

# 第2回 芦別市野花南の地すべり対策に関する技術検討会

## 検討会資料

### 議事次第

- 1 開会
- 2 議事
  - (1)地滑り調査結果と機構解析について
  - (2)恒久対策工について
  - (3)国道管理基準について
- 3 第3回開催のご案内
- 4 閉会

### 資料目次

芦別市野花南の地すべり対策に関する技術検討会について……	1
地滑り調査結果と機構解析及び対策工について	
1. 地すべりの概要 ……………	2
2. 調査の内容 ……………	3
3. 地すべり機構解析 ……………	4
4. 防止工法の検討 ……………	17
調査結果・対策工図面 ……………	19
国道管理基準について ……………	23
第1回技術検討会議事概要 ……………	25

平成23年4月27日

於 北海道森林管理局 大会議室

芦別市野花南の地すべり対策に関する技術検討会について

○検討会メンバー

区分	氏名	所属	備考
会員 (五十音順)	伊東 佳彦	独立行政法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地基礎技術研究グループ 防災地質チーム 上席研究員	
	後藤 龍彦	室蘭工業大学 大学院工学研究科 暮らし環境系領域 教授	座長
	大丸 裕武	独立行政法人 森林総合研究所 山地災害研究室長	
	田近 淳	地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 地質研究所 地域地質部長	
	西本 聡	独立行政法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地基礎技術研究グループ 寒地地盤チーム 上席研究員	
	丸谷 知己	北海道大学大学院農学研究院 副研究院長・農学院副院長・農学部副学部長 教授	
事務局	大沼 秀次	北海道開発局 札幌開発建設部 特定道路事業対策官	事務局長
	幡本 篤	北海道開発局 建設部 道路維持課 道路防災対策官	
	門脇 裕樹	北海道森林管理局 森林整備部 治山課長	
	武森 美紀男	北海道森林管理局 森林整備部 治山課 専門官(災害調整)	
	鈴木 正祐	北海道森林管理局 森林整備部 治山課 設計指導官	
	村上 昌仁	北海道開発局 札幌開発建設部 道路計画課長	
	栗山 健作	北海道開発局 札幌開発建設部 道路計画課 課長補佐	
	畑山 朗	北海道開発局 札幌開発建設部 道路計画課 課長補佐	
	池田 武司	北海道開発局 札幌開発建設部 都市圏道路計画課長	
	吉野 雅之	北海道開発局 札幌開発建設部 都市圏道路計画課 課長補佐	
	平森 善光	北海道開発局 札幌開発建設部 道路整備保全課長	
	佐藤 嘉高	北海道開発局 札幌開発建設部 道路整備保全課 課長補佐	
	古谷 浩幸	北海道開発局 札幌開発建設部 道路整備保全課 課長補佐	
	竹本 勝美	北海道開発局 札幌開発建設部 道路整備保全課 上席道路整備保全専門官	
	吉田 朋泰	北海道森林管理局 空知森林管理署長	
	鈴木 浩	北海道森林管理局 空知森林管理署 治山課長	
	谷本 俊充	北海道開発局 札幌開発建設部 滝川道路事務所長	
	寺岡 伸幸	北海道開発局 札幌開発建設部 滝川道路事務所 第2工務課長	
オブザーバー	菊田 悦二	北海道開発局 札幌開発建設部 河川管理課長	

○検討会スケジュール

開催時期	議題
第1回 平成22年10月6日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・検討会設立主旨確認</li> <li>・事象発生状況の報告</li> <li>・現状の調査結果報告</li> <li>・応急対策の実施状況報告</li> <li>・応急対策後の国道管理基準について</li> <li>・今後の調査計画, 本復旧内容について</li> </ul>
第2回 平成23年4月27日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地滑り調査結果と機構解析について</li> <li>・恒久対策工について</li> <li>・国道管理基準について</li> </ul>
第3回 (予定) 平成23年5~6月	<ul style="list-style-type: none"> <li>・報告書の内容確認</li> </ul>

## 1. 地すべりの概要

災害発生時に大きく滑動した地すべりは、頭部や右側壁部に10～20m以上の滑落崖を形成させ、斜面中腹に大量の土砂を押し出して停止した。地すべりの移動範囲を横断していた林班作業道は2箇所寸断され、滑動後に地すべり地内に認められた作業道路盤との位置関係より、地すべりの移動距離は40～50mと推定される。

地すべり発生後の縦断地形についてみると、頭部滑落崖直下は急斜面を示すが、その下流側では対照的に緩斜面を形成する。さらにその下流側では再び急な斜面を示し、地すべりにより押し出された土塊の一部は、その急斜面を流下している。このように、対象斜面は台地状の縦断地形を示しており、災害にともなう地すべり移動土塊は、そのほとんどがこのテラス状の緩斜面に堆積しているものである。

一方で、頭部滑落崖背後の山体表面にも2m前後の落差をともなう亀裂を生じ、それらは頭部滑落崖の背後を取り巻くように馬蹄形状に連続している。

災害発生前に作成されたレーザープロファイラによる地形図によれば、対象斜面には地すべり履歴を示す地形が顕著に認められ、それは今回の災害を生じた地すべり範囲を包括するように存在している(図1)。

今回の災害を生じた地すべり機構の解析にあたっては、それらとの関係についても考慮することが重要であり、また、直下の国道38号に対する影響についても、その観点を含めて考察する必要がある。

