

太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン (地上・傾斜地・営農・水上・建物) 2025年版の解説 電気関係

2026年3月24日(火)

国立研究開発法人 産業技術総合研究所
大関 崇

はじめに

- 電気関係の設計・施工については、「地上設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン 2025年版」が、基本的な項目を網羅している。
- 「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 2025年度版」、「営農型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン 2025年度版」、「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2025年版」、「建物設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン2025年版」については、それぞれの特有部分のみ追記している。

地上設置型

目次

- 1. 総 則
 - 1.1 本ガイドラインの利用上の注意
 - 1.2 適用範囲
 - 1.3 引用規格、参考資料
 - 1.4 用語・記号の定義
 - 1.5 構造設計方針
 - 1.6 電気設計方針
 - 1.7 施工設計管理方針
- 2. 被災事例
- 3. 構造設計・施工計画
- 4. 電気設計・施工計画
- 5. 事前調査及び計画
- 6. 造成計画
- 7. 太陽電池アレイの配置計画(ラフプラン)
- 8. 設計荷重
- 9. 使用材料
- 10. 架台の設計
- 11. 基礎の設計
- 12. 腐食防食
- 13. 電気設備の設計
- 14. 施工
- 15. 維持管理計画
- 地上設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン
2024年版の技術資料
 - 杭基礎支持力の実証試験
 - 地上設置型太陽光発電システム用架台の風洞実験
 - 海外の法規制・ガイドライン調査
 - 実物大模型実験による太陽電池アレイ架台の凍上
被害発生メカニズムの解明
 - 太陽光発電施設に用いられる杭および基礎の凍上
融解挙動の解明
 - 凍結融解履歴が杭の引抜き抵抗に与える影響の解
明

目次

- 1. 総 則
 - 1.1 本ガイドラインの利用上の注意
 - 1.2 適用範囲
 - 1.3 引用規格、参考資料
 - 1.4 用語・記号の定義
 - 1.5 構造設計方針
 - 1.6 電気設計方針
 - 1.7 施工設計管理方針
- 2. 被災事例
- 3. 構造設計・施工計画
- 4. 電気設計・施工計画
- 5. 事前調査及び計画
- 6. 造成計画
- 7. 太陽電池アレイの配置計画(ラフプラン)
- 8. 設計荷重
- 9. 使用材料
- 10. 架台の設計
- 11. 基礎の設計
- 12. 腐食防食
- 13. 電気設備の設計
- 14. 施工
- 15. 維持管理計画
- 地上設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン2025年版の技術資料
 - (改訂)杭の実証試験
 - 地上設置型太陽光発電システム用架台の風洞実験
 - 海外の法規制ガイドライン
 - 杭-基礎の凍上挙動2
 - 凍結融解履歴が杭の引抜抵抗に与える影響
 - 実物大模型実験による太陽電池アレイ架台の凍上被害発生メカニズムの解明に関する研究

1.1 本ガイドラインの利用上の注意

- 本ガイドラインは、太陽光発電システムの構造および電気に関する設計・施工の要求事項について、**建築、土木、電気設備などの各分野における既往の基標準、指針などの文献をもとに取りまとめたものである**。そのため、本ガイドラインでは多くの文献を引用しているが、全てについて詳述できないことから、その趣意、要点、概要についての記載にとどめている。これらについての**詳細な内容や解説などについては、引用元の文献を参照**されたい。これらを理解の上、本ガイドラインを利用して頂きたい。

1.2 適用範囲

1. 本ガイドラインは地上設置型の太陽光発電システムの基礎と架台および電気設備の設計・施工に適用する。
 2. 対象とする基礎は、鉄筋コンクリート造の直接基礎または杭基礎とする。
 3. 架台の構造は、鋼構造またはアルミニウム構造とする。
 4. 構造設計は、許容応力度設計法に基づいて行う。
 5. 太陽電池アレイの最高高さが9mを超えるシステムおよび追尾型システムものは除外する。
 6. 対象とする電気設備は、太陽電池アレイの最大使用システム電圧が30V以上1500V以下の太陽電池アレイの直流回路、およびパワーコンディショナ、受変電設備の交流回路とする。
- 電気設備については、直流電気回路設計を中心とした記載とするが、交流電気回路、設備も重要な事項については記載する。

1.3 引用規格、参考資料

- 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」
- JIS C 8960:2012「太陽光発電用語」
- IEC 62548-1:2023 Photovoltaic (PV) arrays – Part 1: Design requirements
- JIS C 62548:2023 太陽電池(PV)アレイの設計要求事項
- 内線規程、一般社団法人日本電気協会、2022
- 配電規程、一般社団法人日本電気協会、2022
- 高圧受電設備規程、一般社団法人日本電気協会、2020
- 系統連系規程、一般社団法人日本電気協会、2024
- 自家用電気工作物保安管理規程、一般社団法人日本電気協会、2023
- 一般社団法人日本建築学会: 建築物荷重指針・同解説、2015
- 一般社団法人日本建築学会: 小規模建築物基礎設計指針、2008
- 国土交通省: 盛土等防災マニュアル、2023
- 公益社団法人日本道路協会: 道路土工構造物技術基準・同解説、2017
- 社団法人日本道路協会: 道路土工要綱、2009
- 公益社団法人地盤工学会北海道支部: 寒冷地地盤工学一凍上被害とその対策一、2009
- 公共・産業用太陽光発電システム手引書、一般社団法人太陽光発電協会、2013
- 太陽光発電システムの設計と施工 改訂 5 版、一般社団法人太陽光発電協会、2015
- 太陽光発電システム保守点検ガイドライン、一般社団法人日本電機工業会・一般社団法人
- 太陽光発電協会 技術資料、2019
- 電気設備に関する技術基準を定める省令
- 電気設備の技術基準の解釈
- 電気設備の技術基準の解釈の解説
- 発電用太陽電池設備に関する技術基準を定める省令
- 発電用太陽電池設備に関する技術基準の解釈
- 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
- **なお、文章中に引用する文献や規格については、最新のものがあある場合は、原則最新の文書を参照すること。**

1.6 電気設計方針

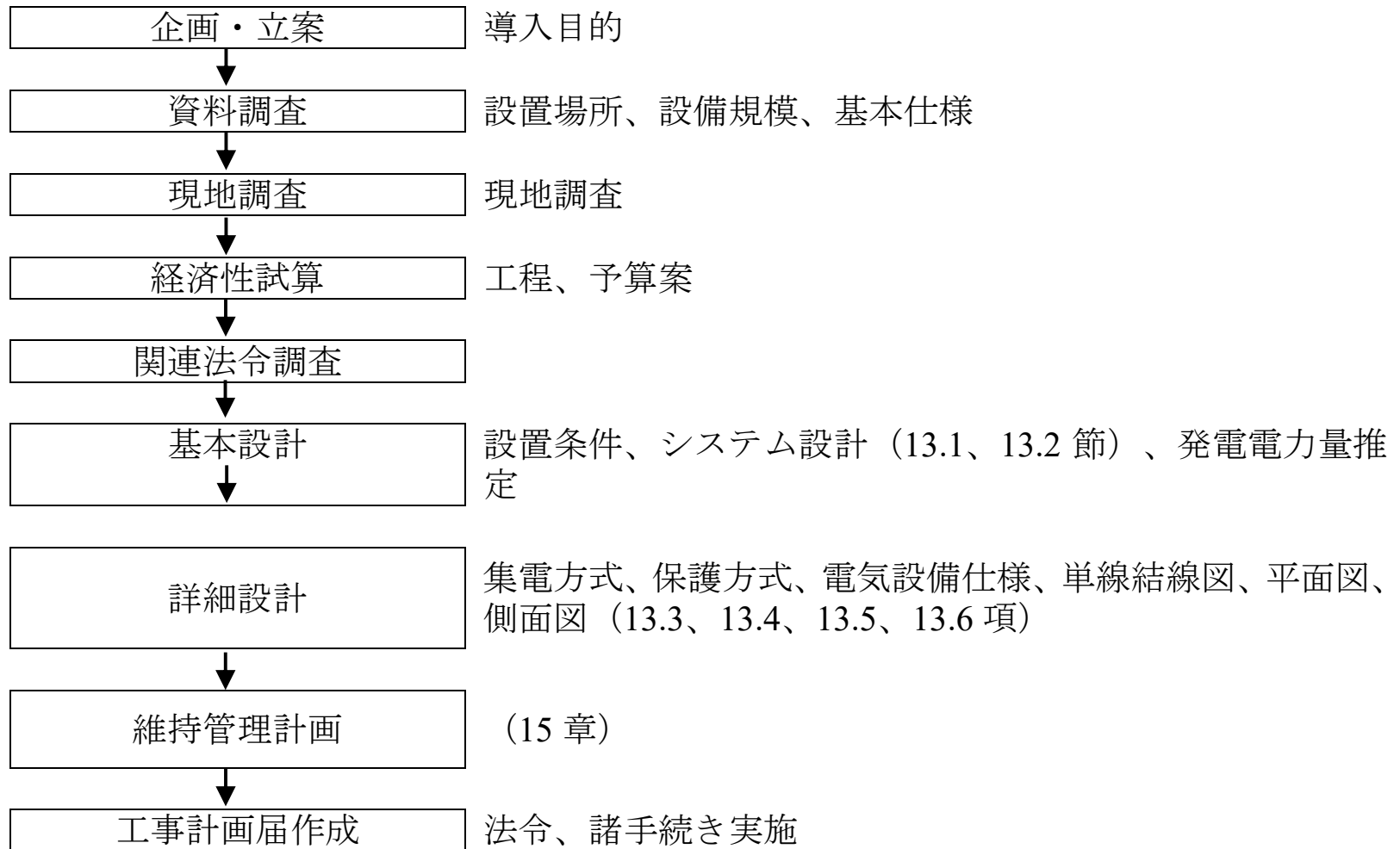
1. 電気事業法関連法令を遵守する。
2. 内線規程、配電規程、系統連系規程、JISなどの関連の規格を参照して設計する。
3. 設計図書を作成し、保管する。

- 電気設計方針については、**電気事業法、電気設備に関する技術基準を定める省令などの関連法令を遵守**するとともに、基本的な設計は、電気設備の技術基準の解釈(以下「電技解釈」、電気設備の技術基準の解釈の解説(以下「電技解釈解説」)などの関連法令、ならびに内線規程、配電規程、系統連系規程、JIS、IECなどの**国内外の民間規格を参照して設計**する(参考になる基準、規格などの一覧は 1.3 にまとめる)。

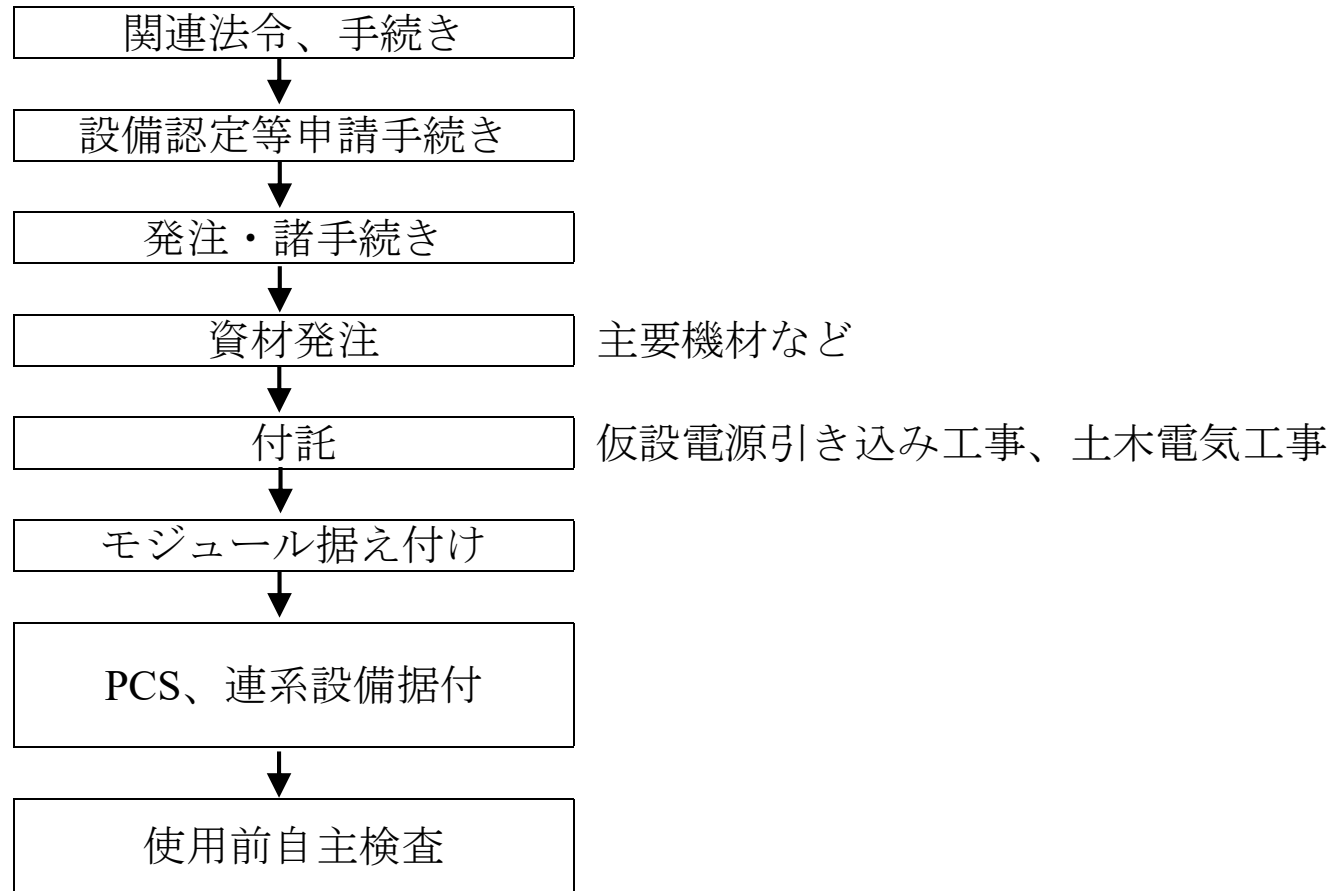
1.7 施工管理方針

1. 労働安全衛生法などの関係法令を遵守する。
 2. のり面工、斜面安定工、排水工、基礎および架台などの施工にあたっては、所要の機能が確保されるように施工する。施工中に明らかになった条件についても考慮を加え、より合理的な施工が行われるよう安全管理、品質管理、出来形管理、工程管理を行う。
 3. 予め現地の状況を確認した上で、施工計画を立案し、安全性はもとより、周辺環境への悪影響が発生しないよう施工する。
 4. 電気工事完了後、使用前の竣工試験により、計画に従って工事が行われたことおよび電気設備技術基準に適合するものであることを確認する。
 5. 現地状況を踏まえた実際の施工結果を竣工図書としてとりまとめる。図化できない範囲については写真にて記録する。
 6. 施工中において、災害の発生防止、環境保全に努める。
- 電気工事完了後、計画に従って工事が行われたことおよび電気設備技術基準に適合するものであることを確認するために、使用前の竣工試験を行う必要がある。試験項目については、経済産業省の使用前・定期安全管理審査実施要領や**使用前自主検査及び使用前自己確認の方法の解釈**、また、民間のガイドラインである太陽光発電システム保守点検ガイドライン、自家用電気工作物保安管理規程1-9)を参考とすることが望ましい。

4. 電気設計・施工計画 4.1 設計フロー(電気)



4. 電気設計・施工計画 4.2 施工フロー(電気)



13. 電気設備の設計

- 13.1 一般事項
 - 13.1.1 感電リスクに対する保護
 - 13.1.2 発熱・火災リスクに対する保護
- 13.2 基本設計
 - 13.2.1 システム電圧の考え方
 - 13.2.2 システム電流の考え方
 - 13.2.3 直並列回路の基本的な構成方法
 - 13.2.4 遮断器、断路器および開閉器の設置
 - 13.2.5 接地および等電位ボンディング設計
 - 13.2.6 交流回路と直流回路の分離
 - 13.2.7 系統連系における保護協調
 - 13.2.8 電氣的、電磁氣的影響の防止
- 13.3 危険事象に対する保護設計
 - 13.3.1 地絡(対地間絶縁)故障に対する保護
 - 13.3.2 絶縁故障(正負極間)に対する保護
 - 13.3.3 過電流に対する保護
 - 13.3.4 異常発熱・アーク発生に対する保護
 - 13.3.5 雷害および過電圧に対する保護
- 13.4 電気機器の選定および設置場所
 - 13.4.1 太陽電池モジュール
 - 13.4.2 接続箱および集電箱
 - 13.4.3 遮断器、断路器および開閉器
 - 13.4.4 直流ヒューズ
 - 13.4.5 逆流防止素子
 - 13.4.6 雷保護素子
 - 13.4.7 アーク故障検知・遮断装置
 - 13.4.8 ケーブル・電線管
 - 13.4.9 コネクタ(プラグ・ソケット)
 - 13.4.10 パワーコンディショナ・直流調整装置(DC/DCコンバータ)
 - 13.4.11 受変電設備
 - 13.4.12 接触防護措置(さく、塀)
- 13.5 保守点検を考慮した電気設備計画に関する注意点
- 13.6 表示および文書
 - 13.6.1 機器の表示
 - 13.6.2 文書化および保管
- 13.7 サイバーセキュリティ

