

序 章

【設備の名称】

太陽電池発電設備の「電源」は膨大な数の太陽電池セル（以下「セル」という）である。セルは光起電力効果（光電効果ともいう）を持つ半導体であり、光が当たると直流電力を生成する。太陽電池発電設備の出力は、セルの受光面積及びセルへの光の入射量に比例する。発電設備として利用される膨大な数のセルは、その直流電力がパワーコンディショナ（PCS）に集約され交流電力に変換される。この電力変換技術も多種の半導体に依る。

かねてより電気事業法関連法令ではセルを用いた発電設備のことを太陽光発電設備でなく、太陽電池発電設備とよんできた。太陽熱発電設備と区別するためである。2020年4月には『発電用太陽電池設備に関する技術基準を定める省令』が施行され、発電用太陽電池設備という用語が登場した。こちらも太陽熱発電設備と区別する用語となっている。

一方、日本産業規格 JIS C 8960『太陽光発電用語』では太陽光発電のことが「太陽光のエネルギーを直接電気エネルギーに変換する発電方式。光起電力効果を利用した太陽電池を用いるのが一般的である」と記され、「太陽電池発電」という表記はない。2012年に開始された『電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法』（再エネ特措法又はFIT法とよぶ）*に基づく再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT制度）では、太陽電池発電設備のことを太陽光発電設備と表記したため、当該設備の普及と相まってこちらの表記が一般化した。

本マニュアルでは太陽電池発電設備の表記に統一する。但し、引用元の表記が太陽光発電となっている場合はそれにしたがう。

【点検の義務化】

太陽電池発電設備は長年にわたり「メンテナンスフリー」「劣化消耗する部品が無い」といわれてきた。だが、2012年の再生可能エネルギー固定価格買取制度の開始以降、同設備が各地に増えるにつれ、破損・劣化する例が少なくないことが明らかになった。そのような状況をふまえ、次のような法令改正等が進められてきた。今後も適時改正が行われる可能性がある。

①電気関係報告規則の改正

従来「出力500キロワット以上」の太陽電池発電所で発生した電気事故が『電気関係報告規則』に基づく国への報告の対象となっていたが、2016年9月、「出力50キロワット以上」に改正された。同時に『電気関係報告規則第3条の運用について（内規）』で「太陽電池モジュール又は架台等の構外への飛散等」及び「電気工作物の破損等に伴う土砂崩れ等による道路等の閉塞、交通の著しい阻害等」が「電気工作物に係る物損等事故」に該当するとされ、報告対象となった。さらに2021年4月の改正以降、一般電気工作物に該当する場合であっても出力10キロワット以上の太陽電池発電設備（注）であれば、太陽電池モジュール総出力の20%以上が破損した場合、国に報告しなければならなくなり、「落雷による太陽電池又はその附属設備の焼損」、「逆変換装置等の損傷に伴う運転停止」、「太陽電池発電設備の支持物の倒壊・折損」、「水没による太陽電池モジュールや逆変換装置等の損傷に起因する太陽電池発電設備の停止」につ

いては、事業用電気工作物扱いの同設備と同様、国への報告義務が課せられた。

②再エネ特措法の改正

2017年の再エネ特措法改正によって、既設新設を問わず買取認定設備を用いて発電事業を行う事業者に対して「保守点検及び維持管理」が義務づけられた。

③消費者安全調査委員会の意見

2019年1月、消費者庁消費者安全調査委員会が『事故等原因調査報告書 住宅用太陽光発電システムから発生した火災事故等』を公表し、調査対象の火災事故等72件中、太陽電池モジュール又はケーブルからの事故発生件数が13件、パワーコンディショナ又は接続箱からの事故発生件数が59件あったことを明らかにした。同報告書では、住宅用の同設備について「保守点検の確実な実施を担保する仕組みの構築」が必要との意見が経済産業大臣に対して付され、再エネ特措法上の買取認定を取得しているかどうかに関係なく、全ての同設備には保守点検が必須とされた。

④『自家用電気工作物保安管理規程』の改訂

事業用電気工作物の場合、技術基準に適合するよう維持されなければならないことが従前から電気事業法第39条で義務づけられている。技術基準への適合状況を確認するために実施するのが点検である。電気事業法関連法令上、太陽電池発電設備は、出力や連系電圧等によって一般用電気工作物と事業用（自家用）電気工作物とに分けられる（注）。後者に該当する太陽電池発電設備には電気事業法関連法令上、点検の義務があり、民間規格『自家用電気工作物保安管理規程』には具体的な点検項目についての記載がある。2019年2月、同規程が改訂された際、同設備に対する点検項目が大幅に増えた。これは電気主任技術者等による同設備における保安監督の責任範囲がより広がったことを意味する。

⑤電気事業法の一部改正

2021年4月、電気事業法の一部が改正され、自家用電気工作物（太陽電池発電設備を含む）の保守点検を行った事業者に対し、国がその業務の状況に関し報告又は資料の提出をさせることができるようになり（第106条）、且つ保守点検を行った事業者の事務所等に国が立ち入り、電気工作物、帳簿、書類その他の物件を検査することができるようになった（第107条）。

⑥小規模事業用電気工作物の区分新設（164頁参照）

2022年6月、電気事業法改正によって一般用電気工作物と事業用電気工作物の中間的位置づけとして小規模事業用電気工作物という区分が新設された（2023年施行）。出力10キロワット以上50キロワット未満の太陽電池発電設備がこれに該当する。一般用電気工作物にはない技術基準維持義務が課せられ、再エネ特措法上の買取認定の有無を問わず点検が必須とされた。

【本マニュアルの対象設備】

本マニュアルでは、太陽電池が生成した直流電力（線間電圧30ボルト以上1500ボルト未満）をPCSが交流電力（線間電圧30ボルト以上600ボルト未満）に変換する発電設備を対象とする。また、高圧配電線に系統連系する設備の場合は、発電に関連する交流設備（昇圧用変圧器・開閉器類・保護装置等）も対象に含む。

※『再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法（FIT法）』が改正され、2022年4月より『再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法』が施行された。旧

法の略称「再エネ特措法」はそのまま流用されている。主な改正点は、① FIP (Feed-in Premium) 制度の創設、②太陽電池モジュールの廃棄等費用の外部積立制度の導入、③未稼働案件の認定失効制度の導入である。FIP 制度とは、発電電力量に固定単価を乗じる旧法とは異なり、変動する市場売電価格に一定の補助額（プレミアム単価）を加算した額を発電事業者に支払う優遇制度である。

注 2022 年の電気事業法改正により、従来は一般用電気工作物に該当した出力 10 キロワット以上 50 キロワット未満の太陽電池発電設備は、小規模事業用電気工作物という新たな区分に該当することになった。施行は 2023 年 3 月 20 日（164 頁参照）。

目次・序章

第 1 章
システム
構成第 2 章
作業上の
注意点第 3 章
竣工検査第 4 章
点検第 5 章
事故統計

参考資料

参考文献

用語索引

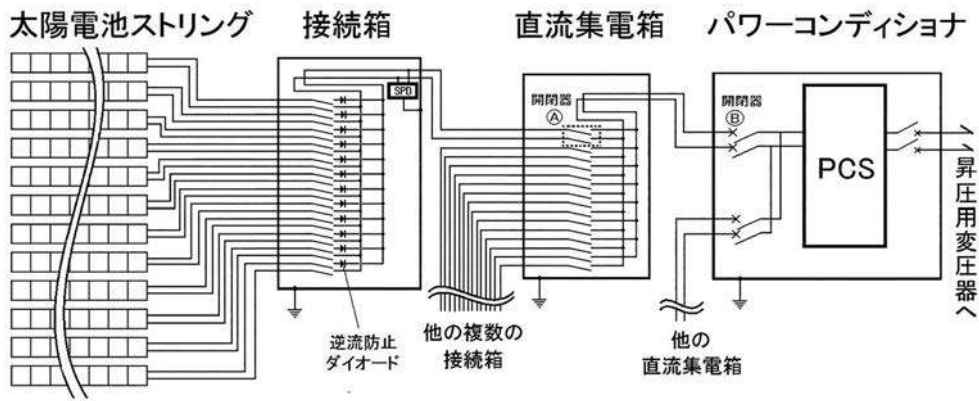


図 1-05 太陽電池モジュールの敷設枚数が多い太陽電池発電設備の直流電路構成例

直流集電箱を設置するかどうかは PCS 等の機器の配置・離隔距離によって検討され、設置が省略されることも少なくない。いずれにせよ、接続箱や直流集電箱によって集約された直流電力は PCS によって交流電力に変換され出力される。^{注 03}

