



SolarPega & SolarPegaF シリーズ

軽量リジッド PV モジュール O&M マニュアル

山東 ZKFN ソーラーテクノロジー株式会社

発行日: 2026-05-09 | バージョン: ZKFN-ATSD-LG-OMM-342

目次

1. マニュアル概要、権利と責任	- 3 -
1.1 適用範囲	- 3 -
1.2 免責事項	- 3 -
1.3 責任範囲	- 3 -
1.4 保証条件	- 3 -
1.5 技術サポート情報	- 4 -
2. O&M 安全操作手順	- 4 -
2.1 一般安全警告	- 4 -
2.2 O&M 担当者の安全要件	- 5 -
2.3 禁止される O&M 活動	- 6 -
3. O&M 点検仕様	- 7 -
3.1 一般的な O&M 要件	- 7 -
3.2 点検頻度と項目	- 8 -
3.3 特別点検	- 9 -
4. PV モジュールの清掃	- 10 -
4.1 清掃頻度とタイミングの決定	- 10 -
4.2 洗浄用水の水質要件	- 10 -
4.3 標準洗浄手順	- 10 -
4.4 洗浄後の点検要件	- 11 -
5. よくある故障診断とトラブルシューティング	- 12 -
5.1 異常なモジュール出力低下	- 12 -
5.2 モジュールホットスポット効果	- 13 -
5.3 モジュール配線およびコネクタの故障	- 14 -
5.4 インバータ側およびストリングレベルの故障診断	- 15 -
6. モジュールの修理と交換	- 15 -
6.1 モジュール交換の一般要件	- 15 -
6.2 接着剤取付モジュールの交換手順	- 16 -
6.3 クランプ/固定具取り付けモジュールの交換手順	- 16 -
6.4 モジュール交換後のシステム検証	- 17 -
7. 緊急対応措置	- 17 -

7.1 モジュールの電気漏洩に対する緊急対応	- 17 -
7.2 モジュール火災への緊急対応	- 18 -
7.3 異常気象への緊急対応	- 18 -
8. 運用保守記録とアーカイブ管理	- 19 -
8.1 運用保守記録管理体制	- 19 -
8.2 アーカイブの分類とファイリング	- 20 -
8.3 年間 O&M レポート	- 20 -
9. 付録	- 21 -
9.1 よくある質問 (FAQ)	- 21 -
9.2 一般的な O&M ツールおよび計測機器チェックリスト	- 22 -
9.3 技術サポートおよび連絡先	- 22 -
9.4 マニュアル改訂履歴	- 22 -

1. マニュアル概要、権利と責任

1.1 適用範囲

本マニュアルは、山東中科富能太陽能科技有限公司（以下「ZKFN SOLAR」という）が SolarPega シリーズ（SolarPega、SolarPegaL）および SolarPegaF シリーズ（SolarPegaF、SolarPegaFL）TOPCon 軽量リジッド結晶シリコン PV モジュール（以下「モジュール」という）向けに発行する公式 O&M ガイダンス文書です。本マニュアルは、系統連系試運転後の PV システムの全ライフサイクルにおけるすべての運用業務を対象とし、以下を含みます:定期点検と専門試験、モジュール洗浄、故障診断と位置特定、モジュール修理と交換、緊急対応、および O&M 記録管理。

本マニュアルは、システムインテグレーター、EPC ゼネコン、O&M サービスプロバイダー、および上記モジュールシリーズの運用・保守に従事する専門資格を有する担当者を対象としています。本製品の操作、点検、または修理を担当するすべての者は、作業を開始する前に本マニュアルの全条項を読み、完全に理解し、厳守する義務があります。本マニュアルに記載された操作手順、安全上の注意事項、技術仕様に従わない場合、重傷や物的損害が発生する可能性があります。PV モジュールの運用・保守には専門的なスキルが必要であり、適切な資格を有する担当者のみが実施できます。O&M 事業者は、本マニュアルに含まれる安全および保守の要点をエンドカスタマーに書面で通知しなければなりません。

1.2 免責事項

ZKFN SOLAR は、製品の技術アップグレード、プロセス改善、または規格の更新により、予告なく本マニュアルを変更する権利を有します。本マニュアルの最新版は、ZKFN SOLAR 公式ウェブサイトのダウンロードセンターで同時に公開されます。お客様および O&M 関係者は、最新版の使用を自ら確認し、確保する責任を負います。旧版のマニュアルを使用したことによる操作上の逸脱は、すべてユーザーの責任となります。

お客様がモジュールの運用・保守において、O&M マニュアル（O&M 期間中に ZKFN SOLAR 公式ウェブサイトで公開された変更を含む）に定められた要件に従わなかった場合、お客様に提供される限定製品保証は無効となります。

ZKFN SOLAR は、本マニュアルに含まれる情報に関して、明示または黙示を問わず、いかなる保証も行いません。ユーザーおよび O&M 担当者は、プロジェクトの現地技術調査を実施し、採用する O&M 方法が現地の法律、規制、建築基準に準拠していることを確認する必要があります。

1.3 責任範囲

モジュールの O&M が本マニュアルの指示に従って実施されたかどうかにかかわらず、ZKFN SOLAR は、O&M プロセス中に発生するいかなる損害（モジュール取り扱いおよびシステム保守に起因する人身傷害および物的損害を含むがこれに限定されない）についても法的責任を負いません。

本マニュアルの異なる言語版間に不一致がある場合、中国語版が優先されます。

本マニュアルは O&M の操作ガイダンスのみを目的として提供されます。本マニュアルのいかなる記述も、明示または黙示を問わず、保証証明書を構成するものではありません。

1.4 保証条件



ZKFN SOLAR の SolarPega および SolarPegaF シリーズ全製品には、15 年間の製品保証と 30 年間の線形出力保証が適用されます。具体的な保証内容、請求手順、および免責条項については、製品購入時に提供される公式保証書に準拠します。

モジュールと共に使用される主要な補助材料（クランプ、構造用接着剤、MC4 互換コネクタを含む）は、システム全体の互換性、信頼性、安全性を確保するため、ZKFN SOLAR が推奨または認証した仕様モデルを使用する必要があります。非認証ハードウェアの使用による製品またはシステムの損傷は、保証の対象外となります。

1.5 技術サポート情報

より詳細な技術サポート資料、プロジェクト固有のソリューション調整、または異常な O&M（運用・保守）問題に関する支援については、以下の公式チャネルを通じて ZKFN SOLAR にお問い合わせください。

サービスホットライン: **400 6768 100**

技術サポートメール: **tech-support@zkfnsolar.com**

公式ウェブサイト: **www.zkfnsolar.com**

製造拠点住所: 山東省済寧市済寧経済開発区緑海匯智能製造産業園新森林 1 号棟

2. O&M 安全操作手順

2.1 一般安全警告

1. すべての O&M 作業は、地域および地域の規制、ならびに該当する国内または国際的な電気規格に完全に準拠して実施されなければなりません。
2. 感電および火傷の危険性: PV モジュールは直流発電装置です。その表面が光にさらされると、回路に接続されていなくても、正極および負極端子とコネクタに直流電圧が発生します。複数のモジュールを直列に接続した PV アレイの電圧は、人身の安全を脅かすレベルに達する可能性があります。専門的な訓練または許可を受けていない者は、いかなる方法でもモジュールの端子、コネクタ、または露出した活線部分に接触することを禁じます。活線部品への接触は、重度の火傷や致命的な感電を引き起こす可能性があります。
3. 負荷開閉操作の禁止: モジュール交換、配線、またはシステム改造作業を行う前に、まず DC 側および AC 側のシステムが完全に無電圧状態であることを確認し、厳格な再投入防止および無電圧確認措置を実施することが不可欠です。いかなる状況においても、負荷がかかった状態でコネクタや電気接続を切断することは禁じられています。負荷開閉切断は、危険で破壊的な直流アークを発生させ、火災、機器の損傷、および重篤な人身事故を引き起こす可能性があります。
4. 損傷モジュールの取り扱い: O&M 点検中に外観損傷が発見されたモジュール（表面貫通、ひび割れ、貫通を伴うバックシートの傷、ジャンクションボックスのひび割れ、または内部への水の浸入を含むがこれらに限定されない）は、直ちに隔離し、交換を予定しなければなりません。損傷したモジュールは修理不可能であり、絶縁性能が完全に失われているため、漏電および感電の極めて高いリスクをもたらします。いかなる理由でも、モジュールの分解、モジュール部品の取り外し、またはバイパスダイオードの配線変更を行うことは禁じられています。モジュールのジャンクションボックスカバーは、常にしっかりと閉じた状態を維持しなければなりません。

