



# SolarVela & SolarNoah シリーズ

軽量フレキシブル PV モジュール O&M マニュアル

山東中科富能光電科技有限公司

発行日: 2026-05-09 | バージョン: ZKFN-ATSD-FLX-OMM-122

## 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 .....	- 4 -
1.5 技術サポート情報 .....	- 4 -
2. 運用・保守安全作業手順 .....	- 4 -
2.1 一般安全警告 .....	- 4 -
2.2 O&M 要員の安全要件 .....	- 5 -
2.3 機器の安全要件 .....	- 6 -
2.4 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 .....	- 10 -
4. PV モジュールの清掃 .....	- 10 -
4.1 基本的な清掃要件 .....	- 10 -
4.2 清掃方法 .....	- 10 -
4.3 洗浄タイミング .....	- 10 -
4.5 洗浄上の注意事項 .....	- 11 -
4.6 洗浄後の点検 .....	- 11 -
5. モジュールの修理と交換 .....	- 12 -
5.1 一般的な交換要件 .....	- 12 -
5.2 接着剤取付モジュール交換手順 (SolarVela シリーズ) .....	- 12 -
5.3 クランプ固定式モジュール交換手順 (SolarNoah シリーズ) .....	- 13 -
5.4 モジュール交換後のシステム検証 .....	- 13 -
6. 一般的な故障診断とトラブルシューティング .....	- 14 -
6.1 モジュール出力の異常低下 .....	- 14 -
6.2 モジュールのホットスポット効果 .....	- 14 -
6.3 モジュール配線およびコネクタの故障 .....	- 15 -

6.4 インバータ側およびストリングレベルの故障診断 .....	- 16 -
7.1 モジュールの電気漏洩に対する緊急対応 .....	- 16 -
7.2 モジュール火災に対する緊急対応 .....	- 17 -
7.3 自然災害緊急対応 .....	- 17 -
7.4 落雷緊急対応 .....	- 18 -
8. O&M 記録とアーカイブ管理 .....	- 19 -
8.1 O&M 記録管理システム .....	- 19 -
8.2 アーカイブ分類とファイリングシステム .....	- 19 -
8.3 年間 O&M レポート .....	- 20 -
9.1 よくある質問 (FAQ) .....	- 20 -
9.2 一般的な運用保守工具・計器チェックリスト .....	- 21 -
9.3 技術サポートおよび連絡先情報 .....	- 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 O&M マニュアル（以下「本マニュアル」）は、山東 ZKFN ソーラーテクノロジー株式会社（以下「ZKFN SOLAR」）が発行し、SolarVela シリーズおよび SolarNoah シリーズ軽量 PV モジュール（以下総称して「モジュール」）の全ライフサイクルにおけるすべての運用局面に適用されます。対象範囲は、定期点検と専門試験、モジュール洗浄、故障診断とトラブルシューティング、モジュール修理と交換、緊急対応、ならびに O&M 記録とアーカイブ管理を含みます。

SolarVela シリーズは、取付レールやブラケットを必要とせず構造用接着剤による直接接着で設置するフレキシブル追従型モジュールで構成され、T 型および波形カラスチール瓦屋根、ならびに平屋根防水膜表面に適しています。SolarNoah シリーズは、Quick-Clamp 迅速固定システムを用いて設置する軽量リジッドバックフレーム型モジュールで構成され、非破壊取り外しに対応し、各種カラスチール瓦屋根（立はげ式および台形はげ式を含む）および平屋根シナリオに適しています。両シリーズには、ZKFN SOLAR 独自の TSR-Armor™耐マイクロクラック技術が搭載されています。

本マニュアルは、資格を有する O&M 事業者および O&M 担当者を対象としています。上記事業者およびその運用作業者は、作業開始前に本マニュアルの全条項を読み、完全に理解し、厳守する義務を負い、エンドユーザーに対して関連する安全および保守の要点を書面で開示するものとします。

### 1.2 免責事項

ZKFN SOLAR は、製品技術のアップグレード、プロセス改善、または規格更新により、予告なく本マニュアルを変更する権利を留保します。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、最新版を能動的に確認し使用する責任を負います。旧版の本マニュアルを使用した結果生じる運用上の逸脱については、すべてユーザーの単独責任とします。

お客様がモジュールの運用および保守において 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いかなる情報に関しても、明示的または黙示的な保証を行いません。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、および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るか否かにかかわらず、ZKFN SOLAR は、O&M プロセス中に生じるいかなる損害（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矛盾がある場合は、中国語版が優先されます。

本マニュアルは O&M 運用のガイダンスのみを目的として提供されています。本マニュアルのいかなる記述も、明示的または黙示的を問わず、保証書を構成するものではありません。

## 1.4 保証条件

すべての ZKFN SOLAR SolarVela および SolarNoah シリーズ製品には、12 年間の製品保証と 25 年間の線形出力保証が適用されます。具体的な保証範囲、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正式な保証書に従うものとします。

O&M 中に交換される主要な補助材料（モジュール、クランプ、構造用接着剤、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に、ZKFN SOLAR が推奨または認証する仕様モデルを使用する必要があります。認証されていない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文書、プロジェクト固有のソリューションの調整、または O&M の異常に関する問題のサポートについては、以下の公式チャネルから 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

お問い合わせメール: [tech-support@zkfnsolar.com](mailto:tech-support@zkfnsolar.com)

公式ウェブサイト: [www.zkfnsolar.com](http://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

