

## 令和5年度 災害関連緊急地すべり対策事業 (広田地区)について



株式会社 日さく  
竹内 均

令和6年5月23日 特定非営利活動法人新潟県地すべり防止工事士会 下越支部 第16回研修会

## 地すべりの概要

### ・位置

新潟県糸魚川市大字北山

地すべり防止区域「広田地区」(48.1ha) 昭和36年5月告示

「広田(追加)地区」(119.4ha) 昭和51年4月告示



### ・地すべり規模

地すべり斜面長 750m 地すべり幅 200m 比高 135m 平均傾斜10.2°

すべり面深度(最大) 37m 移動体体積  $1.9 \times 10^6 \text{m}^3$

→大規模地すべり(移動体体積  $1 \times 10^6 \text{m}^3$ 以上・最大深さ30m以上※)

※萩田 茂・相楽 渉・大規模地すべりの機構解明研究委員会：我が国の大規模地すべりの形態と機構。地すべりVol.1.53, No.5, pp.21-25.

## 大規模な地すべりの緊急対応

### ・BIM/CIMの活用

「地すべり災害対応のBIM・CIM」

- SfMによる3D地形モデル・オルソ画像
- UAV LIDERによる測量
- 地形形状の差分解析
- 3次元安定解析
- 3次元モデル上での対策工配置計画

### ・高密度電気探査(省力型3次元電気探査)の併用

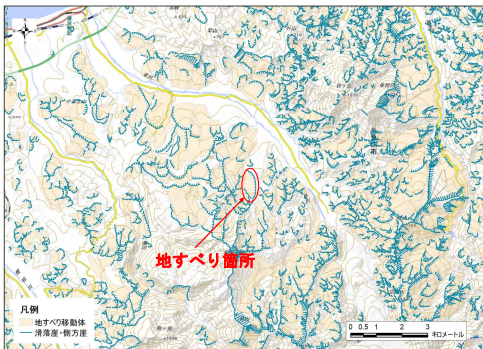
ボーリング数を削減し、電気探査の結果で補完  
→ 工程短縮に寄与

・ああ

## 地すべり発生からこれまでの経緯

区分	内 容	期間		2023年										
		開始	終了	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月			
緊急対応	地すべり発生	4/1	4/1											
	緊急調査	4/4	4/6											
	応急対策	4/5	5/11											
	地表調査	4/7	4/21											
調査測量	災害申請	4/7	4/19											
	調査ボーリング	4/13	3/10											
	電気探査	4/19	4/25											
観測	UAVレーザー計測	5/9	5/9											
	移動体観測	4/10	11/15											
	地下水位観測	5/2	11/30											
	パイプ計観測	5/2	11/30											
解析 対策工法	土石流警報監視	4/12	11/15											
	地中線形計量監視	5/16	11/30											
解析 対策工法	解析・工法検討	4/13	9/1											
	工法協議 対策工法決定	10/1	10/2											

## 位置と周辺の地すべり地形



(防災科学技術研究所「地すべり地形分布図」より)

## 地すべりの概要

### ・地すべり発生時期

令和5年4月1日 地すべり発生を確認

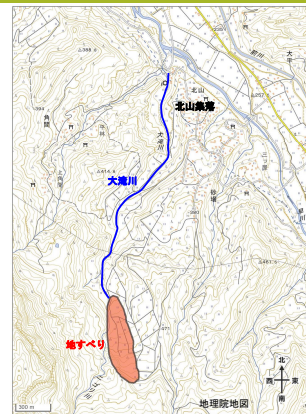
地すべり斜面の一部を通過する大滝川の downstream において、河川水の濁りをきっかけに地元住民が発見

### ・被災状況

地すべり末端から北山集落まで約2.1km(大滝川沿い)

地すべり発生域は水田地帯のため、積雪期は人の立ち入りなし  
被災施設は、水田・農道・西側用水・農業用水取水施設・砂防施設(谷止工・護岸工)

