

傾斜地設置型/営農型/水上設置型

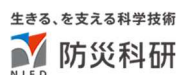
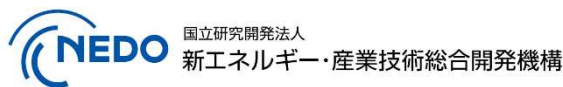
太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン 2023 年版

技術資料：

傾斜地に設置された太陽光発電施設の凍上・融解沈下挙動に
関する研究

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。

2024 年 5 月 31 日



1 更新・修正履歴

2

3 ・2023/4/28 公開

4 ・2024/5/31 内容更新

5

6

7

1 傾斜地に設置された太陽光発電施設の凍上・融解沈下挙動に関する研究

2 1. 研究背景

3 近年、脱炭素化に向けた取り組みの一環として、太陽光発電施設が積極的に建設されてい
4 る。しかしながら、経済性などの観点から、地盤条件が悪い安価な土地や斜面上において、
5 大規模に施工されるケースが増えている。しかしながら、凍上現象による被害が散見される
6 ようになってきた。

7 そこで本研究では、傾斜地に太陽光発電施設の実物大模型を設置し、その凍上・融解沈下
8 挙動を明らかにすることに取り組んだ。

9 2. 実験概要

10 本研究では、太陽光発電施設の実物大模型を、凍上性を有する粘性土で作られた盛土の法
11 面上に施工した。なお、法面の勾配は 1:2 である。

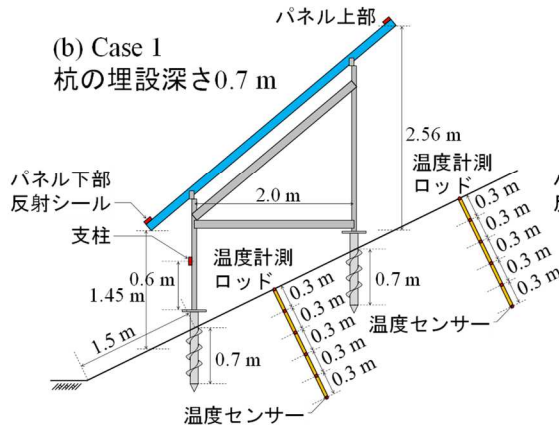
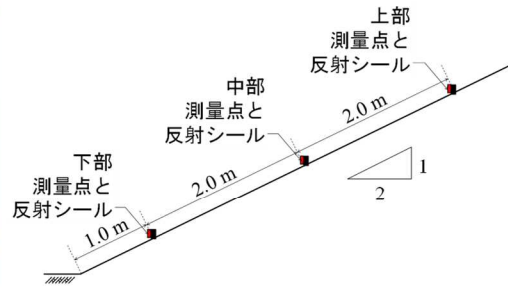
12 図 2-1 は本研究で施工した太陽光発電施設の実物大模型とその模式図である。図中には凍
13 結深さを計測するために埋設した温度計測ロッドと凍上・融解沈下に伴う変位量を計測す
14 るために設置した測量点ならびに反射シールの位置についても併せて示している。太陽光
15 発電施設を支える杭にはスパイラル杭を用いており、杭の埋設深さが 0.7 m の浅いケース
16 (Case 1) と、埋設深さが 1.5 m の深いケース (Case 2) がある。なお、埋設深さ 1.5 m の杭
17 のケース (Case 2) については、ジオセルに砕石 (C-80) を充填した法面保護工を侵食対策
18 として施工している。

19 太陽光発電施設の凍上・融解沈下挙動は、パネル上や支柱に貼り付けた反射シールをトー
20 タルステーションで測量することで観察した。太陽光発電施設の正面に不動点を設け、直上
21 にトータルステーションを据え付けて、鉛直・水平変位量を測量した。

