(社)日本地すべり学会新潟支部
第35回地すべり学会現地検討会資料
2007.9.28

新潟県中越地震と地すべり

－その6　現地検討会「逆入（にぎり）地すべり」－



◇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
㈳斜面防災対策技術協会新潟県支部

巻頭言

新潟県中越地震からまもなく三年を迎えようとしている。被災は甚大で広範囲に及んだにもかかわらず、国、県、関係自治体の緊密な連携の下で集中的な対応がなされた結果、予想を上回る速度で復旧作業が推進され、地震により様相を一変した被災地も漸く落ち着きを取り戻しつつある。被災地域が本格的な復興を遂げ、地域社会が再生することを心より祈念するものである。地域の復興と再生の前提として、当該地域の生活空間としての安全性が保証されなくてはならない。そのためには学術的な調査に基づく斜面危険度の評価が必要とされる。

（社）日本地すべり学会新潟支部では、発生直後から新潟県中越地震による斜面災害の調査・研究が最重要課題として実施され、その成果は一連の支部シンポジウム並びに現地検討会において発信されてきた。新潟支部の中堅会員諸氏におかれては、地震災害による道路の寸断や生活居住域の被災などの困難な調査研究環境の下で、また地すべり災害の実態調査・復旧対策への対応などの業務で多忙を極める中で、地震による地すべり災害の正確な記録と地すべり発生機構の解明、対策技術の検討などの多岐に亘る調査研究課題に取り組んでこられた。この取り組みは既に３年の長期に達しようとしている。この間の調査研究成果がシリーズ「新潟県中越地震と地すべり」として公表されたことに対し、平成１９年度（社）日本地すべり学会研究奨励賞が授与された。このような価値ある成果を蓄積された新潟支部に対し、心より敬意を表する次第である。今後、さらに成果を拡大されることを期待したい。

今回、新潟支部第３５回現地検討会を、同じく中越地震により発生した小千谷市逆入（にぎり）地すべりを対象として開催することが企画されている。中越地震により発生した地すべりに関しては、従来ともすれば山古志村を中心とした東山丘陵で発生した地すべりが注目されてきたが、実は東頸城丘陵においても少なからぬ地すべり発生があったことを看過すべきではない。逆入地すべりは東頸城丘陵の北東部で発生した大規模な地すべりであり、複雑な移動形態と地すべりに続く融雪期の河道浸食など複合的な問題を抱えた興味深い検討対象である。実地に調査業務に携わった会員の方々からの報告を叩き台として、産・官・学の様々な立場で調査、研究あるいは対策に携わる会員諸氏多数の参加を得て、有用な議論が展開されることを期待する。

（社）日本地すべり学会
会長　丸井英明

～　目　次　～

1.迂入地区の概要 …… 1
1.1 位置 …… 1
1.2 地形概要 …… 3
1.3 地質概要 …… 4
2.被災ブロックの概況 …… 5
2.1 地すべり概況 …… 5
2.2 地すべり地形概況 …… 7
2.3 地すべり移動形態 …… 13
2.4 道見川による侵食 …… 15
3.地すべり調査結果 …… 16
3.1 地質構成 …… 16
3.2 地下水状況 …… 17
3.3 地すべり観測結果 …… 19
3.4 すべり面 …… 23
4.地すべり発生機構 …… 27
4.1 素因と誘因 …… 27
4.2 移動の特徴 …… 27
4.3 地震後に想定される不安定化要因 …… 29
5.復旧工法の検討 …… 29
5.1 復旧対象 …… 29
5.2 不安定化要因 …… 29
5.3 安定解析 …… 30
5.4 復旧工法の選定 …… 30



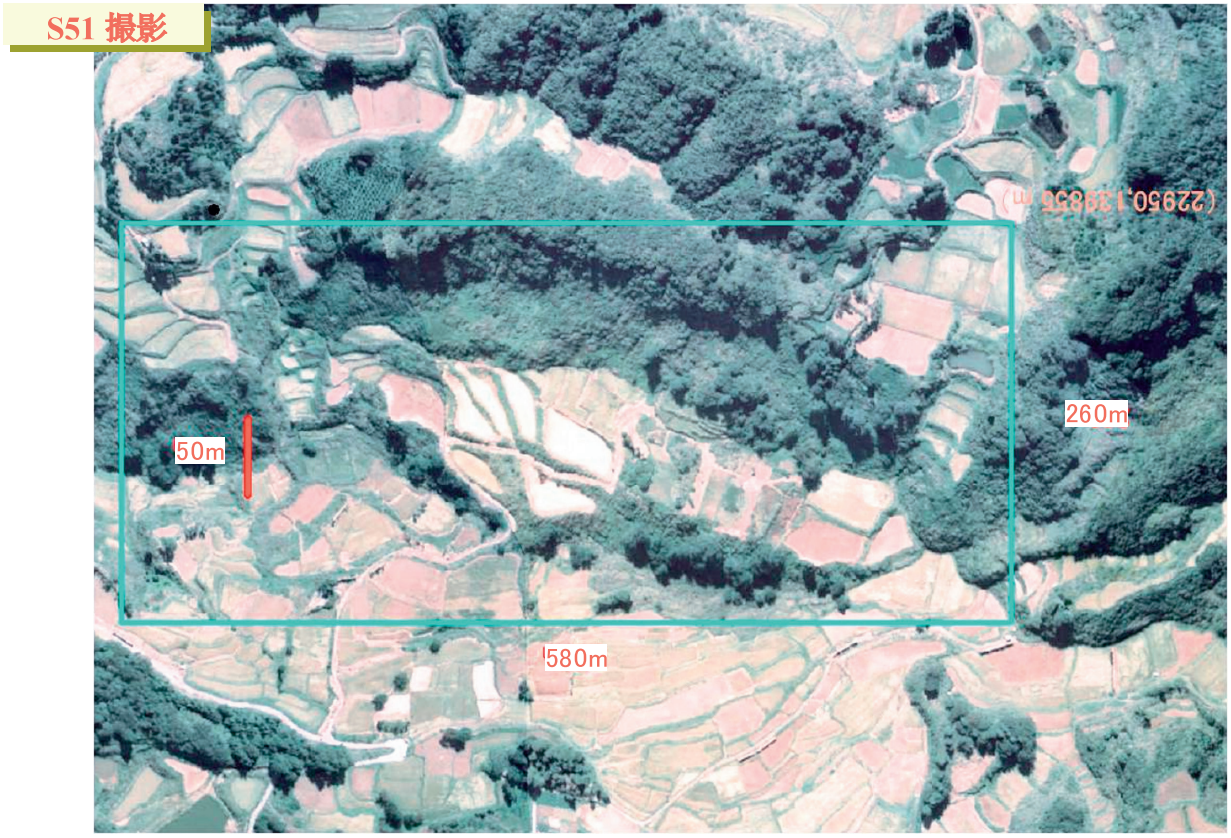
迯入地区　斜め写真（平成16年10月撮影）

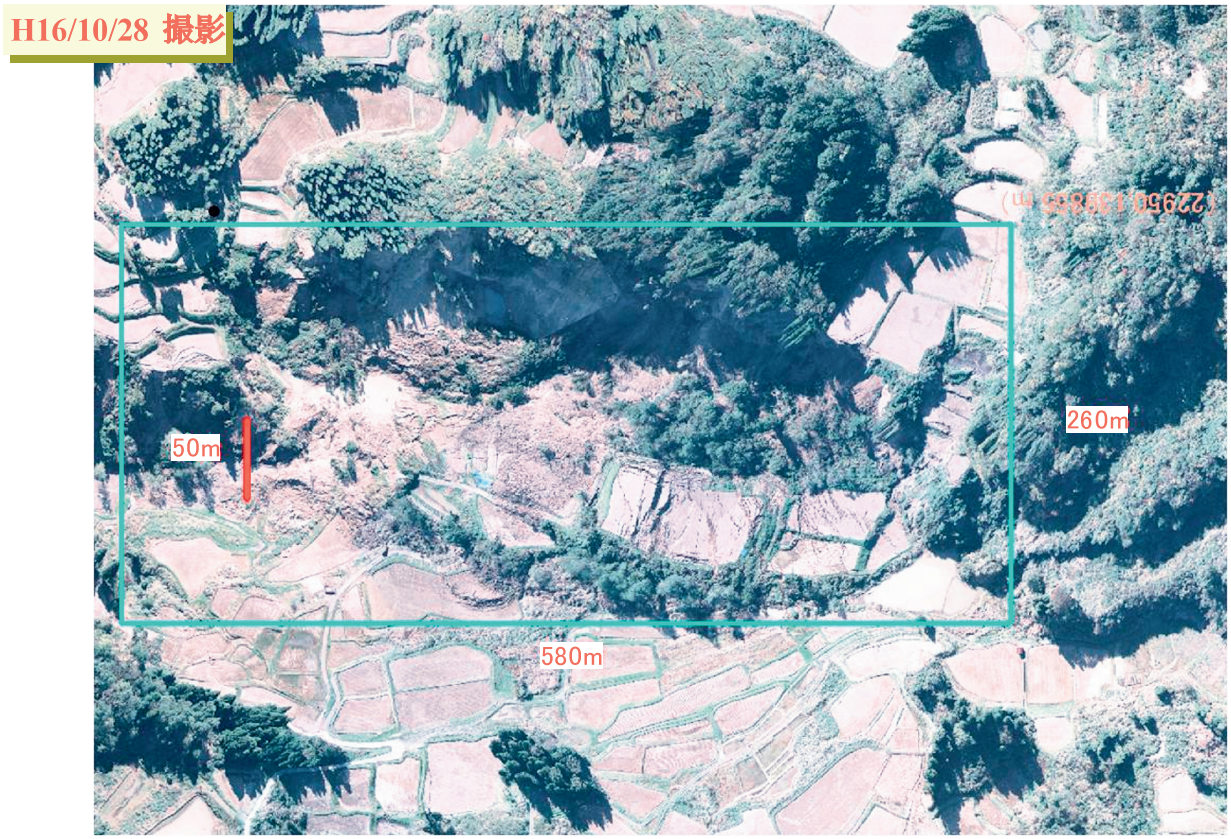


迯入地区　全景写真（平成16年11月20日撮影）



迯入地区　全景写真（耕地復旧後、平成19年6月7日撮影）





震災前（昭和51年撮影）と震災後（平成16年10月28日撮影）の空中写真

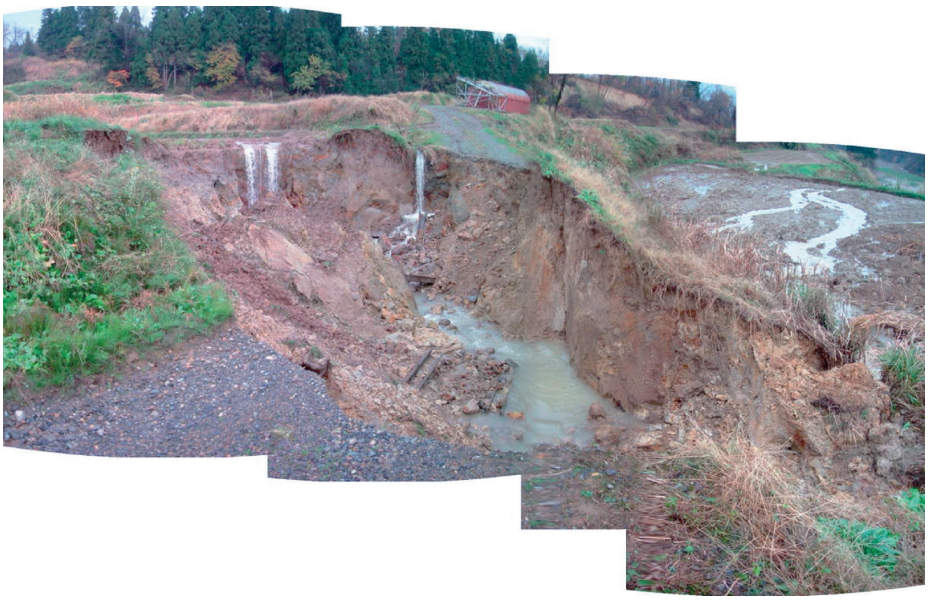
写真提供：（独）農業工学研究所



被災地全景（滑落崖より被災ブロックを望む。平成17年5月18日撮影）



被災地全景（下流側側部より望む。平成17年5月18日撮影）



道見川による侵食状況。（平成16年11月20日撮影）

1. 迯入（にぎり）地区の概要

1.1 位置

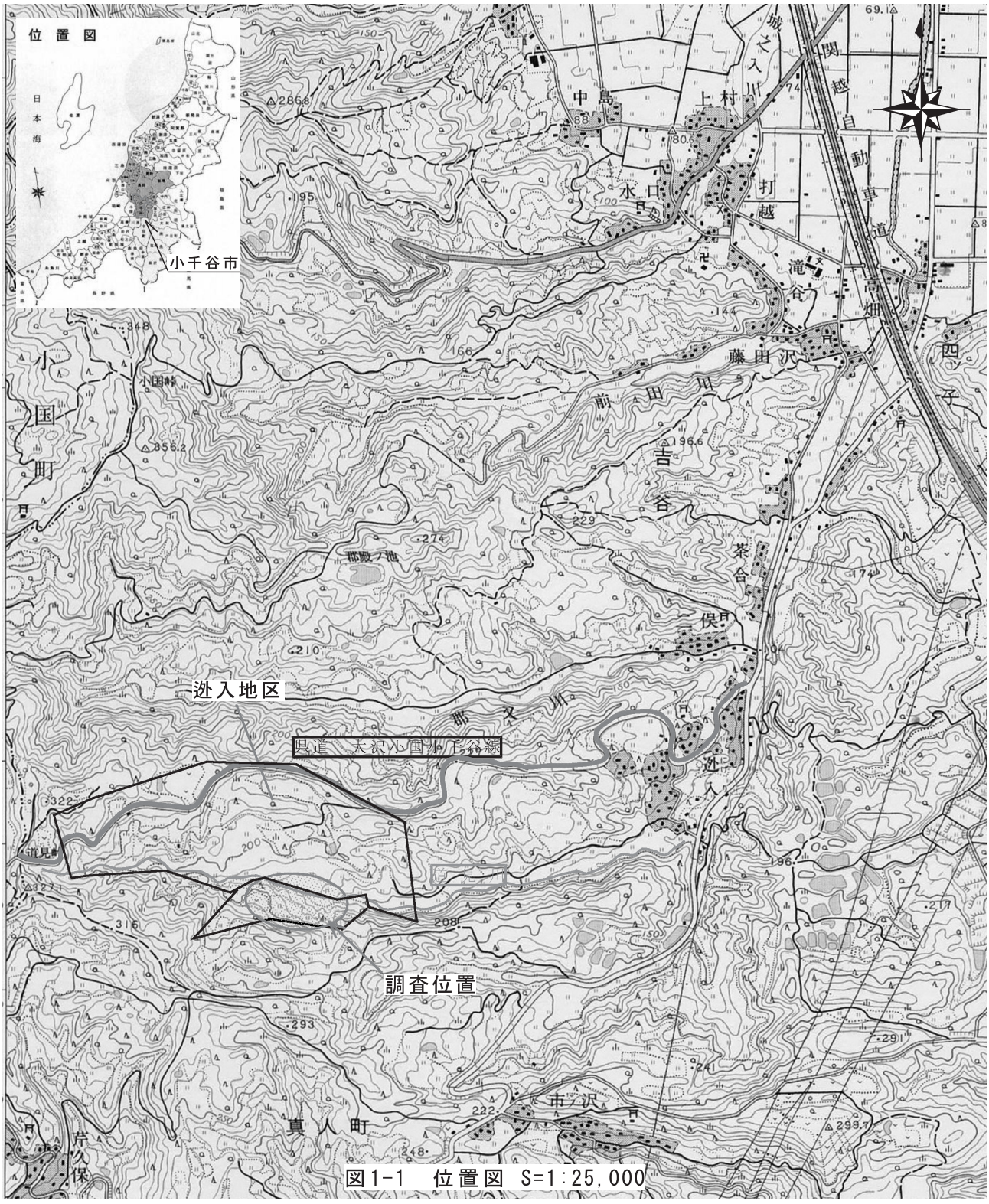


図1-1　位置図 S=1:25,000

「国土地理院発行2万5千分の1地形図　小千谷より作成」

平成 16 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震により新潟県中越地方では山間地において多くの斜面災害が発生した。

「迯入(にぎり)地区」は、関越自動車道小千谷 IC から南へ約 4.5 ㎞の新潟県小千谷市吉谷地内に位置する(図 1-1)。当地区が位置する小千谷市では、震度 6 強を 2 回、震度 6 弱を 2 回記録し(観測場所:小千谷市城内地区)、被災斜面は本震の震央から西に約 10.5km に位置している。

被災地周辺では図 1-2 に示すように多くの地すべり防止区域が隣接して存在し、東に流下する「一級河川道見川(以下、道見川)」の左岸に農村振興局所管「迯入地区」、右岸に同じく「迯入南地区」が隣接している。新潟県中越地震により地すべりが発生した斜面は、この 2 つの地すべり防止区域に挟まれた未指定区域であり、震災後に「迯入地区」に追加申請が行われた。

「迯入地区」は、昭和 50 年 3 月 29 日に指定を受け、同年及び昭和 55 年に全体計画及び地質調査が実施されている。地すべり対策事業は、昭和 51 年より順次実施され昭和 57 年に概成となっている。

その後、平成 16 年 10 月 23 日に発生した新潟県中越地震により、道見川右岸で大規模な地すべり災害の発生にともない追加申請が行われ、現在の指定面積は 69.02ha である。

