

平成 16 年 11 月 1 日

地形・地質と道路斜面の被害状況

- 平成 16 年新潟県中越地震の現地調査速報 -

地質チーム

1. 調査概要

- 1) 調査メンバー : 土木研究所 材料地盤研究グループ 地質チーム
佐々木靖人 (上席研究員) 矢島良紀 (研究員) 塩見哲也 (交流研究員)
- 2) 調査期間 : 平成 16 年 10 月 26 ~ 27 日
- 3) 内容 : 震源および周辺の地質災害の状況観察を行い、災害の実態を把握するとともに、特に道路斜面の被害状況調査を行い、二次災害の可能性や対応方法、道路斜面防災の今後の方策等について検討する。
- 4) 調査範囲および方法 : 北方から長岡、小千谷方向に国道 17 号沿いに自動車にて目視調査を進めた。また必要に応じて補助国道、県道等の調査を実施した。
- 5) 調査行程 :
10 月 26 日 新潟方向 (北方) から長岡入り。17 号沿いに南下
10 月 27 日 震源地付近の調査

2. 地形概要

震源地付近は新潟県の中部の東縁に位置する。
震源地付近 (小千谷市、川口町およびその周辺) の大地形は H 型の分布をイメージするとわかりやすい。

すなわち山地については、H の右側 (東) が越後山脈 (標高 1,500-2,000m) H の上 (北側、長岡市の東) に東山丘陵 (標高 300-400m) H の南側 (十日町の東) に魚沼丘陵 (標高 600-700m) が分布し、H の左が丸山丘陵 (標高 350m 以下) およびその南方延長に東頸城丘陵が分布する。

河川については、H の形状で北西 (左上) に流下しており、H の右上が破間川 (六日町盆地) H の中央および右下が魚野川 (川口付近) 右下 (十日町盆地) および左上 (新潟平野) が信濃川である。震源地付近の魚野川の標高は 40-80m 程度である。

3. 地質概要

図 - 3.1 に調査地周辺の地質図を示す。

地質は、東部の越後山脈では中生代～新第三紀中新世の地層が分布するが、震源域付近の東山丘陵や魚沼丘陵では、新第三紀鮮新世の荒谷層 (主に泥岩) 川口層 (主に砂岩泥岩互層) 牛ヶ首層 (主に泥岩) 白岩層 (主に砂岩泥岩互層) 和南津層 (主に砂岩) および鮮新世から更新世の魚沼層 (主にシルト・砂・礫) が主体となり、このほか更新世の段丘堆積物などが丘陵縁辺に分布する。

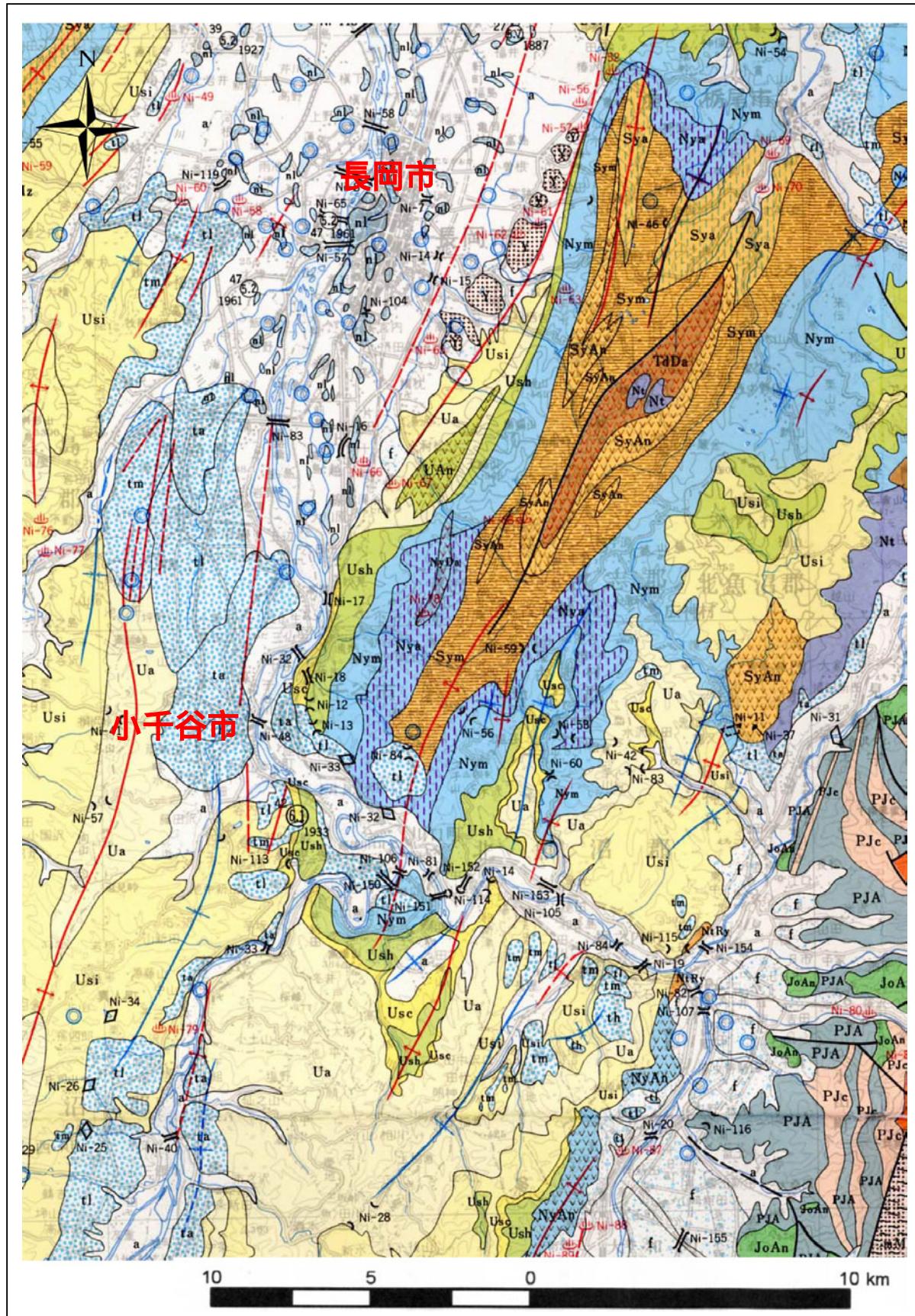


図 - 3.1(1) 調査地周辺の地質図

(出典: 北陸地方土木地質図(国土開発技術研究センター))

