

西井川地すべりにおける異常地温の連続観測  
Continuous Monitoring of Abnormal Ground Temperature on Nishi-Ikawa Landslide

○古谷 元・王 功輝・末峯 章・渡部直喜・蔡 飛・山崎新太郎  
○Gen FURUYA, Gonghui WANG, Akira SUEMINE, Naoki WATANABE,  
Fei CAI, Shintaro YAMASAKI

We performed the 1-m-depth continuous ground temperature monitoring at the Nishi-ikawa landslide to clarify the actual groundwater flow on a landslide slope. Abnormal ground temperatures differing from the annual change at the depth of 1-m have been monitored during heavy rains on this landslide. We picked up those rainfall events at which the temperature changes were greater than 1 °C and then analyzed the antecedent rainfall preceding the lowest value showing maximum temperature change at each event. We found that there was a high positive correlation between the lowered value of temperature and the antecedent rainfall with 8-day at monitoring point of E7, and with 4-day at the monitoring point of I1. We inferred that the abnormal ground temperature change might result from the inflowing groundwater such as the piston flow from deep layer to shallow layer during the heavy rain.

### 1. はじめに

一般的に斜面内の地下水は、一様な水面を呈する形状で表現されることが多い。しかしながら多くの場合、特に自然斜面の地下水は水脈(水みち)状で流れている。このような形状を呈する地下水の動態に関する観測事例は少ない。このような背景のもとで筆者らは、徳島県西井川地すべり地において可能な限り面的広がりの中で、地温変化に着目した地下水動態の連続観測を展開してきた。本報告は、この観測で確認された異常地温とこれに関与する降水の関係について述べる。

### 2. 西井川地すべり地と観測の概要

西井川地すべり地は、阿波池田駅の東約2.5kmの吉野川右岸側に位置する。地質は三波川結晶片岩帯に属し、塩基性片岩が主体である。地すべり滑動開始は、古い地すべり土塊(時代は不明)の一部を造成した際に切土を施工した1972年である。すべり面深度は最大で15.5mとされている。

連続1m深地温の観測は、2000年1月に実施された1m深地温探査の結果に基づいて、斜面上に3測線(C, E, およびI測線)を設定し、測線方向に10m(一部5m)間隔の測点で深度1mの地中に熱電対を埋設して2010年より順次展開した(図1)。使用した熱電対はT型で(精度は±0.5°C)である。

多層地温観測は、E7測点においてハンドオーガーで観測孔を掘削し、深度1mに加えて深度1.5, 2.0, および2.5mの箇所にてT型熱電対を埋設して

実施した。

孔内水位の観測は、既設ボーリング孔(ストレーナはすべり面付近のみ)で実施した。なお、竹内(1996)によると、西井川地すべり地の恒温層相当の地温(水温)は、複数のボーリング孔で実施した温度検層の結果より12.49°Cである。

雨水および気温の観測は、徳島地すべり観測所

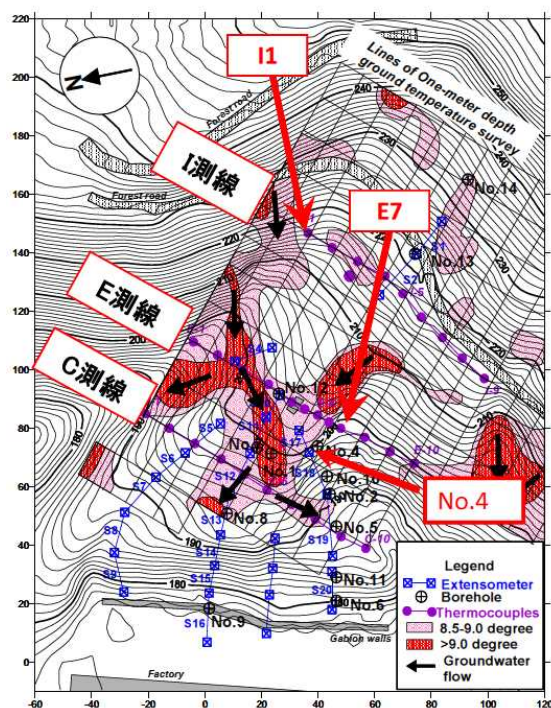


図1 計器配置図

(Furuya et al.(2017)に加筆)

構内で実施した。雨滴の温度を直接計測することは非常に難しいため、豪雨時に限定した観測にし、穴付きのアルミトレイに雨水を溜めて温度を測定した。気温観測が欠測の場合は、AMeDAS 池田のデータを使用した。降水量は池田ダムのデータを使用した。

