第33回シンポジウム
2005. 5. 20

# 新潟県中越地震と地すべり

## －その１　災害調査報告会－



◇主催　㈳日本地すべり学会新潟支部
◇共催　㈳地盤工学会北陸支部
◇後援　新潟県
㈳新潟県地質調査業協会
㈳地すべり対策技術協会新潟県支部



旧山古志村寺野「寺野地すべり」（中日本航空株式会社撮影）



小千谷市南荷頃「更紗橋岩間木地すべり」（朝日航洋株式会社撮影）

# ～～～～目　　次～～～～


㈳日本地すべり学会新潟支部第33回シンポジウム開催に当たって…… 1
㈳日本地すべり学会新潟支部　支部長　丸井　英明

2004新潟県中越地震と被害の特徴…… 2
新潟大学積雪地域災害研究センター　高濱　信行・卜部　厚志

新潟県中越地震における地すべり災害の概要…… 6
新潟県土木部砂防課　佐藤　勝行・逢坂　康之

栃尾市川向地すべりにおける動態観測の豪雨・地震に伴う影響…… 8
株式会社日さく　久保　範典・佐藤　壽則

新潟県中越地震に伴う地すべり動態観測の事例…… 12
明治コンサルタント株式会社　渡辺　崇史・山崎　正道・佐藤　博文

新潟県中越地震時における地すべり活動と地下水挙動の事例紹介…… 16
国土防災技術株式会社　野口　忠宏・矢島　光一

二ツ屋地すべり地における新潟県中越地震の自働観測結果について…… 20
新潟県十日町地域振興局　諏訪部　豊
株式会社キタック　松田　　隆

動態観測網がとらえた地震時の地すべり地の挙動…… 24
川崎地質株式会社　佐藤　次生

新潟県中越地震による地すべり対策施設の被災状況…… 28
株式会社興和　池田　伸俊・堀松　　崇・田村　　尚

新潟県中越地震で発生した小規模変位の地すべりと構造物に対する影響…… 34
明治コンサルタント株式会社　中村　清朗・門脇　竹久・古川　昭夫
新潟県長岡地域整備部　高橋　孝雄

中越地震にみられる斜面災害の特徴と防災への課題…… 38
株式会社興和　鴨井　幸彦

新潟県中越地震の震源域における地すべりの偏在発生と基盤岩の地質工学特性（予報）…… 42
株式会社中部日本鉱業研究所　野崎　　保

# （社）日本地すべり学会新潟支部第 33 回シンポジウム開催に当たって

本年度第 33 回を数える地すべりシンポジウムは、「新潟県中越地震と地すべり」をテーマとして開催されることとなった。昨年度は新潟地震 40 周年に当たったことから、全国的な地震災害に対する社会的関心の高まりを背景として、学会本部との共催で「地震と地すべり」をテーマにシンポジウムが開催された経緯がある。そこでは新潟地震を始めとし、台湾地震等甚大な地すべり災害をもたらした地震に関する事例の検討に基づき、地震による地すべり発生のメカニズムに関する検討を行うと共に、さらに地すべり対策までを含めた総合的な討論が行われた。周知のように、昨年 10 月 23 日には川口町を震源とするマグニチュード 6.8 の中越地震が発生した。新潟県中越地震では、中山間地域特に全国有数の地すべり多発地域の直近で強い地震が発生したことにより、従来型の平地における地盤災害に加え、中山間地における地すべり災害が顕著であったことが特徴的である．また、旧山古志村芋川流域では多数の地すべりダムが形成され、二次災害防止のための緊急対応に迫られる事態も生じた。

新潟県には地すべり多発地域が広い範囲に分布しているが、今回のように強い内陸型地震により、一時期にこれほど多数の地すべりが発生したことは未曾有の事態である。さらに、春先の融雪並びに夏期の豪雨により地すべり災害の拡大が懸念され、今後の災害の防止・軽減のための適切な対応が必要とされている。地すべり学会新潟支部は、中越地震により発生した地すべりの実態の把握とメカニズムの検証が重要であるとの認識に基づき、本年度のシンポジウムにおいて再び「地震と地すべり」について討論を深めることとした。今回は、新潟県中越地震による地すべり災害の実態の把握、動態観測結果による検証、地下水位の挙動との関係、既存対策施設への影響、さらに融雪や豪雨に起因する地すべりとの比較等の重要かつ興味深い項目について検討を行う予定である。地すべり研究あるいは調査・対策に携わる多数の方々の参加を得て、踏み込んだ討論が行われ、融雪や豪雨による通常の地すべりと比較した、地震による地すべりの特性の解明に幾分なりとも寄与できることを期待する。

（社）日本地すべり学会新潟支部
支部長　丸井英明

# 2004 新潟県中越地震と被害の特徴
# On the 2004 Niigata Chuetu Earthquake

高濱信行・卜部厚志（新潟大学積雪地域災害研究センター）
Nobuyuki TAKAHAMA and Atushi URABE

キーワード　中越地震，信濃川地震帯，激震ゾーン，異常震動帯
Key words: Niigata Chuetu earthquake, Shinanogawa seismic belt, Violent shocked zone, Extraordinary quake zone

## 中越地震

2004 年 10 月 23 日夕刻に川口町付近を震源として発生した直下型の新潟県中越地震（M6.8）は，震度７，６強の強い揺れがたてつづけに起こり，（２時間以内に震度６以上の余震が４回,震度５以上 10 回を記録した).強い余震はその後も続き被災者に強い不安をもたらした．さらに，気象庁は１ヶ月以内に震度６強の余震がおこる可能性を発表した．2005 年 1 月 23 日時点で M4 以上の余震が 100 回をこえた．1995 年の兵庫県南部地震では，震度５以上の余震は１回もなかったと報道されている．強い余震の震央も旧守門村，旧小出町，小千谷市，長岡市にわたる広い範囲に分布する．

一方，地表では明確な地震断層はみつからず，地下では複数の震源断層の存在が指摘され，地震学者も「地下深部では複雑骨折状態」と述べている．

**中越震災**：この地震で新潟では，1964 年の新潟地震以来の大きな被害が生じた（死者 40 名，負傷者 4.586 名，住宅全半壊 13880 棟）．長岡市・小千谷市・川口町などにおける市街地でのライフラインの大きな被害，中山間地の旧山古志村では，地震による地すべり･崩壊のため道路･河川が分断され，全村民 2,200 名あまりが避難せざるをえない状況となった．さらに開通後はじめての新幹線の脱線，JR 在来線・高速道路の不通で新潟と首都圏を結ぶ交通の動脈が断切られた．

この震災では，豪雪地域の地方都市と中山間地で大きな被害が生じ，1995 年の阪神淡路大震災・「都市型」に対し，「地方・中山間地・豪雪地型」といえる．

我々のこれまでの調査では，被害が大きい場所の「遍在性」がみられる．これは浅層地盤と地下の地質構造を反映したものと解釈できる．

## 中越地震の地質学的背景

中越地震が，どのような地質状況の中でおこったのかをみてみよう．

**フォッサマグナ**：新潟は北部フォッサ・マグナ地域とよばれる地域に属する．フォッサ・マグナは日本列島を横断する，若い変動帯で，現在も活発に地殻変動をつづけている，日本列島有数の変動ゾーンである．

ここでは新第三紀・中新世に海が入り，この海は更新世前期末ごろまでつづき，火山噴出物をともなう数千ｍに達する地層が堆積している．ついで中期更新世（40~50 万年前頃）に隆起に転じ，現在では、東山・魚沼・東頸城丘陵とよばれる最大標高 1000ｍ近い山地・丘陵を形成している．この隆起運動は,日本列島で第１級の速度をもつ．これも北部フォッサ・マグナの大きな特徴である．

**信濃川地震帯**：中でも信濃川から新潟平野は「信濃川地震帯」ともよばれ，現在もとくに活発な地殻変動がつづく地帯であることが広く知られている．文政 11（1828）年の三条地震（M6.9），弘化４（1842）年の善

光寺地震（M7.4），昭和 2（1927）年の長岡関原地震（M5.2），昭和 36（1961）年の長岡地震（M5.2）などはこの地震帯の活動とみられ，昭和 39(1964)年の新潟地震(M7.5)も，この延長の日本海粟島付近を震源としている．

中越地震は，この信濃川地震帯で発生し，それは北部フォッサ・マグナ地域の現在もつづく隆起運動のひとこまとみられる．ちなみに中越地震では，山本山北部・小千谷市上片貝で 71.5cm，川口町相川で 71.3cm の隆起を記録した(国土地理院発表)．また、山本山では，過去約 1.3 万年間に約 50ｍの隆起が確認されている（信濃川ネオテクトニクス団体研究グループ，2003）．一般に M7 クラスの直下型地震の垂直変位量は 1～2mといわれる．この地域の隆起運動の活発さがうかがわれる．

**９世紀前後「大地変動時代」**：一方，新潟平野の遺跡の地質調査では北は中条から南の小千谷地域にわたる平野全域で古代 9 世紀前後のほとんどの遺跡（計 17 地点）で大規模な地震によるとみられる液状化が複数回発生したことが確認できた（高濱ほか，2001）．新潟平野はこのころ「大地変動の時代」であった可能性が高い．

中越地震はこのような地質学的背景のもとで発生したもので，それは現在も活発につづく「新潟の地形をつくる運動のひとこま」である．

## 被害の遍在性

私たちのこれまでの調査では，被害が大きい場所の偏在性がみられる．その例として長岡市中心部の構造物や道路では，少なくてもみかけの被害は小さいが，その東・悠久山や東山丘陵との境界部では，家屋・道路が大きく破壊された．小千谷市でも中心部にくらべ西の東頸城丘陵の麓では遥かに被害が大きい．また震度 7 を記録した川口町市街地でも家屋の倒壊が集中する一面が認められる．全村避難した旧山古志村でも，芋川の中・上流域に規模の大きな土砂災害が集中し，二つの大きな集落，虫亀と種苧原地区はこれとくらべて被害が小さい．

**激震ゾーン**：卜部（http://geo.sc.niigata-u.ac.jp/~earthquake/rep/04/ura1109/ura1109.html）によって「激震ゾーン」とよばれ，木造家屋の大半が大破・倒壊したゾーンが川口町の新道島－和南津－田麦山の北東－南西方向・延長約 5ｋｍにわたって分布する．このゾーンから外れると被害は急激に小さくなる（図 1）．

**異常震動帯**：また中越地方全域にわたる墓石被害（転倒）調査の結果，周辺と比較して相対的に強くゆれた「異常震動帯」が識別された(http://geo.sc.niigata-u.ac.jp/~earthquake/rep/04/tmb1227/tmb1227.html)．この異常震動帯は信濃川流下方向とこれに直交･斜交する 2 方向が顕著である(図２)．

強い被害地域の偏在性は，地下の地質構造，また地盤状況を強く反映したものである．地震災害の調査を行っていると，地元の人から「ここを地震が走った」とか「ここが地震の通り道だった」という話を聞くことがある．これは地質構造からみた「弱線≒断層」を示すと指摘されている(角田，1997)．「激震ゾーン」と「異常震動帯」は地質構造の反映が主で、上述した川口町市街地の一画は基礎地盤の問題が大きいとみられる．長岡市の東山丘陵の麓の被害域は、地質構造と基礎地盤の問題が重なった場所とみられる．

このような場所は，震源が異なった場所で地震が発生しても，強く揺れれば，再び同様な被害をうける素因をもつといえる．この意味で，今回の被害を今後の貴重な教訓として生かすことが重要と考える．

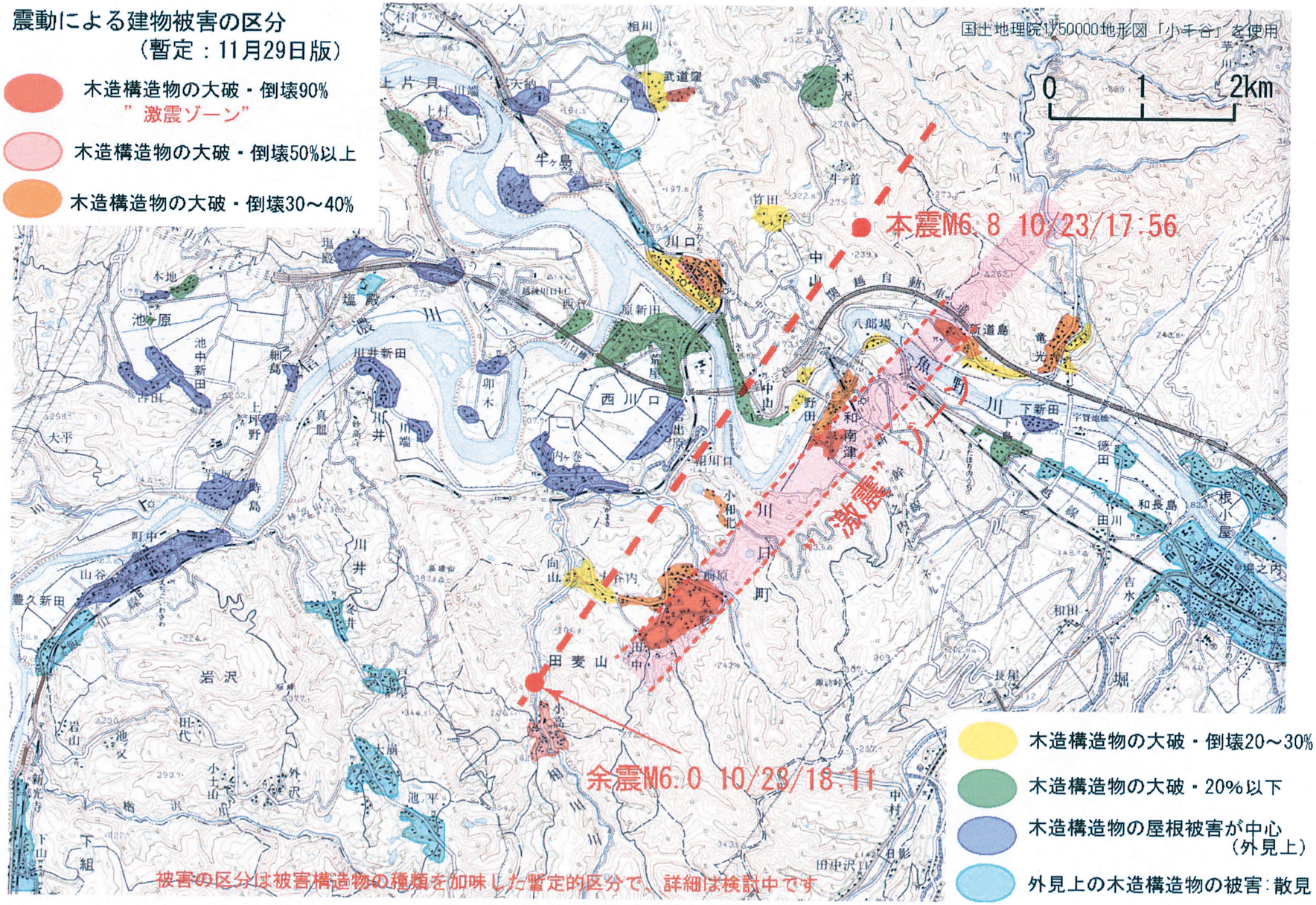



図１．中越地震「激震ゾーン」

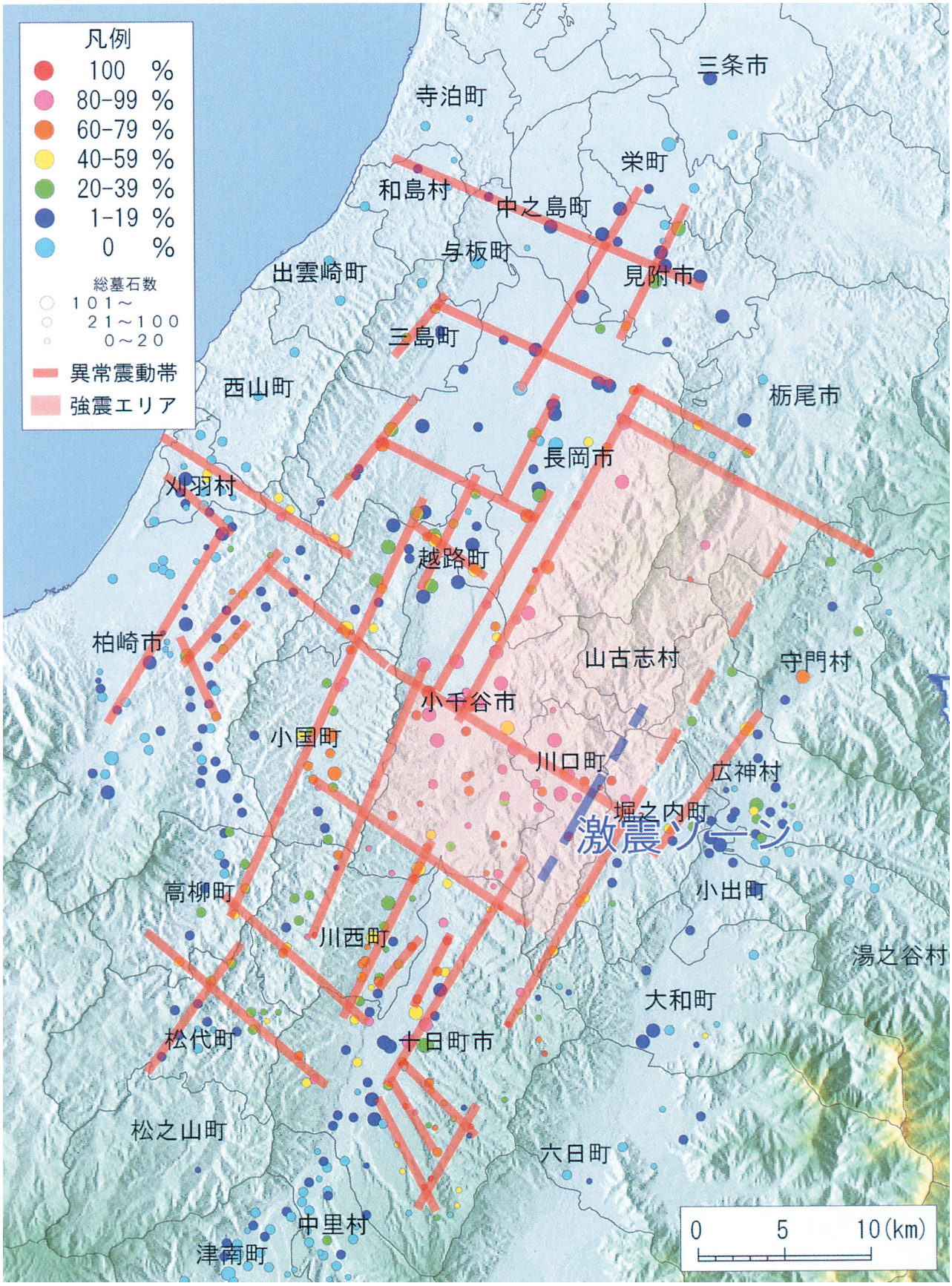



図２．中越地震「異常震動帯」

# 新潟県中越地震における地すべり災害の概要

Outlines of Landslide disasters by the Niigata Chuetsu Earthquake

佐藤勝行*，逢坂康之（新潟県土木部砂防課）
Katsuyuki Sato，Yasuyuki Oosaka
（Erosion Control Division Department of Public Works Niigata Prefectural Government）

キーワード：地すべり，地震，新潟県中越地震，概要
Keywords：Landslide，Earthquake，the Niigata Chuetsu Earthquake，Outline

## 1　地すべり災害発生状況

10 月 23 日 17 時 56 分頃中越地方で M6.8 の地震が発生し、川口町で震度 7、小千谷市、小国町、山古志村で震度 6 強を観測した。また、同日 18 時 11 分頃に M6.0、18 時 34 分頃に M6.5 の余震が発生し、いずれも最大震度 6 強を観測した。

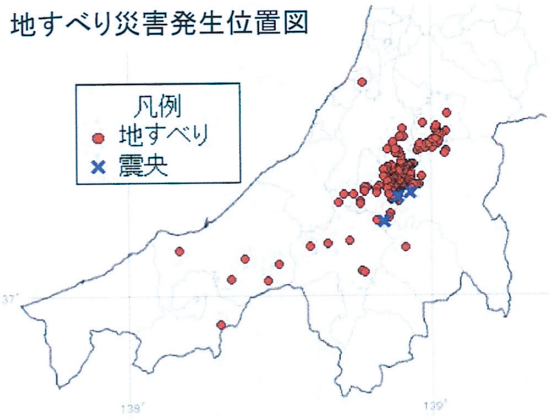
この地震により、小千谷市、栃尾市、川口町、山古志村を中心に、県全体で１３１箇所の地すべり災害が発生した。

## 2　市町村別発生状況

| 郡市 | 町村 | 件数 | 最大震度 |
|---|---|---|---|
| 長岡市 | | 10 | 6弱 |
| 栃尾市 | | 21 | 6弱 |
| 古志郡 | 山古志村 | 22 | 6強 |
| 三島郡 | 和島村 | 1 | 5強 |
| 小千谷市 | | 29 | 6強 |
| 北魚沼郡 | 川口町 | 25 | 7 |
| 〃 | 守門村 | 2 | 6弱 |
| 〃 | 広神村 | 5 | 6弱 |
| 南魚沼郡 | 大和町 | 1 | 6弱 |
| 十日町市 | | 4 | 6強 |
| 刈羽郡 | 小国町 | 3 | 6強 |
| 東頸城郡 | 松代町 | 2 | 6弱 |
| 〃 | 牧村 | 2 | 5強 |
| 〃 | 安塚町 | 1 | 6弱 |
| 上越市 | | 1 | 5強 |
| 新井市 | | 1 | 4 |
| 中頸城郡 | 板倉町 | 1 | 5弱 |
| 計 | | 131 | |

注：市町村名は当時の区分である

地すべり災害発生位置図




## 3　主な市町村での発生状況

①（旧）山古志村（現在：長岡市）

旧山古志村では芋川沿いに大規模な地すべりが発生し、寺野、楢木、東竹沢などでは芋川の河道を埋塞した。また、朝日川上流部でも多くの地すべり災害が発生している。

・楢木
幅　440m
長　200m
土砂量
2,250 千 m3



・竹沢(三石川)
幅　400m
長　500m
土砂量
2,000 千 m3



②長岡市

長岡市では太田川沿いに多くの地すべり災害が発生し、特に濁沢町に集中している。

・濁沢町
幅　70m
長　130m
土砂量
91,000m3



・乙吉町
幅 150m
長 200m
土砂量
240 千 m3



③栃尾市
栃尾市では南部の来伝、半蔵金、栗山沢などに地すべり災害が多く発生している。

・半蔵金
幅 150m
長 110m
土砂量
110 千 m3



・来伝(松尾)
幅 350m
長 470m
土砂量
4,000 千 m3



④小千谷市
小千谷市では芋川や朝日川沿いのいわゆる東山地域に地すべり災害が多く発生しているほか、信濃川の左岸側にも災害が発生している。

・浦柄
幅 130m
長 150m
土砂量
350 千 m3



・塩谷
幅 600m
長 550m
土砂量
33,000 千 m3



・吉谷(二俣)
幅 150m
長 110m
土砂量
165 千 m3



⑤川口町
川口町は最初の地震（本震）があったところで、その周囲である魚野川右岸側に地すべり災害が多く発生しているほか、大きな余震のあった相川川上流部にも地すべり災害が発生している。

・峠
幅 220m
長 220m
土砂量
1,320 千 m3



・田麦山(小高)
幅 220m
長 460m
土砂量
1,820 千 m3



⑥（旧）広神村（現在：魚沼市）
旧広神村では、水沢新田、越又など大きな余震の震央の近くで地すべり災害が発生している。

⑦十日町市
十日町市では樽沢、船坂など信濃川の左右岸で地すべり災害が発生している。

# 栃尾市川向地すべりにおける動態観測の豪雨･地震に伴う影響

The behavior of the Kawamukai landslide through a heavy rainfall and earthquake, Tochio city, Niigata Prefecture, central Japan

久保範典*･佐藤壽則（株式会社 日さく）
Norihumi KUBO*, Hisanori SATO (Nissaku Co.,Ltd.)