接続箱・直流集電箱・PCS は、太陽電池アレイに直接又は近傍に設置される例（図 1-06）もあるが、延長されたケーブルによって太陽電池アレイから離れた場所に設置される例（図 1-07）もある。また、接続箱機能を内蔵している PCS（図 1-08）も多くあり、必ずしも接続箱が独立しているとは限らない。ストリング線端の防水コネクタが接続箱一体型 PCS に直接接続され、ストリングごとに開閉する開閉器類が省かれている例も少なくない。この場合、点検時に絶縁抵抗計等を用いて各ストリング電路を測定するとき、当該防水コネクタ（オス形とメス形の樹脂製部材）を引き外す必要があり、防水コネクタの性能劣化を促してしまうリスクがある。中には防水コネクタを引き外さずに絶縁抵抗等を測定できる型式の PCS もある。

高圧連系太陽電池発電設備の場合、接続箱や直流集電箱は、キュービクル式高圧受電設備の筐体に接続盤や直流集電盤として組み込まれるケースもある。

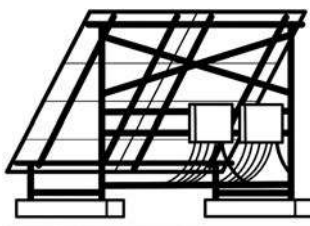


図 1-06 太陽電池アレイに直接設置される例

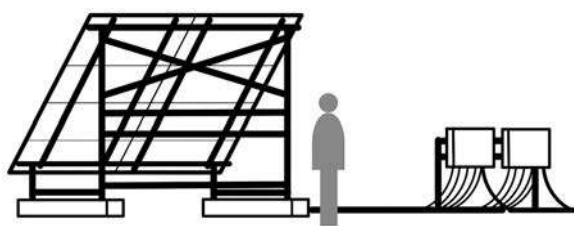


図 1-07 太陽電池アレイから離れた場所に設置される例

接続箱の内部には、集電用電路のほか保護装置が設置されている。保護装置とは、主に過電流防止装置や避雷装置（SPD 又はバリスタ。サージアブソーバともいう）である。ストリング電路ごとに過電流防止装置として「逆流防止ダイオード」（一部に逆流防止リレーの例あり）又は「ヒューズ」を設置する必要がある。需要設備では、分岐回路ごとに過電流トリップ機能付き低圧遮断器を過電流防止装置として用いる例が多いが、同種の遮断器をストリング電路上に用いたとしても、短絡保護として機能しない。というのも、ストリング電路は短絡しても発電電流の 110～120% しか短絡電流が流れないからである。ストリング電流を集電した後の主回路（母線）なら過電流トリップ機能付き低圧遮断器の設置は過電流保護として有効で、設置事例が多い。

接続箱内には、ストリングごとに回路を開閉できる開閉器（ヒューズホルダでも可）を設置することが望ましい。PCS には太陽電池電路の異常（直流地絡等）を検知する装置が内蔵されていることが多いが、どのストリングで異常が生じているかまでは特定できないケースがほと

検出器の具備が義務付けられているわけではない。しかしながら、昨今市販されている PCS のほとんどの機種には直流成分検出器が備わっている。なお、絶縁変圧器が内蔵されていない PCS を一般にトランスレス式 PCS とよぶ（19 頁④参照）。

①電力変換装置の主な特徴として、ソフトスタート機能（出力開始時には出力電流を抑制し、徐々に出力電流を増加させる方法）、ゲートブロック機能、出力電流・出力電圧・力率を制御する機能等がある。ゲートブロックとは、微弱な信号をスイッチング用半導体を送って電力変換が行われないう運転待機状態にさせておくことである。ゲートブロックを解除するだけで運転再開を速やかに行うことができる。主回路接点の物理的 ON/OFF が無い運転操作のため、主回路接点の劣化等のトラブルを回避できる。

PCS へ入力する直流電流は、太陽電池モジュールが受光する日射量の増減に比例するため、当然ながら入力電力も増減する。入力電流の増減に追従しながら、電流と電圧の積がなるべく定格電力値に近づくように PCS が自動的に入力電圧を上下させる仕組みがある。それを最大電力点追従制御（MPPT = Maximum Power Point Tracking）とよび、ほとんどの PCS で採用されている。

PCS が出力する交流電力のほうも定格出力値が発揮できるよう系統電圧の上下に追従して出力交流電流を自動的に増減させる制御のほか、力率のほうも設定値になるように無効電力の自動出力制御が行われる（188 頁）。

②系統連系保護装置に内蔵されているのは、系統（交流・商用）の過電圧・瞬時過電圧・不足電圧・過周波数・不足周波数を検出する各保護継電器のほか、直流成分検出機能、交流電圧上昇抑制機能（力率制御含む）、単独運転防止機能、系統復電後一定時間の投入阻止機能、事故（瞬時電圧低下・瞬時周波数低下）時の不要解列回避（FRT）機能、外部信号による出力制御機能等である。

PCS には①②以外の保護機能が追加されていることが多い。その機能とは、交流過電流、直流過電圧、直流不足電圧、直流地絡、温度上昇、内部機器（冷却ファン・通信・ヒューズ）異常等を検出し、運転を自動停止させたりエラーメッセージ等を発出する機能である。

直流地絡検出装置は、直流地絡を検出したとき、PCS 主開閉器の開放によって PCS と直流地絡発生電路との縁を切ること、もしくは直流地絡発生を示すエラーメッセージを発出するのが目的である。直流地絡検出装置には、接地抵抗器を用いたタイプと直流用変流器（CT）を用いたタイプがある。前者は高精度だが高価で、しかも接地抵抗器を通じて大地から侵入する雷サージやノイズによるトラブルが生じやすい。後者は、前者に比べ精度が劣る上、直流電路の対地静電容量の影響を受けて誤作動したり、許容値を超える地絡電流が生じた際、残留磁気の影響によって適正な検出ができなくなる等のトラブルが生じやすい。同装置に求められるのは、a. 検出不感帯が無いこと、b. 高頻度に監視できること、c. 地絡検出と同時に地絡箇所を特定できることであるが、この3点を満たした機種が実際に導入された例は現在のところ確認できない。

複数のストリングが並列接続されており、その中の1ストリングが断線した場合、汎用型 PCS はその断線を検知できない。なぜなら出力低下を検知したとしても、雲や飛来物の影による出力低下と区別できず、故障だと判定できないからである。PCS は、断線した先が地絡してはじめて直流地絡検出装置によって故障判定することになる。

そもそも、PCS に内蔵される保護継電器及び直流地絡検出器は、電気規格調査会標準規格 JEC-2500『電力用保護継電器』及び JEC-2511『電圧継電器』に準拠していない機種が大勢を占める。前者の規格 JEC-2500 は、保守点検用の試験を想定した設計にするようメーカーに対して求めているが、実際の PCS は、そのような設計になっていない機種が多い。

電気規格調査会標準規格 JEC-2470『分散形電源系統連系用電力変換装置』には「7.5.3 [系統

連系用] 保護機能試験」の項目があり、模擬運転状態で試験を実施するとの記載がある。PCSの機種によっては、この規格に準拠するべく、可搬型の保護継電器試験器を用いて系統連系用保護機能試験が行える機種があるが、普及率は低い。直流地絡検出装置は保護装置だが、系統連系保護装置でないため、認証機関「一般財団法人電気安全環境研究所（JET）」が行うパワーコンディショナ認証試験の対象に含まれていない（追補版・追8頁参照）。

【運転制御・出力制御（出力抑制）】

発電設備の運転と停止は、基本的にPCSが自動で行う。停止するときは、イ. 日射が不足するとき（待機）、ロ. 異常を検知したとき、ハ. 手動停止操作（現地又は遠隔）が行われたときの3通りである。運転停止が伴う異常か否かは予め設定しておく。異常が除去された後、自動的に運転開始となる場合と手動復帰操作が要する場合の2通りがある。また、ハに該当する運転操作の一つとして、再エネ特措法に基づく認定設備であれば系統の需給バランス維持のため、出力制御（出力抑制）が発電事業者に対して求められる場合がある（214頁参照）。

1-1-2 交流電路側のシステム構成

系統連系する発電設備を設置する場合、出力規模・連系電圧・逆潮流の有無に関係なく一般送配電事業者との事前協議（本マニュアル165頁以降参照）が必要である。設計の際にはその設備の出力を逆潮流させるかどうかを最初に決めておかねばならない。逆潮流とは、発電設備が出力した有効電力が系統側へ向かう現象のことである。逆潮流ありの発電設備は、逆潮流なしの発電設備よりも系統の電力品質に影響を及ぼしやすいため、慎重に検討する必要がある。