13. 電気設備の設計

- 13.1 一般事項
 - 13.1.1 感電リスクに対する保護
 - 13.1.2 発熱・火災リスクに対する保護
- 13.2 基本設計
 - 13.2.1 システム電圧の考え方
 - 13.2.2 システム電流の考え方
 - 13.2.3 直並列回路の基本的な構成方法
 - 13.2.4 遮断器、断路器および開閉器の設置
 - 13.2.5 接地および等電位ボンディング設計
 - 13.2.6 交流回路と直流回路の分離
 - 13.2.7 系統連系における保護協調
 - 13.2.8 電氣的、電磁氣的影響の防止
- 13.3 危険事象に対する保護設計
 - 13.3.1 地絡(対地間絶縁)故障に対する保護
 - 13.3.2 絶縁故障(正負極間)に対する保護
 - 13.3.3 過電流に対する保護
 - 13.3.4 異常発熱・アーク発生に対する保護
 - 13.3.5 雷害および過電圧に対する保護
- 13.4 電気機器の選定および設置場所
 - 13.4.1 太陽電池モジュール
 - 13.4.2 接続箱および集電箱
 - 13.4.3 遮断器、断路器および開閉器
 - 13.4.4 直流ヒューズ
 - 13.4.5 逆流防止素子
 - 13.4.6 雷保護素子
 - 13.4.7 アーク故障検知・遮断装置
 - 13.4.8 ケーブル・電線管
 - 13.4.9 コネクタ(プラグ・ソケット)
 - 13.4.10 パワーコンディショナ・直流調整装置(DC/DCコンバータ)
 - 13.4.11 受変電設備
 - 13.4.12 接触防護措置(さく、塀)
- 13.5 保守点検を考慮した電気設備計画に関する注意点
- 13.6 表示および文書
 - 13.6.1 機器の表示
 - 13.6.2 文書化および保管
- 13.7 サイバーセキュリティ

13. 電気設備の設計

13.1 一般事項

1. 感電、火災その他人体に危害を及ぼし、または物件に損傷を与えるおそれがないように設計する。

- 太陽光発電設備は電気工作物であるため、電気設備に関する技術基準に適合し、感電、火災その他人体に危害を及ぼし、または物件に損傷を与えるおそれがないようにすることが必要である。
- 太陽光発電の電気設備の基本的な構成を下記に示す。太陽電池モジュールにはセルストリングの保護素子としてバイパス回路(バイパスダイオードを含む電気回路)が複数内蔵されている(セルストリングとバイパス回路で構成する回路範囲をクラスタと呼ぶことが多い)。太陽電池モジュールを電氣的に直列にした単位を太陽電池ストリングと呼び、それを並列にしたものを太陽電池アレイと呼ぶ。接続箱には、太陽電池ストリングからの配線が納められ、ここでアレイ単位に集電されるものが一般的である。接続箱内には過電流防止素子、逆電流防止素子、SPD(Surge Protective Device: サージ防護デバイス等)などが設置されていることが一般的である。そこからパワーコンディショナの入力に接続される。
- 一般的な構成は図 13-1 のようなものであるが、大規模な太陽光発電設備の場合などにおいて、接続箱からパワーコンディショナの間集電箱を設けて集電する構成、パワーコンディショナにより交流回路として集電する構成などもある。また、接続箱がなく太陽電池ストリングが直接パワーコンディショナに接続されるケース、太陽電池モジュール単位にパワーエレクトロニクス機器が接続される構成などもある。

13. 電気設備の設計

13.1 一般事項

1. 感電、火災その他人体に危害を及ぼし、または物件に損傷を与えるおそれがないように設計する。
 - 太陽電池アレイの最大システム使用電圧が直流750V以下の場合は、直流回路については、低圧設備の基準に従って設計を行う。太陽電池アレイの最大システム電圧が直流750Vを超える場合は、高圧の電気工作物の設備となる。高圧設備の場合、機器の耐圧、電気設計を高圧設備に適合したものとするとともに、太陽電池アレイ全体及び関連する配線・保護設備へのアクセスは、取扱者に限定する。
 - また、交流回路のシステム電圧は、パワーコンディショナ、変圧器、受変電設備の機器の公称電圧とする。交流600Vを超える場合は、高圧の電気工作物となる。

13.1.1 感電リスクに対する保護

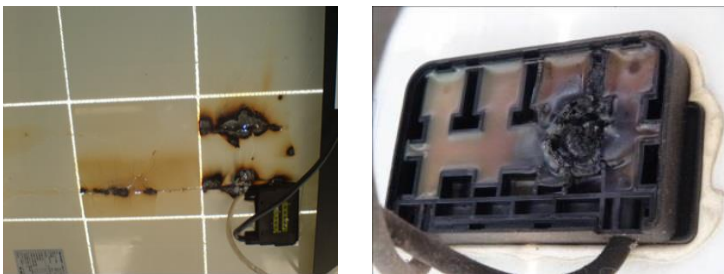
1. 取扱者以外に対して接触防護措置を原則とした電気設計とする。
2. 非充電の露出導電性部分を保護接地する。
3. 地絡検知・遮断機能、警報の機能、接地の確保を定期的を確認できる設計および体制とする。

- 現在、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施行規則の認定基準(5条)において、さくまたは塀の設置を求めている。また、高圧設備については、発電所等への取扱者以外の者の立入の防止対策を求めている(電気事業法 省令第23条第1項)、電技解釈第38条)。さらに、**小規模事業用電気工作物に該当する太陽電池発電設備については、原則、さく、塀の設置義務**がある。
- 基本的には取り扱い者以外が電気設備に接触することは想定してないが、事故時における電路となる可能性がある**非充電の露出導電性部分は、保護接地を行う**ことで取扱者等が接触した場合においても感電リスクを下げる可以降低。
- 非充電の露出導電性部分が充電される事故が発生した場合は、**地絡検知機能により速やかに検知する必要**がある。

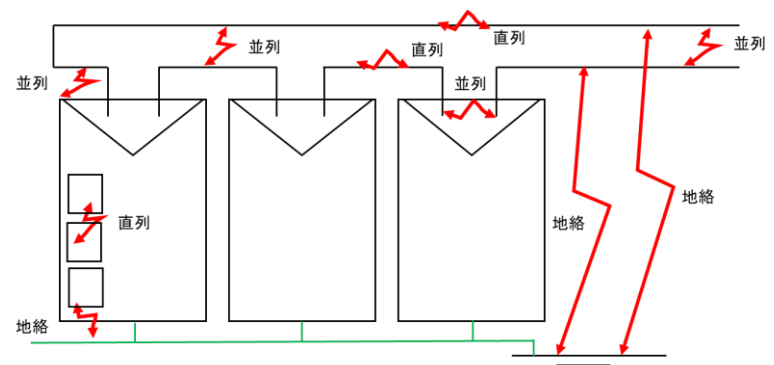
13.1.2 異常発熱・火災リスクに対する保護

1. 太陽電池モジュールに近接する場所に可燃物がないようにする。
2. ケーブル、コネクタなど配線を行う場所には可燃物がないようにする。
3. 接続箱・集電箱などの筐体は不燃材を利用する。
4. 地絡検知・遮断機能、過電流検知・遮断機能、事故発生時の警報の機能、発熱・アーク故障発生を検知・遮断する機能および定期的に保守点検できる設計および体制とする。

- 異常発熱・火災リスクとしては、その部分が異常発熱し、そこに接触して火傷や熱傷を追うことが考えられる。また、機器等の異常発熱による周囲機器の故障や絶縁破壊、または周辺部材や可燃物への発火、延焼を引き起こす恐れがある。また、電気機器からの直接の発火、それによる周辺部材や可燃物への発火、延焼を引き起こす恐れがある。
- 主な発熱、発火のリスクとして、太陽電池モジュールからの発熱・発火と、その他配線、電気機器からの発熱・発火が想定される。



太陽電池モジュールからの異常発熱・発火事例



異常発熱・発火(アーク)が発生する可能性がある代表的な箇所

13. 電気設備の設計

- 13.1 一般事項
 - 13.1.1 感電リスクに対する保護
 - 13.1.2 発熱・火災リスクに対する保護
- **13.2 基本設計**
 - **13.2.1 システム電圧の考え方**
 - **13.2.2 システム電流の考え方**
 - **13.2.3 直並列回路の基本的な構成方法**
 - **13.2.4 遮断器、断路器および開閉器の設置**
 - **13.2.5 接地および等電位ボンディング設計**
 - **13.2.6 交流回路と直流回路の分離**
 - **13.2.7 系統連系における保護協調**
 - **13.2.8 電氣的、電磁氣的影響の防止**
- 13.3 危険事象に対する保護設計
 - 13.3.1 地絡(対地間絶縁)故障に対する保護
 - 13.3.2 絶縁故障(正負極間)に対する保護
 - 13.3.3 過電流に対する保護
 - 13.3.4 異常発熱・アーク発生に対する保護
 - 13.3.5 雷害および過電圧に対する保護
- 13.4 電気機器の選定および設置場所
 - 13.4.1 太陽電池モジュール
 - 13.4.2 接続箱および集電箱
 - 13.4.3 遮断器、断路器および開閉器
 - 13.4.4 直流ヒューズ
 - 13.4.5 逆流防止素子
 - 13.4.6 雷保護素子
 - 13.4.7 アーク故障検知・遮断装置
 - 13.4.8 ケーブル・電線管
 - 13.4.9 コネクタ(プラグ・ソケット)
 - 13.4.10 パワーコンディショナ・直流調整装置(DC/DCコンバータ)
 - 13.4.11 受変電設備
 - 13.4.12 接触防護措置(さく、塀)
- 13.5 保守点検を考慮した電気設備計画に関する注意点
- 13.6 表示および文書
 - 13.6.1 機器の表示
 - 13.6.2 文書化および保管
- 13.7 サイバーセキュリティ

13.2.1 システム電圧の考え方

1. 直流回路のシステム電圧は、太陽電池モジュールの標準試験状態の開放電圧を利用して、直並列による太陽電池アレイ全体の開放電圧とする。
2. 直流回路の最大システム使用電圧は、太陽電池アレイの最低推定動作温度に補正した開放電圧とする。

- 太陽光発電設備の保護設計や機器選定時における直流回路のシステム電圧は、太陽電池モジュールの標準試験状態の開放電圧を利用して、**直並列による太陽電池アレイ全体回路の開放電圧**とする。
- 一般的な結晶系シリコンの太陽電池は、**セル温度が上がると電圧が下がり、セル温度が下がると電圧が上がる**。
- 最大システム使用電圧(設計時に想定する電圧を使用電圧とする)は、**発電可能時間帯(早朝など)における最低気温などを利用**することが望ましい。そのため、最低推定動作温度は、近隣の気象官署などから過去20年程度の発電可能時間帯(早朝など)における最低気温などを利用することが望ましい(なお、気象の統計における最低気温は夜間も含む)。
- 交流回路のシステム電圧は、PCSの直流から交流に変換する交流電圧が基本となり、その後の変圧器および受変電設備により系統へ連系する電圧へ昇圧することになる。そのため、交流回路のシステム使用電圧は、それぞれの回路状態から決定する。

13.2.2 システム電流の考え方

1. 直流回路のシステム電流は、太陽電池モジュールの標準試験状態の短絡電流を利用して、直並列による太陽電池アレイ全体の短絡電流とする。
- 太陽光発電設備の保護設計や機器選定時における直流回路のシステム電流は、太陽電池モジュールの標準試験状態の短絡電流を利用して、**直並列による太陽電池アレイ全体の短絡電流とする**。基本的には太陽電池アレイを構成する太陽電池ストリングの並列数と太陽電池モジュールの短絡電流の乗算により決定される。
 - 両面受光型モジュールを利用する場合は、**両面に入射される日射強度をシミュレーションにより最大の短絡電流を計算する必要がある**。その際には、太陽電池モジュールのバイフェーシャルファクターや設置環境を考慮する必要がある。

13.2.3 直並列回路の基本的な構成方法

1. 太陽電池アレイを構成する太陽電池ストリングの並列回路は、太陽電池アレイ内部での逆電流が発生しないように構成する。
 - 太陽電池アレイ内の並列接続された太陽電池ストリングに電圧差がある場合、太陽電池の発電電流と逆方向の電流(逆電流)が流れる。
 - そのため、**太陽電池ストリングの設計時の電圧は同一となるようにすることが必要**である。IEC 62548-1:2023では、太陽電池アレイ内を構成する複数の太陽電池ストリングの標準試験状態における開放電圧がそれぞれ異なる場合、その中の**電圧の最低値と最高値が10%以内**になることを求めている。
 - ストリング間の電圧差が発生した場合にも、逆電流等の影響を緩和する装置として、太陽電池ストリングごとにMPPT制御可能なパワーコンディショナやDC/DCコンバータ、モジュール単位のMPPT制御可能な装置を利用する場合は、それら装置の使用範囲内の電圧差を許容することができる。逆流防止素子(ブロッキングダイオード等)を利用する場合は、ストリング間に電圧差が発生した場合でも、逆電流を防止することが可能となる。
 - **異なる型式の太陽電池モジュールを混在させる場合は、JIS C 8957:2019 太陽電池モジュールアレイ互換性標準**を参考にすることが望ましい。

13.2.4 遮断器、断路器及び開閉器の設置

1. 事故時の事故電流を遮断できる遮断器を設置する。
2. 安全に保守点検作業が行えるようにするため、太陽電池ストリングからパワーコンディショナまでの太陽電池アレイ内に電路を遮断可能な手段を設ける。

- 太陽電池アレイ内には、事故時の事故電流を遮断するための遮断器を設置する。
- 危険事象に関する具体的な保護設計は 13.3 を参照し、それぞれの目的に応じた箇所に遮断器、断路器及び開閉器を設置する。安全に保守点検作業が行えるようにするため、各所に電路を遮断可能な手段を設けることが必要である。IEC 62548-1:2023/JISC 62548:2023では、各太陽電池ストリングには開閉器を求めている。開閉器の他、シース付きコネクタ、断路器を許容している。太陽電池サブアレイには、パワーコンディショナに直接接続しない場合には、開閉器の設置を求め、事故電流を遮断できる遮断器やヒューズの設置を推奨している。パワーコンディショナに直接接続する場合には、事故電流を遮断できる遮断器やヒューズの設置を求めている。太陽電池アレイには、事故電流を遮断できる遮断器やヒューズの設置を求めている。
- 断路器を利用する場合は、電流が流れた状態で開閉を行うと、電流を遮断できずアーク発生などの事故の恐れがある。そのため、開路作業時にはパワーコンディショナから太陽電池ストリング方向に電氣的に接続された順番に開路作業を行い、閉路作業は、逆順で行う必要がある。そのため、それぞれの設置場所に電気回路の図面を配置するなど、操作手順に誤りがないようにすることが望ましい。
- 太陽電池は昼間の作業時には活線状態となる。開放電圧30Vを超えるシステムは、全て直流アークを発生するおそれがあるため、負荷遮断のための特別な構造をもたないコネクタは、通電中に開閉すると安全上危険なため実施しないこと。

13.2.5 接地および等電位ボンディング設計

1. 太陽電池アレイ内の接地は、感電保護、装置の機能動作のため、雷害保護の種類や目的ごとに応じた、接地方法、当該導体のサイズおよび配線を設計する。

• 太陽電池アレイ内の接地は、目的に応じて下記のような種類がある。

(1) 保護接地・等電位ボンディング

- 事故発生時に非充電の露出導電性部分が充電された場合において、人が接触したときの電位差を制限させるため。
- 地絡故障電流の流れる経路を確保するため。
- 地絡故障電流による発熱・アークの発生を防止するため。

(2) 機能接地・等電位ボンディング

- 絶縁抵抗測定、漏れ電流検出などの保護装置、パワーコンディショナの動作を確実にするため。
- 太陽電池モジュールの種類による劣化防止するため（例えば、PID : potential induce degradationなど）。

(3) 雷害保護接地・等電位ボンディング

- 雷による電圧、電流の侵入防止、侵入時の機器保護のため。

13.2.5 接地および等電位ボンディング設計

1. 太陽電池アレイ内の接地は、感電保護、装置の機能動作のため、雷害保護の種類や目的ごとに応じた、接地方法、当該導体のサイズおよび配線を設計する。
 - 接地には上記観点から多種多様な目的と方法が考えられる。その際に前述の**保護接地および機能接地設計との協調を考慮して設計することが必要である。**
 - 太陽光発電設備の特徴として、①電路に直流部分と交流部分の2種が存在すること、②直流電路と交流電路は、相互に絶縁されている場合も、されていない場合もあること、③太陽電池モジュールのフレーム、架台、接続箱の金属筐体等が屋外に面的に展開するものがあること、④パワーコンディショナは種類により分散型のように面的に展開されるものや、集中型のようにキュービクルなどに1か所にあるなど種類が様々であること、などがある。

13.2.6 交流回路と直流回路の分離

1. 交流回路と太陽電池アレイの直流電力回路とは、パワーコンディショナ内部または外部に設置された変圧器等により分離する。
- 交流回路と太陽電池アレイの直流電力回路との分離は、パワーコンディショナ内部または外部に設置された変圧器等で行い、直流分の流出を防止することが必要となる。

13.2.7 系統連系における保護協調

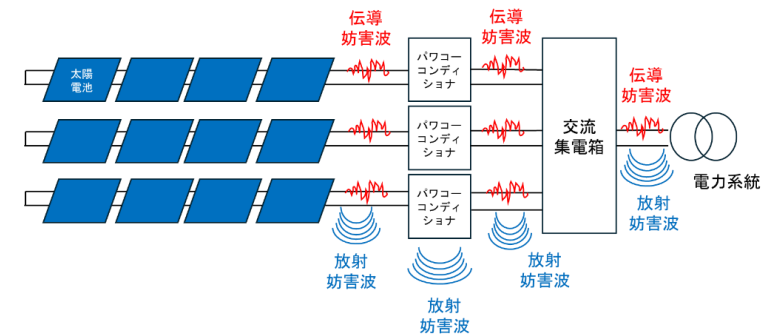
1. 電力系統との保護協調可能な装置を設置し、電力系統事故には安全に太陽光発電設備を停止するシステムとする。
2. 太陽光発電設備内に事故が発生した場合、電力系統への波及事故が発生しないシステムとする。

