

新潟県中越地震による土砂災害

新潟大農 川邊 洋・権田 豊、新潟大災害セ 丸井英明・渡部直喜、静岡大農 土屋 智
信州大農 北原 曜、国交省国総研 小山内信智、(独)土木研究所 笹原克夫
(財)砂防・地すべりセ 中村良光、日本工営 井上公夫、アジア航測 小川紀一郎・小野田敏

1. はじめに

平成 16 年 10 月 23 日 17 時 56 分に新潟県中越地方において M6.8 の地震が発生、その後も震度 6 強を複数回観測するなど、活発な余震活動が続き、各地で甚大な被害が生じた。本地震は、全国でも有数の地すべり地帯である新潟県山古志村の直近で発生し、多数の斜面崩壊・地すべりを引き起こした。国土交通省によると、1,662 箇所が斜面崩壊・地すべりが発生、土砂量は全体で約 $7 \times 10^7 \text{ m}^3$ に達すると推定されている。土砂量 10^6 m^3 以上の大規模な崩壊・地すべりが 10 箇所あり、そのうち 5 箇所は芋川流域に集中している。また、芋川流域では本流支流を合わせて 30 箇所以上で天然ダムが形成されており、緊急の対応が採られた。

2. 地震の概要

防災科学技術研究所の K-NET によると、十日町で最大加速度 1750gal、最大速度 65.6cm/s (3 成分合成)、小千谷で 1500gal、136cm/s (同) を記録した。これらの記録は、信濃川の厚い堆積で増幅されたものであるが、兵庫県南部地震の最大加速度 818gal、最大速度 92cm/s と比べても、いかに大きな地震であったかが分かる。波形記録から読み取った主要動の周期は、小千谷で 0.6 秒程度であった。ただし、山地災害の集中している東山丘陵とは表層の地質条件が全く異なり、東山丘陵の表層に伝わってきた地震動を推定する際の参考にはならない。

震源過程の解析によると、断層の破壊は震源から浅い方へそして北北東方向に伝播していった(東大地震研による)。アスペリティ(固結強度の強い部分、破壊に伴い強い地震波を出す)は川口町北部の地下と栃尾市半蔵金のやや北寄りの地下の 2 箇所があり、川口町の地下で強い地震波を発生させて始まった破壊が、山古志村の地下を通して北北東に伝播していき、半蔵金北方でまた強い地震波を発生させて停止したことを示唆している。

3. 斜面崩壊・地すべり多発地域の地質と地形

山古志村をはじめとする斜面崩壊・地すべりの多発地域は、北北東-南南西に標高 400 m ~ 700 m の峰々が連なる東山丘陵に位置する。丘陵の中心部には芋川が北から南に流れ、魚沼市の旧堀之内町竜光地区で魚野川に合流している。東山丘陵には第三紀鮮新世~第四紀更新世の地層が分布し、岩相は主として泥岩、砂岩泥岩互層および砂岩である。丘陵北部には局所的にデイサイトと安山岩がみられる。地層は北北東-南南西方向に延びるいくつかの背斜と向斜に支配され、大局的には北北東-南南西方向の走向を有している。

川口町~旧堀之内町(魚沼市)を流れる魚野川を挟んで、東山丘陵の南に位置する魚沼丘陵は、東山丘陵とは一連の地質体であるが、やや古い第三紀中新世~鮮新世の地層が分布している。

4. 斜面崩壊・地すべりの分布と形態

斜面崩壊・地すべりの分布は、今までの多くの例に漏れず、本震直後の余震域すなわち震源域とよく重なっている。とくに斜面崩壊・地すべりが集中しているのは、余震域でも震源より北の 10km × 5km の範囲である。このように、斜面崩壊・地すべりの分布域が震源の北側の東山丘陵に偏在しているのは、前述の通り、断層の破壊過程や東山・魚沼両丘陵の地質の違いが影響しているのかもしれない。

