

平成18年7月豪雨災害において土石流が発生した木曾山地東麓部の地質

北村悠子¹, 大塚 勉²

¹信州大学理学部地質科学教室, ²信州大学全学教育機構

Geology of the hinterland of the Heavy Rainfall Disaster in July 2006
in the eastern foot of the Kiso Mountains
Nagano Prefecture, central Japan

Yuko Kitamura¹ and Tsutomu Otsuka²

¹ Department of Geology, Faculty of Science, Shinshu University

² School of General Education, Shinshu University

キーワード：活断層，断層破碎帯，豪雨災害，木曾山脈，伊那谷西縁断層帯
Key words : active fault, fracture zone, heavy rainfall disaster, Kiso Mountains

1. はじめに

2006年7月，豪雨災害は西日本から中部日本の各地に大きな被害をもたらした．17～19日の累積雨量が300mmを超えた長野県岡谷市では大規模な土砂災害が多数発生したほか，上伊那郡箕輪町では大雨による天竜川の増水で堤防が決壊した．19日の未明，長野県伊那市西春近柳沢(図-1)の前沢川では土石流が発生した(写真-1，2)．この沢の流出土砂量は約7万5000m³と見積もられている(長野県土木部)．伊那谷の西縁部および木曾山脈の東側斜面に位置するこの地域には，急勾配河川が存在し，木曾山脈から供給される多量の土砂によって扇状地が広がるとともに田切り地形が形成されている．また山地と盆地の境界付近には，地形的特徴に基づいて，木曾山脈の隆起に伴う低角断層が南北に発達すると考えられている(松島，1995など)．

この地域では，今回の土石流による河床の洗掘によって，断層および断層破碎帯の露頭が新たに現れた．本研究では，空中写真によるリニアメント判読および地表踏査に基づいて地質構造を明らかにするとともに，前沢川における豪雨被害の実態を調査した．これらの結果に基づいて，豪雨による多量の土砂の流出と地質との関連性を考察する．

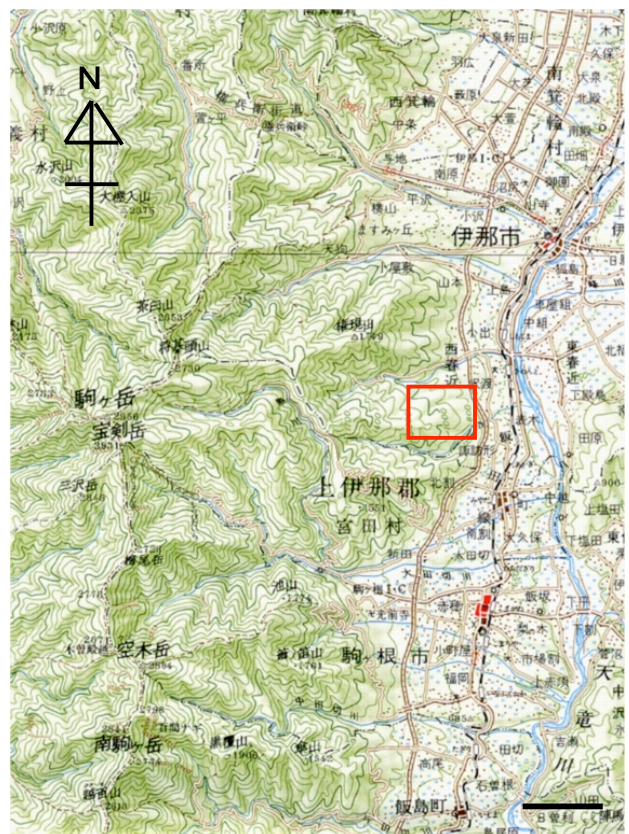


図-1 研究地域
20万分の1地勢図「飯田」に加筆



写真-1 前沢川における災害の状況
株式会社アジア航測撮影



写真-2 前沢川左支における災害の状況

2. リニアメント

断層の位置を推定するために、空中写真によるリニアメント判読を行なった(図-2)。これには、1947～48年に米軍によって撮影された約4万分の1の空中写真、国土地理院による1998年撮影の約3万分の1の空中写真を用いた。リニアメントのうち、明瞭なものと連続性がよいものをリニアメントA、それに準ずるものをリニアメントBとした。研究地域のリニアメントは、1)南-北方向～北北西-南南東方向(赤)、2)北西-南東方向(青)、3)北東-南西方向(緑)に分類される。研究地域東部では特に北北西-南南東方向のリニアメントが顕著である。

