

絶縁抵抗監視をはじめとする 太陽光発電設備の安全性向上に 関する産総研の取り組み

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

太陽光発電研究センター

システムチーム

高島 工、池田 一昭、大関 崇、加藤 和彦

システムチーム

- 常勤職員(4): 大関崇、加藤和彦、高島工、大竹秀明
- 契約職員(4): 海崎光宏、山田隆夫、池田一昭、米川理恵
- 主な研究テーマ: PV安全性向上、PV発電電力量推定・予測

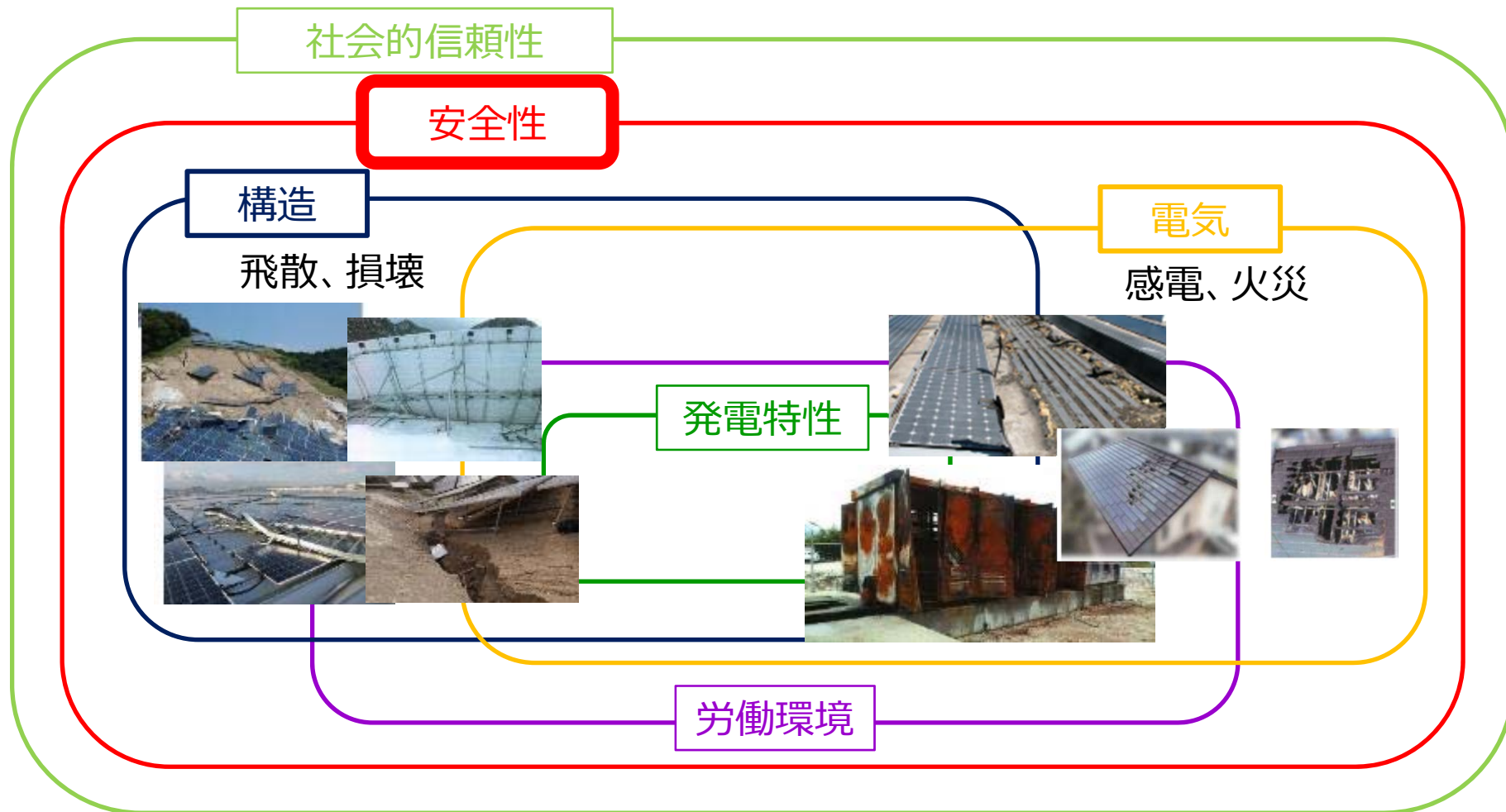


目次

1. 太陽光発電の安全性の課題
2. 産総研の取り組み
3. 絶縁抵抗監視領域拡大の研究開発

太陽光発電の安全性の課題

太陽光発電の安全性の課題



出典：第17回 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、Solar ABCs、消費者庁、中部近畿産業保安監督部 資料

太陽光発電の安全性の課題

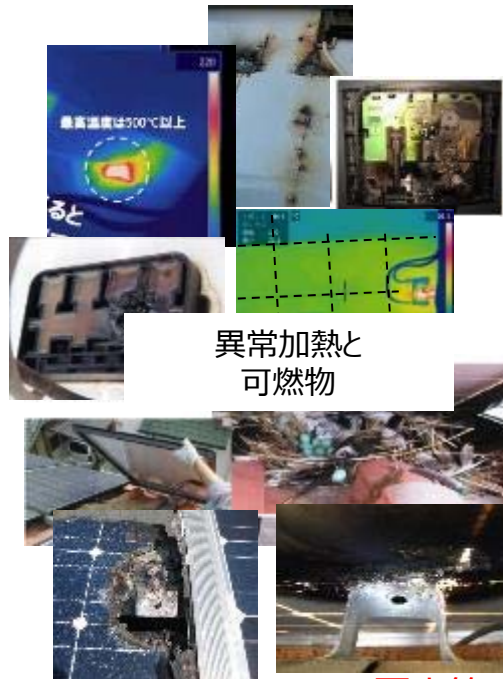
電気設備に関する技術基準を定める省令

- 第三節 保安原則 第一款 感電、火災等の防止
- 第四条 電気設備は、感電、火災その他人体に危害を及ぼし、又は物件に損傷を与えるおそれがないように施設しなければならない。

- 構造安全
 - 風、積雪、地震によるモジュール・架台の飛散、架台の損壊など
 - 太陽光発電の特徴として、軽量、薄鋼板。多数のステークホルダ。低コスト化の必要性。
 - 設計基準の策定、設計・施工の適切な管理(技術と制度設計)

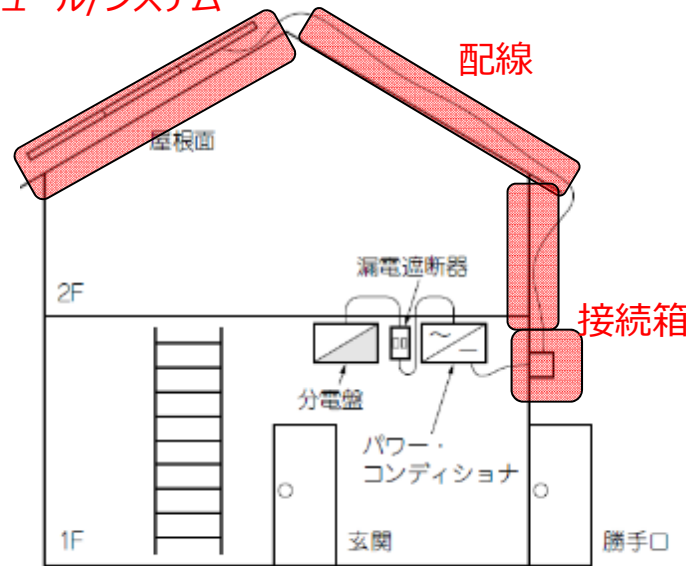
- 電気安全
 - 異常発熱、アーキングによる機器焼損、建物等への延焼火災、感電(施工業者、保守点検作業者など)
 - 太陽光発電の特徴として、日が当たる限り発電継続、大規模かつ屋外における直流回路の存在
 - 設計による防止(本質的と発生時の検知と遮断)、維持管理における抑止(労働安全の担保)

電気安全



異常加熱と可燃物

モジュール/システム



(a) 屋外配線



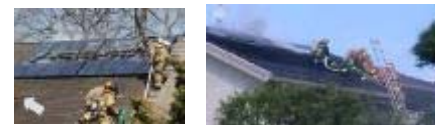
地絡、短絡によるアーキング



冠水等による浸水



消防隊員の消防活動に対して (鎮火、残火処理)



PV付建物火災



放火



- 設置時 : 感電、滑落 (施工業者)
- 運用時 (~20,30年、放置システム) : 建物焼損、感電 (オーナー等、メンテ業者、消防隊員)、公共被害 (延焼)
- 撤去時 : 感電、滑落 (撤去業者)
- 廃棄時 : 廃棄物火災、(放置システムの感電、火災)

出典：吉富電気，太陽エネルギー学会セミナー資料

消費者庁消費者安全調査委員会報告書

消費者安全法第23条第1項の規定に基づく 事故等原因調査報告書

住宅用太陽光発電システムから発生した火災事故等

平成31年1月28日

消費者安全調査委員会

住宅用太陽光発電システムから発生した火災事故等のうち、モジュール又はケーブルから発生した火災事故等について分析を実施。

1. 推定発火箇所はおおむねモジュールとケーブルの2つに分類。
 - i. ケーブルの発火の推定原因の多くは施工不良による。
 - ii. モジュールの発火の推定原因はモジュールの不具合によるものと推定。
 - モジュールの発火は配線接続部及びバイパス回路における不具合によるプロセスと予想され、現地調査により発火プロセスの妥当性を確認できる不具合モジュールを確認。
2. 鋼板等なし型モジュールは、モジュール又はケーブルが発火した場合にルーフィング及び野地板へ延焼する可能性があると推察。
3. 保守点検は所有者の約7割が未実施。