キーワード：新潟県中越地震，新潟･福島豪雨，地すべり，動態観測
Keywords：The Mid Niigata Prefecture Earthquakes in 2004, Niigata-Hukushima heavy rainfall in 2004, landslide, movement observation

## 1　はじめに

新潟県の中央付近に位置する栃尾市は，県内でも有数の豪雪地域であり，地すべり多発地域でもある。

平成 16 年，この地域に 2 つの大きな災害が襲った。ひとつは 7 月 12 日夜から 14 日朝にかけて降り続いた新潟･福島豪雨であり，もうひとつは 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震である。

約 3 ヶ月を挟んで集中豪雨と強い地震の影響をうけた地すべりは，全国的にみても多くないと思われる。そこで，ここでは川向地すべりを例に，2 つの災害が地すべり活動に与えた影響について報告する。

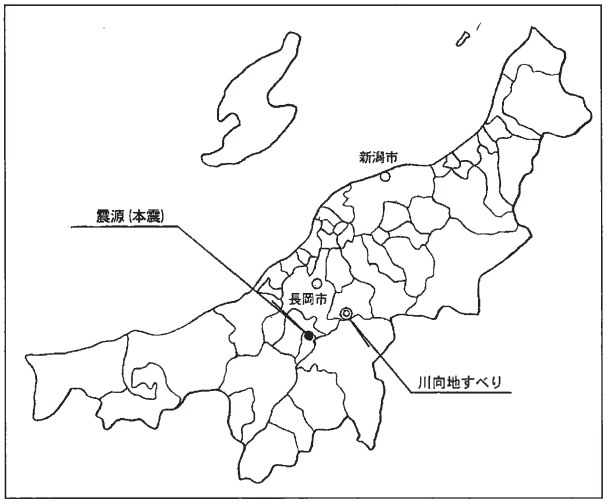



図.1　位置図

## 2　栃尾市における豪雨･地震の概要

### (1)　新潟･福島豪雨

停滞した梅雨前線の活発化に伴い，7 月 12 日夜から新潟県中･下越～福島県で大雨となった。とくに，13 日朝から昼過ぎにかけては非常に激しい雨となり，各地で増水した河川が決壊して浸水するなど，多大な被害が出た。気象庁はこの気象災害に対し，「平成 16 年 7 月新潟･福島豪雨」と命名した。

栃尾市においては，7 月 13 日の降水量が 421mm/日，最大で 62mm/h の降雨強度を記録した。同市の年間降水量が 2671mm であるから，1 日で 1 年の 1/6 の降水があったことになる。

この集中豪雨により，市内の山間地を通る道路の法面崩壊や路肩決壊が多発し，いたるところで通行止めとなった。

### (2)　新潟県中越地震

10 月 23 日 17 時 56 分，北魚沼郡川口町付近を震源とするマグニチュード 6.8 の内陸直下型地震が発生した。その後，約 1 ヶ月にわたり余震活動も活発で，被害が拡大した。

地震に伴う斜面災害の様子は，長岡市妙見の崩壊，山古志村の地すべり，地すべりダムによる湛水域の拡大などを中心として連日報道された。

栃尾市における地震の揺れは，本震で震度Ⅵ弱であったほか，震度Ⅴ以上の余震も 4 回を数えた。

震度Ⅶを記録した川口町に比べると揺れの激しさは劣るものの，地すべりや道路の寸断が多発し，栗山沢･半蔵金･田代集落をはじめとした 130 世帯 300 名余りが集落ごと一時的に避難するなど，大きな被害をうけた。

表. 1　栃尾市における震度

| 地震発生日時 | | ﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ | 栃尾市における震度 |
|---|---|---|---|
| 10/23 | 17：56 | M6. 8 | Ⅵ弱 |
| 10/23 | 18：11 | M6. 0 | Ⅴ弱 |
| 10/23 | 18：34 | M6. 5 | Ⅴ弱 |
| 10/27 | 10：40 | M6. 1 | Ⅴ強 |
| 11/8 | 11：15 | M5. 9 | Ⅴ弱 |

震度Ⅴ以上のみ記載

## 3　川向地すべりの概要

川向地すべり防止区域は，中越地震の震源から北東方向へ約 15km 離れた栃尾市大字栗山沢地内に位置する。区域内には新潟標準層序の西山層に相当するシルト岩が分布しており，栗山沢背斜の東翼に位置する。また，区域内には複数の地すべりブロックが認められる。

このうち A ブロックは，幅約 200m，延長約 200m の規模を持つ北向きの緩斜面である。平成 12 年 11 月に冠頭部で落差 3m 程度の段差亀裂が生じ，翌年から調査･観測ならびに防止工事施工が順次進められている。

とりわけ A ブロックの東部にあたる A1 ブロックでは，変状が顕著であったため，優先して工事が施され，平成 15 年度で計画された A1 ブロック

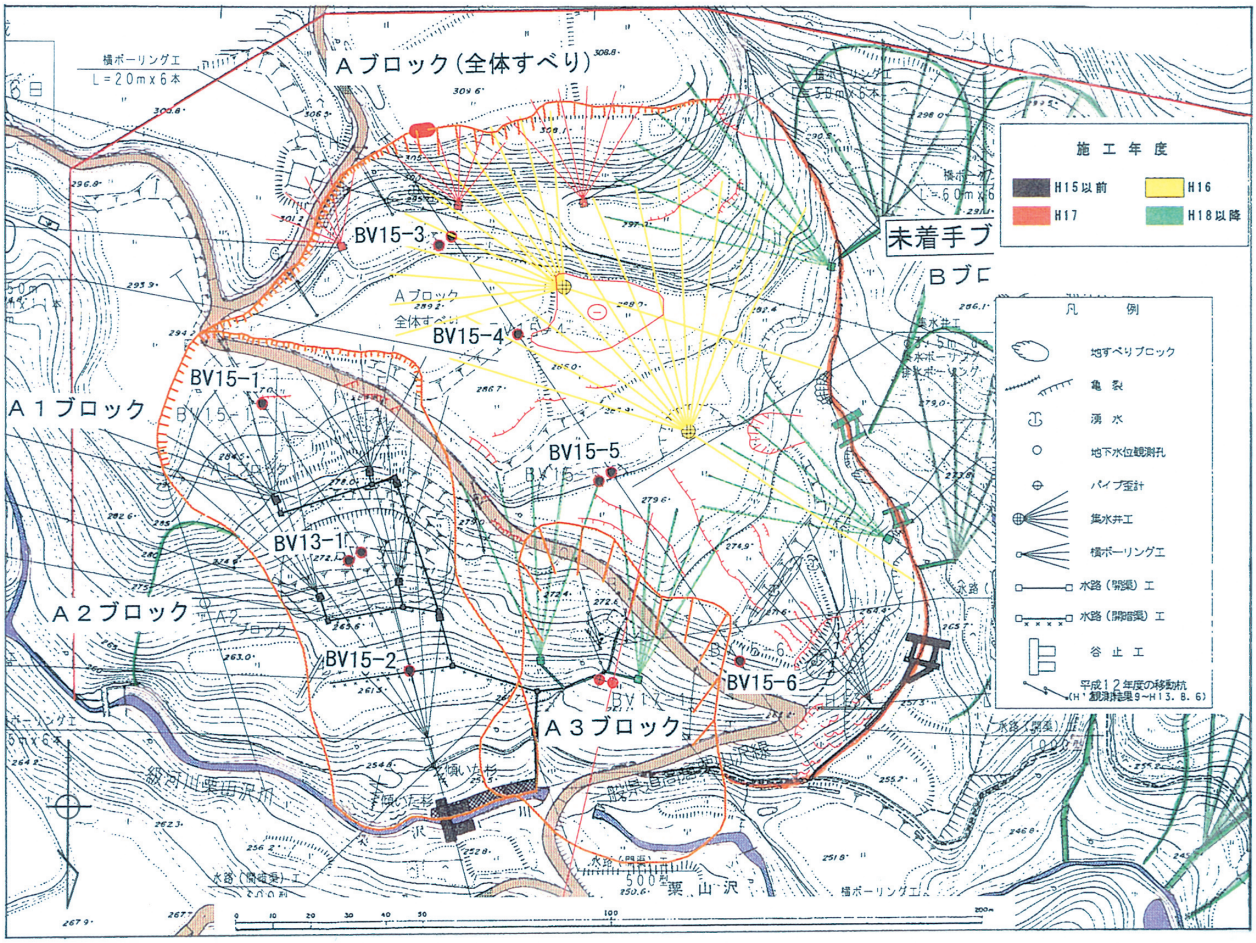



図. 2　川向地すべり A ブロック平面図

に対する工事が完了した。また，平成 16 年度分の A ブロックに対する工事(集水井工 2 基)が始まる前に豪雨災害にあった。

## 4　災害に伴う斜面の変状

平成 12 年 11 月に顕著な亀裂が発生したが，それ以降は活動の兆候は認められなかった。そして，平成 16 年 7 月の新潟･福島豪雨でも，地表面の顕著な活動兆候は認められなかった。

しかし，中越地震により A ブロックおよび A1 ブロックの冠頭に再び段差亀裂が発生し，A ブロック内の水田畦畔のいたるところに開口亀裂が生じた。そして，A ブロック末端には新たに幅約 60m，延長約 80m の崩壊性地すべりが発生し(A3 ブロック)，末端を流れる河川が閉塞した。また，施工が完了したばかりの A1 ブロックの対策工も一部破損した。

## 5　動態観測結果

A ブロックでは BV15-3 および 15-5 で(手観測)，A1 ブロックでは BV13-1 で(半自動観測)，それぞれパイプひずみ計によって動態観測を行った。

BV13-1 では，深度 12.6m にすべり面があると考えられるが，観測を開始してから 2 回の融雪期と新潟･福島豪雨でも顕著な累積変動は見られなかった。一方，中越地震以降は，深度 13m 以深のゲージは値が大きく変化したものの計測が可能であったのに対し，12m 以浅のゲージはほとんどが計測不能(ゲージ破断?)であった(図. 3)。

BV15-3 では，深度 12.5m にすべり面があると考えられるが，平成 15 年から 16 年にかけての融雪では顕著な変動が見られなかったのに対し，新潟･福島豪雨により深度 12m および 13m のゲージで顕著な変動が見られた。そして，中越地震以降は，深度 10～13m のゲージでさらに大きな変動が

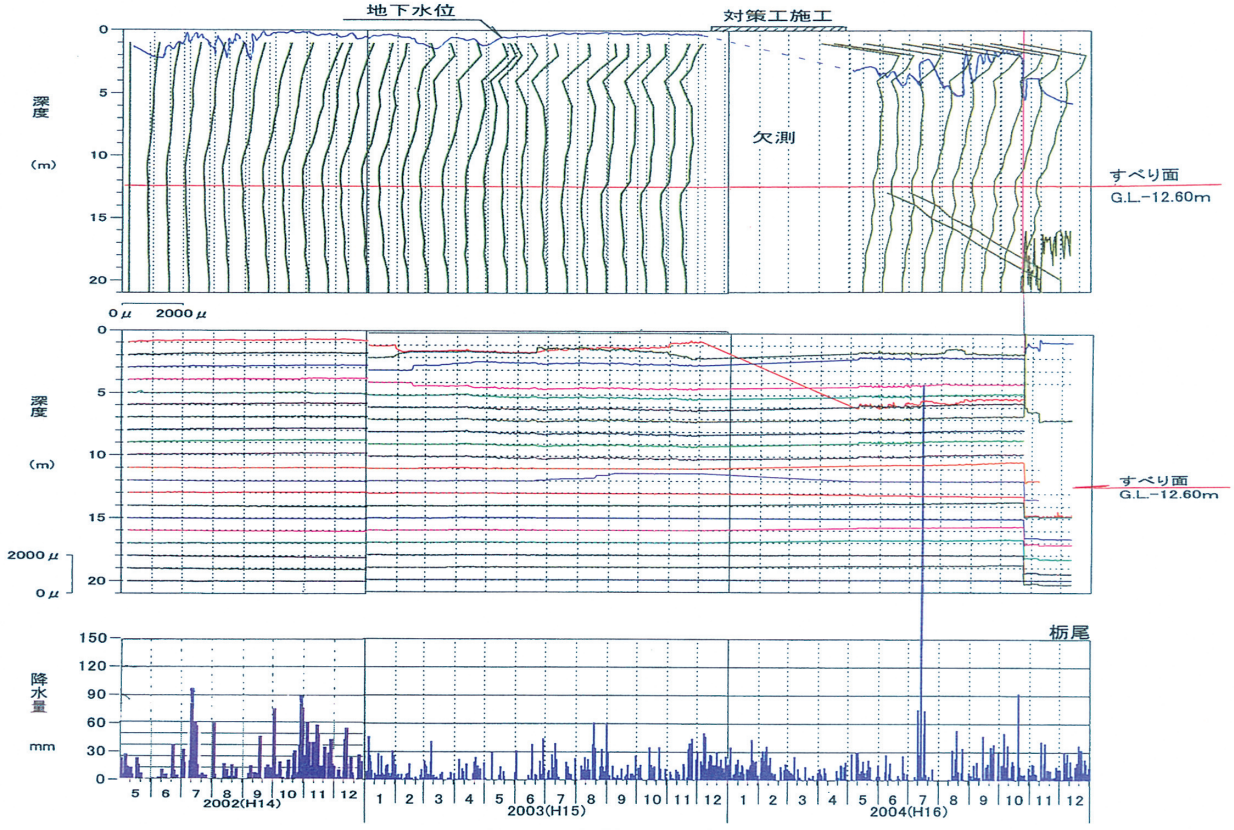



図. 3　観測結果(BV13-1)

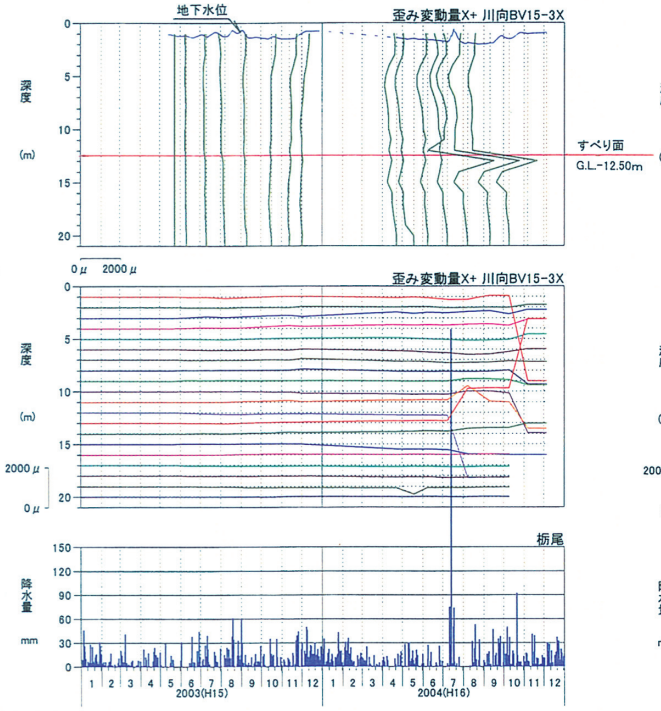



図. 4　観測結果 (BV15-3)

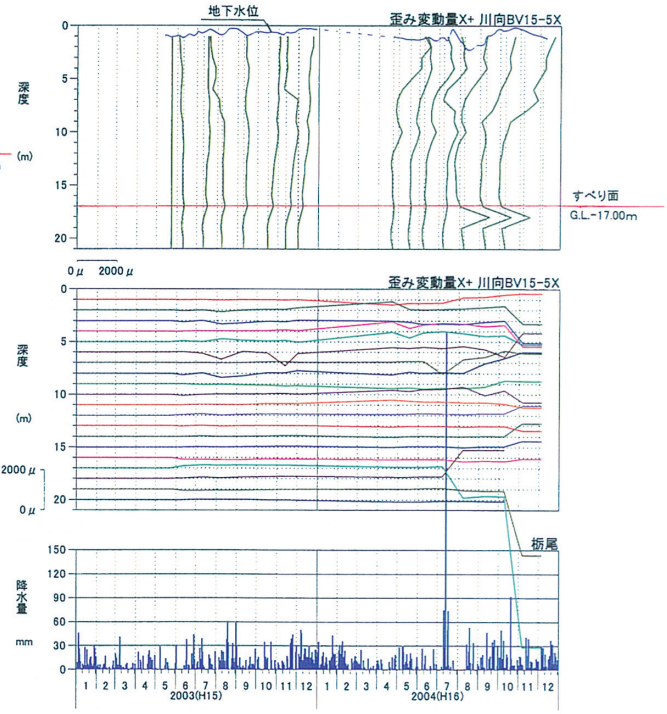



図. 5　観測結果 (BV15-5)

見られた。また，すべり面以深ではほとんどのゲージが計測不能であったのに対し，すべり面以浅のゲージはほとんどが計測可能であった (図. 4)。

BV15-5 では，すべり面が深度 17. 0m にあると考えられるが，BV15-3 と同様の変動傾向を示した (図. 5)。

## 6　考察

A ブロックの地すべりは，平成 12 年 11 月に活動して以来，平成 16 年まで約 4 年が経過しているが，少なくとも平成 15･16 年の融雪期には活動していない。しかし，新潟･福島豪雨により，地表では確認できないものの計器には明瞭に現れるレベルの変動が発生したと考えられる。地下水位は恒常的に高い位置にあり，この活動原因が地下水に関係するかどうかは不明である。

一方，中越地震では，地表面の変状を伴って活動した。斜面の向きと地震動の方向など，多方面から活動機構を検討する必要があるが，新潟･福島豪雨で活動しやすくなったところに地震動が影響し，地すべりが再活動したとも考えられる。また，栃尾市周辺には，このような地すべりが複数あると推察できる。

## 7　おわりに

中越地震に伴い，A ブロックの活動が顕著であったため，融雪前に完成するよう集水井工 2 基の工事が進められた。現在のところ，地表面における新たな変状は認められていない。

しかし，地震により観測施設が破損し，観測が継続できない状態のままであるため，地震直後から融雪期のデータは得られていない。したがって，計器レベルの微小な変動の有無は不明である。平成 17 年度に観測施設を設置しなおす計画である。

今後は本地すべりだけでなく，各地の地すべりに対しても，地震後の融雪期の挙動について検討を進めたい。

最後に，本発表に際し承諾をいただいた新潟県土木部砂防課にはお礼を申し上げる。

# 新潟県中越地震に伴う地すべり動態観測の事例

# Field observation examples of landslide at The Mid Niigata prefecture Earthquakes in 2004

渡辺崇史*　山崎正道　佐藤博文（明治コンサルタント（株））
Takashi WATANABE*, Masamichi YAMAZAKI,
Hirofumi SATO (Meiji Consultant Co.,Ltd.)

キーワード：新潟県中越地震、地すべり、動態観測
Keywords：The Mid Niigata prefecture Earthquakes in 2004, landslide, field observation

## １．報告概要

地すべり対策事業では、動態観測を目的とした機器類による計測が行われている。これら地すべり計測計器がとらえた新潟県中越地震に起因すると判断される変動の事例を紹介し、話題提供としたい。

報告の対象とする機器は､地表面伸縮計　、孔内傾斜計（挿入式)、パイプ歪計　とし、それぞれ、地震発生の前後の測定値の比較を行う。

以下、それぞれの測定手法の特徴を示す。(参考文献 1)

### 1)　地表面伸縮計

(目的) 地表面の変位量の測定

(手法) 2 点間に張ったインバー線の一端にセンサーを取り付け、インバー線の繰り出し、繰り込みによって変動量を計測する。

(特徴) 変位速度の観測が容易である一方、インバー線の伸展方向に直交する方向の変動には無感である。計測の自動化が容易である。

### 2)　孔内傾斜計（挿入式）

(目的) すべり面の検出と変位量の測定

(手法) ガイドパイプの傾斜を連続的に計測し、パイプのたわみ図に表し、それの経時変化からすべり面位置および地すべりの変動量を判定する。

(特徴) 微少変動の検出が可能である一方、測定範囲がすべり面の変動量として数 cm 以内と小さい。計測の自動化には大がかりな装置が必要である。

### 3)　パイプ歪計

(目的) すべり面の検出と変位量の測定

(手法) 地すべり移動に伴うパイプの屈曲を、パイプに貼付した歪ゲージの歪量として検出する。

(特徴) 非常に高感度ではあるが、すべり面の変動量として 2～3cm 程度の測定範囲と小さい。センサーの耐用年数が数年と短い。計測の自動化が容易である。

## ２．事例紹介

以下に新潟県中越地震に伴う観測事例を示す。事例は、半自動で測定を行ったもの１例、いわゆる「手測り」によるもの２例である。

事例紹介の箇所と震央との関係を図 2.1 に示す。

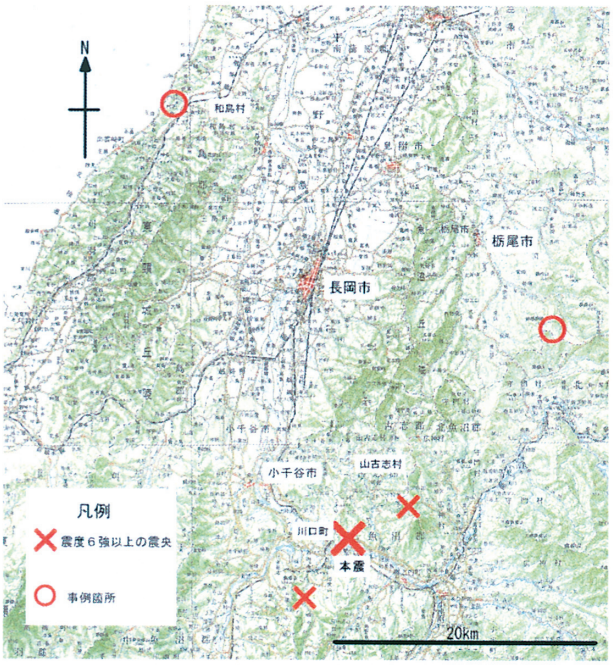



図 2.1 事例箇所図

国土地理院　1/20 万地勢図
「新潟」「日光」「長岡」「高田」に加筆引用
震央位置は、国土地理院資料

**1) 地表面伸縮計による観測事例**

**場所：三島郡和島村**

**本震からの震央距離：約 35km**

**地すべり規模：(移動土塊)**

**幅 30m　長さ 40m**

**推定深さ 5m程度**

**地質状況：**

**更新統（灰爪層）半固結砂・シルト**

**流れ盤**

**測定：半自動　1 時間間隔**

**表示精度 1mm**

当該事例は、平成 16 年 7 月「新潟福島豪雨」に伴って発生した地すべりの頭部滑落崖に設置した地表面伸縮計に現れた変位である。伸縮計設置は、地すべり発生の翌日(7 月 15 日)である。伸縮計設置の後、地すべりの活動を示す伸張方向の変位はほとんど見られず、夏の間は主に短縮方向の変位を示していた。

