

新潟県中越地震による土砂災害

川邊 洋*・権田 豊*・丸井英明**・渡部直喜**

*新潟大学農学部・**新潟大学積雪地域災害研究センター

1. はじめに

2004（平成16）年10月23日に発生した新潟県中越地震は、新潟県古志郡山古志村の直近で発生、山古志村での震度は6強であった。同村は全国でも有数の地すべり多発地帯であり、この地震によって多数の斜面崩壊・地すべりが発生した。国土交通省が航空写真を分析した結果、1,662箇所で斜面崩壊・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あわせて30箇所以上で天然ダムが形成された。

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、東山丘陵や魚沼丘陵の西に広がる信濃川の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（図1）から読み取れる主要動の周期は、小千谷で0.6秒程度であるが、より低周波の1～2秒の地震動も、兵庫県南部地震の記録と同程度の大きさで含まれていたことが指摘されている。ただ、これらの強震計が設置してある地盤と、山地災害が集中している東山丘陵の表層とは地質条件が全く異なり、同丘陵に伝播してきた地震動の大きさや周期特性を推定する際の参考にはならない。

本震の震源断層は、北西－南東に圧縮軸を持つ、北北東－南南西走向で西落ちの高角な逆断層と考えられている（防災科技研、図2）。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）。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箇所であり、川口町の地下で強い地震波を発生させて始まった破壊（本震）が、山古志村の地下を通して北北東に伝播していき、栃尾市に入ったところ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。

図3は、10月23日の本震から3日ほどの間に発生した余震の震央分布である（東大地震研）。本震の震央を中心に、東山丘陵と魚沼丘陵にまたがって、北北東－南南西方向に約30km、幅約15kmの範囲に分布しており、余震域と震源域がほぼ一致している。

なお、本地震に1か月半ほど先立つ9月7日と8日に、ほぼ同じ場所でM3.5、M4.3、M3.2の浅い地震が立て続けに起こっており、M4.3の地震では山古志村で震度4を観測している。

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400m～700m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ている。芋川流域は、流域面積約38km²、最高標高680m、最低標高75mで、魚沼市の旧堀之内町竜光地区で魚野川に合流する。流路長は約16km、平均河床勾配

