

2014 年 7 月長野県南木曽町土石流災害地周辺の地形と地質について

藤井幸泰

深田地質研究所

Geological and Geomorphological background of July 2014 Nagiso debris flow in Nagano prefecture, central Japan

FUJII Yukiyasu

Fukada Geological Institute

要旨：台風 8 号にともなう集中豪雨により、2014 年 7 月 9 日、長野県木曽郡南木曽町で土石流が発生し、梨子沢流域では JR 中央本線や国道 19 号と多数の人家が被災した。該当地域は土石流による災害を歴史的に被ってきた場所である。梨子沢は南木曽岳の西斜面を流れて木曽川へ流れ込む。南木曽岳山頂は標高 1679 m あり、周辺は断層で囲まれている。馬籠峠断層は南木曽岳の北西側麓に存在し、走向は N 40° E で右ズレを示す。梨子沢はこの断層によって数十 m の変位を被っている。一方の伊勢小屋沢は伊勢岳の東斜面を流れて木曽川へ流れ込む。伊勢岳山頂は標高 1373 m である。梨子沢と伊勢小屋沢沿いの地形断面図を作成すると、どちらの断面図にも標高 800 m 付近に線緩点が存在する。これより上流域では主に花崗岩が分布し、下流域では土石流堆積物が分布する。ところで、肉眼スケールでズレが確認できない開口している割れ目が節理であり、これは梨子沢及び伊勢小屋沢沿いの花崗岩中に観察することが出来る。節理群とは平行な節理の集まりで構成される。花崗岩中には三つの節理群から構成される節理系が発達する。このうち二つの節理群は急傾斜の鉛直方向を示す。そして最後の一つはこれら二つに直交してほぼ水平方向を示す。梨子沢の水平な節理群は緩やかに西へ傾いている。一方、伊勢小屋沢の水平な節理群は緩やかに東へ傾いている。これらの水平な節理群はシーティング節理と考えられ、山地斜面の形成に関連して発生したものと考えられる。さらに節理系は巨礫の形成に関与しており、巨礫は土石流で運搬されたと考えられる。これら特徴は花崗岩地形に特徴的にみられるものと思われる。

キーワード：花崗岩、節理、シーティング、巨礫、遷緩点

Abstract: Intensive rainfall promoted by Typhoon Neoguri induced slope failure and debris flow at Nagiso, Nagano Prefecture on July 9 2014. On the Nashizawa River, debris flow caused heavy damage on residential houses, railway tracks and national route 19. Historically, a large set of disasters caused by debris flow has been recorded in this area. The Nashizawa River flows on the western side of Mount Nagiso and flows into the Kiso River. The mountain with the peak of 1679 m is surrounded by many faults. Magome-Toge fault is located in the northwestern foot of the mountain. The fault strikes N 40° E, and its motion is right-lateral strike-slip. The fault also causes a displacement of several tens of meters in the river. The Isegoya River flows on the eastern foot of Mount Ise and flows into the Kiso River. The mountain with the peak of 1373 m. Geomorphological sections along the Nashizawa and the Isegoya River show concave knick points around the altitude of 800 meters. In the upper area of the points, Cretaceous granite is mainly observed along the rivers. While the debris flow deposits are mainly observed in the lower area of the points. Joints, which are meso-scale opening fractures and in which offset cannot be recognized, are observed in the Cretaceous granite along the Nashizawa River and the Isegoya River. Joint system has 3 joint groups. Each joint group is composed of parallel joints. And two of the groups are vertical. The other group is

perpendicular to them and almost parallel to horizontal plane. The horizontal joint group on the Nashizawa River calmly inclines to the west, while the joint group on the Isegoya River inclines to the east direction. Those horizontal joint groups might be sheeting joints which are generated by the formation of mountain slopes. In addition, the joint system might contribute to the genesis of granitic boulders which were transported by debris flow. It's a character of granite landforms.