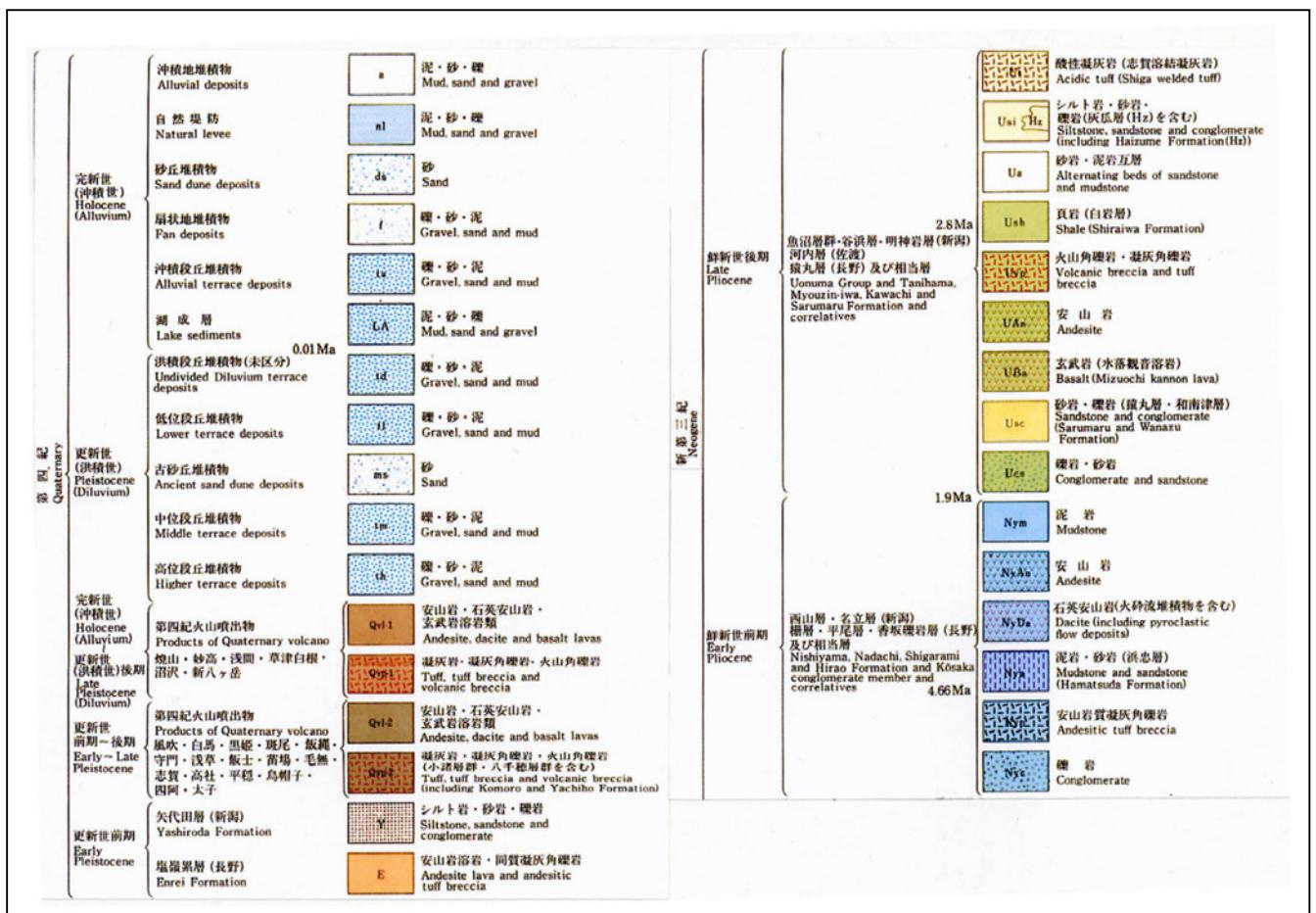


図 - 3.1(2) 地質図凡例

(出典: 北陸地方土木地質図(国土開発技術研究センター))

4. 変動地形（活断層ならびに活褶曲）

4.1 活断層

北北東 - 南南西に延びる H の縦方向の 2 つの谷地形は、この地域の地質ならびに変動地形（活構造、活断層等）の分布に調和したものである。

まず活断層は、東京大学出版会の活断層詳細デジタルマップ（図 - 4.1）によると、以下の通りである。なお、震源断層は不明であるが、余震分布や国土地理院等の解析により、六日町断層帯である可能性が高い、とされており、また 10 月 27 日の余震はその共役断層の活動ではないかとされている。図 - 4.2 には震央の分布位置を示す。

以下は活断層詳細デジタルマップにおける各断層の概要である。

六日町断層帯

六日町断層帯は、魚沼丘陵とその東側にある六日町盆地の地形境界をなし、盆地内を北流する魚野川が丘陵を横断し北西へ屈曲する付近から、越後湯沢の北までの約 20km にわたって連続する。本断層帯は西側の魚沼丘陵を隆起させる逆断層と考えられ、多くのスキー場の広がる完新世後期の扇状地に 5m 前後の変位を与えていていることから、活動性の高い断層であると考えられる。

悠久山断層帯（小千谷の北北東）

悠久山断層帯は、長岡平野東縁に位置し地形境界に沿って、北東 - 南西方向に長さ約 15km にわたって連続する南東傾斜の逆断層帯である。この断層帯の北東延長の地形境界に沿っても断続的ではあるが、断層変位地形が確認されている。

この逆断層と西側に併走する逆向き断層（南東側低下）の間には、高まりが形成されている。また本断層帯の南東側の山地斜面には地すべり地形が卓越しており、この地すべりと断層構造が深く関係するとも考えられている。

平均変位速度は、B 級と考えられるが、実変位速度については不明である。

十日町断層帯（小千谷の南南西）

十日町断層帯は、信濃川沿いに片貝付近から盆地南部の大割野付近まで、北北東 - 南南西方向に延びる、長さ約 30km の逆断層帯である。信濃川左岸沿いの十日町盆地西縁断層は、西傾斜の逆断層で、高位段丘や中位段丘は東側に向かって撓曲する。この断層は、盆地南部で信濃川を横断し、併走する数条の断層とともに、信濃川沿いの段丘に逆向き断層崖を形成している。