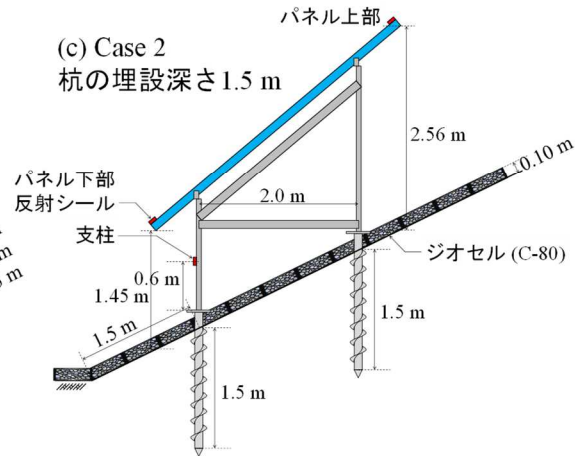
22
23



(a) のり面



(b) Case 1
杭の埋設深さ0.7 m



(c) Case 2
杭の埋設深さ1.5 m

図 2-1 太陽光発電施設の実物大模型とその模式図

1
2
3

3. 実験結果および考察

図 3-1 は太陽光発電施設を施工した法面の凍結深さの経時変化を表している。法面の中部では約 0.8 m の最大凍結深さが計測された。

7

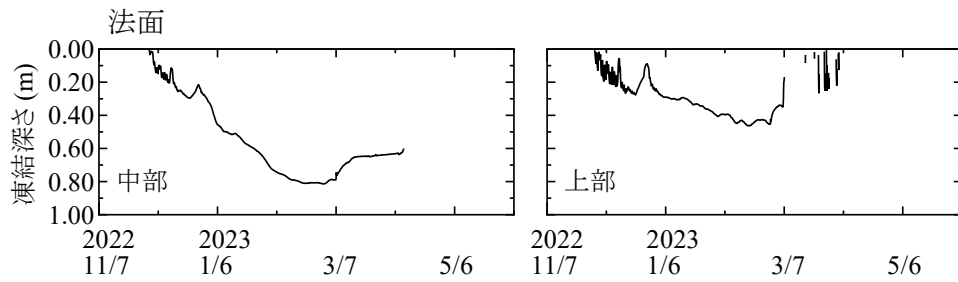


図 3-1 太陽光発電施設を施工した法面の凍結深さの経時変化

8
9
10

1 図 3-2 は法面および太陽光発電施設の鉛直変位量、水平変位量の経時変化を表している。
 2 まず、凍上挙動に着目すると、杭の埋設深さにかかわらず、法面上に設置した太陽光発電
 3 施設は冬期に凍上していることが確認できる。特に、埋設深さが浅い杭 (Case 1) ではパネ
 4 ル後部において凍上量が大きいことが確認できる。また、水平変位量も大きく、凍上によっ
 5 てパネルが前方に傾く挙動を示していることがわかる。
 6 次に、融解挙動に着目すると、凍上によって生じた鉛直変位は、杭の埋設深さにかかわら
 7 ず、概ね元の位置に戻っていることが確認できる。しかしながら、水平変位は融解後も残
 8 留していることがわかる。以上の計測から、凍結・融解の影響により、太陽光発電施設が法
 9 面の下方に移動することが明らかとなった。