Keywords: granite, joint, sheeting, boulder, concave knick point

1. はじめに

豪雨による土砂災害は、日本列島で例年のように起きている。2013 年の東京都大島をはじめ、2014 年の 7 月には長野県木曽郡南木曽町、同年 8 月の広島県広島市、2015 年にも栃木県日光市で発生している。2017 年 7 月にも九州北部の各地で土砂災害が発生した。日本の山地斜面における土砂災害の発生頻度が調べられる程である（西山・若月, 2015）。地震による土砂災害は規模が大きくなるが、融雪・梅雨・台風等は毎年あるため、頻度としては降雨（降雪）によるものが遥かに多い。降雨が誘因となっていることは間違いないが、土砂災害を発生させる地形や地質的な素因も無視することはできない。降雨が地表面下に浸透し、地下で間隙水圧等を生じて崩壊を発生させることを考慮すれば、地表地形と地下地質を考慮することもある必要である。さらに土砂災害で運ばれてくる物質は、災害地の構成物質である地質そのものである。著者は 2015 年以来、広島県広島市の災害地を複数回訪れ、花崗岩や付加体で構成される地形や地質を観察する機会に恵まれた（大八木ほか, 2015, 大八木ほか, 2016, 大八木ほか, 2017）。特に安佐南区は山陽型花崗岩で構成される地域である。そこで同年発生した長野県木曽郡南木曽町の土石流跡地を調査し、その地形・地質の特徴をこの報文としてまとめる。南木曽は白亜紀後期の花崗岩で構成される地域であり、将来的には広島の山陽型花崗岩の災害との比較も試みたい。

2. 地形・地質と過去の土砂災害の概略

2.1 地形と地質の概略

南木曽町は長野県の南西部、木曽谷の南端に位置する（図 1）。町の中心にはほぼ南北に流れる木曽川が存在し、河床の標高は約 400 m である。木曽川の左岸側には標高 1679 m の南木曽岳が、また右岸側には標高 1373 m の伊勢山がそびえており、両岸には木曽川の支流となる沢が多数発達している。

地質の大部分は後期白亜紀の花崗岩である。伊勢山と南木曽岳の南部は粗粒黒雲母花崗岩である木曽駒花崗岩が分布する。南木曽岳の北部から北西部にかけては中粒斑状角閃石黒雲母花崗閃緑岩で構成されており、木曽駒花崗岩を明らかに貫入している（山田・村山, 1968）。なお土石流が発生した梨子沢流域は主に花崗閃緑岩で構成されている。木曽川周辺には段丘堆積物や沖積統の堆積物が認められ、花崗岩の巨礫と共にマサ化した砂堆積物がみられる。

木曽川の左岸側には、北北東の走向をもつ活断層の馬籠峠断層が分布し、大梨子沢と小梨子沢は右横ずれの変位を被っている。

木曽川を挟んで両側では急峻な山地を形成しているため、過去にも土石流による被害を繰り返して受けてきた（平松ほか, 2014）。今回と同じ左岸側では、1975 年 7 月と 1969 年 8 月にも土石流発生による死者を出している。また右岸側では 1953 年 7 月 20 日に伊勢小屋沢で崩壊と土石流が発生し、

