

傾斜地設置型/営農型/水上設置型

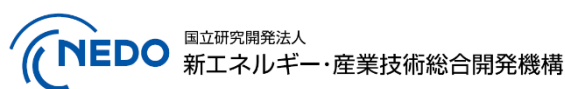
太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン 2023 年版

技術資料：

水上設置型太陽光発電設備の絶縁抵抗の測定

この成果物は、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（JPNP20015）「太陽光発電主力電源化推進技術開発／太陽光発電の長期安定電源化技術開発」事業の結果として得られたものです。

2023 年 4 月 28 日



構造耐力評価機構
Structural Performance Evaluation Institute



JPEA 太陽光発電協会
Japan Photovoltaic Energy Association

Deloitte.
デロイト トーマツ



生きる、を支える科学技術
NIED 防災科研

公立大学法人 大阪
University Public Corporation Osaka



水上設置型太陽光発電設備の絶縁抵抗の測定

1. 概要

水上に設置された太陽光発電設備に水上設置特有の事象が発現するかどうか、その実態を把握することを目的として、水上設置型太陽光発電設備の絶縁抵抗および気象要素を測定した結果を紹介する。

2. 測定内容

2022年2月から2023年1月まで、香川県木田郡三木町に設置された水上設置型太陽光発電設備の電気的特性と設置環境の気象要素を測定した。太陽光発電設備の仕様を表 2-1 に、電気的特性の計測項目を表 2-2 に、気象要素の計測項目を表 2-3 に示す。

表 2-1 太陽光発電設備仕様

PCS	2 台 (1 台／アイランド)
接続箱	14 台×2 アイランド
ストリング	16 本／接続箱
ストリング直列数	21 枚
ストリング電圧 (標準試験状態の開放電圧)	840V
モジュール枚数	9,408 枚
太陽電池アレイ容量	2822.4kW (300W×9,408 枚)

表 2-2 電気的特性の計測項目

アレイ絶縁抵抗 (南アイランドのみ)
キャパシタンス
ストリング線間電圧
ストリング対地電圧 (正極、負極)
漏れ電流

表 2-3 気象要素の計測項目

環境温度 (アレイ下部)
相対湿度 (アレイ下部)
アレイ表面日射強度、裏面日射強度
モジュール表面温度、裏面温度
接続箱内温度、湿度

3. 気象要素の影響

(1) 気象要素の影響

測定された太陽電池アレイの絶縁抵抗値の経時変化を図 3-1 に示す。本設備におけるアレイの絶縁抵抗の最大値はいずれの時季も $1\text{M}\Omega$ 程度であったのに対し、冬季から春季、夏季になるにつれて絶縁抵抗の変化幅が大きくなり、最低値は冬季が $200\text{k}\Omega$ 程度であったのに対し、夏季は $30\text{k}\Omega$ 以下となった。いずれの時季においても、相対湿度が低い条件で最大値が、相対湿度が高い条件で最低値が観測された。太陽電池アレイの絶縁抵抗測定値は季節や相対湿度といった環境条件に大きく影響を受けることが確認できた。