10

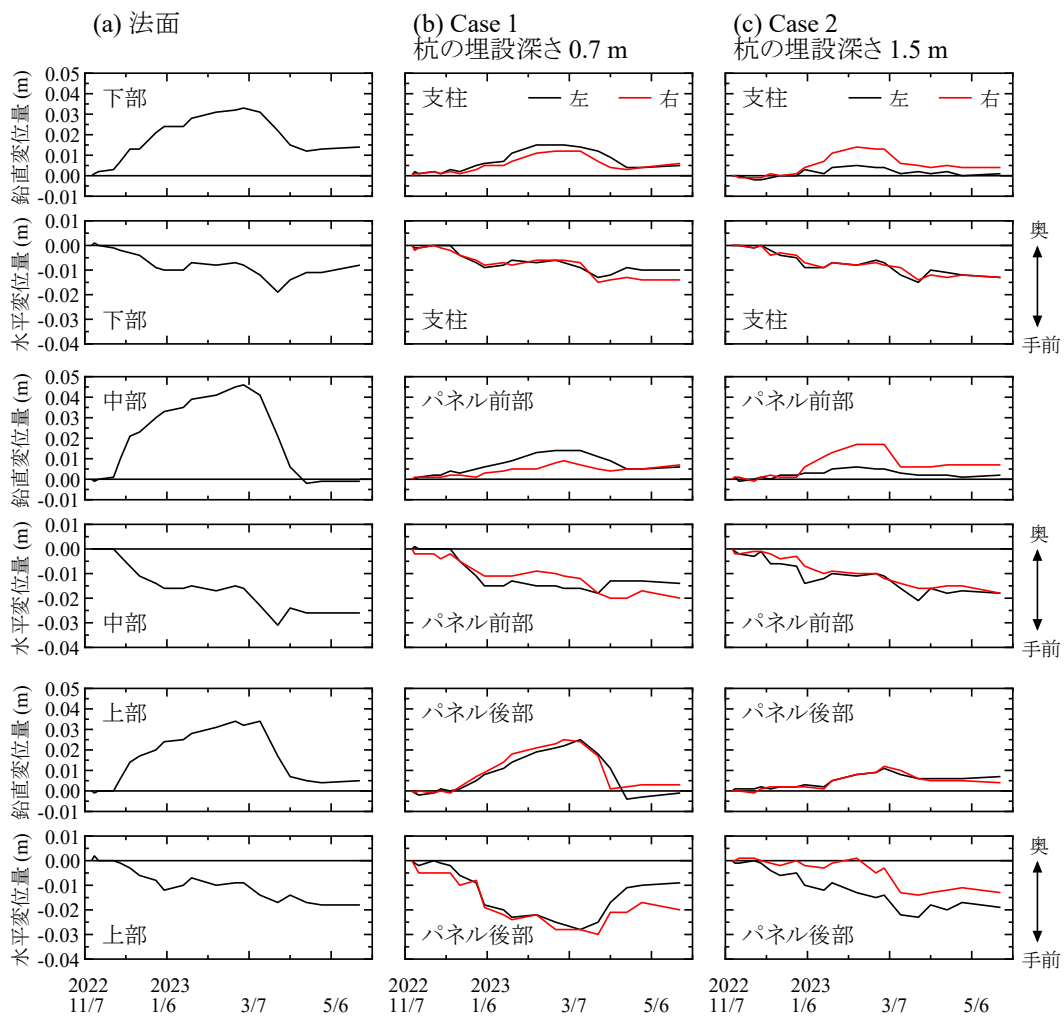


図 3-2 引抜試験結果

11
 12
 13

1 図 3-3 は 2023 年 7 月 16 日に撮影された太陽光発電施設直下の法面の様子である。
2 Case 1 の法面では凍結融解の影響に加えて、大量に発生した融雪水によってガリ侵食が
3 発生した。しかしながら、Case 2 のジオセルに碎石を充填した法面保護工を施したケースで
4 は侵食は発生せず、この工法の侵食防止効果が極めて高いことが確認できた。
5

(a) Case 1 粘性土



(b) Case 2 ジオセルに碎石を充填



2023年7月16日撮影

6
7

図 3-3 太陽光発電施設直下の法面の様子

8 4. まとめ

9 本研究では、傾斜地に太陽光発電施設の実物大模型を設置し、その凍上・融解沈下挙動を
10 明らかにすることに取り組んだ。

11 実験結果から、傾斜地に設置した太陽光発電施設は凍結・融解履歴の影響によって、法面
12 の下方に移動することが明らかとなった。太陽光発電施設が凍上性の高い土質の法面上に
13 建設された場合、長期間にわたって凍結融解作用を受けると、施設が前方に傾き、倒壊する
14 リスクが高くなるものと推察される。

15
16

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。