

# 太陽光発電火災発生時の消防活動に関する技術情報

独立行政法人 産業技術総合研究所  
太陽光発電研究センター システムチーム

平成 26 年 2 月

## はじめに

太陽光発電システムは、これからの人類社会が持続可能でありつづけるために必要不可欠な技術です。わが国では、その実用化と普及のために、長期にわたる技術開発や住宅分野への導入支援といったさまざまな政策を講じてきました。さらに東日本大震災以降はいわゆる「固定価格買取制度」の施行によって、太陽光発電システムは加速的に普及が拡大しています。

一方、私たちが忘れてはならないのは、「どのような人工物や工業製品にも便益とリスクの双方が存在する」ということです。太陽光発電技術については「クリーンである」「ほぼ半永久的なエネルギー源である」といった便益が語られる場合が多いのが実状ですが、この技術のみが例外ではありません。昨今の普及拡大により、他の工業製品と同様、太陽光発電システムにもいよいよリスクの顕在化が想定されますが、そのリスクから目をそらしたり、背を向けるという姿勢では、真の普及は実現しません。

では、太陽光発電システムにはどのようなリスクが存在するのでしょうか。最も懸念しなければならないのは、電気設備として避けることができない「火災事故」のリスクです。また、太陽光発電システムが付帯している建物で火災が発生した場合、その消火活動にあたる消防隊員が感電するというリスクも忘れてはなりません。これは特に太陽光発電技術に固有なリスクともいえます。

今後さらに太陽光発電システムが普及することが期待される中で、技術者あるいは研究者はこれをより低リスクな技術とするための努力を続けていますが、未解明な部分も多く、残念ながら道半ばであることも事実です。しかし、現実はその結論を待つてはくれません。こうしている間にも太陽光発電システムは増えつづけ、現場の消防隊員は太陽光発電システムがもつ固有のリスクを知らないまま太陽光発電関連の火災現場に直面せざるを得ない状況にあります。

このような問題背景の中、平成 24 年度に経済産業省「新エネルギー等共通基盤整備促進事業」委託研究において「太陽光発電システムの直流電気安全性に関する基盤整備」プロジェクトが開始されました。太陽光発電システムの火災リスクを許容可能な水準まで低減し、安心・安全な技術に近づけるためには、技術的、人文的、行政的な側面からのリスク低減方策の確立と、それらを流布し実行するための戦略や安全文化の醸成などが必要です。本プロジェクトは、特に技術的な側面からのリスクの低減方策として、現状のリスクアセスメントの実施と、行政的な側面からのガイドライン（義務・推奨）の策定を目的にしたものです。

本プロジェクトでは、太陽光発電技術の研究者や業界団体、消防関係の研究者および団体を構成される「太陽光発電システムの直流電気安全基準策定委員会」を設置し、現場の消防隊員や関係者に向けた「太陽光発電技術の一般的知識」および「現時点で既知のリスク情報・対処方法」を暫定的に取りまとめた本文書を作成しました。本文書が今後の太陽光発電関連火災における現場の消防隊員のリスク低減に少しでも役立つことを願っています。

ただし、本文書はまだ完成版ではないことにご留意ください。われわれは、本文書をきっかけに太陽光発電技術の関係者と消防の関係者が新たな情報を共有し対話をすることで、本文書の内容を充実させ、また、太陽光発電システムをより低リスクな技術にしていきたいと考えています。特に前者については、事故現場で活動される方々を含む消防関係者各位から多くのご意見が必要です。ぜひ、皆様からのご意見をお待ちしております。

そして、最終的には本文書の内容を正しく一般に広く伝えることが、低リスクな太陽光発電システムの普及の実現の一助となることでしょう。

また、太陽光発電関係者においては、火災リスクを低減するための技術開発はもちろんのこと、消防関係者との協調により火災発生時の対応策の確立に向けた取り組みも継続的に実施し、技術的にも社会的にも歓迎される低リスクな太陽光発電システムの実現とその普及拡大を目指していただきたいと考えています。

最後に、本文書の作成にご協力いただいた本委員会委員および関係者各位に心より感謝申し上げます。

独立行政法人 産業技術総合研究所 太陽光発電工学研究センター  
システムチーム チーム長 加藤和彦

経済産業省/三菱総合研究所受託研究「新エネルギー等共通基盤整備促進事業」  
「太陽光発電システムの直流電気安全性に関する基盤整備」

プロジェクト実施法人

独立行政法人 産業技術総合研究所（幹事法人）

株式会社関電工

JX 日鉱日石エネルギー株式会社

日本電機工業会

みずほ情報総研株式会社

# 目次

## I 本編

1. 太陽光発電システムの基礎 .....	5
1.1 太陽光発電システムとは .....	5
1.2 太陽光発電の性質 .....	8
1.3 太陽光発電システムの構成 .....	9
1.4 太陽光発電システムに関する火災／感電事例 .....	12
2. 太陽光発電設置家屋の火災における危険性 .....	15
2.1 太陽光発電システムの危険性 .....	15
2.2 太陽光発電システムの認識方法 .....	18
2.3 感電、火傷 .....	25
2.4 滑落 .....	27
2.5 燃焼ガスの発生 .....	27
2.6 崩壊 .....	28
2.7 出火 .....	29
2.8 その他（蓄電池） .....	29
3. 太陽光発電システムの設置家屋における留意事項 .....	31

## II 附録

1. 電柱・引込み線における目印 .....	35
2. 直流配線の遮断 .....	37
2.1 接続箱における遮断 .....	37
2.2 太陽電池モジュール部分での遮断（コネクタの切り離し） .....	40

## III 参考文献

# I 本編

## 1. 太陽光発電システムの基礎

近年、地球温暖化問題やエネルギーセキュリティなどへの意識の高まりから、再生可能エネルギーへの期待が高まっています。再生可能エネルギーの中でも太陽光発電は、潜在的な利用可能量が多いことや家庭に設置することができることなどから、今後一層の導入が期待されているものです。

### 1.1 太陽光発電システムとは

#### (1) 太陽光発電の設置場所

太陽光発電システムは、太陽光の当たる場所ならば設置可能です。より多く発電するためには、日射量などの条件がよいところが好ましいのはもちろんですが、設置方法の工夫によって国内のほとんどの地域に設置することができるため、日本全国での導入が進んでいます。

実際に設置される場所は、日本では太陽光発電モジュールを家屋の屋根に設置する住宅用が多く、件数としては全体の 93%程度<sup>1</sup>といわれています。住宅用は、屋根の面積が限られていることもあり、数 kW（モジュール面積約 25～40 m<sup>2</sup>程度<sup>2</sup>）の導入が一般的です。



図 1-1 住宅用太陽光発電<sup>3</sup>

住宅以外にも太陽光発電は設置されています。小中学校や市役所などの公共施設、業務ビルの屋上や工場の屋根など、非住宅分野の導入も近年進んでいます。住宅用よりも多くの面積がとれるため、10kW～1,000kW の導入が一般的です。

<sup>1</sup> 資源エネルギー庁 統計（2013年2月末時点）10kW未満＝住宅用とした。

<sup>2</sup> JPEA ホームページ（<http://www.jpea.gr.jp/11basic05.html>）

<sup>3</sup> あんどハトヤ提供



図 1-2 非住宅用太陽光発電

さらに、2012 年より再生可能エネルギーの固定価格買取制度(再生可能エネルギーで発電された電気を、その地域の電力会社が一定価格で買い取ることを国が約束する制度)が始まったこともあり、メガソーラーと呼ばれる数 1,000kW (数 MW) 規模の太陽電池モジュールを設置する発電事業用の導入も進んでいます。



図 1-3 メガソーラー

日本においては多くの太陽光発電設備は送電網（電力系統）に接続されており、系統連系型と呼ばれます。系統が未整備な離島や山中、また系統に接続するよりも蓄電した方が安価な道路標識等では、系統に接続せず、蓄電池を組み合わせた独立蓄電型と呼ばれる太陽光発電設備が用いられます。道路標識等の小型の設備では、感電するほどの電圧を発生しない場合が大半です。

## (2) 国内における導入量

我が国における太陽光発電設備の累積導入量は2008年に2GW(200万kW)を上回り、2011年末には約5GW、2012年末には約7GWに達しており、世界全体で見ると、ドイツ、イタリア、中国、米国に次いで5番目となっています。

