

4.2.1 白馬村・小谷村の斜面崩壊

(1) 北城(姫川右岸)の表層崩壊(ハスバートル)

姫川第二ダムの南側、姫川の右岸側斜面で複数の崩壊が発生した(図-4.2.1.1.1)。これらの崩壊の発生状況、地形・地質的な特徴について現地調査の結果に基づいてまとめた。

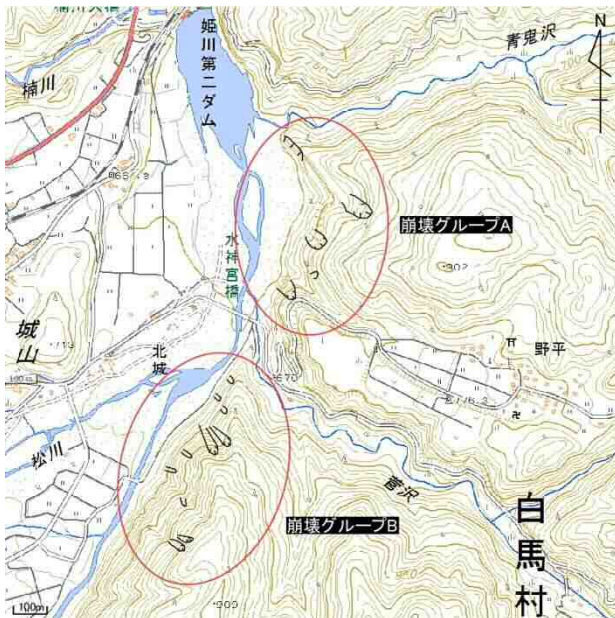


図-4.2.1.1.1 斜面崩壊箇所の位置図
(国土地理院地図閲覧サービスより作成)

(a) 崩壊の概要

姫川第二ダムのダムサイトから上流へ約 500 m の地点(崩壊グループ A とする)の西向き斜面で 5 箇所と、約 1.2 km 離れた地点(崩壊グループ B とする)の西向き斜面で 10 箇所の斜面崩壊が発生した(図-4.2.1.1.1)。

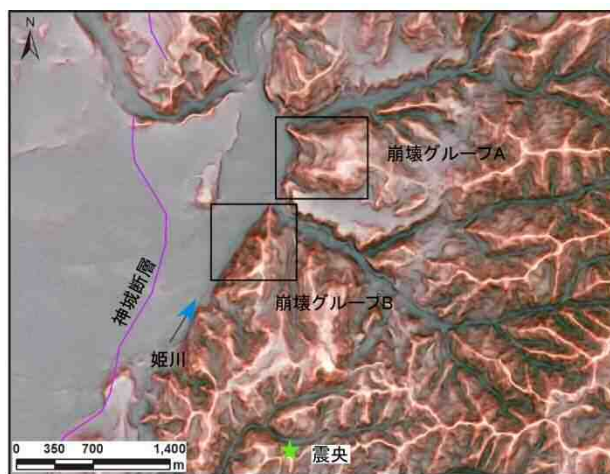


図-4.2.1.1.2 対象地の地形
(国土地理院 10 m より作成した赤色立体地図)

これらの斜面崩壊の発生位置は、震源断層とされる神城断層の東側、つまり上盤側に位置し、断層からの直線距離は崩壊グループ A が約 1.4 km、崩壊グループ B が約 0.8 km 離れており、震源断層の近傍で発生した。なお、これらの斜面崩壊は、今回の地震の震央より北側約 2~3 km の距離にある。

(b) 崩壊のタイプと規模

調査対象地の崩壊は、大部分は表層崩壊で、崩壊が繰り返し発生していた斜面で発生したと推定される。

崩壊グループ A では、崩壊が 5 つ発生した(写真-4.2.1.1.1)。崩壊 A-1 は、北西方向の稜線付近(標高約 700 m 付近)から発生したもので、斜面下部の崩壊土砂が限定的であることから、ごく表層の部分で発生したものと判断される。崩壊幅は約 70 m、高さは約 40 m である(写真-4.2.1.1.2)。崩壊 A-2 は、谷地形の標高 780 m 付近の遷急線付近から発生したものである。その背後も崩壊地形を呈しており、繰り返し崩壊していたと考えられる。空中写真(写真-4.2.1.1.1)から、発生土砂の一部が斜面内に残っており、一部が末端の狭窄部分を越え、河床付近で堆積していることがわかる。頭部では馬蹄形を呈し、崩壊土砂が谷地形沿いに下へ移動し、末端では流動に伴うような痕跡が見える。崩壊発生部の規模は幅が約 40 m、高さが約 90 m と推定される。崩壊は数 m の厚さがあると推定される。A-2 崩壊の南側(斜面から谷側に向かって左側)に、亀裂が発生しており(写真-4.2.1.1.1の赤い矢印)、不安定化していると考えられる。

A-3 は、A-1 より深いと考えられるが、A-2 より浅い表層崩壊と推測される。崩壊は標高が 720 m の遷急線付近から発生したと推定され、堆積土砂が少ない。また、斜面上に崩壊に伴う倒木が見える。崩壊の幅は約 40 m、高さは約 50 m と推定される。

崩壊 A-4 と A-5 は幅 10 m 程度の小規模なものである。崩壊 A-5 はやや凸型斜面で発生した表層崩壊である。崩壊の頭部は道路の路肩に当たる。

これらの崩壊は、いずれも斜面下部で止まっており、河川までは到達していない。



写真-4.2.1.1.1 崩壊グループAの全景
(地震直後にアジア航測が撮影した空中写真)

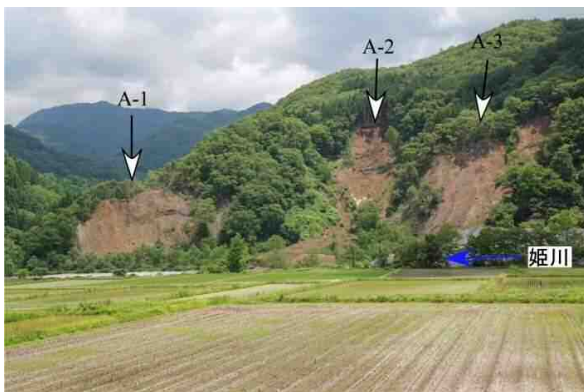


写真-4.2.1.1.2 崩壊A-1～A-3の全景



写真-4.2.1.1.3 崩壊A-4の全景



写真-4.2.1.1.4 崩壊A-1(拡大写真)

崩壊グループBでは、10箇所の崩壊が確認された。これらの崩壊は、姫川の右岸側の斜面で発

し、崩壊Aグループの南側に位置する。本崩壊グループでは、B-4、B-5とB-9、B-10を除けば、ほとんどが小規模なものである。

崩壊B-4とB-5は、標高約800mの遷急線付近の凸斜面から発生した。崩壊の最大幅は約30m、高さは約100mと推定される。なお、崩壊土砂量は限定的で、深さが1～2m程度の表層崩壊と考えられる。崩壊B-6は、対策した既存崩壊の一部が残っており、既存崩壊の一部が再崩壊したと考えられる(写真-4.2.1.1.5)。