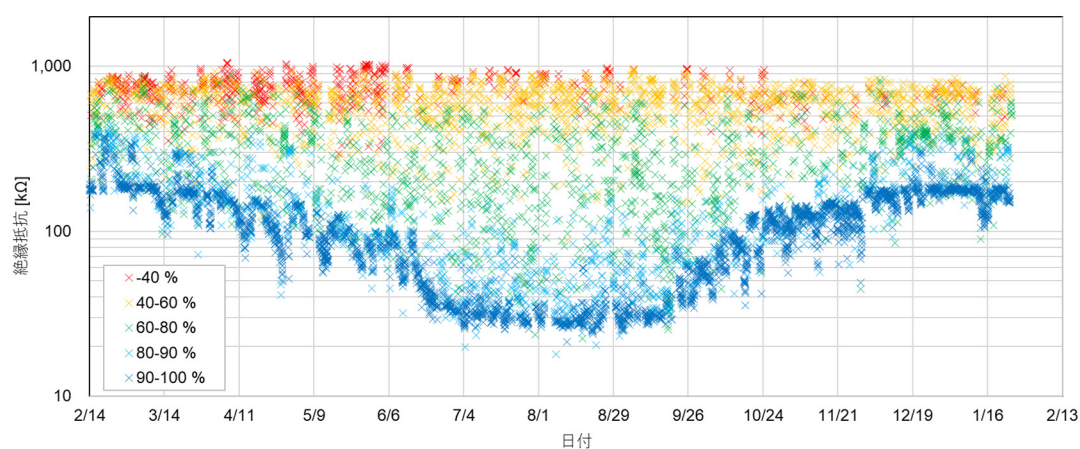


図 3-1 絶縁抵抗の経時変化（2022 年 2 月～2023 年 1 月）

図 3-2 に測定期間中の絶縁抵抗と相対湿度の相関を示す。測定時の気温で測定点を色分けしている。相対湿度が高い状態で絶縁抵抗が低下する傾向にあること、また気温が 30°C 程度において低い絶縁抵抗となることが確認できる。ただし、 30°C 以上では高相対湿度状態が減り、絶縁抵抗は $100\text{k}\Omega$ 以上を示した。これらの結果から、絶縁抵抗の変化について相対湿度と気温の両者の影響があり、単純な相対湿度だけで絶縁抵抗が決まっているわけではないことが示唆される。

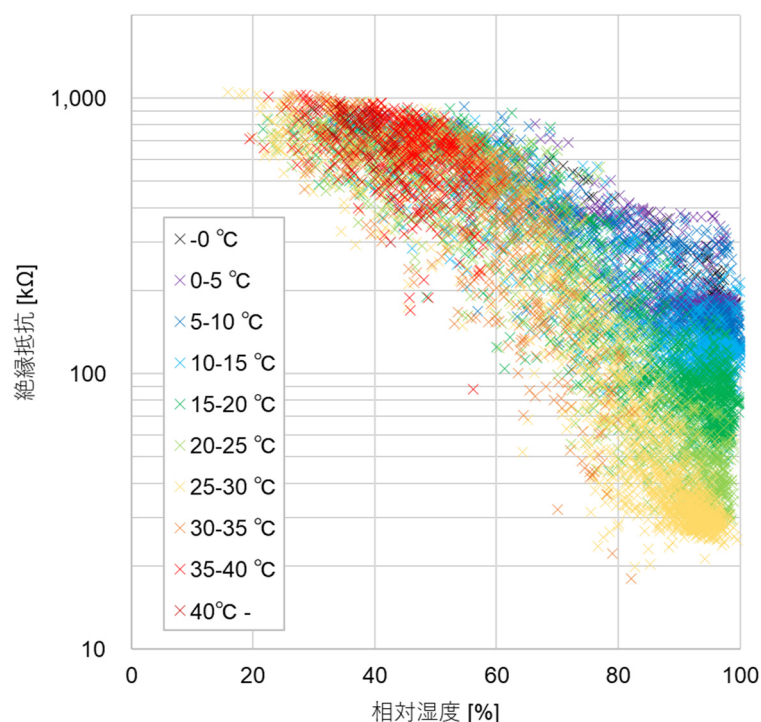


図 3-2 絶縁抵抗と相対湿度の相関（2022 年 2 月～2023 年 1 月）

相対湿度は空気中の水分量によって決定されるため、水分量を評価するパラメータとして容積絶対湿度を用いてデータを整理した。容積絶対湿度は以下の式で求められる。

$$P_s = 6.1078 \times 10^{7.5T/(T+237.3)} \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

$$P_v = \frac{RH}{100} P_s \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

$$VH = 216.7 \times \frac{P_v}{T+273.15} \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

