

新潟県中越地震土砂災害調査研究委員会

第一回委員会

資 料

平成 17 年 1 月 28 日

(社)砂防学会

目 次

新潟県中越地震土砂災害研究委員会の開催について

- (1) 新潟県中越地震の概要
新潟大学農学部 川邊 洋・権田 豊
- (2) 芋川流域で発生した地すべり・斜面崩壊
新潟大学積雪地域災害研究センター 丸井 英明・渡部 直喜
- (3) 斜面崩壊・地すべりの発生分布とその特徴
アジア航測株式会社 小川 紀一郎
- (4) 中越地方で地震に関連して発生した江戸時代以降の土砂災害
日本工営株式会社 井上 公夫
- (5) 今後の土砂移動現象とその調査
独法 土木研究所 笹原克夫
- (6) 土砂災害対応の課題
国交省 国土技術政策総合研究所 小山内信智

「新潟県中越地震土砂災害調査研究委員会」の開催について

1. 委員会設置趣旨

2004年10月23日17時56分新潟県中越地方において発生したM6.8の地震(新潟県中越地震)では、長岡市、小千谷市、山古志村、川口町等で激しい土砂移動現象が生じ甚大な地震被害が発生した。とりわけ、山古志村では、村内の至る所で斜面崩壊や地すべりが発生したほか道路などのライフラインが寸断され、地震発生後3ヶ月経過した現在でもなお、全村避難の継続を余儀なくされている。地震により生じた地すべり・斜面崩壊で閉塞された芋川流域では、12月17日に寺野地区で、また12月28日には東竹沢地区でそれぞれ融雪時の出水に対応可能な表面排水路工、開水路型式の「仮排水路」が整備され、閉塞箇所の決壊を防止する応急的な対策は完了し、積雪期をむかえたところである。

(社)砂防学会では、このように大きな地震災害を生じた斜面崩壊や地すべりなどについて、発生からその後の二次移動まで含め実態把握を行い、地震時の土砂災害の特徴を明らかにする目的で、新潟県中越地震土砂災害調査研究委員会を設置し11月下旬には現地調査を実施してきた。

今回の委員会では、以上の経緯をふまえ現地調査結果から明らかになった新潟県中越地震による土砂災害の実態とその特徴について報告し、また長期的な対応として今後の降雨や融雪時に生ずる二次的な土砂移動について、砂防学的見地から降雨・融雪と土砂移動現象の関係について検討するものである。

2. 委員会構成

地震時の土砂災害の特徴を総合的に把握し明らかにする必要があることから、委員会構成は以下の通りとする。

委員長

土屋 智(研究開発部会長, 静岡大学農学部)

副委員長

鈴木雅一(総務部会長, 東京大学農学生命科学研究科)

委員

松村和樹(京都府立大学農学部)

林 拙朗(三重大学生物資源学部)

近藤観慈(三重大学生物資源学部)

石川芳治(東京農工大学農学部)

小山内信智(国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター)

笹原克夫(独法土木研究所土砂管理研究グループ)

川田孝信(砂防フロンティア整備推進機構部長)

池田暁彦(砂防地すべり技術センター)

小田晃 (財)建設技術研究所

*川邊 洋 新潟大学農学部 教授

*丸井英明 新潟大学積雪災害センター 教授

*北原 曜 信州大学農学部 教授

*渡辺直喜 新潟大学積雪地域災害研究センター 講師

- *権田 豊 新潟大学農学部 助教授
- *執印康裕 東京大学大学院農学生命科学研究科 講師
- *井上公夫 日本工営(株) 事業統括部副技師長
- *小川紀一郎 アジア航測(株) 新砂防プロジェクトマネージャー
- *は「平成16年新潟県中越地震土砂災害砂防学会調査団」メンバー

事務局(平成16年度砂防学会研究開発部会)

- 部会長 土屋 智 静岡大学農学部(委員長)
- 幹事 中村良光 砂防・地すべり技術センター技術研究所
井良沢道也 岩手大学農学部
- 部員 落合博貴 (独)森林総合研究所治山研究室
山田 孝 北海道大学大学院農学研究科
笹原克夫 (独立行政法人)土木研究所土砂管理研究グループ
安田勇次 砂防・地すべり技術センター技術研究所
山下伸太郎 住鋳コンサルタント(株)防災事業部砂防部
高橋正昭 (株)ダイヤコンサルタント防災・新規事業部

3. 調査研究活動

- 1) 平成16年新潟県中越地震土砂災害砂防学会調査団による概要報告
- 2) 地震と斜面災害に関する発生場としての特徴把握
- 3) 斜面崩壊, 地すべり, 土石流などの形態的な特徴把握
- 4) 崩壊・地すべりによる河道閉塞とその対策に関する調査研究
- 5) 降雨・融雪時の二次的な土砂移動現象とその調査・対策に関する研究

4. 研究会の活動

研究会の活動は, 2004年11月から約1年間とする。

5. 成果の公表

委員会の研究成果は「新潟県中越地震土砂災害調査報告」(仮題)として, 直近の砂防学会誌や砂防学会ホームページに公表する。

新潟県中越地震の概要

新潟大学農学部 川邊 洋・権田 豊

1. 地震動の特徴

2004（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、川口町では震度7を記録した。本震発生後1時間以内にM6.0以上の余震が3回発生するなど、その後も活発な余震活動が続いた。

図-1は防災科学技術研究所のK-NETによる加速度分布である（<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/k-net/quake>）。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で強い地震動であったことが指摘されている（図-2，<http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/news/niiigata041023/site1.html>）。ただし、これらの地震計が設置してある地盤と、山地災害の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、東山丘陵の表層に伝わっ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。

なお、本地震に一月半ほど先立つ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。

2. 震源過程と余震分布

本震の震源断層は、北西-南東に圧縮軸を持つ、北北東-南南西走向の高角な逆断層（西傾斜）と考えられている（図-3、<http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/news/niiigata041023/Inv/fig1.html>）。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（東大震研、http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/sanchu/Seismo_Note/2004/EIC154a.html）。アスぺリティ（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箇所にあり、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

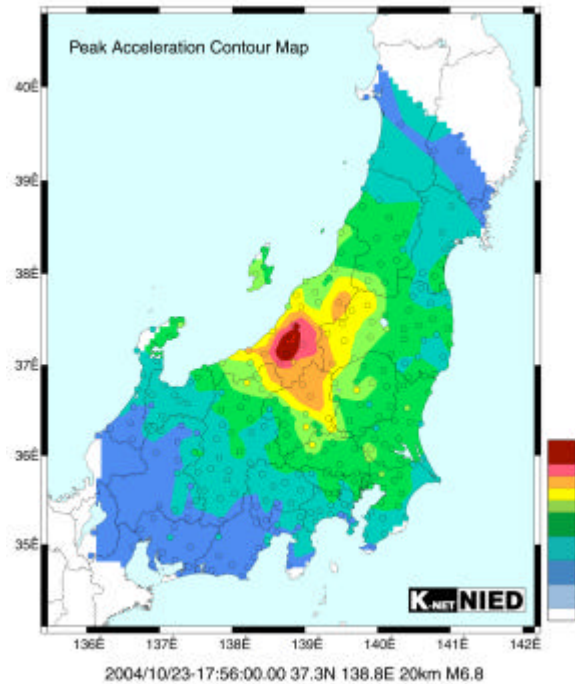


図-1 最大加速度分布（防災科学技術研究所のK-NETによる）

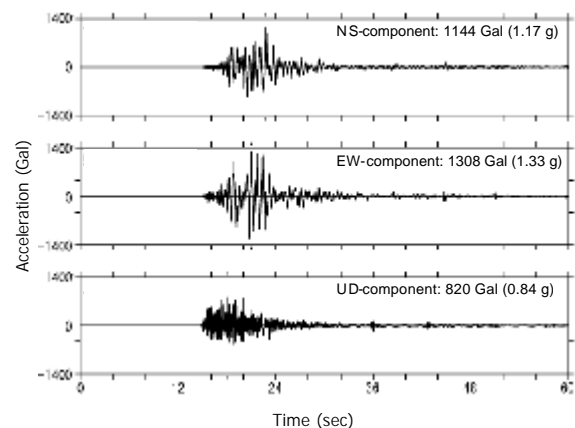


図-2 小千谷における波形記録（K-NET）

ていき、そこでまた強い地震波を発生させて停止したことを表している。

図-4は10月23日~27日の間に発生した余震の震央分布である（東大震研、<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/topics/CHUETSU2004/hypo1027.jpg>）。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