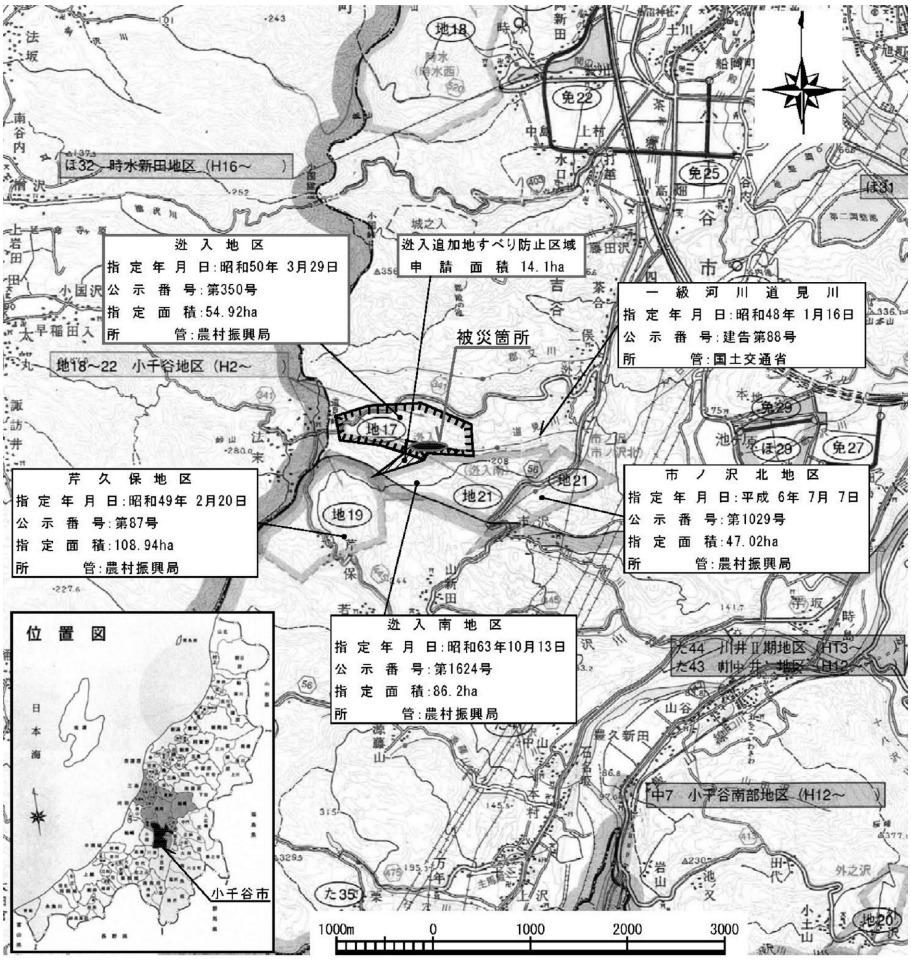


図1-2　地すべり防止区域分布図

「長岡地域振興局管内図より作成」

1.2 地形概要

「逆入地区」は、小千谷市と長岡市(旧小国町)の境界付近の標高 350m 以下の丘陵に位置する。この丘陵は、長野・新潟県境の関田山地から北方に広がる東頸城丘陵の東端にあたる部分で丸山丘陵と称されている。周辺地形の特徴の一つとして丘陵の稜線、盆地の形状などの地形要素がいわゆる“新潟方向”と呼ばれる北北東-南南西の顕著な方向性を示すことである[1)](図 1-3)。

この丘陵の稜線は分水嶺を成し、これと直交方向にのびる水系と派生した尾根地形が発達する。被災斜面末端の道見川も道見峠に源を発し東へ流下する河川である。また、派生した尾根の地形形状は概して、南向き斜面は緩斜面であり、北向き斜面は急斜面を形成している。

「逆入地区」内の地形も左岸側で斜度 10° 内外の緩斜面を形成しているのに対し、被災斜面のある右岸側では道見川に面した斜面で斜度 40 ～ 50° 程度の急斜面と平坦面が混在した地形形状を呈している。

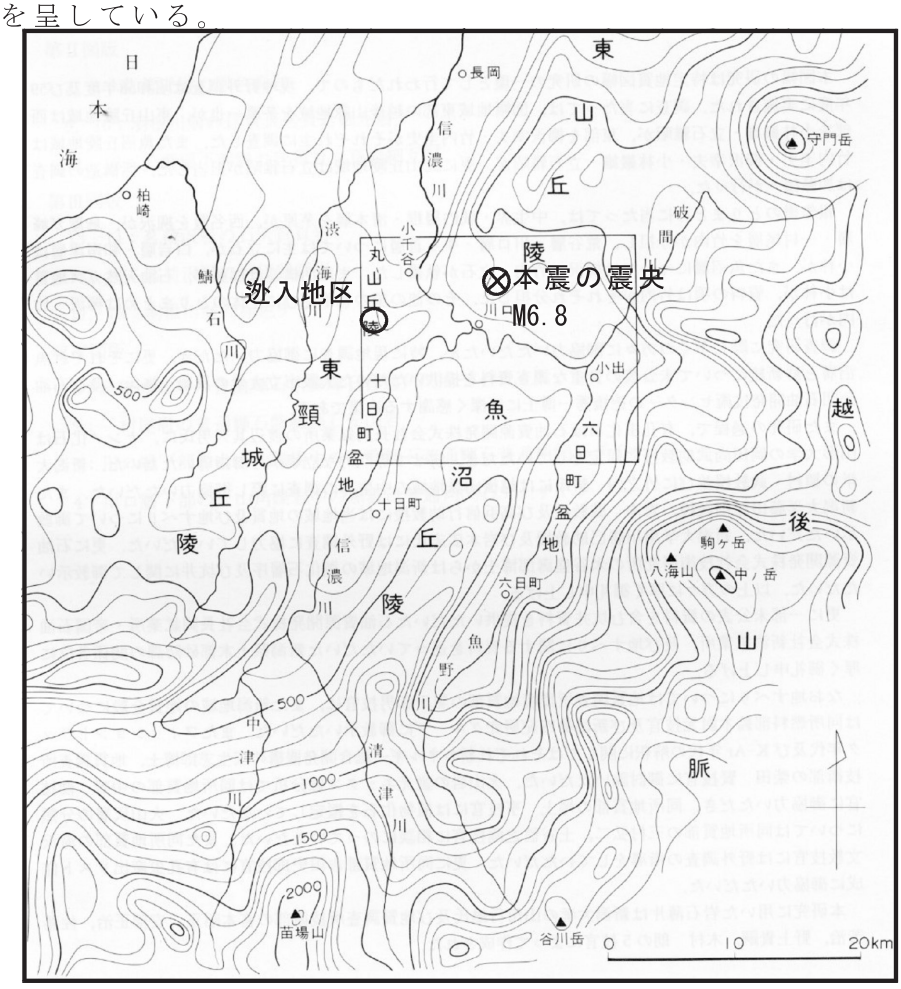


図1-3　調査地周辺の地形概要図[1)]

1.3 地質概要

地区一帯には主として新第三紀鮮新世後期～第四紀更新世前期の魚沼層の砂岩層とシルト岩層の互層が広く分布する。そして、基岩の上を地すべり崩積土が被覆している(図 1-4)。基岩の層相として元来固結度が低く、シルト岩層は風化すると細かく角礫状に割れ、崩れやすくなる特徴をもつ。さらに、構造運動の影響により地下の深部まで亀裂が多い岩相を呈し、亀裂に沿った風化が進行している。これが、斜面崩壊や地すべりを発生させる原因の一つとなっている。

地質構造的には当地区の西に時水背斜、東に小千谷向斜が南北方向に併走しているため、地層の走向はほぼ南－北方向で 10 ～ 20 ° 程度の東傾斜を示し、地すべり斜面は地層の走向方向にほぼ一致しており、斜面方向の断面上での見掛けの傾斜はほぼ水平となる。

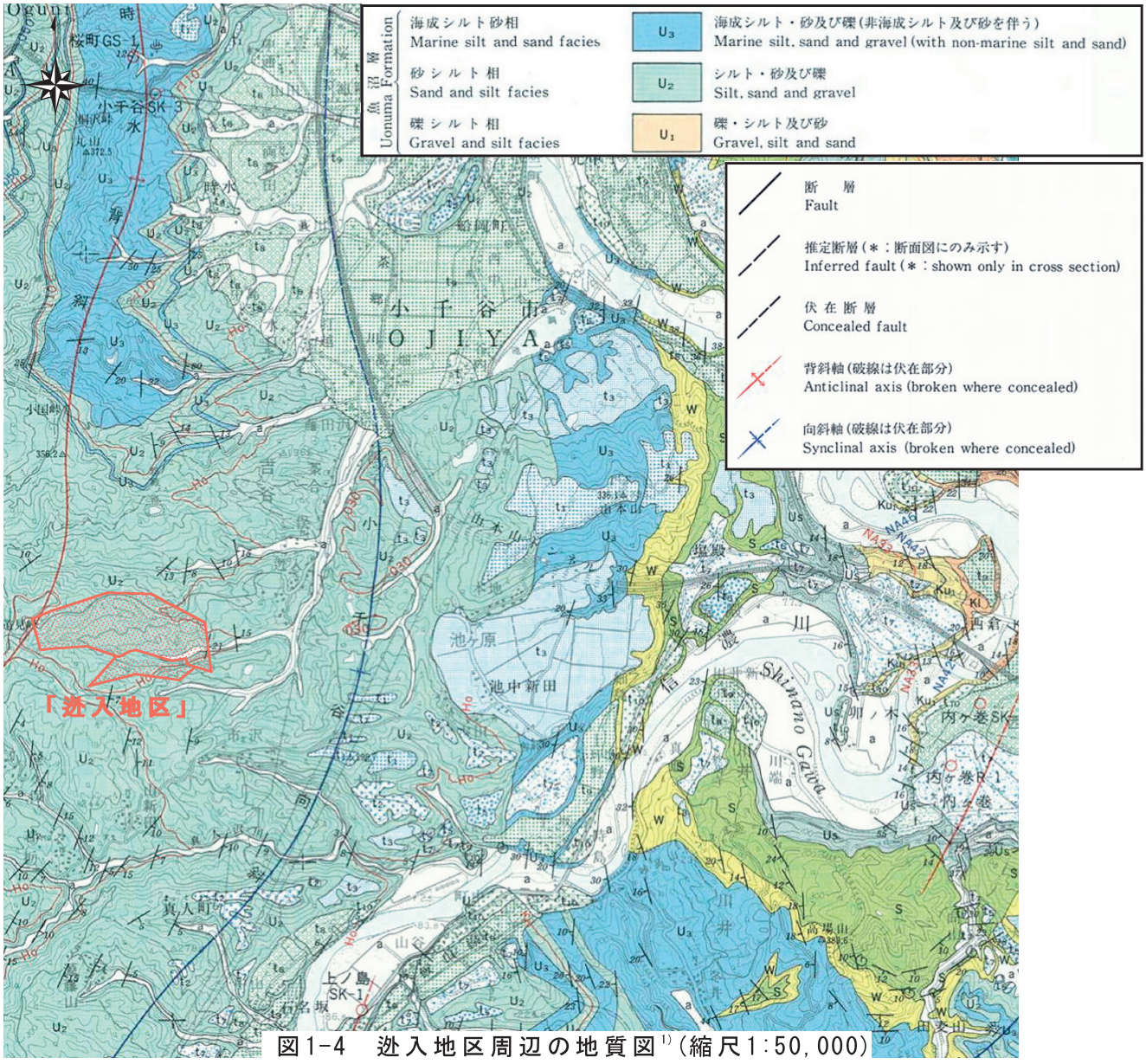


図1-4　逆入地区周辺の地質図[1)](縮尺1:50,000)

2. 被災ブロックの概況

2.1 地すべり概況

被災した斜面は、地すべり防止区域「迯入南地区」に移動範囲を持つ旧期地すべり地形の末端部にあたる。被災ブロックの滑落崖後背には、２列の大きく湾曲した凹地と分離した丘陵が移動土塊として、道見川方向へ向かう旧期の地すべり地形として存在する[2)]。一方道見川を挟んだ対岸の「迯入地区」でも旧期の地すべり地形が読み取れる。

これらの地すべり地形は、空中写真判読によっても抽出されている[3)]（図 2-1）。

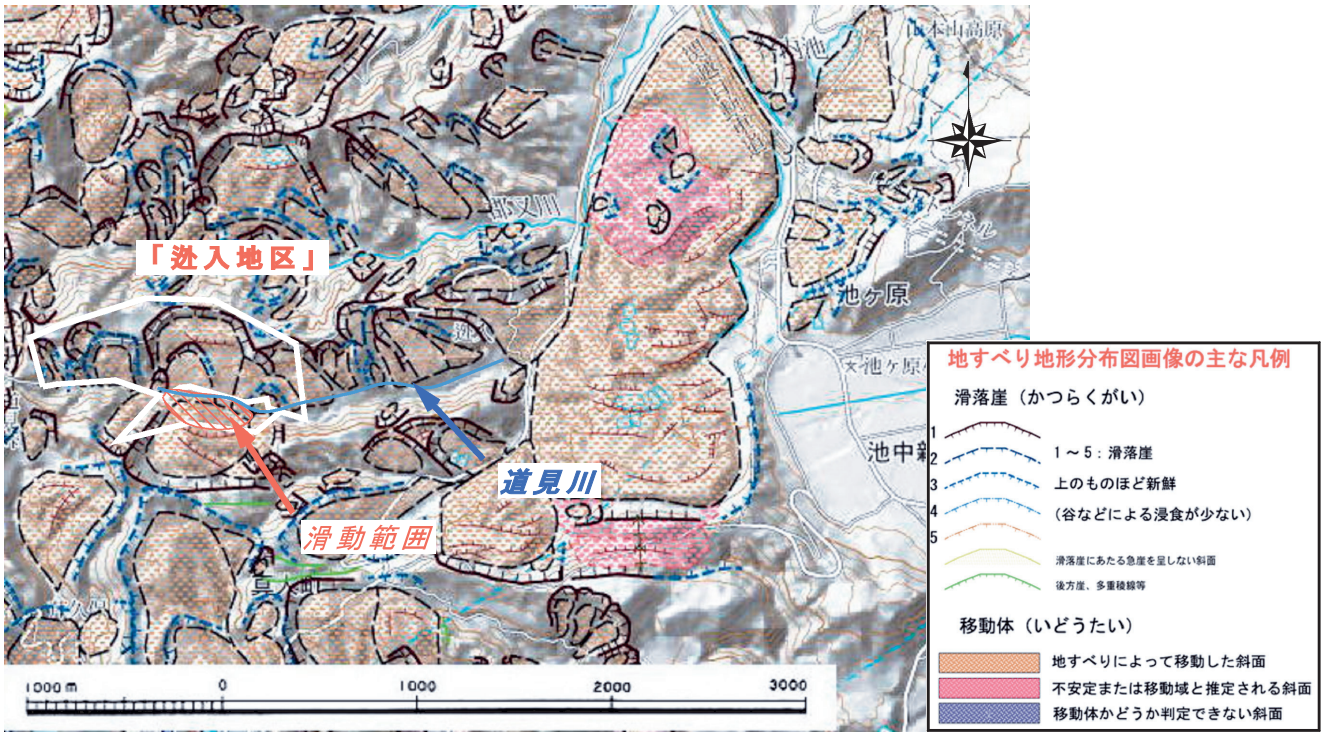


図2-1　地すべり地形分布図[3)]



写真2-1　滑落崖背後に見られる旧期地すべりによって形成されたと考えられる凹地地形

新潟県中越地震による被災範囲は幅約 450m、長さ約 200m の規模を有する。地元からの情報によれば対象斜面では地すべりブロック南側急斜面における斜面崩壊は地震以前から断続的に発生していたものの、既知の地すべり履歴は存在しておらず地すべり対策工は施されていない。

被災ブロックは、最大で約 40m 滑動し道見川が約 550m にわたり閉塞すると共に、農地・農業施設が被災を受けた(表 2-1)。

ブロック内の状況は、滑落崖と平坦地の境界付近では東西方向に連続する陥没帯が形成され、平坦地に存在する水田は亀裂、段差が無数に発生した(写真 2-6 ～ 2-8、写真 2-11)。特に、最高位にあたる(D 測線位置、図 2-4)水田では南北方向に連続した比高約 3 ～ 4m の亀裂、段差が発生し幅約 20m にわたり陥没した。末端部では、山側に傾動した水田の存在から回転運動をともなう隆起・押し出しが発生した(写真 2-12、2-14 ～ 2-15)。道見川の上流部は河道閉塞によって堰き止められ湛水し、河川は対岸の既往地すべりブロック末端部の水田面を流下した（写真 2-13)。

対岸の農地において平成 17 年の融雪期に大規模な侵食が発生し(写真 2-16 ～ 2-19)、その後も拡大傾向を示した事から応急的に流路工を施した。しかし、平成 18 年の融雪期にはさらに侵食範囲が拡大し、対岸の既往地すべりブロック末端に亀裂が発生し小規模な地すべりが発生した。

表 2-1　地すべり概況

「迩入地区」（被災ブロック）
1．位　　置：小千谷市吉谷地内　道見川右岸.
2．発生日時：2004（平成 16）年 10 月 23 日「2004 年新潟県中越地震」.
3．規　　模：幅 450m、長さ 200m、面積約12ha、移動土塊量約1,100,000m^3.
4．地　　形：標高約 180 ～ 250m の道見川右岸斜面.
地すべり防止区域「迩入地区」と「迩入南地区」に挟まれた地区.
後背部は大規模な 1 次すべり地形（幅約 500m 長さ約 1000m）が存在.
5．地　　質：新第三紀鮮新世後期～第四紀更新世前期魚沼層分布域.
砂岩・シルト岩互層、走向すべり.
6．被害状況：
a)一級河川　・道見川　隆起閉塞　L ＝ 550m.
b)農地・農業施設　・水田 6.7ha.
・農道 545m、農道橋 1 基.
・谷止工 3 基.