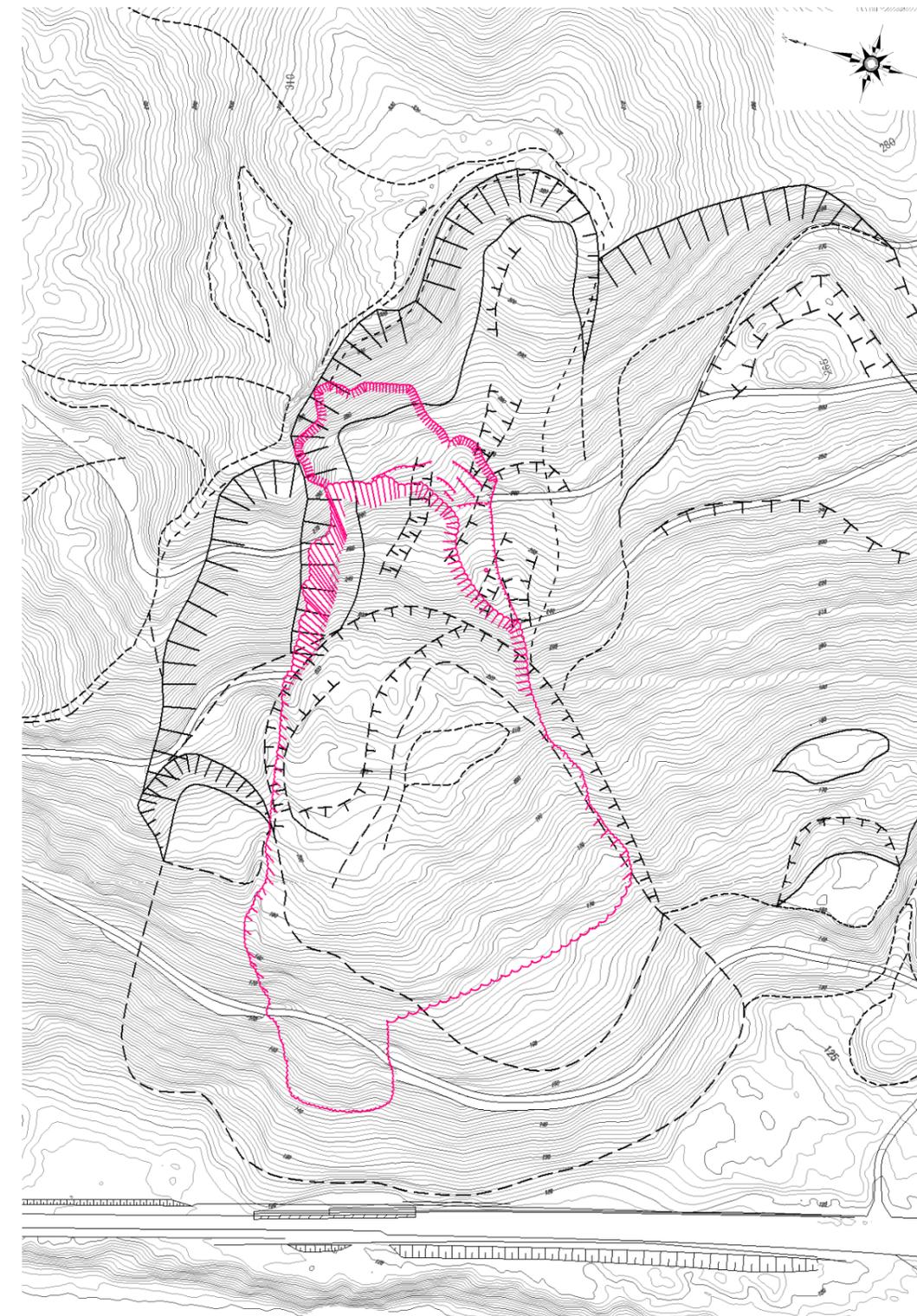


図1 地すべり地形判読結果と地すべり災害箇所

## 2. 調査の内容

地すべり移動土塊に対し、想定されるブロックの範囲や移動方向を考慮して調査測線を配置した。その際に、地すべり発生後の側壁の形態に左右で著しく相違が生じているほか、複雑にブロック化して滑動した様相を示す地表面象もみとめられたことから、それらの発生機構を立体的に捉えて解明する必要が認められた。そのため、想定される移動方向に3本の解析測線を設け、それと直交する複数の横断測線も設置し、メッシュ状の測線網として、それらの交点にボーリングを行った。

なお、地すべり発生時には押し出された土塊が、左サイド側で放射状に流動した形態が認められた。また、地すべり頭部の背後には、南東の尾根側より移動したと想定される地すべり履歴を示す地形が認められた。そのため、それらについても機構を解明するため、それぞれに1本ずつの解析測線を配置してボーリングを行っている。

ボーリング完了後には、各調査孔において地下水検層を実施し、パイプひずみ計による動態観測や地下水位の観測を、データロガーを用いて実施している。

また、調査の解析精度を高めるための試験として、すべり面試料が採取されたボーリングコアを用いたすべり面せん断試験、調査孔を利用した温度検層なども実施している。

地すべり発生機構解明のため実施した調査項目は以下のとおりである。

- ① 地表踏査
- ② 調査ボーリング
- ③ 地下水検層
- ④ パイプひずみ計、地下水位観測
- ⑤ 地表伸縮計観測
- ⑥ (地中伸縮計観測、温度検層、すべり面せん断試験)

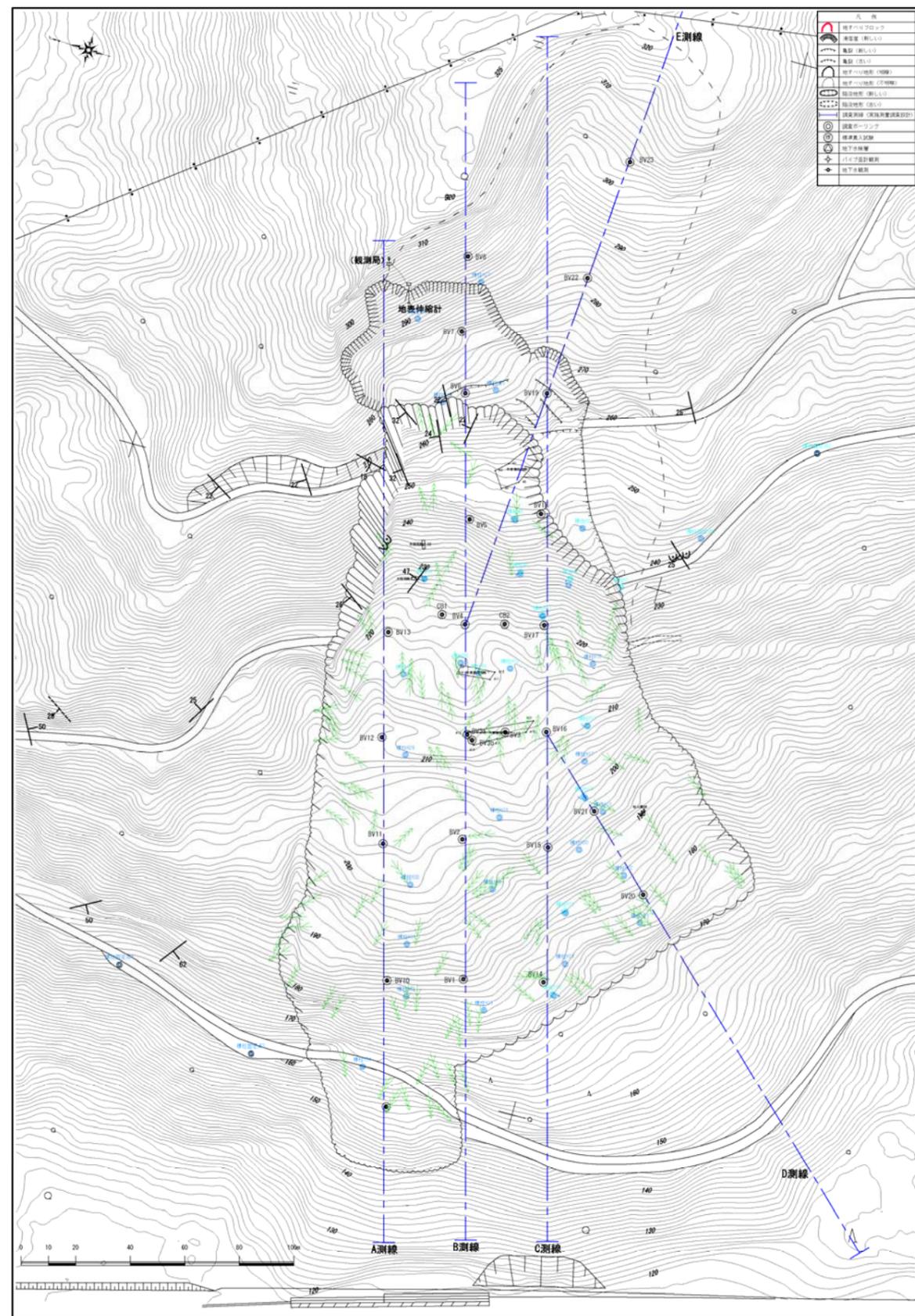


図 2 調査位置平面図

### 3. 地すべり機構解析

#### 3.1 地すべりの動態

災害時に大きく滑動した地すべり移動土塊は、その動態をパイプひずみ計と地中伸縮計により観測しているが、融雪がほぼ終了した4月初旬までの期間に変動が捉えられていない(図4)。地すべりの主要移動土塊がテラス状の緩斜面に堆積したことにより、その後は小康が保たれているものと判断される。

また、地すべりにより押し出されて堆積したとみられる、舌端部の堆積土塊についてもパイプひずみ計に変動は観測されていない。

一方で、地すべりの背後の山体に生じた亀裂は、地表伸縮計の観測により常時拡大する動きが捉えられている。厳冬期にも1(mm/日)前後の「伸び」が継続され、12月初旬や融雪が進む3月初旬には動きが加速する形態が認められる。(図3)

この亀裂の拡大は、亀裂に囲まれた範囲の土塊が滑動していることを示している。また、その範囲内に設置した調査孔のパイプひずみ計には明瞭なひずみの累積が認められることはそれを裏付けるものであり(図5)、その結果はすべり面を推定する上で有効な情報となる。

