

国川地すべり

融雪期に発生した高速地すべり



地すべり地の空中写真

(2012年3月14日撮影 株式会社ナカノアイシステム)

- ◇主催 (社)日本地すべり学会新潟支部
- ◇共催 (社)地盤工学会北陸支部
- ◇後援 新潟県
(社)新潟県地質調査業協会
(社)斜面防災対策技術協会新潟県支部
新潟県地すべり防止工事士会
- ◇協賛 新潟県農地関係地すべり防止事業推進協議会
新潟県治水砂防協会



地すべり状況 3月9日早朝 地すべり崩土が平野に押し出す。雪が波打つ。



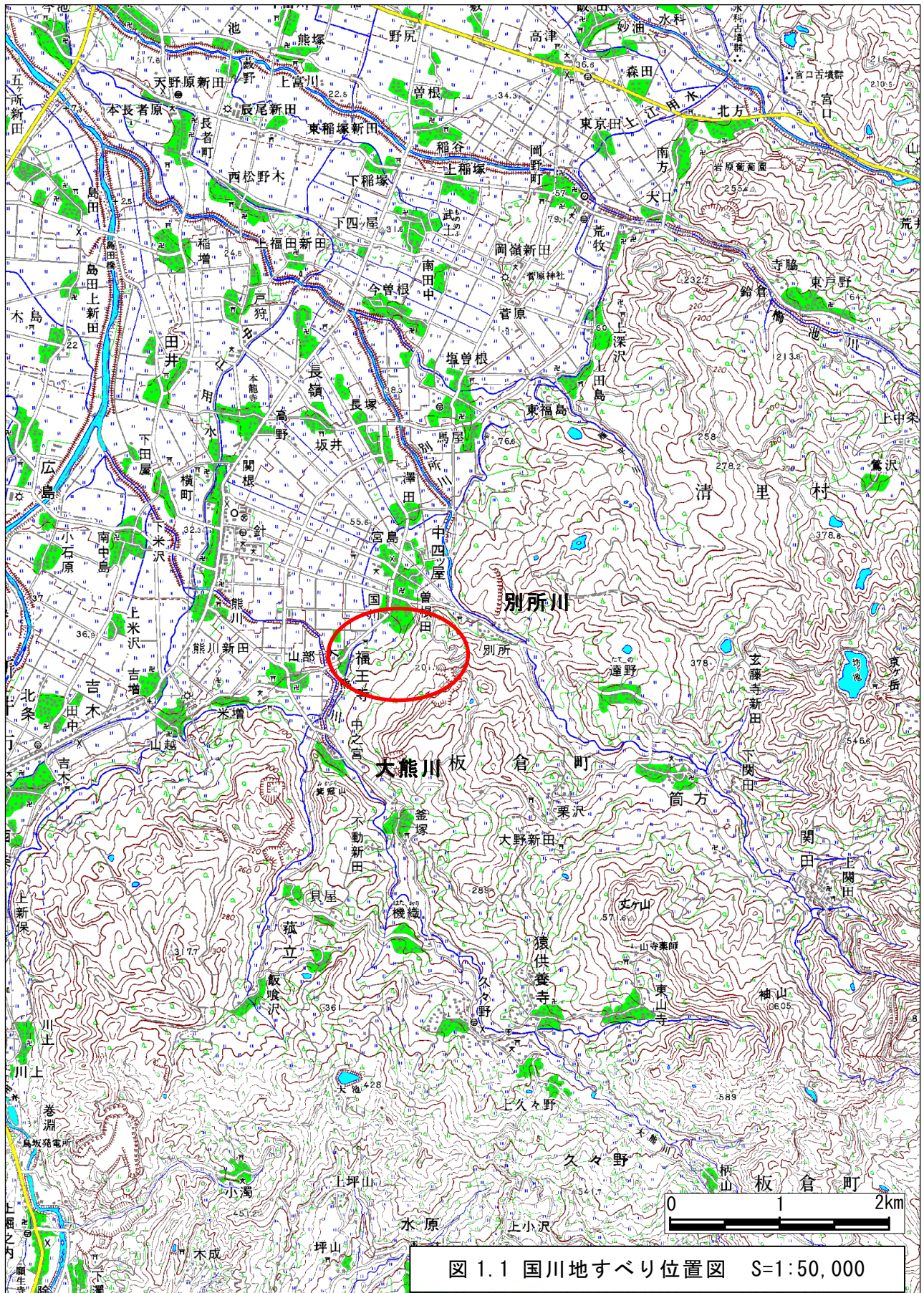
地すべり状況 3月15日 先端は県道まで達し住家を押しつぶす。

目 次

1. 国川地すべりの概要	1
1.1 位 置	1
1.2 地 形	2
1.3 地 質	2
2. 地すべりの発生状況	6
2.1 概 要	6
2.2 地すべりの移動状況	7
2.3 地すべりの移動観測結果	12
3. 地質調査結果	15
3.1 地質構成および地質状況の概説	15
3.2 地すべり地の状況写真	16
3.3 すべり面	23
3.4 地下水状況	24
3.5 水 質	25
4. 地すべり機構	26
4.1 発生形態	26
4.2 素因・誘因	27
5. 地すべり対策工の選定	29
5.1 地すべり対策工の考え方	29
5.2 応急対策	29
5.3 恒久対策	31

1. 国川地すべりの概要

1.1 位置 上越市板倉区国川



1.2 地 形

国川地すべりは、上越市板倉区国川地内で発生した。

この地すべりは、東頸城丘陵の西縁部に位置し高田平野に接する斜面で発生しており、斜面下方（西側）は高田平野が広がる。

国川地すべりの南東約 8 km には、新潟県と長野県の県境をなす関田山脈が西南西～東北東方向に伸び分水嶺として形成されており、北東部は東頸城丘陵が広がる。関田山脈より西約 5.5km の東山寺～下筒方集落付近までは比較的急傾斜の山並みが続くが、それより西は非常に緩やかな丘陵地となる(図 1.2)。

国川地すべりの発生箇所は丘陵の西端部に位置しており、背後には標高 100～200m の緩やかな丘陵地が広がる。また、丘陵地内を縫うように南東から北西方向に向けて別所川、大熊川といった河川が流下し高田平野に流入する。

各河川は、平野に流下した所で扇状地を形成しており、被災した国川集落は、別所川の出口に形成された扇状地に立地している。

本地すべりは、斜面中腹部の標高 170m 付近の道路脇を頭部とし、標高 70m の平野に抜け出た(図 3.1)。その後崩積土は地すべり滑動とともに扇状地を約 250m 移動した(図 1.4)。崩積土が移動した扇状地の傾斜は約 3 度である。

地すべり発生前の地形図(図 1.3)を見ると、被災地の直上部付近には突出するように標高 250m 程で北東方向に伸びる尾根状の急峻な地形が形成されていたことが分かる。この急斜面を滑落崖とする大規模な地すべり地形が認められ、地すべり地形内には、今回の地すべり頭部と同程度の高さでいくつかの地すべり地形（二次すべり）が認められる。

急峻な地形は、昭和 60 年頃より砂利採取場として開発されたことで改変され、現在では緩斜面となっている(図 1.3)。

滑動した地すべりは、大規模な地すべり地の北東側の側部で発生した。

1.3 地 質

地すべり発生箇所の基盤地質は、新第三紀中新世須川層（椎谷層相当）の泥岩からなり、その上位に第四紀更新世猿橋層の礫岩が分布する。

須川層泥岩は、塊状の黒色-暗灰色泥岩からなり、まれに厚さ数十 cm の砂岩・酸性凝灰岩を挟む。

地すべり発生箇所の東には北北東-南南西方向に木成断層が形成されている。この断層を境に東側の須川層と西側の猿橋層が接している。

本断層は北東-南西の走向で、高角度で傾斜する断層であり、逆断層と考えられている。

断層近傍の須川層の走向はほぼ断層に沿い、傾斜は南東に 30～40° である。猿橋層も同様に 20° 程度の南東傾斜となる。したがって地すべり斜面に対して受け盤構造となる。

平野と丘陵の境に水科断層が存在する。さらに東には飯田断層がある（「板倉町史」より）。水科断層は木成断層と並行するように形成されており、木成断層と同じく西落ちの逆断層である。

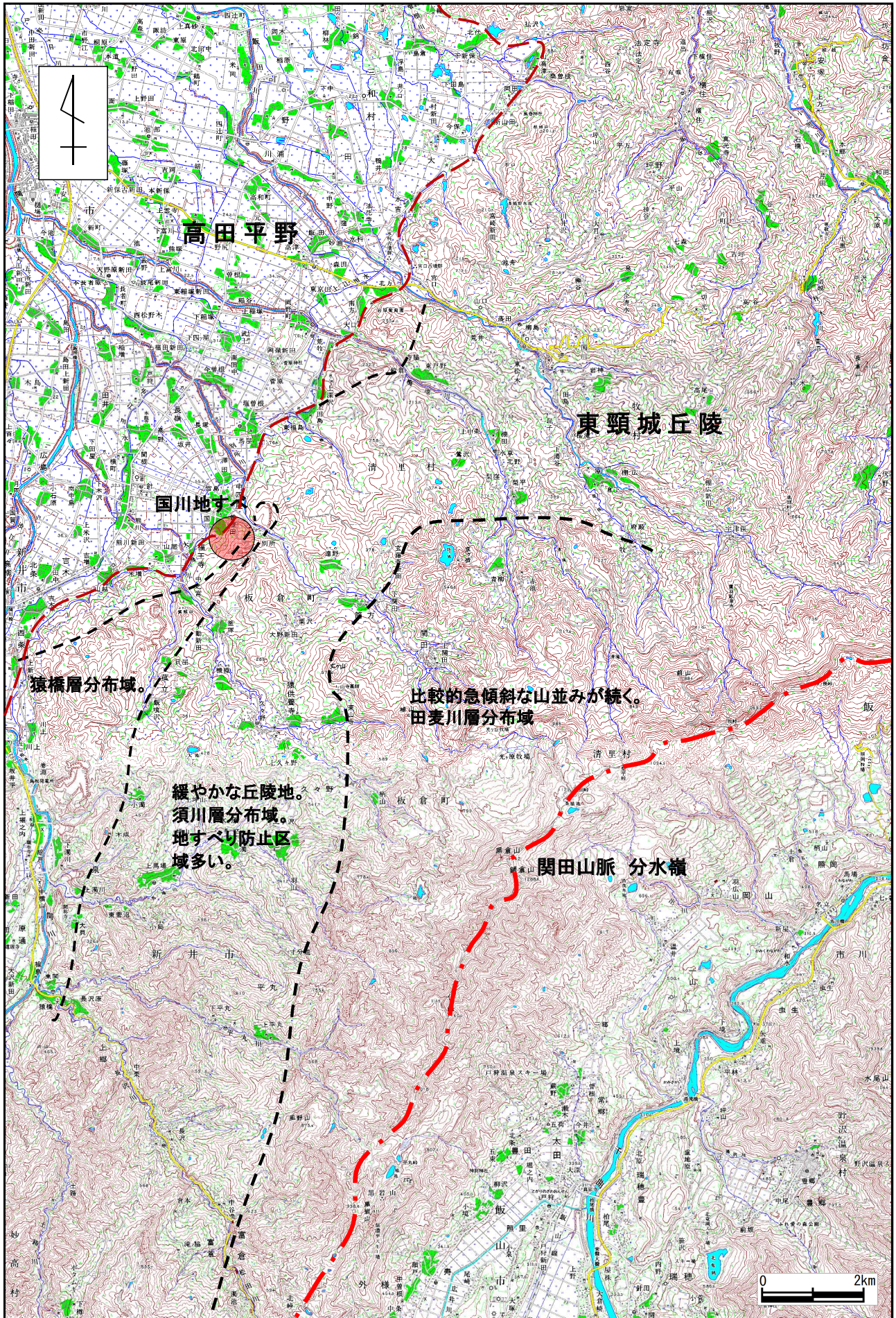


図1.2 周辺の地形 (S=1:100,000)