また、年間導入量は、2007～2008年に停滞期があるものの、その後再び増加に転じ、2010年に約1GW、2011年には1.3GW、2012年には2GWと、近年急速に増加しています。

特に、2012年7月の固定価格買取制度導入以来の伸びが著しく、資源エネルギー庁によると、2013年10月末時点で設備認定を受けている太陽光発電設備721,223件、26GWに及ぶとしています。このうち、非住宅用である10kW以上の設備が設備容量の92%(件数としては31%)を占めるなど、発電事業を目的とした太陽電池モジュールの導入が加速しています。

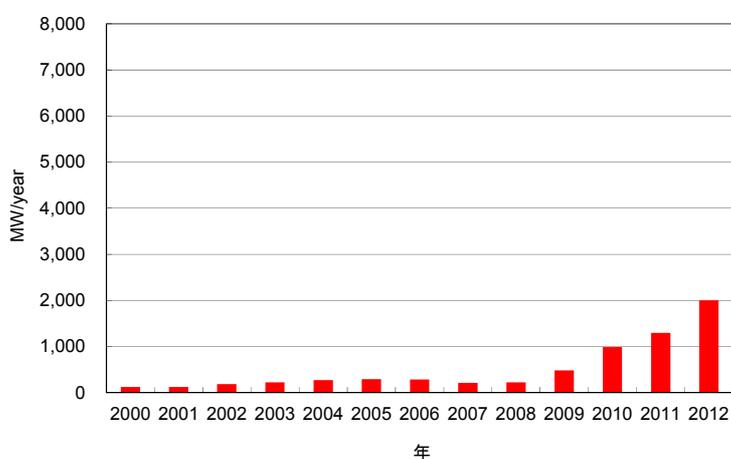


図 1-4 国内の年間導入量

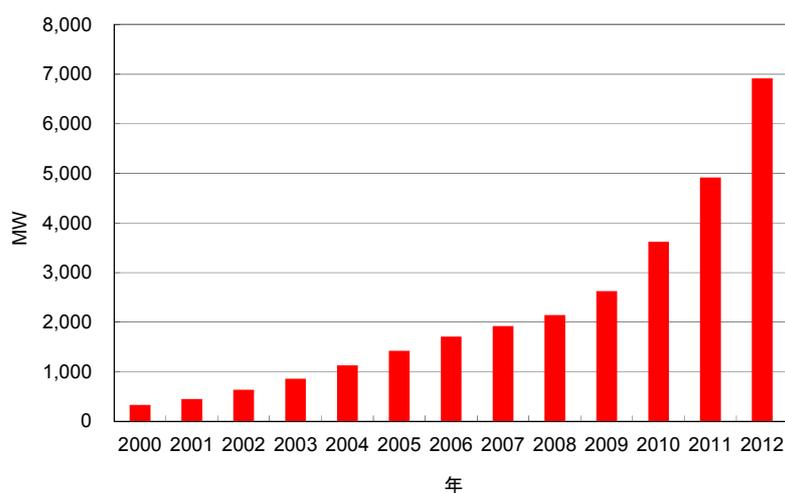


図 1-5 国内の累積導入量

## 1.2 太陽光発電の性質

太陽光発電システムを中心となる太陽電池は、「半導体を利用して、太陽の光エネルギーを電氣的なエネルギー（電力）に変換するもの」です。通常物質では、太陽の光が当たると暖まり熱に変わるだけですが、太陽電池の場合は、光エネルギーを吸収し、熱に変わる前に電力として有効活用することができます。太陽電池は半導体から出来ており、その半導体に光が当たると、日射強度に比例して発電します。

太陽電池は、使われる素材や構造によっていろいろな種類がありますが、大きく「シリコン系」と「化合物系」に分けられます。現在までに国内では、単結晶シリコンや多結晶シリコンなどシリコン系を中心に普及してきましたが、近年 CIS と呼ばれるような化合物系も普及しています。

これら太陽電池は、エネルギー源が太陽の光であるため、無尽蔵で枯渇しないこと、騒音や排出物もなくクリーンであるということ、太陽光があたる場所であつたら設置場所を選ばないことなどにより、日本を始めとして世界各国で導入が進んでいます。

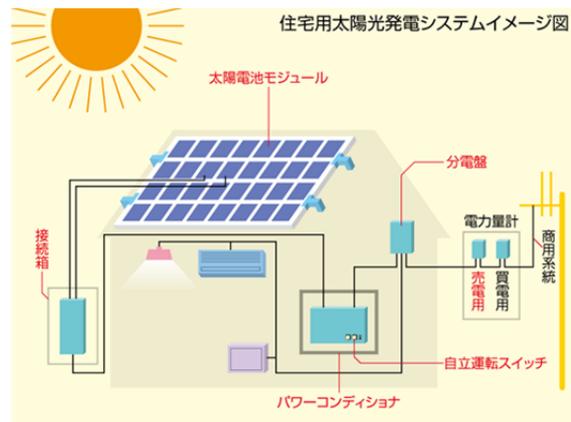
しかし、その反面、太陽光が当たると発電するという性質のため、完全に太陽電池を遮光しない限りわずかな光でも電圧が生じてしまい、また、外部から発電を遮断することができないため、消防活動時等の危険性が指摘されているところです。

表 1-1 太陽光発電の性質の例

○光を直接的に電力に変える
・熱や蒸気や回転運動を経由しない
○光が当たったときだけ、光の量に応じて発電
・光のエネルギーを即時に電力に変える
・蓄電機能は無い
○直流電圧を出す
・太陽電池（セル）一枚あたり 0.5V ぐらい（最大 1V 前後）
・モジュール（パネル）一枚あたり 40V ぐらい（最大約 300V）
・システム内の最大電圧は 400~600V ぐらい（最大約 1500V）
○少し光が当たっただけでも、大きな電圧が出やすい
（光の強度が弱い時は取り出せる電流が減り、電圧はあまり減らない）

### 1.3 太陽光発電システムの構成

太陽光発電システムは、一般に以下のような装置で構成されています。



#### ①太陽電池モジュール

太陽光発電システムの中心となる装置で、太陽光を受けて電気に変えます。

##### ○セル

太陽電池の基本単位で、太陽電池素子そのものをセルと呼びます。1セルの出力電圧は通常 0.5～1.0V 程度です。

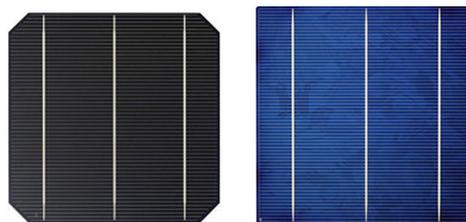


図 1-6 セルの例

##### ○モジュール

セルを必要枚配列し、樹脂や強化ガラスなどで保護し、屋外で利用できるようにパッケージ化したものです。また、このモジュールは太陽電池パネルとも呼びます。



図 1-7 モジュールの例

##### ○アレイ

モジュールを複数枚並べて接続したものをアレイと呼びます。

## ② 架台

パネルを屋根等に固定するための架台です。主流は建物の屋根に載せる「傾斜屋根タイプ」と屋上等に設置する「陸屋根タイプ」です。このほかに建材一体型（屋根・壁）があります。



図 1-8 架台の例<sup>3</sup>

## ③ 接続箱

太陽電池モジュールから取り出した出力ケーブルをここでまとめ、パワーコンディショナーに接続するための機器です。なお、接続箱がなく、パワーコンディショナーと一体となっているシステムも存在します。接続箱は、屋内設置型と屋外設置型の両方があります。