産総研の取り組み

太陽光発電設備の安全化に関する 実証試験および研究 NEDO(FY2016～2018)

- 太陽光発電設備の安全に関する実態調査とリスク分析
- 太陽光発電設備の積雪荷重に関する実証試験
- 太陽電池モジュール内バイパス回路の長期耐久性の検証
- 太陽光発電設備の電気安全性(火災危険・感電危険)に関する研究
- 誘導雷が太陽光発電設備の健全性に及ぼす影響に関する研究

太陽光発電設備の現地調査および ヒヤリハット・インシデントに関する情報収集

- 故障等が見られた案件および全国の高専に設置された設備について、現地調査17件を実施し、保安点検手順を作成。
- ヒヤリハット・インシデント・事故情報収集システムを構築し、情報収集・公開(約60件)。
- 事例とともに、「太陽光発電の直流電気安全のための手引きと技術情報(第2版)」の一部として公開。

保守点検手順

- 安全具の装備・整備
- 検電、目視、接地抵抗の確認
- 運転状態：
 - システム、各ストリングの動作、循環電流の確認 等
- 解列状態
 - 等電位接地の確認、BLDの確認、絶縁抵抗測定等
 - モジュールの確認：パイバス回路検査等
 - 架台等の目視確認
 - 発電特性の測定
- 運転状態
 - 各モジュールの調査 等



等電位ボンディングの確認の例

ヒヤリハット・インシデントに関する情報収集

全国の太陽光発電システムにおけるヒヤリハット事例（インシデント）を収集して現状を把握し、今後の太陽光発電システムの安全対策に役立てる。



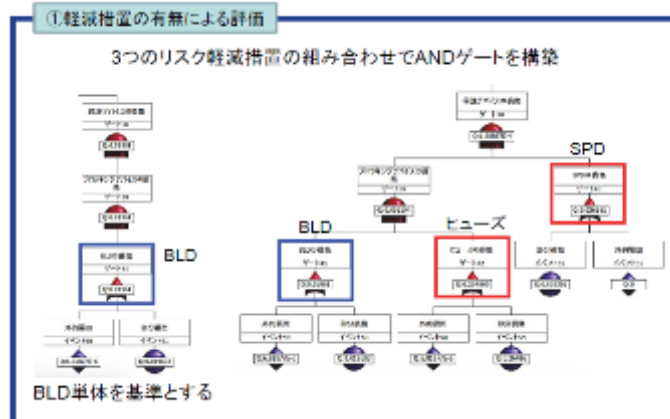
被害	原因、対応
コネクタ溶断。感電危険。	出荷時のコネクタ不良。 コネクタ全数交換。



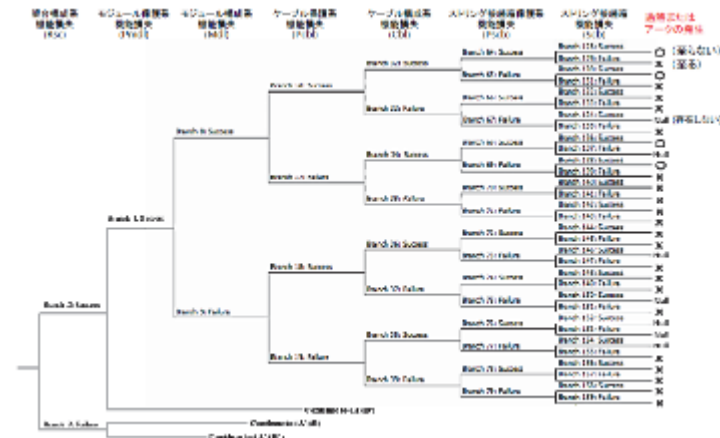
太陽光発電設備のリスク分析

- 過熱/アークの発生に至る定性的・定量的評価
 - ETA分析における128個のパスのうち、○(pass)のパスは16、過熱またはアークの発生に至る×(fail)のパスは100個という結果が得られた。
 - 故障率に対する感度について分析した結果、セル、インターコネクター、バスバー電極は、PVシステム全体への感度はそれほど高くない。架台構成系サブコンポーネントにおける故障率改善はPVシステム信頼性の向上に大きな寄与が見込まれる。
- リスク軽減措置の費用対効果の定量的評価：
 - 信頼性対策効果、単位改善費用を定義・導入し、定量的評価を実施した。対策費用DBの構築により、各軽減措置へ展開可能。
 - 接続箱、モジュールコネクタは安価な対策費用と高い故障軽減率の両方を実現できれば、リスク軽減措置として有用となる。

リスク軽減措置の有無による評価の例



Event Tree 解析の例

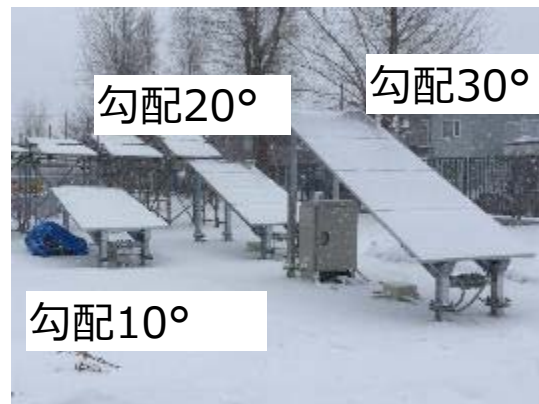


積雪地域における太陽電池アレイの積雪荷重の屋外測定

- 北海道、青森、山形に導入した測定装置により、積雪加重の測定が可能なことを確認。
- 軒側に大きな荷重が作用することを実測し、設計用荷重モデルの素案を作成した。

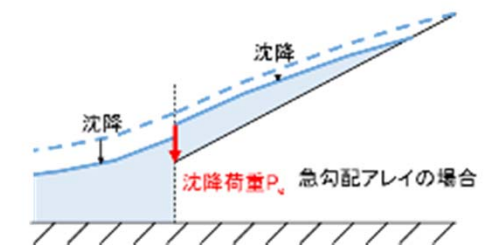
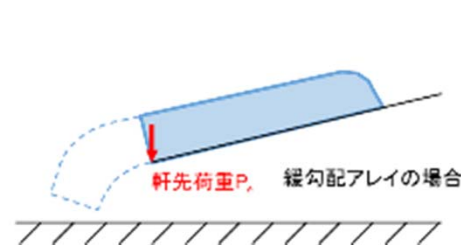
北海道 軒高：0.7 m