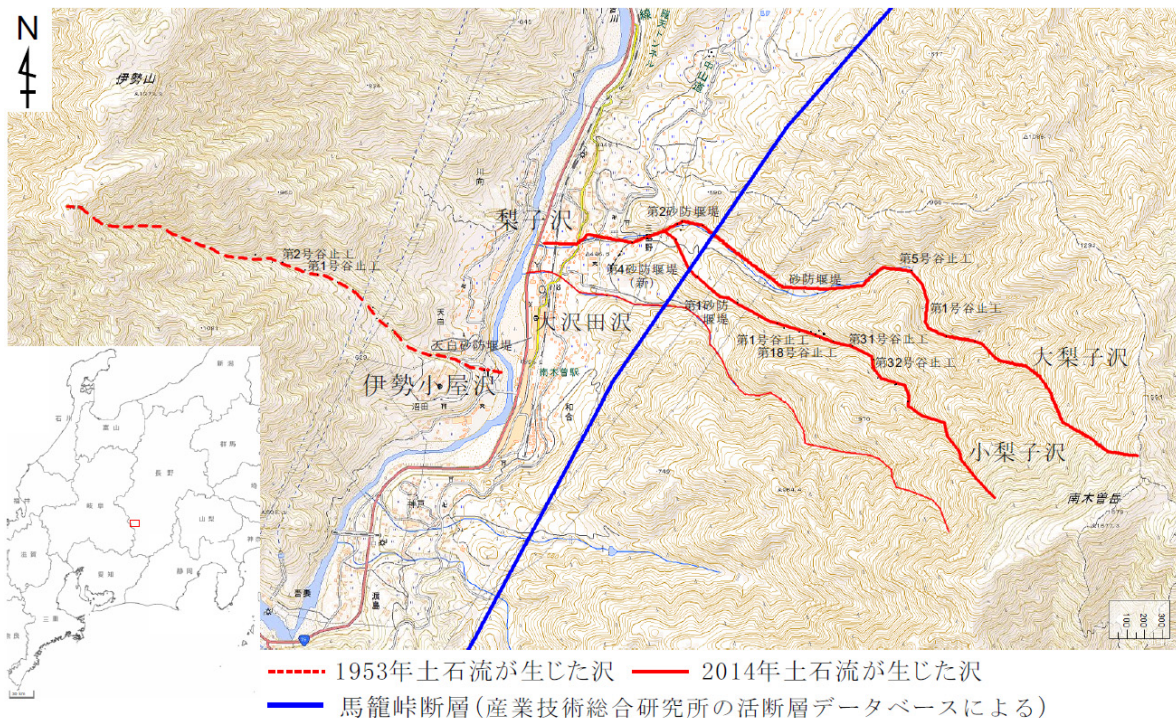


図1 南木曽の位置図と木曽川周辺の溪流の位置図(地理院地図のタイルマップを使用)。

死者3名を出している。なお伊勢小屋沢の下流には「悲しめる乙女の像」の石造が設置され、“蛇ぬけ”の異名を持つ土石流への警戒を示している。

2.2 平成26年7月9日長野県南木曽町で発生した土石流災害の概要

土石流災害や豪雨については平松ほか(2014)に詳しい。ここではこの報告を基に概要を述べる。2014年7月9日、長野県木曽郡南木曽町で、台風8号にともなう集中豪雨により土石流が発生した。土石流発生が主に確認されたのは木曽川左岸にあたり、大梨子沢と小梨子沢を含む梨子沢流域と、その南側に位置する大沢田沢である(図1)。梨子沢下流域ではJR中央本線や国道19号と多数の人家が被災し、死者1名、負傷者3名を出す大きな災害となった。

梨子沢流域に近い南木曽観測所の降雨記録によれば(図2)、7月9日0時前後に23mm程度の

雨量を観測している。その後に雨はやむが、同日16時頃に再び降り出し、17:00~17:10の間に14.5mmの雨量を記録する。その後に弱まったと思われるが、17:30~17:40の間に17mmの10分間最大雨量を記録する。小梨子沢合流点直下流の石積堰堤地点に設置されたCCTVで土石流の第一波が記録されたのは9日17:41であり、先の降雨ピークとほぼ同時に土石流が発生したものと考えられる(平松, 2014)。

3. 地形・地質詳細

3.1 梨子沢および伊勢小屋沢の河床勾配

図3に今回土石流が発生した木曽川左岸の梨子沢沿いの地形断面図を、図4には木曽川右岸の伊勢小屋沢沿いの地形断面図を示す。図3には大梨子沢と小梨子沢の両断面図を示してあり、標高500m付近で小梨子沢は大梨子沢に合流する。標高500

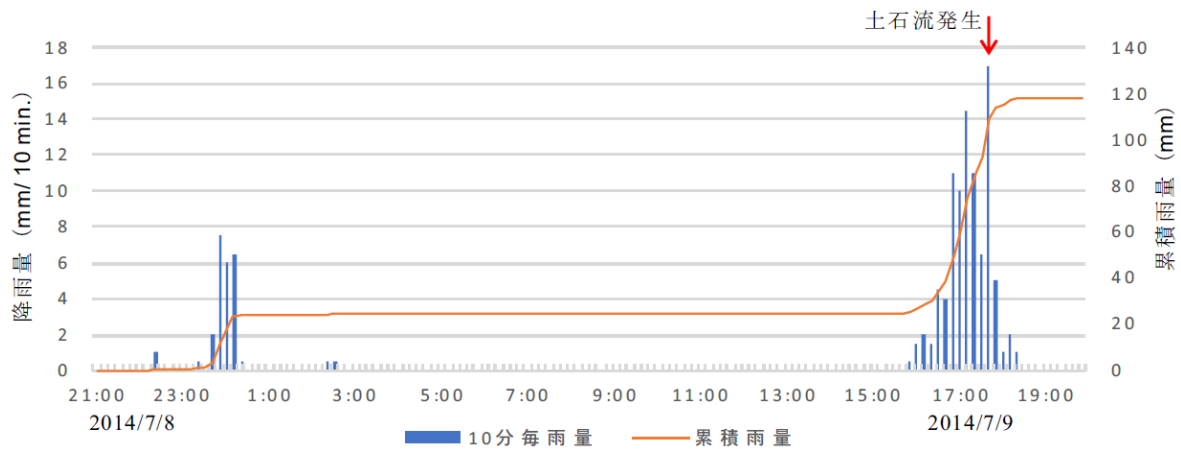


図2 気象庁南木曽観測所で記録された災害時の降雨量。

m以上の部分では標高620 m付近まではどちらの沢もほぼ同じ勾配であるが、620 m以上では小梨子沢の方がやや高い勾配を示している。図3で指摘すべき特徴として、標高800 m付近に遷緩点が存在する。小梨子沢では標高750 m付近で、大梨子沢では850 m付近を境にして、下流域では10度程度の傾斜であるが、上流域では30度近い傾斜を示す。図4の伊勢小屋沢でも同様な変化を示している。標高800 m付近に遷緩点が存在し、下流域では10度程度の傾斜で、上流域では30度程度の傾斜を示している。この遷緩点を境界に、下流域では土石流堆積物が多く認められ、上流域では花崗岩が露出している割合が多い。以下では下流域と上流域に分けて、地形や地質の特徴について記載する。