## 2. 運用・保守安全作業手順

### 2.1 一般安全警告

1. すべての運用・保守作業は、現地および地域の規制、ならびに該当する国家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: PV モジュールは直流発電装置です。表面が光にさらされると、回路に接続されていなくても、正極および負極の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接続した PV アレイの電圧は、人体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、または露出した通電部品に触れることを禁じます。通電部品との接触は、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. 負荷遮断操作の禁止: 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は、まず DC 側および AC 側のシステムが完全に停電していることを確認し、厳格な再投入防止および停電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。負荷遮断による切断は、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: 運用・保守点検中に外観損傷が確認されたモジュール（表面貫通、ひび割れ、バックシートの傷による貫通、ジャンクションボックスのひび割れ、内部への水の浸入など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、漏電や感電のリスクが極めて高くなります。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禁じます。モジュールのジャンクションボックスカバーは、常に確実に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コネクタと負極コネクタを直接接続することは禁じられています。これはモジュールの短絡を引き起こします。運用・保守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し確認し、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. 環境及び電気パラメータ規格値：モジュールの設計上の安定動作周囲温度範囲は - 40°C～+85°Cとなります。想定される最低周囲温度において、システム最大開放電圧はモジュール製品ラベルに記載の直流 1500V システム最大電圧を超えてはなりません。運用保守作業中に定格パラメータを逸脱した運転を厳禁とします。
7. 火災安全:運用・保守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、電気火災の規定に従い、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. 適用クラスと警告: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 要員の安全要件

1. 資格要件:PV システムの O&M を担当するすべての要員は、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）を所持し、O&M 作業を開始する前に本マニュアルのすべての安全仕様および関連する現地政府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、高所からの転落など）に伴うリスクを最小限に抑えるため、すべての現地 O&M、取り扱い、配線作業は少なくとも 2 名が協力して実施し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 要員は作業中、認定された個人用保護具（絶縁手袋、絶縁靴、安全ヘルメットを含むがこれらに限定されない）を正しく着用しなければなりません。高所作業が伴う場合は、常に二重フック式衝撃吸収安全ハーネスを着用し、独立した信頼性のあるアンカーポイントに確実に固定しなければなりません。マルチメーターや赤外線温度計などの試験機器を使用する際は、機器マニュアルに従って正しく操作し、機器の損傷や人身事故を防がなければなりません。
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できます。勤務中は金属製の装飾品（時計、指輪、ネックレス、ブレスレットなど）の着用は禁止されています。これらの物品は意図しない電流伝導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、あらゆる種類の屋外点検、清掃、修理作業は禁止されています。湿気の多い環境は感電リスクを大幅に高めます。O&M 要員は、作業を開始する前にすべてのモジュール、工具、電気接続ポイント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. 安全意識:O&M 要員は「安全第一」の考え方を確立しなければなりません。電源を切断せずにモジュールの金属通電部に触れることは固く禁止されています。モジュールアレイの近くでの喫煙や裸火の使用は固く禁止されています。モジュールの漏電や火災などの安全上の危険が発見された場合は、直ちに作業を中止し、電源を切断し、対応する緊急手順を開始しなければなりません。

### 2.3 機器の安全要件

1. 回路の安全性:PV モジュールアレイの配線は電気安全仕様に準拠しなければなりません。端子は確実に接続し、緩みや酸化を防がなければなりません。モジュールアレイの主スイッチ、回路ブレーカー、ヒューズなどの保護装置は定期点検の対象に含め、正しく機能し、回路の短絡や過負荷時に迅速に電源を切断できることを確認しなければなりません。モジュール回路の接続方法を無断で変更したり、追加の負荷を加えたりすることは固く禁止されています。
2. 火災安全:モジュールアレイの周辺エリアは障害物がない状態を保たなければなりません。引火性・爆発性物質（ガソリン、軽油、段ボール箱、化学溶剤など）の保管は固く禁止されています。発電所には適切な種類の消火設備（粉末消火器、二酸化炭素消火器）が十分な数量備えられていなければなりません。消火設備は定期点検計画に含め、有効期限内で使用可能な状態を維持しなければなりません。O&M 要員は PV 発電所の消火の基本方法（まず電源を切断し、次に適切な消火設備を使用して消火する）を習得しなければなりません。
3. モジュール接地免除声明:SolarVela および SolarNoah シリーズの全モジュールは、非絶縁の外部金属フレーム（枠）を組み込まない設計であるため、モジュール自体が完全なクラス II 絶縁構造（IEC 61730-1 安全クラス II に相当）を構成します。したがって、モジュール本体のいかなる部分に対しても明示的な接地処理は不要です。本免除声明は、PV システム全体の雷保護接地および電気保護接地要件を変更するものではありません。

### 2.4 禁止される O&M 活動

モジュールの性能、人身安全、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. 物理的損傷およびコーティング: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く、叩く、曲げる、または衝撃を与えることは禁止されています。モジュール表面のいかなる領域にも塗料、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あけ、切断、または研磨を行う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. ケーブルおよびコネクタの損傷:モジュールの工場出荷時設置ケーブルおよびコネクタを、いかなる方法でも引っかく、切断、押しつぶす、または引っ張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、またはコネクタをつかんでモジュールを持ち上げる、運ぶ、または引きず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ばなければなりません。モジュール表面に不適切な圧力を加える、立つ、歩く、登る、または飛び乗ることは禁止されています。モジュールを硬い物体や鋭利な物体に衝突させる、擦らせる、または衝撃を与え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置く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、モジュールを裏返しに置く、モジュール同士を積み重ねる、またはモジュールに圧縮荷重を加え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、すべての出力線およびジャンパーケーブルは明確に配線され、確実に固定され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:モジュール周辺に油煙、粉塵、または化学腐食性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. 不適切な積載:O&M 点検完了後、モジュール表面に重量物、工具、または鋭利な支点を持つ物体を置くことは禁止されています。長期間の応力による損傷を防ぐためです。
9. 緩み防止: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。接続ケーブルを引っ張るモジュールの緩みは、絶縁不良、漏電、アーキングを引き起こし、分散型 PV システムにおける重大なリスク源となります。
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、いずれも電氣的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 遮光防止管理