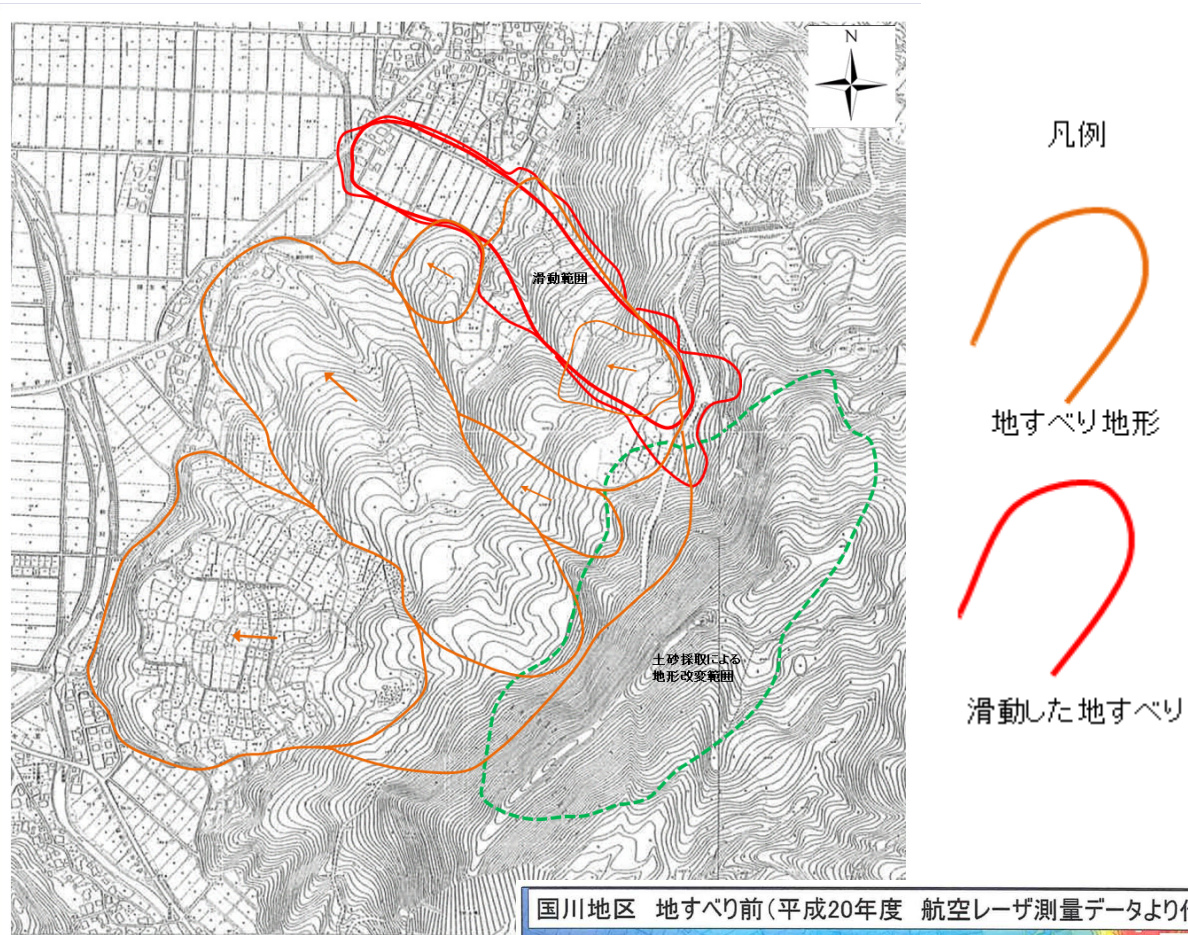


図 1.3 旧地形と周辺の
地すべり地形
(地形図は昭和 61 年作成)

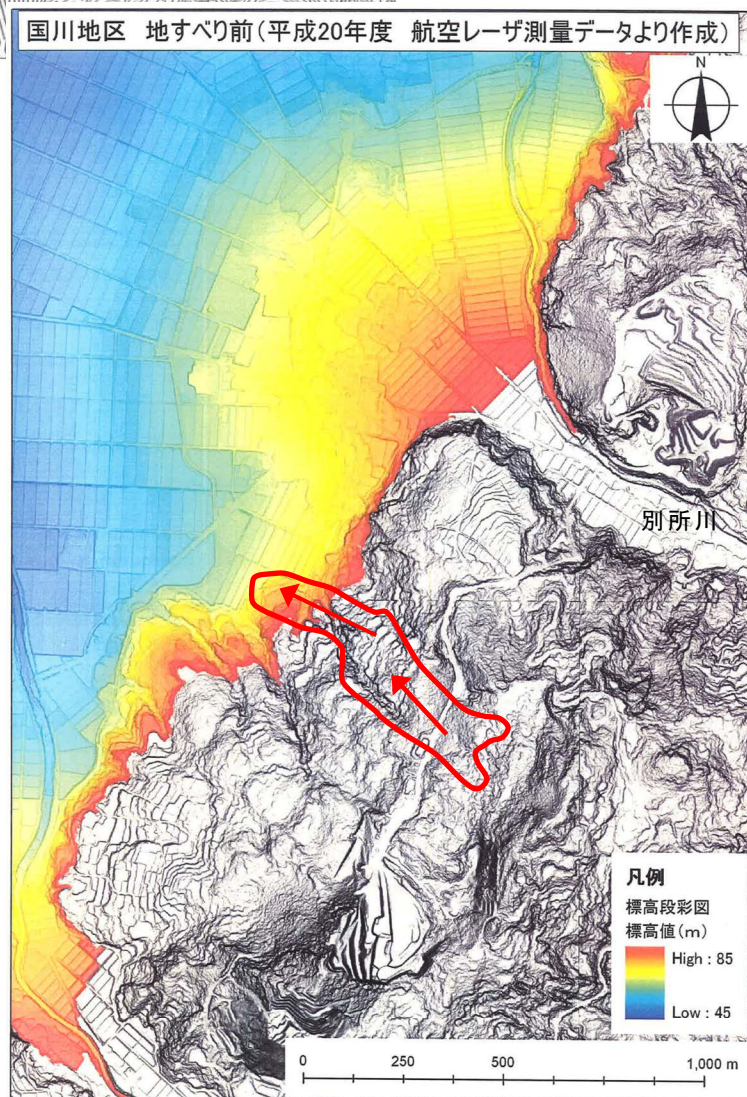
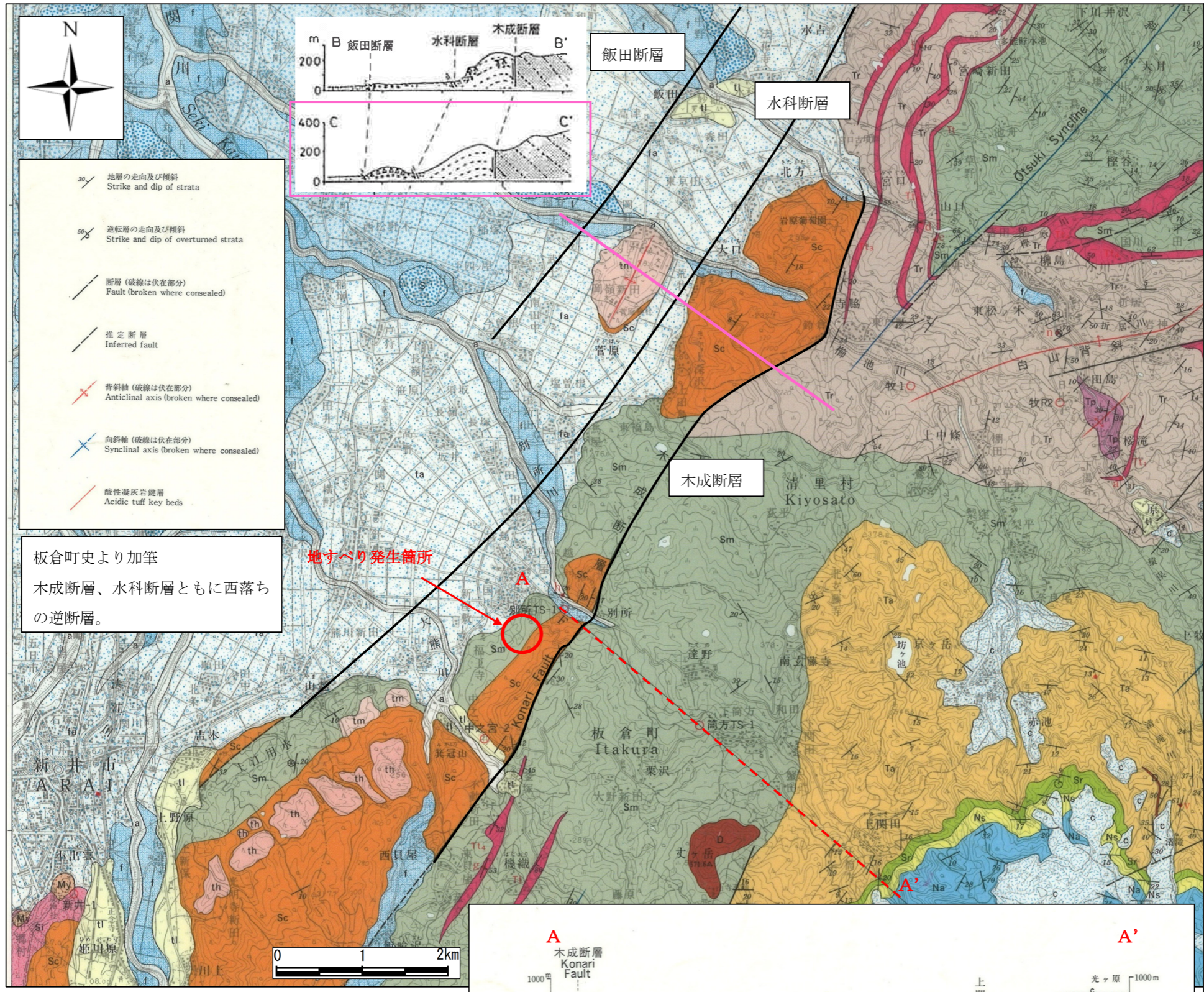


図 1.4 地すべり崩土が移動した
平野部の地形(扇状地)

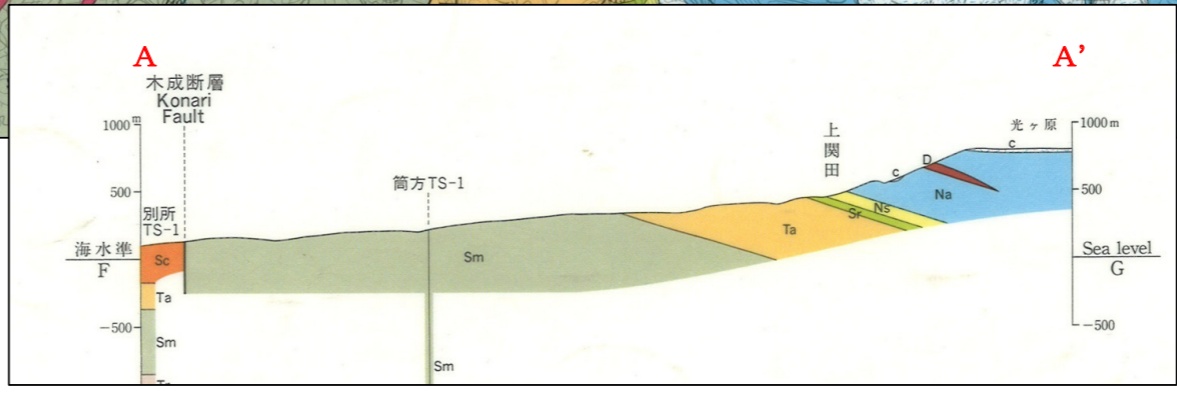


- 20° 地層の走向及び傾斜
Strike and dip of strata
- 50° 逆転層の走向及び傾斜
Strike and dip of overturned strata
- 断層 (破線は伏在部分)
Fault (broken where concealed)
- 推定断層
Inferred fault
- 背斜軸 (破線は伏在部分)
Anticlinal axis (broken where concealed)
- 向斜軸 (破線は伏在部分)
Synclinal axis (broken where concealed)
- 酸性凝灰岩層
Acidic tuff key beds

板倉町史より加筆
木成断層、水科断層ともに西落ちの逆断層。

地すべり発生箇所

出典：「5万分の1地質図幅（高田東部）地質調査所」（1994）



現河床堆積物 Present riverbed deposits	a	礫及び砂 Gravel and sand
氾濫原堆積物 Flood plain deposits	f	砂・シルト及び礫 Sand, silt and gravel
扇状地堆積物 Fan deposits	fa	礫及び砂 Gravel and sand
地すべり及び崩壊堆積物 Landslide and talus deposits	*	岩屑及び崩積土 (地質図には省略) Debris and colluvial soil (Omitted on geological map)
関川層 Sekigawa Formation	S	礫・砂及びシルト Gravel, sand and silt
高田層 Takada Formation	T	礫・砂及びシルト Gravel, sand and silt
砂高山泥流堆積物 Myōki volcanic mudflow deposits	My	輝石安山岩角礫・泥及び砂 Block of pyroxene andesite, mud and sand
ローム層 (須崎ローム層など) Loam (Kubiki Loam Formation and others)	*	火山灰 (地質図には省略) Volcanic ash (Omitted on geological map)
低位段丘堆積物 Lower terrace deposits	tl	礫及びシルト (シルトを伴う) Gravel and sand with silt
古期扇状地堆積物 Older colluvial deposits	c	岩屑及び崩積土 Debris and colluvial soil
中期段丘堆積物 Middle terrace deposits	tm	礫・砂・シルト Gravel, sand and silt
流江川火砕流堆積物 Shibuegawa Pyroclastic Flow Deposits	Si	普通輝石安山岩凝灰角礫岩 Hornblende andesite tuff breccia
高位段丘堆積物 Higher terrace deposits	th	礫及び砂 Gravel and sand
岩床及び岩脈 Sill and dike	D	普通輝石安山岩及び輝石安山岩 Augite-hypersthene andesite and hypersthene andesite
猿橋層 Saruhashi Formation	Sc	礫岩 (砂岩及びシルト岩を挟む) Conglomerate (with sandstone and siltstone)
火山岩相 Volcanic rock facies	Nv	普通輝石安山岩安山岩及び火山角礫岩 (凝灰岩を挟む) Augite-hypersthene andesite lava and volcanic breccia (with tuff)
砂岩シルト岩相 Sandstone and siltstone facies	Na	シルト岩及び砂岩 (礫岩を挟む) Siltstone and sandstone (with conglomerate)
砂岩相 Sandstone facies	Ns	砂岩及び礫岩 Sandstone and conglomerate
礫岩 Conglomerate	Uc	Conglomerate
浦川原層 Uragawara Formation	Ua	砂質シルト岩シルト岩互層 Interbedded sandy siltstone and siltstone
白岩層 Shirowa Formation	Sr	砂質シルト岩及び砂岩 Sandy siltstone with sandstone
シルト岩相 Siltstone facies	Tm	塊状シルト岩 Massive siltstone
厚層理砂岩 Thick-bedded sandstone	Ts	Thick-bedded sandstone
タービダイト相 Turbidite facies	Ta	砂岩シルト岩互層 Interbedded sandstone and siltstone
須川層 Sugawa Formation	Sm	塊状黒色泥岩 (黒色泥岩砂岩互層を伴う) Massive black mudstone with interbedded black mudstone and sandstone
酸性凝灰岩 Acidic tuff	Tt	Acidic tuff
松山凝灰岩 Matsunoyama Tuff	Tp	デイサイト質結晶質軽石凝灰岩 Dacitic crystal-pumice tuff
黒色泥岩砂岩互層 (塊状黒色泥岩を伴う) Interbedded black mudstone and sandstone with massive black mudstone	Tr	Interbedded black mudstone and sandstone with massive black mudstone

