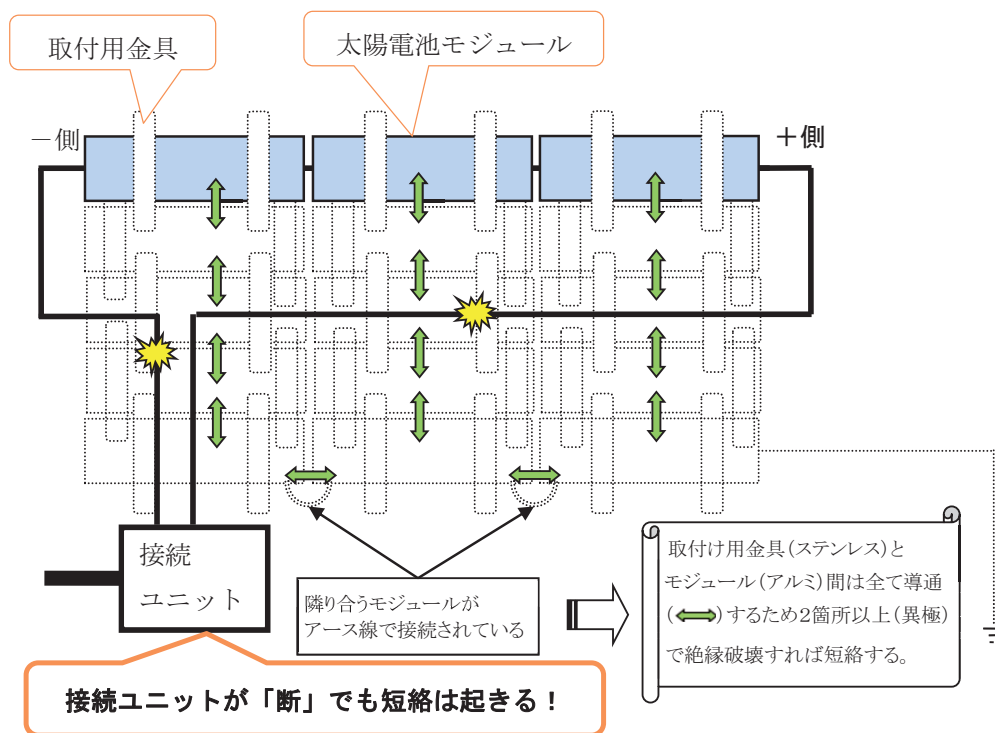


図2. 短絡の構造

実況見分において圧迫されたケーブル（系統不明）の芯線の露出が認められていること。

圧迫されたケーブルが辛うじて絶縁性を保っていた場合、風などによる振動、気温の変化によるモジュール自体のわずかな膨張、その他何らかの要因により絶縁破壊に至る可能性は高く、これが先に絶縁不良を起こしていたケーブルと異なる極性を持つケーブルであった場合は、金属の建材を媒介して短絡状態となること。（図2）

製造元からの報告では、短絡による放電が継続する結果が示されていること。

ケーブルと金属体、樹脂製栈木が接触し得る状態であること。

以上のことから短絡による出火と推定した。

13 おわりに

本火災では、出火の1ヶ月余り前に漏電遮断器が作動し、製造元による現地調査に於いて第3系統、第4系統で絶縁不良が認められている。これらの系統は、接続ユニットで遮断されているにも関わらず、火災を未然に防ぐに至っていない。

注意を要するのは、本火災のように圧迫によっ

てケーブルの絶縁被覆を損傷させるような事象が生じた場合、異常発生箇所の2次側に設置された遮断器を閉鎖するだけでは火災を防ぐことが出来ないという点である。

今回、施工要領書に準じていない施工方法（ケーブルの圧迫）が多数認められており、施工不良により絶縁不良が生じていたことは明らかであるが、施工上の問題だけでなく、構造上の問題（施工すると外見から内部が確認できないため、8月の作業では状態を悪化させている。）も併せ持つ。また、不具合発生後に遮光するなど適切な措置がとられなかったことも大きく、これらの措置が適切にとられていれば火災の発生を予防した可能性も少なくない。

漏電が数箇所が発生することにより、アルミフレーム等を介し、短絡を発生させる可能性があることも注意を払わなければならない点であると考ええる。

太陽光発電設備は、近年、一般住宅への普及も急速に進んでおり、同様の火災は今後増加する可能性があることから、製造元やハウスメーカー等への積極的な情報提供を行い、火災予防を推進する必要があると思われる。

以 上