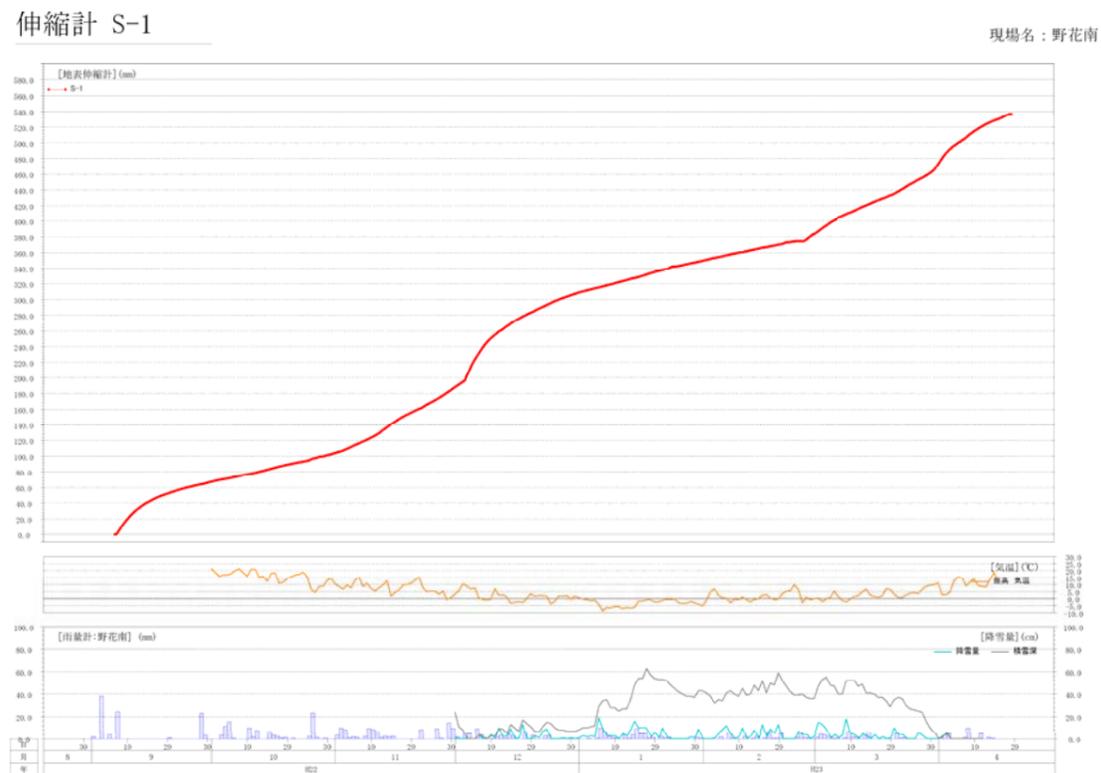


図3 拡大亀裂における伸縮計観測データ

#### 歪・水位 総括対比図 BV-3A

現場名：野花南

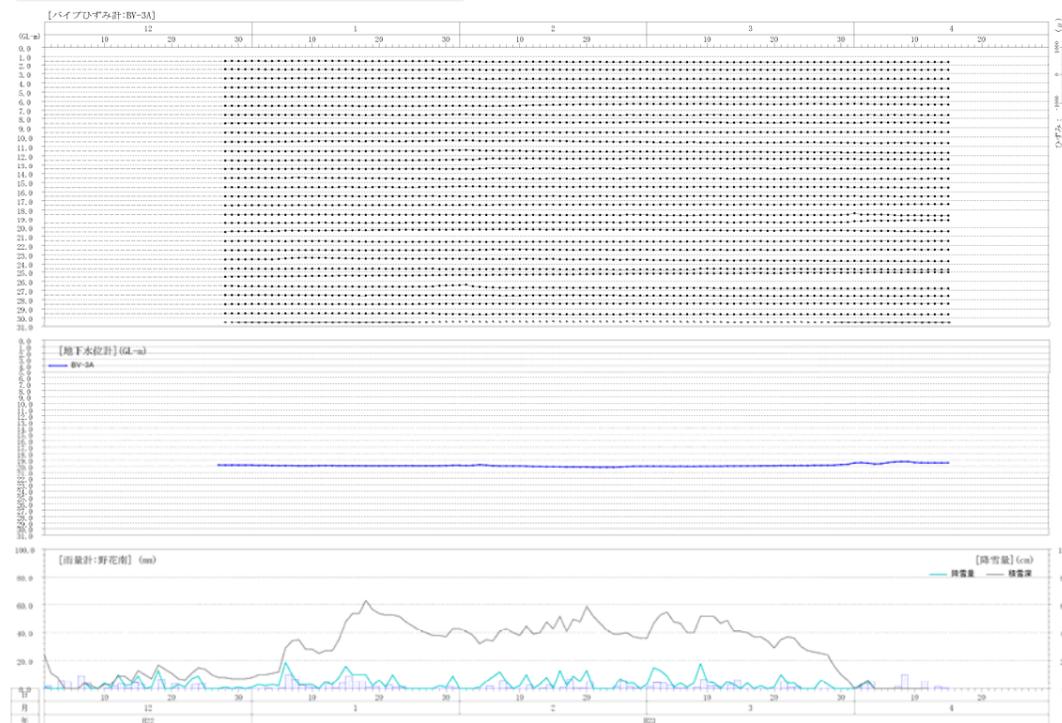


図4 パイプひずみ計変動図 (BV-3A; 災害時移動堆積土塊内)

#### 歪・水位 総括対比図 BV-6

現場名：野花南

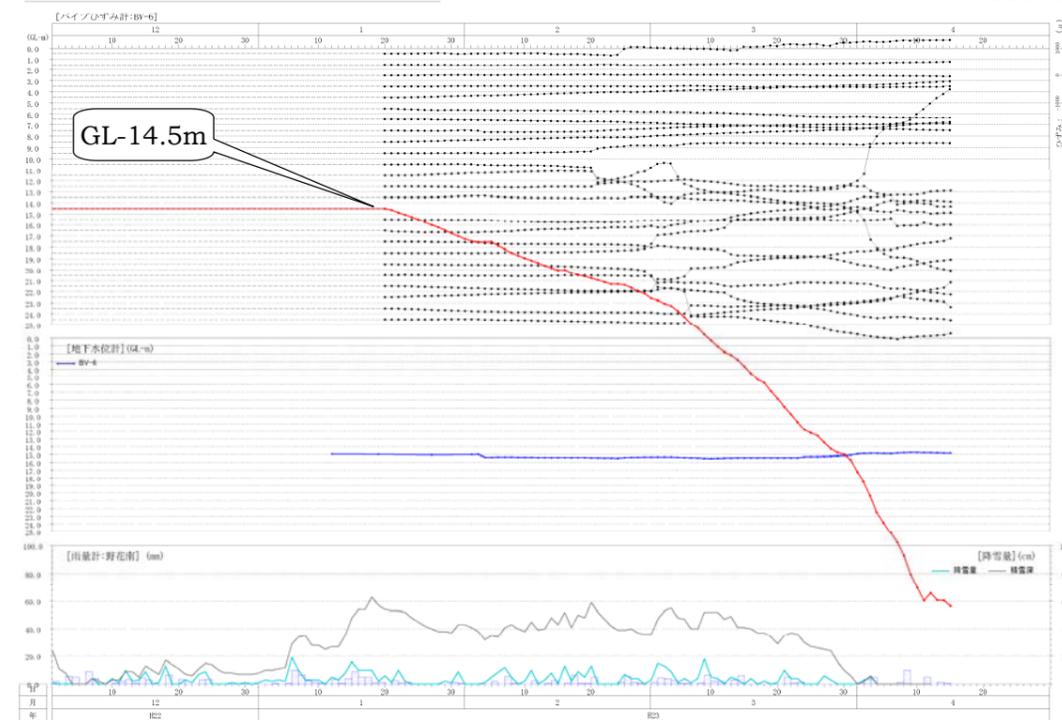


図5 パイプひずみ計変動図 (BV-6; 背後拡大亀裂範囲内)