図 1.5 調査地周辺の地質図 (S=1:50,000)

2. 地すべりの発生状況

2.1 概要

発生日時：平成24年3月7日午後

規模：幅 約150m

被災延長 約750m（移動層500m＋移送堆積域250m）

すべり面深度 約16～24m

被害：県道 延長50m

住家 4棟 非住家7棟

上江用水路埋没 農地埋没



2.2 地すべりの移動状況

地すべりの動きは、発生の日3月7日から3月13日まで滑動が顕著であり23日に滑動がほぼ収束する。

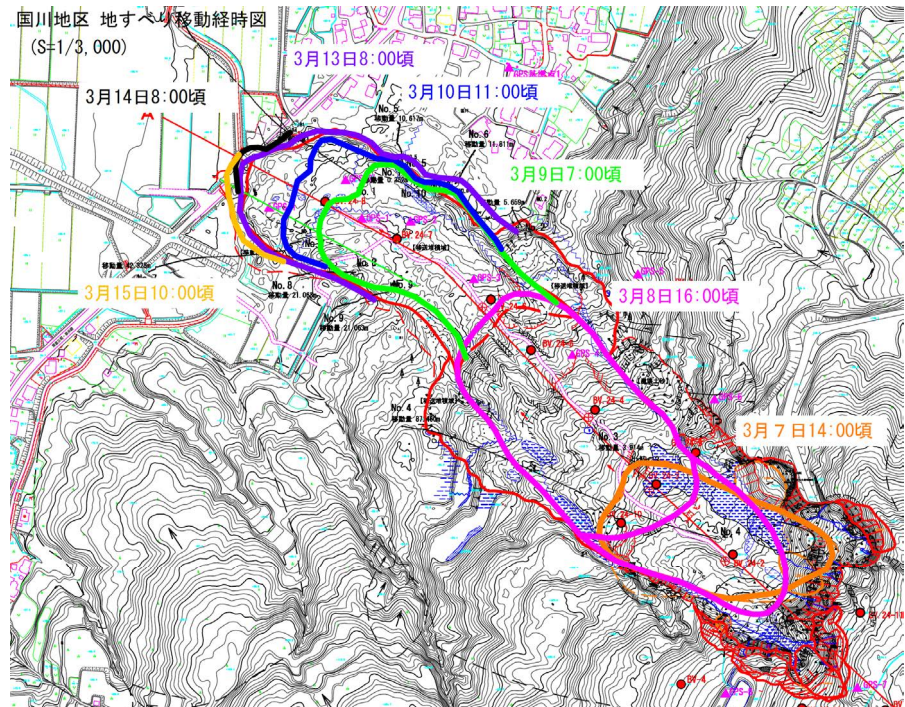


図 2.1 地すべり移動状況の推移(3月7日～3月15日)

平成24年3月7日の状況



土取場工事用道路付近で道路の崩壊が確認される。

道路が抜け落ち、約10mの段差が形成されている。

発生域は、土取場跡付近である。左は尾根状地形となっており、土取場跡の地表水、地下水が集水し易い地形である。

3月8日の状況



2012年3月8日 15:50 撮影



頭部に比高約 25mの滑落崖が形成される。工事用道路は完全に寸断される。
滑落崖直下に陥没地形を形成し表流水が溜まるものの、滑落崖からの崩壊が続き埋塞される。崩土は泥ねい化している。
写真右上の対岸やせ尾根脇で、隆起現象があり雪面が格子状に割れている。
地すべりの幅、滑落崖頭部から隆起部までの距離等から、円弧すべり状の地すべりが発生したもの推定される。



格子状の亀裂より右は、すべり方向と直交方向の亀裂が幾重にも発生し、斜面方向への移動が発生している。



8日午後の段階では、末端は田面までの押出しは認められないものの、一部で崩土を確認する。樹木の倒壊が激しい。

3月9日の状況



2012年3月9日 6:49 撮影



2012年3月9日 7:09 撮影

3月8日深夜から9日未明にかけて、崩土は田面に押し出された。
3月8日午後5時～9日午前7時の14時間で約200mの移動であった。時間移動量は約14mであった。
9日より、移動杭観測を実施する。

3月10日の状況



2012年3月10日 10:45 撮影

早朝に移送域先端が住宅に接し、住家の倒壊が発生する。

3月13日の状況



2012年3月13日 撮影

3月12日の時点で、住家4棟、非住家7棟が全壊した。また、県道に達した。13日以降徐々に動きが収まってくる。

3月22日の状況



2012年3月22日 8:22 撮影

地すべりの動きがほぼ収束する。

2.3 地すべりの移動観測結果

地すべりブロックの移動状況を把握する目的で、移動杭 10 点とGPS 12 点の観測を実施した(図 2.3)。

- ・移動杭観測は、3月9日から31日まで24時間体制(1時間毎の観測)で実施。
- ・GPS観測結果は、16日より自動観測システムにて常時監視。

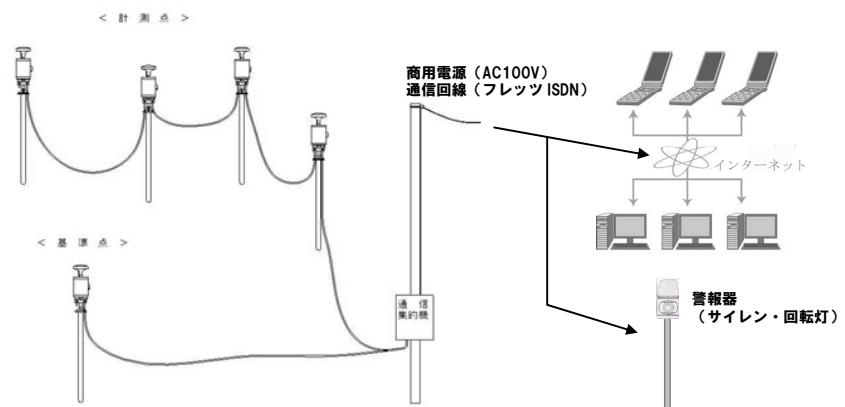
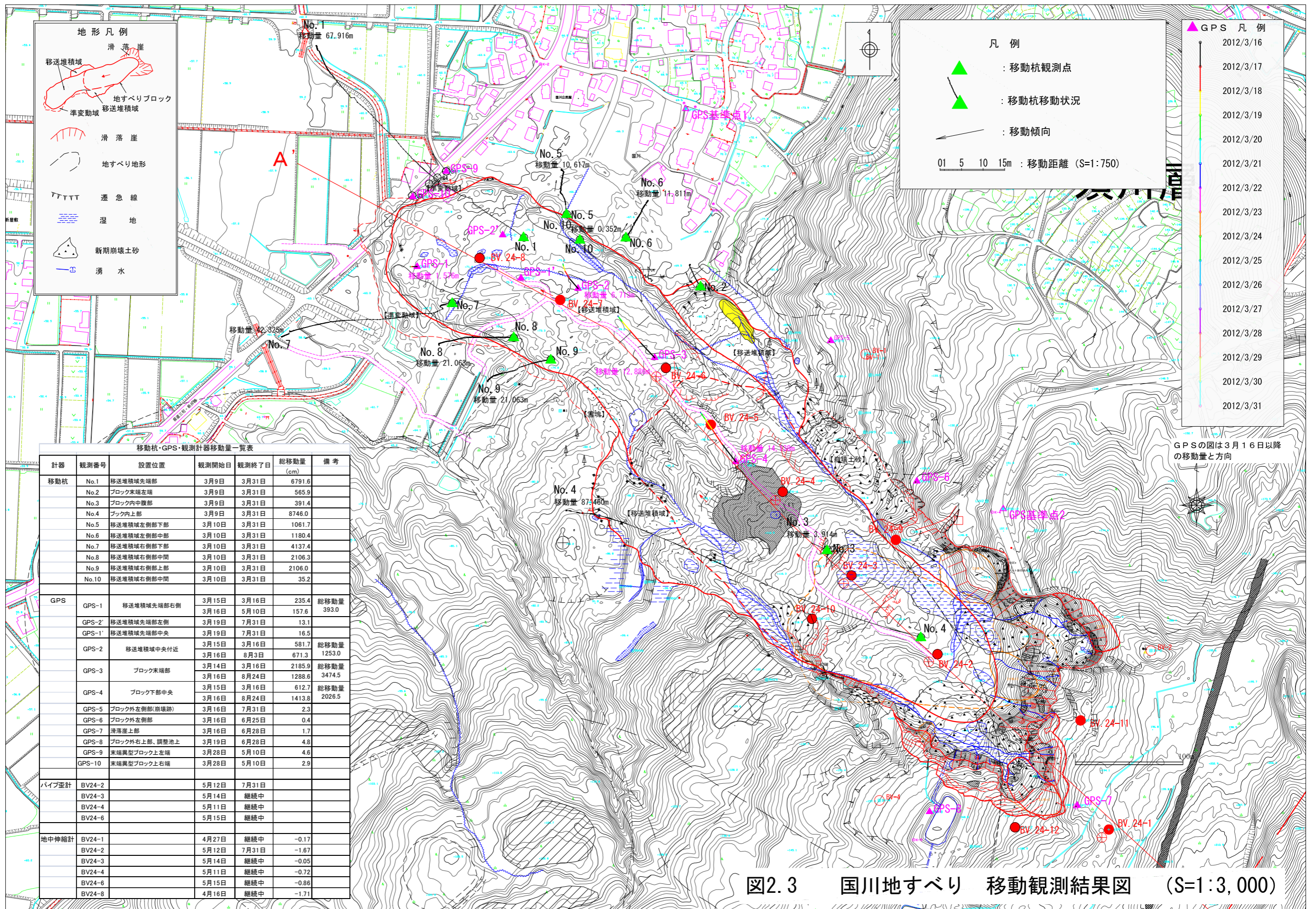


図 2.2 GPSシステム構成図 (GPS)

また、調査ボーリング孔を利用し、パイプ歪計、地中伸縮計、水位計を設置し、自動観測システムで移動量を監視。



- 地形凡例**
- 移送堆積域
 - 滑落崖
 - 地すべりブロック
 - 準変動域
 - 移送堆積域
 - 滑落崖
 - 地すべり地形
 - 遷急線
 - 湿地
 - 新期崩壊土砂
 - 湧水

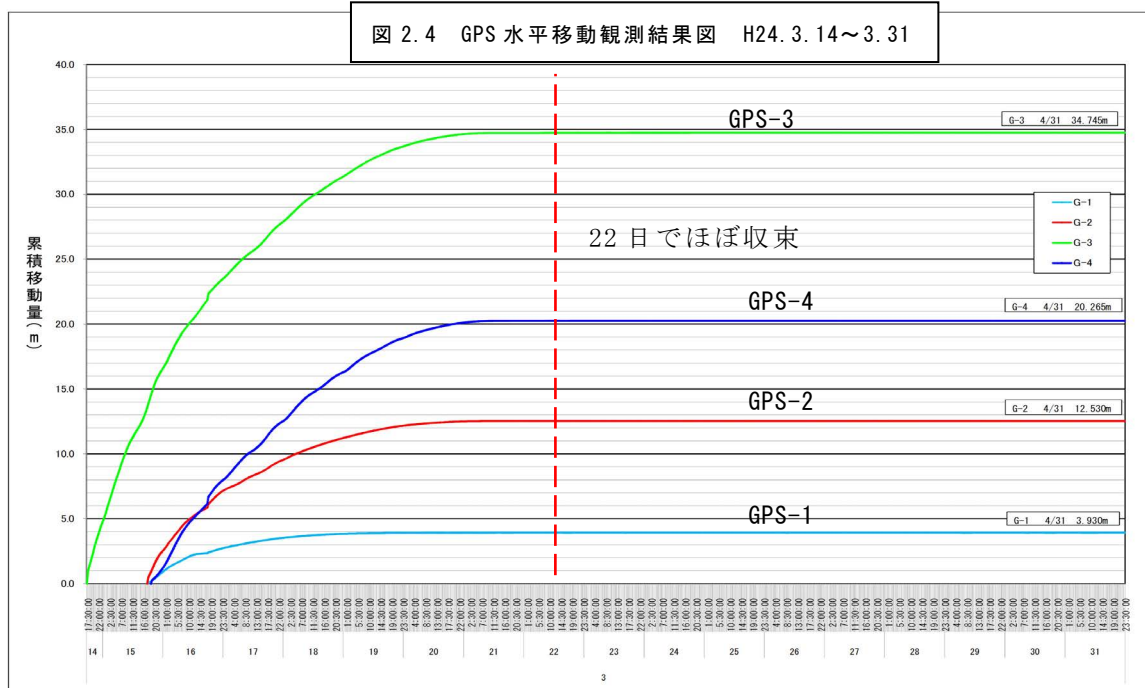
- 凡例**
- ▲ 移動杭観測点
 - ▲ 移動杭移動状況
 - 移動傾向
- 01 5 10 15m : 移動距離 (S=1:750)

