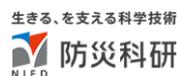
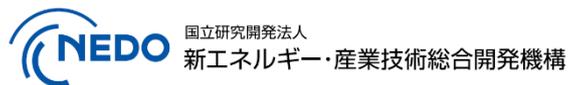


傾斜地設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン

2021 年版

この成果物は、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）の委託業務「太陽光発電主力電源化推進技術開発／太陽光発電の長期安定電源化技術開発／安全性・信頼性確保技術開発（特殊な設置形態の太陽光発電設備に関する安全性確保のためのガイドライン策定）」事業の結果として得られたものです。

2021 年 11 月 12 日



はじめに

2020年10月、菅総理大臣（当時）より「2050年カーボンニュートラル、脱炭素化社会の実現を目指す」ことが宣言されました。また、2021年10月に閣議決定された第6次エネルギー基本計画において、「再生可能エネルギーの主力電源化を徹底し、再生可能エネルギーに最優先の原則で取り組み、国民負担の抑制と地域との共生を図りながら最大限の導入を促す。」とされ、具体的には「地域と共生する形での適地確保、コスト低減、系統制約の克服、規制の合理化、研究開発などを着実に進めていく。こうした取組を通じて、国民負担の抑制や、電力システム全体での安定供給の確保、地域と共生する形での事業実施を確保しつつ、導入拡大を図っていく。」との方針が示されました。こうした情勢を背景に、太陽光等の再生可能エネルギーについて、導入の拡大と国民負担の抑制を両立しながら「主力電源化」に向けた環境整備を進めていくことが不可欠であります。

一方で、我が国における太陽光発電の導入が2012年のFIT制度開始後に急拡大したことによって、台風、積雪、豪雨など自然事象による被害が少なからず発生しており、太陽光発電設備の安全性に対する地域の懸念が高まっています。

このような状況の下、これまでに国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）では、太陽光発電システムの自然災害や経年劣化に対して安全性と経済性を確保するため「地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン2017年版」を作成、その後架台や基礎の強度や腐食の進行に関する実証実験を行い、その結果を基に、より合理的かつ安全性の高い設計方法を盛り込んだ「地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン2019年版」（<https://www.nedo.go.jp/content/100895022.pdf>）を公開してきました。

他方、近年では太陽光発電の建設に適した場所の減少に伴い、傾斜地や農地、さらには水上へと太陽光発電の設置環境が拡大しています。これらの特殊な設置環境での太陽光発電は、一般的な地上設置型の太陽光発電より設計や施工上の難易度が高く、地方自治体の条例において太陽光発電施設への要求事項として安全対策が求められつつありますが、それらを満足させる方法については具体的に示されていません。その背景には、これらの設備の設計・施工に関する知見が極めて少なく、また、その知見が集約されてこなかったことにあります。

このため、NEDOの委託事業「太陽光発電主力電源化推進技術開発／太陽光発電の長期安定電源化技術開発／安全性・信頼性確保技術開発（特殊な設置形態の太陽光発電設備に関する安全性確保のためのガイドライン策定）」の一環としてこれまでに得られた知見をまとめ、「地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン2019年版」に上記の特殊な設置環境の構造設計、電気設計・施工の項目を加えた設計・施工ガイドラインを今回公開することとしました。

なお、当該事業は2022年度末まで継続され、今後、各種設置形態への適用性をより向上させるため、現在実施中の各種実証実験結果などを反映し、今後、更に本ガイドラインを改定する予定です。本ガイドラインが今後、上記の環境における太陽光発電設備の設置で参考になれば幸いです。

最後になりましたが、本ガイドラインの作成にあたり、「太陽光発電の安全性・信頼性確保技術推進委員会」の皆様をはじめ、経済産業省、NEDO事業に参加頂いている企業や研究機関など、多くの方々のご協力を賜りました。この場をお借りして、厚くお礼を申し上げます。

本ガイドラインの位置付け

| | | 法規制 | 規格 | ガイドライン |
|------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 構造設備 | 構築物 建物設置 | <ul style="list-style-type: none"> 電気事業法 電技省令 電技解釈及び解説 建築基準法 (建築構造物、9m以上高) 急傾斜地法 (指定の有無) 農地転用に係る取扱通知 (営農型太陽光発電) 改正FIT(点検・保安) | JIS C 8955 : 2017 | 地上設置型 設計ガイドライン 日本風工学会 ハンドブック |
| | 地上設置 | | | 太陽光発電システムの 設計・施工ガイドライン (傾斜地設置型・営農 型・水上設置型) |
| | 傾斜地設置 | | | |
| | 水上設置 | | | |
| | 営農型設置 | | | |
| 電気設備 | 太陽電池 モジュール | | JIS C 8992、8954、8951 IEC JIS C 8980、8961 IEC、JESC系統連系規程 | JPEA 水没安全 ガイド AIST 直流電気安全 手引と技術情報 |
| | 周辺機器 | | | |
| 施工管理 | 一般 | | | JPEA 設計と施工 改訂5版 |
| 保守管理 | 発電能力 安全性 | | JIS C 8907、8953 | JPEA 保守点検ガイドライン |
| | 設備維持 | | | JPEA 事業の評価ガイド 経産省 事業計画策定ガイドライン |

本書作成関係委員会

—五十音順・敬称略—

特殊な設置形態の太陽光発電設備に関する安全性確保のためのガイドライン策定委員会

| | | | |
|--------|-------------------------------|-------------------|--------------------|
| 委員長 | 植松 康 | (秋田工業高等専門学校) | |
| 副委員長 | 西川 省吾 | (日本大学) | |
| 委員 | 植田 譲 | (東京理科大学) | |
| | 飯嶋 俊比古 | (飯島建築事務所) | |
| | 居駒 知樹 | (日本大学) | |
| | 奥田 泰雄 | (建築研究所) | |
| | 重光 達 | (大成建設) | |
| | 篠原 正 | (腐食防食学会) | |
| | 田村 良介 | (NTTファシリティーズ) | |
| | 土屋 星 | (三井住友建設) | |
| | 馬上 丈司 | (千葉エコ・エネルギー) | |
| | 鉤 裕之 | (東京電気管理技術者協会) | |
| | 松浦 純生 | (京都大学防災研究所) | |
| | 宮本 裕介 | (関電工) | |
| | 安富 強 | (京セラ) | |
| | 山崎 雅弘 | (関西大学) | |
| | 山中 秀文 | (大阪ガス) | |
| | 事務局 | 井上 康美 | (太陽光発電協会) |
| | | 榎本 哲也 | (デロイトトーマツコンサルティング) |
| 大関 崇 | | (産業技術総合研究所) | |
| 高森 浩治 | | (構造耐力評価機構) | |
| (再委託先) | 渡辺 健二 | (八千代エンジニアリング) | |
| | 安達 聖 | (防災科学研究所) | |
| | 谷口 徹郎 | (公立大学法人大阪 大阪市立大学) | |
| オブザーバー | 千葉 隆弘 | (北海道科学大学) | |
| | 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 | | |
| | 新エネルギー部 太陽光発電グループ | | |
| | 経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 | | |
| | 新エネルギー課 | | |
| | 経済産業省 商務情報政策局 産業保安グループ 電力安全課 | | |
| | 環境省 大臣官房 環境影響評価課 | | |
| | 独立行政法人 製品評価技術基盤機構 | | |
| | 一般社団法人 再生可能エネルギー長期安定電源推進協会 | | |
| | 一般社団法人 太陽光発電協会 (太陽光発電事業者連絡会、 | | |

公共産業部会、O&Mスマート保安タスクフォース)
一般社団法人 電気設備学会
一般社団法人 日本太陽光発電検査技術協会
一般社団法人 日本電気協会
一般社団法人 日本電機工業会
株式会社資源総合システム

風荷重WG (◎主査、○幹事)

- | | |
|---------------------|--------------------|
| ◎ 植松 康 (秋田工業高等専門学校) | ○ 高森 浩治 (構造耐力評価機構) |
| 相原 知子 (大成建設) | 井上 康美 (太陽光発電協会) |
| 大関 崇 (産業技術総合研究所) | 大竹 和夫 (竹中工務店) |
| ガヴァンスキ江梨 (大阪市立大学) | 菊池 浩利 (清水建設) |
| 木村 吉郎 (東京理科大学) | 作田美知子 (三井住友建設) |
| 染川 大輔 (大林組) | 谷口 徹郎 (大阪市立大学) |
| 田村 良介 (NTTファシリティーズ) | 中川 尚大 (前田建設工業) |
| 松本 知大 (建材試験センター) | 丸山 敬 (京都大学) |
| 山本 学 (鹿島建設) | 吉田 昭仁 (東京工芸大学) |

オブザーバー

- | | |
|---------------------|-----------------|
| 小西 康郁 (東北大学流体科学研究所) | 奥地 誠 (構造耐力評価機構) |
|---------------------|-----------------|

目次

| | |
|---------------------------|-----------|
| はじめに..... | i |
| 本書作成関係委員会 | iii |
| 1. 総 則..... | 5 |
| 1.1 本ガイドラインの利用上の注意 | 5 |
| 1.2 適用範囲..... | 5 |
| 1.3 引用規格、参考資料..... | 6 |
| 1.4 用語・記号の定義 | 6 |
| 1.5 構造設計方針..... | 13 |
| 1.6 電気設計方針..... | 14 |
| 1.7 施工管理方針..... | 14 |
| 2. 被害事例..... | 16 |
| 2.1 豪雨被害..... | 16 |
| 2.2 強風被害..... | 17 |
| 3. 構造設計・施工計画..... | 18 |
| 3.1 設計フロー（構造） | 18 |
| 3.2 施工フロー（構造） | 19 |
| 4. 電気設計・施工計画..... | 20 |
| 4.1 設計フロー（電気） | 20 |
| 4.2 施工フロー（電気） | 20 |
| 5. 事前調査..... | 22 |
| 5.1 資料調査..... | 22 |
| 5.2 現地調査..... | 22 |
| 5.3 地盤調査..... | 26 |
| 5.3.1 原位置試験..... | 26 |
| 6. 造成計画..... | 28 |
| 6.1 基本事項（基本的な考え方） | 28 |
| 6.2 切土・盛土計画..... | 28 |
| 6.3 排水計画（調整池） | 29 |
| 6.4 のり面保護および斜面崩壊防止計画..... | 30 |

| | |
|----------------------------------|-----------|
| 6.5 環境・景観対策..... | 31 |
| 7. 太陽電池アレイの配置計画..... | 33 |
| 8. 設計荷重..... | 34 |
| 8.1 想定荷重と荷重の組合せ..... | 34 |
| 8.2 固定荷重..... | 34 |
| 8.3 風圧荷重..... | 35 |
| 8.3.1 設計用速度圧..... | 36 |
| 8.3.2 風力係数..... | 39 |
| 8.4 積雪荷重..... | 41 |
| 8.5 地震荷重..... | 42 |
| 9. 使用材料..... | 44 |
| 9.1 鋼材..... | 44 |
| 9.2 アルミニウム合金材..... | 44 |
| 9.3 コンクリート..... | 44 |
| 9.4. その他材料..... | 45 |
| 10. 架台設計..... | 46 |
| 10.1 傾斜地における架台設計の注意点..... | 46 |
| 10.2 架構形式と構造解析モデル..... | 46 |
| 10.3 構造計算..... | 47 |
| 11. 基礎の設計..... | 48 |
| 11.1 傾斜地における基礎設計の注意点..... | 48 |
| 11.2 基礎形式..... | 48 |
| 11.3 直接基礎の設計..... | 49 |
| 11.4 杭基礎の設計..... | 50 |
| 12. 腐食防食..... | 52 |
| 12.1 架台の腐食と防食..... | 52 |
| 12.2 基礎（杭基礎）の腐食と防食..... | 52 |
| 13. 電気設備の設計・施工..... | 53 |
| 13.1 電気機器の設置場所に関する注意点..... | 53 |
| 13.2 配線方法に関する注意点..... | 53 |
| 13.3 保守点検を考慮した電気設備計画に関する注意点..... | 54 |

| | |
|----------------------------------------|-----------|
| 14. 施工 | 56 |
| 14.1 一般共通項目 | 56 |
| 15. 維持管理計画 | 58 |
| 15.1 一般共通事項 | 58 |
| 15.2 地盤・排水 | 58 |
| 15.3 基礎・架台 | 59 |
| 15.4 電気設備 | 59 |
| 15.5 緊急時の対応 | 60 |
| Appendix | 62 |
| Appendix A : 調査対象国の選定 | 62 |
| Appendix B : 韓国・台湾の規制・ガイドライン | 63 |
| Appendix C : 韓国の傾斜地設置型に関する規制 | 65 |
| Appendix D : 韓国の傾斜地設置型の規制に関する法体系 | 66 |
| Appendix E : 韓国の傾斜地設置型の設計・施工基準 | 68 |

1. 総 則

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、電気などの各分野における既往の基規準、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。また、構造と電気に関するそれぞれの記載内容については、次のような方針で執筆しているため、これらを理解の上、本ガイドラインを利用して頂きたい。

- 構造関連の内容：基本事項の概要と傾斜地設置型太陽光発電システム特有の内容について記載する。
- 電気関連の内容：基本事項については省略し、傾斜地設置型太陽光発電システム特有の内容のみを記載する。

1.2 適用範囲

1. 本ガイドラインは、傾斜地に設置される地上設置型の太陽光発電システムに適用する。
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 9 m を超えるシステムおよび追尾型システムは除外する。

本ガイドラインの適用は、地上設置型太陽光発電システムのうち、傾斜地に設置されるものに限定し、追尾型システムを有する設備や建築物上に設置される設備は適用範囲外とする。対象とする傾斜地の勾配と敷地面積については限定しない。傾斜角 30 度以上で斜面の高さが 5 m 以上の急傾斜地^{註)}に設置する場合は、本ガイドラインでの要求のほか、表面侵食、斜面崩壊、土砂流出、基礎・架台の構造安全性および施工方法について特別な配慮をした上で設置すること。対象傾斜地の勾配の下限の目安は、一般的な水勾配である 2~3 % (1.5 度程度) とする。また、太陽光発電システムが設置される地盤が平坦であっても、傾斜地の上端 (のり肩) および下端 (のり尻) 付近に位置する場合には、土砂災害のリスクがあるだけでなく、構造上、施工上の配慮が必要であるため、本ガイドラインの適用範囲とする。その範囲は、図 1-1 に示す傾斜地の上端から水平距離が 10 m 以内、下端から傾斜地高さの 2 倍 (50 m を超える場合は 50 m) 以内^{註)}とする。

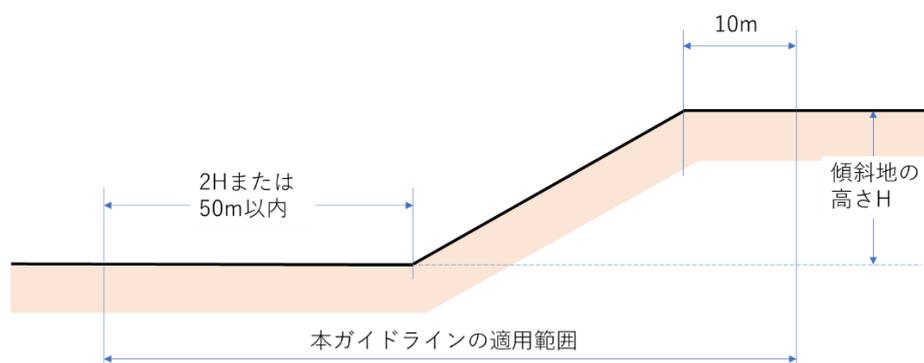


図 1-1 本ガイドラインを適用する範囲

注)：土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律¹⁻¹⁾（以下、「土砂災害防止法」）に基づく土砂災害警戒区域の指定基準を参考に設定。

また、発電用太陽電池設備の技術基準を定める省令¹⁻²⁾においては、アレイ面の最高高さが 9 m を超える太陽光発電設備では建築基準法での工作物の構造関連規定（建築基準法施行令第 141 条）に適合することを要求していることから、本ガイドラインでは適用範囲外とした。適用範囲内である最高高さが 9 m 以下のシステムにおいても最高高さがおおむね 4 m を超えるような設備については、構造強度と施工の安全性の確保が難しいと推察されるため、本ガイドラインの要求のほかに特別な配慮が必要である。

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 62548:2016 Photovoltaic (PV) arrays - Design requirements
- 内線規程、一般社団法人日本電気協会
- 配電規程、一般社団法人日本電気協会
- 高圧受電設備規程、一般社団法人日本電気協会
- 系統連系規程、一般社団法人日本電気協会
- 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
- 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
- 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
- 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