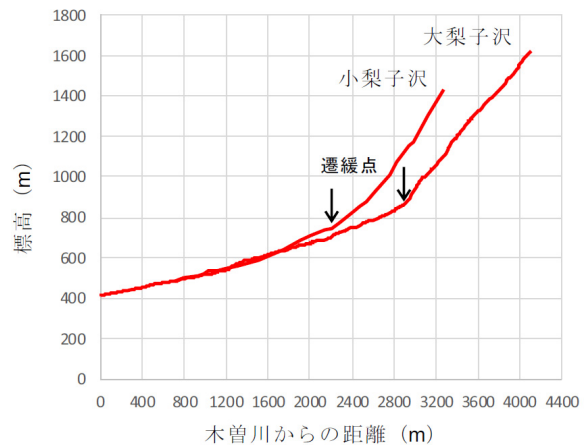


図3 梨子沢沿いの地形断面図。高さ方向が2倍に拡大されている。

3.2 遷緩点より下流域の地質

図5に梨子沢第2砂防堰堤の右岸側の露出状況を示す。この堰堤はオープン式砂防堰堤であり、土石流発生時にはほぼ完成していたため、上流側に多数の土石を堆積した。現在は土石も撤去され、砂防堰堤修復も実施されて図5に示すような露出は舗装されて覆われてしまっている。図5に示すように、砂防堰堤の基盤となっているのは花崗岩で

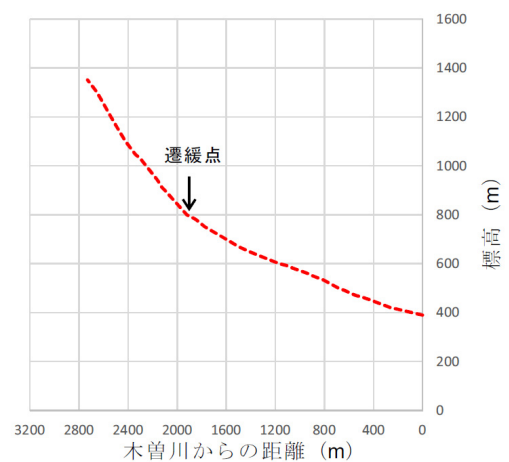


図4 伊勢小屋沢沿いの地形断面図。高さ方向が2倍に拡大されている。

ある。写真には見られないが、風化花崗岩の下にはやや未風化の硬岩も認められる。風化花崗岩の上には土石流堆積物が二層認められ、その境界部分には水平方向の層理を示す堆積物の存在が認められる。上方の土石流堆積物②の上部には森林が存在するため、今回の土石流ではない過去の堆積物と考えられる。さらに下方に存在する土石流堆積物①は②より昔の堆積物である。すなわち遷緩点よりも下流域では、過去の複数の土石流がもたらした堆積物が多数分布すると考えて間違いない。実際に大梨子沢および小梨子沢を沢沿いに踏査した結果、遷緩点より下流部では、2014年や過去の土石流堆積物が認められた。図6は大梨子沢沿いの梨子沢砂防堰堤下流の状況であり、沢沿いには2014年の新しい土石流堆積が存在し、その上部には杉林の土壌となっている過去の土石流堆積物が連続している。

3.3 遷緩点より上流域の地質

上流域の急斜面には花崗岩が露出する場所が多い。大梨子沢を例にした場合、標高 600 m 程度の砂防堰堤より上流域に花崗岩露頭がよくみられるようになる。梨子沢沿いに露出する花崗岩はすべて中粒斑状角閃石黒雲母花崗閃緑岩である。そ