- GPS 凡例**
- 2012/3/16
 - 2012/3/17
 - 2012/3/18
 - 2012/3/19
 - 2012/3/20
 - 2012/3/21
 - 2012/3/22
 - 2012/3/23
 - 2012/3/24
 - 2012/3/25
 - 2012/3/26
 - 2012/3/27
 - 2012/3/28
 - 2012/3/29
 - 2012/3/30
 - 2012/3/31

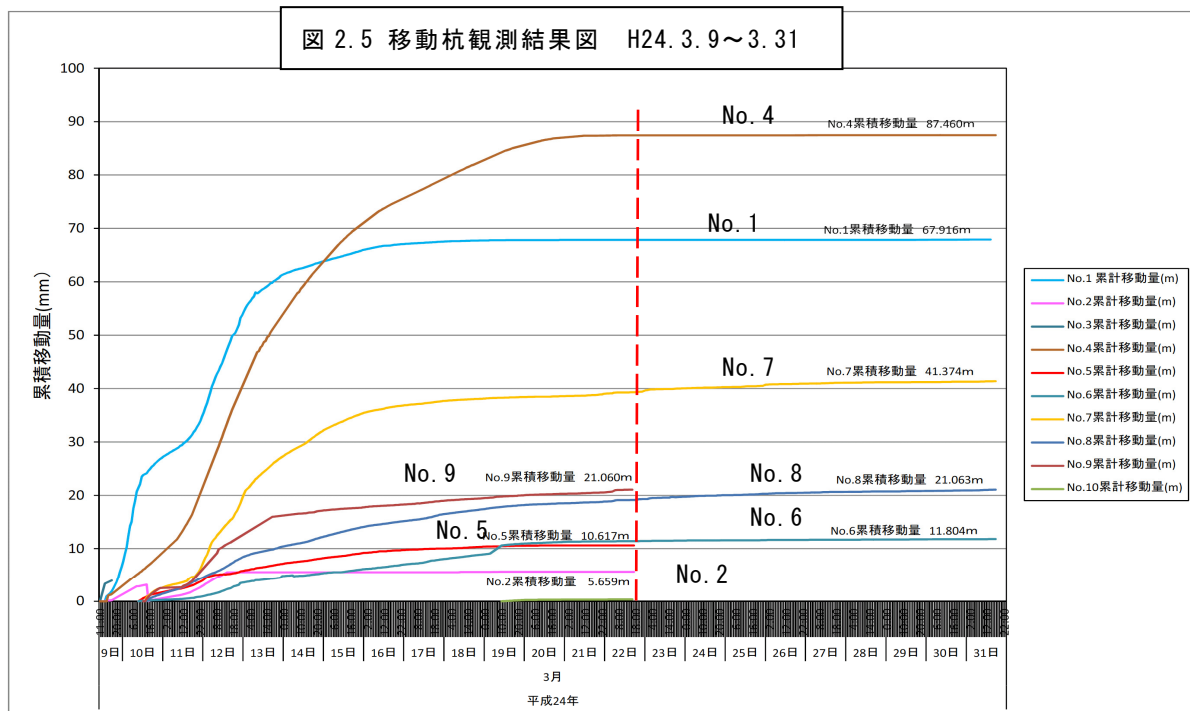
移動杭・GPS・観測計器移動量一覧表

計器	観測番号	設置位置	観測開始日	観測終了日	総移動量 (cm)	備考
移動杭	No.1	移送堆積域先端部	3月9日	3月31日	6791.6	
	No.2	ブロック先端左端	3月9日	3月31日	565.9	
	No.3	ブロック内中部	3月9日	3月31日	391.4	
	No.4	ブロック内上部	3月9日	3月31日	8746.0	
	No.5	移送堆積域左側下部	3月10日	3月31日	1061.7	
	No.6	移送堆積域左側中部	3月10日	3月31日	1180.4	
	No.7	移送堆積域右側下部	3月10日	3月31日	4137.4	
	No.8	移送堆積域右側中間	3月10日	3月31日	2106.3	
	No.9	移送堆積域右側上部	3月10日	3月31日	2106.0	
	No.10	移送堆積域右側中間	3月10日	3月31日	35.2	
GPS	GPS-1	移送堆積域先端部右側	3月15日	3月16日	235.4	総移動量 393.0
			3月16日	5月10日	157.6	
	GPS-2'	移送堆積域先端部左側	3月19日	7月31日	13.1	
	GPS-1'	移送堆積域先端部中央	3月19日	7月31日	16.5	
	GPS-2	移送堆積域中央付近	3月15日	3月16日	581.7	総移動量 1253.0
			3月16日	8月3日	671.3	
	GPS-3	ブロック先端部	3月14日	3月16日	2185.9	総移動量 3474.5
			3月16日	8月24日	1288.6	
	GPS-4	ブロック下部中央	3月15日	3月16日	612.7	総移動量 2026.5
			3月16日	8月24日	1413.8	
GPS-5	ブロック外左側部(前壊跡)	3月16日	7月31日	2.3		
GPS-6	ブロック外左側部	3月16日	6月25日	0.4		
GPS-7	滑落崖上部	3月16日	6月28日	1.7		
GPS-8	ブロック外右上部、調整池上	3月19日	6月28日	4.8		
GPS-9	末端異型ブロック左端	3月28日	5月10日	4.6		
GPS-10	末端異型ブロック右端	3月28日	5月10日	2.9		
パイプ歪計	BV24-2		5月12日	7月31日		
	BV24-3		5月14日	継続中		
	BV24-4		5月11日	継続中		
	BV24-6		5月15日	継続中		
地中伸縮計	BV24-1		4月27日	継続中	-0.17	
	BV24-2		5月12日	7月31日	-1.67	
	BV24-3		5月14日	継続中	-0.05	
	BV24-4		5月11日	継続中	-0.72	
	BV24-6		5月15日	継続中	-0.86	
	BV24-8		4月16日	継続中	-1.71	

図2.3 国川地すべり 移動観測結果図 (S=1:3,000)



- ・発生域の GPS-3、GPS-4、移送堆積域中間部の GPS-2 はすべり方向(北西方向)に移動する。
- ・移送堆積域末端部の GPS-1 は西方向へ移動する。地形勾配を反映する。



- ・移送堆積域の移動杭 NO. 1 は発生域の移動方向(北西方向)と同じ方向に移動する。移動杭 No. 7, 8, 9 は西方向となる。平野の地形勾配を反映する。
- ・発生域上部の移動杭 NO. 4 は、発生当初の浅いすべりの移動方向を示す。
- ・移動杭 No. 7 は移動杭 No. 1 の動きが遅くなってから西方向の動きが大きくなる。
- ・移動杭 NO. 5, 6 の移送堆積域北側部は側方リッジが形成されており、移送堆積域の動きに押し出されるように移動方向と直交方向に移動する。
- ・移送堆積域は 3 月 16, 17 日頃より動きが緩慢となるが、発生域は 20 日頃から収束に向かう。両方とも 22 日でほぼ収束する。

3. 地質調査結果

3.1 地質構成および地質状況の概説

本地区の地質構成を次に示す。

表 3.1 調査地の地質構成

地質時代	地層名	記号	地質	記事	
第四紀	完新世	崩土	d	礫混り粘土	雑多な堆積物で、未分解の木片を伴う。滑落崖両側部(主に右側部)に厚く分布する。
		地すべり移動層	ld	岩片混じり粘土 ～強風化泥岩	幅150m×長さ450mにおよぶ地すべり移動層。延長300mに及ぶ移送堆積域を伴う。強風化泥岩層が主体で、地層の乱れは少ない。すべり面付近に1m程度の破碎帯を伴う。また、斜面上部に滑落崖を形成したブロックを伴う。
		沖積粘土層	a	粘性土～ 玉石混じり砂礫	粘性土が主体で、玉石混じり砂礫を伴う。粘性土には、未分解植物根を伴う。
		崖錐堆積層	dt	岩片混じり粘土	岩片混じり粘土が主体で、径1cm程度の硬質円礫を伴う。
		古期地すべり移動層	old	強風化泥岩 ～風化泥岩	須川層起源の泥岩からなる。破碎質泥岩を主体とし、粘土化部をしばしば挟む。
	更新世	猿橋層	Sc	半固結シルト岩	猿橋層の粘性土。全体に黄色を帯び軽石質である。巨礫岩を挟在する。
Sg			半固結礫岩	径1～10cmの円礫を多く含む砂礫。マトリックスに粘土分を含まない。ルーズな堆積物。	
新第三紀	中新世	須川層	Sm 塊状泥岩 (凝灰岩層を伴う)	塊状泥岩が主体で、砂質～シルト質凝灰岩をしばしば挟む。含水すると泥濁化が著しい。	

ボーリング調査結果およびブロック内の踏査結果をもとに地質状況を概説する。

- ・地すべり移動層は、粘性土～強風化岩を主体として構成される。
- ・地表より深度7～8m付近までは、軟弱な粘性土層が分布する。
- ・地すべりブロック中央部の基盤は、強風化～風化岩が厚く分布しており、今回の調査では新鮮硬質な未風化岩を確認することは確認できなかった。
- ・斜面北東側では基盤岩の比較的新鮮な須川層泥岩および凝灰質砂岩(Sm)が確認される。
- ・滑落崖左上では、猿橋層の礫岩(Sg)および泥岩(Sc)が確認される。
- ・移送堆積域の土質は、泥岩塊を含む泥岩片混り土砂である。泥ねい化している範囲は表面付近であり下部は比較的締まっている(移動土塊のN値は粘土部分で4～6。岩塊部分で12～16を示す)。
- ・移送堆積域の移動層下では沖積層の粘性土、砂礫(a)が確認される。
- ・地すべり発生時期が積雪期であったが、ボーリングでは崩土下に旧表土やその上の積雪は確認されない。
- ・本被災箇所は、古期地すべりの北東側の側部に位置する。
- ・ブロックの滑落崖中央や北東側部およびブロック中腹部の北東側では基盤岩(Sm, Sg, Sc)が確認されるものの、ブロックおよび北西側は古期すべりの移動層内であることから、新鮮な基盤岩が確認されない。本調査では風化部を基盤とするものの、古期地すべり移動層と判断される。

3.2 地すべり地の状況写真

写真位置は、図 3.1 に示す。

発生域（地すべりブロック内）



写真 1 滑落崖の両サイドで崩壊が拡大する。背後斜面から多量の地表水及び湧水が流入する。



写真 2 崩壊が拡大することにより、崖中央部～左側部下部で須川層泥岩の露岩がみられる。右側部は、崩積土が分布する。



写真3 発生直後の頭部は、表流水・地下水によって湛水する。



写真4 滑落崖右上部斜面も、雪面に亀裂が入り崩壊が拡大傾向にある。



写真5
南西側方の滑落崖。背後に拡大している。



写真6
南西側方崖上部に発生している雁行亀裂。



写真7 滑落崖の状況。右崩壊部から土砂が流出する。



写真8 上部ブロック（浅層すべり）の抜け上がり部から地形勾配が変化する。



写真9 ブロック南西側部の沢地形 地表水が集まり浸食していく。



写真 10 発生域末端～移送域の状況。地形は乱されている。



写真 11 滑落崖中央部にみられる露頭(須川層 Sm)



写真 12 工事用道路脇にみられる砂礫(猿橋層 Sg)



写真 13 地すべりブロック北東部
猿橋層の露頭



写真 14 猿橋層 (Sc)



写真 15 猿橋層 (Sg)

