

太陽光発電システムの不具合事例とその対処例

2020年3月31日



公共産業部会 太陽光発電O&Mタスクフォース

目 次

はじめに	5
(1) 太陽光発電システムの長期安定化電源化の要件等の調査	7
(2) 太陽光発電システムの不具合事例とその対処例	13
A：全般	15
A-1：保守点検業務の例	15
A-2：当初設計の不良／施工の不備	28
B：アレイ・モジュール	31
B-1：太陽電池内部故障による出力低下	31
B-1-1：クラスタ故障パネル複数枚発生によるストリング単位の発電電力低下	31
B-1-2：太陽電池モジュールの出力低下（クラスタ故障）	34
B-2：影や破損・雷害等による出力低下	36
B-2-1：太陽電池モジュールの出力低下（飛来物）	36
B-2-2：草刈り時のケーブル破損防止用ポールによる影	38
B-2-3：シミュレーション値に対して20％程度の発電量減少	39
B-2-4：雷害による発電量の低下	42
B-3：太陽電池の内部損傷（ホットスポット）	45
B-4：太陽電池モジュールのセルクラック	47
C：ケーブル・コネクタ	49
C-1：ケーブルの絶縁破壊	49
C-2：太陽電池モジュールケーブルのコネクタ接合部の高抵抗化	51
C-3：大規模なコネクタ焼損	53
C-4：太陽電池モジュールのコネクタ溶断	55
C-5：ケーブル切断による出力停止	57
C-6：ケーブル切断による出力停止	58
D：架台・基礎	61
D-1：地上設置型太陽光発電システムの基礎・架台の不具合の例	61
D-2：太陽電池モジュールの脱落	71
D-3：異常降雪量による架台の積雪荷重の影響による基礎部の変形	72
D-4：アレイ周辺、基礎部の土砂流出	74

E：接続箱・PCS	77
E-1：接続箱内の開閉器の破損・溶損	77
E-2：収納遮断器の早期トリップ不具合	80
E-3：結露	82
E-3-1：交流集電箱結露対策	82
E-3-2：交流集電箱内結露対策	84
E-4：PCSのフィルター目詰まり	86
E-4-1：PCSのフィルター目詰まりによる稼働停止	86
E-4-2：PCSフィルター目詰まりによる温度上昇からの停止	89
E-4-3：PCSの吸入口の目詰まり	91
E-5：PCSの冷却不足による出力低下	92
E-6：一部のPCSには交流出力側に高い対地電圧が生じる場合	94
F：キュービクル・発電設備周辺環境	97
F-1：結露による電気設備の錆発生	97
F-2：空調機異常検出	99
F-3：植生	101
F-3-1：キュービクル内部への植物（ツル）の侵入	101
F-3-2：防草シートの不具合	103
F-3-3：PCSにツル（クズ）が伸びて稼働停止	105
F-3-4：雑草による発電量の低下等	107
G：その他	111
G-1：設計図書の不足	111
G-2：不十分な点検作業	112
G-3：出力制御（旧ルール）にて出力制御（PCSオフ）時に異常検知	115
G-4：雑草によるフェンス倒壊の恐れ	118
O&Mタスクフォースのメンバー社（50音順）	121
謝辞	121

はじめに

2012年7月の固定価格買取制度（FIT制度）の導入以降、再生可能エネルギーの中でも太陽光発電システム（PVシステム）はリードタイムが短いこと、比較的多くの事業者が取組めること等から、非住宅分野での太陽光発電の市場が大きく拡大した。

わが国の太陽光発電の導入状況は2019年9月末の時点で約46.8GW超に達している。既に設置されたPVシステムを含め、如何にして発電システムとして長期間にわたり安全・安心に稼働させ、最大の発電量を保持し、信頼性のある長期発電システムとして経済的に運営できることが、主力電源として将来の電源を担うためには不可欠であることも認識されてきた。

一方で、急激な市場拡大と導入量の増加は将来的に各電力会社管内の発電量が最低負荷需給量を上回る懸念となり、電力会社の系統接続保留問題や地域での系統接続インフラが十分に追い付いていない地区の送配電インフラのネック等の課題も発生している。

また、PVシステム設置の企画・立案・事前設計の段階での調査や協議の不十分、設計の考え方や方法の失考、運用の過誤・緩急等に起因すると思われる不具合事例も散見され、初期段階での基本設計を的確に行うことが施工や運転開始後のPVシステム不具合を最小化する傾向にあることも経験的に見えてきた。

今後、PVシステムの設置条件と環境は様々な制約要件により厳しくなる状況にあり導入段階での事前調査・検討・設計が将来の電源として活用するために非常に重要であることがわかってきた。2019年11月からはFIT制度でのPVシステムからの余剰買取制度が終了する設備が開始したが、FIT期間以降もそれらの設備を継続して使用（発電）するための検討やFIT制度期間内においてもPVシステムの売買等も行われつつある。PVシステムの長期健全運営の技術面での検討や長期安定的な発電設備として資産の保全の面からのPVシステム運用等、市場からのニーズも高まっている。FIT制度の期間終了以降のPVシステム稼働に関する課題やPVシステムを長期的に活用するための要件等を検討・情報発信すること等を産業界（業界団体）として一般社団法人太陽光発電協会（JPEA）が対応することについての要望が寄せられている。

このような状況において、JPEAは公共産業部会 太陽光発電O&Mタスクフォース（O&MTF）の活動の一環として、以下の2項目の検討を行った。

- (1) PVシステムの長期安定電源化として求められる要件の具体化に要求される「要件」「設計配慮事項」「制度案」及び「対策アイディア」等に関するアンケートを実施し、メンテナンス分野に関する各エレメントの概要をまとめた。
（注：この内容等はアンケート実施当時のO&MTFの見解であり、今後、広く関係者からのご意見も伺いたい所存。）
- (2) PVシステムを長期的に活用するための課題や留意点等の要件を検討する参考のとして、PVシステムの設計・施工・運転・保守点検等に関する初期不良や不具合の事例とそれらの対処例についての情報収集を行い、カテゴリー別の事例をまとめた。

PVシステムが主力電源としての期待に応えるため、また、長期安定稼働の実現に向けて、本書が参考になれば幸いである。

(1) 太陽光発電システムの長期安定化電源化の要件等の調査

一般社団法人太陽光発電協会（ＪＰＥＡ）では、太陽光発電システム（ＰＶシステム）の長期安定電源化の具体化に要求される「要件」「設計配慮事項」「制度案」及び「対策アイディア」等に関し、以下のアンケートを実施した。

- 実施期間：２０１５年７月３日（金）～７月１５日（水）
- 対象：ＪＰＥＡ公共産業部会及び太陽光発電事業者ワーキンググループ（現、太陽光発電事業者連絡会）
- アンケートの内容
 - 再生可能エネルギーの長期的に安定・自立化に向けて、PVシステムの長期モデル化をより具体化するために要求されるメンテナンス分野における「要件」「設計配慮事項」「制度案」「対策アイディア」等を聴取した。
 - 対象機器は次の７項目とした
 - ① 太陽電池
 - ② パワーコンディショナ（PCS）
 - ③ 周辺機器（BOS）
 - ④ 架台・工事
 - ⑤ 受変電機器
 - ⑥ 測定機器
 - ⑦ その他の機器
- 回答：１３社
- まとめ
 - アンケートで聴取したメンテナンス分野の意見を対象機器ごとに下表のように項目及び概要としてまとめた。（なお、この表に記載した内容等はアンケート実施当時のＯ＆ＭＴＦの見解であり、今後、広く関係者からのご意見も伺いたい所存である。）

(a) 太陽電池

項目	概要
高効率継続的な稼働	・ ガラス表面の粉塵や汚濁の軽減による変換効率向上及び長期安定化としての洗浄ロボットの開発・標準化 ・ パネル表面の防汚コーティングの開発推進 ・ 簡易かつ安価な洗浄方法の開発 ・ 経時変化の確認 ・ メーカーの補償体制の充実 ・ メンテナンスに関わる部署を整備モジュール納入した発電事業者を中心に、モジュールメーカーが行うメンテナンスの必要性の訴求と採用の働きかけ
ストリング、PCS単位でのモジュール診断技術	・ 監視システムのデータ簡易計測機等の診断可能とすることによる安定稼働を図るための解析手法の確立 ・ ケーブル取り替えの円滑化
パネル不良箇所の発見・検索	・ ＥＬ測定技術による診断 ・ Ｉ－Ｖ特性測定 ・ 不良判断基準の標準化、 ・ 性能評価（アレイ、システム）の標準化
安全性	・ ダイオードの健全性の確認 ・ 火災事故発生時の対策指針の策定（電氣的要因以含む）

	- 塩害地区での絶縁性能向上の対策 30年以上経過モジュールでも、電圧状態を確認することで、回路組み直しによる長期使用
メンテナンスでの測定基準の標準化	- パフォーマンスレシオ（PR）の標準記録と経過データ - 継続的な性能測定基準の確立 - 一定期間を経過したPRの推移及びI-V測定
技術分野関係	- パネルメーカーが市場から撤退した際のメンテナンス等のフォローアップ体制の整備 - 廃棄パネルの回収や適正な処理が実行できる仕組みの検討

(b) パワーコンショナ（PCS）

項目	概要
共通のメンテナンス課題と対策	- 自家用電気工作物規模の容量になると保安規程により年次点検が必要になる。その際、PCS搭載の系統保護継電器の試験方法が、各メーカーにしかできない構造。また、単独運転検出装置では、現場で試験ができない機種もある。 - 定期点検をメーカー推奨のメンテナンス基準で确实実施。 - 自己診断機能（テストスイッチ）がその試験の代用になるようにメーカー、保安監督部で摺合せをして欲しい。機能代用でのメンテナンスコストの低減が可能となる。 - PCSエラーコードの標準化 - オーバーホール方式等の標準化
遠隔監視によるメンテナンス	- 遠隔監視の普及促進 - 遠隔でのPCSエラーのモニタリング（遠隔診断や遠隔メンテナンス） - 専門家でなくてもわかる緊急対応 - 異なったPCSメーカーであっても、アラートの感知やエラーメッセージがわかるしくみ - 遠隔システムとの協調部分の責任範囲
高効率稼働	- 主要基板の一定期間毎の交換（効果：故障率の低下） - 制度面で金銭的な支援策の検討必要（例：一定期間の主要部品在庫の確保支援） - カートリッジ方式による基幹部品の交換 - 交換作業の迅速化 - フィルターの簡易清掃化 - 蓄電池併用の場合の充放電管理
法的な面でのメンテナンス内容	- 高圧受電の場合、自家用電気工作物となり、保安規定に基づく点検が法的に義務化されており、その点検内容を确实なメンテナンスが出来るようにする。（推奨点検内容の提示） - 機器更新時の公的補助金制度
技術分野関係	- PCS設置環境に関する設置ガイドラインの徹底化 - PCS補修・修理期間の短縮化ならびに標準期間等の目安

(c) 周辺機器

項目	概要
共通のメンテナンス課題と対策	・ スtring毎の直流地絡継電器の制度化として、PCS 1台の規模が大きくなるとPVモジュール側での故障の特定が難しくなる。 ・ String毎の直流地絡継電器設置を制度化することにより地絡故障発生時の原因の特定と切り離しを速やかにできることにより安全性が向上する ・ メンテナンスのしやすいキュービクル（盤）の設計
直流側のメンテナンス等の効率化・安全対応	・ 接続箱、集電箱での直流接点での定期的な確認方法の標準化 ・ 直流側の絶縁測定効率化（確実性の担保も含む）
メンテナンス基準の明確化	・ 遠隔監視機器等の収納方法とメンテ範囲 ・ 周辺機器の設置方法の最低限の基準（高さ、強度、場所、温度、負荷等）の確立
技術分野関係	・ 蓄電池の期待寿命はリチウム電池で約10年であり更新時の公的補助金 制度を望む。 ・ 出力制御機器と他のエネルギー・マネジメント・システムやデマンドレスポンスとの共有化を図る。

(d) 基礎・架台・施工

項目	概要
共通のメンテナンスの課題と対策	・ 直流側の絶縁測定効率化 ・ 接続箱、集電箱の直流接点での定期的な確認方法の標準化 ・ 基礎・接合部・機器ごとのメンテナンス基準の明確化 ・ 災害時の基本確認内容 ・ 集中豪雨等の排水状況の効率的確認 ・ メンテナンスしやすい盤設計（設置場所と架台の位置） ・ 遠隔監視機器等の収納方法とメンテ範囲 ・ 周辺機器の設置方法の最低限基準（高さ、強度、場所、温度、負荷等）の確立
長寿命化	・ 直流部の損傷、摩擦損傷等の確認 ・ アース線の確認 ・ 軟弱地盤等での沈降対策 ・ 傾斜地等での保水力確保、排水状況 ・ 地際腐食の劣化対応 ・ 塀・柵等の保全補修
技術分野関係	・ 電気工作物と建築物としての基準の明確化（建築基準をどこまで電気工作物へ適用するか） ・ 地域に役立つ取り組みを行っている発電所の顕彰・表彰制度による促進策 ・ 地域への還元に対するマークの創出（例：木製架台等地元資源活用等）

(e) 受変電設備

項目	概要
共通のメンテナンスの課題と対策	・ 予防交換としての主要機器の一定期間毎の交換により故障率の低下が見込める場合の制度として支援策の検討 ・ 主要（重要）部品一定期間の在庫保有の義務化
長期安定化への対応	・ 定例（例：月1回程度）の点検 ・ キュービクルの遠隔絶縁監視を直流部まで拡大の検討 ・ 継続的メンテナンス記録の変化確認 ・ 低圧屋外設置でのメンテナンス基準の明確化 ・ 保安基準以外での留意点の確認
技術分野関係	・ 高圧受電設備の遠隔絶縁監視業務の拡張としてのP V 遠隔管監視 ・ 高圧設備等の法定点検に加えて、保全点や発電診断等の実施

(f) 測定機器

項目	概要
共通のメンテナンスの課題と対策	・ 電気保安上、測定機器は直接的には電源部に連動していないため、軽視されがちと思われる。 ・ 測定機器のトラブル防止として、測定機器の定期メンテナンス基準の整備 ・ 遠隔監視機器のメンテナンスの重要性の認識
長期安定化への対応	・ I-Vカーブトレーサ、ソーラーメンテナンス機器の使用 ・ ドローンを利用したホットスポット検出や汚れ検出の仕組み ・ ホットスポット・不具合箇所の早期発見に向けた経過観察
技術分野関係	・ 高圧受電設備の遠隔絶縁監視業務の拡張としてのP V 遠隔管監視 ・ 常時監視、定期検査等の適用判断の目安と経済指標等の検討 ・ 日射量とシステム発電量の関係を定期的に分析したトラックレコードによる診断技術の普及

(g) その他

項目	概要
共通のメンテナンスの課題と対策	・ 施工と同様に、保守点検（O & M）についてもメンテナンス事業実績、内容・技術力を考慮の上、業者を選定できる仕組みが必要（可能であれば、施工（工事）も理解できている業者を選定する仕組みとすることが望ましい。） ・ 発電システム投資家やユーザーに対するメンテナンスの重要性の啓発 ・ 環境負荷を抑えた雑草対策（例：除草剤等を適切な使用や不使用等）の手法に関する情報交換の機会を地域ごとに設定
長期安定化	・ 長期的一定金額でのメンテナンス保全計画の実行による長期安定電化 ・ 監視サービスのビジネスモデル構築 ・ 地上設置の雑草等の定期的なメンテナンス対策 ・ 遠隔監視サービスの徹底化の啓発

	• 発電量予想手法に基づく柔軟な系統運用 • スマート化や系統側との協調の強化による発電プラントとしての価値向上（蓄電池、自家発電の機器・設備との最適な協調運用） • 発電設備資産保全の手法としての金融機関等の要請内容の検討と整備 • 発電設備の売却に伴う設備評価手法の整備 • 保険会社等からの付保適用事例の情報公開
保証の範囲の明確化	• 機器・システム・工事に応じた保証範囲の明確化
メンテナンス契約	• 設備規模に応じたメンテナンス契約内容の標準化（メンテナンス項目や最低必要要件等） • 保険対象と保証・保障範囲の明確化 • 主任技術者の資格職務範囲の明確化と範囲外となる機器・設備への保全管理の関係の明確化の検討
技術分野関係	• O E Mや受託によるシステムメンテナンスサービス業務の拡充化についての制度的なインセンティブの検討 • 過去のトラックレコードの分析と保険会社等との協力による保険料率の改善検討 • 省エネ法の強化（義務化）とファシリティー・マネジメントとの関係付ける制度の検討 • 市場から撤退したメーカーの機器を使用したP V設備に対する救済方法の検討（制度的対応の可否の検討） • 広域電力連系の加速（広域連系線の活用ルールの改善、電力 会社間精算方式、連系線マージンの見直し拡大等）

（２）太陽光発電システムの不具合事例とその対処例

FIT制度の期間中や期間終了以降も太陽光発電システム（PVシステム）が安全かつ健全に稼働を続けることが必須である。一般社団法人太陽光発電協会（JPEA）は経済産業省／産業構造審議会／保安・消費生活用製品安全分科会／電力安全小委員会の第18回新エネルギー発電設備事故対応・構造強度ワーキンググループのオブザーバーとして「小出力太陽光発電設備（50kW未満の一般用電気工作物の健全な普及を目指して）」の中で、今後、事故につながる可能性のある事例を収集する旨を公表した。

JPEA公共産業部会の太陽光発電O&Mタスクフォース（O&MTF）では、その活動の一環でPVシステムを長期的に活用するための課題や留意点等の要件を検討する参考としてPVシステムの設計・施工・運転・保守点検等に関する初期不良や不具合の事例とそれらの対処例についての情報収集を行った。

以下に「A：全般」「B：アレイ・モジュール」「C：ケーブル・コネクタ」「D：架台・基礎」「E：接続箱・PCS」「F：キュービクル・発電設備周辺環境」及び「G：その他」としてカテゴリー別の不具合事例とその対処例を収集し、まとめた。