地震発生時、本震(17h56m)と大きな余震(18h11m, 18h34m)を含む 2 時間（午後 5 時～7 時）で 5mm の伸びが計測された。計測値は、翌朝までは、多少の縮みあるいは伸びを繰り返しながらも伸張の累積傾向等の兆候は見られず、安定した状態を示した。

地震後の現地調査では、明瞭な亀裂の拡大等は認められなかった。

当該地すべりは、その後、融雪期を経た平成 17 年 4 月中旬時点でも安定している。

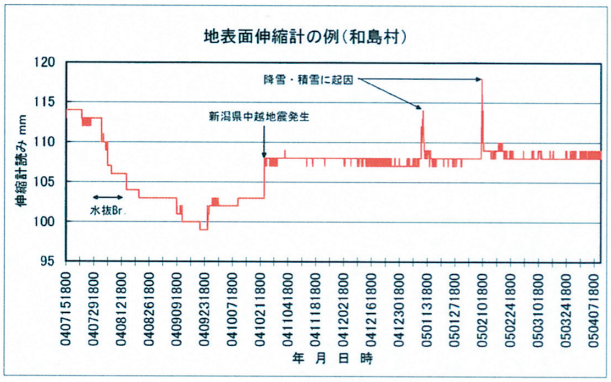



図 2.2 (1) 地表面伸縮計の例 (観測期間全体)

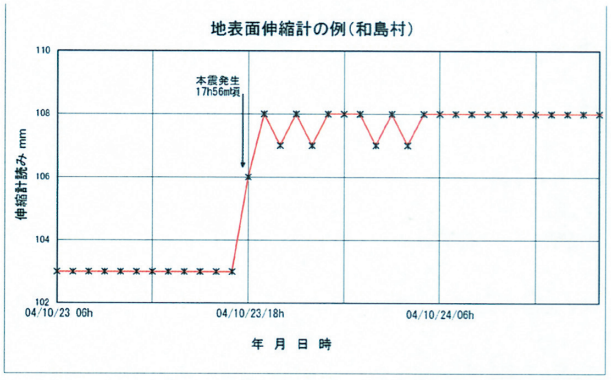



図 2.2 (2) 地表面伸縮計の例 (地震発生前後)

**2) 孔内傾斜計（挿入式）による観測事例**

**場所：栃尾市**

**本震からの震央距離：約 22km**

**地すべり規模：(地すべり地形)**

**幅約 300m　長さ約 500m**

**推定深さ 60m程度**

**地質状況：**

**鮮新統～更新統火山噴出物**

**（凝灰岩、凝灰角礫岩他）**

**流れ盤**

**測定：手動　約 2 週間間隔**

**表示精度 0.01mm**

当該事例は、地表踏査で抽出した地すべり地形の旧頭部滑落崖から下方約 150m、ブロック中間～上部で実施した調査ボーリング孔に埋設した孔内傾斜計に現れた変位である。

コア観察の結果、深度 21.9m付近をすべり面として判断した。孔内傾斜計埋設は、地震発生の一ヶ月以上前、その後、2 回の測定を実施している。1 回目の測定を基準値とすると、2 回目の測定で微少な変位（深度 21.5m および 22.0m）が計測された。

地震発生後の測定は、現地への交通が途絶したため、本震発生後 2 週間以上経過した平成 16 年 11 月 10 日に行った。その結果、深度 21.5m以深へのゾンデ挿入が不可能となった他、深度 10m以浅でも変位が認められた。深度 21.5m付近でガイドパイプが著しく変形（屈曲）したか、あるいは破断したものと推定された。ただし、この変状が、直接本震による慣性力によって引き起こされた現象なのか、より近い位置で発生した余震によるものなのかあるいはそれぞれによる変状が累積してもたらされたものなのか、現在行っている計測手法では、時間的分解能に限界があるため判断できない。

並行して行った現地調査では、地すべり地形頭部に相当する位置で明瞭な開口亀裂が認められた。

その後、積雪によって測定が不能になるまでの間には、傾斜の累積傾向等、地すべり活動継続の兆候は見られず、安定した状態を示した。

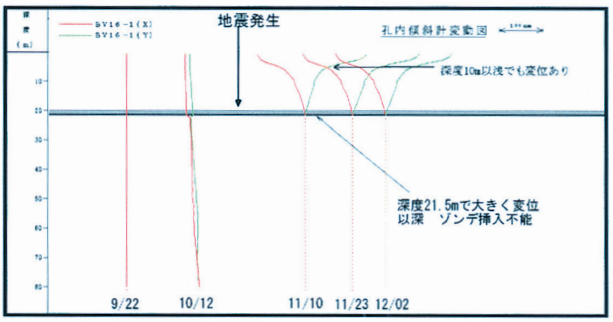



図 2.3 孔内傾斜計の例




写真 2.1 変位発生箇所付近のコア状況

**3) パイプ歪計による観測事例**

**場所、本震からの震央距離、地すべり規模、地質状況：事例 2) と同じ**

**測定：手動　約 2 週間間隔**

**表示精度 100μストレイン**

当該事例は、地表踏査で抽出した地すべり地形の旧頭部滑落崖から下方約 240m、ブロック中間部で実施した調査ボーリング孔に埋設したパイプ歪計に現れた変位である。

コア観察の結果では、深度 24.0m付近をすべり面として判断した。パイプ歪計埋設は、地震発生の半月前、基準値設定の測定を実施しており、事前にすべり面活動の兆候は確認できなかった。

本震発生後の測定は、平成 16 年 11 月 10 日に行った。その結果、深度 24.0m で約 24000 μストレインの歪が計測された。以深の測定も可能であり、パイプの破断は無かったと判断される。本孔における変状も、2) と同様、変状発生の細かい時間的経緯は不明である。

その後、積雪によって測定が不能になるまでの間、歪量の若干の減少が認められたものの、継続的な累積傾向等、地すべり活動継続・活発化の兆候は見られず、安定した状態を示した。

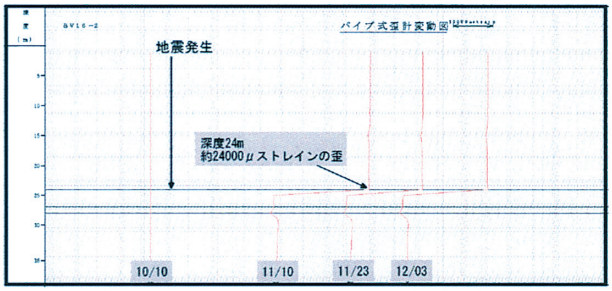



図 2.4 パイプ歪計の例

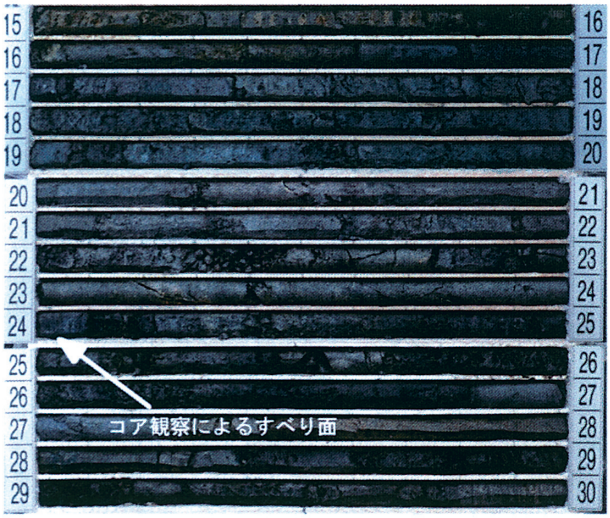



写真 2.2 変位発生箇所付近のコア状況

## 3．まとめと課題

新潟県中越地震に伴う地すべり動態観測の事例（地表面伸縮計、孔内傾斜計 (挿入式) およびパイプ歪計）を紹介した。孔内で計測を行っている機器では、コア観察ですべり面として観察した箇所で測定値に変化が認められた。対象とした計器のいずれも地震に伴う変化をとらえているが、測定手法（頻度）によっては、変状の詳細な時間経過が把握できないのが現状である。一般的な地すべり計測を目的とした機器類（計測手法あるいは体制）に詳細な時系列変化の把握を求めることは難しいと思われるが、パイプ歪計など、ある程度の自動化が可能な機器に関しては、今後の検討課題と思われる。

今回紹介した事例は、地すべり中間部～頭部に設置した機器によるものである。地すべり末端部における変状についても評価を進める必要があると思われる。

末筆ではあるが、新潟県長岡地域振興局農林振興部の担当諸氏をはじめ、今回の事例の紹介を快諾していただいた各位にこの場を借りて感謝の意を表します。

## 参考文献

1. 日本応用地質学会応用地質計測特別委員会 (1998)「応用地質計測」日本応用地質学会 pp. 116-138

# 新潟県中越地震時における地すべり活動と地下水挙動の事例紹介

## An example of landslide and groundwater at the Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004

野口忠宏，矢島光一*（国土防災技術株式会社）

Tadahiro NOGUCHI, Kohichi YAJIMA (Japan Conservation Engineers & Co.,Ltd.),

キーワード：新潟県中越地震，地すべり，自動観測，動態観測，地下水位観測

Keywords：the Mid Niigata Prefecture Earthquake in 2004, landslide, automatic observation, movement observation, groundwater level observation

### 1．はじめに

平成 16 年 10 月 23 日 17:56，新潟県中越地方はマグニチュード 6.8 の内陸直下型地震に見舞われた。これに伴い，山間部において無数の斜面崩壊が発生したことは記憶に新しい。

本報告では，地震発生以前より地すべり調査が着手され，特に地中における動態観測と地下水位観測が継続的に実施されていた調査地に着目し，地震発生時における地すべりの挙動と地下水変動状況の関係を事例として紹介する。

### 2．調査地概要

対象とした地すべり地を表 1 に整理し，概略位置と 10/23 発生時の本震における震源地からの距離を併せて図 1 に示す。また，10/23 本震を含む余震の発生状況を表 2 に示す。各地すべり地の概略を以下に記す。

**【吉野屋地すべり地】**

平成 16 年 7 月の豪雨に伴い顕在化。越後平野南東辺縁部の下田丘陵の山裾に位置する。地すべり地は 30 度程度の比較的急峻な斜面に形成されている。地質は第三紀の鮮新世，白岩層に属し，砂質シルト岩の分布域に相当する。調査ボーリング結果より，地すべり土塊は粘性土および砂質シルト岩からなることが明かとなっている。

**【東野名地すべり地】**

破間（あぶるま）川右岸斜面に分布する地すべり指定地のひとつである。対象地の山脚は破間川に洗われ，平均勾配約 12 度の比較的なだらかな山腹斜面に位置する。本報告の対象である C-5 ブロックは，初生下部ブロックである C Ⅲブロック (72ha) に包括される。周辺地質は，新第三系中新統の西名層，貫木層と西名層を貫く流紋岩脈，およびこれらを不整合に被う第四系守門火山噴出物から構成される。

本報告での対象ブロックにおいては，主に (強) 風化泥岩，風化安山岩質凝灰岩，守門火山噴出物等の分布が確認されている。

**【末沢地すべり地】**

末沢川左岸の北東向き斜面に位置し，馬蹄形状をなす地すべりブロック。本報告で対象としている A4-2 ブロックは，A 全体ブロック (10ha) に包括される。地質は，基盤岩である中生界の粘板岩・砂岩層の上位に，新生界新第三系中新統の火砕岩・礫岩・砂岩・泥岩層が被覆する。

対象ブロックにおいては，砂岩泥岩互層が主体である。

**【地獄山地すべり地】**

信濃川支流飛渡（とびたり）川の支渓，地獄沢川の左岸側に位置し，地すべりブロック頭部に陥没帯を有する大規模地すべりである。地質は，新第三紀鮮新世の魚沼層群下部累層のシルトおよび砂礫層からなる。

**表1　調査地一覧表**

| 調査地 | 位置 | 対象ブロック 地すべり発生年 | 規模 (対象ブロック名) | 斜面長 (m) | 幅 (m) | 平均地表傾斜 (度) | 最大すべり深度 (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 吉野屋地すべり | 南蒲原郡栄町大字吉野屋 | 平成16年 (豪雨災) | 0.05ha | 20 | 23 | 30 | 6 |
| 東野名地すべり | 魚沼市東野名 (旧守門村) | 平成11年 | 7.45ha (C-5) | 480 | 190 | 10 | 24 |
| 末沢地すべり | 魚沼市大白川 (旧入広瀬村) | 平成12年 | 1.00ha (A4-2) | 210 | 60 | 22 | 21 |
| 地獄山地すべり | 十日町市大字中条戊 | 昭和60年 | 56.00ha | 700 | 800 | 12 | 100 |




図1　調査地位置図

表2　地震発生状況（M5. 0以上）

| 地震発生時刻 | | 北緯 | 東経 | マグニチュード | 深さ | 最大震度 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 年月日 | 時分 | | | | (km) | |
| 2004/10/23 | 17時56分 | 37度17.4分 | 138度52.2分 | 6.8 | 13 | 7 |
| | 17時59分 | 37度18.6分 | 138度51.5分 | 5.3 | 16 | 5強 |
| | 18時03分 | 37度21.1分 | 138度59.2分 | 6.3 | 9 | 5強 |
| | 18時07分 | 37度20.7分 | 138度52.1分 | 5.7 | 15 | 5強 |
| | 18時11分 | 37度15.0分 | 138度50.0分 | 6.0 | 12 | 6強 |
| | 18時34分 | 37度18.2分 | 138度56.0分 | 6.5 | 14 | 6強 |
| | 18時36分 | 37度15.2分 | 138度56.7分 | 5.1 | 7 | 5弱 |
| | 18時57分 | 37度12.2分 | 138度52.0分 | 5.3 | 8 | 5強 |
| | 19時36分 | 37度12.8分 | 138度49.7分 | 5.3 | 11 | 5弱 |
| | 19時45分 | 37度17.6分 | 138度52.8分 | 5.7 | 12 | 6弱 |
| 2004/10/24 | 14時21分 | 37度14.5分 | 138度49.8分 | 5.0 | 11 | 5強 |
| 2004/10/25 | 0時28分 | 37度12.0分 | 138度52.4分 | 5.3 | 10 | 5弱 |
| | 6時04分 | 37度19.6分 | 138度57.0分 | 5.8 | 15 | 5強 |
| 2004/10/27 | 10時40分 | 37度17.3分 | 139度02.2分 | 6.1 | 12 | 6弱 |
| 2004/11/4 | 8時57分 | 37度25.6分 | 138度55.1分 | 5.2 | 18 | 5強 |
| 2004/11/8 | 11時15分 | 37度23.5分 | 139度02.1分 | 5.9 | ごく浅い | 5強 |
| 2004/11/10 | 3時48分 | 37度22.0分 | 139度02.0分 | 5.3 | 4 | 5弱 |
| 2004/12/28 | 18時30分 | 37度19.0分 | 138度59.0分 | 5.0 | 8 | 5弱 |

（気象庁：10月23日17時56分～12月28日24時，暫定値）

※着色箇所はM6.0以上を記録した地震

## 3．観測体制

本報告で対象とした各調査地における観測施設を表 3 に示す。箇所選定に際しては，可能な限り地すべりの挙動と地下水位変動の関連性を考察できるよう，記録インターバルが極力短い箇所に留意した。動態観測（パイプ歪計）に関しては吉野屋を除いて 1 日間隔，地下水位観測は 1 時間間隔となる。

表3　観測体制一覧表

| 調査地 | 孔番号 | 観測種 | 観測方式 | 記録ｲﾝﾀｰﾊﾞﾙ | | 孔仕様 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 動態観測種 | 地下水位 | |
| 吉野屋 | BV16-1 | パイプ歪計，地下水位計 | 半自動 | 0. 5日 | 1. 0時間 | ｵｰﾙｽﾄﾚｰﾅ |
| 東野名 | CB12-2 | | 半自動 | 1. 0日 | 1. 0時間 | ｵｰﾙｽﾄﾚｰﾅ |
| | CB12-3 | | 全自動 | 1. 0日 | 1. 0時間 | ｵｰﾙｽﾄﾚｰﾅ |
| | CB13-1 | | 全自動 | 1. 0日 | 1. 0時間 | ｵｰﾙｽﾄﾚｰﾅ |
| | CB13-4 | | 全自動 | 1. 0日 | 1. 0時間 | ｵｰﾙｽﾄﾚｰﾅ |
| 末沢 | CB16-1 | | 半自動 | 1. 0日 | 1. 0時間 | ｵｰﾙｽﾄﾚｰﾅ |
| | CB16-2 | | 半自動 | 1. 0日 | 1. 0時間 | ｵｰﾙｽﾄﾚｰﾅ |
| 地獄山 | CB15-1 | | 半自動 | 1. 0日 | 1. 0時間 | ｵｰﾙｽﾄﾚｰﾅ |

## 4．観測結果

各調査地における動態観測結果（パイプ歪計）と地下水位の変動状況を図 2 に示す。

動態観測については，中越地震本震(10/23 17:56)発生前の最終値を基準とし，以降の累積状況を示した。解析図作成に際しては，各地すべりブロックのすべり面深度付近に設置されている測点を抽出している。

地下水位観測に関しては，図 2 でパイプ歪計の変動状況に対比させるとともに，図 3 にて降雨との関連も示す。

以上の解析図より，主に以下のような特徴が上げられる。

・本震直後には，全ての地すべり地において,すべり面付近における動態観測の急激な累積状況が確認され，同時に水位変動が生じている。
・全ての地すべり地において，地内を含む周辺域において，亀裂の発生や，孔曲りなど何らかの現象が確認されていることから，上記動態観測結果に整合し，地震による地すべり活動への影響が示唆される。
・吉野屋，東野名，地獄山に関しては，10/23 に顕著な歪変動を示すものの，その後は余震に伴って地すべりブロックが一体となり活動を来したかのような有意な変動は認められない。末沢に関しては，10/27 の余震以降，累積傾向が継続していることから，地すべり活動が活発化した可能性を有している。
・水位の変動形態については，各地すべり地毎に特徴が見いだせるものの（上昇・下降），一貫した傾向は掴めない。