軽量 PV モジュールの設置および運用中、局所的または全体的な影による遮光（ケーブル、端子、ベントキャップ、監視機器、パワーコンディショナ、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）は厳格に禁止されています。点検中は、新たに発生した遮光源を徹底的に調査し、速やかに除去しなければなりません。

降雨または降雪後は、24 時間以内にモジュール表面を点検し、モジュール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り、深刻な局所的遮光を引き起こすのを防ぐ必要があります。

定期点検と専門試験の組み合わせを遵守してください。定期的には、ゴミによる遮光、モジュール外観の完全性、および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光物は速やかに除去します。発電所に対して効果的な遮光防止および防塵対策を実施します。

### 3.1.2 架台構造の安全点検

1. 構造用接着接合方式 (SolarVela シリーズ) :各点検時に、接着部の状態を確認し、接着剤の剥離、剥離、コーナー浮き、エッジ浮きがないか判断する。モジュールの四隅とエッジ部の接着品質に重点を置いて点検する。異常が見つかった場合は速やかに記録し、修理の予定を立てる。
2. クランプ/固定具固定方式 (SolarNoah シリーズ) :各点検時に、クランプと固定具の固さ、およびボルトの締め付け状態を確認する。同時に、建物の関連支持構造物の安全状態を検査する。クランプ固定に使用される M8 ボルトの場合、締め付けトルクは 15~20 N·m の範囲内に維持する必要がある。

### 3.1.3 電気安全点検

PV コネクタの接続部のシール完全性と固定状態に重点を置いて点検し、DC ケーブルに損傷、劣化、圧迫、または張力の兆候がないか調査する。

PV コネクタの仕様と型式の一致を確認する。使用されている PV コネクタが PV モジュールの元のコネクタと仕様または型式が一致しない場合、インターフェースの嵌合隙間が過大になり、シール構造が破損しやすくなり、外部の湿気や粉塵がコネクタ内部に侵入し、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、アークによる溶損、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、現場加工のジャンパーケーブル (ストリング延長ケーブル)、接続箱やパワーコンディショナ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、オスコネクタとメスコネクタが同一メーカー製であり、同一製品モデルシリーズに属することを確実にする必要があります。

### 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点検を実施する。軽微なホットスポット (温度差 < 20°C) の場合は、追跡監視を実施し、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 ≥ 20°C) があるモジュールは、直ちに運用から外し、交換の予定を立てる。故障状態でのモジュール運用を排除し、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中に、モジュールの表面パネル、端子箱、バックシート、内部セル、またはその他のコンポーネントを分解することは、いかなる者にも厳禁される。モジュールの工場出荷時のシール構造や電気接続部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 定期点検（毎月）

分散型太陽光発電システムの総合設備点検は、訓練を受けた専門の O&M 要員により、少なくとも月 1 回実施するものとする。運転中、点検員は常にゴム絶縁手袋と絶縁靴を着用しなければならない。太陽電池モジュールの点検・検査には以下の項目を含めるものとする。

- 太陽電池モジュールの受光面が清潔であるか、また塵埃の蓄積、鳥の糞、油汚れ、その他の汚染物や新たな影の発生がないか
- モジュール間の接続線に緩み、焼け、劣化がないか、またケーブル結束バンドの状態が良好であるか
- 太陽電池モジュールのジャンクションボックスが確実に固定されているか、ボックスカバーがしっかり閉じられているか、コネクタが完全に差し込まれているか
- 太陽電池モジュールに変形、ひび割れ、破損、変色、剥離、気泡、その他の異常状態がないか
- モジュール取付用ファスナー（クランプ、金具）に緩みがないか、また接着剤で固定されたモジュールの接着部分が損傷なく健全であるか
- アレイ取付架台間の接続が確実であるか、また架台と接地システムとの接続が信頼性を有しているか
- 監視システムを通じて、各ストリングの電流、電圧、電力データが正常範囲内であるかを確認する

### 3.2.2 四半期追加点検項目

月次点検項目をすべて完了することに加え、以下の専門点検を四半期ごとに追加で実施すること。

- 赤外線サーモグラフィカメラを使用し、全モジュールを 1 枚ずつホットスポットスキャンし、モジュール温度アーカイブを作成する
- アレイヒューズ、サーキットブレーカ、断路器などの保護装置が正常に機能しているか確認する
- 屋根排水システムが詰まっていないか、モジュール周辺に水溜まりの危険がないか確認する
- 避雷および接地システムを点検し、接地抵抗値が規定範囲内（一般的に  $4\Omega$  以下が要求される）であるか測定する
- 電気接続部の少なくとも 10% についてトルク再点検を実施する

