

傾斜地設置型太陽光発電システムの 設計・施工に関する動向について

一般社団法人 構造耐力評価機構
理事 高森 浩治



構造耐力評価機構
Structural Performance Evaluation Institute

太陽光発電関連の研究・開発（現在進行中のNEDO研究）

- 「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／太陽光発電の安全性・信頼性評価、回復技術の技術情報基盤整備」（2020年度～）
 - 産業技術総合研究所・**構造耐力評価機構**・SOMPOリスクマネジメント・太陽光発電協会 共同受託
 - 太陽光発電所の信頼性評価技術の開発
 - 土木・建築分野における補修・補強技術のPV設備への適用性検討

基盤整備
- 「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」（2020年度～）
 - 産業技術総合研究所・**構造耐力評価機構**・八千代エンジニアリング・太陽光発電協会・デロイトトーマツコンサルティング 共同受託
 - 傾斜地PV，営農PV，水上PVのガイドライン策定

ガイドライン作成
- 「太陽光発電の長期安定電源化に向けた評価・回復の実用化促進技術開発」 助成事業（2020年度～）
 - 関西電力・エクソル・CO2Oほか （再委託）産業技術総合研究所・**構造耐力評価機構**
 - PV設備の補修・補強技術の開発

補修・補強技術の研究開発
- 「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実証実験」（2021年度～）
 - 産業技術総合研究所・**構造耐力評価機構**・八千代エンジニアリング・キョーラク・（北見工業大学）
 - 傾斜地PV，営農PV，水上PVのガイドライン策定に関する実証実験

ガイドライン作成

※NEDO: 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構



構造耐力評価機構
Structural Performance Evaluation Institute

太陽光発電設備の保安規制関連委託業務（経済産業省電力安全課）

3

- 平成30年度 新エネルギー等の保安規制高度化事業委託調査（小出力発電設備に該当する太陽光発電設備及び風力発電設備の業界状況及び保安実態調査） 太陽光発電設備ワーキング
 - WG委員として参加（高森）
 - 電技解釈の改定案の検討
- 令和元年度 新エネルギー等の保安規制高度化事業委託調査（太陽電池発電設備に関する技術基準検討事業）
 - SOMPOリスクマネジメント・構造耐力評価機構（再委託）
 - 電技解釈の改定案の検討，PV発電所の立入検査(技術的アドバイス) ほか
- 令和二年度 新エネルギー等の保安規制高度化事業委託調査（太陽電池発電設備に関する技術基準検討事業）
 - SOMPOリスクマネジメント・構造耐力評価機構（再委託）
 - 太技省令(案)の検討，追尾型PVの技術要件整理，PV発電所の立入検査(技術的アドバイス) ほか
- 令和三年 度新エネルギー等の保安規制高度化事業委託調査（発電用太陽電池設備に関する技術基準等検討調査）
 - SOMPOリスクマネジメント・構造耐力評価機構（再委託）
 - 太技省令の改定案の検討(追尾型PV)，PV発電所の立入検査(技術的アドバイス) ほか



構造耐力評価機構
Structural Performance Evaluation Institute

1. 太陽光発電設備の構造・土木に関する電気事業関連法令
2. 傾斜地設置型太陽光発電システム設計・施工ガイドラインの概要
3. 電気事業法関連の動向



太陽光発電システムの構造関連法令

5

地上設置型 P V
(造成等なし)

森林法
砂防三法
など

地上設置型 P V
(傾斜地/造成等あり)

農地法

営農 P V

建築設備としての規制

屋根設置型 P V
(新築建物)

外装材としての規制

建材一体型 P V
(屋根葺材・外壁)

外装材としての構造強度
も要求される

屋根設置型 P V
(既築建物)