崩壊B-9とB-10は、斜面上部の遷急線付近から発生したものである。崩壊の規模は幅が20～30m、高さが100m程度と推定される(写真-4.2.1.1.6)。

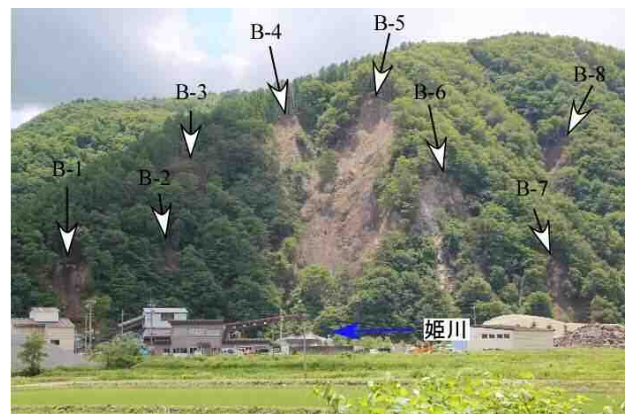


写真-4.2.1.1.5 崩壊B-1～B-8の全景

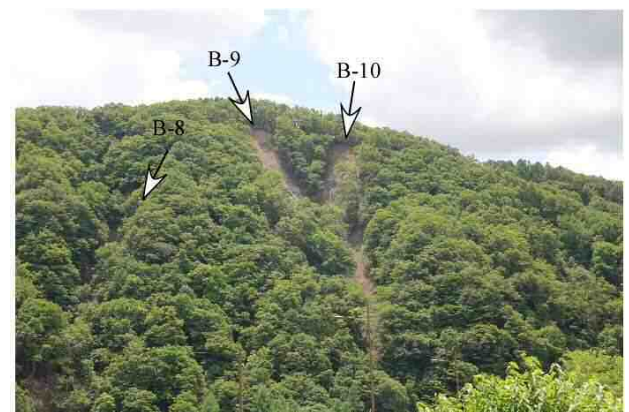


写真-4.2.1.1.6 崩壊B-9、B-10の全景

(c) 崩壊発生箇所の地形的特長

調査地の崩壊の地形的な特徴は、次のとおりにとまとめられる。

- ・ 稜線付近から発生した。
- ・ 表層部分で発生した。
- ・ 姫川の右岸側攻撃斜面で発生した。
- ・ もともと崩壊が繰り返し発生していた斜面

で発生した¹⁾。

- ・ 2015 年 6 月の調査では、崩壊の表面が乾燥しており、湧水などの痕跡が確認されなかった。
- ・ 崩壊発生箇所背後に亀裂等があり、今後とも後退して発生する可能性がある。

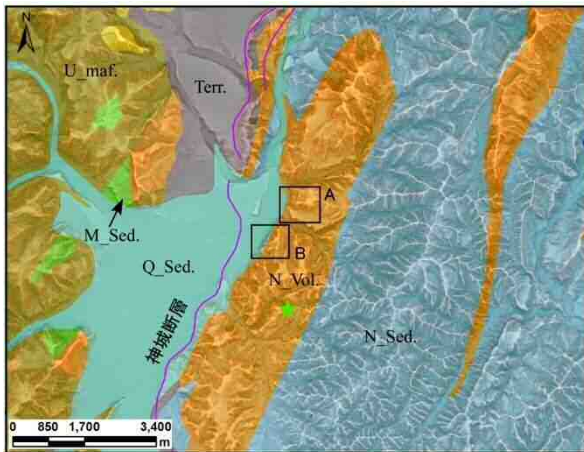


図-4.2.1.1.3 周辺斜面の地質
(産総研シームレス地質図²⁾より作成)

Terr. : 段丘堆積物 ; Q_Sed. 第四紀堆積岩 ; N_Sed. 新第三紀堆積岩 ; N_Vol. 新第三紀火山岩 ; M_Sed. : 中生代の堆積岩 ; U_maf. : 超苦鉄岩類

(d) 崩壊発生箇所の地質

崩壊発生箇所とその周辺の地質図を図-4.2.1.1.3に示す。崩壊グループAとBともに、新第三紀の火山岩類の分布域で発生したものである。調査地の東側の山地には新第三紀の堆積岩が広く分布するが、崩壊斜面のすべてが新第三紀火山岩類分布域である。しかし、崩壊後の斜面をみる限り、斜面構成物は礫状になっており、風化、破碎などが進んでいたことが推測される(写真-4.2.1.1.4)。

(e) 崩壊発生場所の特徴

今回の地震では、中越地震や長野県北部地震に比べて、崩壊や地すべりの数が少ない上、規模も小さい傾向が見られる。しかし、ここで記載した崩壊は、今回の地震により発生した崩壊全体の中で見て集中している。その理由としては、震源断層や震央から近いことが挙げられる。

これらの崩壊はいずれも震源断層の上盤側で発生した。これは、これまでの内陸地震で発生する逆断層地震による崩壊の分布の特徴³⁾と一致している。また、崩壊はほとんど斜面の遷急線付近

から発生しており、地震動の影響が推測される。

(2) 姫川第二ダム近くの道路の損傷(荒木)

長野県北安曇郡白馬村にある姫川第二ダム周辺では、道路の崩壊が確認された。姫川第二ダム自体への損傷は確認されなかった。写真-4.2.1.2.1に道路の崩壊概況を示す。向かってガードレールより右側は一級河川・姫川水系姫川が流れ、左側(山側)は鉄道大糸線が走っている。写真-4.2.1.2.1にブルーシートで覆われている部分について、沈下が確認できる。一方、それより左側(山側)は道路等の変状は特に確認できなかった。これは、ブルーシートで覆われている部分とそれ以外で被害に大きく差がでていることを示している。この沈下した部分は道路進行方向に対して延びており、道路拡張のための盛土部分と推測される。

写真-4.2.1.2.2は、写真-4.2.1.2.1の近くで、道路損傷と河川側のガードレールが設置してある擁壁を示している。この写真より、擁壁の高さに比べ擁壁周辺で地盤が沈下していることがわかる。2014年11月19日～22にかけて降水はなかった。不飽和地盤のゆすり込み沈下と思われる。



写真-4.2.1.2.1 道路進行方向に延びる崩壊



写真-4.2.1.2.2 道路沈下概況

(3) 通（かよう）の崩壊（大野）

通地区は、図-4.2.1.3.1に示したように姫川左岸の尾根地形の部分で生じた崩壊である（写真-4.2.1.3.1～写真-4.2.1.3.8）。後述されるが、圧倒的に右岸側での斜面崩壊が多いのに対して珍しく左岸側に発生している。

図-4.2.1.3.1に示したように、対策工の実施されているA地点の他に、規模はA地点より小さいが、B地点で小さな集水地形となっていてところの土砂流出（写真-4.2.1.3.4）、A地点よりは規模は小さいが、小さな尾根地形を示す部分の表層崩壊によるネットの破損が生じているC地点（写真-4.2.1.3.6）の3か所に斜面の変動が見られる。