人家や重要インフラの被災はなく、一般に報道されることもなかった。



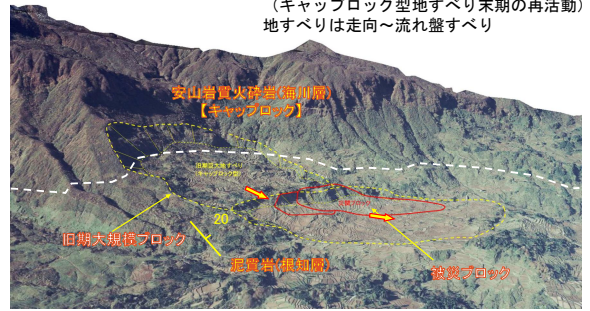
### 周辺の地形と地質



地理院地図3D表示に加筆

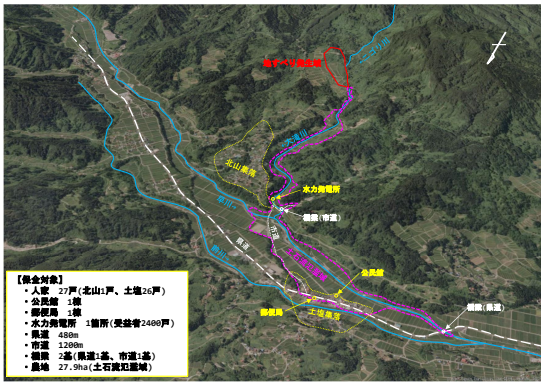
### 周辺の地形と地質

典型的なキャップブロック型をなす旧期大規模地すべりブロックの一部が再活動  
 (キャップブロック型地すべり末期の再活動)  
 地すべりは走向~流れ盤すべり



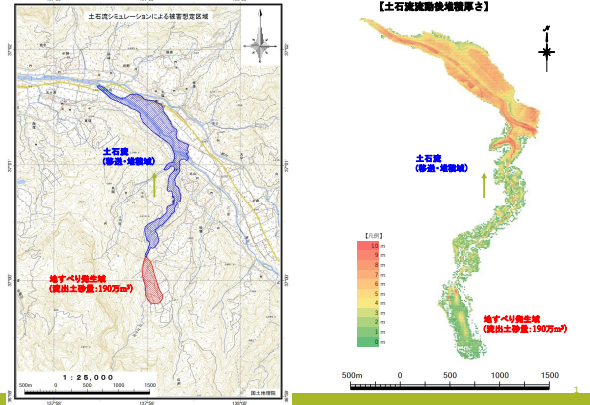
国土地理院空中写真(S51撮影)をSfM処理で3D表示

### 被害想定区域鳥瞰図

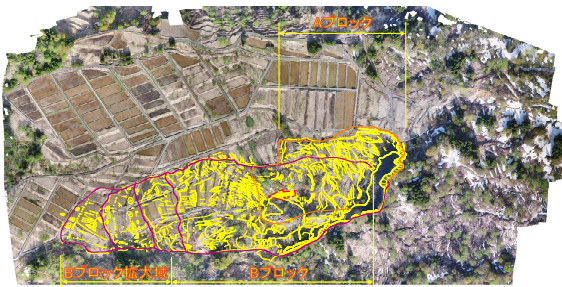


地理院地図 空中写真を3D表示

### 被害想定区域シミュレーション(2)

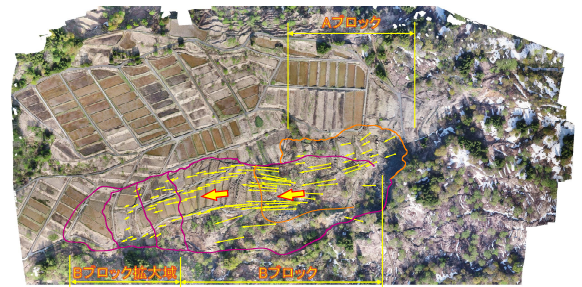


### SfM解析



2023年4月6日撮影UAV画像をベースにオルソ画像処理 →亀裂分布図 →ブロック区分