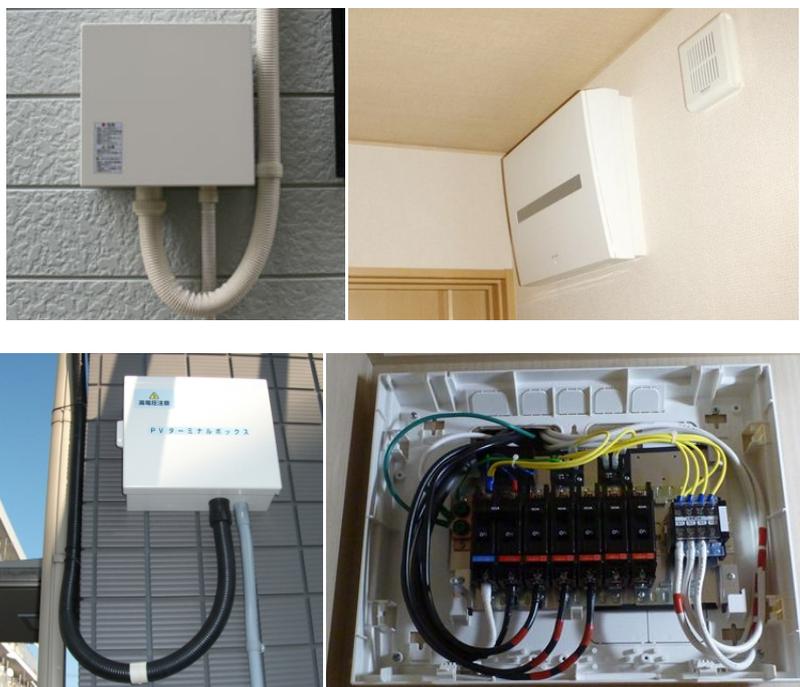


図 1-9 接続箱の例<sup>3</sup>

## ④ パワーコンディショナー

太陽電池モジュールで発電した直流電力を、交流電力に変換するための装置です。電力を変換するだけでなく出力品質を制御したり自動運転のための各種機能を備えています。パワーコ

ンディショナーは、屋内設置型と屋外設置型の両方があります。  
また、接続箱一体型のパワーコンディショナーも普及しています。



図 1-10 パワーコンディショナーの例<sup>3</sup>

### ⑤電力計（売電メーター）

電気事業者へ余剰電力を売電する場合、売電量を測定するメーターがついています。



図 1-11 電力計（売電メーター）の例<sup>3</sup>

### ○独立系（オフグリッド）

系統に接続せず、独立型（オフグリッド）の太陽光発電システムを導入している場合もあります。独立型は、電力系統から切り離されて使用されるため売電メーターは設置されず、多くの場合で蓄電池が設置されます。

また、太陽電池モジュールの設置場所も、屋根の上だけではなく庭などに設置されている場合もあります。

## 1.4 太陽光発電システムに関する火災／感電事例

### (1) 国内の火災／感電事例

太陽光発電システムが出火・発煙原因となった事例は、国内においていくつか報告されています。独）製品評価技術基盤機構で公開されている事例では、モジュール、パワーコンディショナー、接続箱などを発生箇所とするものが報告されており、このうち出火まで発展した事例について、モジュール由来のものが3件、パワーコンディショナー由来のものが2件報告されています。現在、一層の導入が進められている太陽光発電システムですが、ずさんな施工やメンテナンスでは火災原因になりうることを広く関係者と認識する必要があります。



図 1-12 国内における火災事例<sup>45</sup>

太陽光発電システムが出火・発煙原因でなくても、太陽光発電システムが設置されている家屋の消火活動では、太陽電池モジュールに光が当たると発電するという特性から発電をとめることができず、消火活動に危険が伴います。消火活動時に消防隊員が感電する事例も存在します。現在のところ大きな被害は確認されていませんが、手に電撃を感じた、という事例が複数報告されています。消防隊員が感電した事例については、いずれの事例も残火確認をしている最中に起こっています。

<sup>4</sup> 上図 第 61 回全国消防技術者会議 太陽光発電システムからの出火事例について

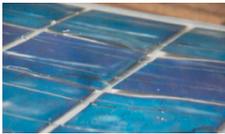
<sup>5</sup> 下図 住宅用太陽光発電システムが設置された建物火災の消防活動について

## (2) 海外の火災事例

太陽光発電システムに関連する火災について、欧米ではその対策に議論が始まっています。太陽光発電システムによる火災事例も発生しており、原因は調査中のものも多いですが、DC切断の欠如による消火の遅れや、地絡火災の非検知などの課題が挙げられています。

普及が進められている太陽光発電システムですが、欧米を中心に太陽光発電システムの火災リスクや火災発生時の消火活動等に対して、ソフト的対策、ハード的対策の両面で調査・研究が進められています。

表 1-2 米国における PV システムの火災事例<sup>6</sup>より作成

発生時期	場所	概要	
2008年6月	Sedona, AZ	構造火災、負傷者有り アークがフェンス支柱を燃焼 DC電線管が複数の場所で接地 ACサービスが木杭の火災により停止	 
2009年2月	Los Angeles, CA	ULリストにないモジュールの使用 標準を満たしていない設置方法	 
2009年3月	Simi Valley BIPV Fire	バイパスダイオードの欠陥が原因の可能性	 
2009年4月	Bakersfield Fire	モジュール及びデッキへの損傷 地絡の非検出 設置、試運転の課題 緊急時対応要員が危険レベルについて認識不足	 
2009年7月	Concord, CA	車庫火災 オーナーにより切断機が覆われており、切断されるまでシステムは起動	 
2010年4月	Greenbelt, Md	住居 PV システム、48V DC グリッド接続システム げっ歯類（ネズミなどの小動物）による損傷及びアレイ下の残骸の可能性	
	San Diego, CA	住居 PV システムにおける住居側面のインバーター火災 DC配線部の切断の遅れにより電流が流れ続け、消火が遅れた	
2010年5月	Fresno, CA	駐車場格子システム上の統合器の火災	

<sup>6</sup> PV Fire-Related Case Studies, 2011年2月15日、  
PV Fire Safety Milestones: Progress Report, San Jose Fire Dept. 2012年2月1日

表 1-3 米国における PV システムの火災事例(2)<sup>6</sup>より作成

発生時期	場所	概要	
2011 年 4 月	Yorba Linda, CA	新住居開発における BIPV 火災 消防隊が屋根を破壊し、コンダクターを切った	
	Mt Holly, NC	米国 Gypsum の屋上 PV システム 地絡火災の非検知 いくつかの統合器への火災損傷 全ての評価が終わるまで、Duke Energy の 10MW が非接続となった	
2011 年 12 月	Redlands, CA	タイヤ倉庫上の 1.2MW システム 火災が 4 つのモジュールと統合器を隔離 原因は調査中	
2012 年 1 月	Waltham, MA	小学校の屋上 PV システム統合器の火災 原因は調査中	

## 2. 太陽光発電設置家屋の火災における危険性

消防活動時における太陽光発電システムの危険性については、これまでの消防活動においても指摘されているところです。ここでは、太陽光発電システムが設置されている家屋における消防活動時に留意すべき点を整理します。

### 2.1 太陽光発電システムの危険性

太陽光発電システムはその特徴から、消防活動時に主に次の危険性をもたらす可能性があります。実際に重大な事故につながるケースは少ないですが、太陽光発電システムが設置されている建物の消火活動時には、これらの危険の可能性が内在されていることを常に意識して、行動することが重要となります。

- ・ 感電、火傷の危険
  - 太陽光発電システムはその原理上、太陽光を受けている日中に発電を止めることができません。そのため、モジュールが破損している場合や、モジュールとパワーコンディショナー（インバーター）間の接続配線（直流配線）が破損している場合に、直接接触したり、近くで放水したりすると感電をする可能性があります。
- ・ 滑落の危険
  - 太陽電池モジュールは多くの場合、屋根に設置されており、消防隊員の屋根での活動の制限になります。また、感電危険と関連し、活動が制限されている屋根で、微量であっても感電した場合、バランスを崩して落下してしまう恐れも考えられます。
- ・ 燃焼ガスの危険
  - 太陽電池モジュールはアルミフレームやガラスで密閉されており、燃えにくいよう製造されています。しかし、家内で火災が発生した場合は太陽電池モジュール裏面より燃焼する可能性があり、その後は内部の樹脂材料が燃えて燃焼ガスが発生する恐れも考えられます。ただし、自己消火性のある材料で構成されているので鎮火後のガスの発生は少ないと考えます。
- ・ 崩壊の危険
  - 屋根上の太陽電池モジュールは通常時は構造的に安定な設置をされていますが、火災により建物構造が弱体化した場合などに、その太陽電池モジュールの荷重によって屋根が崩壊する可能性があります。
- ・ 出火の危険
  - 火災などで太陽光発電システムの直流配線部分が損傷した際、絶縁不良によってアークという放電現象が発生する可能性があります。それが火災の延焼につながる場合があります。