一方、信濃川右岸では、高位段丘面の西方への傾動が顕著である。これは魚沼丘陵の西方への傾動運動の一部と考えられる。

平均変位速度は、上下成分で、0.5 ~ 1mm/年程度と推定される。また、完新世の地形面にも変位が確認されている。

長岡平野西縁断層帯

長岡平野西縁断層帯は、信濃川左岸に沿って、北東 - 南西方向に長さ約 35km にわたって発達する北西傾斜の逆断層帯である。本断層帯の北東延長の弥彦山や角田山の南東麓に分布する断層にも連続すると考えられる（総延長は 50km に達する）。個々の断層線は雁行しており、併走する数条の断層によって、高まりをなす。また、断層沿いの地形面は、短波長の波状変形や

傾動地形が明瞭で、典型的な活褶曲地域の例として取り上げられてきた。

平均変位速度は、高位段丘や中位段丘の上下変位量からは 0.3mm/年程度とされるが、傾動や撓曲変位を含めると、1mm/年を越えると考えられる。完新世の地形面にもこれらの変形は明瞭に及んでいる。

4.2 活褶曲

活褶曲については、この付近に分布する段丘の時代や傾動、ならびに測量による測地学的データから、北北東 - 南南西に延びる丘陵部で隆起し盆地部で相対的に低下する運動が捉えられている。その傾斜変動量は研究者により異なるが、おおよそ 0.1-1mm/km・年程度で、隆起の軸部は 0.2-0.75mm/年程度上昇しているとしている。また、活褶曲とは別に、小千谷付近では北方への傾動(0.2mm/km・年程度)もあるといわれている。

このような活褶曲については、基盤の地質に見られる魚沼層などの褶曲構造と調和するとする見解と、必ずしも調和するものだけでなく、過去の褶曲形成時期とは異なった構造的な条件下におかれているという見解がある。

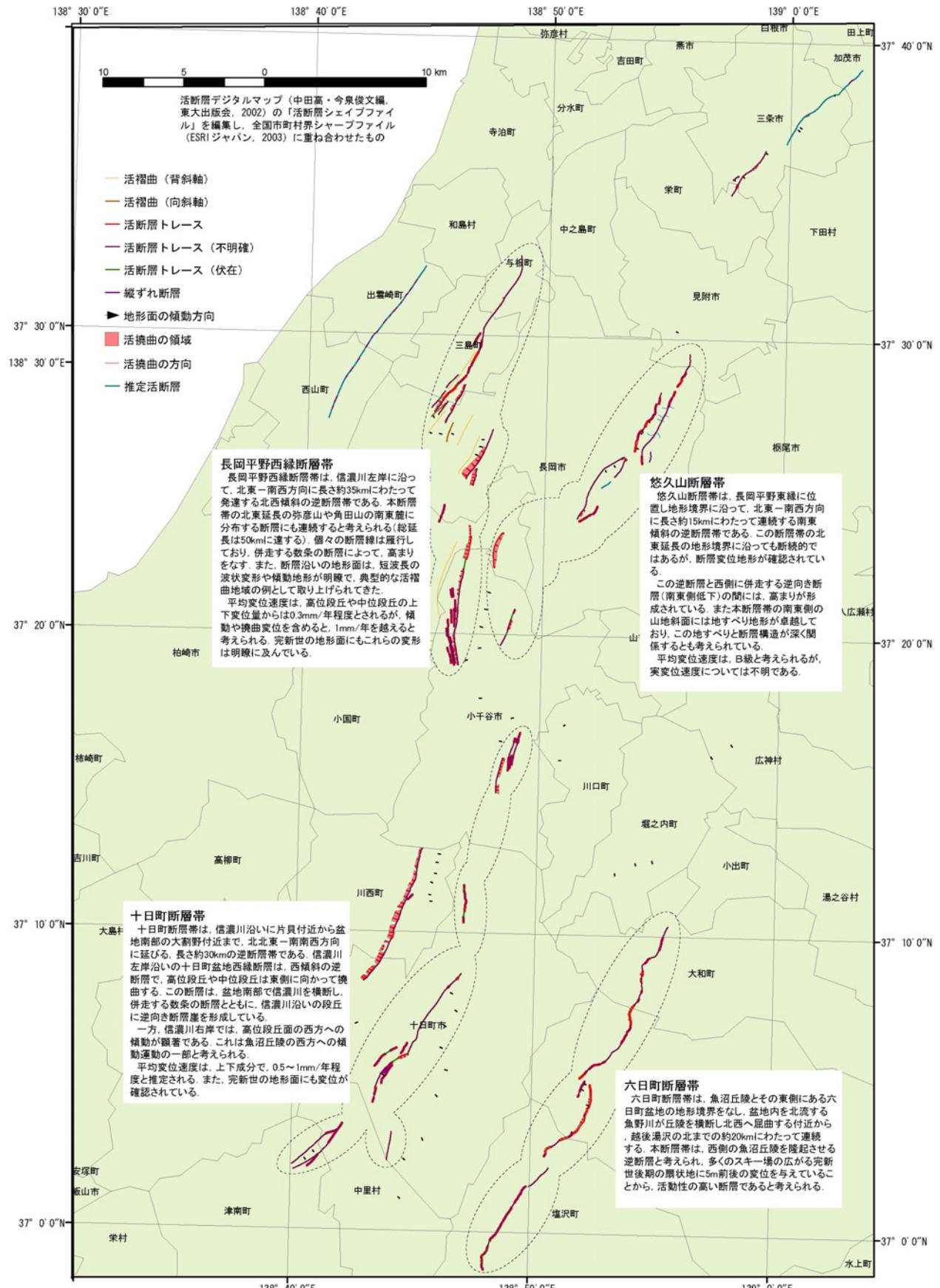


図 - 4.1 活断層分布図
(出典: 活断層詳細デジタルマップ (東京大学出版会) に加筆)

