

1 m深地温計測による西井川地すべりの流動地下水脈の連続観測  
Continuous Monitoring of Groundwater Veins in Nishi-ikawa Landslide  
by Measurement of One-meter Depth Ground Temperature

○古谷 元・王 功輝・末峯 章・寺嶋智己

○Gen FURUYA, Gonghui WANG, Akira SUEMINE, Tomomi TERAJIMA

To examine the dynamics of groundwater flow within landslide mass, we installed 31 thermocouples at the depth of one meter along three survey lines crossing the main body of Nishi-ikawa landslide, and continuously monitored the ground temperature. Furthermore, we installed thermocouples for multi later ground temperature in shallow layer and also monitored. Through comparing between these results and former research results of high accuracy surface wave exploration and groundwater dating by environmental tracer, we pointed out that the reason of abnormally low ground temperature after heavy rain in summer season was caused by the flow of groundwater from deeper layer such as the isothermal layer into shallow part.

### 1. はじめに

筆者らは、2010年4月より徳島県三好市の西井川地すべり地にて流動地下水脈の動態に関する調査を実施している。これまでの調査結果よりこの地すべり地では、地すべり土塊内を水脈状に地下水が流動していること、一部の測点で夏季の豪雨時に著しい1 m深地温の低下が生じることを指摘した。このような測点の一部にて、2014年5月より浅層部の深度方向における地温変化と地下水の流動（孔内水位）状況、および降水状況に関する連続観測を試みている。本報告ではこれらの結果の一部を示す。

### 2. 観測の概要

試験地の平面図を図1に示す。西井川地すべり地の概要については、紙面の都合上、末峯(2004)等を参考にされたい。地温計測は、図1に示すC測線、E測線、およびI測線で実施した。それぞれの測線では、原則として10m間隔で熱電対を深度1mの箇所にも埋設した。なお、E測線では、E6測点の両側5mの箇所にも熱電対を埋設した（合計31箇所）。多層地温測定は、E7測点傍にて深度1.5m、2.0m、2.5mの箇所にも熱電対を貼付した木製丸棒を埋設して実施した。これらのデータは観測小屋内のデータロガー記録されている。

孔内水位の観測は、E7測点の近傍に設置されたNo. 4, 12で実施した。この孔は、すべり面（GL-11.0m, 8.5m）直上に間隙水圧計を設置し、その上下をベントナイトで止水した構造である。孔内水

位も観測小屋のデータロガーに記録され、データ回収後に較正式を用いて水位を求めた。雨水温度と気温の観測は、徳島地すべり観測所構内で2014年1月から実施した。この観測のうち雨水温度は、アルミニウムの比熱と水の比熱の違いを利用し、底面の角にφ=2mmの穴を開けたアルミトレーにT型熱電対を固定した器具を用いた。この器具による観測においては、少量の降水の場合では雨水温度の計測は難しいが、比較的継続時間が長い多量の降水の場合、雨水温度の計測が可能であり、この温度が気温にほぼ等しいことがわかっている。なお、2015年4月に記録トラブルが生じたために、これ以降はAMeDAS池田の気温を用いた。降水量は池田ダムにおける観測結果を用いた。

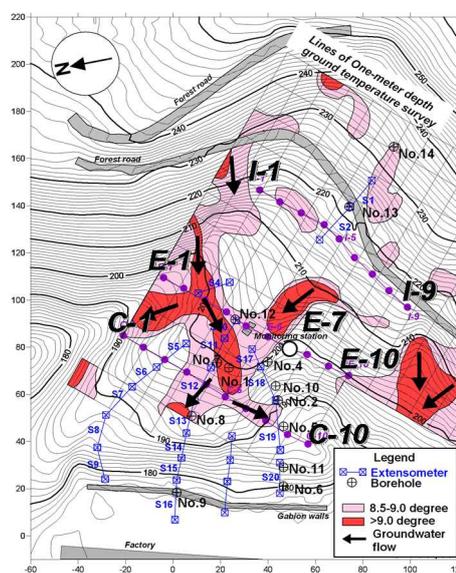


図1 西井川地すべり地の平面図

### 3. 観測結果

図2は2015年7月1日～8月1日の1m深地温(E1, E6E, E6, E6W, E7), 孔内水位(No. 4, No. 12), および降水量の観測結果である。同期間における豪雨イベントは、7月16日～17日の台風11号(累積雨量178mm:最大時間雨量32mm)であり、やや多い降水量が観測された期間は、7月1日～2日と22日～23日(それぞれの累積雨量は34mm, 33mm)である。これらの降雨イベントにおいてNo. 4, No. 12では、上昇開始時期に若干の差異はあるものの、1～3m程度の水位上昇が認められた。7月前半において、E7測点では7月10日まで地温低下が生じているが、それ以外の測点は、概ね単調な地温上昇が認められる。7月10日～16日においては、E7測点以外の測点での温度上昇の傾向は概ね継続しているが、E7測点では温度上昇に転じている。台風11号が接近した時の豪雨時において、E7測点は、7月16日6時より地温が上昇し、17日6時より地温が急激に低下した。E1でもこの降雨イベント時に地温の低下が認められたが、他の測点ではこの低下が認められなかった。