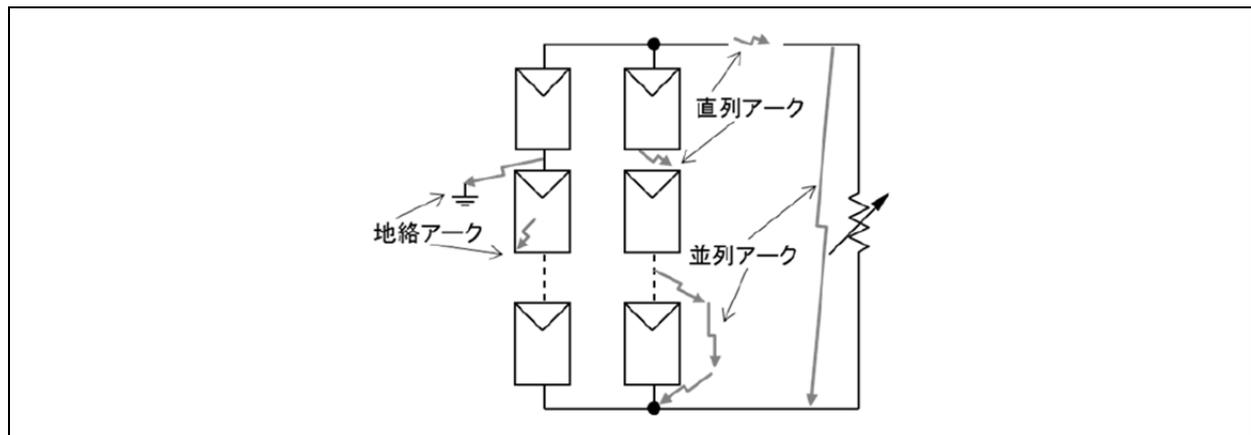
す。またアークに接触した場合には、火傷の危険もあります。

表 2-1 太陽光発電システムの危険性

危険分類	太陽光発電システムの特徴	危険の可能性
感電、火傷	<ul style="list-style-type: none"> <li>太陽光があたるかぎり、発電し続ける</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>破損モジュールや接続配線への接触や放水による感電、火傷</li> </ul>
滑落	<ul style="list-style-type: none"> <li>屋根上の傾斜スペースに設置される</li> <li>パネルは滑りやすい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>消防隊員の屋根での活動の制限、微量感電による落下</li> </ul>
燃焼ガス	<ul style="list-style-type: none"> <li>太陽電池モジュールは燃えにくい構造であるが、火災による熱により燃焼する可能性がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>一般火災と同様に燃焼ガスの発生</li> </ul>
崩壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>太陽電池モジュールの荷重がかかることにより、建物への負荷が大きい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>火災時で建物構造が弱体化した際に崩壊</li> </ul>
出火	<ul style="list-style-type: none"> <li>絶縁不良時にアークが発生する可能性がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アーク発生による火災の延焼、火傷</li> </ul>

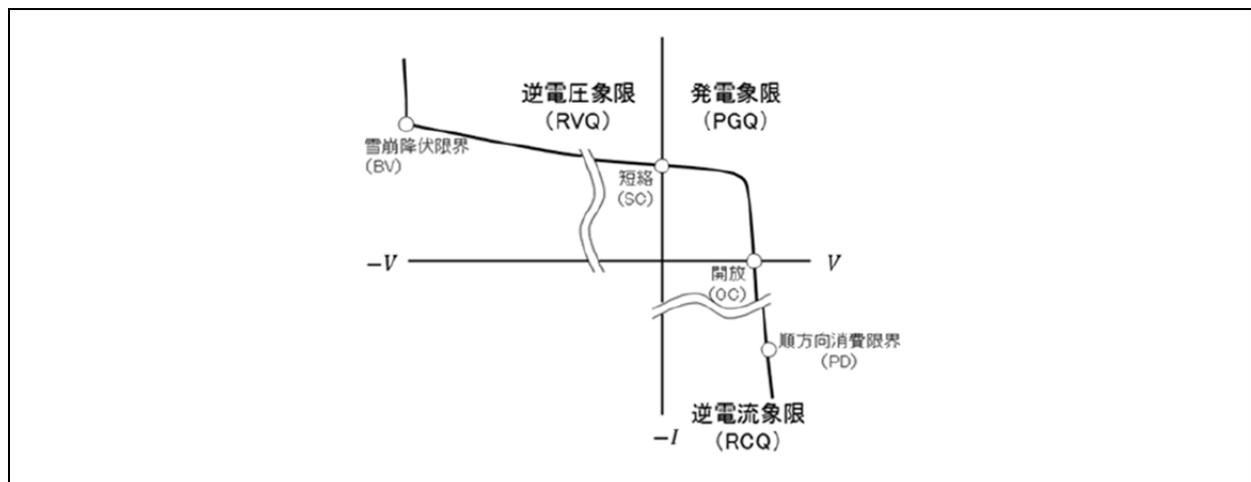
#### ○太陽光発電システムの不具合による火災

太陽光発電システムから出火し、火災に至るケースがあります。その原因は前述の直列アークだけではなく、次のページに挙げられる原因によるものが想定されます。



直列アーク	<ul style="list-style-type: none"> <li>同極性の配線間で生じるアーク</li> <li>コネクタ嵌合部や端子台のネジが緩んだ場合などで発生</li> </ul>
並列アーク	<ul style="list-style-type: none"> <li>異極性の配線間で生じるアーク</li> <li>プラスとマイナスの電線を直接接触させたような場合などで発生</li> </ul>
地絡アーク	<ul style="list-style-type: none"> <li>多くの場合に異極性の配線間で生じるアーク</li> <li>プラスの配線が地絡し、次にマイナスの配線が地絡したような場合などで発生</li> <li>地面や架台、建物鉄骨など本来電氣を通じるべきではない場所を電氣が通じる</li> </ul>

図 2-2 システムのどの部位でも発生する



セルの逆電圧 焼損	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電電圧符号が逆転したセルに生じる</li> <li>保護装置であるバイパスダイオードが開放（断線）したような場合</li> </ul>
セルの逆電流 焼損	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電電流符号が逆転したセルに生じる</li> <li>電圧が異なるストリングを保護装置もなく並列にしたような場合</li> </ul>
セル同士の直 並列アーク	<ul style="list-style-type: none"> <li>モジュール内の同極配線間、または、異極配線間で生じる</li> <li>モジュール内の半田接合部が緩んだような場合が前者に相当し、製造時からセル同士が重なっていたような場合が後者に相当する。</li> </ul>

図 2-3 モジュール内のみで発生

## 2.2 太陽光発電システムの認識方法

消防活動を開始するにあたっては、まずは危険の可能性があるかどうか、すなわち太陽光発電システムの設置有無を把握することが最優先事項となります。

### 2.2.1 太陽光発電システムのタイプと特徴

太陽光発電システムの有無については、基本的には太陽電池モジュールの設置状況を目視することにより確認できます。

太陽電池モジュールの設置方法には、様々なタイプのものがあります。本項目では代表的な設置タイプと特徴などについて説明します。

#### ○ 屋根置き型

建物に設置する場合に、現在最も一般的な設置形態となります。屋根の形状によって、設置方法が異なります。

- ・ 勾配屋根型
  - 一般的な戸建住宅など勾配した屋根に設置する場合の設置方法です。
  - 主に屋根の南面に屋根勾配に沿った形で設置されます。
  - 勾配があるため、スリップなどに特に注意が必要です。
- ・ 陸屋根型
  - 集合住宅や学校、商業施設や工場など、屋根が平たい陸屋根の場合の設置方法です。
  - 南面に対して角度をつけた架台上に太陽電池が設置されます。
  - 屋上全面に設置されることもあり、消防の作業場所が制限されるため、特に注意が必要です。

屋根置き型：勾配屋根型<sup>7</sup>



屋根置き型：屋上架台設置型<sup>8</sup>



図 2-4 屋根置き型例

<sup>7</sup> 一般社団法人 太陽光発電協会ウェブページ  
(<http://www.jppea.gr.jp/setting/house/module/index.html>)

