

# 新潟県中越大震災の被害の特徴と復興への課題

(社)新潟県地質調査業協会技術委員会\*

## 1. はじめに

平成16年10月23日17時56分ころに発生した「平成16年新潟県中越地震(以下中越地震と略記)」は、死者46名、住宅の全・半壊15,689棟、道路の損壊6,064カ所<sup>1)</sup>、公共土木施設被害3,539カ所<sup>2)</sup>、斜面崩壊発生箇所数3,791カ所<sup>3)</sup>という甚大な被害をもたらした。その被害額が3兆円に上ると見積られることから、この震災は、新潟県により「新潟県中越大震災」と名づけられた<sup>4)</sup>。

地震発生の直後から、その被災状況は刻々メディアによって報じられ、全国の耳目を集めた。とくに、寸断された道路や山肌がむき出しになった斜面の映像、毎日のようにつづく大きな余震、孤立した集落、ピーク時で10万人を超えた避難者のようす、車中泊の問題、山古志村の全村避難、地すべりダムによる湛水域の拡大と水没する集落のようすなどが連日報道された。

(社)新潟県地質調査業協会の会員各社では、技術者たちが地震直後から新潟県や被災市町村の担当者とともに、現況の把握、災害査定資料の作成などの作業にとりかかった。それ以降、根雪を迎えて作業が一段落するまでの約2カ月間は、まったく気の休まるどころがなかった。

さらに、地震に追い討ちをかけるように、12月22日以降降り続いた雪は19年ぶりの大雪となって被災地に重くのしかかり、魚沼市の旧小出町では最深積雪が317cm(2月12日)に達した。したがって、融雪後はさらに被害が拡大している可能性が高く、再調査が避けられないところでもある。その意味で、被災地においては、震災はまだ進行中であり、現時点で報告することは時期尚早とも思えるが、ここでは混乱した状況下での作業を振り返り、今後の取り組みに生かす上で意義があると考え、中間報告をすることとした。

\* 平野吉彦((株)キタク)、鴨井幸彦((株)興和)、堀口寿彦((株)村尾技建)、岡野 靖(応用地質(株))、佐藤博文(明治コンサルタント(株))、佐藤壽則((株)日さく)、田村伸夫(サンコーコンサルタント(株))、土本浩二((株)ダイヤコンサルタント)、ABC 順

## 2. 中越地震の特徴

中越地震の最大の特徴は次の3点であった。

### ① 震源の浅い直下型地震であったため、揺れが非常に大きかった

マグニチュードこそ6.8と中規模であったものの、震源の深さが13kmと浅かったため揺れが大きく、計測では国内初という最大震度7を記録した。地震による揺れの激しさを示す最大加速度(PGA)は、川口町で1722gal、小千谷市で1500galといずれも国内最大級を記録した<sup>5)</sup>。ちなみに、1995年兵庫県南部地震および2003年宮城県沖地震では、それぞれ891gal、1304.5galであった<sup>6)</sup>。

### ② 中山間地を直撃し、しかもそこが日本でもっともよく知られた地すべり多発地帯でもあったため、斜面災害が多発した

活褶曲地帯に位置し、上昇を続ける丘陵の内部で発生したため、被害が中山間地に集中し、住宅や道路、棚田などの生活の基盤が多く破壊された。また、新潟県中越地方は名だたる豪雪地帯でもあるため、今後、融雪災との複合災害の発生が懸念されるようになっていく。

### ③ 余震活動が非常に活発であったため災害が長引き、被害が拡大した

12月28日までの約2カ月間に震度5以上の余震が18回も発生し、そのうち4回は震度6以上であった。また、震度1以上の有感地震は、12月28日までに877回の多数を記録した<sup>6)</sup>。そのため、全避難所の閉鎖は発生後約2カ月たった12月20日までずれ込んだ。

## 3. 中越地震における地盤災害の特徴

自然地盤においては、①尾根や段丘崖など地形の急遷部分から発生する表層崩壊(写真1、図1)、②ケスタ地形や同斜山稜の成因にかかわって過去にも発生してきたと見られる層すべり(写真2、図1)、③既存の地すべりそのものの再移動や移動体内部で発生した二次すべり、④崩壊土砂が沢を泥流状に流れ下った土石流タイプ、などが見られた。このうち表層崩壊はいたるところで見られた。

一方、人工地盤では、⑤道路盛土の変形や崩壊(写真3、



写真1 表層崩壊の例（尾根部分から剝がれ落ちている，魚沼市（旧堀之内町）明神地内）



写真2 層すべりの例（約37度傾斜した砂岩泥岩互層の層理面に沿って尾根ごとそっくり抜けている。正面の崖が側方崖，空に見える窪んだ部分が尾根のあった部分。十日町市（旧川西町）小脇地内。）



写真3 盛土崩壊の例（沢の横断部分がそっくり崩れている，長岡市（旧小国町）法末（ほうすえ）地内。）

図1) ⑥ 平地盛土地盤の変形や埋め戻し土の締め固め効果による沈下，⑦ 液状化にともなう変状，などが見られた。これらのうちもっとも顕著であったのは盛土そのもの，あるいはそれに起因した被害であり，盛土区間はことごとく，大なり小なり変形をこうむっているといっても良いくらいの状況であった。