1.4 用語・記号の定義

本ガイドラインで使用する用語を以下に示す。

| | |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I E C | 国際電気標準会議（International Electrotechnical Commission）。電気及び電子技術分野の国際規格の作成を行う国際標準化機関で、各国の代表的標準化機関から構成されている。 |
| 圧密 | 荷重の作用により土が長い時間をかけて排水しながら体積を減少させる現象。これによる沈下を特に圧密沈下という。 |
| アンカーボルト | 建造物の柱や土台をコンクリート基礎に定着するために埋め込んで用いるボルト。 |
| 異種金属接触腐食 | 異種金属が直接接続されて、両者間に電池が構成されたときに生じる腐食。ガルバニック腐食ともいう。一般には電食と呼ばれることもあるが、電食の本来の意味は異なることに注意が必要である。 |
| 打込み杭 | 既製の杭体をほぼその全長にわたって地盤中に打ち込み、または、押し込むことによって設置される杭。 |
| 埋込み杭 | 既製の杭体をほぼその全長にわたって地盤中に埋め込むことによって設置される杭。 |
| 液状化 | 砂質土等の地盤で、地震動の作用により粒子間の水圧が急上昇して、液体のような現象。 |
| S.M.B法 | 対象水域の風速、吹送距離をパラメータとして有義波の波高および周期を推定する波浪推算手法。 |
| 応力腐食割れ | 負傷環境下で金属材料に引張応力が作用しているときに、き裂を生じて破壊に至る現象。 |
| 音響測深機 | 水面付近から音波を出し水底から反射して帰って来るまでの時間を測ることによって、水深を求める装置。 |
| 海塩粒子 | 海水の微小水滴が大気中で乾燥して生成した粒子でエアロゾルの一種。海塩粒子が風に流されることで飛来塩分となる。 |
| 化成処理 | 化学処理によって金属表面に安定な化合物を生成させる表面処理方法。 |
| 化成皮膜 | 化成処理により生成した金属表面の皮膜。 |
| ガルバニック電流 | 異種金属接触腐食が発生した際に異なる金属間を流れる電流。 |
| 乾舷 | フロートが水に浮いているときのフロート天端から水面までの垂直距離。 |
| 含水比 | ある容積の土に含まれる水の質量の、土粒子だけの質量に対する比率を百分率で表した数値。 |
| 基礎 | 直接基礎と杭とを総称したもの。 |
| 既製コンクリート杭 | 既製鉄筋コンクリート杭等の総称。 |
| 基礎スラブ | 直接基礎の構造部分で、上部構造からの荷重を分散して地盤に伝達するために必要な面積を確保するスラブまたは片持ちスラブ。底盤、フーチング、ベースともいう。 |
| 喫水 | フロートが水に浮いているときのフロート底面から水面までの垂直距離。 |
| キャップナット （ブーツ） | ナットの種類のひとつ。抑えつけた状態で締結を行うもの。本ガイドラインではコネクタ用に利用される部品の一部。 |
| 極限（鉛直）支持力 | 建造物を支持し得る最大の鉛直方向抵抗力。地盤の支持力のみを指す場合は、地盤の極限支持力（度）とも呼ぶ。 |
| 局部腐食 | 材料表面の腐食が均一ではなく、局部的に集中して生じる腐食であり、一部に極端な腐食が生じる現象。 |

| | |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 許容（鉛直）支持力 | 極限（鉛直）支持力を安全率で除した値で、かつ、部材が許容される応力度以内にあるときの鉛直力。地盤の抵抗力のみを指す場合は、地盤の許容応力（度）とも呼ぶ。 |
| 切土 | 自然斜面地盤の土砂・岩石を取り除いて造成された地盤。 |
| 均一腐食 | 材料表面の大部分にほぼ均一に生じる腐食。全面腐食ともいう。 |
| 杭基礎 | 基礎杭に架台を連結して、架台からの荷重を、杭を介して地盤に伝える形式の基礎。一般的な建築工事のように鉄筋コンクリート基礎の補強として杭を使用する場合は、これを補強杭工法として区別する。 |
| 杭の水平載荷試験 | 杭の頭部に水平力を加える静的な載荷試験。 |
| 傾斜角（度） | 本ガイドラインでは、アレイ面の水平面からの傾斜の度合いを示し、角度（度）で表す。地盤について用いられる場合もある。 |
| 系統連系 | 自家用発電設備を商用電力系統に接続して、運転できるようにすること。連系している商用電力系統の電圧階級および形態によって、低圧連系、高圧連系、特別高圧連系、スポットネットワーク連系などに区分することもある。 |
| 齧歯目動物 | 脊椎動物亜門 哺乳綱の目の 1 つ。ネズミ目、齧歯類（げっしるい）ともいう。リス、ネズミ、ヤマアラシ、モモンガ、ヌートリアなどが含まれる。電気配線のケーブルなどを齧ることがある。 |
| 原位置試験 | 原状の地盤において行う土の性質を調べる試験。 |
| 鋼杭 | 鋼管杭、型钢杭等、鋼製の杭。 |
| 孔食 | 金属内部に向かって孔状に進行する局部腐食。 |
| 洪積層 | 更新世の時代に堆積した地層。主に台地・段丘を構成している。 |
| 勾配 | 地盤等の水平面からの傾斜の度合い。水平距離と高さの比率で表すことが多い。屋根面の傾斜の度合いを表すこともある。 |
| 補助極 | 接地抵抗の測定を行う時に接地して利用する測定点。接地して利用するため金属の棒で出来ている。 |
| 再現期間 | ある大きさ以上の作用が、一度発生してから次に再び発生するまでの平均的な時間間隔（年）。 |
| 地業 | 直接基礎のスラブと地盤とのなじみをよくするため、基礎スラブの下部に砂、碎石、コンクリート等の施工を行うこと。 |
| 支持杭 | 軟弱な地層を貫いて硬い層まで到達し、主としてその先端抵抗で支持させる杭。 |
| 自沈層 | スウェーデン式サウンディング（SWS）試験において、1kN以下の荷重で地盤中に沈み込む地層のこと。 |
| 地盤改良 | 地盤強度の増大ならびに沈下の抑制等に必要な土の性質の改善を目的とし、土に締固め・脱水・固結・置換等の処理を施すこと。 |
| 地盤沈下 | 地盤が地下水の汲みあげや地盤への載荷等のために広範囲にわたって沈下すること。 |
| 主働土圧 | 壁から土が離れる側に移動した場合の壁に作用する圧力。 |
| 受働土圧 | 壁から土に向かって移動した場合の壁に作用する圧力。 |
| 小口径鋼管杭 | 鋼管径として 50～200 mm 程度の一般構造用炭素鋼鋼管を使用した杭。 |

| | |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 除錆処理 | 腐食減量等を求める際に試験片から腐食生成物を除去する方法。腐食生成物を電解によって除去する場合、材料やめっきによって用いる溶液や浸漬時間等が異なる。 |
| 水平地盤反力係数 | 地盤中の任意の位置における水平応力と変位量の関係から得られる割線勾配。 |
| スラブ 正圧 | 鉛直方向の荷重を支持する床盤・底盤。 一般に物体表面を押す方向に作用する圧力をいう。本ガイドラインでは、アレイの上面を押す方向の風圧力（風力）をいう。また、正圧が生じる風向を順風と呼ぶ。 |
| 静止土圧 | 壁およびこれに接する土が静止状態にある時の壁に作用する圧力。 |
| 接続箱 | 複数のストリング出力側と負荷側とを、又は複数のアレイ出力側と負荷側とを端子で中継し、必要に応じて逆流防止素子、直流開閉器等を収納した密閉箱（中継端子箱、集電箱）。 |
| 接地圧 接地極 | 基礎スラブと地盤の間に作用する圧力。 避雷導線または接地線と大地とを電氣的に接続するために地中に埋設した導体。棒状、板状のものがあり、それぞれ材質によって仕様が決まっている。 |
| 浅層混合処理工法 | 表層地盤に対してセメント系の固化材等の添加や混合および締固めにより面的に地盤を改良する工法。 |
| せん断抵抗角（内部摩擦角） | 土粒子の機械的な噛み合わせによって生ずる抵抗角。 |
| 造成地盤 | 設計された地盤高になるように手が加えられた人工的地盤。主に切土と盛土のことをいう。 |
| 大気暴露試験 | 試験片を一定期間屋外にさらして、自然環境下での腐食、さび、劣化等の状態を調べる試験。屋外暴露試験、耐候性試験ともいう。材料が使用される実環境下で実施するため、現場に即した耐候性評価が可能な唯一の試験方法である。 |
| 大気腐食 | 材料が陸上大気環境中の屋外で使用された場合に発生する腐食。 |
| 大気腐食試験 | 耐候性を評価する試験。大気暴露試験と室内の試験機により大気環境中における特定の環境因子を用いる促進暴露試験がある。 |
| 耐候性 | 屋外で使用される材料は大気環境中の塩分、光、熱、水分等の影響を受けて腐食する。耐食性のうち、特にこのような大気環境による腐食（大気腐食）に耐える性質。 |
| 耐食性 沖積層 | 材料が腐食に耐える性質。 完新世の時代に堆積した地層。主に低地を構成している。 |
| 太陽光発電 | 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。 |
| 太陽光発電システム | 光起電力効果によって太陽エネルギーを電気エネルギーに変換し、負荷に適した電力を供給するために構成された装置およびこれらに附属する装置の総体。法令により、太陽光発電設備、太陽電池設備等、呼称が変化することがある。 |
| 太陽電池パネル | 現場取付けができるように複数個の太陽電池モジュールを機械的に結合し、結線した集合体。 |

| | |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 太陽電池 | 太陽光等の光の照射を受けてそのエネルギーを直接電気エネルギーに変える半導体装置。光起電力効果を利用した光電変換素子の一種。太陽電池セル、太陽電池モジュール、太陽電池パネル、太陽電池アレイ等の総称として用いる場合もある。 |
| 太陽電池アレイ | 太陽電池架台および／または基礎、その他の工作物をもち、太陽電池モジュールまたは太陽電池パネルを機械的に一体化し、結線した集合体。太陽光発電システムの一部を形成する。 |
| 太陽電池架台 | 太陽電池モジュールまたは太陽電池パネルを取り付けるための支持物。本ガイドラインでは単に「架台」とも呼ぶ。 |
| 太陽電池ストリング | 太陽電池モジュールを直列接続して結線した集合体。 |
| 太陽電池モジュール | 太陽電池セルまたは太陽電池サブモジュールを耐環境性のため外囲器に封入し、かつ規定の出力をもたせた最小単位の発電ユニット。 |
| 耐用年数 | 材料が使用に耐える年数。 |
| 地際部 | 鋼管杭が地面と接するところ。本ガイドラインでは、地表面から深度 200 mm 程度の範囲とした。 |
| 直接基礎 | 基礎スラブからの荷重を直接地盤に伝える形式の基礎。 |
| T.P. | 高さ（標高）の基準面。東京湾平均海面（Tokyo Peil）の略であり、一般に土地の高さ（標高）は東京湾の平均海面（T.P.±0.00 m）を基準（標高 0 m）として表される。 |
| 堤体 | 堤防本体のこと。ため池の場合は周囲を囲む盛土などを示す。 |
| 電解質 | 物質を溶媒に溶かしたとき、アニオンとカチオンに電離する物質で、電気伝導性を示す性質を有する物質。 |
| 電気防食 | 材料に電流を流し、材料表面の電位を変化させて腐食を防止する方法。直接、直流電源を接続する外部電源方式と防食する材料にマグネシウム合金等、電位の低い材料を接続し、これにより発生する電位差を利用する流電犠牲陽極方式がある。 |
| 展張 | ロープ等を伸ばし、広げること。 |
| 独立基礎 | 単一柱からの荷重を独立したフーチングによって支持する基礎。 |
| 土質試験 | 試掘やボーリングによって採取された試料を対象として行う土の物理的性質や力学的性質等の室内試験の総称。 |
| 土壌腐食 | 土壌中で起きる金属の腐食。 |
| 土壌マクロセル腐食 | 土壌中のイオンや酸素濃度等が局部的に異なることで電池が構成されたときに生じる腐食。 |
| 塗装 | 材料表面に塗料を塗ることで、材料に他の性質を付加する表面処理法。塗装による耐食性は材料表面と腐食因子との接触を防ぐことで得られる。 |
| 塗膜 | 塗装により材料表面に形成した皮膜。 |
| トルク | 電気配線の端子台のねじやコネクタ部品の締め付けを行う力のこと。単位は N・m。 |
| 軟弱地盤 | 構造物の支持地盤として十分な支持力をもたない地盤。 |
| 難燃性ケーブル（FR） | 物質が燃え難い性質であることを表す用語であり、燃えないことを意味していない。性能は、難燃試験方法によって定められている。FR：Frame Retardant |
| 根入れ深さ | 地表面から基礎スラブ下端までの掘削深さ。 |
| 根切り | 構造物の基礎あるいは地下部分を構築するために行う地盤の掘削。 |

| | |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 粘着力 | 粘土粒子間の電気化学的な吸着力。 |
| パワーコンディショナ | 主幹制御監視装置、直流コンディショナ、インバータ、直流/直流インタフェース、交流/交流インタフェース、交流系統インタフェース等の一部または全てから構成され、太陽電池アレイ出力を所定の電力に変換する機能を備えた装置。 |
| P C S | パワーコンディショナ、Power Conditioning sub-System (P C S) 主幹制御監視装置、直流コンディショナ、インバータ、直流-直流インタフェース、交流-交流インタフェース、交流系統インタフェースなどの、一部又は全てで構成し、太陽電池アレイ出力を所定の電力に変換する機能を備えた装置。 |
| 微生物腐食 | 微生物によって促進される腐食のこと。M I C (ミック、Microbially influenced corrosion) と呼ばれ、この場合は金属に限らず材料が微生物により腐食する現象のことを指す。 主な腐食誘引微生物として、硫酸塩還元細菌、イオウ酸化細菌、鉄酸化細菌、鉄細菌、スライム生成微生物などが知られている。 |
| 樋門 | 河川または水路を横断して設けられる制水施設。当該樋門が横断する河川または水路が合流する河川の堤防内に暗渠として設けられ、堤防の機能を有するもの。 |
| 表面処理 | 材料表面に耐食性や耐摩耗性、意匠性等、他の性質を付加することを目的として、めっきや塗装等を施す加工。 |
| 飛来塩分 | 海浜地帯で潮風によって運ばれてくる塩分。一般に飛来塩分量は離岸距離が大きくなるほど減少するが、地形条件や気象条件に影響を受けるため、注意を要する。また、積雪地域では融雪材が塩分であることもあるので、本ガイドラインでは融雪材の塩分も飛来塩分に含める。 |
| フーチング | 建物の基礎にかかる荷重を分散するために基部を幅広くしたもの。 |
| 負圧 | 一般に物体表面を引く方向に作用する圧力をいう。本ガイドラインでは、アレイの上面を引く方向の風圧力(風力)をいう。また、負圧が生じる風向を逆風と呼ぶ。 |
| 風圧荷重 | 風圧力による荷重。厳密には、風圧力とその作用による構造物の応答も含めて評価した荷重。 |
| 風圧力 | 一般に風の中に存在する物体表面に作用する圧力いう。本ガイドラインでは、風によって物体に作用する力(風力)として用いられ、単位面積当たりの力で表す。 |
| 風洞実験 | 模型あるいは実物の試験体が風から受ける圧力、力、変形、あるいはその周辺の気流性状を調べるために風洞を用いて行なう実験。 |
| フェッチ線 | 有効吹送距離 F_{eff} の算定に用いる線。波の算定地点から対岸まで放射状に作図し、対岸距離(フェッチ F_i)を読み取る。 |
| 複合基礎 | 2 本以上の柱からの荷重を 1 つのフーチングによって支持する基礎。 |
| 腐食 | 材料がそれを取り囲む環境物質によって、化学的または電気化学的に侵食されるか若しくは物質的に劣化する現象。 |
| 腐食形態 | 腐食要因ごとに共通している特徴的な様子。 |

| | |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 腐食減量 | 腐食試験後の試験片を除錆処理してその重さを量り、試験前の試験片重量と比較して求められる値。腐食量ともいう。腐食により失われた材料の量を意味する。また、腐食減量は電気化学的手法による腐食電流密度の測定により推定されることもある。 |
| 腐食しろ | 製品において、使用中の腐食によって失われることを予め想定して、その分だけ増しておく厚さ。 |
| 腐食生成物 | 腐食によって生成した物質。通常は固体物質を指し、材料表面に付着するか、または、環境中に分散して存在する。一般的には錆（さび）という。 |
| 腐食速度 | 単位時間および単位面積あたりの腐食減量。腐食度ともいう。一般には均一腐食が生じる場合の耐食性の指標であり、局部腐食が生じる場合には注意が必要である。 |
| 腐食疲労 | 腐食環境下で金属材料に繰返し応力が作用するときに疲労強度が大幅に低下して、き裂が生じて破壊に至る現象。 |
| 付着塩分 | 材料表面に付着した塩分。主に飛来塩分が付着することで発生する。海水の主要成分とほぼ同じ組成比であり、塩化マグネシウムを含むことから、吸水性が高く、材料表面を湿潤状態に保つ効果がある。そのため、付着塩分量が多くなると大気腐食が促進される。 |
| 不同沈下 | 構造物の不均一な沈下で、沈下形状は一体傾斜と変形傾斜に分類される。傾斜角、変形角、相対沈下量等で評価する。 |
| べた基礎 | 上部構造の広範囲な面積内の荷重を単一の基礎スラブまたは梁と基礎スラブで地盤に伝える基礎。 |
| 変形角 | 構造物の途中から変化する傾斜角の相互の差。通常、それぞれの傾斜角の差をラジアンで示す。 |
| 防食 | 材料が腐食することの防止。 |
| 摩擦杭 | 主として周面摩擦で支持させる杭。 |
| めっき | 材料表面を金属や非金属の薄膜で被覆することにより、材料に他の性質を付加する表面処理法。被覆方法で、湿式めっき、溶融めっき、乾式めっきに分類できるが、本ガイドラインでは溶融めっきのみを扱っているため、溶融めっきを指す。 |
| もらい錆 | 錆が雨等で流れて他に移り、錆が発生していないのに錆びているように見える状態。 |
| 盛土 | 自然斜面地盤の上に土を盛り上げて造成された地盤。 |
| 有義波高 $H_{1/3}$ | 時間によって波高が変化する不規則波を表現する代表波高であり、海洋分野の設計において一般的に用いられているもの。波高、周期の不規則な波群中の個々の波から波高の大きい上位 1/3 を選び出して平均したものであり、 $H_{1/3}$ と表記される。 |
| 有効吹送距離 F_{eff} | 水面上をほぼ一定風速、一定風向の風が吹いて波を発生させている区域の長さ。 |
| 陽極酸化処理 | 金属アノードとして、電解質水溶液の電気分解によって金属表面に酸化物皮膜を生成させる表面処理方法。 |
| 陽極酸化皮膜 | 陽極酸化処理により生成した金属表面の酸化物皮膜。 |
| 溶射 | 溶融した金属やセラミックスを高速で材料表面に吹き付けて皮膜を作る表面処理方法。 |
| 擁壁 | 切土または盛土等の安定を図るために、土圧に抵抗する壁体構造物。 |

| | |
|----------|----------------------------------------------|
| リード線 | 電気回路において電源や電子部品などを電氣的に接続するための電線の総称。 |
| 粒度 | 土に含まれる大小粒子の混合の程度。 |
| 連続基礎・布基礎 | 一連の柱からの荷重を連続した基礎梁（またはフーチングおよび基礎梁）によって支持する基礎。 |

