National Institute of Advanced Industrial Science and Technology AIST

太陽光発電工学研究センター

# 太陽光発電の システム信頼性に関する研究開発

大関　崇
システムチーム


## 安全性の基盤整備

- 太陽光発電は、①住宅数kWから数MWの大規模利用まで幅広いこと②直流・交流の両面を利用すること③屋根等に取り付けるため構造物であること④居住空間に近く社会的に分散多数システムであること⑤施工・工事をともなうこと、等多様な構成要素およびステークフォルダーを含んだ発電システムである。
- 各種構成要素から発生するリスクとして、電気火災、電気感電、構造物飛散、施工・工事における人災事故などが想定される。
- 欧米を中心に太陽電池等が要因の火災事例が起きている。
- 火災を未然に防ぐ対策として、米国では電気要綱にアーク漏れ回路保護を義務化するなどの検討が進んでいる。
- 火災が発生した場合の消火時の感電等消防士の保護を考える必要がある。欧米では太陽光発電業界と消防業界との議論を開始。
- 太陽光発電の火災リスクに対して、事前の火災防止・抑止の観点と発生後の消火活動における消防士保護の2点について考慮する必要がある
- 国内では両面ともに議論が十分に進んでいない。

太陽光発電の構成要素
- 直流電気
- 交流電気
- 構造
- 労働環境

リスク
- 火災
- 感電
- 飛散
- 人災

(5)直流電気安全に関するリスク評価（AIST）
(7)太陽光発電システムの直流電気安全設計ガイドライン（案）（AIST）

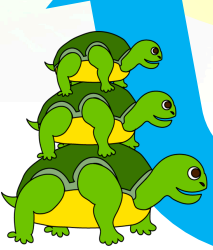
(4)直流電気安全に関するシミュレーション評価（AIST、JEMA）

(3)直流電気安全に関する実システムによるリスク確認試験(関電工)

(5)既存対策技術の評価（JX）

(1)直流電気安全に関する国内外調査(AIST)
(2)逆流防止素子（ブロッキングダイオード）の安全性に関する検討（JEMA）

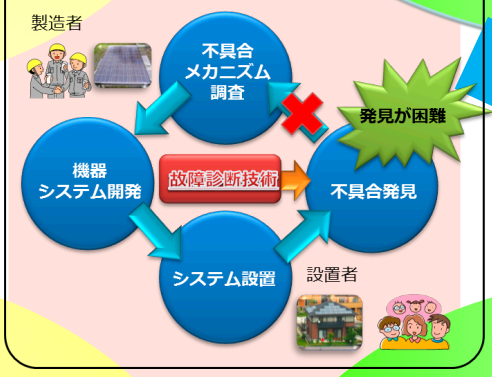
| 発生箇所 | 被害 | 原因 |
|---|---|---|
| モジュール | 火災 | 太陽電池セルの一部のバイパス回路がはんだクラックにより故障し、故障した部分の電池セルの上に布団が掛けられたため、電池セルが局部的に高温化し、布団内部に蓄熱し炭化して、火災に至ったものと思われる。 |
| パワコン | 火災 | 当該製品の終端モジュール付近から出火したものと考えられるが、焼損が著しく、原因の特定には至っていない。 |
| | | 屋根に設置された光・熱複合ソーラーモジュールに埋め込まれた太陽電池セルと集熱板の間でスパークが起こり、局部的な発熱により発煙したものと思われる。 |
| | | 当該製品の施工時において、端子台へ接続する外部配線と圧着端子の装着不良があったことから、端子台に確実に締め付けられない状態となったため、外部配線が短絡し、火災に至ったものと推定される。 |
| | 製品破損 | 設置電気工事において、当該製品の太陽電池出力線を接続する際、端子台のネジの締め付けが不十分であったため、端子部分での接触抵抗が大きくなり、端子部が発熱し、発煙・発火したものと思われる。 |
| | 製品破損 | 直流回路部が焼損していることから、津波による浸水の影響で直流回路が短絡状態にあり、太陽電池モジュールからの発電電力により、回路に短絡電流が流れたため、発熱・スパークが生じて発火したものと推定される。 |
| | 製品破損 | パワコン内のコネクタ部において、使用時の温度変化による膨張・収縮が繰り返され、接触部のメッキが剥がれて酸化が促進されることにより接触抵抗が増大して異常発熱し、周囲の樹脂が焼損したものと推定される。 |
| | 製品破損 | モジュールからの直流入力ケーブルを、パワーコンディショナーのコネクタプラグに取り付けるネジの締め付けが不足していたため発熱し、発煙したものと推定される。 |
| | 拡大被害 | 設置業者の施工不良により、モジュールからパワーコンディショナへの配線を行う接続ユニット内の端子台において、ねじの締め付け不足のため、接触抵抗が増大し、端子台が発熱し、発煙、焼損に至ったものと推定される。 |
| 昇圧ユニット | 製品破損 | 設置工事業者が設置作業時に接続端子台の出力配線を逆接続し、さらに工事中断時に太陽電池接続箱のブレーカーを切り忘れて帰ったため、翌日、日が昇ると同時に出力側より異常電流が流れ込み、昇圧ユニットが発煙したものと推定される。 |
| 接続箱 | 拡大被害 | 接続箱のケース上部に穴が開いていたため、晩雨の強い時に内部に雨が浸入し、接続端子部でトラッキングを起こして発火したものと推定される。 |
| | 製品破損 | 設置業者の施工不良により、モジュールからパワーコンディショナへの配線を行う接続ユニット内の端子台のねじ締め付け不足のため、接触抵抗が増大し、端子台が発熱し、発煙、焼損に至ったものと推定される。 |



| | 目標性能 | 目的物 | 行動 |
|---|---|---|---|
| 孫ガメ | 発電性能 | kWhの最大化 | システムの発電性能最適化 |
| 子ガメ | サービス・メンテナンス性能 | オーナーの財産保全 | 仕様書の完備、履歴記録完備 |
| 親ガメ | 電気安全・構造的安定性能 | 公衆安全 | 法遵守、最低限の技術計算の徹底 |