- 太陽光発電設備が系統連系を行う場合には、これらの法規、基準を守る必要があり、電力系統との保護協調を行う必要がある。太陽光発電設備に用いられるパワーコンディショナは、系統連系規程に定められる機能を有しているため、電力系統との保護協調は基本的にはパワーコンディショナがその機能を担っている。しかしながら、利用する電圧階級によっては、地絡過電圧継電器(OVGR)を用いることがある。この場合、OVGRで電力系統側の事故を検知した場合は、それに協調して太陽光発電設備内のパワーコンディショナを停止する必要がある。
- 太陽光発電設備内で発生した事故により、系統側への直流分流出などの波及事故を引き起こす恐れがある。通常、パワーコンディショナが直流回路の地絡や、電力系統への直流分流出を検知して、速やかに停止する機能を有している。直流回路の地絡検知、絶縁監視装置を利用する場合は、検知した場合に直流分を流出させないため、パワーコンディショナと連携するシステムとすることが必要である。

13.2.8 電氣的、電磁氣的影響の防止

1. 発電設備からの電磁波や電線を通じた電磁波が周辺の電波環境に影響を与えないように適切な措置をする。

- 太陽光発電設備に用いられるパワーコンディショナは、高周波スイッチングによりDC-AC変換するため、スイッチングノイズが発生する。太陽電池アレイとパワーコンディショナ間の直流(DC)伝導妨害波および放射妨害波、およびパワーコンディショナから低電圧系統間の交流(AC)伝導妨害波および放射妨害波想定される。
- 太陽光発電設備用の系統連系用パワーコンディショナについて、他の電気・電子機器へのEMC的影響の可能性から、放射、伝導妨害波許容値がCISPR11やCISPR16において示されている。これらと連携して、IEC 62920において、パワーコンディショナにおけるEMCに対する要求仕様およびテスト方法を規定しているため、本規格に適合したパワーコンディショナを用いることが望ましい。
- 配線方法などにより発電設備ごとの対処が必要なことから、周辺環境へ影響が確認される場合は、設置場所の変更、筐体やケーブルを遮蔽するシールド、パワーコンディショナ等へのノイズフィルターの追加、配線のループの低減などの対策が考えられる。



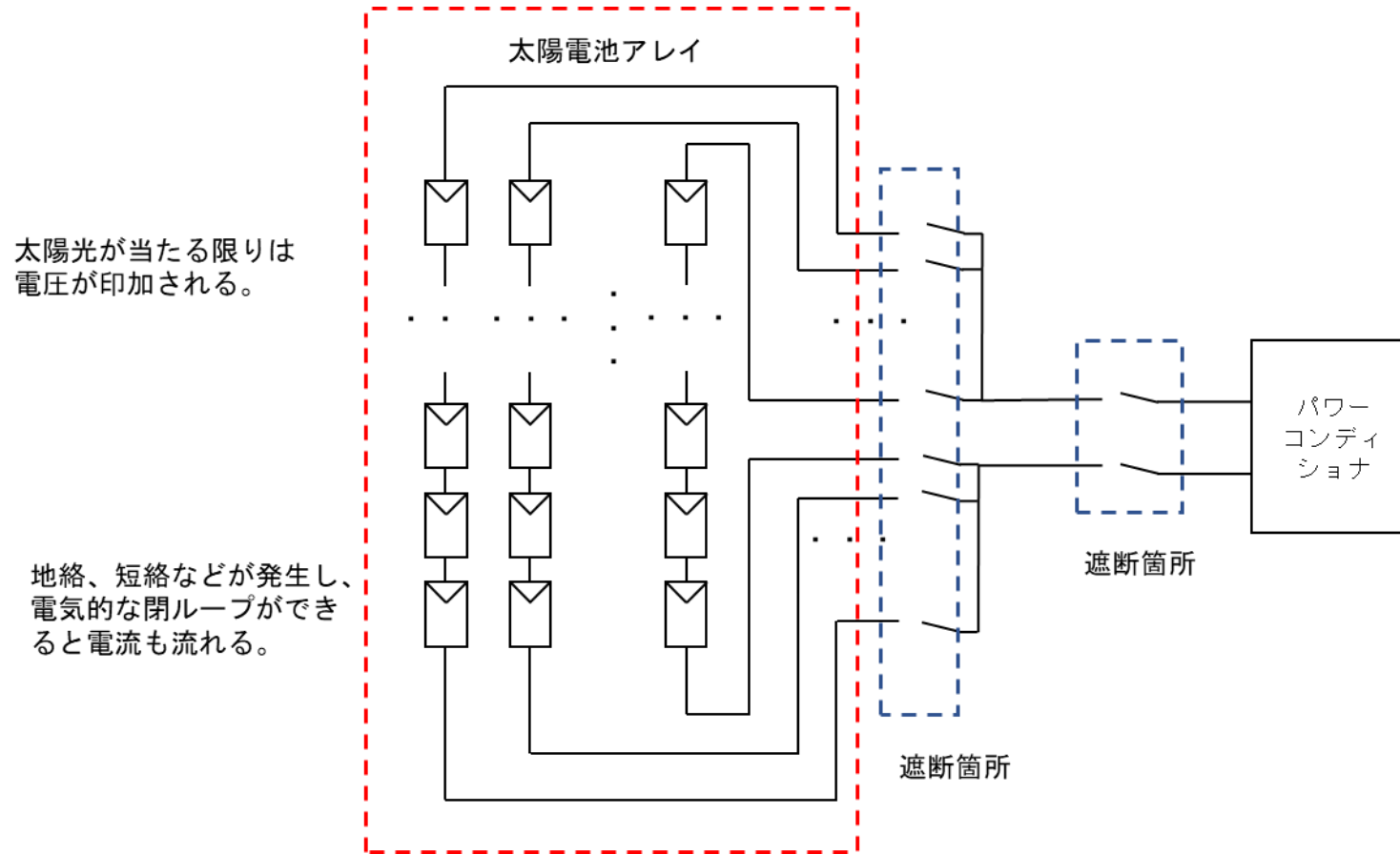
13. 電気設備の設計

- 13.1 一般事項
 - 13.1.1 感電リスクに対する保護
 - 13.1.2 発熱・火災リスクに対する保護
- 13.2 基本設計
 - 13.2.1 システム電圧の考え方
 - 13.2.2 システム電流の考え方
 - 13.2.3 直並列回路の基本的な構成方法
 - 13.2.4 遮断器、断路器および開閉器の設置
 - 13.2.5 接地および等電位ボンディング設計
 - 13.2.6 交流回路と直流回路の分離
 - 13.2.7 系統連系における保護協調
 - 13.2.8 電氣的、電磁氣的影響の防止
- 13.3 危険事象に対する保護設計
 - 13.3.1 地絡(対地間絶縁)故障に対する保護
 - 13.3.2 絶縁故障(正負極間)に対する保護
 - 13.3.3 過電流に対する保護
 - 13.3.4 異常発熱・アーク発生に対する保護
 - 13.3.5 雷害および過電圧に対する保護
- 13.4 電気機器の選定および設置場所
 - 13.4.1 太陽電池モジュール
 - 13.4.2 接続箱および集電箱
 - 13.4.3 遮断器、断路器および開閉器
 - 13.4.4 直流ヒューズ
 - 13.4.5 逆流防止素子
 - 13.4.6 雷保護素子
 - 13.4.7 アーク故障検知・遮断装置
 - 13.4.8 ケーブル・電線管
 - 13.4.9 コネクタ(プラグ・ソケット)
 - 13.4.10 パワーコンディショナ・直流調整装置(DC/DCコンバータ)
 - 13.4.11 受変電設備
 - 13.4.12 接触防護措置(さく、塀)
- 13.5 保守点検を考慮した電気設備計画に関する注意点
- 13.6 表示および文書
 - 13.6.1 機器の表示
 - 13.6.2 文書化および保管
- 13.7 サイバーセキュリティ

13.3 危険事象に対する保護設計

- 太陽光発電設備における危険事象としては、**地絡(対地間絶縁)故障、正負極間の絶縁故障、過電流、異常発熱からの発火、アーク発生、雷害および過電圧**があげられる。
- 太陽光発電設備が他の電気設備と異なる点は、**太陽エネルギーにより出力が制限されるため、正負極を短絡してもそれだけでは事故電流は流れない**ことに留意が必要である。また、直流であることや、太陽電池の電流電圧特性から、アークが発生した場合においては、安定して継続する可能性もある。
- 太陽光発電設備の**電路の遮断方法として、接続箱内の開閉器、断路器、遮断器、パワーコンディショナの停止などが想定される**。ただし、これらの箇所**で電路を開放した場合でも、太陽光が太陽電池に照射される状態では太陽電池は発電を継続するため、太陽電池アレイ側は電圧が印加され続けている**。また、地絡、短絡事故が発生している場合には、電気的な閉回路を形成することがあり、事故電流も継続して流れる恐れがある。そのため、接続箱における電路の開放やパワーコンディショナの停止を行っても、危険事象が継続して**おそれがある**ことに注意する必要がある。
- 電気設備としては、**太陽電池モジュールが面積的に広範囲に広がっており、雷害保護に関する対応の範囲が広い**ことも特徴である。

13.3 危険事象に対する保護設計



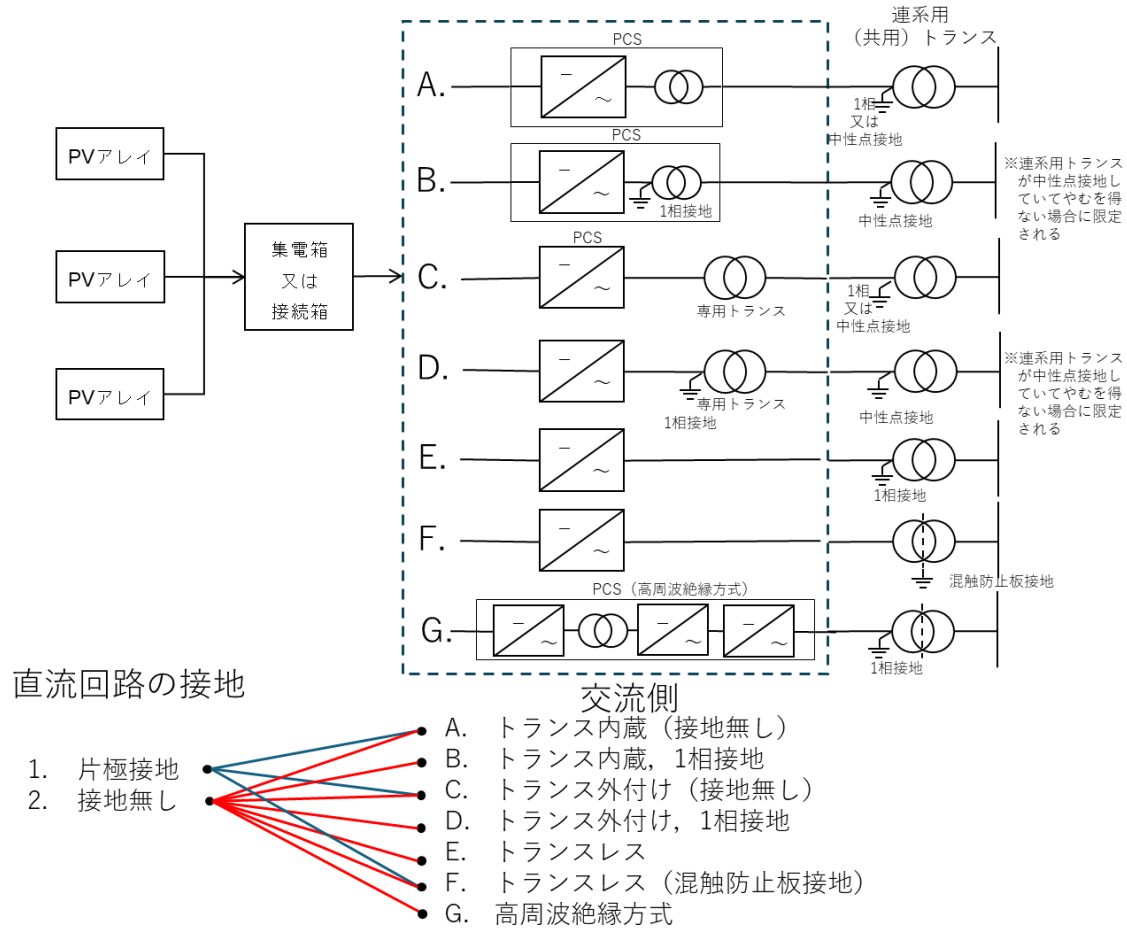
太陽電池アレイ内の電圧が残る範囲

13.3.1 地絡(対地間絶縁)故障に対する保護

1. 太陽光発電設備を構成する電気機器は、適切な絶縁性能を有する機器とする。
2. 電路-対地間の絶縁を確保するために、適切に配線する。
3. 地絡故障を検知、警報および事故電流を遮断できる装置を設置する。

- 原則としては、地絡(対地間絶縁)故障を発生させないためには、太陽光発電設備を構成する電気設備は、対地間に対する絶縁性能を有する機器を選定する必要がある。
- 地絡故障が発生した場合には、その事象を検知し、事故電流を遮断する装置が必要である(電技第36条などを参考)。**地絡検知装置としては、パワーコンディショナに付属した機能、外付け機能が存在する。**
- **地絡検知方法は、電気回路の種類ごとに検知方法が異なる。**太陽光発電設備を構成する回路は、直流側の電路の接地の有無、AC側のトランス(変圧器)の有無、変圧器の接地箇所の違いなど様々であり、それぞれ事故電流が流れる様相が異なる。
- 具体的な地絡検知を行う方法としては、太陽電池アレイ側の絶縁抵抗監視・検知方法、残留電流監視モニタによる監視・検知方法がある。太陽電池アレイ側の絶縁抵抗監視装置は、**JIS C 62548(2023)/IEC 62548-1(2023)では、運転開始直前および少なくとも24時間に1回の頻度で、対地間の絶縁抵抗を測定することを求めている。**

13.3.1 地絡(対地間絶縁)故障に対する保護



地絡検知装置(絶縁抵抗測定方法)種類

13.3.1 地絡(対地間絶縁)故障に対する保護

1. 太陽光発電設備を構成する電気機器は、適切な絶縁性能を有する機器を選定する。
2. 電路-対地間の絶縁を確保するために、適切に配線する。
3. 地絡故障を検知、警報および事故電流を遮断できる装置を設置する。

- 地絡を検知した場合は、事故電流を速やかに遮断する必要がある。しかしながら、国内では太陽電池アレイの正負極が接地されていないシステムが多いため、直流側に1か所の地絡故障の発生時にはパワーコンディショナの停止や接続箱等における遮断器の開放により地絡電流が流れないが、2か所目の地絡が発生した場合、パワーコンディショナの停止や接続箱等における遮断器の開放をしても、停止が困難になる電路の閉回路が発生する可能性がある。

13.3.2 絶縁故障(正負極間)に対する保護

1. 太陽光発電設備を構成する電気機器は、適切な絶縁性能を有する機器とする。
2. 電路の正負極間の絶縁を確保するために、適切に配線する。

- 原則としては、正負極間絶縁故障を発生させないためには、太陽光発電設備を構成する電気設備は、正負極間に対する絶縁性能を有する機器を選定する必要がある。
- 太陽電池アレイが広範囲に広がることから、配線距離が長くなるため、ケーブルの敷設箇所、また接続箱やパワーコンディショナなど電気が集中するところの端子台などの接続部は正負極間は物理的な距離を取る配線を行うことが有効である。
- 正負極間の短絡が発生した場合、太陽電池の発電特性から短絡電流は流れるが、必ずしも事故電流とならないこともある。そのため、電路の正負極間の絶縁故障を検知する有効な手法が現状存在しない。しかしながら、太陽電池ストリング間の正負極の短絡時に並列アークの発生や、事故発生による太陽電池ストリングの電圧が低下することによる逆電流の発生の可能性がある。これら事故の様相により、例えば、アーク検知や過電流保護により遮断することができる。

13.3.3 過電流に対する保護

1. 過電流を防止する回路を太陽電池ストリングごとに設置する。

- 太陽光発電設備の直流側の過電流として、並列する太陽電池ストリングから電流が流入する事故電流がある(逆電流)。逆電流による太陽電池モジュールの熱耐力は、JIS C 61730-1およびJIS C 61730-2で規定する安全性試験の2時間の試験で適格性が確認されており、“最大過電流保護”の値として太陽電池モジュールに表示されている。この範囲内であれば、太陽電池モジュール内における異常発熱が発生するリスクは少ないが、太陽電池モジュール内や当該太陽電池ストリングの配線等に不具合が発生している場合、その不具合箇所にも電流が流れることで異常発熱などが発生する可能性があるため、保護が必要となる。
- 太陽電池モジュールを並列に接続する回路には、その回路に短絡を生じた場合に回路を保護する過電流遮断器その他の器具(逆流防止ダイオード等)を施設することを求めている。200条は小規模発電設備であるが、太陽電池ストリングや太陽電池アレイの過電流(逆電流など)の事故電流については同様であるため、これに従い太陽電池ストリング単位には遮断可能な開閉器もしくは、過電流保護素子を設置することが望ましい。
- 過電流検知・遮断機能として、ヒューズによる保護がある。ヒューズはIEC 60269-6に適合したgPVヒューズを利用することが必要である。また、ケーブルの通電容量、太陽電池モジュールの最大逆電流定格および他の機器の最大電流を超過しない条件を基にヒューズの定格を選択することが重要である。