1.5 構造設計方針

1. 架台、基礎および部材間の各接合部は、稀に起こる地震・暴風・大雪に対して許容応力度設計を行うことを基本とする。
2. 地盤は、基礎および上部構造で想定された地震・暴風・降雨などに対して、斜面としての長期的な安定性を有し、地表面の侵食などの変状を来さないこと確認する。
3. 架台および基礎の長期耐久性に関する要求性能は、目標を定めて設計・施工および保全がなされるよう設計時に配慮する。
4. 関係法令および各地方自治体による条例、施行規則およびこれらに基づく設置許可申請の手引きなどでの要求事項については、別途適合させる。
5. 対象とする傾斜地が農地である場合、別途、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¹⁻³⁾の支持物に関する要求についても満足させる。
6. 設計図書を作成し、保管する。

架台および基礎の構造設計については、電気事業法、発電用太陽電池設備に関する技術基準を定める省令（以下、「太技」）などの関連法令を遵守するとともに、発電用太陽電池設備の技術基準の解釈（以下「太技解釈」）、発電用太陽電池設備の技術基準の解釈の解説（以下「太技解釈の解説」）での要求を満足させることとする。また、設計にあたっては、JIS、建築基準関連法令、建築・土木の各種学会の基規準・指針などを参照する。

基礎地盤については、斜面安定性の照査を必要に応じ実施することとし、各種技術基準や自治体の条例なども参考に、斜面途中に小段を設けるなどして斜面安定化を図る。また、雨水が斜面表面を流下することなどによるのり面侵食などへの対策（のり面保護や排水工設置）を図る。

例えば、太陽光発電システムおよびその附属施設が建築基準法第 2 条第 1 項に定める建築物に該当しない場合、都市計画法に基づく開発行為には該当しない。他方、宅地造成等規制法においては、同法第 2 条により太陽光発電施設用地などは宅地として定義されるため、同法第 3 条第 1 項の宅地造成工事規制区域内において造成を行う場合、同法第 8 条の許可を受けなければならない。このように設置する場所により適用される関係法令や条例・施行規則などを正しく解釈するとともに準拠する必要がある。さらに、地方自治体によってはこれら関係法令が適用されない場合であっても、過去に豪雨などによる被害を受けていることに鑑み、独自に条例、施行規則を定めるとともに、技術的な内容を示した手引き書などを

作成し適合を義務づけている事例もある。安全で安定した発電事業を継続していくため、適切な構造設計が求められる。

太陽光発電システムは転売などにより所有者や管理・運営者が変わることがある。適正に維持管理していく上でシステムの構造詳細を把握しておく必要があるが、その構造・仕様などに係る資料が残されていないケースも多い。このことから、設計図書を作成し保管しておくことを原則とした。ここに「設計図書」とは、設計条件書、設計計算書、計算書に基づく設計図面および仕様書などをいう。

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、J I S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、J I S、I E C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）。本ガイドラインでは、基本設計はこれらで行われているものとして、傾斜地設置型太陽光発電システムに特化した部分に関する設計・施工項目についてのみ記載する。

なお、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。

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。

太陽光発電システムの設置工事にあたっては、関連する諸法令および条例を遵守し、工事の円滑な進捗に努めなければならない。関係する諸法令・条例などにより、行政機関などへの手続きが必要な場合は、遺漏・遅延なく手続きを行う。有資格者の配置や使用機械などについての規定がある場合についても、これらを遵守する。

公共の建築・土木工事と同様に、安全管理、品質管理、出来形管理、工程管理の視点で管理を行う。地中内については、事前の調査などと条件が異なる場合もあり得るため、現地状況を踏まえた合理的な施工（現場対応）を行う必要がある。

供用開始後の維持管理（点検診断、維持補修）においては、対象施設の竣工図書が必要であり、当該施設が撤去されるまで竣工図書は保管する。出来形などの図化が困難な場合には、写真などで記録を残すことが重要である。

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¹⁻⁴⁾や使用前自主検査及び使用前自己確認の方法の解釈¹⁻⁵⁾、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¹⁻⁶⁾、自家用電気工作物保安管理規程¹⁻⁷⁾を参考とすることが望ましい。

太陽光発電システムの完成時だけでなく、施工中においても崩壊などの土砂災害の発生防止に努めなければならない。環境保全のため、関係する諸法令・条例などを遵守し、工事の施工により発生する恐れのある騒音、振動、大気汚染、水質汚濁などの防止対策を行うものとする。

参考文献

- 1-1) 土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律
- 1-2) 経済産業省：発電用太陽電池設備の技術基準を定める省令
- 1-3) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：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、2021.
- 1-4) 経済産業省：使用前・定期安全管理審査実施要領、
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/170331shiyoumae.pdf
- 1-5) 経済産業省：使用前自主検査及び使用前自己確認の方法の解釈、
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/73-4kaisyaku.pdf
- 1-6) 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：太陽光発電システム保守点検ガイドライン、2019.
- 1-7) 一般社団法人日本電気協会：自家用電気工作物保安管理規程 JEAC8021-2018、2018.

2. 被害事例

2.1 豪雨被害

1. 豪雨により上部斜面で崩壊が発生し、下部斜面の発電所を直撃した。
2. 豪雨により敷地内の地盤が侵食され、のり面崩壊・陥没が発生した。
3. 豪雨により谷埋盛土された急斜面の地盤が崩壊した。被害を防止するためには、地盤の評価、排水設備の設計・施工を適切に実施する必要がある。

被害事例（1）

豪雨により長さ 100m ほどにわたって生じた（斜面）崩壊が斜面下の太陽光発電所を直撃し、架台ごと押し流した。



写真提供：PVeye

被害事例（2）

豪雨により敷地内のシラス地盤が侵食され、20 m にわたるのり面崩壊や陥没が起きた。



写真提供：メガソーラービジネス（日経 BP）（2019年7月25日掲載）

被害事例（3）

急斜面に建設された低圧太陽光発電設備が、豪雨による斜面崩壊（厚さ 3～4 m、横幅 40 m）によって被災した。設置場所の斜面地盤の傾斜角が 40 度であったこと、「急傾斜地崩壊危険箇所」に指定されていたエリアであったこと、基準の緩い 1960 年代に谷埋盛土された、シルトの混じった砂質土という脆弱な地盤であったことなどが影響した。



出典：土砂災害被害調査報告（2015年9月15日）

2.2 強風被害

1. 強風により斜面に設置した太陽電池モジュールや架台が飛散した。
被害を防止するためには、傾斜地における基礎・架台の風荷重計算、施工を適切に実施する必要がある。

被害事例（1）

台風により、斜面に設置した発電所の太陽電池モジュール、架台および杭などが飛散した。建物・道路に近い場所に設置されていたため、周辺へ被害を及ぼした。

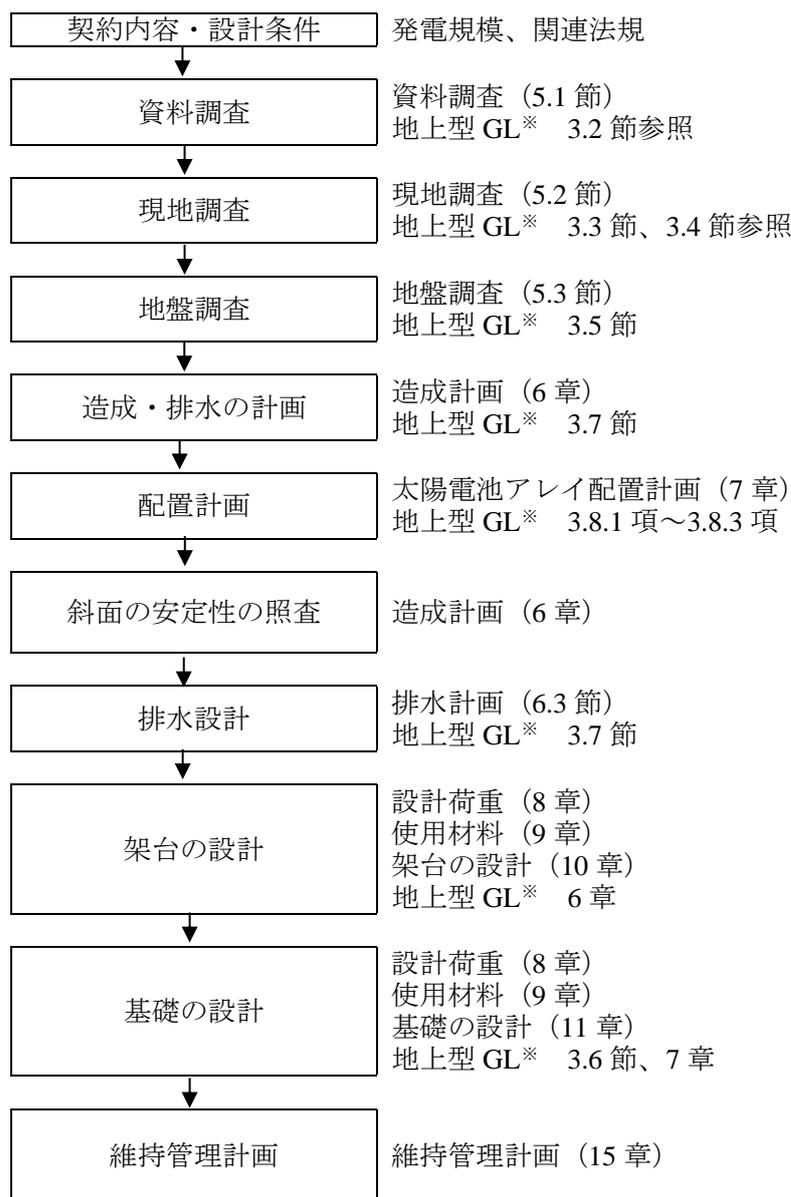


写真提供：PVeeye

3. 構造設計・施工計画

3.1 設計フロー（構造）

1. 構造設計の計画は図 3-1 のフローを参考に進める。
2. 過去の被災事例を参考に、地域特性・環境特性を考慮して計画を進める。
3. 供用期間にわたって要求性能を満足するよう、設計段階において維持管理計画を作成する。

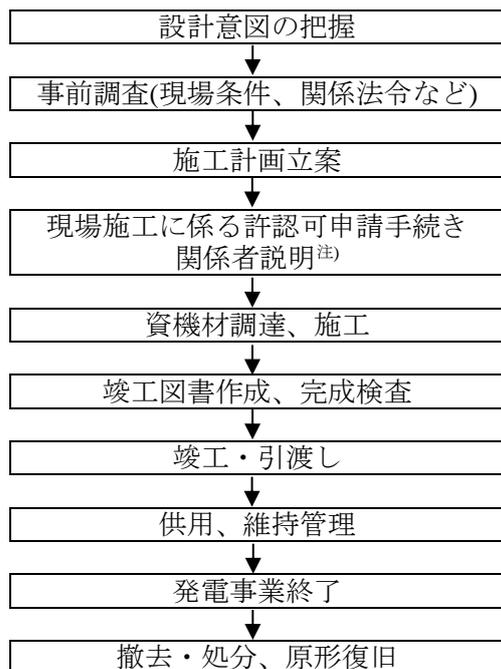


※ GL：地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019 年版³⁻¹⁾

図 3-1 構造設計フロー

3.2 施工フロー（構造）

1. 基礎および架台の施工の計画は図 3-2 のフローを参考に進める。
2. 施工に先立ち、設計意図を把握するとともに、現場条件を考慮した施工計画を立案する。
3. 法令などを確認し、関係官公庁などへの許認可申請手続きを行う。
4. 供用後の撤去計画を立案する。



注)：ここでの関係者説明は、現場施工に係る着手前説明を示し、必要に応じて実施するものとする。太陽光発電事業に係る関係者説明は、計画段階において実施する。

図 3-2 施工（構造）フロー

参考文献

- 3-1) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、太陽光発電協会、株式会社奥地建産：地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019 年版、2019.

4. 電気設計・施工計画

4.1 設計フロー（電気）

1. 企画、立案として、導入目的、設備規模、関連法令を調査する。
2. 設計として、基本設計、詳細設計、法令諸手続きを実施する。

図 4-1 に示す電気設計フローを参照することが望ましい。

立案、企画

- ・ 導入目的、設置場所、設備規模、基本仕様
- ・ 現地調査、工程、予算案、経済性試算
- ・ 関係法令調査

設計

- ・ 基本設計：
設置条件、システム設計、発電電力量推定
- ・ 詳細設計：
集電方式、保護方式、電気設備仕様、
単線結線図、平面図、側面図
- ・ 工事計画届け出書作成
- ・ 法令、諸手続きの実施

図 4-1 電気設計フロー⁴⁻¹⁾

4.2 施工フロー（電気）

1. 付託、資材発注を行う。
2. 据え付け工事を行う。
3. 自主点検を行う。

図 4-2 に示す電気施工フローを参照することが望ましい。

発注・諸手続き

付託

- ・仮設電源引き込み工事
- ・土木電気工事

資材発注

- ・主要機材等

関連法令、諸手続き

設備認定申請手続き

施工

- ・モジュール据え付け結線
- ・PCS、連系設備据付、試験

自主検査

- ・使用前自主検査

図 4-2 施工（電気）フロー⁴⁻¹⁾

参考文献

4-1) 一般社団法人太陽光発電協会: 公共・産業用太陽光発電システム手引書、2013.

5. 事前調査

事前調査は、資料調査、目視による現地調査、地盤調査、土地利用状況および周辺環境の調査を基本とする。

5.1 資料調査

1. 国土地理院発行の地形図や土地条件図、ハザードマップなどの地図資料、既往地盤調査資料および各種文献などを用いて、基礎設計および斜面の安定性評価に必要な地盤の情報を収集する。
2. 人工造成地盤の場合、その造成時期や適用技術基準、構造などについて可能な限り情報収集を行う。
3. 地域に固有な地盤条件を知る情報として、地名や植生なども調査する。
4. 排水施設の設計・施工に必要な降水量を調査する。

5.2 現地調査

1. 対象地を中心として周辺の観察を行い、資料調査の結果と照合しながら敷地の地盤状況を把握する。
2. 地形や造成切土・盛土などの状況から、地盤の安全性や不同沈下の危険性について評価する。
3. 斜面を対象とした現地観察については、専門的な知識・技術を必要とするため、専門家の協力を得る。

現地調査の重要項目は、方角、傾斜地の勾配・向き、平坦度、陥没の有無、前面道路（幅員）、障害物の有無、隣地の利用状況、海岸からの距離、系統連系を行う地点であり、表 5-1 のチェックリストを参考に調査する。

表 5-1 現地調査のチェックリストの例（調査地と周辺を含む）⁵⁻¹⁾

| 点検項目 | | 点検細目 |
|-------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 基本資料 | 既存資料 | 地形図・旧地形図・地盤図・地質図・土地条件図・ その他（ ） |
| 地形観察 | 地形判別 | 山地・丘陵・崖錐・洪積台地・扇状地・自然堤防・後背湿地・ 谷底低地・埋没谷・おぼれ谷・旧河道・三角州・海岸砂州・砂丘・ 堤間低地・潟湖跡（干潟・干拓地） |
| | 付近の水域からの高低差 | 敷地からみた川・池沼・湿地までの高さ (GL-) m |
| 地表の傾斜 | 傾斜度（勾配） | 急傾斜地・接傾斜地・平坦地（斜度 15 度以上を急傾斜とする ^{注)} ） |
| | 主傾斜の方向 | 主傾斜が（南・北・西・東・北東・北西・南東・南西） 向き斜面 |
| 表層土質 | 表層地質の地層区分 | 沖積層・洪積層・第三紀層・その他（ ） |
| | 露頭の土質 | 堀削面無・岩盤・固粘土・砂質土・粘性土・ローム・ その他（ ） |
| 起伏の 位置関係 | 丘陵尾根との関係 | 裾地・中腹・頂上付近などの鞍部 |
| | 台地・崖地との関係 | 崖麓・中腹・崖端・台地上の平坦部 |
| | 微地形境界（傾斜転換 点）線上からの位置 | 低地側平坦部・地形境界の接合端部・高地側傾斜部 |
| 土地利用 | 周辺の土地利用 | 旧来からの宅地・水田・畑地・山林・原野・果樹園・沼沢・ その他（ ） |
| | 地域地盤特性 | 凍上・水害常襲地・地盤沈下地帯・崖崩れ危険区域・地すべり防止 区域・山地災害危険地区 液状化履歴地・特記なし |
| | 宅地化の状況 | 家が（まばらである・多い・密集している） |
| 植生 | 植物の種類 | かん木が目立つ・湿地性植物・砂丘性植物・その他（ ）・特記 なし |
| 周辺異常 | 電柱の傾斜 | 無し・有り わずか・目立つ・かなり目立つ |
| | 道路の波打ち・亀裂 | 無し・有り わずか・目立つ・かなり目立つ |
| | 排水溝・水路の波打ち | 無し・有り わずか・目立つ・かなり目立つ |
| | 家屋の壁・基礎の亀裂 | 無し・有り わずか・目立つ・かなり目立つ |
| | 塀の不陸・傾斜 | 無し・有り わずか・目立つ・かなり目立つ |
| | 擁壁の異常 | 無し・有り わずか・目立つ・かなり目立つ |
| 敷地履歴 | 敷地の現況 | 既成宅地・不整地の原野・水田・畑・その他（ ） |
| | 敷地の履歴 | 原野・山林・崖地・畑・水田・池沼・河川敷・その他（ ） |
| | 過去の災害履歴 | 有（ ）・無 |
| 造成状態 | 地上面形状 | 敷地傾斜 無・有（ ） m 段差 無・有（ ） m |
| | 盛土の厚さ | （ ） m～（ ） m・不明 |
| | 盛土の経過時間 | 在来地盤・10 年以上・5 年以上～10 年未満・3 年以上～ 5 年未満・1 年以上～3 年未満・1 年未満・解体後の敷地 （推定 20 年）・不明 |
| | 切・盛土の境界 | 明瞭・不明瞭 |
| | 新規盛土予定 | 新規盛土なし・予定有り（ ） m～（ ） m・未定 |

注)：参考文献 5-1) での急傾斜地の定義であり、本ガイドラインでは 30 度以上を急傾斜地としている。

傾斜地設置型の太陽光発電システムは、自然斜面や盛土・切土により造成した斜面に設置したりするが、その斜面の安定性を事前に評価するとともに、必要な斜面安定対策を講じることで安全性を確保することが求められる。これらの検討に必要な基礎情報を得るためには、（公社）日本河川協会「建設省河川砂防技術基準（案）」⁵⁻²⁾、林野庁「治山技術基準」⁵⁻³⁾、道路土工一切土工・斜面安定工指針⁵⁻⁴⁾などの技術指針を参考にすることができる。また、斜面の安定性評価に当たって、地下水の状況や地盤工学的特性など、多岐にわたる考察が必要となるが、これらには専門知識・技術が必要であることから、専門家の協力を得て調査計画立案、実施することが必要である。