<sup>8</sup> 経済産業省 資源エネルギー庁ウェブページ  
([http://www.enecho.meti.go.jp/ohisama\\_power/jirei/](http://www.enecho.meti.go.jp/ohisama_power/jirei/))

○ 屋根建材型

太陽電池に屋根材機能を持たせたものです。太陽電池を屋根材に組み込んで一体化した、屋根材一体型と、太陽電池自体が屋根材となっている屋根材型があります。架台が不要のため、屋根置き型と比較すると重量低減ができるという特徴があります。

屋根建材型：屋根材一体型



屋根建材型：屋根材型



図 2-5 屋根建材型<sup>7</sup>

○ 地上設置型

未利用地などに架台を設置して、その上に太陽電池モジュールを設置する方法です。メガソーラーなどの太陽光発電所で一般的な設置方法となる他、工場や学校、駐車場の敷地の一面などに設置されている場合があります。

太陽電池モジュール下に草や燃焼物などがある可能性もありますので、火災時には注意が必要です。

地上設置型（メガソーラー）<sup>9</sup>



地上設置型（駐車場の一面）<sup>8</sup>



図 2-6 地上設置例

<sup>9</sup> NEDO,大規模太陽光発電システム導入の手引書

○ その他建物への設置

建物への設置は、屋根・屋上への設置が一般的ですが、壁や窓などに設置する場合があります。主に意匠性を特徴とするビルや商業施設などに設置される事例があります。

・ 壁

- 壁に架台を取り付け太陽電池を設置する壁設置型と、太陽電池が壁材として機能する、カーテンウォール等の壁建材型があります。

壁設置型



壁建材型



図 2-7 壁設置例<sup>10</sup>

・ 窓、ベランダ

- 窓ガラスの機能を持つ太陽電池で、採光性、透視性（シースルー）があります。また、建物の上部の明かり取り部に設置するトップライト型などの設置事例もあります。
- モジュール自体に透視性があり、視認が困難な場合があるため、特に注意が必要です。また、消防活動において建物侵入時に窓等を破壊する場合にも注意が必要となります。
- 今後、これらのシースルー太陽電池モジュールをマンションのベランダの手すり等に設置する可能性もあります。

窓材型



トップライト型



図 2-8 窓等設置例<sup>10</sup>

<sup>10</sup> 一般社団法人 太陽光発電協会ウェブページ  
(<http://www.jpea.gr.jp/setting/building/module/index.html>)

- ・ その他

- その他、窓の上部など建物外部に架台を設けて太陽電池を設置し、ひさし機能を有するひさし型、開口部のブラインド機能を有するルーバー型があります。

ひさし型



ルーバー型



図 2-9 その他の設置例<sup>10</sup>

## 2.2.2 太陽光発電システム設置に関連する機器

視界が良好でない場合や夜間など、太陽電池モジュールの認識が困難な場合には、太陽光発電システムの設置有無を、以下の特徴的な周辺機器等で認識することが考えられます。

表 2-10 太陽光発電システムの特徴的な構成要素

周辺機器等	特徴・イメージ
直流配線 <sup>11</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 屋上等に設置される太陽電池モジュールと外壁等に設置される接続箱およびパワーコンディショナーをつなぐ配線です。</li> <li>・ 接続箱およびパワーコンディショナーが外壁に設置されている場合、主に建物側壁を伝って配管の中に敷設されています。</li> </ul> 
売電用電力メーター <sup>12</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 太陽光発電システムで発電した電力は固定価格買取制度によって、電力会社に売電が可能であり、太陽光発電システムを設置しているほぼ全ての住宅には売電用電力メーターが設置されています。</li> </ul> 

<sup>11</sup> 岐阜県、島電気商会、北川幸太郎氏提供

<sup>12</sup> 大分県、広瀬電気工事、広瀬充氏提供

表 2-11 太陽光発電システムの特徴的な構成要素

周辺機器等	特徴・イメージ
<p>パワーコンディショナ —12,13</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>住宅外壁や屋上、または屋内に設置されています。</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
<p>電柱・引込み線<sup>13</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「発電設備連系引込柱」や「逆潮流あり」といった電力会社の系統へ逆潮流を行っていることを示す目印がある場合があります。</li> <li>太陽光発電システムが近年に設置された家庭ではこの逆潮流を示す目印はありません。</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>

<sup>13</sup> 吉富電気提供

## 2.2.3 太陽光発電システムと太陽熱利用システム

太陽光発電システムと外見が類似しているものに太陽熱利用システムがあります。太陽熱利用システムは太陽エネルギーを熱に変換して、その熱を給湯や冷暖房に利用するシステムです。



図 2-12 太陽熱利用システム設置例<sup>14</sup>

表 2-13 太陽熱利用システムのパネル（集熱器）種類とイメージ<sup>14</sup>より作成

集熱器種類		イメージ	説明
水式集熱器	平板型集熱器		金属ケースの受熱箱内部に集熱板を配置し、太陽集熱器が平板状になっており、表面は透明な強化ガラスで覆われています。下部は熱が逃げないように断熱材が使われています。
	真空管型集熱器		太陽集熱器が真空のガラス管でできており、ガラス管の中の集熱部に不凍液などの熱媒を通します。
空気式集熱器			ガラス付き集熱面を屋根面材として設置し、屋根の通気層の空気を暖め、上部の棟ダクトに暖かい空気を集めます。

太陽熱利用システムのパネル（集熱器）部分は、太陽光発電システムのパネルと外見が類似しているものの、危険の種類が異なるので注意して認識することが必要となります。

具体的には、太陽熱利用システムの場合には熱水による火傷の危険の可能性があるものの、太陽光発電システムで懸念されるような感電の危険はありません。

太陽熱利用システムの導入が最も普及しているのは、戸建住宅用の太陽熱温水器ですが、給湯需要の多い建物にも適しており、病院やホテル、福祉施設、学校、集合住宅などにも設置されています。

<sup>14</sup> 経済産業省資源エネルギー庁ウェブページ([http://www.enecho.meti.go.jp/attaka\\_eco](http://www.enecho.meti.go.jp/attaka_eco))

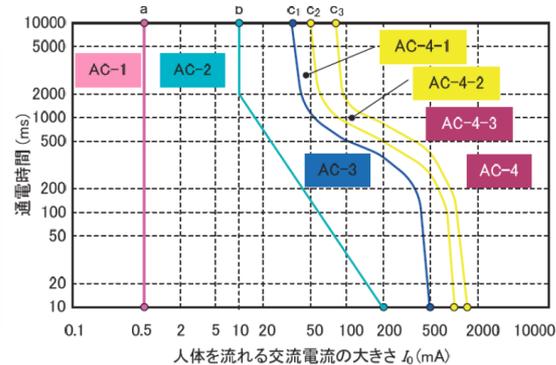
## 2.3 感電、火傷

太陽光発電システムは太陽光が当たると発電しますので、完全に遮光されない限りわずかな光でも電圧が生じます。また、外部から発電を遮断することができないため、火災の初期から残火確認等に至るまで、感電事故の危険が存在します。

家庭用太陽光発電システムの場合は、晴天時には一般的にパワーコンディショナーへ 100～450V の直流電圧がかかります。また、メガソーラーの場合は、1,000V を超えます。しかし、太陽電池モジュールから配線を通じて一括でオフにするスイッチがありません。したがって、太陽電池モジュールからパワーコンディショナー間には電圧が常にかかっているということを想定し、電気配線を含む損傷個所等には十分に注意を払う必要があります。たとえ数 mA の感電であってもわずかなショックをきっかけに、屋根から転落するなどの危険があります。

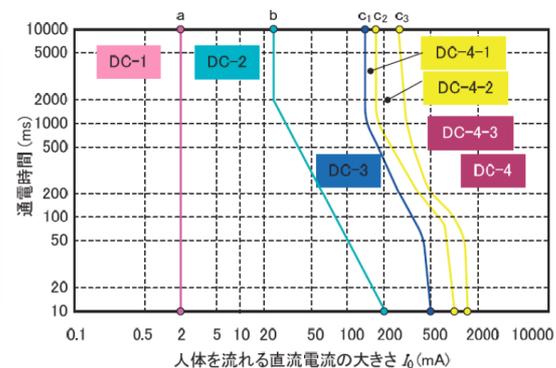
### 交流の場合

領域	生理学的影響
AC-1	通常無反応
AC-2	通常有害な生理学的影響なし。
AC-3	電流が二秒以上継続して流れると痙攣性の筋収縮や呼吸困難の可能性がある。
AC-4	心停止、呼吸停止または重度のやけどといった病理生理学上の危険な症状が引き起こされることがある。 AC-4-1: 心室細動確率約5%以下 AC-4-2: 約50%以下 AC-4-3: 約50%以上