13.3.3 過電流に対する保護

1. 過電流を防止する回路を太陽電池ストリングごとに設置する。

- 過電流防止素子の定格の決定方法は、JISC 62548:2023/IEC 62548-1:2023を参考とすること。考え方としては、通常の運転時には直列に接続されたヒューズが溶断されないように、短絡電流よりも余裕をもった値では溶断されない値とし（例えば、太陽電池アレイでは1.5倍の I_{sc} 、太陽電池ストリングでは、1.25倍の I_{sc} 以下では溶断しない）、事故電流においては遮断されることが必要となる（例えば、2.4倍の I_{sc} 以上では溶断する）。なお、ヒューズ定格は温度により変化するため、温度特性も加味した選定を行う必要がある。また、両面受光型モジュールを利用する場合は、両面に入射される日射強度をシミュレーションにより最大の短絡電流を計算する必要がある（13.2.2を参照）。
- 過電流は並列ストリングからの事故点への健全ストリングへの電流の流れ込みによる逆電流への逆流防止を行う逆流防止ダイオードなどが存在する。それぞれの設計はJISC 62548(2023)、IEC 62548-1(2023)、JEM 1508を参考とすること（13.5.5を参考）。
- ヒューズ利用時にはヒューズが溶断するまでの間は事故電流が流れること、逆流防止ダイオードはダイオードの短絡事故時には逆防止の機能が失われることから、それぞれ火災につながる過電流保護できないリスク事象が存在するため、相互の機能を補間するために両方、両極に設置することが望ましい。

13.3.4 異常発熱・アーク発生に対する保護

1. 異常発熱・アーク発生を検知・遮断する回路を設置することが望ましい。
2. 異常発熱・アーク発生を発生させないために、適切に配線する。

- アーク故障発生を保護・遮断する機能としては、**太陽光発電用のアーク故障検知装置が存在する**。アーク故障検知・遮断装置を利用する場合は、IEC 63027:2023 Photovoltaic power systems – DC arc detection and interruptionまたはUL 1699b)に適合した装置を利用すること(**JIS C63027:太陽光直流アーク検出・遮断**)。基本的には、**正負どちらかの片極側におけるアーク(直列アーク故障)を検知することを想定しているため、正負極間の絶縁低下によるアーク(並列アーク故障)は検知できないこともあることに留意が必要である**。
- **周辺への延焼しないような時限内に事故点を遮断できること重要**である。IEC 63027における試験条件では、750J以下もしくは2.5s以内の検知・遮断としている。事故後速やかに所有者や保守点検者へ通知できる警報の機能、保守点検計画および体制が取れることを推奨する。
- 異常発熱、アーク発生の一つに配線ケーブルやコネクタの箇所による事故事例がある。**コネクタは、異種嵌合により異常発熱をすることがあり、それが発展して断線およびその際のアーク発生による焼損などの恐れがある**。そのため、IEC 62548-1:2023/JISC 62548:2023などでは太陽光発電設備におけるコネクタは、同じメーカーの同じ製品ファミリーであることを求めている。これら異種嵌合による危険性は、IEC TR 63225が参考となる。

13.3.5 雷害および過電圧に対する保護

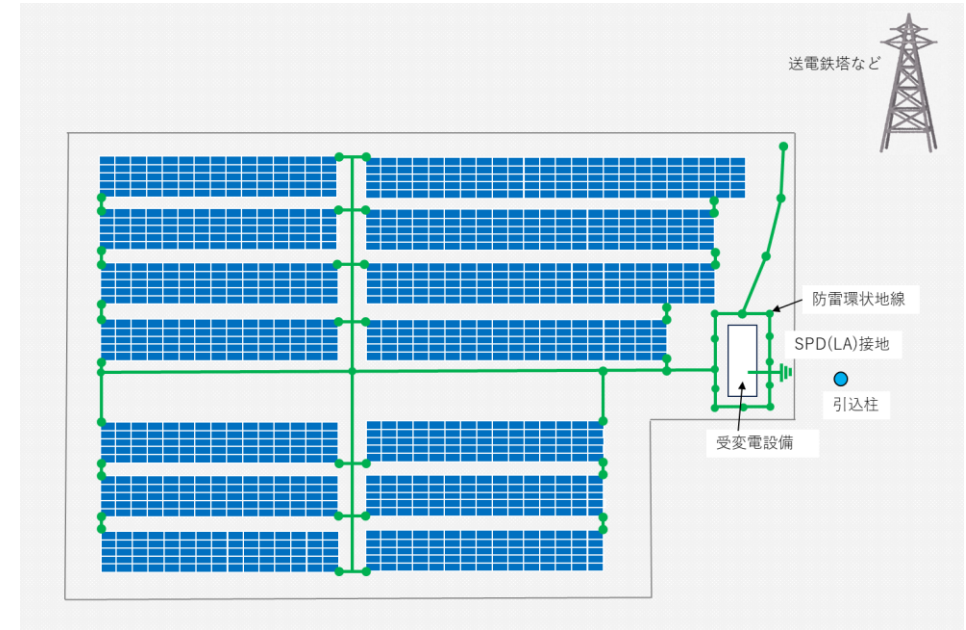
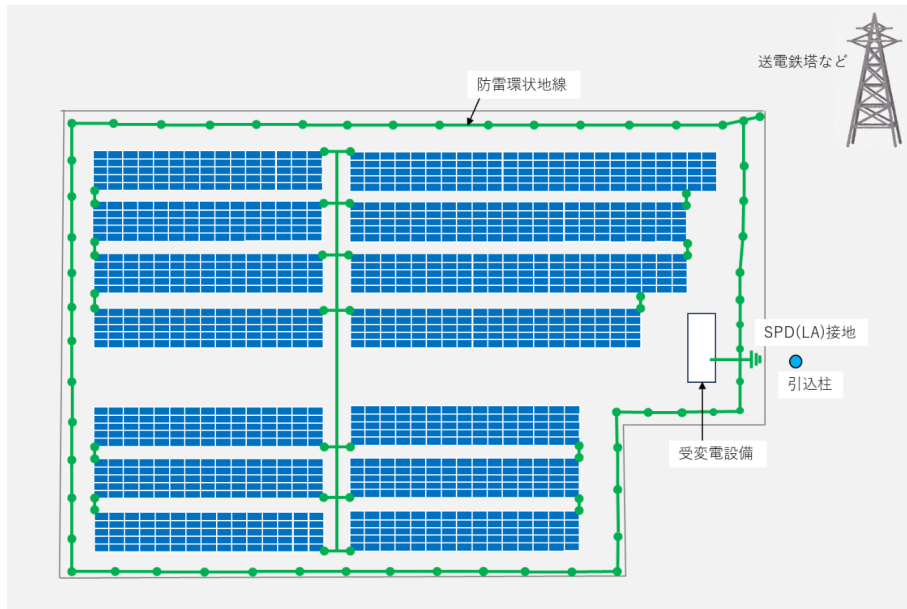
1. 太陽光発電設備への直撃雷を防ぐ受雷部システムや、大地から侵入する雷電流を捕捉し、設備への流入を防ぐ防雷地線を設置する(外部LPS)。
2. 接続箱、集電箱などの被害原因である電位差を軽減する等電位ボンディングを行う(内部LPS)。
3. 配線は、雷サージの影響を遮蔽できるように金属配管を利用することやシールドケーブルを用いること、誘導ループ面積を極力小さくする。

- 太陽光発電設備は、広大な敷地にアレイが配置され、接続箱、集電箱がキュービクルから離れて点在する場合もあり、雷被害が発生している。しかし発電設備の性質上、完璧な雷害対策を行うのは困難である。理想的な対策と効果は下がるが簡易な対策例を示す。
- 太陽光発電設備に対する雷害対策としては、外部LPS(受雷部システム、引下げ導線システム、接地システム)、内部LPS(等電位ボンディング、SPD: Surge Protective Device: サージ防護デバイス等)で構成される。

雷防護対策	目的
外部LPS 受雷部システム 引き下げ導線システム 接地システム	<ul style="list-style-type: none"> ・発電設備への直撃を軽減 ・直撃雷、他地点雷への防護 ・設備への雷電流の流入を阻止
内部LPS 等電位ボンディング 耐雷トランス SPD: Surge Protective Device	<ul style="list-style-type: none"> ・保護する機器(PCS、接続箱など)をエリアごとに等電位化 ・電位の分離 ・雷サージの処理

13.3.5 雷害および過電圧に対する保護

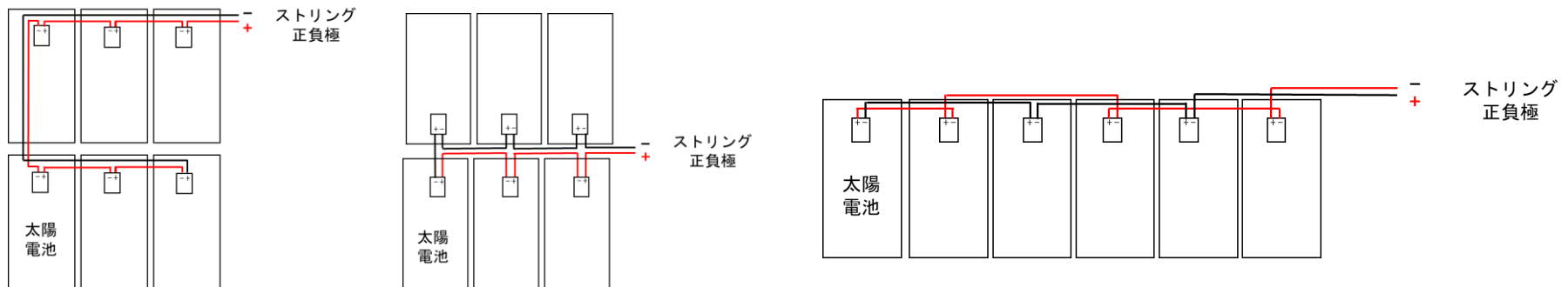
1. 太陽光発電設備への直撃雷を防ぐ受雷部システムや、大地から侵入する雷電流を捕捉し、設備への流入を防ぐ防雷地線を設置する(外部LPS)。
 2. 接続箱、集電箱などの被害原因である電位差を軽減する等電位ボンディングを行う(内部LPS)。
 3. 配線は、雷サージの影響を遮蔽できるように金属配管を利用することやシールドケーブルを用いること、誘導ループ面積を極力小さくする。
- 例えば、太陽光発電設備用の外部LPSと太陽電池アレイと架台で構成する等電位ボンディングを分離することにより、雷電流の流入を阻止することができるため、架台を通じた太陽電池モジュールへの電磁誘導を想定したリスクは低減することが想定できる。



13.3.5 雷害および過電圧に対する保護

1. 太陽光発電設備への直撃雷を防ぐ受雷部システムや、大地から侵入する雷電流を捕捉し、設備への流入を防ぐ防雷地線を設置する(外部LPS)。
2. 接続箱、集電箱などの被害原因である電位差を軽減する等電位ボンディングを行う(内部LPS)。
3. 配線は、雷サージの影響を遮蔽できるように金属配管を利用することやシールドケーブルを用いること、誘導ループ面積を極力小さくする。

- SPDの選定・設置は、IEC 61643-31およびIEC 61643-32を参考とすることが望ましい。また、メンテナンスを行なえるような箇所に設置することが望ましい。
- 配線については、全ての直流側ケーブルは、同じ太陽電池ストリングの正および負のケーブルおよび太陽電池アレイ主幹ケーブルを、システム内にループができないよう注意して共に束ねるよう設置することが望ましい。なお、束ねる場合に正負極間の短絡のリスクがあるため、正負極をそれぞれ分離して配管により束ねることが望ましい。



13.4 電気機器の選定及び設置場所

1. 直流回路で利用する電気機器は、直流用途の定格をもつ機器を選定する。
 2. 太陽電池ストリング、太陽電池アレイの設置場所に応じた、最大システム電圧と最大システム電流を想定した同等以上の定格電流値をもつ機器を選定する。
 3. 場所及び環境に適合した IP 等級をもつ機器を選定する。
 4. 場所及び環境に応じた温度定格値をもつ機器を選定する。
- 太陽光発電設備に利用する電気機器は、太陽電池アレイ側の直流回路で利用する場合、直流用途を想定した定格を有するものを利用すること、それぞれの機器は最大システム電圧(13.2.1を参照)、最大システム電流(13.2.2を参照)を想定した同等以上の定格電流値をもつ機器を選定すること、屋外に設置される機器が多いため場所及び環境に適合した IP 等級、温度定格値をもつことを確認する。

13. 電気設備の設計

- 13.1 一般事項
 - 13.1.1 感電リスクに対する保護
 - 13.1.2 発熱・火災リスクに対する保護
- 13.2 基本設計
 - 13.2.1 システム電圧の考え方
 - 13.2.2 システム電流の考え方
 - 13.2.3 直並列回路の基本的な構成方法
 - 13.2.4 遮断器、断路器および開閉器の設置
 - 13.2.5 接地および等電位ボンディング設計
 - 13.2.6 交流回路と直流回路の分離
 - 13.2.7 系統連系における保護協調
 - 13.2.8 電氣的、電磁氣的影響の防止
- 13.3 危険事象に対する保護設計
 - 13.3.1 地絡(対地間絶縁)故障に対する保護
 - 13.3.2 絶縁故障(正負極間)に対する保護
 - 13.3.3 過電流に対する保護
 - 13.3.4 異常発熱・アーク発生に対する保護
 - 13.3.5 雷害および過電圧に対する保護
- 13.4 電気機器の選定および設置場所
 - 13.4.1 太陽電池モジュール
 - 13.4.2 接続箱および集電箱
 - 13.4.3 遮断器、断路器および開閉器
 - 13.4.4 直流ヒューズ
 - 13.4.5 逆流防止素子
 - 13.4.6 雷保護素子
 - 13.4.7 アーク故障検知・遮断装置
 - 13.4.8 ケーブル・電線管
 - 13.4.9 コネクタ(プラグ・ソケット)
 - 13.4.10 パワーコンディショナ・直流調整装置(DC/DCコンバータ)
 - 13.4.11 受変電設備
 - 13.4.12 接触防護措置(さく、塀)
- 13.5 保守点検を考慮した電気設備計画に関する注意点
- 13.6 表示および文書
 - 13.6.1 機器の表示
 - 13.6.2 文書化および保管
- 13.7 サイバーセキュリティ

13.4.1 太陽電池モジュール

1. 国際電気標準会議(IEC)のIECEE-CB認証機関によって太陽電池モジュールの種類に応じてIEC 61215およびIEC 61730シリーズの規格に適合することの認証を受けたものまたはこれらと同等以上の性能の製品を選定する。

- 太陽電池モジュールは認証機関により認証された製品を用いる。規格としては、IEC 61215およびIEC 61730シリーズもしくは、JIS C 61215、JIS C 61730シリーズに適合したものを用いる。また、太陽電池モジュールの火災試験については、JIS C 8993、IEC 61730-2(2004)、ANSI UL 790、1703に従って電圧区分の確認および火災安全等級の分類を行い、その条件に該当するシステムだけに使用することが必要である。

13.4.2 接続箱および集電箱

1. システム電圧、システム電流に適合した接続箱および集電箱を選定する。
 2. 環境条件に適切な外郭のIP等級の接続箱および集電箱を選定する。
 3. 保守点検、施工性に配慮した接続箱を選定する。
 4. 周囲への延焼防止と認められる措置を施した筐体を用いた接続箱及び集電箱を選定する。
- 直流750V以下のシステムにおいてはJEM 1493「太陽光発電システム用接続箱および集電箱」、直流750Vを超え1,000V以下においてはJEM 1508「太陽光発電システム用接続箱および集電箱 直流750Vを超え1,000V以下対応」の要件項目を満足する、もしくはそれ以上の性能を持つ接続箱を選定することが望ましい。
 - 接続箱および集電箱で過電流保護装置または開閉装置をもつものは、各機器が視認できる状態であること、保守点検または修理が可能とすることが重要である。また、**接続箱内には各種機器（遮断器、ヒューズ、断路器および開閉器、逆流防止素子、SPDなど）が収納されるため、これらを想定した、温度設計を行うことが重要**であり、利用環境における温度上昇を想定した仕様を選択することが重要である。

13.4.2 接続箱および集電箱

1. システム電圧、システム電流に適合した接続箱および集電箱を選定する。
 2. 環境条件に適切な外郭のIP等級の接続箱および集電箱を選定する。
 3. 保守点検、施工性に配慮した接続箱を選定する。
 4. 周囲への延焼防止と認められる措置を施した筐体を用いた接続箱及び集電箱を選定する。
- 接続箱における焼損事例において、接続箱の直流電気配線部分(端子台部分)での極間短絡事故事例が報告されており、その要因として圧着端子の施工不良やネジ締めが不完全な状態であることなどが挙げられている。そのため、**施工時のエラーを防ぐことが安全性向上に有効である。対策方法として、施工管理、施工技術の向上と同時に、装置側での施工性を配慮した製品の選定が重要**である。施工性が配慮されていない製品は取り付け時や配線時における施工エラーを招きやすい。そのため、十分なガタースペースを設けられている接続箱および集電箱を選定することが望ましい。
 - 接続箱および集電箱内の発火による、**周囲への延焼防止と認められる措置(金属や難燃性の素材を内部もしくは筐体へ利用等)を施した筐体**を用いた接続箱を選定することが望ましい。

13.4.3 遮断器、断路器および開閉器

1. 危険事象の保護設計や保守点検時に安全に作業することに対応する定格電圧、電流を有する遮断器、断路器および開閉器を選定する。
 2. 保守点検時に安全に作業できるような定格電圧、電流を有する遮断器、断路器及び開閉器を選定する。
- 遮断器、断路器および開閉器の設置場所は13.2.4を参照とし、危険事象に対応する保護設計は13.3を参照とする。
 - 設置場所ごとシステム電圧、システム電流が異なるため、それぞれの電圧、電流に対応できる定格を有する遮断器、断路器及び開閉器を選定する。また、太陽電池アレイの事故電流が、通常の動作電流とは逆方向に流れる可能性があるため、極性がないものを選定する。
 - 遮断器、断路器および開閉器は利用する動作温度により定格が変化するため、利用環境を考慮し、温度特性から想定した定格とすることが重要である。