図3はE7測点における多層地温とNo. 4の孔内水位の観測結果である。この図において台風11号が接近するまでは、深度1mと1.5mの地温変化は両者ともに類似した傾向で推移しているが、深度2mと2.5mの地温変化はほとんど生じておらず、14℃程度である。台風接近時において、深度1mのほか1.5mと2mで地温の一時的な上昇と低下が認められた。この時、地温上昇のピーク値の到達時間は、深度1m, 1.5m, および2mの順であった。この降雨イベント時における雨水温度は約22℃と推定されたため、ピーク値の到達時間の差異は、降水の浸透状況を示していると考えられる。一方、孔内水位もこの降雨イベントにより、水位上昇が生じている。水位がピークに達した後に深度1mと1.5mでは明瞭な地温低下が生じている。上述したように雨水温度は約22℃である。これに対して西井川地すべりの恒温層相当の流動地下水は約12.5℃(竹内, 1996)である。これらより、E7測点の地温低下は、浸透水と既存の地下水との混合はあるものの、その主要因は深部(少なくとも恒温層相当)の地下水が流入(上昇)したものであると解釈できる。

図4はE測線における高精度表面波探査結果である。この図よりE6～E8測点の深度5m付近までは、周辺に比べて相対的に低速度である。またE6

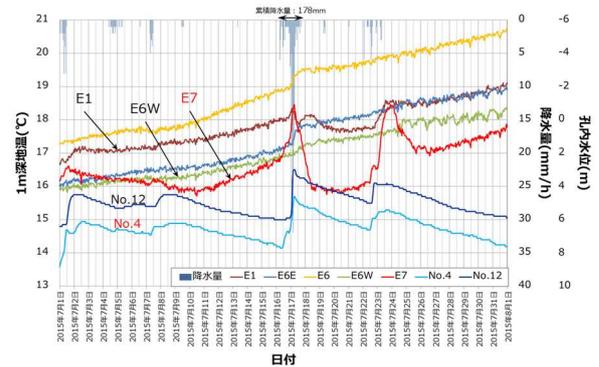


図2 E 測線における 1m 深地温の観測結果例 (2015年7月1日～8月1日)

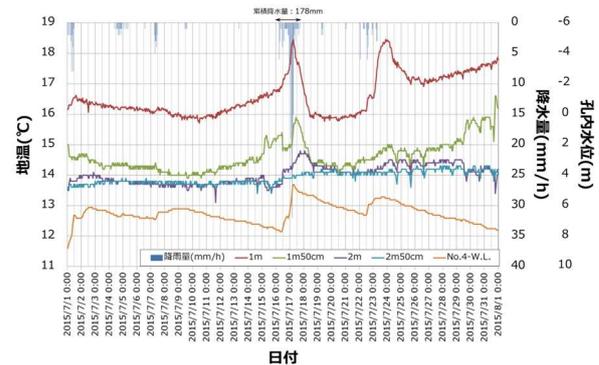


図3 E7 測点における多層地温の観測結果例 (2015年7月1日～8月1日)

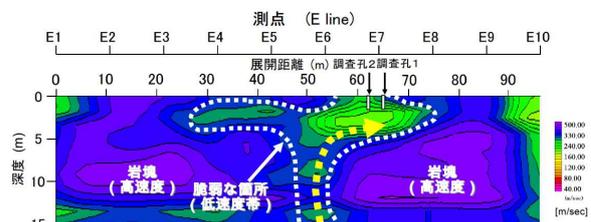


図4 E 測線における高精度表面波探査結果と推定される流動地下水の流入経路

測点直下ではやや不連続ではあるが、低速度の構造を示す箇所が存在している。台風11号の降雨イベント時にE7測点では地温低下が生じたが、その周辺では地温低下が認められないこと、2014年にE7測点傍の深度2.5mにおいて、小雨時期と台風通過直後のSF<sub>6</sub>を環境トレーサとした地下水年代測定を実施しところ9～11年の滞留時間であった。以上より、E7測点における豪雨時の地温低下(地温異常)は、当該豪雨による浸透水の混合が多少あるものの、すでに涵養されていた深部の地下水が低速度帯(相対的に脆弱な箇所)を上昇(図中の矢印)したためと考えられる。

【引用文献】省略