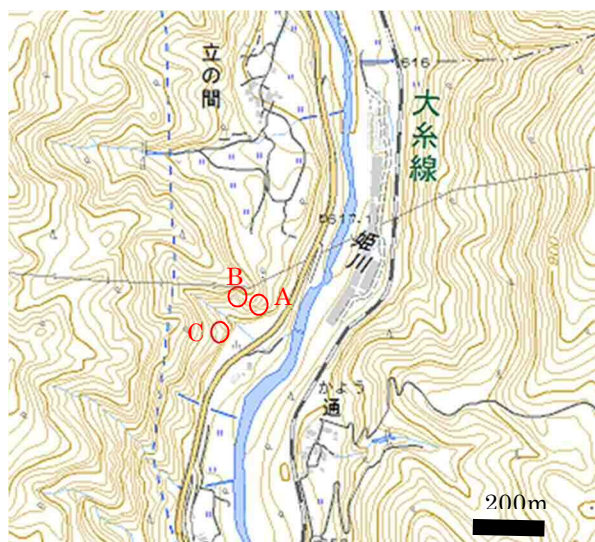


図-4.2.1.3.1 通地区の斜面崩壊位置図



写真-4.2.1.3.1 通地区の斜面崩壊全景（A地点）

A地点は、道路沿いということもあり、写真-4.2.1.3.2や写真-4.2.1.3.3にもみられるように、吹付法砕工、コンクリート法砕工、ロックボ

ルト工による対策工が実施されている最中である。これに対して、B地点やC地点については、対策工はまだ実施されていない。この2地点は道路から奥まった所の斜面変動であり、そうした点から当然のことながら優先度が低くなっているものと考えられる。

A地点およびC地点の崩壊は、尾根部の斜面の凸状部が崩壊したものと考えられる。写真-4.2.1.3.1や写真-4.2.1.3.6にみられるように凸状の痕跡が残っている。これまでも、斜面の凸状部や尾根近傍で地震動は増幅されることが知られている。また、写真-4.2.1.3.7にもみられるように割れ目系が発達している。この通地区は、シームレス地質図に示されるように、後期中新世～鮮新世の安山岩類が分布し、節理系が発達しているものと考えられ、写真-4.2.1.3.7や写真-4.2.1.3.8にみられるように一部開口してゆるんでいる箇所もある。尾根近傍の凸形状といった斜面形状の特性による地震動の増幅と節理系などの割れ目系の発達した岩が、こうした表層崩壊を引き起こす素因となったものと考えられる。

一方、B地点は小さな集水地形を示していることから、過去においても表層崩壊や崩積土の流出が降雨や地震などにより発生していたものと考えられる。なお、このB地点の崩積土の流出は、地震直後に発生したのか、地震後地盤が緩みその後の降雨などにより発生したのかまではわからない。同じように、C地点の表層崩壊も、地震直後か否かははっきりとはしないが、地震力を増幅しやすい地形と割れ目構造が起因となっていることは確かであろう。



写真-4.2.1.3.2 A地点の対策状況

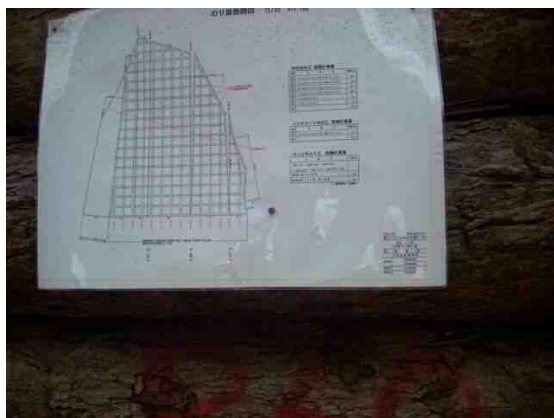


写真-4.2.1.3.3 道路側斜面の対策工展開図



写真-4.2.1.3.7 C地点の斜面崩壊部の拡大



写真-4.2.1.3.4 小沢の土砂崩壊（B地点）



写真-4.2.1.3.8 C地点の安山岩類の節理

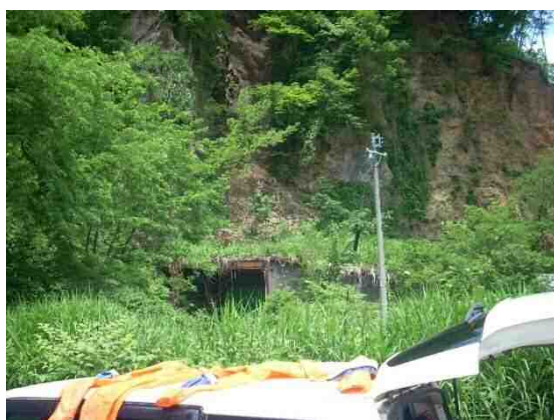


写真-4.2.1.3.5 B地点の崩壊部の拡大



写真-4.2.1.3.6 C地点の斜面崩壊全景

(4) JR 大糸線・滝ノ平付近の崩壊（美馬，後藤）

JR 大糸線の滝ノ平踏切付近で表層崩壊が 2 箇所発生した（図-4.2.1.4.1）．崩壊 A の状況を以下に示す．



図-4.2.1.4.1 表層崩壊箇所の位置図
（国土地理院地図閲覧サービスより作成）

1) 崩壊の概要

JR 大糸線の白馬大池駅から千国駅方へ約 800m 至った右側斜面で表層崩壊が発生した（写真-4.2.1.4.1）。崩壊の規模は、最大幅約 20m、高さ約 30m、深さ 1~2m（目測）と推定される。崩土は、急崖な斜面を流下し、斜面下方の道路および鉄道を埋めた（H26 年 12 月 6 日時点で崩土は撤去済みである）。



写真-4.2.1.4.1 全景

（写真右側、ネット掛けされている斜面が崩壊した）

2) 地形

地形図を図-4.2.1.4.2 に示す。対象地は、姫川の右岸斜面であり、地すべりブロックの末端部に位置する。末端部の擁壁（H=2~5m）や吹付法枠工等の構造物に新しい変状は見られないため（写真-4.2.1.4.2）、今回の地震においては地すべり本体の変動は無かったものと思われる。

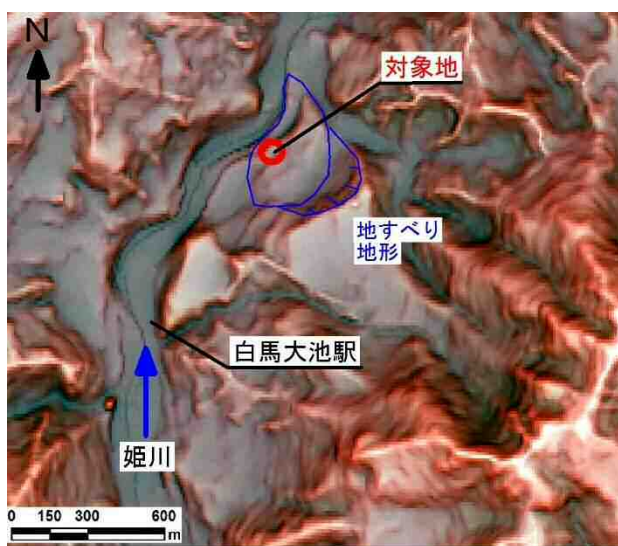


図-4.2.1.4.2 対象地の位置

原図は国土地理院 10m より作成した赤色立体地図（アジア航測提供）



写真-4.2.1.4.2 地すべり末端部の擁壁および吹付法
枠工に新しい変状無し

3) 地質と崩壊のすべり面

崩壊面は、礫（ $\phi 10\sim 30\text{cm}$ 主体）混じり土砂が露出しており、崩壊のすべり面はこの土砂層内に生じたと見られる（写真-4.2.1.4.3）。なお、崩壊斜面に向かって右側の湧水箇所（湧水多量）は、侵食により安山岩溶岩が露頭する（写真-4.2.1.4.4）。