次章では，これらのタイプの中から具体的な事例をいく



図1 地盤災害事例位置図（×：本震の震央）

つか紹介する（図1）。

（鴨井幸彦）

## 4. 地盤災害事例

### 4.1 岩盤崩壊と表層崩壊の事例

信濃川と魚野川の合流点より1.5 kmほど上流の川口町西倉地内の信濃川左岸斜面が崩壊（岩盤崩壊）し，県道が被災した。被災箇所は本震の南西方3.5 km付近で，最初の震度6強の余震（10/23 18：11）の北東方1.9 km付近に位置する（図1）。魚野川との合流点付近の信濃川左岸部は台地状地形を呈し，標高110 m付近に平坦面を有する。この平坦面は第四紀更新世の段丘面で，信濃川現河床からの比高は約50 mである。また，被災地付近の斜面は信濃川の水衝部（攻撃斜面）に相当し，斜面の傾斜は40°～50°を呈する。被災地付近の県道は，段丘面上から川口町市街に向かって下り勾配となっているが，この下り区間は主に段丘崖斜面を切土で施工されたものである。

台地部を構成する地質は，表層に層厚5～6 m前後の段丘堆積物（上半部は粘性土，下半部は玉石混じり砂礫）が分布するが，大部分は新第三系鮮新統の川口層（西山層相当層）から成る。川口層は泥岩優勢砂岩泥岩互層から成り，砂岩と泥岩の比率は1：2.5程度である。また，当該地は東山背斜の西翼に位置し，川口層はNNW-SSEの走向で西側へ（上流側へ）10°～15°で傾斜しており，当該斜面に対して緩い流れ盤構造を呈している。

川口層は新鮮部でも低強度の軟岩地山に区分され，砂岩層は泥岩層に比べ固結度が低く，岩石物性値は砂岩が密度2.05 g/cm<sup>3</sup>，P波伝播速度1.89 km/s，一軸圧縮強度0.65 MN/m<sup>2</sup>程度，泥岩が2.10 g/cm<sup>3</sup>，2.12 km/s，4.8 MN/m<sup>2</sup>程度を示す<sup>7)</sup>。P波伝播速度（コア試料）から推定すると，川口層新鮮部の地山弾性波速度は2 km/s程度の値が想定され，新潟県内の新第三紀堆積岩類（特に砂岩泥岩互層）としては一般的な値であり，被災地周辺の川口層が特異な

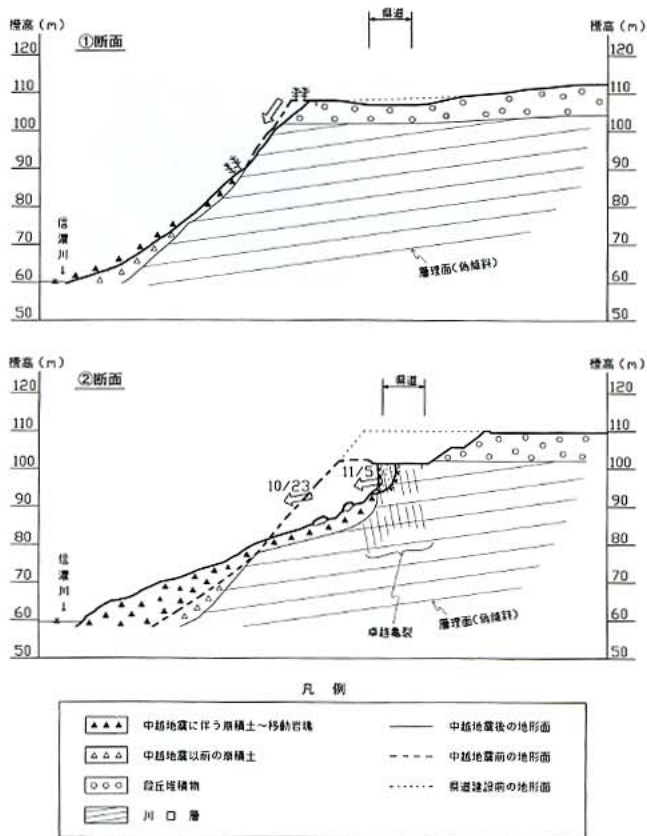


図2 表層崩壊・岩盤崩壊箇所の地質断面図



写真4 全景 (信濃川右岸より撮影)



写真5 滑落崖に露出する川口層

地層ということではない。

信濃川の水衝部に相当する傾斜45°前後の段丘崖斜面の延長は約200mで、この斜面は信濃川による脚部侵食および斜面表層の風化の進行に伴い、中越地震発生以前も断続的に段丘礫の崩落や川口層の表層崩壊を繰り返していた(図2, ①断面)。中越地震で岩盤崩壊を生じたのは下流側の70~80m間の斜面であり、この区間は県道建設時の切土により段丘堆積物が掘削除去されている。岩盤崩壊の概要は下記のとおりである(図2, ②断面)。

- ・斜面中段(標高80m以上)の川口層が崩壊したもので、滑落崖が県道路面に達している。
- ・崩壊規模は、幅60m、長さ30m、最大深さ15~20m程度で、崩壊土量は2万m<sup>3</sup>以上と推定される。
- ・崩壊による移動ブロックの規模は、幅60~85m、長さ90mで、層厚は標高80m以下で厚く、ブロック内には最大φ10mの岩塊も見られる。
- ・崩壊したブロックの移動方向は上流側に向いており、川口層の地質構造と調和的である(写真4, 岩盤すべり・層すべり)。
- ・滑落崖付近には、滑落崖に概略平行し山側に急傾斜(80°前後)する亀裂が発達している(写真5)。
- ・段丘堆積物に覆われていないため、雨水・融雪水が浸透しやすい状況にあり、段丘堆積物分布域の川口層に比べ風化や地山の緩みが進行していたものと推定される。

当該地の場合、一連の段丘崖斜面で岩盤崩壊を生じた箇所と表層崩壊に留まった箇所の大きな差異は段丘堆積物の有無である。台地地表部に水平に分布する粘性土層と砂礫層(層厚5~6m前後)の存在が、そのメカニズムは不明であるが、中越地震の地震動に対して段丘崖斜面周辺の基盤層(川口層)の不安定化を抑制する効果があったものと考えられる。(田村伸夫)