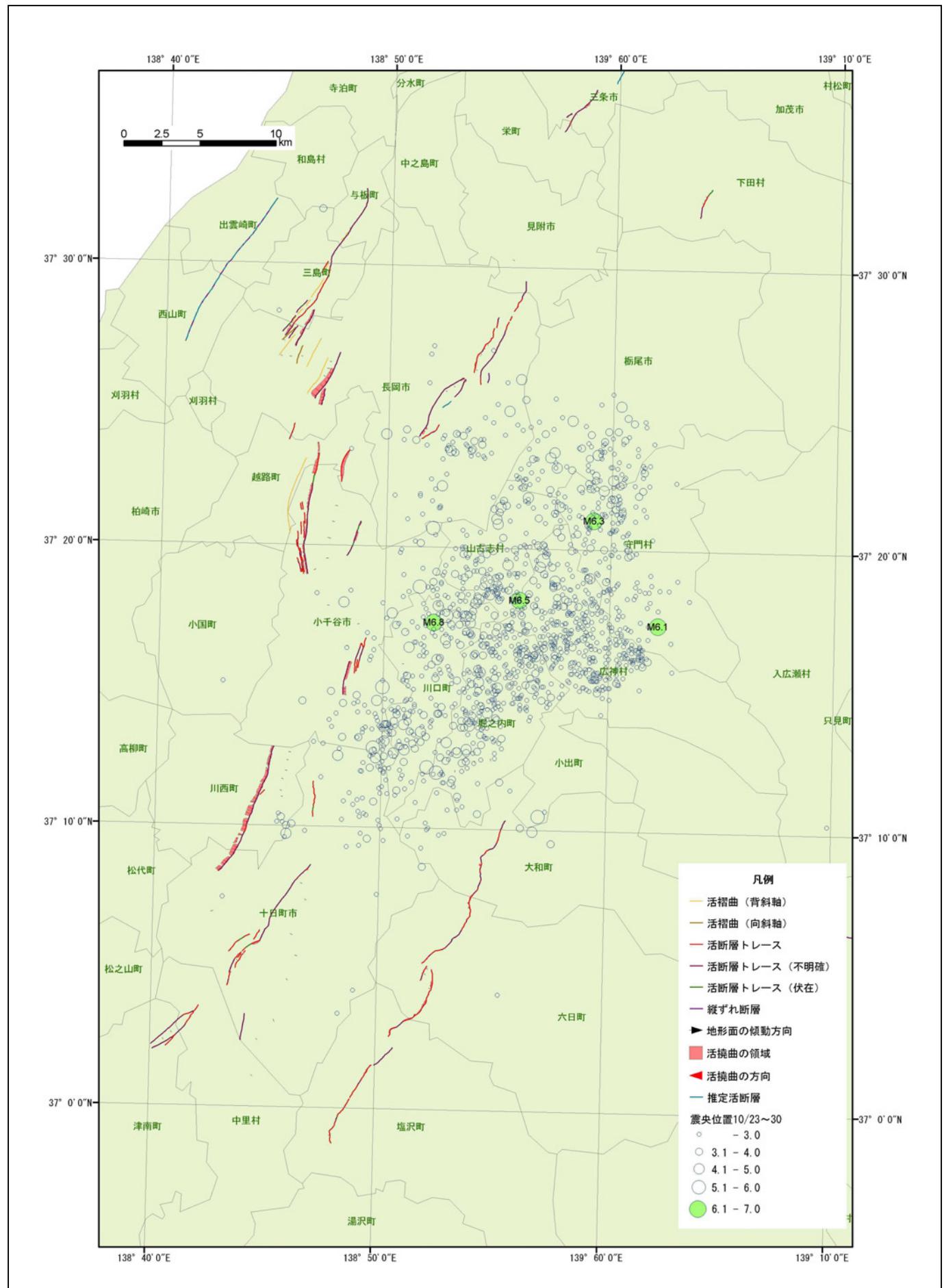


図-4.2 震央分布図

(出典: 活断層詳細デジタルマップ(東京大学出版会)に加筆)

5. 地すべり等

震源域付近の鮮新世から更新世の堆積物は非常に軟質で、また泥質な層も多いため地すべりが多く分布する。

防災科学技術研究所の地すべり地形分布図（図 - 5.1）によると、震源域付近の東山丘陵や魚沼丘陵では非常に地すべりが多く、特に魚沼層では、山地のかなりの部分が地すべりの様相を呈している。また、魚沼層以外でも多くの地すべりが分布する。