### 地表面(特徴点)の水平移動量と方向



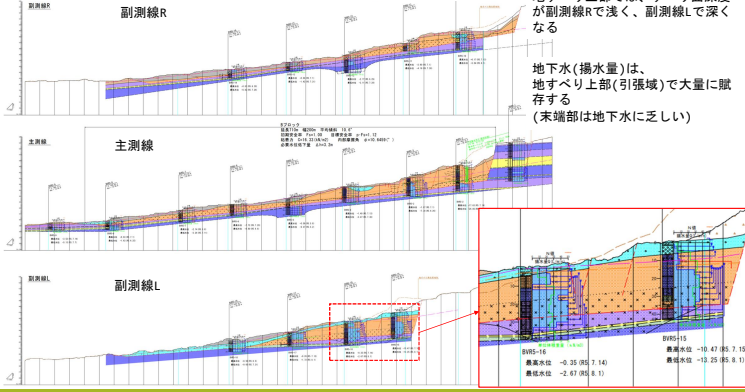
被災前オルソ画像(eまっぶ糸魚川)と重ね合わせ、移動した特徴点を比較  
 →ブロック頭部(引張域)が大きく、末端部(圧縮域)で小さくなる  
 (冠頭部は垂直(沈下)成分が優勢なため、水平移動量が小さい)  
 →水平移動のベクトル傾向は、緩やかなS字を描く



## 解析調査

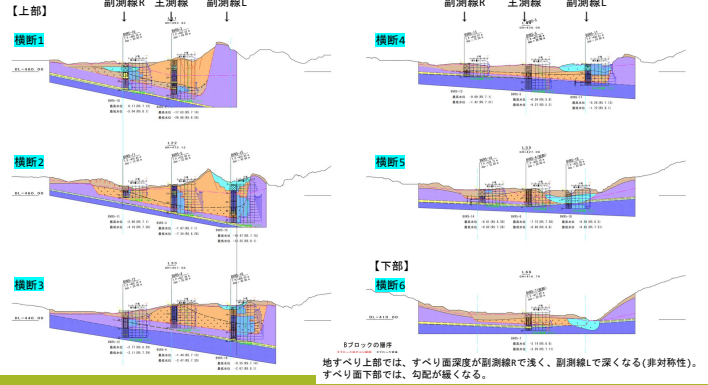
広田地区 Bブロック

### 地質縦断面



## 解析調査

### 地質横断面



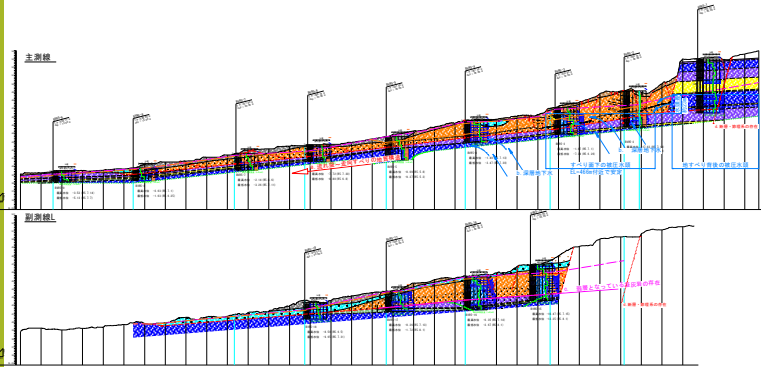
## 地すべりの素因と誘因

### 【素因】

- 走向すべり～流れ壁の地質構造。
- 地下深部から恒常的に供給される深層地下水が存在し、恒常的に地すべり斜面に高い水頭をもたらしている。
- 岩盤中の弱層となっている凝灰岩の存在。
- Bブロックの滑落源は、古い地すべりの直線的な滑落面の背後にもともとあった浅い谷に沿って形成されている。Bブロック滑落面の背後にも同様の谷があることから、NNW-SSE方向の断層・節理系の存在が推定される。