斜面崩壊に着目した調査内容は表 5-2 に示すとおりであり、調査対象斜面の状況に応じて適宜選択を行うこと。

この結果を踏まえて適地であるかどうかの判断を行い、計画地を見直すことも必要である。また、調査結果を踏まえ、以降に実施する地盤調査、原位置試験の計画立案を行うものとする。

表 5-2 斜面地形特有の調査項目および内容⁵⁻⁴⁾

| 調査項目 | 調査内容 |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 斜面勾配などの地形条件 | 地形図による傾斜区分や傾斜変換点、比高、斜面方位などの区分を行い、傾斜分布や斜面の形状について明らかにする。 |
| 斜面表層数 m までの土質地質条件 | 表土層や崩積土層、強風化層、基岩などの分布を明らかにするために、現地において簡易貫入試験などによる調査を行う。これらの調査のほか、ボーリング調査や物理探査を用いる場合もある。また、物理的力学的な特徴を明らかにするため試料のサンプリングを行い、物理・土質試験を実施する。 |
| 斜面上の変状の有無 | 崩壊や地すべりなどに関する斜面上の開口亀裂や段差亀裂、凹凸や湧水、過去の崩壊跡や、道路の路面や切土・盛土のり面、斜面近傍の構造物の変状について空中写真あるいは現地での地表踏査により調査する。 |
| 植生状況 | <p>植生の状況は、その斜面の地形・地質的な特徴を推定する参考になるため、斜面上の樹種、樹齢、分布、密度などを調査する。</p> <p>伐採後の根系は腐朽して、数年から 10 年程度で斜面の補強効果が消滅するとされており、伐採跡地の状況について調査を行う。</p> <p>根返りなどの風倒木災害を受けた箇所は、雨水などによる侵食や崩壊を起こしやすくなるため、発生履歴などを調査する。</p> <p>以上の状況については、空中写真や現地での地表踏査により分布を明らかにする。</p> |
| 地下水や表流水の集水条件 | <p>崩壊の誘因となる地下水や表流水を把握するため、空中写真や現地踏査を実施し、斜面上のガリーや湧水、パイピングなどの分布を調査する。</p> <p>また、斜面および周辺の地形から表流水、地下水が集まりやすい地形であるかどうかの状況についても調査を行う。</p> |

5.3 地盤調査

1. 事前調査結果を踏まえて原位置試験を実施し、造成計画および架台・基礎の設計に必要な地盤工学的特性に関する情報を収集する。
2. 資料調査および現地調査の結果から、太陽光発電システムを設置する予定の用地が軟弱地盤、埋立地、盛土地盤、造成地、傾斜地、谷底低地に該当するような地盤と考えられる場合、十分な基礎の支持力を得られないことが懸念されるため、より詳細な調査を行う。
3. 太陽光発電システムの架台および基礎の設計だけでなく、斜面の安定解析に必要なとなる地盤調査も行う。

太陽光発電システムの重量はそれほど大きくはないが、脆弱な地盤である場合には、崩壊などの危険性がある。また、杭基礎を採用する場合には、十分な抵抗力（押込・引抜・水平方向）が必要となる。注意が必要な地形・地盤については、地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019 年版⁵⁻⁵⁾の 3.4 節が参考となる。

太陽光発電システムの架台の設計では、中規模以上の建築物のように地盤調査に十分な費用がかけられない状況にあるので、5.1 節で述べたように充実した事前調査を実施し、その結果を踏まえて地盤調査や土質試験を実施する必要がある。地盤調査方法には、簡易動的コーン貫入試験、標準貫入試験、スウェーデン式サウンディング試験（以後、SWS 試験と呼ぶ）などがある。また、地盤の許容支持力を原位置にて測定する方法として平板載荷試験がある。

5.3.1 原位置試験

1. 原位置試験は、基礎設計に必要な設計用地盤定数を求めることを目的として実施する。この設計用地盤定数には、地盤の支持力だけでなく、地下水位や土質区分も含まれる。
2. 原位置試験は、SWS 試験あるいはボーリング調査を中心に行うものとし、これらの実施が難しい場合、簡易動的コーン貫入試験を行う。
3. 事前調査や SWS 試験、簡易動的コーン貫入試験で十分な情報が得られていないと判断した場合および圧密沈下が生ずる地盤の場合は、適切な試験方法を選定し実施する。
4. 調査ポイントの箇所数と測定位置は敷地の規模と形状、地盤の状態により異なるため注意する。調査ポイント数については専門家の意見をもとに決定する。

事前調査により支持層の不陸が予想される場合や大規模造成地などで改変時の施工管理状況が不明で、配置計画位置における盛土あるいは切土の詳細な分布状況を把握できないような場合は、予備調査を行って地盤構成の概略を把握した後に本調査を実施するか、調査結果によっては追加調査を行う可能性を予め想定した計画とすることも必要である。なお、

地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019 年版⁵⁻⁵⁾の 3.5.2 項に示した調査ポイント数の目安については、傾斜地には適さない。

参考文献

- 5-1) 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.
- 5-2) 社団法人日本河川協会: 建設省河川砂防技術基準 (案)
- 5-3) 林野庁: 治山技術基準、2020.
- 5-4) 社団法人日本道路協会: 道路土工一切土工・斜面安定工指針、2009.
- 5-5) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、太陽光発電協会、株式会社奥地建産: 地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019 年版、2019.

6. 造成計画

6.1 基本事項（基本的な考え方）

1. 地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドラインによるほか、計画地の自治体による関連条例・施行規則や林地開発許可規準についても準拠する。
2. 豪雨・暴風や地震などの自然災害による崩壊や地すべりなどにより、土砂や太陽光発電システムが流出し二次災害を生じさせないよう、事前に十分な工学的検討を行い、安全を確保する。
3. 気象や地形、地質などの自然条件を考慮した適切な設計条件の設定など、多岐にわたる工学的知見をもって技術的判断を行う必要があるため、必要に応じ専門家の協力を得る。

太陽光発電システムの建設に当たり、安全性・信頼性の向上、災害防止、自然環境保護などを目的に条例・規則を独自に定めている地方自治体があるので、事前に確認した上で準拠する必要がある。また、開発規模が大きい場合には林地開発許可制度の対象となる場合があるので、その許可基準を満足させる必要がある。

自然斜面や切土・盛土による造成地の斜面安定については、地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019 年版⁶⁻¹⁾の「3.7 造成・排水の計画」のほか、宅地防災マニュアル⁶⁻²⁾および同解説⁶⁻³⁾、道路土工要綱⁶⁻⁴⁾、切土工・斜面安定工指針⁶⁻⁵⁾、盛土工指針⁶⁻⁶⁾などの技術指針を参考にすることができる。

6.2 切土・盛土計画

1. 切土・盛土により斜面を改変する場合、斜面全体の安定性を確保するため、土質やのり高に応じて、適切なのり面勾配を設定するとともに小段や排水施設を設ける。
2. のり面の勾配やのり面途中に設ける小段については、本ガイドラインによるほか、計画地の自治体による関連条例・施行規則に準拠する。

切土・盛土により造成を行う場合の方法、留意事項は地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019 年版⁶⁻¹⁾の「3.7 造成・排水の計画」を参照することができる。

6.3 排水計画（調整池）

1. のり面の侵食防止、斜面安定化を図ることを目的として、排水工の設置を計画する。
2. 排水工はのり面保護工とあわせて最大限の効果が得られるよう計画する。
3. 排水計画については、本ガイドラインによるほか、計画地の自治体による関連条例・施行規則に準拠する。
4. 太陽電池モジュールから流下する雨水を考慮するものとし、その流出量を評価する。
5. 排水計画については、完成後だけでなく施工時を対象として、濁水の流出が生じないよう環境面からの検討を加える。

排水計画に当たっては、地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019 年版⁶⁻¹⁾の「3.7 造成・排水の計画」を参照することができる。

太陽光発電システムの用地において、切土・盛土などを行った造成地盤だけでなく、自然斜面においても排水工を設置し、のり面の侵食や土砂流出防止を図ることが必要である。排水工の設置にあたっては、計画流出量を算定し、集水・排水のための排水工のルート計画などを行い、放流先の排水能力を考慮した適切な計画を立案する必要がある。

斜面に設置する水路においては屈曲部や合流部において跳水現象が発生する可能性があり、跳水によりあふれた水は斜面の洗堀やのり面の崩壊などを引き起こす原因となる場合がある。排水計画においては、水理計算による水路の流下能力の照査に加え、水路の線形、流速を勘案した跳水発生の可能性の検討を加え、必要に応じて対策を講じる。

計画流量の算定に当たっては、太陽光発電システムの用地内だけでなく、周辺の地形を考慮して適正な流域の設定、降雨強度、太陽電池モジュールや地表面の状態を考慮した適正な流出係数の設定が重要となる。一般に、地表面を舗装していない場合、降雨は地盤内に浸透することから流出係数は $C=0.5\sim 0.8$ 程度であるが、太陽電池モジュールなどを設置した場合、太陽電池モジュールは降雨を浸透させることがないため流出係数は $C=1.0$ となることに留意が必要である。また、太陽電池モジュールからの雨垂れによる地表面侵食についても適切に考慮する必要がある。

これらの技術的な検討にあたっては、下水道施設計画・設計指針と解説-2019 年版⁶⁻⁷⁾、宅地防災マニュアルの解説⁶⁻⁸⁾、道路土工要綱（平成 21 年度版）⁶⁻⁹⁾などの技術指針を参考にすることができる。

また、自治体の規制などの事例として、神戸市では神戸市太陽光発電施設の適正な設置及び維持管理に関する条例／許可申請及び届出等の手引き⁶⁻¹⁰⁾などの資料を公表している。これにはのり面勾配や小段の設け方、のり面の雨水排水施設計画に係る具体的な規定が示されている。

自然斜面においては、樹木の伐採や切土・盛土などを伴う斜面改変や太陽電池モジュールの設置に伴い、斜面地盤の保水能力低下や雨水などの流出量増大、流下速度が速くなるなどの変化が生じる。このため、下流側放流先の排水能力を越え、溢水による浸水被害などが発生しないよう必要に応じ、調整池の整備を検討することも必要である。

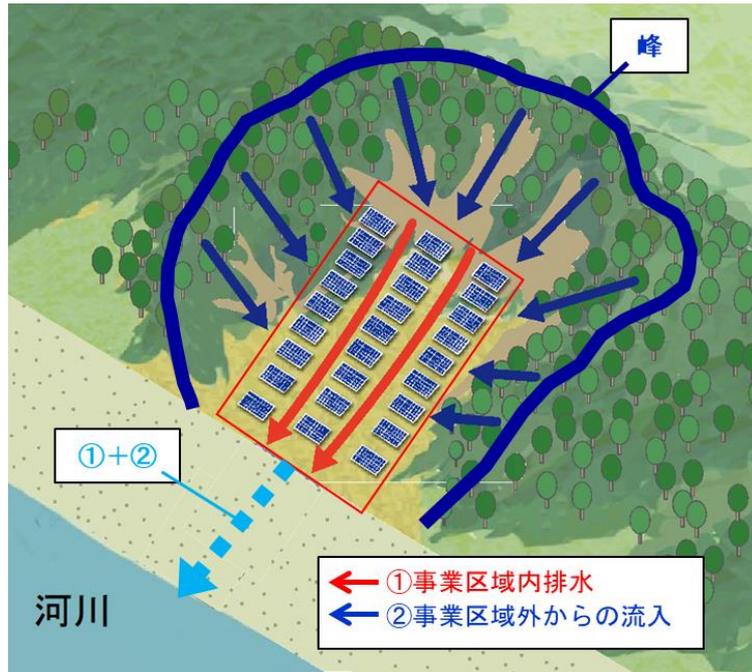


図 6-1 排水計画にて考慮すべき事業区域の排水対象

6.4 のり面保護および斜面崩壊防止計画

1. 切土、盛土によるほか、自然斜面を利用する場合、洗掘や雨裂による土砂流出を防止するため、のり面保護工を行うなど安全性を確保する。
2. 崩壊などによる災害の発生が懸念される場合、事前のにり面の安定性について工学的検討を行い、安全性を確認するとともに、必要に応じ崩壊などの防止対策を計画する。
3. 傾斜地に設置した太陽光発電システムの下流域に保全対象がある場合、待ち受け工の設置について検討を行う。

のり面保護および斜面崩壊防止計画に当たっては、地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019 年版⁶⁻¹⁾の「3.7 造成・排水の計画」を参照することができる。

洗掘、雨裂による土砂流出は 1 回の豪雨でも大規模な事故になることがあるので、のり面の保護を検討する。

例

- すべてのアレイ列の雨だれ個所に U 字溝、沈砂枮を設ける。
- アレイ下部はブルーシートなどで覆う（アレイ下部は日陰であり、植物の根付きは期待できないので種子吹付は土砂流出対策として有効ではない）。

切土・盛土による造成に伴うのり面保護に加え、表面が崩壊しないよう擁壁を設置することも検討する。擁壁の構造検討については、宅地防災マニュアルの解説⁶⁻³⁾、擁壁工指針⁶⁻¹¹⁾などの技術指針を参考することができる。

6.5 環境・景観対策

1. 土地の安定性、濁水、反射光、景観などの周辺環境への配慮事項とその対策については、計画の段階において検討する。
2. 周辺環境への配慮事項については、各地方自治体の環境影響評価条例、景観条例のほか、事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）⁶⁻¹²⁾、太陽光発電の環境配慮ガイドライン⁶⁻¹³⁾などを参考とする。

太陽光発電システムの規模にかかわらず、環境、景観に配慮する。太陽光発電システムの設置に伴い、土砂流出や濁水の発生、景観への影響、反射光による生活環境への影響などの問題が生じる事例が近年増加している。地域住民とのトラブルになる事例も報告されており、重要な動植物の生息・生育環境の改変などによる自然環境への影響も懸念されている。

太陽光発電システムの設置にあたっては、予めこれらの影響について事前調査および検討を行い、必要な対策を講じる必要がある。周辺環境への配慮事項については、各地方自治体の環境影響評価条例・景観条例のほか、事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）⁶⁻¹²⁾、太陽光発電の環境配慮ガイドライン⁶⁻¹³⁾を参考とすることができ、例として次の項目が挙げられる。

表 6-1 太陽光発電に係る環境配慮事項など

| 配慮事項 | 想定されるリスク |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 斜面の安定性 | <ul style="list-style-type: none"> • のり面の崩壊が生じる。 |
| 濁水 | <ul style="list-style-type: none"> • 濁水の流出により、河川などの水の濁りが生じ、漁業権などの問題が生じる |
| 騒音 | <ul style="list-style-type: none"> • パワーコンディショナなどから発生する騒音により、地域住民とトラブルが生じる。 |
| 反射光 | <ul style="list-style-type: none"> • 太陽光パネルの反射光により、地域住民とトラブルが生じる。 |
| 工事に関する粉じんなど、騒音・振動 | <ul style="list-style-type: none"> • 建設機械、工事用車両などによる粉じん、騒音・振動により、事業区域周辺環境への悪影響が生じる。 |
| 景観 | <ul style="list-style-type: none"> • 良好な景観が阻害、破壊される。 |
| 動物・植物・生態系 | <ul style="list-style-type: none"> • 希少な動植物の生息・生育場所の消失・縮小や生態系への悪影響が生じる。 |
| 自然との触れ合いの活動の場 | <ul style="list-style-type: none"> • 自然との触れ合い活動の場が消失・縮小し、地域生活の快適性・利便性に悪影響が生じる。 |

自治体の条例においては、上記の対策として、設置地盤の勾配上限の設定、植栽・塀などの遮蔽措置、のり面の緑化、低彩度の工作物の使用などを規定している事例もある。

参考文献

- 6-1) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、太陽光発電協会、株式会社奥地建産：地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019 年版、2019.
- 6-2) 国土交通省：宅地防災マニュアル <https://www.mlit.go.jp/toshi/web/content/001322196.pdf>
- 6-3) 国土交通省：宅地防災マニュアル同解説
- 6-4) 社団法人日本道路協会：道路土工要綱、2009.
- 6-5) 社団法人日本道路協会：道路土工一切土工・斜面安定工指針、2009.
- 6-6) 社団法人日本道路協会：道路土工一盛土工指針、2010.
- 6-7) 公益社団法人日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説 2019 年版、2019.
- 6-8) 宅地防災研究会：宅地防災マニュアルの解説、H28.9.
- 6-9) 社団法人日本道路協会：道路土工要綱(平成 21 年度版)、2009.
- 6-10) 神戸市環境局：神戸市太陽光発電施設の適正な設置及び維持管理に関する条例／許可申請及び届出等の手引き、2020.
- 6-11) 社団法人日本道路協会：道路土工一擁壁工指針、2012.
- 6-12) 経済産業省資源エネルギー庁：事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）、2021.
- 6-13) 環境省：太陽光発電の環境配慮ガイドライン、2020.

7. 太陽電池アレイの配置計画

1. 当該傾斜地における発電電力量と建設コストの最適なバランスを考慮して、アレイ面の方位と傾斜角度およびアレイ間の離隔距離を設定する。
2. 傾斜地の上端（のり肩）および下端（のり尻）付近は、平坦地であっても崩壊や土砂流入などのリスクが高いため、可能な限りアレイの設置は避ける。また、落石や倒木などの落下物の恐れがある場所への設置は避ける。
3. 離隔距離は、冬至の9時および15時の日陰長さを目安に設定されるが、保守通路の確保についても配慮する。また、保守点検作業のため架台下の高さを確保する。
4. アレイ面の傾斜角度は、風圧荷重、積雪荷重も考慮して設定する。
5. 最終的なアレイのレイアウトについては、傾斜地の形状とアレイ面の高さを三次元的に把握して、アレイ面や基礎・架台の接触および日陰の影響がないことを確認する。

アレイの配置計画については、地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019年版⁷⁻¹⁾の3.8節「配置計画（ラフプラン）」が参考となる。

なお、傾斜角が大きい斜面に設置される太陽光発電システムでは、アレイ面や基礎・架台の接触が生じたり、平面図上だけでは確認できない日陰の影響が生じたりする場合があるので、三次元的な配置の影響を十分に配慮しておく必要がある。

また、傾斜地における保守点検は、平坦地と比べて保守性が低下するため、以下を考慮して保守通路を十分に確保しておくことが望ましい(13.3、15.4も参照)。

- 作業員2名で破損パネルなどを交換できる安全なスペースを確保する。
- 急傾斜地では階段や命綱を設置する。
- 必要に応じて移動、運搬用のモノレールを設置する。

参考文献

- 7-1) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、太陽光発電協会、株式会社奥地建産：地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019年版、2019.