ただし、 T ：気温[℃]、 RH ：相対湿度[%]、 P_s ：飽和水蒸気圧[hPa]、 P_v ：水蒸気圧[hPa]、 VH ：容積絶対湿度[g/m³]である。容積絶対湿度は気温が高くなるとともにその上限値も大きくなる。

図 3-3 に測定期間中の容積絶対湿度の経時変化を示す。測定時の絶縁抵抗値で測定点を色分けしている。冬季から夏季になるにつれて容積絶対湿度が上昇し、容積絶対湿度が高い状況では絶縁抵抗値が低下していることがわかる。また、一日のなかでも容積絶対湿度の変化もあり、これは一日の間の気温変化に伴うものである。

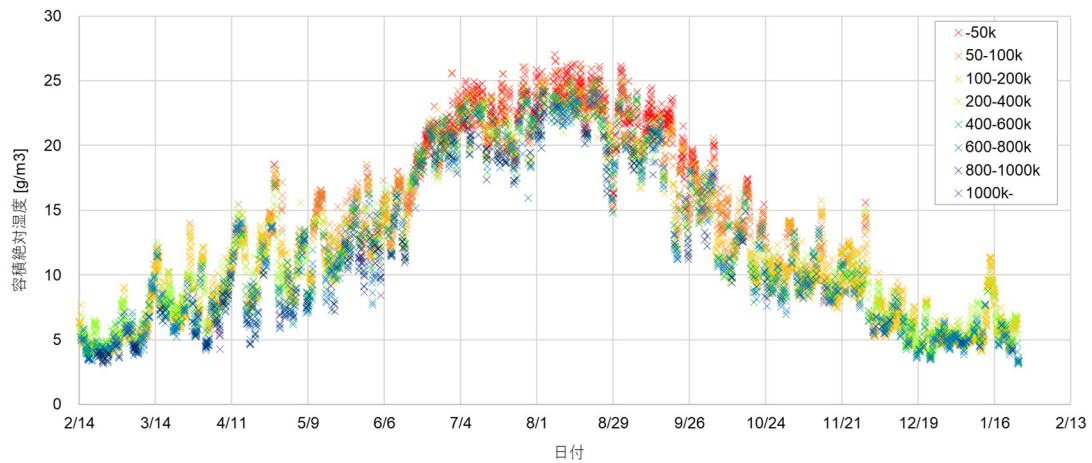


図 3-3 容積絶対湿度の経時変化（2022 年 2 月～2023 年 1 月）

図 3-4 に容積絶対湿度と気温の相関を示す。測定時の容積絶対湿度で測定点を色分けするとともに、本相関平面における相対湿度の領域を示している。絶縁抵抗値の変化は、温度（気温、モジュール温度）とは正の相関を示し、容積絶対湿度とは負の相関を示すことがわかる。このことから、低絶縁抵抗状態の発現する条件は、季節的な気温の上昇により容積絶対湿度が相対的に増加すること、また日間での時間単位での気象変化により温度が低下すること、といえる。