5. 正極-負極短絡リスク:単一モジュールの正極と負極のコネクタを直接接続することは、モジュール短絡を引き起こすため禁じられています。O&M 作業を実施する前に、すべてのコネクタ絶縁プラグまたはシーリングリングが無傷で適切に装着されていることを点検および確認し、絶縁不良による短絡を防止しなければなりません。短絡は火災や感電の危険を引き起こす可能性があります。
6. 環境および電気パラメータの制限:モジュールの設計上の安定動作周囲温度範囲は $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ です。予想される最低周囲温度における最大システム開放電圧は、モジュール製品ラベルに示された DC 1500V の最大システム電圧を超えてはなりません。O&M 中は、定格パラメータを超えた動作は禁じられています。
7. 火災安全:O&M 現場で火災が発生した場合、安全に実施でき、人員に危険が及ばない条件下で、まず PV システム全体 (DC 側および AC 側の両方を含む) の電源を遮断しなければなりません。その後、電気火災規定に従い、乾燥粉末や二酸化炭素などの非導電性消火剤を使用して消火活動を実施します。電源を遮断せずに、モジュールや電気系統に直接水や泡を噴霧することは禁じられています。
8. アプリケーションクラスと警告:本シリーズのモジュールはアプリケーションクラス A (IEC 61730-1 安全クラス II 相当) であり、一般にアクセス可能なシステムに適しています。システムの開放電圧が 50V を超える場合、安全規制に従い、ストリング接続装置の近くや、インバーターなどの容易にアクセス可能な場所に、目立つ「危険:感電注意」の警告標識を掲示しなければなりません。

2.2 O&M 担当者の安全要件

1. 資格要件:PV システムの運用、点検、および修理を担当するすべての担当者は、専門的な PV システム O&M トレーニングを修了し、有効な関連資格証明書 (低圧電気工事士資格、高圧電気工事士資格、高所作業資格を含むがこれらに限定されない) を保有し、本マニュアルのすべての安全仕様および関連する地方政府の規制を完全に理解していなければなりません。
2. 二人作業ルール:単独作業 (感電、高所からの落下など) に伴うリスクを最小限に抑えるため、現地での点検、清掃、修理、配線作業は必ず 2 名以上で行わなければなりません。単独での高リスク作業は禁止されています。
3. 個人用保護具 (PPE) :O&M 担当者は、作業中に認定された個人用保護具を正しく着用しなければなりません。これには、滑り止め保護手袋、長袖絶縁作業服、耐衝撃絶縁靴が含まれますが、これらに限定されません。屋根の端や転落の危険がある場所 (高低差 2 メートル超) で作業する場合は、常に二重フック式衝撃吸収安全ハーネスを着用し、独立して設置されたライフラインまたはアンカーポイントに確実に取り付けてください。さらに、作業面の下方には手すりや安全ネットを設置する必要があります。
4. 工具と装飾品:作業中は、安全基準を満たし、適切に絶縁された工具のみを使用してください。勤務中に金属製の装飾品 (時計、指輪、ネックレス、ブレスレットなど) を着用することは禁止されています。これらの物品は、意図しない電流の導通による短絡リスクを引き起こしたり、作業中にモジュール表面を傷つけたりする可能性があります。
5. 悪天候:雨天、降雪、霧、雷雨の状況、または現場の瞬間風速が風力 4 (約 7.9 m/s) 以上に達する場合、屋外での点検、清掃、修理作業は一切禁止されています。湿気の多い環境では、感電のリスクが大幅に高まります。O&M 担当者は、作

業を開始する前に、すべてのモジュール、工具、電気接続箇所が清潔で乾燥した状態であることを確認しなければなりません。

6. エリア管理:O&M 現場およびモジュール保管エリアには、明確な警告標識とバリアを設置しなければなりません。無許可の人員、子供、その他の無関係な人物の立ち入りは、事故防止のために禁止されています。
7. 光曝露保護:モジュールがまだ完全なシステムに接続されていない場合でも、光に曝露されている限り、常に電源となります。保護措置なしで、ジャンクションボックス、ケーブル端部、コネクタ内部の金属接点に素手で直接触れることは禁止されています。

2.3 禁止される O&M 活動

モジュール性能、個人の安全、および保証の有効性を確保するため、O&M 作業中は以下の活動を厳禁します。

1. 物理的損傷とコーティング:鋭利な物体を使用してモジュールの前面および背面を引っかいたり、叩いたり、曲げたり、衝撃を与えたりすることは禁止されています。モジュール表面のいかなる部分にも、塗料、接着剤、テープ、またはあらゆる種類のコーティングを塗布することは禁止されています。モジュールのいかなる部分にも穴を開けたり、切断したり、研磨したりすることは禁止されています (ZKFN SOLAR の専門技術者から事前の書面による確認を得た場合を除く)。
2. ケーブルとコネクタの損傷:モジュールの工場出荷時に取り付けられたケーブルおよびコネクタを、いかなる方法でも引っかいたり、切断したり、押しつぶしたり、引っ張ったりすることは禁止されています。ケーブルおよびコネクタを、適切な保護なしに長時間直射日光や水にさらすことは禁止されています。
3. 不適切な取り扱いと圧力:ジャンクションボックス、出力リード線、またはコネクタを掴んでモジュールを持ち上げたり、運搬したり、引きずったりすることは禁止されています。モジュールは両手で底面を支えて運搬しなければなりません。モジュール表面に不適切な圧力をかけたり、立ったり、歩いたり、よじ登ったり、飛び乗ったりすることは禁止されています。モジュールが硬い物体や鋭利な物体と衝突、擦れ、または衝撃を受けることを許容することは禁止されています。
4. 人工光の集光:鏡、拡大鏡、レンズ、またはその他の光学デバイスを使用して、追加の太陽光または人工光をモジュール表面に集光することは禁止されています。
5. 水没と積み重ね:水が溜まる可能性がある環境や、継続的に湿気にさらされる環境にモジュールを長期間または恒久的に設置することは禁止されています。保管、取り扱い、および O&M の全段階において、モジュールを裏向きに置いたり、モジュール同士を積み重ねたり、モジュールに圧縮荷重を加えたりすることは禁止されています。
6. 表面の異物と影:O&M 中に、モジュールセルの有効受光面に構造用接着剤、シーラント、またはその他の異物を塗布することは禁止されています。O&M 完了後は、すべての出力線とジャンパーケーブルを明確に配線し、確実に固定しなければなりません。導体、クランプ、またはその他の物体がセルの有効受光面に影を落とすことは禁止されています。

7. 汚染源と着火源:モジュールの周囲に、油煙、粉塵、または化学的に腐食性のあるガスの連続排出口や排気口を設置することは禁止されています。モジュールの近くに裸火源や可燃性・爆発性物質を保管することは禁止されています。
8. 不適切な荷重:O&M 点検完了後、モジュール表面に重量物、工具、または鋭い支点を持つ物体を置くことは禁止されています。これは長期的な応力による損傷を防ぐためです。
9. 緩みの防止:モジュールは、すべての潜在的な荷重（風荷重や雪荷重を含む）に耐えられるよう、常に確実に固定された状態を維持しなければなりません。モジュールの緩みにより接続ケーブルが引っ張られ、絶縁不良、漏電、アーク放電を引き起こすことは、分散型 PV システムにおける重大なリスク要因です。
10. 分解禁止:モジュールを分解したり、モジュールの構成部品を取り外したりすることは禁止されています。損傷したジャンクションボックスや損傷したコネクタは、いずれも感電の危険性と裂傷の危険性をもたらします。