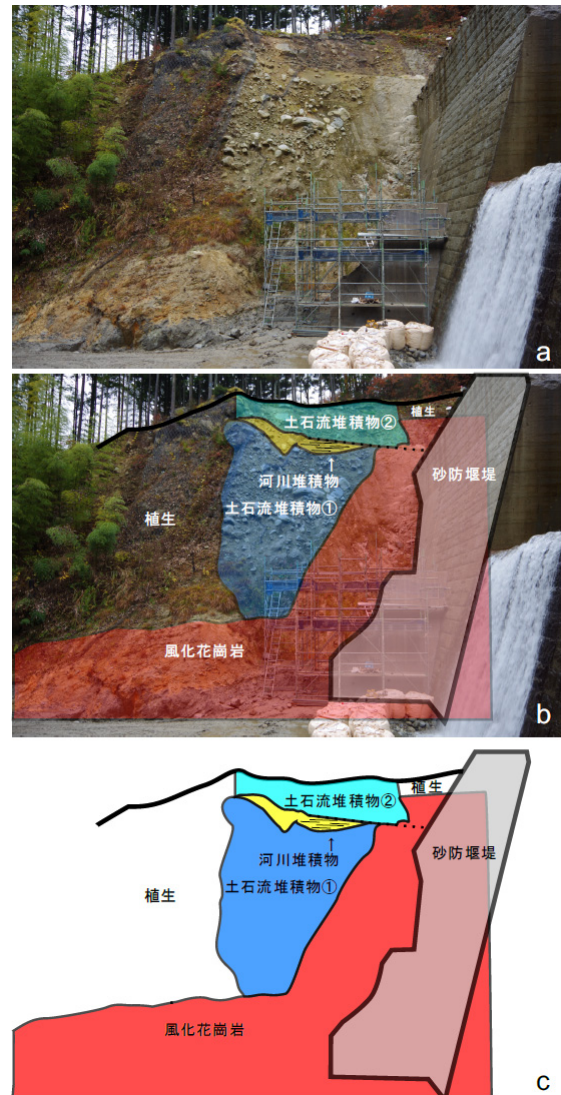


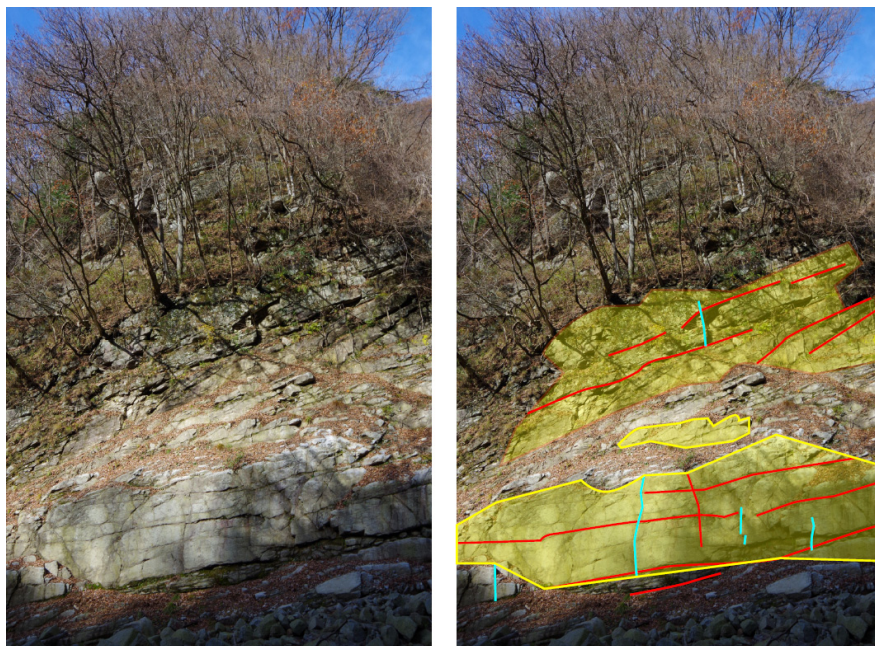
図5 梨子沢第2砂防堰堤右岸側の地質状況。a: 左岸からの写真, b: 地質スケッチを重ねたもの, c: 地質スケッチ。



図6 大梨子沢沿いの土石流堆積物。

して花崗岩中には、節理系が多く発達している。図7は標高 680 m 付近の大梨子沢の右岸露頭である。花崗岩が露出しており、3 方向の節理群からなる節理系を形成している。節理群とは、ほぼ平行に配置する節理をまとめた呼称である。最も明瞭なものは、おおよそ水平の緩傾斜の節理群と、沢方向に平行な東西走向で急傾斜の節理群である。さらにこの露頭ではやや不明瞭であるものの、南

北走向で急傾斜の節理群もみられる。このような節理系の走向傾斜を大梨子沢および小梨子沢で測定し、下半球投影の等面積法で投影したものを図8に示す。図8は Kamb Contour 法で統計処理を実施しており、緩傾斜の節理と、沢方向にほぼ平行な東西方向で急傾斜の節理群の卓越が認められる。更に南北走向の急傾斜節理群もやや卓越していることがわかる。