### 3.2 対象箇所の地質

#### 3.2.1 表層地質

現地踏査とボーリング調査結果を整理して作成した地質図を図6に示す。

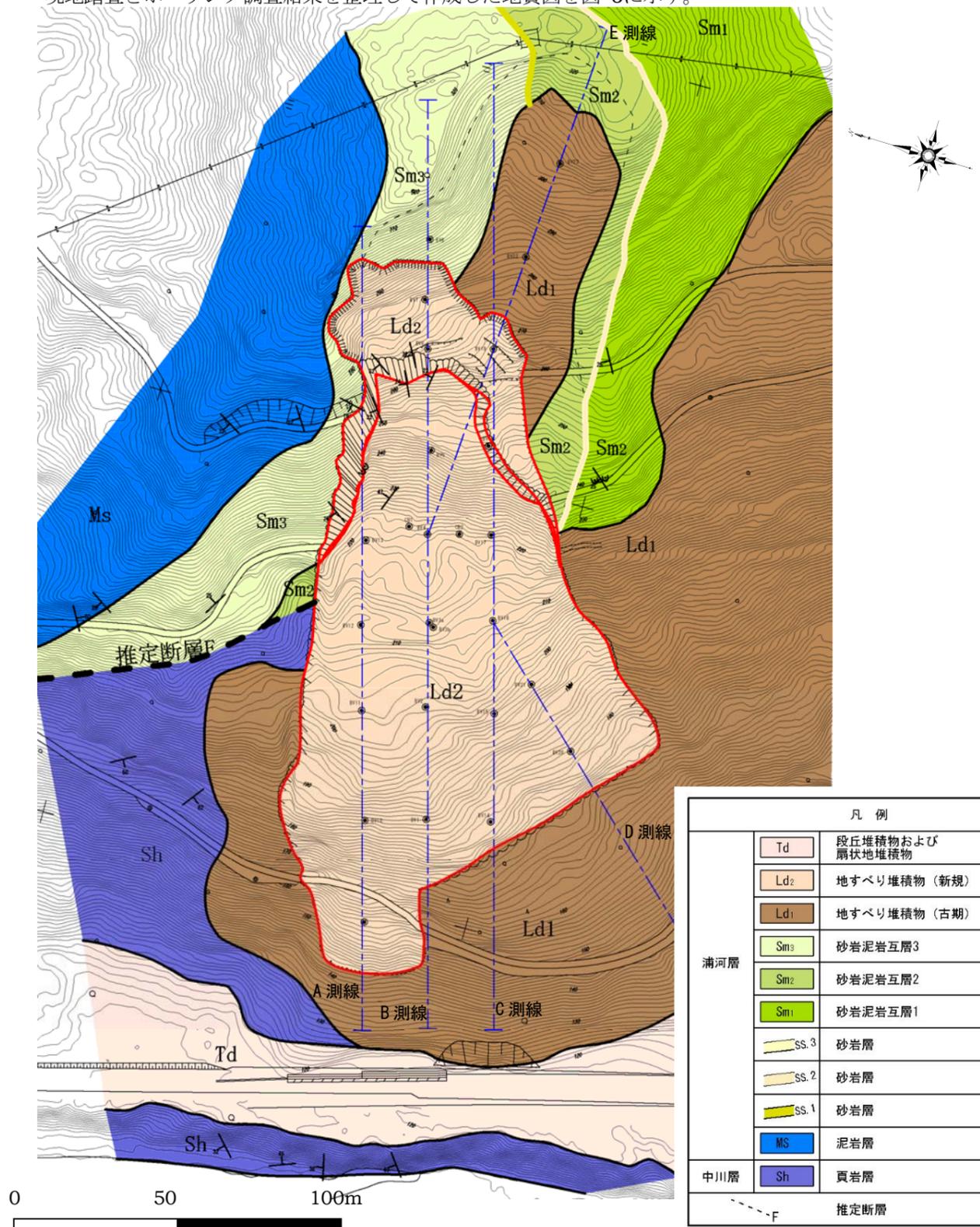


図6 表層地質図

#### 【斜面上部の地質】

- 層理が発達した砂岩・泥岩およびこれらの互層を主体とする。
- 地層の走向 NE-SW, 傾斜約 25° NW で, 斜面に対し斜交した流れ盤を示す。
- 薄い古期地すべり堆積物が分布する。

#### 【斜面下部の地質】

- 層理がやや不明瞭で, 一部では破碎頁岩を主体とする。
- 地層の走向は不規則で, 受け盤と流れ盤が不規則に出現する。
- 厚い古期地すべり堆積物が分布している。

#### 【斜面上部と下部の関係】

- 斜面上部と下部では, 地層構造が大きく変化し, コアの連続性が悪く, 岩相もやや異なる。
- 1/5 万地質図では, 地すべり中央部を横断するように, 奔茂尻衝上断層 (E 傾斜) が伸び, 東側の浦河層が中川層に乗り上げるように接している。

このことから, 斜面上部は浦河層, 斜面下部は中川層で, 両者が断層で接していると推測される。災害時に滑動した新規地すべりは, 大部分が古期地すべり堆積物の分布範囲で, 頭部の一部が浦河層分布域に拡大したと推測される。