#### 4.2 長岡市古志(旧山古志村) 芋川の地すべり事例

震源地の東側に位置する長岡市古志地区(旧山古志村)は、地震により崩壊や地すべりが多発した地域である。この地域は、「7・13新潟豪雨災害」を受けた地域でもあり、豪雨の影響が残った状態での地震発生のため、斜面災害が発生しやすい条件下にあったといえる。また、旧山古志村は、新第三紀層の地すべり地帯として有数の地域でもある。従来、緩傾斜の地すべり地は地震時には再滑動しにくいものと考えられてきたが、今回の地震では多くの地すべり地が再滑動した。このうち、芋川沿いでは大規模な地すべりが短時間で滑動し、寺野、東竹沢、南平の3地区で河道閉塞にまで至った。

図3は、地震発生5日後に撮影された空中写真を判読した芋川上流域の崩壊・地すべり発生状況である。筆者はかつてこの付近の地質調査を実施した経緯があり、地震発生以前に得た地形・地質データをもとに、河道閉塞に至った地すべりのうち、南平地区(図1)の特徴を考察する。

図3に示した範囲の地質は、新第三紀鮮新世の川口層と呼ばれる砂岩・シルト岩互層を主体とした地域である。芋

川の右岸側には向斜軸があり、地層の傾斜は、大局的には両岸とも斜め下流に10°前後で傾斜している。周辺の地すべり地形はこの構造に規制されて形成されており、両岸とも斜め下流側に移動方向を示す地すべり地形が多い。

河道閉塞に至った大規模な地すべりのうち、寺野と東竹沢の2地区は左岸側に分布する流れ盤地すべりの再滑動であると考えられる。右岸側に発生した南平地区の地すべりは、本地震により発生した地すべりと考えられ、他の2地区とは異なった地質構造・変位地形を示している(図4)。

図4に示したように、地すべり発生前の河床部両岸には、砂岩・泥岩が露出しており、連続性の良いS2・S3砂岩層が確認されていた。このうちS2砂岩層(細粒～中粒)は、かつての地質調査で左岸地すべりブロック形成の素因とな



写真6 B-B'断面滑落崖上方から河道閉塞箇所を望む。地すべり頭部が大きく沈下している。

った地層であることがわかっており、この砂岩層は被圧した地下水流動層である上、砂岩層下面にすべり面が形成されていることが確認されている。本地震により発生した右岸側の地すべりは、幅約400m、斜面長約200mの範囲であり、芋川対岸まで滑動し河床を約20mの厚さで埋塞した。

地震前の地形と河道閉塞後の地形を比較すると、地すべりの運動形態は、上流側ブロック(B-B'断面)で頭部が著しく沈下しており円弧すべり状に回転運動を伴っている。また、下流側ブロック(A-A'断面)では末端部付近が大きく盛り上がり、やはり回転運動を伴っている。このような地形から判断すると、地すべりは河床部に抜け上がったものと想定され、S2・S3砂岩層がすべり発生の大いなる素因になったことが考えられる。

阪神大震災をはじめ過去の地震により滑動した地すべりは、砂質層が液状化に近い状態を起こし高速で移動した事例が数例報告されている。芋川沿いの河道閉塞に至った2地区の左岸側地すべりは、この機構に近いものと推定されるが、本地震で発生した南平地区の右岸側地すべりは、砂岩層の存在のほか、地すべり頭部を規制し砂岩層に達するような弱線の存在が想定される。この弱線の存在については今後の調査を待って検討したい。

芋川の河道閉塞の事例は、新第三紀系の砂岩・泥岩互層地域の地震時斜面安定の考え方に大きな課題を残したといえる。(平野吉彦)