— 水平節理群 東西系節理群 南北系節理群

図7 大梨子沢標高 680 m 付近の花崗岩露頭と花崗岩中に発達する節理。左：写真，右：節理系のトレース。

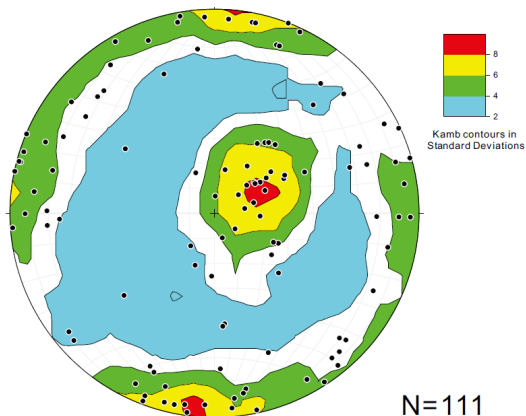


図8 梨子沢沿いの花崗岩中節理のコンターマップ。等面積投影法，下半球投影。黒丸は節理面の軸を示す。

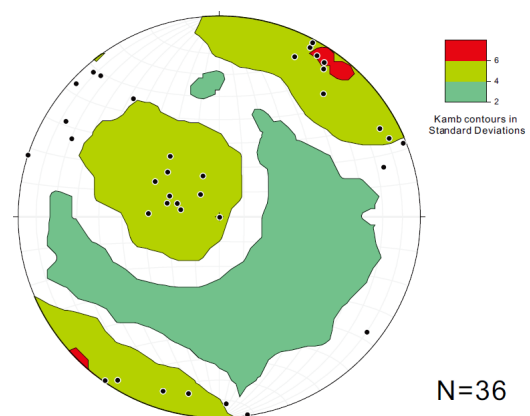


図9 伊勢沢沿いの花崗岩中節理のコンターマップ。等面積投影法，下半球投影。黒丸は節理面の軸を示す。

伊勢小屋沢に露出する花崗岩はすべて粗粒黒雲母花崗岩である。同様な手法を用いて、伊勢小屋沢沿いの花崗岩中の節理系を投影したものを図9に示す。こちらの節理系のデータはやや数が少ないものの、沢とほぼ平行な北西-南東方向で急傾斜の節理群と、ほぼ水平な緩傾斜の節理群の二つの卓越が認められる。また Kamb Contour では表現できていないものの、北東-南西方向で急傾斜の節理群も少し存在する。

木曽川左岸の梨子沢および右岸の伊勢小屋沢の両溪流沿いに露出する花崗岩中の節理系の状況は上記のようであるが、これらの情報から以下のような特徴があげられる。

- ・ 節理系として、ほぼ直交する三方向の節理群が存在する。
- ・ このうち最も卓越しているのは沢方向にほぼ平行な急傾斜の節理群である。
- ・ おおよそ水平な緩傾斜の節理群の卓越も認められ、伊勢小屋沢沿いでは東に傾斜し、梨子沢沿いでは西に傾斜しており、どちらも木曽川方向へ傾斜している。

花崗岩中にはブロック状の節理系が発達することがよく知られている（藤井，2000，Fujii et al., 2007）。また水平で緩傾斜の節理群はシーティングと呼ばれ、地表面に平行に形成されることが知られている（Holzhausen, 1989）。特に木曽川の右岸と左岸では、緩傾斜節理群の傾斜方向が逆である。これは、木曽川周辺の山地形成に関連して、山地の傾斜した地表面の発達と共に、ほぼ水平な緩傾斜の節理系が形成されたと推測できる。図10には伊勢小屋沢の標高780 m 付近の花崗岩露頭を示す。沢に平行な北西-南東方向の急傾斜節理と、沢に直交する北東-南西方向の節理群がおおよそ鉛直方