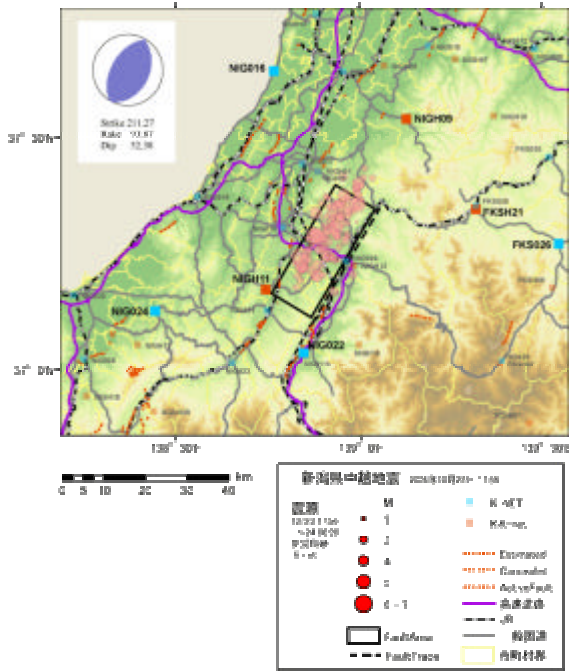


図 - 3 本震の推定震源断層

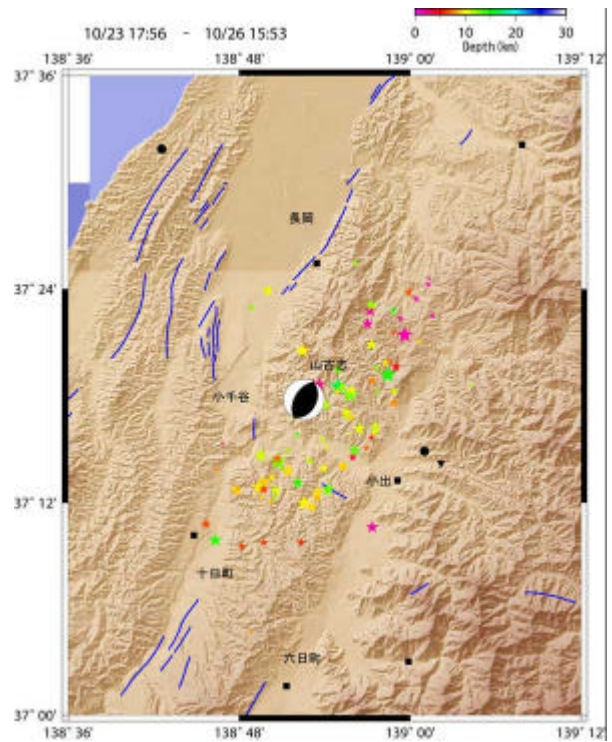


図 - 4 余震の震央分布 (東大震研による)

囲に分布しており、余震域と上記の震源域はほぼ一致している。

新潟県中越地震の余震活動は、1995年兵庫県南部地震 (M7.3) や 2000年鳥取県西部地震 (M7.3) の余震活動と比べると活発である。一連の活動で11月末までに最大震度4以上を観測した地震は、本震も含め60回近くにのぼっている。このような活発な余震活動は、複雑な断層面の形成が原因と考えられている ((社)日本地震学会ニュースレター、Vol.16、No.5、2005)。

3. 地震と斜面崩壊 地すべりの分布

全国有数の地すべり地域の直近で強い直下型地震が発生したために、山古志村を中心とする東山丘陵の広い範囲で斜面崩壊・地すべりが多発した。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 - 5、<http://zgate.gsi.go.jp/niigatajishin/>) によれば、斜面崩壊・地すべりは芋川流域でとくに多く発生している。

北北東 - 南南西に標高400m ~ 700mの峰々が連なる東山丘陵には、第三紀鮮新世 ~ 第四紀更新世の地層が分布しており、岩相は主として泥岩、砂岩泥岩互層、砂岩である。また、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 ~ 鮮新世の地層からなる。

図 - 4 と図 - 5 を比較して分かるように、斜面崩



図 - 5 斜面崩壊・地すべりの分布 (国土地理院作成「新潟県中越地震災害状況図」に加筆)

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 x 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。

芋川流域で発生した地すべり・斜面崩壊

新潟大学積雪地域災害研究センター
丸井英明・渡部直喜

1. はじめに

新潟県中越地震では、平地での地盤災害に加えて、中山間地で斜面災害が多発したことが特徴的であった。地震直後から、地すべり・斜面崩壊に起因したさまざまな二次災害の発生が危惧された。斜面中途の崩落土塊あるいは不安定化した土塊が、強い余震や降雨、融雪によってさらに崩落する危険性が存在した。斜面の一点検による危険個所の把握並びに危険度の評価が必要である。危険性が高い場合には斜面の変状の継続的な計測・監視が必要である。また、多数の地すべりダムが形成され、万一決壊した場合には下流の集落に対する影響が大きく、緊急対応による二次災害の防止が不可欠であった。

2. 地すべり発生状況

中越地震によって、震源に近い川口町、小千谷市、山古志村等の地域では3700箇所以上（国土交通省調査結果）の斜面崩壊や地すべりが発生した。山古志村の芋川流域では発生箇所数が1000箇所に近く非常に多い。従来、地震時には尾根部の急斜面や凸型斜面で斜面崩壊が多発するが、比較的緩い斜面におけるいわゆる地すべりはあまり発生しないとされてきた。しかしながら、山古志村では中越地震により未曾有の地すべりが発生した。地すべりや斜面崩壊の規模は大小様々で形態も異なるが、主要な現象は以下のように要約される。標高の高い、尾根付近の急斜面における崩壊。河川沿いの溪岸崩壊。両者の中間の比較的緩い斜面における地すべり。崩落土塊による地すべりダムの形成。今回は、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に、極めて多数の斜面崩壊並びに地すべりが発生したと考えられる。山古志村内の道路は、崩落、陥没、段差、亀裂等により至る所で寸断された。

山古志村は、標高400～700mの東山丘陵に位置する。新第三紀中新世～第四紀更新世の地層で、岩層は泥岩、砂岩泥岩互層、砂岩を主体とする。地すべり指定地の多い泥質岩分布域である虫亀地域等よりも、砂質岩分布域である芋川流域で地すべり等の発生が顕著であった。

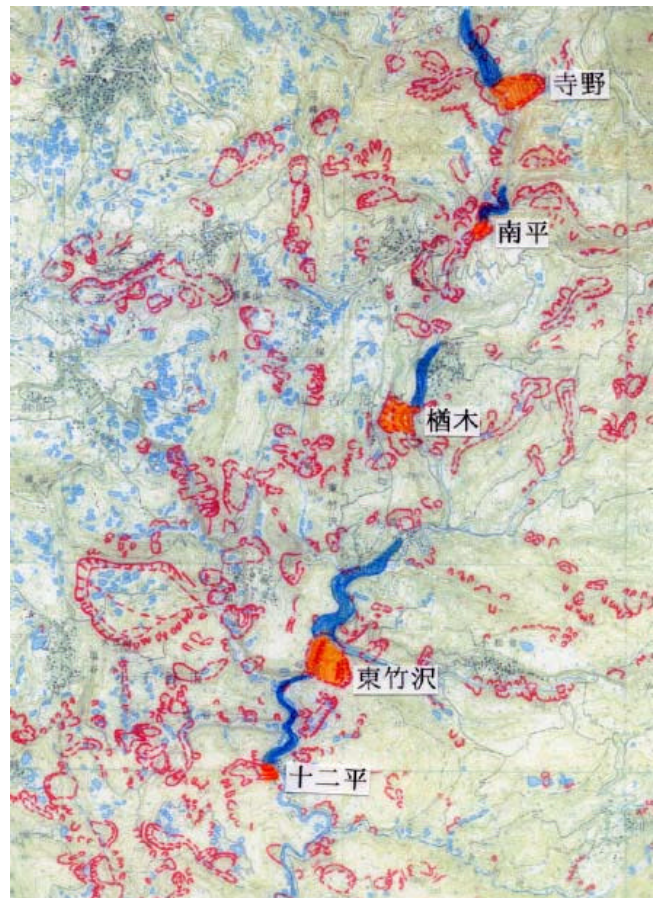


図 1 芋川流域で発生した地すべり・斜面崩壊
(朝日航洋撮影映像に基づき山形大八木教授が判読)

3. 地すべりダム

地すべりダムにより、芋川流域では50箇所以上で河道閉塞が生じた。本流では5箇所、規模の点から重要なものは東竹沢地区と寺野地区である。両地区の地すべりは、斜面長が約350m、崩落土塊量が100万 m^3 を越えている。ともに河道閉塞区間の長さは、上流側水深の10倍程度あり、地すべりダムが水压やパイピングにより決壊する可能性は低いと判断された。しかしながら、水位上昇による越流が生じた場合には決壊の危険性があり、ポンプ排水等により水位を低下させる緊急排水が実施された。さらに、融雪期の流量も考慮した十分な断面を有する仮排水路が施工された。地すべり土塊末端部でかなりの掘削が必要な東竹沢地区では、地すべり土塊の不安定化を回避するために、地すべり土塊頭部で荷重軽減を図る切土工が実施された。



写真 1 東竹沢地すべり主滑落崖
主滑落崖の高さは約25m。すべり土塊は写真右手から左手方向へ約70m移動した。
(2004年10月27日撮影)



写真 2 東竹沢地すべり平面写真
国道291号線に並行した芋川の流路が写真右手から崩落した地すべり土塊により閉塞した。
(2004年11月3日撮影)