### 直流の場合

領域	生理学的影響
DC-1	通常無反応、わずかに刺すような痛み
DC-2	通常有害な生理学的影響なし。
DC-3	心臓に回復可能な障害と伝達障害が起きる可能性がある。
DC-4	危険な病理生理学上の症状が引き起こされることがある。 DC-4-1: 心室細動確率約5%以下 DC-4-2: 約50%以下 DC-4-3: 約50%以上



ただし太陽光発電は、上表(IEC479-1)が定義する直流ではない。  
※日中、日射急変するとき、また、夜間の灯火による発電は、交流性を帯びる。

図 2-14 人体を流れる電流とその影響

電力系統からの電力が遮断されることで、パワーコンディショナーの作動が停止しますが、太陽電池モジュールからパワーコンディショナーまでの直流配線の間は、直流電圧がかかっていることに留意が必要です。そのため、感電・火傷のリスクを低減するためには、太陽光システムの配線がどこにあるかを把握することが重要になります。一般に、接続箱が屋外にあるか屋内にあるかで、直流配線は屋外配線と屋内配線に大別されます。

屋外配線の場合、屋根および壁面を伝って直流配線が接続箱につながっています。この場合、接続箱の開閉器を切ることによって、接続箱以降の直流電圧を遮断することが出来ます。しかし、太陽電池モジュールから接続箱までの直流配線の間は直流電圧がかかっていますので、屋外における消防作業時には、注意が必要となります。

屋内配線の場合は、天井裏や壁裏等を通じて直流配線が屋内に設置されている接続箱につながっています。このため、残火確認等の消火活動中において、露出した直流配線が接触することによる感電・火傷の可能性が高くなるので、注意が必要になります。また、接続箱の開閉器を切ることで、接続箱以降の直流電圧を遮断することが出来ますが、太陽電池モジュールから接続箱までの直流配線の間は直流電圧がかかっているため、特に屋内に直流配線があることに十分な留意が必要になります。

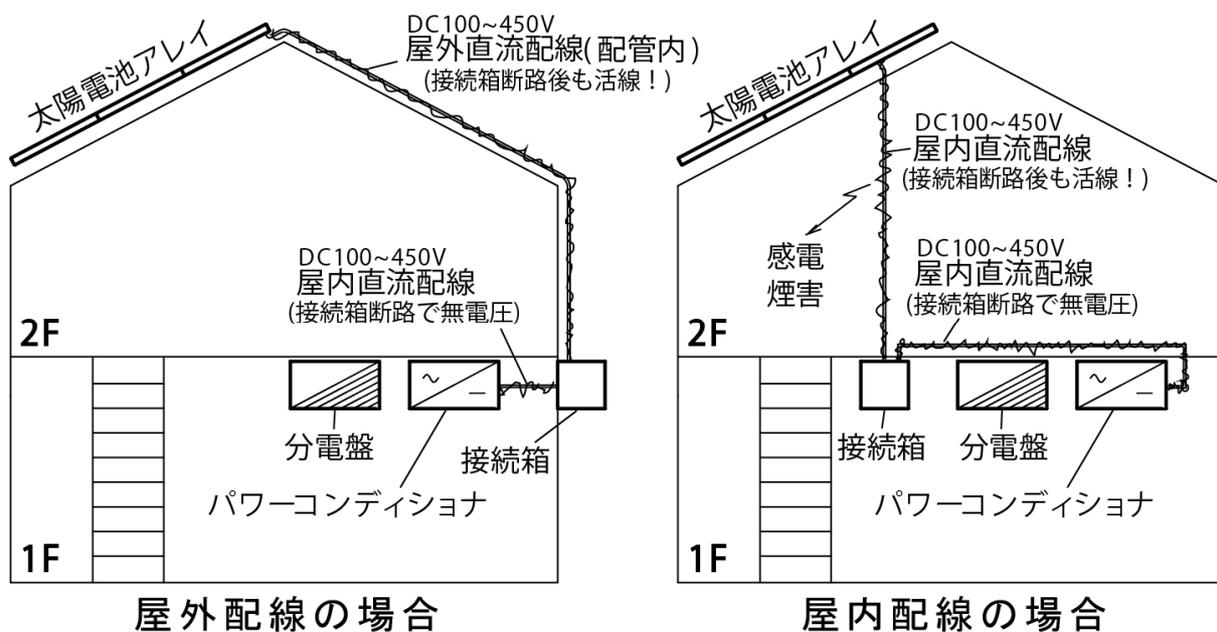


図 2-15 屋外配線と屋内配線

#### 感電・火傷に関する注意事項

- ・基本的に太陽光発電システムには電圧がかかっていることを認識する  
(夜間であっても、炎の光等によって発電が継続している可能性がある)。
- ・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光が当たると発電する。
- ・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、太陽電池モジュール・直流配線等から感電することがあるため、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、モジュール表面を遮光するか裏返しに置くようにする。

## 2.4 滑落

家庭用太陽光発電システムの大部分は屋根置き型であり、システムを構成するものはアルミフレーム等の金属、ガラス、配線ケーブルなど、濡れているとき滑りやすいものです。架台が設置された太陽電池モジュールは、比較的確認しやすいシステムですが、太陽電池に屋根材機能を持たせた建材一体型などは太陽電池モジュールが設置されていることが確認しにくく注意を払わなければなりません。

特に煙が発生している状況下や日没後など視認が難しい場合では、スリップ・滑落の危険があり注意が必要となります。

また、太陽電池モジュールが発電している場合には感電の危険性があり、不随意電流以下のレベルの感電についても、不意の電撃に驚き体制を崩したことで屋根から落下するという可能性があるため、モジュールを取り扱う際には十分に注意が必要です。

### 滑落に関する注意事項

- ・屋根上の太陽電池モジュールがはしご設置に影響する可能性があり、屋根へのアクセス確保の際には注意する
- ・傾斜屋根では南および西側に、平屋根では多くの面積に太陽電池モジュールが設置されていることを想定しておく
- ・傾斜屋根に設置された建材一体型の太陽光発電など一見では確認できないものも存在する。
- ・微量感電による衝撃による落下可能性を注意する。

## 2.5 燃焼ガスの発生

太陽光発電システムは太陽電池を利用して、日光を直接的に電力に変換します。そのため発電そのものには燃料が不要で、通常運転中は二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）や有害ガス等の排出はありません。太陽光モジュールはアルミフレームやガラスで密閉されており、燃えにくいよう製造されていますが、火災による熱によって変形して内部が露出し、燃焼する可能性があります。その際に発生するガスに対して、一般的な火災現場と同様に吸気呼吸器の着用が望まれます。

また、電線被覆やモジュールのバックシートや封止材などが燃焼することによるガスの発生、直流活線における水の電気分解による水素と酸素の可燃性ガスの発生などの危険性があります。

### 燃焼ガスの発生に関する注意事項

- ・一般的な火災時に発生する燃焼ガスと同様に、空気呼吸器の着用が望まれる。

参考：モジュールの主な材料

太陽電池セル	シリコン（結晶系） ITO、ZnO、SnO Cu、In、Ga、Se 化合物薄膜（化合物系） 電極材料（銀ペースト、アルミニウムペースト） など
封止材（充填材）	エチレン酢酸ビニル共重合体（EVA） ポリビニルブチラール（PVB） シリコン樹脂 など
シール材	ブチルゴム（イソプレン・イソプレングム（IIR）） シリコーンゴム など
バックシート	ポリフッ化ビニル（PVF） ポリエチレンテレフタレート（PET） ポリエチレン（PE） 無機材料（Al、SiO <sub>2</sub> ） など