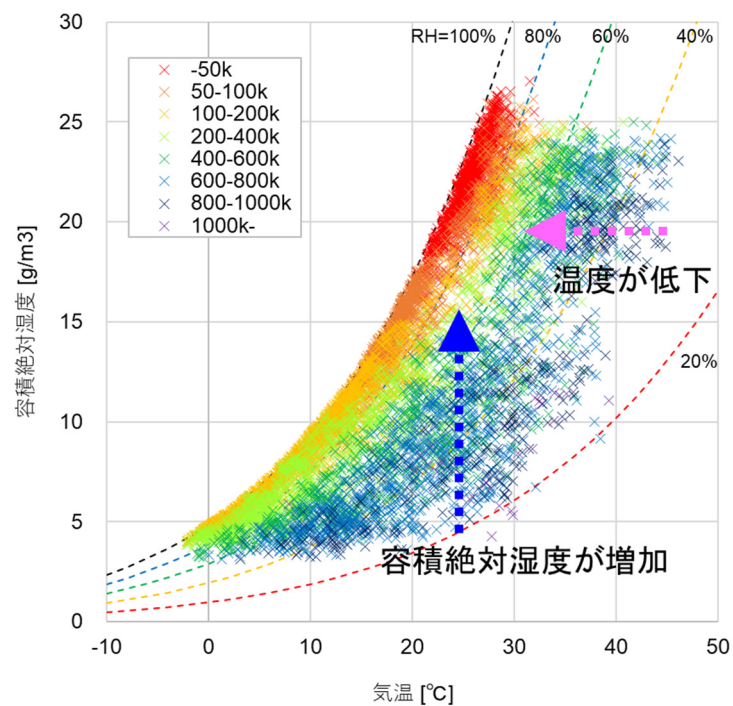


図 3-4 容積絶対湿度と気温の相関（2022 年 2 月～2023 年 1 月）

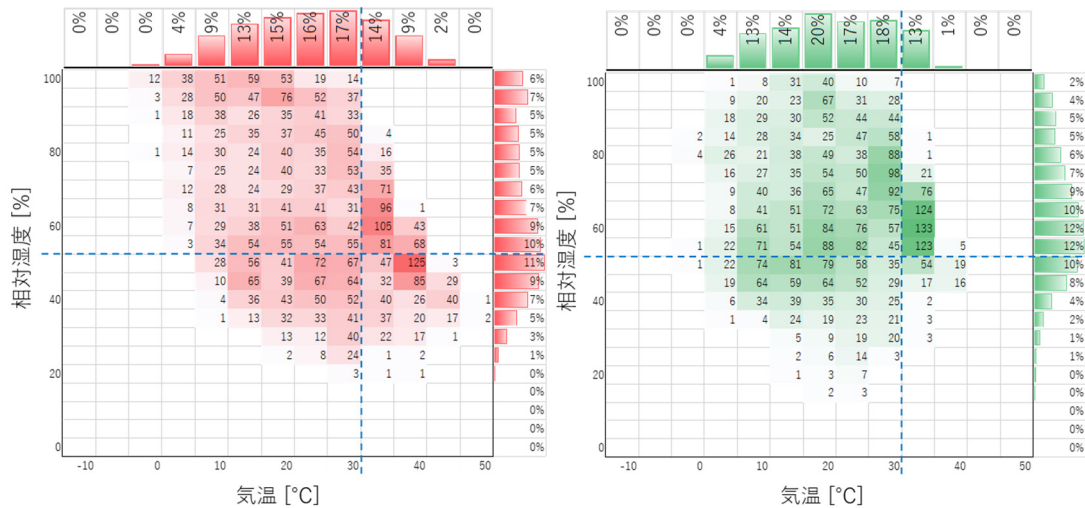
(2) 水上環境と陸上環境の比較

太陽光発電設備の設置環境の違いを評価するために、水上設置環境と陸上設置環境について相対湿度と気温の出現頻度を調査した。水上環境のデータは現地での観測結果を使用した。近隣の陸上設置太陽光発電設備における環境観測の結果が得られなかったため、最寄りの AMeDAS 観測点（高松）の観測データを地上設置太陽光発電設備の環境とみなして比較した。図 3-5 に水上設置型太陽光発電設備と AMeDAS 観測点（高松）の位置関係を示す。両者は約 8km 離れている。



図 3-5 水上設置型太陽光発電設備と最寄りの AMeDAS 観測点の位置関係

図 3-6 に現地計測（水上環境）と AMeDAS 計測（陸上環境）の気温と相対湿度の出現頻度の分布図（日中：7:00～18:00）を示す。水上環境においては相対湿度の分布のピークが 50%付近となり、陸上環境の出現頻度のピークよりもやや低い値であった。相対湿度の出現頻度が最も高くなる温度条件は陸上環境が 30～35℃であったのに対し、水上環境では 35～40℃であった。水上環境には 90～95%にもピークがあることが確認できた。また、水上環境の方が 30℃以上の温度となる頻度が高い。