写真 3 末端部での水路掘削による二次すべりの危険性に対する緊急対応として地すべり土塊の頭部で排土工が施工された。
(2004年11月25日撮影)

斜面崩壊・地すべりの発生分布とその形態

アジア航測株式会社 小川紀一郎、小野田 敏

1. はじめに

強烈な地震が発生すると、その振動によって斜面では崩壊や地すべりが誘発される。今回は全国有数の地すべり地域で強い直下型の地震が発生したために、山古志村を中心とする新潟県東山丘陵の広い範囲で多くの崩壊と地すべりが発生した。地震時における崩壊・地すべり等の土砂移動現象の発生は地震力、地震発生域の地質、地形、地下水等の水理・水文等の各種因子の総合的な影響によるものである（中村ほか、2000）。地震による発生頻度のとくに高い土砂移動現象は落石、表層崩壊、岩盤崩壊である。これに対して我が国ではこれまで地震を誘因とするいわゆる地すべりの発生例は多くない。とくに古い地すべりが復活して滑動する事例は非常に少なかった（藤田、2001）。しかしながら、芋川を塞ぎ止めた寺野地区や東竹沢地区の土砂移動現象は地すべりとしての分類が妥当であり、これまでとは違った新たな土砂移動形態を我々は経験したことになる。

国交省の発表（平成 17 年 1 月 13 日）によれば今回の地震により発生した崩壊・地すべりは 3,791 箇所、約 1 億 m³とされている。これらは地震後に撮影された空中写真判読（1,310km²）により調査された結果であり、この値を基本として今後の調査研究を進めていくことになるが、今回は地震発生直後に緊急判読した結果（図-1）と学会調査団としての現地調査等に基づいて検討した成果を報告する。

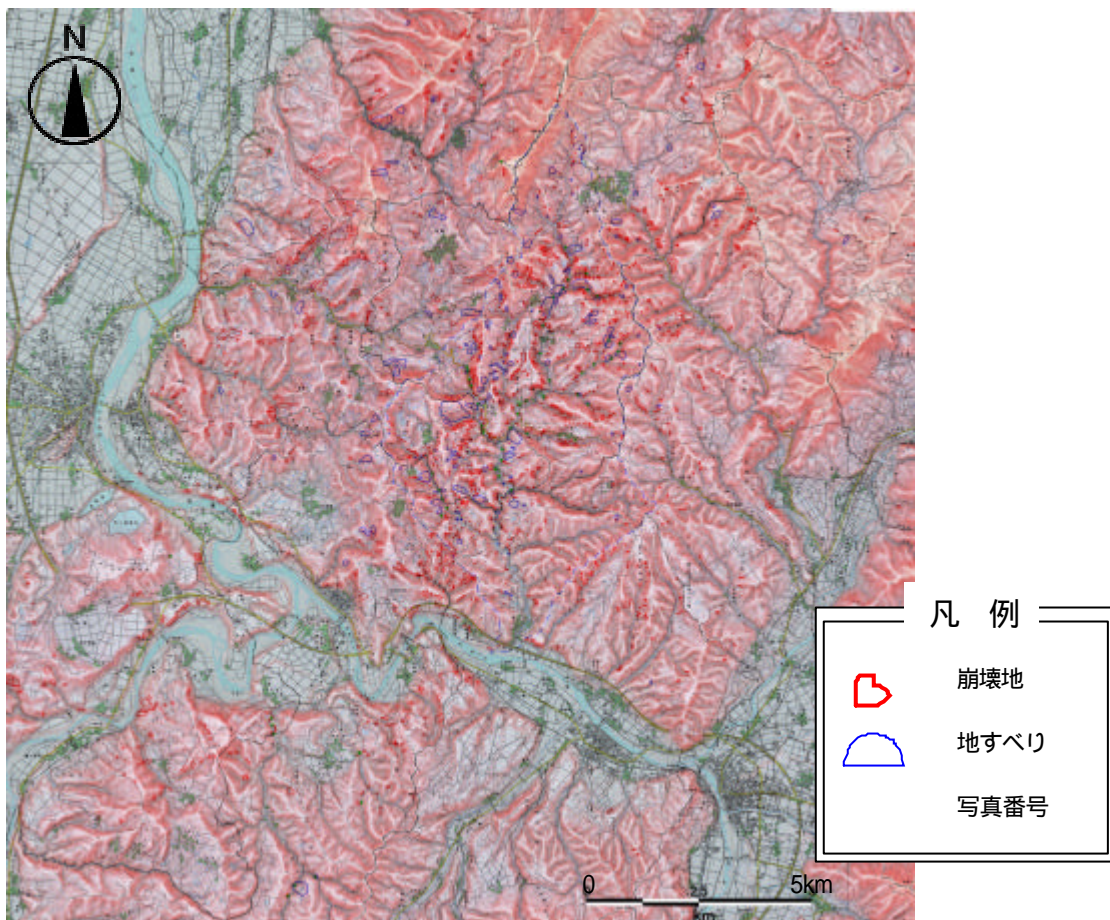


図-1 空中写真判読による被災状況図

10月24日および10月28日撮影の航空写真判読による中越地震崩壊箇所判読図速報版（平成16年11月24日作成）

2. 斜面崩壊・地すべりの分布

今回の地震では、本震直後の余震域を含めた震源域を中心に多くの崩壊・地すべりが発生した。崩壊・地すべりが集中した地域は、余震域でも震源より北の10km×5kmの範囲を含む、山古志村、小千谷市等を中心とするやや南北に延びた20km×10kmの範囲である。崩壊が最も集中している芋川流域の崩壊等の箇所数は、1km²あたり20箇所以上に達し、崩壊面積率5%以上の地域も存在する。

崩壊等の分布は、地質構造の褶曲軸方向と一致した北北東から南南西方向の配列が目立つ。元地形も同方向に主尾根・主谷が配列されており、崩壊等の分布もそれらの斜面方向、勾配等の影響を反映した分布状況であると推定される。また、地すべり地形もこれらの地形・地質構造に規制され、南北方向に配列している。これらのように、崩壊・地すべりの分布域が震源の北側の東山丘陵に集中しているのは、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と思われる（川邊ほか、2005）

3. 斜面崩壊とその形態区分

崩壊した土塊が原型を留めない状態にあるものをここでは「斜面崩壊」とした。今回の地震で発生した土砂移動現象の多くは斜面崩壊であり、発生場所、発生形態等を見るとこれまで経験した兵庫県南

部地震（沖村、1995）や台湾集集地震（水山ほか、2000）での土砂移動現象と類似している。地震時に発生する崩壊は、地質、斜面勾配、地震動の大きさと方向等により様々な形態のものが発生するが、今回の地震でも素因等に依じていくつかの形態に分けられる。

その詳細な整理は今後の調査結果にゆだねるとして、本調査では大局的に表層崩壊、深層崩壊、ならびに盛土崩壊の3つに区分することとした（表-1）

まず第一は、小規模なものから大規模なものまで幅広く括ってしまうことになるが、平衡な急斜面に多く見られる崩壊深1~2m程度以内の表層崩壊である。これは、地震による激しい揺れにより粘土分の少ない、ルーズで不飽和の残積土や崩積土が、土層の境界や基盤岩面上を一気にすべり落ちたものである。このような表層崩壊は地震により誘発される土砂移動現象の典型的なタイプの一つである。写真-1は山古志村小松倉付近の芋川支流前沢左岸の表層崩壊である。急崖斜面に発生した表層崩壊は、比較的面積が大きなものでもすべり面は平滑で、崩壊深は1~2m程度以内のものが多い。このような表層崩壊により土砂が斜面内に残存し二次移動の危険性の高いものも多々ある。また、溪岸部で発生した表層崩壊により土砂は一気に斜面脚部まで崩落して河道に不安定に堆積しているものも多い。これらは河床不安定土砂として、融雪期ならびに豪雨時における再移動が懸念される。

次に、すべり面が円弧状あるいはくさび形状で比較的大きな規模の、崩壊深が5mから20m程度の深層崩壊である。

表-1 崩壊の形態分類

発生域	名称	すべり面形状	崩壊深(m)
斜面	表層崩壊	直線・平面形	0.3~2.0
	深層崩壊	円弧・くさび形	5~20
盛土	盛土崩壊	円弧・くさび形	2~5



写真-1 小松倉地区における表層崩壊（11月25日撮影）



写真-2 寺野下流における深層崩壊（11月26日撮影）

これは、岩盤の節理、層理面や不連続面上を岩塊や岩盤ブロックがマスとなって運動しながら攪乱され崩れ落ちる岩盤崩壊も含んでいる。写真-2は、寺野地すべりより下流約500mで芋川に合流する左支川の斜面崩壊である。斜面尾根付近の岩盤から崩落した土砂は河床部まで達している。このすべり面は緩い円弧状を呈しており、明らかに急崖斜面の表層崩壊とは異なる。崩壊深は崩壊幅に対応して深くなっているようにも見える。ここでは、この崩壊により河道が閉塞されている。一方、写真-3は羽黒トンネル坑口部の崩壊である。本崩壊は、ほぼ尾根直下から発生した比較的規模の大きな崩壊であり、広い範囲に土砂堆積域はおよぶ。すべり面は浅い円弧あるいはくさび形状で崩壊深は10数mは想定される。