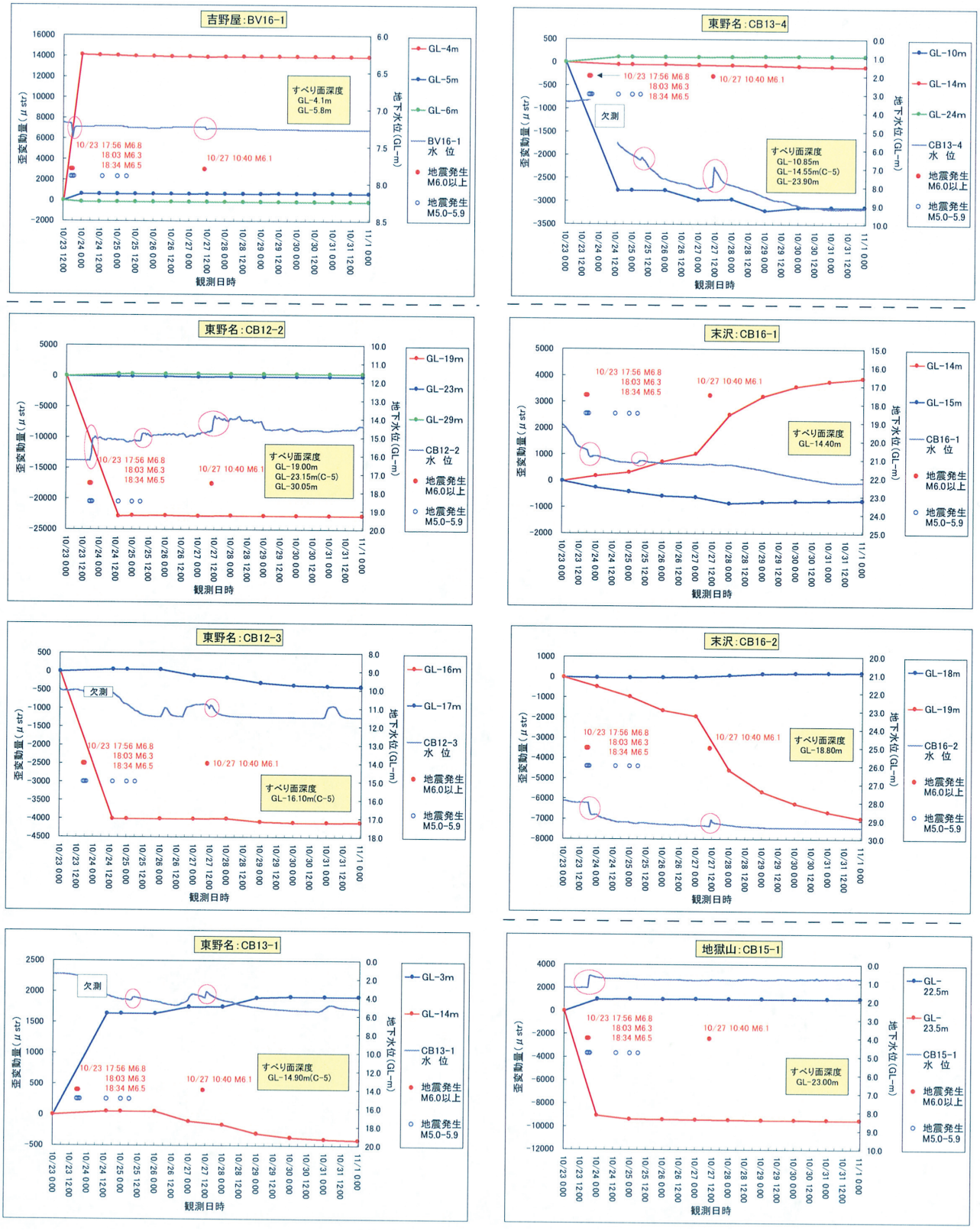



図2　パイプ歪計・地下水位変動解析図（中越地震以後）

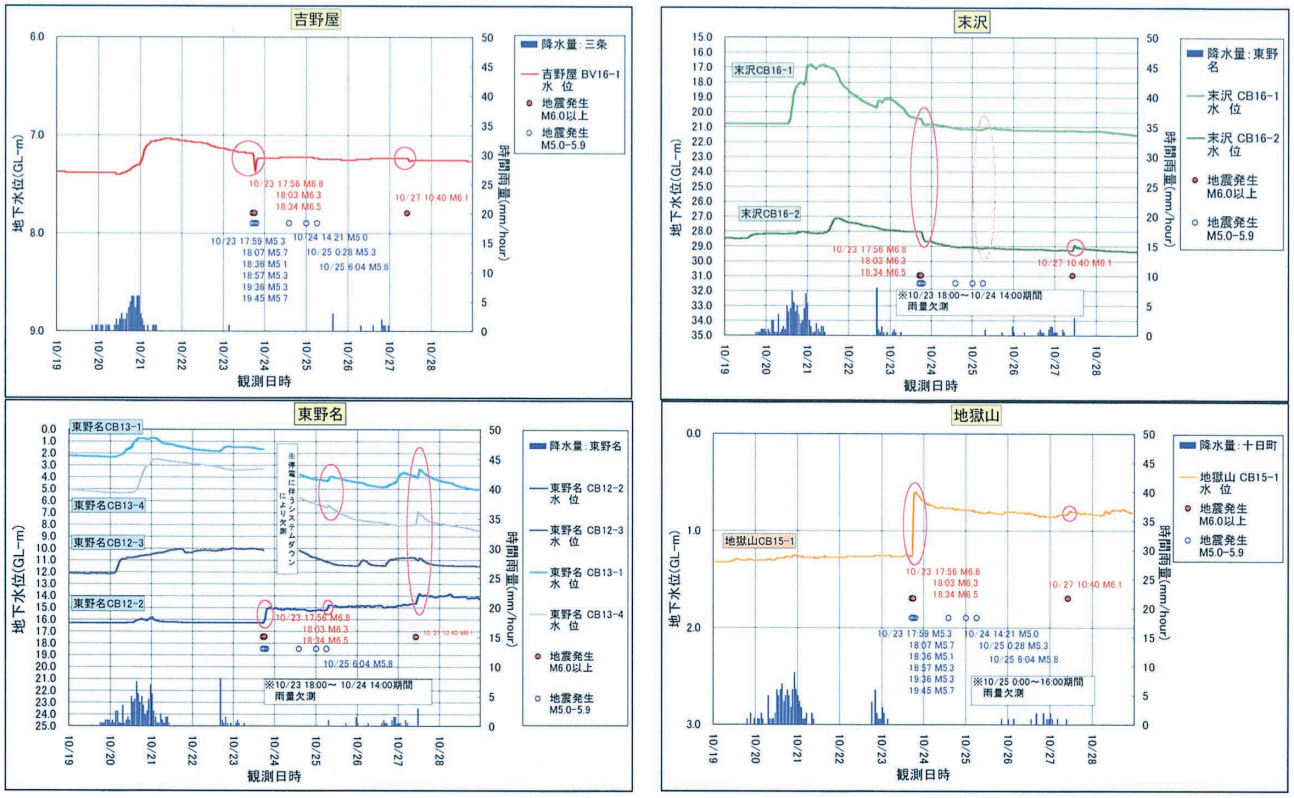



**図3　降水量・地下水位変動対比図**

**表4　地震発生後の水位変動一覧表**

| 調査地 | 孔番号 | 地震前地下水位 (GL-m) | 地震後地下水位 (GL-m) | 水位差 (m) | ①経過時間 | 回復水位 | 水位差 | ①後経過時間 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10/23本震対応 | | | | | | | | | |
| 吉野屋 | BV16-1 | 7.19 | 7.37 | △ 0.18 | 直後 | 7.23 | 0.14 | 2.00 | |
| 東野名 | CB12-2 | 16.26 | 15.07 | 1.19 | 1.00 | 判然としない | | | |
| | CB12-3 | – | – | – | – | – | – | – | 停電に伴う欠測 |
| | CB13-1 | – | – | – | – | – | – | – | 停電に伴う欠測 |
| | CB13-4 | – | – | – | – | – | – | – | 停電に伴う欠測 |
| 末沢 | CB16-1 | 20.44 | 20.86 | △ 0.42 | 2.00 | 20.79 | 0.07 | 3.00 | |
| | CB16-2 | 28.00 | 28.67 | △ 0.67 | 3.00 | 28.65 | 0.02 | 2.00 | |
| 地獄山 | CB15-1 | 1.26 | 0.60 | 0.66 | 1.00 | 0.76 | △ 0.16 | 12.00 | |
| 10/25余震対応 | | | | | | | | | |
| 吉野屋 | BV16-1 | 変動ナシ | | | | | | | |
| 東野名 | CB12-2 | 15.18 | 14.81 | 0.37 | 1.00 | 判然としない | | | |
| | CB12-3 | 変動ナシ | | | | | | | |
| | CB13-1 | 4.29 | 3.95 | 0.34 | 2.00 | 漸移低下 | | | |
| | CB13-4 | 6.54 | 6.39 | 0.15 | 1.00 | 漸移低下 | | | |
| 末沢 | CB16-1 | 21.17 | 21.05 | 0.12 | 1.00 | 判然としない | | | |
| | CB16-2 | 29.14 | 29.10 | 0.04 | 1.00 | 判然としない | | | |
| 地獄山 | CB15-1 | 変動ナシ | | | | | | | |
| 10/27余震対応 | | | | | | | | | |
| 吉野屋 | BV16-1 | 7.23 | 7.26 | △ 0.03 | 0.50 | 7.25 | 0.01 | 2.50 | |
| 東野名 | CB12-2 | 14.61 | 13.81 | 0.80 | 1.50 | 判然としない | | | |
| | CB12-3 | 11.00 | 10.81 | 0.19 | 0.50 | 漸移低下 | | | |
| | CB13-1 | 4.01 | 3.33 | 0.68 | 1.00 | 漸移低下 | | | |
| | CB13-4 | 7.94 | 6.89 | 1.05 | 0.50 | 漸移低下 | | | |
| 末沢 | CB16-1 | 変動ナシ | | | | | | | |
| | CB16-2 | 29.28 | 28.92 | 0.36 | 0.50 | 29.05 | △ 0.13 | 1.00 | |
| 地獄山 | CB15-1 | 0.82 | 0.79 | 0.03 | 0.50 | 判然としない | | | |

・地震発生後，地下水位は最大 3 時間程度でピークもしくはボトムを示す傾向にあるが（表 4），その後の水位レベルの回復，継続等の変動形態についてはバラツキがある。

## 5．まとめ

本報告で対象とした地すべり地においては，程度に差異はあるが地震に伴う地すべり活動が示唆され，それに伴う水位変動が確認された。しかしながら，地震に伴う水位変動が生じたことは示唆されるものの，地震が地すべり機構に与えた影響の詳細は不明である。何れの地すべり地においても，融雪時や豪雨時に地すべり活動が活発化する機構が既往の調査より明らかになっていることから，今後は融雪時等地下水位が上昇する際の挙動に留意し，地震が臨界水位レベル等にどのような影響を与えた，など既存調査結果との検証を行う必要がある。また，他の事例も収集し，地すべりブロックの規模，地質，気象条件などを考慮した多角的な視点からのアプローチを試みたい。

## 参考文献

新潟県地盤図編集委員会 (2002)：新潟県地盤図説明書

小林巖雄・立石雅昭・小松原 琢 (2001)：5 万分の 1 地質図幅「三条」，地質調査所

新潟県 (2000)：新潟県地質図 20 万分の 1

地すべり学会・新潟県農林水産部治山課 (1991)：東野名地すべり

# 二ッ屋地すべり地における新潟県中越地震の自動観測結果について

Automatic observation result at Futatsuya Landslide-Area on the Niigataken-Chuetu Earthquake

諏訪部　豊（新潟県十日町地域振興局　地域整備部　治水課）
Yutaka　SUWABE (NIIGATA Prefectual Government)
松田　隆　（株式会社　キタック）
Takasi　MATSUTA (KITAC. co. ltd)

キーワード：地すべり自動観測、水位変動、液状化
Keywords : Automatic observation of Landslide, Water level change, Liquitation

## １．はじめに

「二ツ屋地区」は、十日町市東部の魚沼丘陵に存在する国土交通省所管の地すべり防止区域である。本地すべり地では平成１３年の融雪期に幅 350m・延長 250m 規模の地すべり災害が発生し、地すべり末端部に立地する民家および県道に被害が生じた。地すべり範囲内に３本の調査測線を設け、ボーリング調査を実施するとともに、自記記録装置を設置して観測を行っている。

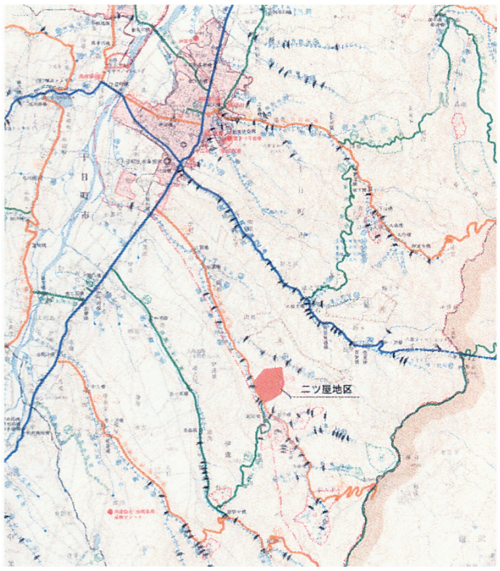
新潟県中越大地震発生時に、この自記観測記録で明らかに地震の影響と判断されるすべり面変位および地下水位の急変動を捉えることが出来た。

小論はこの自記記録で捉えられた地震時における地すべりの挙動と水位変動記録を紹介するものである。

## ２．二ツ屋地すべりについて

### ２．１　地すべり地の地形・地質概要

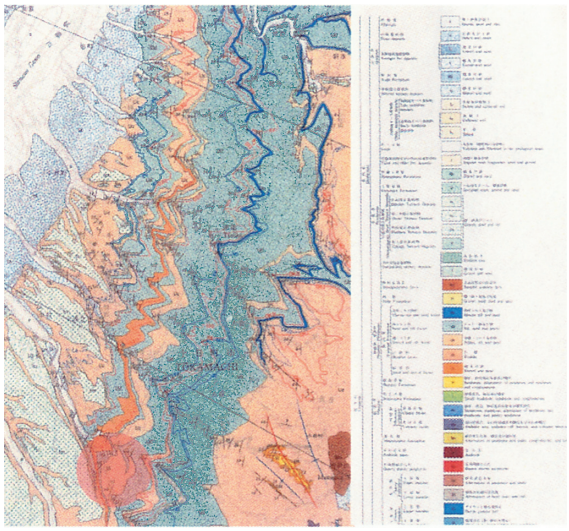
二ツ屋地すべりは、信濃川の支流である羽根川の右岸斜面にあたる魚沼丘陵に位置し、十日町市街地の東方約 6km に存在する (図－１)。




図－１　二ツ屋地区位置図

羽根川両岸の斜面勾配は、左岸側斜面が 40～60° 前後の急勾配斜面が多いのに対し、二ツ屋地すべりの存在する右岸斜面は 10～30° 程度の緩斜面を形成している。これは、周辺の地質構造に支配されたケスタ地形を示すものと言える。すなわち、地質構造に対して受盤斜面となる左岸側が急勾配斜面を形成し、流盤斜面となる右岸側が緩勾配となっている。また、この地質構造を反映して右岸側に地すべりブロックが多数形成されている事も右岸側が緩斜面を示す一因となっている。調査地を含む魚沼丘陵～東頸城丘陵東部には広く魚沼層が分布しており、本地区も魚沼層の分布域に属する。魚沼層は固結の進行していないシルト・砂および砂礫からなる浅海性～陸水性の堆積物で、大局的には南東側ほど粗粒となる傾向がある。

二ツ屋地すべり周辺での魚沼層の堆積構造は走向が N20～30° E、傾斜が 10～20° W でほぼ一定している。この地質構造は二ツ屋地区の地すべり斜面に対して羽根川下流側に傾いた流盤構造を示すことになる (図－２)。



図－２　二ツ屋地区周辺の地質図

## ２．２　二ツ屋地すべりの概要

二ツ屋地区地すべりの特徴として斜面内に形成された大規模な地溝地形と、この地溝によって区切られた小丘の点在、および地溝中に形成された池の存在がある（図－３）。地溝地形は全体として幅約400m・延長約800mの馬蹄形に形成されており、かつてはこの地溝を外縁とした大規模な初生地すべりが発生したものと推測され、地溝で区切られた小丘は地すべりで形成された分離小丘と考えられる。

この巨大地すべり地形の長軸方向は斜面に対して羽根川下流側に約30°ほど斜行している。この方向は付近に分布する魚沼層の傾斜方向と一致しており、この初生地すべりは層理面すべりとして滑動した事を示している。

地溝地形底部は全体に地下水位が高く湿地状を示しているほか、各所に湧水点が認められるが、これも大規模地すべりによって地盤が破砕され

透水性の高くなった縁辺部が地下水流路となっているためと考えられる。また、この地溝帯部に形成された２つの池（弁天池・丸池）は流入・流出する沢が存在せず、地溝帯の地下水露頭と判断される。

## ２．３　平成１３年発生地すべりの状況

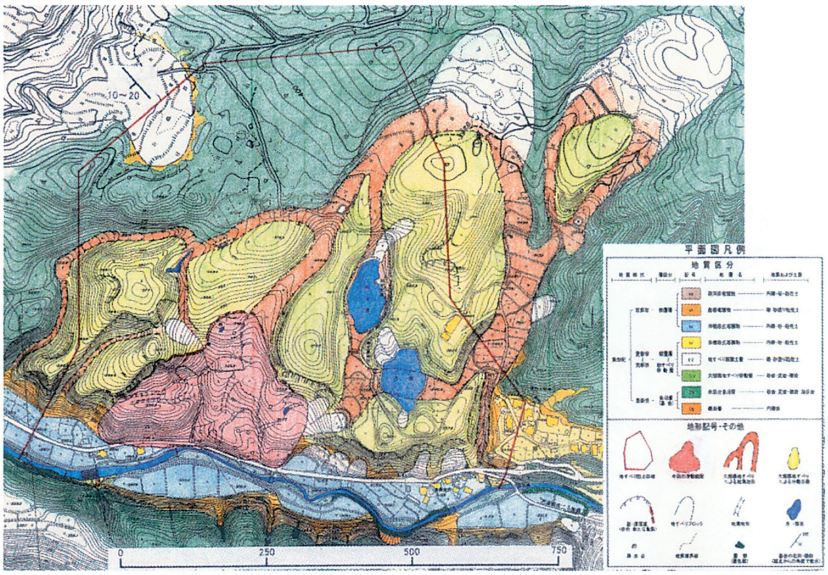
小論の対象とした地すべりは二ツ屋地区末端下流側の羽根川に面した斜面で平成１３年融雪期に発生した。

地すべりにより末端を通過する県道の路面や民家の基礎に亀裂や押出しが発生した。また斜面内には、地すべり東部に落差１～1.5mの明瞭な段差亀裂が発生した。地すべりの規模は幅約350m、延長約250m、移動土量19万m3程度と推測された。この地すべりは幸い大きく滑動することはなく、融雪の終了した平成１３年５月上旬以降ほぼ停止状態となっていた。

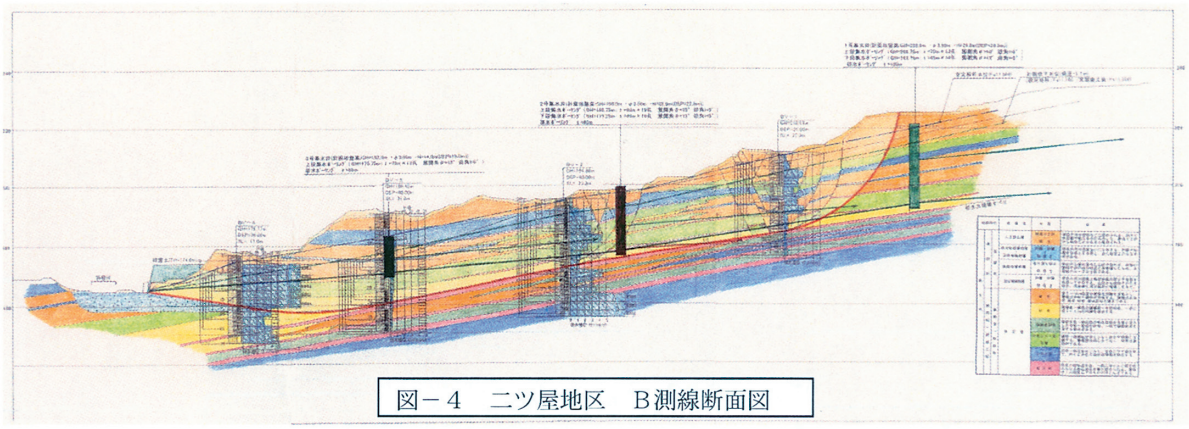
## ２．４　地すべり調査結果

二ツ屋地すべり災害の調査として、ブロック内に３本の側線を設け、それぞれの側線でボーリング調査を実施した。ここでは地すべり解析の主測線となるＢ側線（ブロック中央）での調査結果を図－４に示す。

調査の結果、地すべり移動層は魚沼層の砂・シルト・砂礫の互層からなり、地すべり面は砂層の下部に存在する凝灰岩層の上面に沿って形成された層理面すべりであることが判明した。地すべりの層厚は平




図－３　二ツ屋地区平面図



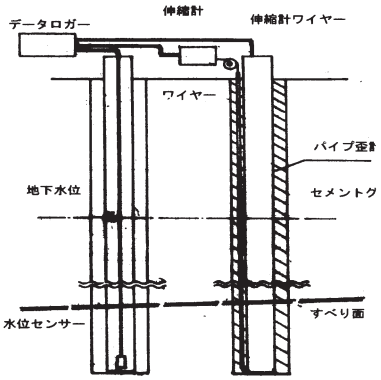
図－４　二ツ屋地区　Ｂ測線断面図

均で約25m程度である。

また、簡易揚水試験で大量の地下水が認められたことから、地すべり対策工は集水井工による地下水排除を主とした抑制工が計画されている。

### ２．３　観測計器の配置と構造

本箇所の地すべりは融雪期に地すべりが発生し融雪終了とほぼ同時に滑動が停止していることから、融雪期である３月末～４月末までの地下水位変動および地すべり滑動の関連を捉えることが非常に重要となるため、観測は積雪期でも連続したデータを計測できる自動観測とした。観測項目は、地下水位・パイプ歪計・孔内伸縮計の３種とした。図－５に観測計器の構造図を示す。




図－５　観測計器構造図

## ３．観測結果

### ３．１　地下水位変動状況

二ツ屋地区で行った地下水観測の結果を図－６に示す。同図に示したように調査地の地下水位は集水井工の効果により観測当初と比較して２m～15mの水位低下が生じている。

しかし、中越大地震発生時には何れの観測孔でも地震発生直後に地下水位が急上昇し、その後急速に水位低下した現象が観測されている。水位上昇とその後の低下量を比較するとBV.１号孔を除いてどの観測孔も低下量の方が大きく、地震後地すべりブロック内の地下水位が全体に大きく下がった事がデータで示されている。

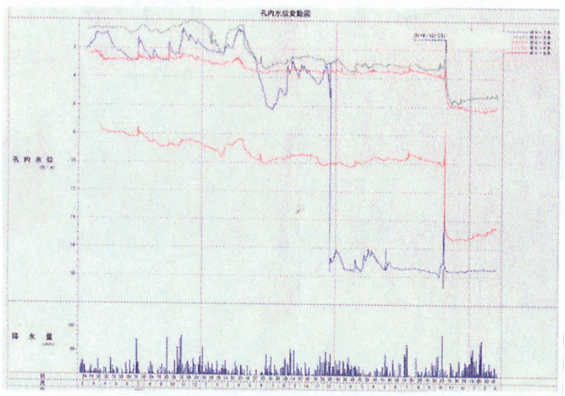
### ３．２　パイプ歪計変動状況

パイプ歪計観測の代表例としてBV.１号孔の変動グラフを図－７に示す。

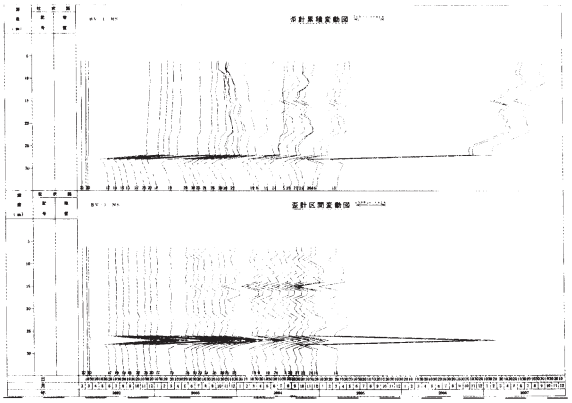
地震発生時の前後ですべり面深度において約 9000 μｓの歪増加が生じている。なお、他の観測孔でもすべり面深度において 6000～8000μｓ の歪増加が認められた。なお、歪量は地震後増加しておらず、すべり変動は地震時のみ発生したことが確認された。

### ３．３　孔内伸縮計変動状況

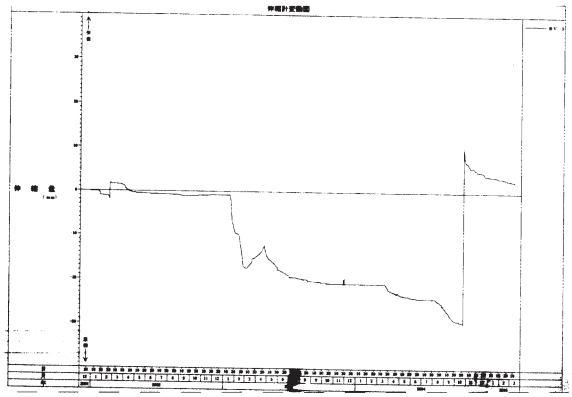
図－８に縦型孔内伸縮計観測結果の代表例としてBV.２号孔の観測結果を示す。グラフに示されたように本箇所は平成１５年１月以降徐々に圧縮傾向の変動を示していたが(約 30mm/18 ヶ月)、地震発生時には約 40mm の急激な引張変動に転じている。地すべり滑動による変動は縦型孔内伸縮計では引張変動として表されるため、地震時に地すべりが数 cm 程度の変動を生じたと事を示している。



図－６　二ツ屋地区水位変動グラフ



図－７　BV.１号孔パイプ歪計変動グラフ



図－８　BV.２号孔孔内伸縮計変動グラフ

## ４．観測結果に対する考察

本地すべり観測結果で特徴的なのは、地震発生時における地下水位の急激な上昇とその後の水位急低下である。

この水位上昇は、観測記録の解析によると地震発生後１～３時間で水位が上昇し、その後数時間～２日ほどで水位の低下が終了している。

水位の変動幅は最大で８ｍ(BV.3 号孔)に達するが、このような急激な水位変動が全孔でほぼ同時に発生していることから、単純な斜面上方からの地下水流入・流出ではこの水位変動現象を説明することは出来ず、水位上昇に関与した地下水はそれぞれの観測孔周囲の地下水が一斉に観測孔に流入し、その後一斉に散逸するような現象が生じた事を示している。

このような水位変動を生じたメカニズムについては現時点では不明である。しかし過去に当地すべりのようにすべり面付近に砂･礫層が存在する地すべりでは、すべり面が滑動した際に砂層が液状化し、体積収縮を生じるとともに過剰間隙水圧を発生する事が示されており(文献-１・２)、当地すべり地でも同様の現象により水位上昇が発生した可能性が考えられる。