写真 4.2.1.4.3 崩壊面の状況



写真 4.2.1.4.4 安山岩溶岩

4) 崩壊の特徴

周辺斜面の展開図（概要）を図-4.2.1.4.3に示す。この崩壊で見られた特徴は、崩壊範囲が隣接する吹付法砕工の境界に沿っていることである。この理由は剛性の高い吹付法砕工を設置したことにより、相対的に剛性の低い隣接斜面に崩壊を誘発させたと考察できる。メカニズムを以下に述べる。

- ① 剛性の高い吹付法砕工と剛性の低い土砂層とは、地震の震動に対する挙動が異なる。
- ② これに伴い、境界部に大きなせん断ひずみが集中し、境界部に破壊（亀裂）が生じる。
- ③ 亀裂を生じた境界部が右側部の滑落崖となり、崩壊した。

今後、剛性の異なる箇所が境界となる崩壊事例を集積し、検証することが望ましい。

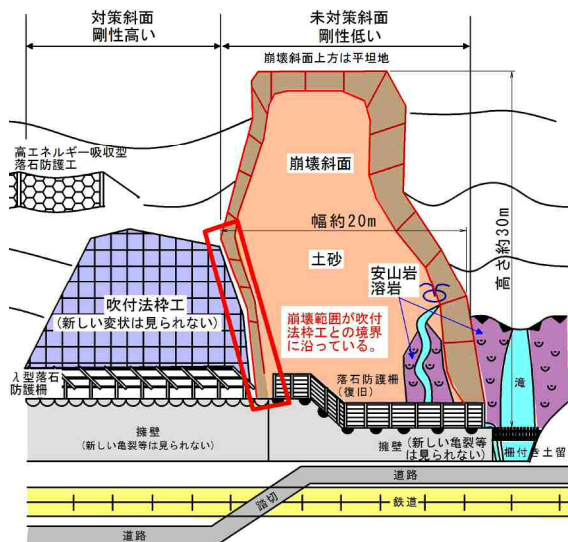


図 4.2.1.4.3 周辺斜面の展開図
(剛性の高い斜面と低い斜面を示す)

(5) カクレ沢の地すべり（櫻井、稲垣、上野）

カクレ沢は、姫川支流中谷川の左岸斜面に位置する小沢であり、地震により土砂移動が発生した。カクレ沢出口付近は、県道が通過しており、県道沿いに中谷東集落が発達している。そのために、土砂流危険渓流（カクレ沢）に指定されているほか、国土交通省所管の地すべり防止区域（市場一号）となっており、砂防施設や地すべり防止施設が整備されていた。

カクレ沢のある中谷川は、地質図⁴⁾からみると、断層に沿って発達した直線的な谷であり、主として第三系堆積岩が分布している。また、中谷川の

右岸側は流れ盤斜面、カクレ沢のある左岸側は受盤斜面である。中谷川流域には、地すべり地が多いが、左岸側は受盤斜面であるために、右岸側より地すべり災害は少なく、規模も小さいとされている⁵⁾。現地で顕著な露頭を確認することはできなかったが、粘土化した崩土中に泥岩（一部砂岩）の岩塊がみられることから、泥岩を主体とした堆積岩の分布地と考えられる。



写真-4.2.1.5.1 カクレ沢に見られる泥岩の岩塊

カクレ沢は、沢出口から斜面上端まで直線距離 0.7 km、標高差 300 m の短小な沢であるが、出口付近には、中谷川の河岸段丘上に、小規模な扇状地が形成されている。この扇頂部には、鋼製砕砂防堰堤が設置されている。また、流域のほとんどを地すべり地形が占めており、横孔ボーリング、水路（コルゲート）などの抑制工が施工されていたようである。地震では、この地すべり地形内の崩土が長さ 400 m、最大幅 200 m にわたり再移動したと見られ、移動土砂は砂防堰堤まで押し出した。移動した斜面は、標高 700 m 付近を境に、上部斜面と下部斜面に分けられるが、下部斜面は、2 筋に分かれて移動し、中央にスギ林からなる斜面が残っている。



写真-4.2.1.5.2 カクレ沢の全景
(対岸の八方岩の地すべりからの遠望)



写真-4.2.1.5.3 移動土砂を捕捉した砂防堰堤



写真-4.2.1.5.6 被災したコルゲート水路



写真-4.2.1.5.4 複数の滑落崖が発生した上部斜面



写真-4.2.1.5.7 下部斜面の状況



写真-4.2.1.5.5 被災した横孔ボーリング



上部斜面は、複数の滑落崖が階段状に発生しており、被災した横孔ボーリング、コルゲート水路が見られる。下部斜面は、比較的急斜であることから移動距離も大きく、周辺のスギ林に、移動土塊より先に停止した崩土がリッジ状に堆積している（側方リッジ）。また、移動した崩土中には、被災したコルゲート水路、ふとん簞がみられるほか、斜面上に成立していたスギの倒木が多数含まれている（写真-4.2.1.5.4～写真-4.2.1.5.8 参照）。



写真-4.2.1.5.8 下部斜面の側方リッジ

斜面末端の沢内は、移動土砂により埋没しているが、被災した床固工の一部がみられる。移動土砂（倒木を含む）の先端は、沢出口に設置されていた鋼製砕砂防堰堤（平成 11～15 年度施工、高さ 8m、長さ 137m）により捕捉されている。地震前の写真を見ると⁶⁾、砂防堰堤の背面には衝撃力を緩和するための盛土が施工されており、移動土砂の衝突による変状等は見られず、砂防堰堤は有効に機能している。なお、地震後の応急対策として、鋼製砕砂防堰堤の下流に、コンクリートブロック積が設置されている。

(6) 八方岩の地すべり（稲垣、櫻井、上野）

八方岩の地すべりは、図-4.2.1.6.1 に示したように本地震に誘発された斜面変動の中で最も大きなものであった（写真-4.2.1.6.1）。変動した土砂量は長野県による緊急調査において長さ 400 m、幅 400 m、深さ 10 m 前後の 1,600,000m³ と推定されているが、今後詳細な調査検討が行われることとなる。

八方岩地すべりは、もともと地すべり指定地となっていたもので、地すべり対策も随時行われていたところでもあった。地すべりの再活動は、地

すべりの頭部で落差 5～8m の動きが確認されたが（写真-4.2.1.6.2）、末端部では著しい押し出しは少なかった。したがって、この地震による再活動は地すべり全体を大きく動かすものでなく、地震による振動が大きくなる頭部で動き出したものの途中で停止したものと考えてよい。