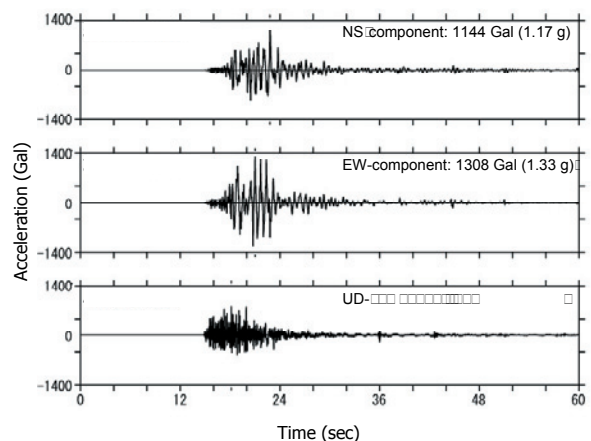


図1. 小千谷における波形記録（K-NET）

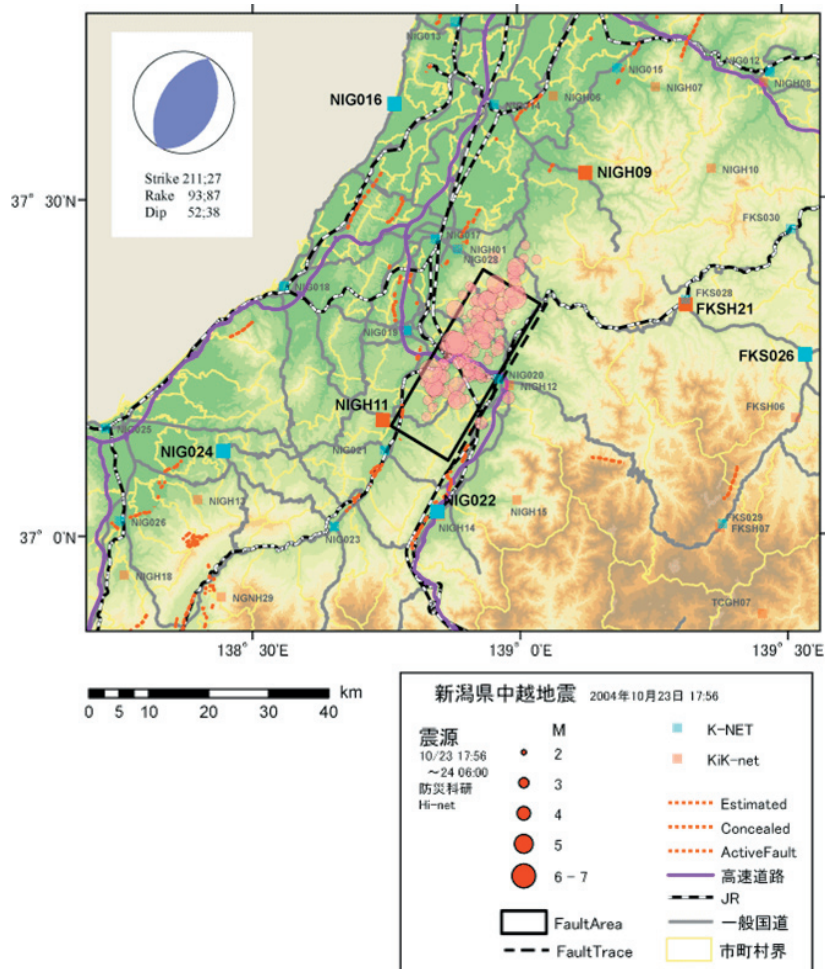


図2. 本震の推定震源断層（防災科 技研による）

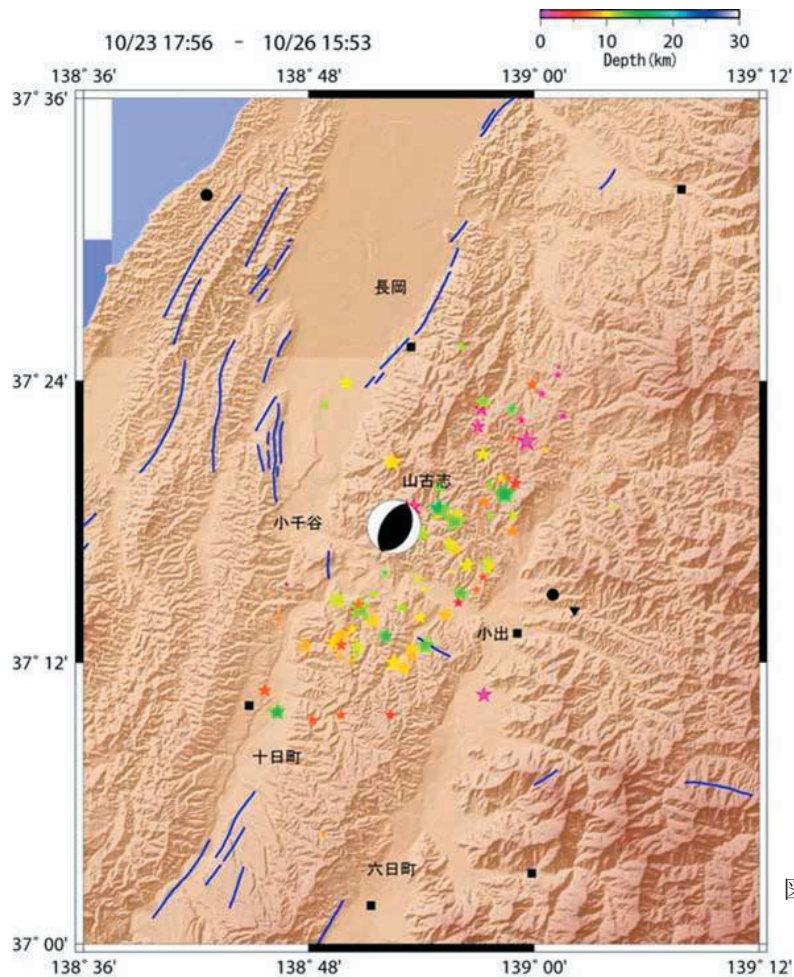


図3. 余震の震央分布（東大地震研による）

は約 1/70 である。

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、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示している。褶曲軸は西から東に向かって、東山背斜、金毘羅向斜、峠背斜、梶金向斜、松倉背斜の順で配列し、それぞれの間隔は約 1km である^{1),2)}。

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

全国有数の地すべり地帯の直近で強い直下型地震が発生したため、山古志村を中心とする東山丘陵の広い範囲で、多くの崩壊・地すべりが発生した。国土地理院によってまとめられた新潟県中越地震災害状況図（図4）によれば、崩壊・地すべりは芋川流域の梶金向斜の両翼でとくに多く発生している。

図3と図4を比較して分かるように、崩壊・地すべりの分布は、今までの多くの例に漏れず³⁾、



空中写真により判読した斜面崩壊地。地すべり、表層崩壊、岩盤崩落などが含まれます。崩壊地と堆積地を一括して表示しています。

空中写真で判読できない小規模な斜面崩壊地が表示されていない場合があります。

●使用した空中写真：国土地理院撮影の1/10,000空中写真(2004/10/24撮影)、

(株)パスコ撮影の1/12,500空中写真(2004/10/24撮影)

●現地緊急調査：平成16年10月24日(日)～26日(火)

行政界 河川

図4. 斜面崩壊・地すべりの分布（国土地理院「新潟県中越地震災害状況図」に加筆）

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、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要約される。

- (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) 地層の傾斜方向に土塊が移動した流れ盤地すべり