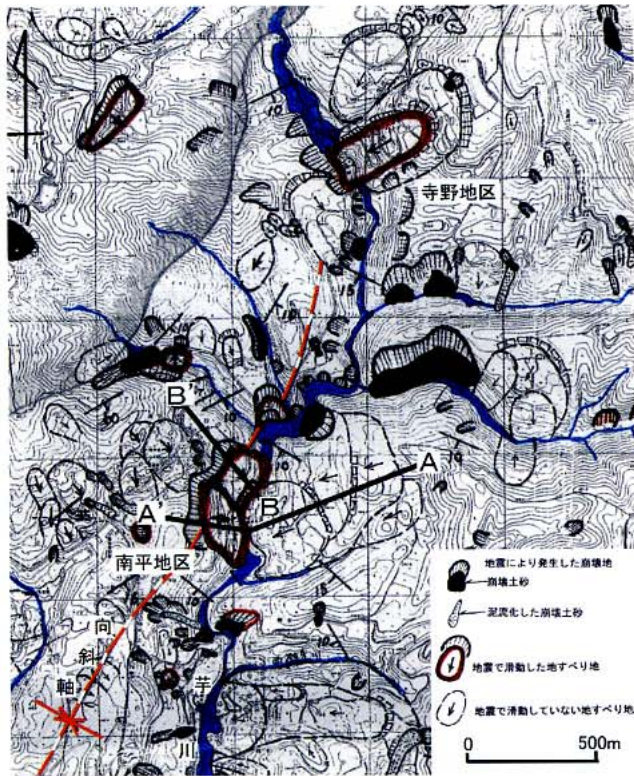


図3 芋川上流域の崩壊・地すべり発生状況

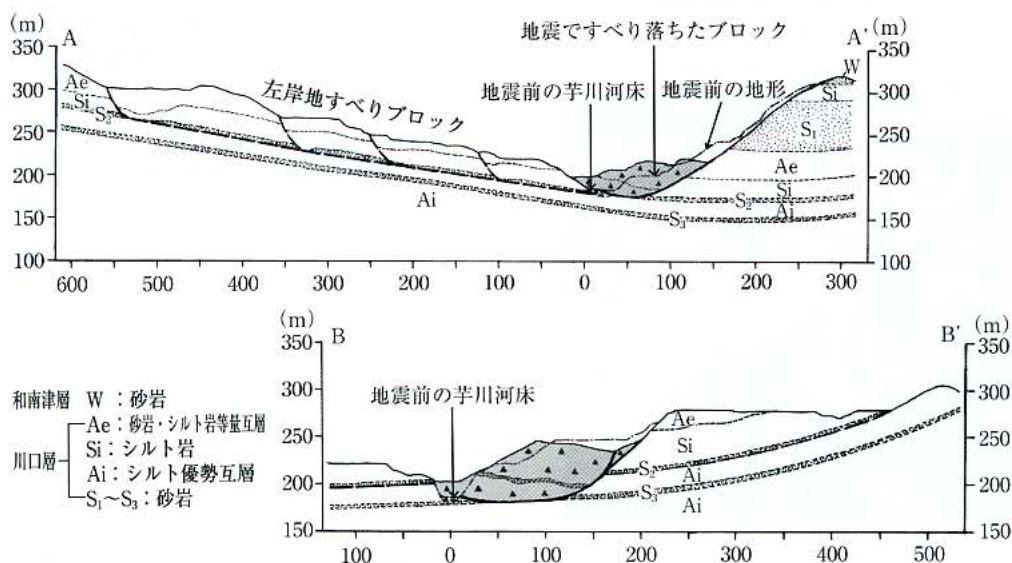


図4 南平地区の模式断面図

### 4.3 相川川流域における地すべり災害の発生形態

#### (1) 相川川の概要

中越地震の中心域にあたる小千谷・川口地区は主要河川として信濃川、魚野川が流れている(図1)。信濃川は、十日町盆地から小千谷台地にかけて蛇行しながら北に向かい、魚野川は六日町盆地から小千谷台地に向かって丘陵部を横断するように流れ信濃川に合流している。ここで述べる相川川は魚野川の左岸側支流で信濃川との合流点から約2 km 上流部に位置する(図5)。



図5 相川川流域の地すべり分布

相川川は魚沼丘陵を源流とし、ほぼ北に向かって流れるが、内ヶ巻付近から北東側へ転じ、相川口へと続いている。特徴的なのは相川川の支流がほとんど右岸側に集中している点で、これは南東側をほぼ並行して流れる天河川と共通している。

周辺部の地質は鮮新世後期から更新世初期のもので、下部より白岩層、和南津層、魚沼層が分布している。地質構造は北北東-南南西の方向が卓越し、近隣では主なものとして田麦山背斜、小高向斜、東山背斜が通っている。

#### (2) 地盤災害の発生形態

相川川流域における地盤災害は盛土の崩壊、がけ崩れ、地すべりがみられている。この中で主な地すべり災害は4地点であり、上流部より仮に①相川川地すべり、②仙之沢川地すべり、③小高集落地すべり、④内ヶ巻地すべりと称し、図5に示した。

4カ所の主だった地すべりのうち①②④と③は明らかに発生形態に違いがみられた。これらについての状況を述べるが、①②④のうち、相川川地すべりが著しく規模が大きくこれを代表とした。

##### ①相川川地すべり

北西側斜面に発生したもので、幅250 m、長さ450 mと大規模で移動方向は西北西であった。地すべり頭部には滑

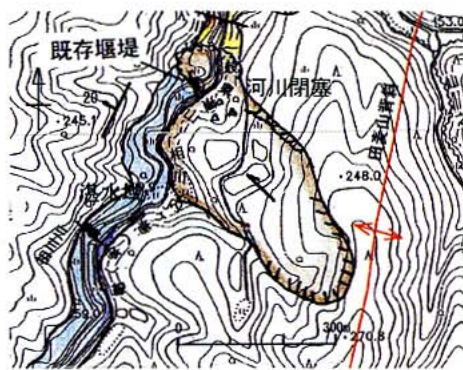


図6 相川川地すべり、流盤方向へ移動

落崖が発生し、中段部以上では明瞭な引張り域となって、大きな開口亀裂や著しい段差が発生した。

末端部は押出される形で斜面の樹木は谷に向かって倒壊し、土砂は相川川へ押出し完全に閉塞した。その結果相川川には天然ダムが形成され、水位の著しい上昇に伴いダム湖が形成されたため土石流の警戒態勢が敷かれた。

##### ③小高集落地すべり

相川川左岸の斜面中に発生したもので、幅80 m、長さ60 m程度、移動方向はほぼ東向きであった。頭部には段差・亀裂が著しいが土砂の水平移動距離は少なく、河川には達していない。頭部段差は最大1.0 mほどであるが、人家に隣接してい



写真7 天然ダムによる湛水

ることから被害を生じている。河川左岸には砂岩・泥岩からなる露頭がみられるが、それ自体に異常は認められず、比較的浅い位置での移動と推測される。

#### (3) 地質構造からみた地盤災害の特徴

相川川流域の地すべりの分布をみると小高集落より下流部は左岸側、上流部は右岸側に多くなっている。これは小高集落付近を向斜軸が通っており、地層の傾斜が上流側で北西から西向傾斜、下流側が南東から東向き傾斜となっているため、その構造が反映されたものである。

まず、①相川川地すべりをみると、地層の傾斜が約20度、西北西方向で地すべりの移動方向と一致している。地すべりの直接原因は、地震の慣性力でバランスが崩れ砂岩・泥岩層の境界が剝離し、層理面に沿って移動したものである。

③小高地すべりは移動量が少なく、基盤の上部に堆積した粘性土および旧崩土の再移動と推定される。

このような災害形態の違いは、地質構造に大きく影響されている。これは、鮮新世から更新世にかけての泥岩・砂岩という比較的剝離しやすい岩質や地層の傾斜と斜面方向の関連により影響されたものである。