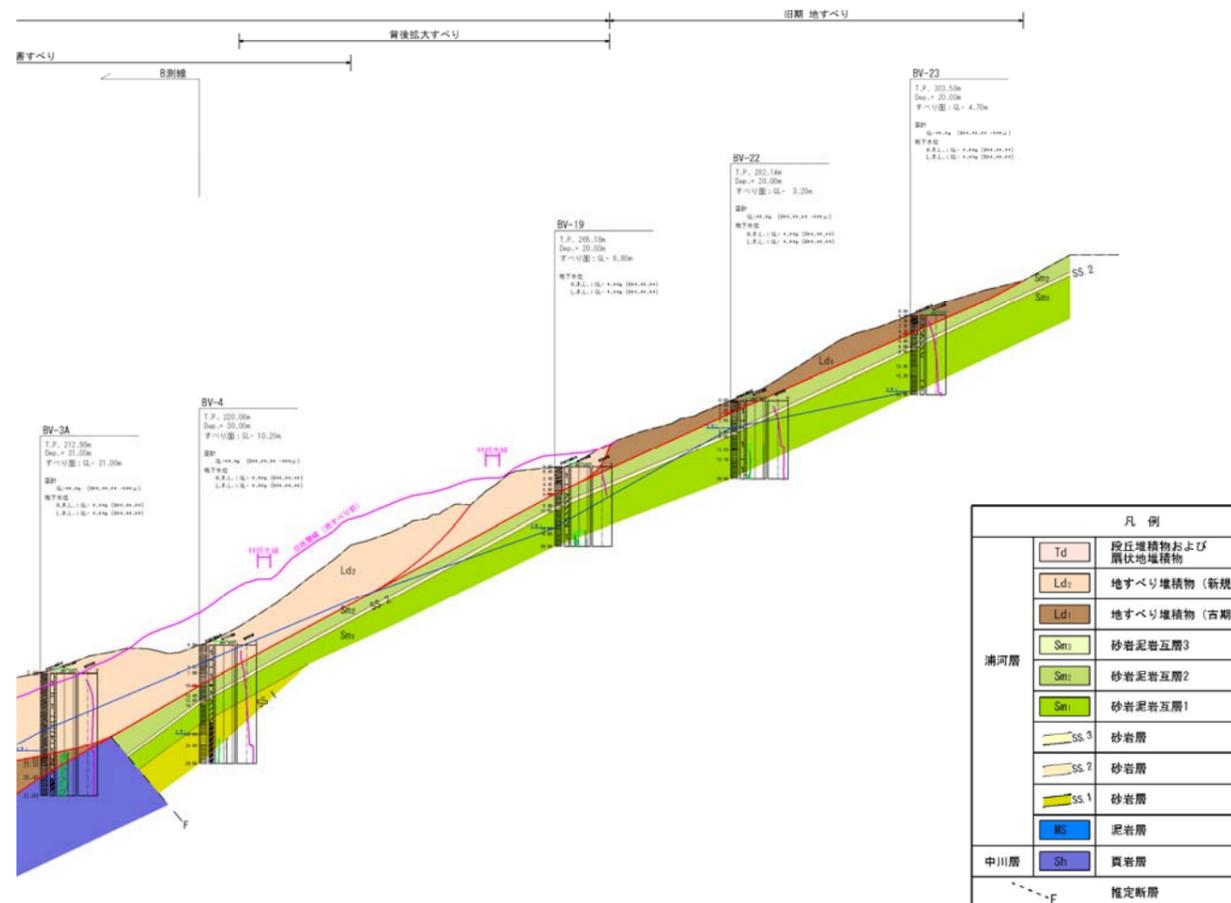


図7 地質断面図 (E 測線)

3.2.2 ボーリングによる地層対比

(1) E 測線

- E 測線のボーリングコアは、岩相の類似性から、図 8 のように対比できる。
- 中部の層厚 1.0~1.5m の砂岩層を、SS.2 とした。
- 縦断測線では、見掛け傾斜約 25° の流れ盤構造となる。
- BV-18~BV-23 では、SS.2 から 3~4m 上位の同一層準に強い破碎が認められ、層すべりである可能性が高い。

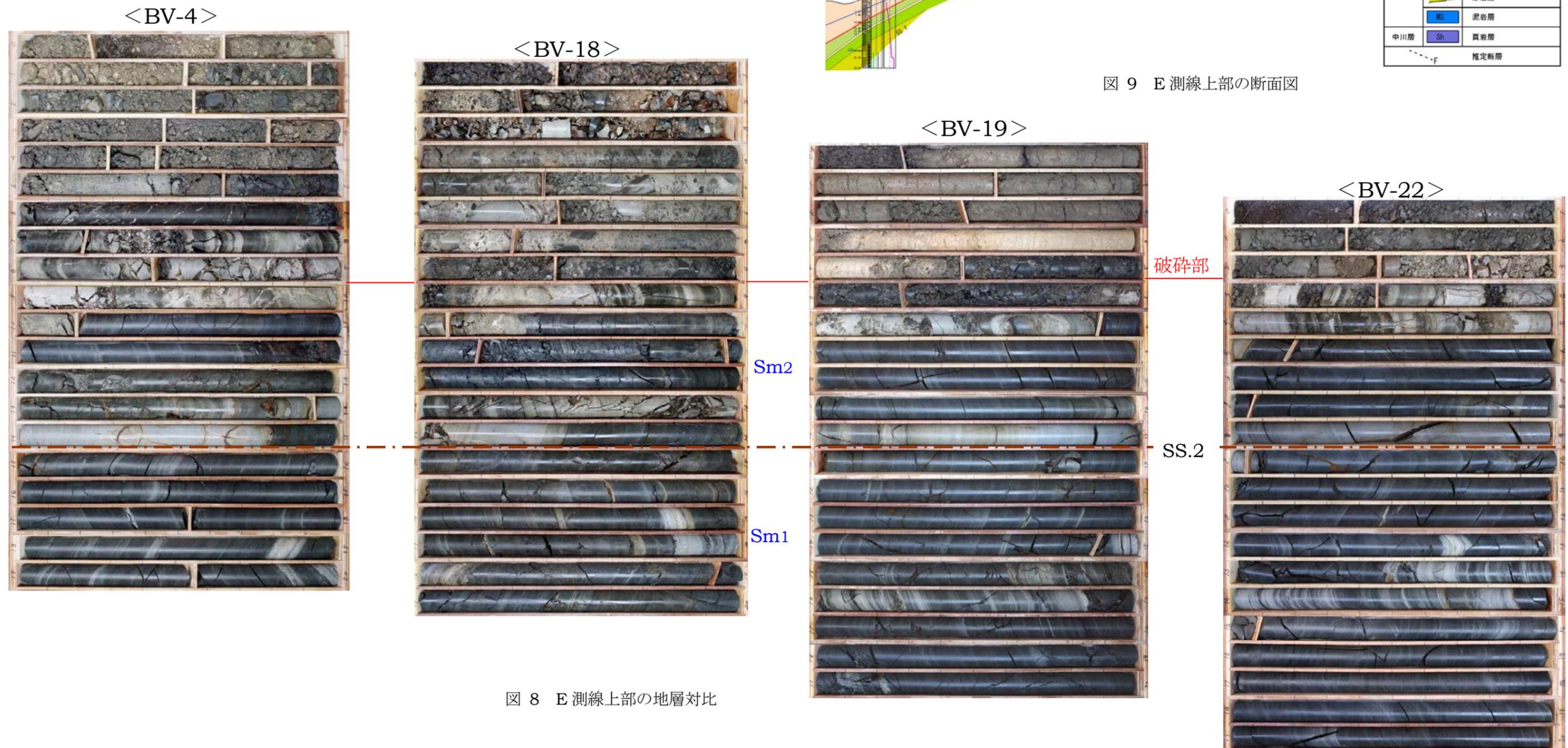


図 8 E 測線上部の地層対比

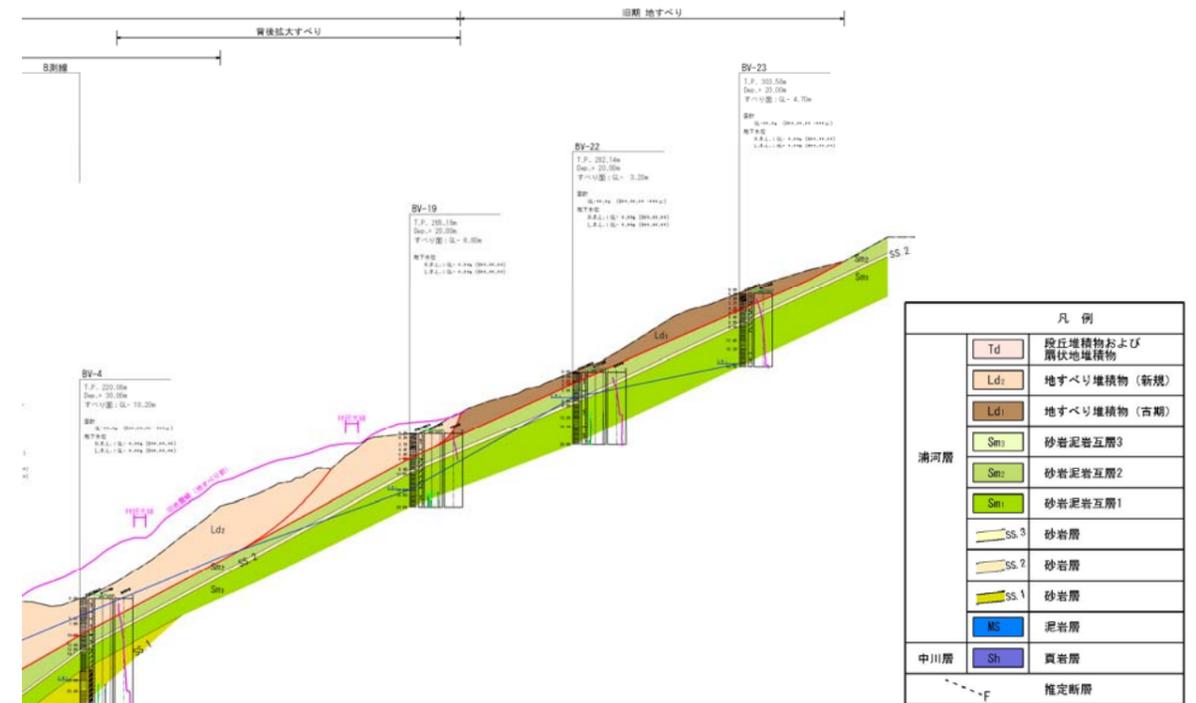


図 9 E 測線上部の断面図

(2) B 測線の地層対比

- B 測線のボーリングコアは、岩相の類似性から、下図のように対比できる。
- SS.2 の約 10m 上部にある層厚 0.5~0.7m の砂岩層を、SS.3 とした。
- BV-4 で発達する砂岩層（層厚 10.0m+）を SS.1 とした。
- これらの連続性の良い砂岩を鍵とし、Sm1~Sm.3 に区分した。
- BV-5 から BV-7 では SS.3 から約 3m 上の地層まで強く破碎されており、層理面に沿って破碎が進んでいる可能性が高い。
- 一方、BV-4 の破碎部はこれらより深い。