軒先積雪状況と軒先荷重との関係



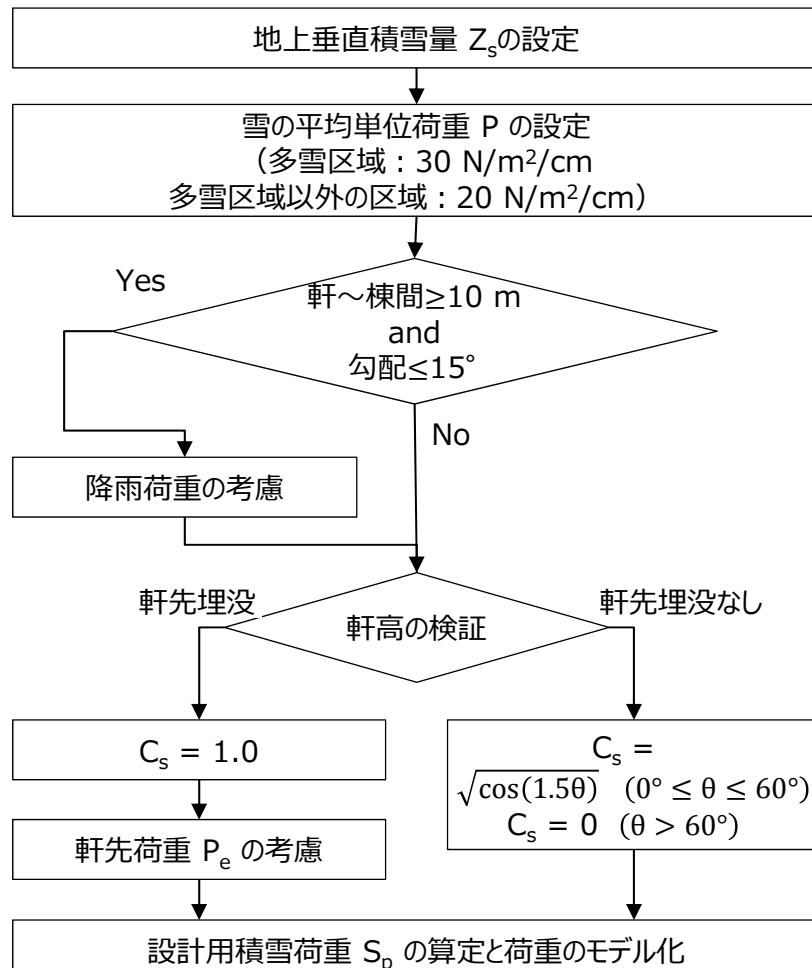
青森
軒高：0.8 m

山形
軒高：0.9 m

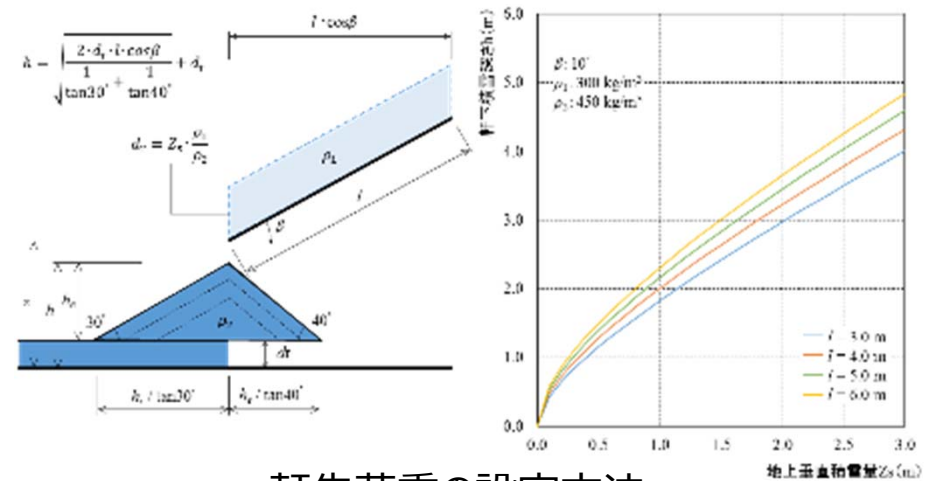


積雪地域における太陽電池アレイの 積雪荷重の屋外測定

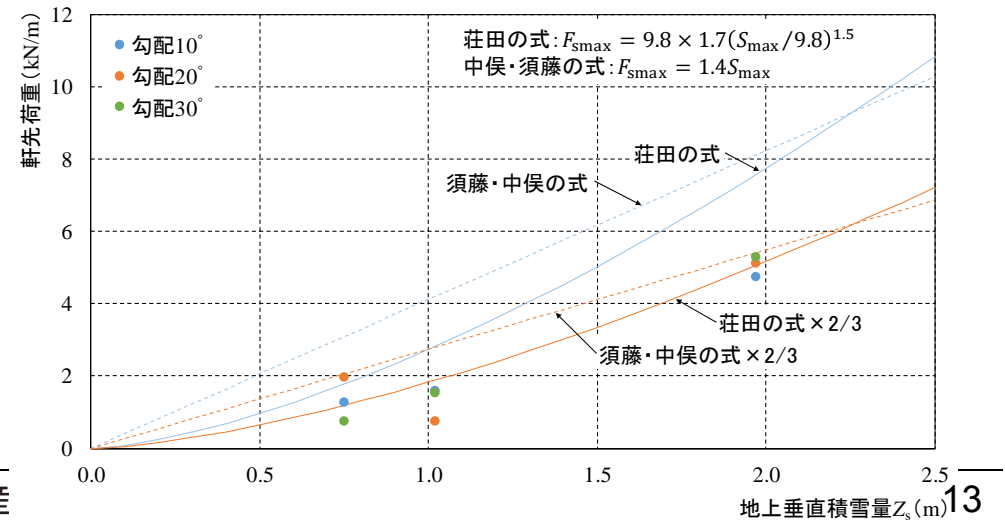
積雪荷重の評価フロー



軒高算定モデルと地上垂直積雪量と軒高との関係



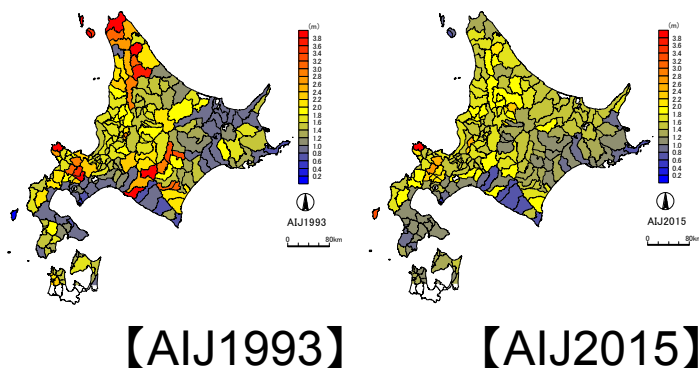
軒先荷重の設定方法



積雪地域における太陽電池アレイの 積雪荷重の屋外測定

- 太陽光発電の積雪荷重をGISにおいて表示できる設計支援ツールを作成し、公開。
- 特定行政庁における設計用のデータベースも整備。
- 地図上をクリックすることで、緯度経度・標高(250 mメッシュデータ)・海率を取得し、地上鉛直積雪量を計算・表示する。
- WEBにてツールを公開:
https://unit.aist.go.jp/rcpv/ci/service/PV_Electrical_Safety/index.html

建築物荷重指針・同解説の違いによる
計算結果例



太陽光発電の積雪荷重設計支援ツールのイメージ

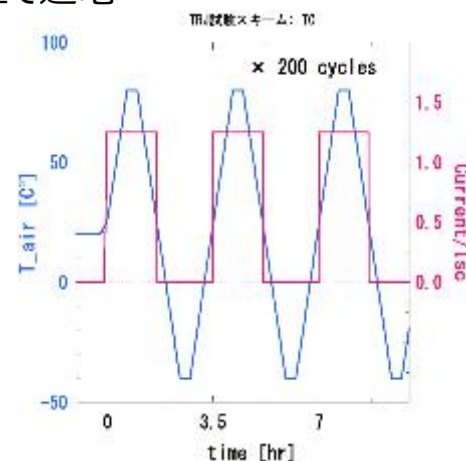


太陽電池モジュール内バイパス回路の 耐久性に関する試験・研究

- 実フィールドにおいてバイパス回路の故障が見られたモジュールに対して、屋内試験を実施し、屋外の故障事例と類似性を確認。
- 試験サンプルのBPC-IV特性を等価回路モデルにより解釈することで開放故障のいくつかのプロセスを明らかにした。
- 温度サイクル試験が構造的な初期不良の早期検出に有効なことが確認された。

屋内試験方法

- 温度サイクル試験
 - 雰囲気温度: $-40^{\circ}\text{C} \sim 80^{\circ}\text{C}$
 - $1.0 I_{\text{SC}}$ を 25°C 以上で通電
 - 定電圧により印加



フィールドにおける故障モジュール



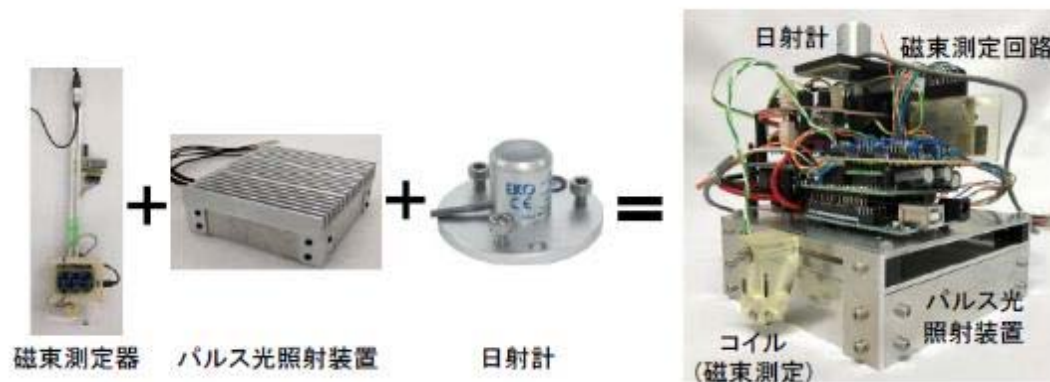
屋内試験 (温度サイクル試験)



太陽電池モジュール内バイパス回路の 現地検査技術の研究

- 稼働中のPVSにおける検証試験により、string内のBPC開放故障モジュールを検出できることを実証。
- 日射量の変化に対応できる一体型検査デバイスを設計・製作し、400～800 W/m²で日射変動した場合でも、稼働中PVSのstring内のBPC開放故障モジュールを検出できることを実証。
- 昇温を検出可能なパルス光照射装置を開発し、検査時の安全性を向上。
- 約6秒/moduleで検査可能、サポート機構を利用し0～30度の範囲で走行可能な遮光ロボットを開発し、より速く安全な検査を実現。