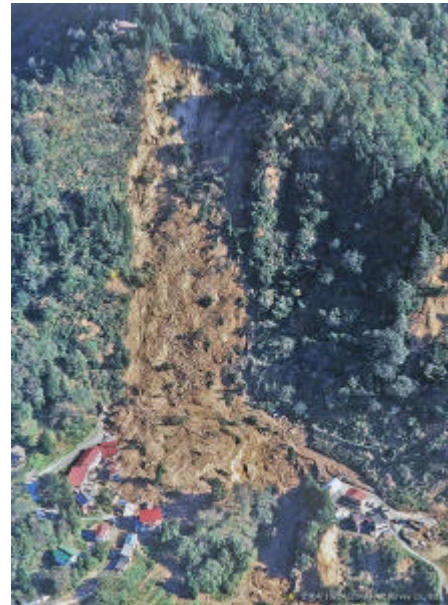


写真-3 羽黒トンネル坑口部の崩壊(10月24日撮影)

さて、中山間地における土地利用の高度化に伴い、道路、宅地、農地等の造成のために盛土地が多く存在する。造成された盛土地の崩壊については宮城県沖地震で確認され、釧路沖地震や兵庫県南部地震において顕在化した(釜井・守隋、2002)。とくに、旧谷地形を埋めて造成した谷埋め盛土が一体となって滑動する土砂移動現象が、数こそ多くはないが発生している。写真-4は寺野地すべり下流の芋川右岸の道路を含む崩壊であるが、これにより浅い谷地形形状の基岩が露出している。このように谷地形を改変して造成された盛土地が今回の地震により崩壊している実態が伺える。



写真-4 寺野下流の道路盛土斜面の崩壊状況(11月26日撮影)

3. 地すべりとその形態区分

地震を誘因として発生する地すべりは、その発生、運動過程により初生地すべりと再発地すべりに区分することができる。ここで言う「地すべり」とは、比較的緩斜面で、移動土塊があまり乱されず原形を残したまま滑動しているものとした。今回の地震で発生した地すべりの特徴について整理すると表-2のようになる。これによれば、今回の斜面災害の特徴として古い地すべり地形内で大規模な地すべりがいくつか発生したことが挙げられる。但し、一部には初生的な地すべりも認められる。

表-2 中越地震による地すべりタイプ概念区分

発生域	名称	形状	規模	移動量	移動土塊	再活動の可能性
地すべり地形	再発地すべり	馬蹄形	長さ200m以上	大(100mオーダー)	風化岩	(背後のブロック)
			長さ100m以上	中(10mオーダー)	風化岩 崩積土	
			長さ50m以上	小(1mオーダー)	崩積土 粘性土	
基盤	初生地すべり	尾根型	大(100m以上)	中(10mオーダー)	基岩	

すべり面上に土塊が多く残存している場合は、地すべりとして再活動する可能性がある。移動距離が大きいいくつかの地すべりは、移動土塊そのものが河道を閉塞して天然ダムを形成し、今回の災害を象徴するものとなった(写真-5)。移動距離が少ないものは、滑落崖と末端の押出域を有する典型的な地すべりとして認識される(写真-6)。その他、滑落崖等は明瞭ではないが、ある面積内に亀裂が多く認めら

れる箇所は、地すべりとして滑動した可能性がある(写真-7)。このような地すべりはその存在が認識されない可能性もあり、豪雨時や融雪時等に再活動することも考えられる。また、今回発生した地すべりは従来から地すべり地形と認識されていた箇所やその内部で生じていることが多い。そのため、地すべり地形内の斜面バランスが崩れ、より上方の地すべりブロック等も不安定化している可能性がある。また、初生地すべりとしては、尾根地形が分断されて滑動した大規模なものも認められる(写真-8)。

兵庫県南部地震では、地震後の降雨により多くの土砂移動現象が発生した。今回の新潟県中越地震においても、認識が困難な潜在的に滑動した地すべりブロック、今回活動した背後の地すべりブロックおよび地山のゆるみ領域等が融雪時や豪雨時に活動する恐れがある。このような箇所を事前にできるだけ早く抽出し、積極的な対応を実施していく必要がある。

引用文献

藤田壽雄(2001):地震と地すべりの挙動、日台「地震と砂防」シンポジウム、117-124

釜井俊孝・守随治雄(2002):斜面防災都市 - 都市における斜面災害の予測と対策 -、理工図書、1-200

川邊洋ほか(2005):2004年新潟県中越地震による土砂災害(速報)砂防学会誌、57(5)、印刷中

水山高久・土屋智・山田孝(2000):台湾集集大地震と斜面災害の概要(速報)砂防学会誌、52(5)、41-45

中村浩之・土屋智・井上公夫・石川芳治編(2000):地震砂防、古今書院、1-190

沖村孝(1995):兵庫県南部地震による六甲山系の斜面崩壊、地盤工学会第30回研究発表会特別セッション、阪神大震災調査報告、49-60

表会特別セッション、阪神大震災調査報告、49-60



写真-8 広神村一ツ峰沢付近の尾根型地すべり(10月24日撮影)



写真-5 東竹沢の地すべり(10月24日撮影)



写真-6 山古志村役場前の地すべり(11月27日撮影)



写真-7 亀裂が多数発生している斜面(10月24日撮影)

中越地方で地震に関連して発生した江戸時代以降の土砂災害

日本工営株式会社 井上 公夫

1 はじめに

新潟県中越地震によって、信濃川東部の丘陵性山地（東山丘陵）では、数多くの土砂移動現象が発生した。このため、各地で河道閉塞を引き起こし、背後に多量の湛水（天然ダム）を抱え、人家や道路・田畑が冠水している地区が多く出現した。また、今年から数年間の融雪時や梅雨・台風期に新たな土砂移動によって河道閉塞が発生し、天然ダムが形成されることが懸念される。このような湛水を抱える河道閉塞区間の土砂が急激に決壊した場合、土石流や泥流、段波状の洪水が発生することが懸念される。

筆者は、平成12年度に湯沢砂防事務所の業務で、『湯沢砂防管内とその周辺の土砂災害』という冊子を作成した。この冊子や今回の調査団の現地調査などをもとに、中越地震周辺域で発生した過去の地震などに関連した土砂災害の概要を説明し、当地域の土砂災害特性を考察する。

2. 中越地域の地震

図1、表1に示したように、中越地域周辺で大きな被害が発生した地震は、主に内陸直下型の震源の浅い地震である。しかし、1964年の新潟地震（ $M=7.5$ ）のように、日本海東縁部で発生する地震もある。地形的には、越後平野と長野盆地に挟まれた丘陵性山地で、北北東-南南西方向に走る月岡断層帯・長岡平野西縁断層帯、十日町断層帯、信濃川断層帯等が何本も走り、活動度もA～B級と高くなっている（活断層研究会、1995）。信濃川断層帯（活動度A級）では、弘化四年（1847）に善光寺地震（ $M=7.4$ ）が発生している。長野県内北部の土砂災害は有名であるが、後述するように、新潟県側でも多くの土砂災害が発生した。魚野川流域には活動度の高い活断層はあまり認められない。六日町盆地北西縁を通る石打断層（活動度B級）が存在するが、北部延長部は塩沢町の地すべり地帯に覆われてしまい、断層の位置・長さは良く分かっていない。

信濃川の低地帯に沿っては、マグニチュード6前後の内陸直下型の地震が数十年おきに発生し、震源から数十kmの範囲で土砂災害が発生している。寛永十三年（1636）の寛永中魚沼地震（ M 、規模不明）では、津南町外丸の堅木山・鍋倉山の斜面が崩壊し、崩壊土砂は3戸の田沢部落を埋没した。また、田沢川は河道閉塞を起こし、天然ダムを形成した。さらに、20日後に上流の鍋倉山南斜面が大規模に崩壊し、天然ダムに流入したため、河道閉塞を引き起こした土砂は急激に決壊した。この時に発生した土石流によって、信濃川に面した原村では全戸（8～9戸）が埋没したという。しかし、地域住民はこの天然ダムの決壊を予測して避難していたため、幸い人的被害はなかった（津南町史編纂委員会、1985）。

宝暦元年（1751）の宝暦高田地震（ $M=7.2$ ）では、名立崩れ（圧死者406人）をはじめ、北国街道の通る上越海岸で連続して崩壊性地すべりが発生し、通行不能となった。また、名立河上流でも大規模な地すべりにより、河道閉塞・天然ダムが形成された。

文政十一年（1828）の三條地震（ $M=6.9$ ）では、越後平野南部での被害が著しく、三條では439軒の家が全半壊し、死者205人の被害を生じた（宇佐美、1996）。地割れや噴砂の記録があり、建物が3～4尺めり込んだという記録などから、かなり大規模な液状化現象が起こったと考えられる。丘陵性山地でも土砂災害があったと思われるが、詳細な調査は進んでいない。