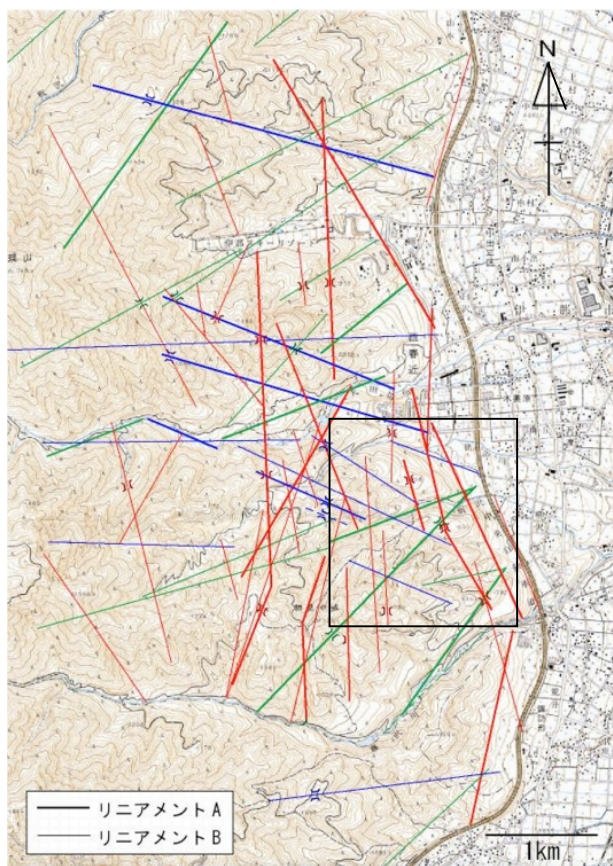


図-2 研究地域周辺のリニアメント
2万5000分の1地形図「伊那宮田」に加筆

3. 地質

研究地域はジュラ紀の付加コンプレックスを源岩とする領家変成帯の北部に位置し、おもに白亜系である領家変成岩類および領家花崗岩類が分布する。山麓部にはそれらを不整合で覆う段丘礫層、火山灰層、角礫層、崖錐堆積物、古期河床堆積物などが分布する(図-3)。

研究地域は、おもに黒雲母珪線石片麻岩を主体とする領家変成岩類が露出し、しばしば石英脈および花崗岩質岩脈の貫入を受ける。変成岩類はおもにジュラ紀の堆積岩起源で、砂岩泥岩互層の堆積構造を残すことが多い(写真-3)。片麻岩に残る層理面の方向は一般に北北東-南南西で、西へ急傾斜する。

白亜紀に貫入した新期花崗岩類(領家研究グループ, 1972)は、おもに標高約950m以上の地域に露出する(写真-4)。変成岩を貫き、岩脈状をなすことも多い。弱い片麻状を呈し、白雲母をわずかに含む両雲母花崗岩で、少量のざくろ石を伴う。この花崗岩は、太田切花崗岩(村山・片田, 1957)に対比される。