A：全般

A-1：保守点検業務の例

① 分類

No.	A-1
分類	全般
内容	保守点検業務のモデル例

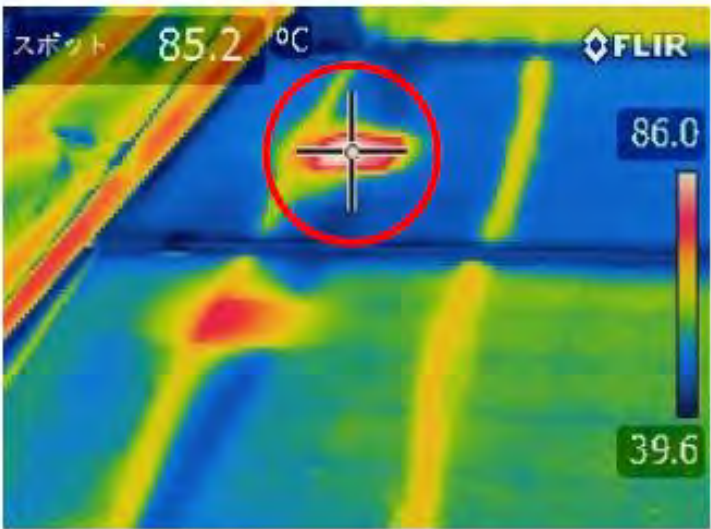
業務のフロー				備考																																																																																																																																																																	
保守点検 ※ 点検メニューに応じて点検作業を行う。 ・基本メニュー <table border="1"> <thead> <tr> <th>機能区分</th><th>点検項目</th><th>点検内容</th><th>5ヶ月</th><th>12ヶ月</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="8">モジュール ・ 基板</td><td rowspan="4">目視</td><td>モジュール表面の汚れ・破損</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>モジュールフレームの破損・変形</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>モジュールケーブルの損傷・断線と固定</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>モジュール・基板の固定ボルトの緩み・錆</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td rowspan="4">測定</td><td>基板の腐食・錆</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>変形とレベルの確認</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>コネクタの損傷・緩み</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>モジュール表面温度分布</td><td>IR測定</td><td>○</td></tr> <tr> <td rowspan="8">集電箱</td><td rowspan="4">目視</td><td>接地抵抗</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>外箱の外観</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>外箱の固定</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>内部の状況</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td rowspan="4">測定</td><td>防水処理</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>端子台のネジ緩み</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>端子台のネジ緩み確認（締付けトルクチェック）</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>端子台等の温度分布</td><td>IR測定</td><td>○</td></tr> <tr> <td rowspan="8">接続箱</td><td rowspan="4">目視</td><td>接地抵抗測定</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>外箱の外観</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>外箱の固定</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>内部の状況</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td rowspan="4">測定</td><td>防水処理</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>端子台のネジ緩み</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>端子台のネジ緩み確認（締付けトルクチェック）</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>端子台等の温度分布</td><td>IR測定</td><td>○</td></tr> <tr> <td rowspan="6">ケーブル</td><td rowspan="2">目視</td><td>絶縁電流または内部インピーダンス測定</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>開放電圧測定</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td rowspan="4">測定</td><td>ケーブルの損傷・断線</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>ケーブル保護材（管）の損傷・変形・亀裂</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>ケーブルの絶縁抵抗（分散型PCS）</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>ケーブルの絶縁抵抗（集中型PCS）</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td rowspan="17">PCS</td><td rowspan="8">目視</td><td>外箱の外観</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>内部の状況</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>防水処理</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>端子台のネジの緩み</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>運転履歴・同期履歴・エラー履歴</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>充電電圧</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>絶縁抵抗の測定・点検</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>ファンの清掃・点検</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td rowspan="9">測定</td><td>運転時の異音・異臭・振動</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>ヒューズ・過電流</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>SPD（サージ保護デバイス）</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>端子台等の温度分布</td><td>IR測定</td><td>○</td></tr> <tr> <td>出力電圧</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>接地抵抗</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>接地抵抗測定</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>接地抵抗測定</td><td>○</td><td>○</td></tr> <tr> <td>接地抵抗測定</td><td>○</td><td>○</td></tr> </tbody> </table>				機能区分	点検項目	点検内容	5ヶ月	12ヶ月	モジュール ・ 基板	目視	モジュール表面の汚れ・破損	○	○	モジュールフレームの破損・変形	○	○	モジュールケーブルの損傷・断線と固定	○	○	モジュール・基板の固定ボルトの緩み・錆	○	○	測定	基板の腐食・錆	○	○	変形とレベルの確認	○	○	コネクタの損傷・緩み	○	○	モジュール表面温度分布	IR測定	○	集電箱	目視	接地抵抗	○	○	外箱の外観	○	○	外箱の固定	○	○	内部の状況	○	○	測定	防水処理	○	○	端子台のネジ緩み	○	○	端子台のネジ緩み確認（締付けトルクチェック）	○	○	端子台等の温度分布	IR測定	○	接続箱	目視	接地抵抗測定	○	○	外箱の外観	○	○	外箱の固定	○	○	内部の状況	○	○	測定	防水処理	○	○	端子台のネジ緩み	○	○	端子台のネジ緩み確認（締付けトルクチェック）	○	○	端子台等の温度分布	IR測定	○	ケーブル	目視	絶縁電流または内部インピーダンス測定	○	○	開放電圧測定	○	○	測定	ケーブルの損傷・断線	○	○	ケーブル保護材（管）の損傷・変形・亀裂	○	○	ケーブルの絶縁抵抗（分散型PCS）	○	○	ケーブルの絶縁抵抗（集中型PCS）	○	○	PCS	目視	外箱の外観	○	○	内部の状況	○	○	防水処理	○	○	端子台のネジの緩み	○	○	運転履歴・同期履歴・エラー履歴	○	○	充電電圧	○	○	絶縁抵抗の測定・点検	○	○	ファンの清掃・点検	○	○	測定	運転時の異音・異臭・振動	○	○	ヒューズ・過電流	○	○	SPD（サージ保護デバイス）	○	○	端子台等の温度分布	IR測定	○	出力電圧	○	○	接地抵抗	○	○	接地抵抗測定	○	○	接地抵抗測定	○	○	接地抵抗測定	○	○	現地データは点検作業後1営業日中にPCIにデータ移行を行うこと。 各種検査機器にて収集したデータを保管、分析をする。 高所作業の場合安全課と連携し保険処理を行うこと。
機能区分	点検項目	点検内容	5ヶ月	12ヶ月																																																																																																																																																																	
モジュール ・ 基板	目視	モジュール表面の汚れ・破損	○	○																																																																																																																																																																	
		モジュールフレームの破損・変形	○	○																																																																																																																																																																	
		モジュールケーブルの損傷・断線と固定	○	○																																																																																																																																																																	
		モジュール・基板の固定ボルトの緩み・錆	○	○																																																																																																																																																																	
	測定	基板の腐食・錆	○	○																																																																																																																																																																	
		変形とレベルの確認	○	○																																																																																																																																																																	
		コネクタの損傷・緩み	○	○																																																																																																																																																																	
		モジュール表面温度分布	IR測定	○																																																																																																																																																																	
集電箱	目視	接地抵抗	○	○																																																																																																																																																																	
		外箱の外観	○	○																																																																																																																																																																	
		外箱の固定	○	○																																																																																																																																																																	
		内部の状況	○	○																																																																																																																																																																	
	測定	防水処理	○	○																																																																																																																																																																	
		端子台のネジ緩み	○	○																																																																																																																																																																	
		端子台のネジ緩み確認（締付けトルクチェック）	○	○																																																																																																																																																																	
		端子台等の温度分布	IR測定	○																																																																																																																																																																	
接続箱	目視	接地抵抗測定	○	○																																																																																																																																																																	
		外箱の外観	○	○																																																																																																																																																																	
		外箱の固定	○	○																																																																																																																																																																	
		内部の状況	○	○																																																																																																																																																																	
	測定	防水処理	○	○																																																																																																																																																																	
		端子台のネジ緩み	○	○																																																																																																																																																																	
		端子台のネジ緩み確認（締付けトルクチェック）	○	○																																																																																																																																																																	
		端子台等の温度分布	IR測定	○																																																																																																																																																																	
ケーブル	目視	絶縁電流または内部インピーダンス測定	○	○																																																																																																																																																																	
		開放電圧測定	○	○																																																																																																																																																																	
	測定	ケーブルの損傷・断線	○	○																																																																																																																																																																	
		ケーブル保護材（管）の損傷・変形・亀裂	○	○																																																																																																																																																																	
		ケーブルの絶縁抵抗（分散型PCS）	○	○																																																																																																																																																																	
		ケーブルの絶縁抵抗（集中型PCS）	○	○																																																																																																																																																																	
PCS	目視	外箱の外観	○	○																																																																																																																																																																	
		内部の状況	○	○																																																																																																																																																																	
		防水処理	○	○																																																																																																																																																																	
		端子台のネジの緩み	○	○																																																																																																																																																																	
		運転履歴・同期履歴・エラー履歴	○	○																																																																																																																																																																	
		充電電圧	○	○																																																																																																																																																																	
		絶縁抵抗の測定・点検	○	○																																																																																																																																																																	
		ファンの清掃・点検	○	○																																																																																																																																																																	
	測定	運転時の異音・異臭・振動	○	○																																																																																																																																																																	
		ヒューズ・過電流	○	○																																																																																																																																																																	
		SPD（サージ保護デバイス）	○	○																																																																																																																																																																	
		端子台等の温度分布	IR測定	○																																																																																																																																																																	
		出力電圧	○	○																																																																																																																																																																	
		接地抵抗	○	○																																																																																																																																																																	
		接地抵抗測定	○	○																																																																																																																																																																	
		接地抵抗測定	○	○																																																																																																																																																																	
		接地抵抗測定	○	○																																																																																																																																																																	

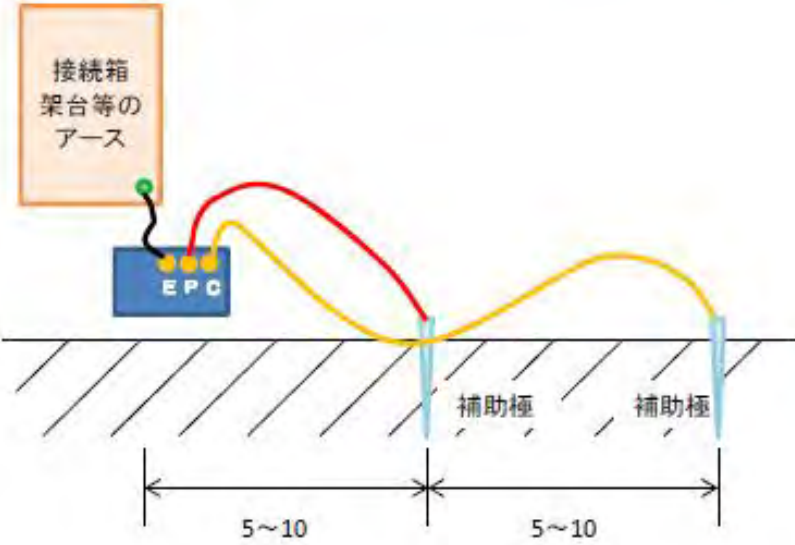
- 【備考】
- ※ 点検作業時には充電の停止が稀にあります。
 - ※ 屋根上設置等の場合は目視確認ができない場合があります。
 - ※ システム内容によって、上記項目の該当機器が無く、一部点検不要となる場合があります。
 - ※ 端子台の緩み確認、錆確認、インシロク等の結果確認は、容易に確認が可能な箇所となります。
 - ※ 上記点検内容には、詳細調査、修正、補修、修理等は含まれていません。

業務のフロー	備考
① 目視点検 a モジュール・架台 ・表面の汚れ・破損、フレームの破損・変形の有無  ・ケーブルの損傷・断線の有無、固定、コネクタの損傷・緩みの有無  ・架台の腐食・錆、ボルトの緩み・錆、変形の有無 (ボルトの締め付けトルクは15N以上ただし、仕様書に 締め付けトルクが指示されている場合はそちらを優先)  	ガラス割れ、ごみ付着の確認 モジュールフレームの破損・変形の確認 ケーブルの傷・亀裂と固定の確認 コネクタの損傷・緩みの確認 錆の確認 架台ボルトの緩みや錆の確認 変形とレベル(水平、垂直)の確認

業務のフロー	備考
① 目視点検 パワーコンディショナー ・外箱の外観確認  ・作動、エラー、抑制の確認、発電量の確認  ・フィルターの点検・清掃 	錆の確認 表示装置、表示パネル、設定値での確認 発電量、月次・年次で確認、不可の場合は現状の発電量確認 フィルターの目視・触診確認と清掃

業務のフロー	備考
・ファンの点検・清掃  ・リミットスイッチ状態の確認 ・端子部の緩み、焼損 ・異音、異臭、振動の確認 ・結露、漏水の確認 ・サビの確認 ・止水材の確認 ・ヒューズ、遮断器の確認 ・SPD(サージ保護デバイス)の確認 	風量、異音の確認と清掃 各センサーに連動するリミットを確認 端子の緩み、焼損の有無確認 運転時に異音、異臭、振動がないか確認 内部の結露、漏水の確認 内部の加工時やもらい錆の確認 入線部、ボックス周りの止水状況確認 ホコリの付着や外形の変形等を確認 SPDの表示確認

業務のフロー	備考
② 測定 a IR測定   使用上の注意点 ・太陽に向けないこと ・ガラスは反射し正確な温度を測定することができない。よってモジュール測定時はできるだけ測定面に対し、水平方向から見るようにしモジュール上部の空気を測定すること。	サーモグラフィーによる判定 端子部分の焼損確認

業務のフロー	備考
② 測定 b 接地抵抗測定   使用上の注意点 ・測定箇所と補助極の距離は5～10mとし、直線上に並ぶようにすること	接地抵抗測定

業務のフロー	備考
② 測定 c 絶縁抵抗測定  使用上の注意点 ・測定箇所が無充電状態であることを確認すること ・絶縁手袋を着用すること ・パワコンの制御部等、精密部分には電圧をかけないこと ・接続箱～集電箱間は接続箱側のケーブルを開放状態として集電箱側から測定する	接続箱～集電箱間 集電箱～接地間 モジュール～接地間 接続箱出力端子 ～接地間

業務のフロー	備考
② 測定 d 開放電圧測定  使用上の注意点 ・ブレーカーを開放し、2次側(モジュール側)で測定する ・絶縁手袋を着用すること	電圧確認

業務のフロー	備考
② 測定 ・電圧・電流測定   使用上の注意点 ・集電箱での電圧、電流に異常が見られない場合は接続箱では電圧の有無の確認のみとする ・絶縁手袋を着用すること	電圧測定 電流測定

点検メニュー

機器区分		点検項目	点検内容	6ヶ月	12か月
モジュール・ 架台	目視	モジュール表面の汚れ・破損	ガラス割れ、ゴミ付着の確認	○	○
		モジュールフレームの破損・変形	モジュールフレームの破損・変形の確認	○	○
		モジュールケーブルの損傷・断線と固定	ケーブルの傷・亀裂の確認	○	○
		モジュール・架台の固定ボルトの緩み・錆	緩み（締付けトルクチェック）・錆の確認		○
		架台の腐食・錆	腐食・錆の確認	○	○
		架台の変形	変形とレベルの確認	○	○
		コネクタの損傷・緩み	コネクタの損傷・緩みの確認	○	○
	測定	モジュール表面温度分布	IR測定		○
接地抵抗		接地抵抗の測定		○	
集電箱	目視	外箱の外観	錆・破損・変形の確認	○	○
		外箱の固定	固定ボルトの緩み確認	○	○
		内部の状態	内部の錆・結露・漏水の確認と清掃	○	○
		防水処理	コーキング、パテ処理の確認	○	○
		端子台のネジ緩み	端子台のネジ緩み確認（締付けトルクチェック）	○	○
	測定	端子台等の温度分布	IR測定		○
接地抵抗		接地抵抗測定		○	
接続箱	目視	外箱の外観	錆・破損・変形の確認	○	○
		外箱の固定	固定ボルトの緩み確認	○	○
		内部の状態	内部の錆・結露・漏水の確認と清掃	○	○
		防水処理	コーキング、パテ処理の確認	○	○
		端子台のネジ緩み	端子台のネジ緩み確認（締付けトルクチェック）	○	○
	測定	端子台等の温度分布	IR測定		○
短絡電流または内部インピーダンス測定		短絡電流または内部インピーダンスの測定		○	
開放電圧測定		各回路の開放電圧の測定		○	
ケーブル	目視	ケーブルの損傷・断線	ケーブルの傷・亀裂の確認	○	○
		ケーブル保護材（管）の損傷・変形・亀裂	PFD、VE管、金属管、ラック等の固定と劣化確認	○	○
	測定	ケーブルの絶縁抵抗（分散型PCS）	モジュール－PCS－集電箱		○
ケーブルの絶縁抵抗（集中型PCS）		モジュール－接続箱－集電箱－PCS		○	
PCS	目視	外箱の外観	錆・破損・変形の確認	○	○
		内部の状態	内部の錆・結露・漏水の確認と清掃	○	○
		防水処理	コーキング・パテ処理の確認	○	○
		端子台のネジの緩み	端子台のネジ緩み確認（締付けトルクチェック）	○	○
		運転履歴・抑制履歴・エラー履歴	表示装置で最新の10件程度を確認	○	○
		発電量	発電電力・積算発電量の確認	○	○
		給排気口の清掃・点検	給排気部分を目視、触診で異常ないか確認	○	○
		ファンの清掃・点検	風量・異音の確認および清掃	○	○
		運転時の異音・異臭・振動	運転時に異音・異臭・異常振動がないか確認	○	○
		ヒューズ、遮断器	変色や変形等を確認	○	○
		SPD（サージ保護デバイス）	表示部の変色確認	○	○
	測定	端子台等の温度分布	IR測定		○
		出力電圧	出力電圧測定		○
		接地抵抗	接地抵抗測定		○

《備考》

- ※ 点検作業時には発電の停止が伴います。
- ※ 屋根上設置等の場合は目視確認ができない場合があります。
- ※ システム内容によって、上記項目の該当機器が無く、一部点検不要となる場合があります。
- ※ 架台の緩み確認、錆確認、インシュロック等の結束確認は、容易に確認が可能な箇所とします。
- ※ 上記点検内容には、詳細調査、是正、補修、修理等は含まれていません。

A-2 : 当初設計の不良／施工の不備

① 分類

No.	A-2
分類	全般
内容	当初設計の不良／施工の不備
出典	メガソーラービジネス 2018年4月26日掲載（日経BP）
参考資料	https://project.nikkeibp.co.jp/ms/atcl/feature/15/302961/042400077/?ST=msb

② 発電所情報

区分	・ 低圧
設置形態	・ 地上設置（傾斜地）

不具合概要

事例概要	・ レイアウト設計の不良により、直列数が異なるストリング配置となり集中型パワーコンディショナ（PCS）の適正入力電圧が保てない。 ・ 施工の不備により、架台高さが架台の状況によってコネクタが外れているものがある。
発見時期	・ 発電量低下 ・ 架台の外観チェック時
状況	・ 斜面ぎりぎりに太陽電池パネルが設置されているため、単管パイプ架台のズレによりコネクタが外れ、放置された。（モジュール間コネクタが外されている箇所もあり） ・ ストリング数が入力電圧にマッチしないため、接続箱へつなぎ込む前に一部のコネクタを外したものと推測される。