2.2 地すべり地形概況

・地震前の地形形状

地すべり範囲の地形は以下の 3 つに大別できる（図 2-2、写真 2-2）。

①山林主体で傾斜約 40°、比高 50 ～ 60m の急崖地形と崩壊土砂堆積域。

②耕地を主体とする平坦地。

③斜面末端を流下する河川。

なお、被災した地すべり範囲を含む河川右岸側斜面は大規模な 1 次地すべり（幅約 500m、長さ約 1000m）の末端部であり、河川に沿って伸長する急崖地形を南北に分断する様な平坦面と分離丘状の尾根地形が数列形成されている。

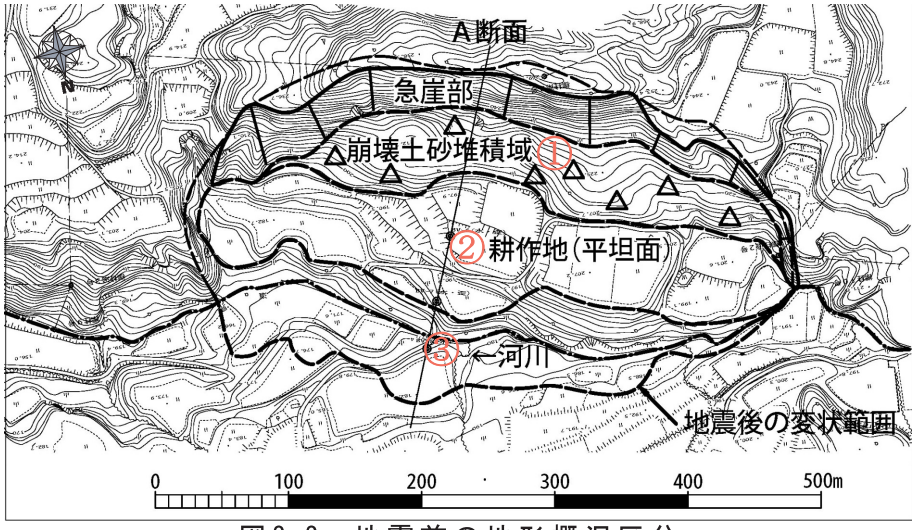


図 2-2　地震前の地形概況区分

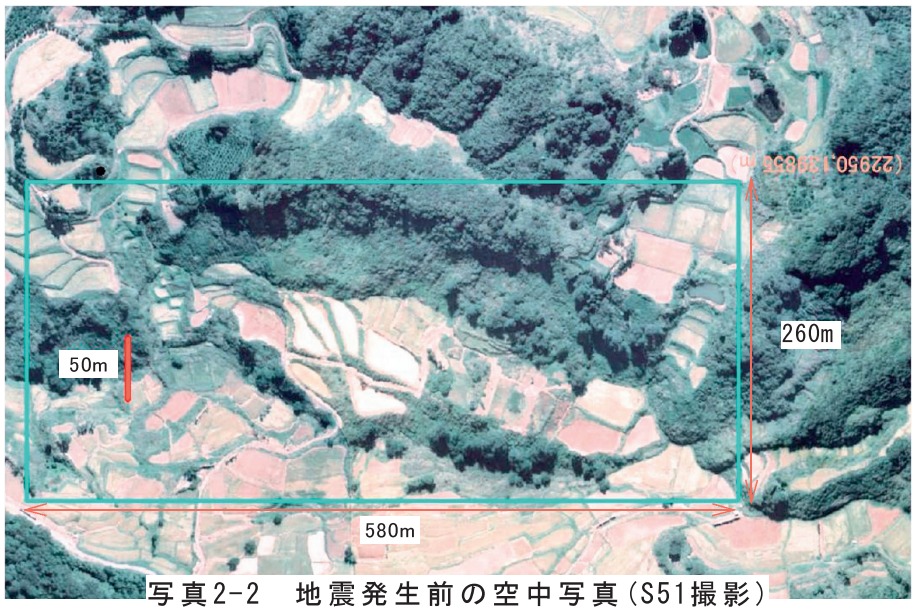


写真 2-2　地震発生前の空中写真（S51撮影）

・地震後の地形形状

滑動後の対象地区の主な地形概況と被災状況を以下に区分する(図 2-3、写真 2-3)。

①滑落崖域…滑動範囲南側の崩壊発生斜面。

②亀裂分布域…滑動に伴い亀裂が発生し耕地が被害を受けた。

③土砂被覆域…滑落崖域からの崩壊土砂により地表面が覆われた。

④陥没地形…滑落崖域末端に東西に連続する陥没地形が形成され湛水した。

⑤押し出し隆起・地表傾動域…末端部は河川が隆起し、地表面が山側に傾動した。護岸工と谷止工等の河川施設及び対岸の耕地が被害を受けた。

⑥河道侵食…隆起閉塞され、対岸へ流路が変化した河川により対岸の耕作地の侵食が発生した。

⑦土砂流出域…道見川下流へ土砂が流出し下流域の耕作地が被害を受けた。

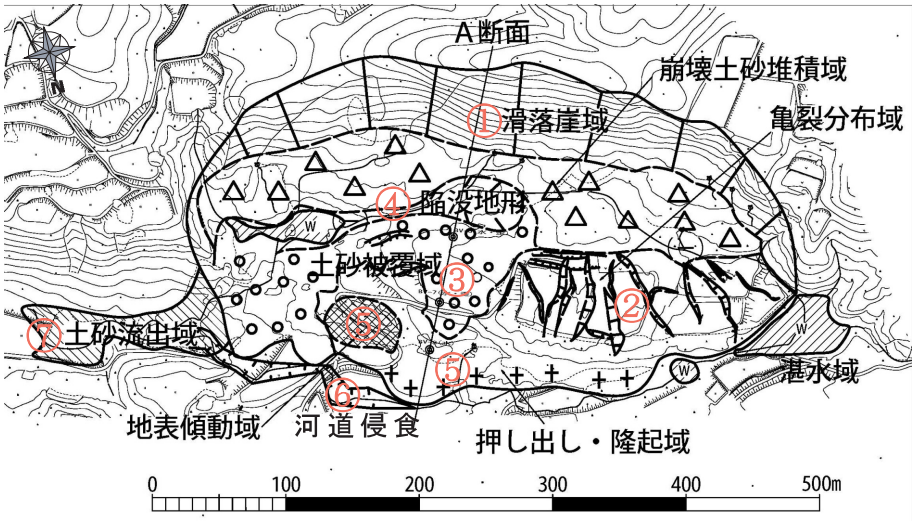


図2-3　地震後の地形概況区分

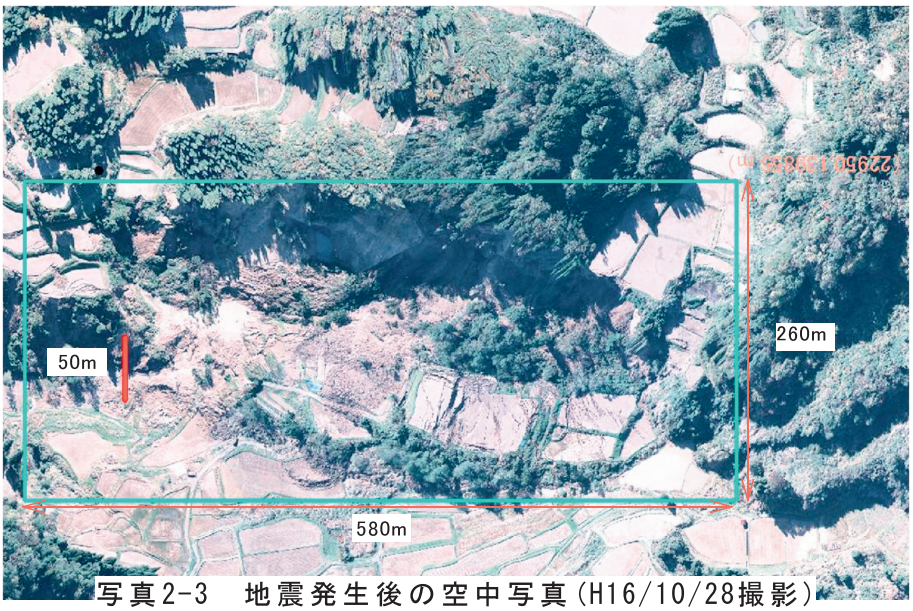


写真2-3　地震発生後の空中写真(H16/10/28撮影)

①滑落崖域

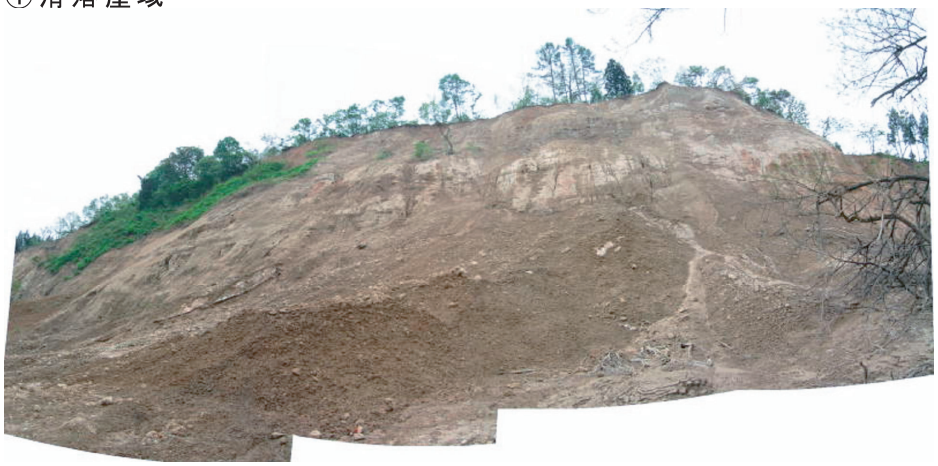


写真2-4　滑動範囲南側の崩壊発生斜面。
砂岩シルト岩互層が露岩し、湧水点とガリー侵食が見られる。



写真2-5
滑落崖域背後の亀裂

②亀裂分布域

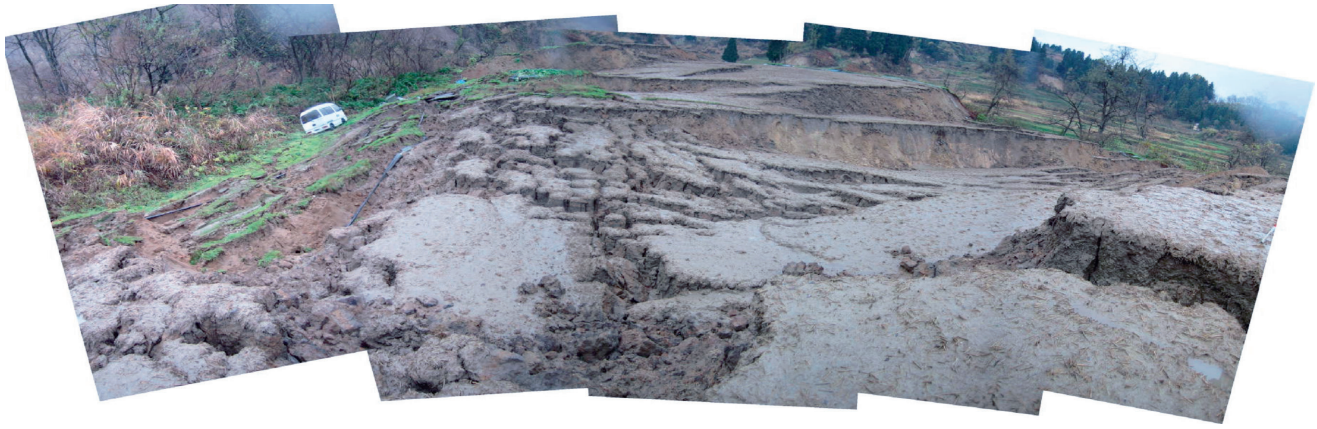


写真2-6　被災した水田の状況。河川に対して平行方向に発生した亀裂(平行亀裂)と河川に対して横断方向に発生した亀裂(横断亀裂)が存在する。



写真2-7　平行亀裂の状況。



写真2-8　横断亀裂の状況。

③土砂被覆域



写真2-9　移動土塊を滑落崖域からの崩壊土砂が覆っている。



写真2-10　滑落崖域直下の崩壊土砂の状況

④陥没地形



写真2-11　東西に連続する陥没地形が形成され湛水した。

⑤押し出し隆起・地表傾動域



写真2-12　移動土塊の末端部では水田が傾動した。



写真2-13　道見川は河道が隆起し対岸の耕地を侵食し流下した。



写真2-14

隆起により被災した農道橋、護岸。



写真2-15

隆起により被災した谷止工。

⑥河道侵食



写真2-16　地震発生直後の道見川による侵食状況。（平成16年11月20日撮影）



写真2-17　平成17年の融雪後の侵食域の拡大。（平成17年6月29日撮影）

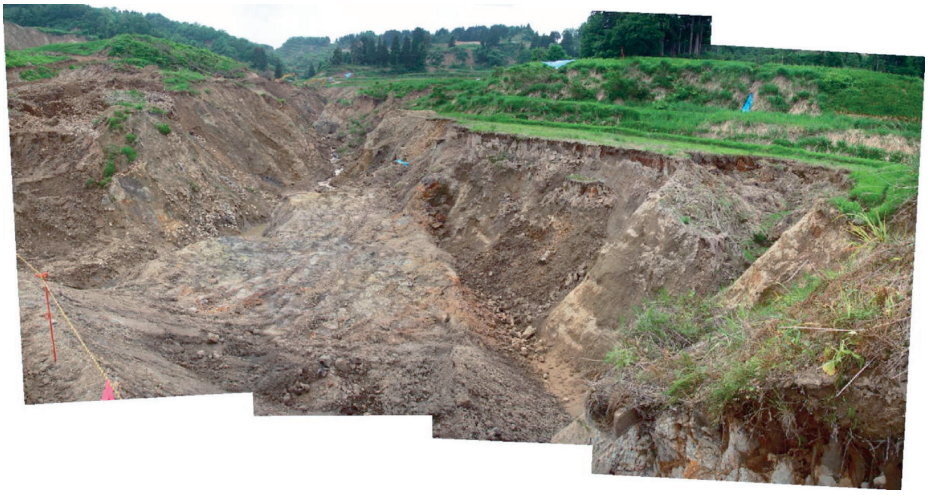


写真2-18 平成18年の融雪後の侵食の拡大。（平成18年5月26日撮影）
仮設流路工を施したが、侵食が上流部へ拡大した。



写真2-19　平成18年の侵食の拡大により対岸ブロック末端に発生した亀裂。
（平成18年5月26日撮影）

⑦土砂流出域



写真2-20　崩壊土砂が流出し下流域の耕作地が被害を受けた。

2.3 地すべり移動形態

図 2-4 に地震発生前（2000 年撮影の空中写真図化:新潟県農地部）と地震発生後（2004 年撮影の空中写真図化:新潟県土木部）の地形図を用いて作成した地すべり移動ベクトルを示す。地すべり移動方向を示すベクトルは下流域ほど北東に向かって移動している傾向となっている。これは斜面方向がほぼ北方向であるのに対して東方向（下流側）に移動していることとなる。この移動状況より、ブロックは当初北側に移動し、その後対岸の地形により末端が規制されたと共に、標高が低く解放されている道見川の下流側（東側）に移動方向が変化したことが予想される。移動量としては、上流域では 10 ～ 20m 程度であるが、中央部から下流域では 40m 程度と下流域にかけて移動量が大きくなる。

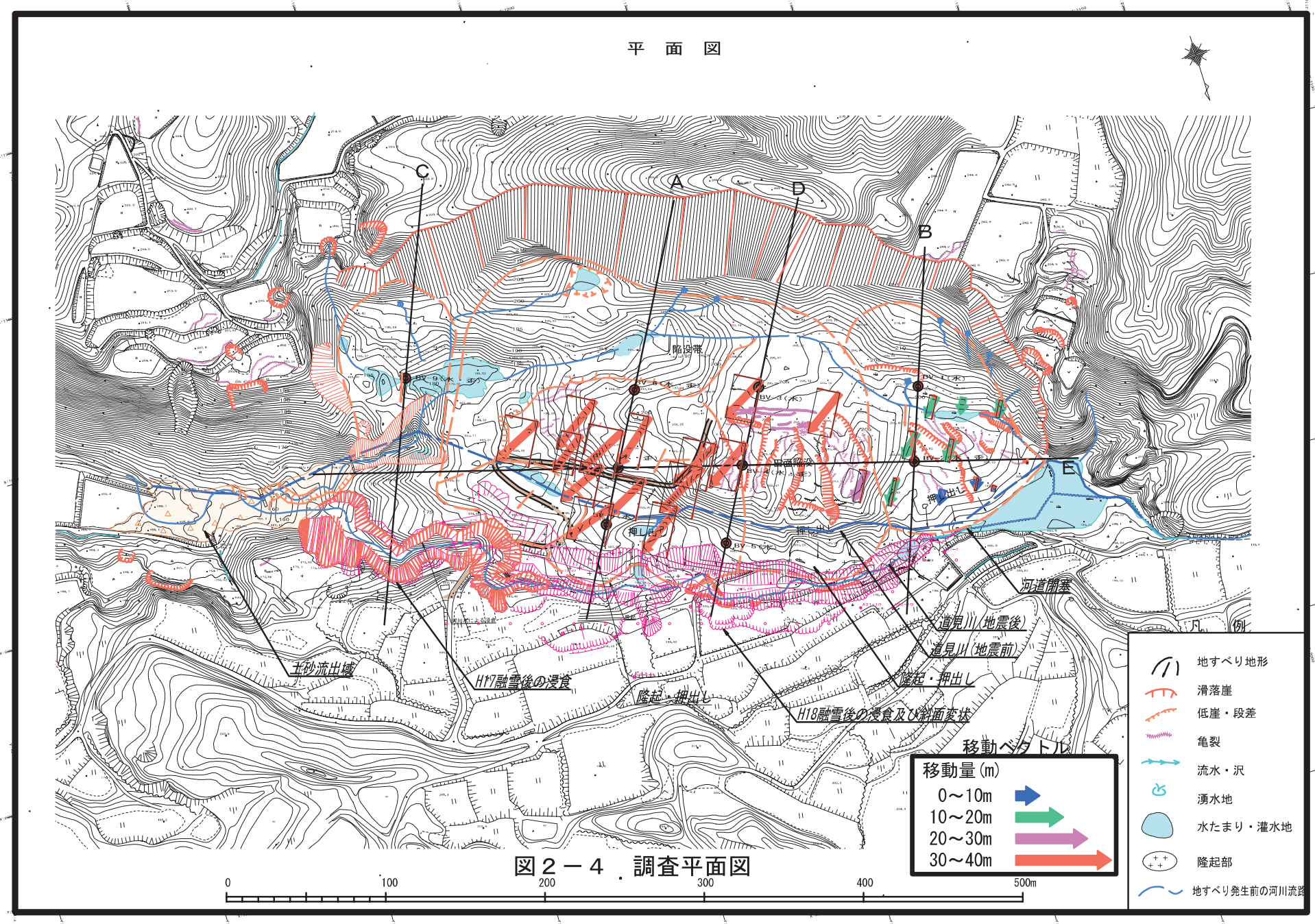

平　面　図
A
B
C
D
E
陥没帯
土砂流出域
H17融雪後の浸食
隆起・押出し
H18融雪後の浸食及び斜面変状
河道閉塞
道見川（地震後）
道見川（地震前）
隆起・押出し
凡　例
地すべり地形
滑落崖
低崖・段差
亀裂
流水・沢
湧水地
水たまり・灌水地
隆起部
地すべり発生前の河川流路
移動ベクトル
移動量（m）
0～10m
10～20m
20～30m
30～40m
0
100
200
300
400
500m