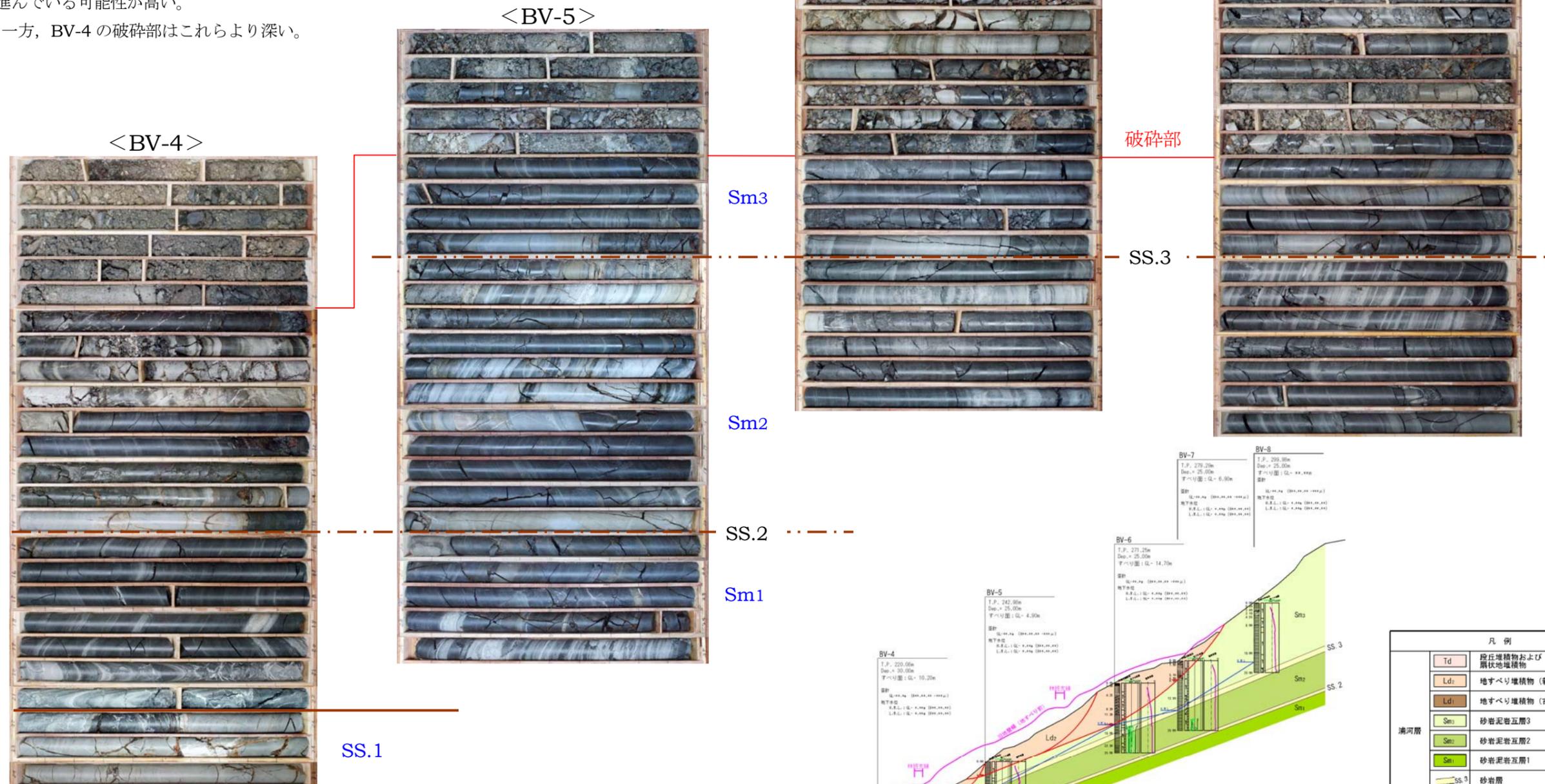


図 10 B 測線上部の地層対比

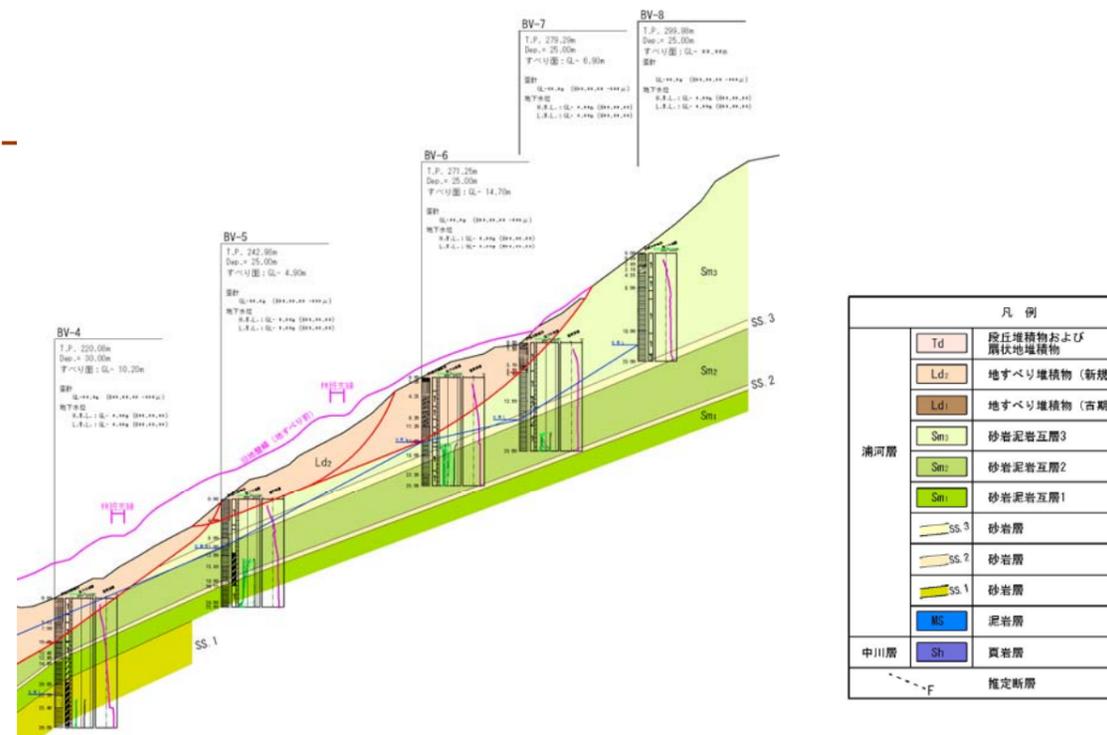


図 11 B 測線上部の断面図

(3) BV-5 横断測線の地層対比

- BV-5 測線のボーリングコアは、岩相の類似性から、下図のように対比できる。
- SS.2 層は、BV-5 で深く、BV-18 で浅くなる。これは周辺部で観察される地表部の地質構造と一致する。
- BV-5 と BV-18 では、強い破碎を受けている層準が異なり、BV-18 (E 測線) で深く、BV-5 (B 測線) で浅い。
- それぞれの測線上では層すべりである可能性が高いため、B 測線と E 測線では異なった層準のすべりであると推測される。