移送堆積域



写真 16 左側部の側方リッジ地形



写真 17 移送堆積域左側部のトレンチ箇所
移動土塊が雪の上に乗りあがる。



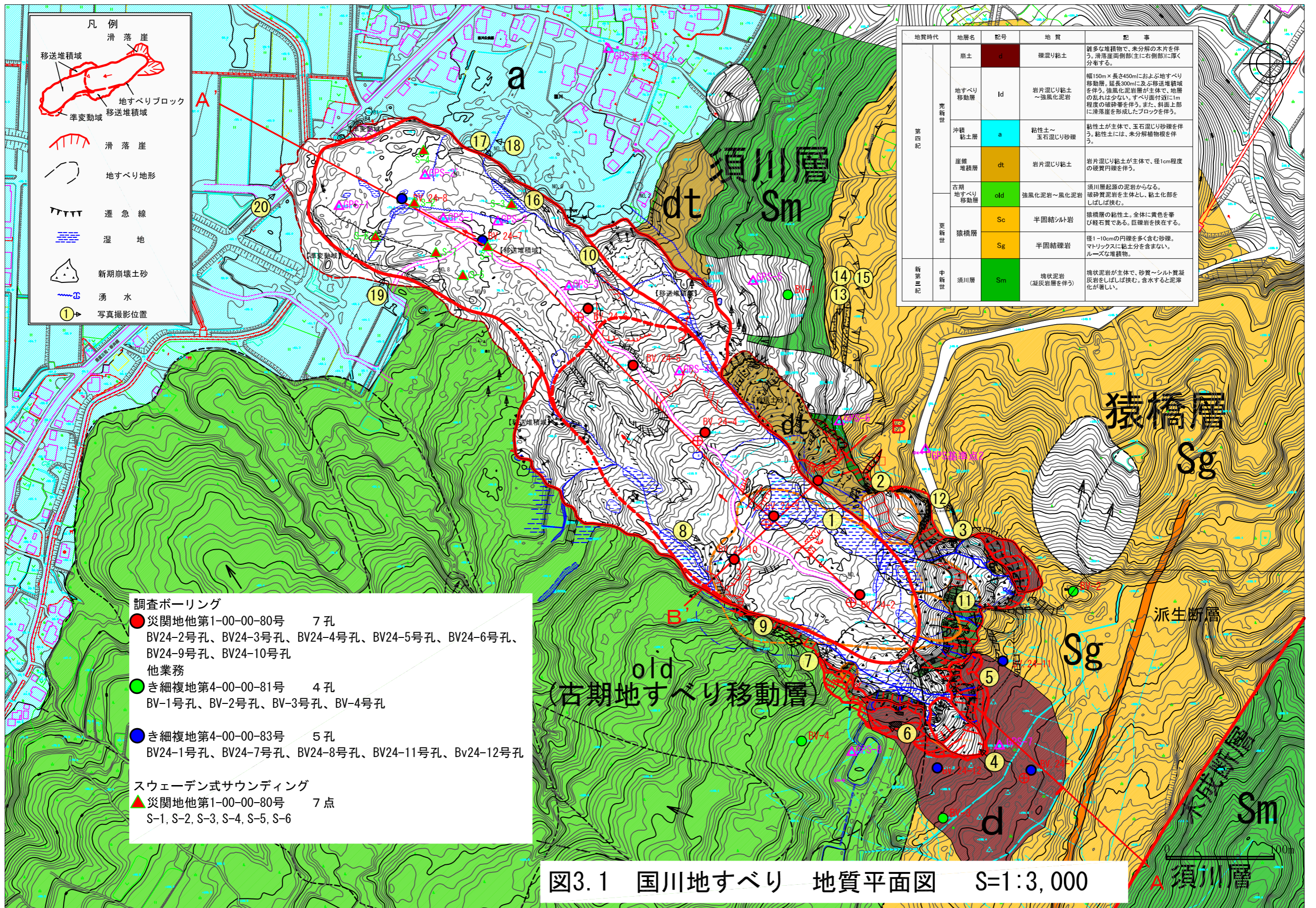
写真 18
北東側部。雪下と沖積面の中に崩土の一部が
挟まる。



写真 19
移送堆積域左側部トレンチ箇所。
側方スラストによる盛り上がり。



写真 20 県道上の状況 3/17 撮影。

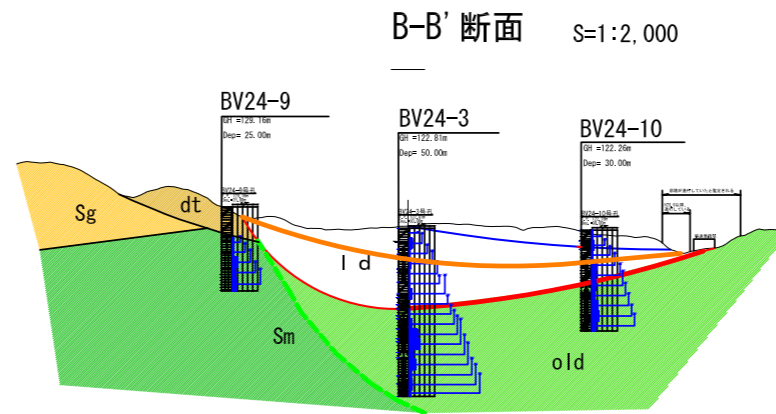


地質時代	地層名	記号	地質	記事	
第四紀	崩土	d	礫混り粘土	雑多な堆積物で、未分解の木片を伴う。滑落崖側(主に右側)に厚く分布する。	
	地すべり移動層	ld	岩片混じり粘土～強風化泥岩	幅150m×長さ450mにおよぶ地すべり移動層。延長300mに及ぶ移送堆積域を伴う。強風化泥岩層が主体で、地層の乱れは少ない。すべり面付近に1m程度の破砕帯を伴う。また、斜面上部に滑落崖を形成したブロックを伴う。	
	沖積粘土層	a	粘性土～玉石混じり砂礫	粘性土が主体で、玉石混じり砂礫を伴う。粘性土には、未分解植物根を伴う。	
	崖壁堆積層	dt	岩片混じり粘土	岩片混じり粘土が主体で、径1cm程度の硬質円礫を伴う。	
更新世	古期地すべり移動層	old	強風化泥岩～風化泥岩	須川層起源の泥岩からなる。破砕泥岩を主体とし、粘土化部をしばしば挟む。	
	猿橋層	Sc	半固結シルト岩	猿橋層の粘性土。全体に黄色を帯び軽石質である。巨礫岩を挟む。	
		Sg	半固結礫岩	径1-10cmの円礫を多く含む砂礫。マトリックスに粘土分を含まない。ルーズな堆積物。	
第三紀	中新世	須川層	Sm	塊状泥岩(凝灰岩層を伴う)	塊状泥岩が主体で、砂質～シルト質凝灰岩をしばしば挟む。含水すると泥酸化が著しい。

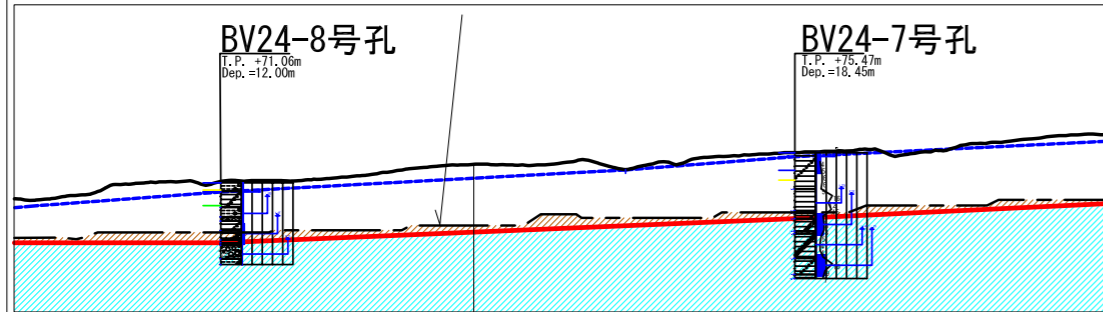
- 調査ボーリング
- 災関地他第1-00-00-80号 7孔
BV24-2号孔、BV24-3号孔、BV24-4号孔、BV24-5号孔、BV24-6号孔、
BV24-9号孔、BV24-10号孔
 - 他業務
 - き細複地第4-00-00-81号 4孔
BV-1号孔、BV-2号孔、BV-3号孔、BV-4号孔
 - き細複地第4-00-00-83号 5孔
BV24-1号孔、BV24-7号孔、BV24-8号孔、BV24-11号孔、Bv24-12号孔
- スウェーデン式サウンディング
- ▲ 災関地他第1-00-00-80号 7点
S-1, S-2, S-3, S-4, S-5, S-6

図3.1 国川地すべり 地質平面図 S=1:3,000

地質時代	地層名	記号	地質	記 事
第四紀	崩土	d	礫混り粘土	雑多な堆積物で、未分解の木片を伴う。滑り面側部(主に右側部)に厚く分布する。
	地すべり移動層	ld	岩片混り粘土～強風化泥岩	幅150m×長さ450mにおよぶ地すべり移動層。延長300mに及ぶ移送堆積域を伴う。強風化泥岩層が主体で、地層の乱れは少ない。すべり面付近に1m程度の破砕帯を伴う。また、斜面上部に滑り面を形成したブロックを伴う。
	沖積粘土層	a	粘性土～玉石混り砂礫	粘性土が主体で、玉石混り砂礫を伴う。粘性土には、未分解植物根を伴う。
	産錐堆積層	dt	岩片混り粘土	岩片混り粘土が主体で、径1cm程度の硬質円礫を伴う。
	古期地すべり移動層	old	強風化泥岩～風化泥岩	須川層起源の泥岩からなる。破砕質泥岩を主体とし、粘土化部をしばしば挟む。
	更新世	猿橋層	Sc	半固結シルト岩
		Sg	半固結礫岩	径1～10cmの円礫を多く含む砂礫。マトリックスに粘土分を含まない。ルーズな堆積物。
新第三紀	中新世	須川層	塊状泥岩(凝灰岩層を伴う)	塊状泥岩が主体で、砂質～シルト質凝灰岩をしばしば挟む。含水すると泥澤化が著しい。



(旧地表面は旧地形のレーザープロファイラデータより作成)



旧地表面より1m下付近に移動層の下端が存在する。

木成断層

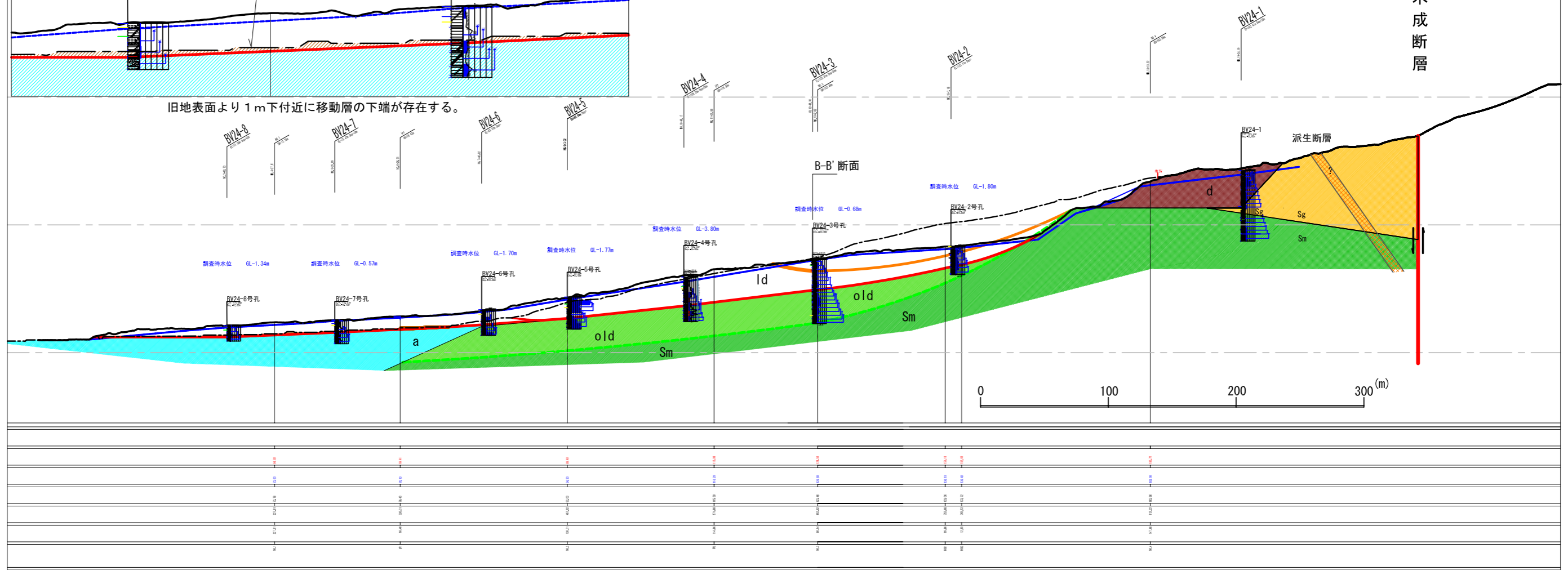
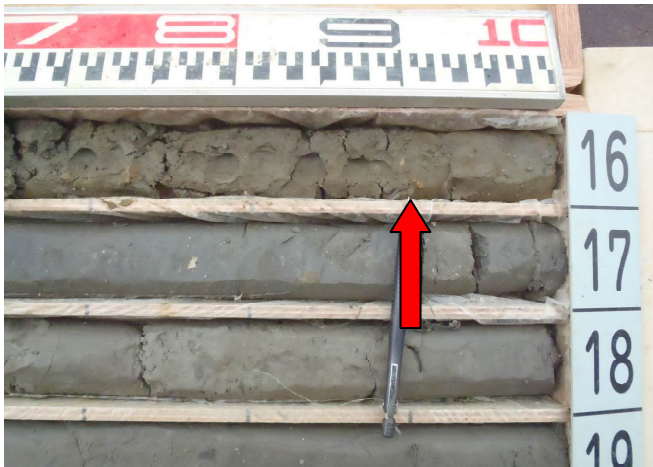


