

富士山大沢川源頭域における地温・地表温特性と斜面崩壊に関する考察（その2）

国土交通省富士砂防事務所
株式会社地圏総合コンサルタント

吉柳岳志（現 沖縄総合事務局），鈴木豊，
竹内昭浩（現 沼津河川国道事務所）
○内柴良和，山下伸太郎

1. はじめに

富士山大沢川源頭域（以下、源頭域という）は、富士山西斜面に位置し、山頂直下～標高 2,200m 付近までの延長 2.1km, 最大幅 500m, 最大深さ 150m, 崩壊面積 1km² に及ぶ我が国有数の大規模崩壊地である。

源頭域の地質は堅固な溶岩層と脆弱なスコリア層（クリンカー）の互層からなり、溶岩層には不規則な亀裂が生成されるとともにスコリア層の侵食によりオーバーハングを形成している斜面が多く見られる。これまでの調査結果より、源頭域で生じる斜面崩壊は、①溶岩層の亀裂が進展し、地山と分離したブロックが剥離・落下する形態、②スコリア層が侵食を受けてオーバーハングが形成され、上部の岩塊が自重に耐えきれず崩落する形態に大別され、溶岩層の亀裂の進展やスコリア層の侵食には地山の凍結融解作用および膨張収縮作用が大きく関与していると推定されている。

一方、巨視的に源頭域を見ると、図-1 に示すように標高 3,000m 以下では溪床に対してほぼ左右対称な形状を呈しているのに対して、標高 3,000m 以上では右岸が大きく外側に広がる左右非対称な形状をしている。縦断形状も右岸が溪床から尾根までほぼ一定勾配を呈しているのに対して、左岸は斜面中段に急崖を形成している。独立峰の西斜面に位置する源頭域は、右岸が日向斜面、左岸が日陰斜面の関係にあり、地盤の凍結融解作用等に関与する日射の影響に差があることが予想される。また、現在活発に崩壊を繰り返しているのは 3,200m より上部の斜面であることが、航空写真測量の成果により明らかになっており、標高によっても凍結融解作用等に作用する温度特性に差があることが推測される。

そこで、源頭域の崩壊拡大傾向の将来予測を目標として、凍結融解作用の主要因である地表面温度に着目した温度計測を平成 22 年から実施しており、昨年度の報告²⁾では、夏場における観測の結果、地表温の日較差に標高依存性が認められること、左岸と比べて右岸の日較差が大きいこと、凍結融解作用を受ける深度が地表から 20cm 程度のごく浅い部分であることを示した。本報告では、新たに得られた年間の地温・地表温データに基づき 0℃ を挟む日変動の標高分布、左右岸変化および地温勾配の季節変化から斜面崩壊との関連性を考察するものである。

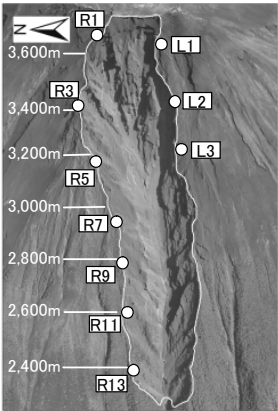


図-1 源頭域全景写真

2. 地温・地表温測定

源頭域右岸外縁部において、標高 2,400m 地点からおおよそ標高 200m 間隔で 7 点、左岸外縁部には右岸設置箇所の上部 3 点と同標高にそれぞれ地表温観測点を設け、ロガー内蔵の小型温度センサーを設置した(表-1)。また、標高 3,654m と 3,194m 地点では、地表から 10,20,30,50cm の地温分布も併せて計測した。

計測は 20 分間隔とし、平成 22 年 9 月 16 日～平成 23 年 9 月 8 日までの約 1 年間（358 日間）のデータを取得した。

表-1 観測点一覧

	番号	標高 (m)		番号	標高 (m)
右岸	R1	3,654	左岸	L1	3,661
	R3	3,415		L2	3,410
	R5	3,194		L3	3,213
	R7	2,949	※測点の位置は 図-1 参照		
	R9	2,800			
	R11	2,603			
	R13	2,410			