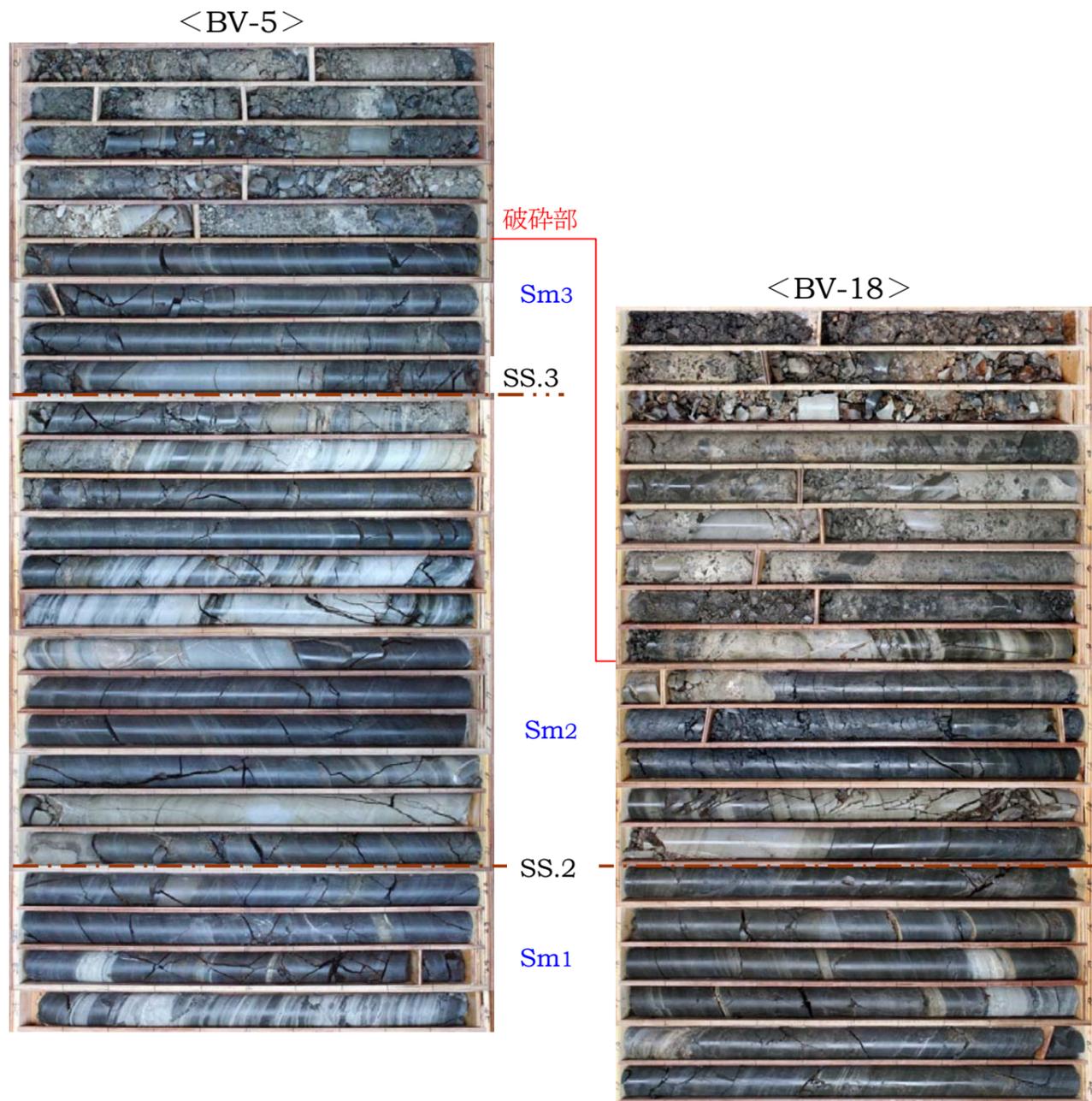


図 12 BV-5 横断測線の地層対比

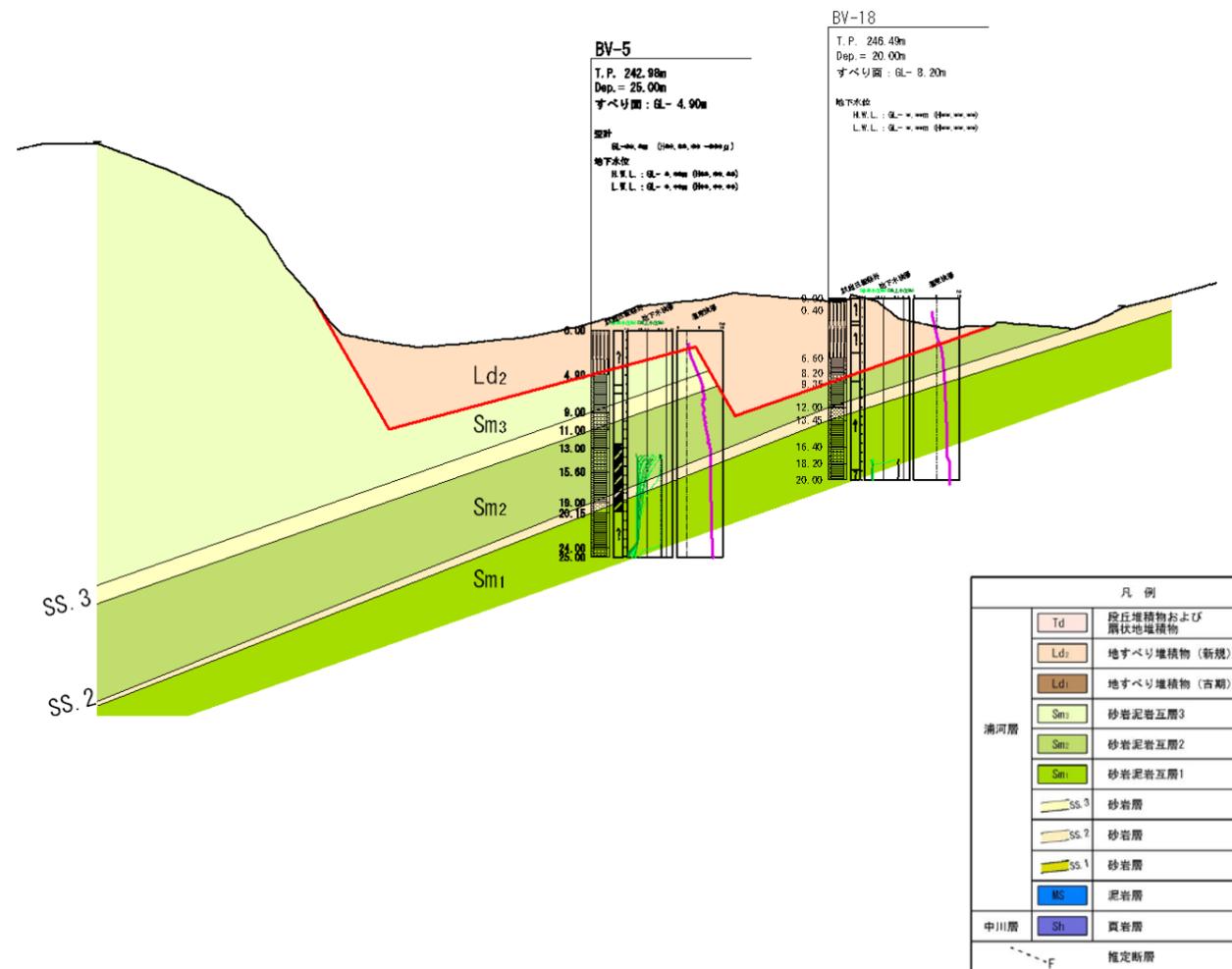


図 13 BV-5 横断測線の断面図

(4) BV-4 横断測線

- B 測線の中～下部のボーリングコアを以下に示す。
- BV-5 測線では右側壁側に傾斜していた SS.2 は、ここではほぼ水平に連続し、斜面上部と地層構造が変化している。
- SS.2 の 6～10m 下位に、厚い砂岩層 SS.1 が分布する。
- 強破碎部の層準はほぼ一致する。