図２－４．調査平面図

2.4 道見川による侵食

地すべりにより河道が隆起した道見川は、対岸の水田を流下し侵食が発生した。

被災発生直後は、河川流量は少なく侵食は殆ど認められなかったものの、平成 17 年、18 年の融雪期に水量の増加によって侵食域が大幅に拡大し耕地の流失や亀裂段差の発生など被害が拡大した。平成 17 年の融雪期には、河川閉塞区間(延長約 550m)の下流より延長約 200m 区間まで侵食が拡大し、侵食域は幅 10 ～ 20m、深さ 8 ～ 10m、侵食崖は 60 ～ 70 ° を有す険しいＶ字谷が形成された。侵食崖では小崩壊が発生し侵食域が拡大傾向を示した。そして、平成 18 年の融雪期に河道閉塞区間全域にわたる侵食が発生した。侵食域の拡大にともなって被災斜面対岸(左岸)の既往地すべりブロックの末端において、段差、亀裂が発生し末端部の水田に被害が拡大した(写真 2-16 ～ 2-19)。

拡大の要因としては水量の増加と流域の地質性状による。地表面には、地すべり移動土塊である未固結な砂・砂質土が優勢に分布する。そのため土質的に砂は特に侵食に弱い性質を示すことから、侵食が大規模に進行した要因と考える。

この様な河川による侵食状況は、迯入地区西方約 6km 程の所にある旧小国町の山野田地すべり防止区域における増沢川でも発生した(図 2-5)。侵食状況は増沢川の堰き止めにより水田面を流下した河川水により幅 15 ～ 20m、深さ約 10m で延長約 100m に渡り侵食され、粘土ないしシルトからなる沢の堆積土砂が多量に流出した（写真 2-21)。

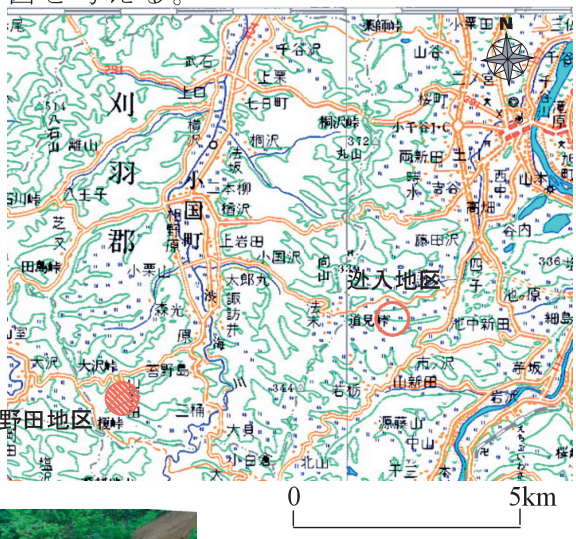


図 2-5　山野田地区位置図



写真2-21　山野田地区における増沢川による侵食状況

（2005年5月30日撮影）

3. 地すべり調査結果

3.1 地質構成

被災範囲は幅 450m の規模を有していることから、地すべり地内に 5 測線配置して図 2-4 に示す位置に置いて 9 孔の調査ボーリングを実施した。当地の地質構成の概要は以下の通りである。

・調査地一帯は、元来脆弱な地質により構成され、軟弱な崩積土砂や堆積土砂がブロック内に存在する。
・移動層は、未固結な粘性土、砂質土より構成される「移動層 1」と、強風化岩を混在する粘性土～岩塊状の「移動層 2」に大別され、陥没帯付近では急崖部からの崩壊土砂となる「崩積土層」が分布する。
・不動地盤となる基岩は、亀裂質であるが硬質なシルト岩・砂岩により構成される。基岩上部に風化し破砕状を呈する「風化帯」が存在する。

表3-1　地質構成一覧

区　分	主な地質	N 値(回)	地　質　状　況	色　調
崩積土層	砂質シルト 砂混りシルト シルト混り中砂	1～14 (平均7.5)	急崖部からの崩壊土砂。 砂・シルト・岩片(φ30～40㎜)の混在層。 全体に軟質若しくは緩く、崩れやすい。	黄茶褐 茶褐 暗灰
移動層１	粘土、シルト 岩片混りシルト シルト混り細砂 シルト混り中砂	1～17 (平均6.3)	未固結で軟質な粘性土と緩い砂質土主体の移動層。 粘性土、砂質土混在する不均質層。 全体に軟質で孔壁の迫り出しや崩壊性に富む。	茶褐 黄灰 青灰
移動層２	砂質シルト、細砂 岩片混りシルト 強風化シルト岩 強風化砂岩	6～47 (平均18.1)	岩塊を混在し未固結部と固結部が混在する移動層。移動層1よりも全体にN値は大きいが軟質部を混在する。 シルト岩は全体に半固結状のものが主体となるが、砂岩は未固結で土砂状を主体とする。	茶褐 黄灰 暗灰
強風化～風化層 (風化帯、不動層)	岩片混りシルト 強風化～風化シルト岩 強風化～風化砂岩	7～50以上 (平均22.4)	全体に軟質である。亀裂が多く認められ、礫状や軟質部が混在する。硬軟の変化が大きい。これら、N値のばらつきや低下は初生すべりの移動の影響を受けた可能性もあるが、現在の地形形状や移動状況からは不動層として判断した。	暗灰
風化～未風化層 (不動層)	風化～未風化シルト岩 風化～未風化砂岩	27～50以上 (平均45.8)	コアは概ね10㎝以上の棒状を主体とし、N値も概ね30以上で大部分が50以上となる。ただし、不規則に亀裂が発達し破砕状部分を混在する。	暗灰

3.2 地下水状況

①簡易揚水試験結果

o ブロック内及び基岩に豊富な地下水が賦存し最大揚水量は Q=16.0 ﾘｯﾄﾙ/min（汲みきれず）を記録する。また、下流側の BV17-9 孔では基岩部より地下水の自噴（最大湧水量 21.42 ﾘｯﾄﾙ/分）が認められた。

o 水頭及び孔内水位は河川横断方向は、背後急斜面から道見川に向かって水頭が低下する傾向を示し、河川縦断方向（図 3-14、E 測線）ではブロック中央部の台地状の高まり（D 測線）まではほぼ水平であるが、これよりも下流側では地形なりに水頭が低下する。

o 層別の透水係数は移動層は基岩と比べて 1 ～ 2 オーダー透水係数が高い傾向を示す。

●崩積土、移動層 1、移動層 2　　：10^{-3}～$^{-4}$（cm/sec）

●風化帯、基岩　　：10^{-4}～$^{-5}$（cm/sec）

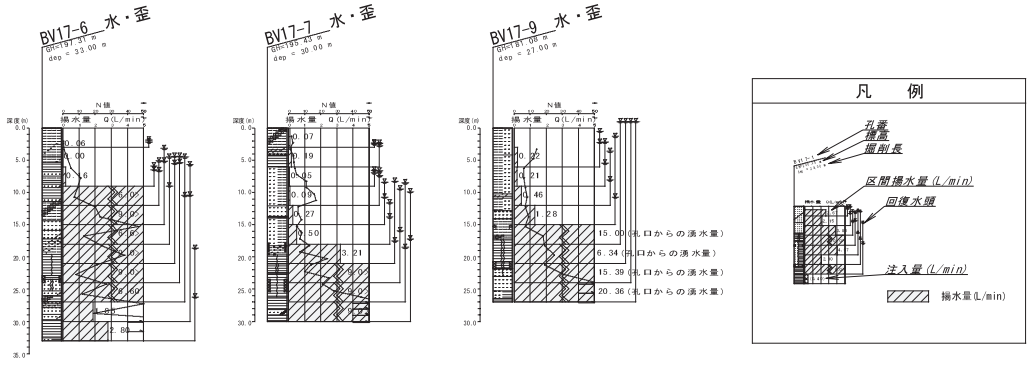


図3-1　揚水試験結果図

孔番　BV17-9

月日	掘削全長 m	ケーシング深度 m	孔内水位 m
7月25日	1.0		
7月26日	8.0	6.0	1.87
7月27日	14.0	12.0	0.30
7月28日	18.5	18.0	0.37
7月29日	24.0	21.0	(0.54)
7月30日	27.0	24.0	(0.50)
8月5日	27.0		(0.10)
8月17日			0.00
8月24日			0.00
8月31日			0.00

※孔内水位の()はGL+

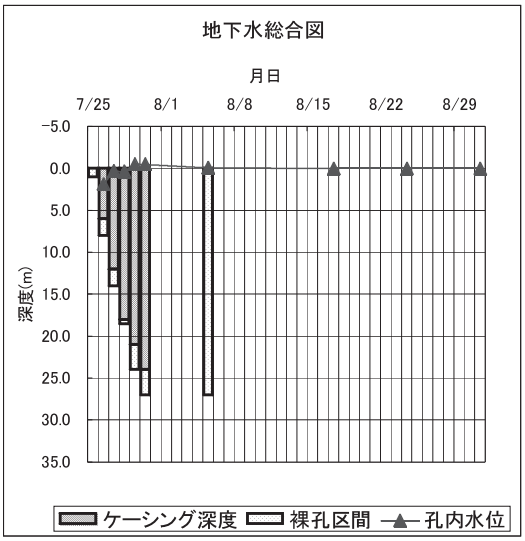


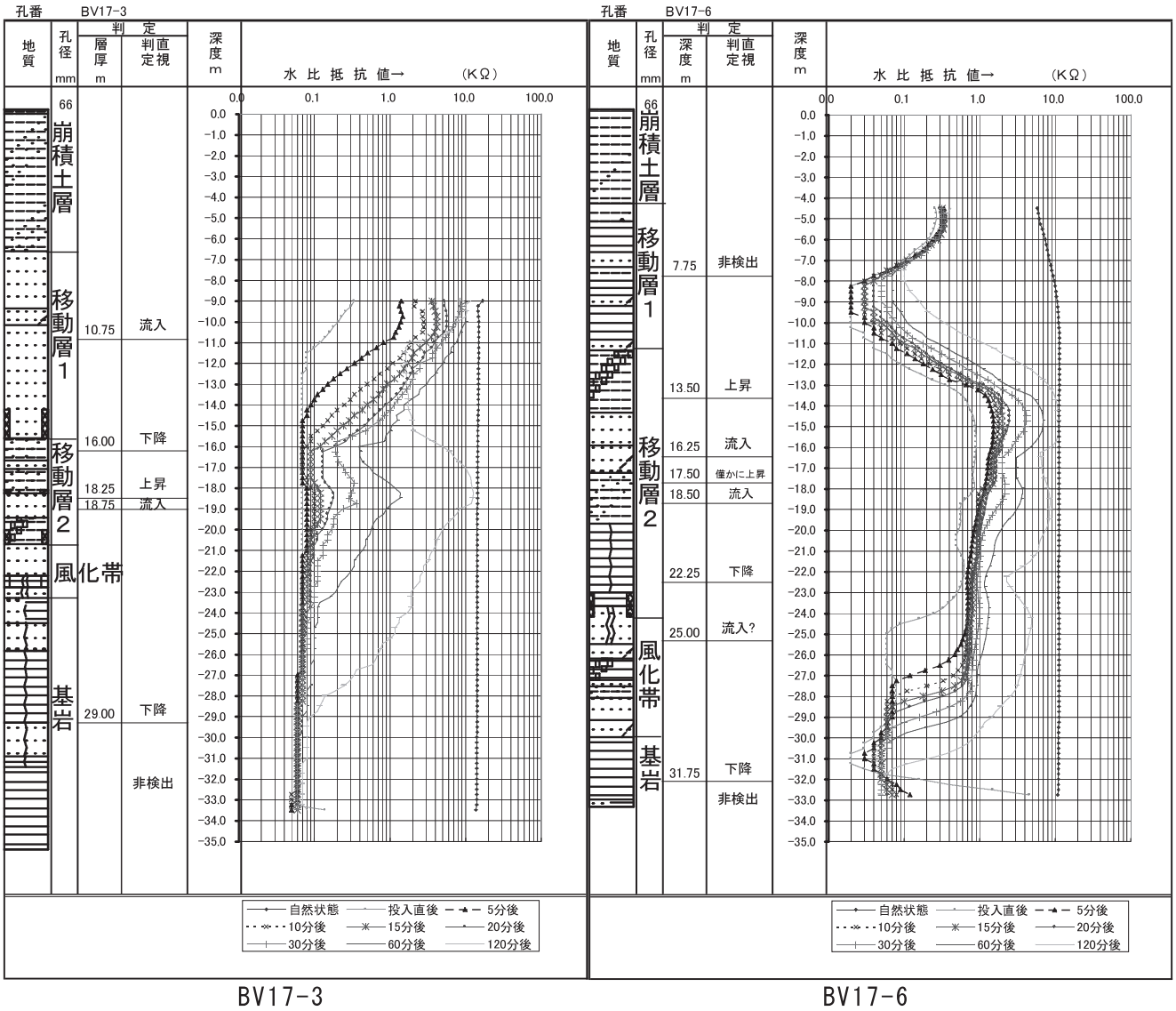
図3-2　地下水総合図（BV17-9）

②地下水検層結果

o 主に風化帯よりも上位で地下水の流動性が大きい。

o 地下水流入箇所は、地層境界部や破砕部周辺が主体である。

o 基岩部での流動性は極めて低い。



BV17-3　　BV17-6

図3-3　地下水検層結果図

3.3 地すべり観測結果

地すべり観測は、被災ブロック内において地下水観測(9 孔)、パイプ歪計観測(5 孔)を実施した。

なお、観測は平成 18 年度からの対策工施工に伴って欠測または観測不能となっている箇所が存在する。

①地下水位　9 孔(H17/8 ～ H18)

設置位置　調査孔全孔

観測結果　各孔とも降水量との相関性が認められる。

水位は融雪期、連続降雨で上昇し各孔の最高水位は、融雪期(5 月)、連続降雨期(7 月、12 月)に現れている。

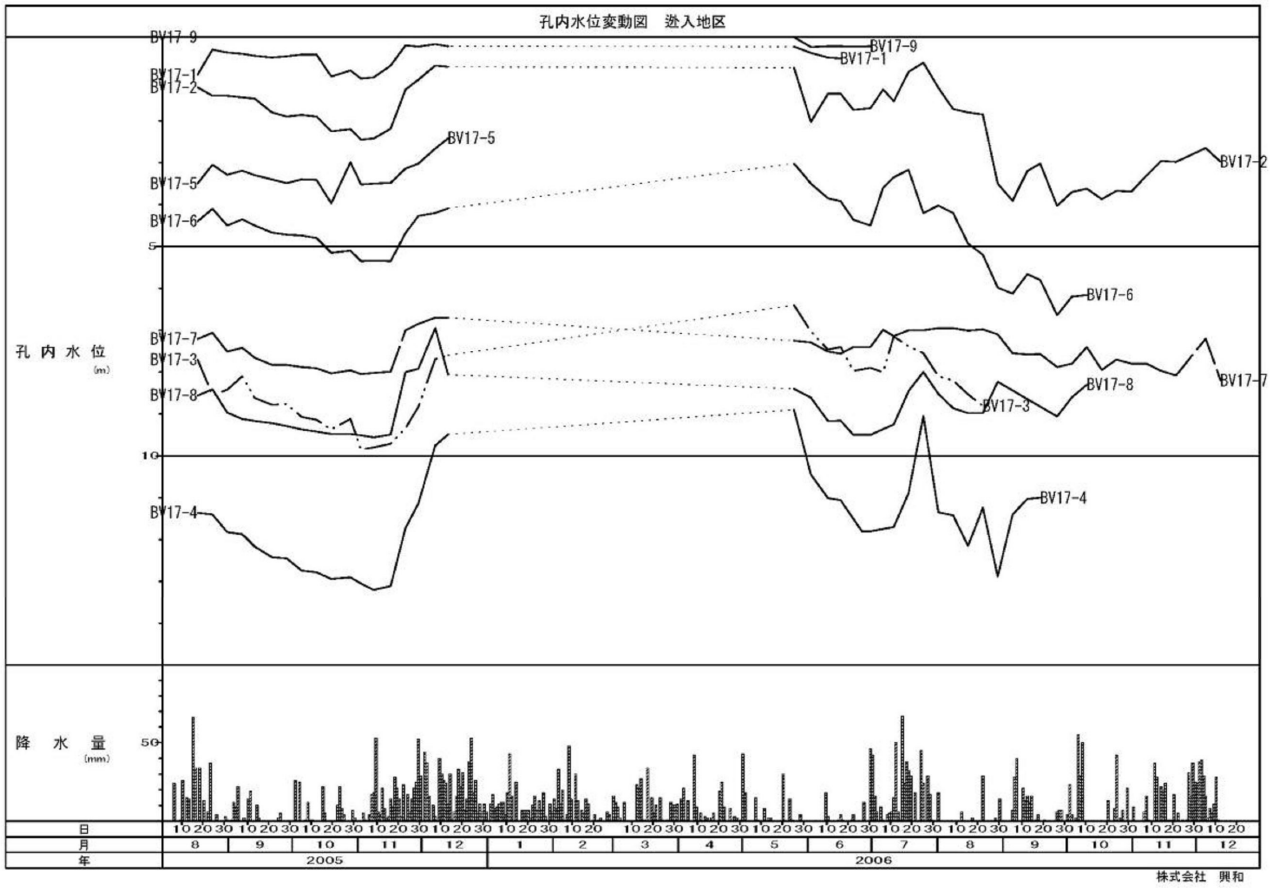


図3-4　地下水位変動図

②歪計観測孔 5 孔(H17/8 ～ H18)

設置位置　BV17-2(対象測線 : B 測線)

BV17-4(対象測線 : D 測線)

BV17-6(対象測線 : A 測線)

BV17-7(対象測線 : A 測線)

BV17-9(対象測線 : C 測線)

観測結果　BV17-4 を除く各孔では平成 18 年以降で土工の影響による変位が認められるものの、地すべり変位として確定できる変動は認められない。

BV17-4 は、深度 11m 以浅において変位が認められる。変位は X 方向(河川横断方向)よりも Y 方向(河川縦断方向)への変位が大きく Y 方向での最大変位は融雪前後で深度 9m に 488 μ/月となり、潜在変動に区分される。ただし、融雪以降の変位の累積は認められない。