太陽電池発電設備のほとんどは、パワーコンディショナ（PCS）に内蔵された機能によって系統連系している。PCSは型式によって出力規模や付帯機能に大きな差があるが、普及率の高いPCSは、**受動的及び能動的単独運転検出機能**を伴った系統連系保護装置が内蔵され、加えてゲートブロック（機械的な開放を伴わない発電停止操作）によって発電を速やかに停止できる。発電設備が出力する電力の供給先は、表1-03（18頁）に示すとおり6種に分類できる。発電設備のシステム構成を検討する際には、負荷機器のみの需要設備と異なり、『系統連系規程』と『電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン』を遵守しなければならない。

◇18頁・表1-03 [ハ] [ヘ] の注意点

需要設備と逆潮流なし発電設備が同一構内で電氣的に接続された場合で、両設備の所有者（又は占有者）が異なる例があるが、電気事業法上の保安の責任分界点は一般送配電事業者の配電設備との接続点にのみ設ける。事業用電気工作物の場合は、発電設備と需要設備の所有者が別であっても、双方の設備が電氣的に接続されていれば、一電気主任技術者が保安の監督を担うことになるからである。発電設備と需要設備との間に民事上の「財産分界点」を設けることを両所有者が図面等で事前に申し合わせておくのは構わない。

【交流電路側のシステム構成】

【共通の注意事項】

①発電出力

太陽電池発電設備の公称出力は、太陽電池モジュールの合計出力で判断することが原則である。但し、太陽電池モジュールとパワーコンディショナ（PCS）との間に電気を消費する（負荷設備）又は貯蔵する機器（蓄電池等）を接続しない場合は、PCSの出力（連系出力ともいう）をその太陽電池発電設備の出力と判断してもよい。

発電電力の供給先		低圧配電線に接続している場合	高圧配電線に接続している場合
系統連系時	逆潮流あり	[イ] 20頁・図1-09 	[ニ] 23頁・図1-12参照
	逆潮流なし	[ロ] 21頁・図1-10,1,2参照 	[ホ] 23頁・図1-12参照
	逆潮流なし	[ハ] 22頁・図1-11参照 	[ヘ] 24頁・図1-13参照

表 1-03 接続配電線別、発電電力の供給先 (矢印)

②電気方式と接地方式

低圧配電線に接続する場合の電気方式は、単相2線式100ボルト、単相2線式200ボルト、単相3線式、三相3線式・4線式のいずれかである。高圧配電線に接続する場合の電気方式は、三相3線式である。系統連系保護装置のうち、交流不足電圧・交流過電圧・不足周波数・過周波数の各種継電器、単独運転検出装置、復電後一定時間の遮断装置投入阻止装置、電圧上昇抑制装置、直流成分流出検出装置はPCSに内蔵されることが多い。系統連系用保護継電器の設置相数は電気方式に適合させなければならないため、PCSの機種を選定する際は出力のほかに電気方式を考慮しなければならない。PCS(特に海外製)は、交流出力側電路の接地方式(TT方式やTN方式等)と適合させる必要がある。

③同構内にPCSを複数台設置する場合

系統停電時にPCS複数台が相互に干渉しあって単独運転検出機能が不動作状態にならないため、複数台設置が可能な機種をPCSを選定する。

PCSが出力する交流電力を集約するため、交流集電箱が設置されることがある。交流集電箱は、交流集電盤としてキュービクル他の筐体に付帯される場合がある。交流集電箱(盤)内には、PCSの主回路ごとに過電流トリップ付き漏電遮断器(逆接続可能型)が設置される例が多い。

低圧配電線に系統連系する発電設備で、もしPCSの主回路ごとの遮断器を漏電遮断器ではなく、漏電トリップ機能のない過電流トリップ付き遮断器にする場合は、低圧配電系統に近い主遮断器を過電流トリップ付き漏電遮断器にする。但し、この場合、太陽電池モジュールの対地静電容量やPCSが発するノイズ等の影響を受け、漏電遮断器が不必要トリップすることがある。特に高圧連系の場合、昇圧用変圧器に至近のPCSが自らの発するノイズで異常が発生したと誤検出し、運転停止することがある。

④絶縁変圧器

低圧連系の場合、配電系統に直流成分を流出させないため、パワーコンディショナ（PCS）の交流側に絶縁変圧器の設置が必要である（15頁及び追補版の追7頁参照）。しかし、次のイ・ロの両条件を満足すれば、省略することができる（電技解釈第221条）。

- イ. 直流回路が非接地である場合又は高周波変圧器を用いる場合
- ロ. 交流出力側に直流検出器を備え、直流検出時に出力停止する機能がある場合

⑤高圧連系する場合の解列用遮断器

定格遮断電流が12.5kA以上の機器を選定する。

⑥系統のためのパワーコンディショナ（PCS）の設定

【力率一定制御】

一般送配電事業者によっては、逆潮流ありの発電設備に対して、発電電力の力率を100%とせず、85%～95%になるよう設定変更を求める場合がある。その目的は、分散型発電設備の増加に伴う系統電圧の上昇を防ぐためである。系統電圧の上昇を防ぐ方法として、一般送配電事業者が当該配電線に自動電圧調整器（SVR）や分路リアクトル装置（ShR）を設置することがあるが、高コストかつ長期工事が必要となる。分散型発電設備の出力側で有効電力に対する無効電力の割合が常に一定となるよう設定変更するほうがローコストかつ速やかに系統電圧の上昇を防ぐことができる（187～188頁参照）。

【事故時運転継続（FRT）要件】

系統の停電には、停電継続時間が2秒以下の瞬時電圧低下（瞬低）から、数日間以上にわたる長時間停電まである。

瞬低によって、系統連系する多くの発電設備が系統から一斉に解列をしてしまうと最悪の場合、ブラックアウト（超広域停電）に陥るおそれがある。それを避けるため、分散型発電設備には事故時運転継続（FRT）要件の適用が求められるようになった。この場合の「事故時」とは系統側の事故時のことである。

同要件では、太陽電池発電用PCSの場合、系統連系規程上、位相変化を伴わない1.0秒以下の電圧低下継続時間中はPCSの運転継続を必要としている。商用周波数50Hzエリアの不足周波数継電器（UFR）の整定値については、FRT要件適用設備で検出レベル47.5Hz（非適用設備は48.5Hz）、検出時限2秒に合わせることによって、その整定値に満たない系統異常発生時は発電設備の運転継続が強く求められている。

系統側で瞬低が発生し、残電圧が20%未満になった場合はゲートブロックによる出力停止が認められているが、系統電圧が正常に復旧した後は、PCS内蔵のソフトスタート機能による0.2秒以内の運転再開が必要である。

目次・序章
第1章 システム構成
第2章 作業上の注意点
第3章 竣工検査
第4章 点検
第5章 事故統計
参考資料
参考文献
用語索引

【交流電路側のシステム構成：例1】

[イ] 低圧連系・逆潮流あり・全量配線

低圧配電線に接続しており、発電に必要な制御機器・監視機器・空調設備等のほかに負荷設備はなく、発電電力のほとんどが配電線に逆潮流する場合のシステム構成。夜間等の発電しない発電待機状態では商用電力を消費するため、買取用計器（逆潮流電力を計量するもの）のほかに需給用計器が設置される（契約種別により例外あり）。

低圧連系発電設備の全量配線は、原則的に出力10キロワット以上50キロワット未満の太陽電池発電設備のみ認められている。但し、「複数太陽光発電設備設置事業（いわゆる屋根貸し事業）」であれば、出力10キロワット未満であっても全量配線が可能である。