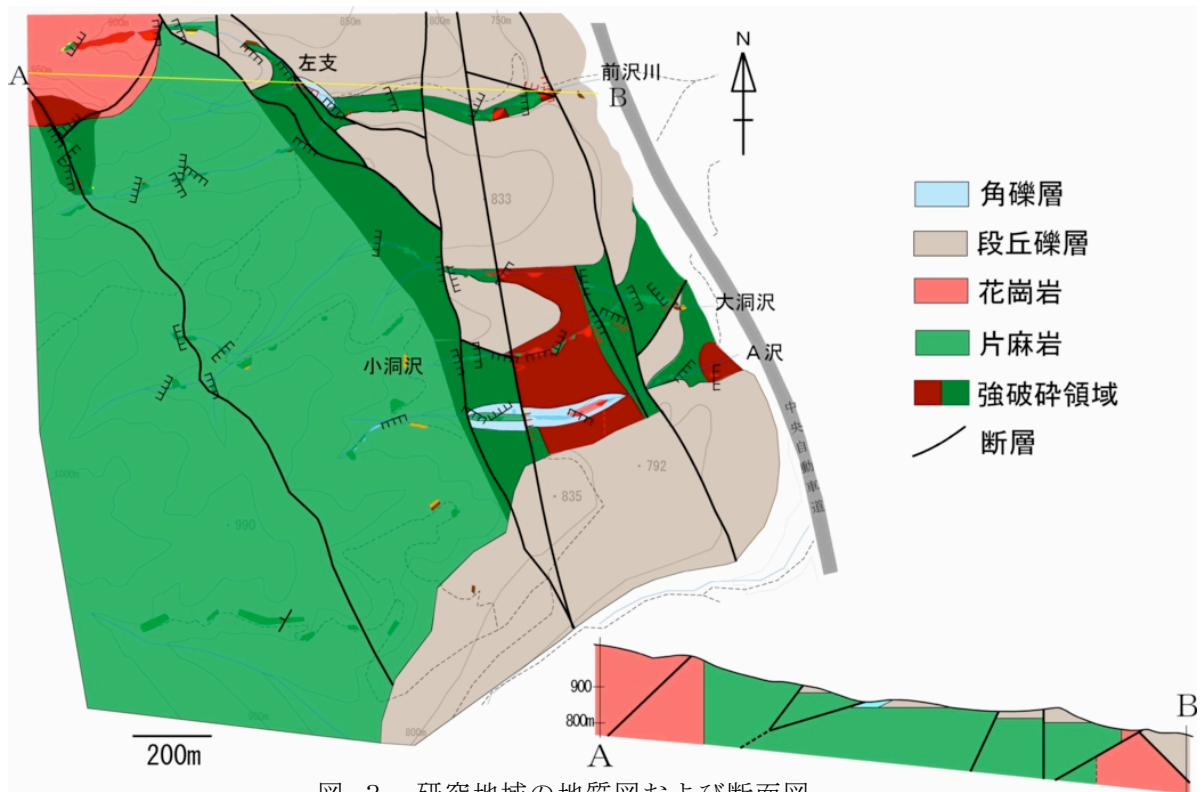


図-3 研究地域の地質図および断面図



写真-3 片麻岩

砂岩泥岩互層の堆積構造が残る。



写真-4 花崗岩



写真-5 段丘礫層

1.5mの巨礫を含む。



写真-6 火山灰層

御岳第1テフラ(右)と御岳伊那テフラ(左)がほぼ垂直な境界を介して接する。



写真-7 角礫層
火山灰層を覆う。



写真-8 崖錐堆積物



写真-9 古期河床堆積物

これらの変成岩類および花崗岩類は、研究地域の伊那盆地側の広い範囲にわたり、断層による著しい破碎を受けている(図-3)。

礫層は、木曾山脈から供給された扇状地性段丘堆積物で、領家変成岩類および領家花崗岩類を覆う。亜角～亜円礫で、礫のインプリケーションが認められる。また活断層周辺の標高 750m 付近には礫径が 1m を超える巨礫が集中し(写真-5)、基質は一部で粘土質となる。おもに砂を有する基質に変成岩類および花崗岩類を主体とする大小の亜角～円礫を含み、鳥居原礫層(松島・寺平, 1987)に対比される。

研究地域には、上記の礫層を覆う御岳伊那テフラ(約9万年前に降下)および御岳第1テフラ(約10万年前に降下)が見い出される(写真-6)。

また谷の底部ないし斜面には角礫層が露出する(写真-7)。鳥居原礫層に対比される礫層とは異なり、片麻岩の角礫のみからなる。シルト質の

砂からなる基質を伴う。角礫層はA沢で、御岳伊那テフラ(9万年前に降下)の上部に堆積する。

谷頭部および稜線付近には、火山灰質土壌と崖錐性の角礫からなる多孔質な崖錐堆積物が分布する(写真-8)。この中には、災害時にこの堆積物中に蓄えられた水が放出されたパイプが多数残されている。

各沢の上流部に、砂および角礫層からなる古期河床堆積物が存在する(写真-9)。成層構造が認められ、草本類を含む植物遺体を普通に含んでいる。層厚は最大 2.5m で、わずかに下流側に傾斜する。