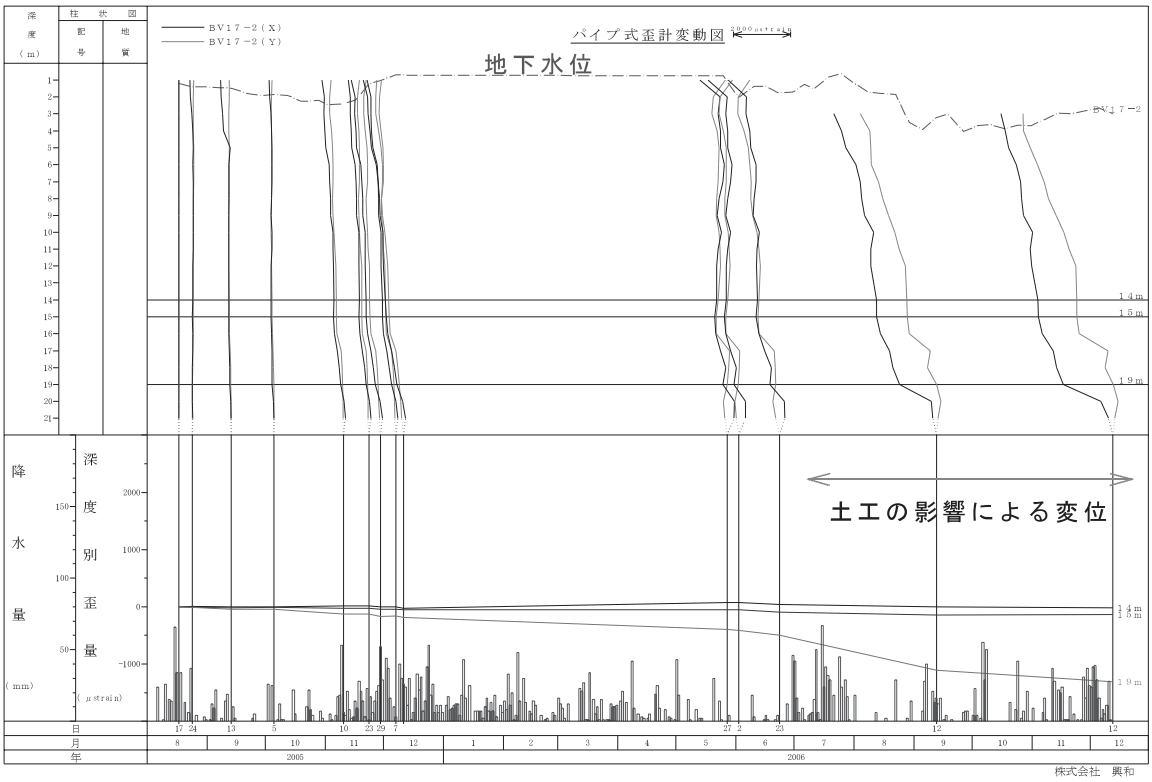


図3-5　BV17-2(B測線)歪み変位図(黒線X方向、赤線Y方向)

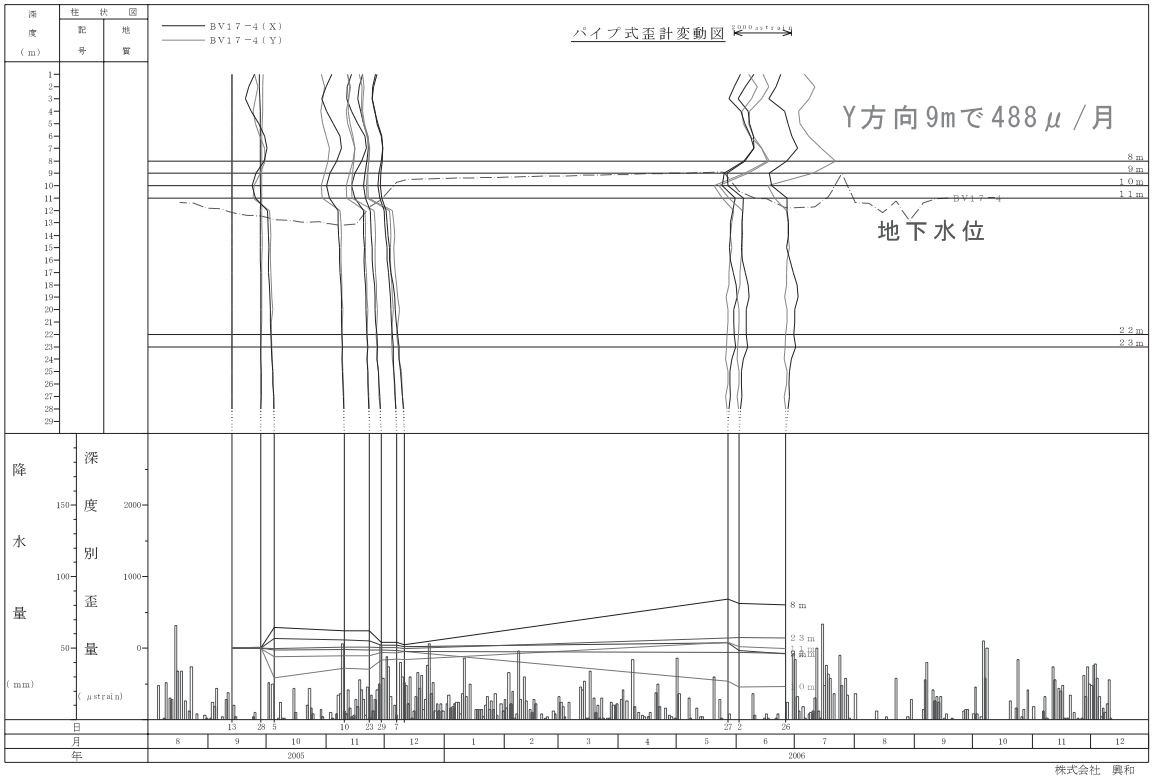


図3-6　BV17-4(D測線)歪み変位図(黒線X方向、赤線Y方向)

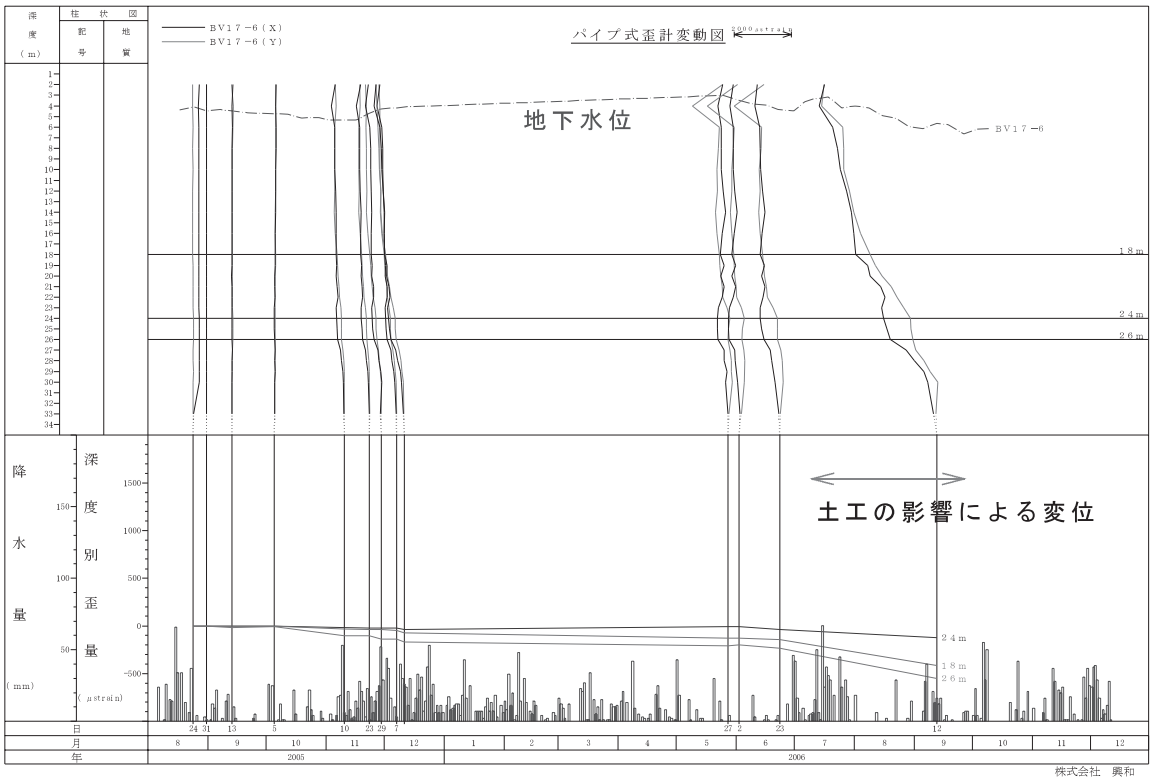


図3-7　BV17-6(A測線)歪み変位図(黒線X方向、赤線Y方向)

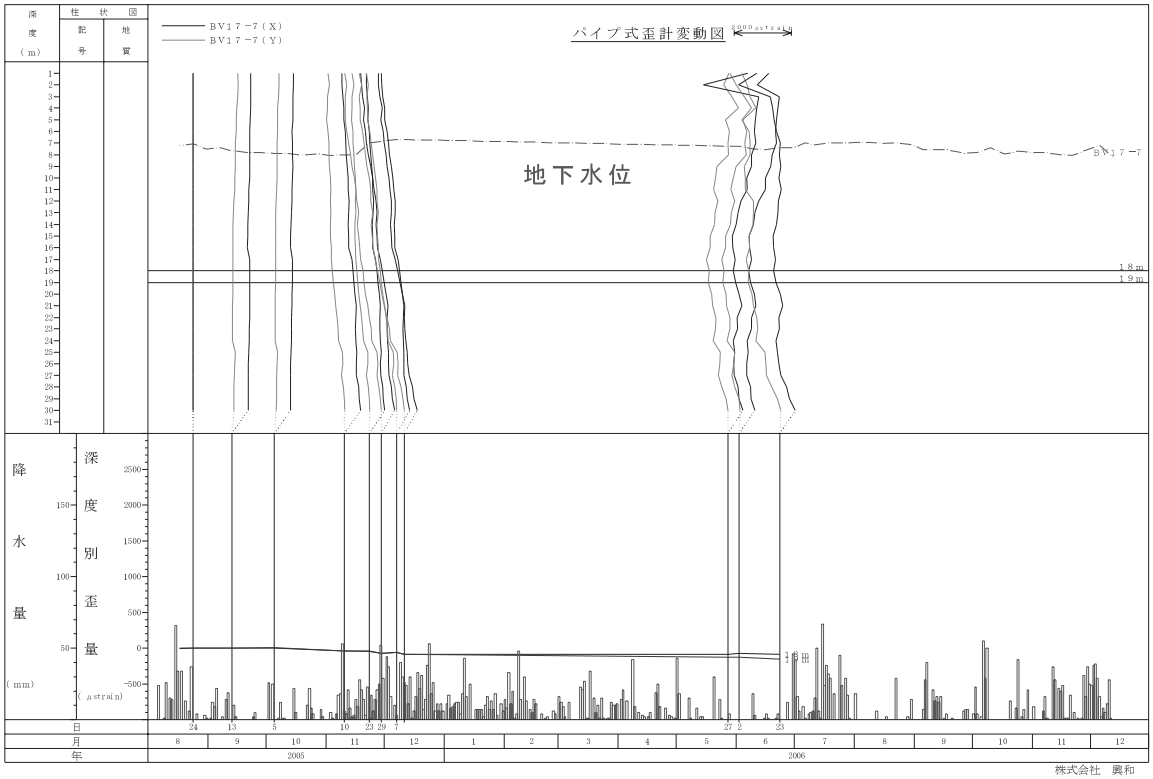


図3-8　BV17-7(A測線)歪み変位図(黒線X方向、赤線Y方向)

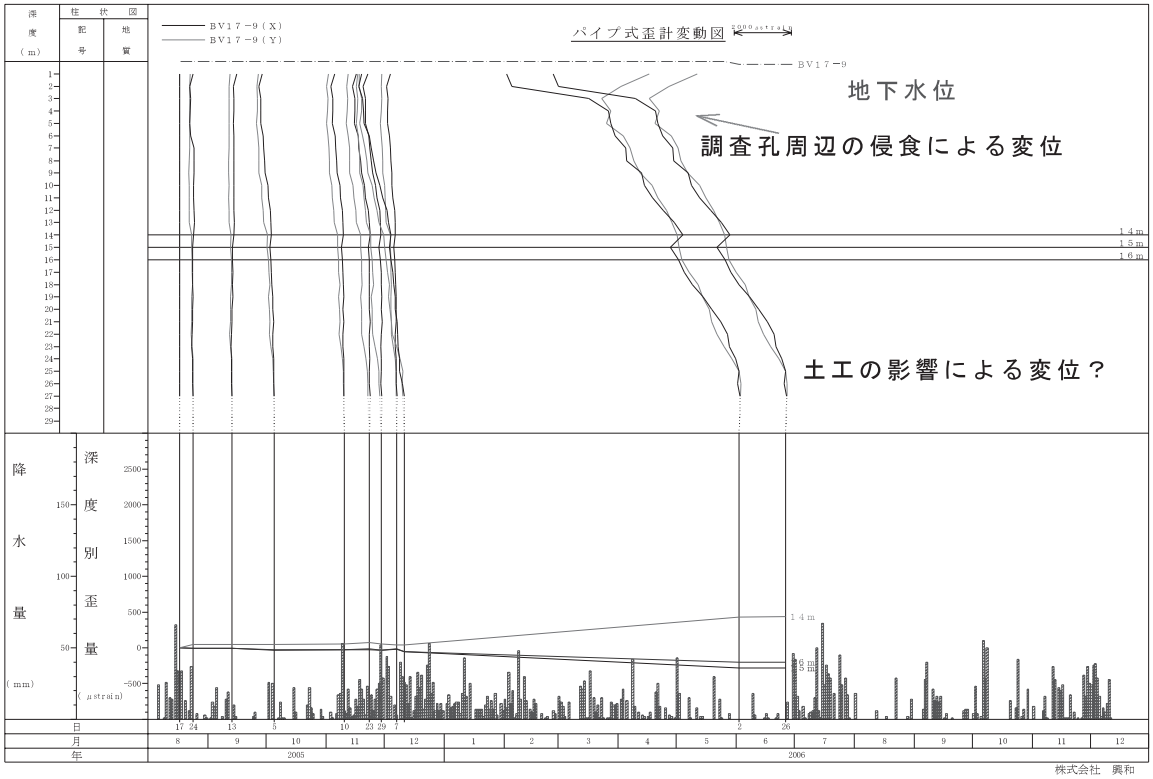


図3-9　BV17-9(C測線)歪み変位図(黒線X方向、赤線Y方向)

以上、参考文献4)による。

3.4 すべり面

すべり面深度はパイプ歪計によるすべり面調査により決定することを原則とするが、移動観測の結果では明瞭な変位が認められていない。そのため本調査では以下の項目に着目してすべり面を推定した。

①コア状況。基岩は砂岩シルト岩互層が分布し、明瞭なすべり面粘土の分布は認められていないが、層厚 30cm 以上の範囲で破砕部や軟質部が連続する区間が存在する。

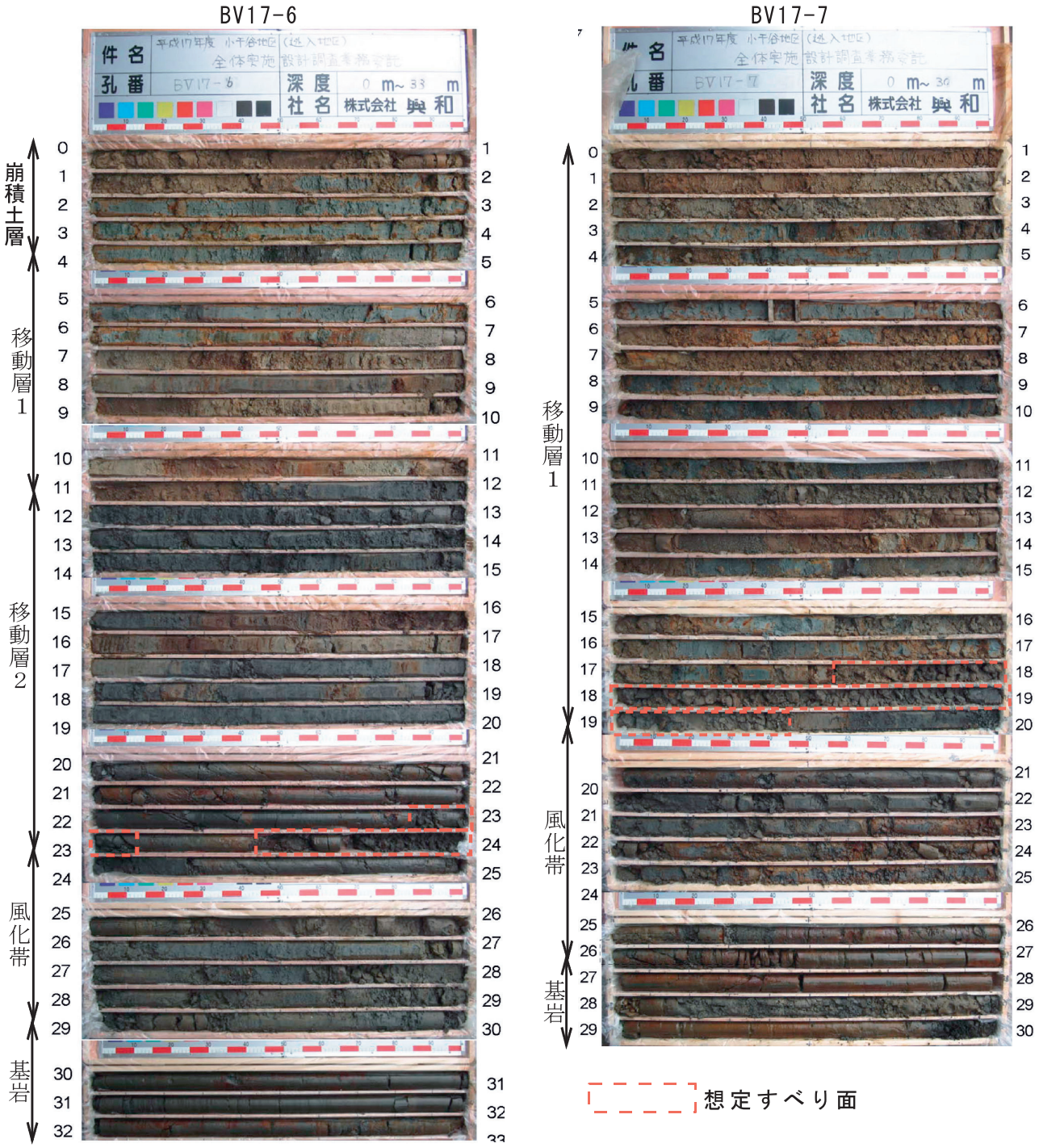
②標準貫入試験 N 値。N 値の変化が大きい箇所。

③地すべり地形と形状。特に頭部と末端の形状や変状に注目するとともに、新旧地形形状を比較した移動形態を考慮した。

表3-2　各孔のすべり面深度

孔番	すべり面深度(m)	移動観測判定結果	すべり面上部の平均N 値	すべり面下部の平均N 値	コア状況
BV17-1	11.9～12.3	－	－	－	強風化砂岩。土砂状～礫状区間で破砕を受け砕けている。
BV17-2	12.4～14.5	「変位無し」	１０．４	１６	強風化砂岩。特に崩壊性に富む区間。
BV17-3	19.9～20.55	－	－	－	岩片混りシルト。礫状破砕部及び軟質区間。
BV17-4	10.35	深度11m「潜在変動」	３．４	１６．６	シルト、細砂。移動層１と移動層２の境界部。
	22.6～22.9	「変位無し」	１６．６	３４．６	風化泥岩。礫状～片状に破砕されている。
BV17-5	9.25～11.0	－	１０	４２．６	岩片混りシルト。連続する破砕状区間及び粘土化区間。
BV17-6	22.85～24.0	「変位無し」	２４．３（すべり面付近N=８）	２７	強風化砂岩～泥岩。土砂状～礫状区間。
BV17-7	17.6～19.4	「変位無し」	７．３	２０．３	砂質シルト。土砂状、礫状を呈す軟質区間。
BV17-8	13.0～14.5	－	２９．０（すべり面付近N=20）	２８．７	風化砂岩。酸化褐色区間。
BV17-9	15.05～15.45	「変位無し」	７．８	２０．３	シルト中の砂挟在部。特に締まり緩く含水が非常に多い。