③ 対応

対応	• 単線結線回路図が明確でないことから、改めて回路図を作成し、PCSの最大電力点追従動作点（MPPT制御）が有効な範囲での直並列数の回路に組み替えた。  • 架台については、整備不良と想定される部分を再構築した。
----	--

④ 留意点

留意事項	• 基本設計の段階で、適正な設計が行われなかった懸念がある。 • 集中型PCSでは各回路の電圧を揃えることが必要である。直並列が大きくなるストリングがある場合、発電量の低い回路に合わせMPPT制御が行われその結果として発電所としての発電量が低下する。 • 分散型PCSの場合、小型PCS毎の異なるストリング構成で揃えるならばパネル枚数に応じて最適にMPPT制御を行うため問題はない。しかし、設置状況によっては交流ケーブル費用が増加するため、総合的な評価が重要である。 • 傾斜面での設置は基礎・架台に関しては、NEDOの地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン等を参考にし、事前に地盤調査等から判断して適正な設計を行うべきである。
------	---

B：アレイ・モジュール

B－1 ：太陽電池内部故障による出力低下

B－1－1：クラスタ故障パネル複数枚発生によるストリング単位の発電電力低下

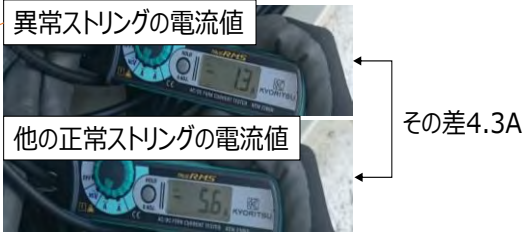
① 分類

No.	B－1－1
分類	アレイ・モジュール
内容	同ーストリング内にクラスタ故障パネルが複数枚発生し、ストリング単位の発電量が低下した。

② 発電所情報

所在地	・ 中部
運転開始年	・ 2015年12月
区分	・ 高圧
容量	・ 1,000 kW _{DC}
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ 年次点検にて、クランプ電流計による電流値とテスターによる開放電圧値を測定したところ、電流値が極端に低いストリング回路が特定された。 ・ 電流低下の原因調査により、同ーストリングの中に複数枚のクラスタ故障パネルが存在することを確認した。 ・ この影響によりストリング単位で大きく発電電力が低下した。
発見時期	・ 2016年
状況	・ 電流が大きく低下しているストリング回路2の調査により、回路2の電流値は1.3A、隣接する回路1は5.6Aで、4.3Aの差があった。   接続箱 

- インピーダンス測定器にて、ストリングの開放電圧、インピーダンス（直列抵抗）の測定を行なった結果、電流が大きく低下している回路2及び回路3の2箇所において、高抵抗（1,000Ω）となっていた。

回路番号	開放電圧（V）	直列抵抗（Ω）	電流（I _{op} ）（A）
1	846	8	5.6
2	789	1,000	1.3
3	831	1,000	5.5

④ 対応

対応

- インピーダンス測定により高抵抗と判定した回路 2 及び回路 3 について電路探索器によりモジュール表面から各々の発電電流を調査した。
- 太陽電池モジュール内部回路の断線や高抵抗により、クラスタ電流がバイパスダイオード（BPD）に迂回している故障箇所は、電路探索器にてモジュール表面から発電電流を確認することにより、効率的に特定することができる。
- モジュールの発電電流が BPD 側に迂回している状況を確認することで回路 2 及び回路 3 のそれぞれのストリングにクラスタ故障パネルが存在することを確認した。
 - 回路 2 において 4 枚の故障パネル（合計 4 クラスタ）を特定
 - 回路 3 において 1 枚の故障パネル（合計 1 クラスタ）を特定

断線・高抵抗

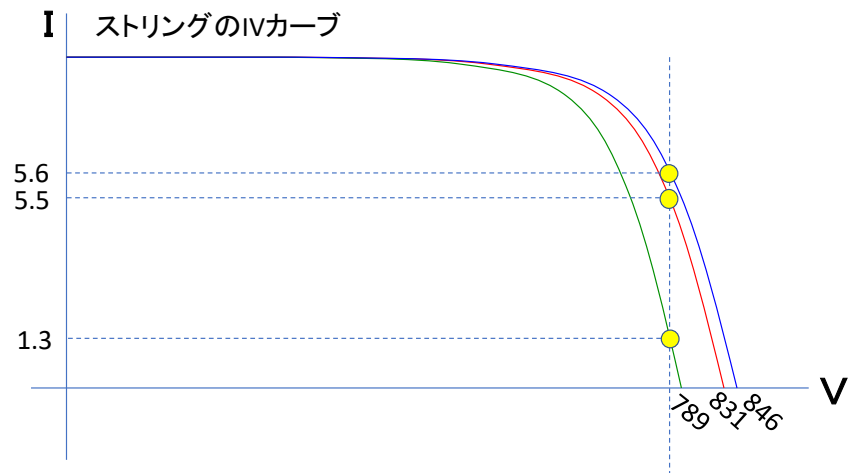
回路 番号	開放電圧 (V)	直列抵抗 (Ω)	電流 (A)	モジュール電路探索器に よる故障クラスタの特定
1	846	8	5.6	故障パネルなし
2	789	1,000	1.3	故障パネル（4 クラスタ）
3	831	1,000	5.5	故障パネル（1 クラスタ）

⑤ 留意点

留意事項	- この発電所は1ストリングあたり20直列（60クラスタ）であり、回路2は故障パネルが4枚あり、各1クラスタの合計4クラスタが故障していた。 60クラスタ中の4クラスタの故障率は6.6%であるが、実際の発電電流量は5.6Aの電流であるものが1.3Aと23.2%の低下となっていた。 - 特定のストリングに複数枚のクラスタ故障パネルが存在した場合パワーコンディショナ（PCS）の最大出力店追尾制御（MPPT）により
------	--

各ストリングが同じ動作電圧に制御されるため、該当のストリングの発電量が大きく低下する場合がある。

- クラスタの故障の増加により発電量の低下が発生する理由として以下のI-Vカーブで示す。



- クラスタ故障パネルが存在していたとしても、開放電圧はそれなりの値が出ている場合が多く、天候の影響により電圧は変化するため、開放電圧だけで故障の有無判断は難しい。
- インピーダンス測定器による直列抵抗測定により、現場での故障有無の判断が容易となる。

B-1-2：太陽電池モジュールの出力低下（クラスタ故障）

① 分類

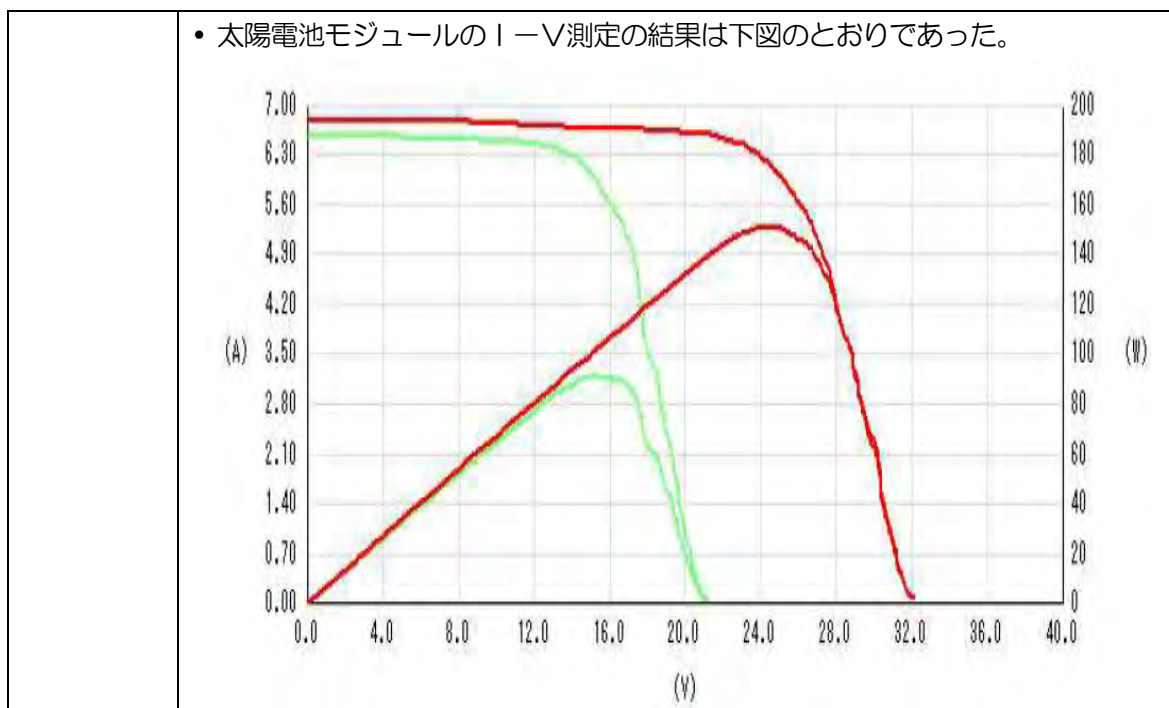
No.	B-1-2
分類	アレイ・モジュール
内容	太陽電池モジュールの出力低下
備考	業界団体からの情報提供

② 発電所情報

所在地	・ 南九州
運転開始年	・ 2014年10月
区分	・ 高圧
容量	・ 1 MW
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ スtring毎にインピーダンス測定を実施した結果、他のStringに比べ極端に高い測定値を示した。 ・ 該当StringのPVモジュールについてI-Vカーブ測定の結果、開放電圧が正常モジュールの約2/3のモジュールの発見に至る。																	
発見時期	・ 2018年8月																	
状況	・ 発見時の外観 ・ Stringのインピーダンス測定委結果は以下のとおり。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>開放電圧 (V)</th><th>インピーダンス (Ω)</th><th>備考</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>458</td><td>14</td><td rowspan="2">正常なString</td></tr> <tr> <td>456</td><td>14</td></tr> <tr> <td>446</td><td>1,023</td><td>破損モジュールが含まれるString</td></tr> <tr> <td>453</td><td>14</td><td rowspan="2">正常なString</td></tr> <tr> <td>456</td><td>14</td></tr> </tbody> </table>		開放電圧 (V)	インピーダンス (Ω)	備考	458	14	正常なString	456	14	446	1,023	破損モジュールが含まれるString	453	14	正常なString	456	14
開放電圧 (V)	インピーダンス (Ω)	備考																
458	14	正常なString																
456	14																	
446	1,023	破損モジュールが含まれるString																
453	14	正常なString																
456	14																	



④ 対応

対応	当該太陽電池モジュールを新品に交換した。
----	--

⑤ 留意点

留意事項	- クラスタ故障は外観上の変化を示さないため、目視点検での発見できない。 - 発見には、インピーダンス測定、I-Vカーブ測定、赤外線サーモグラフィを用いることが有効である。 - また、出力測定データがあれば、モジュールメーカーに保証等に関する相談をすることができる場合がある。
------	--

B-2 : 影や破損・雷害等による出力低下

B-2-1 : 太陽電池モジュールの出力低下（飛来物）

① 分類

No.	B-2-1
分類	アレイ・モジュール
内容	太陽電池モジュールの出力低下
備考	業界団体からの情報提供

② 発電所情報

所在地	・ 関西
運転開始年	・ 2016年3月
区分	・ 特別高圧
容量	・ 13MW
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ 太陽電池モジュールの目視点検にて発見したもので、石等の飛来物の衝突によるモジュールの表面ガラスの破損で、台風通過後等によく発見される。 ・ 鳥が空中からモジュールに石を落として破損させる事例も報告されている。（モジュールに映る鳥自身の影を敵と思いこみ、攻撃するためと推測される。）
発見時期	・ 2018年3月
状況	・ 状況は以下のとおり。 

④ 対応

対応	・ 新品の太陽電池モジュールと交換した。 
----	--

⑤ 留意点

留意事項	• 太陽電池モジュールの表面ガラス破損によるヒビから水分が浸入すると絶縁性が低下し、漏電の可能性がある。 • 交換する太陽電池モジュールは破損モジュールと同じメーカー品、若しくは同ストリングに混在可能を認めた機種を使用することが望ましい。
------	---

B-2-2：草刈り時のケーブル破損防止用ポールによる影

① 分類

No.	B-2-2
分類	アレイ・モジュール
内容	草刈り時のケーブル破損防止用ポールによる影

② 発電所情報

所在地	・ 東北
区分	・ 特別高圧
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ 転がし配線の破損防止策として、草刈時のケーブル破損防止用ポールを日射計の前に設置したが、この影が太陽電池アレイと日射計にかかっていた。
発見時期	・ 2019年6月
状況	・ 巡視点検にて発見した。 ・ 以前に除草業者が草刈り時に転がし配線を破損し直流地絡を起こした。業者の責任で補修（ケーブル交換）をした上で、自主的な再発防止策として配管に沿って目印（鉄筋にリボンを付けたポール）を設置した。 ・ 業者は事業主の了解は得ていたものの、業者と巡視点検業者は直接の業務委託関係がなかったこともあり、目印を設置する前に連絡や説明はなかったと思われる。  

④ 対応

対応	・ 日射計への影は、発電量の状況判断に与える影響が大きいため、日射計の前の鉄筋を撤去し、その後に電気主任技術者に報告した。 ・ 夏場の草丈は背丈を超えることもあり、ポールを低くすると目印にならず直流地絡の再発防止にならないため、アレイへの影の影響は断念し、他の箇所の目印の鉄筋はそのまま設置としている。
----	--

⑤ 留意点

留意事項	・ 除草（草刈り）業者による転がし配線破損はよくある事例であり、再発防止策は色々な視点で検討することが求められる。
------	---

B-2-3：シミュレーション値に対して20%程度の発電量減少

① 分類

No.	B-2-3
分類	アレイ・モジュール
内容	シミュレーション値に対して20%程度の発電量が減少

② 発電所情報

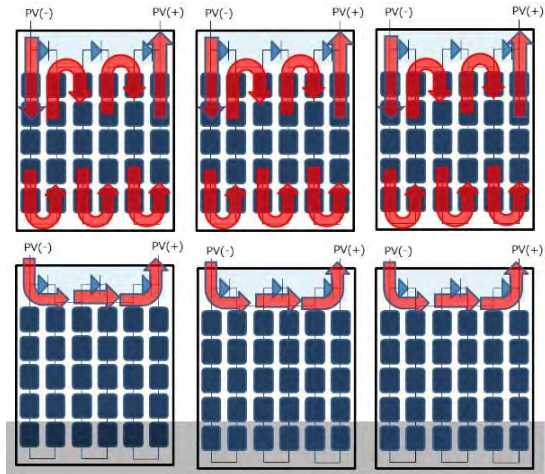
運転開始年	・2018年10月
区分	・高圧
設置形態	・地上設置

③ 不具合概要

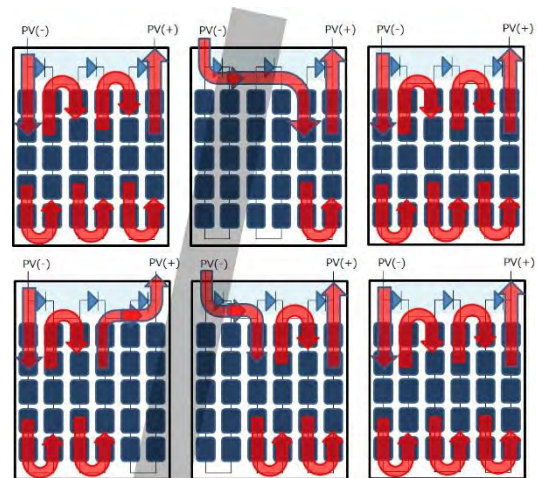
事例概要	電柱、アレイの影により、太陽電池モジュールの発電電流がバイパスダイオード（BPD）側に迂回し、発電量が低下した。
発見時期	・2018年12月
状況	1MWの発電所で、500kWのパワーコンディショナ（PCS）が2台太陽電池モジュール14直列・地上設置縦置き2段のシステム構成である。 - シミュレーション値と比較して約20%発電量が低い状態であったため原因調査として現地を訪問し、目視確認とモジュール電路探索器による調査を行った。 朝、夕に前段のアレイの影が後段アレイのモジュールのセル1枚分にかかっているものや柱の影がかかっているモジュールが見られた。（以下の写真は冬季の13：30頃に撮影したもの。）  

④ 対応

対応	- 電路探索器にて、モジュール表面から発電電流を確認したところ、部分的に影がかかっているモジュールについては、発電電流がバイパスダイオード（BPD）側に迂回していることを確認した。 - 写真左は、前段アレイの影が後段のアレイのセル1列にかかっていることがわかる。電路探索器によりそのモジュール全体が発電していないことを確認した。（下図では、モジュールの電流の流れを図示） - 写真右は、電柱の影がアレイを横断するようにかかった場合で該当モジュール内の幾つかのクラスタは、発電電流がBPDに迂回していた。 - これらは、モジュール表面から電路探索器により、現象を確認した。
----	--



- 電柱の影がアレイを横断するようにかかっていることにより、影がかかっているモジュールの発電電流がクラスタ単位でバイパスダイオード側に迂回していることを電路探索器により確認した。



⑤ 留意点

留意事項	• アレイへの影は部分的であっても、モジュールのストリングス構成によりクラスタ単位あるいはモジュール全体の発電量の低下を引き起こす場合がある。 • 発電電流がBPDに迂回している状態は、ストリングの開放電圧やモジュールのケーブルをクランプ電流計にて測定しただけでは判断できない場合が多い。 • 電路探索器により、モジュール表面から発電電流の状態を確認することが効率的である。
------	---

B-2-4：雷害による発電量の低下

① 分類

No.	B-2-42
分類	アレイ・モジュール
内容	雷害による発電量の低下

② 発電所情報

所在地	・九州
設置形態	・地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・雷によりバイパスダオード（BPD）故障が多数発生した。 ・モジュール電路探索器により故障モジュールを特定した。
発見時期	・2018年
状況	・1日目 ✓ この日の天候は激しい雷雨であった。 ✓ 夜中に、メガソーラーのパワーコンディショナ（PCS）10数台が直流過電流によるトリップ事故のアラートを発生した。 ✓ 電気主任技術者のこれまでの経験で、雷光によるトリップは稀に発生していたという。 ✓ 現場に駆けつけて変電所やPCSを巡回点検した。この時、焦げ臭さを感じている。 ・2日目 ✓ この日も悪天候であった。 ✓ 接続箱単位で電流量を監視する遠隔監視システムにより、電流量の低い接続箱を確認している。 ・3日目 ✓ この日より天候が回復した。 ✓ あるPCSにて直流地絡のアラートが発生した。 ✓ 現場に駆けつけて太陽電池アレイを非常巡視した時に、太陽電池パネル裏面が焼損しているものを発見した。