8. 設計荷重

1. 設計荷重は、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」⁸⁻¹⁾に準じて算定する。ただし、公共工事標準仕様書などで指定があった場合にはそれに従う。

8.1 想定荷重と荷重の組合せ

1. 太陽光発電システムの架台および基礎の設計で想定する荷重は、上部構造に作用し基礎に伝達される固定荷重・積雪荷重・風圧荷重・地震荷重とする。
2. 前号に掲げる荷重のほか、当該設置環境において想定される荷重を考慮する。
3. 各荷重の組合せは表 8-1 に従う。

表 8-1 荷重条件と荷重の組合せ

| 荷重条件 | | 一般の地方 | 多雪区域 |
|------|---------|-----------------|-----------------|
| 長期 | 常時 | G | G |
| | 積雪時 | | $G + 0.7S$ |
| 短期 | 積雪時 | $G + S$ | $G + S$ |
| | 暴風時 | $G + W$ | $G + W$ |
| | | | $G + 0.35S + W$ |
| 地震時 | $G + K$ | $G + 0.35S + K$ | |

G : 固定荷重、 S : 積雪荷重、 W : 風圧荷重、 K : 地震荷重

8.2 固定荷重

1. 固定荷重は、太陽電池モジュールの質量と支持物の質量の総和とする。
2. 支持物にパワーコンディショナ、配線、その他の機器などが固定されている場合には、それらの質量も加算する。

架台にパワーコンディショナや配線などが固定されている場合には固定荷重が増加するため、それらの質量を加算する必要がある。特に、パワーコンディショナの固定荷重は局所的に作用するので、取付けられる支柱の地震荷重や当該基礎への鉛直荷重に算入する。

8.3 風圧荷重

1. 太陽電池アレイ用支持物の設計用風圧荷重は、式 (8.1) に示すアレイに作用する風圧荷重 W_a と式 (8.2) に示す支持物構成材などに作用する風圧荷重 W_b の両方を考慮する。
2. 風圧荷重は、アレイの段方向（一般的には南北方向）だけでなく、列方向（一般的には東西方向）についても設定する。
3. アレイの風圧荷重は太陽電池モジュールの面に垂直に作用することとし、支持物構成材などの風圧荷重は水平に作用することとしてもよい。なお、支持物構成材などには、支持物に付帯するパワーコンディショナや接続箱なども含まれる。
4. アレイ面の受風面積は、太陽電池モジュールの周囲に付けられる部材を含む面積とする。
5. 地形の影響による設計速度圧の割増しについては、風洞実験や数値流体解析によって適切に設定することを基本とし、比較的単純な地形の場合には建築物荷重指針・同解説⁸⁻²⁾による方法によって設定することができる (8.3.1 参照)。

$$W_a = C_a \times q_p \times A_a \dots\dots\dots(8.1)$$

$$W_b = C_b \times q_p \times A_b \dots\dots\dots(8.2)$$

ここで W_a : アレイ面の設計用風圧荷重 (N)
 W_b : 支持物構成材などの設計用風圧荷重 (N)
 C_a : アレイ面の風力係数 (8.3.2 参照)
 C_b : 支持物構成材の風力係数 (8.3.2 参照)
 q_p : 設計用速度圧 (N/m²) (8.3.1 参照)
 A_a : アレイ面の受風面積 (m²)
 A_b : 支持物構成材の鉛直投影面積 (m²)

※ C_a 、 C_b は JIS C 8955:2017⁸⁻¹⁾による。

支持物に付帯するパワーコンディショナなどについても風圧荷重が作用するため、それらの荷重を加えることとする。傾斜地とその付近においては、風速の増加が懸念されるため、設計速度圧は風洞実験や数値流体解析によって適切に設定することとした。なお、風洞実験の実施に当たっては、自然風の気流特性の再現や縮小模型を使用した場合の実験相似則の考慮など、専門的な知識を要するため、文献 8-3)、8-4) を参考に専門家の指導の上、実施する。

- 「太陽光発電システム耐風設計マニュアル」、太陽光発電システム風荷重評価研究会編、日本風工学会・東京工芸大学風工学研究拠点、2017年2月⁸⁻³⁾
- 「実務者のための建築物風洞実験ガイドブック」、日本建築センター、2008年⁸⁻⁴⁾

また、数値流体解析においては、その解析条件（乱流モデル、格子分解能、境界条件など）によって結果の信頼性にばらつきが生じるため、文献 8-5）を参考に専門家の指導の上、実施する。

- 「建築物荷重指針を活かす設計資料 2 —建築物の風応答・風荷重評価／CFD適用ガイドー」、日本建築学会、2017年2月⁸⁻⁵⁾

8.3.1 設計用速度圧

1. 設計用速度圧は、式(8.3) によって算出する。

$$q_p = 0.6 \times V_0^2 \times E \times I_w \dots\dots\dots(8.3)$$

ここで q_p : 設計用速度圧 (N/m²)
 V_0 : 設計用基準風速 (m/s)
 E : 環境係数
 I_w : 用途係数

2. 設計用基準風速 V_0 は、建設地点の地方における過去の台風の記録に基づく風害の程度など、風の性状に応じて、30 m/s～46 m/s の範囲内において定めた JIS C 8955:2017⁸⁻¹⁾の 表 2（ここでは省略）に示された値を用いる。

3. 環境係数 E は、式 (8.4) によって算出する。

$$E = (E_r \times E_g)^2 \times G_f \dots\dots\dots(8.4)$$

ここで E : 環境係数
 E_r : 平均風速の高さ方向の分布を表す係数
 E_g : 地形による風速の割り増し係数
 G_f : ガスト影響係数(JIS C 8955:2017 の表 3 による)

4. 平均風速の高さ方向の分布を表す係数 E_r は、アレイ面の平均高さ H が Z_b 以下の場合には式 (8.5)、 H が Z_b を超える場合は式(8.6)によって算出する。

$$E_r = 1.7 \left(\frac{Z_b}{Z_G} \right)^\alpha \dots\dots\dots(8.5)$$

$$E_r = 1.7 \left(\frac{H}{Z_G} \right)^\alpha \dots\dots\dots(8.6)$$

ここで Z_b 、 Z_G 、 α : JIS C 8955:2017⁸⁻¹⁾の表 4-3 による

5. 地形による風速の割り増し係数 E_g は、風洞実験や数値流体解析によって設定する。なお、図 8-2、図 8-3 に示すような比較的単純な形状の地形の場合には式 (8.7) によることができる。

$$E_g = (C_1 - 1) \left\{ C_2 \left(\frac{Z}{H_s} - C_3 \right) + 1 \right\} \exp \left\{ -C_2 \left(\frac{Z}{H_s} - C_3 \right) + 1 \right\} \text{、かつ } 1 \text{ 以上} \dots (8.7)$$

$$q_s = \tan^{-1} \frac{H_s}{2L_s}$$

ここで、 C_1 、 C_2 、 C_3 ：小地形による風速の割り増し係数 E_g を定めるパラメータで、小地形の形状、小地形の傾斜角度 θ_s (度)、小地形の頂部から建設地点までの水平距離 X_s (m) に応じて、表 8-2、表 8-3 により定める。傾斜角度 $\theta_s \geq 60$ 度の場合の風速の割り増し係数 E_g は、 $\theta_s = 60$ 度の値と同じとする。

Z ：地表面からの高さ (m) で、 Z_b (m) 以下については Z_b (m) とする。

H_s ：傾斜地または尾根の高さ (m)

L_s ：小地形の頂部から小地形の高さ H_s (m) の 1/2 の位置までの水平距離 (m)

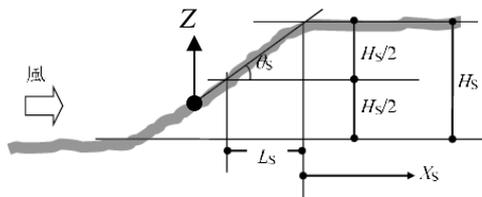


図 8-1 傾斜地

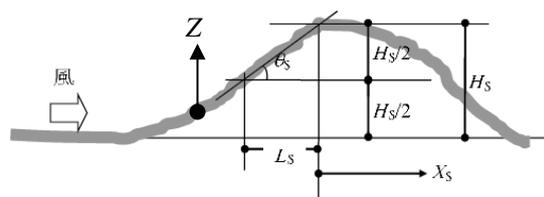


図 8-2 尾根状地形

表 8-2 E_g を定めるパラメータ (傾斜地)

| θ_s (度) | | X_s/H_s | | | | | | | | | |
|-------------------|-------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | -4 | -2 | -1 | -0.5 | 0 | 0.5 | 1 | 2 | 4 | 8 |
| 7.5 | C_1 | 1.15 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.45 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.15 |
| | C_2 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.4 |
| | C_3 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 |
| 15 | C_1 | 0.4 | 1 | 1.2 | 1.55 | 2.1 | 1.65 | 1.5 | 1.3 | 1.2 | 1.15 |
| | C_2 | 0.9 | 0 | 0.65 | 0.85 | 1 | 0.8 | 0.7 | 0.55 | 0.45 | 0.35 |
| | C_3 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 | -2 |
| 30 | C_1 | 0.7 | -0.5 | 1.05 | 1.1 | 1.3 | 1.3 | 1.25 | 1.2 | 1.15 | 1.1 |
| | C_2 | 0.65 | 1.2 | 1.65 | 1.5 | 1.45 | 1.3 | 0.9 | 0.9 | 0.85 | 0.6 |
| | C_3 | -2 | -2 | 1 | 0.8 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 1.2 | 1.4 |
| 45 | C_1 | 0.8 | 0 | -3.5 | 1.1 | 1.2 | 1.35 | 1.3 | 1.2 | 1.15 | 1.1 |
| | C_2 | 0.5 | 1 | 1.6 | 2 | 1.1 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.9 | 0.55 |
| | C_3 | -2 | -2 | -2 | 0.8 | 0.3 | 0.2 | 0.75 | 1.05 | 1.4 | 2 |
| 60 | C_1 | 0.6 | 0.1 | -1.8 | -2.4 | 1.2 | 1.4 | 1.35 | 1.25 | 1.15 | 1.1 |

| | | | | | | | | | | |
|-------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| C_2 | 0.65 | 0.9 | 1.3 | 2.6 | 2 | 1.8 | 1.7 | 1.5 | 0.85 | 0.45 |
| C_3 | -2 | -2 | -2 | -1 | 0.5 | 0.5 | 0.8 | 1.2 | 1.9 | 3.1 |

表 8-3 E_g を定めるパラメータ（尾根状地形）

| θ_s (度) | | X_s/H_s | | | | | | | | | |
|-------------------|----------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | -4 | -2 | -1 | -0.5 | 0 | 0.5 | 1 | 2 | 4 | 8 |
| 7.5 | C_1 | 1.1 | 1.2 | 1.35 | 1.35 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1 |
| | C_2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1.5 | 1.2 | 1.1 | 2 | 1.6 | 0 |
| | C_3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.5 | 0.9 | 0 |
| 15 | C_{11} | 1 | 1.05 | 1.2 | 1.25 | 1.3 | 1.4 | 1.3 | 1.25 | 0.35 | 0.65 |
| | C_2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1.5 | 1.5 | 2 | 3 | 2 |
| | C_3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.5 | 0.6 | 1.1 | 0.2 | 0.3 |
| 30 | C_1 | 0.75 | 0.55 | 0.85 | 1 | 1.2 | 1.3 | 1.25 | 1.2 | 1.1 | 1.02 |
| | C_2 | 1.5 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1.6 | 1.7 | 1.7 |
| | C_3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.1 | 1.3 | 2.1 | 2.2 | 2.8 |
| 45 | C_1 | 0.75 | 0.55 | 0.2 | 0.75 | 1.15 | 1.2 | 1.15 | 1.12 | 1.1 | 1.02 |
| | C_2 | 1.5 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2.5 | 2.5 | 2 | 1.6 | 1.3 |
| | C_3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.2 | 1.9 | 2.2 | 2.5 | 3.2 |
| 60 | C_1 | 0.75 | 0.55 | 0.2 | 0.2 | 1.15 | 1.12 | 1.15 | 1.12 | 1.1 | 1.02 |
| | C_2 | 1.5 | 1.5 | 1.8 | 3 | 1 | 2.2 | 2.5 | 2 | 1.6 | 1.3 |
| | C_3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.8 | 2 | 2.3 | 2.6 | 3.4 |

注) 表に掲げる傾斜角 θ_s (度) および水平位置 X_s/H_s の中間値に対する風速の割り増し係数 E_g については、最も近い2つの傾斜角と水平位置について、風速の割り増し係数を求めた上、それについて直線補間した値とする

6. 用途係数 I_w は JIS C 8955:2017⁸⁻¹⁾ の表 5 に示された値（通常の太陽光発電システムは 1.0、極めて重要な太陽光発電システムは 1.32）を用いる。

太陽光発電システムを傾斜地や崖地の近傍に設置する場合には、地形による設計風速の割り増しを考慮する必要がある。対象となる地形が比較的単純な地形である場合には、建築物荷重指針・同解説に示された「小地形による風速の割増し係数」を用いることができることとした。複雑な地形の場合には、風洞実験や数値流体解析など、適切な方法によって地形による風速の割増し係数を求める。風速の低減について考慮してもよいが、建築基準法施行令第 87 条に倣って、最大で 3 割まで ($E_g > 0.7$)、速度圧で 1/2 までの低減とする。

環境係数 E を算定する際のアレイ面の平均高さ H は、図 8-3 に示す最も風上側のアレイの地盤面からの高さ (H_1 および H_2) を基本とする。なお、便宜的に H_1 と H_2 のいずれか大きい方を用いてもよい。

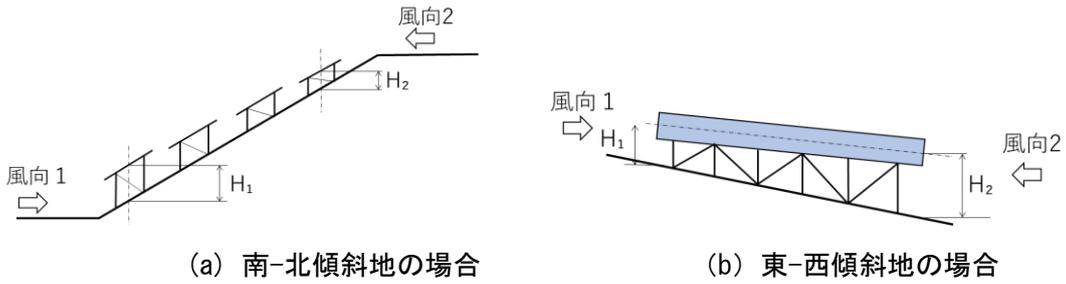


図 8-3 傾斜地におけるアレイ面の平均高さ H の考え方

8.3.2 風力係数

1. アレイ面の風力係数 C_a は風洞実験によって定める。ただし、表 8-4 (JIS C 8955:2017⁸ の表 6) に示された設置形態 (一般的な地上設置型) の場合、式(8.8)、式 (8.9) によって算出してもよい。このとき、アレイ面の傾斜角 θ は表 8-5 を参考に設定する。

順風 (正圧) の場合

$$C_a = 0.35 + 0.055\theta - 0.0005\theta^2 \dots\dots\dots(8.8)$$

ただし、 $5 \text{ 度} \leq \theta \leq 60 \text{ 度}$

逆風 (負圧) の場合

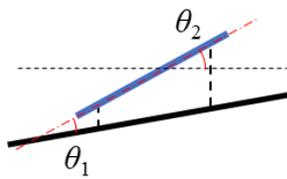
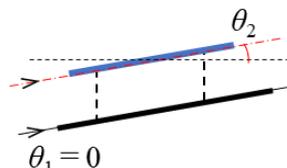
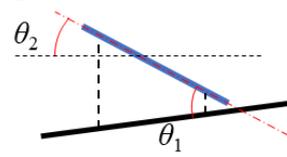
$$C_a = 0.85 + 0.048\theta - 0.0005\theta^2 \dots\dots\dots(8.9)$$

ただし、 $5 \text{ 度} \leq \theta \leq 60 \text{ 度}$

表 8-4 アレイ面の風力係数 C_a

| 風力係数 C_a | | 適用 |
|-----------------------------------------------------|---------|---------------------------------|
| 順風 (正圧) | 逆風 (負圧) | 中央部アレイでは、近似式の値を 0.6 倍して使用してもよい。 |
| | | |
| 注記： \Rightarrow は風向、 \longrightarrow は風圧力の方向を表す | | |

表 8-5 アレイ面の傾斜角 θ の設定方法

| 傾斜地とアレイ面の関係 | 斜面の中腹 | 斜面の端部 (のり肩・のり尻)近傍 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|
| $\theta_1 < \theta_2$ の場合  | $\theta = \theta_1$ | $\theta = \theta_2$ |
| $\theta_1 = 0$ (地盤面と平行) の場合  | $\theta = 0$ | $\theta = \theta_2$ |
| $\theta_1 > \theta_2$ の場合  | $\theta = \theta_1$ | $\theta = \theta_1$ |

θ_1 : 地盤面とアレイ面の相対角 θ_2 : 水平面とアレイ面の相対角

2. 支持物構成材の風力係数は、風洞実験によって定める。単体部材の断面形式が JIS C 8955:2017⁸⁻¹⁾の表 7 に示された断面形状に該当する場合、同表の値を用いてもよい。