3. O&M 点検仕様

3.1 一般的な O&M 要件

3.1.1 遮へい防止管理

軽量リジッド PV モジュールの運用中、局所的または全体的な影の遮へい（ケーブル、端子、換気キャップ、監視機器、インバーター、樹木の影、パラペット壁、手すりなどを含むがこれらに限定されない）は厳禁です。O&M 点検時には、新たに発生した遮へい源を徹底的に調査し、速やかに除去する必要があります。

降雨や降雪後は、24 時間以内にモジュール表面を点検し、表面に堆積したほこりを洗い流して、ほこりが雨水と混ざって泥汚れとなりモジュール表面に残留し、深刻な局所的遮へいを引き起こすのを防ぐ必要があります。

定期点検と専門的なテストを組み合わせることで実施します。定期的に、ゴミによる遮へい、モジュール外観の完全性、ジャンクションボックスの状態について目視スクリーニングを実施します。表面のほこりや鳥の糞などの局所的な遮へい物は速やかに除去します。発電所に対して効果的な遮へい防止およびほこり堆積防止対策を実施します。

3.1.2 架台構造安全点検

1. 構造用接着剤接合法:各点検時に、接着部の状態を確認し、接着剤の剥がれ、剥離、角部の浮き、エッジ部の浮きがないか判断します。モジュールの四隅およびエッジ部の接着品質に重点的に点検を実施します。異常が発見された場合は、速やかに記録し、修理の予定を立てます。
2. クランプ/治具固定法:各点検時に、クランプと治具の固定状態およびボルトの締め付け状態を確認します。同時に、建物の関連支持構造物の安全状態を検査します。クランプ締結に使用される M8 ボルトの場合、締付トルクは 15~20 N·m の範囲内に維持する必要があります。

注記:ZKFN SOLAR 軽量リジッドモジュールは、特定の条件下でメンテナンスのために歩行が可能であり、モジュールに損傷を与えることなく、軽量モジュール O&M におけるアクセス課題を解決します。具体的な歩行条件と要件については、ZKFN SOLAR SolarPega & SolarPegaF シリーズ PV モジュール設置マニュアルを参照してください。

3.1.3 電気安全点検

1. PV コネクタの接続部のシール完全性と固定状態の点検に重点を置き、DC ケーブルに損傷、劣化、圧迫、張力の兆候がないか調査します。
2. PV コネクタの仕様とモデルの一致性を確認する。使用する PV コネクタが PV モジュールの元のコネクタと仕様やモデルで一致しない場合、インターフェースの嵌合クリアランスが過大になり、シール構造が破損しやすくなり、外部の湿気やほこりがコネクタ内部に侵入して、内部ピンの酸化や腐食、接触抵抗の増加を引き起こし、コネクタの異常発熱、アークによる焼損、重大な安全上の危険をもたらす可能性がある。

警告: PV システム全体の DC 側において、モジュール工場出荷時の出力ケーブル、現場製作のジャンパー（ストリング延長ケーブル）、接続箱やインバーターの入力端子に至るまで、プラグ接続が必要なすべての位置で、オスとメスのコネクタが同一メーカー製であり、かつ同一製品モデルシリーズに属することを確実にしなければならない。

3.1.4 ホットスポット防止

定期的に赤外線サーモグラフィ検査を実施する。軽微なホットスポット（温度差 < 20°C）については、追跡監視を行い、変化の傾向を記録する。高温の深刻なホットスポット（温度差 $\geq 20^\circ\text{C}$ ）があるモジュールは、直ちに運用から外し、交換を計画する。故障状態でのモジュール運転を排除し、高温による火災リスクを防止し、アレイの安全で安定した発電を確保する。

3.1.5 モジュール分解禁止

PV モジュールは密閉統合された電気機器であり、現場での分解は複数の制御不能なリスクをもたらす。O&M 現場や修理プロセスにおいて、いかなる人員もモジュールの表面パネル、接続箱、バックシート、内部セルなどの部品を分解することは固く禁じられている。モジュールの工場出荷時のシール構造や電気接続ポイントを無断で取り外すことは許可されない。

3.2 点検頻度と項目

3.2.1 月次点検項目

訓練を受けた専門の O&M 担当者により、少なくとも月に 1 回、PV システムの総合点検を実施する。作業中、点検担当者は常にゴム絶縁手袋と絶縁ブーツを着用しなければならない。月次点検には以下の項目を含める：

- ◇ モジュール表面の清掃状態確認:モジュールの受光面を目視で点検し、ほこり、鳥の糞、油汚れなどの汚染物質がないか確認する。清掃作業のスケジュールが必要かどうかを判断する。
- ◇ モジュール外観完全性チェック:モジュールを 1 枚ずつ点検し、表面のひび割れ、破損、傷、変形、変色、剥離、気泡、その他の異常がないか確認する
- ◇ 遮光物点検:モジュール表面およびその周辺に新たな遮光源がないか確認する（樹木の成長、新設構造物、鳥の糞の堆積など）
- ◇ ジャンクションボックスおよびコネクタ点検:ジャンクションボックスが確実に固定されているか、ボックスカバーが密閉されているか、コネクタが完全に差し込まれているか、アークによる焼け跡がないかを確認する
- ◇ ケーブルおよび配線点検:モジュール間接続ケーブルの緩み、劣化、損傷の有無、ケーブル結束バンドの状態、ケーブル配線が規定に従っているかを確認する

- ◇ 架台構造点検:接着工法の場合はモジュールの接着状態（接着剤の剥がれ、剥離、角部浮き）を確認し、クランプ工法の場合はクランプ・固定具の締め付け状態を確認する
- ◇ 監視データ検証:監視システムを通じてストリングの電流、電圧、出力データが正常範囲内かを確認し、異常のあるストリングを特定する

3.2.2 四半期追加点検項目

毎月の点検項目をすべて完了した上で、四半期ごとに以下の専門点検を追加で実施する:

- ◇ 総合赤外線サーモグラフィスキャン:赤外線サーモグラフィカメラを使用して全モジュールを1枚ずつホットスポットスキャンし、温度異常箇所を記録する
- ◇ アレイヒューズおよび保護装置点検:直流側のヒューズ、遮断器、断路器が正常に機能しているかを確認する
- ◇ 排水システム点検:屋根の排水樋や縦樋が詰まっていないか、モジュール周辺に水たまりの危険がないかを確認する
- ◇ 避雷・接地システム点検:接地用の引下げ線の接続が確実か、接地抵抗値が規定範囲内かを確認する
- ◇ コネクタのトルク抜き打ち点検:コネクタの少なくとも10%に対して増し締め再点検を実施し、緩みがないことを確認する

3.2.3 追加の年次点検項目

月次および四半期の全点検項目を完了することに加え、年に1回、包括的な詳細点検を実施する:

- ◇ IVカーブ試験:IVカーブトレーサーを使用して、各ストリングまたは少なくとも30%のモジュールに対して出力特性試験を実施し、実際の発電性能と公称値との偏差を評価する
- ◇ EL検査(エレクトロルミネッセンスイメージング):出力低下が異常なモジュールに対してEL検査を実施し、セルのマイクロクラック、グリッド断線、コールドはんだ付けなどの内部欠陥を検出する
- ◇ 全電気接続箇所のトルク再点検:直流側の全電気接続箇所(コネクタ、端子、接続箱端子を含む)の締め付けトルク再点検を実施する
- ◇ 屋根支持構造物の安全性評価:屋根の耐荷重構造、取付ブラケット、アンカーポイントの総合的な安全点検を実施し、錆、変形、緩みを評価する
- ◇ 絶縁抵抗試験:絶縁抵抗計(DC 500V/1000Vレンジ推奨)を使用して、ストリングと大地間の絶縁抵抗を測定し、関連規格の規定値を満たしていることを確認する
- ◇ 年間O&M報告書の発行:年間の点検データ、故障対応記録、性能劣化傾向をまとめ、年間PV発電所O&M分析報告書を作成する