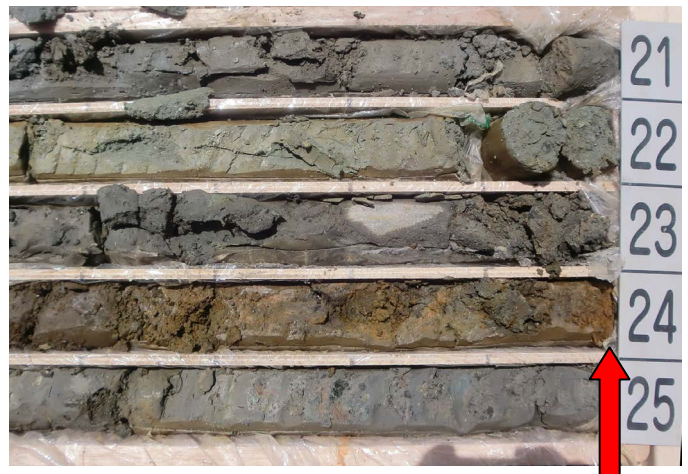
図3.2 国川地すべり 地質断面図 (A-A' 断面) S=1:3,000

3.3 すべり面

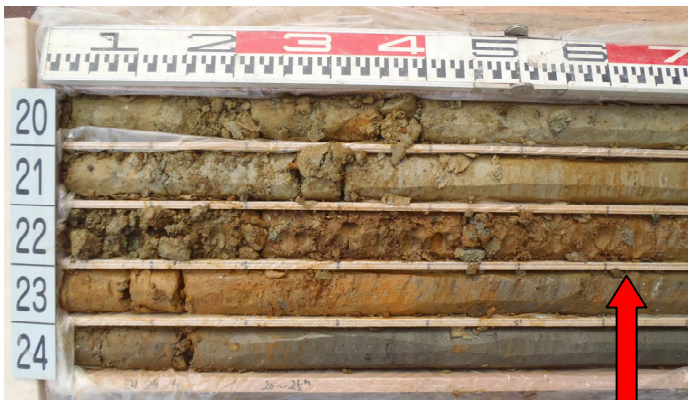
(1) BV24-2 号孔 (すべり面深度 GL-15.9m)



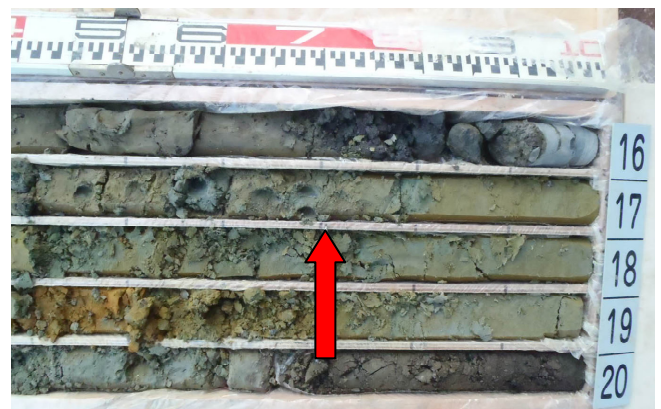
(2) BV24-3 号孔 (すべり面深度 GL-24.0m)



(3) BV24-4 号孔 (すべり面深度 GL-22.65m)



(4) BV24-5 号孔 (すべり面深度 GL-16.7m)



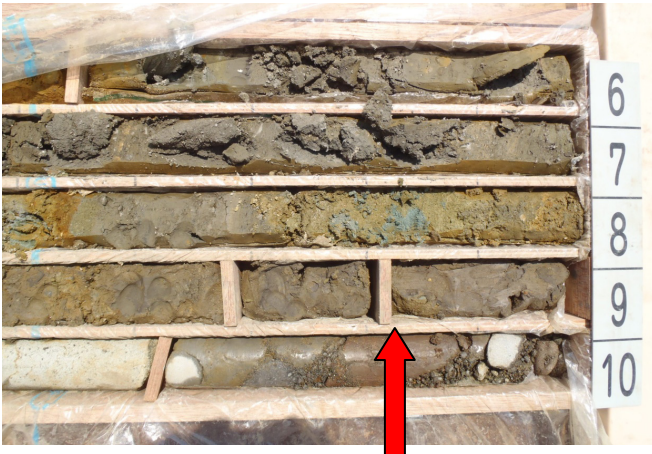
(5) BV24-6 号孔 (すべり下端深度 GL-11.8m)
下に沖積粘土



(6) BV24-7 号孔 (すべり下端深度 GL-9.65m)
下に沖積粘土



(7)BV24-8 号孔(すべり下端深度 : GL-8.80m)
下に沖積粘土、扇状地性砂礫



3.4 地下水状況

簡易揚水試験の結果では、地下水の多い賦存層を確認することができなかった。
融雪期は飽和状態にあったものの、調査ボーリングでは明瞭な帯水層となる多量の揚水を確認できなかった。また、調査時に被圧地下水は確認されていない。
調査時の地下水位は GL-0.68~3.80m と浅い。

3.5 水質

地すべり発生直後から、応急対策としてブロック周辺からの地下水の流入を防止する目的で横ボーリング工や上方斜面でトレンチを施工した。

各横ボーリング工およびトレンチから排出された地下水・地表水を対象に水質分析および電気伝導度、pHを測定し、地下水の特性をみる。

この結果、ブロック南西側上部の排水は NaSO₄ 型の非炭酸型に分類され、電気伝導度は 500 μ S/cm 以上と高い値を示す。SO₄ 型とは硫化鉱物が酸素の供給により酸化されると生成される水であり、海水に汚染された地下水や鉱泉水にみられる。

北東側部の尾根部付近の排水は NaHCO₃ 型の炭酸型に区分され、電気伝導度は 300~600 μ S/cm を示す。HCO₃ 型は停滞的な環境にある地下水がこの型に属し、深層の地下水と判断される。

このことから、深層の地下水が断層を伝って地表付近まで上昇している可能性があり、地すべり頭部付近では常時深層地下水が供給されている可能性が高い。

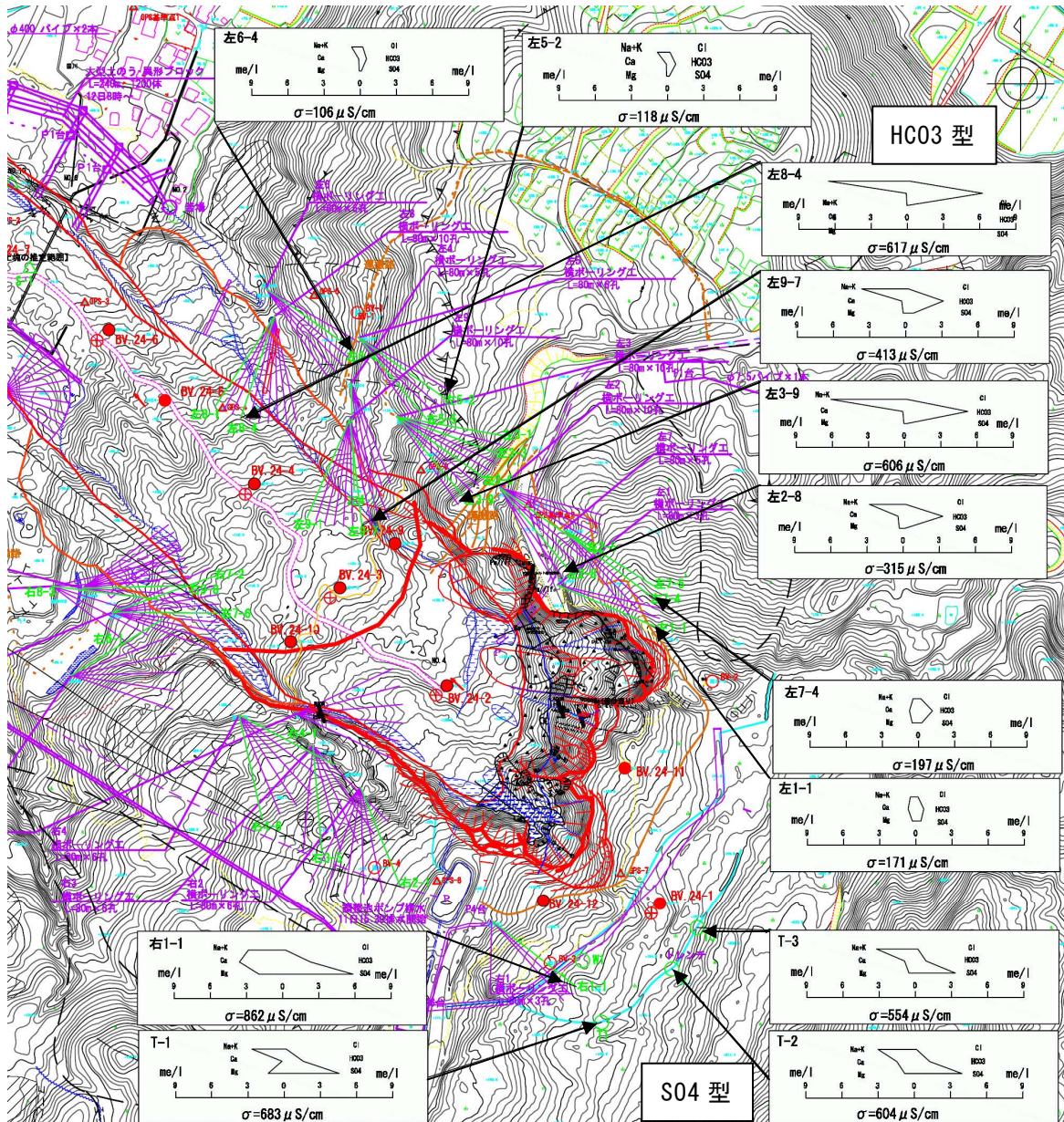


図 3.3 横ボーリングの排水・湧水の水質

4. 地すべり機構

4.1 発生形態

地すべりは、斜面上部の砂利採取用工事用道路周辺で発生する。

当初その規模は標高 130m付近に抜け出る円弧すべり状の浅いすべりと推定される（オレンジ範囲）。

この移動によって、斜面全体の地すべり地形の上部に新たに載荷される形となり斜面中腹部～下部の地すべりを誘発し斜面全体が滑動する。この間の時間差はわずかであり、一体となって滑動したものと推定される（ピンクの範囲）。

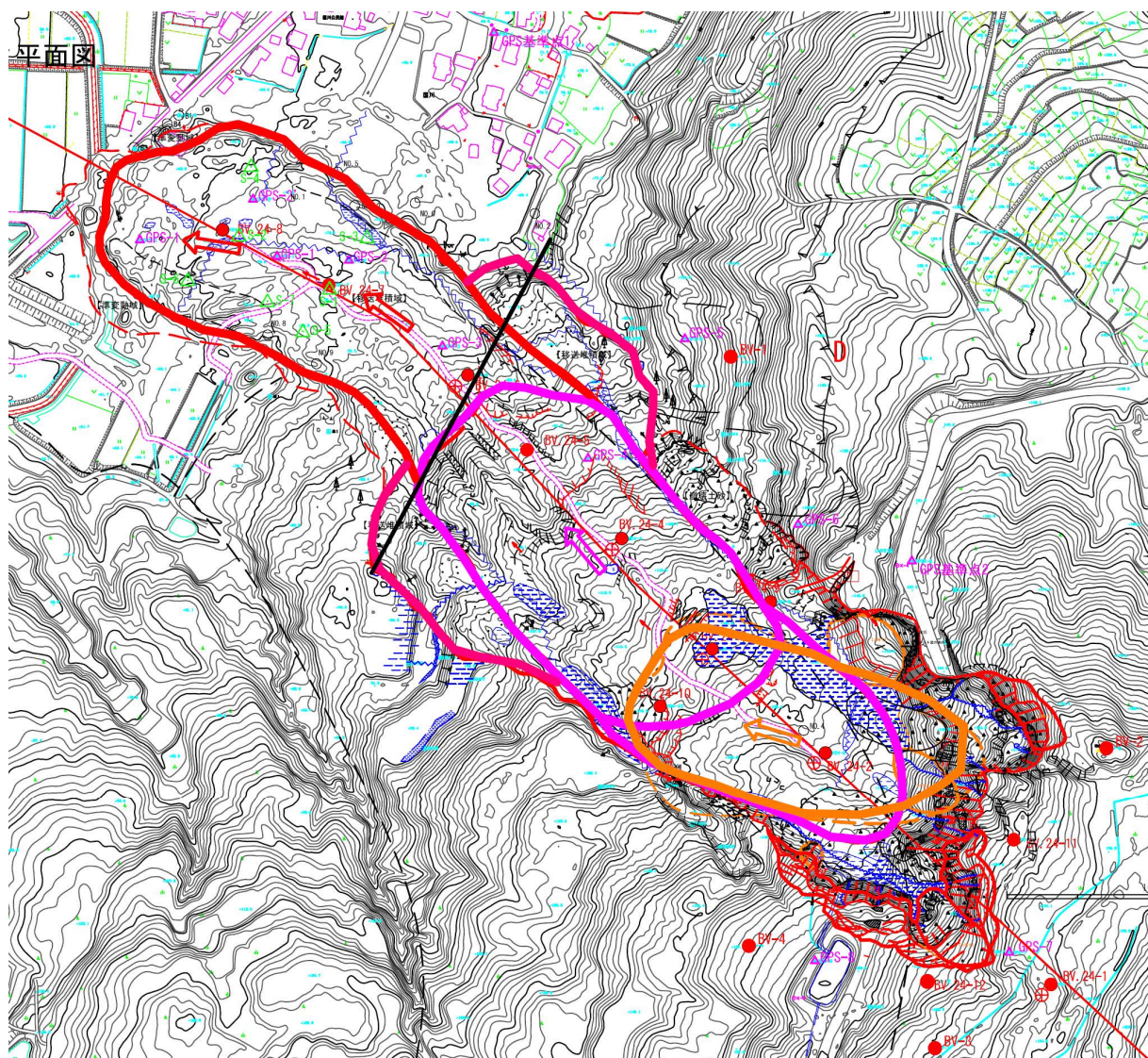


図 4.1 地すべり発生形態

すべりの末端は、斜面末端部の平野部境界に抜け出る形となる。

沖積面は粘土が分布しており、土被り圧が小さいことからせん断強度が小さく、地形も緩傾斜（3°程度）が続くことから、移動土塊は軟弱な沖積面表層の粘土を巻き込みながら高速で滑動したものと推定される。