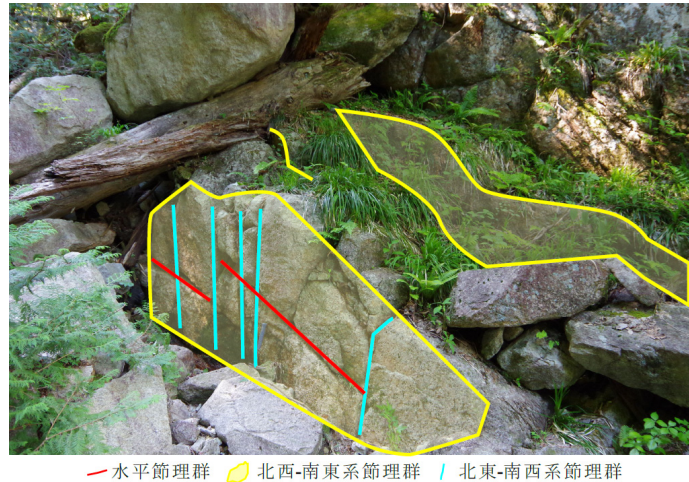


図 10 伊勢小屋沢標高 780 m 付近の花崗岩露頭と花崗岩中に発達する節理系。

向の急傾斜であるのに対し、水平に近い緩傾斜の節理群はこれらにやや斜交しており、地表面に平行に形成されていることがわかる。

ところで上述の節理系は不連続面として力学的な弱面を形成しているため、分離して剥がれやすい。たとえば図7や図10に示す節理群のうち、緩傾斜の赤色の節理群と、急傾斜の青色の節理系が交互に剥がれた場合、階段状の構造を示すことがある。実際に大梨子沢の標高900 m付近では、図11に示すような階段状の斜面をみる事が出来る。なおこの斜面構造は平均傾斜が30度以上あるため、登坂装備なしでのアクセスは不可能であった。

4. 考察：土石流はどのように発生したのか？

前述の地質の特徴を、山地スケールで模式的に表したものを図12に示す。木曽川を中心に、傾斜の緩い部分には土石流堆積物が堆積している。標高800 m付近の遷緩点より上流域では花崗岩が露出する。花崗岩中には節理系が発達しており、斜面とほぼ平行な緩傾斜のものと、急傾斜の節理群が発達する。遷緩点よりも上流域であるが、節理



図 11 梨子沢標高 780 m 付近の花崗岩露頭急傾斜の節理群 (写真面にほぼ平行) と緩傾斜の節理群 (写真面に垂直で水平方向に平行) が交互に露出して階段状構造を形成している。

系が不連続面として力学的な弱面を形成しているため、分離して剥がれやすい。そこで図12中に拡

大して示すような階段状の構造を造ることもある。

ところで木曽川沿いには、土石流で流された大きな数メートルにも及ぶ花崗岩の巨礫が多数存在する。このような大きな礫は、どこから供給されたのだろうか。土石流堆積域よりも上流であり、かつ節理系の発達した花崗岩から供給されたと考えるのが納得しやすい。

土石流の発生前には、図2に示した多量の降雨が観測されている。木曽川沿いの左右両斜面に多量の降水がもたらされたわけである。花崗岩中の節理系が、水みちとして機能することはよく知られている。地表面に降った雨水は花崗岩中の節理系を通して一部は地下にもたらされ、その他の一部は沢に供給されたはずである。しかし急激な雨水が節理系の浸透能力を超えた場合、異常間隙水圧等を生じて節理のような割れ目から吹き出すかもしれない。図13は小梨子沢沿いの標高800 m付近の左岸の花崗岩露頭であるが、節理系が開口していることがよく分かる。これは斜面変動による開口かもしれない。しかし雨が原因となり、節理系という不連続の弱面を利用し、斜面が崩壊していく過程を見ているものであることに違いはない。このように花崗岩斜面が崩壊していけば、節理系

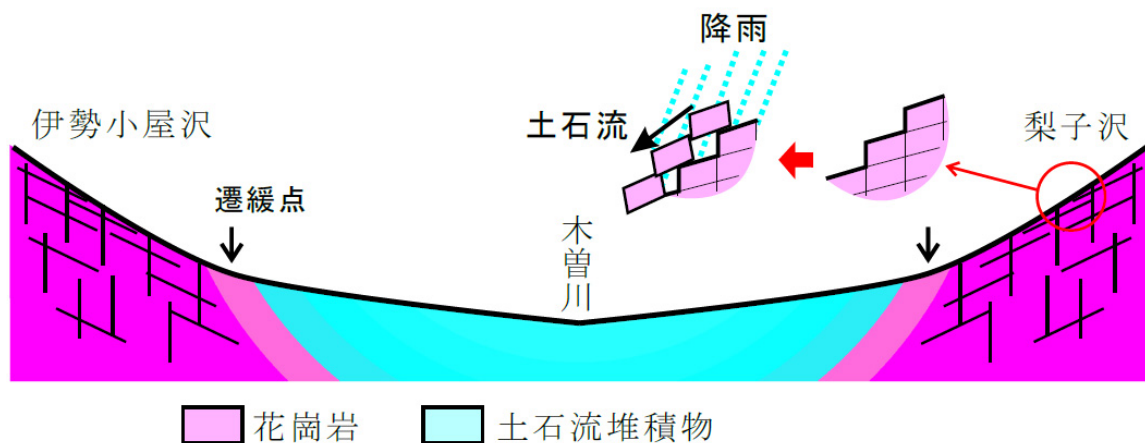


図 12 木曽川を中心とした模式的な地質断面図。

で剥がれた巨礫が生成され、降雨や土石と共に流れ下り、土石流へと成長したと考えられる。

土石流発生前（2008年10月11日計測：国土交通省中部地方整備局多治見砂防事務所提供）と土石流発生後（2014年7月11日計測：国際航業株式会社提供）の航空レーザ計測データを比較解析して求めた侵食深・堆積深分布図（平松ほか、2014）を参考にすると、大梨子沢