13.4.4 直流ヒューズ

1. 危険事象の保護設計に対応する定格電圧、電流を有する直流ヒューズを選定する。
2. 保守点検時に安全に作業できるようなヒューズ等を選定する。

- 直流ヒューズは、基本的に13.3.3の過電流に対する保護に利用する。そのため、その設置場所に対応したシステム電圧、システム電流に適した定格を有するヒューズを選定する必要がある。特に直流回路に利用するヒューズに交流用のヒューズを利用すると焼損などの事故の恐れがあるため、注意が必要である。そのため、太陽電池用のヒューズとして、IEC 60269-6に適合したgPVヒューズを利用することが望ましい。
- ヒューズは利用する温度環境により定格容量が変化するため、利用する温度環境を想定し、温度特性を考慮して定格を決定する。
- 保守点検時など、ヒューズに負荷遮断の機能が必要とされる場所でヒューズが絶縁手段として断路に使用される場合、ヒューズを組み込んだ開閉器の使用を推奨する。このヒューズベースおよびヒューズホルダは、太陽電池アレイの最大システム電圧と同等以上の電圧定格値をもつこと、該当するヒューズと同等以上の定格電流値をもつこと、ヒューズの定格値および特性が変わらないこと、設置場所に適した保護等級をもつ製品を選定すること必要である。

13.4.5 逆流防止素子

1. 危険事象の保護設計へ対応する定格電圧、電流を有する逆流防止素子を選定する。

- 逆流防止素子(ブロッキングダイオード)は、基本的に13.3.3の過電流に対する保護の代替として逆電流防止として利用される。そのため、その設置場所に対応したシステム電圧、システム電流に適した定格を有するヒューズを選定する必要がある。JISC 62548:2023/IEC 62458-1:2023では、最大システム電圧の1.3倍の耐圧、太陽電池ストリングの短絡電流の1.4倍の定格電流を求めている。ただし、雷サージによりダイオードが短絡している事例も見られている。そのため、耐圧に関しては、雷サージを加味する必要があるが、素子単体の設計することもしくは、接続箱内のSPDとの協調により耐電圧を設計することが望ましい。
- 逆流防止素子は放熱設計の異常により、故障していた事例が海外の初期の太陽光発電設備において確認されている。そのため、接続箱内の温度設計を確認し、利用する環境および電流を想定した素子温度を想定して、放熱設計が適切である素子を選定することが重要である。

13.4.6 雷保護素子

1. 危険事象の保護設計へ対応する定格電圧、電流を有する雷保護素子を選定すること。

- 雷保護素子は、基本的に13.3.5の雷害および過電圧に対する保護として利用される。そのため、その設置場所に対応したシステム電圧、システム電流に適した定格を有する素子を選定する必要がある。雷保護素子の一つであるSPDの選定、設置は、IEC 61643-31およびIEC 61643-32を参考とすること望ましい。特に直流回路で利用可能な素子であることを確認することが重要である。また、直流回路に用いるSPDは、SPD劣化時に絶縁劣化した際に焼損することがないような機能を有したものを選定することが望ましい。

13.4.7 アーク故障検知・遮断装置

1. 危険事象の保護設計へ対応する定格電圧、電流を有するアーク検知装置を選定する。
2. IEC 63027 または UL 1699b 規格に適合した装置を選定する。

- アーク故障検知・遮断装置は、基本的に13.3.4のアーク発生に対する保護として利用することができる。そのため、利用する場合はその設置場所に対応したシステム電圧、システム電流に適した定格を有する素子を選定する必要がある。また、アーク故障検知・遮断装置の仕様および試験方法である、IEC 63027:2023 Photovoltaic power systems – DC arc detection and interruptionまたはUL 1699b)に適合した装置を選定する(JIS C63027:太陽光直流アーク検出・遮断)。
- ただし、この規格では、正負どちらかの片極側におけるアーク(直列アーク故障)を検知することを想定しているため、正負極間の絶縁低下によるアーク(並列アーク故障)は検知できないこともあることに留意が必要である。
- アーク故障検知・遮断装置は、外付けの装置およびパワーコンディショナ内臓のものがある。アーク故障検知・遮断装置は、パワーコンディショナからのスイッチングノイズ等により誤動作(正常時に検知するなど)する可能性がある。そのため、外付けの装置の場合は、パワーコンディショナとの組み合わせを確認することが重要である。

13.4.8 ケーブル・電線管

1. ケーブル・電線管は、危険事象に対する保護設計および電圧降下および推定事故電流に対応した定格容量を選定する。
2. ケーブルは、利用する周辺温度を加味した許容電流を有するものを選定する。
3. 配管内に収納されるケーブルは、電線の断面積に応じて減少させた許容電流を有するものを選定する。

- 太陽電池アレイに利用するケーブルは、通常時はシステム電圧(13.2.1)、システム電流(13.2.2)への適合、また13.3に示す各種危険事象に対する保護設計および電圧降下および推定事故電流に対応した定格容量を選定することが重要である。特に直流回路に対しては、直流で利用可能であること、耐水性を有すること、地絡事故および絶縁故障(正負極間)のリスクを最小限とするような絶縁性能を有するケーブルを選定することが必要となる。また、小規模発電設備の場合、電技解釈第200条に適合したケーブルであること、直流回路が高圧であって1500V以下の場合、電技解釈第46条に適合したケーブルであることが規程されており、第46条のPVケーブル利用すること望ましい。
- 屋外暴露されていたり、金属製トレイおよび金属性電線管に設置されたりするケーブル場合、配線の保護を強化することが重要である。IEC 62930の5.1.2(Construction)に従い、太陽電池モジュールに直接つながるケーブルは、JIS C 3664のクラス5の要求事項に適合したものが望ましい。

13.4.8 ケーブル・電線管

1. ケーブル・電線管は、危険事象に対する保護設計および電圧降下および推定事故電流に対応した定格容量を選定する。
2. ケーブルは、利用する周辺温度を加味した許容電流を有するものを選定する。
3. 配管内に収納されるケーブルは、電線の断面積に応じて減少させた許容電流を有するものを選定する。

- 用途に適した温度定格値を有するため、太陽電池モジュールと接触しているか、またはその近くに設置される配線のケーブル絶縁は、周辺温度を考慮して定格値を規定することが必要である。特に太陽電池モジュールは、周囲温度から40°C程度上回る温度で運転する場合が多い。さらに、太陽電池ケーブルの設置場所および施工方法によっては、配管内に収納される電線の断面積により、定格容量を減少させる必要がある。配管内への多条敷設が要因による正負間の短絡や地絡事故事例も散見されるため、設計・施工時には注意が必要である。この敷設環境を考慮した電流減少係数は、IEC 60364-5-52、電技解釈146条、内線規程1340節(資料1-3-3、6.7. 12)に基づいて、多条敷設の低減率計算により決定することが必要である。

13.4.9 コネクタ(プラグ・ソケット)

1. コネクタ(プラグ・ソケット)は、システム電圧、システム電流及び危険事象に対する保護設計に対応した定格容量を有するものを選定する。
2. 異種嵌合にならないコネクタ(プラグ・ソケット)を選定する。

- コネクタ(プラグ・ソケット)は、通常時はシステム電圧(13.2.1)、システム電流(13.2.2)への適合、また13.3に示す各種危険事象に対する保護設計に対応した定格容量を選定することが重要である。特に直流回路に対しては、直流で利用可能であること、場所に適したIP等級、耐紫外線性能を有すること、利用環境に適合した温度定格を有すること、複数極を有する場合は分極している製品の選定が求められる。コネクタ(プラグ・ソケット)は、IEC 62852に適合すること、JIS C 61730-1で規定するクラスIIIに適合するものを選定する。
- 異種嵌合のコネクタ等を利用する場合異常発熱をすることがあり、それが発展して断線およびその際のアーク発生による焼損などの恐れがある。そのため、IEC 62548-1:2023などでは太陽光発電設備におけるコネクタは、同じメーカーの同じ製品ファミリーであることを求めている。これら異種嵌合による危険性は、IEC TR 63225が参考となる。
- コネクタの接続が容易に外れないこと、訓練を受けていない人員が接触する場合を想定し、二つの異なる動作または工具によって接続が解除されるようなロッキングタイプのものを選定する。

13.4.10 パワーコンディショナ・直流調整装置(DC/DCコンバータ)

1. パワーコンディショナおよび直流調整装置(DC/DCコンバータ)は、システム電圧、システム電流および危険事象に対する保護設計に対応した定格容量を選定する。
2. IEC 62109-1および機器の種類に応じたIEC 62109規格群、JIS C 8990に適合する製品を選定する。
3. 「電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン」の規定に適合した製品を選定する。

- ・ パワーコンディショナおよび直流調整装置(DC/DCコンバータ)は、通常時はシステム電圧(13.2.1)、システム電流(13.2.2)への適合、また13.3に示す各種危険事象に対する保護設計に対応した定格容量を選定する。また、設置する周辺環境を考慮する必要がある。考慮する環境として、IEC 62109-1:2010の箇条6を参考とすることが望ましい(周囲温度・湿度、汚染度、耐紫外線など)。IEC 62109-1および機器の種類に応じたIEC 62109規格群、またJIS C 8980「小出力太陽光発電用パワーコンディショナ」に適合したものを選定する。
- ・ パワーコンディショナは、電力系統との系統連系保護協調の機能を担っている。そのため、電力品質確保に係る系統連系技術要件ガイドライン」の規定に適合したものの、具体的には系統連系規程に定められた機能を有している製品を選定する。国内では、電気安全環境研究所において系統連系保護装置等認証を行っているため、低圧系統連系保護装置等認証もしくは、高圧系統連系保護装置等認証に登録されている製品を選定する。
- ・ IEC 62920において、パワーコンディショナにおけるEMCに対する要求仕様およびテスト方法を規定しているため、本規格に適合したパワーコンディショナを選定することが望ましい。

13.4.11 受変電設備

1. 連系する電圧区分に適した受変電設備を選定する。

- 受変電設備は、連系区分に合わせた設備が必要となる。太陽光発電設備の容量ごとに連系区分が決まっており、50kW未満は低圧連系、50kW以上～2000kW未満が高圧連系、2000kW以上が特別高圧連系となる。連系する電圧区分により必要な保護装置などが異なるため、適切な機器・設備を選定する。

13.4.12 接触防護措置(さく、塀)

1. 発電設備とさく、塀等との距離を空けるようにした上で、構内に容易に立ち入ることができないような高さのさく、塀等を設置する。
2. さく、塀等の使用材料については、ロープ等の簡易なものではなく、金網フェンス等の第三者が容易に取り除くことができないものを用いる。

- さく、塀については、**発電設備とさく、塀等との距離を空けるようにした上で、構内に容易に立ち入ることができないよう、1.5m以上の(高圧受電設備規定1130-2を参考)な高さのさく、塀等を設置すること、柵塀等の使用材料については、ロープ等の簡易なものではなく、金網フェンス等の第三者が容易に取り除くことができないものを用いることが必要である。また、電気解釈および解説(第38条)を参考とすることが望ましい。解釈の解説では、充電部分との最小離隔距離は、0.5mとされている(使用電圧:7kV以下)。**

<適切な柵塀設置の事例①>



第三者が外部から容易に発電設備に触れることができないようにする

第三者が構内に容易に立ち入ることができないような高さにする

金網フェンス等の第三者が容易に取り除くことができないものにする

<適切な柵塀設置の事例②>



第三者が外部から容易に発電設備に触れることができないようにする

第三者が構内に容易に立ち入ることができないような高さにする

金網フェンス等の第三者が容易に取り除くことができないものにする

適切なさく、塀の設置事例

出典: FIT制度に基づく標識及び柵塀等の設置義務に関するお知らせ(注意喚起)

13. 電気設備の設計

- 13.1 一般事項
 - 13.1.1 感電リスクに対する保護
 - 13.1.2 発熱・火災リスクに対する保護
- 13.2 基本設計
 - 13.2.1 システム電圧の考え方
 - 13.2.2 システム電流の考え方
 - 13.2.3 直並列回路の基本的な構成方法
 - 13.2.4 遮断器、断路器および開閉器の設置
 - 13.2.5 接地および等電位ボンディング設計
 - 13.2.6 交流回路と直流回路の分離
 - 13.2.7 系統連系における保護協調
 - 13.2.8 電氣的、電磁氣的影響の防止
- 13.3 危険事象に対する保護設計
 - 13.3.1 地絡(対地間絶縁)故障に対する保護
 - 13.3.2 絶縁故障(正負極間)に対する保護
 - 13.3.3 過電流に対する保護
 - 13.3.4 異常発熱・アーク発生に対する保護
 - 13.3.5 雷害および過電圧に対する保護
- 13.4 電気機器の選定および設置場所
 - 13.4.1 太陽電池モジュール
 - 13.4.2 接続箱および集電箱
 - 13.4.3 遮断器、断路器および開閉器
 - 13.4.4 直流ヒューズ
 - 13.4.5 逆流防止素子
 - 13.4.6 雷保護素子
 - 13.4.7 アーク故障検知・遮断装置
 - 13.4.8 ケーブル・電線管
 - 13.4.9 コネクタ(プラグ・ソケット)
 - 13.4.10 パワーコンディショナ・直流調整装置(DC/DCコンバータ)
 - 13.4.11 受変電設備
 - 13.4.12 接触防護措置(さく、塀)
- **13.5 保守点検を考慮した電気設備計画に関する注意点**
- 13.6 表示および文書
 - 13.6.1 機器の表示
 - 13.6.2 文書化および保管
- 13.7 サイバーセキュリティ

13.5 保守点検を考慮した電気設備計画に関する注意点

1. 接続箱やパワーコンディショナなどの電気機器は、取扱者がアクセス可能な平坦地に設置する。平坦地への設置が困難な場合、これらの機器の開閉が可能でかつ取扱者が自立して点検などの作業ができるような場所に設置する。

- 高圧受電設備規程13-1)において、キュービクルを屋外に設置する場合の設置場所の選定、基礎の構造などが規定されている。また、内線規程13-2)「1365-1 配電盤及び分電盤の設置場所／1」において、配電盤および分電盤は「容易に開閉できる場所」、「容易に点検できる場所」に設置することが求められている。受変電設備など、キュービクルを平坦地に設置する場合は、一般的な電気設備と同等の保守点検を行うことが可能である。他方、接続箱やパワーコンディショナなどの電気機器を平坦な場所へ設置することを想定した場合、太陽電池アレイと平坦地が離れているケースでは、ストリングなどの直流の配線本数が増加することや配線長が長くなることがあり、ケーブル損傷などによる地絡、短絡が発生するリスクが高まる恐れがある。そのため、接続箱やパワーコンディショナなどの電気機器をやむを得ず傾斜地にある架台に設置する場合、取扱者がこれらの電気機器に安全にアクセスできることおよび取扱者が自立して作業できるように設置する。
- 設置場所に対応した取扱者の労働安全を考慮した装備を計画に含める必要がある。取扱者の労働安全衛生を考慮すると、「アクセスできること」として、急勾配の場所に電気機器を設置しないことが原則となる。やむを得ない場合に急勾配へ設置される電気機器の点検場所には、アクセスできる階段などを配置することや滑落防止対策を施すこと、遠隔で点検可能な装置利用を想定した設計、電気機器の設置とする。
- 昨今、ケーブル盗難被害が急増しているため、さく、塀の設置や監視カメラ等のセキュリティ監視装置の導入などの設計や通報体制などを設計時から検討することが望ましい。

13. 電気設備の設計

- 13.1 一般事項
 - 13.1.1 感電リスクに対する保護
 - 13.1.2 発熱・火災リスクに対する保護
- 13.2 基本設計
 - 13.2.1 システム電圧の考え方
 - 13.2.2 システム電流の考え方
 - 13.2.3 直並列回路の基本的な構成方法
 - 13.2.4 遮断器、断路器および開閉器の設置
 - 13.2.5 接地および等電位ボンディング設計
 - 13.2.6 交流回路と直流回路の分離
 - 13.2.7 系統連系における保護協調
 - 13.2.8 電氣的、電磁氣的影響の防止
- 13.3 危険事象に対する保護設計
 - 13.3.1 地絡(対地間絶縁)故障に対する保護
 - 13.3.2 絶縁故障(正負極間)に対する保護
 - 13.3.3 過電流に対する保護
 - 13.3.4 異常発熱・アーク発生に対する保護
 - 13.3.5 雷害および過電圧に対する保護
- 13.4 電気機器の選定および設置場所
 - 13.4.1 太陽電池モジュール
 - 13.4.2 接続箱および集電箱
 - 13.4.3 遮断器、断路器および開閉器
 - 13.4.4 直流ヒューズ
 - 13.4.5 逆流防止素子
 - 13.4.6 雷保護素子
 - 13.4.7 アーク故障検知・遮断装置
 - 13.4.8 ケーブル・電線管
 - 13.4.9 コネクタ(プラグ・ソケット)
 - 13.4.10 パワーコンディショナ・直流調整装置(DC/DCコンバータ)
 - 13.4.11 受変電設備
 - 13.4.12 接触防護措置(さく、塀)
- 13.5 保守点検を考慮した電気設備計画に関する注意点
- **13.6 表示および文書**
 - **13.6.1 機器の表示**
 - **13.6.2 文書化および保管**
- 13.7 サイバーセキュリティ