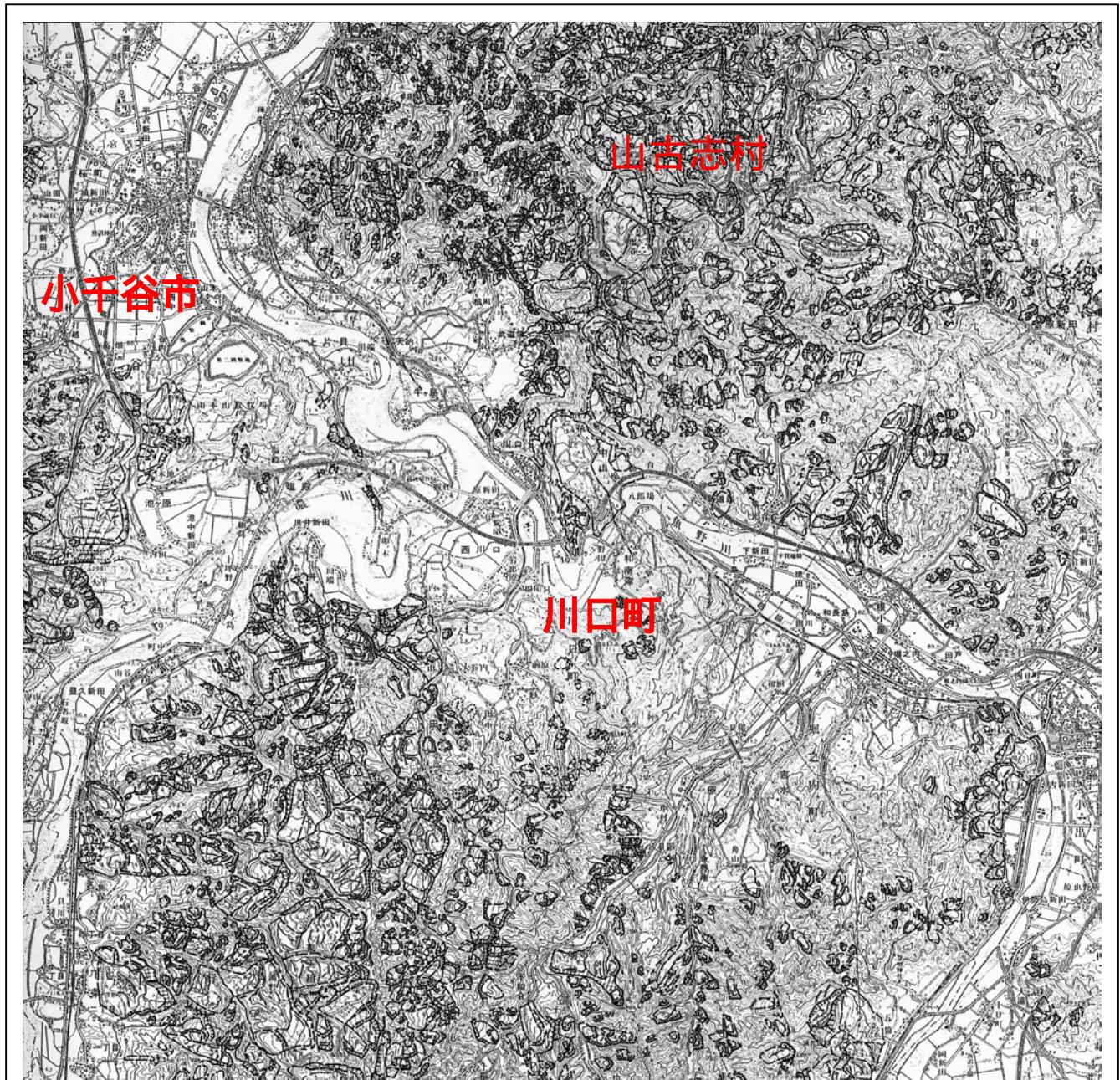


図 - 5.1 地すべり地形分布図

（出典：地すべり地形分布図 第17集「小千谷」（防災科学技術研究所））

6 . 調査結果

6.1 調査ルート

調査は、国道 17 号および周辺の補助国道、県道等において実施した。

調査ルートを図 - 6.1 に、また調査した道路のリストを表 - 6.1 に示す。

表 - 6.1 調査対象道路リスト

路線名	区間（地名）
国道 17 号	見附市葛巻～川口町和南津トンネル
国道 117 号	小千谷市塩殿
国道 291 号	小千谷市横渡～旭橋
国道 351 号	小千谷駅前～小千谷市木津
県道 83 号	川口町西川口～小千谷市塩殿
県道 421 号	川口町牛ヶ島
県道 582 号	川口町天納

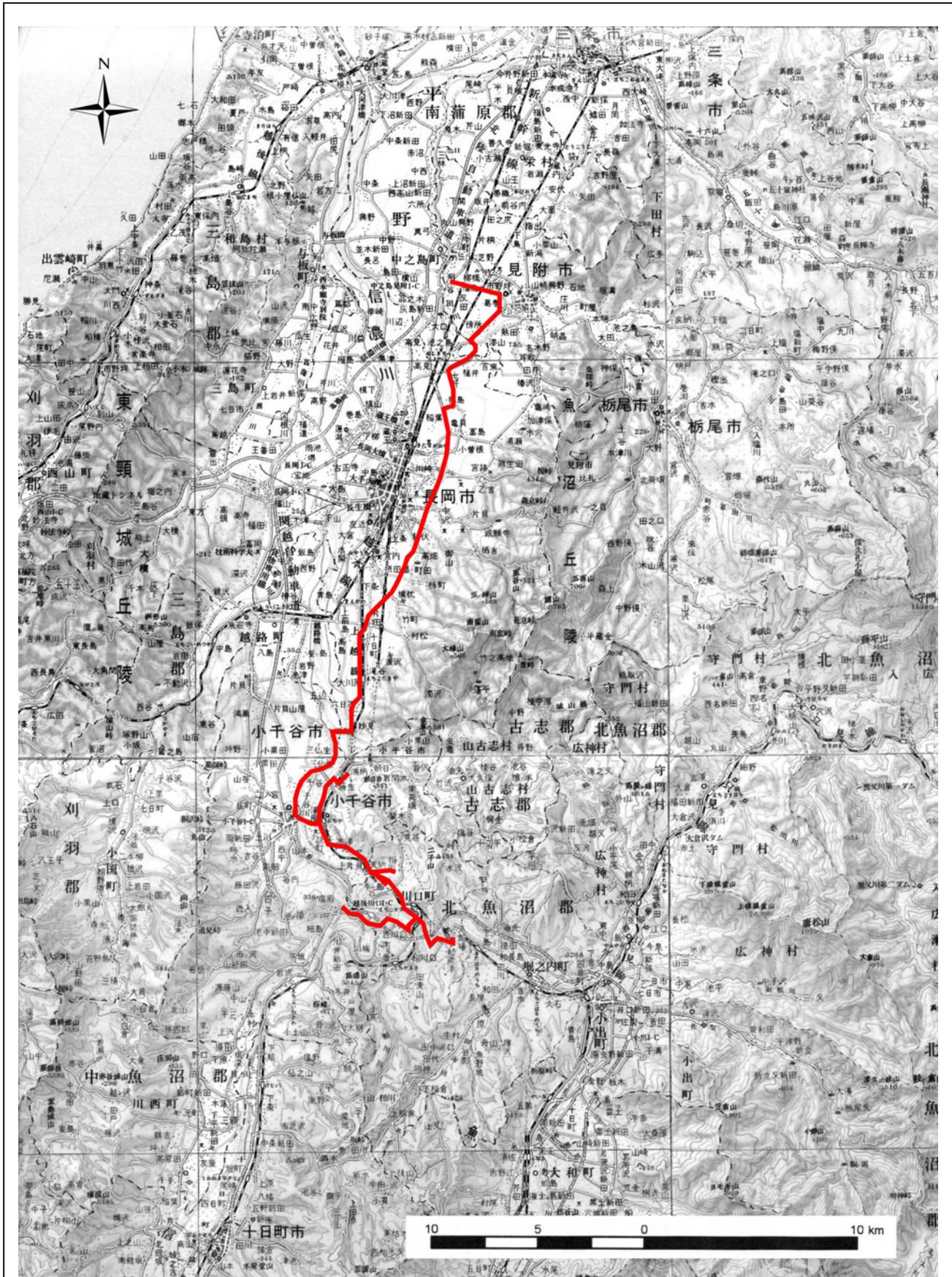


図 - 6.1 調査ルート図
(1/200,000 地勢図(国土地理院)に加筆)