パルス光照射装置：一体型検査デバイスの開発



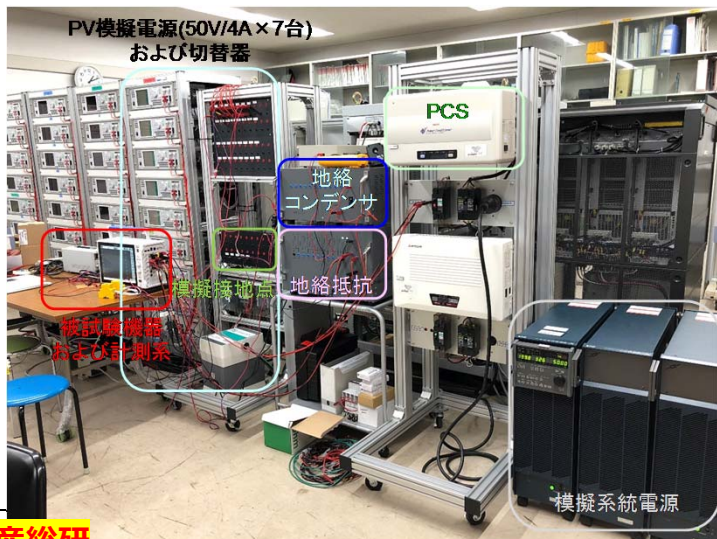
ロボットによる試験



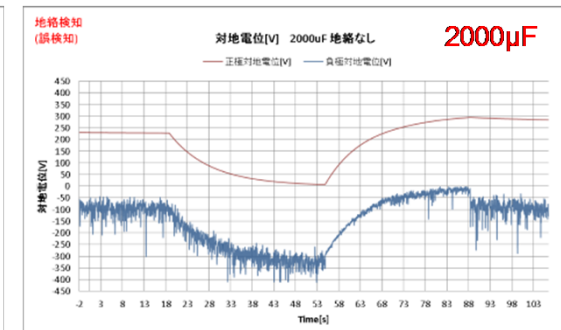
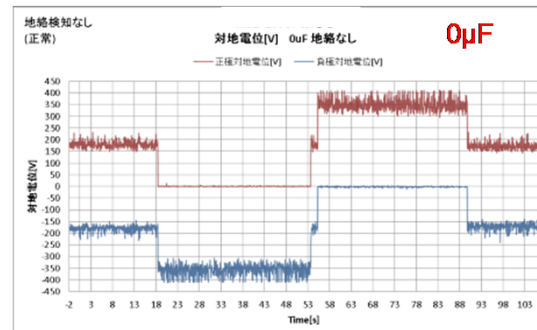
太陽光発電設備の電気安全性 (火災危険・感電危険)に関する研究

- 太陽光発電設備の火災・感電危険の主因である地絡故障の対策を検討。
- 太陽光発電設備の直流地絡対策として、地絡電流が発生する前の地絡故障の段階で当該個所を発見しかつ事故原因を除去することが可能な地絡検出保護装置(GFDI: Ground Fault Detector and Interrupter)を試作し、それを実際に運用している太陽光発電設備に装備して関連データを収集し、その機能を検証。
- また、市販されている地絡検出装置の性能確認試験を実施。

屋内装置概要



屋内試験における装置動作結果例



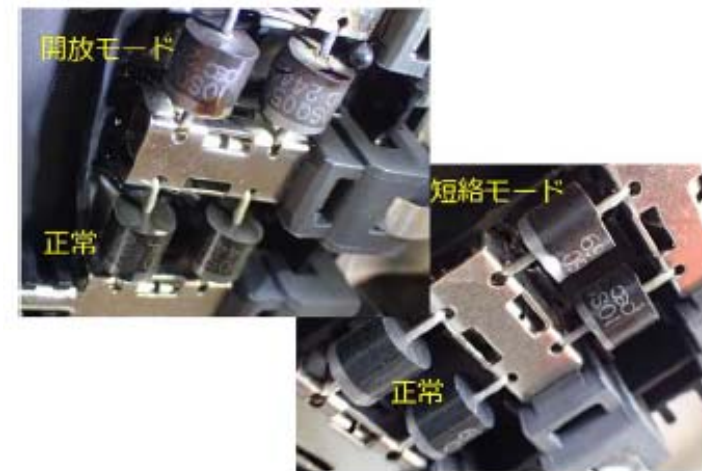
太陽光発電設備の現地調査

- 雷害被害を受けた事例として、3件の雷害による被害の調査を実施。
- モジュールの焼損、接続箱の焼損、発電能力の著しい低下などとなって雷害による被害が明らかになったケースである。
- モジュールの表面に破壊痕やガラス割れとなって雷害が顕在化したケース、PV モジュールの裏面のジャンクションボックスが焼損して雷害が顕在化したケースなどがある。

ジャンクションボックスが焼損した例



バイパスダイオードの故障例



PVの雷故障機構解明のための 人工誘導雷試験

- 人工誘導雷サージ試験によりPN接合タイプやSiCのダイオード、ブロッキングダイオード、バリスタ等の雷サージ試験も行い、耐電圧と特性からSiのSBDが一番危険な種類の部材であることを確認。
- 破壊サンプルのSEM内部分析をした結果、ハンダがシリコンの中に溶融したことを観察し、電流通路形成の可能性を確認。
- また、モジュール近傍および直撃雷電流の通過がバイパスダイオードに与える影響の検証のための実験を行ない、バイパスダイオードが破壊するケースを確認。

モジュール近傍の雷サージによるバイパスダイオードの破壊試験の結果例



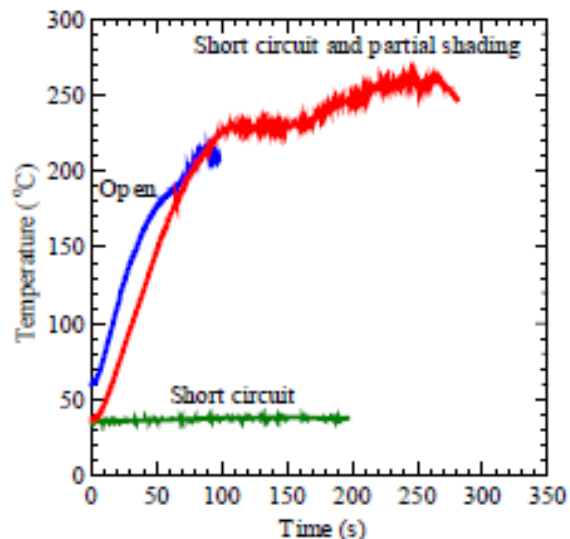
試験波形：
10/350 μ s
電流波頭値：
100 \pm 5 kA

Fl	設置角	間隔[m]	試験電流 [kA]	BPD種別	BPD極性	出力端	発電	接地	試験結果		
									BPD-N	BPD-O	BPD-F
有	90°	0.2	100	SBD	①	開放	遮光	有	正常	正常	正常
		0.15							短絡	正常	正常
有	90°	0.15	100	SBD	②	開放	遮光	有	正常	正常	正常
		0.13							正常	正常	短絡
無	90°	0.65	100	SBD	①	開放	遮光	無	正常	正常	正常
		0.4							短絡	正常	正常
		0.2							短絡	正常	正常
無	90°	0.15	100	SBD	②	開放	遮光	無	正常	正常	正常
		0.2							短絡	正常	正常

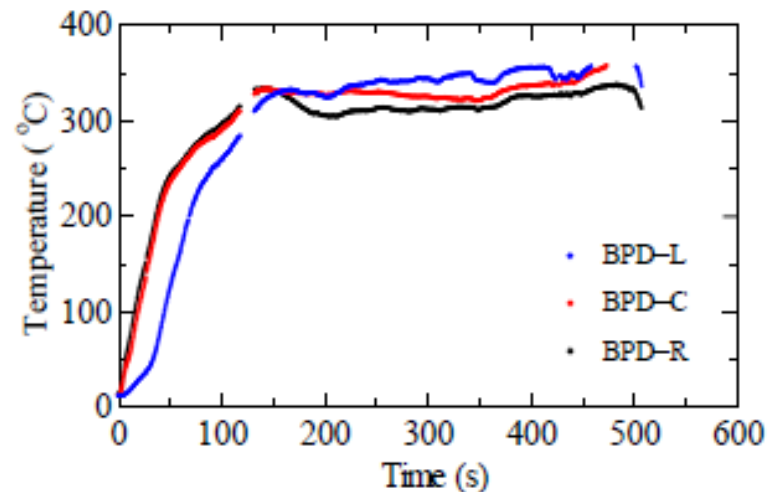
誘導雷故障PVモジュールの 過熱・発火過程の実験的検討

- セルストリングの断線等により劣化していると考えられるバイパスダイオードに電流を注入し、故障の過程を観察し、短絡から開放に至ることを確認。故障の過程において、一度抵抗の状態を経て開放故障に至ることを明らかにした。
- また、バイパスダイオードが短絡故障した PV モジュールに逆方向電流が流入し、バイパスダイオードが過熱して火災に発展する可能性が高いことを実験的に確認。