明治時代以降における被害地震としては、明治20年（1887）の古志郡地震（ $M=5.7$ ）、明治31年（1898）と明治37年（1904）の六日町地震（ $M=6.1$ 、 $M=6.1$ ）、昭和8年（1933）の小千谷地震（ $M=6.1$ ）、昭和36年（1961）の長岡地震（ $M=5.2$ ）などが知られている。

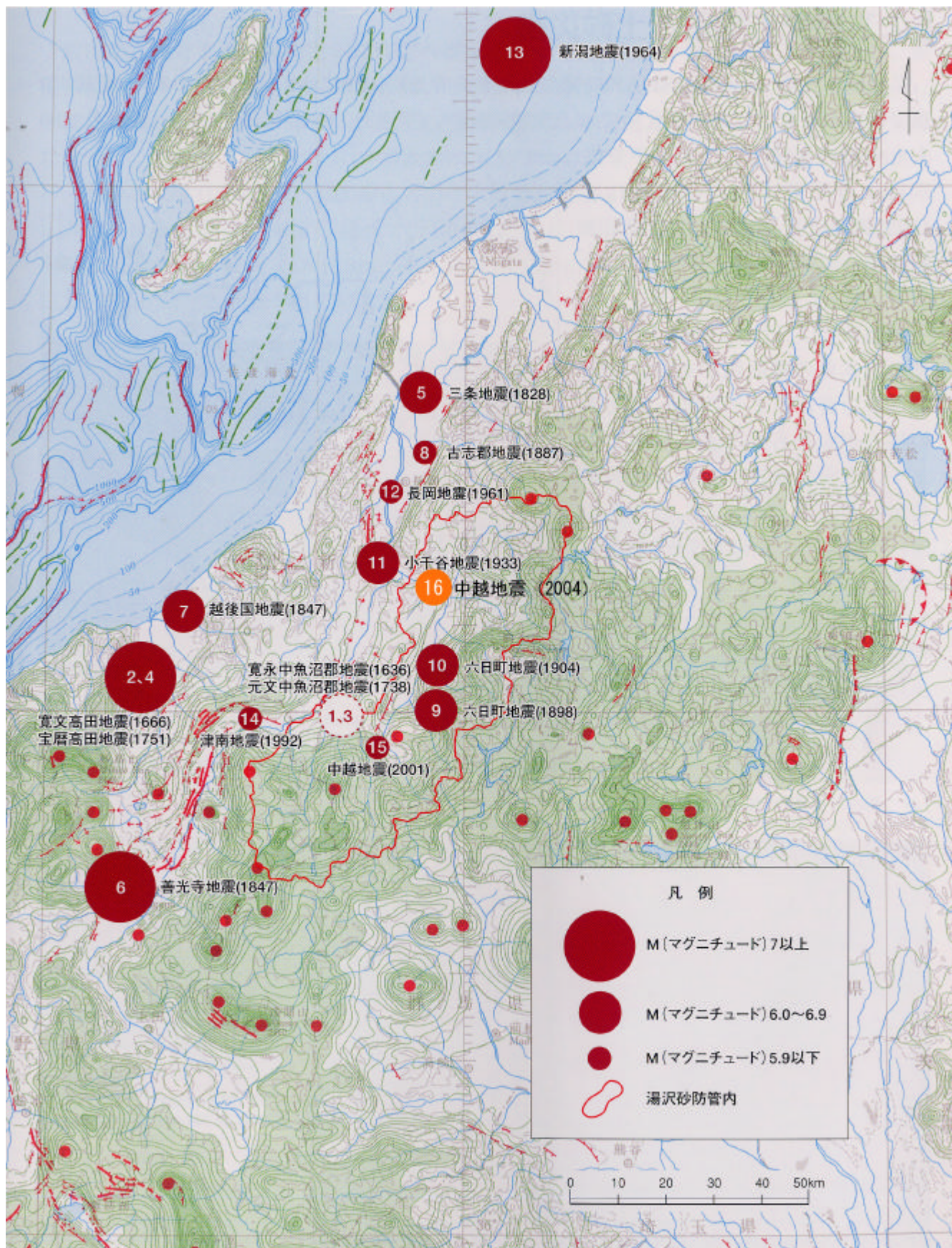


図-15 管内周辺の活断層と主な地震の震央 (活断層研究会(1995)新編日本の活断層-付図1に加筆)

図1 中越地域周辺の活断層と主な地震の震央 (湯沢砂防工事事務所, 2001, 中越地震を追加)

表-1 地震災害の記録 (湯沢砂防工事事務所, 2001, を修正)

震央	年月日	地震名(通称)	被害の概況
	寛永十三年十一月六日 1636.12.3	寛永中魚沼郡地震	津南町外丸の堅木山東斜面が崩壊し、崩壊土砂により田沢部落(3戸)を埋没させ、河道を閉塞した。20日後上流の鍋倉山南斜面が崩壊し、流出土砂が天然ダムに流出し決壊した。決壊によって発生した土石流の流下により、下流の原村の全戸(8~9戸)が埋没した。
	寛文五年十二月二十七日 1666.2.1	寛文高田地震	高田城の本丸、二の丸、三の丸が破損。侍屋敷700軒余が全壊。死者は1400~1500人。
	元文二年閏十一月十三日 1738.1.3	元文中魚沼郡地震	津南町中深見では、屋敷が崩れ青泥が出た。
	宝暦元年四月二十六日 1751.5.21	宝暦高田地震	名立崩れ(圧死者406人)をはじめ、上越海岸での土砂災害甚大。名立川上流では天然ダム形成。
	文政十一年十一月十二日 1828.12.18	三条地震	三条では全壊439戸、死者205人、燕で全壊269戸、死者221人。
	弘化四年三月二十四日 1847.5.8	善光寺地震	水内・更級の被害が最大。松代藩領では、全壊9550戸、半壊3193戸、死者2695人、負傷者2289人、山崩れ41051箇所。犀川右岸、岩倉山(虚空蔵山)が崩れ、河道を閉塞、天然ダムを形成した。中津川上流の切明、千曲川左岸の天水山(栄村)において大規模な崩壊が発生し、河道を塞ぎ止めて天然ダムを形成した。また、犀川右岸、虚空蔵山の天然ダムの決壊による洪水高は、川田(犀川と千曲川の合流点)で5尺(1.5m)、飯山で1.3丈(4m)、小千谷でも水高が増し、信濃川河口で1丈(3m)余りと記録されている。
	弘化四年三月二十九日 1847.5.13	越後国地震	善光寺地震との被害区分が困難。頸城郡での被害が多かったようである。全壊半壊や死傷者あり、地割れ、噴砂あり。高田家中全壊17戸、足軽長屋も残らず大破。
	明治20年7月22日 1877	古志郡地震	古志郡で土蔵の2/3は壁に亀裂、家屋の全壊半壊あり、負傷者1人、地割れ100カ所余り。
	明治31年5月26日 1898	六日町地震	六日町で土蔵・家屋の壁の亀裂、墓碑の転倒、田畑の亀裂・噴砂。
	明治37年5月8日 1904	六日町地震	南魚沼郡五十沢村で家屋・土蔵の破損があり、道路の亀裂から青砂を噴出した。
	昭和8年10月4日 1933	小千谷地震	小千谷付近の川口、堀之内などで強く、屋根石の落下や壁の亀裂。
	昭和36年2月2日 1961	長岡地震	震度VIの地域は径約3kmの狭い範囲の典型的な局部地震。被害域の中心から東へ約2km離れた長岡旧市内での被害はほとんどなかった。住家の2階が倒壊し、多くの死傷者を出した。
	昭和39年6月16日 1964	新潟地震	被害は新潟・山形県を中心として9県に及んだ。住家全壊の多かったのは新潟市・村上市(神林町)・中条町・水原町と山形県の酒田・鶴岡・遊佐・温海の各市町。神林村の塩谷部落では全戸数316の内全壊152。地震断層は見つからなかったが、この地震の特徴として噴砂水があった。新潟市や酒田市などの低湿地から砂と水を噴き出し、砂が1mも堆積したところもあった。3年後の昭和42年(1967)8月26-29日に羽越水害が発生した。
	平成4年12月27日 1992	津南地震	気象官署で有感のところはなかった。しかし震源に近い津南町上郷を中心とした狭い地域(1km ² くらい)で体育館の屋根が破損、家の窓ガラスの破損、壁のひびなどの家屋小破137件が発生した。
	平成13年1月4日 2001	中越地方の地震	震源地は塩沢町付近で、震源の深さは約20km。湯沢町・塩沢町・中里村・津南町・十日町市で震度5弱であった。塩沢町ではロッカーの下敷きになるなど二人が軽傷を負い、湯沢町のスキー場では小規模な雪崩が発生した。また、新幹線・関越道・北陸道・上信越道も一時通行止めになり、交通網も混乱した。
	平成16年10月23日 2004	新潟県中越地震	震源地は新潟県古志郡山古志村付近で、震源の深さは約10km。川口町で震度7を記録した。その後も活発な余震活動が続き、震度6強を複数回記録した。山古志村の位置する東山丘陵は、全国でも有数の地すべり多発地帯であり、多数の斜面崩壊・地すべりが発生した。芋川流域などでは本流支流などで、10箇所以上の河道閉塞(天然ダム)が形成された。上越新幹線、北陸道、上信越道も一時通行止めになり、交通網も混乱した。
*	宇佐美辰夫(1996)新編日本被害地震総覧増補改訂版, 東大出版会などをもとに作成		