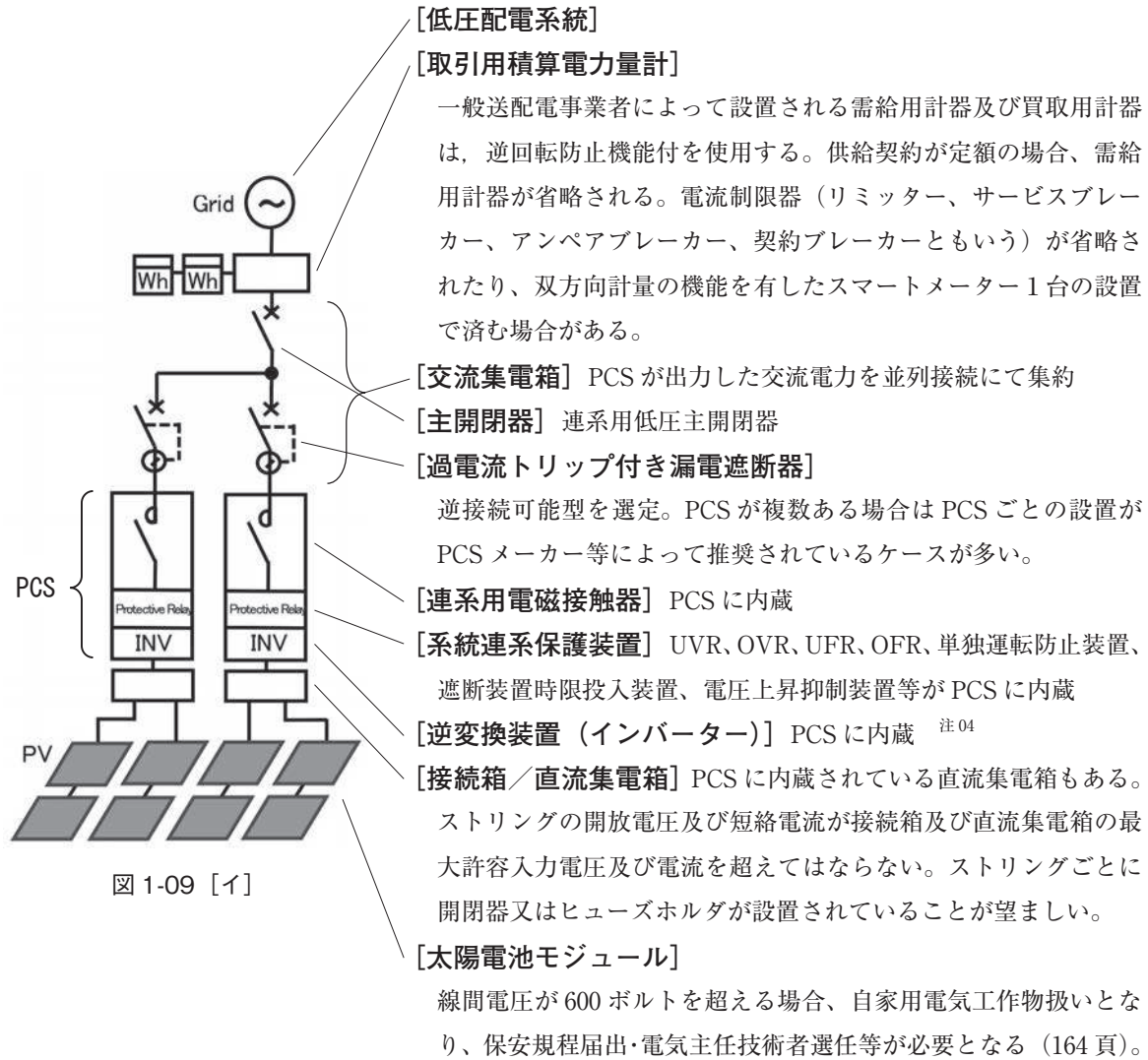


図 1-09 [イ]

注04 PCSの出力電圧がAC400ボルトの場合、PCSの交流出力側電路にAC200ボルトに降圧する絶縁変圧器を設置する例がある。設計の際には一般送配電事業者との協議が必要である。低圧連系するPCSがトランスレス式であれば、その変圧器が系統への直流成分の流出を防ぐ。太陽電池モジュールとPCSとの間に電気を消費する設備又は貯蔵する機器（蓄電池等）が接続されており、加えて太陽電池モジュールの合計出力が50キロワット以上の場合、低圧配電線に連系していても自家用電気工作物として扱われ、保安規程の届出・電気主任技術者の選任等が必要となる（164頁）。

【交流電路側のシステム構成：例2】

[□] 低圧連系・逆潮流あり・余剰配線

低圧配電線に接続しており、発電電力が構内の負荷設備に供給され、余剰電力は配電線に逆潮流する場合のシステム構成。連系用低圧開閉器の取付位置は2通りある。

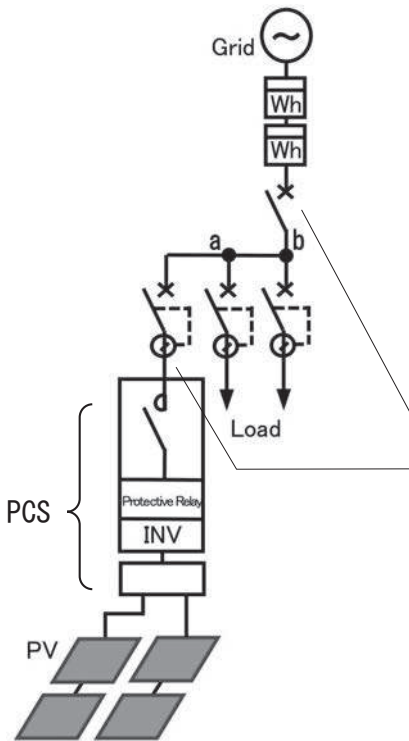


図 1-10-1 [□]

■例その1

太陽電池発電設備の連系用主回路配線は、負荷設備用主開閉器の2次側母線の末端（図 1-10-1 の a）に接続しなければならない。電気方式が単相3線式で、中性線に過電流が流れるおそれがない場合は下記例その2で示す母線の位置に接続しても構わない。

もし負荷設備用主開閉器に近い位置（図 1-10-1 の b）で母線に接続した場合、発電中、母線に許容電流を超える電流（商用電流と発電電流の合計）が流れるおそれがある。

[主開閉器]

[過電流トリップ付き漏電遮断器] 連系用低圧開閉器

逆接続可能型を選定。PCSが複数ある場合はPCSごとの設置が推奨されているケースが多い。

『内線規程』資料 3-5-6 参照

連系用低圧開閉器以下の構成は 20 頁を参照

■例その2

太陽電池発電設備の連系用主回路配線を負荷設備用主開閉器の1次側に接続した例。負荷設備用分電盤の許容電流を考慮せず連系が可能。

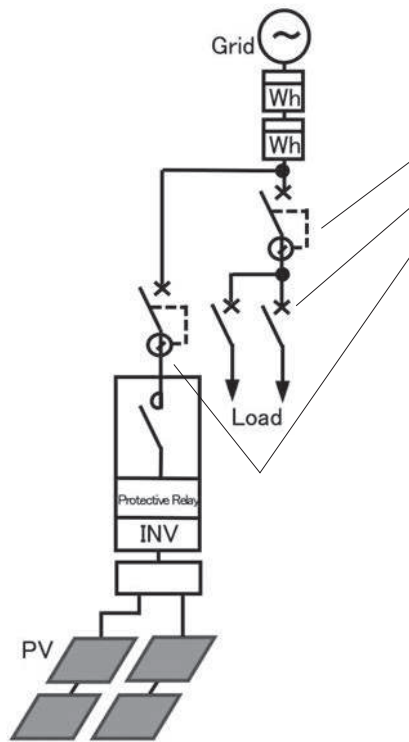


図 1-10-2 [□]

[負荷設備用主開閉器]

[負荷設備用分岐開閉器]

[過電流トリップ付き漏電遮断器] 連系用低圧開閉器

逆接続可能型を選定。PCSが複数ある場合はPCSごとの設置が推奨されているケースが多い。

連系用低圧開閉器以下の構成は 20 頁を参照

■例その1・例その2共通の注意点

買取用計器及び需給用計器が設置されるが、負荷がほとんどない場合、需給用計器は定額契約によって省略される場合がある。

太陽電池モジュールの線間電圧が 600 ボルトを超える場合は自家用電気工作物扱いとなり、保安規程届出・電気主任技術者選任等が必要となる。

【強度計算書】

太陽電池アレイ及びその基礎・地盤（水上浮体式の場合はフロート、固定用ワイヤー及びアンカー）が技術基準^{注06}の規定強度を満たしているかを示す計算書は完成図書に不可欠である。太陽電池アレイ及びその基礎は、設置場所において想定される風荷重・積雪荷重・地震荷重を考慮して設計されなければならない。地上設置型の場合は、太陽電池アレイの基礎を支持する地盤が沈下・隆起・崩壊しないよう設計されなければならない。