代表的なボーリングコアの写真を示す。移動層 1 は茶褐～暗灰色を示す砂と淡黄灰色を示すシルトが混在する不均質な地層である。移動層 2 は暗灰色を示す岩片混じりシルトから強風化シルト岩を主体として茶褐色に酸化した砂や強風化砂岩を混在している。風化帯には、岩片は比較的硬いが亀裂が密在している箇所を混在している。基岩のシルト岩砂岩互層はシルト岩部で棒状となるが、砂岩部では固結度が低い。すべり面は移動層と地山(基岩)の境界にあると考えている。



以上の調査結果より断面図を作成した。

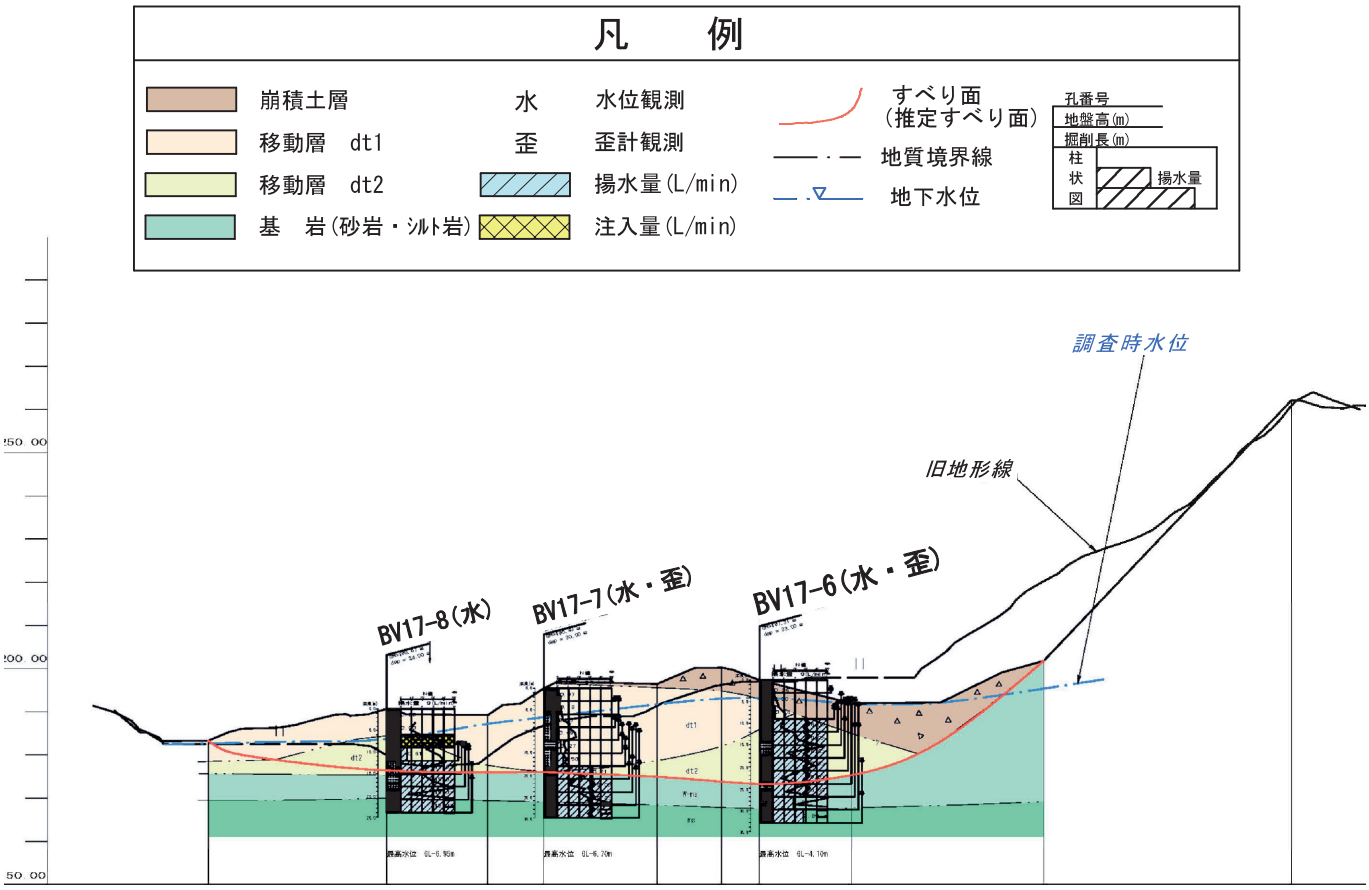


図3-10　A測線地質断面図

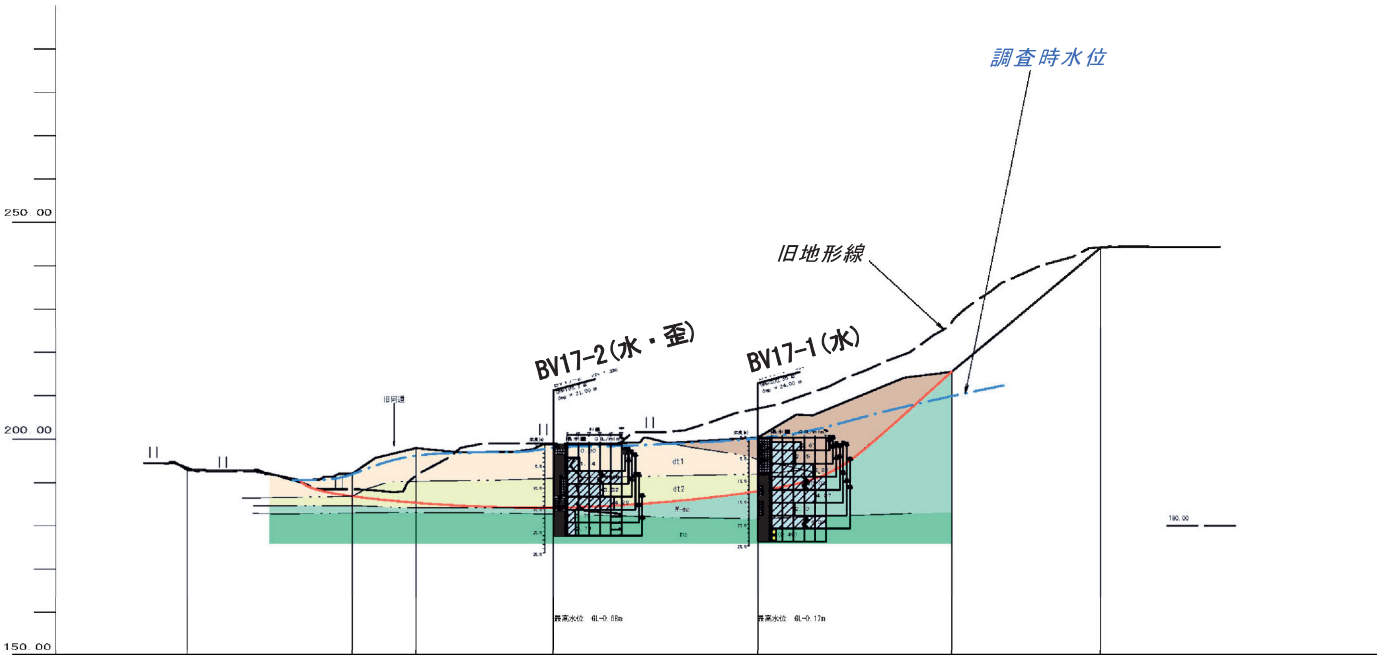


図3-11　B測線地質断面図

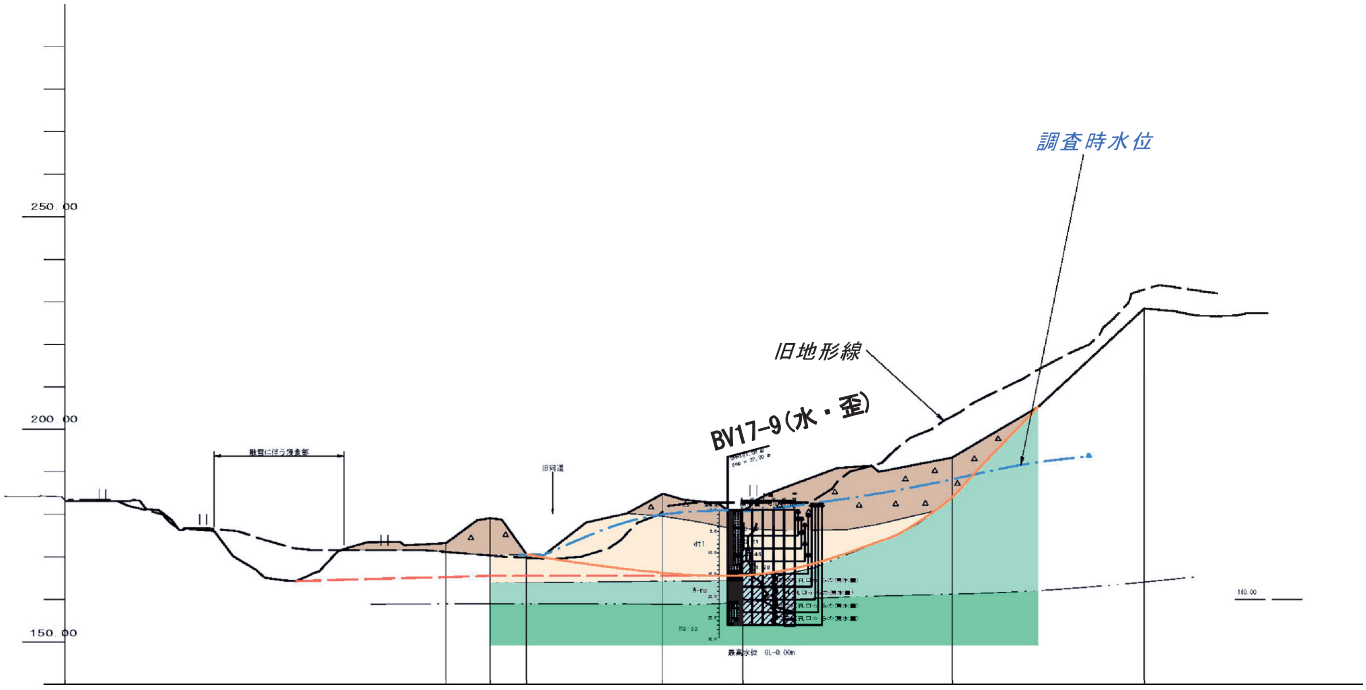


図3-12　C測線地質断面図

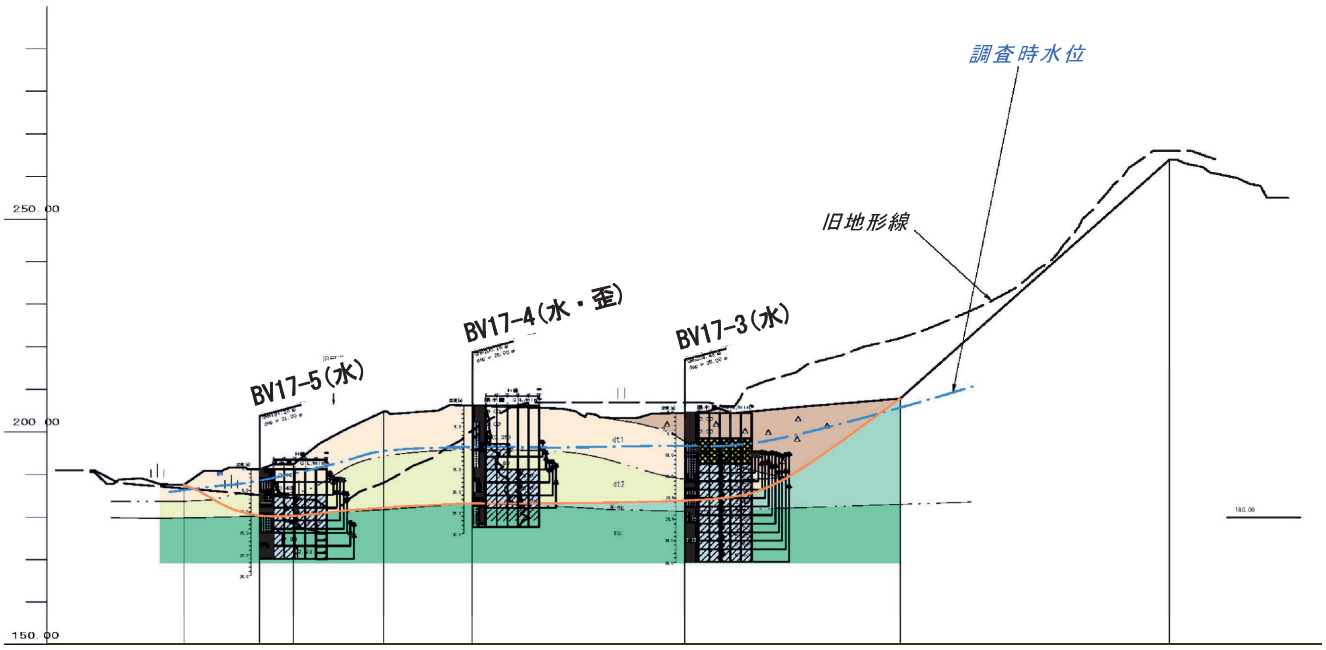


図3-13　D測線地質断面図

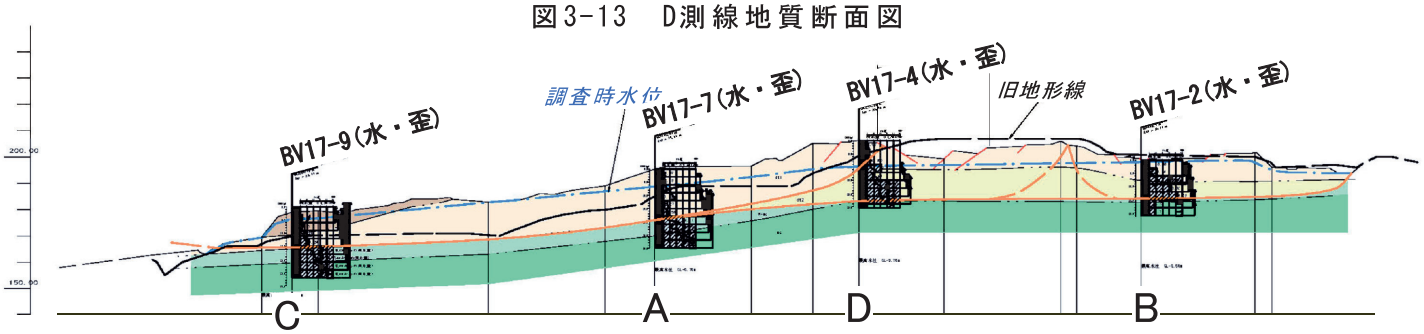


図3-14　E測線地質断面図

4. 地すべり発生機構

4.1 素因と誘因

調査結果より素因と誘因として以下が挙げられる。

○素因：・地形的に初生すべり末端に位置し、斜面内には軟質(緩い)な移動土塊及び崩積土が分布すること。

・地質的に強度が低く風化しやすい地質により構成されること。

・基岩中の破砕部等の脆弱部が存在すること。

・豊富に存在し被圧傾向を持つ地下水。

○誘因：・数日前の台風による地下水位(間隙水圧)の上昇。

・新潟県中越地震の発生。

・急崖部の崩壊発生と崩壊土砂による衝撃及び上載荷重の増加。

・地震動による土塊の変形と破壊。

4.2 移動の特徴

移動形態を考察する上で亀裂分布域の水田に発生した亀裂に着目すると、河川と平行方向に発生した亀裂(平行亀裂)、河川と横断方向に発生した亀裂(横断亀裂)の異なる方向に延びる亀裂が分布する。

平行亀裂は水田の滑落崖域側で顕著に発生し亀裂は開口しているが、亀裂の段差は殆ど認められない。一方、横断亀裂は水田に比高約 3m の陥没帯を伴い、陥没部を除き亀裂の下流側が沈み込んでいる。

さらに 2 つの亀裂の関係を見ると平行亀裂を横断亀裂が寸断していることが解る。

この事から発生順序として平行亀裂が発生し、その後横断亀裂が発生した。つまり、亀裂の発生に時間的な差が存在していたことと共に、河川方向へ移動したときに発生した平行亀裂と河川下流方向へ移動したときに発生した横断亀裂の存在より土塊の移動方向が変化したことを示している[5)]。