移動層の表層部は、融雪水により脆弱・泥ねい化しているものの、移動層本体は、泥岩塊を主体とする固結した土砂からなる。

移動層は平野部に出た後も拡散することなく一方向への移動となった。これは移動層の地質が比較的固結した土砂であったこと、積雪が側面に押し出されることで側方リッジの機能を形成したこと、扇状地の微地形から最大傾斜が北西傾斜であったこと(図 1.4)から、北北西の国川集落方向へは移動せず西北西方向に動いたものと考えられる。

4.2 素因・誘因

素因

- ・ 基盤の須川層泥岩分布地域は、地すべり多発地帯である。
- ・ 断層が隣接するために基盤の地質構造は複雑である。
- ・ 断層および古期地すべりの影響によって基盤は深部まで亀裂が発達し風化が進行している。
- ・ 断層から深層の地下水が地表面付近まで供給されやすい環境にある。
- ・ ブロック上方に緩斜面が広がり、地表水が集まりやすい状況にある。

誘因

- ・ 本年度は豪雪により、積雪深も例年の2倍程度残っている。
- ・ 融雪期に多量の融雪水が浸透することにより、過剰間隙水圧が発生し地すべりを起こしたものと推定される。

積雪は2月12日をピークとし、その後2回の降雪があるものの融雪が進行する。2月後半の融雪速度は、3月末～4月の段階の速度に近い。

2月12日から地すべり発生(3月7日)までの24日間の総融雪量は155cmであり、これを雨量換算すると620mmに相当する。

気温も3月1日以降上昇傾向にある。

2月後半からの融雪の進行が3月上旬の地すべり発生の大きな誘因となる。

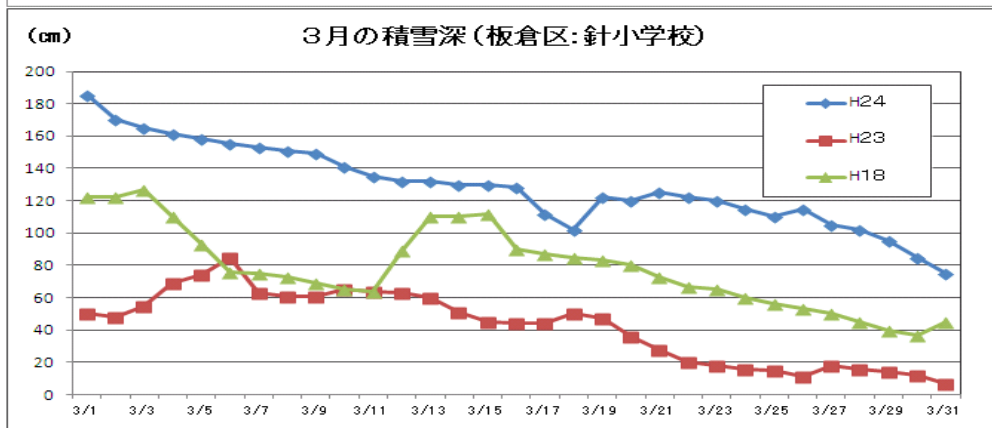
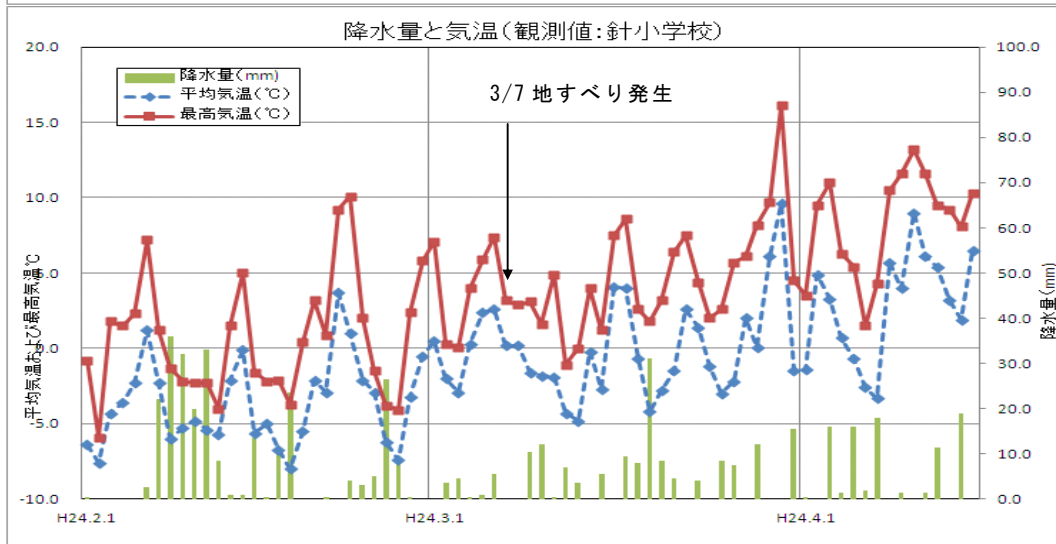
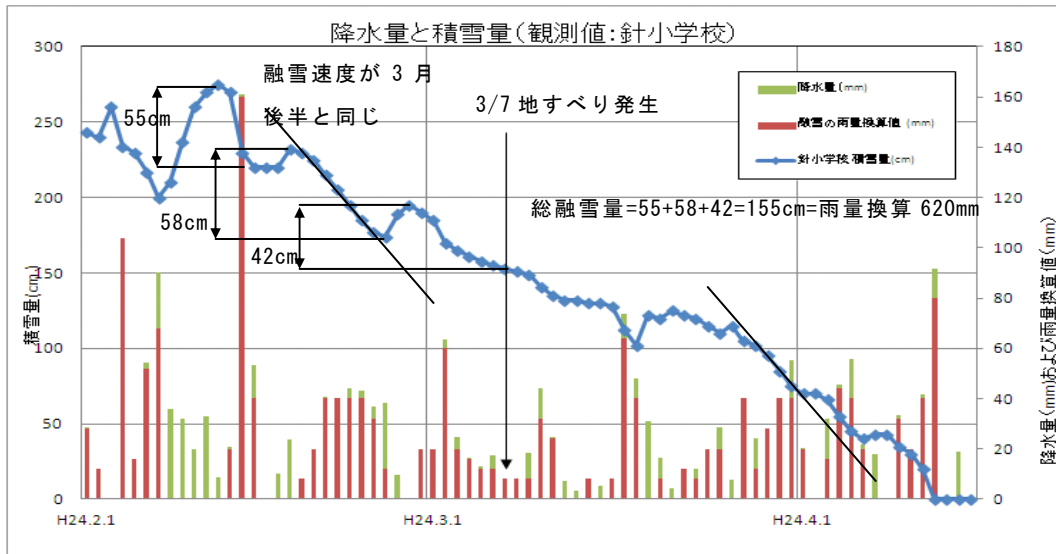


図 4.2 降水量と積雪深・気温の関係

5. 地すべり対策工の選定

5.1 地すべり対策工の考え方

主な工法の考え方を以下に示す。

- ① 応急対策は、地すべり運動の緩和を目的として、地すべり側面部や滑落崖背後の安定した場所から、地下水排除工を主体とした応急工事を行う。
- ② 恒久対策は、まず排土工により地すべり推力を軽減することを優先し、安全率の不足分を集水井工主体の地下水排除工で補う計画とする。移送堆積域の土砂撤去は最低限度とし、被災した住宅地域のみとする。

5.2 応急対策

なお、滑動時の応急対策として以下の応急対策工事を実施する。

- ・ 異型ブロック積（国川側、新屋敷側、県道上）
- ・ 大型土のう積（国川側）
目的：移動層が住家に押し寄せた場合の抑止。
- ・ 横ボーリング工 全 18 群 124 孔 延長 5,200m
- ・ 集水井 1 基 12 孔 600m
目的：ブロック内へ侵入する地下水を排除。
ブロック内の地下水を排除。
- ・ 導流堤（H=5.0m）
目的：移動が高速であったことから、住家（新屋敷）への被災を防止するために、移動層を耕作地へ誘導する。
- ・ 上部排水溝（トレンチ）2 本
目的：ブロック上部からの融雪水の浸透防止。
- ・ 移送堆積域左側部排水溝
- ・ 移送堆積域右側部排水溝
- ・ 斜面中腹部排水溝
目的：移動層内の地下水、地表水排除。
- ・ 表流水排水
目的：ブロック内への表流水の侵入防止。

5.3 恒久対策

(1) 恒久対策の考え方

調査時の安全率を $F_s=1.00$ と仮定し、計画安全率 $F_s=1.20$ を満足する対策工を検討した。

恒久対策の安全率フロー(地すべり対策)を示す。

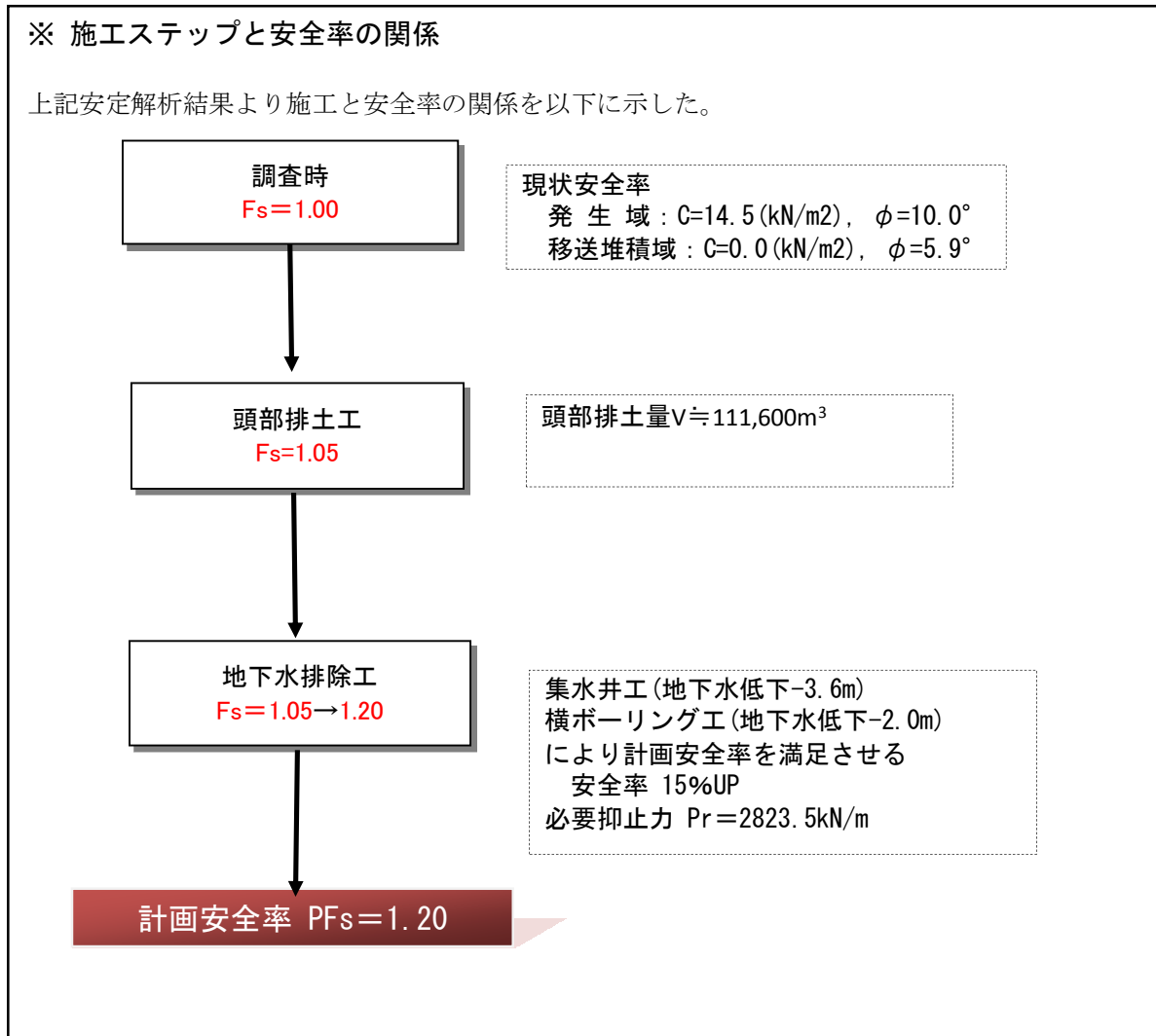


図 5.2 安全率のフロー (地すべり対策)