6.2 道路の調査結果

1) 震源域からの距離と被災状況の関係

調査は見附市付近から南下して実施したが、見附市付近では道路被害は限られていたのに対し、長岡市北～中部からは道路面の段差等が発生するようになる傾向があった。

図 - 6.2 に調査ルート沿いの道路に見られた被害箇所の位置を示す。

2) 道路斜面の被害の特徴

道路斜面の被害にはのり面崩壊と自然斜面崩壊があり、次のタイプに分けられる。

地すべり

深い岩盤崩壊

浅い岩盤崩壊ないし表層崩壊

切土のり面の変状

盛土の崩壊や変状

地すべり

数は少ないが、道路沿いに比較的規模の大きい地すべりが見られる。これらの地すべりは、斜面勾配が非常に緩い、あるいは一部はほとんど平坦である箇所にも発生しているのが特徴である。

国道 117 号塩殿では、路肩付近を頭部とする地すべりが少なくとも 2 箇所発生している。（写真 - ）この箇所の地すべりは、地すべり土塊がほとんど乱れずに移動している。地すべり土塊は段丘堆積物からなるが、すべり面が段丘堆積物内であるのか基盤岩（鮮新世の牛ヶ首層の泥岩）中にあるのかは不明である。

深い岩盤崩壊

震源域の地質は主に鮮新世の軟質な堆積岩であり、しかも南北に軸を持つ褶曲構造も有しているため、褶曲の翼部では流れ盤の地質構造を持つ箇所が多い。このような箇所では比較的深い岩盤崩壊が発生している。

小千谷大橋東方の国道 291 号では、少なくとも 2 箇所以上の岩盤崩壊が発生している。1 つは深い地すべり性岩盤崩壊（写真 - -1 ~ 3 ）で、もう 1 つ（遠方からは 2 箇所見える）は平面的な層理面すべりである（写真 - -1 ~ 3 ）。おそらく前者もすべり面としては層理面を使っていると考えられる。後者は、写真に見られるように非常に平坦なすべり面を持ち、そのすべり面は風化して黄褐色化して粘土が付着している。すべり面上の岩塊は非常に大きなものもあり、一部には直径 10 m 以上の岩塊が樹木とともにそのまますべて移動したものも見受けられることから、極めて強い地震動により、岩盤が層理面沿いに平行に滑動したものと推定される。

家族 3 名が巻き込まれた県道 589 号妙見町の岩盤崩壊（写真 - ）は、今回の調査では対岸から観察したのみであったが、上記の岩盤崩壊箇所の約 300m 下流にあり、地質条件、地質

と斜面の関係（方向性など）もほとんど同じであり、崩壊規模も類似していることから、妙見町の崩壊も類似の崩壊機構を有しているものと推測される。

このほか、魚沼層の岩盤崩壊として、国道17号牛ヶ島のり面崩壊（のり面の左右の縁2箇所に崩壊が見られた。すべり面の状況は不明 - -1~2)や、県道83号川口のり面崩壊(節理面ないし層理面でのすべり (写真 -))などが見られた。

浅い岩盤崩壊ないし表層崩壊

震源域付近は広域的に様々な時代の段丘が分布しており、その一部は段丘崖を形成している。これらの段丘崖は未固結であるうえ非常に急勾配であり、このため段丘崖が数多く崩壊している（写真 - ）。道路の中には、このような段丘崖の縁、および段丘崖の直下を通過する路線が非常に多いため、このタイプの道路斜面災害が全体の被害の中でも卓越している。

これらの道路沿いの段丘崖の崩壊形態としては、段丘堆積物のみが崩壊する場合（写真 - 1）と、段丘崖下の強風化した基盤岩を一部すべり面に巻き込みながらやや深く崩壊しているもの（写真 - -2~3）がある。

切土のり面の変状

崩壊に至らないまでも変状が発生しているのり面も見られた（写真 - ）。

盛土の崩壊や変状

盛土の崩壊や変状（段差、変形等）はいたる所で見られたが、特に規模が大きい、ないし変状の頻度が高いところとしては、次のような特徴を持ったところがあげられる。

- ・ 沢部の高盛土（写真 - ）
- ・ 橋梁、跨線橋などの構造物の境界（写真 - ）
- ・ 切盛境（写真 - ）
- ・ 水位が高いと推定される盛土（池の近くの低い盛土など（写真 - ））
- ・ 旧河道付近の地質不良箇所（写真 - ）
- ・ マンホール、埋設管等の埋設物の上（写真 - ）

国道17号天納では沢部の高盛土が17号の下のJRとともに大きく崩壊した（写真 - -1~2）。また、この崩壊箇所のやや川口よりも、沢部の高盛土（切盛境もある）に段差が生じ、交通に支障が生じていた（写真 - ）。このような段差は、規模は大きくないまでもいたるところに発生しており、多くの道路で交通への障害となっている。

7.まとめと今後の課題

まとめると以下の通りである。

まず、道路斜面災害は次のタイプに分けられる。

地すべり

深い岩盤崩壊

浅い岩盤崩壊ないし表層崩壊

切土のり面の変状

盛土の崩壊や変状

特に、従来は、地震によって大きな地すべりが発生することは少ないと言われてきたが、今回はかなりの数箇所で地すべりが発生しているようであり、地震前の雨との関係について今後の検討を待つ必要がある。また、今後、地震によって発生しやすい地すべりのタイプを確認していくことが必要である。さらに、岩盤崩壊については、事前の予測はなかなか難しいと考えられるが、地形地質的な素因を有する危険箇所を面的に抽出することも試みていく必要がある。表層崩壊や盛土崩壊等については、今回の災害について綿密な調査を行えば、地形や地盤の条件、あるいは埋設構造物等の条件から、災害を受けやすい箇所を絞り込むことがある程度できると考えられる。

今後必要なこととしては以下のことがあげられる。特に、今回の災害について綿密な調査を行い、活断層に近い他の路線区間についても、災害予測（地震ハザードマップ）の作成を試みる必要があると考えられる。