また、平成 13 年（2001）1 月 4 日には、塩沢町付近を震源とする**中越地方の地震**（ $M=5.1$ ）が発生し、2 人が軽傷を追うなどの被害が発生した。

3. 善光寺地震と土砂災害

弘化四年三月二十四日（1847.5.8）に発生した**善光寺地震**（ $M=7.4$ ）は、長野県北部の水内・更級郡の被害が最大であった。宇佐美（1996）などによれば、松代藩領では、全壊 9,550 戸、半壊 3,193 戸、死者 2,695 人、もの被害を出し、山崩れは 41,051 箇所、洪水による死者は 22 人に達した。善光寺領では、全壊 2,285 戸、消失 2,094 戸、死者 2,486 人と記録されている。善光寺では三月十日から 7 年に 1 度の御本尊の御開帳があり、全国から多くの参拝者（7~8 千人）が集まっていたが、地震直後の火災で門前町がほぼ全焼したこともあって、生き残った参拝者は 1 割程度と言われている。善光寺は本堂・山門・経蔵・鐘楼・万善堂を除いて、破損または焼失してしまった。

犀川と信濃川に挟まれた犀川丘陵では、夥しい山崩れが発生し、流出土砂による埋没家屋も数多く存在した。犀川の**岩倉山（虚空蔵山）**が大規模地すべりを起こし、河道を塞ぎ止め、高瀬川との合流地点・押野（現明科町）まで湛水し、数十カ村が水没した。19 日後の四月十三日（5 月 27 日）に天然ダムは決壊し、流失 810 戸、泥砂入家屋 2,135 戸、流死 100 余人という大被害が発生した。洪水高は犀川で 2 丈（6m）、飯山で 1.3 丈（4m）、川田（犀川と千曲川の合流点）で 5 尺（1.5m）、長岡で 5 尺~1 丈（1.5~3m）、信濃川河口で 1 丈（3m）余りであったという（宇佐美，1996）。



図2 切明の大規模崩壊と天然ダムの推定湛水域（湯沢砂防工事事務所，2001）

図2は、善光寺地震時に長野県栄村・秋山郷の切明で発生した巨大地すべりの末端部の大規模崩壊で、河道が閉塞され、上流側の2箇所天然ダムが形成された。地形図や航空写真によれば、中津川と下雑魚川の合流する東斜面には明瞭な大規模地すべり地形が存在し、末端部が大崩壊を起こしたものと判断される。河道閉塞した岩塊の窪みから徐々に湛水が流出したため、天然ダムは一度に決壊することはなく、下流域に大きな被害を与えることはなかった。翌年に佐久間象山（1811-64）が検分した時点でも、天然ダムの湛水は10町（1km）余りの長さがあったと言われている。図2からも明らかのように、地区

の背後には巨大な地すべり地が存在するので、今後とも土砂移動のモニタリングを実施する必要がある。

信濃川左岸の栄村・天水山でも天然ダムの形成・決壊があった。天水山の南斜面が大規模に崩壊し、流出土砂が中条川を塞ぎ止め、これが決壊して土石流が発生した。土石流は下流の白山神社背後の丸山で分流し、一方は中島集落に流入し、他方は青倉地区字小牧の人家3戸を押し流して信濃川に達した。

4 石打の大規模崩壊と天然ダム

南魚沼郡誌(1971)によれば、「承保三年(1076)湯沢町の戸内山が崩れ、神立部落まで湛水し池となる。その後決壊し泉田集落等を両断した」とある。湯沢町誌(1978)には、「安元二年(1176)十月十日、湯沢戸内山が地すべりで崩壊し、魚野川を塞ぎ止め、神立石白付近(宝珠庵の門前)まで湛水した」という記録がある。宝珠庵の門前まで湛水したとすれば、現在の湯沢町の市街地の大部分が水没してしまったことになる。

砂防学会の新潟県中越地震土砂災害調査団の現地調査でも、大規模な崩壊跡地が2箇所確認された。流出土砂は緩勾配の斜面を形成しており、石打スキー場のゲレンデとなっている。流出土砂の末端部には多くのホテルやマンションが建設されている。国道17号線はこの部分で峠状の登坂車線が設けられている。現在でも魚野川のこの区間だけ狭窄部となっており、再度大規模な土砂移動が生ずれば、河道は閉塞され、大規模な天然ダムが形成される可能性がある。

現在の地形状況から判断すると、大規模な崩壊があったと推察される斜面は、現在の湯沢町と塩沢町の境にあたる魚野川左岸の石打付近の斜面であるものと判断される。900年も前の現象であるため、これらの大規模崩壊の発生誘因は、現段階では分かっていない。この年代に対比される規模の大きな地震の記録は見当たらないが、石打断層の履歴調査の結果にも注目して行きたい。

5 芋川に形成された河道閉塞(天然ダム)

新潟県の中越地方は、標高300~500mの丘陵性山地で、新第三紀地すべりの多発地帯である。山古志村の種芋原(外刈)の中野地区では、文政七年(1824)四月に大規模な地すべりが発生し、大きな被害が発生した(石碑『盗人塚』や古記録がある)。榑木では、昭和51年(1976)3月の融雪時に榑木集落の南斜面が地すべりを起こし、新築間もない家屋が倒壊した。この地区の斜面のほとんどは棚田や養殖池として土地利用されているが、地すべりや崩壊が数10年~数百年おきに繰り返し発生している地区である。

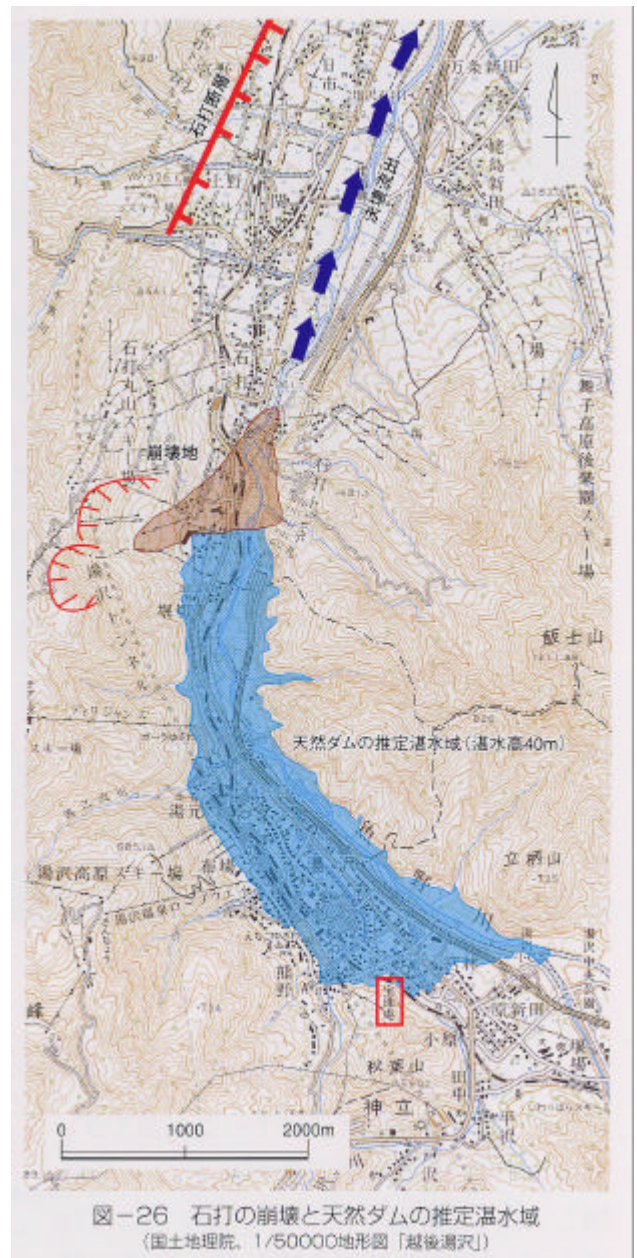


図3 石打の崩壊と天然ダムの推定湛水域
(湯沢砂防工事事務所, 2001)

また、魚野市（旧広神村）水沢新田では、昭和44年(1989)4月26日に大規模な地すべり性崩壊が発生した。流出土砂は小屋柄川を河道閉塞し、小規模な天然ダムが形成され、死者8人、人家倒壊10戸という大きな被害を生じた。その後、新潟県では災害復旧工事が行われ、多くの砂防・地すべり対策施設が建設されている。この地区は中越地震の震源地に近かったこともあって、砂防施設などにかなりの破損が見られる。昭和44年災害の慰霊碑も倒壊しており、地震動の激しかったことを物語っている。