3.3 特別点検

特別点検は、異常気象や特別な運転条件の直後に速やかに実施しなければならない:

- ◇ 雷雨後:サーマルカメラを使用し、落雷リスクエリアにあるモジュールのジャンクションボックス温度が異常に上昇していないか確認する;避雷装置が作動したかどうかを確認する

- ◇ 強風後:モジュールのクランプや固定具が外れたり緩んでいないか確認する;モジュールが風で反転したりずれたりしていないか確認する;屋根の防水層が無傷であるか確認する
- ◇ 雹・雪後:モジュールを 1 枚ずつ点検し、雹の衝撃によるひび割れや破損がないか確認する;積雪荷重によるモジュールの変形がないか確認する
- ◇ 砂嵐後:モジュール表面に砂の衝突痕がないか確認する;速やかに清掃作業を手配し、表面の堆積したほこりを除去する

4. PV モジュールの清掃

4.1 清掃頻度とタイミングの決定

1. 定期清掃頻度:一般的に、モジュールは表面の清潔さを保つため、少なくとも月 1 回は清掃する必要がある.粉塵が深刻なエリア (半径 50 メートル以内)、例えばセメント工場、鉱山地域、ほこりの多い道路沿いでは、清掃頻度を少なくとも半月に 1 回に増やす必要がある.
2. トリガーに基づく洗浄条件:発電所の発電出力が通常時の 5%以上低下し、かつ機器故障や気象要因が除外された場合、モジュールを洗浄する必要があります.また、以下のいずれかの条件を満たす場合も洗浄を計画してください:
 - ◆ 目視検査により、モジュール表面に顕著な汚れや目に見える埃の層が確認された場合
 - ◆ 同時刻における洗浄済みストリングと未洗浄ストリングの発電量を比較し、偏差が 4%以上の場合
 - ◆ PV アレイの出力が初期状態 (前回洗浄終了時の出力) の 85%を下回った場合
3. 最適な洗浄時間帯:洗浄作業は日射強度が 200 W/m^2 未満のときに行うべきです.早朝、夕方、または曇天が推奨されます.風力 4 以上、大雨、または大雪の気象条件下での PV モジュールの洗浄は厳禁です.

4.2 洗浄用水の水質要件

洗浄用水は、モジュール表面にスケールや腐食を生じさせないために、以下の基準を満たす必要があります:

- 全硬度 (CaCO₃として) :200 mg/L 以下
- 全溶解固形分 (TDS) :500 mg/L 以下
- pH 値:6.5~8.5
- 浮遊物質:50 mg/L 以下
- 塩化物イオン (Cl⁻として) :250 mg/L 以下

注記:条件が許す場合、洗浄には軟水または脱イオン水を優先的に使用し、モジュール表面に除去困難なスケール堆積物が形成されるのを源から防止すること.

4.3 標準洗浄手順

ステップ 1:準備

- ◇ 洗浄作業員は、絶縁手袋、絶縁靴、安全ヘルメット、安全帯を含む完全な個人用保護具を着用すること.

- ◇ 洗浄用具（柔らかい布、柔らかいローラー、清潔な水用バケツ、中性洗剤など）が完備され、清潔であることを確認すること。
- ◇ 洗浄エリアに警告標識が設置され、許可されていない人員が作業区域に立ち入ることができないことを確認すること。
- ◇ 気象条件が洗浄作業の要件（雨や雪がないこと、風速が 4 級未満、日射強度が 200 W/m²未満）を満たしていることを確認すること。

ステップ 2:初期すすぎ

- ◇ モジュール表面を上から下へ清浄な水で洗い流し、緩んだほこりやゴミを除去します
- ◇ 洗浄水とモジュール表面温度の間に大きな温度差がないようにしてください（温度差は 10°C を超えないことを推奨）。モジュールへの熱衝撃損傷を防ぐためです
- ◇ 高圧ウォータージェットを近距離からジャンクションボックスの継ぎ目やコネクタに向けて洗浄することは固く禁止されています

ステップ 3:深部洗浄

- ◇ • 一般的な汚れの場合、清浄な水で湿らせた柔らかい布または柔らかいローラーを使用して一方向に優しく拭き取ってください。往復のこすり洗いは避けてください
- ◇ • モジュール表面に油污れなどの頑固な付着物がある場合は、非研磨性の中性液体洗剤（pH 6.0～8.0）を使用して洗浄を補助してください
- ◇ • 酸性またはアルカリ性成分を含む有機溶剤を使用してモジュールを洗浄することは禁止されています
- ◇ • スチールワイヤーブラシ、スチールウール、金属スクレーパーなどの硬い工具を使用してモジュール表面を拭くことは禁止されています
- ◇ • スチームクリーナーや高温ウォータージェットを使用することは禁止されています
- ◇ • モジュール全体を水に浸すことは禁止されています

ステップ 4:すすぎと乾燥

- ◇ • モジュール表面を十分な量の清浄な水でしっかりとすすぎ、洗剤の残留物が残らないようにする
- ◇ • 清潔な柔らかい布（マイクロファイバークロス推奨）を使用して、モジュール表面の残留水滴を拭き取る;自然乾燥は水シミの原因となるため避けること
- ◇ • モジュールの裏面は通常、洗浄の必要はない;裏面の洗浄が必要な場合は、洗浄液がモジュール内部やジャンクションボックスのシール面に浸入しないよう、特に注意を払うこと

ステップ 5:洗浄効果の確認

- ◇ • 最も汚れが激しい代表的なストリングを最初に洗浄し、参考として選択してもよい
- ◇ • 洗浄後の出力改善が 5%未満の場合、現状では全面アレイ洗浄を実施する必要は一般的にない
- ◇ • 上記の確認は、安定した日射条件下（晴天、安定した日射、雲なし）で実施し、比較データの有効性を確保すること

4.4 洗浄後の点検要件

4.4.1 目視点検

- ◇ ●モジュールの外観は視覚的に清潔で明るく、残留汚れや水滴跡がないこと
- ◇ ●モジュール表面の残留塵埃の蓄積についてスポットチェックを実施すること
- ◇ ●モジュール表面に新たな傷がないことを確認すること
- ◇ ●モジュール表面に人為的なひび割れや損傷がないことを確認すること

4.4.2 構造点検

- ◇ ●清掃後のモジュールに傾きや曲がりがないか確認すること
- ◇ ●モジュール端子に外れや緩みの兆候がないか確認すること
- ◇ ●コネクタが乾燥して清潔な状態を保ち、シーリングリングが損傷していないか確認すること

4.4.3 記録と保管

PV モジュール清掃記録を完成させること.記録には、清掃日、清掃担当者、清掃範囲（ストリング番号）、清掃方法、使用水量、清掃前後のストリング出力比較データなどを含めること.

5. よくある故障診断とトラブルシューティング

5.1 異常なモジュール出力低下

故障症状

モジュールの出力電力が定格電力より大幅に低く、出力低下率が通常範囲を超えている（初年度の低下率 > 1%、2年目から 30年目までの年間低下率 > 0.4%）、または短期間で予期しない急激な出力低下が発生する.

故障原因分析

- ◇ モジュールが高温多湿環境で長期間動作し、セルや封止材の劣化が加速される
- ◇ モジュール表面に長期間清掃されていないほこりや汚れが堆積し、光透過率が継続的に低下する
- ◇ モジュール内部のセルにマイクロクラックやグリッドフィンガーの断線が発生し、光生成電流の有効な収集に影響を与える
- ◇ ジャンクションボックス内のバイパスダイオードが故障（短絡または開放故障）し、モジュール内の一部のセルストリングが動作を停止する
- ◇ モジュール表面に持続的な部分的な影が発生し、長期的なホットスポット効果がセルの恒久的な劣化を引き起こす
- ◇ コネクタ接触不良やケーブル劣化により、直列抵抗が異常に増加

診断とトラブルシューティング方法

- ◇ 出力テスト:専門の IV カーブトレーサーまたは PV モジュール出力テスターを使用して、モジュールの実際の出力電力を測定し、出力低下の程度と異常な IV カーブパターンを確認します.
- ◇ 目視検査:モジュール表面のほこり、汚れ、傷、ひび割れなどを注意深く確認します.また、ジャンクションボックスが無傷で、膨らみや変形がないか確認します.
- ◇ 熱画像検査:赤外線サーモグラフィカメラを使用して、モジュールにホットスポット効果や異常な発熱箇所がないか検出します.