写真4-1　○平行亀裂　○横断亀裂

平行亀裂を横断亀裂が寸断する。

以上までの事と地すべり移動ベクトルより、「逆入地区」の地すべりの発生過程を以下のように推定した(図 4-1)。

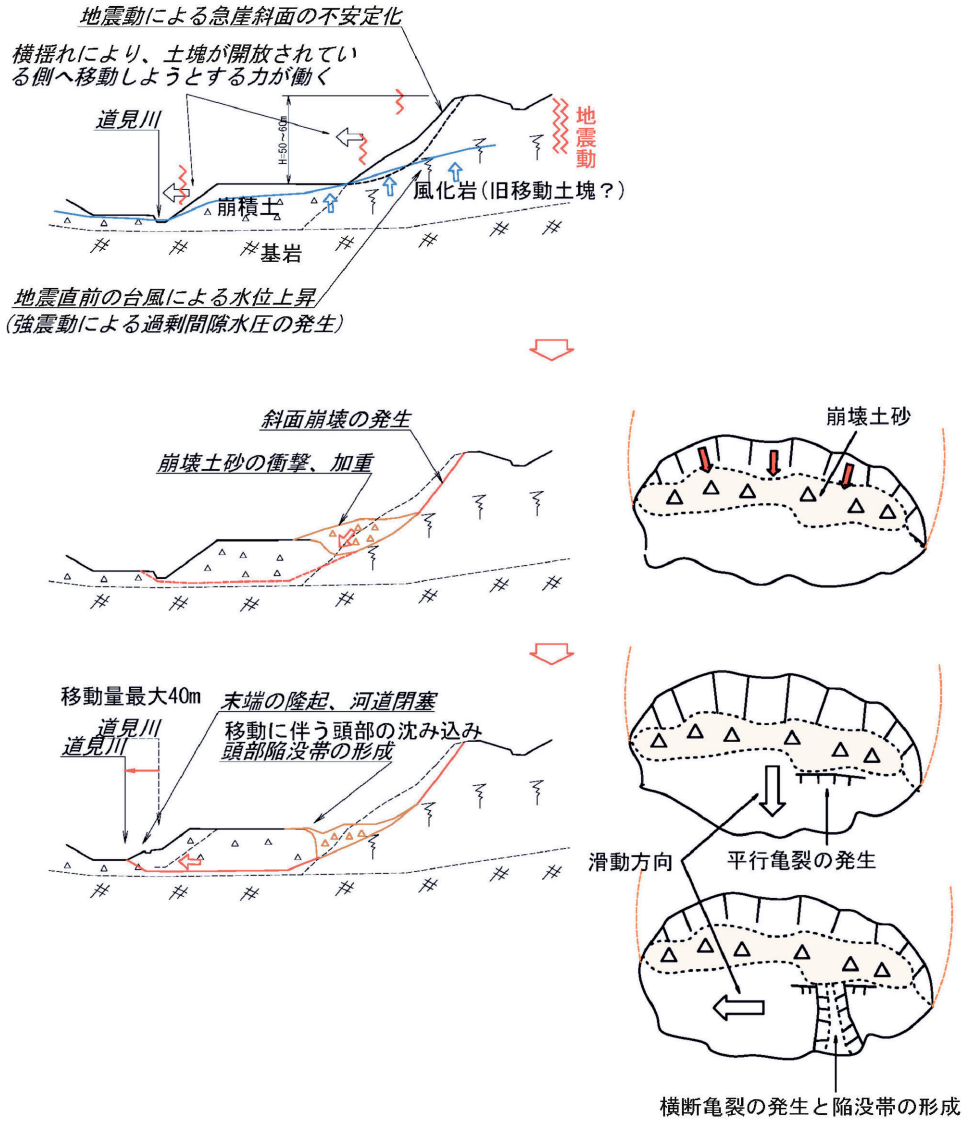


図 4-1　逆入地すべり移動形態概念図

①新潟県中越地震発生 3 日前の台風 23 号の豪雨により多量の地下水が供給されていた。

②新潟県中越地震の発生で地震動により地すべりブロック南側の急崖部で崖錐を含む崩壊性の地すべりが発生した。これは、各地質断面図に示した新旧地形形状の対比より 10～15m の層厚を持つ土塊が不安定化したものと考えられる。この土砂が急崖下部の平坦面へ上載荷重及び衝撃を与えた。

③崩壊土砂と地震動による斜面内部の土塊の変形や破壊が生じて、北側へ大きく移動した(平行亀裂の発生)。

④対岸斜面の地形によって閉じこめられた移動土塊は解放されている東側(河川下流方向)へ再滑動した(横断亀裂の発生)。

この様に①から④の過程を経て活動したことが予想されるが、③と④の時間差は不明であり、「③の滑動→停止→④の滑動」となるのか、一連の滑動の中で移動方向が変化したことにより2つの亀裂が発生したのかは不明である。

また当地では移動土塊としてN値6程度の砂・シルトが分布し地下水も豊富に存在していることから、すべり面の勾配が緩傾斜であるにもかかわらず大規模に滑動した要因の一つとして土塊の液状化が水平変位に関わった可能性もある[6)]。

4.3 地震後に想定される不安定化要因

融雪後の道見川による侵食拡大による対岸の既往地すべりの末端で変状が認められたこと、南側斜面の崩壊による土砂供給により地すべりが不安定化する事が予想される。

以下に今後地すべりに対して不安定化させる要因を示す。

・道見川による渓流侵食の進行による末端欠如。
・降雨、融雪による地下水位(間隙水圧)の上昇。
・南側斜面の斜面崩壊による崩壊土砂の堆積。

5.復旧工法の検討

当地では地震により大きく移動した後、明瞭な変位は認められず安定化した状態である。しかし、施設の復旧にともなう土工や末端の激しい侵食にともなって不安定化する恐れがあるので、そうした不安定化の要因を取り除くことを主眼に復旧工法を計画した。

5.1 復旧対象

・農地
・農業施設(農道、用水路)
・河川(道見川)

5.2 不安定化要因

①河川の侵食による不安定化の改善と拡大の防止。
②豊富に存在し、被圧傾向を持つ地下水の排除。
③南側斜面の崩壊発生防止。

当地は道見川による侵食にともない、両岸の地すべりが不安定化する恐れがあるため、侵食防止工と流路工を最優先に実施する事として計画した。侵食防止工としては、「堰堤工＋盛土工(埋土)」を選定した。

5.3 安定解析

代表断面の設定にあたっては、河川横断方向は、観測結果より現況斜面で安定しているものと考えられる。今後、地すべりが発生する可能性がある断面として末端侵食の進行により河川縦断方向で地すべりが再活動する危険性を有している。

以上より河川縦断方向のE測線を代表断面として強度定数を設定しA～D測線における安定度の確認を行った。

観測結果よりD、E測線交点のBV17-4の深度11m以浅で歪計に変位が認められる。降雨や融雪時の水位の上昇時に変動することから、Fs=0.98を初期安全率として設定した。

目標安全率は、保全対象を考慮してFsp=1.10に設定した。

すべり面強度は、地すべり層厚から粘着力Cを想定しφを逆算した場合φ=5.6°となる。ただし、すべり面を構成する土質は砂・砂質土等の砂(岩)を多く混在し構成されているため、逆算法によるφの妥当性を迯入地区の既存資料や各種文献より検討し、強度定数φ=10°と設定し、粘着力Cを逆算により算出した。

表5-1　安定解析結果

迯入地区　右岸ブロック　安全率フロー

	E測線	A測線	B測線	C測線	D測線
現　況　安　全　率	Fs=0.98	Fs=2.86	FS=1.00	FS=1.00	FS=1.31
目標安全率	Fs=1.10				
土　工 排土工･盛土工	Fs=1.37	Fs=2.80	Fs=1.10	Fs=1.06	Fs=1.10
地下水排除工 △h=1.0m				Fs=1.10 (10%up)	

5.4 復旧工法の選定

以上より地すべり本体に対しては、農地復旧のための整形を兼ねた頭部排土により大部分が目標安全率を満足するものの、不安定化要因を排除するために地表水及び地下水を排除し地すべりの安定を図る必要がある。工種としては地すべりブロック上部では「水抜きボーリング工」、中央部で「集水井工」を計画した。そして、斜面崩壊は表層崩壊と侵食が主体であるため緊急性は前述の工法と比較して低いものの、将来的に頭部荷重が増加す

ることは確かであり周辺斜面との景観も考慮すると、小崩壊と侵食の防止及び緑化を目的とした「法面保護工」を順次実施する必要がある。復旧工法は、地すべりブロックの安定を図るために当地では上記の工法を組み合わせて計画した。

現時点では、「堰堤工」「盛土工」「排土工」「流路工」が実施済みであり、今後、「地下水排除工」、「法面保護工」を順次実施する計画である。

表5-2 対策工一覧

工　　種	位　　置	目　　的
堰堤工＋盛土工	下流侵食部	侵食拡大防止と侵食部を強制堆砂させ両岸地すべりブロックの安定度の改善と不安定化進行を防ぐ。
流路工	道見川流域	閉塞した道見川の流路を確保し侵食拡大を防止する。
地下水排除工	ブロック内	発生要因である地下水を排除する。
頭部排土工＋整地工		地すべりの滑動力を抑制する。また、斜面内亀裂からの浸透防止と各施設復旧に伴う整地・排土。
法面保護工	南側急崖部	斜面の崩壊・侵食防止。

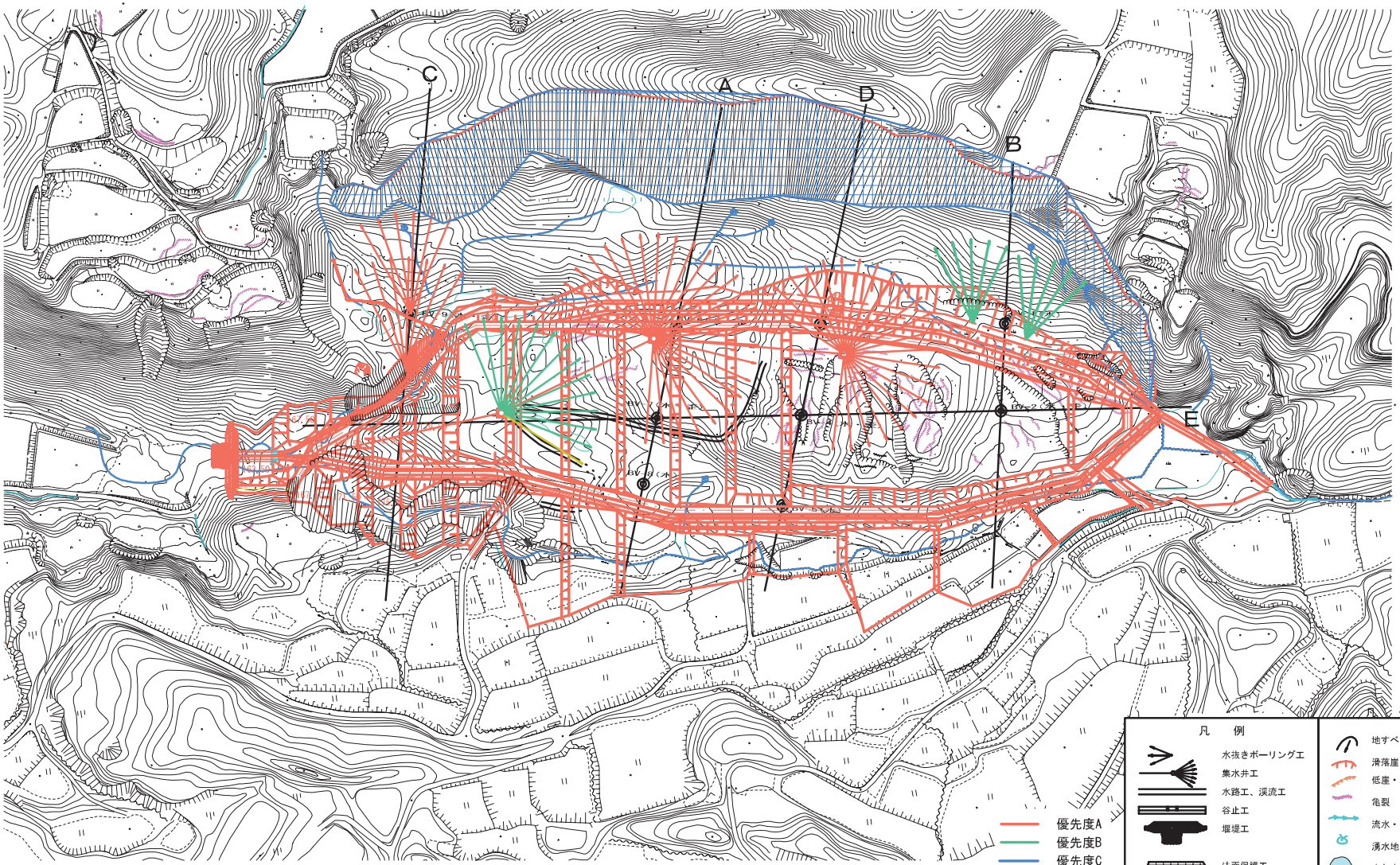

A
B
C
D
E
凡　例
水抜きボーリング工
集水井工
水路工、渓流工
谷止工
堰堤工
法面保護工
凡　例
地すべり地形
滑落崖
低崖・段差
亀裂
流水・沢
湧水地
水たまり・灌水地
隆起部
地すべり発生前の河川流路
優先度A
優先度B
優先度C
0
100
200
300
400
500m

図５－１　対策工平面図

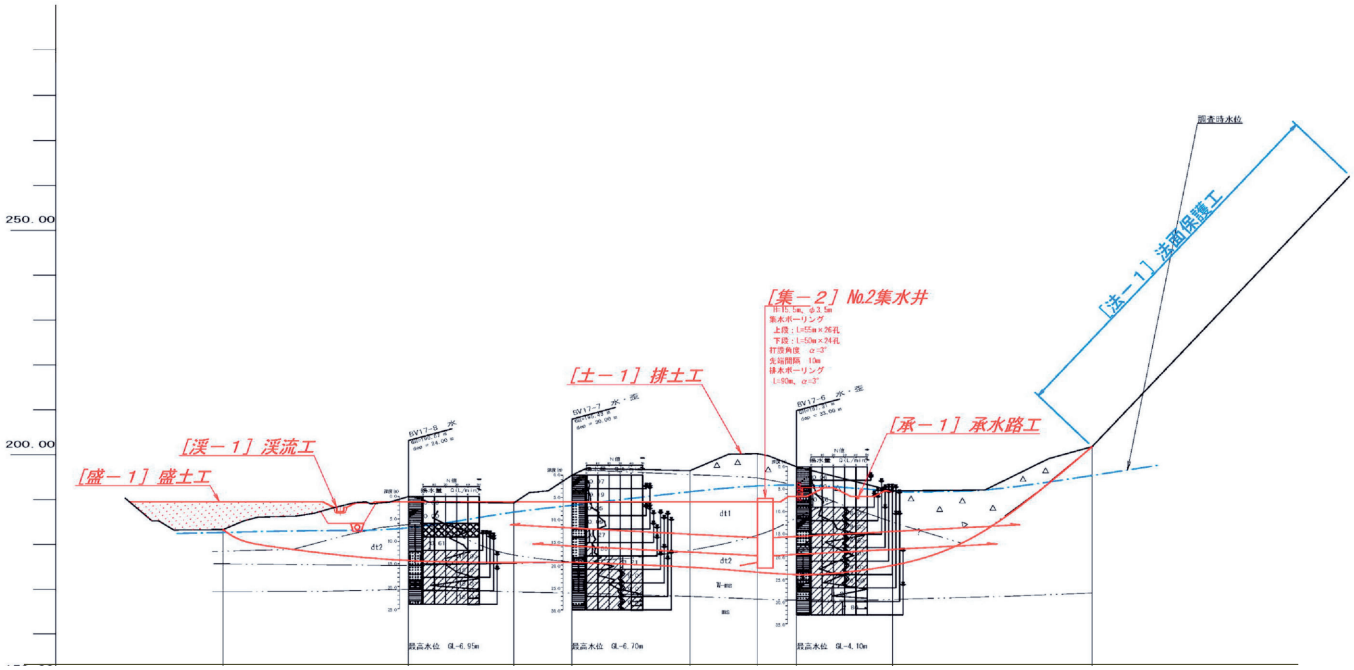


図5-2　対策工断面図（A測線）

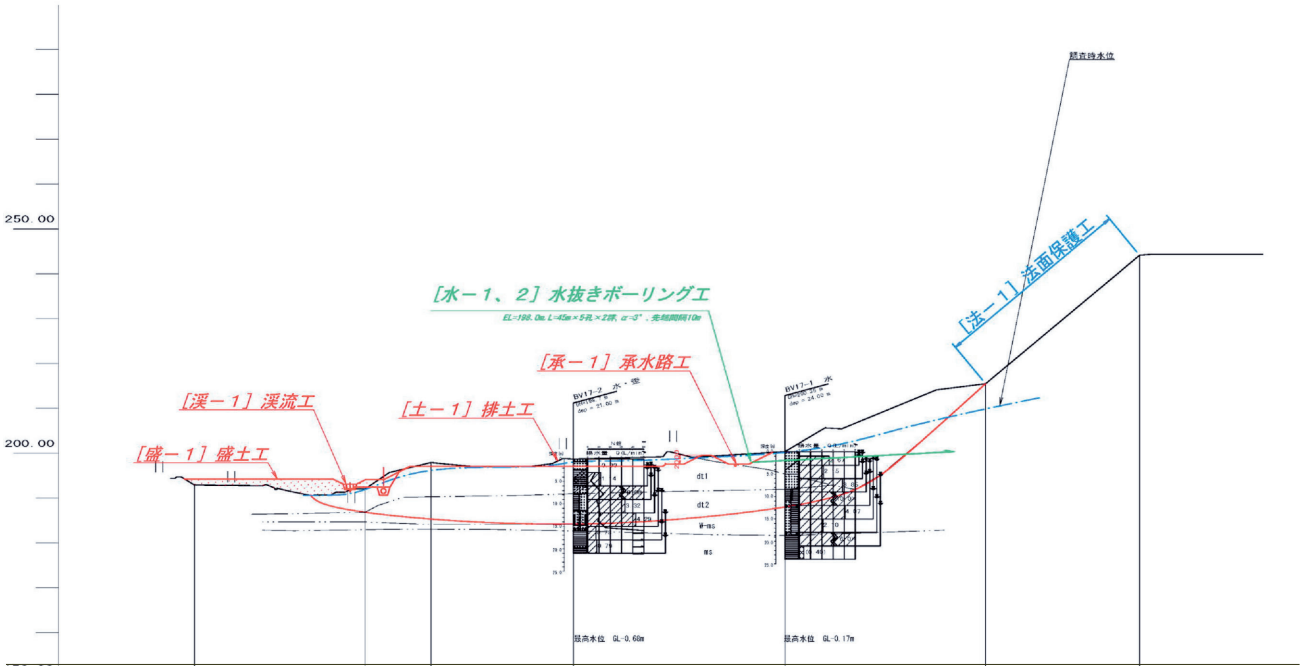


図5-3　対策工断面図（B測線）

――	優先度A・・・・最も早急に施工する対策工
――	優先度B・・・・優先度A施工後に順次実施する対策工
――	優先度C・・・・優先度A、B施工後に順次実施する対策工