傾斜地に設置される太陽光発電システムのアレイ面に作用する風力係数については既往の研究事例が少なく不明な点が多い。JIS C 8955:2017⁸⁻¹⁾においては、その解説において風速（環境係数）の割増しについての記載はあるが、風力係数への影響に関する記述はない。既往の研究結果⁸⁻⁶⁾においては、傾斜地の地盤面とアレイ面との相対角（表 8-5 に示す θ_1 ）を用いて風力係数を算出することで安全側の風圧荷重を設定できる可能性を示している。地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019 年版⁸⁻⁷⁾の技術資料においても同様の風圧荷重算定方法を提示していることから、本ガイドラインにおいてもこの方法を採用している。なお、傾斜地に設置される太陽電池アレイの場合、アレイ面が列方向（東西方向）にも傾斜していることがあるので、支持物構成材だけでなく、アレイ面についても列方向の風圧荷重を適切に設定する必要がある。

8.4 積雪荷重

1. 設計用積雪荷重は、式(8.10)によって算出する。

$$S_p = C_s \times P \times Z_s \times A_s \times 100 \dots\dots\dots(8.10)$$

- ここで S_p : 積雪荷重 (N)
 C_s : 勾配係数
 P : 雪の平均単位荷重 (積雪 1 cm 当たり N/m^2)
 Z_s : 地上垂直積雪量 (m)
 A_s : 積雪面積 (アレイ面の水平投影面積) (m)
 ※ C_s 、 P 、 Z_s は JIS C 8955:2017⁸⁻¹⁾による。

2. 太陽発電システムのアレイ面の上端から下端までの水平投影長さ 10 m 以上かつアレイ面の水平面に対する傾斜角度が 15 度以下の場合、平成 19 年国土交通省告示第 594 号に従って割増荷重を考慮する。

3. アレイ面の下端に作用する積雪荷重 (軒先荷重) は、必要に応じて地上設置型太陽光発電システム的设计ガイドライン 2019 年版⁸⁻⁷⁾の技術資料 B を参考に適切に設定する。

4. 傾斜地における積雪に伴うグライド現象やクリープ現象によって太陽光発電システムの基礎や架台への雪圧が作用することが懸念される場合、それらの荷重を適切に考慮する。

アレイの下端部でアレイ上面の滑落雪が滞ると、アレイ面が緩傾斜の場合にはゆっくりとした滑動によってアレイ面積雪が軒先からせり出し、そのせり出した分の積雪荷重が軒先に作用する。一方、アレイ面が急傾斜の場合には、アレイ面の軒下とで生じる積雪沈降量の差異によって沈降荷重が軒先に作用する (図 8-4 参照)。積雪被害においては、この軒先荷重によってアレイ下端が下方向に折れ曲がる被害が多くみられるので、軒先荷重の考慮は重要である。軒先荷重を考慮する条件は、アレイ面の長さにもよるが、アレイ下端の高さが地上垂直積雪量のおおむね 2 倍 ($h/Z_s \leq 2$) 以下である (図 8-5 参照)。

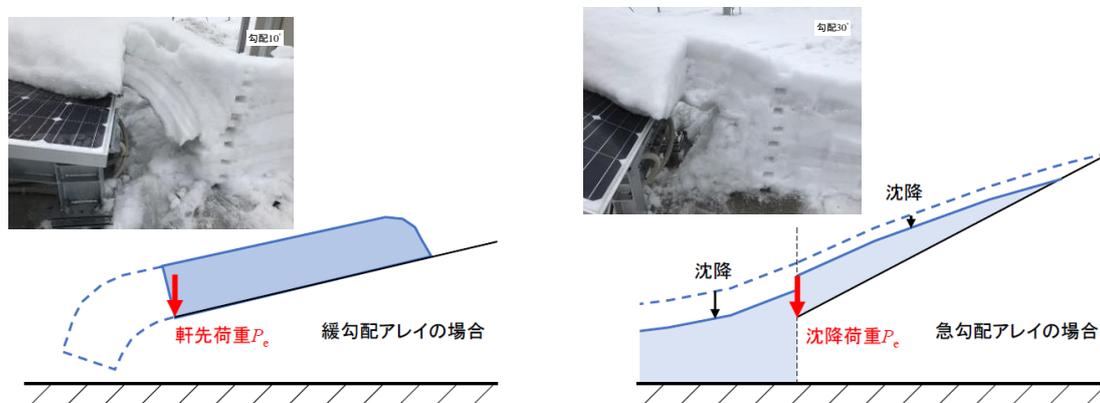


図 8-4 軒先荷重のメカニズム⁸⁻⁷⁾

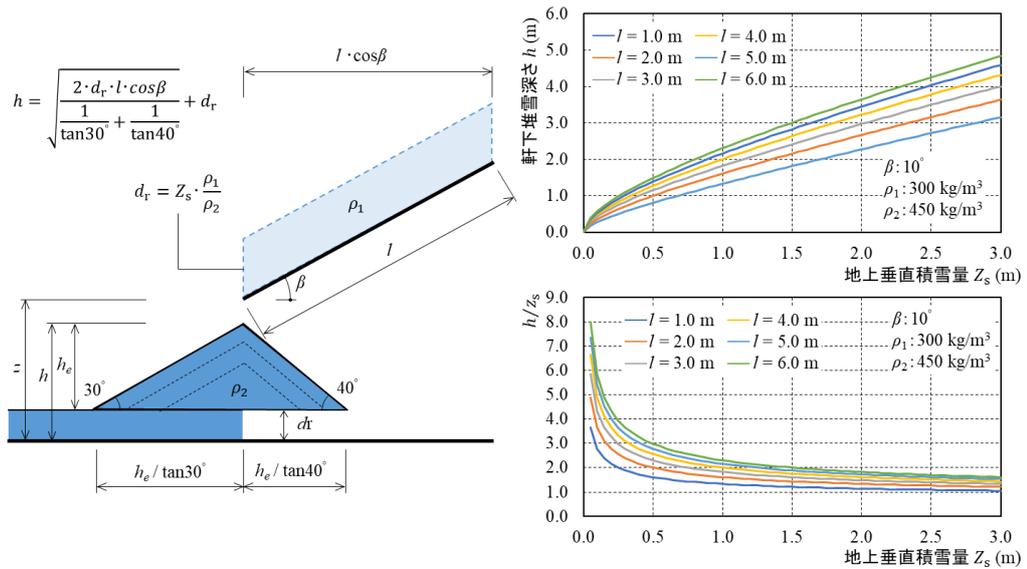


図 8-5 軒高算定モデルと地上垂直積雪量と軒高との関係

アレイ面に作用する積雪荷重のほか、傾斜地においては積雪層のグライド（積雪層が地表面を境界として下方に移動する現象）やクリープ（重力による積雪層の塑性変形）によって架台や基礎に斜面雪圧が作用することが懸念されるので、必要に応じてこれらの荷重も考慮する。

8.5 地震荷重

1. 設計用地震荷重は、一般の地方では式(8.11)、多雪区域では式(8.12)によって算出する。

$$K_p = k_p \times G \quad \dots\dots\dots (8.11)$$

$$K_p = k_p \times (G + 0.35S) \quad \dots\dots\dots (8.12)$$

ここに、

- ここで
- K_p : 設計用地震荷重 (N)
 - k_p : 設計用水平震度
 - G : 固定荷重 (N)
 - S : 積雪荷重 (N)

※ k_p は JIS C 8955:2017⁸⁻¹⁾による。

参考文献

- 8-1) 日本規格協会: 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、2017.
- 8-2) 一般社団法人日本建築学会: 建築物荷重指針・同解説、2015.
- 8-3) 太陽光発電システム風荷重評価研究会編: 太陽光発電システム耐風設計マニュアル、日本風工学会・東京工芸大学風工学研究拠点、2017.
- 8-4) 日本建築センター: 実務者のための建築物風洞実験ガイドブック、2008.

- 8-5) 日本建築学会: 建築物荷重指針を活かす設計資料 2 —建築物の風応答・風荷重評価／CFD適用ガイドー、2017.
- 8-6) 染川大輔、小泉達也、田畑侑一、谷口徹郎、谷池義人: 傾斜地に設置した太陽電池アレイの風力係数(その2)アレイの風力係数、平成25年度日本風工学会年次研究発表会、日本風工学会誌、Vol.38, No.2 (No.135)、2013.
- 8-7) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、太陽光発電協会、株式会社奥地建産: 地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019年版、2019.

9. 使用材料

9.1 鋼材

1. 支持物に使用される鋼材は、設計条件に耐え得る安定した品質をもつ材料とする。また、使用される目的、部位、環境条件、耐久性などを考慮して選定する。
2. 建築系、土木系の各種技術基準などに示されている J I S 規格に基づく材料を使用する場合、技術基準などに示されている断面性能諸元などの特性値を使用することができる。

鋼材の材質・形状・寸法は、原則として鋼構造設計規準—許容応力度設計法—⁹⁻¹⁾および軽鋼構造設計施工指針・同解説⁹⁻²⁾に従い、適切に選定する。コンクリートの補強などに使用する鉄筋および金網は、JIS G 3112「鉄筋コンクリート用棒鋼」⁹⁻³⁾および JIS G 3551「溶接金網及び異形鉄筋格子」⁹⁻⁴⁾に従い、適切に選定する。ステンレス鋼などの特殊鋼については、その強度特性、耐久性などを十分に考慮して、適切に選定する。

鋼構造設計規準—許容応力度設計法—⁹⁻¹⁾および軽鋼構造設計施工指針・同解説⁹⁻²⁾に記載がない、もしくは海外規格などの鋼材についてはその強度特性、耐久性などを十分に考慮して、適切に選定する。

9.2 アルミニウム合金材

1. 架台に使用するアルミニウム合金材は、設計条件に耐え得る安定した品質をもつ材料とする。
2. アルミニウム合金材の材質は、使用される目的、部位、環境条件、耐久性などを考慮して選定する。

アルミニウム合金材の材質・形状・寸法は、原則としてアルミニウム建築構造設計規準・同解説⁹⁻⁵⁾に従い、適切に選定する。アルミニウム建築 構造設計規準・同解説⁹⁻⁵⁾に記載がない、もしくは海外規格などのアルミニウム合金材についてはその強度特性、耐久性などを十分に考慮して、適切に選定する。

9.3 コンクリート

1. 支持物に使用するコンクリートおよびコンクリート製品は、設計条件に耐え得る安定した品質をもつ材料とする。また、使用される目的、部位、環境条件、耐久性などを考慮して、コンクリートの規格・仕様を選定する。

支持物に使用するコンクリート材料の種類および品質は、原則として建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事⁹⁻⁶⁾またはコンクリート標準示方書⁹⁻⁷⁾に従い、

適切に選定する。使用するコンクリート強度について、無筋コンクリートでは圧縮強度 18 N/mm²、鉄筋コンクリートでは圧縮強度 24 N/mm²以上を使用することが望ましい。コンクリート製品は J I S 製品を基本とし、強度特性が明確なものを使用する。

9.4. その他材料

1. その他の材料を用いる場合には、使用される目的、使われる部位、環境条件、耐久性などを勘案し、設計条件に耐え得る安定した品質をもつ材料とする。
2. 使用に当たっては、その材料強度を把握する。

新材料に関しては、その強度特性、耐久性などを十分に考慮して、適切に選定する。

参考文献

- 9-1) 一般社団法人日本建築学会: 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—、2005.
- 9-2) 一般社団法人日本建築学会: 軽鋼構造設計施工指針・同解説、2002.
- 9-3) 一般社団法人日本規格協会: JIS G 3112:2020 鉄筋コンクリート用棒鋼、2020.
- 9-4) 一般社団法人日本規格協会: JIS G 3551:2005 溶接金網及び異形鉄筋格子、2005.
- 9-5) アルミニウム建築構造協議会: アルミニウム建築構造設計規準・同解説、2016.
- 9-6) 一般社団法人日本建築学会: 建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 2018.
- 9-7) 土木学会: コンクリート標準示方書、(【設計編】、2017) 他.

10. 架台設計

10.1 傾斜地における架台設計の注意点

1. 敷地内の地盤の勾配が同一でない場合、アレイのバリエーションが多くなりやすいため、全ての架台構成についての安全性を確認する。
2. 杭基礎の突出高さでアレイのレベル調整を行う場合、架構モデルの支点（支柱の下端）の拘束を適切に評価したうえで各部材の応力計算を行う。
3. アレイ面が南北方向だけでなく東西方向にも傾斜している場合、東西方向への風圧荷重や積雪荷重が大きくなるため、南側および北側構面の剛性と強度の確保に留意する。

自然の地形を活かした傾斜地に太陽光発電システムを設置する場合、敷地内の勾配が同一でないため、アレイのバリエーションが多くなりやすい。この場合、全ての架台架構について構造計算を行うことが望ましいが、できない場合には架台の架構特性（傾斜角度、柱スパン、部材の長さなど）を考慮した上で、全ての架台の安全性が確認できる代表的な架台を選定して構造計算を行う。

東西方向に傾斜している地盤面に設置されるアレイにおいては、アレイ面が南北方向だけでなく、東西方向に傾斜していることが多い。その場合、東西方向への風圧荷重が大きくなり、積雪時にはグライド現象やクリープ現象も起こりうるため、南側および北側構面（東西方向の荷重を負担する構面）の剛性と強度の確保についても留意して設計する必要がある。

10.2 架構形式と構造解析モデル

1. 架台は x 方向、 y 方向（一般的には東西方向、南北方向）のいずれの構面についても安定構造とする。
2. 架台の構造解析モデルでは、部材、接合条件、柱脚部の支持条件を正しく設定し、架台の実情を正しく再現したものとする。
3. 接合部が偏心している場合、構造解析モデルにおいても、その偏心が考慮されていることを基本とする。接合部での偏心を反映できない場合、別途、構造計算により求めた応力を用いて偏心による付加応力を求め、部材の断面算定においてはその応力を反映させる。
4. 杭基礎の場合、上部構造と杭を一体とした構造のモデル化を行う。ただし、杭の変位が微小であり、上部構造の応力状態への影響が軽微である場合、この限りではない。

構造解析モデルの作成において、架構形式を正確に再現することは難しいことから、各種の仮定が設定されるが、それらの仮定が構造設計上、安全側に評価されるよう設定することが重要である。特に、太陽光発電システムの架台の接合部では、部材間の軸心がずれている

偏心接合が多く、その場合には偏心によって作用する付加応力の影響を考慮する必要がある。また、地上から突出した杭基礎の上端に接合された支柱の場合、杭基礎の変形が架台の部材応力に与える影響が大きいため、支柱基部の支持条件を正しくモデル化する必要がある。これらの詳細については、地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019 年版¹⁰⁻¹⁾の 6.1 節を参照されたい。

10.3 構造計算

1. 荷重の算定は「8.設計荷重」に従う。
2. 応力と変形の算定には、力のつり合い式やマトリックス変位法などを用いる。
3. 架台部材および基礎の設計は、許容応力度設計とする。
4. 部材の設計は、部材の材質・形状や板厚などの特徴に合った「法令・学会指針類」を適用する。
5. 許容応力度の算定には、補剛などを考慮した適切な支点間長さを用い、座屈などを考慮した評価式を用いる。
6. 部材の応力度検定には、幅厚比や突出部の控除を考慮した有効断面積を用いる。

構造計算の詳細については、地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019 年版¹⁰⁻¹⁾の 6.2 節を参照されたい。

参考文献

- 10-1) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、太陽光発電協会、株式会社奥地建産：地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019 年版、2019.

11. 基礎の設計

11.1 傾斜地における基礎設計の注意点

1. 直接基礎の場合、根入れ部分の下り勾配方向への受働土圧が小さくなるため、十分な根入れ深さを確保する。
2. 杭基礎の場合、下り勾配方向への水平抵抗力が小さくなるため、十分な貫入深さを確保する。
3. 斜面における水平地盤反力係数など、地盤特性の定量的評価手法が確立されていないため、原位置での杭の載荷試験を行い設計に反映する。
4. 雨水などの地表流により、侵食による設計地盤面の低下や鋼材の腐食進行が想定される場合、その影響について検討し対策を講じる。

傾斜地に設置する基礎では、斜面の下り勾配方向、上り勾配方向に外力が作用した場合、それぞれの水平抵抗力は異なることが容易に想像できる。また、鉛直方向の抵抗力についても平地の場合と異なる懸念がある。これらについては、現時点では具体的な知見や定量的な評価方法はないため、原位置における杭の載荷試験を行って支持力を評価し、設計に反映することとする。

11.2 基礎形式

1. 基礎は鉄筋コンクリート造による直接基礎または杭基礎とし、上部構造が地盤に対して構造上支障のある沈下・浮き上がり・転倒・横移動を生じないように安全に支持できる構造形式とする。

太陽光発電システムの基礎は図 11-1 のように分類され、対象地盤の特性および施工性を考慮して有効な基礎を選定する。

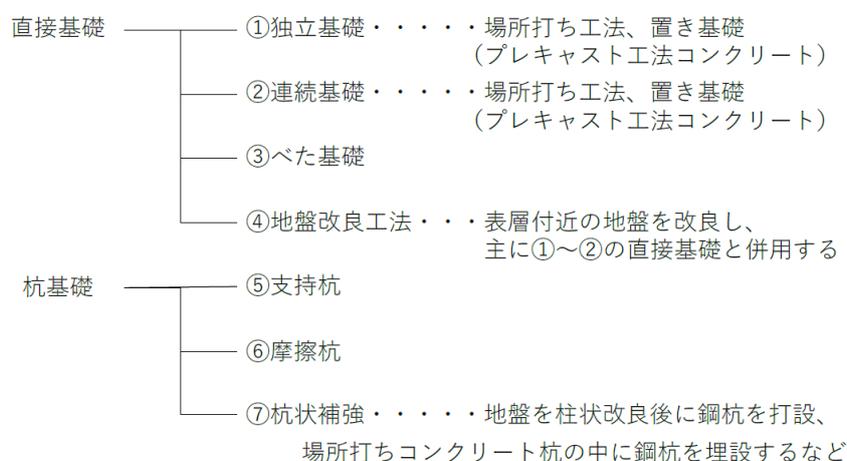


図 11-1 基礎の種類

11.3 直接基礎の設計

1. 直接基礎の設計は、架台と同様に許容応力度設計とする。
2. 直接基礎の基礎底面の大きさは、不同沈下を避けるため、長期荷重時により生じる地盤の最大接地圧が地盤の長期許容応力度（極限支持力度に対する安全率 3）以下となるようにし、かつ、接地圧はできる限り等分布の接地圧分布で、同じアレイの基礎は同程度の接地圧になるようにすることが望ましい。特に、地盤が軟弱あるいは一様でない場合には注意して計画する。また、短期荷重時において生じる地盤の最大接地圧が、地盤の短期許容応力度（極限支持力度に対する安全率 1.5）を超過しないようにする。
3. 短期荷重時は柱脚部に上部構造からの圧縮力と水平力が同時に働くため、基礎底面では圧縮力に加えてモーメントが作用する。このため接地圧は台形あるいは三角形分布となるが、その最大値が地盤の短期許容応力度を超えないようにする。また、水平力による転倒および滑動について検討を行う。
4. 偏土圧を受ける基礎の場合は、長期および短期のいずれの荷重時においても接地圧が台形あるいは三角形分布となるので、それぞれの最大値が地盤の長期および短期許容応力度を超えないようにする。また、水平力による転倒および滑動について検討を行う。
5. 基礎と上部構造との固定は、基礎に設置されたアンカーボルトなどによって架台の土台あるいは柱脚を堅固に緊結する。アンカーボルトの定着に特殊な方法を用いる場合、力の作用方向によって基礎に割裂破損が生じないことを確認する。
6. 風の負圧による浮き上がり力に対し、アレイ全体の自重により十分に抵抗できるような基礎自重とする。この時の安全率は 1.5 以上とする。
7. 基礎の水平抵抗力（地盤の摩擦抵抗力と受働土圧の合計）は、風圧荷重または地震荷重により柱脚に働く水平力に対して十分に抵抗できるように設定する。この時の安全率は 1.5 以上とする。
8. 基礎底面での摩擦抵抗力は基礎底盤下面における鉛直力に地盤の摩擦係数（ μ ）を乗じて求める。この時の鉛直力は全鉛直荷重から柱脚部に働く引抜き力を減じる。
9. 地盤の摩擦係数（ μ ）は、地盤条件とともに、基礎底面の形状・施工条件を考慮して決める。土質試験などを実施しない場合、表 11-1 などを参考に μ の値を設定する。