④ 対応

対応

- 後日、パネルの異常が確認された現場にて、周囲の電気点検を実施し、再度周辺の接続箱の開放電圧を確認し、電圧低下が認められるストリングを特定した。
- 該当ストリングを開放状態にし、モジュール電路探索器を使用し、発電電流を確認した。
- バイパス回路側で短絡（ショート）が発生すると、クラスタにループ回路が形成されるため、図・写真のように開放状態（通常は電流が流れない状態）においても電流が流れる。



- さらに、接続箱内部の焼損も発見されたため、接続箱内部回路を調査したところ、逆流防止ダイオードの内、1箇所が焼損していることを確認した。
- 逆流防止ダイオードの短絡状態をテスターにより調査したところ、外観上は正常だが、短絡故障したものが2箇所、外観上で特定された1箇所と計3箇所が特定された。

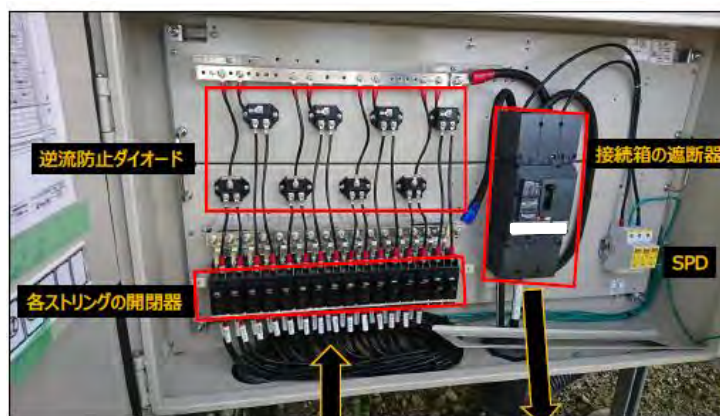


写真：接続箱



写真：逆流防止ダイオードの故障

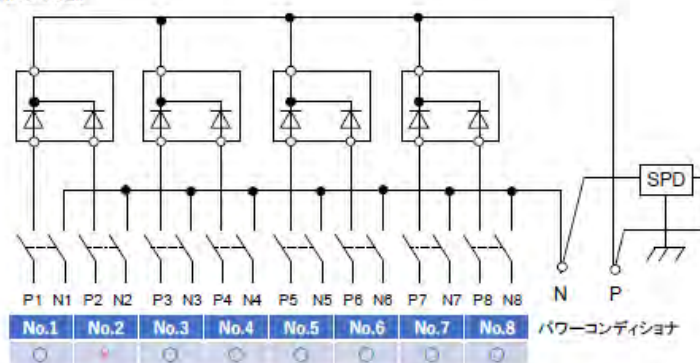
- 一般的な逆流防止ダイオードタイプの接続箱内部の状態。



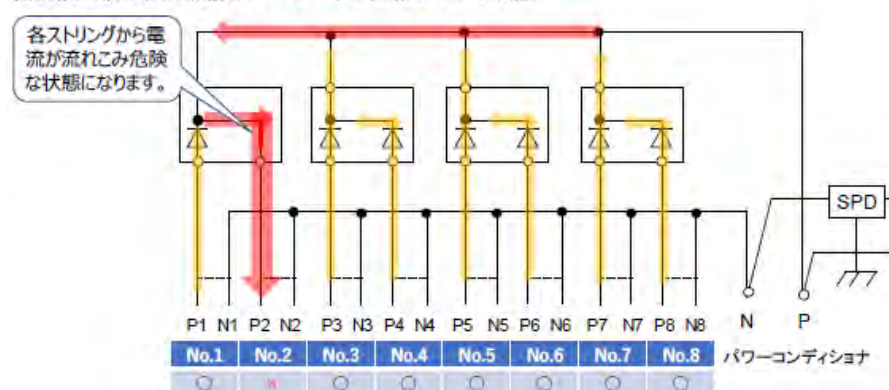
ストリング側（太陽光パネル） パワーコン側

- 逆流防止ダイオードが短絡すると、並列に接続されている各ストリングから電流が流れ込み、非常に危険な状態となる。

接続箱内部回路 (正常な状態)



接続箱内部回路 (逆流防止ダイオードが短絡している状態)



⑤ 留意点

留意事項

ポイント①

- 外観で判断できる故障パネル以外であっても、電気的な故障が発生していた。
➔ 放置すると大きな売電損失につながる。

ポイント②

- 故障パネルはアレイにまたがって散在しており、エリア一体での点検が必要であった。
➔ 被雷箇所及びその周辺のための点検では、故障を見落とす可能性がある。

ポイント③

- パネルだけでなく接続箱等周囲にまで影響していた。
➔ 逆流防止ダイオードの短絡故障は見逃し、放置すると非常に危険であり二次被害に繋がる可能性がある。

B-3 : 太陽電池の内部損傷（ホットスポット）

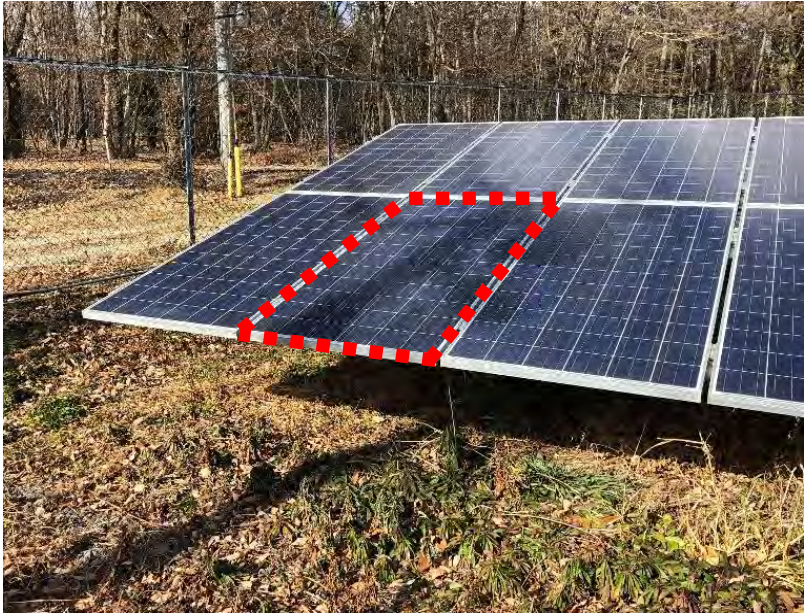
① 分類

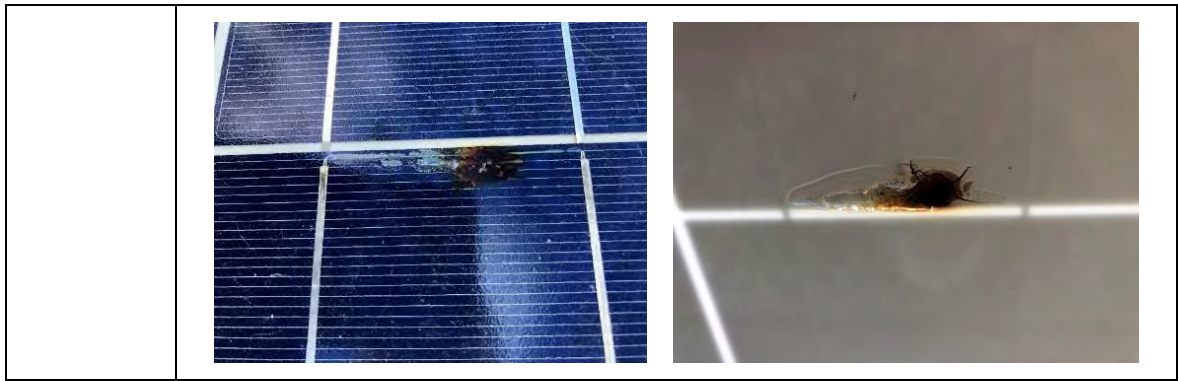
No.	B-3
分類	アレイ・モジュール
内容	太陽電池モジュールの内部焼損
備考	業界団体からの情報提供

② 発電所情報

所在地	・ 北関東
運転開始年	・ 20015年3月
区分	・ 高圧
容量	・ 1 MW
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ 太陽電池モジュールの目視検査にて発見した。 ・ モジュール裏の裏面シートまで焼損が確認され、充電部が露出している状況であった。 ・ 電柱の影が当たる場所であるため、ホットスポットによる異常発熱が内部焼損の原因と思われる。
発見時期	・ 2018年8月
状況	・ ホットスポットによる異常発熱が原因と思われる。 ・ 発見時の状況は以下のとおり。 



④ 対応

対応	• 新品の太陽電池モジュールと交換した。
----	--

⑤ 留意点

留意事項	• 裏面の焼損部から水分が浸入すると、絶縁性が低下し、漏電が発生する可能性もあるため、速やかに交換作業を行うこと必要である。
------	--

B-4 : 太陽電池モジュールのセルクラック

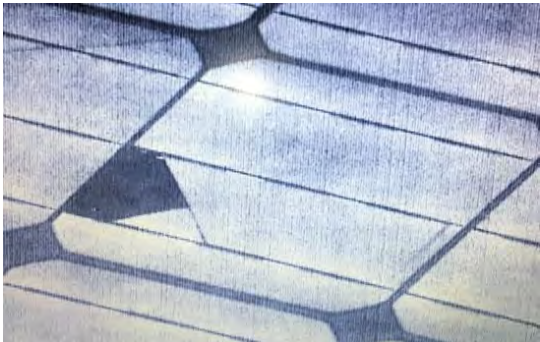
① 分類

No.	B-4
分類	アレイ・モジュール
内容	太陽電池モジュールのセルクラック

② 発電所情報

運転開始年	・ 2012年7月
区分	・ 高圧
容量	・ 1.75MW _{AC} (2.1MW _{DC})
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ 他所の発電所にて使用されていた太陽電池モジュールの一部を撤去することになり、モジュールを取り外し、当該の太陽光発電所に追加設置（増設）した。 ・ 設置後に増設した太陽電池モジュールのEL検査を実施したところ、多数のセルクラックを確認した。
発見時期	・ 2017年4月
状況	・ 状況は以下のとおり。  

④ 対応

対応	・ 発電出力に関しては有意な出力低下は確認されていないことから、経過観察することにした。
----	--

⑤ 留意点

留意事項	・ 太陽電池モジュールの取り外し／輸送／再設置において、不具合が発生する可能性は認識していたが、予想以上に発生していることから、作業においては留意することは勿論のこと、再設置後の検査まで含めた太陽電池モジュールの健全性確認が必要である。 ・ 通常のデータ評価（パワーコンディショナ（PCS）出力等）ではセルクラックの確認は困難である。 ・ 製品瑕疵や施工瑕疵の発生確認として、詳細検査にEL検査を実施することがある。
------	--

C：ケーブル・コネクタ

C-1 ケーブルの絶縁破壊

① 分類

No.	C-1
分類	ケーブル・コネクタ
内容	ケーブルの絶縁破壊

② 発電所情報

運転開始年	・2014年3月
容量	・メガソーラー
設置形態	・屋根設置

③ 不具合概要

事例概要	・金属製折板屋根への設置の場合での不具合であった。 ・絶縁抵抗測定では異常はなかったが、ケーブル保護の不具合により劣化が加速する恐れがあり、絶縁不良の発生が想定されるため、不具合扱いとした。 ・原因としては、ケーブルを束ねている結束バンドが破壊しており、ケーブルが屋根材と擦れている状態で、雨水が直接当たる状態だった。 ・絶縁不良は感電事故や感電による転落事故につながり、たいへん危険であり安全対策が重要となる
発見時期	・2018年12月
状況	・絶縁測定等の安全性を確認した後、必ずケーブルと結束状態の目視点検を行っている。 ・このケースでは、クランプ式架台に設置されたケーブルを束ねる結束バンドが破壊され折板屋根に落ちていた。これが原因でケーブルが脱落して垂れ下がりその結果、ケーブルが金属の鋭利な端部に擦れやすい危険な状態であった。 ・折板屋根に触れているケーブルは明らかに汚れが付着しており、雨天時には雨水に浸かっている状態であることが想定された。 ・屋根設置は地上設置よりも過酷な環境下の場合が多く、特に金属屋根は夏場の炎天下には50℃以上になる場合が多く、太陽電池モジュールだけでなくケーブルにも過酷な環境になっているため、ケーブル類の点検は特に重要と考えている。  

④ 対応

対応	• 破壊されたケーブル結束バンドを交換する場合、太陽電池モジュールを全て取り外して実施する以外にできないため、電気主任技術者へ第一報の後に発電事業者と協議し、施工したEPCが修理することになった。 • 破損した結束バンドをメーカーに問合せた結果、亜鉛メッキに対して耐久性に劣る商品であることが判明した。今回の破損の原因は結束バンドを亜鉛メッキ製のクランプ架台に取付けたため、亜鉛によるナイロン樹脂の劣化であった。 • 結束バンドのメーカーカタログには使用上の注意が記載されており、材料選定ミスが不具合発生の原因であった。 • 修理に際しては、紫外線だけでなく、耐亜鉛、耐塩害等に優れた結束バンドの使用を発電事業者に提案し、この仕様に基づいて再施工された。
----	---

C-2 : 太陽電池モジュールケーブルのコネクタ接合部の高抵抗化

① 分類

No.	C-2
分類	ケーブル・コネクタ
内容	発電量の低下につながる太陽電池ケーブルのコネクタ接合部の高抵抗化の発生

② 発電所情報

所在地	・ 中部
運転開始年	・ 2015年
区分	・ メガソーラー
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ 竣工から4年経過したもので、発電量モニターによる常時監視を行い、特に問題はないとされていた。 ・ 現場での電気点検にてインピーダンス測定を行ったところ、高抵抗のストリングが多数特定された。 ・ 該当するストリングをクランプ電流計で測定すると0A（ゼロアンペア）となり、発電電流が流れていなかった。 ・ 電路探索器により故障位置を探索すると、太陽電池モジュールケーブルのコネクタ接合部の高抵抗化により、発電電流が流れていないことを確認した。
発見時期	・ 2019年
状況	・ 沿岸部の地上設置の大規模なメガソーラーで、竣工から4年経過のタイミングで、インピーダンス測定器により直列抵抗測定を行なった。 ・ 一部エリアの複数のストリングで高抵抗が確認され、該当のストリングの発電電流は0A（ゼロアンペア）で電流が流れていなかった。 ・ 高抵抗化の位置を特定するため、探索信号受信タイプの電路探索装置を使用して調査を行なったところ、該当のストリングではモジュールケーブルのコネクタ接合部が高抵抗化していることを特定した。 ・ コネクタ内部の接合部を確認すると、銅の錆の一種である緑青が発生していることを確認した。  

④ 対応

回路番号	動作電流 (A)	動作電圧 (V)	開放電圧 (V)	開放電圧 (V)	内部抵抗 (Ω)
	汎用テスター		インピーダンス測定器		
No.1	正常	400	470	473	17
No.2	0	400	460	393	高抵抗エラー
No.3	正常	—	498	494	8
No.4	0	—	60	3	481

• インピーダンス測定器にてストリング単位の開放電圧とインピーダンス（直列抵抗）を測定し、クランプ電流計により電流値を測定したところ下表のような測定結果となった。
 • 開放電圧が低下し、かつ、インピーダンスが高いストリングは、回路の高抵抗化による故障の存在が疑われる。該当の回路番号No.2及びNo.4ストリングの発電電流は0 A（ゼロアンペア）であった。

• 発電電流が流れておらず電流測定での判断ができないため、探索信号受信タイプの電路探索器を使用することにより、高抵抗化している位置を特定した。
 • 下図のように接続箱から該当ストリングへ探索信号を送信し、モジュール側で探索信号を受信することにより、高抵抗化している故障位置を効率よく特定することができる。

⑤ 留意点

留意事項	- 今回の事例のような太陽電池モジュール内部の高抵抗化は、ストリング単位でのインピーダンス測定器による直列抵抗測定で、故障ストリングを絞り込むことが容易になる。 - さらに、絞り込んだストリングを電路探索機で点検することで、PVケーブルの導通不良箇所を効率的に特定することが可能である。
------	--

C-3 : 大規模なコネクタ焼損

① 分類

No.	C-3
分類	ケーブル・コネクタ
内容	大規模なコネクタ焼損・パネル焦げ
出典	メガソーラービジネス 2018年5月10日掲載（日経BP）
参考資料	https://project.nikkeibp.co.jp/ms/atcl/feature/15/302961/050800080/?ST=msb

② 発電所情報

所在地	・ 北関東
区分	・ 高圧
容量	・ 1 MW弱
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ 太陽電池パネルの出力コネクタの接続は、MC4タイプのコネクタが採用され、この規格品同士の接続では問題が起きていない。 ・ 互換性の悪いコネクタの場合、芯線同士がうまくかみ合わないケースによってコネクタ焼損が発生している。
発見時期	・ 発電量の低下と配線の外観チェック時
状況	・ 大きく発電量の低下が見られ、現地調査の結果、合計208回路の直流回路のうち、約1/4となる54回路でコネクタが損傷していることがわかった。（落雷の影響と推察される。） ・ 焼損が見られたコネクタは、パネルのコネクタではなく、パネル側に標準として出荷されているMC4と互換性のあるPCSへの延長ケーブル側の互換性のあるコネクタでの焼損が殆どであった。 ・ 目視で各コネクタを観察すると、色が異なった接続線の先端には互換性があると思われるコネクタが接続されているが、焼損や溶断された状態が見られた。 ・ 直流の場合、コネクタ同士の締め付けが緩く、コネクタ同士の圧着が不十分だとアークが発生し、溶断するケースが発生し易くなる。 ・ 通常、コネクタ同士の接合は「カチット」音で接続が確認できるが、施工者の不適切な作業やうまく噛みあわないコネクタ同士を無理やり接続（何とか接続

	しようとして不適切な角度で力任せに押し込む）すると、緩い接触部分が発生し、焼損等が起きる可能性がある。 パネル裏面での焦げが多く発生している現象も見られた、これは、接続部のコネクタ内の抵抗が過剰に高まっていたところに落雷を受け、高い電圧に耐え切れず、部分的に焼け落ちるような状況に至ったのではないかと推定される。
--	---

④ 対応

対応	- 補修は、回路毎にコネクタを確認し、互換性のあるコネクタとケーブルに変更した。 - 補修後、焼損等は起こらなくなった。
----	---

⑤ 留意点

留意事項	- 元々の配線設計段階で、適格なコネクタの選択が行われなかった懸念がある。 - 保守・点検（O & M）では太陽電池モジュール出力端と接続ケーブル部のコネクタの確認、延長ケーブルの接続部分については、目視検査でも重要なポイントとして確認が必要である。 - 雷等が多発した場合に発電量が急激に落ちている場合には、ケーブルだけではなく、全体のシステム確認が必要である。
------	--