劣化したバイパスダイオードへの電流注入による
故障過程の模擬試験結果例



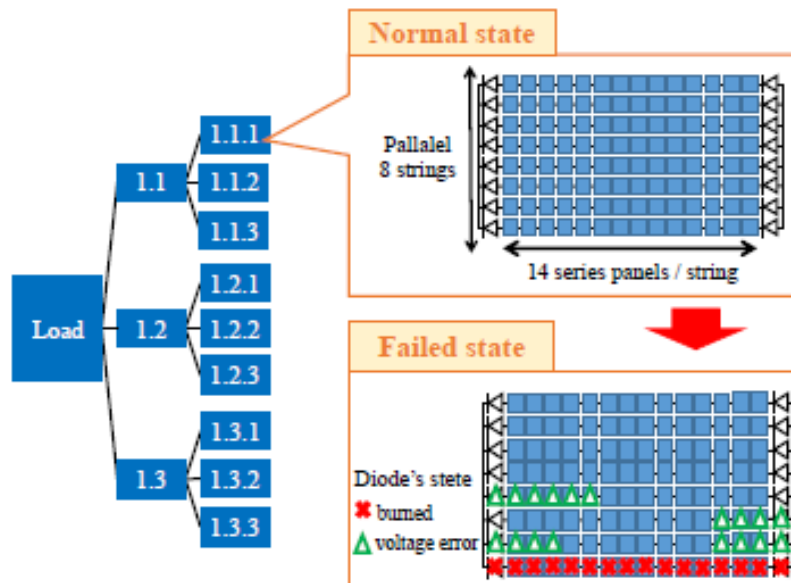
逆方向電流の流入による
短絡故障バイパスダイオードの過熱試験結果例



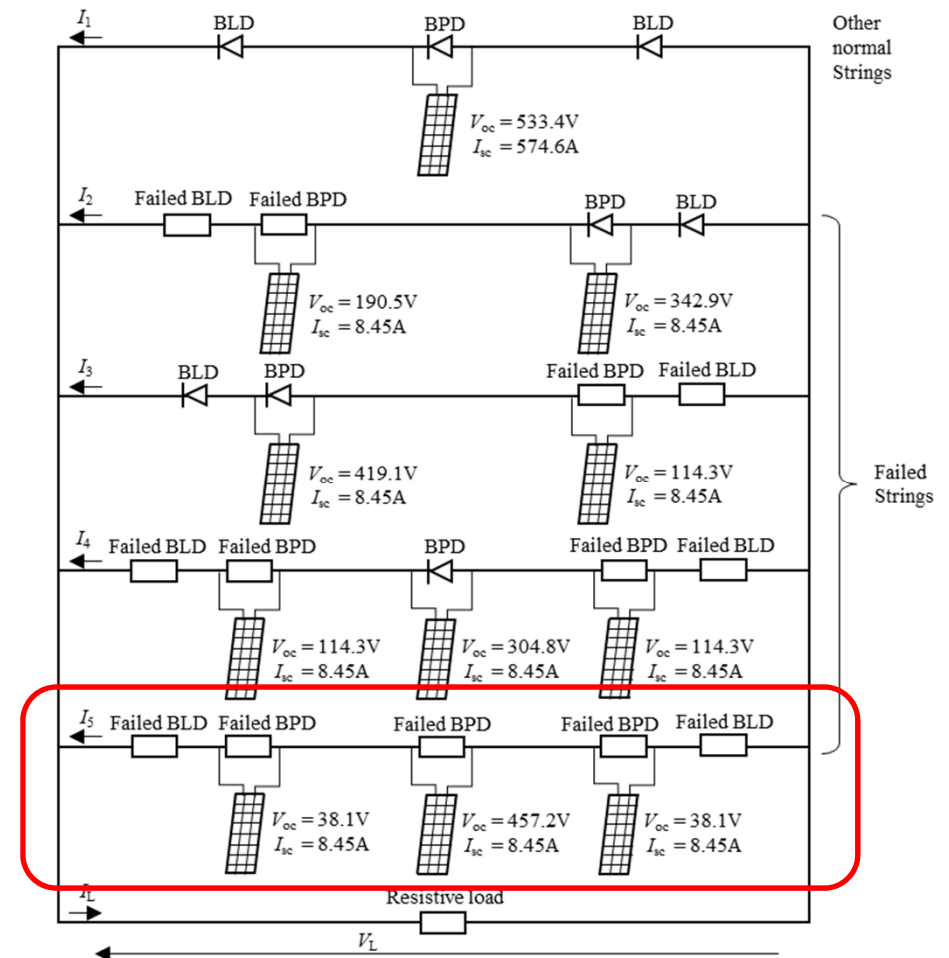
誘導雷による素子破壊の 計算機シミュレーション

- シミュレーションにより故障時の逆電流の値を確認。
- 逆電流を防ぐヒューズにより保護することが有効であることを明らかにした。

実際の事故条件を適用した回路



逆電流のシミュレーション結果例



太陽光発電設備の安全設計に関するガイドラインの作成

- 本NEDO事業の成果を、産総研が2015年に作成・公開した「太陽光発電の直流電気安全のための手引と技術情報(第1版)」に追加し、技術資料の第2版として作成・公開。
- 第2版では、可能な範囲で第1版以降の法令や規基準の改定を反映させるとともに、本事業の成果の中でも特に太陽光発電設備の保安点検手順や点検の実例、太陽光発電設備の地絡保護や絶縁監視、雷被害に関する内容を充実させた。
- **太陽光発電の直流電気安全のための手引きと技術情報(第2版):2019年7月公開**
https://unit.aist.go.jp/rcpv/ci/service/PV_Electrical_Safety/index.html

まえがき	3 章 機器選定方法	第 4 章 運用保安に関する一般事項
第 1 章 はじめに	3.1 機器選定編 総論 (一般事項)	4.1 一般原則
第 2 章 設計 組み合わせ編	3.2 太陽電池モジュール選定	4.2 保安規程
2.1 組み合わせ編 総論 (一般事項)	3.3 パワーコンディショナ選定	4.3 保安点検の方法
2.2 図書の整備 (設備文書要件)	3.4 接続箱 (筐体および遮断器を含む) 選定	4.4 事故報告
2.3 絶縁・地絡保護・過電流保護の基本原則	3.5 ケーブル設備および配線設備の選定	4.5 その他
2.4 雷害保護設計		【4 章参考 1】太陽光発電設備に利用する計測機器の注意事項
2.5 個別要素設計		【4 章参考 2】太陽光発電設備保守点検(直流部分)の手順例
2.6 消防隊員保護対策		【4 章参考 3】保守点検調査の実例
【2 章参考 1】太陽光発電設備の接地方式		
【2 章参考 2】電路絶縁に関する法令等		
		付録

太陽光発電設備の信頼性・安全性向上の 技術評価およびガイドライン策定に関する 企画立案 NEDO (FY2019)

- ・ 太陽光発電設備の「構造」及び「電気」について、リスクを低減する技術（信頼性回復技術）およびリスクを現地で評価する技術（信頼性評価技術）の技術開発計画の企画立案を行う。
- ・ 「傾斜地型」「営農型」「水上型」等の新しい設置形態特有の設計・施工項目を抽出し、設計・施工等のガイドライン策定に必要な情報収集方法や策定体制などを含めた企画立案を行う。

実施内容

- (I) 太陽光発電設備の信頼性評価技術、信頼性回復技術の企画立案
 - i - 1) 設置環境の信頼性の企画立案
 - i - 2) 構造の信頼性の企画立案
 - i - 3) 発電モジュールの信頼性の企画立案
 - i - 4) 発電モジュールを除く電気設備の信頼性の企画立案

- (II) 設計・施工等のガイドライン策定の企画立案
 - ii - 1) 傾斜地型ガイドライン策定の企画立案
 - ii - 2) 営農型ガイドライン策定の企画立案
 - ii - 3) 水上ガイドライン策定の企画立案

現地調査、ヒアリング、ワーキンググループでの議論の結果をもとに、それぞれの技術開発の計画、ガイドライン策定に関する企画書を取りまとめる。



絶縁抵抗監視領域拡大

絶縁抵抗監視領域拡大の意義

太陽光発電システムの絶縁抵抗低下による**感電事故**や**火災事故**を未然に防止するために、太陽光発電システムの電路と非充電部との間の絶縁抵抗低下の検出は重要。

地絡検知：現状の主たる絶縁抵抗低下検出。

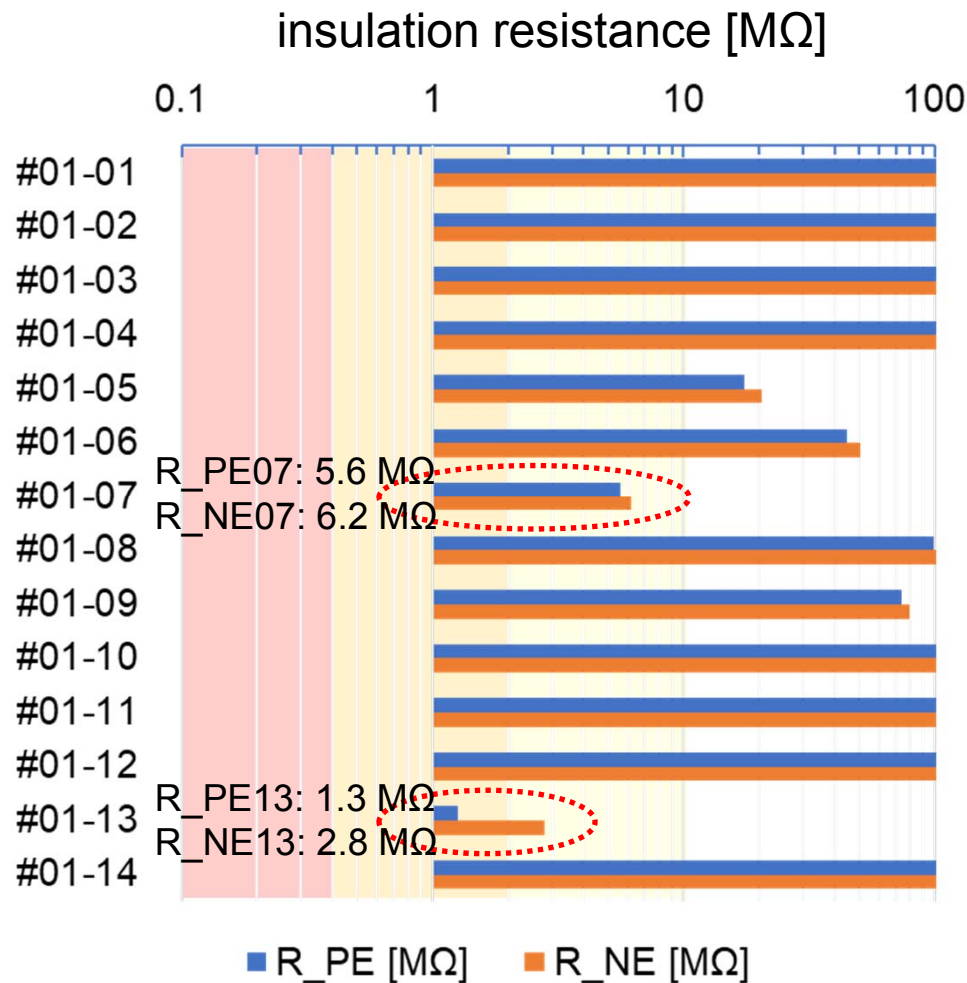
300 Vを超える電路：絶縁抵抗要件0.4 MΩ(漏洩電流1 mA)
(電気設備に関する技術基準を定める省令第58条)