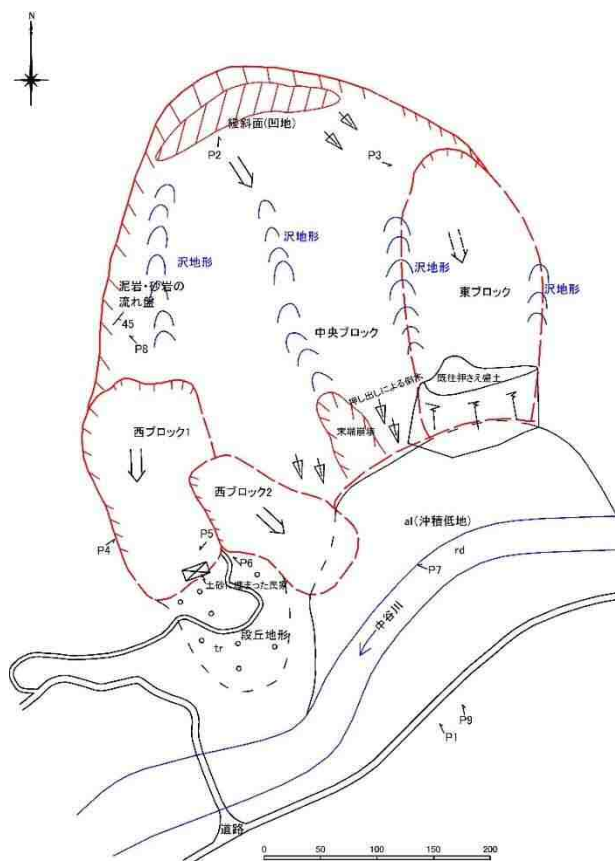


図-4.2.1.6.1 八方岩地すべり平面図

地すべり全体を詳細に見ると、全体ブロックとして中央ブロックがあり、上流側に東ブロックがある。この東ブロックは頭部に落差 1m 未満の段差が発生したが（写真-4.2.1.6.3）、未満部に押え盛土が施工されており、ほとんど活動していない。地すべり対策工が効果的であったといえる。

最も被害が多かったのは、下流側に分布する西ブロック 1 と西ブロック 2 であった。西ブロック 1 の移動土塊（写真-4.2.1.6.4）は、安定な地山と考えられる段丘地形上に乗る形で停止しているが、末端部にあった民家を押し潰してしまった（写真-4.2.1.6.5）。この民家は、本地すべり内では最も被災の大きかった民家である。西ブロック 2 は、西ブロック 1 の東側末端が崩れ落ち発生した 2 次ブロックであり（写真-4.2.1.6.6）、崩落土砂は下方の沖積低地まで達している（写真-

4.2.1.6.7). 中央ブロックでも軽微であるが、沢地形や地表の段差などの変状が認められ、末端部では崩壊と押し出しによる倒木などが観察される。調査地に地山の露頭は少ないので詳細は不明であるが、滑落崖の一部に N50E45S の流れ盤の泥岩と砂岩が分布しており(写真-4.2.1.6.8)、本地すべりが流れ盤の新第三紀層地すべりであることがわかる(写真-4.2.1.6.9)。今後、災害復旧に伴う詳細調査と追加の対策工の検討・施工が待たれる。



写真-4.2.1.6.4 西ブロック1の側方崖



写真-4.2.1.6.1 八方岩地すべり全景



写真-4.2.1.6.5 西ブロック1末端の押し出し（土砂によって潰された民家）



写真-4.2.1.6.2 中央ブロック頭部の滑落崖



写真-4.2.1.6.6 西ブロック2の2次崩落



写真-4.2.1.6.3 東ブロック頭部の変状



写真-4.2.1.6.7 西ブロック2末端の押し出し土砂



写真-4.2.1.6.8 滑落崖に露出する流れ盤の泥岩・砂岩



写真-4.2.1.6.9 降雪時の八方岩地すべり全景砂

【参考文献】

- 1) 防災科学技術研究所：神城断層地震調査報告 150113, 防災科学研究所ホームページ, 2015 (2015年6月29日閲覧).
- 2) 産業技術総合研究所地質調査総合センター (編) 20万分の1日本シームレス地質図 2014年1月14日版. 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2014.
- 3) ハスパートルほか：最近の逆断層地震により発生した地すべりの分布と規模の特徴, 地すべり学会誌, Vol.48, No.1, pp.23-38, 2011.
- 4) 長野県：土地分類基本調査「白馬岳」, 表層地質図 (5万分の1), 2011.
- 5) 小谷村誌刊行委員会：小谷村誌 自然編, pp.142-145, pp.178-181, 1993.
- 6) 姫川砂防事務所：北安曇郡小谷村(砂)カクレ沢における砂防事業の整備効果について, <http://www.pref.nagano.lg.jp/gijukan/documents/05hime.pdf>, 2015 (2015年5月確認).

4.2.2 斜面崩壊と地質・活断層の関係

(1) 斜面崩壊と地質の関係 (上野)

(a) 主な斜面変動箇所

① 国道148号白馬村立の間の崩壊 (通)

姫川左岸の尾根状に突出した傾斜70度の急崖斜面で発生した比較的小規模な崩壊である。割れ目の発達した安山岩の急崖が剥離崩壊したもので、崩壊土砂が国道上に堆積して通行止め(12月9日片側交互通行)となった。



写真-4.2.2.1.1 国道148号白馬村立の間の崩壊箇所

② JR大系線白馬大池・千国間の崩壊 (滝ノ平)

姫川右岸の傾斜60度の急崖斜面の遷急線付近から発生した比較的小規模な崩壊である。割れ目の発達した安山岩の急崖が剥離崩壊したもので、線路上に直接崩落したため不通(12月7日開通)になった。



写真-4.2.2.1.2 JR大系線白馬大池・千国間の崩壊箇所

③ 小谷村中谷東地区地すべり (カクレ沢)

姫川支流中谷川左岸の地すべり地形を示す斜面の滑動で、多数の倒伏した樹木とともに既設の鋼製砂防堰堤で動きが抑止されている。また、この堰堤直下には堆積土砂の流出対策としてコンクリートブロックによる堆積工が緊急に施工されている。



写真-4.2.2.1.3 小谷村中谷東地区地すべり

④ 小谷村中谷西地区地すべり（八方岩）

③の対岸斜面に当たり，やや規模の大きな地すべり地形（幅 400m，長さ 400m）の再活動と思われる，滑落崖の崩壊や開口亀裂が認められるが積雪のため全容の把握は困難であった．