C-4 : 太陽電池モジュールのコネクタ溶断

① 分類

No.	C-4
分類	アレイ・モジュール
内容	ケーブル・コネクタ
備考	業界団体からの情報提供

② 発電所情報

所在地	・ 南九州
運転開始年	・ 2013年9月
区分	・ 高圧
容量	・ 1 MW
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ 太陽電池モジュールコネクタが溶断により断線した。 ・ モジュール同士を繋ぐコネクタが溶断しており、垂れ下がっていた。 ・ スtring監視により、電流値の低下を確認したことより現場確認を行い発見に至った。 ・ コネクタ内部の金属端子間に僅かな隙間が生じてアークが発生し、徐々に外郭の樹脂を溶かすことで金属端子の固定が緩み、さらに隙間が増大するというサイクルを繰り返すことで、最終的に溶断に至ったと推測される。 ・ 最初に隙間が生じる原因としては、施工時の嵌合不良、コネクタ自体の製品不良が考えられる。
発見時期	・ 2018年8月
状況	・ 発見状況は以下のとおり。 



④ 対応

対応	• 新品の太陽電池モジュールと交換した。
----	--

⑤ 留意点

留意事項	• コネクタの溶断部から水分が浸入すると絶縁性が低下し、漏電の可能性もあるため、速やかに交換作業を行うことが望ましい。 • 溶断部を絶縁テープ等で覆い防水性を保つことも有効である。
------	---

C-5 : ケーブル切断による出力停止

① 分類

No.	C-5
分類	ケーブル・コネクタ
内容	ケーブル切断による出力停止
備考	業界団体からの情報提供

② 発電所情報

③ 不具合概要

事例概要	・ 除草時に誤ってケーブルを切断した。
発見時期	・ 2016年8月
状況	・ ケーブルの切断時の状況は以下のとおり。

④ 対応

対応	・ 損傷ケーブルと電線管の交換を実施した。 ・ 地上配管部をできるだけ少なくするため、ケーブルは架台に沿って施工した。
----	--

⑤ 留意点

留意事項	・ ケーブル類の地上配管は、誤切断の危険が大きいことに加え、盗難リスクもあることより、極力避けるべきである。 ・ 誤切断対策としては、ナイロン刃を付けた刈払い機の使用が有効であるが除草効率は落ちる。
------	--

C-6 : ケーブル切断による出力停止

① 分類

No.	C-6
分類	ケーブル・コネクタ
内容	ケーブル切断による出力停止

② 発電所情報

所在地	・ 南九州
運転開始年	・ 2016年
容量	・ 1 MW
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	- 刈払機による除草時に、誤ってストリングケーブルを切断し、当該ストリングが発電停止した。 - ストリング監視による電流値の低下を確認したため現場確認を行い、発見に至った。
発見時期	・ 2016年8月
状況	状況は以下のとおり。 

④ 対応

対応	- 損傷ケーブルと電線管の交換を実施した。 - その後は下の写真のようにU字溝の部品を用いて電線管を保護した。 
----	---

⑤ 留意点

留意事項	• 直流（DC）ケーブルの誤切断は、発電量が低下する以外に、作業者の感電を引き起こすの恐れがある危険な事故である。 • 特に、プラス側とマイナス側のケーブルを同一電線管に格納している場合は刈刃で切断した際にケーブル短絡を起こす可能性があるため、感電事故に繋がる可能性がある。 • 上記の理由から、除草を行う発電所はケーブル類の地上配管に注意する。 （誤切断の危険が大きいことに加えて、盗難のリスクもある。） • 誤切断対策としては、ナイロン刃を付けた刈払い機の使用が挙げられるが除草の作業効率は低下する。
------	--

D：架台・基礎

D－1：地上設置型太陽光発電システムの基礎・架台の不具合の例

① 分類

No.	D－1
分類	架台・基礎
内容	地上設置型太陽光発電システムの基礎・架台の不具合の例
備考	NEDO成果物（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）より引用

② 発電所情報 なし

③ 不具合概要

状況	＜積雪荷重による基礎沈下または崩壊＞ - 多雪区域での地上設置型の太陽電池の架台では、積雪荷重によって基礎沈降が発生する場合があります、事前設計の段階で最大積雪状態でのアレイ荷重の確認が重要になる。 - 基礎部の地耐力と併せて、設計段階で当該区域での過去の積雪量を確認し基礎、架台設計に反映することが好ましい。  - 積雪荷重により、架台が損傷している。 - 単管架台の強度不足、単管杭の支持力不足と推察される。 
----	---

- 積雪荷重により架台が損傷している。
- パネル受け材が、積雪荷重により、曲げ破壊した。



- 積雪荷重により架台が損傷している。
- 前柱（杭）が、積雪荷重により倒壊した。



＜風圧荷重による架台、基礎の損傷＞

- 台風や突風により、パネルの飛散、部材の破断、曲げ破壊、接合部の破損、杭の抜け、コンクリート基礎の浮上り等が発生している。



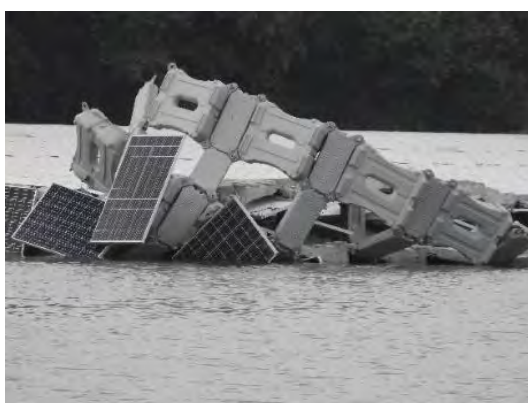
- 突風によって破損した事例で、部材の接合部の耐力と杭の支持力不足と推察される。



- 台風によって折損したアルミ製架台の事例で、金属部材が脆性的に破損している事例は珍しく、部材の強度不足が原因である。



- 台風により水上設置架台が飛散したと考えられる。
- 風圧に抵抗する重量不足が原因である。



<以上、NEDO「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」から引用>

- 台風により、建物屋上に設置されていた太陽光パネルが損壊・飛散した。さらに、破損したパネルから出火した。



- 台風の強風により、架台の後部が持ち上がり、アレイ全体が前に傾いた。



- 台風の強風により、架台が倒壊し、杭も抜けた。



- 台風の強風により、パネルが飛散した。



- 台風の強風により、飛来物がパネルに当たり、破損した。



<以上、経済産業省 電力安全小委員会 新エネルギー発電設備事故対応・構造強度ワーキンググループ資料より引用>

<土砂災害、水害>

- 堤防の決壊により、土砂水害が発生した。基礎地盤の流失により基礎から崩壊した。



- 大雨により、法面の崩壊が発生し、法面保護工が崩れて流出した。



- 大雨により、法面や傾斜地が崩壊し、架台が流出した。
- また、堤防が決壊し、土砂水害が発生し、架台の流出、水没等が発生している。



<以上、NEDO「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」より引用>

- 豪雨により、土砂の崩落が発生した。これによる安全確認のため、山陽新幹線は一時、運転を見合わせた。



<以上、経済産業省 電力安全小委員会 新エネルギー発電設備事故対応・構造強度ワーキンググループ資料より引用>

	＜地震荷重による架台の損傷＞ - 地震により、架台の並びが乱れた。 - 地震による被災事例は珍しく、架台が揺れに弱い構造（一本足）であったこと及び基礎杭の支持力不足が原因である。  ＜以上、NEDO「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」より引用＞
--	--

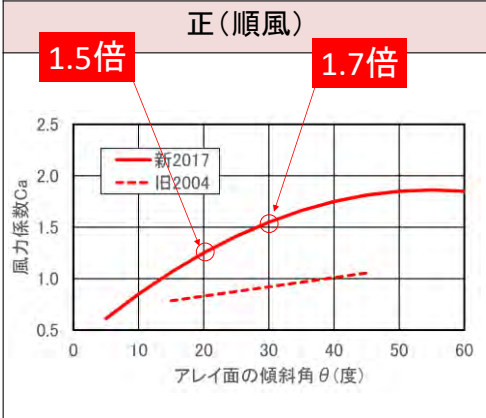
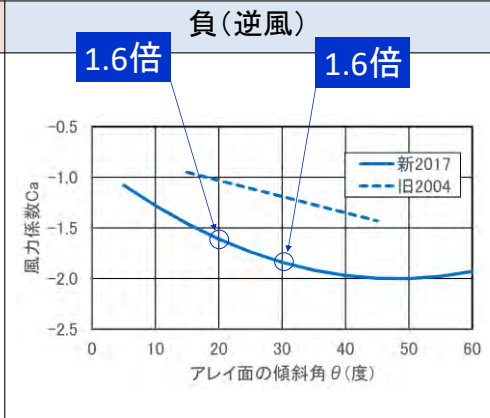
④ 対応

対応	＜維持管理の重要性＞ - 架台や基礎の補修・補強等の対処法については、前述した事故が発生する前に実施することが重要である。 - 従って、日常の維持管理により不具合を発見し、対処することが望ましい。 ✓ 補修の定義：劣化した部材あるいは構造物の今後の劣化進行を抑制し耐久性の回復・向上と第三者への影響度（劣化した構造物の周囲において人及び器物に与える傷害等の影響度合い）の除去または低減を目的とした対策である。 ✓ 補強の定義：部材あるいは構造物の耐荷性や剛性等の力学的な性能低下を回復または向上させることを目的とした対策である。 力学的な性能低下は材料の劣化損傷や過大な荷重の負荷により引き起こされる。 また、法的基準変更（JISの変更等）によっても対策が必要になる。 ＜直接基礎の抵抗力不足＞ - 直接基礎の設計においては、架台から基礎に伝わる水平力や引抜力による滑動及び転倒の検討を行う。 - この時の安全率について、NEDO「地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン」では1.5以上と設定している。 ✓ 滑動の抵抗力不足：直接基礎のコンクリートの打ち増しを行い、自重を増大させる。 または、打ち増しをしたコンクリート部を地中に埋め込み、受働土圧を確保する。
----	--

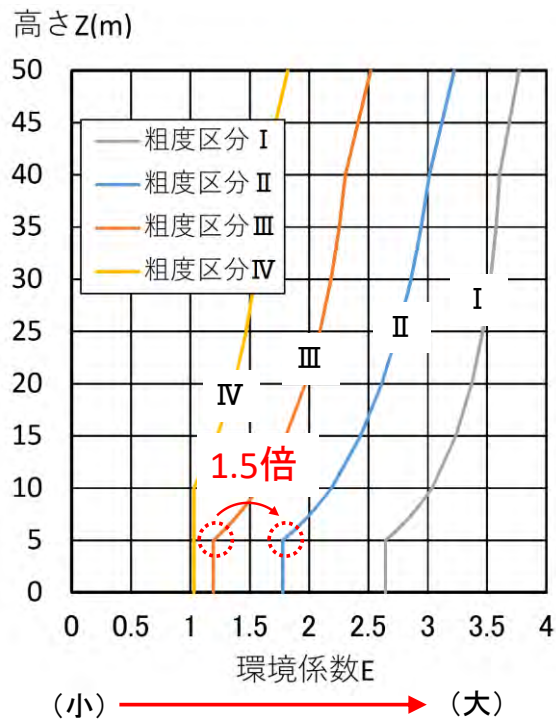
	地盤にアンカーとして鋼管杭等を打ち込んで既設のコンクリートと一体化させ、地盤の支持力を抵抗力とする等が考えられる。 ただし、既設のコンクリートと打ち増しをしたコンクリートや鋼管杭等のアンカーとは、アンカー鉄筋等を用いて一体化させることが重要である。 ✓ 転倒の抵抗力不足：直接基礎のコンクリートの打ち増しを行い、自重を増大させる。 または、地盤にアンカーとして鋼管杭等を打ち込み、既設のコンクリートと一体化させ、地盤の支持力を抵抗力とする等が考えられる。 ただし、既設のコンクリートと打ち増しをしたコンクリートや鋼管杭等のアンカーとは、アンカー鉄筋等を用いて一体化させることが重要である。 <直接基礎の地盤支持力不足> • 地盤支持力不足：直接基礎のコンクリートの打ち増しを行い、直接基礎の底盤と地盤との設置面積を増大させる。 ただし、既設のコンクリートと打ち増しをしたコンクリートとは、アンカー鉄筋等を用いて一体化させることが重要である。 <杭基礎の支持力不足> • 杭基礎の設計においては、架台から基礎に伝わる水平力や押込力、引抜力に対して、地盤の許容支持力と杭体自身の許容応力の検討を行う。 ✓ 押込支持力不足：杭の地表面近傍の周囲に根巻コンクリートとしてコンクリートの打ち増しを行い、根巻コンクリートの底盤と地盤との設置面積を確保して、地盤反力を押込力に抵抗させる。 ただし、杭と根巻コンクリートの付着力を十分に考慮して、一体化させることが重要である。 ✓ 引抜支持力不足：杭の周囲に根巻コンクリートとして、コンクリートの打ち増しを行い、根巻コンクリートの自重で引抜力に抵抗させる。 ただし、杭と根巻コンクリートの付着力を十分に考慮して、一体化させることが重要である。 あるいは、架台の周囲の地盤にアンカーとして鋼管杭等を打ち込み、架台と緊結させ、地盤の支持力を引抜力に抵抗させる。 架台側に緊結させる場所は、十分に耐力がある場所にすることが重要である。 ✓ 水平力に対する杭体の許容応力度不足：杭の地中部で最大モーメントが発生する周囲に根巻コンクリートとして、コンクリートの打ち増しを行い根巻コンクリートの強度で杭体の水平力に対する強度を増大させる。 ただし、杭と根巻コンクリートの付着力を十分に考慮して、一体化させることが重要である。
--	---

	＜架台の耐力不足＞ ✓ 部材の耐力不足：部材の断面形状や板厚を増加させて、部材の断面性能を上げる。 または、部材の断面性能は変えずに、材料の強度を上げる。 ✓ 接合部の耐力不足：ボルト等の増し打ちをするか、現場溶接で溶接をして強度を上げる方法が考えられる。 ただし、現場溶接を行う場合、溶接の品質管理が重要である。 ＜注意事項＞ ・ 上記で記述した補修・補強方法は、現地での施工条件等を考慮して検討した方法ではなく、一般的な方法の一例を示したものである。 ・ 従って、必ずしも現場で簡易に施工できる方法ではないと思われる。 ・ 太陽光発電システムの架台、基礎の補修・補強方法は、今後の研究開発に期待する。
--	---

⑤ 留意点

留意事項	【JIS C 8955の2004年版（旧JIS）と2017年版（新JIS）の相違点】 ＜風圧荷重＞ ・ 風力係数が、旧JISと新JISを比較すると、以下の図に示すように約1.5倍から1.7倍に大幅に増加している。 正（順風）  負（逆風） 
------	--

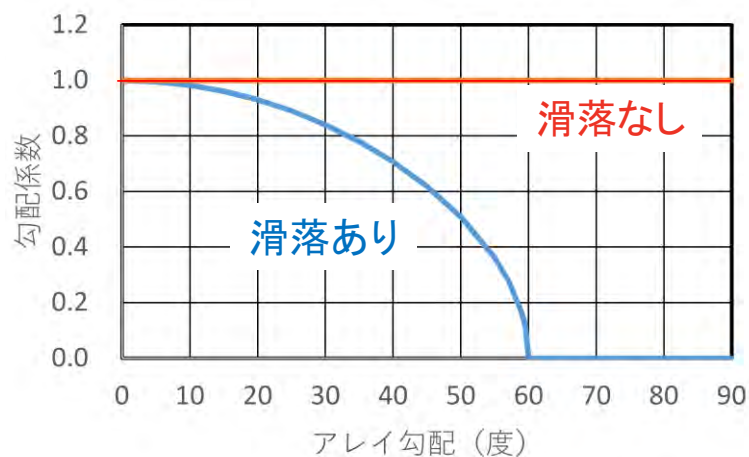
- 地表面粗度区分が、旧 J I S でⅢであった適用範囲が、新 J I S ではⅡに変更されており、以下の図に示すように約 1.5 倍増加することになる。



- 従って、旧 J I S で設計された風荷重が、新 J I S では約 2 倍に増加されていることを留意する必要がある。

＜積雪荷重＞

- 勾配係数が、旧 J I S では全てのケースで適用されていたが、新 J I S ではアレイ面の積雪の滑落を確実に保証できる場合にのみ勾配係数を適用できるとされている。



- 従って、旧 J I S で設計された積雪荷重が、新 J I S では増加していることを留意する必要がある。

D-2 : 太陽電池モジュールの脱落

① 分類

No.	D-2
分類	架台・基礎
内容	太陽電池モジュールの脱落
備考	2事例を記載

② 発電所情報

所在地	北陸／関西
運転開始年	2014年12月／2015年10月
区分	・ 高圧
容量	1.99MW _{AC} (2.9MW _{DC}) / 1MW _{AC} (1.3MW _{DC})
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ 太陽電池モジュールが架台から外れ、脱落した。
発見時期	2017年10月／2018年8月
状況	・ 発電所の巡視点検において、太陽電池モジュール（1枚）が架台から外れ脱落していることを確認した。 ・ 台風通過後の発電所巡視点検において、太陽電池モジュール（1枚）の金具が外れ、架台から外れて脱落していることを確認した。  

④ 対応

対応	・ 全ての太陽電池モジュールについて、ボルトの増し締め点検を実施した。
----	-------------------------------------

⑤ 留意点

留意事項	・ 太陽光発電所建設時に、合いマークを施してボルトの増し締めチェックをしたとしても、太陽電池モジュール・ボルトの数は非常に多いことから、誤って合いマークのみ実施してしまう可能性がゼロではなく、ダブルチェック等の作業管理が望ましい。 ・ 合いマークは経年的に薄れて見えなくなってくることで、アレイ上段側のボルトは巡視点検においてチェックし難いことから、経年的なボルトの緩みチェックのため、定期的な増し締め点検を実施することも有用と考えられる。
------	---

D-3 : 異常降雪量による架台の積雪荷重の影響による基礎部の変形

① 分類

No.	D-3
分類	架台・基礎
内容	異常降雪量による架台の積雪荷重の影響による基礎部の変形
出典	メガソーラービジネス 2018年5月2日掲載（日経BP）
参考資料	https://project.nikkeibp.co.jp/ms/atcl/feature/15/302961/050100079/?ST=msb