①および②④の地すべりは、頭部に背斜軸が通り斜面方向も一致したため、地層のほぼ最大傾斜方向に土塊が高速で長距離を移動するという形態で生じたものである。

小高地区の集落付近では向斜軸の近隣に位置するため、地層の傾斜が緩く、基岩にはほとんど影響が生じなかった。このような地域で発生する災害は、主に人工盛土と急斜面の一部に生じる崩壊である。小高地区でもこの例に漏れず、各家の盛土部分が被災している。この地域の地すべりは、上部の軟弱化した崩土が再移動したために生じたもので、地層の方向には影響されていない。

相川川流域は狭い範囲に向斜・背斜軸が集中する褶曲地帯の特徴がよく現れており、災害の発生位置による形態の違いが際立ったものである。(堀口寿彦)

#### 4.4 地すべり地内の液状化・流動化にともなう変状

中越地震では、地すべり地内で液状化・流動化が発生した箇所が多く認められた。ここでは西中野俣地すべりでの事例を紹介する。

西中野俣地すべりは、本震の震央から約15 km北東側にあたる、栃尾市西中野俣地内に位置する(図1, 7)。規模は幅約1 km, 長さ約2 kmで、傾斜角5°以下の緩斜面が北東方向に標高を減じながら広がっている。斜面の傾斜方向に直交する方向に複数列の小丘が並んでおり、その間の低地に池が存在するなど、大規模な地すべり地形を示している(図8)。

文献<sup>8),9)</sup>によると、宝暦元年(1751)の高田大地震にともなう大地すべりが発生し、明治以降に5回の大きな活動



写真8 北西-南東方向に連続する段差・亀裂



写真9 所々陥没して波をうったような道路



写真10 噴砂がいたるところで認められる

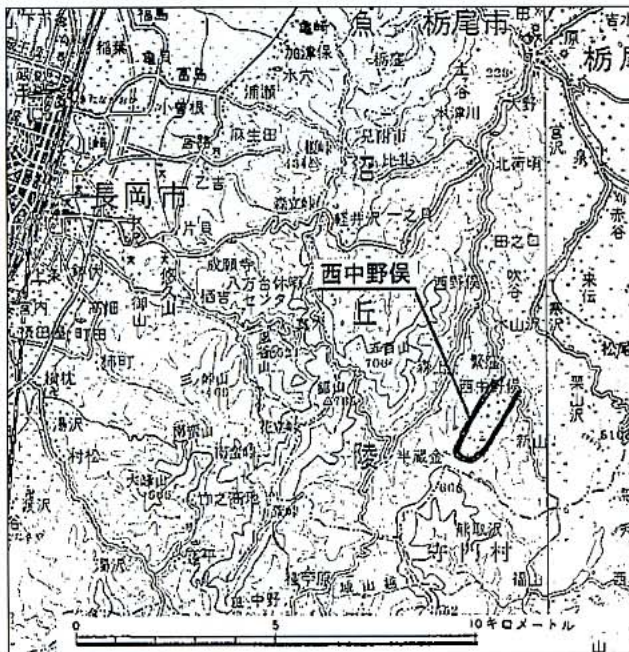


図7 位置図(国土地理院発行1/20万地勢図「新潟」長岡に加筆)

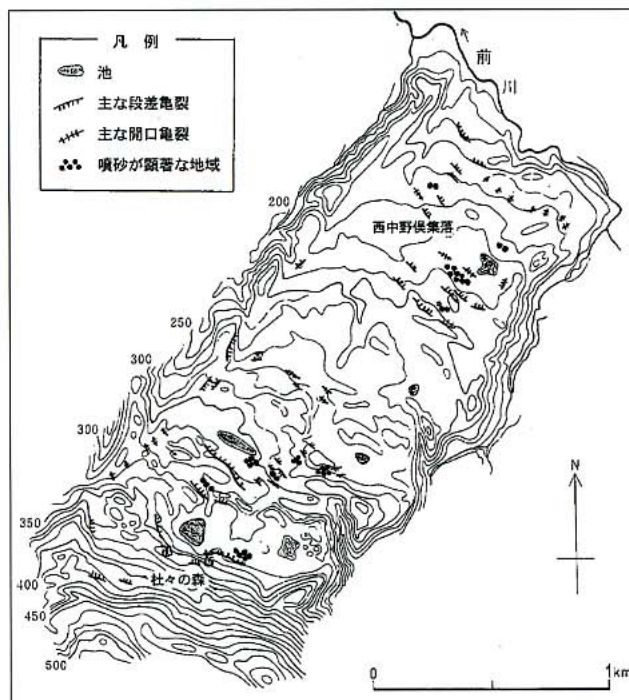


図8 西中野俣地すべり平面図(文献<sup>9)</sup>に加筆・修正)

があったとされている。

中越地震により、とくに上部の「杜々の森湧水公園」付近と下部の集落内では、北西-南東方向に連続する段差・亀裂や開口亀裂が何重にも配列し、一部は陥没した(写真8, 9)。このため、道路が波をうち、住宅の土台が沈下し、水道管が切れて断水するなど、構造物にも大きな被害を与えた。

地面の亀裂は緩斜面のほぼ全域で見られ、従来から想定された大規模地すべりの境界と一致したところもあった。このため、大規模地すべりが活動したのではないかと危惧された。しかし、被害はほとんどが引張性の現象によるもので、隆起や押し出し等の圧縮性の現象は認められなかった。また、いたるところで噴砂跡が見られ(写真10)、池を囲むような方向に伸びる亀裂も多く見られた。これらのことは、変状が地すべり活動によるものではなく、液状化・流動化によるものであると考えられる。