研究地域には、大規模な破碎帯が広がると共に多数の断層が見い出される。この断層の中に、礫層および角礫層を切る活断層が4例見い出された。

4. 断層について

4-1. 活断層

前沢川標高 740m 付近(F-1.2)・前沢川左支標高 800m 付近(F-3)・洞沢標高 720m 付近において、3箇所4例の活断層露頭が新たに見い出された。これらの断層はいずれも第四紀の礫層および角礫層に変位を与えている。

(1) F-1(写真-10, 11)

前沢川標高 740m 付近に露出する。礫層と花崗岩の境界をなす活断層で、断層面の姿勢は N68° E, 70° N, 変位量は 5m 以上である。南側が上昇する運動センスを持つ。断層下盤の礫層には、礫の長軸が断層面に平行に配列しており、礫に脆性破壊が認められる。断層付近では礫層の基質がシ

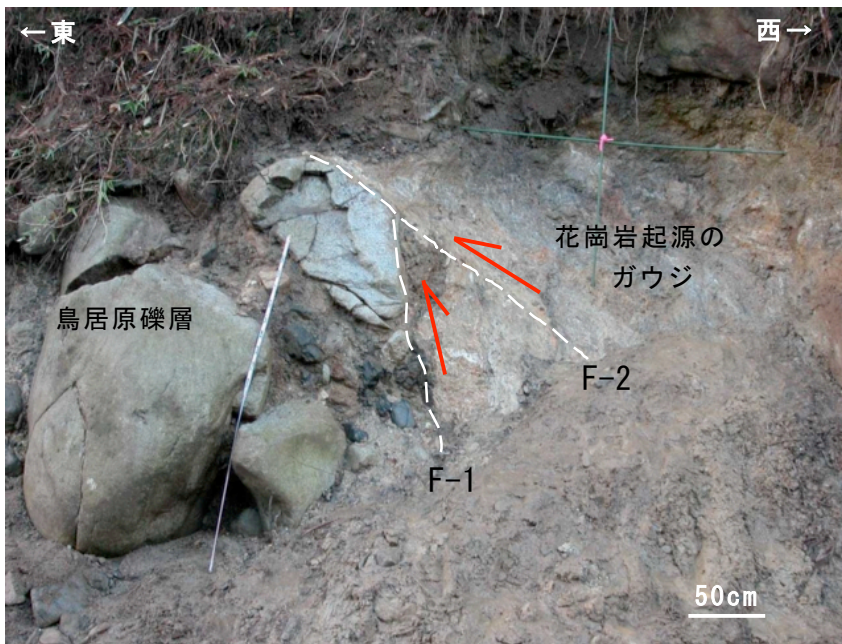


写真-10

断層 F-1.2 花崗岩が礫層に衝上する。
F-1 は F-2 に切られる。

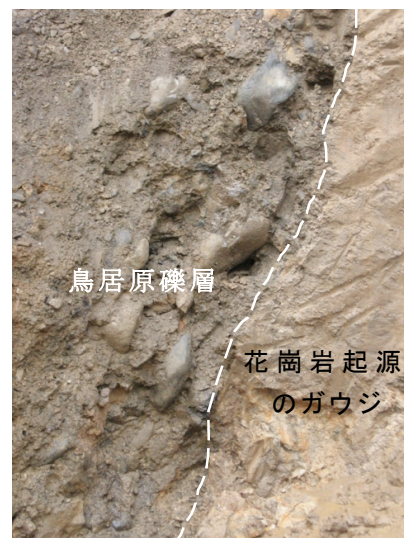


写真-11 断層 F-1

写真-4 の白枠の範囲
礫の長軸が断層に沿って並ぶ。



写真-12 断層 F-3

片麻岩が角礫層に衝上する。

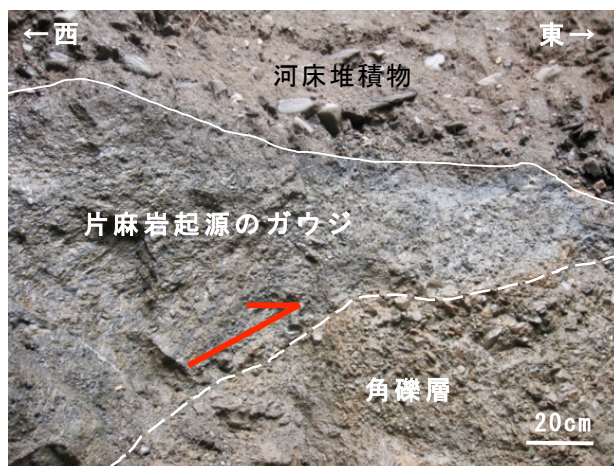


写真-13 断層 F-4

片麻岩が角礫層に衝上する。

ルト質になっている。上盤の花崗岩は、全体的に著しい破碎を受けガウジとなる。この活断層は同一露頭内において、F-2 に切られる。

(2) F-2 (写真-10)