### 3.2.3 年次追加点検項目

月次および四半期点検項目をすべて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こと。

- IV カーブトレーサを使用し、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する
- 出力異常低下モジュールに対し EL 検査（エレクトロルミネッセンス撮像）を実施し、内部欠陥を検出する
- 全 DC 側電気接続部の締付トルク再点検を包括的に実施する
- 屋根支持構造物（耐荷重構造、アンカーポイント、錆検査）の包括的安全評価を実施する
- 絶縁抵抗計（DC 1000V レンジ）を使用し、ストリング対地絶縁抵抗を測定する
- 年間 O&M 分析レポートを作成し、年間の運用データと性能変化傾向をまとめる

### 3.3 特別点検

特別点検は、異常気象や特殊な運用条件の直後に速やかに実施する必要がある:

- 雷雨後:サーマルカメラを使用し、落雷リスクエリアのモジュール接続箱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確認する
- 強風後:PV 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;モジュールが強風で反転または変位していないか確認する;屋根が安定しているか確認する
- 雹・降雪後:PV モジュールの表面パネルを 1 枚ずつ点検し、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し、速やかに清掃作業を実施して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 基本的な清掃要件

PV モジュールは、運転中は表面を清潔に保つ必要があります。一般的には、少なくとも月 1 回の清掃を実施し、過酷な自然環境条件下では適宜頻度を増やしてください。セメント工場、鉱山地域、ほこりの多い道路沿いなど、深刻な粉塵が発生する地域（半径 50 メートル以内）では、清掃頻度を少なくとも半月に 1 回以上に増やす必要があります。PV モジュールは、目に見えて汚れている場合、モジュールの光電変換効率を確保するために速やかに清掃しなければなりません。清掃は、以下のいずれかの条件を満たした場合に実施する必要があります。

- 目視検査により、モジュールの受光面が著しく汚れており、目に見えるほこりの層がある場合
- 高精度直流電力量計を使用して、清掃予定の 2 つのストリングと清掃済みの 2 つのストリングのエネルギー出力を同時にリアルタイム測定した場合、比較値の差が 4% 以上である場合
- PV アレイの出力が初期状態（前回の清掃終了時の出力）の 85%を下回った場合
- 発電所の監視データにより、発電出力が通常レベルから 5%以上低下し、かつ機器の故障や気象要因が除外された場合

### 4.2 清掃方法

ZKFN SOLAR 軽量 PV モジュールの表面の汚れを除去するには、湿らせた柔らかい布、スポンジ、または柔らかいローラーを使用することを推奨します。頑固な汚れには、中性の拭き取り剤（ガラスクリーナー、中性洗剤、食器用洗剤など）または界面活性剤（脱脂剤、シミ抜き剤）を使用して清掃を補助しても構いません。清掃用具として、ワイヤーブラシ、スチールウール、金属スクレーパー、硬い毛のブラシ、または類似の工具を使用することは禁止されています。

標準洗浄手順:まず清浄な水で上から下へ予備洗いをして浮遊塵を除去し、次に清浄な水または中性洗浄液で湿らせた柔らかい布で優しく拭き、最後に十分な清浄な水で完全にすすぎ、清浄な柔らかい布で拭き乾かします。腐食性溶剤を使用した洗浄や硬い物体での PV モジュールの拭き取りは禁止されています。

### 4.3 洗浄タイミング

洗浄作業中の人工的な影によるホットスポット効果の発生を回避し、PV 発電所の発電損失を低減し、洗浄作業員の安全を確保するため、高温、強日射、PV 発電の最適時間帯を避けて洗浄を実施する必要があります。PV 発電所の高電圧・大電流による洗浄作業員の感電事故や PV モジュールの損傷を防ぐため、日射強度が 200 W/m<sup>2</sup>未満の時間帯、通常は早朝、夕方、夜間、または曇天日を選んで洗浄を実施します。

#### 4.4 洗浄水の水質要件

洗浄水は、モジュール表面にスケールや腐食が発生するのを防ぐため、以下の基準を満たす必要があります:

- 全硬度 (CaCO<sub>3</sub>として) : ≤ 200 mg/L
- 全溶解固形物 (TDS) : ≤ 500 mg/L
- pH 値: 6.5～8.5
- 浮遊物質: ≤ 50 mg/L

注記: 条件が許せば、モジュール表面にスケールが付着するのを防ぐため、軟水または脱イオン水を優先的に使用すべきです。

#### 4.5 洗浄上の注意事項

洗浄作業中は、以下の安全および運用仕様を厳守する必要があります。

- SolarVela シリーズのフレキシブルモジュール (フレームレス) の上に乗って洗浄作業を行うことは固く禁止されています。
- 水がモジュール裏面やケーブル配線エリアに飛散することは固く禁止されています。
- 大雨、大雪、砂嵐、雹などの悪天候下での洗浄作業は禁止されています。
- モジュールへの外力やその他の機械的衝撃、圧迫を防いでください。
- 高圧ガスや圧縮空気を使用してモジュール表面をブロー洗浄することは禁止されています。風圧によるモジュール損傷を防ぐためです。
- 洗浄水の温度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します)。
- 加圧水で洗浄する場合、水圧は 0.1～0.2MPa を推奨します。
- 常に、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噴射することは固く禁止されています。
- モジュール洗浄中にモジュール上での歩行、立位、着座は禁止されています
- SolarVela シリーズモジュールのジャンクションボックスはモジュール前面に位置しています。洗浄時には、シールストリップの剥離やハウジングの損傷を防ぐため、工具がジャンクションボックス領域に接触しないようにしてください