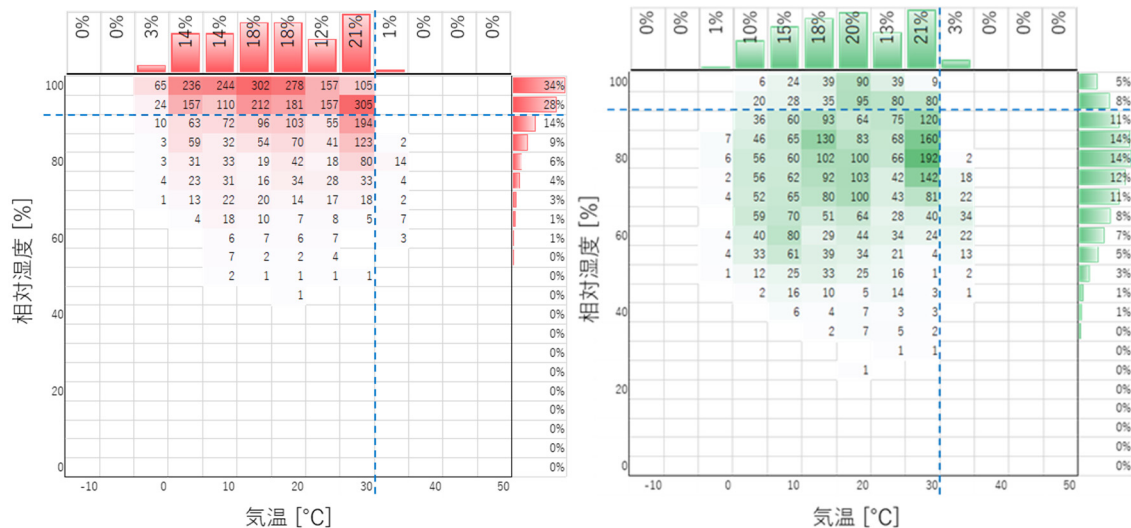


(1) 水上設置型太陽光発電設備 (2) AmedAS 高松

図 3-6 水上設置型太陽光発電設備及び AmedAS の気温と相対湿度の出現頻度分布
(7:00-18:00)

計測期間：2022 年 2 月 14 日～2023 年 1 月 24 日、4140 点（1 時間値）

図 3-7 に夜間（19:00～6:00）の気温と相対湿度の出現頻度の分布図を示す。陸上環境では相対湿度の分布のピークが 70～80%であったのに対し、水上環境においては相対湿度の分布のピークは 90～100%付近であった。夜間の温度分布は水上環境と陸上環境で差異は見られないため、相対湿度の分布の違いは水分量の違いにあると考えられる。



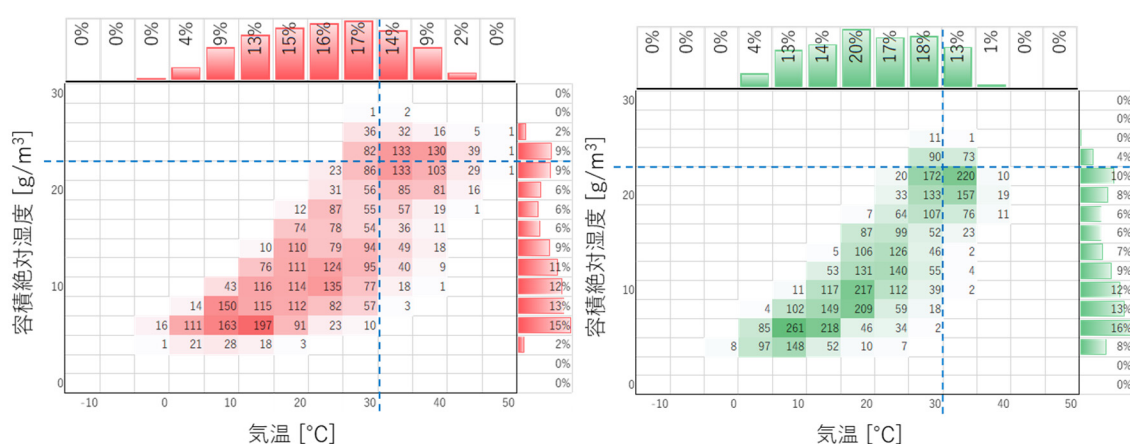
(1) 水上設置型太陽光発電設備 (2) AmedAS 高松

図 3-7 水上設置型太陽光発電設備及び AmedAS における気温と相対湿度の出現頻度分布
(19:00-6:00)