② 発電所情報

所在地	・ 北関東
区分	・ 高圧
容量	・ 1 MW弱
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ 例年以上の降雪により、架台が変形・倒壊し、基礎部との取り付け部分で変形が見られた。
発見時期	・ 発電量低下と架台の外観チェック
状況	・ 地上設置の架台の変形が起き、一部、太陽電池パネルの割れや杭基礎部分との連結部分の崩壊も見られた。   

④ 対応

対応	・ 近隣気象台での積雪記録を調べ、異常降雪であるかの検証を行い、異常降雪の発生状況から、環境条件の問題について検証した。 ・ 通常、小規模な変形であれば、崩壊箇所だけを直すことで対応できるが
----	--

	架台の設計自体に問題があり、設計裕度が少ない場合には、毎年の積雪の度に同様なトラブルが起きる可能性がある。 • 根本的な解決策として、当初の設計施工を実施したEPCとの交渉により設計面での不足部分が判明し、EPCサービス会社の負担により、発電所を作り直すことになった。 • その後は、一定の積雪時においても、過去に起きたような積雪荷重で架台が変形するような例は起きていない。
--	---

⑤ 留意点

留意事項	• 元々の構造に関する本設計の段階で、適格な設計が行われなかった懸念があり構造計算書の検証も重要である。 • 今回のケースでは、当面の対処策として太陽電池モジュールのパネル上を含め除雪することで、積雪後の比較的短い時間でパネルの積雪荷重を減らし架台が倒壊するトラブルを防ぐこととした。抜本対策としては、架台設計を見直して長期安定化につなげた。 • 基礎・架台については、NEDOの地上設置型太陽光発電システムの設計ガイドライン等を参照し、事前の地盤調査等から判断し、適正な設計を行う。
------	--

D-4 : アレイ周辺、基礎部の土砂流出

① 分類

No.	D-4
分類	架台・基礎
内容	アレイ周辺、基礎部の土砂流出

② 発電所情報

所在地	・ 関東
運転開始年	・ 2015年12月
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ 事業主より相談があり対応した低圧のPV発電所で、強酸性・低い粘土性の土壌かつ山間部の傾斜に設置した発電所であった。 ・ 運転開始後3ヶ月で基礎部が露出するまでの土砂流失が発生した。原因は土壌調査の未実行による不適切施工であり、植生が生え難い土壌かつ傾斜地（傾斜角5°～20°）に施工したためと考えられる。 ・ 一次的な対策として、土嚢等で対策したが、杭の傾斜が始まっていた状況であった。
発見時期	・ 発電事業者からの依頼
状況	・ 発見の状況は以下のとおり。     ・ このような土壌の場合、一般的に土壌改良や排水路の設置等による雨水対策を行った上で施工するが一般的であるが、この発電所に関しては、このような処置はなされていなかった。 ・ 土壌改良及び植生土嚢とコンクリート2次製品の排水路の設置を提案した。

④ 対応

対応	• 症状が山間部における雪解け後に似ているため、植生土嚢やコンクリート 2 次製品等を用いて設計・施工ができる経験・実績がある企業に依頼することを提案した。（本件は、瑕疵担保期間中に発生したため、設置した施工会社が対策を実施した。） • 土石流出の改善提案の例として以下が挙げられる。（コストの低い順） ① 植生土嚢で堰堤及び排水経路を形成する。 ② 基礎の部分をコンクリートにより根巻きを行う。 ③ 土壌改良（酸性土壌→弱酸性・中性土壌）の後、植生マットを敷設する。 ④ コンクリート 2 次製品で堰堤、排水路を設置・形成する。
----	--

⑤ 留意点

留意事項	• 傾斜地対策、土壌分析、近隣植生調査を行わず、平地と同じように施工したために発生した事例と思われる。 • 発電所が山間部にあり、近隣の調査では至る所で鹿と思われる食害による無植生地が見受けられた。植生が無くなった場合には土砂流失リスクが大きくなり、損害も甚大になる。 • 原因や対応策の案として、以下が挙げられる。 1) フェンスの高さが 1 m と低いため、動物が容易に飛び越えることができ僅かに植生した雑草が食べ尽くされた可能性が高いと思われる。 2) 土壌が植生に不向きなため、雑草の発生が遅れ、土砂を保持する植生の根が存在しないため、保持力が無くなったと思われる。 3) 「雑草はやっかいモノ」ではなく、土砂流失から守ってくれる存在になり得るので、雑草を上手に植生管理することが重要と思われる。
------	---

E：接続箱・PCS

E－1：接続箱内の開閉器の破損・溶損

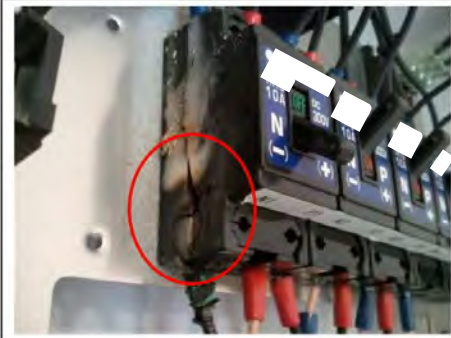
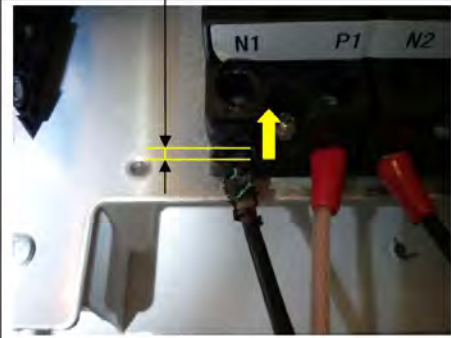
① 分類

No.	E－1
分類	接続箱・PCS
内容	接続箱内の開閉器の破損・溶損

② 発電所情報

所在地	・ 関東
運転開始年	・ 2011年2月
容量	・ 3kW _{DC}

③ 不具合概要

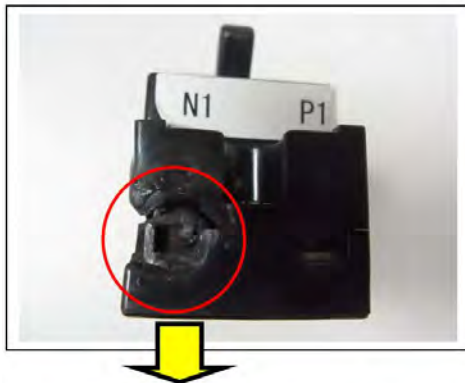
事例概要	・ システムの出力低下の報告で、現地調査時に点検を実施した結果、接続箱内の6個ある開閉器の1つが破損・溶損していた。 ・ 配線コネクタの取付状態確認のため、配線のテンションを確認したところN端子ケーブルの取付けがあまく、抜け落ちてしまった。 ・ 接続箱メーカーに解析に出した結果、ネジは締まっていたが、平板端子を挟まないままネジを締めており、平板端子はネジに触れていただけであった。（端子台とネジの間に挟まっていると思い込み、ネジを締めていた。）	
発見時期	・ 設置から約1.5年使用後に発生	
状況	主に N(－)部のモジュール配線側 取付け箇所が溶融している 	N(－)部のモジュール配線側の 板端子が奥まで挿入できていない 

④ 対応

対応

- 接続箱メーカーに解析を依頼した。

N(ー)部のモジュール配線側取付け箇所の状態確認



ネジが最後まで締まっていることを確認



- 2) N(ー)部のモジュール配線側のネジを緩め、端子片が残っているか、また、挟まっていたかを確認した結果、端子片はなく、挟まっていた痕もないことを確認しました。



⑤ 留意点

留意事項

- 配線の作業完了後に、施工確認として端子の緩みを確認する。
- 注意事項に従って作業をしているが、基本動作として取付状態の確認をする必要がある。

入力開閉器に接続時の注意事項

- 圧着端子（板状端子）は、入力開閉器端子の挿入部の中心に挿し込み、締め付けてください。
- 入力開閉器の端子ねじ締めは、ドライバをねじに対して垂直に当てた状態で行ってください。



E-2 : 収納遮断器の早期トリップ不具合

① 分類

No.	E-2
分類	接続箱・PCS
内容	収納した遮断器が使用実態や設置環境により早期トリップする不具合

② 発電所情報

運転開始年	・2012年
設置形態	・屋外自立型（集電箱を背中合わせて設置し、屋根付きで西日が当たる。）

③ 不具合概要

事例概要	・太陽電池モジュールの定格日射強度（1 kW/m ² ）により設計された発電電流に対し、日射量が1.3 kW/m ² を超える等した際に、発電電流が定格値を超えた結果、盤内温度が高くなる。
発見時期	・2013年夏頃
状況	・設置環境として、直射日光が当たる場合や周辺の輻射熱を受ける等して盤内温度が高くなるような状況である。 ・これらの結果、MCCBの温度動作特性から、より早くトリップする現象が起きた。

対応

対応	・盤メーカーのパンフレットとして、設計上の留意点としてまとめた。その後は殆ど無くなった模様である。
----	---

E-3 : 結露

E-3-1 : 交流集電箱結露対策

① 分類

No.	E-3-1
分類	接続箱・PCS
内容	交流集電箱結露対策

② 発電所情報

所在地	・ 関東
運転開始年	・ 2013年10月
区分	・ 高圧
容量	・ 1MW_{AC} (1.3MW_{DC})
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ 交流集電箱内が寒暖差により結露した。
発見時期	・ 2014年10月
状況	・ 通気口取付前の状況は、以下のとおりであった。 

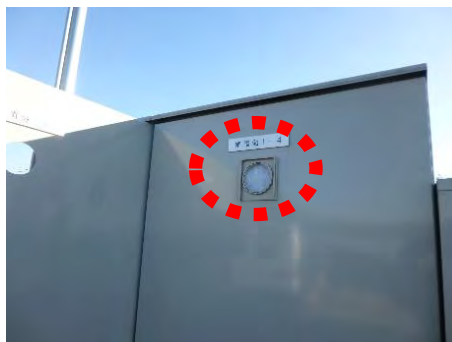
④ 対応

対応	・ 以下は通風孔を取り付けた後の状況である。 
----	--

⑤ 留意点

留意事項

- 小動物や埃が入らないよう、フィルター等を取付けた。



E－3－2：交流集電箱内結露対策

① 分類

No.	E－3－2
分類	接続箱・PCS
内容	交流集電箱内結露対策

② 発電所情報

所在地	・ 関東
運転開始年	・ 2013年10月
区分	・ 高圧
容量	・ 1MW _{AC} (1.3MW _{DC})
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ 降雨後コンクリート基礎に浸透した雨水により、箱内が結露した。
発見時期	・ 2014年1月
状況	・ 防水塗料塗布前の箱内の状況は、以下のようであった。

④ 対応

対応	・ 防水塗料塗布後の箱内の状況は以下のとおりとした。
----	---

⑤ 留意点

留意事項

- コンクリート基礎を防水モルタルとして、箱内に雨水等が浸透しないようにする。
- 外回りのコーキングをしっかり行う。



E-4 : PCSのフィルター目詰まり

E-4-1 : PCSのフィルター目詰まりによる稼働停止

① 分類

No.	E-4-1
分類	接続箱・PCS
内容	パワーコンディショナ（PCS）のフィルター目詰まりによる稼働停止
出典	メガソーラービジネス 2018年3月22日掲載（日経BP）
参考資料	https://project.nikkeibp.co.jp/ms/atcl/feature/15/302961/031500074/?ST=msb

② 発電所情報

区分	・ 低圧
容量	・ 50kW未満
設置形態	・ 建物設置

③ 不具合概要

事例概要	・ 平均的発電量や予測発電量に比べ、大幅な発電量の低下が発生した。 ・ 施設サイトを調査したところ、パワーコンディショナ（PCS）のフィルター目詰まりにより、吸気口からの放熱風量が十分でなく、PCS内温度が上昇しPCSが停止した。 ・ 再稼働を行っても放熱が十分でないことから、再停止の繰り返しにより発電ロスが発生していることが判明した。
発見時期	・ 運転開始後3年間
状況	・ 発電量低下による現地調査の結果、PCSの放熱が十分でないことが判明した。 ・ 多くのPCSメーカーは、半年に1回、少なくとも1年に1回といった頻度でフィルターの清掃を推奨しており、説明書にも記載していることが一般的である。 ・ しかし、小規模発電事業者の多くはこのような定期的な保守に関する認識が乏しく、適切な運用と保守・点検（O&M）の体制を確立している場合を除いて、フィルターを適切に清掃していないことが多い。 ・ 長期間、清掃せずに放置し、フィルターの目詰まりが酷くなると、ファンは回っているのに、吸排気口の外側に手をかざしても、熱の排出をまったく感じられなくなる。

	• こうした状態になると、元々は白かったフィルターは、こげ茶色に汚れている。 • 一般的に、清掃を3年程度怠ると、換気の機能はほぼ無くなってしまっているとされている。
--	--

④ 対応

対応	• P C Sフィルターは、ハケやエアブロー等を使って汚れを落とすだけである程度の機能が回復する。 • 可能であれば、水洗いで清掃することが理想である。 •それほど難しい作業ではないが、怠れば発電量の低下やP C Sの寿命の短縮につながる。 • P C Sの機種によっては、フィルターの取り外し易さを十分に考慮していない設計もある。例えば、吸気用と排気用のフィルターが分かれている機種で排気用のフィルターは筐体の外からネジで固定され簡単に取り外せるのに対し吸気用のフィルターは筐体の内側から固定され、さらに固定されている位置も含めてフィルターの取り外しに苦労する場合があった。 • ネジ止め等で固定されている場合には、一定の工程と段取りを要領よく行わないと多数のP C Sを清掃する効率が悪くなる。
----	---

⑤ 留意点

留意事項	• 日常的に発電所を訪れて状況を把握し、目視点検でフィルターの目詰まりや放熱状態を確認することが大切である。 • PCSメーカーが推奨する頻度でフィルターの清掃を行い、メーカー推奨の期間（3～5年）にはフィルター交換も行うことにより効率が保てる。 • 小型機の場合、主に吸排気口を通じた自然の空冷や吸排気口とファンの併用によって熱を外に逃がし、外気を取り込むことで、過熱を抑える仕組みが多い。 • メガソーラー（大規模太陽光発電所）向けの大型機の場合、吸排気口やファンに加え、PCSを収めた屋外設置用の筐体内の空気を冷やすために空調機を使うことが多い。 • フィルターは、自然空冷、ファンの回転、空調機のいずれの手法を採用した場合でも備えている。 • 外気を通じて埃や塵等がPCS内に入らないようにするための機能でありファンの回転、空調機の保守と併せてフィルターの清掃を行うことが好ましい。
------	---

E-4-2: PCSフィルター目詰まりによる温度上昇からの停止

① 分類

No.	E-4-2
分類	接続箱・PCS
内容	PCSフィルター目詰まりによる温度上昇からの停止

② 発電所情報

所在地	・ 関西
運転開始年	・ 2019年3月
区分	・ 高圧
容量	・ 1.3MW _{AC} (1.4MW _{DC})
設置形態	・ 屋上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ PCSフィルター目詰まりによる温度が上昇し、停止した。
発見時期	・ 2019年6月（遠隔監視装置より警報発信）
状況	・ 9:39にパワーコンディショナ（PCS）2に温度異常発生し、12:15停止した。緊急出勤の上、13:25に復帰した。 ・ メーカーに確認したところ、フィルターの目詰まりが原因のため、定期的な清掃（1台につき30分程度の停止）が必要であった。 ・ 以降、PCS確認時にフィルター目詰まりの懸念があれば、その場で清掃実施する旨を事業主の了承を取り付けた。



④ 対応

対応	NO1フィルター清掃前  2019/07/22 10:39 NO2フィルター清掃前  2019/07/22 10:44 NO1フィルター清掃後  NO2フィルター清掃後  2019/07/22 10:52 除去埃の一部  2019/07/22 10:51
-----------	--

⑤ 留意点

留意事項	• 物流拠点やトラック通路隣接の設置の場合、エアコンレスのスマートパワコンの選択がある。 • 上記の悪条件の環境下につき、定期点検時のフィルタチェック及び清掃が重要であり、本来は設置環境に応じた適切な機器選定が必要と思われる。
-------------	--

E-4-3: PCSの吸入口の目詰まり

① 分類

No.	E-4-3
分類	接続箱・PCS
内容	PCSの吸入口の目詰まり

② 発電所情報

③ 不具合概要

事例概要	経年運転で土埃によってパワーコンディショナ（PCS）の吸入口に目詰まりがあった。
発見時期	運転開始1年後
状況	清掃前の目詰まりの状況は以下のとおりであった。  

④ 対応

対応	以下は、清掃後の目詰まりの状況である。 
----	---

⑤ 留意点

留意事項	PCS吸入口が目詰まり状態で夏季を迎えると、PCSの温度異常で装置停止になることが想定され、定期的な清掃が必要である。
------	---

E-5 : PCSの冷却不足による出力低下

① 分類

No.	E-5
分類	接続箱・PCS
内容	PCSの冷却不足による出力低下
出典	メガソーラービジネス 2018年4月19日掲載（日経BP）
参考資料	https://project.nikkeibp.co.jp/ms/atcl/feature/15/302961/041800076/?ST=msb

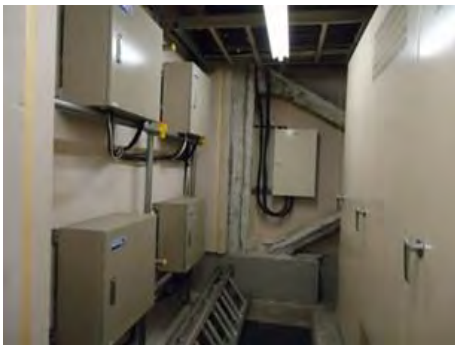
② 発電所情報

区分	・ 低圧
容量	・ 50kW未満
設置形態	・ 建物設置

③ 不具合概要

事例概要	- 工場の屋根上に設置された49.9kW設備で、設置3年後にメンテナンスを契約し、監視装置を設置した。 - パワーコンディショナ（PCS）が設置されている工場内の電気室での室温が40℃以上となり、PCS出力が自律的に1/2に制限されていることが判明し、改善した。
発見時期	・ 運転開始後3年間
状況	- 監視装置を導入したことで、全体の発電量と4台のPCSに電流センサー及び送信モジュールを設置して監視していた。 - 日射のある日中にPCSの出力が低下することがわかった。 - 低圧用CT計測型 遠隔監視装置 設置。 - PCS4台を各1台ずつ計測。 - 各1台、計測しているので個々にPCSの発電量がわかる。 - 盤内の○部分が監視装置とCT。 - PCSの設置場所が工場内電気室で、工場の熱がこもり、室内温度が40℃に達していた電気室には過熱を想定し、換気扇が作動する仕組みになっているがその設定温度が40℃であった。 - 太陽光発電設備のPCSは40℃になると出力を1/2に絞り、稼働を続ける安全装置が組み込まれている。さらにPCS内の温度が50℃を超えると停止し、46℃まで下がると自動復帰で出力1/2で運転を行う。