#### 4.6 洗浄後の点検

洗浄作業完了後、以下の点検を実施し、書面で記録するものとします:

- モジュールの外観全体が視覚的に清潔で明るく、残留汚れや水跡がないこと
- モジュール表面に新たな傷跡や人為的なひび割れがないこと
- モジュールに傾きや曲がりがなく、端子に外れや緩みがないこと
- 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無傷であること
- 洗浄日、洗浄担当者、洗浄範囲、洗浄方法、および洗浄前後のストリング電力比較データを記録すること

## 5. モジュールの修理と交換

### 5.1 一般的な交換要件

モジュール交換作業の前に、作業工程中に発生する可能性のあるリスク（以下を含むがこれらに限定されない:工具取り扱いによる人員の裂傷、高所からの転落、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の飛散など）を包括的に特定し、各リスクに対する具体的な緩和策を策定しなければなりません。各作業の前に「作業前安全ミーティング」を実施する必要があります。作業監督者は、参加者全員に当日の作業内容、具体的な作業割り当て、安全上の注意事項、緊急時対応手順を説明します。書面による記録を作成し、全員が署名した後、作業を開始できます。

交換前に、各新モジュールを個別に外観検査（表面の傷、ひび割れ、変形がないこと、端子が欠陥なく無傷であることを確認）しなければなりません。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後、使用可能となります。

過度な力を加えてモジュールをこじ開けることは禁止されており、モジュールの破損や人員の負傷を引き起こす可能性があります。取り外し工程中は、隣接するモジュール表面や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。廃モジュール、ガラス片、損傷した付属品、その他の物品は分別して収集し、集中保管する必要があります。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なければなりません。無作為に廃棄したり、一般建設廃棄物と混合することは禁止されています。

**警告:**モジュールを交換する際、交換対象モジュールの前面を不透明な材料（黒色遮光布や厚紙など）で完全に覆わなければなりません。太陽光にさらされたモジュールは高電圧を発生し、非常に危険です。

### 5.2 接着剤取付モジュール交換手順（SolarVela シリーズ）

SolarVela シリーズのフレキシブルコンフォーマブルモジュールに適用されます。交換手順は以下の通りです:

3. 計画準備:モジュール交換前に、軽量モジュール交換実施計画を作成し、作業工程、人員割り当て、安全対策、品質受入基準を定義しなければなりません
4. 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「閉じるな、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停電を確認した後、後続の作業を開始できます
5. モジュール被覆:交換対象モジュールの前面を不透明な材料で完全に覆い、光を遮断します
6. 電氣的切断:専用の解除工具を使用してモジュールのプラス・マイナスコネクタを分離し、ケーブル番号のマーキングを行う
7. 旧モジュールの取り外し:カッターナイフやスクレーパーなどの工具を使用し、接着界面に沿って PV 専用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する。作業中は力加減と切断角度を制御し、周辺モジュールや屋根防水層を損傷しないようにする
8. 基材の清掃: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する。必要に応じて、基材表面に軽いサンディングを施し、表面粗さを回復させる

9. 新モジュールの設置:ZKFN SOLAR SolarVela & SolarNoah シリーズ PV モジュール取付マニュアルの標準化された手順に従い、接着剤塗布、モジュール配置、ローラー圧着、位置決めを厳守する
10. 硬化保護:構造用接着剤の硬化期間中(参考硬化時間:25°C~40°C で 24 時間、10°C~25°C で 48 時間、0°C~10°C で 72 時間)、モジュールにいかなる擾乱も加えることを厳禁する.交換エリアには保護バリアと警告標識を設置する
11. 電氣的接続:構造用接着剤が完全に硬化した後、マーキングされたプラス・マイナスの極性対応に従ってコネクタを再接続し、確実な「カチッ」というロック音が聞こえることを確認する
12. 通電テスト:カバー材を取り外し、スイッチを閉じて電源供給を復旧する.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を確認する
13. 記録とファイリング:交換日、交換理由、旧モジュールと新モジュールのシリアル番号とテストデータ、作業担当者など、交換プロセスに関するすべての情報を詳細に記録する.発電所の O&M アーカイブを更新する

### 5.3 クランプ固定式モジュール交換手順 (SolarNoah シリーズ)

SolarNoah シリーズの剛性バックフレームモジュールに適用.交換手順は以下の通り:

1. 計画準備:モジュール交換前に、クランプ固定式モジュール交換実施計画を作成し、作業手順と安全対策を明確に定義する.
2. 停電確認:接着剤取付交換手順の要件 2 に同じ.
3. モジュール被覆:接着剤取付交換手順の要件 3 に同じ.
4. 電氣的切断:接着剤取付交換手順の要件 4 に同じ.
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る.作業中は周囲のモジュールとの衝突を避けるよう注意する.
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、緩みがないか確認する.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する.
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、周辺の間隙が均一で一貫しているように調整する.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る.クランプはモジュール背面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えてはならない.
8. 電氣的接続:接着剤取付交換手順の要件 9 に同じ.
9. 通電試験:接着剤取付交換手順の要件 10 に同じ.
10. 記録と保管:接着剤取付交換手順の要件 11 に同じ.