対策工としては、以下を計画した。

- ・ 頭部排土工
- ・ 深層地下水排除工 (集水井工 6基、横ボーリング工 8群)
- ・ 浅層地下水排除工 (暗渠工、開暗渠工、水路工)
- ・ 土留工
- ・ 背後斜面对策工 (排土工、のり面整形工、植生工)

(2) すべり面強度の設定

すべり面強度の設定には、大きく、1)土質試験により求める方法と、2)逆算法により求める方法がある。土質試験による方法は、その値が必ずしもすべり面強度の代表値になり得るか問題があり、すべり面長が長い本地すべりでは、逆算法による方法とした。

逆算法で、求めた場合の強度は粘着力Cを平均層厚から想定し、

$$C = 14.5 \text{ kN/m}^2, \quad \phi = 6.5^\circ \text{ となる。}$$

新第三紀層の残留強度は、既往資料によれば椎谷・寺泊層で $\phi' = 10 \sim 25^\circ$ と言われている。

せん断抵抗角 ϕ を残留強度の最低値 10° と固定し、粘着力の見直しを行うと、すべり面強度は、以下のとおりとなる。

$$C = 6.2 \text{ kN/m}^2 \quad \phi = 10^\circ$$

ただし、移送堆積域に関しては軟弱な沖積粘土（正規圧密粘土）の表層部を高速で滑動していることから、新第三紀層のすべり面強度を移送堆積域まで採用することは過大となるものと考えられる。

ここでは、須川層中にすべり面を形成する‘発生域’と、沖積粘土の表層部と混在して高速滑動した‘移送堆積域’で、すべり面強度を区分して逆算法により設定した。

新第三紀層に形成された発生域のすべり面強度は、粘着力を地すべり移動層の平均層厚から推定し、内部摩擦角は残留強度を用いて設定した。

$$C = 14.5 \text{ kN/m}^2$$

$$\phi = 10^\circ$$

移送堆積域のすべり面強度は、すべり面が地表面付近であり、新しく土砂が被さった状態であることから、土被り相当の強度(粘着力)は見込まない($C=0$)ものとする。移送堆積域の粘着力を $C=0$ と固定し、現況安全率が $F_s=1.00$ を満足するすべり面強度を逆算し、次のように設定した。

$$C = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\phi = 5.9^\circ$$

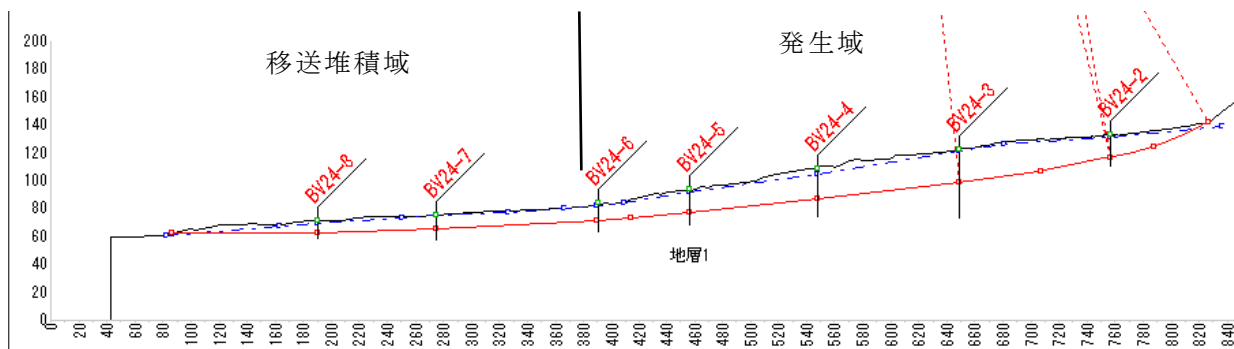


図 5.3 安定解析図(現況)

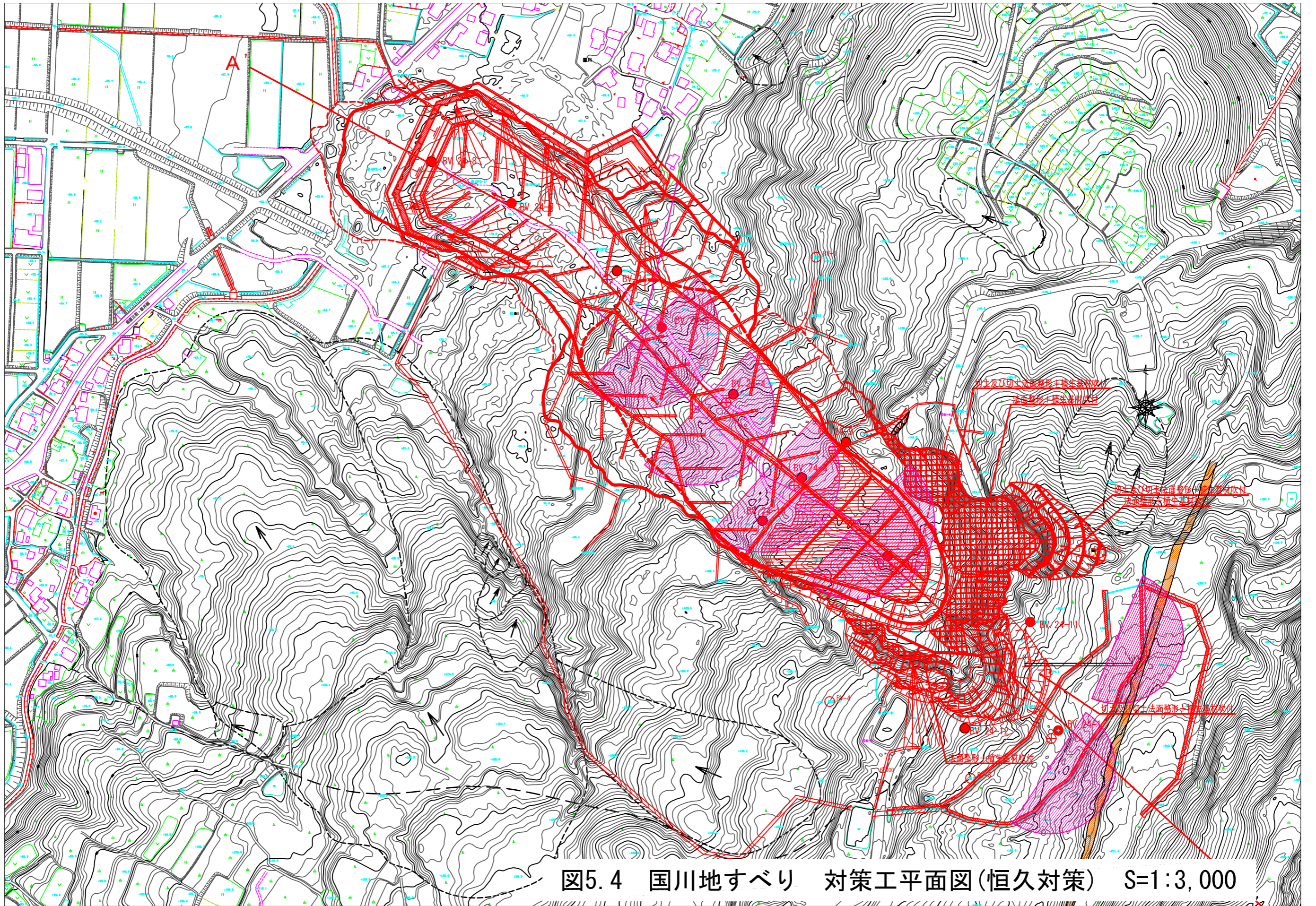


図5.4 国川地すべり 対策工平面図(恒久対策) S=1:3,000

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

ロイヤル礎406

TEL (025)225-8360 FAX (025)225-8361

会 員

23社 (H24.5.1現在)

会 社 名	代 表 者	所 在 地	電 話 番 号	F A X 番 号
旭 調 査 設 計 (株)	舩谷 喜代文	〒950-0908 新潟市中央区幸西1-1-11	(025)245-8345	(025)245-8349
応 用 地 質 (株) 新 潟 支 店	大曾根 啓介	〒950-0864 新潟市東区紫竹7-27-35	(025)274-5656	(025)271-6765
開 発 技 建 (株)	寺本 邦一	〒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	飯沼 浩	〒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ト(株) 北 陸 支 店	山崎 暁洋	〒950-0925 新潟市中央区弁天橋通1-2-34	(025)257-1888	(025)257-1880
(株) 興 和	小松崎 通雄	〒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 木市	〒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	小幡 季也	〒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	後藤 昇	〒950-0922 新潟市江南区山二ツ309-1	(025)286-7188	(025)287-0096
(株) ダイヤコンサルタント 北 陸 支 店	土本 浩二	〒950-2015 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	片桐 芳隆	〒950-0982 新潟市中央区堀之内南3-1-21	(025)283-0211	(025)283-0212
東 邦 地 水 (株) 新 潟 営 業 所	小見 一広	〒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	佐川 和夫	〒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	若林 直樹	〒950-0891 新潟市東区上木戸1-8-13	(025)273-6301	(025)271-1110
日 特 建 設 (株) 北 陸 支 店	和田 雅之	〒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	古谷 康夫	〒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	齊藤 弘康	〒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	〒950-0932 新潟市中央区長潟957	(025)256-8380	(025)256-8381
(株) 村 尾 技 建	村尾 治祐	〒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 月冲	〒950-2002 新潟市西区青山1-1-22	(025)265-1122	(025)265-1126

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 〒950-0965 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

20社 (H24.7.31現在)

会 社 名	代 表 者	所 在 地	電 話 番 号	F A X 番 号
(株) アドヴァンス	諸橋 通夫	〒951-8133 新潟市中央区川岸町3-17-22	(025)233-4131	(025)233-4152
川崎地質(株) 北陸支店	飯沼 浩	〒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 義克	〒950-0983 新潟市中央区神道寺2-2-10	(025)242-2711	(025)242-2700
(株) 興 和	小松崎 通雄	〒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 木市	〒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
中部川崎(株)	山崎 昭夫	〒950-0961 新潟市中央区東出来島1-15	(025)285-6441	(025)285-6443
(株) 日さく 北信越支社	若林 直樹	〒950-0891 新潟市東区上木戸1-8-13	(025)273-6301	(025)271-1110
日特建設(株) 北陸支店	和田 雅之	〒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	中村 直登	〒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 北蒲原郡聖籠町蓮湯横道下5322-26	(025)278-1551	(025)278-1559
(株) 村尾技建	村尾 治祐	〒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 月冲	〒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) 新潟営業所	松田 浩樹	〒950-0901 新潟市中央区弁天3-3-19	(025)247-8251	(025)247-8254

支 部 会 員

8社 (H24.4.1現在)

(株) エムエルティール	畠山 正樹	〒950-3308 新潟市北区下大谷内378-41	(025)259-9005	(025)259-2230
(株) 笠原建設	鈴木 秀城	〒949-1352 糸魚川市大字能生1155-6	(0255)66-3181	(0255)66-4852
共榮建設(株)	本田 浩太	〒940-0213 長岡市栲尾山田町1-10	(0258)52-2076	(0258)52-3163
(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
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
町田建設(株)	町田 誠	〒949-6407 南魚沼市島新田374	(025)782-1181	(025)782-2241

地すべり被害を未然に防止するため 取 り 組 ん で い ま す

協議会会員12市町村では国土保全を念頭におき、地すべり地域の保全と自然環境の保護及び地域振興のため、農業・農村整備事業による地すべり防止対策と関連事業による農業並びに生活基盤の改善を主要施策として積極的に取り組んでいます。

新潟県農地関係地すべり防止事業推進協議会

会長（妙高市長）入 村 明（会員12市町村）

新潟市中央区新光町4-1 新潟県自治会館（新潟県市長会内）

TEL 025 (284) 3434 FAX 025 (285) 3135

砂防関係事業の推進に取り組みます

新潟県治水砂防協会は、土砂災害から住民の生命・財産を守るため、砂防関係事業の推進及び施策等について関係機関への要望・提言を積極的に行っています。

新潟県治水砂防協会

会長（出雲崎町長）小 林 則 幸（会員29市町村）

新潟市中央区新光町4-1 新潟県自治会館（新潟県町村会内）

TEL 025 (285) 0041 FAX 025 (285) 1609

第40回地すべり現地検討会
国川地すべり【融雪期に発生した高速地すべり】

2012. 11. 9

編集・発行 (社)日本地すべり学会新潟支部
印刷 株式会社 文久堂

(社)日本地すべり学会新潟支部のホームページ
<http://www.landslide-niigata.org>