絶縁抵抗常時監視：地絡事故予防保全に有効。
絶縁抵抗測定範囲の拡大が必要。

※太陽光発電システム保守点検ガイドライン(一般社団法人日本電機工業会(JEMA)、太陽光発電協会(JPEA)、2016年12月28日制定)：

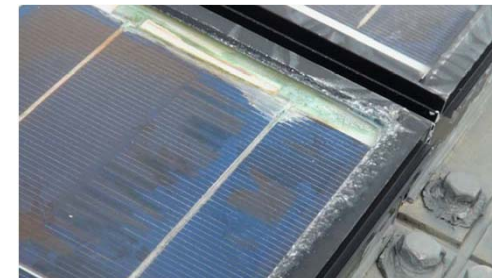
“ほかの太陽電池サブアレイ及びストリングに比べて異常に低い値(例えば、数100 MΩ又は数10 MΩに対し、数MΩまたは1 MΩ以下)がある場合は切り離すなどして原因を調査する。”

現地調査による絶縁抵抗低下事例



→ スtring間で絶縁抵抗値にばらつき

→ 絶縁低下String中に絶縁抵抗低下要因となるモジュールを確認 (緑青発生等)



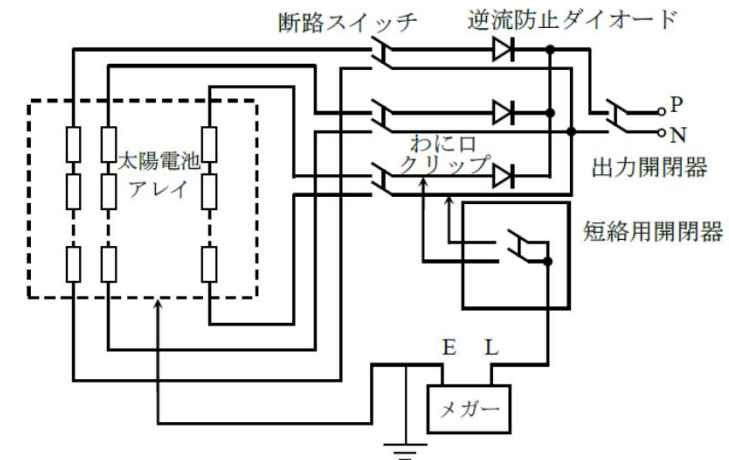
緑青発生モジュール例
モジュール周縁部から水分が浸入し絶縁抵抗低下

→ 相対的に絶縁抵抗値が低下しているStringを早期に検出すること⇒地絡事故予防保全

太陽電池アレイの絶縁抵抗測定

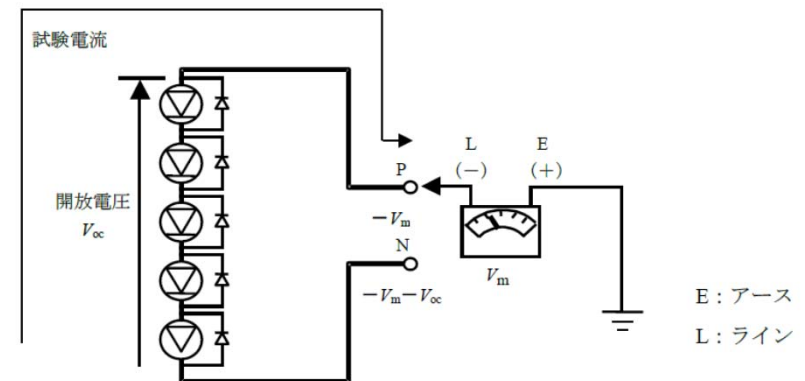
P-N間を短絡した状態で行う方法

- 短絡用開閉器必要。
- 短絡による危険及び回路を開閉するときの開閉器の開閉能力不足による接点部の損傷。
- 短絡点以外の場所に電圧が生じる場合がある。



P-N間を開放した状態で行う方法

- 短絡用開閉器が用意されていない場合の標準方式。
- 太陽電池電圧が試験電圧に影響を与える。
- 地絡が発生している太陽電池アレイを試験する場合、他機器損傷の危険がある。



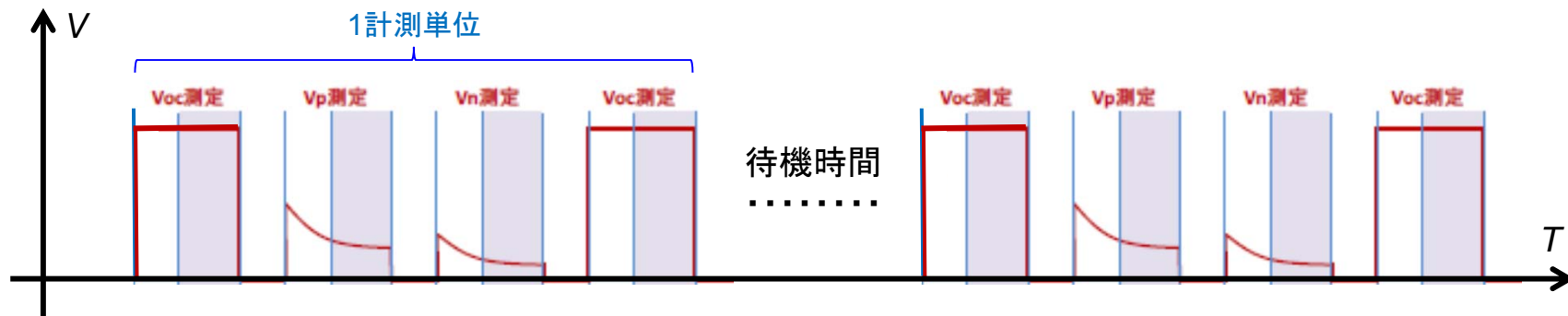
太陽光発電システム保守点検ガイドライン、
 一般社団法人日本電機工業会 (JEMA)、太陽光発電協会 (JPEA)、2016年12月28日制定

自己バイアス法による 絶縁抵抗測定範囲の拡大

試作装置 (GFDI: Ground Fault Detection Interrupter) : 自己バイアス方式を実装

測定: 開放電圧 V_{oc} , 正極対地電圧 V_p , 負極対地電圧 V_n

絶縁抵抗算出式:
$$R_{ins} = (R_d + 2R_g) \left(\frac{V_{oc}}{|V_p| + |V_n|} - 1 \right)$$



対象: 産総研メガソーラタウン内のPVストリング
単結晶シリコンモジュール8枚直列 (1枚は表面ガラス割れ)

パラメータ変更: A.改造前 (100 kΩ ~ 数MΩ): $R_d = 0.27 \text{ k}\Omega$, $R_g = 56 \text{ k}\Omega$
B.改造後 (20 MΩ ~ 100 MΩ): $R_d = 2.7 \text{ k}\Omega$, $R_g = 560 \text{ k}\Omega$

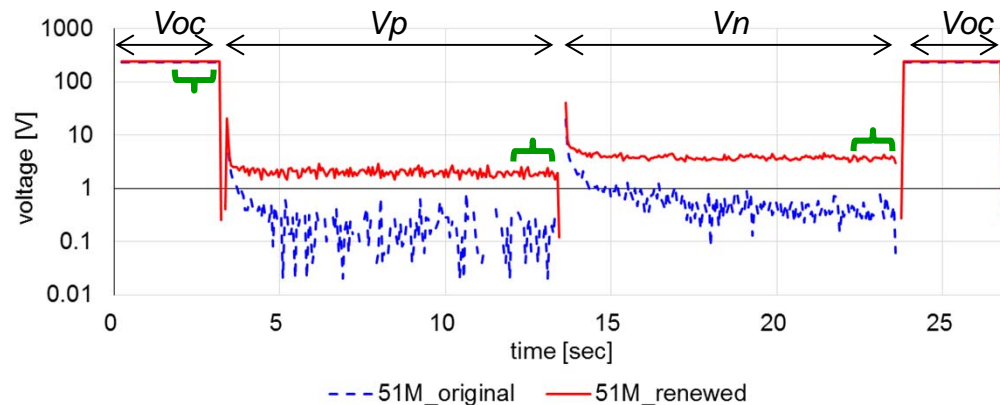
電圧の経時変化と相対標準偏差

各極対地電圧の平均値の和 $V = |\bar{V}_p| + |\bar{V}_n|$

各極対地電圧の標準偏差の和 $\Delta V = \sigma_{Vp} + \sigma_{Vn}$

$$\left. \begin{array}{l} V = |\bar{V}_p| + |\bar{V}_n| \\ \Delta V = \sigma_{Vp} + \sigma_{Vn} \end{array} \right\} \text{相対標準偏差 } RSD = \frac{\Delta V}{V}$$