 - (3-2) 谷地を埋めていた崩土が移動した地すべり

(1)の崩壊は、地震時の崩壊の典型的なものである。すなわち、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崩壊深が0.3～1.5mと浅い崩壊が多く、個々の土砂量は比較的少ない。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、山古志村では、(3)の形態の地すべりも多数発生している。大規模でかつ深い地すべりが多い。もともとこのあたりは、前述のように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。

ところで、従来、地震では地すべりは発生しないと巷間言われてきたため、今回の地震で地すべりが多発したことが注目的になった。それに対して、被災地が地すべり地帯だからとの理由付けがされてきたが、発生した地すべりのすべり面を調査した報告によると、今回発生した地すべりのほとんどは、泥岩中に介在している砂岩がすべり面となって発生していたことが指摘されている(例えば、4)。泥岩中に介在する砂岩層の有無が、地すべりの発生・非発生を支配していたということは、両者の地震動に対する応答が異なっていたことを示唆する。今後の検討課題である。

これら多数の斜面崩壊・地すべりによって、道路施設、農業施設、ライフライン、家屋・建築構造物等が甚大な被害を被ったが、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。決壊による二次災害を防止するため、緊急の対策が実施された。

5. 芋川流域の斜面崩壊・地すべりと天然ダム

芋川流域では、本流支流あわせて大小30箇所以上で天然ダムが形成されたが、このうち主要なものは本流の5箇所である。上流から、寺野、南平(なんぺい)、檜木(ならのき)、東竹沢、十二平の各地区であるが、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。

(1) 山古志村東竹沢地区

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 m^3 以上の地すべりを起こし、対岸に乗り上げて停止することにより、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以上に及び、上流側には約200万 m^3 以上の湛水池ができ、木籠(こごも)地区を中心に家屋が水没する等、深刻な被害が発生した。

