

営農型太陽光発電設備の電気安全面でのリスク

Electrical-Safety Issues of Photovoltaic Power Generation Systems Operated over Farms

加藤和彦*

1. はじめに

2012年7月に施行された再生可能エネルギー発電設備の固定価格買い取り制度に加え、2013年3月に農林水産省が農地法における農地転用許可における営農型太陽光発電設備の取り扱いを明確化して以降、この種類の太陽光発電の導入件数が増加している。

他方、営農型であるか否かによらず、電力系統に接続された太陽光発電設備は、電気事業法（以下、電事法）の規制対象である。電事法は電気工作物の保安確保を目的とするものであり、具体的には以下の第1条においてこの法の目的が示されている－この法律は、電気事業の運営を適正かつ合理的ならしめることによって、電気の利用者の利益を保護し、及び電気事業の健全な発達を図るとともに、電気工作物の工事、維持及び運用を規制することによって、公共の安全を確保し、及び環境の保全を図ることを目的とする。

電事法は、出力50kW未満の太陽光発電設備を「一般用電気工作物」、出力50kW以上の太陽光発電設備を「自家用電気工作物」として区別しているが、「人体に危害を及ぼし、又は物件に損傷を与えないようにすること」、「他の電氣的設備その他の物件の機能に電氣的又は磁氣的な障害を与えないようにすること」が、両方に共通する規定である（事業用電気工作物の維持：第39条、技術基準適合命令：第56条）。

なお、電気事業法以外に、民法第717条（工作物責任）「土地の工作物の設置又は保存に瑕疵があることによって他人に損害を生じたときは、その工作物の占有者は、被害者に対してその損害を賠償する責任を負う。ただし、占有者が損害の発生を防止するのに必要な注意をしたときは、所有者がその損害を賠償しなければならない」があることも忘れては

ならない。

2. 営農型太陽光発電設備の電気安全上の留意点

営農型太陽光発電設備は、他の一般的な太陽光発電設備に比べて、以下の二点の電気安全上の留意点がある。

(1) 太陽光発電設備が柵や塀で囲われていない

電事法の技術基準である電技省令や固定価格買取制度の事業策定ガイドライン（太陽光発電）は、これらの規制対象となる太陽光発電設備に第三者がみだりに近づかないよう柵や塀を設置するなどの適切な措置を講じることを命令している。

しかし、営農型太陽光発電設備は、その性質から、太陽電池アレイや架台、接続箱、パワーコンディショナ（以下、PCS）などの設備機器に柵や塀などが施設されていない場合がほとんどである。したがって、太陽光発電設備の電気安全リスクに関する知識を持たない第三者が太陽光発電設備に立ち入りまた触れる可能性がある。むろん、この第三者には太陽電池アレイの下で農作業をする農業従事者が含まれる。

(2) 太陽電池アレイの下に可燃物（農作物）が存在する

当然のことながら、営農型太陽光発電設備では、農耕期に太陽電池アレイの下に可燃物である農作物が存在する。

以上のことから、営農型太陽光発電設備は、他の一般的な太陽光発電設備に比べて、第三者の感電リスクや火災発生リスクが高いといえる。したがって、営農型太陽光発電設備は、設計・施工および運用・保守の各段階において、接地・絶縁の確保などに対

* 国立研究開発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
(〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1)
e-mail: kazuhiko.kato@aist.go.jp

するより一層の配慮が求められる。

3. 接地抵抗について

電技省令は、第 11 条および第 12 条で電気設備の接地に関する事柄を規定している。

＝＝＝＝

電技省令

第 10 条（電気設備の接地） 電気設備の必要な箇所には、異常時の電位上昇、高電圧の侵入等による感電、火災その他人体に危害を及ぼし、又は物件への損傷を与えるおそれがないよう、接地その他の適切な措置を講じなければならない。ただし、電路に係る部分にあっては、第 5 条第 1 項の規定に定めるところによりこれを行わなければならない。

第 11 条（電気設備の接地の方法） 電気設備に接地を施す場合は、電流が安全かつ確実に大地に通じることができるようにしなければならない。

＝＝＝＝

そして、その解釈である電技解釈第 29 条と第 17 条はこの具体的な方法を以下のように定めている。

＝＝＝＝

電技解釈

第 29 条（機械器具の金属製外箱等の接地） 電路に設置する機械器具の金属製の台および外箱（以下この条において「金属製外箱等」という。）（外箱のない変圧器又は計器用変成器にあっては、鉄心）には、使用電圧の区分に応じ、29-1 表に規定する接地工事を施すこと。ただし、外箱を充電して使用する機械器具に人が触れるおそれがないようにさくなどを設けて施設する場合又は絶縁台を設けて施設する場合には、この限りでない。（後略）

29-1 表

機械器具の使用電圧の区分		接地工事
低圧	300V 以下	D 種接地工事
	300V 超過	C 種接地工事
高圧又は特別高圧		B 種接地工事

第 17 条（接地工事の種類及び施設方法）

A 種接地工事は、以下の各号によること。

一 接地抵抗値は、10 Ω 以下であること。
（後略）

3 C 種接地工事は、次の各号によること。

一 接地抵抗値は、10 Ω（低圧電路において、地絡を生じた場合に 0.5 秒以内に当該電路を自動的

に遮断できる装置を施設するときは、500 Ω）以下であること。

（後略）

4 D 種接地工事は、以下の各号によること。

一 接地抵抗値は 100 Ω（低圧）電路において、地絡を生じた場合に 0.5 秒以内に当該電路を自動的に遮断できる装置を施設するときは、500 Ω）以下であること。