13.6.1 機器の表示

1. 全ての電気機器は、IEC規格で規定する表示の要求事項またはJISで規定する表示の要求事項に従って表示を行う。

• 所有者や保守点検などの取扱者の作業安全等のため、全ての電気機器は、IEC規格で規定する表示の要求事項またはJIS (JIS C 8952:2011等)で規定する表示の要求事項に従って表示を行う。表示は日本語で、適切な警告記号を用いることが望ましい。特に、下記のような表示を行うことが望ましい。

- 太陽光発電設備であることがわかるような標識を掲げること。
- 太陽電池アレイおよび接続箱に“直流:太陽光発電システム”であることがわかるような表示をすること。
- “日中は通電”と表示したラベルを接続箱、集電箱および開閉器に表示すること。
- 断路器に、太陽電池PVアレイの配線図に従って識別名または番号を表示すること。
- 開閉器は、全てオンおよびオフの位置を明確に表示すること。
- 太陽電池アレイ断路器は、断路器の直近の目立つ場所に設置する標識で識別すること。

13.6.2 文書化および保管

1. 太陽光発電設備の設計・施工・竣工検査、使用前自主検査または使用前自己確認の文書を保管する。

- 太陽光発電設備の設計・施工・竣工検査、使用前自主検査または使用前自己確認の各種文書を保管することが必要である。文書一覧については、IEC 62441-1、使用前自主検査または使用前自己確認の解釈や各保安監督部のQA資料などが参考となる。

13. 電気設備の設計

- 13.1 一般事項
 - 13.1.1 感電リスクに対する保護
 - 13.1.2 発熱・火災リスクに対する保護
- 13.2 基本設計
 - 13.2.1 システム電圧の考え方
 - 13.2.2 システム電流の考え方
 - 13.2.3 直並列回路の基本的な構成方法
 - 13.2.4 遮断器、断路器および開閉器の設置
 - 13.2.5 接地および等電位ボンディング設計
 - 13.2.6 交流回路と直流回路の分離
 - 13.2.7 系統連系における保護協調
 - 13.2.8 電氣的、電磁氣的影響の防止
- 13.3 危険事象に対する保護設計
 - 13.3.1 地絡(対地間絶縁)故障に対する保護
 - 13.3.2 絶縁故障(正負極間)に対する保護
 - 13.3.3 過電流に対する保護
 - 13.3.4 異常発熱・アーク発生に対する保護
 - 13.3.5 雷害および過電圧に対する保護
- 13.4 電気機器の選定および設置場所
 - 13.4.1 太陽電池モジュール
 - 13.4.2 接続箱および集電箱
 - 13.4.3 遮断器、断路器および開閉器
 - 13.4.4 直流ヒューズ
 - 13.4.5 逆流防止素子
 - 13.4.6 雷保護素子
 - 13.4.7 アーク故障検知・遮断装置
 - 13.4.8 ケーブル・電線管
 - 13.4.9 コネクタ(プラグ・ソケット)
 - 13.4.10 パワーコンディショナ・直流調整装置(DC/DCコンバータ)
 - 13.4.11 受変電設備
 - 13.4.12 接触防護措置(さく、塀)
- 13.5 保守点検を考慮した電気設備計画に関する注意点
- 13.6 表示および文書
 - 13.6.1 機器の表示
 - 13.6.2 文書化および保管
- **13.7 サイバーセキュリティ**

13.7 サイバーセキュリティ

1. 自家用電気工作物(発電事業の用に供するものおよび小規模事業用電気工作物を除く。)に係る遠隔監視システムおよび制御システムにおいては、「自家用電気工作物に係るサイバーセキュリティの確保に関するガイドライン(内規)」(20220530保局第1号 令和4年6月10日)による設計とする。

- サイバー攻撃等により、電気工作物の損壊等による人体への危害や物件の損傷、著しい供給支障などの防止のため、電気工作物の設置者は、必要な対策を講ずる必要がある。供給支障につながる可能性も否定できないことから、平成27年6月の産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会(第10回)の審議を踏まえ、平成28年9月に省令を改正し、電気工作物におけるサイバーセキュリティ対策が求められている。
- 太陽光発電設備のうち、自家用電気工作物(発電事業の用に供するものおよび小規模事業用電気工作物を除く。)に係る遠隔監視システムおよび制御システムにおいては、「自家用電気工作物に係るサイバーセキュリティの確保に関するガイドライン(内規)」(20220530保局第1号 令和4年6月10日)に従った対策を行う必要がある。
- なお、自家用電気工作物の構内に太陽光発電設備を設置する場合は、太陽光発電設備の設備容量が 50kW 未満の場合においても、自家用電気工作物となるため 注意が必要である。

14. 施工

- 14.1 一般項目
- 14.2 基礎工事
 - 14.2.1 直接基礎工事
 - 14.2.2 杭基礎工事
- 14.3 架台工事
- 14.4 電気設備・配線工事
 - 14.4.1 電気機器取付・設置場所に関する注意点
 - 14.4.2 配管、配線、接続
 - 14.4.3 接地工事

14. 施工

- 14.1 一般項目
- 14.2 基礎工事
 - 14.2.1 直接基礎工事
 - 14.2.2 杭基礎工事
- 14.3 架台工事
- **14.4 電気設備・配線工事**
 - **14.4.1 電気機器取付・設置場所に関する注意点**
 - **14.4.2 配管、配線、接続**
 - **14.4.3 接地工事**

14.4.1 電気機器取付・設置場所に関する注意点

1. 接続箱、集電箱、パワーコンディショナなどの電気機器は、周囲の保有距離や点検通路を確保できるように取り付ける。
2. 接続箱、集電箱、パワーコンディショナなどの電気機器は、機器の設置の求められる仕様（パワーコンディショナの地面からの距離、放熱など）を満たすように取り付ける。
3. 接続箱、集電箱、パワーコンディショナなどの電気機器は、**取扱者がアクセス可能な平坦地に設置**する。平坦地への設置が困難な場合、これらの機器の開閉が可能でかつ取扱者が自立して点検などの作業ができるような場所に設置する。
4. 接続箱、集電箱、パワーコンディショナなどの電気機器は、排水場所付近以外の場所に設置する。
5. 接続箱、集電箱、パワーコンディショナなどの電気機器は、落石などの落下物のおそれがない場所に設置する。
6. 塩害、重塩害地域に設置する場合、接続箱、集電箱、パワーコンディショナなどの電気機器は、対応可能な機器の選定及び設置方法で取り付ける。

14.4.2 配管、配線、接続

1. IEC 60364-5-52の一般要求事項を考慮した配管、配線、接続を行う。
2. 排水計画における排水路などを妨げないように配線する。
3. 落石などの落下物の恐れがない場所に配線する。

- 配管、配線、接続については、電気設備に技術基準の解釈による他、JIS C 60364-5-5214-6)の一般要求事項を原則とする。その他、下記のような点に注意する。
 - ケーブルの敷設は、風及び/または雪の影響で疲労が発生しないように支持する。
 - ケーブルの敷設は、鋭利な端面から傷がつかないように保護する。
 - ケーブルの敷設は、製造業者の指定する許容曲げ半径に従い、過剰な張力及び負荷力によってケーブルが損傷することを防ぐ方法とする。
 - ケーブルが太陽光に暴露される場合、耐紫外線対策として、紫外線から適切な保護ができる配線経路に敷設する、または紫外線に耐性のある電線管等を利用する。
 - 太陽光に暴露される非金属電線管は、全てを耐紫外線の製品とする。
 - 電線管、ケーブルトレイ、ラックなど、他の金属部品についても同様に耐紫外線対策に留意する。
 - ケーブル結束バンドを支持手段として使用する場合は、ケーブルが損傷しないように設置する。
 - ケーブルの結束バンドは、耐紫外線の製品を利用し、当該太陽光発電設備の寿命と同等以上であるか、または予定されている保守期間と同等以上とする。

14.4.2 配管、配線、接続

1. IEC 60364-5-52の一般要求事項を考慮した配管、配線、接続を行う。
2. 排水計画における排水路などを妨げないように配線する。
3. 落石などの落下物の恐れがない場所に配線する。

- 配管、配線、接続については、電気設備に技術基準の解釈による他、JIS C 60364-5-5214-6)の一般要求事項を原則とする。その他、下記のような点に注意する。
 - ケーブル及び太陽電池モジュールの敷設は、電線管等に水が溜まらないようにする。
 - 設置中に全ての配線、接続の緊結性及び極性を確認する。
 - 太陽電池アレイの配線は、落雷で発生する過電圧を減じるため、図 14-2 に示すようにケーブルを並行に配置するなど配線が作るループ面積が最小限になるようにすることを推奨する。なお、束ねる場合に正負極間の短絡のリスクがあるため、正負極をそれぞれ分離して配管により束ねることが望ましい。
 - ケーブルの余長がある場合、巻き溜りとした箇所は、高温になり、断線、短絡事故につながるおそれがあるため、余長は最低限にする。
 - 地中配線または地中配管をする場合、電技解釈第 120 条に準拠して管路式で施設する場合は JIS C 3653 14-3)「電力用ケーブルの地中埋設の施工方法」により 0.3m 以上の埋設深さに、直接埋設式の場合は地表面 1.2m 以上の深さに埋設する。なお、電技 解釈 120 条では、車両重量物の圧力の有無や直接埋設/管路式の方式により規定が異なるため、用途にあわせて設計する。
 - ケーブルを埋設する場合は、ケーブルを保護する処置が必要であり、地震や地盤沈下に耐えるよう目安としてその延長が 30m を超えるごとに地中箱(ハンドホール)を設けることが望ましい。
 - ケーブルを埋設しない場合は、電気設備の技術基準第 166 条により施設する。

14.4.2 配管、配線、接続

1. IEC 60364-5-52の一般要求事項を考慮した配管、配線、接続を行う。
2. 排水計画における排水路などを妨げないように配線する。
3. 落石などの落下物の恐れがない場所に配線する。

- 接続箱内の配線については、下記のような点に留意する。
 - 正極導体と負極導体との間で直流アークが発生するリスクを最小限にするため、接続箱内では可能な限り正極導体と負極導体とを分離することが望ましい。
 - 導体が電線管なしで接続箱及び集電箱に入る場合は、箱内のケーブルが外れないよう、引張力を逃がす手段(ケーブル押さえコネクタなど)を用いる。
 - ケーブルの入線口は、当該筐体の IP 等級を維持する。
 - 接続箱及び集電箱内の結露は、場所によっては問題となる場合があるため、必要に応じて湿度への対応や溜まった水を排水するための対策をする。

14.4.2 配管、配線、接続

1. IEC 60364-5-52の一般要求事項を考慮した配管、配線、接続を行う。
2. 排水計画における排水路などを妨げないように配線する。
3. 落石などの落下物の恐れがない場所に配線する。

- 地上設置においては排水計画が重要となる。具体的な排水計画、設計は 6.1 を参照されたい。配線は排水溝などの排水経路を妨げないことが必要である。また、配線や配管を地上に 転がし配線すると、その場所が水路となり地盤の侵食を引き起こすおそれがあるため、ラックの利用、地中配線や架空配線を利用することが望ましい。
- 所有者や保守点検などの取扱者の作業安全等のため、配線に対して識別の表示を行うことが望ましい。識別表示方法は、恒久的かつ摩滅不能な識別表示や IEC 62930 14-8)に適合するケーブルなど JIS C 62548:202314-9) /IEC 62548-1:202314-10)の規定が参考となる。

14.4.3 接地工事

1. 接地する機械器具の金属製外箱、配管などと接地線の接続は電氣的にも機械的にも確実に行う。

- 接地する機械器具の金属製外箱、配管などと接地線の接続は電氣的にも機械的にも確実に行うこと。接地線が外傷を受ける恐れがあるときは、接地すべき機器から60cm以内の部分および地中部分を除き、合成樹脂管(厚2mm未満の合成樹脂製電線管、CD管を除く)、金属管などに収める(内線規程1350-3)。
- アルミニウムと銅を接続する場合、接続部分に水分などが付着するとアルミニウムが腐食するため、アルミニウム用の端子などを使用すること、また、その接続部分にコンパウンドを塗布するなど対策を行う。
- 金属管および各機器との工事は内線規程3110節を参照にする。
- 接地極は埋設または打ち込み接地極として、銅板や銅棒などを使用することが望ましい。埋設場所は水気のあるところで、土質が均質でガスや酸などによる腐食のおそれのない場所を選び、地中に埋設または打ち込む。接地極の種類、寸法は、内線規程 1350-7 を参考にして選定する。また、接地極と接地線との接続は、銀ろう付けその他確実な方法によって行う(内線規程 1350-7)。
- 太陽電池モジュールと架台との接地を行う場合、異種金属間の電気化学的腐食(ガルバニック腐食)を防止するように配慮すること。例えば、異種金属間の電気化学的腐食(ガルバニック腐食)を低減するため、ナイロン製ワッシャ、ゴム絶縁体など、離隔材料を用いること。

15. 維持管理計画

- 15.1 一般項目
- 15.2 基礎・架台
- 15.3 電気設備
- 15.4 緊急時の対応(設計時における配慮事項)

15. 維持管理計画

- 15.1 一般項目
- 15.2 基礎・架台
- 15.3 電気設備
- 15.4 緊急時の対応(設計時における配慮事項)

15.1 一般項目

1. 太陽光発電設備全体について、供用期間にわたってその設置目的・機能、要求性能が維持されるよう、予め維持管理計画を作成した上で維持する。
2. 維持管理計画書は、施設の所有者が作成することを原則とし、設計者、施工者のほか、維持管理に関する専門的知識・技術を有する者の意見を反映させる。
3. 維持管理計画書は、対象施設の損傷、劣化その他の変状についての計画的かつ適切な点検診断の時期、対象とする部位および方法などについて定める。
4. 太陽光発電設備の維持管理計画書の作成および維持においては、設置箇所の自然条件、設計条件、構造特性、材料特性などを勘案する。
5. 点検および診断の結果にもとづき維持補修に関する対策を行った場合は、その内容を記録し、供用期間に亘って保存する。
6. 維持管理計画の作成および点検診断の方法などにおいては、民間のガイドラインなどを参考にする。

15.3 電気設備

1. 機器へのアクセス方法を考慮した維持管理計画とする。
2. 常時監視をしない場合、電技解釈第47条の2規定による設計とする。

- 基本的な点検項目は、太陽光発電システム保守点検ガイドラインや自家用電気工作物保安管理規程などのガイドラインを参考に維持管理計画を作成することが望ましい。
- 常時監視をしない太陽光発電設備において、随時巡回方式により施設する場合には、他冷式の特別高圧用変圧器の冷却装置が故障したときまたは温度が著しく上昇したときに、逆変換装置の運転を自動停止する装置を施設すること。また、随時監視制御方式により施設する場合には、「発電所の種類に応じ警報を要する場合」とする必要がある。「発電所の種類に応じ警報を要する場合」とは、逆変換装置の運転が異常により自動停止した場合、運転操作に必要な遮断器が異常により自動的に遮断した場合である。詳細は、電技解釈第47条の2を参照すること。

15.4 緊急時の対応（設計時における配慮事項）

1. 災害時および施工、保守点検での事故時において迅速に対応できる緊急連絡体制の整備を計画する。
2. 火災発生時の消火方法、消火活動のための動線および活動スペースの確保を検討する。
3. 電気機器の異常時に対応できる迅速な接続箱における遮断、パワーコンディショナの停止方法を計画する。可能であれば遠隔操作も検討する。
4. 医療機関へのアクセスが容易でない場合、AEDなどの緊急時の医療機器の設置を検討する。
5. リスクアセスメントと対応マニュアルを準備する。

- 警戒時、災害時に備え、市役所、町役場、消防署、自治会など、**関係機関との情報連絡体制を確認し、迅速な初動体制を確立できるようにすることが望ましい。**災害などの緊急時の対応は、一般社団法人太陽光発電協会が公開している文書を参考、取扱者の二次災害も留意して対応することが必要である。
- **火災発生時には、消防隊員が行う消火活動のための動線および活動スペースの確保が必要となる。**具体的には、建物設置に関する基準ではあるが、東京消防庁の太陽光発電システムに係る防火安全対策の指導基準において、消防活動用通路の設置方法は全ての太陽電池モジュールとの距離を24m以内とする基準が参考となる。また、消防隊員への保護措置は、UL 3741 Photovoltaic Hazard Controlが参考となる。
- 電気機器の異常時には、接続箱における遮断、パワーコンディショナの停止が必要である。15.3に述べたように、**アクセスし易いところに機器を設置するとともに、遠隔でも操作可能な方法を検討することが望ましい。**

傾斜地設置型

1. 総 則

1.6 電気設計方針

1. 電気事業法関連法令を遵守する。
2. 内線規程、配電規程、系統連系規程、JISなどの関連の規格を参照して設計する。
3. 設計図書を作成し、保管する。

- 傾斜地設置型太陽光発電システムの火災および感電リスクは、地上設置型と同様と考えられるため、原則地上設置と同等の電気設計方針とした。

13. 電気設備の設計・施工

13.1 電気機器の設置場所に関する注意点

1. 接続箱やパワーコンディショナなどの電気機器は、**取扱者がアクセス可能な平坦地に設置する。平坦地への設置が困難な場合、これらの機器の開閉が可能でかつ取扱者が自立して点検などの作業ができるような場所に設置する。**
 2. 接続箱やパワーコンディショナなどの電気機器は、**排水場所付近以外の場所に設置する。**
 3. 接続箱やパワーコンディショナなどの電気機器は、**落石などの落下物の恐れがない場所に設置する。**
- 傾斜地では地面から電気機器の設置場所までの距離が十分に取れないことや電気機器の排熱のための十分なスペースがとれないことも想定される。**電気機器の仕様に合わせた取付高さが確保できる場所に設置する必要がある。**
 - 傾斜地においては排水計画が重要となる。排水路付近は越水の恐れがあるため、接続箱やパワーコンディショナなどの電気機器は、**排水の障害とならない場所に設置する必要がある。**また、傾斜地では**石や木材などが敷地内に落下する恐れがあるため、接続箱やパワーコンディショナなどの電気機器の設置は、この恐れがない場所とする必要がある。**なお、落石などの対策には柵や落石防止ネットなどの利用が考えられる。