【操作手順書】

太陽電池発電設備は、運転操作手順がパワーコンディショナの機種・盤内シーケンス等によって異なる。設備ごとに手動による停止・運転再開の手順書を整備し、それを参照しながら運転操作しなければならない。とりわけ直流回路には、遮断容量を持たない断路器やヒューズホルダが多数使用されているケースが少なくないため、直流用開閉器類の開放手順に細心の注意を払わなければならない。

【リコール・注意喚起情報等】

機器のリコール・注意喚起に関する情報は、メーカーから機器の販売ルートを通じてユーザーに到達する場合もあるが、到達しないケースも少なくない。使用機器の中にリコール・注意喚起対象品が含まれることに気づかなければ、不具合発生リスクが高まる。

【保護装置整定表】

一般送配電事業者との協議で申し合わせた、保護継電器やパワーコンディショナの整定値を記載した一覧表。

【一般送配電事業者との協議関連資料】

系統連系する場合に必要な一般送配電事業者との協議に関する資料（165頁～184頁参照）。

【点検記録・修繕記録】

点検記録は、設備の劣化・不具合の経年推移を把握するために欠かせない。視認できる不具合はカメラで画像を記録することが望ましい。設備の修繕・更新・増減設はその都度、内容を追記しなければならない。出力の増減設・支持物の強度変更は、その規模・割合によっては所轄の産業保安監督部等へ報告しなければならない場合がある（52～53頁参照）。

注05 新設設備のほか、既設の設備については一定の変更がある場合は、使用前自己確認結果届が必要となる（該当法令：電気事業法施行規則第77条で定める別表第7第3項）。また、特別高圧連系設備の場合及び特別高圧連系規模を複数の高圧連系設備に分割し工事が同時又は連続して行われる場合は「使用前自主検査」が必要である（参考資料：経済産業省商務流通保安グループ電力安全課『工事計画届出等又は環境アセスメントの要否の判断に係る「同一発電所」及び「同一工事」に該当するか否かの判断の目安について』平成25年4月4日）。

注06 2021年3月以前に施設工事に着手したものについては電気設備技術基準の解釈第46条第4項の規定を満たす必要があり、2021年4月以降に着手したものについては『発電用太陽電池設備に関する技術基準を定める省令』を遵守し、『発電用太陽電池設備の技術基準の解釈』が示す基準を満たす必要がある。

【使用前自己確認結果届出書及び別紙】

初めて系統連系する前に実施する使用前自己確認（使用前自己確認の前半）の内容は竣工検査の一部であり、発電設備が系統連系可能な状態に完成したかどうかの確認を発電設備設置関連工事が完了した直後に行う。その確認項目は、外観検査・接地抵抗測定・絶縁抵抗測定・絶縁耐力試験・保護装置試験・遮断器関係試験である。試験対象設備に該当しない試験項目がある場合はその省略が認められる。

初めて系統連系した際に実施する使用前自己確認（使用前自己確認の後半）は、発電電力や波形によって構内の電気設備や系統に異常が生じないかどうか確認するために行う。その確認項目は、制御電源喪失試験・負荷遮断試験・遠隔監視制御試験・負荷試験（出力試験）である。総合インターロック試験及び制御電源喪失試験は、系統連系の前に実施することが望ましいが、実施できない場合は系統連系した上で軽負荷（出力1/4）運転にて両試験を実施する。遮断器関係試験等、試験対象設備に該当しない試験項目がある場合は省略が認められる。

使用前自己確認結果届出書は、所定の別紙を添えて届け出る。その別紙には確認項目ごとに確認者による判定結果「合」を記載し、その判定が現地試験結果・機器製造工場の試験結果・その他記録（図面、書類等）のうち、いずれに基づくのかチェックマークを入れる。確認者の氏名・電話番号、確認年月日のほか、JIS・JEC・IEC等の規格に基づいて確認を行った場合はその規格番号も明記する（届出書と別紙の様式は、産業保安監督部の公式ウェブページからダウンロードできる）。

別紙作成の根拠である各試験結果をまとめた試験成績書等の書類は、完成図書として保管しておかねばならない。その書類には単線結線図や画像等を添え、部位ごとにどのような試験・測定をいつ誰が実施したのか記入しておくことが望ましい。所轄の産業保安監督部がその書類の開示を求めた際は開示しなくてはならない。

使用前自己確認の判定が「否」の項目が一つでもあった場合、発電設備の試運転を停止し、その項目の判定が「合」になるよう発電設備を改善しなくてはならない。

【保安規程への追記】

自家用電気工作物に該当する発電設備であって使用前自己確認の必要な出力の場合、電気事業法施行規則第50条第3項第8号に基づき、次の旨の条文を保安規程に追記する必要がある。

「法令に基づく使用前自己確認については、電気主任技術者（又は電気管理技術者）の監督のもとで実施し、経済産業省令で定める技術基準に適合するものであることを確認しなければならない。また、その結果の記録は、使用前自己確認を行った後5年間保存しなければならない」

『使用前自己確認結果届出書』が受理された発電設備の設置者が別の者に変更となった場合、新設置者は、新たに使用前自己確認結果届出を行う必要はないが、発電設備の技術基準適合性維持義務を有することから、発電設備に対して旧設置者が過去に実施した使用前自己確認結果の記録を確認し、その関連資料を含めて保管する義務がある。

【設備を「変更」する場合の使用前自己確認結果届出】

2017年4月1日、電気事業法施行規則等の改正に伴い、「使用前自己確認結果届出」の届出対象範囲が変更された。それまでは「出力500キロワット以上2000キロワット未満の太陽電池発電所」に係る変更のみが対象となっていたが、2017年4月1日以降は全ての太陽電池発電所、2023年3月20日以降は出力10キロワット以上2000キロワット未満の太陽電池発電設備

に係る変更が対象となった。これによって、届出対象となる設備の設置者は、必要書類を作成し所轄の産業保安監督部へ届出をしなければならなくなった。

《引用》

電気事業法 第五十一条の二 事業用電気工作物であって公共の安全の確保上重要なものとして主務省令で定めるものを設置する者は、その使用を開始しようとするときは、当該事業用電気工作物が、第三十九条第一項の主務省令で定める技術基準に適合することについて、主務省令で定めるところにより、自ら確認しなければならない。ただし、第四十七条第一項の認可（設置の工事に係るものに限る。）又は同条第四項若しくは第四十八条第一項の規定による届出（設置の工事に係るものに限る。）に係る事業用電気工作物を使用するとき、及び主務省令で定めるときは、この限りでない。

2 前項の規定は、同項に規定する事業用電気工作物を設置する者が当該事業用電気工作物について主務省令で定める変更をした場合であって、当該変更をした事業用電気工作物の使用を開始しようとするときに準用する。この場合において、同項中「事業用電気工作物が」とあるのは「変更をした事業用電気工作物が」と、「設置の工事」とあるのは「変更の工事」と読み替えるものとする。

電気事業法施行規則 第七十七条 法第五十一条の二第二項の主務省令で定める変更は、別表第七に掲げる電気工作物の変更とする。

別表第七（電気事業法施行規則第七十七条関係）

- 3 太陽電池発電所又は太陽電池発電設備における変更であって次に掲げるもの
 - 一 出力十キロワット以上二千キロワット未満の発電設備の設置（五パーセント以上の出力の変更を伴うものに限る。）
 - 二 発電設備の設置以外の変更であって次に掲げるもの
 - (1) 出力十キロワット以上二千キロワット未満の太陽電池の設置
 - (2) 出力十キロワット以上二千キロワット未満の太陽電池の取替えであって、次に掲げるもの
 - イ 支持物の工事を伴うもの
 - ロ 五パーセント以上の出力の変更を伴うもの
 - (3) 出力十キロワット以上二千キロワット未満の太陽電池の改造であって次に掲げるもの
 - イ 二十パーセント以上の電圧の変更を伴うもの
 - ロ 五パーセント以上の出力の変更を伴うもの
 - ハ 支持物の強度の変更を伴うもの
 - (4) 出力十キロワット以上二千キロワット未満の太陽電池の修理であって、支持物の強度に影響を及ぼすもの