--- 確認検査不要 ---

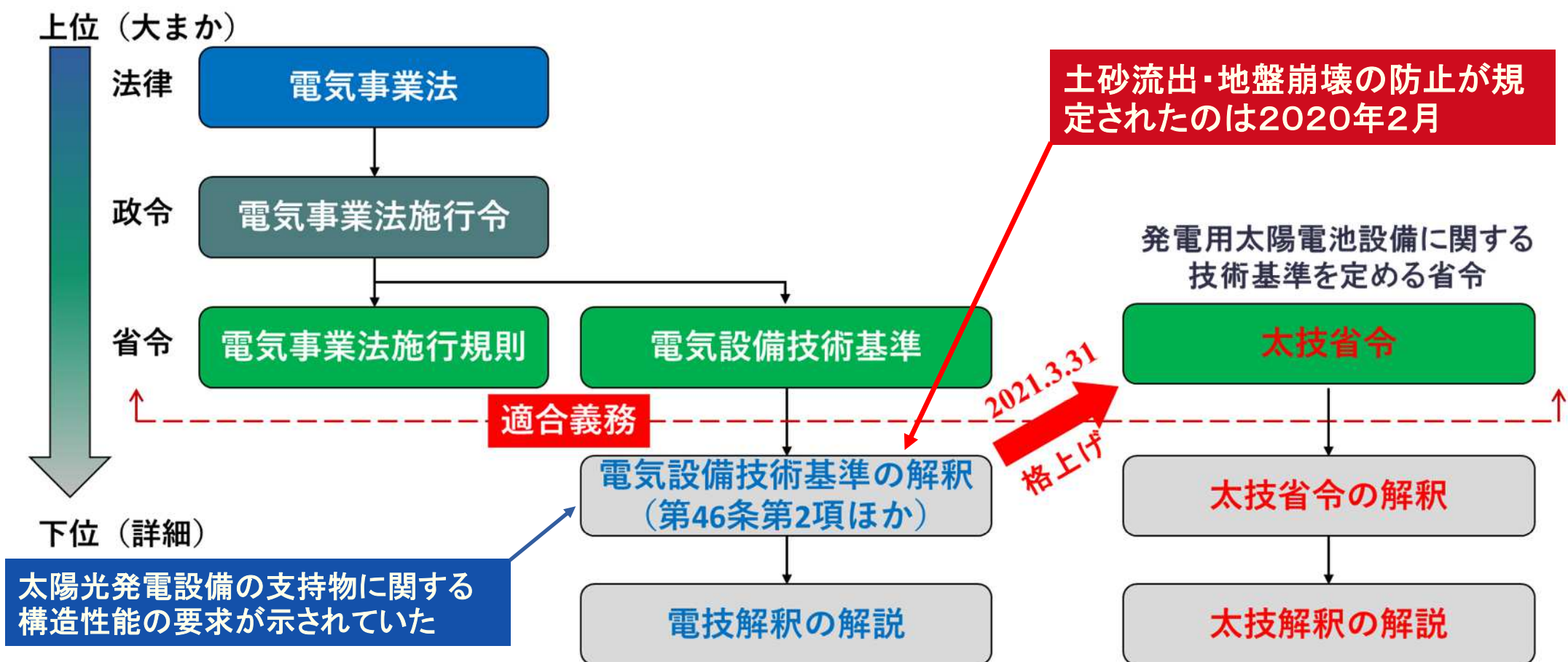
建築基準法

電気事業法

造 耐 力 評 価 機 構
Structural Performance Evaluation Institute

電気事業法関連

6



構造耐力評価機構
Structural Performance Evaluation Institute

発電用太陽電池設備に関する技術基準を定める省令（太技省令）⁷

第1条： 一般用電気工作物と事業用電気工作物に適用する。

第2条： 用語

第3条： 人体への危害、物件の損傷を与えないように施設する。

第4条： 支持物への要求

- 一. 各種荷重に対する安定した構造
- 二. 支持物の許容応力度設計
- 三. 安定した品質、かつ腐食・腐朽しにくい材料または防食措置を施した材料
- 四. 部材間の存在応力を確実に伝達できる接合部
- 五. 沈下、浮上がり、水平移動を生じない基礎
- 六. 高さ9mを超える設備の建築基準関連法令への適合

第5条： **土砂の流出、地盤崩壊の防止**

第6条： 公害の防止

構造関連規定



構造耐力評価機構
Structural Performance Evaluation Institute

【解釈】

第10条 土地に自立して施設される支持物においては、施設される土地が降雨等によって土砂流出や地盤崩落等によって公衆安全に影響を与えるおそれがある場合には、排水工、法面保護工等の有効な対策を講じること。