前沢川標高 740m 付近に露出する。花崗岩中に形成され、断層面の姿勢は $N16^{\circ} W, 30^{\circ} W$ である。西南西側が上昇する運動センスを持つ低角逆断層である。断層の下盤は F-1 によって互いに接する花崗岩と礫層であり、上盤は花崗岩のガウジである。この断層は F-1 を切ることから、さらに新期の活断層である。この断層近辺の破碎帯中の断

層は、概して F-2 と同じ姿勢と運動センスを持つ。

(3) F-3 (写真-12)

前沢川左支標高 810m 付近に露出する。片麻岩が、片麻岩のみからなる角礫層に衝上する。断層の姿勢は $N76^{\circ} W, 40^{\circ} S$ で、南西側が上昇する運動センスを持つ。断層の上盤は片麻岩、下盤は片麻岩のみからなる。角礫層と片麻岩の断層角礫との区別は容易ではないが、角礫層の礫の角がやや円磨されていることと、少量の基質が見られることから、角礫層と片麻岩の境界は活断層と判断される。

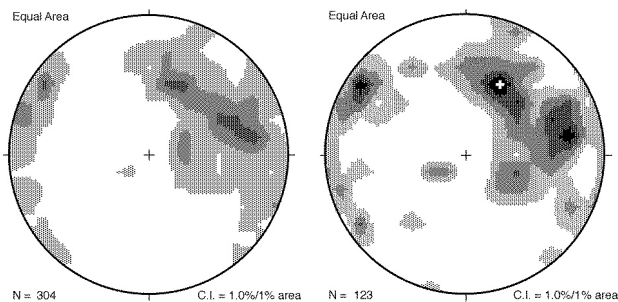


図-4 断層の姿勢(下半球等積投影)
 左：すべての断層
 右：幅 1cm 以上の粘土を伴う断層

(4) F-4(写真-13)

洞沢標高 720m 付近に露出する。断層面の姿勢は $N33^{\circ} E, 30^{\circ} W$ で、角礫層に西側の片麻岩が衝上する。片麻岩はガウジ化している。この断層の約 40m 下流側には、2 層の火山灰層が露出する。火山灰層の境界はほぼ垂直であり、断層による回転変位を受けていると考えられる(写真-3)。これらの火山灰層は御岳第 1 テフラと御岳伊那テフラに対比され、それぞれの降下年代が約 10 万年前と約 9 万年前であることから、断層の活動年代は約 9 万年前以降である。

研究地域では、上述の活断層以外にも多数の断層が発達し、幅広い破碎帯が形成されている。これらの断層の姿勢は、おもに(1)北北西-南南東走向、中角度傾斜、(2)北北東-南南西走向、高角度傾斜の 2 方向に集中する(図-4)。また低角度西傾斜の断層のいくつかにおいては、西側が上昇する運動を示す引きずり構造が見い出される。

5. 災害の状況

この地域では、平成 18 年 7 月豪雨における降水やそれに伴う土石流により、斜面崩壊、河床の洗掘、地すべり、地すべりによる土砂ダム、河床の埋積が生じた。今回前沢川において発生した災害に関連した現象を図 5 に示す。災害の詳細を上流から記述する。

(1) 崖錐堆積物

前沢川左支の谷頭部に近い標高 940m 付近において、災害時に緩やかな谷地形が崩壊したためにできた高さ 3m ほどの崖が形成されている(写真-14)。ここは火山灰を含む、砂と角礫からなる多孔質な崖錐性堆積物が厚さ 5m ほどの表土を構成

している。また、堆積物中の水の排出にかかわったと考えられる径 5～10cm ほどのパイプが 8 個以上見い出される。この最上部の堆積物から噴出した水が、前沢川左支における土砂災害において重要な役割を担った可能性がある。