写真1は地すべり地を正面から見た写真であるが、写真手前の地すべり土塊の堆積は、工事により除去されている。写真2～4はアジア航測により撮影された航空写真である。写真2は地震の翌日の10月24日に撮影されたもので、湛水池はまだ生じていない。写真3を見ると、地震発生後5日間でかなり湛水しているが、まだ道路橋までは湛水していない。約1か月後の11月26日撮影の写真4では、湛水池はほぼ満水になりつつある。この時点では、揚水ポンプにより仮排水すると同時に、本排水路の開削工事が急ピッチで進められている。



写真1. 東竹沢の地すべり

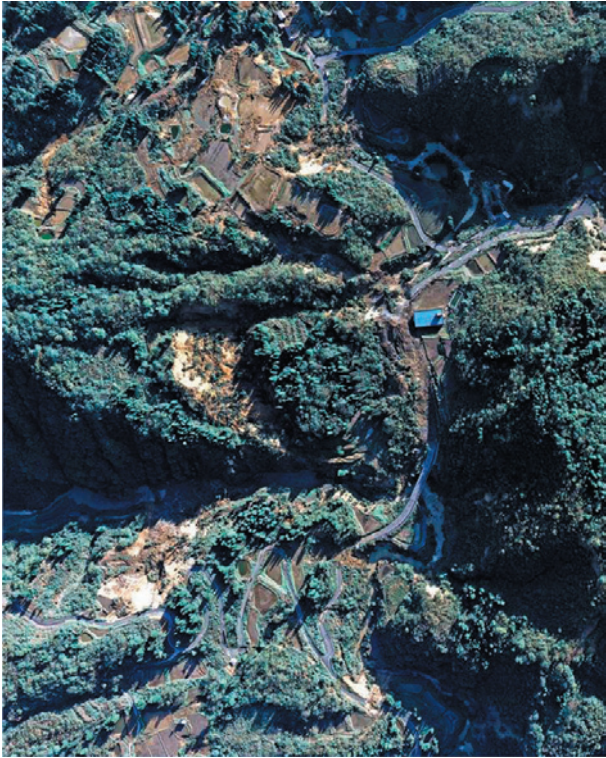


写真2. 東竹沢の地すべりによる河道閉塞(10月24日、アジア航測(株)撮影)



写真3. 東竹沢の地すべりによる河道閉塞(10月28日、アジア航測(株)撮影)

地すべり地の基岩地質は、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(写真5)。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、 $N12^{\circ}E$ 、 $20^{\circ}W$ である(偏差未補正)。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



写真4. 東竹沢の地すべりによる河道閉塞(11月26日、アジア航測(株)撮影)



写真5. 地すべりの滑落崖とすべり面(東竹沢)

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、常時地下水面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。

移動土塊の背面は分離崖となって、滑落崖と逆方向の勾配で残っている(写真6)。今回の地すべりの滑落崖の背後は小丘となっているが、その後ろにも平坦地があり、この小丘も過去の地すべりの移動土塊であり、分離崖が埋められて平坦地が形成されたものと推測される。地震前の空中写真の判読からも、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、古い地すべり移動体の一部が分離して滑動している。

滑落崖背後の山腹斜面上にも、今回の滑落崖とほぼ平行に開口亀裂が存在する(写真7)。この中には古いものもあるが、今回の地すべりにより発



写真6. 地すべり頭部から移動土塊を望む（東竹沢）



写真9. 寺野の地すべり



写真7. 地すべり頭部に見られる開口亀裂（東竹沢）



写真8. 芋川右岸側の溪岸崩壊（寺野）

生したと思われる幅 40cm 程度の新しいものもある。また、開口亀裂は山腹斜面の最上部の尾根上にもあり、かつ側方の前沢川側を向いているものもあった。これらの事実から、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、今後、山腹斜面上方からの地すべり活動や、前沢川方向の山腹崩壊の発生が懸念される。