表 11-1 土質による地盤の摩擦係数¹¹⁻¹⁾

| 土質 | 摩擦係数 (μ) |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 岩、岩屑、砂利または砂 | 0.5 |
| 砂質土 | 0.4 |
| シルト、粘土、または、それらを多量に含む土 (擁壁の基礎底面から少なくとも15 c mまでの深さの土を砂利 または、砂に置き換えた場合に限る) | 0.3 |

※宅地造成等規制法施行令別表3より

10. 受働土圧は建築基礎構造設計指針¹¹⁻²⁾の4.3節を参考に設定する。
11. 傾斜地盤上ののり肩付近に直接基礎が設置される場合には、建築基礎構造設計指針¹¹⁻²⁾の5.2節を参考に地盤の極限支持力が低下することを考慮する。
12. 急傾斜地の場合は、基礎側面に作用する偏土圧の影響を考慮する。
13. 基礎および架台の自重による安定モーメントは架台から伝達される荷重による転倒モーメントを上回るように決定する。このときの安全率を1.5以上とする。

直接基礎の設計の詳細については、地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン2019年版¹¹⁻³⁾の7.4節を参照されたい。傾斜地盤上ののり肩付近に直接基礎が設置される場合には、鉛直方向の極限支持力が低下するので、建築基礎構造設計指針¹¹⁻²⁾の5.2節に従って、基礎幅、斜面の傾斜角、斜面の高さ、のり肩からの距離を用いて支持力の低減を考慮することとした(図11-2)。受働土圧については、十分な根入れ深さが確保されている場合には水平力や転倒モーメントの抵抗力として期待できるが、根入れが浅い場合(特に斜面の下り勾配側の根入れが浅くなる場合)には、注意が必要である。さらに、急傾斜地の場合は、基礎の側面に作用する偏土圧の影響についても考慮する必要がある(図11-3)。

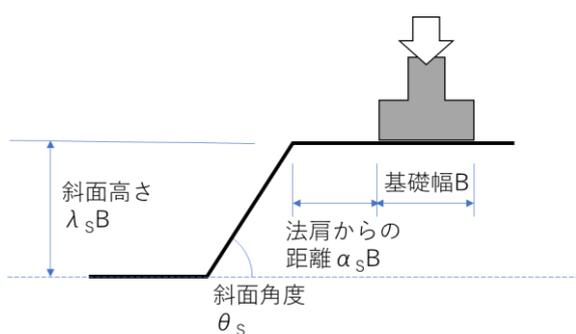


図 11-2 傾斜地盤の形状と基礎の位置

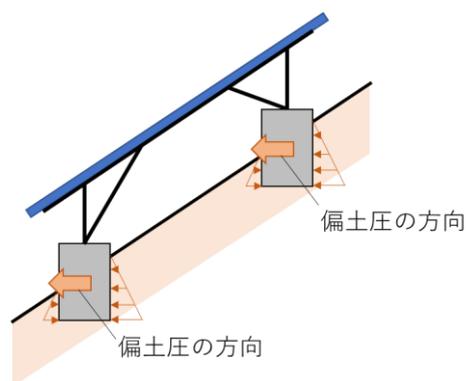


図 11-3 基礎に作用する偏土圧

11.4 杭基礎の設計

1. 杭基礎の杭体の設計は、架台と同様に許容応力度設計とする。
2. 杭基礎に使用する材料には、使用目的や地盤条件に適したものを選定する。
3. 杭基礎の杭芯と上部構造柱芯に偏心がある場合、これを考慮した金具などを準備し、ボルトなどで緊結する。
4. 杭の長期許容支持力は、地盤から定まる長期許容支持力と杭体の長期許容耐力のうち、小さい値とする。
5. 杭の短期の許容支持力および許容引抜き抵抗力は、地盤から定まる短期の許容支持力および許容引抜き抵抗力と杭体の短期許容耐力のうち、小さい値とする。
6. 杭の許容支持力および許容引抜き抵抗力は、載荷試験を行い、求める。
7. 杭の長期許容支持力は極限支持力の1/3、杭の短期許容支持力は極限支持力の2/3とする。杭の短期許容引抜き抵抗力は、極限引抜き抵抗力の2/3とする。

8. 杭の水平抵抗力および水平変位は、水平載荷試験によって求められた水平地盤反力係数をもとに、建築基礎構造設計指針¹¹⁻²⁾に示されている水平抵抗算定式を用いて求める。

杭基礎の設計の詳細については、地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019 年版¹¹⁻³⁾の 7.5 節を参照されたい。なお、杭の水平抵抗力は、傾斜地の下り勾配方向が小さいので、設計荷重と載荷方向を考慮して安全性を確認する必要がある。

また、傾斜地盤面に対して垂直に打設された杭基礎においても、杭の軸方向（押込み・引抜き方向）および軸直角方向に対する載荷試験を実施し、架台から伝達される各方向の荷重に対する安全性を確認する。

参考文献

11-1) 宅地造成等規制法施行令別表 3

11-2) 一般社団法人日本建築学会：建築基礎構造設計指針、2019.

11-3) 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構、太陽光発電協会、株式会社奥地建産：地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019 年版、2019.

12. 腐食防食

12.1 架台の腐食と防食

1. 金属材料とする場合、材料に構造上致命的な均一腐食による減肉がないようにする。
2. 地際部や異種金属接触部など、局部的な腐食の発生が懸念される場合、それらが集中して発生しないように適切な防食処理などを施す。
3. 環境に応じた材料の耐食性を評価し、架台の主要な部材には適切な防食処理を施して使用する。

架台の腐食形態とその防食方法の詳細は、地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019 年版¹²⁻¹⁾の 8.3 節を参照されたい。

12.2 基礎（杭基礎）の腐食と防食

1. 基礎（杭基礎）の腐食と防食は、12.1 節の架台の腐食と防食に準ずる。

基礎（杭基礎）の腐食形態とその防食方法の詳細は、地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019 年版¹²⁻¹⁾の 8.4 節を参照されたい。

参考文献

- 12-1) 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構、太陽光発電協会、株式会社奥地建産：地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン 2019 年版、2019.

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¹³⁻¹⁾「1130-4 屋外に設置するキュービクルの施設」に規定されている。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「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。

ただし、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、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。

また、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。

さらに、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。

13.2 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。



写真 12-1 ラックによる配線の例



写真 12-2 架空配線の例

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。

なお、電気設備に関する技術基準を定める省令第 39 条¹³⁻³⁾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¹³⁻⁴⁾に「がけに施設する電線路」の施設方法が規定されている。

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。

「13.1 機器の設置場所に関する注意点」に示すように、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、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ことが必要である。

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¹³⁻⁵⁾、¹³⁻⁶⁾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。

参考文献

13-1) 一般社団法人日本電気協会: 高圧受電設備規程 JEAC 8011-2014、2014.

13-2) 一般社団法人日本電気協会: 内線規程 JEAC8001-2016、2019.

13-3) 電気設備に関する技術基準を定める省令 第三十九条 (電線路のがけへの施設の禁止)

13-4) 電技解釈の解説第 131 条:「がけ」は、険しくそばだったところであり、電線路の設置が容易ではないため保安上の観点から危険であるから、がけに施設する電線路は一般の支持物を使用した架空電線路とは区別して考えている。

13-5) 急傾斜地法 第二条: この法律において「急傾斜地」とは、傾斜角が三十度以上である土地をいう。

13-6) 労働安全衛生法: 急傾斜地、窪地、崖などでの作業を伴うことが多く、労働安全衛生規則に関する行政通達 (昭 51・10・7 基収第 1233 号) において「こう配が 40 度以上の斜面上を転落することは、労働安全衛生規則第 518 条及び第 519 条の『墜落』に含まれる。」

14. 施工

14.1 一般共通項目

1. 自然条件など当該施設が置かれる諸条件を勘案して、当該施設の要求性能を満足するような方法により施工する。
2. 設計の意図するところを理解し、設計者が求める要求性能が満足されるよう施工する。
3. 対象施設を正確、円滑かつ安全に施工するために、予め施工計画を定める。また、工事の進捗や現場状況の変化により必要が生じたときは、施工計画を変更する。
4. 設計者が要求する性能を満たしていることを確認するため、施工管理を行う。また、施工管理により取得した記録・情報を維持管理計画などに反映する。
5. 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. 安全に関する関係法令などにもとづき、安全確保上必要となる措置について検討を行った上で適切に安全管理を行い、事故および災害の防止に努める。

施工とは、設計された施設を実際に工事する行為であり、設計時に考慮した自然条件、利用条件などの諸条件を勘案して、設計者が求める要求性能が満足されるように施工されなければならない。このため、施工者は、工事に先立ち、設計時に設定した自然条件、利用条件、使用材料、施工方法などの設計条件、設計計算書や仕様検討書などの内容、これらにより決定した使用主要資材の規格・仕様・諸元、設計図面などの内容を把握する必要がある。

これらを踏まえた上で、対象施設を正確、円滑かつ安全に施工するために作成する施工計画書には、工事概要、計画工程表、現場組織表、主要機械、主要資材、主要工種の施工方法、施工管理、安全管理、緊急時の体制および対応、環境保全対策などを取りまとめることが望ましい。

実際の施工現場、施工時点において、設計時に設定した条件と異なり、設計図面どおりに施工しても所定の機能・性能を確保することができない場合、当然、設計の見直しを行う必要がある。現場での施工において、図面どおりの施工が困難あるいは不可の場合、どの程度の施工誤差が許容できるか、あるいは工法変更が可能かなど、設計内容を把握した上で判断することが要求される。これらのことから、設計者と施工者が異なる場合、施工者は設計者の設計意図を把握することに努めることが重要である。この対応として、設計者～施工者間で設計意図伝達会議を開催することが有効である。

太陽光発電システムの供用中に、点検診断や維持補修を行う場合、実際に施工された状況を把握しておくことが重要である。このことから、施工時点において設計から変更した内容についてでき得る限り詳細に記録するとともに、変更した理由を併せて記録することが望ましい。

太陽光発電システムの設置工事においては、労働災害などの発生防止のため、施工方法や仮設計画の検討、安全教育の実施など安全対策を講じるものとする。また、土砂の流出などの災害を防止するため、気象条件の良い施工時期の選定、リスクの少ない施工方法・施工手順の検討などを行うことが必要である。

15. 維持管理計画

15.1 一般共通事項

1. 太陽光発電システム全体が、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する。
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. 太陽光発電システムの維持管理計画書の作成および維持は、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. 点検診断の結果および対策が必要になった場合の維持補修の内容は記録し、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ついては、民間のガイドラインなどを参考にする。

発電規模にかかわらず、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施行規則（第5条第1項第3号など）¹⁵⁻¹⁾ならびに事業計画策定ガイドライン(太陽光発電)¹⁵⁻²⁾に記載の「再生可能エネルギー発電設備の適切な保守点検及び維持管理」に係る趣旨を踏まえて、設計段階に維持管理計画を作成することが望ましい。

維持管理計画作成に当っては、太陽光発電システム保守点検ガイドライン¹⁵⁻³⁾、自家用電気工作物保安管理規程¹⁵⁻⁴⁾、道路土工構造物点検必携¹⁵⁻⁵⁾、太陽光発電アセットマネジメントガイドライン(案)¹⁵⁻⁶⁾などの技術指針などを参考すると良い。

15.2 地盤・排水

1. 地盤・排水の維持管理計画は、以下の内容を参考に作成する。
 - ・ 地盤および排水施設は、点検診断を行うとともに、点検診断結果をもとに健全度評価を行い、必要に応じ維持補修工事を実施する。
 - ・ 地盤に係る点検診断は、地表流による侵食の有無、地盤変状・崩壊、湧水の有無、のり面保護工などの対策施設などの劣化・損傷、変状の有無などに着目し、外観目視調査により行う。
 - ・ 排水施設に係る点検診断は、排水施設の劣化・損傷、変状の有無、土砂の堆積状況などに着目し、外観目視調査により行う。

太陽光発電システムを設置する斜面などの地盤については、長期間風雨などにさらされ経年変化により脆弱化していくものである。斜面地盤の表面侵食を放置した場合、侵食範囲がさらに拡大し斜面の安定性低下に繋がる。そのような中で、大雨や地震が発生した場合、

土砂流出や斜面崩壊に発展する懸念がある。排水施設についても同様に、土砂などの堆積や雑草の繁茂により排水能力低下が生じた場合、溢水による侵食の発生や浸水被害を引き起こす懸念がある。

すなわち軽微な変状を放置した場合、そこを起点として変状連鎖により大規模な変状に発展し、災害を引き起こす可能性があることを認識する必要がある。

このことから、変状を早期に発見し、健全度評価を行った上で適正に維持補修工事を実施する必要があり、設計段階から点検診断の実施方法を検討しておく必要がある。

また、供用期間中に点検診断、維持補修工事を安全かつ容易に行うことができるよう、通路などを確保しておく必要がある。補修工事については、その具体的内容を予め検討し、重機械の使用が必要な場合は、進入路なども確保しておく必要がある。

15.3 基礎・架台

1. 基礎・架台の維持管理計画は、以下の内容を参考に作成する。
 - ・ 基礎および架台は、点検診断を行うとともに、点検診断結果をもとに健全度評価を行い、必要に応じ維持補修工事を実施する。
 - ・ 基礎に係る点検診断は、直接基礎、杭基礎の劣化・損傷、移動・変状の有無、その周辺地盤の侵食などに着目し、外観目視調査により行う。
 - ・ 架台に係る点検診断は、架台の変形、腐食、基礎との結合部分の変形、ボルトなどの結合部材の緩み、腐食などに着目し、外観目視調査により行う。

15.4 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。

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¹⁵⁻³⁾や自家用電気工作物保管理規程¹⁵⁻⁴⁾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。

13.3「保守点検を考慮した電気設備計画に関する注意点」に示すとおり、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、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ことが必要である。

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、電気機器の設置のもと、維持管理計画を立てることが必要である。

15.5 緊急時の対応

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. 火災など発生時の消火方法、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の公開している文書^{15-7)~15-12)}を参考にして、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。太陽光発電システムは人が常駐して常時監視していないことが多いため、緊急時の覚知が遅れることもある。自家用電気工作物は、常時監視をしない発電所の要件として電技解釈第47条5項の規定を満たす必要がある。それ以外の一般用電気工作物の太陽光発電システムにおいても当該技術基準を参考に設備構築し、監視体制を整備、計画することが望ましい。

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¹⁵⁻¹³⁾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。

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。15.4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。

参考文献

- 15-1) 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施行規則（第5条第1項第3号など）
- 15-2) 経済産業省資源エネルギー庁：事業計画策定ガイドライン（太陽光発電）、2021。

- 15-3) 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: 太陽光発電システム保守点検ガイドライン、2019.
- 15-4) 一般社団法人日本電気協会: 自家用電気工作物保安管理規程 JEAC8021-2018、2018.
- 15-5) 社団法人日本道路協会: 道路土工構造物点検必携 令和2年版、2020.
- 15-6) 一般社団法人日本アセットマネジメント協会、太陽光発電アセットマネジメント委員会: 太陽光発電アセットマネジメントガイドライン(案)、2020.
- 15-7) 一般社団法人太陽光発電協会: 太陽光発電の水害時の感電の危険性について、2019年5月.
- 15-8) 一般社団法人太陽光発電協会: 住宅用太陽光発電システム被災時の点検・復旧・撤去に関する手順・留意点【震災編】、2016年4月.
- 15-9) 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.
- 15-10) 一般社団法人太陽光発電協会: 太陽光発電システム被災時の点検・撤去に関する手順・留意点【水害編】、2015年10月.
- 15-11) 一般社団法人太陽光発電協会: 太陽光発電設備が水害によって被害を受けた場合の対処について、2015年9月.
- 15-12) 一般社団法人太陽光発電協会: 停電に伴う住宅用太陽光発電システムの自立運転について、2011年3月.
- 15-13) 東京消防庁: 太陽光発電システムに係る防火安全対策の指導基準、平成26年7月

Appendix

傾斜地設置型太陽光発電システムの設計ガイドラインの Appendix は、傾斜地設置型太陽光発電システムの設計ガイドラインの作成にあたり、海外の規制・ガイドラインの調査結果をまとめたものである。

今回はアジアにおける調査対象国の規制・ガイドラインの調査をまとめたが、今後は対象を欧米に広げ、各国の事例を収集し、日本の規制・ガイドラインとの比較検討を実施予定である。