山古志村で発生した多数の斜面崩壊・地すべりの形態は以下のように分類される。

- (1) 標高の高い、尾根付近の急斜面における崩壊
- (2) 河川沿いの溪岸における崩壊
- (3) 両者の中間に位置する比較的緩い斜面における地すべり

- (3-1) 流れ盤地すべり
- (3-2) 崩土が再移動した地すべり

(1) の崩壊は、地震時の崩壊の典型的なものであり、急傾斜の尾根部や山頂部などの凸型斜面での崩壊である。一般に面積は大きいのが、崩壊深が 0.3 ~ 1.5 m と浅い崩壊が多く、個々の土砂量は比較的少ない。したがって、尾根部での発生のため保全対象が遠いこと、崩壊土砂量が少ないこと、また降雨による崩壊ではないので土石流化していないことなどにより、(1) のタイプの崩壊そのものによる被災事例はそれほど多くない。

また中越地震では、(3) の形態の地すべりが多数発生している。大規模かつ深い地すべりが多い。もともとこの地域は、第三紀層地すべりで有名な場所であり、錦鯉の養殖も地すべり地特有の緩傾斜地で透水性が悪い土壌条件のため発達してきた経緯がある。集落や田畑も地すべり地に形成されており、そのような古い地すべり地を地震動が再活動させたとみられる。

5. 芋川流域の斜面崩壊・地すべりと天然ダム

今回の災害で特徴的なことは、地すべり崩土が河道を閉塞して天然ダムを形成したことである。芋川流域で形成された天然ダムの主要なものは、本流上流から、寺野、南平、檜木、東竹沢、十二平の 5 箇所である。このうち規模の点からとくに重要なのは、東竹沢地区と寺野地区である。

東竹沢地区：芋川の支流前沢川との合流点直下流左岸側斜面が、延長約 350m、幅約 300m、推定移動土砂量 100 万 m³ 以上の地すべりを起こし、対岸に乗り上げて停止、芋川本川を閉塞した。閉塞距離は約 350m、閉塞土塊の高さは 25m 以上にも及び、上流側には約 200 万 m³ 以上の湛水池ができた。

基岩地質は砂質シルト岩および中粒～細粒砂岩の互層からなっている。頭部には比高約 25m、傾斜約 25°、移動量約 70m の滑落崖が形成されており、その延長は約 100m に涉っている。滑落崖に露出しているすべり面は一枚岩状を呈し、その走向、傾斜は、N12° E、20° W である。細粒砂岩層上のすべり面は、厚さ数 mm の薄い固結したシルト質粘土で形成され、条痕が認められる。シルト質粘土、細粒砂岩層いずれも灰色を呈し、常時地下水位の下にあったものと考えられる。このすべり面を境として、上位の砂岩層が地すべり移動体となった、いわゆる「流れ盤地すべり」である。

地震以前の空中写真の判読から、今回滑動した地すべりの背後には明瞭な地すべり地形が認められる。滑落崖背後の山腹斜面上には、今回の滑落崖とほぼ平行に開口亀裂が存在する。この中には古いものもあるが、今回の地すべりにより発生したと思われる幅 40cm 程度の新しい亀裂も見られ、斜面そのものが今でも極めて不安定な状況にあることが推測された。

寺野地区：当地区では右岸側に 3 箇所の溪岸崩壊（最大のもの、長さ約 100m、幅約 110m、比高約 50m）、左岸側に 1 箇所地すべりが発生し、芋川の河道を閉塞した。当地区の右岸側は、上部斜面が緩勾配で谷部では地すべり地形を呈し、その下は芋川の活発な下刻作用により、侵食前線以下が急勾配の侵食崖となっている。その侵食前線より下で崩壊が発生している。また、左岸側の地すべりの規模は、延長約 360 m、幅約 230 m、推定移動土砂量 10 万 m³ 以上、移動距離は 30 m 程度である。