また、その後の水位急低下に関しては、地震以前の水位よりも低い水位まで低下していることから、地震により地盤に新たな亀裂が発生し地下水の散逸を生じたものと推測される。

しかし、このような現象を説明するための十分な観測・調査が実施されていないため、今後の観測により検証を行う必要がある。

## ５．まとめ

二ツ屋地区で実施している自動記録による地すべり観測で、新潟県中越地震発生時に明かな変動を捉える事が出来た。パイプ歪計および孔内伸縮計の観測記録では地震発生時に地すべりが数ｃｍ程度滑動したが、その後再び停止状態にあることが示されている。また、水位観測では地震時に地下水位が急上昇し、その後急激な水位低下を生じて地震発生以前より水位が低くなった現象を捉えている。

地震のような突発的な外的要因に対して地すべり内部で発生している現象を捉えることは手動観測では不可能である。今回の観測データは地震と地すべり発生の関連性を示す一例となるものと考える。

## 主な参考文献

佐々恭二(1996)：西宮市仁川で発生した地震時高速地すべり．土と基礎．Vol44-2.pp83-85

佐々恭二・福岡　浩・汪　発武(1998):秋田県澄川地すべり,鹿児島県蓦原川土石流における高速長距離土塊移動のメカニズムについて．地すべり．Vol35-2．pp29-27

# 動態観測網がとらえた地震時の地すべり地の挙動

川崎地質（株）北陸支店　技術部
佐藤 次生

## 1．はじめに




**図-1　調査地案内図**

新潟県中越地域における地すべり動態観測として、上図に示す十日町市二ッ屋地区において「新潟中越地震」以前から動態観測を実施している。

調査地は、平成 13 年 4 月中旬に新潟県十日町市大字二ッ屋地区の主要地方道十日町塩沢線沿いに発生した地すべりであり、国土交通省所管の地すべり防止区域「二ッ屋」に指定されている。

地すべりは延長約 250m、最大幅約 300mであり、地すべり末端を横断する主要地方道十日町塩沢線の道路改築に伴う切土時に地すべりが活発化し道路沿いに亀裂等の変状をもたらした。

地すべり対策工としては、集水井工と地すべり末端部での押さえ盛土が計画・施工中であり、観測業務としては、地すべり活動域のうち道路改築範囲を対象としてパイプ歪計および水位計の自動観測を実施している。

今回の「新潟中越地震」は、地すべり対策工として集水井工が施工され、これから押さえ盛土工が施工される直前に発生したものであり、ここでは、地震前後の動態観測結果を述べる

## 2．地形地質状況

調査地は信濃川右岸側の十日町市二ッ屋地内にあり、十日町盆地と魚沼丘陵との境界付近から南東に約 5 ㎞ ほど丘陵側に入った地点で、信濃川支流羽根川の右岸に位置する。

調査地周辺の空中写真や地形図の判読によると、河川の発達方向や鞍部の配列などから北西－南東から西北西－東南東方向とこれに直交する北東－南西方向のリニアメントが顕著である。また、調査地の背後には長さ 900m、幅 600mの大規模地すべり地形を成し、調査地はこの大規模地すべりの北側末端部付近に位置している。この大規模地すべりの主軸方向は西北西－東南東方向で、この付近に卓越するリニアメントと平行であり、地層の傾斜方向とも一致している。

調査地の地質は、図-2 に示すように魚沼層の礫シルト相が分布する。

ボーリングにより確認された地盤状況としては、①砂礫層や砂層を主体とした魚沼層が分布し、泥岩の薄層が挟在する。②砂礫層は、比較的礫分が多く、層厚は 3～32mに達する。N値は概ね 50 以上を示すが、浅層部では 15 程度を示す。コアはほとんど土砂状を成す。③砂岩は砂状のほか棒状を呈する所もあるが、固結度は緩く指圧で容易に崩れる。④泥岩は、他の岩質に比べてやや固結が進んでおり、棒状コアで採取される場合が多い。

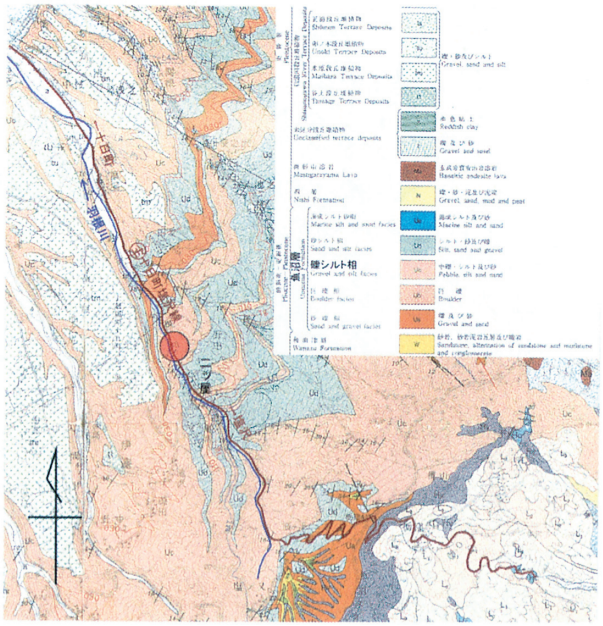



**図-2　調査地周辺の地質図**

（国土地理院発行「1;50,000 地質図 十日町地域」）

### 3．動態観測概要

動態観測は、図-3 に示す 5 箇所においてパイプ歪計（観測頻度：1 回／1 日）および水位計（観測頻度：1 回／1 時間）の自動観測を実施している。

H13BV-2 孔、H13BV-3 孔付近は、当初道路改築計画の切土が施工されており、この切土により地すべり活動が活発化したため、道路高を上げて押さえ盛土とするよう道路計画は変更されている。

また、H15BV-3 孔付近には道路計画変更後においても部分的に切土が発生し、且つ、道路を含む小規模地すべりブロックが分布しているため、動態観測を継続して行っている。

図-4～図-6 には、各側線の地質推定断面図を示す。

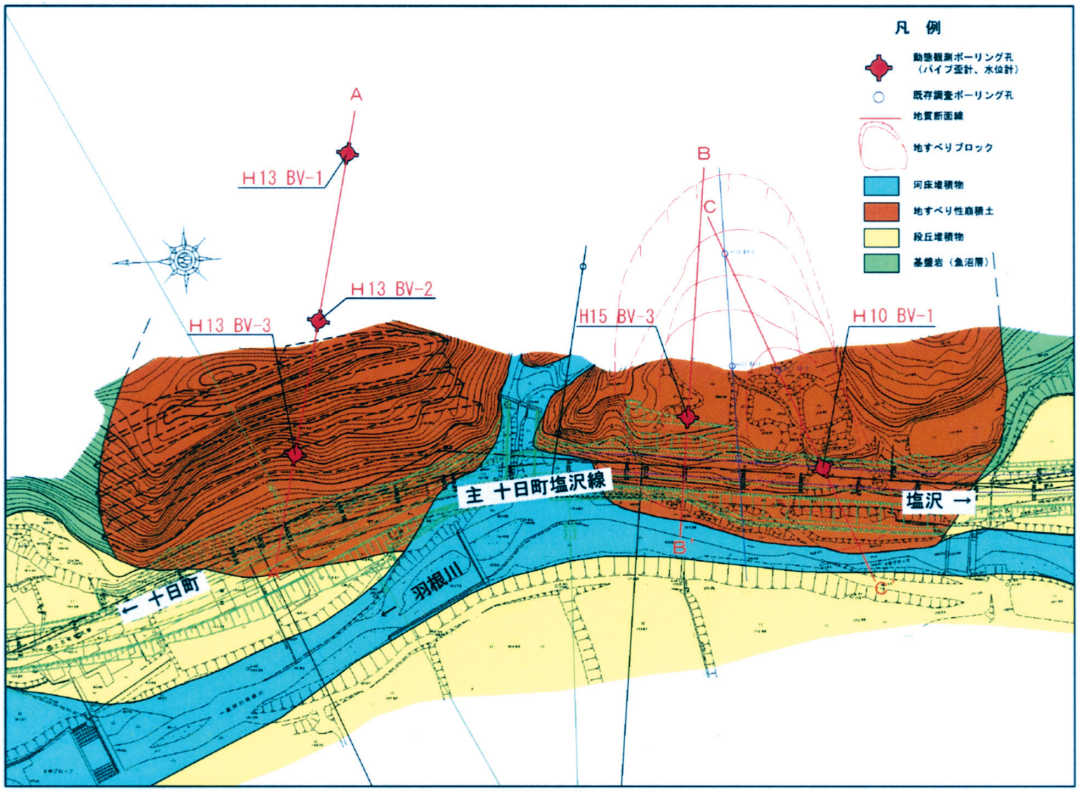



図-3　動態観測位置平面図

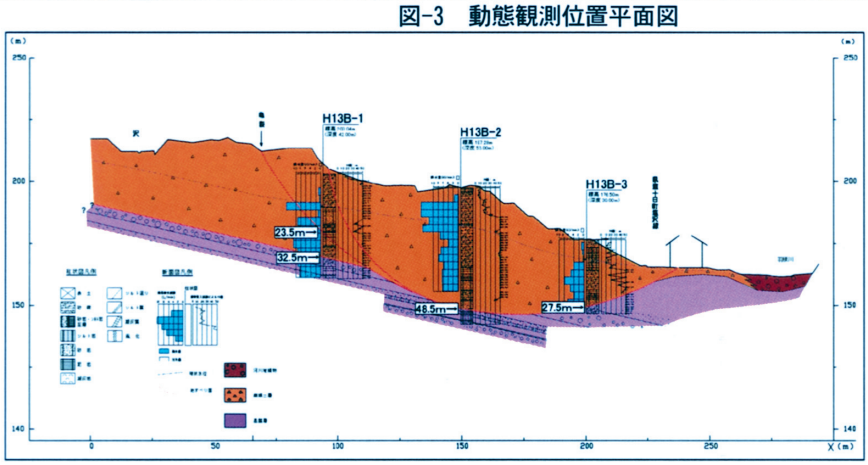



図-4　A－A’地質推定断面図

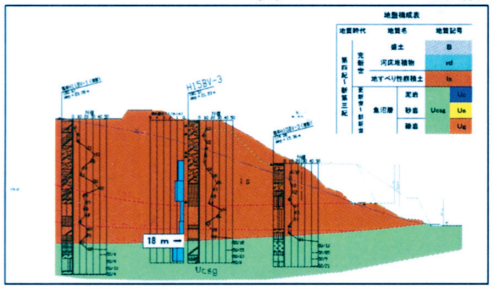



図-5　B－B’地質推定断面図

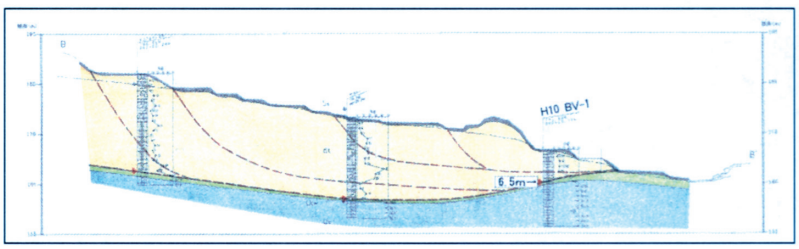



図-6　C－C’地質推定断面図

## 4．動態観測結果

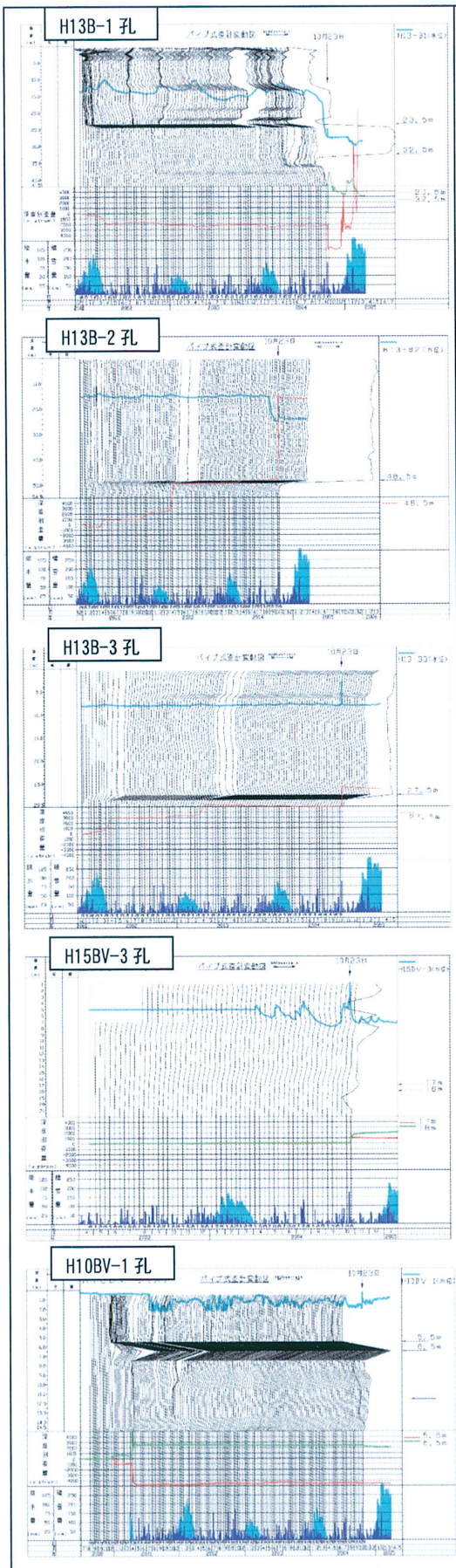



図-7 観測開始～地震時(10/23)歪みおよび水位変動図

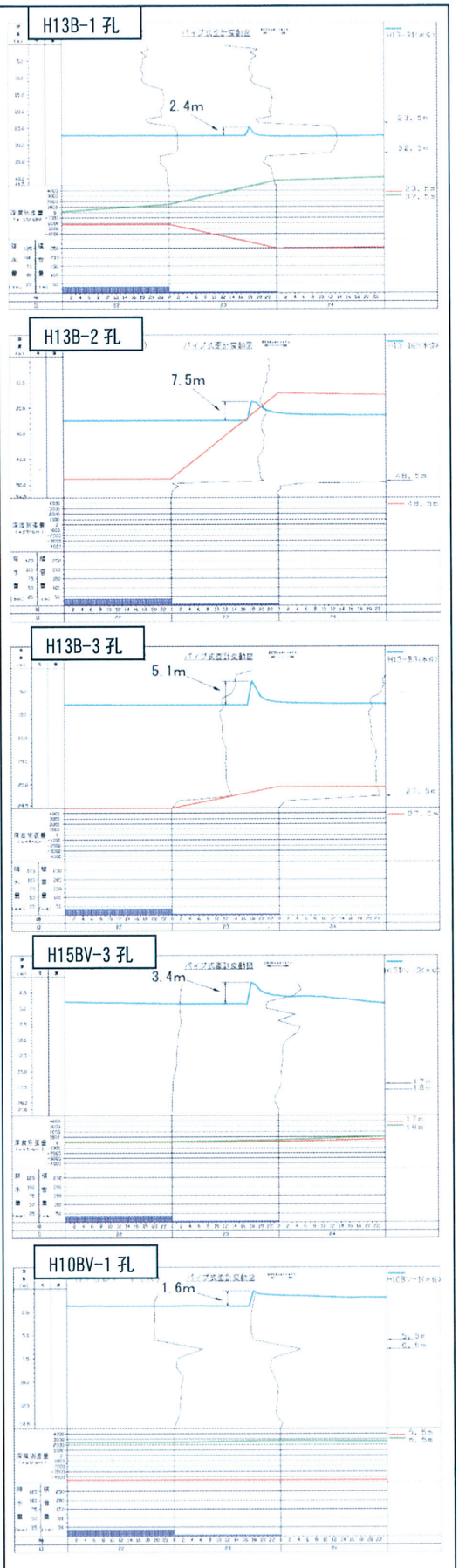



図-8 地震時(10/22～10/24)歪みおよび水位変動図

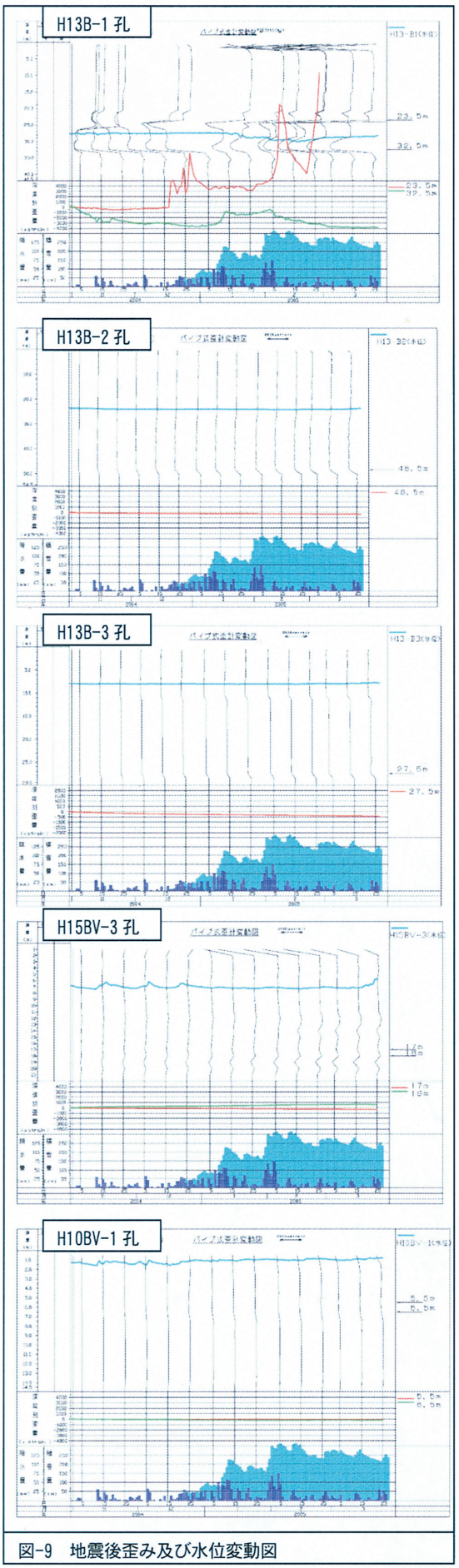



図-9　地震後歪み及び水位変動図

図-7 には、観測開始から地震時（10/23）までの歪み及び水位変動図を、図-8 には、地震時（10/22～10/24）の歪み及び水位変動図を、図-9 には、地震後（11/1 を初期値として作図）の歪み及び水位変動図を示す。また、表-1 には各孔のすべり深度における「地震前」「地震時」「地震後」の歪み変位量をまとめた。

**表-1　歪み変位量一覧表**

| 孔番 | 深度（GL-m） | 地震前最大歪み変位量（μ/月） | 地震前1年間の月平均歪み変位量（μ/月） | 地震時（10/23～10/24）歪み変位量（μ/日） | 地震後歪み変位量（μ/月） | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| H13B-1 | 23.5 | −1300 | −13 | −4500 | +3100 | ■H13B-1：深度23.5mについては、2月中旬以降欠損。<br>■変位量＋は地すべり谷方向、−は山方向 |
| | 32.5 | — | +3 | +5800 | −2200 | |
| H13B-2 | 48.5 | +5100 | +50 | +15800 | −180 | |
| H13B-3 | 27.5 | +2400 | −30 | +4000 | −120 | |
| H15BV-3 | 18.0 | — | +4 | +1000 | +220 | |
| H10BV-1 | 6.5 | +4000 | −2 | +400 | −140 | |

各孔の地震前歪み変動は、図-7 に示すように、４～５月の融雪期にすべり面深度において歪みが生じ、その他平常期にはほとんど歪み変動が認められない段階的な歪み変動傾向であり、地震前１年間においては、月平均歪み変位量 50（μ/月）以下で収束傾向にあった。（地震直前の９月～10 月前半には、集水井が施工され、H13B-1、H13B-2 では水位が 10mほど下がった）

各孔の地震時歪み変動は、図-7 に示すように、地震時（10/23）に大きな変動が認められており、各孔の地震時の最大歪み変動は、既知のすべり面深度と一致している。地震時の最大歪み変位量としては、H13B-2 孔において 15800μもの歪みが認められた。

注目すべき点としては、図-8 に示すように、地震時に全孔で一時的に水位が急上昇しており（H13B-2 孔において最大 7.5m上昇）、地震動によりすべり面に対して急激な間隙水圧が働いたことが想定される。

また、地震動により上昇した水位は、地震前の水位まで下がりきっておらず地震動により地すべり土塊内の透水性が変化した可能性も考えられる。

地震後の歪み変動は、図-9 に示すように H13B-1 孔では、不規則な変動が生じている他は、明らかな変動は認められず、H13B-2, H13B-3, H10BV-1 においては、地震動で＋側に生じた歪みが、－側へ-100～-200（μ/月）で緩やかに戻っている。ただし、H15BV-3 については、すべり面深度（18m）で＋側へ+220（μ/月）の累積変動が認められ、本孔は切土部にもあたることから今後の警戒が必要である。

## ５．まとめ

本調査地においては、「新潟中越地震」により各孔のすべり面深度において大きな歪み変動が認められた。

地震後の歪み変動は、大局的にはすべり面での累積変動が加速されるような傾向は認められないものの、不規則な変動や H15BV-3 ではすべり方向への累積変動が認められる。