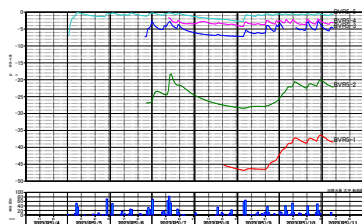
### 【誘因】

- 背後の集水域(約0.1km<sup>2</sup>)から融雪期に供給される大量の融雪水により地下水位が上昇し、地盤の飽和度上昇による脆弱化とすべり面に働く間隙水圧上昇が生じた。
- 先行して発生したAブロックの移動土塊が、Bブロック上部斜面に対する上載荷重となり、Bブロックの安定度を損ねた。
- 広大な集水域(約2.0km<sup>2</sup>)をもつニゴリ川(大滝川)が地すべり斜面下部を流下しており、融雪水の増加による河川性堆積物を中心に地下水位上昇をもたらし、すべり面に働く間隙水圧上昇が生じた。
- 地すべり左(西)側の外側を流れるニゴリ川は、地すべり斜面より高い位置を流れており、天井川状態となっている。融雪期には岩盤亀裂を通じた河川からの地下水かん養が増加し、地すべり斜面内の地下水位上昇に関与した可能性も考えられる。

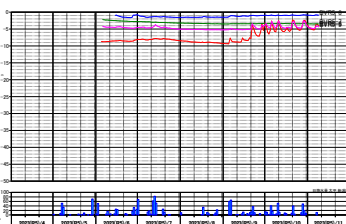


## 地下水位状況

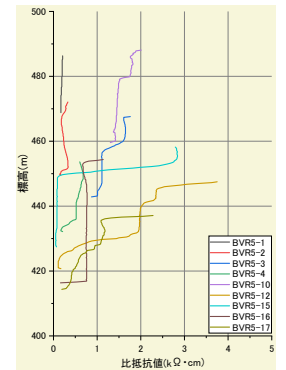
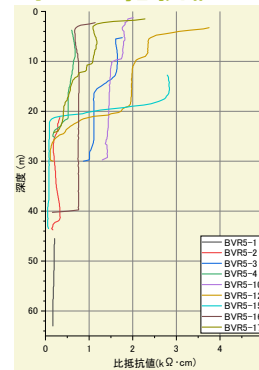
### 主測線 上部



### 主測線 下部

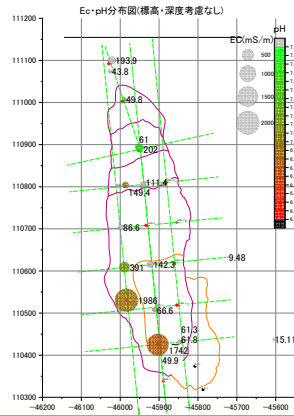


## 孔内水の比抵抗値



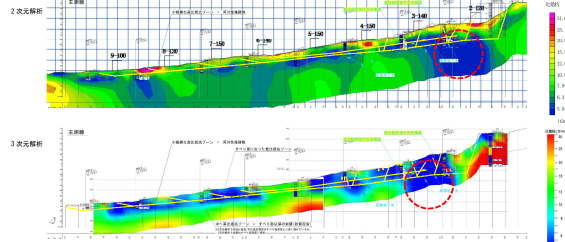
# 地表水・地下水の水質

場所	調査日	種類	EC(mS/cm)	μSiO <sub>2</sub> (cm)	pH	温度(℃)	
BVPS-10	2023/6/28	湧水(15~18m)	11.58	61.9	6.36	19.0	
BVPS-10	2023/6/28	湧水(15~18m)	12.05	49.9	8.23	21.9	
BVPS-10	2023/6/28	湧水(15~18m)	13.21	55.11	6.34	17.3	
BVPS-15	2023/7/12	湧水(15m)	11.47	60.95	6.31	13.8	
BVPS-15	2023/7/12	湧水(15m)	12.04	5.46	10.54	10.8	
BVPS-3	2023/7/16	湧水(3m)	13.02	56.6	1.502	7.78	13.4
BVPS-17	2023/7/17	湧水(17m)	11.17	86.6	1.155	7.55	16.1
BVPS-2	2023/7/17	湧水(2m)	12.14	70	0.95	6.81	17.1
BVPS-9	2023/7/17	湧水(9m)	13.44	103.9	0.534	3.70	13.6
BVPS-8	2023/7/17	湧水(8m)	12.04	42.6	2.38	7.51	20.9
BVPS-8	2023/7/17	湧水(8m)	14.31	49.6	2.00	7.49	14.0
BVPS-6	2023/7/11	湧水(6m)	14.60	61	1.63	8.09	27.4
BVPS-7	2023/7/11	湧水(7m)	14.10	100	0.48	7.41	12.9
BVPS-18	2023/7/11	湧水(18m)	14.21	149.0	0.66	6.98	12.5
BVPS-6	2023/7/11	湧水(6m)	14.60	123.6	0.89	7.62	16.0
BVPS-10	2023/7/28	湧水(10m)	12.01	61	1.63	7.81	14.2
BVPS-10	2023/7/28	湧水(10m)	13.33	391	0.29	7.06	16.1
BVPS-4	2023/7/28	湧水(4m)	13.50	142	0.70	7.87	14.1