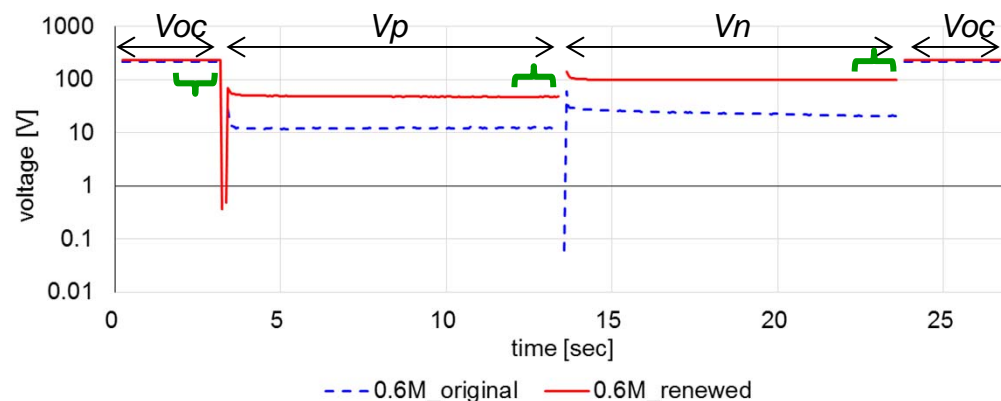
絶縁抵抗推定値約51 MΩ



パラメータ	改造前	改造後
V	0.5 V程度	5.6 V程度
ΔV	0.4 V程度	0.5 V程度
RSD	0.74	0.09

50 MΩ程度の絶縁抵抗値に対して
改造後のRSDは約1/8

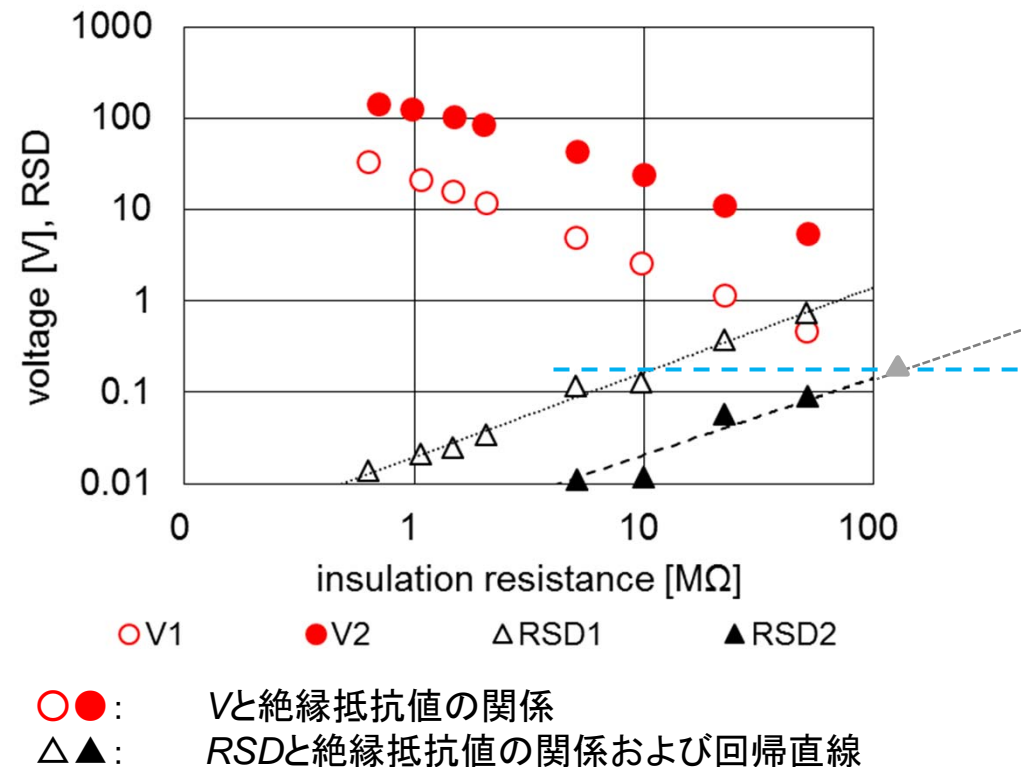
絶縁抵抗推定値約0.6 MΩ



パラメータ	改造前	改造後
V	33.3 V程度	146 V程度
ΔV	0.5 V程度	0.4 V程度
RSD	0.014	0.003

0.6 MΩ程度の絶縁抵抗値に対して
改造後のRSDは約1/5

電圧値、*RSD*と絶縁抵抗値の関係



測定精度の許容範囲:

改造前機器による10 MΩ測定時の*RSD*:0.166

改造後機器において同等の精度の測定をすると仮定:

→絶縁抵抗118 MΩ程度まで測定可能と予想

異種計測器による同ーストリング 絶縁抵抗同時測定

●測定目的:

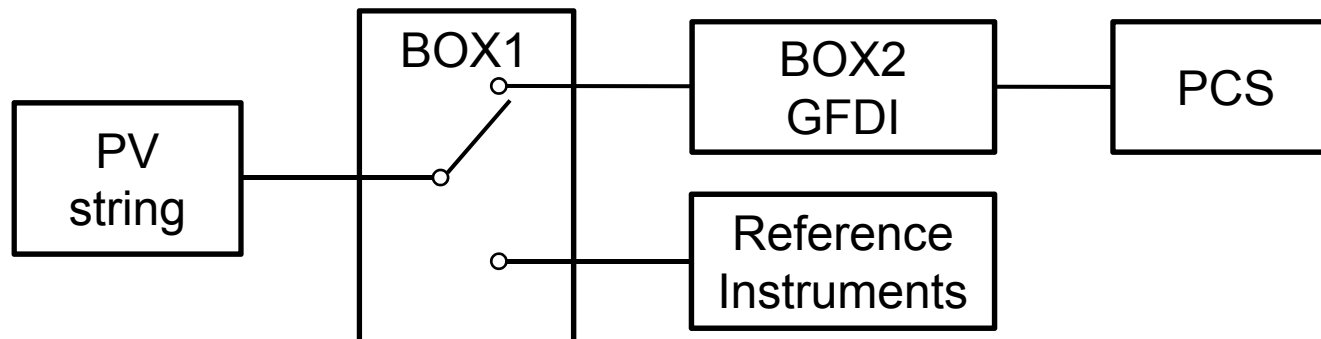
- 試作機と市販機の推定値の相互比較により、試作機の推定値の確からしさを確認する(市販機仕様範囲: ~10 MΩ程度)。
- 高絶縁抵抗領域(10 MΩ以上)の測定能力を比較する。

●測定方法:

- 同ーストリングの絶縁抵抗を、
- (ほぼ)同じ環境条件下で、
- 異種計測機器で(ほぼ)同時に測定する。

●使用機器: 試作機(GFDI)、市販機

計測機器結線方法

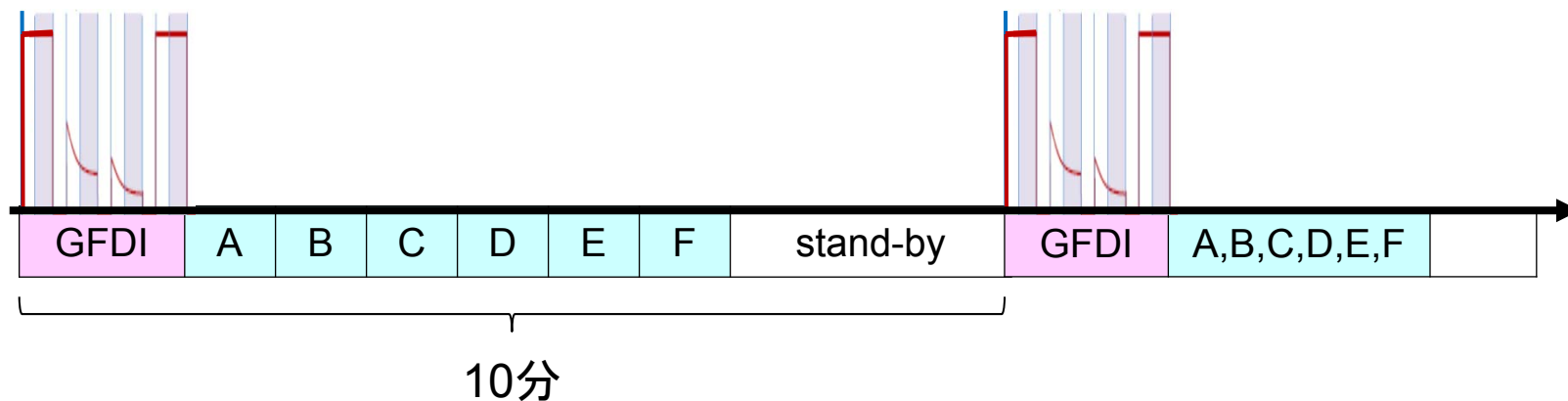


絶縁抵抗同時測定シーケンス

MCCB on → 内部測定 [GFDI]

→ MCCB off → 外部測定 [Inst A, Inst B, Inst C, ...]