### 5.4 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、新しいモジュールの個別テストに加えて、影響を受けるストリングの全体的な性能も検証する必要があります:

- スtringの開放電圧 (Voc) と短絡電流 (Isc) を測定し、String設計値および同一アレイ内の正常なStringと比較する
- Stringの動作電流を監視し、新しいモジュールとString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察し、Stringの出力が正常レベルに回復したことを確認する

- 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

## 6. 一般的な故障診断とトラブルシューティング

### 6.1 モジュール出力の異常低下

#### 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、出力低下率が正常範囲を超えている、または短期間内に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運転され、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局所的な影が発生し、長期的なホットスポット効果を引き起こし、セルが恒久的に劣化する
- コネクタの接触不良やケーブルの経年劣化により、直列抵抗が異常に増加する

#### 診断とトラブルシューティング方法

- 専門の IV カーブトレーサ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する
- 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点検し、ジャンクションボックスが無傷であるか確認する
- 赤外線サーモグラフィカメラを使用して、ホットスポット効果や異常な発熱箇所が存在するかどうかを検出します。
- 内部欠陥が疑われるモジュールに対して EL 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 → モジュールを速やかに清掃します。
- 局所的な日陰が原因の場合 → 日陰の原因を取り除き、モジュール周辺の環境を最適化します。
- 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 の認定担当者が実施する必要があります）。
- モジュールに深刻な経年劣化（出力低下が 20%を超える）または不可逆的な内部欠陥がある場合 → モジュールを交換します。
- モジュールがまだ保証期間内であり、製品品質の問題であることが確認された場合 → 保証手続きに従ってアフターサービスを申請します。

### 6.2 モジュールのホットスポット効果

#### 故障の症状

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します（温度差が 20°C以上）。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熔融や変形を引き起こし、極端な場合には火災を誘発する可能性があります。

### 故障原因分析

- モジュール表面に局所的な遮へい物がある場合（落ち葉、鳥の糞、ほこりの塊、建物の影など）。遮へいされ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発電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間に電気的なミスマッチが生じる。
- マイクロクラックやグリッドフィンガーの断線などの微細な欠陥を持つセルで、局所的な電流の流れが妨げられ、集中加熱が発生する。
- バイパスダイオードが故障し、遮へい発生時に遮へいされたセルストリングをバイパスして保護できない。

### 対策と予防措置

即時対応:モジュール表面の遮へい物を直ちに除去する。深刻なホットスポットがあるモジュールは、故障拡大を防ぐために電源を切り、隔離する。

段階的処置:

- 軽度のホットスポット（温度差 < 20°C）、内部に目に見える損傷がない場合 → 遮へい物除去後、追跡監視を継続する。
- 中度のホットスポット（温度差 20~40°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。
- 深刻なホットスポット（温度差 40°C以上）、または外観に明らかな損傷が見られるモジュール → 直ちに運用を停止し、交換すること

予防措置:モジュールアレイの設計および設置段階では、モジュール間の影による影響を避けるため、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影の原因となるゴミを定期的に除去する。四半期ごとに赤外線サーモグラフィによる総合点検を実施し、モジュール温度のベースラインアーカイブを構築する。

## 6.3 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出力されない。端子や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）。端子表面に酸化による変色やアーク痕が現れる。重症の場合、コネクタのプラスチックハウジングが熔融・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、湿気やほこりが侵入し、ピンが酸化・腐食する
- 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のものであり、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
- 配線エラー（正極と負極の極性逆接続など）、または不適切なストリング配線トポロジー
- コネクタが長期間ケーブル張力を受けることによる内部ピンの緩み

### 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、マルチメータで無電圧を確認後、「開閉禁止」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する
- 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
- コネクタ型式の不一致 → 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 用 DC ケーブルと交換し、線径と耐電圧が元のものと一致することを確認する
- 配線エラー → 正しい正極/負極の極性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します。

## 6.4 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

監視システムで特定のストリングの出力電力が持続的に低い、またはゼロを示す。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します。
- 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します。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します。
- ステップ 3:ストリングの短絡電流 (Isc) を測定します。Isc が著しく低い場合、モジュールへの深刻な埃の堆積、日陰、経年劣化、またはコネクタ接触不良の可能性がります。
- 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、問題のある特定のモジュールを特定します。
- 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、故障の種類を特定し、対応する処置を講じます。

## 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対応手順を実行しなければなりません:

- 人員緊急避難:直ちに漏洩エリアから離れ、漏洩しているモジュールおよ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専門家が、絶縁操作棒を使用して対応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:絶縁抵抗テスターを使用して、漏洩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洩モジュールを特定すること
- 原因調査:漏洩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:漏洩の原因に基づいて、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、絶縁抵抗を再テストし、許容レベルに回復したことを確認すること
- 復電:すべてのテストに合格した後にのみ、警告標識を取り外し、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 モジュール火災に対する緊急対応

ZKFN SOLAR の SolarVela および SolarNoah シリーズ軽量 PV モジュールの耐火性能は、UL790 クラス C (アンダーライターズ・ラボラトリーズの屋根被覆材耐火試験規格)の試験および認証に合格しています.この評価は、モジュールが模擬火災シナリオにおいて、限定的な火炎伝播速度、低い燃焼滴下リスク、厳格な耐火要件への適合など、優れた耐火性能を示すことを意味します.

O&M サイトでモジュール火災が発生した場合、以下の手順に従うものとします.

- 直ちに PV モジュールアレイの主電源 (DC 側および AC 側の両方の電源を含む)を遮断し、火災の拡大や感電事故を防止します.
- 火災が小さく、安全な状況が許す場合は、乾燥粉末消火器または二酸化炭素消火器を使用して火元を抑制します.感電リスクを避けるため、水や泡による直接消火は固く禁止されています.
- 火災が大きく、単独での消火が不可能な場合は、直ちに 119 番通報して火災を報告し、「PV 発電所火災、直流高電圧危険」などの重要情報を消防署に明確に伝え、全員を安全な場所に避難させます.
- 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ます.
- すべての安全上の危険 (構造安全性、電気絶縁性、モジュールの完全性) 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ます.