- ・ 地震災害データベースの蓄積
- ・ 危険箇所の地震ハザードマップの作成
- ・ 安全箇所マップ（避難箇所等の安全確認）
- ・ 地震直後の技術支援体制（通行可否判断、二次災害可能性判定等）
- ・ 被災者向けの防災技術情報
- ・ 復旧への技術支援体制

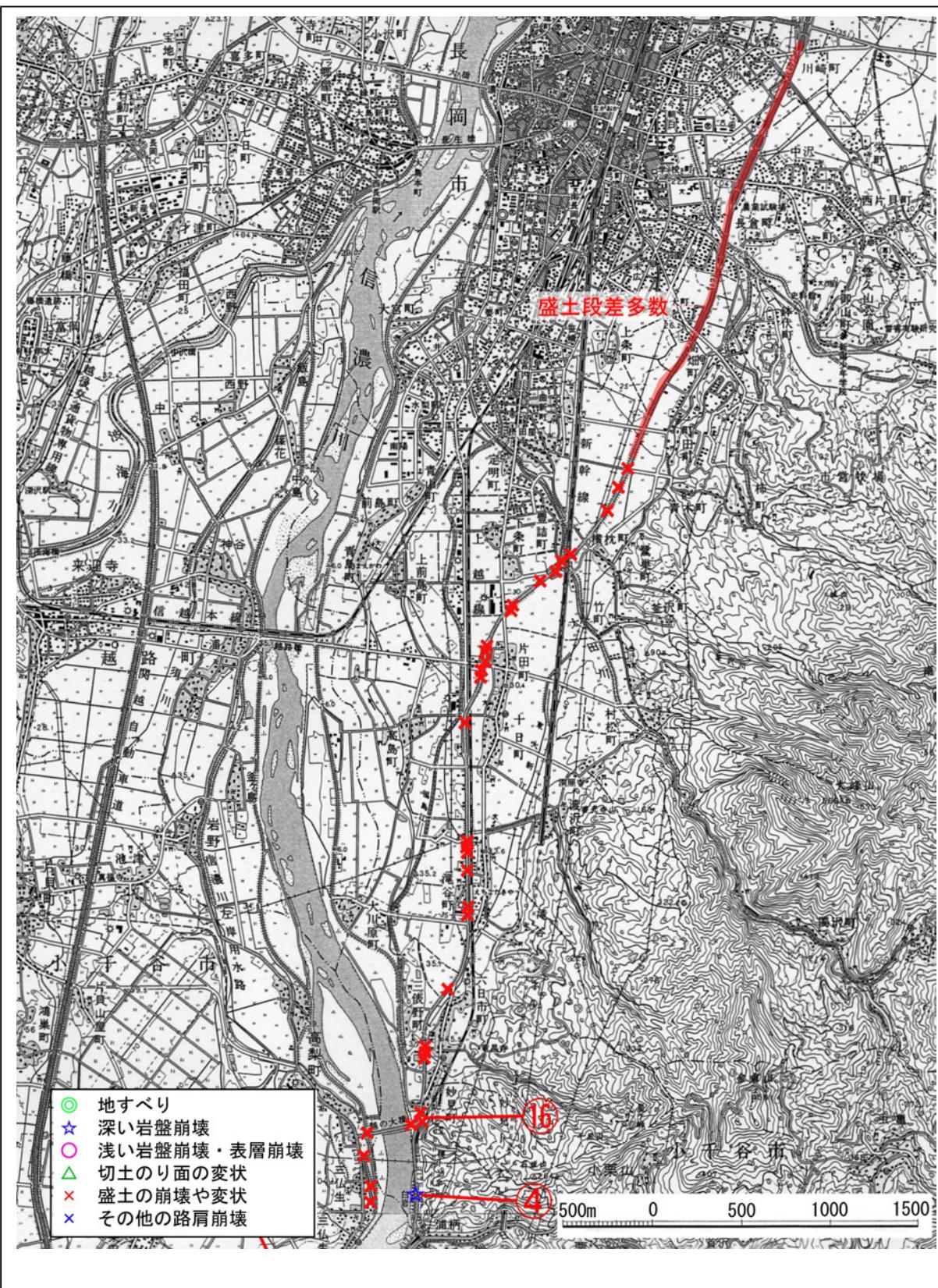


図 - 6.2(1) 被害箇所位置図(1)
(1/50,000 地形図 (国土地理院) に加筆)