写真-4.2.2.1.4 小谷村中谷西地区地すべり

⑤小谷村中通地先アンカー変状

姫川支流土谷川右岸の大規模地すべり地形の中腹側部にあたり，道路山側の土留め壁に設置されたグラウンドアンカーの多数が抜き出ており，切断されたものと思われる．



写真-4.2.2.1.5 小谷村中通地先アンカー変状

⑥その他

移動調査中に，姫川および中谷川沿いの斜面で表層崩壊を確認している．



写真-4.2.2.1.6 姫川第2ダム直上流左岸部の崩壊

(b) 斜面変動と地質の関係

上記の①および②のような岩盤急斜面の局所的な剥離崩壊に対し，③④⑤のような明瞭な地すべり地形を示す傾斜の緩い斜面での部分的な滑動がある．地質は前者が割れ目の密な安山岩，後者は泥岩主体の堆積軟岩でいずれも新第三紀の地質である（図-4.2.2.1.1）．

今回，JR 大糸線信濃森上駅の東方約 600m の地点（塩島地区）などで地震断層が確認されており，その走向延長は姫川流路や姫川断層にあたり，そのような部分で①②の岩盤斜面崩壊が限定的に発生したように見える．

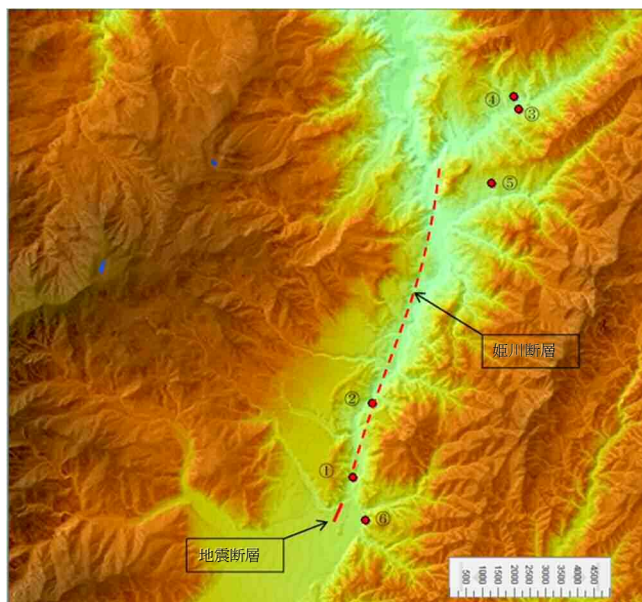


図-4.2.2.1.1 崩壊箇所および地震断層・姫川断層位置図（カシミール3D 使用して作成）

(2) 斜面崩壊と活断層の位置関係（稲垣）

活断層と斜面崩壊との関係について現地調査を行った．活断層が地震断層として地表に姿を現し

た過去の 2 つの地震断層についてまとめた結果は図-4.2.2.2.1 および図-4.2.2.2.2 のとおりである¹⁾。その結果、マスムーブメントは、活断層が正断層であるいわき地震 (M7.0, 震度 6 強) では 2 km までの範囲で発生し、土砂量 100 万 m³ を超える大規模なものは 0.5 km までの範囲にある。活断層が逆断層の長野県北部地震 (M6.7, 震度 6 弱) では、上盤側の 10 km までの範囲でマスムーブメントが起こり、特に大規模なものは 3 km までの範囲にあった。この 2 つ地震はいずれも M 6.7-7.0 程度の規模であり、震度 6 強から 6 弱を記録した。それに対して、今回の 2014 年 1 月に発生した長野県北部神城断層地震は M6.7 であり、震度 6 弱を記録した。神城断層は逆断層で東側が上盤側となる。

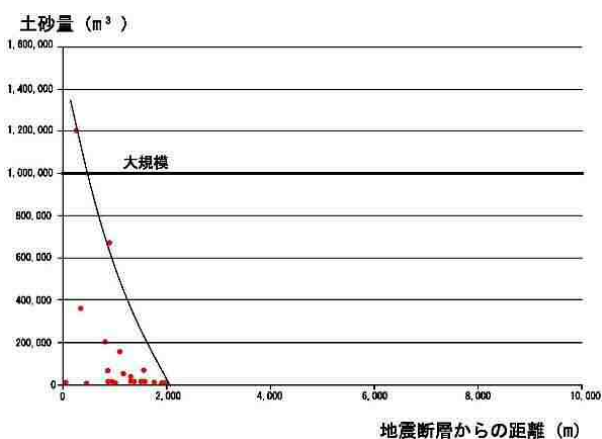
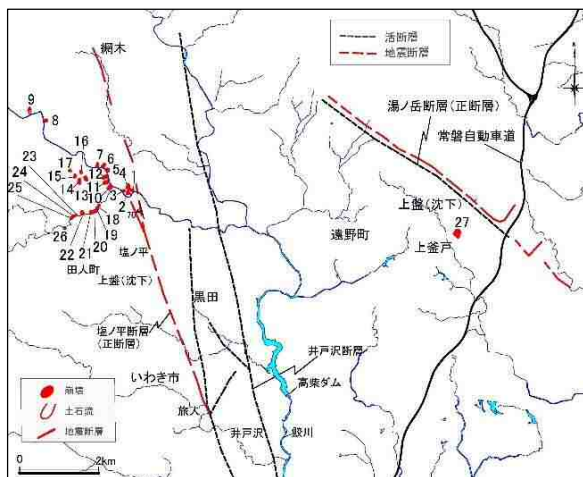


図-4.2.2.2.1 地震断層とマスムーブメントの関係
(2011 年 4 月いわき地震)¹⁾

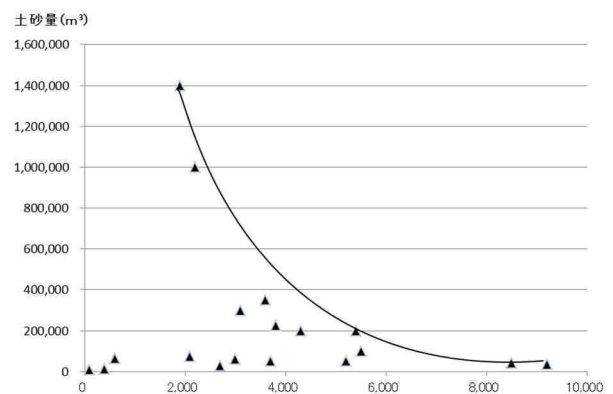
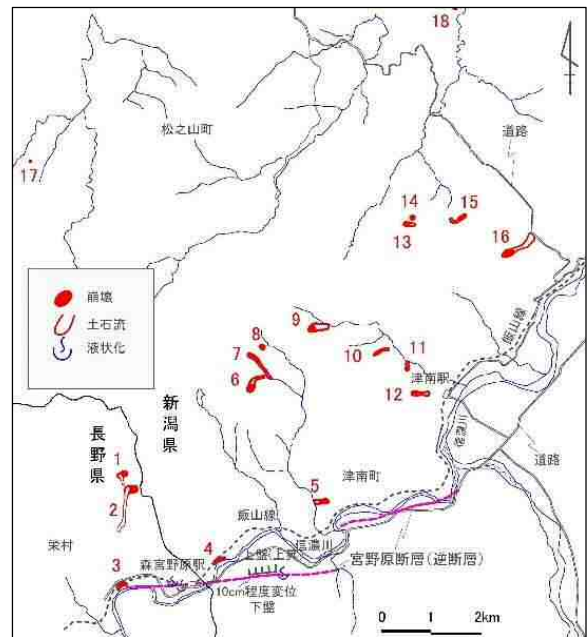