計測期間：2022 年 2 月 14 日～2023 年 1 月 24 日、4140 点（1 時間値）

図 3-8 に日中（7:00～18:00）の気温と容積絶対湿度の出現頻度の分布図を示す。容積絶対湿度の分布のピークが陸上環境では 22～24[g/m³]であるのに対し、水上環境では 24～26[g/m³]となっている。また、図 3-8 において日中の水上環境の方が 30℃以上の発現頻度が高いことが示されていることは水上環境の方が、水分量が多くなる理由といえとともに、陸上環境と水上環境で夜間の温度分布に差異がみられないことから、水上環境のほうが夜間の温度低下がより大きいことを示すものである。

陸上環境に比べ水上環境のほうが高容積絶対湿度となる頻度が高いこと、日中は水上環境のほうが高温の発現頻度が高いことは、水上環境のほうが低絶縁抵抗となる条件が相対的に揃いやすいことを示すものと考えられる。



(1) 水上設置型太陽光発電設備 (2) AMeDAS 高松

図 3-8 水上設置型太陽光発電設備及び AMeDAS の気温と容積絶対湿度の出現頻度分布
(7:00～18:00)

計測期間：2022 年 2 月 14 日～2023 年 1 月 24 日、4140 点（1 時間値）

4. まとめ

水上設置型太陽光発電設備の絶縁抵抗の実態を把握するために、香川県木田郡三木町に設置された水上設置型太陽光発電設備において、2022 年 2 月から 2023 年 1 月までの 11 か月間、絶縁抵抗と設置環境の気象要素を観測した。相対湿度が高い状態で絶縁抵抗が低下すること、絶縁抵抗の最低値は冬季が 200k Ω 程度であったのに対し夏季は 30k Ω 以下と、1 桁程度の差異が生じることを確認した。

太陽光発電設備の絶縁抵抗値は、空気中の水分量を示す容積絶対湿度と負の相関を示し、温度（気温、モジュール温度）と正の相関を示した。従って、低絶縁抵抗となる条件は、季節的な気温の上昇により容積絶対湿度が高く、また日間での時間単位での気象変化により温度が低いこと、となる。そのような低絶縁抵抗が発現する環境条件は、降雨中・後の日照時、昼の降雨開始時・降雨中、夜間（降雨あり／なし）、日の出ごろ、であることから、太陽光発電設備の絶縁抵抗の測定は、常時監視以外では、夜間 3 点（21 時、0 時、3 時）、日

の出ごろ（ $1\sim 300\text{W/m}^2$ 、3～6 時）、に実施すれば、日々の最低値を把握できると考えられる。また、季節としては気温が高い夏ごろにおいて日中における最低の絶縁抵抗値が低くなる。

また、水上設置型太陽光発電設備での気象観測値と最寄りの AMeDAS 観測点の相対湿度と気温の出現頻度の比較から、水上環境では陸上環境に比べ空気中の水分量が多いことを確認した。陸上環境に比べ水上環境のほうが高容積絶対湿度となる頻度が相対的に高いこと、日中は水上環境のほうが高温度の発現頻度が高いことは、水上環境のほうが相対的に絶縁抵抗が低くなる条件が揃いやすいことを示すものと考えられる。

この成果物は、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（JPNP20015）「太陽光発電主力電源化推進技術開発／太陽光発電の長期安定電源化技術開発」事業の結果として得られたものです。