図3に、芋川の河床縦断面図と主な大規模土砂移動、河道閉塞地点を示した。河道閉塞の背後には、天然ダムが最高水位になった時点の水位標高と湛水量を示してある。芋川の河床勾配は、魚野川合流地点で0.6%（魚野川本川0.3%）、東竹沢地点で1.0%、寺野付近で3.5%である。その他の河道閉塞地点は塞止め高さが10m以下で、湛水量はあまり多くない。しかし、融雪時には地すべり性崩壊現象が拡大し、河道閉塞の塞止め高さが高くなることが懸念される。また、支流地域を含めて、新たに河道閉塞が起きる可能性がある。融雪時や豪雨時に、新たに支流で河道閉塞が起きた場合、本川よりも河床勾配が急であるため、決壊すると土石流が発生しやすく、注意が肝要である。

積雪が極めて多く大変な地域であるが、融雪時には現在の河道閉塞地点だけでなく広範囲にヘリコプターや現地調査などによる地表変動状況調査が必要であろう。

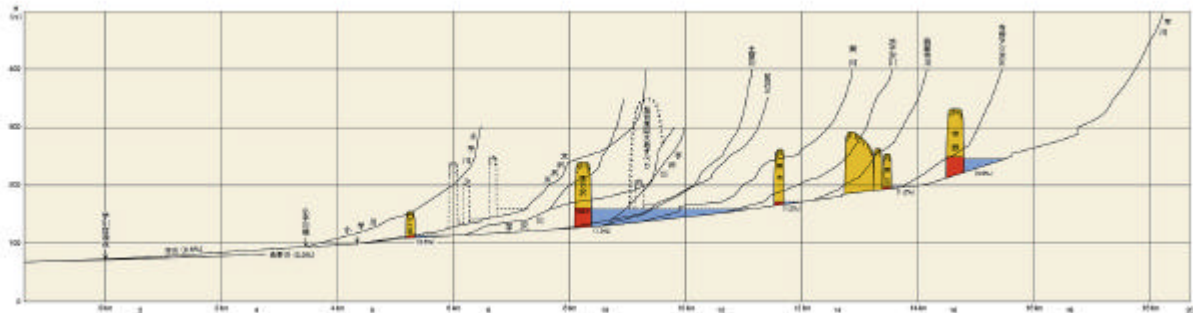


図4 芋川の河床縦断面図と河道閉塞位置図

6 むすび

北陸地方整備局のホームページで毎日発表される記者発表『芋川流域の河道閉塞対応状況』などによれば、東竹沢の最高水位は2004年11月7日の157.76m（高さ51.5m，湛水量256万 m^3 ），寺野は244.0m（高さ31.1m，湛水量38.8万 m^3 ）であった。その後の北陸地方整備局・湯沢砂防事務所の懸命な排水対策によって、水位をかなり低下させることができています。

現在実施されている河道閉塞対策が、融雪時期においても十分に機能が果されることを希望する。

引用・参考文献

北陸地方整備局中越地震復旧対策室・湯沢砂防事務所（2004年12月）：平成16年（2004年）新潟県中越地震芋川河道閉塞における対応状況

井上公夫（2005）：河道閉塞による湛水（天然ダム）の表現の変遷，地理50巻2号，p.8-13

井上公夫（2005）：中越地震と河道閉塞による湛水（天然ダム），測量2005年2月号，p.7-10

国土交通省湯沢砂防工事事務所（2000）：平成11年度土砂災害履歴調査報告書，日本工営株式会社

国土交通省湯沢砂防工事事務所（2001）：湯沢砂防の管内とその周辺の土砂災害，pp.44

川邊洋・権田豊・丸井英明・渡部直喜・土屋智・北原曜・小山内新智・笹原克夫・中村良光・井上公夫・小川喜一郎・小野田敏（2005）：2004年新潟県中越地震による土砂災害（速報），砂防学会誌，57巻5号，p.45-52

津南町史編さん委員会（1985）：津南町史，通史編上巻，p.262-263

宇佐美龍夫（1996）：新編日本被害地震総覧増補改訂版416-1995，東京大学出版会，pp.493

今後の土砂移動現象とその調査

独立行政法人土木研究所 笹原克夫

1. 今後予想される土砂移動現象

新潟県中越地震 (M6.8, 2004) により大きな土砂災害を被った芋川流域一帯は、地すべり多発地帯であり、有数の豪雪地帯でもある。芋川を塞ぎ止めた地すべりのうち、寺野、東竹沢地区の地すべりは規模が大きいため、応急的に埋塞土砂の安定化や湛水池の水位低下などの対策が集中的に行われているが、これらを含め今後の河道埋塞土砂の二次的な移動の兆候をモニタリングする必要がある。またこれからの融雪期やその後の降雨により、今回の地震による斜面崩壊発生箇所周辺の拡大崩壊や、崩壊していないまでも斜面上に亀裂などが形成されて不安定となっている斜面の新規崩壊の可能性が考えられる。地震により動いた地すべりの、融雪期以降の再滑動も考えられる。またそれらによる新たな生産土砂が芋川等を流下し、下流に有害な影響を及ぼす可能性も考えられる。

以上予想されるような今後の土砂移動現象の前兆現象をとらえるため、以下のようなモニタリングや調査を実施することを予定している。

1. 河道埋塞土砂の安定性のモニタリング

(1) 移動量調査

寺野及び東竹沢地区の地すべりの頭部域において地表移動量を把握する。

調査方法：固定 GPS 観測点による変動量測定 (積雪前に固定点を設置)

固定点：東竹沢及び寺野地すべりにおいて、以下のように設置する。

東竹沢知区：2 点 / 滑落崖より上部 2 箇所。寺野地区：3 点 / 滑落崖上部 1 箇所、地すべり土塊上部 2 箇所。

測定回数：積雪前 1 回、融雪時開始時 1 回、無積雪時 1 回

(2) 表層地下水調査

寺野地区及び東竹沢地区の地すべりの頭部域において降雨時と融雪時の浸透水による地下水形成を定量的に把握する。

調査方法：現在掘削されているボーリング孔を利用して地下水位を観測する。

測定方法：圧力式水圧計による 1 時間ごとの自動観測とする。

(3) 地形測量

寺野地区において、地すべりの対岸にできた崩壊地を対象に 3 次元変化量を把握する。

調査方法：地上レーザプロファイラーによる地表変動量の測定

測定回数：積雪前 1 回、融雪時開始時 1 回、無積雪時 1 回

2. 融雪期以降の新たな土砂移動現象の調査

(1) 融雪期の芋川流域の崩壊発生状況のモニタリング

融雪期における芋川流域の、既崩壊地の拡大崩壊や、亀裂の形成された斜面の新規崩壊の発生状況を

空中写真撮影によりモニタリングする。また地震により動いた地すべりの、融雪等による再滑動についてもモニタリングを行う。

調査方法：芋川流域の垂直空中写真を2週間に一回程度撮影し、それらの比較から崩壊拡大や新規崩壊発生状況を調べる。

測定回数：3～5月の間に2週間に一回程度撮影。

(2) 融雪流量予測のための融雪量モニタリング

融雪期の拡大崩壊や新規斜面崩壊を引き起こす斜面上の融雪量を推定するため、また地震による地すべり・斜面崩壊により河道内に堆積した不安定土砂の流動化を引き起こす融雪水量を推定するため、試験地において融雪水量と気象要因値との関係を明らかにし、芋川流域における融雪水量推定手法を確立する。

調査方法：芋川支川前沢川流域の小松倉集落において、日射・風向風速・積雪深と融雪量を観測すると共に、前沢川における流量も同時に観測する。これらより気象要因値と融雪量の関係、また流量の関係を検討する。

観測時期：12月下旬から5月くらいまで。

(3) 振動センサーによる土砂流出観測

融雪期に多量の土砂流出が予想される芋川支川前沢川に振動センサーを設置し、土砂流出時の振動波形を収集して、融雪期の土砂流出の実態を把握する。

調査方法：芋川支川前沢川に振動波形記録が可能な振動センサーを設置し、融雪期の土砂流出に伴う振動波形を収集する。

測定時期：融雪期（3～5月）連続観測。

(4) 芋川における流出土砂量の把握

上流で大規模な土砂生産が発生した流域のサンプルとして芋川流域をとらえ、芋川流域における流出土砂量を、濁度の計測により推定する。

調査方法：小芋大橋に濁度計及び水位計を設置し、濁度と流量を測定する。

観測時期：1月から観測を開始している。

国総研等の主な緊急対応

国土技術政策総合研究所 小山内 信智

1 被害の全体概要

平成16年新潟県中越地震により発生した土砂災害は、土石流4カ所、地すべり131カ所、がけ崩れ90カ所に及んでいる。(国土交通省砂防部12月31日まとめ)図1に震央と斜面崩壊分布を示す。図にあるとおり本震の震央に近いところで斜面崩壊が多数発生しており、被害の大きい山古志村を中心に撮影した空中写真から判読された斜面崩壊が計3791箇所確認されている。

国総所砂防研究室、土研土砂管理研究グループが行った地震発生前後の衛星写真の判読比較によると、土砂災害による被害の大きかった山古志村西部の斜面崩壊地発生面積率が4.7%(判読面積21km²)となっており、1964年の新潟地震及び兵庫県南部地震によって発生した斜面崩壊の発生事例と比較しても斜面崩壊の発生率は大きい(表1)。

