

技術動向レポート

## 国際的な太陽光発電システムの火災安全に関する取り組みと安全性技術

環境エネルギー第2部 エネルギーチーム  
 コンサルタント 並河 昌平

近年国内外で導入が急速に進んでいる太陽光発電システムにおいて、今後のさらなる普及を見据えた課題として、安全性が取り上げられている。安全性の課題の一つとして、太陽光発電システムの火災時に対応する消防隊員や緊急時作業員等へのリスク低減がある。

本稿では、太陽光発電システムの火災事故事例を概観し、消防隊員等へのリスクとそのリスク低減に向けた取り組みや安全性技術等の対策について紹介する。

### はじめに

太陽光発電システムは住宅の屋根上に設置されていることも多く、われわれの日常生活において、身近な存在となりつつある。2016年4月末時点の国内の住宅への太陽光発電システム(10kW未満)の設置数が約210万件、合計容量で約8.7GW<sup>(1)</sup>となっている。

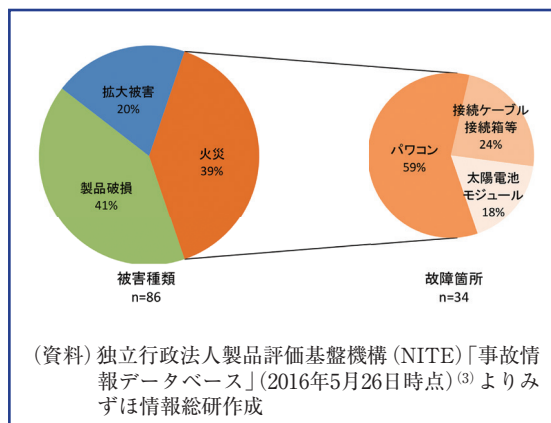
火力発電をはじめとする一般的な従来の大規模集中型発電所は、専門事業者や専門家のもとで安全性に関する管理が徹底されてきた。しかしながら、太陽光発電システムをはじめとする小規模分散型電源は設置数が非常に多く、また所有者も一般家庭ユーザーであり、必ずしも全ての設備について適切な管理・保守がされていない可能性がある。太陽光発電システムは適切に設置し、管理・保守をしていれば安全である一方、頻度は低いものの、火災事故が一部発生している。さらに、災害等、緊急時の際に太陽光発電システムが破損した場合には、安全性を損なう可能性があり、所有者や緊急時作業員等の安全確保のために注意が必要となる<sup>(2)</sup>。

### 1. 太陽光発電システムの火災事故

太陽光発電システムの火災事故はどれくらい発生しているのだろうか。

国内の太陽光発電システムの事故事例は、必ずしも網羅的に整備されているわけではないが、独立行政法人製品評価基盤機構(NITE)の事故情報データベースにおいて、様々な製品の事故に関する情報が公開されている。このデータベースから、太陽光発電システムに起因する事故情報をみると、図表1に示すように、2000

図表1 太陽光発電システム事故における被害種類と故障箇所内訳



年以降に86件の事故が挙げられており、このうち39%の34件は火災事故に分類されている。残りの事故は、製品破損または周辺への被害が見られる拡大被害に分類されているが、これらの分類の中でも、パワコンや接続ケーブルや接続部の焼損や発煙等、火災につながる可能性があった事故も報告されている。

また、実際に起きた火災事故の原因を分析すると、パワコンや、接続ケーブル、接続箱等における故障や設置不良等によるものが多い。火災事故を防ぐためには製造業者におけるパワコンの不具合や、施工事業者における設置不良等を減らしていくことが重要である。

## 2. 太陽光発電システム火災時における消防隊員等へのリスク

太陽光発電システムの火災事故には、1.で示した太陽光発電システムに起因する火災事故と、一般的な住宅火災が太陽光発電システムに延焼する火災事故がある。

このような火災事故が起きてしまった際には、消防隊員等の消火活動や緊急時対応において、感電等のリスクが発生し得る(図表2)。通常の住宅火災事故発生時には、消防隊員はまず住宅のブレーカーを落とし、住宅内において感