このような、大規模地すべりが活動したようにみえる液状化・流動化による変状は、隣接する新山地すべりでも認められるほか、旧小国町法末地区をはじめとした真人背斜沿いの地すべり地でも認められる。いずれも砂質シルト～シルト岩の分布域であり、それらの2次堆積物が液状化・流動化していると考えられる。(佐藤壽則)

#### 4.5 小千谷市東山地区の大規模斜面崩壊事例

小千谷市東山地区は、中越地震の震源地から北北西に約5 km 程の距離に位置する(図1)。本地震によって多数の箇所において発生した、地すべり・斜面崩壊、およびこれらに伴った土石流は、国道291号を含めた沿線路線および近隣居住区に甚大な被害を与えた。

ここでは、国道291号および県道千足呼坂線沿いに発生した大規模斜面崩壊の状況と対策事例の概要を紹介する。

##### (1) 被災状況

斜面崩壊の状況を写真11に示す。被災斜面は本震の震源から約5 km 北北西側に位置し、斜面下方には朝日川、国道291号および県道千足呼坂線が近接して併行している。



写真11 東山地区 大規模斜面崩壊状況

斜面崩壊は、本震および連続して発生した余震により、比高差約100 m、幅約40 m×長さ約80 m、平均崩壊深約6 mの規模で発生し、さらに崩壊地頭部に位置する溜池の決壊により崩落土砂が泥流化し、県道および国道の擁壁の傾倒・損壊・倒壊および路面閉塞を生じた。また、崩落土砂の一部は朝日川へ流入し、一時的な河道閉塞を生じ、路面上に流出した土砂は東山トンネル内を流下し、小千谷側坑口周辺迄土砂が堆積した。

##### (2) 斜面崩壊機構

図9に被災箇所周辺の地形判読および現地踏査結果を示す。調査結果から、大規模斜面崩壊は以下の様な機構により発生したものと考えられる。

- ・崩壊斜面は、古い地すべり地形の南西縁～頭部に位置

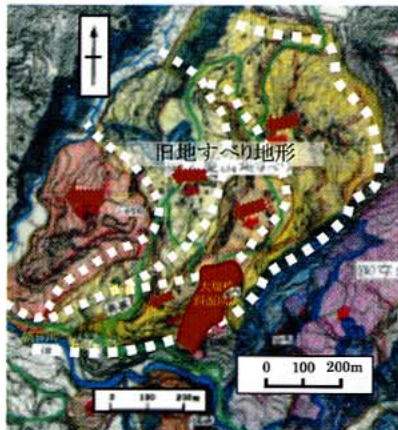


図9 東山地区周辺、地形判読・地質踏査結果図

しており、基盤をなす泥岩優勢砂岩泥岩互層の表層を覆う厚さ6 m 程度の風化岩盤および地表部の崩積土は、外的営力によって崩壊しやすい不安定な状態であった。

- ・地震動により古い地すべり地形の頭部および縁辺部に開口クラック等の変状が発生し、当該斜面に分布する風化岩や崩積土が崩壊するとともに、地すべり地形の頭部に作られた溜池が決壊し、崩壊の拡大・崩壊土砂の土石流化が生じ県道、国道、河川を閉塞した。

##### (3) 応急対策および監視体制

応急対策としては、路面に流出した土砂撤去、土砂流出防止として県道脇への大型土のう敷設、国道の変状拡大防止として川側路肩部への土留め杭等の応急対策がなされ、比較的早期に緊急および復旧対策車輛の通行が確保された。しかし、大規模崩壊地の現況としては、頭部滑落崖の背面への拡大、崩壊地内部に堆積した不安定土砂の移動等、依然として斜面は不安定な状態にあり、その活動性の評価・監視および県道・国道の安全確保を目的とした動態観測の実施、監視システムの設置・運用および斜面安定化対策の検討が必要な状況にある。現在、一時帰宅や復旧対策工事車両の安全確保を目的として、NTT 携帯電話通信を利用した遠隔監視システムを用いて、崩壊地頭部滑落崖の動態観測・監視を新潟県により実施されている。図10に斜面監視システムの概要を示す。

なお、崩壊斜面の抜本的な対策は、平成17年度より林野庁地すべり対策事業として着手されることになっている。

(岡野 靖)