Appendix A：調査対象国の選定

1. 国土面積と太陽光発電設備の導入密度の比較

傾斜地設置型太陽光発電システムの設計ガイドラインの作成にあたり、海外での規制・ガイドラインの導入事例を調査した。アジアにおける調査対象国は、図 A1 のとおり、国土における森林面積の割合が大きく、太陽光発電設備の導入密度が日本と類似していることから、韓国および台湾を選定した。

| |  日本 |  韓国 |  台湾 |  中国 |  インド |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 国土面積*1 | 377,915km ²  | 99,720km ²  | 35,980km ²  | 9,596,960km ²  | 3,287,263 km ²  |
| 土地利用区分 | | | | | |
| 森林*2 | 258,872km ² (68.5%) | 63,721km ² (63.9%) | 18,525km ² (51.5%) | 2,140,122km ² (22.3%) | 759,358km ² (23.1%) |
| 農地*3 | 47,239km ² (12.5%) | 18,049km ² (18.1%) | 8,167km ² (22.7%) | 5,249,537km ² (54.7%) | 1,988,794km ² (60.5%) |
| 湖沼・河川*4 | 13,430km ² (3.6%) | 2,800km ² (2.8%) | 3,720km ² (10.3%) | 270,550km ² (2.8%) | 314,070km ² (9.6%) |
| その他*5 | 71,804km ² (15.4%) | 17,950km ² (15.2%) | 5,577km ² (15.5%) | 1,936,750km ² (20.2%) | 225,041km ² (6.8%) |
| 太陽光導入量*6 (2019年) | 61.8GW | 10.5GW | 4.2GW | 205.5GW | 35.1GW |
| 導入密度*7 (MW/km ²) | 0.52 | 0.29 | 0.24 | 0.03 | 0.01 |

図 A1 アジアにおける国土面積と太陽光発電設備の導入密度の比較

Appendix B : 韓国・台湾の規制・ガイドライン

1. 韓国の規制・ガイドライン

韓国では、傾斜地設置・農地設置（営農含む）・水上設置に関する太陽光発電設備の規制・ガイドラインが、図 B1 のとおり施行されている。

傾斜地設置型太陽光発電に関するもののうち、設計・施工に関するものとして山林庁が管轄している山地管理法がある。この規制では、太陽光発電設備を設置可能とする斜面の角度が定められており、2018年12月での法改正までは25度以下に規定されていたが、現在は15度以下に変更された。規定が厳しくなった理由は、傾斜地設置における太陽光発電設備の事故が多発したことから、事故の再発防止を図るためである。

また、韓国エネルギー公団傘下の新・再生エネルギーセンターが管轄する太陽光発電の施工基準において、傾斜地設置・農地設置・水上設置の各施工基準が作成されており、設計・施工に関するガイドラインが定められている。

| 設置場所 | 規制・ガイドライン名称 | 種類 | 管轄団体 | 制定年 | 規制・ガイドラインの内容 | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------|---------------|-----------|----------------------------|--------------------------------------------------|
| 韓国  | 1-1 傾斜地 | 新エネルギー・再生可能エネルギーの開発・利用・普及促進法 | 規制 | 産業通商資源部*2 | 2018年9月 | ✓ REC重みの下方修正(0.7~1.2→0.7)による導入抑制 |
| | | 山地管理法 | 規制 | 山林庁*1 | 2018年12月 | ✓ 一時使用許可に限定し、原状回復義務付け ✓ 設置可能な傾斜角度を25度から15度に変更 |
| | | 国土の計画及び利用に関する法律施行規則 | 規制 | 国土交通省 | 2019年7月 | ✓ 開発行為竣工検査済証の提出を義務付け |
| | | 山地管理法 | 規制 | 山林庁*1 | 2020年6月 | ✓ 専門機関(韓国山地保全協会など)への定期点検を義務化 |
| | 農地 | 農地法 | 規制 | 農林畜産食品部*3 | 2019年7月 | ✓ 塩害農地(干拓地)の一時使用許可を最大20年まで延長可能 |
| | 水上 | 農業基盤施設使用許可のガイドライン | ガイドライン | 農林畜産食品部*3 | 2018年3月 | ✓ 貯水池の面積10%以内、淡水湖の面積20%以内の基準を撤廃 |
| 1-2 共通 | 太陽光発電施工基準 | ガイドライン | 新・再生エネルギーセンター | 2020年3月 | ✓ 傾斜地設置、農地設置、水上設置の各施工基準を作成 | |

図 B1 韓国の太陽光発電設備に関する規制・ガイドライン

2. 台湾の規制・ガイドライン

台湾では、農地設置および水上設置の太陽光発電設備に関する規制が定められている。農地設置においては、台湾行政院農業委員会が管轄している農地利用審査における農業当局の変更承認によって、2ha未満の農地転用を制限し、2ha以上の農地は農業評議会の承認を必要とすることが定められている。水上設置においては、經濟部水利省が管轄している農地水利協会の灌漑貯水池における太陽光発電設備の設置の管理原則によって、灌漑貯水池の面積50%以下に制限されること、定期的に水質検査を実施し、灌漑用水質基準を満たすこと、水質を汚す洗剤の使用が制限されることが定められている。

| | 設置場所 | 規制・ガイドライン名称 | 種類 | 管轄団体 | 制定年 | 規制・ガイドラインの内容 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------|----|-------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 台湾  | 傾斜地 | 傾斜地設置型に特化した規制・ガイドラインは見当たらない | | | | |
| | 農地 | 農地利用審査における農業当局の変更承認 | 規制 | 台湾行政院農業委員会 ³ | 2020年7月 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 2ha未満の農地転用を制限し、2ha以上の農地は農業評議会の承認を必要とする |
| | 水上 | 農地水利協会の灌漑貯水池における太陽光発電設備の設置の管理原則 | 規制 | 經濟部水利署 ² | 2018年1月 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 灌漑貯水池の面積50%以下に制限 ✓ 定期的に水質検査を実施し、灌漑用水質基準を満たすこと ✓ 水質を汚す洗剤の使用を制限 |

図 B2 台湾の太陽光発電設備に関する規制・ガイドライン

Appendix C：韓国の傾斜地設置型に関する規制

1. 傾斜地への太陽光発電設備設置の抑制

韓国政府が太陽光発電設備設置における傾斜地設置に関する規制を導入している背景は、図 C1 のとおり、豪雨・台風の影響による地すべり事故が多発したためであり、規制により傾斜地への設備設置を抑制することで、事故の再発防止を図っている。

傾斜地への設備設置を抑制するために、前述のとおり設備の設置場所の傾斜角を 25 度から 15 度以下に変更したことに加え、発電事業者の収益を下げる規制が導入されている。

そのひとつが、設備設置地域の森林回帰のための費用負担である。発電事業者は、設置地域の森林回帰の責任を負い、設置面積に対して保全費用を負担しなければならないことが、山地管理法施行令で規定されている。負担費用は地域で変わり、保全山地で 5,820 ウォン/m² (約 581 円/m²)、準保全山地で 4,480 ウォン/m² (約 448 円/m²) が課せられる (1 ウォン=0.1 円で換算)。

また、新エネルギー・再生可能エネルギーの開発・利用・普及 促進法 (再生可能エネルギー供給管理・運営のガイドライン) の下、新・再生可能エネルギー供給認定書 (REC) 制度が導入されており、傾斜地への設備設置の抑制を促している。REC とは、発電事業者が新・再生可能エネルギー設備を利用して電気を生産・供給したことを証明する認定書のことであり、新・再生可能エネルギー発電設備 (対象設備) によって供給された電力量に認定係数を乗じたものが対象設備の所有者に対し発行される。太陽光発電設備の REC 係数が低く設定されることで、発電電力量に対する収益が低下し、導入の抑制につながっている。

これら規制により、山林庁の開発許可数は、規制導入前の 2018 年 5,553 件に対し、導入後の 2019 年は 2,129 件に減少し、傾斜地への太陽光発電設備設置が抑制された。

| 規制・ガイドライン制定 背景・目的 | 規制・ガイドライン名称 | 規制項目 | 太陽光発電事業に係る内容 | 規制・ガイドラインの 制定状況及び影響 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>背景</p> <p>✓ 豪雨/台風の影響で傾斜地設置の太陽光発電所で地すべり事故が多発</p>  <p>目的</p> <p>✓ 豪雨/台風の影響による傾斜地設置の太陽光被害を防ぐことを目的とし、「太陽光発電推進副作用 対策」を定め、関連する法律を改正した</p> | <p>山地管理法 施行令</p> | <p>傾斜角</p> <p>✓ 山地への設置条件を明確化 <ul style="list-style-type: none"> 改正前：一次利用許可を取得する必要は無い (傾斜角の制限は無し) 改正後：一次利用許可を取得しなければならず、傾斜角15度以下に限定 </p> <p>設置可能な土地の減少</p> | <p>✓ 発電事業者が設置地域の森林回帰の責任を負う。地域別に以下費用を負担 <ul style="list-style-type: none"> 保全山地 (約535円/m²) 準保全山地 (約411円/m²) </p> <p>発電事業者の収益性が悪化</p> | <p>制定状況</p> <p>✓ 制定済</p> <p>影響</p> <p>✓ 山林庁の開発許可数は 62%減少 (※許可が下りたもののうち75%は改正前の許可)</p> <ul style="list-style-type: none"> 5,553件 (2018年) 2,129件 (2019年) |
| | <p>新エネルギー・再生可能エネルギーの開発・利用・普及 促進法 (再生可能エネルギー供給管理・運営のガイドライン)</p> | <p>REC</p> | <p>✓ REC係数を下方修正し、傾斜地への導入を抑制する <ul style="list-style-type: none"> 改正前：0.7~1.2 改正後：0.7 </p> <p>発電事業者の収益性が悪化</p> | |

図 C1 韓国の傾斜地設置型に関する規制内容

Appendix D : 韓国の傾斜地設置型の規制に関する法体系

1. 山地管理法の法体系

韓国の山地における傾斜地型太陽光発電設備に関する規制は、山地管理法および同法の施行令・施行規則で定められている。同法は、以前は図 D1 のとおり、太陽光発電設備について特別な規制を設けていなかった。しかしその後、2018年12月に改正され、図 D2 のとおり、太陽光発電設備について、土地の平均傾斜角を15度以下とすることが新たに施行令に規定され、設置条件が厳しくなった。



図 D1 改正前の山地管理法施行令の内容

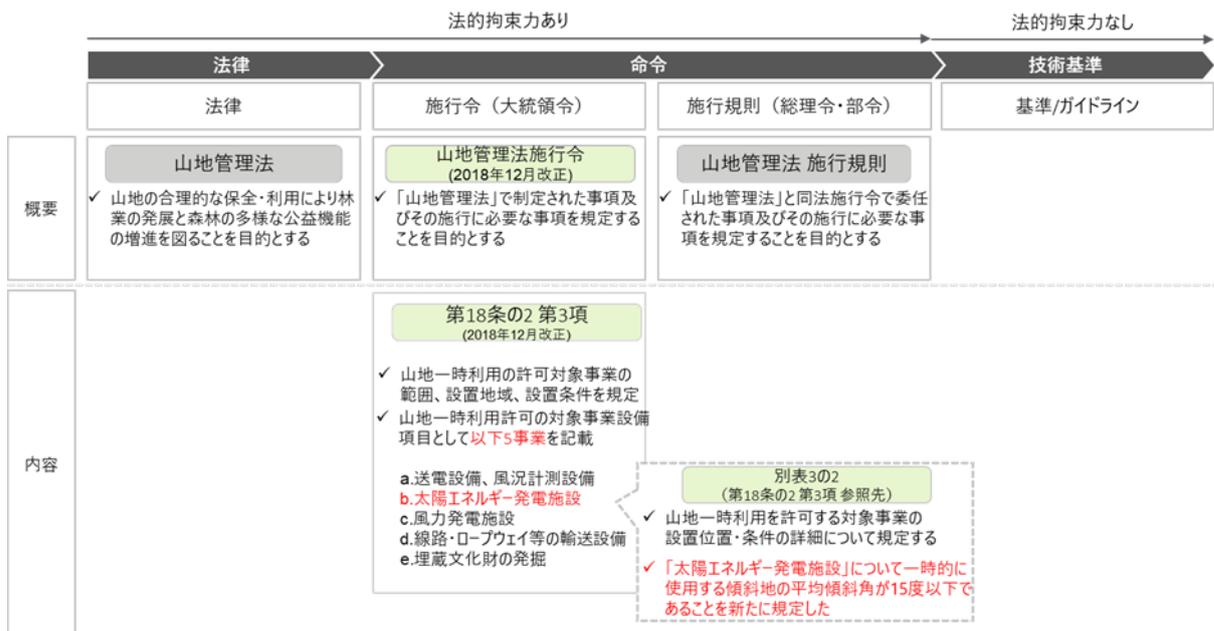


図 D2 改正後の山地管理法施行令の内容

2. 韓国における山地への太陽光発電設備設置の申請プロセス

同法の施行令・施行規則では、図 D3 のとおり、太陽光発電設備設置の申請プロセスについても定められている。改正前は山地の専用、転用が可能であり、発電事業者は売電期間終了後、土地を売り渡すことを想定し、地価上昇を目的とし山地転用することが多かった。しかし、改正後は太陽光発電設備設置における山地の利用は一時使用に限定され、かつ林野復元費用の前払いが定められている。

| 山地への太陽光発電設備設置の申請プロセス | | | | | | 備考 |
|----------------------|-------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 申請区分 | 申請先 | 許可基準 | | | |
| 改正前 | 山地の専用 | ✓ 山林庁長(国有林)や区長など(国有林以外)へ申請(山地管理法施行令第18条の2等) | ✓ 傾斜角に関する記載は無い | 所轄庁にて承認 | 設置許可受領 | ✓ 以前は太陽光発電を設置する際は、地価を上昇を目的に山地転用するケースが多く、設置場所の傾斜角度は25度以下に規定されていた |
| | 山地の転用(地目変更) 山地→雑種地など | ✓ 同上 | ✓ 傾斜角25度以下 | | | |
| | 山地の一時使用 | 太陽光発電設備は 対象外 | | | | |
| 改正後 (2018年12月) | 山地の専用 | 太陽光発電設備は 対象外 | | 所轄庁にて承認 | 設置許可受領 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 専用と転用での太陽光発電の設置が不可能となり、実質的に山地の一時使用の場合のみ設置可能となる ✓ 設置場所の傾斜角は15度以下に改定された |
| | 山地の転用(地目変更) 山地→雑種地など | 太陽光発電設備は 対象外 | | | | |
| | 山地の一時使用 | ✓ 同上 | <ul style="list-style-type: none"> ✓ 傾斜角15度以下であること ✓ 一時利用期間(20年間)終了後の林野の復元費用を前払い | | | |

図 D3 韓国における傾斜地設置型太陽光発電設備の規制改訂内容

Appendix E : 韓国の傾斜地設置型の設計・施工基準

1. 韓国における設計・施工基準の共通項目

韓国では、太陽光発電設備の設計・施工基準は、韓国エネルギー公団傘下の新・再生エネルギーセンターが管轄するガイドラインに定められている。共通項目は図 E1 のとおり、地盤・排水、架台・基礎、電気設備に大別されている。

架台・基礎に関して、荷重計算は建築基準法（国土交通省）など関連基準に従うことが明記されている。

| | | <div style="text-align: right;"> 🇰🇷 韓国 ✕ 共通 </div> | | | | |
|----|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|------|--|
| 項目 | 改訂後(2020年3月2日) | 調査 | 設計 | 施工 | 維持管理 | |
| 共通 | 地盤・排水 | ✓ 盛土斜面等地盤条件を確認し、構造物の基礎について安全性を確保すること | | | | |
| | | ✓ 流量、流速などを考慮し、排水設備を設置すること | | | | |
| | 架台・基礎 | ✓ 荷重計算は建築基準法（国土交通省）など関連基準に従うこと | | | | |
| | | ✓ コンクリート基礎の施工が困難な場合は、キャストイン、ラミング、スパイラル、スクリー工法の採用が可能であり、基礎は設計掘削深度より深く施工しなければならない | | | | |
| | 電気設備 | ✓ 電気設備は、集中豪雨時の浸水を避けるため、地上より高い場所に設置し、電気設備の周囲に排水設備を設置すること | | | | |
| | | | | | | |

図 E1 韓国の太陽光発電設備の設計・施工基準の共通項目

2. 韓国における傾斜地設置型に関する設計・施工基準

傾斜地設置型に関する設計・施工基準は、過去に豪雨被害が多数生じたことから、切土・盛土に設置する場合の安全確保や斜面設置時の排水について、具体策が講じられている。

切土と盛土間に設備を設置する場合は、安全を確保しなければならないこと、切土・盛土の斜面に設置する場合、段差が緩やかになるよう施工し、地すべりを防止することが明記されている。

また、排水においては、急斜面に排水溝を設置する場合、雨水の流速を緩和する侵食防止装置を設置すること、流出する雨流や土砂を抑えるため、貯水槽などの抑制装置を設置しなければならないことが定められている。

| | | <div style="text-align: right;"> 韓国 ✕ 傾斜地・農地 </div> | | | |
|----------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|------|
| 項目 | | 改訂後(2020年3月2日) | | | 維持管理 |
| | | 調査 | 設計 | 施工 | |
| 山地傾斜地・農地 | 地盤 | ✓ 斜面の安全性確保のため、切土と盛土間に設備を設置する場合は、安全を確保しなければならない | | | |
| | | ✓ 切土・盛土の斜面に設置する場合、段差が緩やかになるよう施工し、地すべりを防止すること | | | |
| | | ✓ 斜面に構造物（コンクリート擁壁、補強土擁壁、石垣など）を設置する場合は、関連基準に従い施工しなければならない | | | |
| | 排水 | ✓ 急斜面に排水溝を設置する場合、雨水の流速を緩和する侵食防止装置を設置すること | | | |
| | | ✓ 流出する雨流や土砂を抑えるため、貯水槽などの抑制装置を設置しなければならない | | | |

図 E2 韓国における山地（傾斜地）設置型の設計・施工基準

この成果物は、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）の委託業務「太陽光発電主力電源化推進技術開発／太陽光発電の長期安定電源化技術開発／安全性・信頼性確保技術開発（特殊な設置形態の太陽光発電設備に関する安全性確保のためのガイドライン策定）」事業の結果として得られたものです。