## 2.6 崩壊

太陽電池モジュールはガラスで覆われており、一般的な太陽電池モジュール 1 枚で 10～20kg の重量があります。設置する容量（モジュール枚数）や種類によりますが、住宅用の一般的な屋根置き太陽光発電システムは、架台やモジュールを併せて 300～400kg もの重量の設備が屋根に乗っていることとなります。

単位面積当たりの荷重は大きくないものの、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脆くなっていると、モジュールが自重で落下する可能性があります。さらに、通常の崩落よりも早いタイミングで崩落が始まる危険性があります。

また、モジュールを覆っているガラスは、窓ガラスで使用されるような板ガラスではなく、強化ガラスが使用されています。しかし、火災により高い熱を受け、強化ガラスから板ガラス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ことが考えられます。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りますので、注意が必要です。



図 2-16 モジュールから脱落したガラス片<sup>15</sup>

#### 崩壊に関する注意事項

- ・ 太陽光発電システムの設置により屋根荷重が増加しており、火災の影響により崩壊が起こる可能性がある。
- ・ 太陽光発電システム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。

## 2.7 出火

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ります。また、一般的な電気製品と異なり、太陽光発電システムは光が当たっている限り発電をし続け、かつ直流電流という特性のため、太陽光発電システムの直流配線部分が損傷した際、絶縁不良によってアークという放電現象が発生する可能性があります。直流配線部における外傷、半田緩み、コネクタ緩みなどの切断された箇所においてアークが発生すると、それが火災の延焼につながる場合があります。またアークに接触した場合には、火傷の危険もあります。

#### 出火に関する注意事項

- ・ 配線の切断やその他切り替え作業が発生する場合には、必ず電気専門家が行う。

## 2.8 その他（蓄電池）

近年、停電への備えとして太陽光発電システムを導入する際に、蓄電池を導入するケースも増えています。鉛蓄電池やリチウムイオン電池が設置されますが、特にリチウムイオン蓄電池

<sup>15</sup> 消防研究センター提供

はエネルギー密度が高く、電解液に危険物を使用している等の理由により、火災発生時には注意を払う必要があります。

### 3. 太陽光発電システムの設置家屋における留意事項

太陽光発電システムが設置されている住宅での火災において、消防活動を行う上で感電などのリスクを避けるために消防隊員が留意すべきことを示します。感電等の危険が排除されていない間は、危険個所を周知し、むやみに接近しないことが基本となります。

#### 通報

##### ○太陽光発電システムの設置有無の確認

- ・状況確認を行う際に余裕がある場合に限って太陽光発電システムの有無を確認します。

#### 出動

##### ○耐電性装備の確認

- ・太陽光発電システムの感電等の危険性に備えて、耐電性手袋（高電圧用ゴム手袋等）、耐電性長靴等の装備の確認をします。

#### 現着

##### ○太陽光発電システムの設置有無の確認

- ・屋根に設置されているモジュール、屋外に設置されているパワーコンディショナー、売電メーターの存在を確認し、太陽光発電システムが設置されている住宅かどうかの把握を行います。必要に応じて、配線経路の確認を行います。

##### ○太陽光発電システムの損傷の確認

- ・出火原因が太陽光発電システムの可能性を考え、接続箱やパワーコンディショナーの損傷の確認をします。
- ・系統からの電力を遮断しても、太陽電池モジュール・直流配線・接続箱・パワーコンディショナーまでは、直流電流が流れているということに留意して、消火活動を行います。

#### 消火作業

##### ○消火作業時の留意

- ・電力会社が電力を遮断しても、太陽電池モジュール・直流配線・接続箱・パワーコンディショナーまでは、直流電流が流れているということに留意して、消火活動を行います。
- ・太陽光発電システムへの棒状での放水は、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）を行うようにします。

### ○各種装置の位置の特定／損傷の確認

屋内の消火作業を行う場合は、設置されている以下のシステムの位置を確認します。また、それぞれの装置の損傷の確認をし、特に感電の危険性を認識します。

- ・配線
- ・太陽電池モジュール
- ・接続箱
- ・パワーコンディショナー
- ・蓄電池

なお、損傷が見られた場合には、必要に応じて危険エリアを封鎖します。

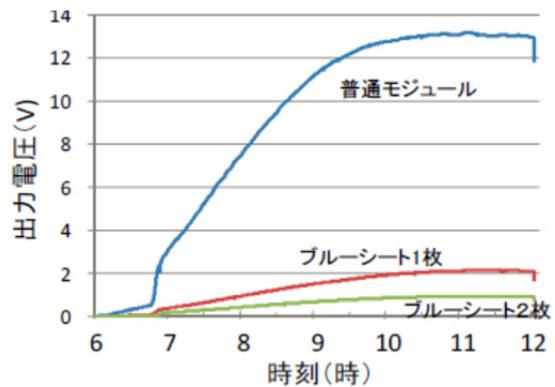
## 鎮圧・残火確認

### ○残火確認時の留意

- ・太陽光発電システムが設置されている場合には、前述のリスクが発生することを十分留意して残火確認を行います。
- ・特に、天井裏等の確認の際は、太陽光発電システムの直流配線があるかもしれないことを意識して、その存在を十分留意して取り扱います。感電等の危険性に備えて、耐電性手袋（高電圧用ゴム手袋等）、耐電性長靴等の装備をした者が、残火確認を行います。

### ○再燃防止策の実施

- ・夜間における消火作業後の残火確認では、翌日以降に日が照ると再び太陽光発電システムが発電を始め、発火につながる可能性があるため、安全が確認できない場合は、モジュールを覆うなどの発電防止策を施します。



特に留意が必要な事項

工程	確認事項
通報	<p>○太陽光発電システムの設置有無の確認</p> <p>・状況確認を行う際に余裕がある場合に限り、太陽光発電システムの有無を確認</p>
出勤	<p>○耐電性装備の確認</p> <p>・感電等の危険性に備え、耐電性手袋、耐電性長靴等の装備を確認</p>
現着	<p>○太陽光発電システムの設置有無の確認</p> <p>屋根に設置されている<b>モジュール</b>、屋外に設置されている<b>パワーコンディショナー</b>、<b>売電メーター</b>の存在を確認し、太陽光発電システムが設置されている住宅かどうかの把握</p> <p>○太陽光発電システムの損傷の確認</p> <p>太陽光発電システムから出火している場合は、電力を遮断しても太陽電池モジュール・直流配線・接続箱・パワーコンディショナーまでは、<b>直流電圧がかかっているということに留意</b></p>
消火作業	<p>○消火作業時の留意</p> <p>電力会社が電力を遮断しても、太陽電池モジュール・直流配線・接続箱・パワーコンディショナーまでは、<b>直流電圧がかかっているということに留意</b></p> <p>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）</p> <p>○各種装置の位置の特定／損傷の確認</p> <p>屋内の消火作業を行う場合は、設置されている以下のシステムの位置を確認</p> <p><b>直流配線／太陽電池モジュール／接続箱／パワーコンディショナー／蓄電池</b></p> <p>それぞれの装置の損傷の確認し、特に感電の危険性に留意</p>
鎮圧・ 残火確認	<p>○残火確認時の留意</p> <p>太陽光発電システムが設置されている場合には、前述のリスクが発生することを十分留意して残火確認</p> <p>特に、天井裏等の確認の際は、太陽光発電システムの<b>直流配線の存在に留意</b></p> <p>○再燃防止策の実施</p> <p>夜間における消火作業後の残火確認では、翌日以降に日が照ると再び太陽光発電システムが発電を始め、発火につながる可能性があるため、安全が確認できない場合は、モジュールを覆うなどの発電防止策を実施</p>

あとがき

太陽光発電システムが将来のエネルギー源の一翼を担うことは、エネルギーセキュリティの面からみて間違いありません。また、エネルギー利用を考えた場合に、太陽光発電が高い信頼性が求められることは当然のことだと考えています。

本委員会では、火災リスクを正面から取り上げ、その対策技術について、さまざまなステークホルダーを含んで議論を進めてきました。その中で、喫緊な問題として現場の消防隊員向けに太陽光発電システムの基礎的な知見、また現状把握している問題点をお伝えすることを目的に本文書を作成しました。

本文書をまとめるにあたってご協力いただいた、委員会の委員の方々、オブザーバで参加頂いた、総務省消防庁の方々、自治体の消防関係の取りまとめである全国消防長会の方々、また現場の貴重な写真をご提供いただいた各業者の方々、ご協力いただいた関係者の皆様に心より感謝いたします。