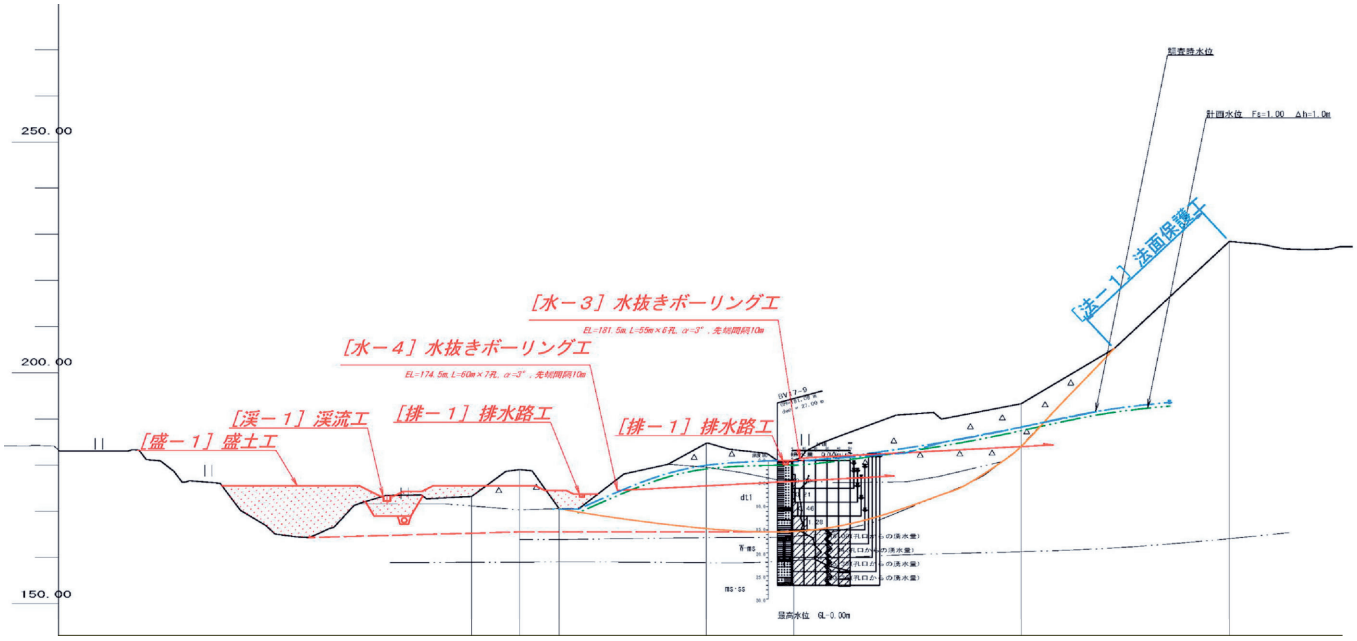


図5-4　対策工断面図（C測線）

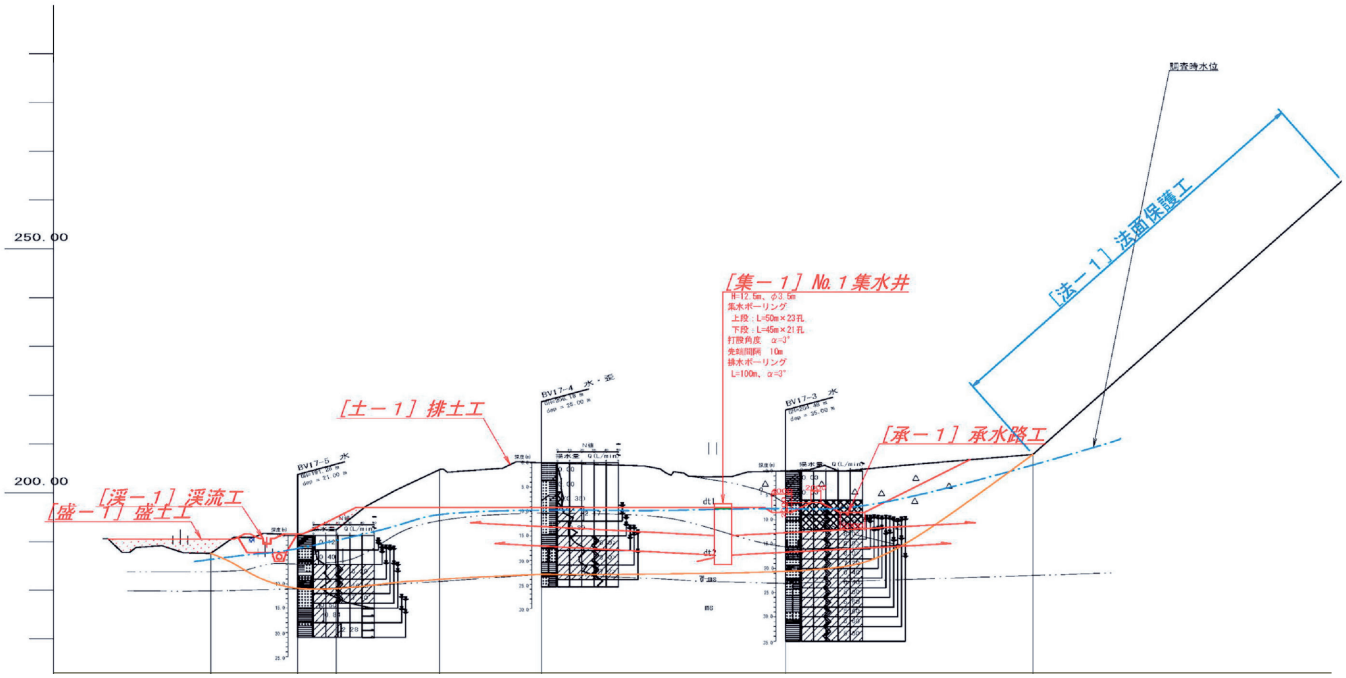


図5-5　対策工断面図（D断面）

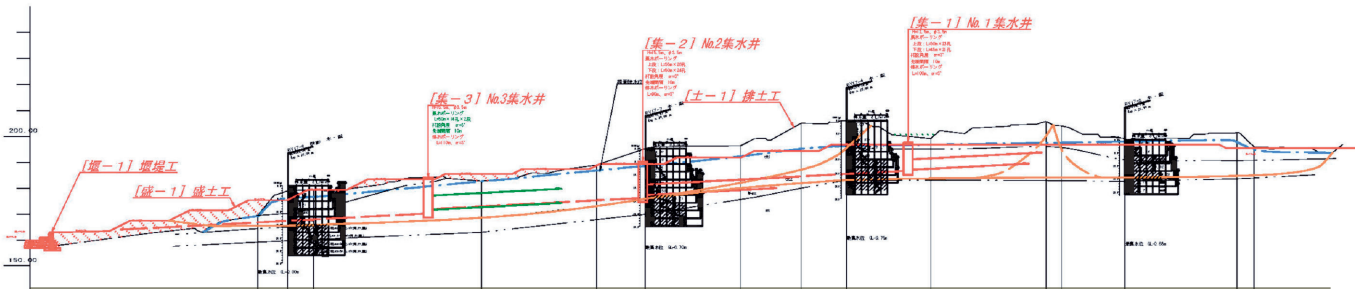


図5-6　対策工断面図（E断面）

《引用文献・参考文献》

1) 柳沢幸夫・小林巖雄・竹内圭史・立石雅昭・茅原一也・加藤碵一(1986):小千谷地域の地質,地域地質研究報告(5万分の1地質図幅),地質調査所,177p.

2) 廣橋典明(2006):地震で発生した地すべり災害～小千谷市逆入地すべりの事例～, 新潟県中越地震と地すべりーその3　山間地の復興に向けてー,第34回地すべり学会新潟支部シンポジウム,pp.8-11.

3) (独) 防災科学技術研究所 防災システム研究センター:地すべり地形分布図データベース, http://lsweb1.ess.bosai.go.jp/jisuberi/jisuberi_mini/index.asp

4) 新潟県長岡地域振興局農林振興部(2005):平成 17 年度　県営地すべり対策事業 小千谷地区(逆入地区)全体実施設計調査業務委託 報告書.

5) 廣橋典明・坂井俊介・山本宏幸・刈屋賢一(2006):中越地震で発生した「逆入地すべり」の移動特性, 第45回日本地すべり学会研究発表会講演集,pp.165-168.

6) 廣橋典明・高橋浩之・大塚悟(2007):緩傾斜面で大移動が生じた地すべりに対する地震動の影響ー逆入地すべりの事例ー,第46回日本地すべり学会研究発表会講演集,pp.95-96.

新潟県中越地震と地すべり
－その６　迯入（にぎり）地すべり－

編　集
発　行　　㈳日本地すべり学会新潟支部

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 新潟市中央区新島町通1ノ町1977番地2
TEL (025)225-8360　　FAX (025)225-8361

会　　員

25社　(H19.9.1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 新潟市中央区幸西 1-1-11	(025)245-8345	(025)245-8349
応　用　地　質　(株) 東京本社　新潟支店	中川　渉	〒950-0864 新潟市東区紫竹 7-27-35	(025)274-5656	(025)271-6765
開　発　技　建　(株)	花市 顕悟	〒951-8153 新潟市中央区文京町 22-21	(025)265-2261	(025)267-8912
川　崎　地　質　(株) 北　陸　支　店	川太　誠	〒950-0914 新潟市中央区紫竹山 5-7-5	(025)241-6294	(025)241-6226
(株)　キ　タ　ッ　ク	中山 輝也	〒950-0965 新潟市中央区新光町 10-2	(025)281-1111	(025)281-0001
基礎地盤コンサルタンツ(株) 北　陸　支　店	久保田 耕司	〒950-0925 新潟市中央区弁天橋通 1-2-34	(025)257-1888	(025)257-1880
(株)　興　和	島原 利昭	〒950-8565 新潟市中央区新光町 6-1	(025)281-8811	(025)281-8833
国　土　防　災　技　術　(株) 新　潟　支　店	齊藤 彰朗	〒950-2042 新潟市西区坂井 1035-1	(025)260-2245	(025)260-7522
三　祐　(株) 新　潟　支　店	佐藤 豊一	〒950-0992 新潟市中央区上所上 1-16-8	(025)285-0301	(025)285-0302
サンコーコンサルタント(株) 北　陸　支　店	川本 和秀	〒950-2055 新潟市西区寺尾上 4-4-15	(025)260-3141	(025)268-4950
(株)　新　協　地　質	篠崎 寿一	〒950-0864 新潟市東区紫竹 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 新潟市江南区山二ツ 309-1	(025)286-7188	(025)287-0096
(株) 大東設計コンサルタント 新　潟　支　店	阿久津 弘志	〒950-0086 新潟市中央区花園 2-1-16	(025)246-1320	(025)247-3740
(株) ダイヤコンサルタント 北　陸　支　社	佐藤 成美	〒950-2001 新潟市西区浦山 4-1-24	(025)234-2110	(025)234-2111
中　央　開　発　(株) 北　陸　支　店	福田 健一	〒950-0982 新潟市中央区堀之内南 3-1-21	(025)283-0211	(025)283-0212
利根 コンサルタント (株) 新　潟　支　店	小林 正行	〒950-0912 新潟市中央区南笹口 1-1-38	(025)249-2137	(025)249-2136
東　邦　地　水　(株) 新　潟　支　社	平岩 政俊	〒940-0082 長岡市千歳 1-3-37	(0258)33-2846	(0258)33-2863
(株) 東京ソイルリサーチ 新　潟　営　業　所	前田 建實	〒950-0014 新潟市東区松崎 1-16-37	(025)272-1612	(025)272-1613
(株)　日　さ　く 北　信　越　支　社	斉藤　茂	〒950-0891 新潟市東区上木戸 1-10-1	(025)273-6301	(025)271-1110
日　特　建　設　(株) 北　陸　支　店	按田 純輝	〒950-0864 新潟市東区紫竹 5-26-1	(025)241-2234	(025)241-2229
日　本　基　礎　技　術　(株) 新　潟　営　業　所	粕谷 英博	〒950-0892 新潟市東区寺山 3-6-18	(025)271-6311	(025)271-7778
日　本　物　理　探　鑛　(株) 北　陸　支　店	宮崎 紳司	〒950-0983 新潟市中央区神道寺 3-10-37	(025)241-2960	(025)241-2959
北　陸　鑿　泉　(株)	川嶋 直樹	〒950-0913 新潟市中央区鐙 3-12-21	(025)244-5222	(025)244-5223
(株)　村　尾　技　建	村尾 建治	〒950-0948 新潟市中央区女池南 2-4-17	(025)284-6100	(025)283-0368
明 治 コンサルタント (株) 北　陸　支　店	小林 月沖	〒950-2002 新潟市西区青山 1-1-22	(025)265-1122	(025)265-1126

賛 助 会 員

1社　(H19.9.1現在)

ジ オ テ ク サ ー ビ ス (株)	佐藤　朗	〒950-0951 新潟市中央区鳥屋野 4-7-22	(025)282-3246	(025)284-0144

社団法人　斜面防災対策技術協会 新潟県支部 会員名簿

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

正　会　員

27社　(H19.9.1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	玉田 孝雄	〒950-0912 新潟市中央区南笹口 1-12-12	(025)244-4131	(025)244-5251
(株) アルゴス	古川 征夫	〒944-0009 妙高市東陽町 1-1	(0255)72-3448	(0255)72-9426
岡田土建工業 (株)	岡田 巖	〒944-0047 妙高市白山町 2-11-6	(0255)72-3231	(0255)72-9663
川崎地質 (株) 北陸支店	川太 誠	〒950-0914 新潟市中央区紫竹山 5-7-5	(025)241-6294	(025)241-6226
(株) キタック	中山 輝也	〒950-0965 新潟市中央区新光町 10-2	(025)281-1111	(025)281-0001
グリーン産業 (株)	荒川 義信	〒950-0983 新潟市中央区神道寺 2-2-10	(025)242-2711	(025)242-2700
(株) グリーン・アート	五十嵐 與吉	〒940-0083 長岡市宮原 1-2-5	(0258)33-9115	(0258)33-9116
(株) 興和	島原 利昭	〒950-8565 新潟市中央区新光町 6-1	(025)281-8811	(025)281-8833
国土防災技術 (株) 新潟支店	斉藤 彰朗	〒950-2042 新潟市西区坂井 1035-1	(025)260-2245	(025)260-7522
(株) 新協地質	篠崎 寿一	〒950-0864 新潟市東区紫竹 4-13-1	(025)244-7866	(025)244-1673
(株) ダイチ	細野 千代喜	〒957-0017 新発田市新富町 3-9-2	(0254)24-1612	(0254)26-5453
大陽開発 (株)	荒木 一	〒942-0315 上越市浦川原区横川 406	(025)599-2336	(025)599-2339
(株) 高橋組	高橋 伸幸	〒942-1431 十日町市松之山湯本 1380-1	(025)596-3125	(025)596-3150
中央開発 (株) 北陸支店	福田 健一	〒950-0982 新潟市中央区堀之内南 3-1-21	(025)283-0211	(025)283-0212
中部川崎 (株)	伊藤 茂	〒950-0961 新潟市中央区東出来島 1-15	(025)285-6441	(025)285-6443
東邦地下工機 (株) 新潟営業所	河内 弘志	〒950-0948 新潟市中央区女池南 1-6-5-101	(025)284-5164	(025)284-5168
利根コンサルタント (株) 新潟支店	小林 正之	〒950-0912 新潟市中央区南笹口 1-1-38	(025)249-2137	(025)249-2136
(株) 日さく 北信越支社	斉藤 茂	〒950-0891 新潟市東区上木戸 1-10-1	(025)273-6301	(025)271-1110
日特建設 (株) 北陸支店	按田 純輝	〒950-0864 新潟市東区紫竹 5-26-1	(025)241-2234	(025)241-2229
日本工営 (株) 新潟支店	篠原 巧吉	〒950-0962 新潟市中央区出来島 1-11-28	(025)280-1701	(025)283-0898
(株) 野本組	野本 剛男	〒944-0016 妙高市美守 1-13-10	(0255)72-3194	(0255)73-7523
(株)プロテックエンジニアリング	野村 利充	〒957-0106 北蒲原郡聖籠町蓮潟横道下 5322-26	(025)278-1551	(025)278-1559
緑物産 (株)	森末 直晴	〒950-2004 新潟市西区平島 1-13-6	(025)267-7700	(025)233-6500
(株) 村尾技建	村尾 建治	〒950-0948 新潟市中央区女池南 2-4-17	(025)284-6100	(025)283-0368
明治コンサルタント (株) 北陸支店	小林 月沖	〒950-2002 新潟市西区青山 1-1-22	(025)265-1122	(025)265-1126
(株) 山崎建設	山崎 健吾	〒944-0009 妙高市東陽町 2-20	(0255)72-3129	(0255)72-1196
ライト工業 (株) 北陸支店	小林 俊雄	〒950-0901 新潟市中央区弁天 3-3-19	(025)247-8251	(025)247-8254

支 部 会 員

9社　(H19.9.1現在)

(株) 笠原建設	鈴木 秀城	〒949-1352 糸魚川市能生 1155-6	(0255)66-3181	(0255)66-4852
共榮建設 (株)	本田 秀春	〒940-0213 長岡市栃尾山田町 1-10	(0258)52-2076	(0258)52-3163

久保田建設（株）	久保田 洋子	〒943-0132 上越市大字辰尾新田 1	(025)524-4510	(025)522-7780
（株）小林組	五十嵐 敏	〒940-0133 長岡市巻淵 3-3-12	(0258)52-2418	(0258)52-1335
（株）後藤組	後藤 幸洋	〒941-0064 糸魚川市大字上刈 6-1-8	(0255)52-5820	(0255)52-2855
新越開発（株）	穴澤 雅光	〒946-0107 魚沼市下田 351-32	(025)799-3232	(025)799-2118
（株）武江組	太田 昭治	〒942-0305 上越市浦川原区虫川 1675	(025)599-2111	(025)599-2222
（株）保坂組	関 彰	〒944-0083 妙高市大字上四ツ屋 274	(0255)72-4121	(0255)72-9205
町田建設（株）	町田 誠	〒949-6407 南魚沼市島新田 374	(025)782-1181	(025)782-2241