(2) 河床の洗掘

前沢川左支および本流の標高 860m 付近で合流する支流の河床堆積物が流出した結果、花崗岩と粘土基質の礫層が姿をあらわしている(写真-15)。洗掘の規模は長さ 200m 以上にわたる。前沢左支 840m 付近では古期河床堆積物が洗掘され、高さ約 2m の小崖が形成されている(写真-19)。災害前には今回新たに現れた下流の基盤岩の上にも、同様の古期河床堆積物が存在していたものと考えられる。現在残存している古期河床堆積物は高さ 2.5m、幅は最大で 5m ほどであるが、流出した部分の体積はかなり大きなものであったと考えられる。

(3) 地すべり・土砂ダム堆積物

前沢川左支標高 860m 付近で幅 60m・高さ 30～40m の地すべりが生じた(写真-16)。ここでは植生をのせた土塊が移動・傾斜して残存している。この地すべりによって発生した土塊は一時的に沢を塞ぎ止め、小規模な土砂ダムと長さ数 m の湛水域を形成した。この湛水域は急速に土砂によって埋積された。

(4) 斜面崩壊

前沢川左支の標高 870m 付近の南側斜面に、高さ約 30m・幅約 15m の崩壊斜面が形成されている(写真-17)。斜面最上部には、段丘礫層を覆う厚さ 2m 以上の崖錐性の表土が堆積している。今回の災害では、この表土が大量の水を含み、崩壊・流出した。また、崩壊斜面对岸、河床から 5m ほど上方の斜面上に立つカラマツの樹幹の崩壊斜面側のみならず、根元から 10m ほどのところまで土砂の飛沫が付着している(写真-18)。このことは、崩壊斜面から一気に噴出し、斜面の表土を洗い流した泥水が対岸の斜面を駆け上がり、高さ 15m 地点にまで到達したことを示している。

(5) 古期河床堆積物

河床に厚さ 2.5m に及ぶ現河床堆積物よりもやや固結が進んだ古期河床堆積物が存在する(写真-9, 19)。最大 15cm ほどの亜円礫からなる礫層、砂基質の角礫層、上方細粒化を示す砂層、植物遺体を多量に含む暗褐色のシルト層などが、厚さ