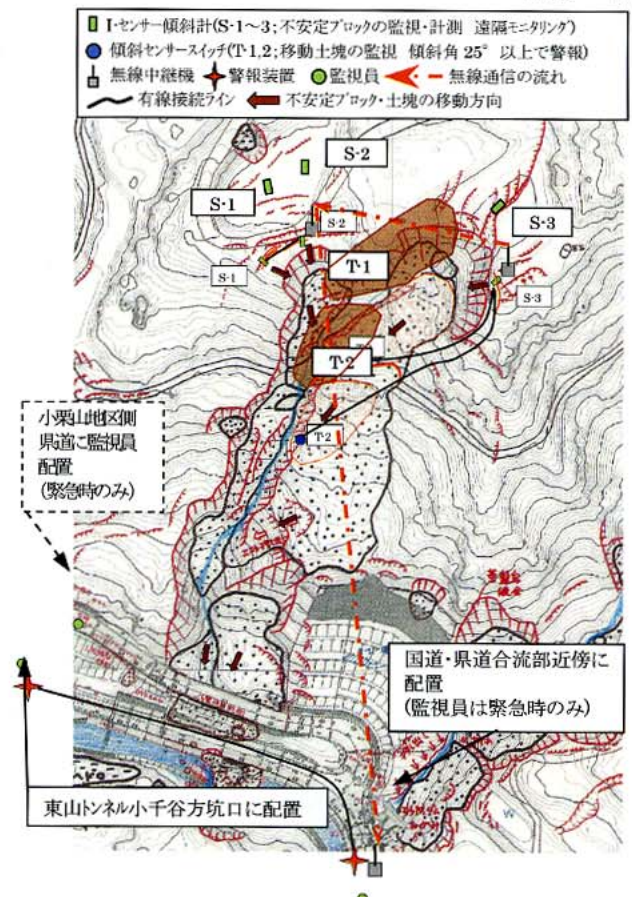


図10 東山地区大規模崩壊地監視システム配置の概要

#### 4.6 地震で発生した住宅地の地すべり

本節では地震特有の現象と考えられる、すべり面勾配の非常に緩い地すべりを紹介する。

##### (1) 住宅地の概要

この住宅地は、昭和の中ごろに造成されたもので、そのうちの一部にはルーズな崩積土が分布する。これは、付近の地形状況からもともと幅 30~50 m 程度の傾斜の緩い谷地であった箇所を埋積した堆積物と考えられ、ボーリング調査の結果、厚さ 4~5 m の礫混じり粘性土からなり、その下位の地山は砂礫層や泥岩層からなることがわかった。また、崩積土直下には、旧表土と考えられる厚さ数 10 cm の腐植土が 2~3 度の勾配で連続して分布する。

地すべりブロックは、崩積土全体とその下位の厚さ 1~3 m の部分が一体となって変動したものである。

##### (2) 地すべり地形の特徴

当地すべりは、長さ 150 m、幅 50 m、厚さ 6~8 m の規模で、特徴は以下に示す 4 点である (図 11)。

- ① すべり面は地表とほぼ平行で、その勾配は 1~2 度と非常に緩い。
- ② 地すべりによる変動量は、頭部の開口亀裂、側部のせん断亀裂より約 2 m となる。
- ③ 末端部では住宅地の先端にあった土留が約 20 m 押し出されている。
- ④ 地すべりブロックは、中段での顕著な隆起部と亀裂の分布状況より 3 つの小ブロックに区分される。

##### (3) 地すべりによる被災状況

地すべりの発生によりブロック内の人家が被災し全壊あるいは地すべりブロックと共に平行移動している。特に被害が大きいのは地すべり末端部付近で、数戸の人家が大きく傾き全壊となっている。また、地すべりブロックを横断する道路は、側部の亀裂でせん断され、大きく横にずれている。

##### (4) 変動状況と応急対策工

地すべり発生の直接の誘因は、本震と余震を含めて短時間に大きな地震が連続したことによるが、直前の台風 23 号により地下水位が高くなっていたことも挙げられる。実際、本震直後の被災地では側溝の破壊により流下しなくなった水が付近の枡から噴出したという。また、開口亀裂内の水位は GL-0.5 m 程度と高い状態であった。

応急対策工は、地すべり末端部における崩壊が顕著で拡大が懸念されたため、大型土のうによる仮設押え盛土工と

横ボーリング工を行った。また、地すべり頭部の開口亀裂については、そこからすべり面への水の浸入を抑えるため暗渠工を施工した。

地すべりの変動状況は、抜き板や地表伸縮計、ボーリング調査孔に設置した孔内傾斜計、パイプ歪計により観測している。それによると、地すべり末端部では仮設押え盛土工終了とともに変動が止まることが観測された。また、震度 3 以上の余震により地表伸縮計に数ミリの変動が認められた。現在、融雪期を迎え地すべりブロック内の地下水位も地震発生時を上回っているが、各種観測によると目立った地すべり変動は認められず、現段階では地すべりブロックは動いていない。

ただし、高い地下水位と明瞭なすべり面が残ったままとなっているため、恒久対策工を施し地すべりの安定度を向上させる計画である。

##### (5) まとめ

今回発生した地すべりは、ルーズな堆積物、高い地下水位、地震による強い揺れの 3 つが揃ったことにより、いわゆる「高速地すべり」に近い現象が起こったと考えられる。国内には、今回のように谷部がルーズな堆積物により埋積された箇所は多数あると考えられるが、当地すべりは、たとえすべり面勾配が緩いとしても条件さえ揃えば、地すべり現象が発生することを示す例である。

今後、危険箇所の抽出等を行う際には、このような現象にも留意する必要がある。(土本浩二)

#### 4.7 堤防の被害

##### (1) 河川堤防の被害概要

今回の地震では、河川にも大きな被害が及んだ。国土交通省のまとめ<sup>10)</sup>によれば、堤防亀裂、法面崩壊・沈下、堰・水門施設の損傷など直轄河川で 185 カ所、県管理の補助河川で 425 カ所の被害が確認された。

##### (2) 堤防被害の特徴

地震に伴う堤防の被害は、地震の慣性力によるものあるいは地盤の液状化によるもの等があった。地震動に伴う慣性力による変状では、堤体のすべり破壊や坂路の変状などが挙げられる。また、地震動による地盤の液状化に起因するものとしては、堤体の沈下、側方流動およびすべり破壊などが挙げられる。