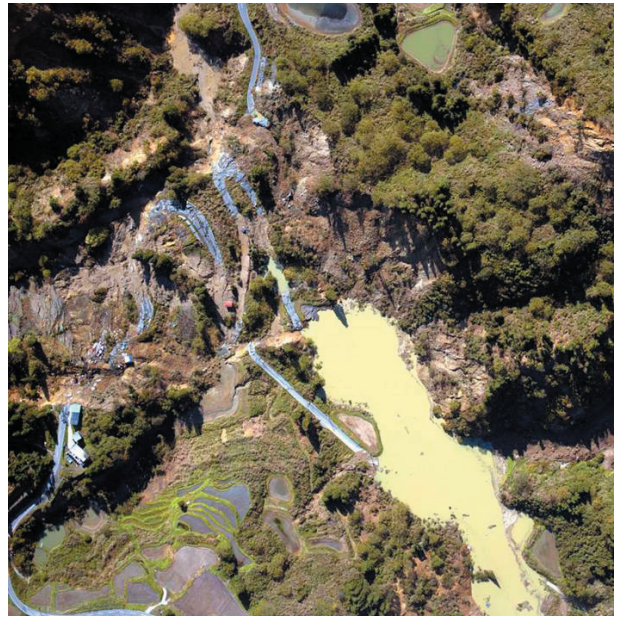


写真10. 寺野地区の河道閉塞（10月28日、アジア航測（株）撮影）



写真11. 寺野地区の河道閉塞（11月26日、アジア航測（株）撮影）



写真 12. 芋川（寺野—南平間）の溪岸崩壊

（2）山古志村寺野地区

当地区では右岸側に3箇所、左岸側に1箇所の溪岸崩壊（最大のもは、長さ約100m、幅約110m、比高約50m、写真8）、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。

左岸側の地すべりの規模は、延長約360m、幅約230m、推定移動土砂量10万m³以上、地すべり地内の道路が流された距離から判断して、移動距離は30m程度である。地震前には、斜面に鯉の養殖池群が階段状に造成されていた。

写真9は、対岸やや下流側から撮影した当地すべり地である。写真10と11はアジア航測による航空写真であるが、地震後5日目の写真10では、すでに満水位近くまで湛水している。約1か月後の写真11では、さらに水位が上昇しているため、排水路の建設が急ピッチで行われている。

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、今回の地すべりは、古い地すべりの輪郭とほぼ一致している。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。攪乱を受けていない移動体の断面を観察すると、砂岩ブロックとシルト岩ブロックが混在している。シルト岩ブロックの一部は角礫状に破碎されていることもある。これらは、過去の地すべりによって形成されたものと考えられ、今回の地すべりが古い地すべりの再活動であることを示している。



写真 13. 山古志中学校直下の河岸段丘の地すべり

寺野地すべりの下流、南平付近までの芋川両岸においても、侵食前線より下部の溪岸で多数の表層崩壊が発生し（写真12）、その崩土が不安定土砂として溪流内に堆積、小規模な河道閉塞を起こしている。

6. 山古志村朝日川上流域の斜面崩壊・地すべり

（1）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おり、空中写真では判読困難なすべりや緩みが至るところに認められる。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（写真13）。また、山古志中学校のある尾根も、稜線をはさ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位置しているが、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。また、朝日川には盛んな下刻作用によって河岸段丘が形成されているが、この段丘崖でも地すべりや崩壊が多発した。

羽黒山トンネル坑口脇の斜面（写真14、アジア航測撮影）とその南側に隣接する斜面で発生した大規模な崩壊は、上記の旧滑落崖付近で発生した崩壊の一例である（写真15）。いずれも原地形はやや尾根状に突出した地形であった。崩壊斜面内には大量の残留土砂が不安定に堆積している。

（2）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、同様に古い時代の巨大な地すべりの滑落崖直下に位置す