今後は、地震時に上昇した水位が地震前水位まで下がっていないことから、融雪期に地すべりが不安定化する可能性があるため特に警戒を要する。

# 新潟県中越地震による地すべり対策施設の被災状況

株式会社　興　和　池田伸俊 ◎
堀松　崇
田村　尚

## 1．はじめに

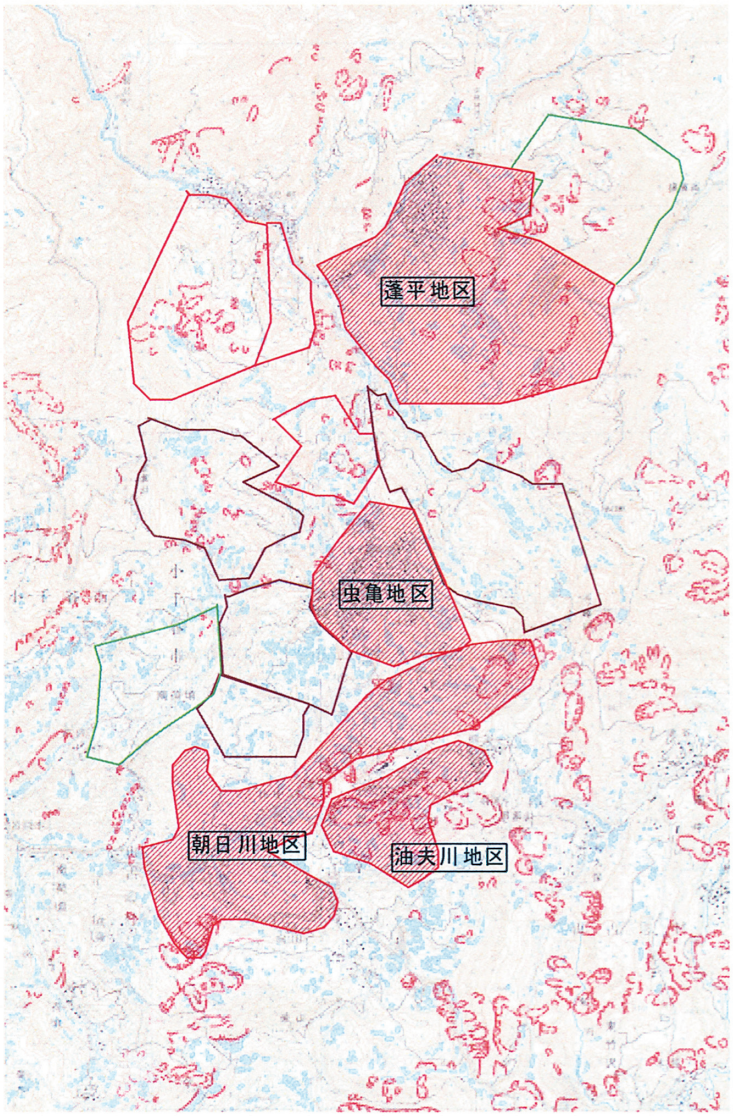
平成 16 年 10 月 23 日 17:56 に発生した新潟県中越地震は、M6.8 を記録した本震以降、短時間に M5～6 クラスの大きな余震を繰り返し、中越地方の市町村に、甚大な被害を生じさせた。特に、長岡市の旧山古志村を中心とする東山丘陵地域では、斜面の至る所で発生した崩壊や地すべりにより、住宅の倒壊や道路の寸断・流出、河道閉塞等の被害が頻発した。この地域は、地すべり防止区域が数多く存在し、地すべり防止施設の施工によって安定化が図られているが、今回の地震では、それらの地すべり防止施設にも、被害が生じた箇所が多数見受けられる。そこで、地震による地すべり防止施設の被害状況について、写真をまじえながら紹介する。

## 2．調査箇所

地すべり防止施設の調査を実施した地区は、

蓬平地区
虫亀地区
朝日川地区
油夫川地区

である。




図－１　調査箇所図（縮尺＝1:50,000）
（「2004 年新潟県中越地震にともなう地すべり・崩壊分布図－その特徴と判読事例－」日本地すべり学会に加筆）

## 3．地すべり防止施設の被災状況

### 3－1．蓬平地区

蓬平地区は、昭和 59 年に発生した地すべり災害を契機として地すべり防止工事が施工され、斜面の安定化が図られたとして平成 15 年に地区概成を迎えた。蓬平地区の地形は大きく、蓬平

集落が分布する緩斜面と、その背後の急斜面に分けることができ、集落付近では大きな地表変状はみられず、人家に対する災害の発生は軽微であった。しかし、人家から離れた急斜面では、亀裂や段差、斜面崩壊の発生等により、道路や水田、養鯉池の損壊等の被害が発生し、地すべり防止施設も土砂埋積や破断等の被害を被った。

《主な被災施設》

- 水路工　被災延長 L=399m（土砂埋積、押し出し変形、流出等）
- 横ボーリング工　被災群数 9 群（土砂埋積、保孔管破断等）



亀裂の発生によって被災した水路



崩壊に巻き込まれ被災した水路



表層崩壊により被災した水路



崩壊土砂で埋積し、押し出し変形した水路



崩壊土砂で埋積した横ボーリング工



崩壊により保孔管が破断し排水不良となった横ボーリング工

### ３－２．虫亀地区

虫亀地区は、昭和 55 年に地区東側の滝ノ林川源流域で発生した大規模地すべり災害の復旧対策を中心に、地すべり防止施設が施工され、平成 11 年に地区概成を迎えた。今回の地震では、地すべりの頭部滑落崖から側方崖に当たる急斜面で斜面崩壊が発生し、地すべり防止施設が土砂によって埋積する等の被害を被ったが、虫亀集落の周辺では、地すべり防止施設に大きな被害は生じていない。

《主な被災施設》

- 水路工　被災延長 L=97m（土砂埋積）
- 集水枡　被災箇所１箇所（圧潰）
- 横ボーリング工　被災群数１群（土砂埋積）



崩壊土砂により埋積した水路



崩壊土砂により埋積した水路



地すべりの押し出しにより圧潰した集水枡

## ３－３．朝日川地区

朝日川地区は、朝日川本流及び三石川、滝ノ沢川、七滝川、菖蒲沢川流域斜面を含む地すべり地区で、地区内には竹沢、山中、間内平の各集落があり、昭和 58 年に発生した地すべりを契機として、地すべり防止工事が施工され、平成 15 年に地区概成となった。地すべり防止施設は、これらの集落周辺斜面を中心として施工されているが、斜面崩壊や亀裂の発生等により、水路工の土砂埋塞や変形、横ボーリング工の破断等が発生している。しかしながら、いずれも局部的なものであり、大規模な地すべり活動は発生していない。

《主な被災施設》

- 水路工　被災延長 L=144m（土砂埋積、押し出し変形等）
- 横ボーリング工　被災群数１３群（土砂埋積、保孔管破断等）
- 土留工　被災延長 L=135m（押し出し変形）



崩壊により破損・埋積した水路



地すべりの押し出しにより変形した水路





排水不良となった横ボーリング工

### ３－４．油夫川地区

油夫川地区は、油夫沢川の上流域を範囲とする地すべり地で、油夫、桂谷、竹沢の各集落や、山古志村役場があり、昭和 58 年に発生した地すべりを契機として、地すべり防止工事が施工され、平成 15 年に地区概成となった。地すべり対策施設は、油夫沢川左岸斜面を中心として施工が進められ、右岸斜面では用地その他の事情により、未着手であった。しかしながら、地震により右岸斜面では大規模な地すべりが発生し、人家６戸全壊や村道流出等の大きな被害を被った。これに対して、左岸斜面では、部分的な崩壊や亀裂・段差の発生等により、水路工の土砂埋積や横ボーリング工の破断等があったものの、地すべりブロック全体の活動はみられなかった。

《主な被災施設》

- 水路工　被災延長 L=246m（土砂埋積、押し出し変形等）
- 横ボーリング工　被災群数３群（土砂埋積、保孔管破断等）



崩壊に巻き込まれ破損した水路



押し出しによる水路の変形状況



地すべり側方崖で発生した表層崩壊により、下端部の水路が埋積した。




油夫川地区全景写真

写真手前の左岸側斜面では、亀裂の発生程度で止まっているが、右岸側では、大規模な地すべり災害が発生した。このため、右岸側斜面は、災関事業箇所となった。

## 4．まとめ

地すべり防止施設の被災状況の特徴は、以下のようにまとめることができる。

- 最も被災を受けている工種は水路工であり、土砂埋積や変形破損が多く、地震動そのものでずれたり変形したと考えられるものも多いこと。
- 被災事例としては、地すべりブロックの滑落崖や側方崖に当たる急斜面で局部的な斜面崩壊が発生し、その崩壊土砂によって埋積した事例が多いこと。
- 崩壊斜面は、地すべり対策施設が施工されていない斜面が多いこと。
- 地すべり対策施設が施工されている地すべりブロックでは、局部的な表層崩壊や円弧すべりの発生、表層土の流出等により被災した事例が多く、対策施設設計時に対象とした地すべりブロック全体が滑動して、施設が被災したと考えられる事例はほとんどないこと。
- 地すべり防止施設が密に施工されている蓬平地区や虫亀地区の集落周辺では、施設の被害はほとんどみられないこと。
- 地すべりによる大きな被害を被った朝日川地区の三石川源流域や油夫川地区右岸斜面では、地すべり防止施設が未着手かもしくは部分的な施工であったこと。

以上より、地震によって地すべり防止施設に被害を生じた事例は多いものの、その大半は崩壊や亀裂等の発生によるものであり、地すべり防止施設が施工さている地すべり斜面では、斜面全体が活動した事例はほとんどないことが判明した。このことから、地すべり防止施設が効果を発揮し、地震による地すべり発生を抑えたと考えられる。

# 新潟県中越地震で発生した小規模変位の地すべりと構造物に対する影響

# The Small-displacement Landslides Caused by The Mid Niigata Prefecture Earthquakes And Effects upon the Build

中村清朗（明治コンサルタント（株））、高橋孝雄（新潟県長岡地域整備部）
門脇竹久、古川昭夫（明治コンサルタント（株））
Seiro NAKAMURA (Meiji Consultant Co.Ltd.) , Takao TAKAHASI (Niigata Pref. Nagaoka P.O.)
Takehisa KADOWAKI, Akio FURUKAWA (Meiji Consultant Co.Ltd.)

キーワード：新潟県中越地震、小規模変位地すべり、構造物被害
Keywords: Niigatakenn Tyuetu Earthquake, small-displacement landslide, build damage

## 1 はじめに

新潟県中越地震は、山間部の被害が大きかったことが大きな特徴となった。被害の多くは、斜面上の土塊が移動したことによって発生したもので、① 移動した土塊の上に建造された構造物の被害と、② 移動、崩落した土砂による被害に大別される。広範囲、大量の土塊が大規模に変位した事例は、様々な報告会で数多く報告されている。これらの地区では、地すべりによって、住宅をはじめ様々な構造物が、致命的な損傷を被り、甚大な被害が発生した。

一方、土塊の変位量が数十センチ程度と比較的小規模な地区でも、地震動による被害の他に、土塊の移動が原因と判断される被害が発生している。このような地区では、上記①の、移動土塊の縁辺部に建造された構造物で重大な被害が発生していることが特徴であり、上記②のような、崩落した土砂による被害は比較的少ない。

本稿では、移動土塊の縁辺部に位置したため、変位量の小さい地すべりにも関わらず重大な被害を被った被災事例を紹介する。

## 2 地震時に発生した小規模変位地すべり

近年活動が確認される地すべりは、その多くが、過去の地すべりで活動した土塊、岩塊および地塊が再活動したものであることが、広く認められている。このため、地すべり調査に当たっては、過去の地すべり活動によって形成された地すべり地形を手掛かりにすることが有効になっている。

筆者らは、新潟県中越地震の震央周辺地域の空中写真判読をおこない、過去に活動したと判断される地すべり地形を抽出し、その中の幾つかの地すべり地形を、実際に現地で確認する機会を得た。

現地を確認した結果、過去に活動した地すべり地で、概観上は大規模な変位が認められない場合も、地すべりブロックの外縁に沿って、連続性のある亀裂、段差が形成されている地区を数多く確認した。確認した亀裂、段差は、数センチメートルから数十センチメートル規模であり、周辺で大規模に土塊が移動した痕跡が認められない場合も多い。震央域に近い地すべり地では、過去の地すべりで形成された地すべりブロックの全体あるいは一部が、地震動による水平力を受け、微少～小規模に変位した事例が広範囲に存在すると考えられる。

## 3 構造物被害の特徴

変位量の小さい地すべり地では、変位量の大きな地すべりに比べ、地すべりに起因する被害は相対的に小さいが、立地する位置によって重大な被害が発生している。変位量の小

さい場合も、移動土塊と周辺の不動地との境界部に建造された構造物で被害が大きくなっている。このような位置に建造された橋梁とRC 建築構造物および送電鉄塔の被災事例を紹介する。

### （1）橋梁の被害

地すべり斜面末端に位置した橋梁の事例である。

被災した橋梁は、既設道路橋、新設道路橋および仮設歩道橋の 3 橋である。道路橋は単純桁 1 径間構造で、左岸側の地盤は不動地となっているが、右岸斜面は、河岸に至る地すべりブロックが確認される。この右岸側斜面で、幅約 200m、長さ約 200m の範囲の土塊が約 20～30cm 変位した。移動域は、過去に活動した地すべりブロックの範囲と一致する。移動域の外縁には亀裂、段差が連続するが、移動斜面内は、概観上顕著な変形が認められない。これは、変位量が小さかったこと、土塊がほぼ一体となって移動した結果と考えられる。移動域の末端が河岸に達したため、地すべりによって河岸部は延長約 200m にわたって前面に押し出され、河岸に建造された橋梁が被災した。被災した橋梁は、土塊の移動によって 3 橋とも右岸橋台が前面に押し出され、桁を橋軸方向に押す形となった。これによって桁は対岸の左岸橋台の頭部を背後に押し倒す形となり、左岸橋台は背後に傾動する結果となった。（図-1，写真-1，写真-2，写真-3）

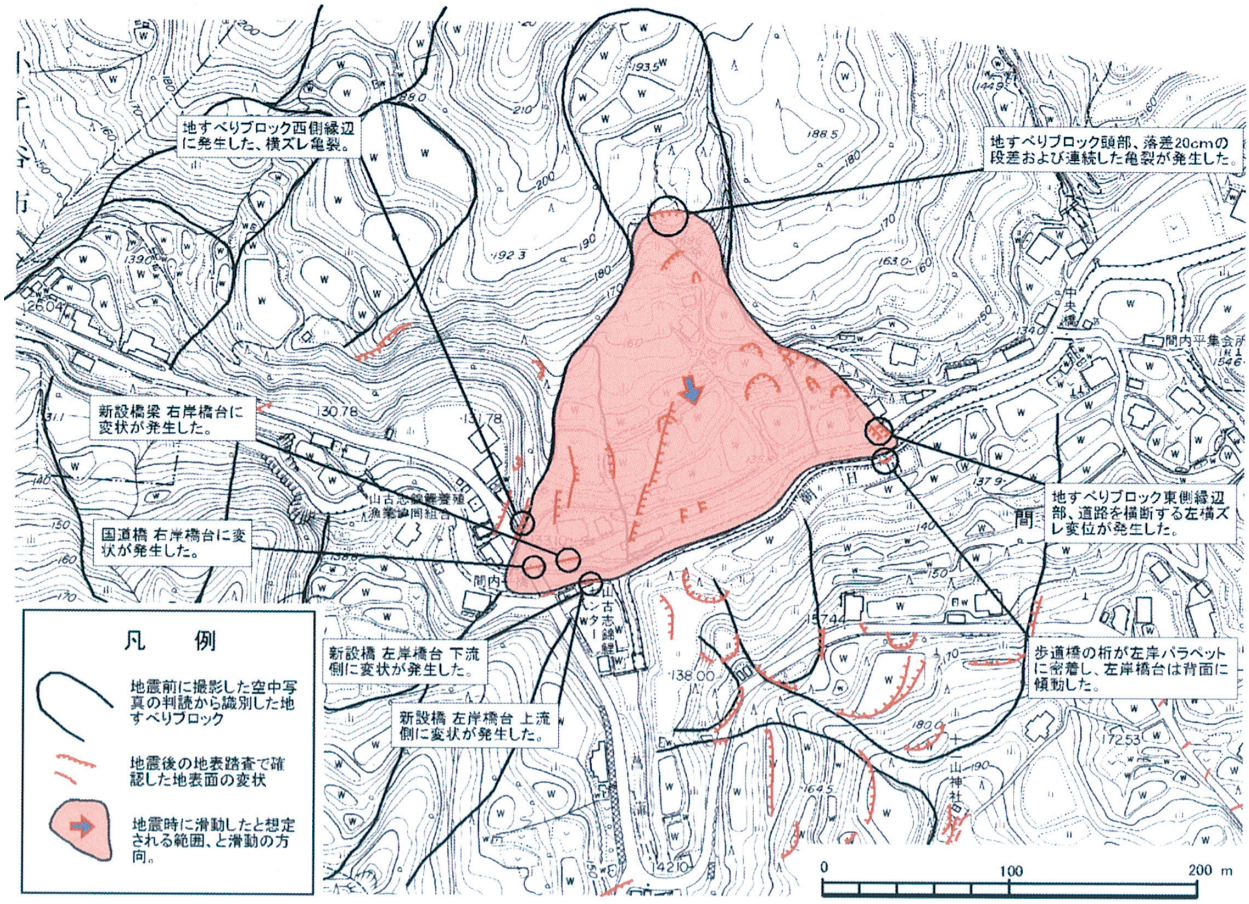



図-1　道路橋被災地の平面図




写真-1　既設道路橋 右岸 上流側

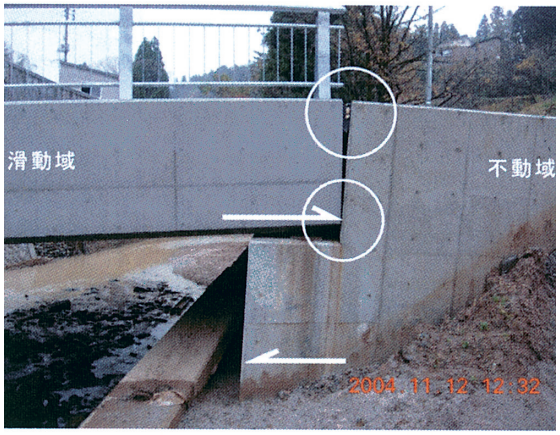



写真-2　新設道路橋 左岸 下流側

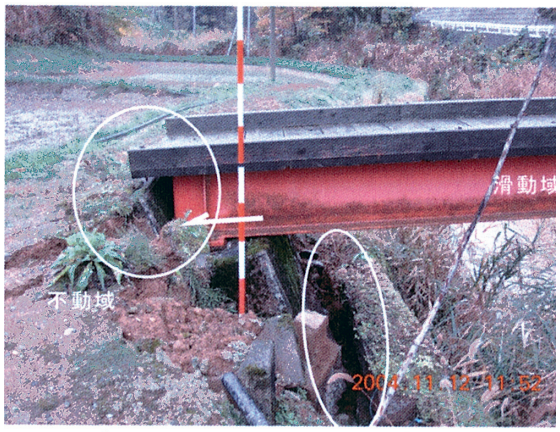



写真-3　仮設歩道橋 左岸 上流側

### （2）RC 建築構造物および送電鉄塔の被害

この事例では、地すべり頭部に不動地を跨いで築造された RC 建築構造物が被災した。また、移動土塊の末端付近に位置する送電鉄塔も被災した。地すべりの範囲は、幅約 50m、長さ約 30m と小規模であり、頭部で確認した変位量も累計で約 100cm 程度である。

構造物は、3 棟が独立した構造で築造され、各棟が廊下で連結されている。その内の端部に位置する建家が、地すべりの頭部と不動域を跨いで築造されていたため、地すべりによって、谷側に大きく傾動し、大規模な被害を被った。なお不動域に築造されていた隣接する建家にも被害が発生したが、損傷の規模は大きく異なった。（図-2, 写真-4, 写真-5, 写真-6）

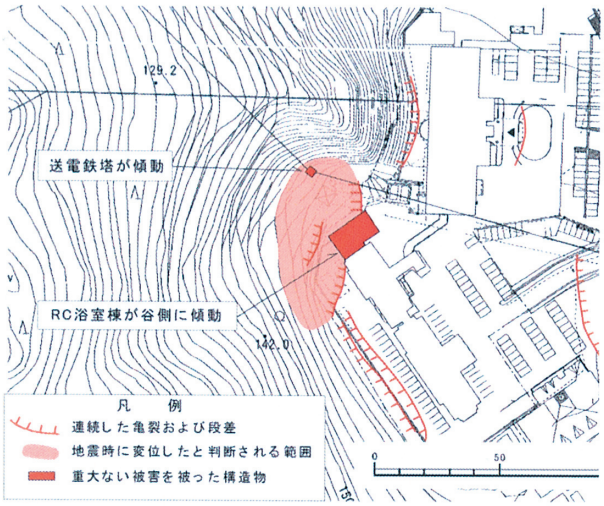



図-2　被災地区 平面図




写真-4　敷地周辺に発生した亀裂




写真-5　被災棟周辺の変状




写真-6　被災した浴室棟

## 4　考察

現在まで、大規模に変位した地すべりに伴う甚大な被害の状況が、数多く報告されてきた。これらの報告は、地震が地すべり発生の劇的な誘因のひとつであることを、あらためて示した。

震央域周辺には、過去の地すべり活動で形成された地すべり地が広大に存在する。今後、地すべり斜面上の生活基盤を効果的に再建するためには、地すべり斜面の安定度を適切に評価することが重要と考える。

通常、主な地すべり誘因と考えられている、地下水条件を固定して考えると、地震で全く移動しなかった地すべりは、地震時に被った規模の水平外力に対して安定であることを証明した。他方、大規模に変位した地すべりでは、移動土塊は、より安定側に移行したと考えられるが、不安定な部位が、新たに発生した可能性が残されている。

融雪期を迎え、主な誘因と考えられる地下水条件が変化したとき、① 大規模に変位した地すべりで、新たに発生した不安定な部位がどのように挙動するか。加えて、② 地震時に小規模な変位にとどまった地すべりがどのように挙動するか。この２点が、今後、斜面の安定度を適切に評価するために重要な課題と考える。

また、報告した被災事例は、地すべり斜面周辺で構造物を計画する場合、地すべりブロックの範囲を正確に識別した上で、構造物の配置および構造形式を慎重に検討することが重要であることを示している。

# 中越地震にみられる斜面災害の特徴と防災への課題

## —防災のキーワードは土地・地盤条件—

鴨 井 幸 彦 （(株) 興 和）

### 1. はじめに

中越地震の斜面災害に関しては，すでに速報や概報という形でいくつもの報告がある[たとえば1), 2)]。その中で，斜面崩壊の形態についてもいろいろな観点から分類され，紹介されている。しかし，もっとも基本的なものは，①丘陵の尾根筋や段丘崖の肩のような地形の遷急線から発生した表層崩壊，②地層の層理面に沿って流れた岩盤すべり(層すべり)，③既存の地すべりの再活動やその二次すべり，④盛土斜面の崩壊や変形の4つに集約されると考えられる[3)]。

以下，これら4つの形態の代表例を紹介し，その背景となった地質・地形的条件について考察する。また，あわせて防災に向けた課題を述べ，討論の材料に供したい。

### 2. 斜面変状のタイプ別特徴とその地質的背景

#### 2.1 表層崩壊

中越地震では，尾根付近や段丘崖の上端といった斜面の肩に当たる部分，すなわち地形の急遷点で表層崩壊が多発した(写真-1～3)。斜面の肩というのは凸状に出っ張っているところから元々欠けやすく，さらに尾根部では一般に風化層が厚いため，崩れやすかったと考えられる。その上，魚沼丘陵は，隆起地帯に位置する上比較的軟らかい岩から構成されているため，丘陵とは言いながらも谷が深く切れ込み，斜面は急である。このため，崩壊がより発生しやすかったものと考えられる。

一方，渓流沿いでも崩壊が多数発生した(写真-4)。本来ここでの崩壊は，脚部の侵食により不安定化した表層の風化層が剥落するタイプ(いわゆる渓岸崩壊)である。しかし，今回は，渓岸崩壊が発生するまでに至らない斜面が，地震動による激しい揺さぶりによって，強



写真-1 表層崩壊は尾根付近から発生していることが多い。しかし，崩壊面が末端に達することは，むしろまれで，多くは途中で抜けている。川口町木沢。



写真-2 段丘崖の肩から崩壊するケースも目立った。層厚は1 m 前後のものが多い。魚沼市(旧堀之内町)原。



写真-3 張り出し尾根部では，急傾斜面上にようやくへばり付いていた表層土が，そっくり剥がれ落ちるケースがしばしば見られる。十日町市池谷。

制的に剥離したものと考えられる。

このように，表層崩壊は多発したものの，比較的規模が小さかったり，それも山間地や沢部が中心で，人家や道路に直接していないことが多いなどの理由により，発生件数の割には，影響は小さかった。