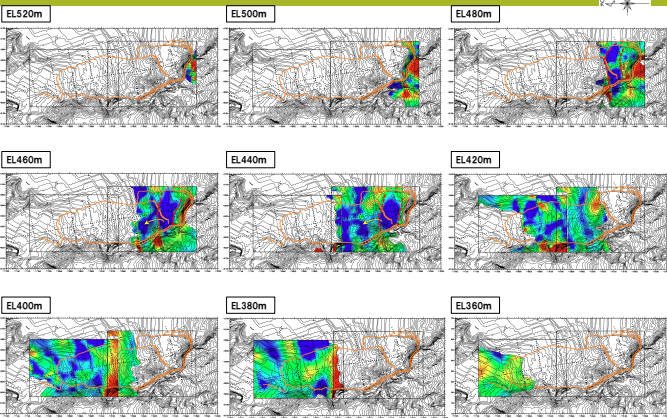
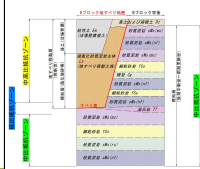


# 解析調査

比抵抗値断面図 (省力型3次元電気探査)



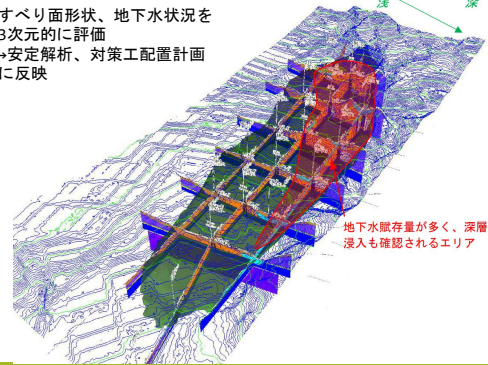
冠頭部に薄い低比抵抗ゾーンが存在  
ボーリング孔内から高EC地下水を確認  
→深部からの地下水供給を示唆



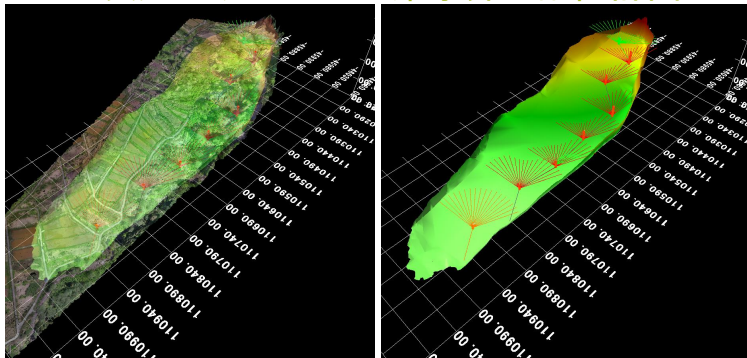
# 解析調査

パネルダイアグラム

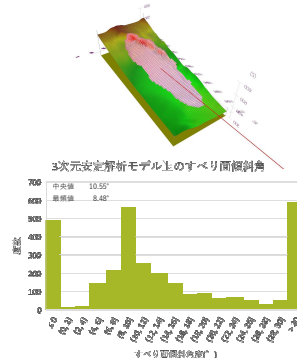
すべり面形状、地下水状況を  
3次的に評価  
→安定解析、対策工配置計画  
に反映