（後略）

＝＝＝＝

表 1 は、筆者らが近年に実施した地上設置型太陽光発電設備（電圧区分：低圧）の測定調査のうち、基礎杭によって接地がとられていた設備における PCS の接地極の接地抵抗の測定値の一覧である。

表 1 基礎杭によって接地がとられていた地上設置型太陽光発電設備（電圧区分：低圧）の PCS 接地極の接地抵抗の測定例

設備名	接地抵抗[Ω]	設備名	接地抵抗[Ω]
KS-1	7.23	C-1	0.40
KS-2	12.9	C-2	0.35
S-1	5.85	C-3	1.26
S-2	6.36	C-4	0.30
S-3	7.05	T-1	2.47
S-4	7.18	T-2	1.86
S-5	4.60	H-1	26.9
S-6	9.27	H-2	37.0
S-7	7.00	H-3	39.5
S-8	9.43	H-8	24.4
S-9	8.92	H-9	31.0

これらはいずれも電技解釈において C 種接地工事（10 Ω 以下の接地抵抗）を施すべき設備であるが、10 Ω を大きく逸脱している設備もあった。

また、低圧設備における太陽電池アレイの架台や太陽電池モジュールのフレームの接地抵抗も、同様に 10 Ω 以下である必要があるが、筆者らの調査では、接地線の未接続あるいは接続不良のために 50 Ω を越える接地抵抗が測定された事例もあった。

なお、電技解釈第 17 条の第 3 項および第 4 項には、遮断器を施設する場合の緩和規定があるが、太陽電池アレイの直流側で地絡が発生すると、接続箱や PCS に施設された遮断器によっても地絡電流を遮断できない場合がある。したがって、営農型に限らず太陽光発電設備にこの緩和規定を適用することは危険である。

4. 絶縁抵抗について

電技省令は、以下の第 58 条で電気工作物の絶縁抵性能を規定している。

＝＝＝＝

電技省令

第 58 条（低圧の電路の絶縁性能） 電気使用場所における使用電圧が低圧の電路の電線相互間及び電路と大地との間の絶縁抵抗は、開閉器又は過電流遮断器で区切ることのできる電路ごとに、次の表の左欄に掲げる電路の使用電圧の区分に応じ、それぞれ同表の右欄に掲げる値以上でなければならない。

電路の使用電圧の区分		絶縁抵抗値
300V 以下	対地電圧（接地式電路においては電線と大地との電圧、非接地式電路においては電線間の電圧をいう。以下同じ。）が 150V 以下の場合	0.1 Ω
	その他の場合	0.2 Ω
300V を超えるもの		0.4 Ω

＝＝＝＝

電気工作物である営農型太陽光発電設備もこの規定が示す絶縁性能を維持する必要がある。

表 2 は、筆者らによるある太陽電池アレイ（使用電圧区分：300V 超過）の各直流回路の絶縁抵抗の測定結果の一例である。どのストリングの絶縁抵抗も電技省令第 58 条の規定（0.4M Ω 以上）に適合してはいたが、100M Ω を超えるストリングがあった一方で、絶縁抵抗が数 M Ω 程度しかないストリングもあった。後者の原因は写真 1 に示したようなモジュール端部からの水分の浸入によるモジュール内発電回路（充電部）とモジュールフレーム（非充電部）の導通であった。

なお、筆者が在籍する産総研太陽光発電研究センターシステムチームは太陽光発電設備の直流電気安全や保安点検に関する技術情報を文書にまとめ、次のホームページに公開しているので、参考にしてほしい：https://unit.aist.go.jp/rcpv/ci/service/PV-Electrical_Safety/index.html

5. おわりに

営農型太陽光発電は、太陽エネルギーを三次元に活用し食糧生産とエネルギー獲得の双方に役立てることができる新しい太陽光発電の設置形態であるが、安全確保に特別な優遇措置があるわけではない。営農型太陽光発電設備の健全な発展のためには、電気と構造の両面において他の形態の太陽光発電設備と同等水準の安全性が求められる。

しかし、その一方で、現在の農地法はこの要請を阻害している事実があることは否めない。すなわち、支柱の一時転用許可には期間に制約があり、また、農作物の生産に著しい支障がある場合には設備の撤去が求められる。その結果、営農型太陽光発電設備の構造は簡易で容易に撤去できるようなものとなり、かつ、電気設備も保安面については費用が惜しまれることになるだろう。

持続的な営農型太陽光発電の普及のためには、経済産業省と農林水産省の主導の下で、この設備のための適切な技術基準およびガイドラインを早急に制定すべきである。

表 2 太陽電池アレイ直流回路の絶縁抵抗測定例

回路	絶縁抵抗[Ω]		回路	絶縁抵抗[Ω]	
	P-E 間	N-E 間		P-E 間	N-E 間
#2-1	0.52	1.59	#2-8	33.1	39.8
#2-2	113	112	#2-9	86.7	90.5
#2-3	16.1	13.0	#2-10	9.67	9.89
#2-4	61.8	73.4	#2-11	4.31	6.86
#2-5	4.36	5.23	#2-12	1.44	1.82
#2-6	1.37	0.91	#2-13	21.4	24.0
#2-7	2.02	2.28	#2-14	24.4	24.5



写真 1 端部から水分が浸入した痕跡が認められた太陽電池モジュール