### 2.2 岩盤すべり（層すべり）

ケスタ地形という地形用語は，中越地震でかなり普及したように思われる。地層の層理面に沿って滑落する層すべりが多発し，平滑な滑落面の出現が大きな関心を集めたからである。とくに，芋川流域で発生し河道を閉塞した東竹沢地区のそれが典型的であったことが大いに関係している。

ケスタ地形と地すべりの関係については，大木ほか（1991）が東頚城丘陵東麓（旧川西町南部）の地すべり地形について触れ[4]，最近では阿部（2001）が東北地方の例について報告している[5]。筆者はこれらの報告に接する以前から，県道小千谷十日町津南線の真人沢川付近から岩沢方面を望む信濃川右岸の地形や，関越道越後川口サービスエリア（上り）の展望台から眺めた川口方面の地形を写真に撮ったりして注目していた。中越地震で層すべりが多発したのは，中越地方独特の地質構造（褶曲構造）と砂岩泥岩互層という顕著な層理面の発達に負うところが大きい（写真-5～7）。

岩盤すべり（層すべり）の大規模な例としては富山県氷見市の胡桃地すべり（昭和 39 年）や福島県昭和村の一坪田地すべり（昭和 62 年）などがあるが，例外的で，大半は流れ目の斜面を切土したような場合に，しかも小規模なものが発生しているようである。



写真-4 渓岸崩壊の例。川口町木沢の木沢川左岸。



写真-5 ケスタ地形の例。妙見堰南方の小千谷市側丘陵。レスキュー隊が活躍した崩壊斜面（写真左端）は単なる岩盤崩壊ではなく，ケスタ斜面の末端部にあたるという点に注意。



写真-6 層すべりの典型例。側面から見た状態。正面の崖が右岸側の側方崖で，傾斜した砂岩泥岩互層の上に水平な段丘堆積物が載っている様子が良くわかる。人物の立っている所から一山がそっくり抜けている。川口町天納のJR上越線脇。



写真-7 写真-6 の現場を正面から見た状態。右端のへこみは古いすべり跡（JR上越線天納トンネル）。

ケスタ斜面は，一見大規模な地すべり様の地形に見えても，実は崩積土は薄く，地すべりの危険度としては低い場合の方が多い（写真-8）。基本的には長期間にわたる差別侵食，つまり小規模な崩壊や地すべりが斜面の脚部から上方に向かって繰り返し発生することによって形成されるものと考えられる。実際，中越地震では，ケスタ斜面の末端部に崩壊が発生している例がしばしば見られた（写真-9）。こうした崩壊が次第に上方へ波及し，やがてケスタ斜面を形成するものと考えられる。

また，層すべりの規模としては，層厚数 m から 10 数 m といった中程度のものが多かった。しかし，つま先の切れ込み以上の規模にはなり得なく，押さえが効いている斜面では発生していない。逆に言えば，流れ盤構造の斜面末端部がすでに解放されている場合にのみ発生している。

なお，ここで注目されるのは，ケスタ地形が信濃川をはさんだ東西の丘陵に共通して認められるのに対し，中越地震で発生した層すべりのほとんどが，西傾斜の斜面に集中している点である。これは，震源の位置に関係しているものと考えられる。つまり，地震動が層理面に



写真-8 地層の層理面がケスタ面を形成している様子を示す例。十日町市（旧川西町小海川右岸）。



写真-9 ケスタ斜面末端の崩壊例。小千谷市川井の信濃川魚沼橋下流右岸。妙見堰上流右岸の崩壊の形に酷似する。

直交する方向から突き上げた場合に層すべりが発生しやすいということを示している。

以上の考察は，今後，斜面の危険度を評価し，ハザードマップを作成する際の目安になると考えられる。

### 2.3 既存の地すべりの再活動やその二次すべり

一般に，地震による地すべりの発生例はあまり多くないとされているが，中越地震では多数の例が報告されている[たとえば3)]。しかし，これらのかなりの部分は，すべり面の再滑動ではなく，単に地表面の変形や変状によるものである可能性があり，注意を要する。しかし，19 年ぶりの大雪の後では，地震により多数生じた亀裂が融雪型地すべりの引き金となって，地すべりが活動・拡大する可能性が高く，その判別は難しい。

なお，岩質の点でいえば，再すべり型は砂質岩分布域で顕著であったことが指摘されている[7)など]。中越地方には，和南津（砂）層と呼ばれる鮮新世末期の細粒砂岩層が広く分布しているが，この十分に固結していない砂層の分布域で被害が目立ったことは，融雪タイプの地すべりとの違いである。

### 2.4 盛土斜面の崩壊や変形

中越地震では表層崩壊が多発した。しかし，その影響の大きさという点から見た場合，より重要なのは盛土の変状であろう。平地での河川堤防や高速道路，宅地地盤などの被害も大きかったが，中山間地を直撃したということで，丘陵地の道路盛土の被害が目立った。地震時における人工地盤のもろさの露呈は，中越地震を特徴づけるものであったともいえる（写真-10,11）。

このような大きな盛土の被害は，近年道路改良が急速に進み，立派な道路が次々に作られてきたことと無関係ではないように思われる。これまでは住民のニーズや利便性が最優先され，地盤条件は二の次にされてきたきらいがある。だからといって，盛土地盤を，復旧も含めてすべて耐震設計に変えるという話には乗れない。盛土の良いところは，比較的安価で施工が容易な点にあり，そのため復旧も早い。要は地盤条件を考慮し，最初から無理をして大掛かりな計画を立てないことであろう。



**写真-10 盛土の崩壊例。路肩の欠けなど小規模なものはいたるところで見られたが，比較的規模の大きなものは沢を盛土して横断した部分に集中している。崩壊土砂が土石流化し，沢を流れ下っているケースも多い。川口町牛ヶ首。**



**写真-11 変状は道路改良により盛土して拡幅された部分や，等高線沿いに曲がりくねっていた道路が沢埋め盛土により直線にされた部分などに顕著に現れた。旧小国町法末。**

## 3. おわりに

過去の地震でもあったように，中越地震でもやはり，人工地盤のもろさや人工改変が被害を大きくしている例が多く見られた（写真-12）。身近な地盤の問題に，現代



**写真-12 道路面の高さまで盛土してできた平地に家を建てた例。地盤の悪さは揺れの激しさに，てき面に現れた。**

人がますます無頓着になってきていることが改めて示されたように思われる。その土地のでき方が地盤の性格を決めていること，そして，その土地の土地条件にあった土地利用を図ることが重要であることがもっともっと知られても良い。復旧活動と同時に，防災・減災にむけて，情報の開示や防災教育が必要である。

### 引用文献


1) 丸井英明（2005）：中越地震で発生した地すべり，新潟県中越地震災害調査報告会講演資料集，pp.18-28，地盤工学会関東支部・北陸支部.

2) 千木良雅弘（2005）：中越地震による斜面災害の地質・地形的特徴．平成 16 年新潟県中越地震災害被害調査報告会講演集，pp.12-21，日本地すべり学会・日本応用地質学会.

3) 鴨井幸彦（2005）：新潟県平野部の地盤特性―特に越後平野の生いたちと液状化被害分布の特徴―．基礎工，vol.33，no.3，pp.19-23.

4) 大木靖衛・鈴木幸治・青木　滋（1991）：新潟県東頸城丘陵川西町南部のケスタと地すべり地形．新潟大学災害研年報，no.13，pp.1-7.

5) 阿部真郎・檜垣大助・大村　泰（2001）：ケスタ地形と地すべり．第 40 回地すべり学会研究発表会講演集，p.39-42.

6) 八木浩司・山崎孝成・守岩　勉（2005）：2004 年新潟県中越地震にともなう地すべり崩壊分布図－その特徴と詳細判読事例－．平成 16 年新潟県中越地震災害被害調査報告会講演集，pp.3-11，日本地すべり学会・日本応用地質学会.

7) 宮城豊彦・千葉則行(2005)：2004 年新潟県中越地震による斜面災害と土地条件．平成 16 年新潟県中越地震災害被害調査報告会講演集，pp.3-11，日本地すべり学会・日本応用地質学会.

# 新潟県中越地震の震源域における地すべりの偏在発生と基盤岩の地質工学特性（予報）

Uneven occurrence of landslides in the focal region of Niigataken-Chuetsu Earthquake and geotechnical properties of bedrocks (Preliminary report)

野崎　保（株式会社中部日本鉱業研究所）
Tamotsu NOZAKI (CNK Geotechnical Institute Inc.)

キーワード：地すべりの偏在発生，ダクティリティー，応力解放，地震動
Keywords : uneven occurrence of landslides, ductility, stress-release, earthquake tremor

## １．はじめに

今回の地震で発生した地すべりの分布には、明らかな偏在性が見られる。この点に関しては、まだはっきりとした見解が示されたわけではないが、これまでの専門家による講演等では地震の発生機構や伏在断層などの地質構造に規制されたものとする考え方が支配的なようである。しかしながら、今回の地すべりは、新潟県内における地すべり頻度の高い寺泊層や椎谷層（荒谷層）内ではなく、西山層以降の地層分布域に集中する傾向が見られる。特に、地すべり面深度が深いものや急速で移動量の大きいものが芋川流域の灰爪層・和南津層・塚山層に集中発生している。このような地すべりの偏在性あるいは地質による選択的な発生は台湾で発生した集集地震においても指摘されている（Wang et al., 2002）。筆者は、こうした現象は、単に地震動の強弱だけに支配されたのではなく、時代の異なる各地層の岩盤力学的特性や活褶曲帯の応力問題にも関連するものと考えており、小論ではこうした観点からの検討を試みるものである。なお、本稿はまだ詳細な検討を行っていない段階であり、いずれ現地調査を実施した上で改めて報告する予定である。

## ２．震源域の地質と地すべりの偏在発生

余震分布からみた中越地震の震源域は、概ね本震の震源を中心に北東一南西方向に楕円状に広がっており、今回の地震動によって発生した地すべりの分布もこれに対応する形の広がりがみられる。Fig.1 はこの地域の地質図（地質調査書，1992）に、八木ら (2005) による地すべり分布図から表層崩壊を除いた狭義の地すべりと考えられるものだけを抽出し重ねて表示したものである。なお、図中の円の大きさは大まかな平面積を示したものである。

当該地域の中心部には北方の東山背斜から続く荒谷背斜があり、南端部に当たる信濃川と魚野川の合流点付近で背斜軸が南側にプランジする構造となっている。このため北部の背斜軸部には寺泊層が分布し、その両翼および南部の軸沿いには椎谷層（荒谷層）が帯状に分布している。さらにこの背斜構造の両翼には下位から順に、西山層、灰爪層（白岩層）および魚沼層群を構成する和南津層、塚山層、小国層などの堆積岩類を主体とする地層が順次分布している。しかし、東翼部には概ね軸方向に並走する推定断層があり、地層は緩やかにうねる形で褶曲し、やや複雑な分布をなしている。

Fig.1 に示すように、地震による地すべりの分布は、荒谷背斜東翼部において密度が高く、特に芋川西方にある向斜構造（梶金向斜）を中心とした地域に集中し、規模も大きなものが多い。また、全体的な地すべりの分布は、この集中発生域の東方へは急速に数が減少するが、西側では信濃川河岸までの広がりがみられる。このことは、西方に傾斜する震源断層の伏在位置やその発生機構と関連しているようにも見える。しかしながら、地層単位で見てみると荒谷背斜の西翼部では軸部を占める荒谷層分布域よりも西

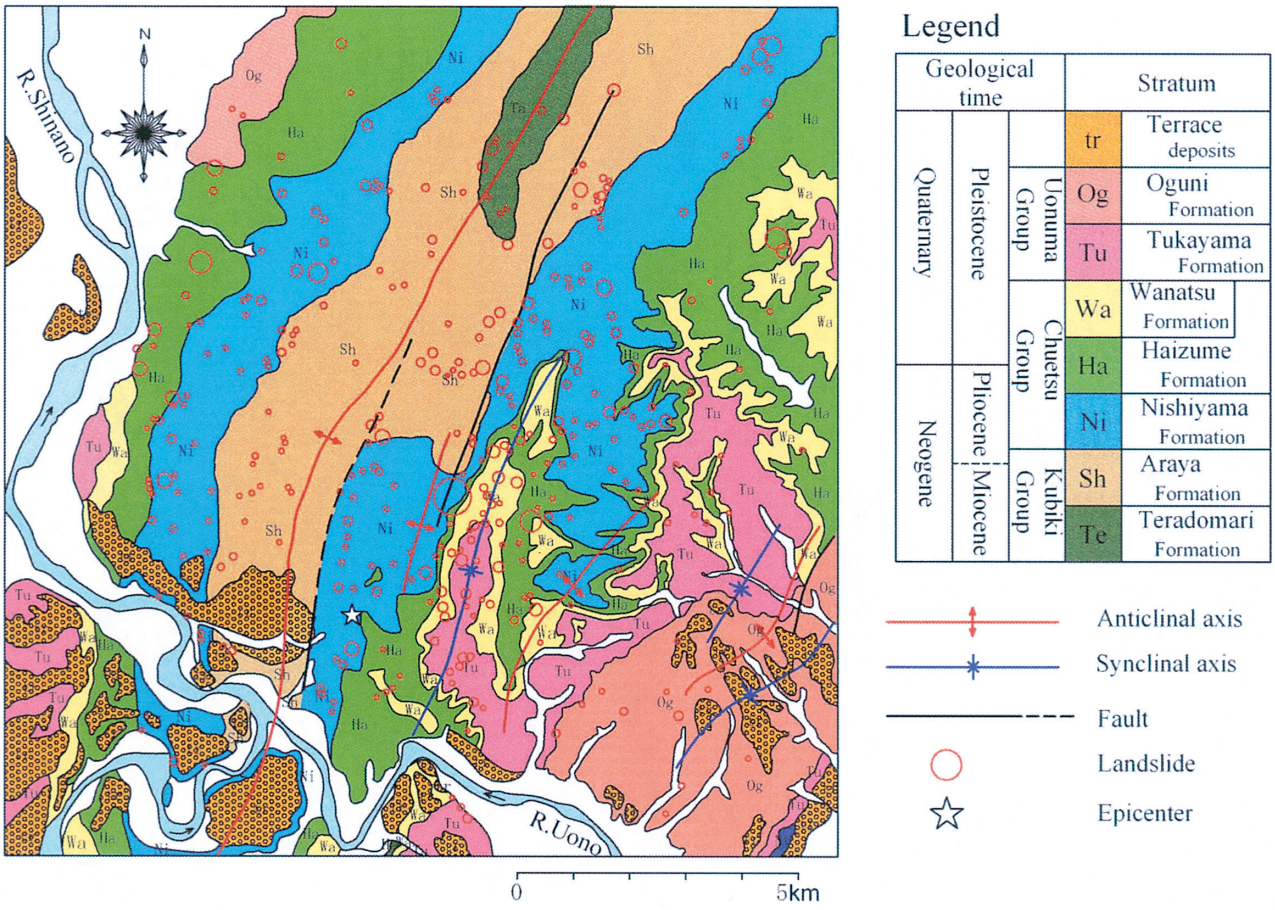



Fig.1　新潟県中越地震による地すべりの発生分布と地質（地質調査所 (1992) に追加・改変）

山層分布域における地すべりの分布密度が明らかに高くなっている。灰爪層（白岩層）分布域では発生密度は低くなっているが、浦柄（白岩）の崩壊のように比較的規模の大きなものがみられる。以上のような地すべりの偏在発生は、単に地震動の大きさを示すものではなく、地すべり母岩の力学的特性を反映したものである可能性が高い。以下にはこうした観点で、基盤の力学的特性、特に延性度 (ductility) を指標とした検討を試みた。

### 3．地すべり母岩の力学特性

ここでは新潟県下における堆積軟岩地域の地すべり母岩の力学特性について検討した野崎 (1994, 1995) の研究成果を要約しておく。

新潟県下における５つのダム調査で実施された原位置せん断試験によると、地すべり母岩となっている寺泊層から魚沼層群までの岩盤強度は概ね下記ような値を示し、大きな差はない。

| | 泥　岩 | 砂　岩 |
|---|---|---|
| 純せん断強度 | 0.4～0.6MPa | 0.2～0.4MPa |
| 内部摩擦角 | $\phi$=35° ± | $\phi$=30～35° |

しかし、西山層の泥岩が最も高い値を示し、時代の新しい魚沼層群の泥岩も比較的高い値を示している。これに対して、寺泊層は泥岩優勢層も砂岩優勢層も低い値を示している。また、これらの地層のせん断特性を見ると、一般に固結度の低い砂岩より泥岩の強度の方が大きく、逆に ductility（ここでは破壊時の総歪みとした）は小さくなることが多い。特に、能生谷層下部層は泥岩と砂岩の強度に大きな隔たりがある。したがって、外部応力の作用による地層の変形に際しては、泥岩層が能動的にふるまうことになり、この場合泥岩層が competent 層というこ

とになる。しかし、同じ泥岩であっても地層ごとの相違が見られる。紙面の制約のため、試験結果を示す図は省略するが、魚沼層群の泥岩と寺泊層の泥岩優勢層のせん断試験時の応力変位曲線を比較してみると、前者は脆性的(brittle)な破壊様式であるのに対して、後者は延性的(ductile)であり、その違いが顕著である。なお、両者のせん断速度や供試体の大きさなどの試験条件に大きな相違はない。

同様に、Fig.2 と Fig.3 は、それぞれ魚沼層群の泥岩と寺泊層の泥岩（砂岩の薄層挟在）の変形試験の結果を示したものである。両者を比較してみると、その変形特性の違いはより明らかである。すなわち、魚沼層群の泥岩は、荷重の増減に対して残留歪みがなく弾性的な変位をしているが、寺泊層の泥岩の場合は、極めて低応力の段階から残留歪みが生じ、定応力下で明瞭

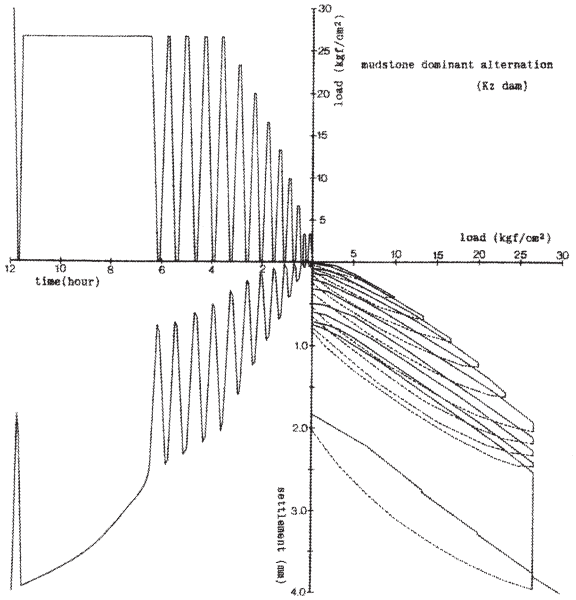



Fig.2 寺泊層泥岩　荷重・変位曲線

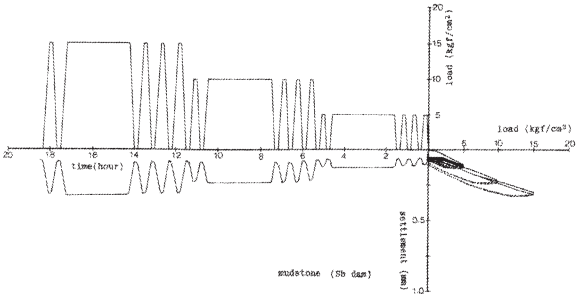



Fig.3 魚沼層群泥岩　荷重・変位曲線

なクリープ変位が生じている。

Fig.4 は、原位置せん断試験によって測定されたピーク強度時の歪みを ductility として図示したものである。この図から後述する地すべりの運動形態と関連する次のような特性を指摘することができる。

- 魚沼層群の地層は、平均延性度(Dm)が小さく、延性度較差(Dc)が大きい。
- 寺泊層は Dm が大きく、Dc が小さい。
- 能生谷層は Dm，Dc 共に大きい。

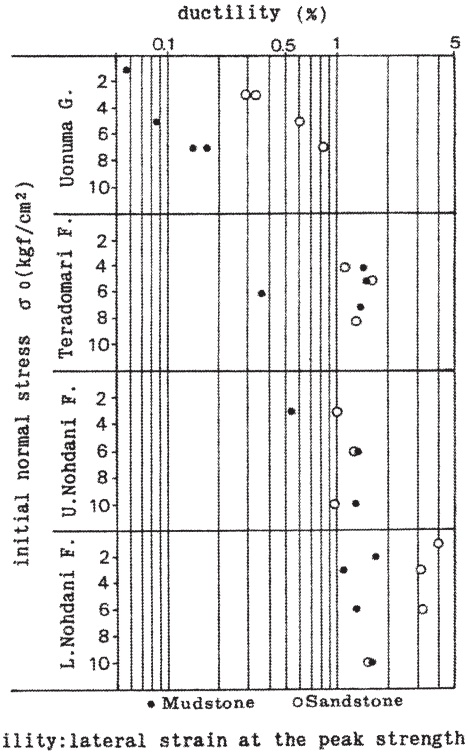



Fig.4 ductility とせん断時初期垂直応力の関係

地すべり母岩となっている各地層の密度は概ね時代を追って一方的な増加傾向を示すが、力学的な特性にこのような傾向は見られず、それぞれの層準あるいは地域的特性が見られる。Fig.5 はこのような変化を概念的に表したものである。すなわち、各地層を構成する岩石（特に competent 層である泥岩層）の強度は魚沼層群から西山層まではしだいに大きくなるが、椎谷層や寺泊層では逆に小さくなっている。これとは逆に ductility は西山層以前の地層で低く、椎谷・寺泊層で高くなっている。

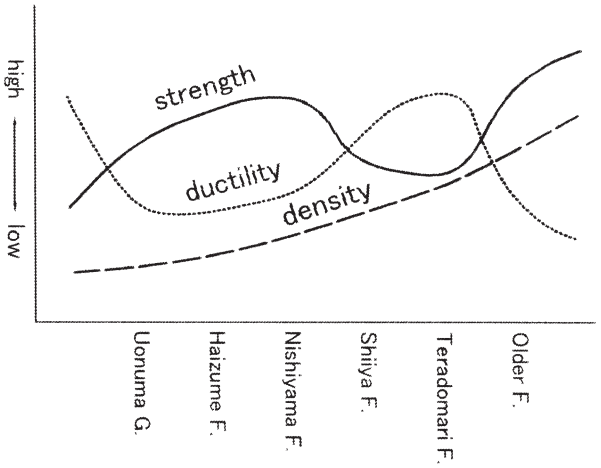



Fig.5　地すべり母岩の密度・強度・ductility の地層別変化概念図

## 4．活褶曲に伴う残留造構応力とその解放形態

今回の震源域は、第三紀層の褶曲構造に対応した段丘面の変位状況などによって、古くから活褶曲帯として知られている地域である。つまり、地層の変形は現在も進行中であり、褶曲運動に伴う造構応力は、地形地質条件によっては各地層を構成する岩石中に歪みとして、すなわち、残留造構応力として蓄積されている。