# 三次元モデル上での集水井工配置計画



# 三次元安定解析



項目	条件	備考
計算方法	3次元解析	
計算式	修正Hovland法	
安全率	初期安全率 F <sub>s0</sub> 1.000	滑すべり運動収束
	最終安全率 p-F <sub>s</sub> 1.120	安全対策 一般河川
地層条件	単位体積重量 γ (kN/m <sup>3</sup> ) 18.00	滑すべり解析の一般値
設定方法	総算	
粘着力 C(kN/m <sup>2</sup> )	15.97	平均値より算定
内部摩擦角 φ(°)	10.0059	
tan φ	0.176433	
地表	UAV Lidar地形データ	
すべり面	ボーリング調査結果からの推定すべり面	
地下水位	観測開始から令和5年8月1日間の最高水位	
メッシュサイズ	10m	
安定計算1	初期水位	F <sub>s0</sub> 条件
計算条件	安定計算2 必要水位低下量	初期水位-3.2m
	トライアル計算	初期水位より-5mまで1m毎に計算

参考: 2次元解析 主測線 必要水位低下量 初期水位-4.0m  
2次元解析 副測線 必要水位低下量 初期水位-5.3m

# 地すべり対策工事

・今後の予定  
 令和5年 準備工・仮設道  
 令和6年 集水井工・水路工（現在施工中）

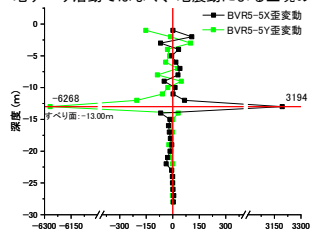
・課題  
 集水井排水ボーリングと砂防施設の干渉  
 連結排水の排水ボーリング能力  
 排水の水質による配水管の腐食  
 排水の水質が下流域に与える影響

工程	番号	仕様	数量	単位	備考
集水井工	1号	井 径φ4.0m・H=31.5m 蓋 L=55×80m×16本 ZL=1.055m 井 SGP90A L=80.4m	1	基	2号へ連結排水
	2号	井 径φ3.5m・H=24.5m 蓋 L=45×80m×15本 ZL=1.125m 井 SGP100A L=80.2m	1	基	3号へ連結排水
	3号	井 径φ3.5m・H=25.5m 蓋 L=50×80m×15本 ZL=1.100m 井 SGP125A L=80.2m	1	基	4号へ連結排水
	4号	井 径φ3.5m・H=23.5m 蓋 L=50×80m×15本 ZL=1.145m 井 SGP125A L=76.5m	1	基	5号へ連結排水
	5号	井 径φ3.5m・H=12.5m 蓋 L=50×80m×15本 ZL=1.145m 井 SGP125A+SGP90A L=79.5m	1	基	6号へ連結排水
	6号	井 径φ3.5m・H=12.5m 蓋 L=70×80m×15本 ZL=1.415m 井 SGP125A+SGP90A L=96.0m	1	基	地上排水
	7号	井 径φ3.5m・H=10.25m 蓋 L=80m×18本 ZL=1.440m 井 SGP90A L=58.0m	1	基	地上排水
排水ボーリング工		計画なし	0	m	
水路工	1号	PU500 築造工	550	m	
		築造工	7	基	
		築造工	12	基	
		PU500	700	m	
2号	築造工	8	基		
	築造工	20	基		
3号	PU500	1,250	m		
	築造工	15	基		
	築造工	17	基		
	築造工	32	基		

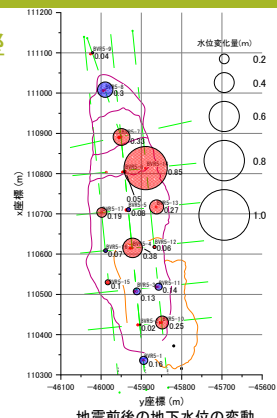
# 令和6年能登半島地震の影響

地震直後に顕著な歪変動が認められたが、累積性はなかった。  
 Y方向への顕著な変動が見られること、移動土塊内の変動が顕著であった。

⇒ 地すべり活動ではなく、地震動による土塊の変形



地震前後の歪変動量：BVR5-4(XY)



地震前後の地下水位の変動