④ 対応

対応	- 夏季には、電気室内が40℃以下でも、PCS内は40℃を超える可能性が高くなる。  - 電気室内の換気扇を稼働させる温度設定を従来の40℃から約25℃に変更しPCSの温度上昇を抑えた。  - この結果、1日の総発電量が約20%程度向上した。
----	--

⑤ 留意点

留意事項	- 夏季の発電量の多い時間帯は、パワー半導体の発熱の度合いは高まることを配慮したPCS設置の電気室温度管理が重要である。 - 西日が直接当たる場所にPCSや接続箱を設置した場合、外気温の上昇により機器の停止や遮断器のトリップ等が発生するケースがある。 - 機器の設置状況については、年間の環境条件や設置場所等による外部環境温度の影響を理解することも重要である。 - 今回のように、過熱によるPCS等の異常は、遠隔監視システムの導入により発見し易くなる場合がある。
------	--

E-6 : 一部のPCSには交流出力側に高い対地電圧が生じる場合

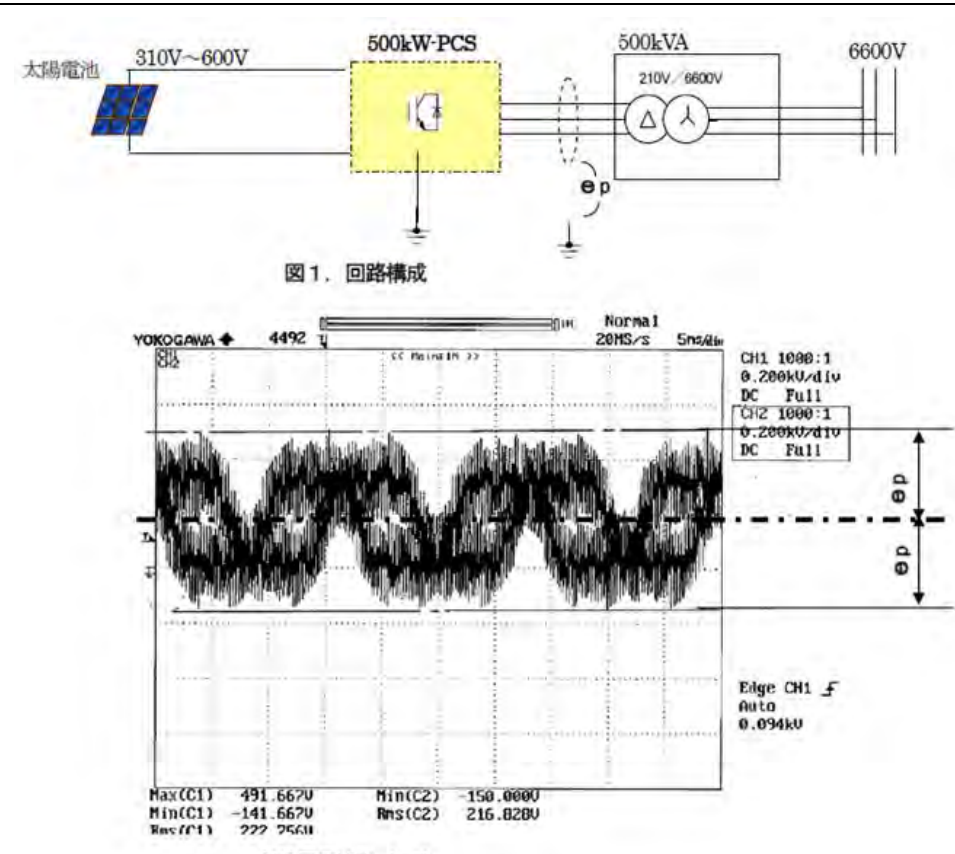
① 分類

No.	E-6
分類	接続箱・PCS
内容	一部のPCSには交流出力側に高い対地電圧が生じる

② 発電所情報

運転開始年	・ 2013年7月
区分	・ 高圧

③ 不具合概要

事例概要	・ トランスレスパワーコンディショナ（PCS）の仕様書にて、高い対地電圧（直流成分に周波数の高い交流成分が重畳された電圧）が発電中に常時かかることが判明した。 ・ 発生する対地電圧は、PCSメーカー・品種によって異なり、高いものでは $V_{peak}=1,600V$ となる場合もある。
発見時期	・ 2013年2月
状況	 図1. 回路構成 太陽電池 310V~600V → 500kW-PCS → 500kVA (210V/6600V) → 6600V 図1は、太陽電池（310V~600V）が500kW-PCS（パワーコンディショナ）に接続されている様子を示している。PCSの出力は500kVA（210V/6600V）のトランスを経由して6600Vの系統に送電される。図中の「ep」は対地電圧を示している。 YOKOGAWA 4492 のスクリーンショットは、対地電圧波形（ep）を示している。設定は Normal 20MS/s、5mV/div。チャンネル1（CH1）は1000:1のスケールで0.200kV/div、DC Fullで表示されている。チャンネル2（CH2）も同様の設定で表示されている。Edge CH1はAutoで0.094kVと検出されている。 Max(C1) 491.667V Min(C1) -141.667V Rms(C1) 222.256V Min(C2) -150.000V Rms(C2) 216.820V 対地電圧波形（ep）

④ 対応

対応	• 初めて扱うトランスレスPCSは、メーカーへ直接、仕様の確認等を行ってきた。 • PCS-Cub間の交流電路に上記の対地電圧がかかることから、安全と機器故障防止の観点から、Cub低圧側電路に対して、発生する対地電圧に応じた対策を講じて、安全・安心を確保した。
----	---

⑤ 留意点

留意事項	• 高い対地電圧が発生するPCSが接続される場合は、保守される方へ向けた注意喚起がCub設備内にされている。活線での点検（月次点検等）や緊急対応をされる際は、保護具の装着等による安全に配慮した点検を行うようにする。
------	---

F：キュービクル・発電設備周辺環境

F－1 ： 結露による電気設備の錆発生

① 分類

No.	F－1
分類	キュービクル・発電設備周辺環境
内容	結露による電気設備の錆発生

② 発電所情報

所在地	・ 中部
区分	・ 高圧
容量	・ 1.5MW _{AC}
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ 外気との気温差により、キュービクル天井に結露が発生し、水滴の落下により電気設備に錆が発生した。
発見時期	・ 2019年
状況	・ 2月の月次点検でキュービクル内部を点検していたところ、トランスの上蓋と端子部分、高圧交流負荷開閉器（LBS）にサビの発生を確認した。 ・ 天井換気扇に黒い水垂れの跡が見られ、換気扇の取付ボルトにも錆が発生していた。  

④ 対応

対応	• 換気扇周囲での結露の発生が原因と推測し、天井扇フード内と屋根フード天面内側に断熱材を、換気扇とキュービクルの間にパッキンを取り付けた。 • これによりフード部分の温度低下を防ぎ、結露の原因となる外気との寒暖差を減少させた。 • 更にパッキンを取り付けたことで結露が発生した場合でも、水滴の落下を防止している。 
----	---

⑤ 留意点

留意事項	• 本サイトは海辺の塩害区域に設置されていたため、サビの発生を助長したと思われる。 • 結露による水滴は絶縁抵抗の低下を引き起こし、短絡や地絡につながり波及事故にまで発展する可能性がある。 • 除湿を行う方法として、スポットヒーターでの外気との気温差の緩和、乾燥剤や乾燥機による除湿等の方法がある。 • 塵埃の激しい場所で屋外キュービクルを設置した場合、塵埃に水滴が付着すると絶縁抵抗の低下を引き起こすので、特に注意が必要である。
------	--

F-2 : 空調機異常検出

① 分類

No.	F-2
分類	キュービクル・発電設備周辺環境
内容	空調機異常検出

② 発電所情報

所在地	・ 東北
区分	・ 特別高圧
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ 空調室外機内に鳥が運んできたと推定される異物
発見時期	・ 2019年6月
状況	・ 6月の巡視点検で発見されたもので、鳥が運んできたと推定される異物が原因と思われる空調機異常検出及びエアコン停止（軽故障）が発生した。 ・ 故障継続中、パワーコンディショナ（PCS）には影響ないことを遠隔監視で確認し、電気主任技術者が再起動を実施したが4分程度で再び停止となる。 ・ 室外機のカバー（室内機との冷媒用銅配管部分）を開けたところ、枯草の塊や羽根等の異物が大量に詰まっていた。  

④ 対応

対応	・ カバー内の保温材もむしられており、一部、銅配管も露出状態となっていた。 ・ 鳥獣保護法に従い、卵や雛の有無を確認した後に異物を撤去した。 ・ 異物を取り除き室外機内部を清掃して再起動を試みたが、軽故障の再発が収まらないため、メーカーによる現地調査を実施した。エアコン停止は再現されなかったが、念のため基盤と冷却ファンを交換した。 ・ その後、エアコン停止は再発していない。配管の開口部を塞ぐことを再発防止策とした。
----	--



⑤ 留意点

留意事項	• 通気口からの蟻やゴキブリ等完全予防は無理であるが、機器設置時に開口部のパテ埋めを徹底しないと、鳥獣や虫の機器内部への侵入を防止できない。
------	--

F-3 : 植生

F-3-1 : キュービクル内部への植物（ツル）の侵入

① 分類

No.	F-3-1
分類	キュービクル・発電設備周辺環境
内容	キュービクル内部への植物（ツル）の侵入

② 発電所情報

所在地	・ 中部
区分	・ 高圧
容量	・ 200kW _{AC}
設置形態	・ 屋根上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ 月次点検の際にキュービクル内部の確認を行ったところ、ベース部分の金網から内部へツルが侵入していた。 ・ 発電所の運転には影響がなかったものの、発見が遅れれば地絡等の重大な事象に繋がる恐れがあった。
状況	・ キュービクル内部の確認を行ったところ、ベース部分の金網から内部へツルが侵入していた。 ・ 前回の月次点検ではツルの接触と侵入は確認できなかったが、キュービクル周辺は雑草で囲まれており、ツルの繁殖しやすい条件が整っていた。 ・ ツルは夏の温暖な気候では1日に数cmも成長する場合があります、前回の点検から急激に成長したものと考えられる。  

④ 対応

対応	• ツルは充電部から十分に距離があったため、全停電を行って除去した。 • キュービクルと架台の間に1.2mmピッチのステンレス製カバーを取付けた。 ステンレス製カバーの取付前（左）と取付後（右）の状況 • キュービクル架台下では既存1.2mmピッチの樹脂製カバーの上から1.2mmピッチのステンレス製カバーを取り付けた。 ステンレス製カバーの取付前（左）と取付後（右）の状況
----	--

⑤ 留意点

留意事項	• 今回はキュービクルでの発生であったが、PCSや接続箱等、様々な箇所で起こり得る事象である。 • 国内の過去の事例では植物だけでなく、ネズミ等の小動物の侵入による短絡・地絡とその波及事故が数多く報告されている。 • その他の参考事例として、キュービクル内で蜘蛛の巣や蟻が発見されたこともあり、周辺の雑草地がツルだけでなく、小動物や虫の住処になっていると考えられる。 • このような環境では防草シート等で雑草の繁殖を抑えることにより、ツルや小動物、虫の生息地を発電施設から遠ざけることも有効であると考えます。
------	---

F-3-2：防草シートの不具合

① 分類

No.	F-3-2
分類	キュービクル・発電設備周辺環境
内容	防草シートの不具合

② 発電所情報

運転開始年	・2015年3月
区分	・メガソーラー
設置形態	・地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・運転開始3ヶ月以内の事象である。 ・3月に施工・運転開始した太陽光発電所の入口付近及び道路に面したフェンス付近に施工した防草シートに、5月頃から大量の雑草が生え、防草シートの効果が見受けられないため、相談があった。
発見時期	・6月上旬に現地調査
状況	・以下の写真は、防草シートを施工して3か月経過した状態である。明らかに防草シート施工の効果が見受けられない状態だった。 

④ 対応

対応	・現地調査をした結果、材料選定ミスと施工ミスと判断した。 ➢ 材料選択ミスとは、耐茅仕様ではなく、薄生地・織り仕様の製品を選択したため、防草シートを突き破る原因となった。 ➢ 施工ミスとは、雑草防除の未実施及び防草シート四周端部を端部専用資材の未使用での施工が原因となった。 ・対応として、厚手で不織布の高耐久耐茅仕様の防草シートを使用した。雑草を全て防除した上で、四周端部を処理した。
----	--

⑤ 留意点

留意事項	• 防草シートは各社から多くの種類が発売され、価格のみで選ぶのではなく長期間使用等の目的に合わせ、経済合理性に適した資材を選ぶことが重要である。 • メーカーが発行している施工要領書を必ず確認し、適切な施工を行うことが重要である。 • 発電事業者は、防草シートの価格だけでなく、仕様と施工方法も必ず確認することが重要である。 • 不適切な材料選択及び施工は張替費用の負担だけでなく、信用をも失いかねない。
------	--

F-3-3：PCSにツル（クズ）が伸びて稼働停止

① 分類

No.	F-3-3
分類	キュービクル・発電設備周辺環境
内容	PCSにツル（クズ）が伸びて稼働停止
出典	メガソーラービジネス 2018年3月8日掲載（日経BP）
参考資料	https://project.nikkeibp.co.jp/ms/atcl/feature/15/302961/030700073/?ST=msb

② 発電所情報

区分	・ 低圧
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ 平均的発電量及び予測発電量に比べ、大幅な発電量の低下が起きているため施設サイトを調査した。 ・ パワーコンディショナ（PCS）吸気口から内部へツルが侵入し、放熱が妨げられ、PCS内温度が上昇した結果、PCSが停止した。 ・ 再稼働しても、放熱が十分でないと再停止の繰り返しとなり、発電ロスが発生していることが判明した。
発見時期	・ 2017年
状況	・ 現地調査の結果、発電所敷地内にツル性植物（クズ）が繁殖し、架台に絡んでいることが判明した。 ・ ツル性植物は、架台に固定されたPCSの付近にも伸びていた。PCSに絡みついて覆っているようなことはなかったが、PCSの近くで枝分かれたツルがPCSの吸排気口の中に伸びているものが見つかった。 ・ 放熱用のファン周辺を中心に、内部にツル性植物が伸びて密集すると、ツル性植物によって熱を外部に逃がす効果が落ち、発電中は過熱し易くなる。 ・ ファンの稼働が停止していた場合もある。また、ファンが稼働しても、PCS内の適切な冷却が間に合わなくなると、PCSの安全装置が動作し、稼働を停止させる。太陽電池パネルは直流電力の発電を続けているので、PCSの段階で

	発電をロスしている。 ツル性植物の侵入によるPCSの停止を確認でき、発電量が予想より低調の理由のひとつとなっていたと言える。  
--	--

④ 対応

対応	- PCS内からツル性植物を取り除いた後、先ずファンが正常に動くことを確認し、様子を見ながらPCSを再稼動させた。 - ただし、長期間にわたって稼動が止まっていたPCSの場合、それだけでは再稼動できない場合がある。他の部品の交換やメーカーによる修繕が必要になる。（この間も発電のロスは続く。） - 一方で、高圧や特別高圧の送配電線に連系している太陽光発電所でも、分散型のPCSを採用している場合、低圧向けと同じようなPCSの構造で架台に固定している場合には、同様のトラブルが起きる恐れがある。
----	--

⑤ 留意点

留意事項	- 日常的に発電所を訪れて状況を点検・把握し、目視点検でツル性植物等が繁殖していれば、対策を施すことにより事象を未然に防げる。 - PCS単位等で遠隔監視システムを導入し、稼動状況からトラブルの兆候を把握する等が有効である。
------	---

F－3－4：雑草による発電量の低下等

① 分類

No.	F－3－4
分類	キュービクル・発電設備周辺環境
内容	雑草による発電量の低下、草刈り回数の増加及び景観の悪化

② 発電所情報

運転開始年	・ 2016年3月
区分	・ メガソーラー
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	- 以下の状況で、発電事業者は収入減と支出倍増となるとともに、苦情対応となっていた。 ① 雑草の影による発電量の低下（10%以上） ② 植生の悪化による雑草の増大と草刈り回数の倍増（1回/年→2回/年）と雑草の増量による集草費の増大 ③ 植生悪化による景観悪化への近隣からの苦情が発生 - また、土地賃貸契約書に「除草剤の使用は不可」の旨が明記されており、事業者は防草シートも検討したが、収益性が合わずに草刈りでの対応とした。
発見時期	・ 発電事業者からの依頼
状況	- 発電事業主へ雑草対策を行うため、以下の流れと「分析・診断」と「実行計画」の重要性を説明し、納得の上で現地調査を行った。   - 現地調査の結果、メガソーラー敷地面積の約半分は隣接地のフェンス付近から侵入したクズが発電所を覆っていた。クズは2年で約100m匍匐（ほふく）侵入しながら、植生範囲を拡大してきたと推測された。 - さらに、背の低い雑木が至る所で散見された。 - 現地調査と採取した土壌分析の結果から、現状で行われている草刈りのみの対応ではさらに植生が悪化し、雑草対策の回数が倍増すると診断した。

④ 対応

対応

- ・ 雑草対策案は緩い傾斜地の地形、法面の存在、土壌分析の結果、アレイの最低地上高、事業主の運営方針と地権者ヒアリング（除草剤の使用が何故、禁止されているのか等）等の諸条件を設定し、複数案を立案した。
- ・ 方針として、分析結果やこの地域特徴を良く知る地権者ヒアリング等から裸地管理ではなく、雑草と発電所が「共存共栄」する「植生転換」案を考案した。



- ・ 具体的な方法は、草刈りを主作業とし、地権者の合意の上で有資格者が特定の雑草のみに対してドリフト（飛散）が最も発生しない除草剤を塗布する工法とした。
- ・ 除草剤の使用に際して、農林水産省の「農薬取締法」を遵守し、環境省の「公園・街路樹等病害虫・雑草管理マニュアル」等を参考に、実施計画書を作成した。
- ・ これらの結果、雑草対策費や回数は半分以上となり、近隣からの苦情もなくなった。
- ・ O&M維持費で最も費用負担が大きい雑草対策費が半額以下になったため今まで実行したくてもできなかった太陽電池モジュールの精密検査費用に充てることができた。異常モジュールの発見にもつながり、日本の主力電源となる発電所のひとつとなり、電力の安定供給に繋がった。