さらに、今回の地震の特徴の一つとして、10月20日から21日にかけて新潟県にもっとも接近した台風第23号の影

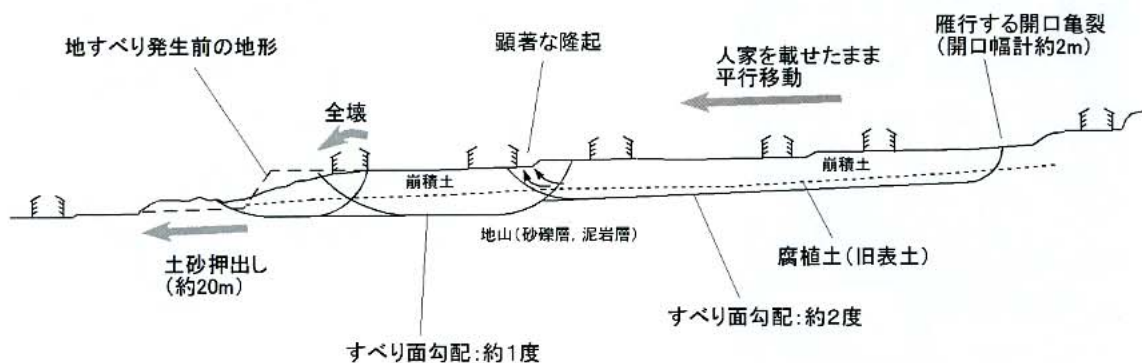


図 11 地すべり概略断面図



響で、所によっては100 mm以上の降雨があり、流域の広い河川では水位の高い状態で今回の地震に遭ったことが挙げられる。

### (3) 事例紹介

震源地に比較的近い河川の被災状況は、報道機関等によって多く紹介されており、読者諸氏も多く見聞きしていることと思われる。ここでは、柏崎市の鯖石川で発生したすべり破壊による堤防変状の例を紹介する(図1;写真12, 13)。



写真12 堤防変状状況の例(新潟県柏崎地域振興局提供)



写真13 矢板(軽量矢板)護岸の傾倒状況(新潟県柏崎地域振興局提供)

堤防の変状は、堤高が下流から上流に向かって次第に高くなり、隣接する橋台へのすり付け箇所付近で発生した。変状は、堤防天端の連続する亀裂(落差1m)、護岸のり中間～末端部のはらみ出し・折れ曲がり、軽量矢板による護岸頭部の川側への傾倒が特徴的であり、堤防頂部から、矢板にぬけるすべり破壊が想定された。被災区間の延長は約70mであった。

地質調査の結果、礫質土・やや締まった粘性土を主体とする基礎地盤上に構築された、柔らかい粘性土からなる堤体が、地震動に伴う慣性力によってすべり破壊を起こしたと判断された。周辺と比較して堤高が高くなる区間で特に地震動の影響が大きく現れ、すべり破壊が発生したと考えられた。統計的な確認はしていないが、堤防断面の変化点(当該箇所のようなすり付け部や坂路等)で、このような変状が多く発生しているようであり、興味深い。

復旧は、すべり破壊により劣化した堤体材料の盛り替え、十分な長さを有する矢板護岸の設置を主体として施工された。(佐藤博文)

## 5. おわりに一復興にむけての課題

中越地震の調査を通じてとくに印象深かったことは、盛土地盤のもろさと、地盤条件への配慮を欠いた土地利用の目立ったことである。盛土に関していえば、計画時に、多少の不便さは伴っても、無理のない形状にすること、また、復旧時には原型復旧にこだわらない柔軟性が必要であるように思われた。

これまで、住宅地の選定や道路建設などの住基盤の整備に際しては、どちらかといえば利便性や地元のニーズが最優先にされ、地盤条件は脇役であったように思われる。従来の公共土木工事では、まず初めに計画があり、地質調査の目的は、その計画の実行を前提とした資料集めになり勝ちな面があった。その意味で、今回の中越地震で現れた地盤被害は、地盤調査の重要性を改めて示すものであったといえよう。

また、今回紹介した被災事例は、いずれも地質条件の重要性を示唆するものである。一般に、地質条件は地域性が強く、その土地の生い立ちを反映して多様であり、マニュアルどおりに進められないことが多い。そのため、その地域の地質に精通した地質技術者の判断やアドバイスがしばしば求められることになる。“地域に精通した”あるいは“地域に根ざした”とは、単にそこにいるだけではなく、真にその地域の地質に精通しているということが前提であることは言うまでもない。地質調査会社の生き残りのカギは、どうもこの辺にあるように思われる。(鴨井幸彦)

### 文 献

- 1) 新潟県中越地震災害対策本部:平成16年新潟県中越地震による被害状況について(第156報),2005,新潟県のホームページ.  
[http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/05/050113\\_.html](http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/05/050113_.html)
- 2) 新潟県土木部:「新潟県中越地震」による被害と復旧状況,1-19,2005,新潟県のホームページ.  
[http://www.pref.niigata.jp/doboku/engawa/10\\_23/10\\_23dobokubu.pdf](http://www.pref.niigata.jp/doboku/engawa/10_23/10_23dobokubu.pdf)
- 3) 国土交通省河川局砂防部保全課:平成16年新潟県中越地震に伴う斜面崩壊の発生状況について(統報),2005,国土交通省のホームページ.  
<http://bosai.pref.niigata.jp/content/jishin/koshou.html>
- 4) 新潟県:「新潟県中越地震」の呼称について,2005,新潟県のホームページ.  
<http://bosai.pref.niigata.jp/content/jishin/koshou.html>
- 5) 青井 真・森川信之・本多 亮・関口春子・功刀 卓・藤原広行:2004年新潟県中越地震の地震動,新潟県中越地震災害調査報告会講演資料集,地盤工学関東支部・北陸支部,10-17,2005.
- 6) 気象庁のホームページ(平成16年(2004)新潟県中越地震の被災地及び周辺地域に関する地震・気象情報).  
[http://www.jma.go.jp/JMA\\_HP/jma/niigata.html](http://www.jma.go.jp/JMA_HP/jma/niigata.html)
- 7) 新潟県地質図改定委員会編:新潟県地質図説明書(2000年版),新潟県商工労働部商工振興課,200p.,2000.
- 8) 新潟の地すべり'98編集委員会編:新潟の地すべり'98,地すべり学会新潟支部,262p.,1998.
- 9) 小林巖雄・立石雅昭・吉岡敏和・島津光夫:5万分の1地質図幅説明書「長岡地域の地質」,132p.,地質調査所,1991.
- 10) 国土交通省北陸地方整備局:「平成16年新潟県中越地震」による被害と復旧状況(第2報)～復旧から復興へ～,1-14,2005.