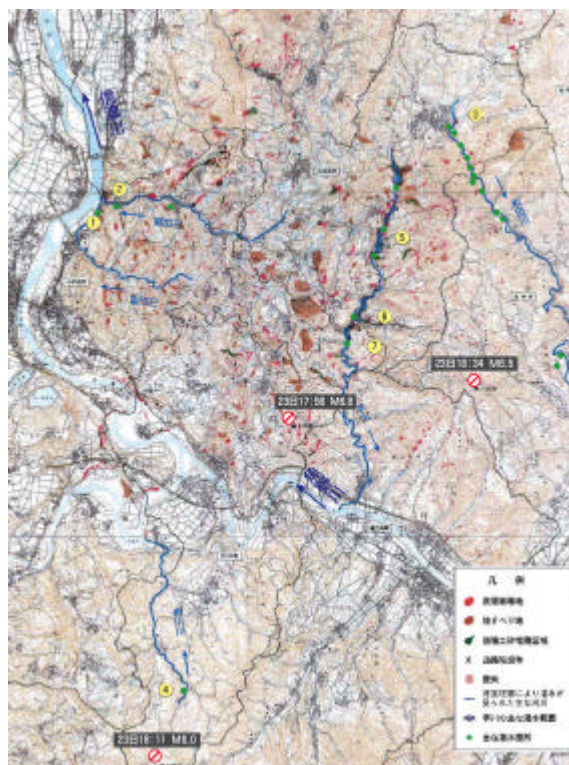


図1 震央と斜面崩壊の分布

表1 過去の地震と新潟県中越地震による斜面崩壊の比較

	崩壊数	崩壊土砂量	崩壊面積率 (%)	対象区域 (km ²)	引用文献	備考
中越地震 (2004)	3791	1億 m ³	4.7	1310	国土交通省砂防部ホームページ 国総研 砂防研究室調べ	崩壊地、流下堆積範囲を含む
台湾集集地震 (1991)	10476		7		林 (2002)	地震後の台風による崩壊も含む
兵庫県南部地震 (1995)	1685	63万m ³	0.18	120	中野ら (1997)	
新潟地震 (1964)	534	38万m ³	0.08	386	山口・川邊 (1982)	
			0.2	151	大村ら (1980)	
今市地震 (1949)	425	161万m ³	0.2	234	中村ら (2000)	
関東大震災 (1923)	935		15.2	53	山口・川邊 (1982)	地震後の豪雨による崩壊も含む
			4.5	100	安江 仲野 (1981)	地震後の豪雨による崩壊も含む

2. 河道閉塞に対する危険度概略判定

土砂災害復旧計画作成支援システム(建設省、1992)にある危険度概略判定のフローに基づき、越流とパイピングによる河道閉塞の決壊にいたるまでの時間と、決壊した場合の段波のピーク流量を推定した。また、既存資料(建設省河川局砂防部、1995)に示された過去の天然ダムの被災事例と比較して、寺野、南平、榎木、東竹沢、十二平で形成された河

表2 河道閉塞の形状

地区名	河道閉塞の形状				
	長さ [m]	高さ [m]	幅 [m]	せき止め土量 [m ³]	貯水量[m ³] (満水湛水量)
寺野	360	26	230	107,800	428,900
東竹沢	350	28	295	1,272,300	3,273,100
十二平	125	9	95	23,300	25,200
榎木	190	9	240	44,500	9,100
南平	220	8	345	11,700	20,200

道閉塞の決壊の可能性を検討した。

表 2 は河道閉塞の形状と、せき止め土砂量及び満水した場合の湛水量を示したものである。河道閉塞が形成される前の地形は国土地理院発行の 50mメッシュデータから推定し、形成後の地形は平成 16 年 10 月 28 日にレーザー計測した結果を用いた。

表 3 はそれぞれの河道閉塞が決壊するまでに至る時刻を推定した結果である。越流による決壊に至るまでの時間は、平成 16 年 10 月 28 日時点の湛水位と河道閉塞の天端のうち最も低い地点の標高の差を水位上昇の割合で割って求めた値である。なお、水位上昇の割合について、現地調査時点で入手できた値は寺野と東竹沢のみであったため、その他の河道閉塞は推定できなかった。また、パイピングによる決壊に至るまでの時間は河道閉塞の下流端に浸潤線が到達するまでの時間とし、式 (1) (建設省、1992) を用いて推定した。

$$T = \frac{L}{k(\sin q + H/L)} \dots (1)$$

ここで、T：到達時間[s]、L：河道閉塞の長さ[m]、k：透水係数[m/s]、H：河道閉塞の高さ[m]、q：元河床勾配である。k の値は、新潟県が過去に芋川流域において実施した土質調査の結果を参考に 2.0×10^3 [cm/s] ($=2.0 \times 10^5$ [m/s]) とした。なお、後日、寺野地区で形成された河道閉塞の 2 箇所において簡易用水試験を実施し、透水係数を計測したところ、その値は $3.1 \times 10^3 \sim 6.5 \times 10^3$ [cm/s] の範囲であった

図 2 は過去の天然ダムの被災事例から河道閉塞の決壊の可能性を検討したもので、X 軸に堰止め土量[m³]、Y 軸に湛水量[m³]をプロットしたものである。ここでは、湛水量として満水した場合の値を用いた。その結果、「決壊せず & T = 10⁶」(T は継続時間[s]) の直線より上に位置し、寺野地区と東竹沢地区の河道閉塞は遅かれ早かれ決壊する可能性があるとして推定できた。

次に、河道閉塞が決壊した場合に生じる段波のピーク流量を推定した。ここでは、河道閉塞が越流により侵食された場合を想定して、式 (2) (建設省、1992) を用いて推定した。

$$q_{\max} = \begin{cases} 0.512 \left(\frac{S \times H}{10^4} \right)^{0.347} & (d_m = 0.25\text{mm}) \\ 0.290 \left(\frac{S \times H}{10^4} \right)^{0.384} & (d_m = 2.50\text{mm}) \end{cases} \dots (2)$$

ここで、q_{max}：単位幅ピーク流量[m³/s/m]、S：単位幅貯水量[m³/m]、H：河道閉塞の高さ[m]で、一般に (S × H) はダム係数と呼ばれる。ピーク流量は式 (2) を用いて推定した単位幅ピーク流量に河道閉塞の幅 (表 5.1) を掛け合わせたものとなる。危険度概略判定の作業では、d_m=0.25mm としてピーク流量を推定した。その結果、ピーク流量は寺野地区で形成された河道閉塞が決壊した場合で 200m³/s 程度、東竹沢地区で形成された河道閉塞が決壊した場合で 500m³/s 程度となった。

表 3 河道閉塞が決壊までの推定時間

地点名	決壊までに要する時間 [h]	
	天然ダムの越流による破壊	天然ダムのパイピングによる破壊
寺野	29時間後	50,367
東竹沢	248時間後	54,573
十二平	-	21,921
榎木	-	49,026
南平	-	56,051

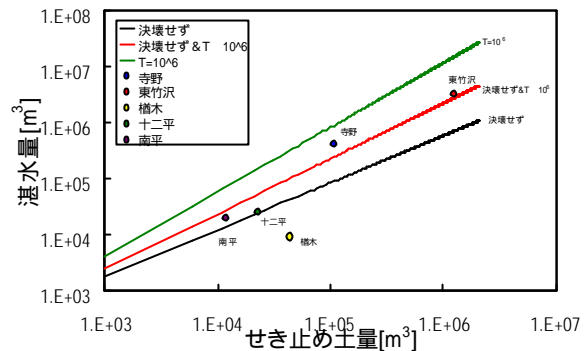


図 2 せき止め土量と湛水量の関係

3. 土砂災害危険箇所等緊急点検

10月26日に新潟県知事より国土交通大臣に「平成16年新潟県中越地震による土砂災害危険箇所の点検調査支援について」の緊急要請があり、27日朝から土木研究所新潟試験所チームによる長岡市の点検・調査を皮切りに31日までの5日間緊急点検が行われ、11月1日に土砂災害対策緊急支援チームの現地本部長（国総研危機管理技術研究センター長）より新潟県土木部長に点検結果が伝えられた（表-4）。

対象地域は震度5弱以上の強い揺れが観測された17市町村（地震発生当時）で、立ち入り可能な1,469箇所に対して、北陸、関東地方整備局管内の砂防関係事務所、近隣の県土木部砂防関係課、民間の斜面判定士を中心とする砂防ボランティア及び土木研究所新潟試験所の技術者・研究者述べ508名が26チームに分かれ調査・点検した。

表4 土砂災害対策緊急支援チームの調査結果

点検を要する箇所	2,180 箇所
実施箇所	1,469 箇所
危険度特A（小規模な河道閉塞）	6 箇所
危険度A（緊急措置必要）	106 箇所
危険度B（緊急性低い）	272 箇所
危険度C（異常なし）	1,085 箇所
今後点検予定	711 箇所