3. 測定結果

3.1 地表温の年間変動

地表面温度の年間変化の一例として、右岸標高 3,412m 地点の日最高値と日最低値の時系列を図-2 に示す。

富士山の高標高部においては、夏場の日中には地表面温度が 50℃ 近くまで上昇するが、夜間は 10℃ 以下まで下降し、温度の日較差が激しいことが分かる。この大きな日較差は初冬の 11 月中旬まで継続し、特に 10 月～11 月には 0℃ を挟んで変動を繰り返す。

一方、冬期は日較差がほとんどなくなるが、これは積雪による断熱効果によるものと推測される。5 月下旬には、積雪および地表部の凍結層の融解に伴い、氷と水が共存した 0℃ 一定の期間が現れる。

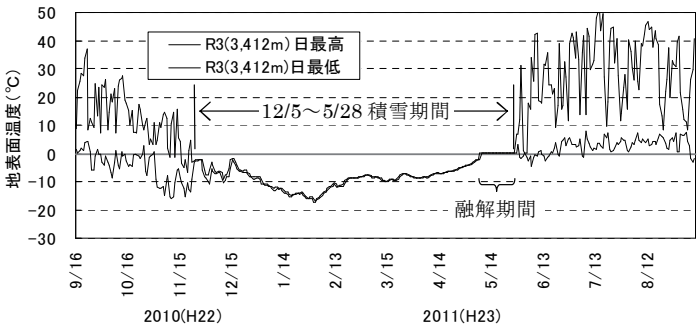


図-2 地表温の年間変動（一例）

3.2 0℃を挟む変動日数の標高分布

観測期間中、地表面温度が 0℃を挟んで変動する日数を集計し、左右岸別に標高との関係を図-3 に整理した。ここで、積雪状況は観測地点ごとに様々であるので、全ての観測点で積雪がないと想定される期間において集計した。

図-3 を見ると、多少バラツキはあるものの、概ね標高と 0℃を挟む変動日数には正の相関が認められ、高標高部ほど凍結融解作用を受けやすい環境にあることが分かる。

また、日陰斜面となる左岸より日向斜面の右岸の方が同標高において 0℃を挟む変動日数が多い傾向が認められた。

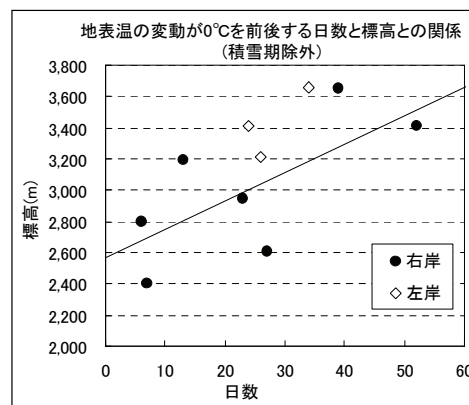


図-3 0℃を挟む日変動と標高の関係 (H22.9.16～H23.9.8 の平均値)

3.3 0℃を挟む変動が卓越する時期

図-4 は、現在活発に崩壊が生じている標高 3,200m より上部の両岸について、0℃を挟む変動回数を月別に集計したものである。

これより、地表面が 0℃を挟む変動を受ける時期、すなわち凍結融解作用を頻繁に受けている時期は初冬の 10 月～11 月と融雪期の 5 月～6 月に集中していることが明らかとなった。