筆者らは、今回の震源域の南端に近い十日町市東部丘陵地の小渓流において、渓床に沿う谷背斜 (valley anticline) を発見し、それが応力解放によるものであることを指摘した (Nozaki & Masumura, 1998)。これに類似した構造は、段丘の発達する佐渡島小木半島においても発見されており、本来の褶曲構造とは別に、地表付近にのみ形成された構造であることが明らかにされている（野崎，1998a）。すなわち、このような褶曲構造は、構造運動によって直接的に形成されたものではなく、河川の侵食過程で形成されたものであることから non-tectonic な構造であるということになる。同様な valley anticline は本地域の信濃川向斜や田川川向斜の軸部に沿った河床部にも見られることから、類似した成因によるものである可能性が指摘されている（野崎，1997）。また、このような除荷作用に伴う地層の変形は、人為的な掘削によっても生じうることが、最近筆者ら（野崎・田川，2004）によって明らかにされた。

Fig.6, 7 は、小千谷市南部の信濃川右岸側における小さな谷沿いの切り土斜面で観察された背斜様の褶曲構造およびその周辺域の地質図である。Fig.6 は概ね地層の走向方向の断面スケッチ図であり、Fig.7 の断面図は地層の最大傾斜方向の構造を示したものである。これらの図からわかるように、この褶曲構造は谷側に向かって開く形の半ドーム状構造となっている。また、この半ドーム構造は、小規模な段丘砂礫層の直下にあることが確認されている。このような状況から、筆者はこれも段丘形成期における河川の差別侵食によって形成された一種の valley bulging であると考えている。

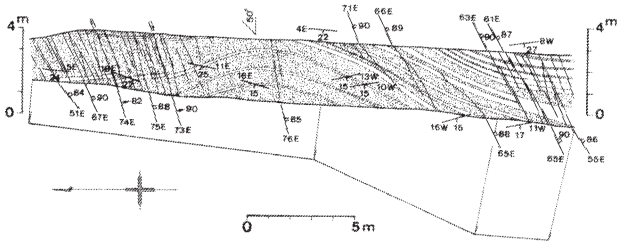



Fig.6　ハーフドーム構造の断面スケッチ図

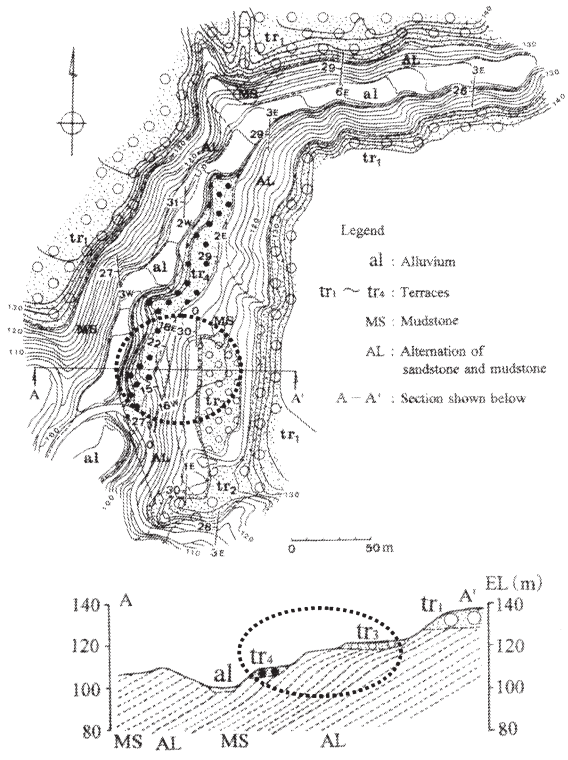



Fig.7　ハーフドーム構造周辺地質図

現在の段階では、本地域におけるこのような残留造構応力や除荷作用による二次的な褶曲構造の形成機構について、十分に実証されたわけではない。しかし、本地域の地層中には造構応力が残留歪みという形で蓄積されていることは十分に予測できることである。したがって、河川などの侵食による除荷作用が時間をかけて進行する場合は、地層の撓み変形という形となって現れ、人為的な大規模掘削による急激な除荷や地震の震動などの大きな外力が作用すれば、斜面崩壊の一因となる可能性が指摘される。このような残留歪みは、どの様な地層にも均等に蓄積しているわけではなく、その大小は前述のような岩石の ductility に左右されることになるが、この問題は次章において議論する。

## 5．地すべりの偏在発生と発生形態

前述のように、今回の地震による地すべりの発生密度は、芋川西方の梶金向斜付近に分布する灰爪層および和南津層や塚山層などの魚沼層群の地層中において圧倒的に高い。こうしたことが地震の発生機構や地震動の地域差に関係するであろうことは容易に想像できる。しかし、荒谷背斜両翼の西山層分布域では軸部の荒谷層分布域よりも明らかに発生密度が高くなっている。西翼の灰爪層分布域では震源から遠くなるせいもあり発生密度は低いが、比較的規模の大きなものが見られる。また、崩壊に巻き込まれた車の中から幼児が救出されたことで注目された浦柄（白岩）の崩壊は、移動量が少ない割に移動体の破壊が著しく、「爆発的」な破壊形態を成しているのが特徴である。

このような地すべりの偏在発生や崩壊形態は、地震の発生機構や地質構造上の問題としてのみ理解されようとする傾向があるようだが、筆者はそれぞれの地層を構成する岩石の力学的特性にも依存していると考えている。すなわち、前述のように椎谷層や寺泊層の泥岩は ductile な変形様式であるために外力に対する変形能力が大きく、地震動のような急激な力の作用に対しても破壊が生じ難いかあるいはすべり面のようなせん断破壊が生じたとしても、完全な崩壊にまで至らないケースが多いということが考えられる。これに対して西山層以降の新しい地層は、brittle な破壊様式であることから、わずかな歪みでも破壊に至り、斜面崩壊が生じやすいものと考えられる。

また、椎谷層や寺泊層の岩石は外力に対して極めて低応力段階からクリープ的な残留変位が生ずるために、地震動のような急激な外力に対してはやや弾性的･脆性的な挙動を示すものの、造構応力のような極めて長期的でゆっくりと作用する外力は弾性歪みとして蓄積されることはなく､クリープ変位によって解消されてしまう。これに対して西山層以降の地層の場合は、地震動に対しては弾性的・脆性的挙動を示し、褶曲運動に伴って作用する持続的造構応力は岩石中に弾性歪みとして蓄積されることになる。上述した non-tectonic な valley bulging 現象はこうした考えを裏付けるものであり、河川の長期的下刻侵食によって岩盤中に蓄積されていた歪みが徐々に解放された結果であると考えることができる。また、このような地域において大規模な人為的掘削や信濃川のような大河川による急激で大規模な侵食が生じた場合には、急激な応力解放が斜面崩壊の一因となるであろう。筆者は、1972 年 6 月に小千谷市南部の塩殿地区で発生した国道 117 号線の切り土施工中の崩壊事故や近隣地域で発生した過去の急激な岩盤崩壊はこうした応力解放が誘因あるいはその一因となっていることを指摘した（野崎，1992）。

ところで、上記のように浦柄の崩壊は、移動距離が短く外部から観察する限り、すべり面もあまり明瞭ではない。ところが、朝日川を挟んでその南方に生じた崩壊は、同じ白岩層であるが、層理面をすべり面とした典型的な層すべりであり、移動量が大きく、すべり面が広く露出している状態である。これはせん断強度の低い凝灰岩の薄層が挟在していたためであるが、砂岩泥岩互層の発達する魚沼層群の地層にも同様なタイプのものが発生しやすいことが知られている（野崎，1998b）。これは植村 (1980) によっ

て指摘されたように、ductility contrast (Dc) に関係するものであり、一般に Dc が高い場合は、後者のような層すべりが生じやすい。しかし、前者の場合は比較的均質なシルト岩のみから構成され、Dm, Dc 共に低いことがこうした崩壊形態になったものと考えられる。また、浦柄の崩壊は尾根の先端部に生じていることから地震動加速度の増幅が大きな要因かもしれない。しかし、「爆発的」崩壊はこうした歪みの急激な解放が主要因であろう。

## ６．まとめ

新潟県中越地震による地すべりの発生分布には明らかな偏在性が見られる。大局的には地震の発生機構や地質構造を反映したものであると考えられるが、各地層ごとに発生密度や崩壊形態に相違が見られる。これは地形や地質構造などにも規制されているが、各地層を構成する材質の岩盤力学的特性を反映したものと考えられる。すなわち、時代の古い椎谷層・寺泊層は ductility の高い材質であることから、地震動の衝撃に受動的に反応することで破壊が進行し難く、地すべりの発生率が低くなったものと考えられる。これに対して、西山層以降の新しい地層は、ductility の低い材質であることから、地震動に対して能動的に反応することによって急激な破壊が生じ、地すべりの発生率が高くなったものと考えられる。それと同時に、潜在的な残留歪みが解放されることによって爆発的な崩壊や移動距離の大きい地すべりが発生したものであろう。しかし、未だ十分な現地調査が実施されていない段階であり、今後こうした観点で現地調査を進めていきたいと考えている。

## 主な引用文献


地質調査所 (1992)：日本油田・ガス田図 13 10 万分の 1 図幅「新潟県中部地域」

野崎 保 (1992)：Proceedings of the 2nd Symposium on Geo-Environments, pp.193-198.

野崎 保 (1994, 1995)：新潟県下における地すべり母岩の力学特性（前編・後編）．地すべり，Vol.31-2，pp.17-23，Vol.32-2，17-25.

野崎 保 (1997)：谷底の膨らみ現象 (Valley Bulging) ー予報ー．新潟応用地質研究会誌，Vol.49，pp.21-30.

野崎 保 (1998a)：バレーバルジングの発見．第 37 回地すべり学会研究発表講演集．pp.149-150.

野崎 保 (1998b)：地すべりと地質．新潟の地すべり，pp.3-11.

Nozaki T. and Masumura M. (1998) :Valley bulging found in Japan. Proceedings of the 8th IAEG Congress, Vancouver/Canada. pp.1375-1381.

野崎保・田川義弘 (2004)：人為的バレーバルジング．地すべり，Vol.40, No.6, pp.1-9.

植村武 (1980)：地すべり考．災害科学総合研究班 研究成果普及版「自然災害と水ーその引き金となる水ー」，pp.37-48.

Wang W., Nakamura H., Tsuchiya S., Chen C. (2002) :Distributions of landslides triggered by the Chi-Chi Earthquake in Central Taiwan on September 21, 1999. Landslides, Vol.38, No.4,pp.18-26.

八木浩司・山崎孝成・守岩勉 (2005)：2004 年新潟県中越地震にともなう地すべり・崩壊分布図．平成 16 年 新潟県中越地震災害被害調査報告会 講演集，pp.3-11.

**表紙写真**

旧山古志村東竹沢「東竹沢地すべり」（中日本航空株式会社撮影）

# 新潟県中越地震と地すべり

## －その１　災害調査報告会－

2005.5

| | |
|---|---|
| 編　集<br>発　行 | ㈳日本地すべり学会新潟支部 |
| 予稿集<br>編集委員 | 堀田　亨・川邊　洋・川太　誠<br>野崎　保・佐藤壽則・田村　尚<br>（ABC順） |
| 印　刷 | 株式会社　文　　久　　堂 |

# 社団法人　新潟県地質調査業協会　会員名簿

事務局　〒950-8051 新潟市新島町通1ノ町1977番地２
TEL (025)225-8360　FAX (025)225-8361

## 会　　員

27社　(H17.4.1現在)

| 会　社　名 | 代表者 | 所　在　地 | 電話番号 | FAX番号 |
|---|---|---|---|---|
| 旭　調　査　設　計　(株) | 仲林　進 | 〒950-0908<br>新潟市幸西 1-1-11 | (025)245-8345 | (025)245-8349 |
| 応　用　地　質　(株)<br>東京支社　新潟支店 | 小野寺　功 | 〒950-0864<br>新潟市紫竹 7-27-35 | (025)274-5656 | (025)271-6765 |
| 開　発　技　建　(株) | 花市　顕悟 | 〒951-8153<br>新潟市文京町 22-21 | (025)265-2261 | (025)267-8912 |
| 川　崎　地　質　(株)<br>北　陸　支　店 | 川太　誠 | 〒950-0914<br>新潟市紫竹山 5-7-5 | (025)241-6294 | (025)241-6226 |
| (株)　キ　タ　ッ　ク | 中山 輝也 | 〒950-0965<br>新潟市新光町 10-2 | (025)281-1111 | (025)281-0001 |
| 基礎地盤コンサルタンツ (株)<br>北　陸　支　店 | 久保田 耕司 | 〒950-0925<br>新潟市弁天橋通 1-2-34 | (025)257-1888 | (025)257-1880 |
| (株)　興　　和 | 五十嵐 武 | 〒950-8565<br>新潟市新光町 6-1 | (025)281-8811 | (025)281-8833 |
| 国　土　防　災　技　術　(株)<br>新　潟　支　店 | 斉藤 彰朗 | 〒950-2042<br>新潟市坂井 1035-1 | (025)260-2245 | (025)260-7522 |
| 三　　祐　　(株)<br>新　潟　支　店 | 斉藤 豊一 | 〒950-0992<br>新潟市上所上 1-16-8 | (025)285-0301 | (025)285-0302 |
| サンコーコンサルタント (株)<br>北　陸　支　店 | 田村 伸夫 | 〒950-2055<br>新潟市寺尾上 4-4-15 | (025)260-3141 | (025)268-4950 |
| (株)　新　協　地　質 | 篠崎 寿一 | 〒950-0864<br>新潟市紫竹 4-13-1 | (025)244-7866 | (025)244-1673 |
| (株) 新研基礎コンサルタント | 坂本　裕 | 〒950-0922<br>新潟市山二ツ 309-1 | (025)286-7188 | (025)287-0096 |
| (株) 大東設計コンサルタント<br>新　潟　支　店 | 阿久津 弘志 | 〒950-0086<br>新潟市花園 2-1-16 | (025)246-1320 | (025)247-3740 |
| (株) ダイヤコンサルタント<br>北　陸　支　社 | 佐藤 成美 | 〒950-2015<br>新潟市西小針台 1-4-21 | (025)234-2110 | (025)234-2111 |
| 中　央　開　発　(株)<br>北　陸　支　店 | 福田 健一 | 〒950-0982<br>新潟市堀之内南 3-1-21 | (025)283-0211 | (025)283-0212 |
| 利 根 コンサルタント (株)<br>新　潟　支　店 | 大平 高二 | 〒950-0912<br>新潟市南笹口 1-1-38 | (025)249-2137 | (025)249-2136 |
| 東　邦　地　水　(株)<br>新　潟　事　務　所 | 中村 忠一 | 〒951-8135<br>新潟市関屋新町通 2-96-10 | (025)230-3741 | (025)230-3730 |
| ㈱東京ソイルリサーチ<br>新　潟　営　業　所 | 前田 建實 | 〒950-0014<br>新潟市松崎43 | (025)272-1612 | (025)272-1613 |
| (株)　日　　さ　　く<br>新　潟　支　店 | 斉藤　茂 | 〒950-0891<br>新潟市上木戸 1-10-1 | (025)273-6301 | (025)271-1110 |
| 日　特　建　設　(株)<br>北　陸　支　店 | 按田 純輝 | 〒950-0864<br>新潟市紫竹 5-26-1 | (025)241-2234 | (025)241-2229 |
| 日 本 基 礎 技 術 (株)<br>新　潟　支　店 | 佐藤 大造 | 〒950-0892<br>新潟市寺山 3-6-18 | (025)271-6311 | (025)271-7778 |
| 日 本 物 理 探 鑛 (株)<br>北　陸　支　店 | 宮崎 紳司 | 〒950-0983<br>新潟市神道寺 3-10-37 | (025)241-2960 | (025)241-2959 |
| 北　陸　鑿　泉　(株) | 川嶋 直樹 | 〒950-0901<br>新潟市弁天 1-1-15 | (025)244-5222 | (025)244-5223 |
| 三菱マテリアル資源開発 (株)<br>新　潟　営　業　所 | 茂野　修 | 〒950-0993<br>新潟市上所中 2-15-10 | (025)283-2081 | (025)283-2082 |
| (株)　村　尾　技　建 | 村尾 建治 | 〒950-0948<br>新潟市女池南 2-4-17 | (025)284-6100 | (025)283-0368 |
| 明 治 コンサルタント (株)<br>北　陸　支　店 | 小林 月沖 | 〒950-2002<br>新潟市青山 1-1-22 | (025)265-1122 | (025)265-1126 |
| ラ　イ　ト　工　業　(株)<br>新　潟　支　店 | 増沢 晴夫 | 〒950-0901<br>新潟市弁天 3-3-19 | (025)247-8251 | (025)247-8254 |

## 賛助会員

2社　(H17.4.1現在)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ジ オ テ ク サ ー ビ ス (株) | 南雲 政博 | 〒950-0951<br>新潟市鳥屋野 4-7-22 | (025)282-3246 | (025)284-0144 |
| 東　邦　地　下　工　機　(株)<br>新　潟　営　業　所 | 河内 弘志 | 〒950-0948<br>新潟市女池南 1-6-5 | (025)284-5164 | (025)284-5168 |

# 社団法人　地すべり対策技術協会 新潟県支部 会員名簿

事務局　〒950-8565 新潟市新光町6-1　興和ビル８Ｆ
TEL (025)281-1510　FAX (025)281-1507

## 正　会　員

22社　(H17.4.1現在)

| 会　社　名 | 代表者 | 所　在　地 | 電話番号 | FAX番号 |
|---|---|---|---|---|
| (株)アドヴァンス | 諸橋 通夫 | 〒950-0912<br>新潟市南笹口 1-12-12 | (025)244-4131 | (025)244-5251 |
| 川崎地質(株)<br>北陸支店 | 川太 誠 | 〒950-0914<br>新潟市紫竹山 5-7-5 | (025)241-6294 | (025)241-6226 |
| (株)キタック | 中山 輝也 | 〒950-0965<br>新潟市新光町 10-2 | (025)281-1111 | (025)281-0001 |
| グリーン産業(株) | 荒川 義信 | 〒950-0983<br>新潟市神道寺 2-2-10 | (025)242-2711 | (025)242-2700 |
| (株)グリーン・アート | 五十嵐 興吉 | 〒940-0083<br>長岡市宮原 1-2-5 | (0258)33-9115 | (0258)33-9116 |
| (株)興和 | 五十嵐 武 | 〒950-8565<br>新潟市新光町 6-1 | (025)281-8811 | (025)281-8833 |
| 国土防災技術(株)<br>新潟支店 | 斉藤 彰朗 | 〒950-2042<br>新潟市坂井 1035-1 | (025)260-2245 | (025)260-7522 |
| 新越開発(株) | 穴沢 雅光 | 〒946-0107<br>魚沼市下田 351-32 | (02579)9-3232 | (02579)9-2118 |
| (株)新協地質 | 篠崎 寿一 | 〒950-0864<br>新潟市紫竹 4-13-1 | (025)244-7866 | (025)244-1673 |
| (株)ダイチ | 渡辺 孫壽郎 | 〒957-0017<br>新発田市新富町 3-9-2 | (0254)24-1612 | (0254)26-5453 |
| 中央開発(株)<br>北陸支店 | 福田 健一 | 〒950-0982<br>新潟市堀之内南 3-1-21 | (025)283-0211 | (025)283-0212 |
| 中部川崎(株) | 山崎 昭夫 | 〒950-0961<br>新潟市東出来島 1-15 | (025)285-6441 | (025)285-6443 |
| 東邦地下工機(株)<br>新潟営業所 | 河内 弘志 | 〒950-0948<br>新潟市女池南 1-6-5-101 | (025)284-5164 | (025)284-5168 |
| 利根コンサルタント(株)<br>新潟支店 | 大平 高二 | 〒950-0912<br>新潟市南笹口 1-1-38 | (025)249-2137 | (025)249-2136 |
| (株)日さく<br>新潟支店 | 斉藤 茂 | 〒950-0891<br>新潟市上木戸 1-10-1 | (025)273-6301 | (025)271-1110 |
| 日特建設(株)<br>北陸支店 | 按田 純輝 | 〒950-0864<br>新潟市紫竹 5-26-1 | (025)241-2234 | (025)241-2229 |
| 日本工営(株)<br>新潟支店 | 圃尾 恭司 | 〒950-0962<br>新潟市出来島 1-11-28 | (025)280-1701 | (025)283-0898 |
| 三菱マテリアル資源開発(株)<br>新潟営業所 | 茂野 修 | 〒950-0933<br>新潟市上所中 2-15-10 | (025)283-2081 | (025)283-2082 |
| 緑物産(株) | 森末 直晴 | 〒950-2004<br>新潟市平島 1-13-6 | (025)267-7700 | (025)233-6500 |
| (株)村尾技建 | 村尾 建治 | 〒950-0948<br>新潟市女池南 2-4-17 | (025)284-6100 | (025)283-0368 |
| 明治コンサルタント(株)<br>北陸支店 | 小林 月沖 | 〒950-2002<br>新潟市青山 1-1-22 | (025)265-1122 | (025)265-1126 |
| ライト工業(株)<br>新潟支店 | 増沢 晴夫 | 〒950-0901<br>新潟市弁天 3-3-19 | (025)247-8251 | (025)247-8254 |

## 支部会員

11社　(H17.4.1)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 岡田土建工業(株) | 岡田 巖 | 〒944-0047<br>妙高市白山町 2-11-6 | (0255)72-3231 | (0255)72-9663 |
| (株)笠原建設 | 鈴木 秀城 | 〒949-1352<br>西頸城郡能生町大字能生1155-6 | (0255)66-3181 | (0255)66-4852 |
| 共栄建設(株) | 本田 秀春 | 〒940-0213<br>栃尾市山田町 1-10 | (0258)52-2076 | (0258)52-3163 |
| 久保田建設(株) | 久保田 洋子 | 〒943-0132<br>上越市大字辰尾新田 1 | (0255)24-4510 | (0255)22-7780 |
| (株)小林組 | 五十嵐 敏 | 〒940-0133<br>栃尾市巻渕 3-3-12 | (0258)52-2418 | (0258)52-1335 |
| (株)後藤組 | 後藤 幸洋 | 〒941-0064<br>糸魚川市大字上刈 6-1-8 | (0255)52-5820 | (0255)52-2855 |
| (株)高橋組 | 高橋 伸幸 | 〒942-1431<br>十日町市松之山湯山 1380-1 | (0255)96-3125 | (0255)96-3150 |
| (株)武江組 | 太田 昭治 | 〒942-0305<br>上越市浦川原区虫川 1675 | (0255)99-2111 | (0255)99-2222 |
| (株)野本組 | 野本 孝利 | 〒944-0016<br>妙高市美守 1-13-10 | (0255)72-3194 | (0255)73-7523 |
| (株)保坂組 | 関 彰 | 〒944-0083<br>妙高市大字四ツ屋 274 | (0255)72-4121 | (0255)72-9205 |
| (株)山崎建設 | 山崎 健吾 | 〒944-0013<br>妙高市大字東陽町 2-20 | (0255)72-3129 | (0255)72-1196 |