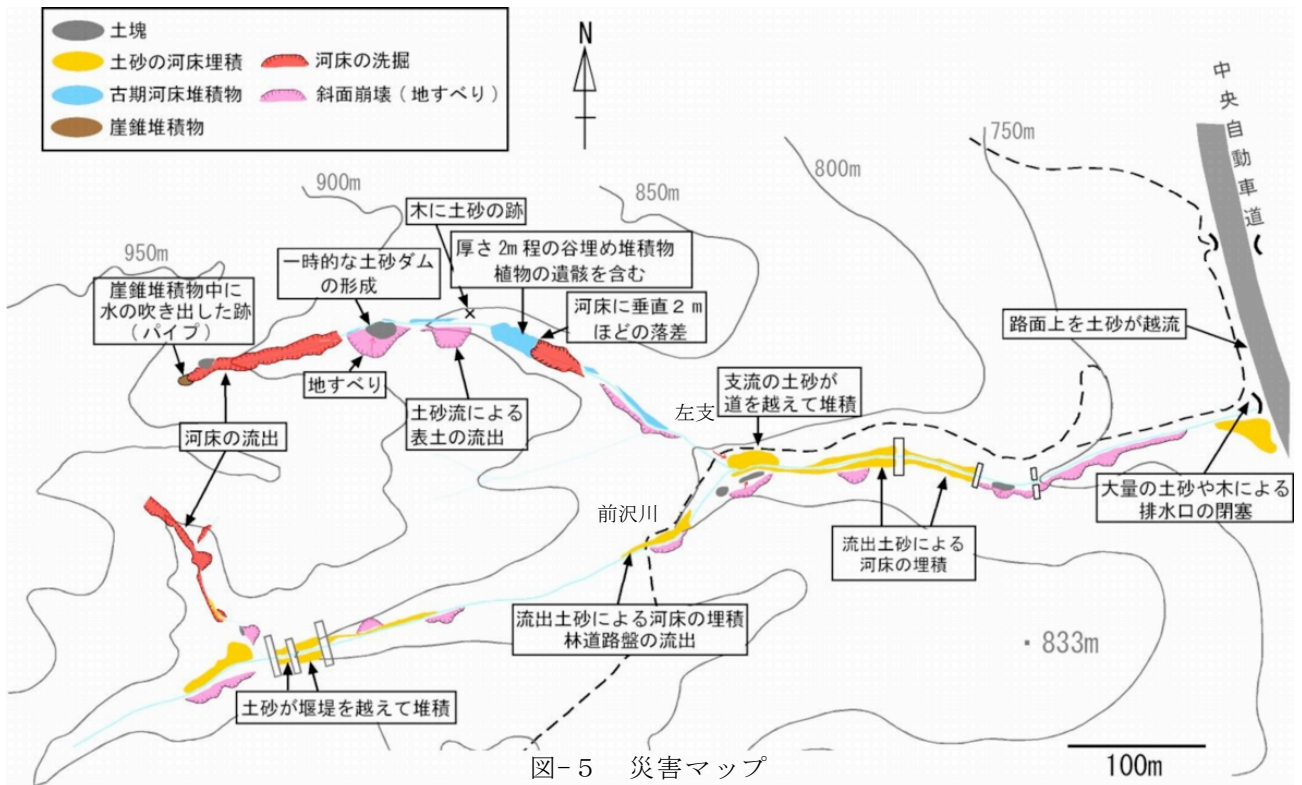


写真-14 崖錐堆積物
パイプが形成されている。



写真-15 河床の洗掘
花崗岩が露出する。



写真-16 地すべり。



写真-17 斜面崩壊
片麻岩を段丘礫層が覆う。



写真-18 土砂の飛沫が付着したカラマツ



写真-19 古期河床堆積物の断面



写真-20 土砂の河床埋積

10～30cm 程度の層理を示して重なっている。この古期河床堆積物は、比較的急な河川勾配を有する前沢川左支において、何らかの原因で一時的に細粒碎屑物が堆積可能な環境が形成されたことを示唆している。今回の災害において、地すべりにより小規模な土砂ダムが形成されていることから、これまでも地すべりによって停滞水域が形成されていた可能性がある。

(6) 土砂の河床埋積

上流での斜面崩壊や河床の洗掘により、前沢川本流および支流から発生した大量の土砂や流木は、林道や橋を越えて前沢川下流域に堆積した(写真-20)。堆積物には、最大径 1.5m に及ぶ岩塊や多量の流木が含まれている。堆積した領域は約 500m に及ぶ。

6. 考察

6-1. 断層の活動年代

研究地域には領家変成岩・太田切花崗岩・段丘礫層・火山灰層・角礫層・崖錐堆積物・古期河床堆積物が分布する。この地域の断層は、領家変成岩・太田切花崗岩を変位させているほか、一部で段丘礫層や角礫層を切る。

段丘礫層を切る断層は、前沢川の標高 740m 付近で段丘礫層と太田切花崗岩の境界をなす断層として見い出されている。この段丘礫層は鳥居原礫層に対比され(松島・寺平, 1986), 9 万年前ころから堆積が盛んになり、4～5 万年前まで堆積が続いた礫層であると考えられる。このことから、この断層は 9 万年前以降に活動したと考えられる。

角礫層を切る断層は、前沢川左支標高 810m 付近と洞沢標高 720m 付近の 2 箇所で見い出された。この角礫層は前述したように、御岳伊那テフラ(9 万年前の降下)の上部に堆積していることから、これらの断層はそれ以降に活動した。

6-2. 災害の発生要因

災害発生時(2006 年 7 月 19 日未明)以前の 17～19 日の 2 日間に、この地域の山麓では 500mm 以上の降水量があった(伊那谷の自然 第 127 号)。この地域の降水量は、大きな人的被害を出した岡谷市の例を約 200mm 上回っている。土砂災害の起きた伊那市西春近柳沢前沢川での流出土砂量は 7 万 5000m³(長野県土木部)で、今回の災害の起きた地域の中では最大であった。災害が発生した地域には、木曾山脈を形成する領家変成岩類、花崗岩類が広く分布している。この地域の領家変成岩、