電の恐れがなくなった上で、消火活動を実施する。しかしながら、太陽光発電システムが設置されている住居では、ブレーカーを落としても、光があたる限り太陽光発電システムが屋根上で発電し、屋内の直流配線にまで電圧がかかっているため、消防隊員が、破損している直流配線に誤って接触し感電する可能性がある。また、屋根上で消火活動のために放水する際にも、破損した太陽電池モジュールから感電する可能性もある。

主要なリスクはこれら感電に係るリスクとなるが、他にも滑落や、燃焼ガス発生、崩壊、アーク出火といったリスクにも注意する必要がある。

## 3. 消防隊員等へのリスク低減に向けた取組みと具体的な対策

2.で記載した太陽光発電システム火災時の消防隊員等へのリスクは、住宅や建物に太陽光発電システムの導入が進むにつれて顕在化しており、これらのリスクを低減するための取組みが各国で進められている。ここでは、特に早くから検討、対策が進んでいる米国やドイツの取組みと、リスク低減に向けて具体的に取組むべき課題と対策例について紹介する。

図表2 太陽光発電システム火災時における消防隊員等へのリスク

リスク分類	内容
感電	破損した太陽電池モジュールや直流配線に接触または放水をすることによって、感電または火傷をする場合がある。
滑落	屋根に設置した太陽光発電システムにより、屋根上での消火活動が制限され、場合によっては滑落につながる可能性がある。特に、感電した場合に、滑落するリスクは高くなる。
燃焼ガス発生	一般的な火災と同様に、燃焼ガスが発生する可能性がある。
崩壊	火災により建物構造が脆弱化し、屋根上の太陽光発電システムの荷重により建物が崩壊する可能性がある。
アーク出火	太陽光発電システムに光があたる限り、破損した導体でアークが発生し、火災がさらに広がる可能性がある。

(資料) 各種資料よりみずほ情報総研作成

### (1) 米国やドイツの取組み

米国やドイツにおいて、消防隊員等へのリスク低減に向けた最初の取組みとして、ガイドラインの整備が挙げられる。ガイドラインは図表3に示すように、消防隊員向けのガイドラインと設置事業者向けのガイドラインの2つに分けられる。

消防隊員向けのガイドラインでは、消防隊員等への太陽光発電システムの仕組みや構成機器等の基本的な説明、火災時の太陽光発電システムにおけるリスク、消火活動時に注意すべき点等が取りまとめられている。また、設置事業者向けのガイドラインでは、消防隊員等のリスクに配慮した設置方法等が取りまとめられている。

米国やドイツを皮切りに、近年多くの国でこれらガイドラインの整備が進んでいる。ヨー

ロッパでは、フランス、イタリア、オーストリア、スイス、イギリス等で、アジア太平洋地域では、カナダ、オーストラリア等でガイドラインが整備されている。中国や韓国では、これからガイドラインの整備を含めた取組みが進むものと考えられる。

また、日本においても、経済産業省の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として関連する検討が実施されており<sup>(4)</sup>、一部の成果が国立研究開発法人 産業技術総合研究所から公開されている<sup>(5)</sup>。

冒頭にも述べたように、ガイドラインの整備は最初の取組みであり、これがさらに進み、規定等につながる場合もある。米国では、カリフォルニア州森林火災保護局(CAL FIRE)が、消防隊員から太陽光発電システム火災時の対応に関する課題を指摘され、太陽光発電産業界の

図表3 消防隊員等のリスク低減に向けたガイドライン

国	タイトル	著者	公開日
消防隊員向けガイドライン			
米国	太陽光発電の緊急時における消火活動 (Fire Operations for Photovoltaic Emergencies)	カリフォルニア州森林火災保護局 (CAL FIRE)	2010年11月
	太陽光発電における消防隊員の安全と緊急対応 (Firefighter Safety and Emergency Response for Solar Power Systems)	The Fire Protection Research Foundation	2010年5月
ドイツ	消防局、技術支援サービスのための太陽光発電に関する情報 (Einsatz an Photovoltaikanlagen Informationen für einsatzkräfte von feuerwehren und technischen hilfswesen)	ドイツ消防協会 (DFV)	2010年10月
設置事業者向けガイドライン			
米国	太陽光発電設置ガイドライン (Solar Photovoltaic Installation Guideline)	カリフォルニア州森林火災保護局 (CAL FIRE)	2008年4月
ドイツ	火災予防に適切な太陽光発電システムの計画、建設、メンテナンス (Brandschutzgerechte Planung, Errichtung und Instandhaltung von PV-Anlagen)	ドイツ太陽エネルギー産業協会 (BSW) 等	2011年2月