- ◇ EL 検査:内部欠陥が疑われるモジュールに対してエレクトロルミネッセンス (EL) イメージング検査を実施し、マイクロクラック、グリッドフィンガーの断線、コールドはんだ付けなどの微細欠陥の有無を確認します。
- ◇ 表面のほこりや汚れの蓄積が原因の場合 → 速やかに清掃を手配します。
- ◇ 局所的な影が原因の場合 → 影の原因を取り除き、モジュール周辺を最適化します。
- ◇ ジャンクションボックス内部のダイオードが損傷している場合 → 同一モデルのジャンクションボックスと交換します (ZKFN SOLAR 認定担当者が実施する必要があります)。
- ◇ モジュールの経年劣化が深刻な場合 (出力低下が 20%を超える)、または回復不能な内部欠陥がある場合 → モジュールを交換します。
- ◇ モジュールが保証期間内であり、製品品質の問題であることが確認された場合 → 保証手順に従って ZKFN SOLAR にアフターサービスリクエストを提出する

5.2 モジュールホットスポット効果

故障症状

赤外線サーモグラフィ検査により、モジュールの局所的な領域が周囲の正常な領域よりも著しく高温であることが判明 (温度差 $\geq 20^{\circ}\text{C}$)。深刻なホットスポットは、モジュール表面の封止材の変色や膨れ、バックシートの焼け抜け、ジャンクションボックスの溶融や変形を引き起こし、極端な場合には火災の原因となる可能性がある。

故障原因分析

- ◇ モジュール表面に局所的な遮蔽物が存在する (落ち葉、鳥の糞、ほこりの塊、建物の影など)。影になったセルは発電ユニットから電力消費負荷に変わり、隣接する正常なセルが生成した電気エネルギーを消費し、局所的な高温を形成する。
- ◇ モジュール内の個々のセルの性能低下 (効率低下、直列抵抗の増加) により、同一ストリング内の他の正常なセルとの電氣的不整合が生じる。
- ◇ セルにマイクロクラックや断線したフィンガー電極などの微細欠陥が存在し、局所的な電流の流れが妨げられることで集中加熱が発生する。
- ◇ バイパスダイオードが故障し、遮光発生時に影になったセルストリングをバイパスして保護できない。

対策

即時処置:モジュール表面の遮光物を直ちに除去する。深刻なホットスポットが発生したモジュールは、故障拡大を防ぐため、非通電状態にして隔離する。

点検・評価:赤外線サーモグラフィカメラを使用して、ホットスポットの正確な位置と温度分布を特定する。ホットスポットが発生したモジュールに対して EL 検査を実施し、内部セルの損傷度合いを評価する。

段階的対応:

- ◇ 軽度のホットスポット (温度差 $< 20^{\circ}\text{C}$)、内部損傷が目視で確認できない場合 → 遮光物除去後も追跡監視を継続し、次回点検時の優先観察リストに追加する。
- ◇ 中度のホットスポット (温度差 $20\sim 40^{\circ}\text{C}$) → 交換計画を策定し、次回の計画停止時に交換を完了することを推奨する。

- ◇ 重度のホットスポット（温度差 $\geq 40^{\circ}\text{C}$ ）、または外観に既に目視可能な損傷があるモジュール → 直ちに運用を停止し、交換する。

予防措置

- ◇ モジュールアレイの設計・設置段階において、モジュール間の遮光を避けるため、レイアウトを合理的に計画する。
- ◇ モジュール周辺の植生やゴミなど、遮光源となり得るものを定期的に除去する。
- ◇ モジュールのバイパスダイオードの機能が正常であることを確認する。IV カーブ測定を通じて定期的に間接的に検証する。
- ◇ 四半期ごとに包括的な赤外線サーマルイメージング点検を実施し、モジュール温度ベースラインアーカイブを確立し、温度異常の傾向を迅速に特定する

5.3 モジュール配線およびコネクタの故障

故障症状

モジュールの出力電圧および電流が不安定または完全に消失する;端子およびコネクタの温度が異常に上昇する（触ると熱い、または赤外線サーモグラフィでホットスポットが確認できる）;端子表面に酸化変色やアーク焼け跡が現れる;重度の場合、コネクタのプラスチックハウジングが溶融・変形し、焦げた臭いがする。

故障原因分析

- ◇ コネクタが完全に差し込まれておらず、接触抵抗が増加し局所的な発熱が発生する
- ◇ コネクタのシール不良（シーリングリングの劣化、損傷、または脱落）により、湿気や粉塵が侵入し、ピンの酸化や腐食を引き起こす
- ◇ オスコネクタとメスコネクタが異なるメーカーまたは異なるモデルシリーズに属し、インターフェースの嵌合公差が大きく、接触が不安定である
- ◇ 出力ケーブルの絶縁層が長期間の露出により劣化、ひび割れ、損傷し、漏電や短絡を引き起こす
- ◇ 配線ミス（正極と負極の逆接続）または誤ったストリング配線トポロジー
- ◇ ケーブルが長時間引っ張られることでコネクタ内部のピンが緩む

トラブルシューティング手順

- ◇ 安全な無電圧化:まず該当する接続箱とインバータの電源を遮断し、無電圧確認（マルチメータで確認）を実施し、「閉じるな」の警告標識を掲示する
- ◇ 故障箇所の特定:マルチメータを使用して各端子の導通、電圧、接触抵抗値を順次測定し、故障点を特定する
- ◇ 端子の緩み → 専用工具を使用して規定トルクで再締め付け（過度な力を加えず、締めすぎによる損傷を防ぐ）
- ◇ 端子の酸化・腐食 → 損傷部分を切断し、同一型式・仕様の新しいコネクタと交換する
- ◇ コネクタの型式不一致 → すべてのコネクタを ZKFN SOLAR 認定の適合型式に交換する
- ◇ ケーブルの損傷 → 同一仕様の PV 専用 DC ケーブルに交換し、線径と耐電圧が元のものと一致することを確認する
- ◇ 配線ミス → 正しい正極/負極の表示とストリング配線図に従って再配線する

- ◇ 復旧と確認:配線完了後、電源を復旧し、ストリングの開放電圧、短絡電流、動作電流を測定し、故障が解消されパラメータが正常であることを確認する

5.4 インバータ側およびストリングレベルの故障診断

故障症状

監視システムが特定のストリングの出力電力が持続的に低いまたはゼロであることを表示する。インバータが絶縁抵抗低下故障、直流過電圧/不足電圧アラームを報告する。ストリング電流が同一アレイ内の他のストリングの平均レベルから大きく乖離する。

診断手順

- ◇ ステップ 1:監視プラットフォームを通じて故障ストリング番号と対応する物理的な位置を特定する
- ◇ ステップ 2:安全な無電圧状態で、ストリングの開放電圧 (Voc) を測定し、同一アレイ内の正常なストリングと比較する。Voc が著しく低い場合、ストリング内のモジュール短絡、バイパスダイオード短絡、または深刻なモジュール損傷を示す
- ◇ ステップ 3:ストリングの短絡電流 (Isc) を測定する。Isc が著しく低い場合、深刻なモジュールの埃の蓄積、日陰、経年劣化、またはコネクタ接触不良の可能性がある
- ◇ ステップ 4:ストリングをセグメントごとに測定し、故障範囲を徐々に絞り込み、特定の問題モジュールを特定する
- ◇ ステップ 5:特定された問題モジュールに対して IV 曲線テストや EL 検査などのさらなる診断を実施し、故障タイプを特定し、対応する処置を講じる