3-2-3 支持物の構造強度

外観検査では、太陽電池アレイ及び基礎の構造強度が設計どおりに満たされているか構造の専門家が図面と照らし合わせて確認する必要がある。太陽電池モジュールの支持物は、2017年3月に制定された日本産業規格 JIS C 8955 (2017) 『太陽電池アレイ用支持物の設計用荷重算出方法』^{注02} が示す荷重及び「その他の当該支持物の設置環境下において想定される各種荷重」に対して安定であることが求められている。なお、地上設置型の場合、同規格によらなくてもよい支持物の標準仕様が『発電用太陽電池設備の技術基準の解釈』第8条^{注03} に図示されており、こちらを採用してもよい。構造強度のチェックポイントは「必要図面は全て揃っているか」「物件の概要を把握できたか」「図面審査で仕様規定への適合性と構造形式の特徴を確認できたか」「設計方法の考え方に問題ないか」「使用材料が妥当で解析モデルと整合しているか」「荷重条件が全て正しく設定されているか」「主な架構・基礎・アンカーボルト・二次部材がそれぞれ再現期間50年の設計荷重（風・積雪・地震）に対して許容応力度の範囲内にあるか」「それぞれの部材が接合した後の構造物が設計荷重に対して許容応力度の範囲内にあるか」である。

杭基礎の場合は地盤試験による強度確認も必要であり、現地で実施した試験データや実施状況を示す画像や図面を保管する。

構造計算の例や構造計算書のチェックポイントに関しては、オーム社刊『くずれない・つぶれない太陽光発電設備の架台と基礎』に詳しい解説がある。

フロート（浮体構造物）を用いた水上設置型の支持物の構造については、『発電用太陽電池設備に関する技術基準を定める省令』第4条及び『発電用太陽電池設備の技術基準の解釈』第7条に記載がある。

2021年11月12日、傾斜地・田畑上・水面に設置される太陽電池発電設備はそれぞれ『傾斜地設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン 2021年版』、『営農型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン 2021年版』、『水上設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン 2021年版』として指針が公表された。同年12月20日には、この3点のガイドラインが国の『発電用太陽電池設備に関する技術基準を定める省令及びその解釈に関する逐条解説』において参考にするべき指針として採用された。

注02 2017年3月以前、JIS C 8955の規格名称は「太陽電池アレイ用支持物設計標準」であった。

注03 2018年10月1日～2021年3月31日の間、支持物の標準仕様は電技解釈第46条3項に図示されていた。

2023年3月10日、「使用前自主検査及び使用前自己確認の方法の解釈」の一部が改正され、太陽電池モジュールを載せる架台や地盤、水上設置の場合のアンカーについてそれぞれの強度・安定性等に関する事項が確認すべき項目として盛り込まれた。これらは構造や地盤の専門家による確認が不可欠の項目である。

また、2024年3月の同解釈の改正によって、発電設備の工事が次の法律に係る許可を要するものである場合は、その許可を得たことを書類等によって確認しなくてはならなくなった。①砂防法、②森林法、③地すべり等防止法、④宅地造成及び特定盛土等規制法、⑤急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律

らの測定は実用的でない。そのため、乾電池電源式の可搬型低抵抗計を用いる簡易的方法が多く採用されている。その可搬型低抵抗計の例として、双興電機製作所「接点チェッカー SKK-01A（1アンペア出力タイプ）」がある。例えばこれを用いて測定した結果、金属フレームと接地極との導通抵抗が2.5オームであったとすれば、接地極の接地抵抗値は7.5オーム以下であればよく、抵抗値を合計することで金属フレームの接地抵抗が10オーム以下であるとみなす方法である。

《注意2》水上設置型・水辺設置型の接地の盲点

水上設置型・水辺設置型の場合、接地極は水中や湿地でなく、できるだけ地上部に接地導体を埋設することによって確保する必要がある。水上の各機器の接地工事は、この接地極に向かって配線することになる（『水上設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン』2021年版）。水中に接地導体を沈めたり、水底に接地導体を埋設したりする例も一部で見られるが、その場合、接地機能の有効性を高頻度に確認する必要がある。

同種の発電設備の場合、地中の水分により接地が偶然にも連接接地法又はメッシュ接地法に近い状態になっている場合がある。また、接地導体を埋設した地上部が降雨後に湿地となる場合もある。そういう場合、直読式接地抵抗計で測定する際に必要な補助極2点が得られず、正しく接地抵抗を測定できないことがあり、接地抵抗測定時には注意を要する。

目次・序章
第1章 システム構成
第2章 作業上の注意点
第3章 竣工検査
第4章 点検
第5章 事故統計
参考資料
参考文献
用語索引

3-5-1 直流電路の絶縁耐力試験の注意点

高圧交流電路については、高圧受電設備と同様の方法で絶縁耐力試験を実施するが、直流電路は次の特徴があり、注意を要する。

- a. 太陽電池アレイは、敷設面積が広く、対地静電容量を持つ（出力 100 キロワットあたり約 $2.5 \mu\text{F}$ ）ため、交流による絶縁耐力試験は装置が大掛かりになる。
- b. 太陽電池アレイの絶縁耐力試験は、ストリング線端（P-N）を仮短絡した部分と大地との間に試験電圧を印加する回路構成になる（JIS C 8951 及び JIS C 61215-2 に準拠）。しかし、受光時は太陽電池アレイ出力端子に線間電圧が誘起しており、同試験作業時に「仮短絡用器具の容量不足による仮短絡線の焼損」や「仮短絡線取外し時のアーク放電」といった焼損事故が生じるリスクが高い。
- c. 絶縁耐力試験時には、電路に設置されている避雷装置（SPD 等）を大地から離線しておく等の措置を行う必要がある。

上記 a・b・c により、線間電圧 750 ボルトを超える太陽電池アレイの絶縁耐力試験は、直流出力の試験器を使用し、夜間を実施する。

【その他の注意点】

- イ. 高電圧を発生させる試験器のうち、試験対象の電路の絶縁抵抗が低い場合に出力電圧が低下する「垂下特性」を有する試験器は、試験中に規定電圧未満の電圧にまで出力電圧が低下し、法令で定められた絶縁耐力試験の要件（規定電圧・規定時間）を満たすことができないことがある。
- ロ. パワーコンディショナ（PCS）の内部には避雷装置やコモンモードノイズフィルタ等が組み込まれているため、電技解釈が規定する試験電圧をかけてはならない場合がある。PCS に対する絶縁耐力試験の現地実施は PCS メーカーの仕様を遵守しなければならない。
- ハ. 試験対象電路に計測装置や DC/DC コンバータ（パワーオプティマイザ又はマキシマイザともいう）が設置されている場合、当該装置と大地との間に絶縁耐力試験電圧を印加してはいけない機種がある。その場合、絶縁耐力試験は当該機種のメーカーの指示に従わなければならない。

3-5-2 低圧交流電路の絶縁耐力試験

発電所の主回路母線は、低圧であっても電技解釈第 16 条第 6 項一イに規定された絶縁性能を有さなければならない。例えば交流 440 ボルトの電路であれば、公称電圧 $400\text{V} \times 1.15 \times 1.5$ 倍 = AC690 ボルトを対地間に 10 分間印加して試験することになる。

3-6-2 逆電力継電器 (RPR) の試験

■ RPR 特性試験 (3相不平衡用 RPR の例) 特性試験成績書サンプルは 189 頁

構内の交流電路停電時に下記の手順で試験を行う。

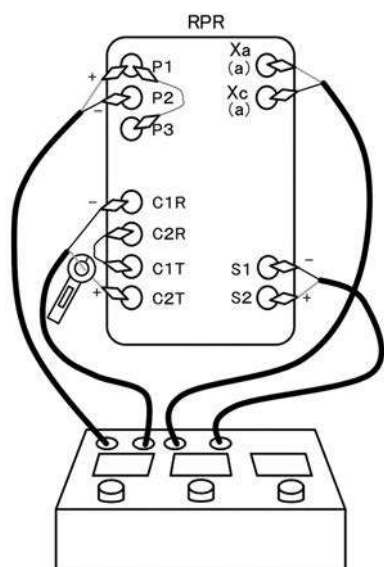


図 3-11 不平衡用 RPR 特性試験配線例

①電圧要素と電流要素を出力でき、その位相角を変えることができる試験器を用意する。

(DGR 試験器・位相特性試験器で試験可能)

②最小でも分解能 1mA を有する交流電流計を用意する。

③ RPR の制御電源を調べる。(DC24V、DC100V、AC100V の場合、UPS からの供給)

④ RPR に接続された電圧要素入力・電流要素入力・無電圧接点・制御電源入力の各端子の既設配線を離線する(試験後に戻し間違いがないよう端子番号を書いた札を離線する前に既設配線に結びつけておく)

⑤試験器からの電圧要素用 (V-E)・電流要素用 (Kt-Lt)・補助電源線用 (P1-P2)・接点動作取得用の各コードをそれぞれ図 3-11 のとおり接続する。(SOG 制御装置を試験する際の位相とは反対方向であることに注意する。SOG 制御装置は地絡事故のうち、構内での地絡事故だけを検出するが、RPR は系統側へ向かう潮流のみを検出する保護継電器であるため、同じ試験器を使用しても電流・電圧の位相が反対方向となる)