では標高750 m以上の流域で侵食傾向が高く、侵食深さは2 m程度の区域が多い。さらに標高900 mから1100 m付近では痕跡幅方向の平均侵食深が5 m以上に達する箇所も認められる。小梨子沢については標高650 m以上の流域で侵食傾向が高く、痕跡幅平均の侵食深は最大2 m程度である。大梨子沢での遷緩点は約850 mである。これより上流域で花崗岩のブロック状崩壊による土石流が生じたとする。遷緩点までは相当な勢いで流れ、遷緩点よりも下流域でも侵食の勢いは止まらず、標高750 m付近までは侵食を続けて土石流が成長し、更に下流域の複数の堰堤で堆積したと考えられる。堰堤を越流した土石流は、更に下流の木曾川まで到達したわけである。同様な土石流が小梨子沢でも生じたことが推測できる。

図12中において、ブロック状の花崗岩礫が流れ出す、あるいは土石流によって侵食されて階段状になった構造が図11に示すものであり、花崗岩礫は下流域で砂防堰堤や木曾川流域などに堆積したと考えられる。



図 13 小梨子沢標高 800 m 付近の花崗岩露頭と花崗岩中に発達する節理、節理系の一部が開口している。

5. おわりに

2014 年 7 月に発生した長野県木曾郡南木曾町の土石流に関して、特に梨子沢沿いに露出する花崗岩中の節理系の特徴を記載した。さらに伊勢小屋沢沿いの花崗岩中の節理系との比較も行い、地形的特徴なども考慮して土石流と巨礫に関する発生メカニズムについても言及した。

伊勢小屋沢沿いの節理系の走向傾斜データは、梨子沢に比べると少ない。梨子沢も伊勢小屋沢も、標高約 800 m の線緩点よりも標高が高い部分は、傾斜が急になってアクセスが難しい。しかし梨子沢は大梨子沢と小梨子沢に分かれており、花崗岩露出域も広くてより多くの節理系データが集めやすい。伊勢小屋沢の北に位置する、大洞沢を対象に踏査を実施することも検討している。

広島市の土石流災害は、風化したマサ土が土石流化したものが多いように感じている。巨礫が目立つ南木曾とは対照的である。今後はこのような比較も検討していきたい。最後になるが、被災地の復旧・復興を心よりお祈り申し上げます。

文献

- 藤井幸泰 (2000) : 中部日本東濃地方, 土岐花崗岩中の割れ目解析, 地質学雑誌, 106, 249-263.
- Fujii, Y., Takemura, T., Takahashi, M. and Lin, W. (2007): Surface features of uniaxial tensile fractures and their relation to rock anisotropy in Inada granite, Int J Rock Mech Min Sci, 44, 98-107.
- 平松晋也・福山泰治郎・山田 孝・逢坂 興宏・中谷 加奈・松本 直樹・藤村 直樹・加藤 誠章・島田 徹・久保 毅・松尾 新二郎・西尾 陽介・吉野 弘祐 (2014) : 平成 26 年 7 月 9 日長野県南木曽町で発生した土石流災害, 砂防学会誌, 67, 4, 38-48.
- Holzhausen, G. R. (1989): Origin of Sheet Structure, 1. Morphology and Boundary Conditions, Engineering Geology, 1989, 27, 225-278.
- 西山賢一・若月強 (2015) 日本の山地斜面における豪雨に起因した斜面崩壊・土石流の発生頻度, 応用地質, 55, 6, 325-333.
- 大八木規夫・内山庄一郎・鈴木比奈子・藤井幸泰 (2015) : 2014 年 8 月 20 日の広島豪雨による土砂災害を考える, 深田地質研究所年報, 16, 49-73.
- 大八木規夫・金子 誠・藤井幸泰・横山俊治・内山庄一郎・鈴木比奈子 (2016) : 2014 年 8 月の広島土砂災害再考ーやや大きな崩壊源についてー, 深田地質研究所年報, 17, 29-56.
- 大八木規夫・金子 誠・藤井幸泰・横山俊治・内山庄一郎・鈴木比奈子・岸本 剛・藤井美南・田島詩織 (2017) : 2014 年の広島土砂災害から学ぶこと, 深田地質研究所年報, 18, 59-95.
- 山田直利・村山正郎 (1968) : 5 万分の 1 地質図福説明書「妻籠」, 工業技術院地質調査所, 31p.