6. モジュールの修理と交換

6.1 モジュール交換の一般要件

1. リスク特定と軽減措置:交換作業前に、作業工程における潜在的なリスクを包括的に特定する必要があります。これには以下が含まれますが、これらに限定されません:工具取り扱いによる人員の裂傷、高所からの転落 (屋上または高所作業の場合)、回路の切断/復旧時の感電の危険性、旧モジュール取り外し時の破片飛散など。各リスクに対して具体的な軽減措置を策定しなければなりません。
2. 作業前安全打合せ:各交換作業の前に「作業前安全打合せ」を実施しなければなりません。作業監督者は、当日の作業内容、具体的な作業分担、安全注意事項、緊急時対応手順を全参加者に説明します。書面記録を作成し、全員が署名した後、作業を開始できます。
3. 新モジュール確認:交換前に、各新モジュールを個別に外観検査します (表面の傷、ひび割れ、変形がなく、端子が無傷で欠陥がないことを確認)。モジュール型式、定格出力、電気パラメータなどの銘板情報を旧モジュールと照合し、新旧モジュール間の電氣的互換性を確認した上で使用できます。
4. 専門的行動:過度な力を加えてモジュールをこじ開けたり、叩いたり、無理に曲げたりすることは禁止されています。モジュールの破損や人員の負傷を防ぐためです。取り外し工程では、隣接するモジュール表面と電気接続部を損傷から保護するよう注意しなければなりません。
5. 廃棄物処理:交換で発生した廃モジュール、ガラス片、損傷した付属品などは、分別して収集し、集中保管しなければなりません。損傷したモジュールは、有害

廃棄物管理要件に従って専門的に処分されます。無作為な廃棄や一般建設廃棄物との混合は禁止されています。

6.2 接着剤取付モジュールの交換手順

SolarPega / SolarPegaL (フレームレス) モジュールに適用されます。具体的な交換手順は以下の通りです:

1. 計画準備:モジュール交換前に、軽量剛性モジュール交換実施計画を作成し、作業工程、人員配置、安全対策、品質受入基準を定義します。
2. 停電確認:作業開始前に、モジュールに対応する接続箱とインバータの電源を遮断しなければなりません。遮断箇所には「開閉禁止、作業中」の警告標識を掲示します。認定電気技術者がマルチメータを使用して遮断箇所の両側に電圧がないことを確認した後、後続の作業を開始できます。
3. モジュール遮光:交換対象モジュールの前面全体を不透明な素材（黒色遮光布や厚紙など）で完全に覆い、光を遮断してモジュールが高電圧を発生するのを防ぎます。
4. 電氣的切り離し:専用の工具を使用してモジュールのプラス極とマイナス極のコネクタを分離し、ケーブルにマーキングを行います。
5. 旧モジュール取り外し:カッターナイフやスクレーパーなどの工具を使用して、接着界面に沿って構造用接着剤を慎重に切断し、旧モジュールを屋根基材から徐々に分離します。作業中は力加減と角度を制御し、周囲のモジュールや屋根防水層への損傷を避けてください。
6. 基材清掃:屋根基材上の残留構造用接着剤やゴミを完全に除去し、接着面が乾燥、清潔、平坦であることを確認します。必要に応じて、基材に研磨処理を施し、表面粗さを回復させます。
7. 新モジュール設置:ZKFN SOLAR SolarPega & SolarPegaF シリーズ PV モジュール設置マニュアルに記載された標準手順に従い、接着剤塗布、モジュール配置、ローラー圧着、位置決めを厳守します。
8. 硬化保護:構造用接着剤の硬化期間中（周囲温度 25°C~40°C で 24 時間、10°C~25°C で 48 時間、0°C~10°C で 72 時間）は、モジュールの移動、ケーブル接続、モジュール上での立ち作業を含むがこれらに限定されない、あらゆる外乱をモジュールに加えることを固く禁じます。交換エリアには保護バリアと警告標識を設置してください。
9. 電氣的接続:構造用接着剤が完全に硬化した後、マーキングされた正しいプラス/マイナス極性の対応に従ってコネクタを再接続し、完全に差し込まれ、ロック音（「カチッ」という音）が確認されるまで行います。
10. 通電テスト:遮光材を取り外し、スイッチを閉じて電源を復旧します。マルチメーターまたは IV カーブトレーサーを使用して新モジュールの出力パラメータを測定し、同一ストリング内の他のモジュールとの互換性と正常動作を確認します。
11. 記録とファイリング:交換日、交換理由、旧モジュールのシリアル番号と故障タイプ、新モジュールのシリアル番号と初期試験データ、作業員情報などを詳細に記録し、発電所の O&M アーカイブを更新します。

6.3 クランプ/固定具取り付けモジュールの交換手順

SolarPegaF / SolarPegaFL (バックフレーム付き) モジュールに適用されます。具体的な交換手順は以下の通りです。

1. 計画準備:モジュール交換前に、クランプ固定式軽量剛性モジュール交換実施計画を作成し、作業工程と安全対策を明確に定義します。
2. 停電確認:接着剤取付交換手順の要件 2 と同じです。
3. モジュール被覆:接着剤取付交換手順の要件 3 と同じです。
4. 電氣的切断:接着剤取付交換手順の要件 4 と同じです。
5. 旧モジュール取り外し:トルクレンチを使用してクランプ固定ボルトを規定トルクまで緩めて取り外し、クランプを順番に取り外し、旧モジュールを設置面から慎重に移動させます。作業中は、周囲のモジュールとの衝突を避けるよう注意してください。
6. 設置面点検:設置面のゴミや錆を清掃し、クランプ/ブラケットに変形、錆、緩みがないか確認します。異常が発見された場合は、損傷した付属品を先に修理または交換してから次の手順に進みます。
7. 新モジュール設置:新モジュールを指定された位置に配置し、モジュールの位置を調整して周囲の隙間が均一にします。クランプを順番に取り付け、M8 ボルトを 15~20 N・m のトルクで均一に締め付けます。クランプはモジュールバックフレームの指定された耐荷重領域を押さえ、上部の有効セル領域を押さえないように注意してください。
8. 電氣的接続:接着剤取付交換手順の要件 9 と同じです。
9. 通電テスト:接着剤取付交換手順の要件 10 と同じです。
10. 記録とファイリング:接着剤取付交換手順の要件 11 に同じ

6.4 モジュール交換後のシステム検証

モジュール交換完了後、新規モジュールの個別試験に加えて、影響を受けるストリングの全体性能も検証すること:

- ◇ ストリングの開放電圧 (Voc) および短絡電流 (Isc) を測定し、ストリング設計値および同一アレイ内の正常なストリングと比較する
- ◇ ストリングの動作電流を監視し、新規モジュールとストリング内の既存モジュール間の電流マッチングが良好であることを確認する
- ◇ 少なくとも 1 日分の完全な日照時間における発電データを観測し、ストリング出力が正常レベルに回復したことを確認する
- ◇ 条件が許せば、新しく交換したモジュールエリアの赤外線サーモグラフィスキャンを実施し、異常な発熱箇所がないことを確認する

7. 緊急対応措置

7.1 モジュールの電気漏洩に対する緊急対応

モジュールの電気漏洩警報または漏洩の疑いがある状況を発見した場合、O&M 担当者は直ちに以下の処理手順を実行しなければならない:

- ◇ 人員緊急避難:直ちに漏電エリアから離れ、漏電しているモジュール及びその周辺の金属部品に触れないこと。同時に、他の人員の進入を防止すること。
- ◇ 安全な停電:適切な電圧レベルの絶縁手袋を着用した認定技術者が、絶縁操作棒を使用して該当する接続箱とインバータの電源を遮断し、警告標識を掲示すること。
- ◇ 故障検出:絶縁抵抗テスター (DC 500V/1000V レンジ) を使用し、漏電しているストリングの対地絶縁抵抗をセグメントごとに測定し、セクション除去法を用いて漏電モジュールを特定すること。