この地すべりも地形的に見ると、東竹沢と同様、古い地すべり地に発生しており、輪郭がほぼ一致している。地すべりの発生した斜面は、向斜軸の軸部付近に位置するため、基岩の走向、傾斜は N70°～80° W、10°～15° S となっており、地層の傾斜方向は地すべり斜面の傾斜方向と斜交している。地すべり地の基岩地質は、主として砂岩主体の砂岩シルト岩互層である。

6. 山古志村朝日川上流域の斜面崩壊・地すべり

竹沢地区：流域全体としては、芋川流域と比べて平坦な地形であるが、大きな地すべりブロックが連続している。山古志村役場裏や対岸の集落は、幅 100m 程度の地すべり土塊に乗った状態で移動している。また、山古志中学校のある尾根も、稜線を挟んで両側の谷に向かって斜面が移動し、それに伴って、地面の亀裂や段差、校舎の破損、校庭には雁行するクラック群が生じた。

この地区は、元々巨大な地すべり地形の滑落崖直下に集落や道路が存在しているが、今回の地震によって、この旧滑落崖付近で崩壊が多発した。羽黒山トンネル坑口脇の斜面とその南側に隣接する斜面で発生した大規模な崩壊は、この旧滑落崖付近で発生した崩壊の例である。いずれも原地形はやや尾根状に突出した地形であった。

朝日川左支三石川上流域：竹沢地区から虫亀地区に向かう道路も、古い巨大な地すべりの滑落崖直下に位置するが、ここでも旧滑落崖である尾根直下で地すべり的な斜面の移動が多発した。とくに三峰山（521m）から南西に流下する三石川沿いでは、三峰山の山頂緩斜面の遷急線付近（標高 400m）で地すべりが発生し、崩土が泥流状に水平距離で約 500m 流下、村道付近を最下流端にして停止した。崩壊面積は 2ha 程度である。

7. 小千谷市塩谷地区の地すべり

土留川を挟んで山古志村梶金集落の対岸で発生した地すべりである。古い時代の巨大な地すべりによって形成された盆地状地形の中の緩斜面の再活動である。地すべりブロックの規模は、幅約 500m、長さ約 600m、滑落崖の比高は最大 70m に達する。

今回発生した滑落崖の周囲には、更に古い滑落崖が取り巻いており、古いボトルネック地形に規制された箇所でも発生している。滑落崖に近いところの地すべり土塊は、円弧状のすべり面上を移動したので、元の斜面の傾斜とは逆方向に 10°～20° 傾動している。その動きによって押し出された深部の土塊は、側方の旧滑落崖付近で上方に乗り上げたり、末端部では下流に向かって圧縮されて隆起している。

8. 魚沼市広神地区（旧広神村）一ッ峰沢の地すべり

山古志村と魚沼市広神地区（旧広神村）の境界を流れる一ッ峰沢の左岸側（南東側）斜面で発生した地すべりである。左岸側の主尾根から分岐した支尾根が複数、連なって地すべりを起こしている。滑落崖はいずれも直線状で、地すべりブロックの変形はほとんど見られない。

一ッ峰沢の左岸側の主尾根の稜線付近を走る林道では、路盤が北西側へ滑落し、高さ 1～2m の段差が生じている箇所が多数存在した。また主尾根上には、稜線に平行な幅数 10cm～数 m の大規模な亀裂が存在する。地震によって、地表から数 10cm の範囲の土層が、斜面下方へ滑動したために生じたものと思われる。

9. おわりに

今後、今回の斜面崩壊や地すべりに起因したさまざまな二次災害が危惧される。崩落した土塊が落ちきって安定している場合はよいが、斜面途中に不安定な状態で留まっている、あるいは今回の地震によって不安定化し、かろうじて斜面上に留まっている土塊が各所に見られ、今後の降雨等により、再移動する危険性が高い。