図-4.2.2.2.2 地震断層とマスムーブメントの関係
(2011 年 3 月長野県北部地震)¹⁾

現地調査 (降雪の前と雪隔け後の 2 回) と地震直後のアジア航測による航空写真²⁾, 既往災害調査結果³⁻⁵⁾などを基に活断層の位置と崩壊の位置を図-4.2.2.2.3 に示した。図-4.2.2.2.3 によると、規模の大きい斜面崩壊は 3 箇所程度 (土砂量 160 万 m³ 前後の八方岩, 土砂量 102 万 m³ 前後のカクレ沢, 土砂量 20 万 m³ 前後の野平) で、小規模な崩壊が多く、抽出できた斜面崩壊の土砂量は 5000 m³ 以下の表層崩壊がほとんどであり、計 77 ヶ所であった。この中には、国道 148 号線を閉鎖させた斜面崩壊 (通) や JR 大糸線を不通とした斜面崩壊 (滝ノ平) も含まれている。

神城断層が出現した調査地南側では断層の上盤側を中心に崩壊が発生している。神城断層が出現しなかった調査地北側でも、神城断層の延長沿いの上盤側に斜面崩壊が集中していた。地震の余震分布もこの斜面崩壊の分布とよく重なって

る．地震の余震分布は一般に本震の地下の断層と一致するといわれているので，この北側延長部の余震分布の西端で国土地理院の観測した SAR 干渉縞の境界に沿った姫川沿いに神城断層が伏在している可能性があると考えている．

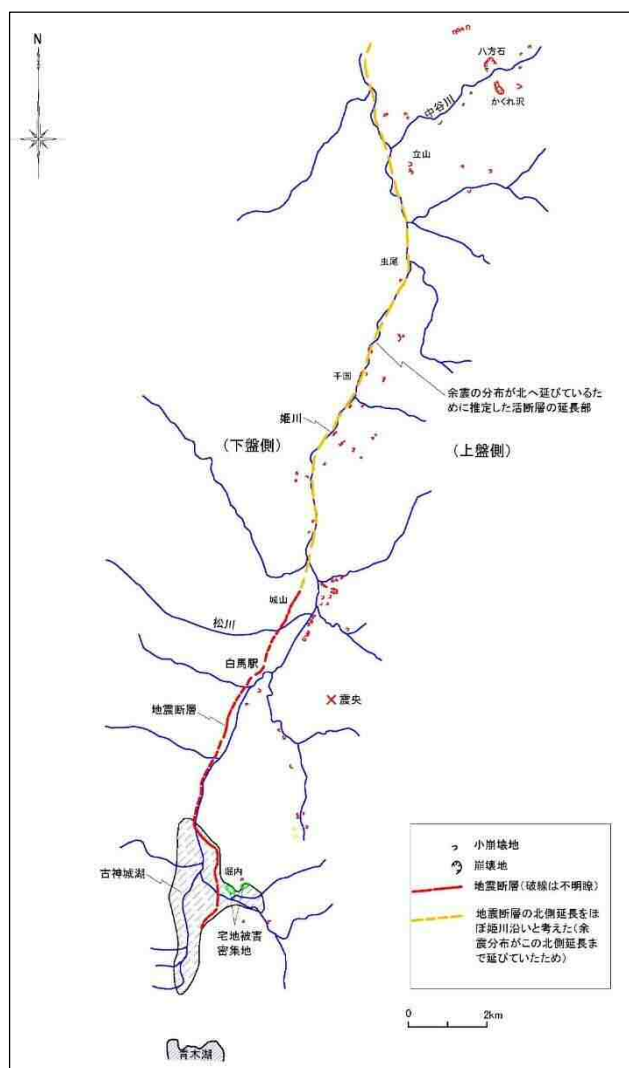


図-4.2.2.2.3 2014 年 11 月長野県北部神城断層地震の活断層と崩壊地の分布

崩壊の規模と神城断層（北側伏在部も含めた）との距離を測定すると図-4.2.2.2.4 のようになる．斜面崩壊は，概ね断層から 5.0 km の範囲にあり，100 万 m^3 を越える規模の大きな崩壊は 3.5 km 以内で起こったことになる．つまり，この結果は，同じ逆断層センスの 2011 年長野県北部地震の結果と整合的である．ただし，地震断層の北方延長からやや離れた八方岩やカクレ沢等に規模の大きな崩壊が発生したことや，調査地から 10-30 km 東方の長野市付近でも斜面崩壊の報告があり，今回の地震では，特殊な地質や地質構造によっては断層から離れた箇所でも斜面崩壊が発生する

可能性を示している．2004 年に発生した新潟県中越地震の際にもこのような傾向があり，今後の課題といえる．

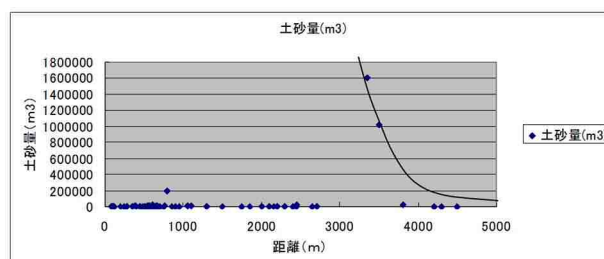


図-4.2.2.2.4 2014 年 11 月長野県北部神城断層地震の活断層と崩壊地の距離の関係

(3) 活断層と姫川第二ダムとの関係（大野）

活断層と既往ダムとの関係について現地調査を行った．姫川第二ダムは 1935 年（昭和 10 年）に完成運用された発電用ダムで，現在中部電力が管理している．ダム高さは 15 m に満たない重力式コンクリートダムである．現在の最大出力は 1 万 4,400 キロワットとされている．

今回姫川第二ダムに着目したのは，前項の活断層と崩壊地との関係と同様，既設ダムの活断層による影響（例えば，地盤のずれ（変位）による構造物の破損・損壊）を把握しておくことが，構造物設置のための活断層の考え方に資するものと考えたためである⁶⁾．

姫川第二ダムは，図-4.2.2.3.1 に示すように，地震断層の北側延長をほぼ姫川沿いと考えると，その極近傍（断層から半径 300 m 以内）に位置するダムとなる．

これほどの近傍で，また，余震域が姫川沿いに延びていたにも拘らず，姫川第二ダムに大きな被害はみられなかった．ダムの周囲は，後期中新世～鮮新世の非アルカリ苦鉄質火山岩類（安山岩，玄武岩類）が分布し，本ダム堤体部はこの火山岩類の基盤部に設置したものと考えられ，本地震断層によるダムの破損・損傷は直接的にはなかった．

姫川第二ダムは昭和 10 年に完成し，それから 80 年の歳月が経ち，コンクリートそのものには経年劣化も見られる．しかし，近年でも，長野県北部地震（2005 年 4 月 23 日：M4.1），長野県・新潟県県境付近地震（2011 年 3 月 12 日：M6.7），長野県北部地震（2012 年 7 月 10 日：M5.2），そして今回の長野県北部地震（2014 年 11 月 22 日：M6.7）があるが，そうした数多くの地震を経て現在に至っているが，堤体に直接的な地震による損