2 施設する地盤が傾斜地である場合には、必要に応じて抑制工、抑止工等の土砂災害対策を講じること。

NEDO研究（2016-2018）
JPEA＋奥地建産

〔解説〕

・・・なお、事前調査の方法及び造成・排水計画については、「[地上設置型発電システムの設計ガイドライン2019 年版](#)」（NEDO：2019）の「3.調査及び計画」や「[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](#)」（NEDO：2021）の「5.事前調査」及び「6.造成計画」が参考となる。



目 次

9

1. 太陽光発電設備の構造・土木に関する電気事業関連法令
2. 傾斜地設置型太陽光発電システム設計・施工ガイドラインの概要
3. 電気事業法関連の動向



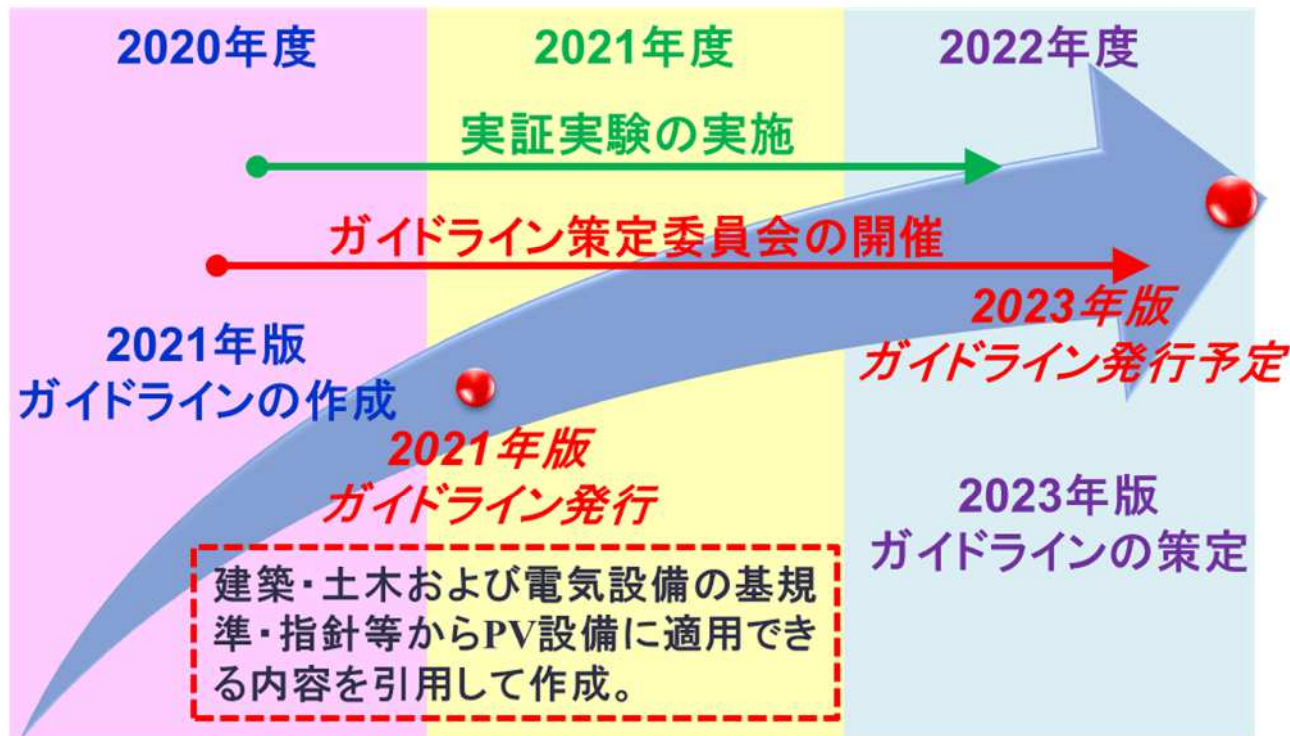
構造耐力評価機構
Structural Performance Evaluation Institute

NEDO研究プロジェクト

傾斜地設置型・営農型・水上設置型PVのガイドライン作成

10

- NEDO研究プロジェクト「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)」の一環として作成した。
- NEDOのWebサイトから無償ダウンロード可。