### 3. 観測結果

西井川地すべりでは、一部の測点、特に E7 測点と I1 測点で平常 1 m 地温（地下水の影響を受けていない 1 m 深地温）の年変化とは異なる挙動が毎年認められている。これらの測点では、夏季の豪雨後にこの影響による一時的な 1 m 深地温上昇の後に気温（雨水温度）を下回る著しい地温低下が生じた（例えば図 2）。なお I1 測点では、冬季の豪雨後に夏季の挙動と逆センスの地温上昇も認められる時があった。

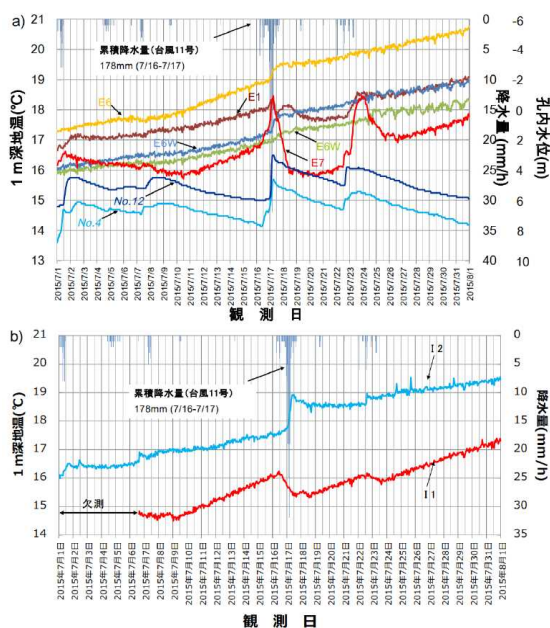


図2 E7 測点と I1 測点で認められる豪雨時の地温異常、および孔内水位と降水量観測結果の例 (2015 年 7 月)

E7 測点での夏季の豪雨時における多層地温観測結果より、地表面に近い箇所ほど明瞭な降水浸透による一時的な温度上昇があり、深度が深くなるほど上昇値が小さく、ピーク値が遅れて発生した。降水が鉛直浸透するものと仮定し、地温上昇のピーク値から概略的に見積もった降水浸透速度は  $10^{-5}$  m/s オーダーであった。この速度は、大きな空隙（亀裂）がない限り、近隣のボーリング孔（例えば図 2 中の No. 4, No. 12）での水位上昇開始までに浸透水が孔内水位に到達しないことになる。

すなわち、地すべり土塊内の孔内水位上昇は、単に降水浸透→地下水帯（地下水面）到達後、直ちに水位上昇と言った地下水動態では説明できない。

図 3 は、観測開始時から本年度の間で、夏季の豪雨後に生じた  $1.0^{\circ}\text{C}$  を越える地温低下値とこの時の地温最低値から先行する累積雨量（先行雨量）の関係を示したものである。図中の a) は E7 測点、b) は I1 測点を表す。なお、2018 年 7 月の西日本災害時における I1 測点では、断線による欠測になる。図中 a) において、西日本豪雨災害時の関係は他のプロットから著しく離れている。この時の AMeDAS 池田の観測値を用い、フェア式で確率雨量を概算的に見積もると約 50 年に一度の異常豪雨であった。西日本豪雨災害時の結果を除いて他の関係について相関関係を求めると、先行雨量が 8 日間の場合に高い正の相関が得られた。同様に I1 測点では、4 日間の先行雨量の場合に高い正の相関が得られた。

これまで豪雨時における雨水温度は、気温にほぼ等しいことが確認されている（古谷ほか, 2017）。恒温層相当の水温は、豪雨時の雨水温度や地下水の流れが存在しない箇所での 1 m 深地温に比べて著しく低い。このことから、地すべり土塊で豪雨時に上昇する孔内水位は、深部（少なくとも恒温層相当）から押し出されているものと推察される。

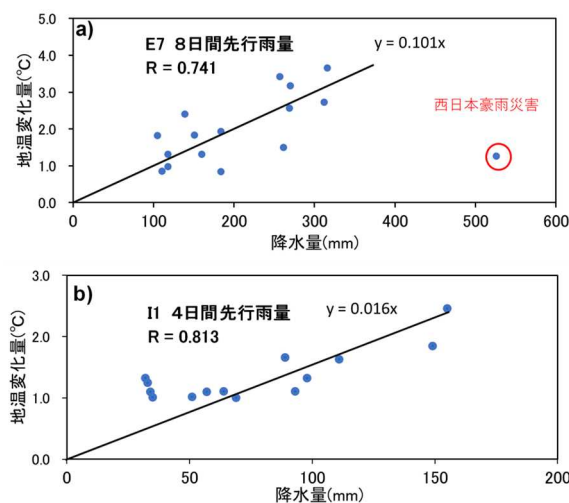


図3 2010 年から 2021 年の夏季における先行雨量と地温変化の関係(a):E7, b):I1)

### 謝辞

本報告は、京大防災研究所一般共同研究 2021G-08、および JSPS 科研費 JP19H02238 の助成を受けて実施した。

参考文献は省略