- ◇ 原因調査:漏電モジュールについて、ジャンクションボックスへの水の浸入、コネクタのシール不良、ケーブル絶縁の損傷、バックシートの貫通損傷などの状態を点検すること。
- ◇ 修理処置:漏電の原因に基づき、故障モジュール、損傷したケーブル、またはコネクタを交換すること。修理完了後、絶縁抵抗を再試験し、許容レベルに回復したことを確認すること。
- ◇ 復電:すべての試験に合格した後にのみ、警告標識を撤去し、電源を復旧すること。復電後は、少なくとも1時間継続監視を実施し、異常がないことを確認すること。

7.2 モジュール火災への緊急対応

ZKFN SOLAR SolarPega シリーズモジュールは、UL790 クラス C 規格の防火性能試験および認証に合格しており、優れた耐火性を示します。O&M 現場でモジュール火災が発生した場合は、以下の手順に従うこと。

- ◇ 直ちに、火災が発生した PV システムのすべての DC 側および AC 側の電源を遮断すること。
- ◇ 火災が小さく、安全な状況が許す場合は、粉末消火器または二酸化炭素消火器を使用して火元を消火すること。モジュールおよび通電中の電気機器に直接水や泡消火器を使用することは固く禁止する。
- ◇ 火災が自力で制御できないほど大きい場合は、直ちに 119 番に通報し、「太陽光発電所火災、直流高電圧危険」などの重要情報を明確に伝え、全員を安全な場所に避難させてください。
- ◇ 消火後は、火災原因の系統的な調査を実施し、各モジュールおよび電気機器の損傷レベルを評価し、火災事故分析および復旧計画を作成してください。
- ◇ すべての安全上の危険（構造安全性、電気絶縁、モジュールの完全性を含む）が排除されたことを確認した後にのみ、復旧計画に従って発電所を段階的に運転再開してください。

7.3 異常気象への緊急対応

7.3.1 豪雨/洪水

- ◇ 豪雨警報が発令された後は、屋根の排水樋と縦樋のゴミを点検・清掃し、排水システムが詰まっていないことを確認してください。
- ◇ パワーコンディショナ、接続箱、監視ホストなどの屋内または低地にある機器を防水処理するか、安全な高さに移設してください。
- ◇ 豪雨中は、すべての屋外 O&M 作業を中止してください。発電所で浸水が発生した場合は、直ちに遠隔または現場ですべての電源を遮断してください。
- ◇ 洪水が引いた後は、水に浸かったすべてのモジュール、ケーブル、コネクタ、電気機器に対して乾燥処理、清掃、絶縁試験を実施してください。安全上の危険がないことを確認した後にのみ、段階的に運転を再開してください。

7.3.2 強風/台風

- ◇ 強風警報が発令された後は、モジュールクランプと固定具の締付状態を総合的に点検し、緩んだボルトを増し締めすること。
- ◇ モジュールアレイ周辺で風に飛ばされやすい物（広告板、仮設カバー、散乱資材など）を除去すること。
- ◇ 台風時は発電所の電源を停止し、全員を安全な場所に避難させること。

- ◇ 風災後は、モジュールのずれ、脱落、変形、損傷を総合的に点検し、架台および屋根構造が無傷であるかを確認すること。損傷箇所を補修し、総合点検に合格した後にのみ発電所を再起動すること

7.3.3 吹雪／低温

- ◇ 吹雪時は、定期的に柔らかいスノープッシャー（シリコンまたはゴム素材）を使用してモジュール表面の積雪を除去すること。作業時は工具がジャンクションボックスやコネクタに衝突しないよう注意すること
- ◇ 低温環境では、コネクタや端子に着氷の兆候がないか確認すること。着氷が発生した場合は、自然解凍と完全乾燥を待ってから作業を行うこと
- ◇ 除雪時は、モジュール（踏み踏み可能な設置条件を満たした場合に限り踏むことができます。詳細は設置作業手順書をご参照ください）の上に乗ることを厳禁とし、内部セルのマイクロクラックや封止構造の損傷を引き起こさないようにすること
- ◇ 降雪後は、モジュール表面に積雪荷重や凍結融解サイクルによるひび割れや変形がないか点検し、損傷したモジュールは速やかに交換を計画すること

7.4 落雷への緊急対応

雷雨シーズンは、太陽光発電所が落雷被害を受けるリスクが高い時期です。監視システムで広範囲のモジュール通信障害やインバータのトリップが確認された場合、または現地点検でモジュールに明らかな落雷痕（接続箱の貫通、モジュール表面のアーキ焼け跡など）が発見された場合は、直ちに以下の対応手順を開始してください。

- ◇ 直ちに発電所のすべての電源を遮断し、人員は速やかに安全な屋内エリアに避難すること
- ◇ 雷雨通過後、避雷・接地システムを総合点検する:接地用引下げ線の断線や溶断を確認、接地抵抗が設計要件（一般的に 4Ω 以下が要求される）を満たしているか測定する
- ◇ モジュールの外観を 1 枚ずつ点検し、赤外線サーモグラフィカメラで異常な発熱箇所をスキャンする
- ◇ 落雷の影響を受けたストリングの絶縁抵抗と IV 特性を測定し、貫通または性能が著しく低下したモジュールを交換する
- ◇ インバータや接続箱内のサージ防護デバイス（SPD）が動作したか、または損傷していないか確認し、損傷がある場合は速やかに交換する

8. 運用保守記録とアーカイブ管理

8.1 運用保守記録管理体制

運用保守記録の完全性と正確性は、発電所の資産管理、保証請求、性能評価、障害追跡の基盤となります。「全ライフサイクルカバレッジ、電子・紙媒体の二重管理、安全性と活用性の両立」をアーカイブ管理の原則として確立することを推奨します。標準化された記録収集と規律あるアーカイブ管理を通じて、運用保守プロセスのトレーサビリティ、問題の特定可能性、意思決定のサポート可能性を実現し、「記録→アーカイブ→活用→最適化」のクローズド管理ループを形成します。

運用保守記録は以下のカテゴリを網羅するものとします。

- ◇ 点検記録:点検日、点検担当者、点検範囲（ストリング/エリア）、点検結果（モジュール外観状態、運転パラメータデータ、特定された問題と現地対応）、未解決課題の追跡を記録する

- ◇ 清掃記録:清掃日、清掃担当者、清掃範囲、清掃方法、水使用量と水質、清掃前後の代表的なストリング出力比較データを記録する
- ◇ 故障対応記録:故障発生日時、故障モジュールのシリアル番号と位置、故障症状の説明、故障原因の分析、具体的な対応方法と手順、対応結果、修理担当者の署名、修理に使用した材料とスペアパーツのリストを記録する
- ◇ モジュール交換記録:交換日、交換した旧モジュールの情報（シリアル番号、型式、使用年数、故障タイプ）、新モジュールの情報（シリアル番号、型式、初期電気性能試験データ）、交換作業担当者を記録する
- ◇ 緊急対応記録:緊急インシデントの発生日時と場所、インシデントの種類と深刻度、具体的な緊急対応措置と実行プロセス、対応結果とその後の影響評価、対応に関与した担当者を記録する
- ◇ 専門試験記録:IV 曲線試験、EL 検査、赤外線サーモグラフィスキャン、絶縁抵抗試験などの専門試験の日付、範囲、方法、生データ、分析結論を記録する

8.2 アーカイブの分類とファイリング

アーカイブ管理は、「一次分類 - 二次分類 - ファイルグループ - 文書」の 4 段階分類体系を採用することを推奨する:

- ◇ 基本アーカイブカテゴリ:モジュール工場出荷時文書（適合証明書、工場出荷試験報告書、技術パラメーター一覧）、調達契約、保証契約、システム竣工図、完工受入報告書などを含む.ファイルグループは「プロジェクト-機器タイプ」ごとに整理する
- ◇ O&M プロセスアーカイブカテゴリ:上記の各種 O&M 記録をまとめ、ファイルグループは「年 - O&M タイプ - エリア」ごとに整理する.このうち、点検記録は毎月集計し、それに応じて綴じるものとする.故障対応記録は「一件一ファイル」として個別に作成し、試験報告書、修理前後の比較写真などの関連資料を含める
- ◇ 性能監視アーカイブカテゴリ:IV カーブ試験、EL 検査、ホットスポットスキャンなどの専門的な試験データを個別に保存します.モジュールシリアル番号で索引付けされた「モジュール別性能台帳」を構築し、全ライフサイクルにおける各試験ノードの主要性能データを記録し、毎年モジュール性能劣化分析レポートを作成します
- ◇ コンプライアンス管理アーカイブカテゴリ:O&M 要員の資格証明書、試験機器の校正証明書、廃棄モジュールのリサイクル・処分証明書、業界規制の検査記録、安全訓練記録などの写しを含み、O&M 活動が全プロセスにわたって完全にコンプライアンスを遵守し、トレーサビリティが確保されることを保証します