【受託事業者】

- ・ 産業技術総合研究所
- ・ 構造耐力評価機構
- ・ 八千代エンジニアリング
- ・ 太陽光発電協会
- ・ デロイトトーマツコンサルティング

再委託：

- ・ 大阪市立大学
- ・ 北海道科学大学
- ・ 防災科学技術研究所



構造耐力評価機構
Structural Performance Evaluation Institute

傾斜地設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドラインの概要

目次 地盤・造成の関連項目

11

- 1. 総則
- 2. 被害事例
- 3. 構造設計・施工計画
- 4. 電気設計・施工計画
- 5. 事前調査
- 6. 造成計画
- 7. 太陽電池アレイの配置計画
- 8. 設計荷重
- 9. 使用材料
- 10. 架台設計
- 11. 基礎の設計
- 12. 腐食防食
- 13. 電気設備の設計・施工
- 14. 施工
- 15. 維持管理計画

1.7 施工管理計画

5.1 資料調査

5.2 現地調査

6.1 基本事項

6.2 切土・盛土計画

6.3 排水計画(調整池)

6.4 のり面保護および斜面崩壊防止計画

6.5 環境・景観対策

14.1 一般共通項目

15.2 地盤・排水



構造耐力評価機構
Structural Performance Evaluation Institute

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。

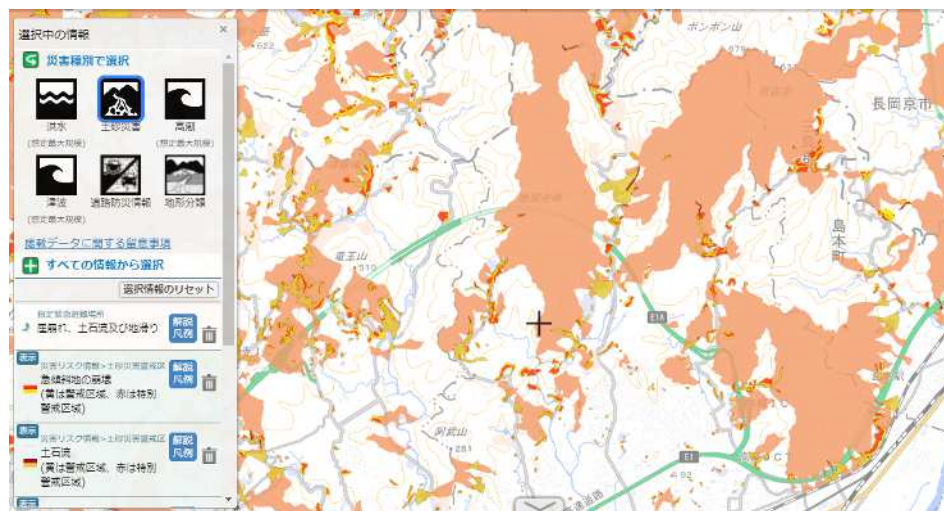


傾斜地設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドラインの概要

5.1 資料調査

13

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。



国土地理院：
重ねるハザードマップ
～自由にリスク情報を調べる～

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。

[解説]

検討に必要な基礎情報は以下の文献を参考にする。

- (公社)日本河川協会 : 建設省河川砂防技術基準(案)
- 林野庁 : 治山技術基準
- (社)日本道路協会 : 道路土工一切土工・斜面安定工指針

斜面の安定性評価には、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。

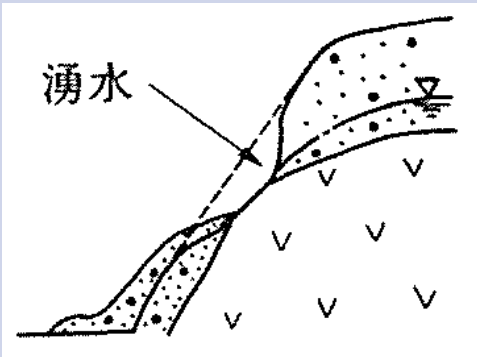
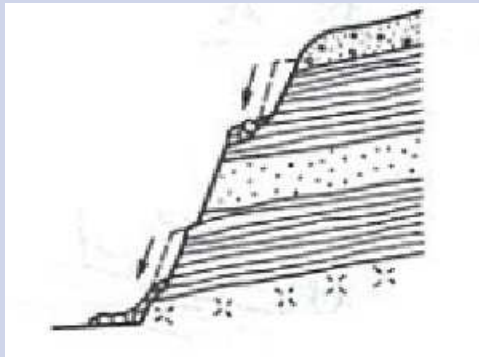
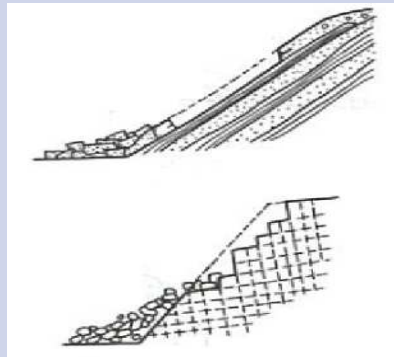