⑥ RPR に制御電源を供給し、テストボタン等で強制動作させることにより電源回路・動作表示・接点出力等を確認する(強制動作の方法は RPR の取扱説明書等にしよう)。

⑦試験器から RPR の電圧要素入力端子へ 110 ボルト \pm 2% の電圧を入力する。

⑧動作電力値を求めるには、⑦の 110 ボルトを固定したまま、RPR の時限整定を最速に変更しておき、試験器から RPR の電流要素入力端子へ入力する電流を徐々に増加させ、RPR が動作した際の電流値を記録する。

⑨その電流から換算された動作電力値が RPR 電力整定値に対してどの程度の割合 (%) なのか算出し、その割合 (%) が RPR メーカーの許容誤差の範囲内かどうかを調べ、合否判定する(表 3-04 の換算表を参照してもよい。ちなみに逆電力整定値 (%) とは、低圧換算定格電力 953 ワットに対する比率のことである。また、単相出力試験器から 3 相電力用 RPR に入力する電流は、3 相電流の $\sqrt{3} \div 2 = 0.866$ 倍となる)。

⑩位相特性試験とは、発電電力の方向(潮流)が系統方向の進み角何度から遅れ角何度の範囲内であるかを測定することであるが、RPR が動作する閾値である進み角と遅れ角はそれぞれ RPR メーカーが固有の角度を指定しているため、まずその進み角に試験器の位相角を合わせ、110 ボルトの電圧入力、RPR の時限整定は最速値を固定したまま、入力電流を徐々に増加させ、RPR が動作した瞬間の電流値を「進み角側の動作電流値」として記録する。

⑪次にメーカー指定遅れ角に位相角を合わせ、110 ボルトの電圧入力は固定したまま、入力電流を徐々に増加させ、RPR が動作した瞬間の電流値を遅れ角側の動作値として記録する[ちなみに、「最大感度角」は進み角と遅れ角のちょうど中間であり、最大感度角の時の動作電流値は、RPR 定格入力電力の整定値%に相当する値となっているはずである。メーカーごとに最大感度角の基準が異なったり、指定角度(例：進み 30 度・遅れ 30 度)の各動作電流値を測定することをもって位相感度試験とする場合があったりするため、当該 RPR

3-9 負荷遮断試験

発電設備出力の1/4負荷運転状態で負荷遮断し、異常のないことを確認した後、順次2/4、3/4、4/4負荷運転までの試験を段階的に行う。負荷遮断時の発電電圧の過渡変化を記録できる測定機器（発電所の構外に施設する監視制御装置等を含む。）を用いる。PCSごとの過渡変化ではなく、発電所全体の過渡変化を現地で記録する。

負荷遮断後、発電電圧等負荷遮断時に過渡変化するパラメーターの変動が制限値内にあり、かつ、発電設備が安全に規定の状態へ移行することが確認できれば、「合」判定とする。

必要な負荷運転での現地試験の実施が困難であった場合、工場試験の結果から判断して支障ないと認められるものについては記録より確認できるとされているが、太陽電池発電所の場合、現地で多数の機器・電線等をつなぎ合わせて構成するものであるため、竣工後に現地試験するのが大勢である。

【負荷遮断試験の方法（例）】

- ①負荷遮断時に過渡変化する発電電圧の変動を測定するには、電圧と電流の波形を記録できる測定器を用いる（図3-12）
 - ②波形を解析するためにパソコンを用いると便利である。
 - ③過電圧と過渡時間の保護レベルに関する合否判定基準値をパワーコンディショナ（PCS）の仕様書から引用する。PCSの仕様書にない場合は一般財団法人電気安全環境研究所（JET）の認証判定基準値を参考にしてもよい。
- JET 認証判定基準：**過電圧が定格電圧の150%以下であること（実効値）。
- 負荷遮断後0.5秒以下に開閉器（遮断器又は電磁接触器）開放及びゲートブロック機能動作。
- ④波形測定器のイベント設定で記録開始トリガーを電流喪失又は電圧低下（基準電圧の90%）とする。
 - ⑤波形測定器の記録開始時間を負荷遮断1秒前からとする。
 - ⑥負荷遮断後、「電圧が遮断前の5%以下になる」又は「1秒後」まで電圧波形が記録されるように波形測定器を設定する。
 - ⑦負荷遮断する遮断器、電圧波形取得箇所、電流波形取得箇所を決める。

■負荷遮断する遮断器（一般送配電事業者との協議で決めた解列点）

下記のいずれか又は一般送配電事業者が指定する箇所を負荷遮断（解列）箇所とする。

- (1) 受電用遮断器
- (2) 発電設備出力端遮断器又はこれと同等の機能を有する装置
- (3) 発電設備連絡用遮断器
- (4) 母線連絡用遮断器

注：売電専用太陽電池発電所において、負荷遮断試験を実施する際、受電用気中負荷開閉器（PAS）を開放した瞬間、当該PASに深刻な不具合が発生した事例が複数報告されている。PAS内部で相間短絡が発生しPASが爆発した事例やPAS主回路の開極部（可動接触子と固定接触子の間）が溶損し、PASが開閉できなくなった事例である。負荷遮断試験においては、PASのような開閉器でなく、十分な遮断容量を有する(1)(2)(3)(4)のいずれかの遮断器で負荷遮断しなければならない。

■電圧波形取得箇所（例）

電圧波形は前述の(1)(2)(3)(4)の遮断器2次側に設置したVT2次側又は3相変圧器低圧側

4-2-4 パワーコンディショナ (PCS) 等

事例画像は 106～110 頁参照

パワーコンディショナ (PCS) は、系統・直流電路・PCS 内部に生じた異常が軽微なうちに検知する機能を有している。電技解釈第 47 条の 2 第 5 項にしたがい、PCS が計測・検知する発電出力やエラーの状態を遠隔監視することでそれを日常巡視に代替することができる (『自家用電気工作物保安管理規程』第 230 節-1)。点検作業者は、遠隔監視によって出力の増減やエラーの発生と履歴を把握し、その情報を得た上で定期点検を実施すれば、点検作業の効率化、不具合箇所の早期絞り込みにつながる。このことから点検者は遠隔監視及びエラー履歴を活用することが望ましい。エラー信号の発報の種類が軽故障なのか重故障なのか、エラー時の PCS の挙動とエラーメッセージを深刻度別に区分しておいたほうが緊急対応しやすくなる。軽故障に該当するのは「エラーが自動復帰する」「緊急対応する必要がないレベルで PCS が運転継続する」ような軽微な異常である。重故障は「PCS が緊急自動停止する」「主回路の遮断器が自動開放する」「再運転するために手動復帰が必要」等の比較的深刻な異常のことを指すのが一般的である。PCS が検出するエラーの項目及び軽重の区分はメーカーにあらかじめ問い合わせしておく必要がある。運用者がエラーの軽重の区分や保護装置の動作の有無を設定変更することもできるが、メーカーや一般送配電事業者との協議が要る場合がある。

PCS の扉や蓋をメーカー以外の者が開閉できる機種と、開閉が禁じられている機種とがある。扉や蓋が開閉できなければ内部を目視することができない。どの部分が開閉できるのかメーカーの取扱説明書等で確認しておく。PCS の機種によっては主回路の開閉器を開放し PCS の運転を停止させてからでなければ開けることのできない扉や蓋が付いている場合があるため注意が要る。

運転中の点検項目は表 4-06 の記載が一般的だが、機種によって実施できる項目が増減する。機種ごとの点検項目と方法は PCS の取扱説明書等で必ず確認する。

PCS の状態は設置環境によって大きく左右される。直射日光の影響、周辺温度、塵埃、相対湿度等である。PCS に腐食が見つかった場合、水分・塩分・腐食性ガスの影響を疑う。原因として考えられるのは、設置環境・施工不良等による水分の浸入・温度差による結露等である。海・河川・湖沼の近くや湿地に設置された空冷ファン付きの PCS は、設計想定を超える相対湿度や塩分によるダメージを受けやすい。エアコン付きエンクロージャ内に収納されている PCS は、エアコンの機能確認が必要である。

点検対象	発生しうる異常 (例)	点検方法
本体	腐食・損傷・異音・異臭・換気口フィルタの目詰まり・内部結露・雨水浸入、小動物・植物の侵入、施錠状態、空調装置の異常	目視
無停電電源装置 (UPS)	異常の有無	目視
その他	消火設備の状態、標識・表示の状態	目視、異常履歴の確認