8.3 年間 O&M レポート

毎年、包括的な年間太陽光発電所 O&M 分析レポートを作成し提出するものとします.レポートには少なくとも以下の内容を含めるものとします:

- ◇ 年間発電量の統計および設計値ならびに前年同期との比較分析
- ◇ 年間点検・清掃作業の集計統計（点検回数、清掃回数、特定・解決された問題の件数および種類別分布）
- ◇ モジュール性能劣化傾向分析（IV カーブおよび EL 検査データに基づく）
- ◇ 故障統計分析（故障種類別分布、故障率、平均修理時間、発電量への影響評価）
- ◇ 年間 O&M コスト統計、および次年度の O&M 計画と予算に関する推奨事項
- ◇ 次年度の重点注力分野と改善に関する推奨事項

9. 付録

9.1 よくある質問 (FAQ)

Q1: ZKFN SOLAR SolarPega シリーズ軽量剛性 PV モジュールの推奨メンテナンス間隔はどのくらいですか?主な点検項目は何ですか?

A: 少なくとも月に 1 回の総合点検を実施し、全モジュールの動作性能、電気接続の安全性と信頼性、架台構造の安定性、モジュール表面の清掃状態を確認することを推奨します。主な点検項目は以下の通りです:モジュール外観の完全性、電気接続の確実性、ジャンクションボックスとコネクタの完全性、モジュール表面の清掃状態と影の有無、架台支持構造の安定性、避雷・接地システムの完全性、監視システムの動作状態、ストリング出力の正常性。また、発電効率を確保するため、少なくとも月に 1 回のモジュール清掃も推奨します。

Q2: モジュール表面に少量の埃が付着しているが、出力低下 5%の清掃トリガー閾値に達していない場合、清掃は必要ですか?

A: 埃の層が薄く、短期間内に降雨が予想される場合は、監視システムで出力動向を継続的に確認しながら清掃を延期できます。ただし、地域の大気汚染が深刻で埃に固まりやすい粘着性物質が含まれている場合、または今後 1 週間以内に効果的な降水が予想されない場合は、埃が長期間堆積して硬化し、その後の清掃が困難になり、継続的に光透過率に影響を与えるのを防ぐため、事前に清掃を計画することを推奨します。

Q3: 冬季にモジュールが氷結した場合、直接お湯を使って氷を溶かしても良いですか?

A: 氷結したモジュールに直接お湯をかけたり注いだりすることは固く禁止されています。寒暖差が激しいと、ガラスパネルや封止材に熱衝撃応力が発生し、モジュールのガラス破損や封止層の故障を引き起こす可能性があります。周囲温度が上昇して氷が自然に溶けるのを待つか、シリコン製またはプラスチック製の専用除氷スクレーパー（金属製工具は固く禁止）を使用して表面の氷を優しく取り除くことを推奨します。氷が完全に溶け、モジュール表面が乾燥した後、モジュールに水の浸入や損傷の兆候がないか点検してください。

Q4: モジュールの出力低下が通常範囲を超えているが、まだ保証期間内の場合、アフターサービスを申請するにはどうすれば良いですか?

A: まず、モジュールの完全な O&M 記録（点検データ、IV 曲線出力テストレポート、故障写真、EL 検査画像など）を整理し、ZKFN SOLAR のアフターサービス部門に連絡して、保証期間内アフターサービス申請書と関連証拠資料を提出してください。ZKFN SOLAR は認定技術者を派遣し、現地での確認とテストを実施します。問題が製品品質に起因することが確認された場合、保証ポリシーに従って、対応する修理または交換サービスが提供されます。

Q5: O&M 要員は清掃やメンテナンスのためにモジュール上を歩行できますか?

A: ZKFN SOLAR SolarPega シリーズ軽量リジッドモジュールは、特定の条件下であれば、モジュールに損傷を与えることなくメンテナンス時の歩行が可能です。ただし、歩行作業は関連する技術的条件と要件（具体的な条件については取扱説明書を参照）を厳守する必要があります。これには、歩行エリアの制限、靴底の材質要件（ソフトソールシューズ）、荷重分散対策などが含まれます。条件が満たされていることを確認する前に、モジュール表面に直接足を踏み入れることは固く禁じられています。

Q6: モジュールが修理ではなく交換を必要とするかどうかを判断する方法は?

A: 以下のいずれかの状況では、モジュールは修理ではなく直接交換する必要があります:① モジュール表面に貫通亀裂または広範囲の破損がある場合;② ジャンクションボックスが重度に溶融、変形、または焼損している場合;③ 赤外線サーモグラフィで深刻なホットスポットが確認される場合 (温度差 $\geq 40^{\circ}\text{C}$);④ EL 検査で広範囲のセルマイクロクラックが確認される場合 (クラック面積がセル面積の 30%を超える);⑤ モジュール出力電力が定格値から 20%以上低下している場合;⑥ モジュール内部への浸水により絶縁抵抗が持続的に標準値を下回り、回復不能な場合.

9.2 一般的な O&M ツールおよび計測機器チェックリスト

以下は、太陽光発電所の O&M に推奨される一般的なツールおよび試験機器です:

- ✓ デジタルマルチメーター (CAT III 1500V 定格) — DC 電圧、電流、導通の測定用
- ✓ クランプ式 DC 電流計 — 回路を切断せずにストリング動作電流を測定
- ✓ IV カーブトレーサー — モジュール/ストリングの電流-電圧特性曲線を測定
- ✓ 赤外線サーモグラフィカメラ — ホットスポット検出、コネクタ発熱箇所の調査
- ✓ 絶縁抵抗計 (DC 500V/1000V) — ストリング対地絶縁抵抗の測定
- ✓ EL 検査装置 — セルのマイクロクラック、グリッドフィンガー断線、コールドハンダ不良などの内部欠陥検出
- ✓ トルクレンチ (0~30 N·m) — 電気接続部およびクランプボルトの締付トルク確認
- ✓ MC4 コネクタ専用脱着工具 — コネクタの安全な分離と嵌合
- ✓ 接地抵抗計 — 避雷・接地システムの定期点検
- ✓ PV 専用洗浄キット (ソフトローラー、マイクロファイバークロス、軟水スqueegee等)

9.3 技術サポートおよび連絡先

アフターサービスホットライン:400 6768 100 (平日 8:30~17:30)

技術サポートメール:tech-support@zkfnsolar.com

公式ウェブサイト:www.zkfnsolar.com

製造拠点住所:山東省済寧市済寧経済開発区緑海匯スマート製造産業園内、新盛林 1 号棟

9.4 マニュアル改訂履歴

本マニュアルはバージョン A01 であり、2026 年 5 月 9 日にリリースされました.ZKFN SOLAR は、モジュール技術のアップグレード、業界標準の更新、およびユーザーからのフィードバックに基づき、定期的にマニュアル内容を改訂・改善いたします.改訂版は公式ウェブサイトのダウンロードセンターを通じて公開され、登録ユーザーには電子メールなどのチャンネルで通知されます.ユーザーは最新版を無料で入手することができます.本マニュアルの使用中に問題を発見された場合や改善のご提案がございましたら、tech-support@zkfnsolar.com まで電子メールにてご連絡ください.迅速に評価し、改訂計画に反映いたします.

山東中科富能太陽能科技有限公司

www.zkfnsolar.com

サービスホットライン:(+86) 400 6768 100 (受付時間 : 北京時間 8:30~17:30)