## 7.3 自然災害緊急対応

### 7.3.1 豪雨/洪水

- 豪雨が到来する前に、モジュールアレイの排水システムが支障なく機能するか点検し、排水口のゴミを取り除きます.

- 発電所内の重要機器（監視ホスト、インバーターなど）を高所に移設するか、防水対策を実施する
- 豪雨時は、すべての屋外 O&M 作業を中止する。発電所で浸水が発生した場合は、直ちにすべての電源を遮断する
- 洪水が引いた後、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、絶縁試験を実施する。安全上の危険がないことを確認した後、徐々に運転を再開する

### 7.3.2 強風/台風

- 強風が到来する前に、モジュールのクランプと固定具の締結状態を総合的に点検し、緩んだボルトを増し締めする
- モジュールアレイ周辺の、風で飛ばされやすいゆるんだ物体を除去する
- 台風時は、発電所の電源を遮断し、すべての人員を安全な場所に避難させる
- 風の事象後、架台やモジュールに変形、ずれ、損傷などの状態がないかを総合的に点検する。損傷箇所を修理し、総合点検に合格した後にのみ発電所を再起動する

### 7.3.3 吹雪/低温

- 吹雪時は、柔らかいスノーブッシャー（シリコンまたはゴム素材）を使用して、定期的にモジュール表面の積雪を除去し、雪による日陰や過剰な積雪荷重によるモジュールの変形を防ぐ
- 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してください。着氷が発生した場合は、自然に解氷し完全に乾燥するまで待つてから作業を行い、着氷による接触不良や作業中の損傷を防いでください
- 除雪時に SolarVela シリーズフレキシブルモジュールを踏むことは固く禁止されています。SolarVela フレキシブルモジュールを踏むと、バックシートの破断やセルのマイクロクラックなどの不可逆的な損傷を引き起こしやすく、同時にモジュールのシール性能を損ない、湿気の侵入や回路短絡などの後続故障を誘発します
- 清掃用具はジャンクションボックスに接触させないでください。SolarVela シリーズモジュールのジャンクションボックスはモジュールの前面にあります。清掃中に用具がジャンクションボックスに接触すると、シールストリップの剥離、ハウジングの損傷、または内部端子の緩みや接触不良を引き起こしやすく、これにより漏電や断線などの安全上の危険が生じる可能性があります。作業中は、用具の清掃範囲を制御してジャンクションボックスエリアを避けてください。必要に応じて、小さな柔らかい毛のブラシを使用して、ジャンクションボックス周辺の少量の雪を別途清掃しても構いません

## 7.4 落雷緊急対応

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の高い期間です。監視システムが広範囲のモジュール通信中断、インバータのトリップを示す場合、または現場点検でモジュールに明らかな落雷痕（ジャンクションボックスの貫通、モジュール表面のアーク焼け跡など）が確認された場合は、直ちに以下の対応手順を開始してください：

- 発電所のすべての電源を直ちに遮断し、作業員は速やかに安全な屋内エリアに避難してください

- 雷雨が過ぎた後、避雷および接地システムを総合的に点検してください:接地用の引下げ導線の断線や溶断を確認し、接地抵抗が設計要件（一般的に $\leq 4\Omega$ が要求される）を満たしているか測定してください
- 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を使用して異常な発熱箇所をスキャンしてください
- 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してください
- インバータおよび接続箱内のサージ防護デバイス（SPD）が作動または損傷していないか点検し、損傷している場合は速やかに交換する必要があります

## 8. O&M 記録とアーカイブ管理

### 8.1 O&M 記録管理システム

O&M 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、障害追跡の基盤を形成します。「全ライフサイクルをカバーし、電子と紙の二重システムを併用し、安全性と活用を同等に重視する」というアーカイブ管理の原則を確立することが推奨されます。標準化された記録収集と規制されたアーカイブ管理を通じて、O&M 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。

O&M 担当者は、各 O&M 活動に関する関連情報を詳細に記録するものとし、以下のカテゴリを対象とします。

- 点検記録:点検日、点検担当者、点検範囲、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場対応）、未解決問題の追跡を記録します。
- 洗浄記録:洗浄日、洗浄担当者、洗浄範囲、洗浄方法、水使用量と水質、洗浄前後の代表的なストリング出力比較データを記録します。
- 障害対応記録:障害発生日、障害モジュールのシリアル番号と位置、障害症状の説明、障害原因分析、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します。
- モジュール交換記録:交換日、旧モジュールの情報（シリアル番号、型式、使用年数、障害タイプ）、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します。
- 緊急対応記録:緊急インシデントの発生時刻と場所、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します。
- 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、分析結論を記録します。

### 8.2 アーカイブ分類とファイリングシステム

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段階分類システムを採用することが推奨されます。

- 基本アーカイブカテゴリ:モジュール工場文書（適合証明書、工場試験報告書、技術パラメータ一覧）、調達契約、保証契約、システム竣工図、完成受入報告書などを含む。

- O&M プロセスアーカイブカテゴリ:上記の各種 O&M 記録をまとめたもの。ファイルグループは「年 - O&M タイプ - エリア」で整理する。点検記録は日次で要約し月次で綴じる。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 曲線試験、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する。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」を確立し、全ライフサイクルにおける各試験時点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する。
- コンプライアンス管理アーカイブカテゴリ:O&M 要員資格証明書、試験機器校正証明書、廃モジュールリサイクル・処分証明書、業界規制検査記録、安全訓練記録などの写しを含み、O&M 活動が完全にコンプライアンスを遵守し、全プロセスでトレーサブルであることを確保する。