表 4-06 パワーコンディショナ 運転中の点検項目



図 4-68 高圧ケーブル柱上端末部におけるシュリンクバック

[e] パワーコンディショナ（PCS）内部の過熱・焼損

PCSの機種によっては、定格運転中にPCS内部が過熱し、一時的運転停止の頻発、あるいは運転開始後数年でIGBT^{*}や電解コンデンサ等に劣化・故障が生じる機種が複数ある。同設備特有の熱ストレスがPCS内部のIGBTや電解コンデンサ等に蓄積されやすいためとみられる。熱耐量に裕度のない設計の機種が複数ある。

対策として熱耐量に裕度のある機種 PCS に変更する方法があるが、高圧連系発電設備の場合であれば昇圧用変圧器のタップを変更するという方法がある。タップ変更によってPCS接続点の連系電圧を上げ、PCSの出力電流を減らしてジュール熱発生を減少させることができる。但し、タップ変更によってPCS接続点の系統電圧を上げすぎると、PCS内の保護装置が系統過電圧を検出し、運転を一時的に自動停止（自己出力抑制）する頻度が高まる。したがって変圧器のタップ変更は、春から秋にかけての間の系統電圧・PCS出力・PCS内部温度の変位を記録し、それぞれの相関を調査した上で慎重に行わねばならない。

※ Insulated Gate Bipolar Transistor 絶縁ゲート型バイポーラトランジスタのこと。パワー半導体の一種（110頁：図 4-62 参照）

[f] 変圧器の劣化

油入変圧器の場合、定格負荷運転の連続によって絶縁油の劣化が進行する。また、太陽電池発電設備特有のヒートサイクルが原因で、変圧器容器の溶接部に隙間が生じたり、過剰収縮した上蓋のパッキンに変形・亀裂が生じたりすることによって絶縁油が漏れた事例が報告されている。モールド変圧器の場合は、モールド樹脂の質量減少が加速し、モールド樹脂に亀裂が生じる。高圧変圧器だけでなく、PCS出力の400ボルトを200ボルトに降圧する変圧器や絶縁用タイトランスが設置されている場合も同様の注意が必要である（図 4-69）。

5-1 電気関係報告規則に基づく事故報告

出力 10 キロワット以上の太陽電池発電設備は、電気事故が発生したとき、電気関係報告規則に基づき所定の監督官庁へ事故を報告しなければならない。太陽電池モジュール 1 枚又は架台の一部が構外に飛散した場合であっても事故報告の対象となる。^注

注 電気関係報告規則第 3 条及び第 3 条の 2 の運用について（内規）

5-1-1 報告対象事故の種類

太陽電池発電設備において、主要電気工作物の破損事故、感電死傷事故、電気火災事故、他物損傷事故が発生した場合、あるいは太陽電池発電設備が原因で波及事故（高圧連系以上の場合のみ）が発生した場合は、監督官庁へ報告しなければならない（表 5-01）。

主要電気工作物の破損事故	主要電気工作物を構成する設備の破損事故が原因で、当該主要電気工作物の機能が低下又は喪失したことにより、直ちに、その運転が停止し、若しくはその運転を停止しなければならなくなること又はその使用が不可能となり、若しくはその使用を中止した場合（但し部品の交換等により当該設備の機能を従前の状態までに容易に復旧する見込みのある場合を除く）	
	出力 10kW 以上～ 50kW 未満	出力 50kW 以上
	太陽電池（出力の 20%以上。）、変圧器、負荷時電圧調整器、負荷時電圧位相調整器、調相機、電力用コンデンサー、分路リアクトル、限流リアクトル、周波数変換機器、整流機器、遮断器、逆変換装置（容量 10kVA 以上のものに限る。）	太陽電池（出力 50kW 以上のものに限る。）、変圧器、負荷時電圧調整器、負荷時電圧位相調整器、調相機、電力用コンデンサー、分路リアクトル、限流リアクトル、周波数変換機器、整流機器、遮断器、逆変換装置（容量 50kVA 以上のものに限る。）
波及事故	【高圧連系・特別高圧連系の場合のみ】 破損事故又は電気工作物の誤操作若しくは電気工作物を操作しないことにより電気の利用者（当該電気工作物を管理する者を除く。以下この条において同じ。）に対し、電気の供給が停止し、又は電気の使用を緊急に制限することをいう。ただし、電路が自動的に再閉路されることにより電気の供給の停止が終了した場合を除く。（但し、事故の原因が自然現象であるものについては、詳報の提出を要しない）	
感電死傷事故	感電又は電気工作物の破損若しくは電気工作物の誤操作若しくは電気工作物を操作しないことにより人が死傷した事故（死亡又は病院若しくは診療所に入院した場合に限る。）	
電気火災事故	工作物にあつては、その半焼以上の場合に限る。	
他物損傷事故	電気工作物の破損又は電気工作物の誤操作若しくは電気工作物を操作しないことにより、他の物件に損傷を与え、又はその機能の全部又は一部を損なわせた事故（構外へ電気工作物の一部が飛散・流出した場合を含む）	

表 5-01 報告対象事故の種類 「逆変換装置」はパワーコンディショナ（PCS）の同義語として捉える。

5-1-2 事故報告先

電気事故の報告先は、電気工作物設置場所を管轄する産業保安監督部長（沖縄県は那覇産業保安監督事務所）である。

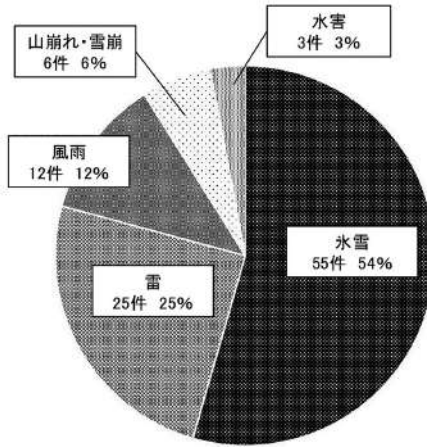


図 5-03 破損を生じさせた自然災害の種類別内訳

【二次被害防止の重要性】

氷雪や風雨によって破損した太陽電池モジュールや架台は、構内にとどまっても強風が吹いたときに構外へ飛散する蓋然性が高い。土砂の流出も傾斜地であれば公衆災害に発展するおそれがある。したがって、設備や基礎・地盤の破損が自損事故で済んだとしても、設置者は直ちに他者に被害を及ぼしかねない二次災害を防止し（警察・行政と連携した立入禁止措置等）、破損事故の根本原因を追究して再発防止のための追加策を早急に採用しなければならない。

5-1-5 国へ報告のあった事故の概要

国の監督官庁（北海道産業保安監督部から那覇産業保安監督事務所まで）が公表している電気事故統計資料（2022年6月30日現在）から太陽電池発電設備に係る事故435件を次表のとおり抽出した^注。

注 一旦公表した後、何らかの事由により公表されなくなった事故もあり、全ての事故を網羅しているわけではない。なお、逆変換装置については表記が統一されておらず、下表では事故発生電気工作物名を逆変換装置とし、事故の概要欄でPCSと表記した。太陽電池モジュールの表記は太陽電池に統一した。

事故発生電気工作物 発生年月	事故の概要／事故原因
1 逆変換装置 2022.4	・ PCS × 2台（1台あたり80kW、2018年製）が破損した。・ 調査の結果、1台目については、直流側ケーブルのコネクタ誤装着による導通不良が原因と推定される。 ・ 2台目については、隣接する他のPCSが焼損した影響で当該PCSのケーブルも焼損（ヒューズ溶断及びアークが発生したためと推定される）。 施工不完全。ケーブル端子が適切に圧着されていなかった。
2 逆変換装置 2022.4	・ PCS × 1台（990kW、2013年製）が破損した。当該PCS内部インバータ4台のうち1台の基盤焼損。 原因調査中
3 逆変換装置 2022.4	・ PCS × 1台（80kW、2018年製）が停止し、再起動不能。 原因調査中
4 逆変換装置 2022.4	・ PCS × 1台（50kW、2020年製）が破損した。現場確認の結果、PCS内部の焼損とケーブルの絶縁不良が判明。 原因調査中
5 逆変換装置 2022.3	・ PCS × 1台（490kW、2013年製）が停止し、起動不能となった。メーカーによる調査の結果、原因はPCS内ACBの上側端子と盤内母線（銅バー）との接続部分が接触不良となり、過熱し焼損に至ったためと推定。 接触不良となった原因は特定できず。