13. 電気設備の設計・施工

13.1 電気機器の設置場所に関する注意点

1. 接続箱やパワーコンディショナなどの電気機器は、**取扱者がアクセス可能な平坦地に設置する。平坦地への設置が困難な場合、これらの機器の開閉が可能でかつ取扱者が自立して点検などの作業ができるような場所に設置する。**
2. 接続箱やパワーコンディショナなどの電気機器は、**排水場所付近以外の場所に設置する。**
3. 接続箱やパワーコンディショナなどの電気機器は、**落石などの落下物の恐れがない場所に設置する。**

- キュービクルの設置場所については高圧受電設備規程、内線規程において、配電盤および分電盤は「安定した場所」、「容易に開閉できる場所」および「容易に点検できる場所」に設置することが求められている。従って、受変電設備などのキュービクルは平坦地に設置する必要がある。
- 電気機器を平坦な場所へ設置することを想定した場合、**太陽電池アレイと平坦地が離れているケースでは、istringなどの直流の配線本数が増加することや配線長が長くなることもあり、ケーブル損傷などによる地絡、短絡が発生するリスクが高まる恐れがある。そのため、やむを得ず傾斜地にある架台に設置する場合、開閉できる場所ならびに取扱者が自立して作業できる場所に設置する必要がある。なお、取扱者がこれらの電気機器に安全にアクセスできる場所である必要がある。**

13. 電気設備の設計・施工

13.2 配線方法に関する注意点

1. 排水計画における排水路などを妨げないように配線する。
2. 落石などの落下物の恐れがない場所に配線する。

- 傾斜地においては排水計画が重要となる。具体的な排水計画、設計は6.3を参照する。**配線は排水溝などの排水経路を妨げないことが必要**である。また、配線や配管を地上に転がし配線すると、その場所が水路となり地盤の侵食を引き起こす恐れがあるため、ラックの利用や架空配線を利用することが望ましい。
- 傾斜地には敷地内への**落石や樹木などの落下**の可能性があるため、**配線経路はこの恐れがない場所**とする必要がある。なお、落石などの対策には防護柵や落石防止ネットなどの利用が考えられる。
- 電気設備に関する技術基準を定める省令第39条に「**電線路は、がけに施設してはならない**」とされており、例外規定として各種条件を満たし、技術上やむを得ない場合に第131条に「**がけに施設する電線路**」の施設方法が規定されている。



写真12-1 ラックによる配線の例



写真12-2 架空配線の例



13. 電気設備の設計・施工

13.3 保守点検を考慮した電気設備計画に関する注意点

1. 接続箱やパワーコンディショナなどの電気機器は、取扱者がアクセス可能な平坦地に設置する。平坦地への設置が困難な場合、これらの機器の開閉が可能でかつ取扱者が自立して点検などの作業ができるような場所に設置する。
 - 高圧受電設備規程、内線規程において、配電盤および分電盤は「容易に開閉できる場所」、「容易に点検できる場所」に設置することが求められている。
 - また、設置場所に対応した取扱者の労働安全を考慮した装備を計画に含める必要がある。取扱者の労働安全衛生を考慮すると、「アクセスできること」として、急勾配の場所に電気機器を設置しないことが原則となる。やむを得ない場合に急勾配へ設置される電気機器の点検場所には、アクセスできる階段などを配置することや滑落防止対策を施すこと、遠隔で点検可能な装置利用を想定した設計、電気機器の設置とする必要がある。

営農型

1. 総 則

1.6 電気設計方針

- 営農型太陽光発電システムの火災リスクは、地上設置型太陽光発電システムと同様と考えられる。他方、感電リスクについては、電気設備の下に人が存在することから、下記を想定した電気設計方針とした。
 - 電気の専門家ではない農業従事者は一定の時間、電気設備の下で作業を行うため感電リスクが存在するが、設計者、施工者、保守点検事業者から説明、教育や講習を受けるなどにより感電リスクを認識しているものとして、農業従事者は「取扱者」とする。
 - 架台、パワーコンディショナなど、手で触れる高さにある機器は、一般公衆が容易に接触する恐れがあるものとする。
 - 設置場所は住宅ではないが、感電リスクに関しては住宅用太陽光発電(10 kW未満)と同様な要求仕様と設計の考え方を取り入れ、対地静電容量の大きい太陽電池アレイ(目安として50 kWを超える場合)を利用する場合には、特段の感電防止措置を講じる。

12. 電気設備の設計：営農型における電気設計の注意点

12.1 感電防止対策に関する注意点

1. 農業従事者及び一般公衆の感電防止対策を配慮した電気設計とする。
2. 出力が 50kW 未満の場合、直流の対地電圧を 450V 以下とする。
3. 出力が 50kW 以上の場合、50kW 未満のパワーコンディショナで分割した電気設計とするとともに直流の対地電圧を 450V 以下とする。分割ができない場合には、地絡検知・遮断機能、警報の機能、接地の確保を定期的に確認できる設計及び体制とする。
4. 450V を超えて 750V 以下の電圧を利用する場合には、地絡検知・遮断機能、警報の機能、接地の確保を定期的に確認できる設計及び体制とする。

- **接触防止措置**として、ストリングケーブルなどの太陽電池モジュールに接続する負荷側の**配線高さは人が容易に触れられないように 2m 以上を基本**とし、2m より低い場所は電気設備の技術基準の解釈の解説第 143 条に示されているように住宅用太陽光発電システムの露出場所への施設時と同等の措置を行うことが望ましい。
- **出力10 kWの太陽電池モジュールの対地静電容量は、実測の結果0.25 μ F程度であることから、出力50 kWでは1.25 μ F程度となる。**ただし、対地静電容量は太陽電池モジュールにより異なることから、対地静電容量2 μ Fごとに分割する必要がある。以上のことから、営農型太陽光発電システムでは、**住宅用と同様に対地電圧の制限を設け、出力50 kW未満かつ対地電圧450 V以下を推奨する。**

12. 電気設備の設計: 営農型における電気設計の注意点

12.1 感電防止対策に関する注意点

1. 農業従事者及び一般公衆の感電防止対策を配慮した電気設計とする。
2. 出力が 50kW 未満の場合、直流の対地電圧を 450V 以下とする。
3. 出力が 50kW 以上の場合、50kW 未満のパワーコンディショナで分割した電気設計とするとともに直流の対地電圧を 450V 以下とする。分割ができない場合には、地絡検知・遮断機能、警報の機能、接地の確保を定期的に確認できる設計及び体制とする。
4. 450V を超えて 750V 以下の電圧を利用する場合には、地絡検知・遮断機能、警報の機能、接地の確保を定期的に確認できる設計及び体制とする。

- **接触防止措置**として、ストリングケーブルなどの太陽電池モジュールに接続する負荷側の**配線高さは人が容易に触れられないように 2m 以上を基本**とし、2m より低い場所は電気設備の技術基準の解釈の解説第 143 条に示されているように住宅用太陽光発電システムの露出場所への施設時と同等の措置を行うことが望ましい。
- **出力10 kWの太陽電池モジュールの対地静電容量は、実測の結果0.25 μ F程度であることから、出力50 kWでは1.25 μ F程度となる。ただし、対地静電容量は太陽電池モジュールにより異なることから、対地静電容量2 μ Fごとに分割する必要がある。以上のことから、営農型太陽光発電システムでは、住宅用と同様に対地電圧の制限を設け、出力50 kW未満かつ対地電圧450 V以下を推奨する。**

12. 電気設備の設計：営農型における電気設計の注意点

12.1 感電防止対策に関する注意点

- 出力50 kW以上の場合には、50 kW未満のパワーコンディショナで分割するとともに直流の対地電圧を450 V以下とすることを推奨する。50 kW未満ごとに分割できない場合は、対地電圧を抑制してもリスクが低減しないため、通常用いられている地絡検知・遮断、警報の機能、接地が取れていること（特に太陽電池モジュールから架台にかけて）の確認方法を確保することが重要である。また、地絡、絶縁抵抗低下、接地の不備などの異常が確認された場合には、速やかに対処できる体制を取っておくことが必要である。
- 太陽光発電システムの電路の遮断方法として、接続箱内の開閉器、断路器、遮断器、パワーコンディショナの停止などが想定される。ただし、これらの箇所で電路を開放した場合でも、太陽光が太陽電池に照射される状態では太陽電池は発電を継続するため、太陽電池アレイ側は電圧が印加され続けている。また、地絡、短絡事故が発生している場合には、電気的な閉回路を形成することがあり、電流も継続して流れる恐れがある。そのため、接続箱における電路の開放やパワーコンディショナの停止を行っても、感電や火災のおそれがあることに注意する必要がある（図12-1参照）。感電を防止するためには、60 V以下などの電圧まで低下させる必要がある。その方法としては、太陽電池を遮光すること、太陽電池モジュールごとに機器を付けるMLPE (Module Level Power Electronics) の利用などがある。

12. 電気設備の設計: 営農型における電気設計の注意点

12.2 電気機器の紫外線・雨水対策に関する注意点

1. ケーブル、コネクタ、パワーコンディショナや接続箱が紫外線や雨水に直接曝されないように施設する。

- 営農型太陽光発電システムでは、太陽電池ケーブルやコネクタが直接、太陽光や雨水にさらされる場合がある。この場合、紫外線による劣化や雨水の浸入による錆・絶縁性能低下の恐れがあるため、保護管を用いたケーブル配線、絶縁テープによるコネクタの保護などの対策をとることが望ましい。
- また、パワーコンディショナや接続箱は、上部を屋根で覆うなどの対策を施す必要がある。

12. 電気設備の設計：営農型における電気設計の注意点

12.3 農作業による配線切断対策に関する注意点

1. 農業従事者がケーブルなどに接触する恐れがないように配線する。
2. ケーブルや接地線を埋設する場合には、農作業による配線切断の恐れがないように配線する。
3. 埋設した接地棒の位置がわかるようにする。

- 農業従事者が利用する**農業機械や農機具が電気工作物に衝突、接触する恐れ**がある。そのため、**架空配線を利用するなどの簡易接触防護措置**を行うとともに、農業従事者が行う農作業範囲や農業機械・農機具を把握し、接触、衝突の恐れがある箇所に対しては、**金属配管などによるケーブルの保護を行うこと**が望ましい。また、警戒用テープによる配線箇所の明示も効果的である。
- ケーブルや接地線の**埋設配線では、農業従事者が土を掘り起こす際に配線を誤って切断する恐れ**がある。従って、埋設場所には**農作業に干渉しない場所**を選択する必要がある。また、**農業従事者に埋設配線があることを十分に周知するとともに、埋設箇所を示す表示**を設ける必要がある。海外のガイドライン 12-3)では、通常 100-150mm、最大 200mm の深さに土 壤を耕すことがあることを考慮して適切な深さの原則が決められている。そのため、農業従 事者と相談し、土 壤を耕す深さを確認して埋設する深さを決定する必要がある。
- 接地棒の埋設箇所は、**設計図書や接続箱内に保管している書類などに明記**するとともに、埋設箇所を示す表示を設けることが望ましい。

12. 電気設備の設計：営農型における電気設計の注意点

12.4 営農環境における電気機器の腐食の注意点

1. 営農環境における腐食の恐れがある場合は、電気機器の選定を適切に行う。

- ケーブルや太陽電池モジュールへの**肥料の付着が多く想定される営農環境**では、IEC 6271612-4)に適合した太陽電池モジュールを利用することが望ましい。IEC 6271612-4)は、畜舎の屋根など、高濃度のアンモニアを含む湿潤環境下における耐性を試験するものであるため、**設置される環境条件を勘案して、必要性を判断**することが望ましい。
- コネクタや端子台の**配線部が暴露されている箇所などの腐食する恐れがある場所**については、絶縁テープによる保護や防塵・防水性の等級であるIP (Ingress Protection) 等級の高い接続箱を利用することが望ましい。

12. 電気設備の設計：営農型における電気設計の注意点

12.5 保守点検を考慮した電気設備計画

1. 接続箱やパワーコンディショナは開閉可能な場所に設置する。
2. 高所作業のための安全装備を準備する。

- 農業従事者や一般公衆が容易に触れることができるような場所を避けることが必要である。また、設置場所には接触を予防するための注意喚起表示をすることが必要である。表示方法については、一般社団法人太陽光発電協会の文書が参考となる。一般公衆が触れるおそれがある場所では具体的措置として取扱者以外が操作できないように「施錠」をすることが必要である。
- 農作業との関係もあるため、接続箱、パワーコンディショナは農作業に支障がない場所へ設置することが必要である。また、農作業が優先となるため、農繁期に太陽光発電システムの故障や異常が生じた際の対応が応急措置にとどまる場合がある。応急であっても、農業従事者や一般公衆に感電のおそれがないように措置することが必要である。
- 営農型太陽光発電システムでは太陽電池モジュールや配線が高所にあるため、高所作業に対応した安全装備が必要である。

14. 維持管理計画

14.3 電気設備

1. 高所作業に対応した装備や点検計画を作成する。

- 一般に太陽電池モジュールや配線が2 m以上の高所にあるため、これらに関する点検には脚立などを利用することが想定される。従って、**取扱者の労働安全確保のため、脚立からの落下防止などの安全対策**を行う必要がある。
- 「モジュールが外れかけている」「ケーブルコネクタが抜け(かけ)ている」など、**外観異常が判断でき、かつ一見軽微な修理作業**と思える見える場合でも**電氣的に安全とは限らない**。従って、このような場合であっても、**農業従事者が自ら電気工作物に接触しないように周知**する必要がある。
- 農作業が優先となるため、農地への影響が少ない時期に点検を行うことや脚立や足場など、点検に利用する器具が農地に影響を及ぼさないような方法など、保守点検計画や方法については農業従事者と事前に協議することが望ましい。
- また、営農環境下では、**トラクターが砂ぼこりを巻き上げ、パワーコンディショナのフィルターが目詰まりしてしまうこともある**ため、ファンレスの機器の選択、保守点検の確認項目に入れることや部品交換頻度を考慮しておくことが望ましい。

水上設置型

1. 総 則

1.6 電気設計方針

- 水上設置型太陽光発電システムの火災リスクは、地上設置型と基本的には同様であるが、感電リスクについては、水上であるため水分の多い環境であること、一定の動揺があることから、下記のとおり設計方針とした。
 - 電気設備に接触するのは、「取扱者」のみであるため、基本的には地上設置と同様な考え方とする。なお、電気の専門家ではない関係者(水面利用の権利者、ため池などの施設所有者及び管理者など)は、設計者、施工者、保守点検事業者から説明、教育や講習を受けるなどにより感電リスクを認識しているものとして、「取扱者」とする。
 - 地上設置よりも環境負荷(水分や動揺)が大きいため、電気設備としての安全性を高める措置を推奨する。また、取扱者は地上設置と異なる労働環境に関して配慮する。

12. 電気設備の設計: 水上設置型における電気設計の注意点

12.1 水上の配線方法に関する注意点

1. ケーブルの移動が想定される場所は、電気設備の技術基準の解釈(電技解釈)第127条「水上電線路及び水底電線路の施設」が規定するキャブタイヤケーブルを利用する。他のケーブルを利用する場合は、ケーブルの損傷を避けるため保護管に入れる。
2. フロートやアイランドの移動によりケーブルに過度な張力が発生しないよう配線余長を持たせるとともに、ケーブルを損傷しないように固定する。
3. ケーブル・コネクタは浸水しないように敷設する。
4. 極性の異なる配線を分離して敷設する。配線が長く誘導雷の影響を受ける恐れがある場合は、配線のループ面積を小さくして敷設する。
5. 齧歯目動物によるケーブル損傷の対策を行う。
6. 接地は地上部の接地極により行う。

12. 電気設備の設計: 水上設置型における電気設計の注意点

12.1 水上の配線方法に関する注意点

- 水上のフロート、アイランドの移動に伴い、配線やケーブルの移動が想定される場所には、電気設備の技術基準の解釈(電技解釈)第127条「水上電線路及び水底電線路の施設」が規定するキャブタイヤケーブルを利用することが望ましい。他のケーブルを利用する場合は、フロートやアイランドの移動によりケーブルに過度な張力が発生しないように、地上部とアイランド部との間の配線をS字状にするなど、配線に余長を持たせること、ケーブルが損傷しないよう保護管に入れることなどの措置をすることが望ましい。
- 配線の固定に関しては、太陽光が直接当たらないようにするとともに、配線が常時浸水することのないようにする。
- 短絡事故を避けるため、極性の異なる配線は分離することが望ましい。ただし、この場合には配線経路がループを形成すると誘導雷の影響により電圧を誘起するおそれがあるため、配線経路が長い範囲にわたる場合には、配線をわけてループ面積を小さくすることが望ましい。



写真12-1 余長を考慮した配線の例



写真12-2 配管に納めた配線の例



12. 電気設備の設計: 水上設置型における電気設計の注意点

12.1 水上の配線方法に関する注意点

- 池などへの設置事例ではヌートリアのような齧歯目動物によってケーブルが齧られる被害が確認されている。このような場合には、鳥獣の保護および管理並びに狩猟の適正化に関する法律を遵守しつつ対策することが望ましい。ヌートリアなどが池に入らないように、池をフェンスで覆うなどして侵入経路を塞ぐこと、もしくはケーブルを配管などで覆い露出を減らすことなどの対策が考えられる。ただし、対策には限界があることから、これらの被害が発生した場合に重大事故につながるようなようにするため、地絡検知、警報、遮断できる機構と体制を構築することが必要である。また、保守点検時にケーブルなどの被害が想定される個所については注意して確認することが望ましい。
- 接地については、地上部に接地棒を埋設することにより接地極をとり、水上の各機器の接地は、この接地極より配線する必要がある。実証実験から、水中に接地極をとることは地上に接地極を設ける場合と同程度の効果が得られる可能性が示唆されたが、接地極の形状や必要数などに解決すべき課題があるため、現段階では地上部に接地極をとることを原則とした。なお、通常の電路と同様に、地上部からアイランド部への接地線の敷設はフロートやアイランドの移動により接地線に過度な張力が発生しないようにする必要がある。