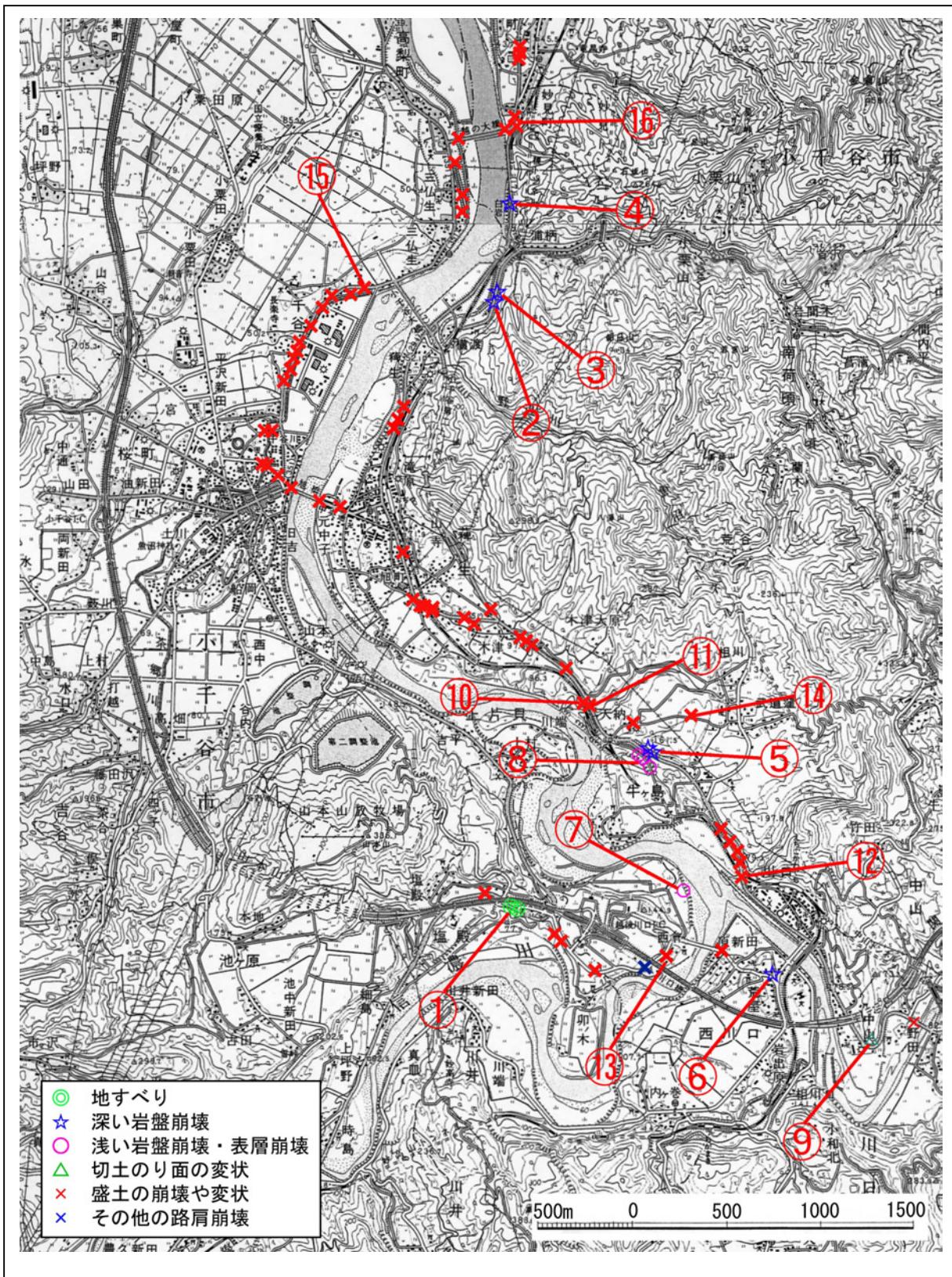


図 - 6.2(2) 被害箇所位置図(2)
(1/50,000 地形図 (国土地理院) に加筆)

写真 -

小千谷市塩殿。
国道 117 号沿い。
地すべり土塊がほと
んど乱れずに移動し
ている(写真左手の畠
は、写真右上の道路脇
の畠と一連のもので
あった)。



写真 - -1

小千谷大橋東方。
国道 291 号沿い。
深い地すべり性の崩
壊。



写真 - -2

上記崩壊箇所の末端
部。
道路を川側に押し出
している。



写真 - -3

上記崩壊箇所の頭部。



写真 - -1

写真 - -1～3および
写真 - -2～3の地点
を対岸（信濃川左岸）
から望む。

3箇所見られる崩壊
うち写真の右手の崩壊
が写真 - -1～3の地
点、写真中央の崩壊
が写真 - -2～3の地
点。

遠方からも平滑なす
べり面が見られる。



写真 - -2

上記写真の中央部の
崩壊。

崩壊部の下方には巨
大な岩塊(鮮新世の軟
質な堆積岩)が多く堆
積する。

平滑なすべり面を持
ち、すべり面上の岩塊
が滑動したものと推
定される。



写真 - -3

上記写真の崩壊箇所に現れたすべり面。すべり面は風化し、黄褐色の粘土が付着。



写真 -

小千谷市妙見町。
県道 589 号沿い。
家族 3 名が巻き込まれた岩盤崩壊箇所を対岸(信濃川左岸)から望む。

写真 - -2 ~ 3 の地点と同様に巨大な岩塊が堆積している。また地質条件、地質と斜面の関係(方向性など)も同様なため崩壊機構が類似していると推測される。



写真 - -1

川口町牛ヶ島。
国道 17 号沿い。
切土のり面の崩壊。
のり枠外側の斜面がのり枠の一部を巻き込んで崩壊。



写真 - -2

上記写真と同地点の
切土のり面(小千谷市
側)。

上記写真と同様にの
り枠外側の斜面にお
いて崩壊が発生。



写真 -

川口町西川口。
県道 83 号沿いののり
面の岩盤崩壊。
平滑な層理面や節理
面に沿って滑落。



写真 -

川口町西川口。
信濃川沿いの段丘崖。
震源域付近には様々
な時代の段丘が分布
し、その一部は写真の
ような急崖をなし、崩
壊が発生している。



写真 - -1

川口町牛ヶ島。
県道 421 号沿い。
急崖の概ね下半分に新
第三紀の堆積岩が、その
上位に段丘堆積物が分
布する。
斜面崩壊は段丘堆積物
のみで発生。



写真 - -2

川口町牛ヶ島。
県道 421 号沿い。
上記写真的約 100m 北西
の地点で、新第三紀の堆
積岩と段丘堆積物が同様
に分布する。
斜面崩壊は強風化した基
盤岩の一部をすべり面に
し、やや深く発生してい
る。



写真 - -3

上記崩壊箇所の末端部。
道路を川側に押し出して
いる。



写真 -

川口町野田。
国道 17 号線沿い。
崩壊には至っていないも
のの切土のり面に変状が
見られたためにシートで
覆っている。



写真 - -1

川口町天納。
国道 17 号線沿い。
沢部の高盛土が国道下の
JR 上越線の線路とともに
に幅約 80m にわたって
大きく崩壊している。



写真 - -2

上記崩壊箇所の頭部から
信濃川方向を望む。
側方斜面も崩壊してい
る。



写真 -

川口町天納。
国道 17 号線。
地点の南方。
手前側、沢部の高盛土の
沈下によって、段差が生
じている。



写真 -

川口町川口。
国道 17 号線川口跨線
橋。
手前では盛土が崩壊し、
橋梁との境界部(カラー
コーンが設置)では段差
が生じている。



写真 -

川口町西倉。
県道 83 号線。
関越自動車道川口橋下
で見られた路肩の崩壊。
センターライン付近が
切盛境(左車線 : 切、右 :
盛) と推測される。



写真 -

川口町相川。
県道 582 号線沿い。
左に見える溜池に対
して盛土が崩壊して
いる。



写真 -

小千谷市千谷。
国道 117 号線沿い。
平行する茶郷川との
間にある畑に段差が
見られる。この付近
は旧河道部と考えら
れる。



写真 -

長岡市妙見町。
国道 17 号線、越の大
橋東方。
マンホールの浮き上
がり現象。マンホー
ルに繋がる埋設管上
に陥没も見られる。
国道 17 号線沿いに
複数見られる。