写真 14. 羽黒トンネル西坑口付近の崩壊（アジア航測（株）撮影）



写真 15. 羽黒トンネル西坑口脇の崩壊（向かって左）と南側に隣接する地すべり（向かって右）

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（写真 16（アジア航測撮影）、写真 17）。村道と交差する付近の溪床勾配は 10° 程度である。崩壊面積は 2ha 程度、崩壊深を 7m 程度とすれば、移動土砂量は 14 万 m^3 に達する。



写真 16. 朝日川最上流の崩壊地（アジア航測（株）撮影）



写真 17. 朝日川左支三石川上流の地すべり



写真 18. 小千谷市塩谷の地すべり（アジア航測（株）撮影）



写真 19. 小千谷市塩谷の地すべり頭部



写真 20. 魚沼市広神地区一ッ峰沢の地すべり（アジア航測（株）撮影）



写真 21. 尾根上の亀裂（魚沼市広神地区一ッ峰沢）

溪流には原型を留めているブロックが見られ、また 10° 以上の急勾配で堆積するなど、比較的水分の少ない状態で流下したと思われる部分がある一方で、シルト質で水分をかなり含み、高い流動性が推測される部分も存在する。山腹や溪床には流出した土砂のほとんどが不安定な状態で堆積している。

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（写真 18、アジア航測撮影）。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が地すべりを起こしたものである。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が発生している。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 $10^\circ \sim 20^\circ$ 傾動している（写真 19）。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。

地すべりブロックの中央部はそれほど変形していないが、側方に行くにしたがい傾動し崩壊が生じている。ブロックの全体的な移動方向は南東方向である。ブロックの側方は沢状地形となっており、ボトルネック部に向かってやや流動化している。ただし、ボトルネック部からの土砂流出は、現在のところ著しくはない。

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、接続して地すべりを起こしてい

る（写真 20、アジア航測撮影）。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。

一ツ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 の段差を生じている箇所が多数存在した。また主尾根上には、写真 21 のように稜線に平行な幅数 10cm～数 m の大規模な亀裂が存在する。地震によって、地表から深さ数 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

新潟県中越地震の被災状況を見ると、平野部での地盤災害に加えて、中山間地において斜面災害が多発したことが特徴的であった。したがって、今後、斜面災害に起因したさまざまな二次災害が発生することが危惧される。

今回発生した地すべりや斜面崩壊で、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ところでは、今後再び移動する危険性が高い。また、今回の強い揺れによって不安定化し、かろうじて斜面上で移動せずに留まっている土塊が、今後の豪雨等で崩落する危険もある。

さらに、今回発生した地すべりや斜面崩壊によって、大量の不安定土砂が溪床に堆積しており、融雪期以降、比較的粒径の小さな土砂が大量に下流に流送されるものと考えられる。また、緊急対策

が取られた大規模な天然ダム以外にも、多数の小規模な天然ダムが形成されており、万一決壊した場合には下流への影響が大きい。

融雪後も梅雨や台風シーズンを控えて、このような諸々の危険性に対して、斜面や河床堆積物の一斉点検を行い、危険個所の把握ならびに危険度の評価を緊急に行うことが必要である。その上で、ライフラインの修復、生活基盤の再構築など中山間地集落の復興を目指すなければならない。

なお、本報告の内容は、砂防学会誌（Vol.57、No.5、p.39-46、2005）に掲載の「2004 年新潟県中越地震による土砂災害（速報）」に手を加えたものである。

引用文献

- 1) 小林巖雄・立石雅昭・吉岡敏和・島津光夫、1990、長岡地域の地質、地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）、132p、地質調査所
- 2) 柳沢幸夫・小林巖雄・竹内圭史・立石雅昭・茅原一也・加藤碩一、1986、小千谷地域の地質、地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）、177p、地質調査所
- 3) 川邊 洋、2000、地震砂防（中村浩之・他（編））、p.1-13、古今書院
- 4) 八木浩司・山崎孝成・守岩 勉、2005、平成 16 年新潟県中越地震災害被害調査報告会講演集、p.3-11、日本地すべり学会・日本応用地質学会