傾斜地設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドラインの概要

5.2 現地調査

15

斜面調査におけるポイントの例

解説	表土が崩落する。時には下層の強風化岩層を含んで滑落する。 <u>湧水が誘因になることが多い</u>	<u>岩の表層が風化等</u> に伴って滑落する	<u>流れ盤構造や、岩盤中の割れ目(節理、小断層、薄層)に沿って岩が滑落する。後者の場合、くさび状の崩壊も多い</u>
模式図			
代表地質	砂質土、粘性土、崩積土、花崗岩、凝灰岩、泥岩、粘板岩、安山岩等の強風化岩	泥岩、凝灰岩、輝緑岩、風化した粘板岩、片岩	流れ盤構造を有する岩、層理、片理、節理等の発達した岩(粘板岩、結晶片岩、花崗岩)

出典:「道路土工一切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)」,(公社)日本道路協会, P.20～22



構造耐力評価機構
Structural Performance Evaluation Institute

傾斜地設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドラインの概要

6.1 基本事項（造成計画）

16

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**。



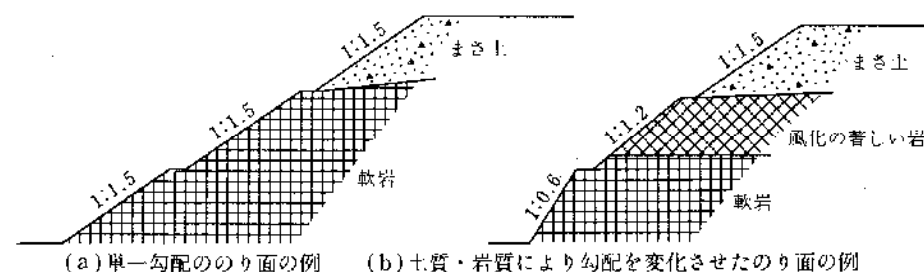
構造耐力評価機構
Structural Performance Evaluation Institute

6.2 造成計画

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。

表 3-5 切土法面の勾配（擁壁の設置を要しない場合）³⁻⁶⁾

法面の土質	法高	
	がけの上端からの垂直距離	
	① $H \leq 5\text{m}$	② $H > 5\text{m}$
軟岩（風化の著しいものは除く）	80 度以下 (約 1 : 0.2)	60 度以下 (約 1 : 0.6)
風化の著しい岩	50 度以下 (約 1 : 0.9)	40 度以下 (約 1 : 1.2)
砂利、まさ土、関東ローム、硬質粘土、その他これらに類するもの	45 度以下 (約 1 : 1.0)	35 度以下 (約 1 : 1.5)



出典： 地上設置型ガイドライン2019年版、宅地防災マニュアル(国土交通省)



構造耐力評価機構
Structural Performance Evaluation Institute

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に対象として、濁水の流出が生じないよう環境面からの検討を加える。

[解説]

- 造成地盤だけでなく、自然斜面においても排水工を設置する。
- 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。
- 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 $C=1.0$ となることに留意する。
- 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。
- 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、調整池の整備する。

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**、事前にの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。

[解説]