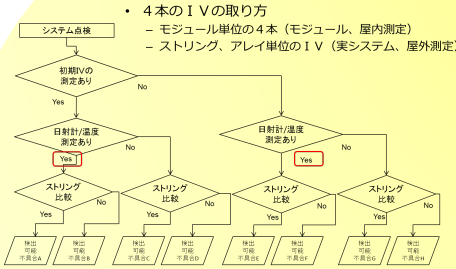
私 → 公

### 信頼性向上のための社会システムのサイクルが断絶

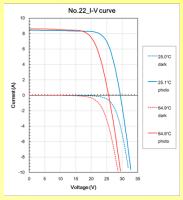


## オンサイト点検技術

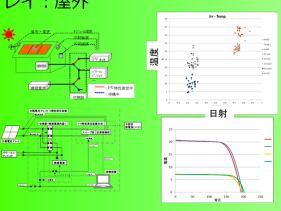
- 線形内挿法を基本としたＩＶ測定結果の解釈
- ４本のＩＶの取り方
  - モジュール単位の４本（モジュール、屋内測定）
  - ストリング、アレイ単位のＩＶ（実システム、屋外測定）

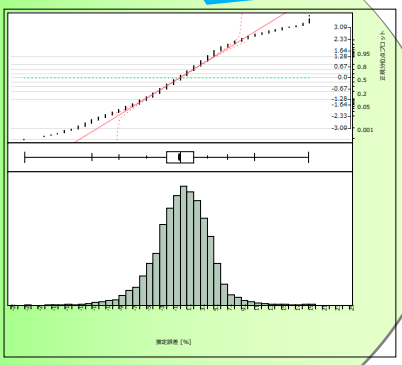



モジュール：屋内



アレイ：屋外



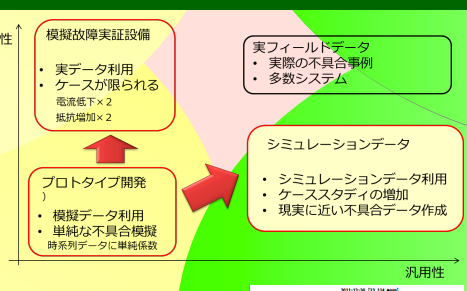


## 遠隔モニタリング技術

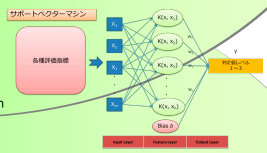
発電データの分析により故障と日影/雪の影響を分離

**従来**
- 単純な実測データの経時変化は，天候変化で分析困難
- 天候変化は，気象センサで規格化
- 気象センサからのシミュレーションとの比較。日影シミュレーションは難しく，単純な積算値での分析では，故障と日影は区別できない。
- 動作中は通常IVカーブ計測はできない

**提案手法**
- 気象センサを利用しない
- 故障と日影の影響によらず電流，電圧低下の診断

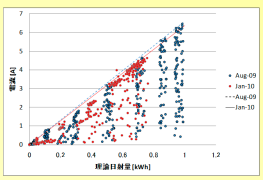



- SVMを利用。
- 条件
  - 入力：評価手票の組み合わせ
  - 7case
  - 出力：　Ａ：０～１０％
    Ｂ：１０～２０％
    Ｃ：２０％以下
- SVM-Type: C-classification
- SVM-Kernel: radial
- cost: 100
- gamma: 1
- cross:10



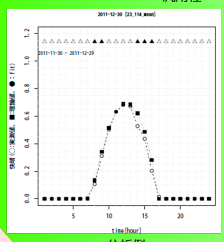

- 学習：検証
  - Cross variation(10分割)
  - 不具合（11×３）
    ×日陰条件（２；無し，日陰１）
    ×３６５日

① 一定期間の実測DBを作成
② 実測日射量の代りに理論日射を利用（毎日快晴日相当）
③ 理論日射と実測の相関図を算出。
④ 実測/理論において上位になるような傾きを抽出→一定期間内の最大出力相当
⑤ この傾きの経時変化により電流低下を算出（定格電流で規格化）
⑥ １日ごとに評価値をOUTPUTを実施
（利用するデータは過去約１か月など）




気象センサなしの電流低下分析

① 実測（日影有）抽出:ある期間において（１か月）、実測電流の時間ごとの最大値を抽出
② 理論パターン（日影無）：理論式から計算し，傾斜面に変換，絶対値を実測にあわせて調整
③ 実測と理論を比較して，日影有無を抽出（時間帯の抽出）




分析例

### 検出誤差結果

ストリング１，２，３に不具合ケース

謝辞：本研究の一部は、NEDO「発電量評価技術等の開発・信頼性及び寿命評価技術の開発」、環境省「平成２４年度地球温暖化対策技術開発事業（太陽光発電システムにおける信頼性向上のための遠隔故障診断に関する技術開発」、METI（三菱総研）「平成２４年度新エネルギー等共通基盤整備促進事業（太陽光発電システムの直流電気安全性に関する基盤整備）」の一環で行った。関係者各位に感謝する。