(資料) 各種資料よりみずほ情報総研作成

協力を経て、2008年4月に消防隊員の保護を目的とした設置事業者向けのガイドラインである「Solar Photovoltaic Installation Guide」を策定した。このガイドラインをもとに、カリフォルニア州の防火規定である「California Fire Code (CFC)」が改訂され、さらにそれが全米レベルの規定である「International Fire Code (IFC)」の改訂へとつながっている。

また、ガイドラインの整備と共に、研究機関等で火災安全に関する調査プロジェクトが実施されている。米国ではUL (Underwriters Laboratories) が、太陽光発電システム火災が消防隊員にもたらすリスクを分析する実証プロジェクトを実施している<sup>(6)</sup>。ドイツではFraunhofer ISE (Institute for Solar Energy Systems) が、太陽光発電の火災事故事例分析を保険業界との協力のもと実施しており、安全性向上にあたっての課題、対策について包括的な分析を実施している<sup>(7)</sup>。

このような火災安全に関する取組みを国際的に推進していくため、当社は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) とともに、国際エネルギー機関 (IEA) の PVPS Task 12 (PV Environmental, Health And Safety (E, H&S) Activities) において、米国やドイツ等の各国専門家と連携して、太陽光発電の火災安全に関する報告書を現在取りまとめている<sup>(8)</sup>。

## (2) 消防隊員等のリスク低減に向けて取り組むべき課題と対策例

(1) で紹介したガイドラインの内容を踏まえ、消防隊員等のリスク低減に向けて取り組むべき課題と対策例を図表4に示す。

取り組むべき課題は多くの場合、各国において共通である。その解決に向けた対策は各国若干異なることもあるが、太陽光発電システムの設

置方法や、消火活動方法等のルールを決めることで対応する「ソフト的アプローチ」、具体的な技術を導入することで対応する「技術的アプローチ」に整理される。

取り組むべき課題の一つに、太陽光発電システムの認知手段の確立がある。消防隊員にとって、消火活動対象の住宅に太陽光発電システムが設置されているかどうかは、消火活動の戦略や方針を決める上で、非常に重要な情報となる。そのため、消防隊員にいち早く太陽光発電システムの存在を知らせることが求められる。

もう一つの課題に、消火活動時の安全確保がある。消火活動時の消防隊員等には、感電、滑落、燃焼ガス発生といったリスクが発生する可能性があり、それらリスクの低減が必要となる。感電については、太陽光発電システムからの感電リスクをはじめ、屋内直流配線からの感電リスク、さらには放水時の感電リスクの低減を考慮する必要がある。また、滑落については、屋根上で消火活動する消防隊員のための十分なスペースの確保、燃焼ガスについては、有害化学物質リスクの低減を考慮する必要がある。

これら課題の解決に向けた対策として、例えば太陽光発電システムの認知のための分電盤等へのラベリングや、消火活動時の十分なスペース確保のための屋根上の太陽光発電システム設置スペースの後退等の「ソフト的アプローチ」が実施されている。なかでも、感電リスクの低減は特に重要な課題であり、「技術的アプローチ」としてラピッドシャットダウンが開発されている。

ラピッドシャットダウンは、火災時等の緊急時に、屋根上の太陽光発電アレイ付近で電圧を遮断することで、消防隊員等が住宅内の直流配線から感電するリスクを低減させるための安全性技術である。米国では米国電気工事基準 (NEC2014) においてラピッドシャットダウン