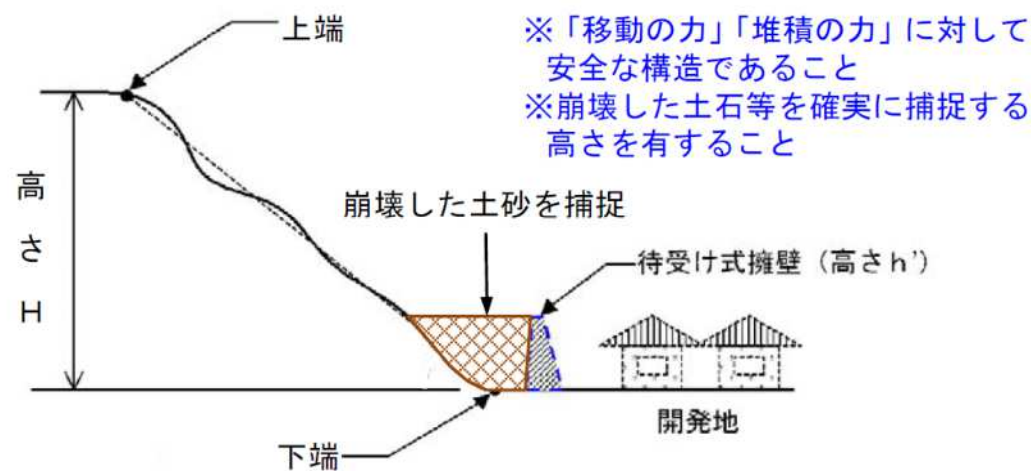
- 洗掘、雨裂による土砂流出は**1回の豪雨でも大規模な事故になることがあるので、のり面の保護を検討する**。
- 切土・盛土による造成に伴う**のり面保護に加え、表面が崩壊しないよう擁壁を設置すること**も検討する。
 - 参考文献：宅地防災マニュアルの解説(宅地防災研究会)
道路工—擁壁工指針(日本道路協会)



傾斜地設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドラインの概要

6.4 のり面保護および斜面崩壊防止計画

20



待ち受け工の例

急傾斜地の崩壊に関する
対策施設の例



構造耐力評価機構
Structural Performance Evaluation Institute

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。

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	• のり面の崩壊が生じる。
濁水	• 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	• ハ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	• 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。
工事に係る粉じんなど、騒音・振動	• 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	• 良好な景観が阻害、破壊される。
動物・植物・生態系	• 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	• 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。

【参考図書】

環境影響評価条例、太陽光発電の環境配慮ガイドライン、事業計画策定ガイドライン(太陽光発電)など



14.1 一般共通項目（施工）

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。

[解説]

- 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。



15.2 地盤・排水（維持管理）

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。

[解説]

- 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。
- 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。
- 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。



ガイドラインの更新

24

- 地盤・排水関連の内容の充実
 - 事前調査の具体化
 - のり面保護、排水関連の内容の充実
 - 工事中の斜面崩壊・土砂流出等の対策の具体化
 - 排水設計における降水量の設定の推奨
(支持物の構造設計と林地開発との整合性)
→ 支持物は再現期間50の荷重で設計
排水設備は再現期間は30年？
- 地盤侵食関連の実証実験
 - 太陽電池アレイの先端部からの落水による影響の検証
 - 植生工の有効性の確認



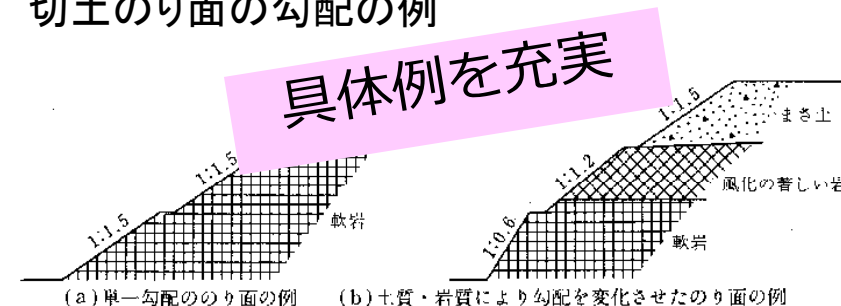
2023年3月の完成を目指して作業中

斜面調査におけるポイントの例

解説	表土が崩落する。時には下層の強風化岩層を含んで滑落する。湧水が誘因になることが多い	岩の表層が風化等に伴って滑落する	流れ盤構造や、岩盤中の割れ目(節理、小断層、薄層)に沿って岩が滑落する。後者の場合、くさび状の崩壊も多い
模式図			
代表地質	砂質土、粘性土、崩積土、花崗岩、凝灰岩、泥岩、粘板岩、安山岩等の強風化岩	泥岩、凝灰岩、輝緑岩、風化した粘板岩、片岩	流れ盤構造を有する岩、層理、片理、節理等の発達した岩(粘板岩、結晶片岩、花崗岩)

出典:「道路土工一切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)」,
(公社)日本道路協会

切土のり面の勾配の例



出典: 宅地防災マニュアル(国土交通省)