壊等は見られない。

今回の神城断層と崩壊地の関係をみると、前項に示されるように、調査地南側も北側も神城断層の上盤側で多くの斜面崩壊が発生している。この姫川第二ダムの堤体位置も神城断層延長沿いの上盤側に位置する。すなわち、斜面崩壊の発生しやすい側にダム堤体は位置していたことになる。他にも、ダム周辺の道路の盛土が崩壊・損傷するなどの状況が見られた。それでもダム堤体そのものには大きな被害はなく、健全に運用されていたという事実は、どのように考えればよいであろうか。最近、様々なダムの情報として、「ダムにおける第四紀断層調査」の結果などが公開されている^{7),8)}。こうした第四紀断層調査では、ダム構造物に損壊・損傷を及ぼすような“要注意な第四紀断層”を問題とし、それがダム近傍（半径 300m 以内）に存在するときには、ダム位置の変更などを検討することとなっている。一方、今回の神城断層の地表地盤のずれが生じた箇所の北端から考えた場合、その北端からは約 1000 m の距離にダム堤体は位置する。羽田⁹⁾は、昭和 5 年の北伊豆地震の丹那トンネルについて、「トンネル覆工に生じた大きな被害は、主断層から約 600 m までであった」とし、「このような事実から、丹那断層のような A 級の活動度の活断層では、断層線上から数 100 m の範囲まで重要施設の建設は避けた方が望ましい」と述べている。すなわち、丹那断層の例から見ても姫川第二ダムは、極めて微妙な位置にあったことになる。この姫川第二ダムの例のように、重要構造物は活断層からどの程度離すべきなのであるだろうか。今後、様々な事例を積み重ねて検討していく必要がある課題ではないかと考えている。



写真-4.2.2.3.1 姫川第二ダム（平成 27 年 6 月 20 日撮影）



写真-4.2.2.3.2 ダムのゲート部



写真-4.2.2.3.3 ダムのゲート底部の状況



写真-4.2.2.3.4 ダムの左岸部



写真-4.2.2.3.5 ダムの右岸部



写真-4.2.2.3.6 ダムの放流状況

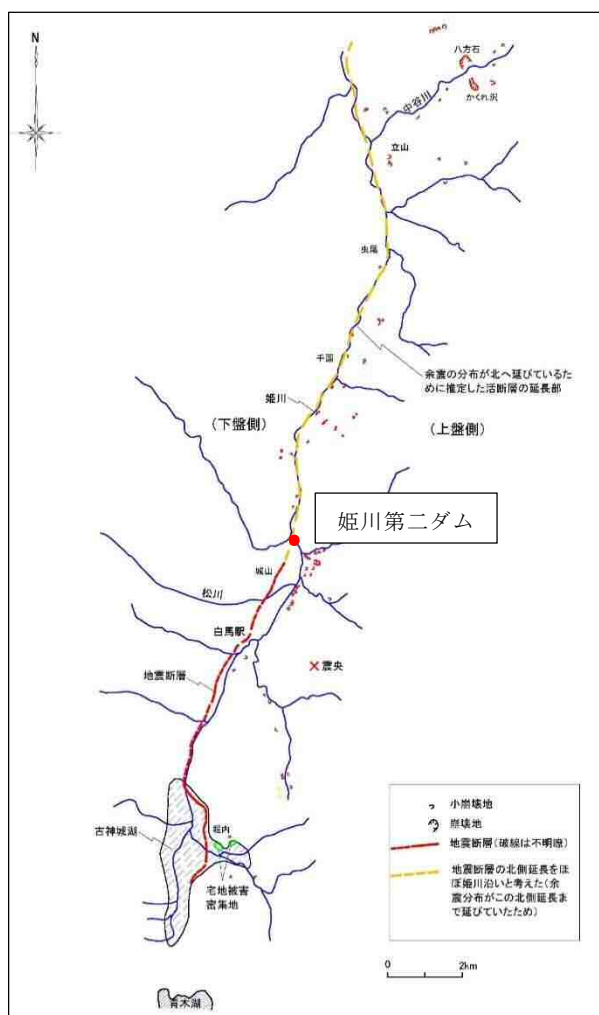


図-4.2.2.3.1 2014年11月長野県北部神城断層地震の活断層と姫川第二ダム（基図は図-4.2.2.2.3）

(4) まとめ（鈴木）

今回の地震では、平成16年新潟県中越地震や既往の長野県北部を震源とする地震に比べて、崩壊や地すべりの数が少なく、規模も小さかった。ただし、その中でも規模の大きい斜面崩壊が3箇所程度発生した（土砂量160万 m^3 前後の八方岩、土砂量102万 m^3 前後のカクレ沢、土砂量20万

m^3 前後の野平）。また、砂防堰堤が地震によって移動した土砂を有効に捕捉しているケースが認められた。

これらの崩壊はいずれも震源断層の上盤側あるいは震源断層の延長上で発生しており、これまでの内陸地震で発生する逆断層地震による崩壊の分布の特徴と一致していた。また、崩壊はほとんど斜面の遷急線付近から発生しており、尾根付近での地震動の揺れが大きかったことが推測される。

今回の地震では、震央から離れた箇所で相対的に規模の大きな崩壊が発生したのが特徴であった。このことは、地質や地質構造によって震源断層から離れた箇所でも斜面崩壊が発生する可能性があることを示唆している。

【参考文献】

- 1) 稲垣秀輝：活断層からの距離とマスムーブメントの規模との関係，応用地質，Vol.56，No.1，pp.15-20，2015.
- 2) <http://www.ajiko.co.jp/article/detail/ID50T153VIT/> (2015，6月時点)。
- 3) 小松原琢・八木浩司・宮地良典・水野清秀：2014年11月22日長野県北部の地震による小谷村中谷地区および白馬村堀之内地区の地すべりと側方流動，日本地すべり学会誌，Vol.52，No.1，pp.36-39，2015.
- 4) 古谷元他：2014年11月22日長野県北部を震源とする地震で発生した斜面災害の概要，日本地すべり学会誌，Vol.52，No.1，pp.40-43，2015.
- 5) 梅崎健夫・河村隆：2014年11月22日長野県北部を震源とする地震の被害状況（速報），土木学会誌，Vol.100，No.2，pp.4-7，2105.
- 6) 大野博之他：最終処分場の第四紀断層調査について，第50回地盤工学会研究発表会講演集，2015.
- 7) 長野県：ダムにおける第四紀断層調査，https://www.pref.nagano.lg.jp/kasen/infra/kasen/dam/documents/03dai4kidansoutyousa_1.pdf (2015年6月30日閲覧)。
- 8) 国土交通省九州地方整備局：立野ダム建設事業の検証に係る検討「立野ダム周辺及びダムサイトの地形・地質概要」，平成24年10月，http://www.qsr.mlit.go.jp/s_top/jigyo-hyoka/121029/tateno/siryoku_7.pdf (2015年6月30日閲覧)。
- 9) 羽田忍：いわゆる活断層の工学的問題点と取

扱い，応用地質，第22巻，第1号，pp.17-31，
1981.