図表4 消防隊員等のリスク低減に向けて取組むべき課題と対策例

課題		対策例	
		ソフト的アプローチ	技術的アプローチ
太陽光発電システムの認知手段の確立	消防隊員へ太陽光発電システムの存在を知らせる	【設置方法】 分電盤等へのラベリング	ICT を活用した太陽光発電のマッピング
消火活動時の安全確保	消火活動時の十分なスペースを確保する	【設置方法】 屋根上の太陽光発電システム設置スペースの後退	—
	太陽光発電システムからの感電リスクを低減する	【消火活動】 ・太陽光発電システムのシャットダウン方法周知 ・太陽光発電システムからの距離の確保	ラピッドシャットダウン
	通電した直流配線からの感電リスクを低減する	【設置方法】 ・直流配線へのラベリング ・直流配線の敷設場所マップ ・直流配線の建物外敷設、直流配線の防火筐体での保護	—
	放水からの感電リスクを低減する	【消火活動】 被災太陽電池モジュールから距離をおいた放水	—
	太陽電池モジュールからの有害化学物質リスクを低減する	【消火活動】 保護装置、自給式呼吸器の着用	—
火災の防止	火災延焼を防ぐため短絡を遮断する	—	・アーク短絡回路遮断装置 ・地絡遮断装置

注：技術的アプローチの「—」についても、今後の技術・製品開発により、新たな対策技術が出現する可能性がある。

(資料) 各種資料よりみずほ情報総研作成

の導入が要求されており、この安全性技術の市場が拡大している。ただし、信頼性向上に関する技術的な開発課題も残っており、今後さらなる技術進展が求められている。また、米国電気工事基準の改定にあたっては、さらに安全性を向上させるために、太陽光発電アレイ付近での電圧遮断よりも厳しい太陽電池モジュールレベルでの遮断が議論されている。その動向を見据えて、モジュールレベルで遮断が可能となるマイクロインバーター等の新たな技術が米国の住宅用市場で既に採用されており、市場が拡大し

ている。

#### 4. 最後に

太陽光発電システムは価格競争が激化しており、さらなるコスト低減に向けて産業界では多大な検討が進められている。コスト低減ももちろんであるが、今後太陽光発電システムが普及し、主要な電源の一つとして社会において重要な役割を果たす時代を見据えるならば、今まで以上に「安全性」が重要なキーワードになる。

一般論として、コスト低減と安全性向上はト

レードオフの関係にある。コストが高くなり市場に受け入れられないことから、安全性を向上させる技術や製品開発は難しいといった技術者や製品開発者の声を聞くこともある。しかしながら、安全性技術は、将来わが国の太陽光発電システム技術において差別化の源泉にもなる可能性もあり、積極的に進めるべき分野である。そのためには、価格だけでなく、安全性の観点を含めて太陽光発電システムが市場で評価される仕組みを産業界全体で検討する、または米国のように、安全性技術の導入を一部基準化して、新技術製品導入を推進させるような取組みも有効であると考えられる。

将来のわが国の太陽光発電産業の競争力を高める上でも、将来の差別化を図るためにも、官民ともに、太陽光発電システムの安全性技術の向上について、さらに重点を置いて検討していく必要がある。

#### 注

- (1) 経済産業省「固定価格買取制度 情報公表用ウェブサイト 平成28年4月末時点の状況」(2016年8月4日更新)  
[www.fit.go.jp/statistics/public\\_sp.html](http://www.fit.go.jp/statistics/public_sp.html)
- (2) 一般社団法人太陽光発電協会「震災によって被害を受けた場合の太陽光発電システム取り扱い上の留意点」(2016年4月15日)
- (3) 独立行政法人製品評価基盤機構(NITE)「事故情報データベース」(2016年5月26日時点)  
[www.jiko.nite.go.jp/php/jiko/search/](http://www.jiko.nite.go.jp/php/jiko/search/)
- (4) 経済産業省「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」(2012年度)
- (5) 独立行政法人 産業技術総合研究所「太陽光発電火災発生時の消防活動に関する技術情報」(2014年2月)
- (6) UL “Firefighter Safety and Photovoltaic Installations Research Project” (2011年11月)
- (7) Fraunhofer ISE “Bewertung des Brandrisikos in Photovoltaik-Anlagen und Erstellung von Sicherheitskonzepten zur Risikominimierung” (2015年3月)
- (8) 執筆時点(2016年10月6日)でIEA PVPS task12の報告書として取りまとめを進めており、今後公表を予定している。