1. 太陽光発電設備の構造・土木に関する電気事業関連法令
2. 傾斜地設置型太陽光発電システム設計・施工ガイドラインの概要
3. 電気事業法関連の動向



今後の動向：経済産業省での規制①

26

2-5. 小出力発電設備に対する新たな規制体系の検討

- これまで一部保安規制の対象外だった小出力発電設備（太陽光発電設備（50kW未満）、風力発電設備（20kW未満））について、新たな類型に位置づけることを検討（下記図の青枠部分）。
- 既存の事業用電気工作物相当の規制を適用（技術基準維持義務等）しつつ、保安規程・主任技術者関係の規制については、これに代わり、基礎情報届出を求めることを検討。（下記図の赤枠部分。）

＜太陽電池発電設備の保安規制の対応＞		＜風力発電設備の保安規制の対応＞	
出力等条件	保安規制	出力等条件	保安規制
	＜事前規制＞ 安全な設備の設置を担保する措置		＜事前規制＞ 安全な設備の設置を担保する措置
	＜事後規制＞ 不適切事案等への対応措置		＜事後規制＞ 不適切事案等への対応措置
	技術基準維持義務 電気主任技術者の選任 工事計画の届出 使用前自主検査 使用前自己確認 【範囲拡大】		技術基準維持義務 電気主任技術者の選任 工事計画の届出 使用前自主検査 定期安全管理検査 使用前自己確認 【20kW以上】 報告徴収 事故報告 立入検査
2,000kW以上		500kW以上	
50kW～2,000kW		20kW～500kW	
小規模事業用電気工作物【新設】		20kW未満	
10kW～50kW			
10kW未満小出力発電設備 ※居住の用に供するものに限る			

- **50kW未満**の太陽光発電設備を小規模事業用電気工作物として位置づけ、**技術基準適合の維持義務**を要求する予定。
- **使用前自己確認制度**を**50～500kW**の太陽光発電設備にも**範囲拡大**する予定。



50kW未満の小規模発電設備においても土砂流出・地盤崩壊に対する維持義務が発生する。

出典：経済産業省第8回電気保安制度WG，資料4，2021.11.05



構造耐力評価機構
Structural Performance Evaluation Institute

今後の動向：経済産業省での規制②

27

2-6. 多様な立地環境を踏まえた対応の検討（事業用電気工作物への対応）

- 小出力発電設備に係る規制体系の適正化に加え、近年の多様な立地環境にある再エネ発電設備の保安確保に資する取組も併せて実施していくべき。
- 具体的には、①太陽電池発電所の使用前自己確認制度について、現行の対象範囲（500kW以上）及び小出力発電設備（50kW未満）における使用前の安全確認の意義は等しくするものと考えられることから、現在対象外としている50kW～500kW規模の太陽電池発電所についても、対象へ含める方向で検討。
- また、②使用前自己確認の確認項目について、太陽電池発電設備や風力発電設備については、現在は主に電氣的なリスクを中心に確認を求めているところであるが、設備の構造的なリスクについても確認を求めるべく、引き続き検討。
- なお、こうした太陽電池発電設備の支持物を含めた技術基準適合性確認の担保は、土砂災害警戒区域等の特殊な地形へ設置される場合の安全性の確保にも寄与すると考えられる。

- **使用前自己確認**において設備の構造的なリスクについての確認事項を追加する方向で検討中。



土砂災害に対する安全性の確保にも寄与する。

＜事業用電気工作物への対応＞

（現行の保安規制）

出力条件	技術基準適合性確認 (電気設備)	技術基準適合性確認 (支持物)
2,000kW以上	工事計画届出	
500kW～2,000kW	使用前自己確認	△※
50kW～500kW	×	×

（検討事項）

- ①使用前自己確認制度における「支持物」の確認項目の追加
- ②500kW未満の太陽電池発電設備の使用前の自己確認を制度化

出典：経済産業省第8回電気保安制度WG，資料4，2021.11.05



構造耐力評価機構
Structural Performance Evaluation Institute

お問い合わせ

28



一般社団法人 構造耐力評価機構
理事 高 森 浩 治
TEL: 06-6258-6200
Email: info@spei.or.jp



構造耐力評価機構
Structural Performance Evaluation Institute