この文書は、早期に関係者に配布、提供し、各種ご意見を頂き、改良、改善を加えたものを平成26年度末には最終版として一般に公開することを目指しています。このため、関係者の皆様からは、建設的なご意見を多数頂戴できればと考えております。そして、太陽光発電関係者と消防関係者との共通理解を深めるための良きツールにするために、今後とも皆様にはご協力を賜れば幸いです。

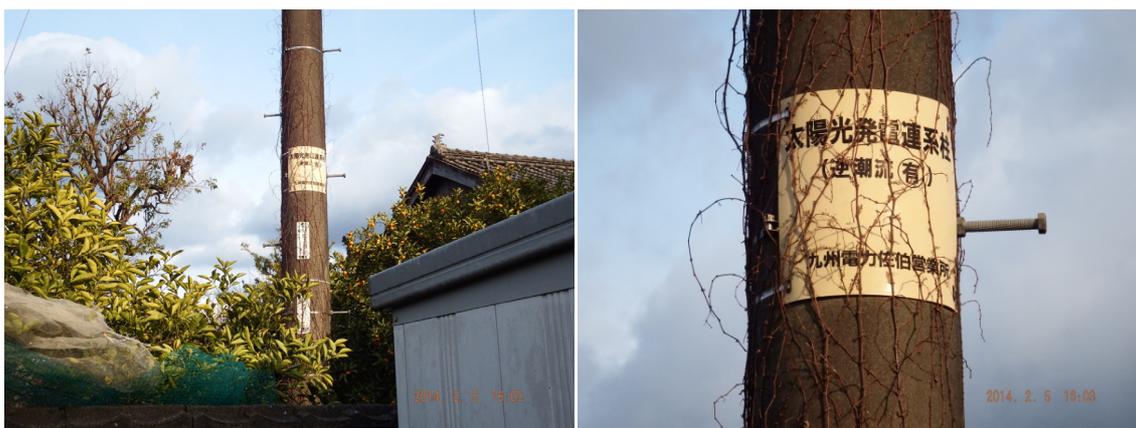
太陽光発電システムの直流電気安全基準策定委員会  
委員長  
日本大学 西川 省吾

## II 付録

### 1. 電柱・引込み線における目印



例 1 引込み線における目印の例<sup>16</sup>



例 2 電柱における目印の例<sup>17</sup>

<sup>16</sup> 吉富電気提供資料

<sup>17</sup> 広瀬電気工事提供資料



例 3 電柱における目印の例<sup>2</sup>



例 4 電柱における目印の例<sup>1</sup>



例 5 電柱における目印の例<sup>1</sup>

## 2. 直流配線の遮断

### 2.1 接続箱における遮断

#### (1) 接続箱カバーの解錠

接続箱において、直流配線を遮断することにより、そこから先の区間を開放することができます。接続箱は一般にプラスドライバーNo.2、No.3でカバーを開けることができます。



プラスドライバーの2番 (No2)、3番 (No3)

接続箱によっては鍵がかかっている機種がありますが、多くの場合、一般の分電盤と同様に、タキゲン製造の No200 キーで開錠することができます。その他、電気筐体に収納されているケースもあります。



タキゲン製造の No200 キー

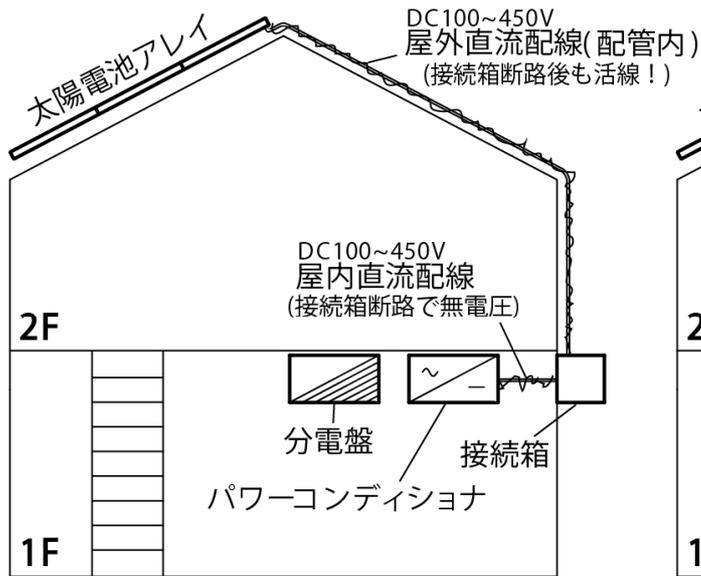


電気筐体の鍵の例

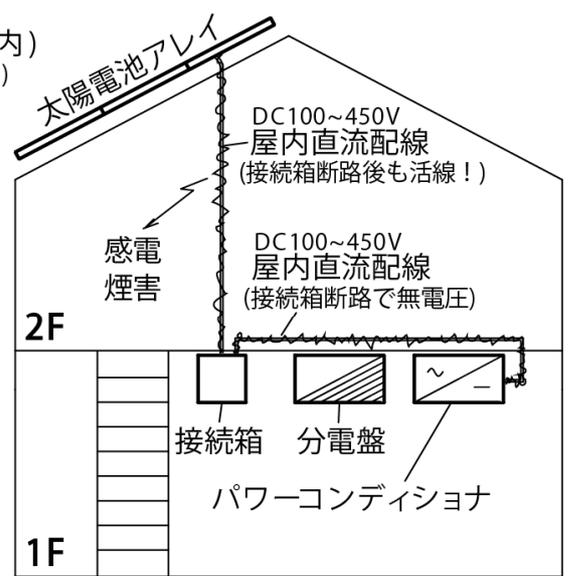
## (2) 直流配線を遮断

直流配線を遮断することにより、そこから先の区間の直流配線を開放することができます。残火処理など屋内に入っでの消防活動時における感電リスクを下げるため、接続箱における開閉器を切り活動することが想定されます。ただし、接続箱で直流配線を遮断しても、太陽電池モジュールから接続箱までは、直流電圧がかかっているため、特に屋内に直流配線があることに十分な留意が必要になります。

開閉器のスイッチを下げることで、以降の直流配線は遮断されます。また、機種によっては、停止ボタンがある機種もありますので、この場合は停止ボタンを押して遮断します。



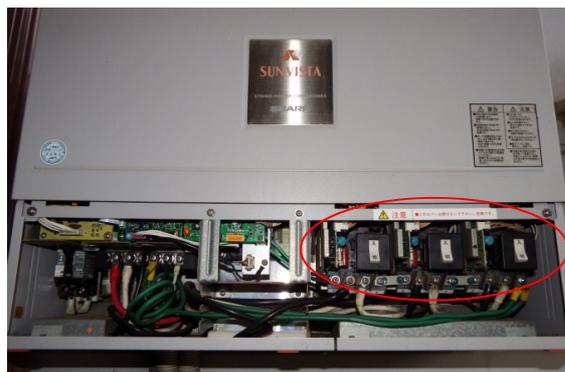
屋外配線の場合



屋内配線の場合



接続箱 開閉器の例<sup>18</sup>



接続箱・パワーコンディショナー一体型 開閉器の例<sup>2</sup>

<sup>18</sup> 島電気商会提供



接続箱・パワーコンディショナー一体型 停止ボタンの例

## 2.2 太陽電池モジュール部分での遮断（コネクタの切り離し）

消火活動の必要性から太陽電池モジュールから遮断することがある場合、特に安全性に注意が必要です。絶縁性の高い手袋を装着したうえで作業を行います。

国内品・海外品に関わらず、両端を引っ張ることで切り離すタイプとコネクタの切り離しに器具が必要なタイプがあります。

この際、アーク発生の危険性があるので、十分に注意します。



コネクタの例



海外製モジュールのコネクタの例

本文書につきまして、皆様の意見を反映し改良を行いたいと考えております。追加・修正などのご要望、意見を以下までお寄せ頂ければ幸いです。

独立行政法人 産業技術総合研究所 太陽光発電工学研究センター  
システムチーム (事務局：大関 崇)

Mail: [pvfire-ml@aist.go.jp](mailto:pvfire-ml@aist.go.jp)