12. 電気設備の設計: 水上設置型における電気設計の注意点

12.2 水上の機器の設置方法に関する注意点

1. 通常の使用状態において、浸水しない高さに機器を設置する。
2. フロートやアイランドの移動などに伴う傾きの範囲内において、転倒しないように機器を設置する。
3. アイランドへのアクセス手段を確保するとともに、容易に開閉できる場所に機器を設置する。
4. アイランドの浮力設計を考慮して、機器の設置場所を決定する。



写真12-3 接続箱の設置例

12. 電気設備の設計: 水上設置型における電気設計の注意点

12.2 水上の機器の設置方法に関する注意点

- 内線規程において、配電盤および分電盤は「安定した場所」、「容易に開閉できる場所」、「容易に点検できる場所」に設置することが求められている。
- 従って、水上設置型太陽光発電システムについては、**アイランド上に設置する接続箱やパワーコンディショナは、通常の使用状態において浸水しないようにする**だけでなく、フロートやアイランドの移動などによって生じる傾きによって転倒しないように設置する必要がある。また、**アイランドやフロートの耐荷重の設計値を考慮して接続箱やパワーコンディショナの設置場所がアイランドの中で著しく不均一とならないようにする**など、機器の重量により浸水や転倒しないように設置場所を決定する必要がある。特にアイランドの外周部への接続箱やパワーコンディショナの設置は、機器の浸水リスクが高まるため、避ける必要がある。
- さらに、作業者が**アイランドにアクセスする手段が確保できていることを前提**とし、アイランド上において「容易に開閉できる場所」、「容易に点検できる場所」に接続箱やパワーコンディショナを設置する必要がある。

12. 電気設備の設計: 水上設置型における電気設計の注意点

12.3 水上における電気機器選定に関する注意点

1. アイランド上の機器は浸水しないように設置する。
2. 対応するIP等級の電気機器を選定する。
3. アイランド上の機器の傾きが大きくなる場合は、適切な機器を選定する。

- アイランド上に設置される電気機器に求められる防塵・防水性の等級であるIP (Ingress Protection) 等級の基本的な考え方の前提を「アイランド上にある機器は長期にわたって浸水することはない」とした。従って、先ずアイランド上にある機器が浸水しないように設置することが必要である。その上で、アイランド上の各機器については次に示すIP等級のものを選定することが望ましい。
 - 接続箱およびパワーコンディショナ: IPX5以上
 - ケーブル: IPX7以上
 - コネクタ: IPX7以上

12. 電気設備の設計: 水上設置型における電気設計の注意点

12.3 水上における電気機器選定に関する注意点

1. アイランド上の機器は浸水しないように設置する。
2. 対応するIP等級の電気機器を選定する。
3. アイランド上の機器の傾きが大きくなる場合は、適切な機器を選定する。

- アイランド上に設置される電気機器に求められる**防塵・防水性の等級であるIP (Ingress Protection) 等級の基本的な考え方の前提を「アイランド上にある機器は長期にわたって浸水することはない」とした**。従って、先ずアイランド上にある機器が浸水しないように設置することが必要である。その上で、アイランド上の各機器については次に示すIP等級のものを選定することが望ましい。
 - 接続箱およびパワーコンディショナ: IPX5以上
 - ケーブル: IPX7以上
 - コネクタ: IPX7以上
- 7.6 の波力・動揺の評価の結果、機器の傾きが大きくなることが想定される場合は、傾斜した状態でも正常に動作するように設計された機器を選定することが必要である。これらの機器の選定には、船舶設備規程や関連のJIS規格(12-6)などが参考となる

12. 電気設備の設計: 水上設置型における電気設計の注意点

12.3 水上における電気機器選定に関する注意点

1. アイランド上の機器は浸水しないように設置する。
2. 対応するIP等級の電気機器を選定する。

- ケーブルおよびコネクタについては、通常の使用状態や保守点検時の作業員が及ぼす荷重による動揺、あるいは固定のための結束帯の破断による水没のリスクを排除できないため、接続箱やパワーコンディショナよりも高いIP等級とした。なお、コネクタを現地でケーブルに取り付ける場合、不適切な組み立てによって鍍合部の接触抵抗の増大や防水性の低下を引き起こす事例があるため、製造者の組み立て説明書に従って正しく組み立てることが必要である。

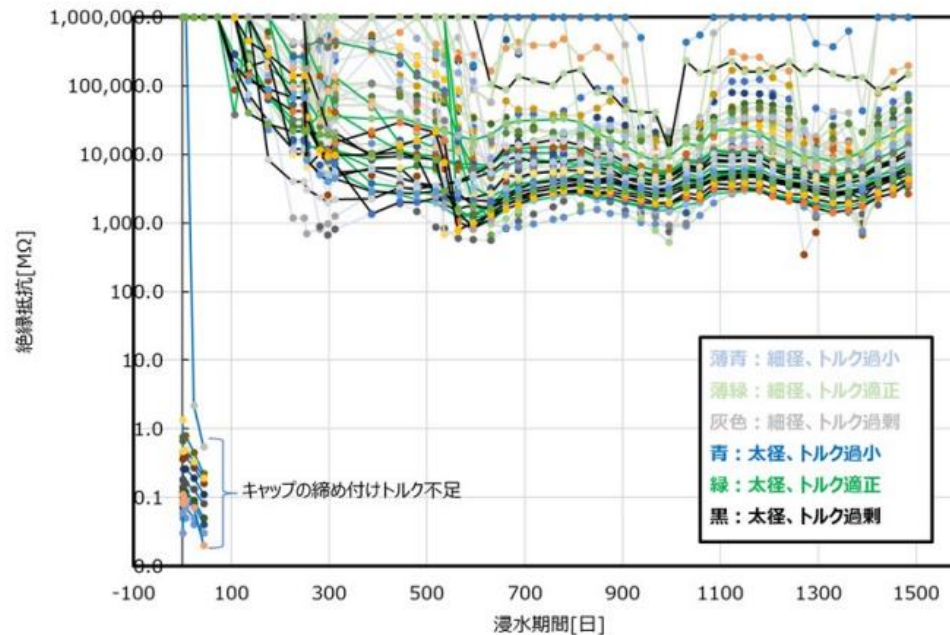


図 12-1 コネクタのトルクと線径別の浸水試験結果

12. 電気設備の設計: 水上設置型における電気設計の注意点

12.4 保守点検を考慮した電気設備計画の注意点

1. アイランド上に設置する接続箱やパワーコンディショナは、取扱者のアクセスが可能でかつ「容易に点検できる場所」に設置する。

- 取扱者がアイランド上の接続箱やパワーコンディショナにアクセスできること、それに加えてこれらの機器が「容易に点検できる場所」に設置されている必要がある。また、**アイランド上は滑りやすく不安定であることから、取扱者が自立して作業できる環境を確保**することが必要である。
- 地上設置型太陽光発電システムとは異なり、水上設置型太陽光発電システムの作業環境は常に足元が濡れた状態でかつ不安定であることを想定する必要がある。従って、地上設置型太陽光発電システムの場合以上に労働安全に配慮した装備を計画段階で想定しておくことが重要である。例えば、転倒や水中への転落のリスクがあるため、**アイランド上での作業時にライフジャケットの着用**が必要である。また、水上フロートでの転倒リスクを軽減するため、フラット(平坦)なフロートを採用すること、転倒時のけがを防止するためのフェイスガード付ヘルメットなどを着用することが望ましい。さらに、絶縁保護手袋などの絶縁保護具を複数用意することも検討すべき事項の一つである。

14. 維持管理計画

14.6 緊急時の対応(設計時における配慮事項)

1. 災害時及び施工、保守点検での事故時において迅速に対応できる緊急連絡体制の整備を計画する。
2. 火災など、発生時の消火方法、消火活動のための動線及び活動スペースの確保を検討する。
3. 電気機器の異常時に対応できる迅速な接続箱における遮断、パワーコンディショナの停止方法を計画する。可能であれば遠隔操作も検討する。
4. 医療機関へのアクセスが容易でない場合、AEDなどの緊急時の医療機器の設置を検討する。
5. リスクアセスメントと対応マニュアルを準備する。

- 海外の規格(14-14)では、消火活動時のアイランドへのアクセスを考慮して、アイランドの最大の大きさを消防用の舟艇の放水距離の2倍以下とすることや、アイランド間の水路の最小距離を消防用の舟艇の長さの3倍以上にすること、ケーブルや歩道が水上太陽光発電システムのどの部分へのアクセスも妨げないように注意することなどが附属書に示されている。

建物設置型

1. 総則

1.6 電気設計方針

- 建物設置型太陽光発電設備の火災リスクに関して、機器からの発火リスクは地上設置と同程度と想定されるが、延焼する可能性は地上設置より多様であること、また建物への類焼が発生する場合、人災等のリスクが高まることが想定される。
- 感電リスクについては、基本的には電気設備に容易に接触できない配線・設置方式とする場合は地上設置と同程度と考えられるが、接触可能な場合も想定されることから、下記を電気設計方針とした。
- 電気の専門家ではない建物の所有者および占有者については、設計者、施工者、保守点検事業者から説明、教育や講習を受けるなどにより感電・火災リスクを認識しているものとする。
- 感電リスクに関しては、接触防護措置を原則とする。また、住宅用太陽光発電(10kW未満)と同様な要求仕様と設計の考え方を取り入れ、対地静電容量の大きい太陽電池アレイ(目安として50kW以上の場合)を利用する場合には、特段の感電防止措置を講じる。
- さらに太陽電池モジュール等へ所有者等が接触できる可能性がある場合、追記的な対策を講じる。
- 火災リスクに関しては、発火、延焼・類焼防止を基本とする。太陽電池モジュールや配線の近辺には可燃物を配置しないなどの対策を講じる。

12. 電気設備の設計

12.1 感電防止対策に関する注意点

1. 建物の所有者・占有者および建物利用者に対して接触防護措置を原則とした電気設計とする。
2. 太陽電池アレイ出力が50kW未満の場合、直流の対地電圧を450V以下とする。
3. 太陽電池アレイ出力が50kW以上の場合、50kW未満のパワーコンディショナで分割した電気設計とするとともに直流の対地電圧を450V以下とする。分割ができない場合には、地絡検知・遮断機能、警報の機能、接地の確保を定期的を確認できる設計および体制とする。
4. 直流の対地電圧が450Vを超えて750V以下の場合、地絡検知・遮断機能、警報の機能、接地の確保を定期的を確認できる設計および体制とする。
5. 直流の対地電圧が750Vを超える高圧の電圧を利用する場合には、接触防護措置を確実にを行う電気設計とする。
6. 建物の所有者・占有者および建物利用者に対して接触防護措置ができない場合、確実にかつ迅速な地絡検知・遮断機能、警報の機能、接地の確保を定期的を確認できる設計および体制とする。

12. 電気設備の設計

12.2 異常発熱・火災防止対策に関する注意点

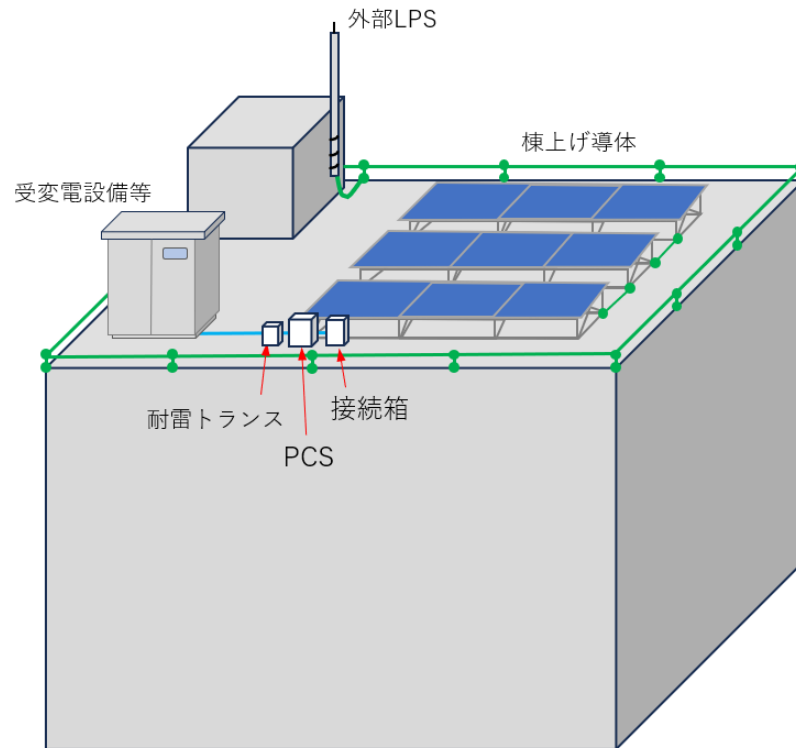
1. 太陽電池モジュールを建物に近接して設置する場合、太陽電池の裏面側の建物材料には不燃材を利用する。
2. 電線、コネクタなど配線を行う場所には周辺に可燃物がないようにする。
3. 地絡検知・遮断機能、過電流検知・遮断機能、事故発生時の警報の機能、発熱・アーク故障発生を検アーク故障知・遮断する機能を備え、定期的に保守点検できる設計および体制とする。

- 太陽電池モジュールを建物に近接して設置する場合、太陽電池モジュールが発火源となると建物への延焼のリスクがある。太陽電池モジュールからの発火リスクとして消費者庁の報告書などに想定されたものが存在する。延焼を防ぐために裏面付近の屋根等の材料には不燃材(建築基準法施行令第108条の二で定める技術的基準に適合する不燃性を持つ材料)を利用する。
- 電線、コネクタなど配線を行う場所には、これらからの発火時に建物への延焼を防止するために、周辺に可燃物がないようにする。可燃物が存在する場所として、屋内への引き込み箇所、屋内配線の経路がある。事故時に遮断した場合においても電圧が印加される箇所の配線の経路、貫通箇所に可燃物がある場合は、金属管配線などを推奨する。ただし、メタルラス張り、ワイヤラス張り又は金属板張りの箇所を貫通する場合、地絡の危険があるため内線規程に従う。また、屋外配線が可能な場合は、屋内配線を推奨する。

12. 電気設備の設計

12.3 雷害対策に関する注意点

1. 建物および建物内の設備を保護する雷害対策と協調した設計とする。



- 建物用外部LPSと太陽光発電設備用の架台を接続しない。
- パワーコンディショナや接続箱などの設備は、架台に設置しない、もしくは絶縁する。
- パワーコンディショナの交流側に、耐雷トランスを設置する。
- 監視カメラや気象センサーなどを架台に設置する際は、絶縁板や碍子などで絶縁する。通信線を光ケーブルに、電源線には耐雷トランスを設置する。

12. 電気設備の設計

12.4 保守点検を考慮した電気設備計画

1. 接続箱やパワーコンディショナは開閉可能な場所に設置する。
2. 屋根や高所作業のための安全装備を準備する。

- 保守点検のためには、高圧受電設備規程12-16)「1130-4 屋外に設置するキュービクルの施設」、内線規程12-17)「1365-1 配電盤及び分電盤の設置場所／1」において、接続箱やパワーコンディショナは開閉可能な場所に設置することが求められているが、建物の所有者・占有者や利用者が容易に触れることができるような場所を避けて設置する。また、設置場所には接触を予防するための注意喚起表示をする。表示方法については、一般社団法人太陽光発電協会の文書が参考となる(12-18、12-19)。建物利用者が触れるおそれがある場所では具体的措置として取扱者以外が操作できないように「施錠」をする。応急であっても、建物の所有者・占有者や利用者に感電のおそれがないように措置する。
- また、建物設置の場合、接触防護措置を目的として太陽電池アレイやパワーコンディショナ、接続箱が高所に設置されることが想定され、それらの点検が高所作業となる場合がある。そのため、点検時のみに利用するための梯子などのアクセス方法を想定することや、安全装備を準備することが有用である。

14. 維持管理計画

14.2 電気設備

1. 屋根や高所作業に対応した装備や点検計画を作成する。

- 基本的な点検項目は、太陽光発電システム保守点検ガイドライン14-3)や自家用電気工作物保安管理規程14-4)などのガイドラインを参考に維持管理計画を作成することが望ましい。
- 建物設置型太陽光発電設備では一般に太陽電池モジュールや配線が屋根や地上2m以上の高所にあることが想定されるため、これらに関する点検には脚立や足場設置など高所作業に必要な安全措置を利用することが想定される。従って、取扱者の労働安全確保のため、脚立や足場からの落下防止などの安全対策を行う。
- 「太陽電池モジュールが外れかけている」「ケーブルコネクタが抜け(かけ)ている」など、外観異常が判断でき、かつ一見軽微な修理作業と思える場合でも電氣的に安全とは限らない。したがって、このような場合であっても、建物の所有者・占有者および利用者が自ら電気工作物に接触しないように周知する。
- 接地抵抗の測定に関しては、杭や基礎が地極として作用するため、接地極における接地抵抗を測定するか、設備全体の接地状況を測定するかなど、目的に応じて太陽光発電設備から十分離れた地点に測定点を確保するなどに注意して測定する。測定方法の注意点などの詳細は、(特殊な設置形態の太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン2023年版【技術資料:小型・可搬型の接地抵抗計を用いた太陽光発電設備の接地抵抗測定技術に関する実験】)にまとめているため参考にされたい。

ご清聴ありがとうございました。