### 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する。レポートには少なくとも以下の内容を含めること。

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する。レポートには少なくとも以下の内容を含めること。

- 年間発電量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・清掃作業実績サマリー（点検回数、清掃回数、特定・解決された問題の件数と種類別分布）
- モジュール性能劣化傾向分析（IV 曲線および 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 計画と予算推奨事項
- 次年度の重点注力分野と改善推奨事項

### 9.1 よくある質問 (FAQ)

**Q1: ZKFN SOLAR 軽量 PV モジュール製品の保守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 1 回の総合点検・保守を推奨します。全モジュールの動作性能と電気系統の安全性・信頼性を確認してください。モジュールは少なくとも月 1 回清掃し、PV 発電効率を確保してください。主な点検項目は以下の通りです:モジュール外観の損傷有無、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浄度と遮へい物の有無、架台支持構造の安定性、避雷・接地システムの正常性、監視システムの動作状態、PV システムの異常な出力有無。

**Q2: モジュール表面に少量の埃が付着しているが、清掃トリガー基準である出力低下 5%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傾向を継続的に監視しながら清掃を延期しても構いません。ただし、地域の大気汚染が深刻で埃に固着性の粘性物質が含まれている場合、または今後 1 週間以内に有効な降水が予想されない場合は、事前に清掃を計画することを推奨します。長期間の埃蓄積による硬化・皮膜化を防ぎ、その後の清掃困難度の上昇や継続的な光透過率低下を回避するためです。

**Q3: 冬期にモジュールが氷結した場合、氷を溶かすために直接温水を使用できますか?**

A: 氷結したモジュールに温水を直接かけたり注いだりすることは固く禁止されています。低温と高温の急激な温度差により、モジュールパネルや封止材に熱衝撃応力が生じ、モジュールの破損や封止層の故障を引き起こす可能性があります。外気温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除去することを推奨します。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: SolarVela 及び SolarNoah シリーズのフレキシブル太陽光モジュールは、清掃やメンテナンスのため踏んでもよいですか?**

A: いいえ。SolarVela・SolarNoah シリーズはフレキシブル太陽光モジュールです。いかなる形であっても踏むことは、バックシートの破損や太陽電池セルのマイクロクラックといった修復不能な損傷を引き起こす可能性があります。またモジュールの密閉性能を損ない、湿気の浸入や電氣的短絡などの二次故障を招きます。清掃・メンテナンス作業時は専用歩行架台を使用し、モジュール周辺部からのみ通行してください。

**Q5: モジュールの出力低下が通常範囲を超えているが、モジュールがまだ保証期間内の場合、アフターサービスをどのように申請すればよいですか?**

A: まず、モジュールの完全な運用保守記録（点検データ、IV 曲線出力試験レポート、故障写真、EL 検査画像などを含む）を整理し、ZKFN SOLAR のアフターサービス部門に連絡し、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、認定された技術担当者を手配し、現地での確認と試験を実施します。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。

**Q6: SolarVela シリーズモジュールのジャンクションボックスはモジュールの前面にあります。清掃時の特別な注意事項は何ですか?**

A: SolarVela シリーズモジュールのジャンクションボックスはモジュールの前面（受光面）にあり、これはそのフレキシブル封止設計の構造的特徴です。清掃作業時には、清掃工具（柔らかい布、ローラー、水切りワイパー）がジャンクションボックス領域に接触しないよう特に注意し、工具の衝撃によるジャンクションボックスのシールストリップ剥離、ハウジング損傷、または内部端子の緩みを防ぐ必要があります。ジャンクションボックス周辺の少量のほこりは、小さな柔らかい毛のブラシを使用して別途清掃することを推奨します。高圧水ジェットをジャンクションボックスやその継ぎ目に向けて噴射することは、常に固く禁止されています。

## 9.2 一般的な運用保守工具・計器チェックリスト

以下は、太陽光発電所の運用保守に推奨される一般的な工具および試験計器です。

- デジタルマルチメータ（CAT III 1500V 定格）— DC 電圧、電流、導通の測定
- クランプ式直流電流計— 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し、性能劣化を診断
- 赤外線サーモグラフィカメラ— ホットスポット検出、コネクタおよび端子の発熱箇所調査
- 絶縁抵抗計（DC 500V/1000V レンジ）— ストリング対地絶縁抵抗測定



- 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、コールドソルダリングなどの内部欠陥を検出
- トルクレンチ (0~30 N・m) — 電気接続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— 安全なコネクタの分離と嵌合
- 接地抵抗計— 避雷および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、軟水スクイジー、軟毛ブラシなど)

### 9.3 技術サポートおよび連絡先情報

アフターサービスホットライン:400 6768 100 (営業日 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: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

### 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 日に発行されました.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の内容を改訂・改善します.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できます.本マニュアルの使用中に問題を発見した場合や改善の提案がある場合は、tech-support@zkfnsolar.com までメールをお送りください.迅速に評価し、改訂計画に反映いたします.

# 山東中科富能光電科技有限公司

[www.zkfnsolar.com](http://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)