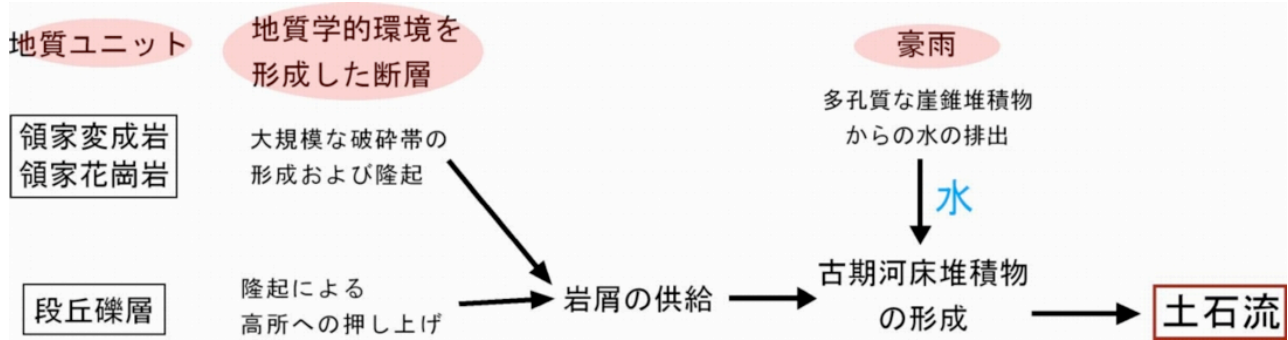


図-6 災害発生のメカニズム

花崗岩類は、今回見いだされた木曾山脈を隆起させた活断層を含む断層によって破碎された。破碎されたこれらの領家変成岩、領家花崗岩は、断層によって高所に持ち上げられ、現在も多量の岩屑を供給する素材が地形的高所に存在している。扇状地堆積物である鳥居原礫層を含む段丘礫層も、断層により高所に持ち上げられていた。このような条件で斜面崩壊や地すべりが生じた結果、谷筋には古期河床堆積物が形成されていた。また、谷の内部には、おそらく最終氷期(約2万年前)に多量の角礫が供給されることによって角礫層が形成されていた。さらに、谷頭部および稜線部から山腹上部にかけて、最近の降下火山灰を含む多孔質な崖錐堆積物が存在し、今回の豪雨において、多量の水を貯えることになった。

今回の土砂災害は、多量の降雨の結果崖錐堆積物中で支えきれなくなった水が一気に噴出し、急速に谷を流下する過程で河床に存在していた角礫層および古期河床堆積物を洗掘し、下流を襲ったものと結論づけられる(図-6)。

7. まとめ

- (1) 研究地域には、片麻岩(領家変成岩類)・太田切花崗岩(領家花崗岩類)・段丘礫層・火山灰層・角礫層・崖錐堆積物・古期河床堆積物が分布する。
- (2) 領家変成岩類および領家花崗岩類は、断層によって広範囲にわたり破碎されている。
- (3) 第四系である段丘礫層、火山灰層、角礫層は、活断層による変位を受けている。
- (4) 谷筋には多量の角礫層や古期河床堆積物が存在する。

- (5) 異常な降雨により、水を支えきれなくなった多孔質の崖錐堆積物が崩壊し、噴出した多量の水と、それによって浸食された古期河床堆積物が土石流となって下流を襲った。

謝辞

研究を進めるにあたって、伊那谷自然友の会松島信幸氏には調査に同行していただき、地質について多くのご教示いただいた。長野県伊那建設事務所所長山浦直人氏には、前沢川の調査において多くの面でご配慮していただくとともに、調査に同行していただいた。飯田市美術博物館の村松武氏には、現地で活断層について貴重なご助言をいただいた。また、信州大学理学部構造層位談話会の方々には調査に同行していただき、多くのご意見をいただいた。以上の方々に感謝申し上げる。

文献

- 1) 松島信幸(1995) 飯田市美術博物館調査報告書 3. 伊那谷の造地形史-伊那谷の活断層と第四紀地質-。
- 2) 松島信幸・寺平宏(1987) 伊那谷の第四紀礫層と火山灰層の年代について。下伊那教育会自然研究紀要, 9, 99-110。
- 3) 村山正郎・片田正人(1957) 5万分の1地質図幅「赤穂」地質調査所。
- 4) 領家研究グループ(1972) 中部地方領家帯の花崗岩類の相互関係。地球科学, 26, 206-216。
- 5) 信濃教育会下伊那部会(1924) 「下伊那郡地質志」, 古今書院, 208p, 25 図版。

(原稿受付 2008.3.3)