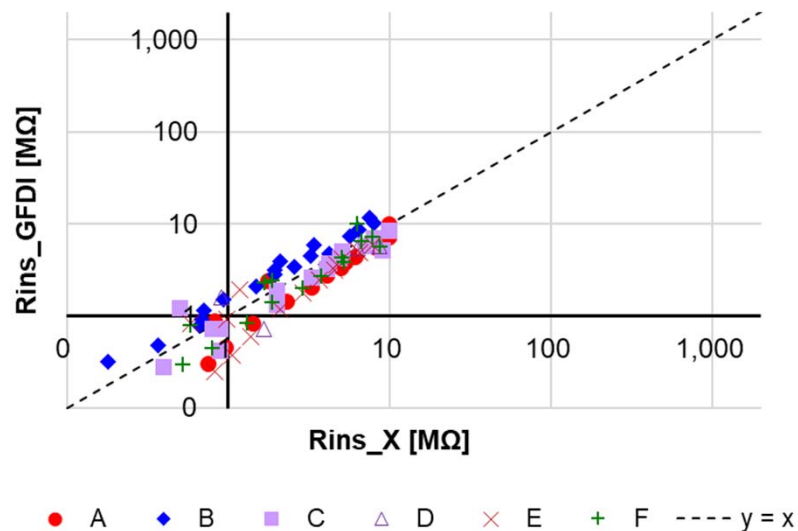
→ MCCB on → (繰り返し)



絶縁抵抗測定機器仕様比較

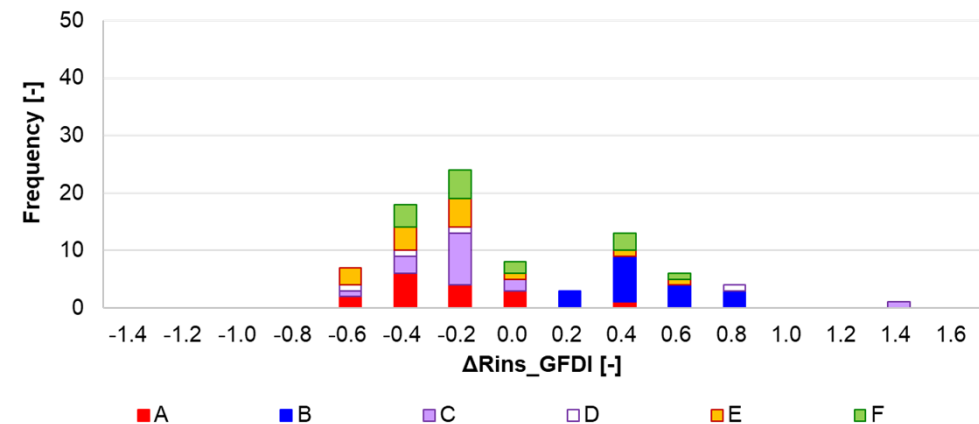
機器	形態	測定方式	絶縁抵抗測定範囲	計測時間
GFDI	常時監視	自己バイアス方式	0.1 MΩ -	10秒 (設定可変)
A	都度検査	PVΩファンクション	0.2 MΩ - 2000 MΩ (500 V) 0.2 MΩ - 4000 MΩ (1000 V)	4秒以上
B	都度検査	自己バイアス方式	0.05 MΩ - 2 MΩ (表示) ※内部計算値取得可能	10秒
C	都度検査	自己バイアス方式	0.1 MΩ - 99 MΩ	約30秒
D	都度検査	PN短絡	0.1 MΩ - 199 MΩ	
E	都度検査	自己バイアス方式	0.01 MΩ - 19.99 MΩ	30秒、180秒、300秒、 600秒、900秒
F	都度検査	自己バイアス方式	0.00 MΩ - 9.99 MΩ	10秒 (設定可変)

絶縁抵抗領域別評価：10 MΩ未満 (GFDI vs A, B, C, D, E, F)



絶縁抵抗推定値の関係

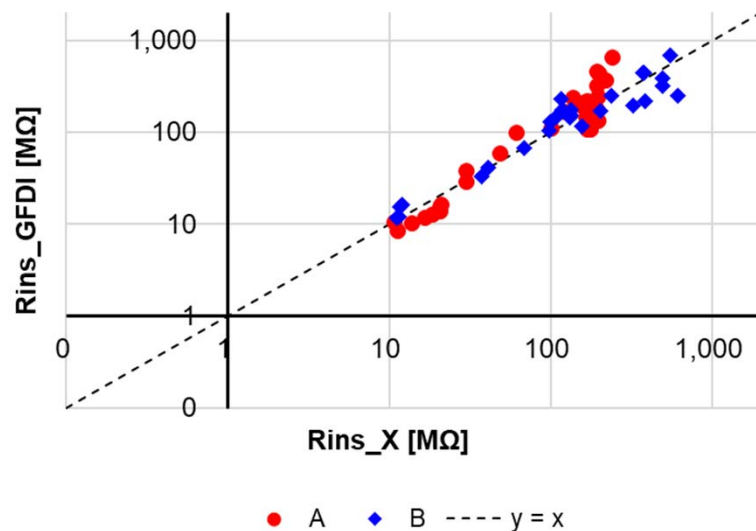
規格化誤差 $\Delta Rins_{GFDI} = \frac{Rins_{GFDI} - Rins_X}{Rins_X}$



	A	B	C	D	E	F	All
方式	PVΩ	自己 バイアス	自己 バイアス	PN短絡	自己 バイアス	自己 バイアス	
median	-0.30	0.39	-0.17	-0.23	-0.26	-0.24	-0.15

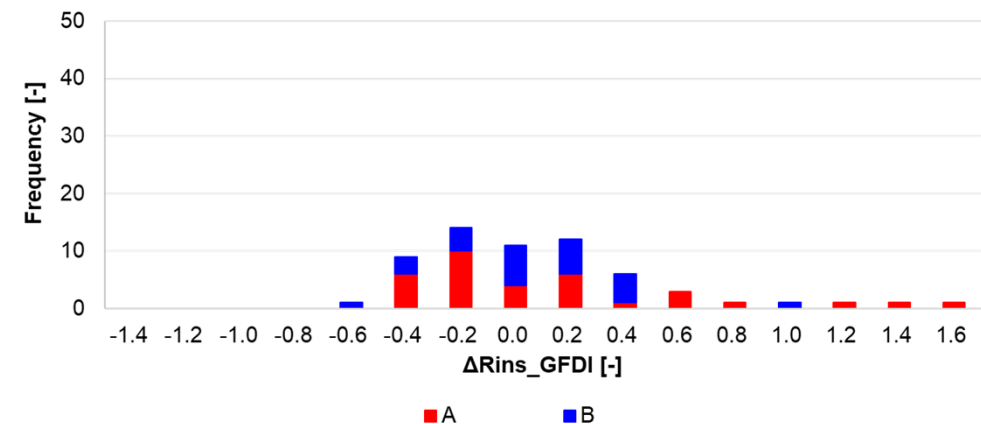
規格化誤差の分布と中央値

絶縁抵抗領域別評価：10 MΩ以上 (GFDI vs A, B)



絶縁抵抗推定値の関係

規格化誤差 $\Delta Rins_{GFDI} = \frac{Rins_{GFDI} - Rins_X}{Rins_X}$



	A	B	All
方式	PVΩ	自己 バイアス	
median	-0.07	0.07	0.05

規格化誤差の分布と中央値

絶縁抵抗監視領域拡大 まとめと今後の課題

- 太陽電池ストリングの絶縁抵抗測定範囲を拡大した装置の性能を評価した。
 - 10 MΩ程度までを測定範囲としていた既存機を改造し、既存機と同等のばらつきで100 MΩ程度まで測定可能とした。
 - 実ストリングを試作機と市販機で同時測定し、市販機に対して試作機がほぼ同等に絶縁抵抗を推定していることを確認。
- アレイ単位の絶縁抵抗測定を行い、アレイ内の絶縁抵抗低下の検出性能を評価する。
- 絶縁抵抗常時監視の技術課題の明確化。

謝辞: 本研究の成果の一部は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務により得られたものである。

まとめ

- 太陽光発電の安全性の課題
 - 台風、大雨、強風、落雷、積雪等による被害発生
 - 構造安全、電気安全、労働安全
- 太陽光発電設備の信頼性や安全性の向上に向けた研究を実施
 - 実態調査、リスク分析、積雪荷重評価、バイパス回路耐久性試験、電気安全性評価、等
 - 太陽光発電の直流電気安全のための手引きと技術情報(第2版):2019年7月公開
https://unit.aist.go.jp/rcpv/ci/service/PV_Electrical_Safety/index.html
 - リスクを低減する技術およびリスクを現地で評価する技術の実態把握による技術開発計画の企画立案、新しい設置形態(傾斜地型、営農型、水上型)の設計・施工等のガイドライン策定にむけた企画立案
- 絶縁抵抗監視領域の拡大
 - 絶縁抵抗常時監視により、感電事故、火災事故の予防保全に寄与