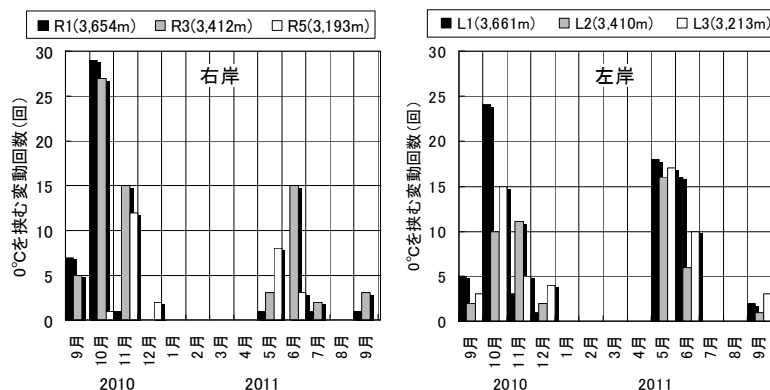


図-4 月別 0℃を挟む変動回数 (標高 3,200m 以上、H22.9 月～H23.9 月)

3.4 地温勾配の季節変化

地温の深度分布を観測している右岸標高 3,654m 地点における平均地温勾配の季節変化を図-5 に示した。

冬季 (11 月～3 月) は地温勾配が負の勾配を呈し、11 月から 3 月に向かって傾きが大きくなるとともに、0℃を上回ると予想される深度も深くなっていく。これは凍結が地表から深部に進行している状態を示していると考えられる。一方で夏季 (7 月～8 月) は地温が正の勾配に転じ、0℃を下回る深度が深くなっていく様子が認められ、地表から融解が進行している状況を表しているものと考えられる。

図-5 により、年間単位では地表から約 2m 深において凍結と融解を繰り返している可能性があると言える。

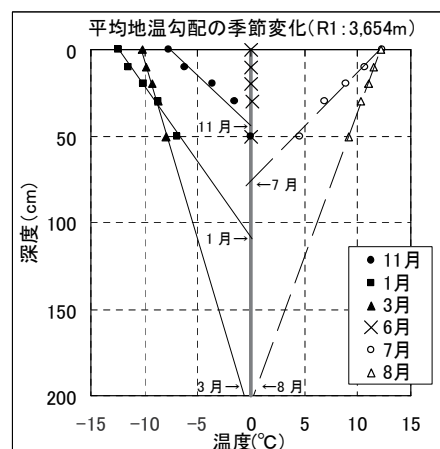


図-5 平均地温勾配の季節変化

4. 考察

今回の測定結果により、富士山大沢川源頭部においては、0℃を挟む日変動が高標高部ほど頻繁に発生していることが明らかとなった。

0℃を挟む日変動は、凍結融解作用に直結する要因であると考えられるので、現在の崩壊が標高 3,200m 以上で卓越する事実と整合的であると言える。また、日陰斜面の左岸と比べて日向斜面の右岸の方が凍結融解作用を受けやすい環境にあることも、今回の測定により認められた。

このことは、右岸の方が相対的に凍結融解作用を頻繁に受ける結果、両岸の侵食速度に差が生じる可能性を示しており、現在大沢川源頭部の右岸側が外側に広がる崩壊形状の左右非対称性との関連性が示唆される。

また、日変動の中で受ける凍結融解作用は、地表からごく浅い部分 (20cm 程度まで) であるが、1 年単位では、深度 2m 深に渡って凍結と融解を繰り返している可能性が地温勾配の季節変化による考察から得られ、長期的な崩壊メカニズムの観点では、年単位の凍結融解作用も検討する必要があるかもしれない。

5. おわりに

通年にわたる地温・地表温計測により、富士山源頭部における年間の温度特性が次第に明らかになってきた。

今後は、源頭部において崩壊が卓越する時期を崩壊検知センサー等で把握し、温度特性と比較検証することで、温度特性が崩壊に与える影響を評価していくことが望まれる。

1)平成 21 年度砂防学会研究発表会概要集 P.58-59 富士山大沢崩れにおける土砂移動実態の把握。

2)平成 23 年度砂防学会研究発表会概要集 P.128-129 富士山大沢川源頭域における地温・地表温特性と斜面崩壊に関する考察。