初回の雑草対策直前の様子（左）

植生転換し翌年の雑草対策直前（右）

⑤ 留意点

留意事項	・ 雑草は生き物であり、地域、気温、土壌、降雨量等により植生が常に変化している。緑地や農地のように、日頃から適切な管理を実行しないと維持はできない。 ・ 植生が悪化することを前提に、あらゆる方策を検討し、発電所と地域に適しつつ、経済合理性を伴った雑草対策をコンサルティングできるプロに相談しながら、対応策を立案することが重要である。
------	--

G：その他

G-1：設計図書の不足

① 分類

No.	G-1
分類	その他
内容	設計図書の不足

② 発電所情報

運転開始年	・2013年12月
区分	・高圧
設置形態	・陸屋根設置

③ 不具合概要

事例概要	テクニカル・ディーデリジェンスの実施により、対応の設計図書の不足が判明
発見時期	・2015年3月
状況	・発電事業者より、運転中の太陽光発電所のテクニカル・ディーデリジェンスの実施依頼があり、現地調査を行い、架台の不良施工、錆の発生があるため安全性を検証した。 ➢ 事業者から施工図書を借用したが、架台に関する強度計算書、仕様書、図面の資料がなかった。 ➢ 全てのボルト・ナットに合いマークがなく、ボルト・ナットが締まっていない箇所が点在していた。 ➢ 設計面での配慮不足のため、局所集中の流水・滞留による錆が発生していた。

④ 対応

対応	・事業主及び電気主任技術者と相談の結果、施工者への聞き取り調査と同時に現状での安全対策を行った。 ・架台等の安全率等を詳細な強度計算を行う、強度計算書、仕様書、組立図、部材図、ミルシート等の不足分資料の提出を依頼したが、資料提出は有償である旨の連絡があった。 ・発電事業者に「施工者が電気事業法への抵触及び重要事項の説明を怠っている。」旨を伝えるよう助言の結果、施工業者から要望した資料が提出された。
----	--

⑤ 留意点

留意事項	・施工会社は、事業用電気工作物、一般用電気工作物のどちらにおいても、初歩的な電気事業法、電気設備技術基準、建設業法等を理解しておらず、法令を遵守していない懸念があった。 ・竣工図書は太陽光発電を安全に安定して運転するために最も重要な書類のひとつであり、また、発電所が電気設備技術基準を適合していることを説明する書類になるので、発電事業者は必ず入手すること。 ・施工会社や販売店にとって、竣工図書の未提出、重要書類の不足は法令違反だけでなく、工事未完了や引き渡し未完了の扱いとなり、瑕疵責任の期間が満了の場合でも、責任が問われかねない。
------	---

G-2 : 不十分な点検作業

① 分類

No.	G-2
分類	その他
内容	不十分な点検作業

② 発電所情報

所在地	・ 関東
運転開始年	・ 2013年9月
区分	・ 高圧
設置形態	・ 地上設置

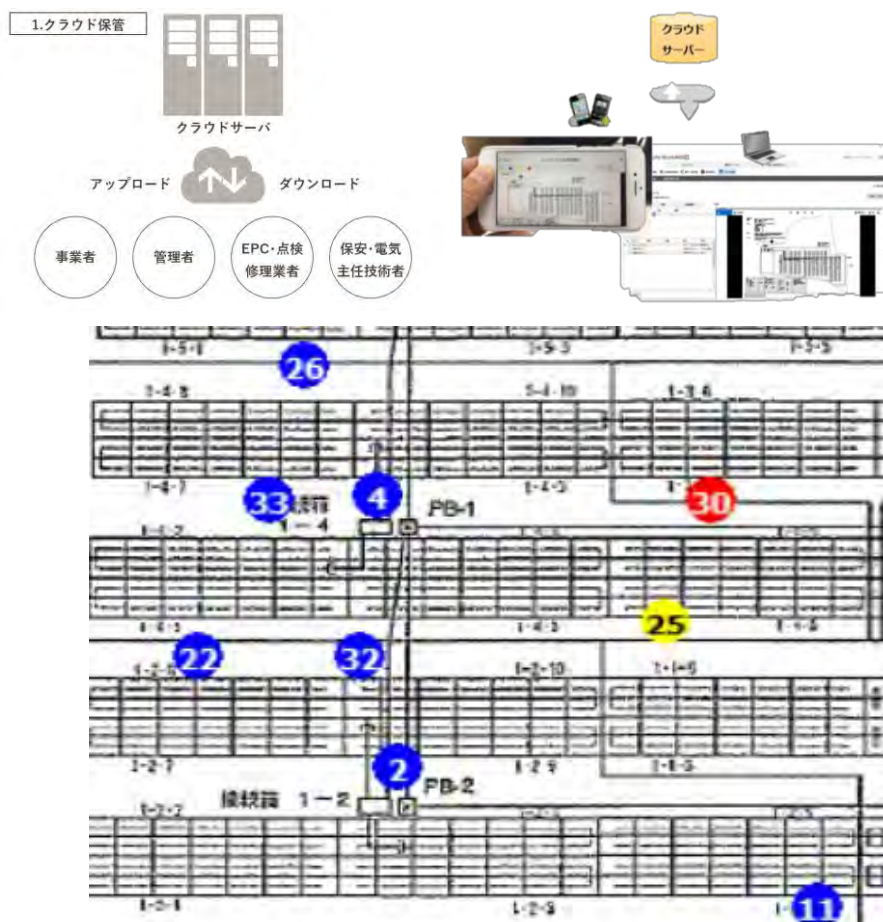
③ 不具合概要

事例概要	- 点検報告書（写真台帳なし）にはパワーコンディショナ（PCS）のフィルター清掃済であった。 - 他の作業のため点検後から1ヶ月後に立ち会った発電事業者が確認するとフィルターには汚れが堆積し、清掃の形跡は見受けられなかった。また、PCSのエンクロージャー内部床には昆虫の死骸が散乱していた。 - 適切な点検作業の運営と管理の方法が課題として挙げられる。
発見時期	・ 2015年3月
状況	  フィルターの汚れ（左） 虫の死骸（右） - 委託した点検業者へのヒアリングの結果、別の業者へ点検を再委託し結果的には無管理状態であったことが判明した。 - 再委託の業者へのヒアリングの結果、点検業者から再委託業者への詳細な点検内容とその対応が正確に伝わっておらず、点検の作業者は点検の必要性やフィルターの未清掃による不具合の発生と損失についての理解が不足していた。 - 以上から、事業運営体制を刷新することとし、点検方法、点検結果の判断、報告の仕方、点検実施の有無、提出書類（報告書、測定結果、写真台帳）、体制表、緊急連絡先等、詳細な内容を作り上げる契機になった。

④ 対応

対応

- 発電所を運営するには多くの関連業者、メーカー、関係者が関わり、発電事業を20年以上にわたり、安全・安心を保ち、保守保全を続けながら安定稼働と安定供給を行われなければならない。
- 業務の要であるが、長期間の対応にはマンパワーや管理手法の構築だけでは不可能なため、施工管理ソフトをベースに、急速に普及した情報端末（スマートフォン、タブレット）を活用した太陽光発電事業用のクラウドサービスが構築されている。



- クラウドサービスの長所の例
 - クラウドサービスと情報端末が連動した発電所管理システムで、発電所の管理者はクラウドサービスで関係者と管理情報を共有することができる。
 - 保守・点検（O&M）、修理等の外注業者の作業者は情報端末を用いて写真撮影、作業範囲のマッピング、報告書と写真台帳の自動作成、関連情報の閲覧等を実施することができ、複数の情報端末を同時、同場所において使用することもできる。
 - 本サービスで運用・管理情報の共有化を図ることにより、作業完了後に作成される報告書、計画書、発電所情報、保安体制等の運用上必要なデータを20年以上保管することができ、改訂履歴を残すことも可能になる。

	➤ 発電所関係者（発電事業者、電気主任技術者、各種業者、金融機関等）へ立場に応じたアクセス権限を与えることにより、発電所の仕様、履歴、今後の予定、体制表等を、必要な人に必要な情報だけをリアルタイムかつ確実に提供することができる。 ➤ クラウドサービスにより、パソコンの交換、人事異動、委託先の変更等の中長期的なリスクの影響を受けることなく、安全安心な運営体制が築くことができる。
--	--

⑤ 留意点

留意事項	• O&M業者にとって、実施した作業の作業範囲の特定、写真撮影、撮影位置の確認、写真の整理、日報・完了報告等の報告書の作成が大きな業務負担となっている。必要な計画・報告・安全対策等の管理書類が完備されていないことも少なくないため、大きな課題となっている。 • 業務効率の大きな改善には従来の延長線だけではなく、IT技術等の新しい技術・手法を採り入れることも必要である。
------	---

G-3 : 出力制御（旧ルール）にて出力制御（PCSオフ）時に異常検知

① 分類

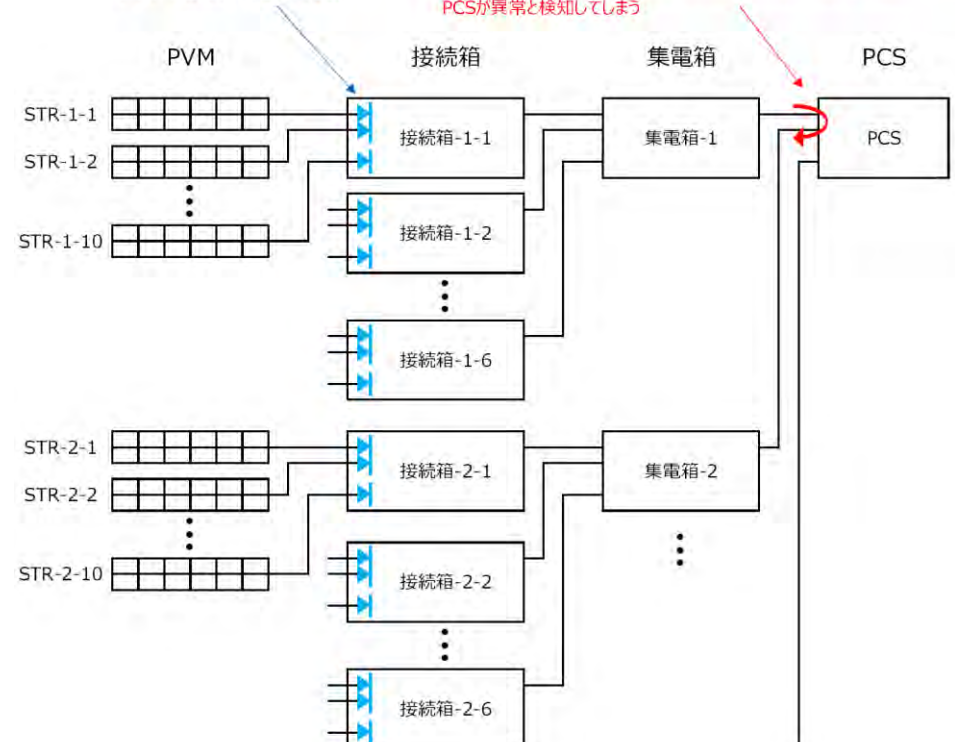
No.	G-3
分類	その他
内容	出力制御（旧ルール）にて出力制御（PCSオフ）時に異常検知

② 発電所情報

所在地	・ 南九州
運転開始年	・ 2015年
区分	・ 高圧
容量	・ 1.99MW _{AC} (2.3MW _{DC})
設置形態	・ 地上設置

③ 不具合概要

事例概要	・ 発電所構成環境は、1,000V仕様の接続箱（海外製）、国内製500kWのパワーコンディショナ（PCS）4台である。 ・ 旧ルールの発電所において、出力制御のためにPCSオフを実行した際にPCSが直流逆電流異常を検知した。 ・ 調査の結果、接続箱（海外製）がIEC規格に基づいた製品であり、逆流防止ダイオードを有していないことに起因し、発生したと判断される。
発見時期	・ 2019年3月

状況	<u>PCS直流逆電流異常(横流)検知 → 接続箱に逆流防止ダイオードがないため発生</u> <不具合内容(具体事例)> ・出力制御のためPCSオフを実行すると、PCSが直流逆電流異常を検知してしまう。 ・当該発電所は2015年より稼働している。出力制御に未対応時は問題発生はなく、出力制御対応後に不具合が発生。 <原因 (PCSメーカーの想定を含む)> ・出力抑制(PCSオフ)になると、開放電圧に差が生じ、PCS入力部にて横流が発生するため直流逆電流異常と検知する。 ・接続箱がIEC規格に準じた海外製であり、逆流防止ダイオードを有していないことが原因と推測される。 通常発電時はPCSのMPPT動作によりPV電圧が開放電圧より低下し逆流は発生しないため異常は検知されない。しかし出力抑制(PCSオフ)時、各ストリングの開放電圧の差により逆流(横流)が発生し、PCSが異常と検知してしまう 現状接続箱にはストリングに逆流防止ダイオードがない(ヒューズ方式) 
----	---

④ 対応

対応	・対象のストリングにダイオードを外付けで追加の対応策を提案した。(客先にて導入検討中)
----	---

⑤ 留意点

留意事項	・通常動作のみでなく、出力制御（十分な発電日射量があるにもかかわらずPCS出力を停止した状態）での検証が必要である。特にIEC規格に準拠した海外製接続箱は逆流防止ダイオードを有さないため、注意を要する。 ・PCSの運転中にオフとなった場合、太陽電池アレイの集電箱毎で電圧差があると横流電流が流れる場合がある。PCSのエラー表示になるレベルの横流が起こるのは、システム設計とPCSの仕様のミスマッチが想定されるため、EPCやPCSメーカー等に確認する。 ➢ 最近の一部のPCSでは、ストリング毎に逆流防止ダイオードを内蔵するモ
------	--

	デルがあり、逆電流の防止のため直流入力部（DC入力盤）にヒューズと逆流防止ダイオードで構成し、事故時の被害拡大の抑制を図るものがある。
--	--

G-4 : 雑草によるフェンス倒壊の恐れ

① 分類

No.	G-4
分類	その他
内容	覆いつくした雑草によるフェンス倒壊の恐れ

② 発電所情報

運転開始年	・ 2013年3月
容量	・ メガソーラー

③ 不具合概要

事例概要	・ 運転開始3年目の太陽光発電所の発電事業者より、高さ2.4mのフェンス前面に雑草が覆いつくし、倒壊の恐れに関する強度計算と雑草防除の依頼があった。 ・ 現状の管理は、草刈りを業者に依頼しており、フェンス周辺の草刈りは追加料金の支払いとなり、費用対効果が悪化し収益を圧迫し始めた。 ・ 雑草の通風率を加味した強度計算を行った結果は「不可」だったので、対応策案を計画するため、現地を確認した。
発見時期	・ 発電事業者からの依頼
状況	・ 発電事業主には雑草対策を行うための流れと分析・診断と実行計画の重要性の説明を行い、納得の上で現地調査を実施した。 ・ 現地調査及び採取した土壌分析の結果、草刈りに強く、生育が早い多年生雑草がメガソーラーのフェンスの敷地面積の大半を覆っていた。 ・ 一部では雑草の陰による発電量低下も見受けられ、土壌分析の結果では耕作に十分な良質な土壌だった。 ・ 更に、蜂や生活不快虫、農作物への害虫も散見され、点検作業員及び近隣にも悪影響の発生の恐れがあった。 ・ この結果から、2回/年の草刈りでは不十分で、総合的防除計画の立案とその実施が急務と判断した。



④ 対応

対応	・ 雑草対策は植生や土壌分析の結果、アレイの最低地上高、事業主の運営方針や土地賃貸契約等の諸条件を設定し、複数案を立案した。 ・ 方針は分析の結果や地権者のヒアリング等から雑草と発電所が「共存共栄」する「植生転換」とした。 ・ 実施計画の作成には環境省の「公園・街路樹等病害虫・雑草管理マニュアル」等を参考に、雑草・害虫対策を考慮した実施計画を作成した。 ・ 具体的な実施計画は、農薬を使った除草、成長調整、病害虫の防除を実施することとし、また、「農薬取締法」を順守し有資格者のみの作業とした。 ・ 特にフェンスを覆っているクズ対策は難易度が高いため、2～3年計画で防除することとした。 ・ この結果、雑草対策費や回数は現行の半分以上となり、2年目で葛の防除に成功した。
----	--

⑤ 留意点

留意事項	・ 雑草は生き物であり、地域・気温・土壌・降雨量等により、植生が常に変化する。 ・ 緑地や農地のように、常日頃から適切な管理を実行しないと維持できない。 ・ 植生が悪化することを前提に、あらゆる方策を検討し、発電所と地域に適しつつ、経済合理性を伴った雑草対策のコンサルティングが可能なプロに相談しながら計画を立案することが重要である。
------	---

Ｏ＆Ｍタスクフォースのメンバー社（５０音順）

２０２０年３月現在

株式会社アイテス	英弘精機株式会社
株式会社エクソル	ＳＢエナジー株式会社
株式会社ＮＴＴファシリティーズ	株式会社大島電気工事
オーナンバ株式会社	奥地建産株式会社
オムロン株式会社	オリックス株式会社
カネカソーラー販売株式会社	河村電器産業株式会社
元旦ビューティ工業株式会社	株式会社京セラソーラーコーポレーション
国光施設工業株式会社	株式会社ＧＳユアサ
ＪＦＥプラントエンジニア株式会社	ｊｕｗｉ 自然電力オペレーション株式会社
新電元工業株式会社	ソーラーフロンティア株式会社
田淵電機株式会社	東光電気工事株式会社
東芝エネルギーシステムズ株式会社	株式会社トーエネック
日本カーネルシステム株式会社	野原ホールディングス株式会社
パナソニック株式会社ライフソリューションズ社	富士電機株式会社
三井物産プラントシステム株式会社	三菱電機システムサービス株式会社
株式会社明電舎	リニューアブル・ジャパン株式会社

謝辞

この資料の作成にあたり、一般社団法人太陽光発電協会（ＪＰＥＡ）の公共産業部会及び太陽光発電Ｏ＆Ｍタスクフォースのメンバーをはじめ、関係各位から資料・情報のご提供を頂きお礼申し上げます。

また、本資料の内容検討に際して、ご意見とご協力を頂いたことにより、本資料を発行することが出来たことに感謝申し上げます。

末筆になりますが、関係各位におかれましては、引き続き太陽光発電システムの更なる安心・安全の具現化に向けてご対応頂きたく存じます。

ＪＰＥＡは太陽光発電システムの主力電源化と健全な普及・拡大の一助となるよう、今後も本資料の充実を図って参る所存ですので、事故・事象の事例とその対処例等の情報ご提供とご指導、ご鞭撻を賜りますよう、お願い申し上げます。

以上



〒105-0004
東京都港区新橋2-12-17
新橋I-Nビル 8階
<http://www.jpea.gr.jp/>

2020年3月 第1版①