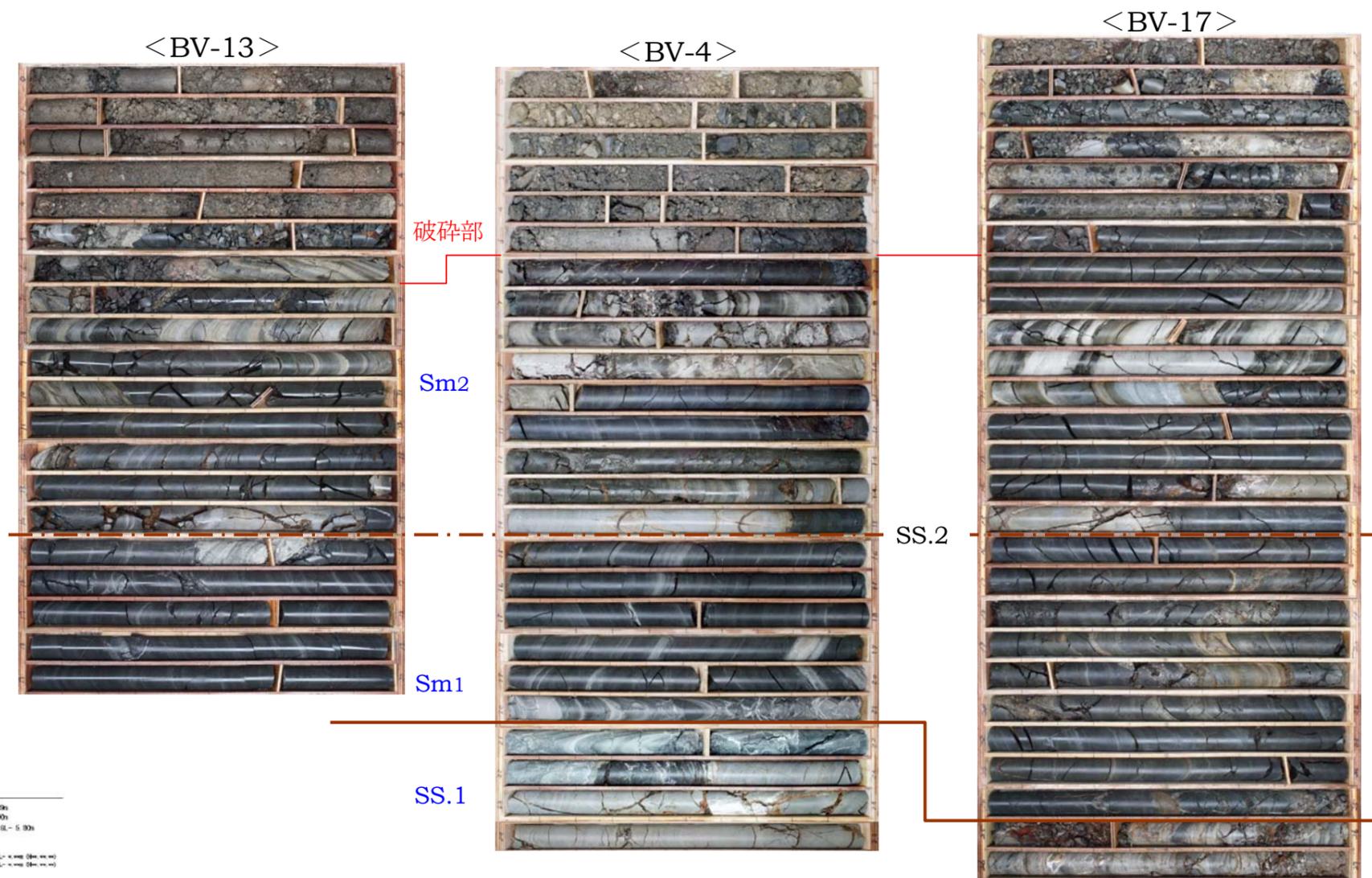


図 15 BV-4 横断測線の地層対比

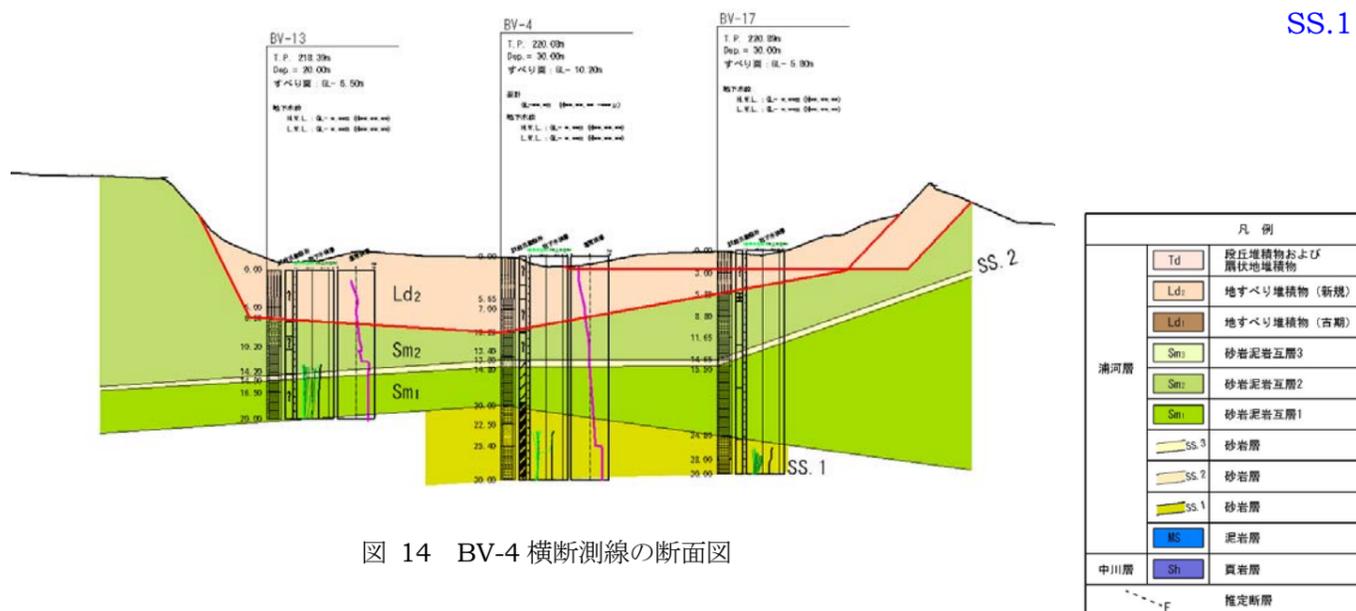


図 14 BV-4 横断測線の断面図

(5) B 測線中～下部

- B 測線の中～下部のボーリングコアを以下に示す。
- BV-4 より上部にみられる SS.1 や連続性の良い SS.2 は、斜面下部では分布せず、BV-3 より下部と地層の対応は明確ではない。
- BV-3 より斜面下部では、頁岩～泥岩を主体とする。
- 斜面下部ほど崩積土層が厚い。崩積土層は古い地すべり移動土塊で、源岩は砂岩泥岩互層である。



図 16 B 測線 中～下部の地層対比

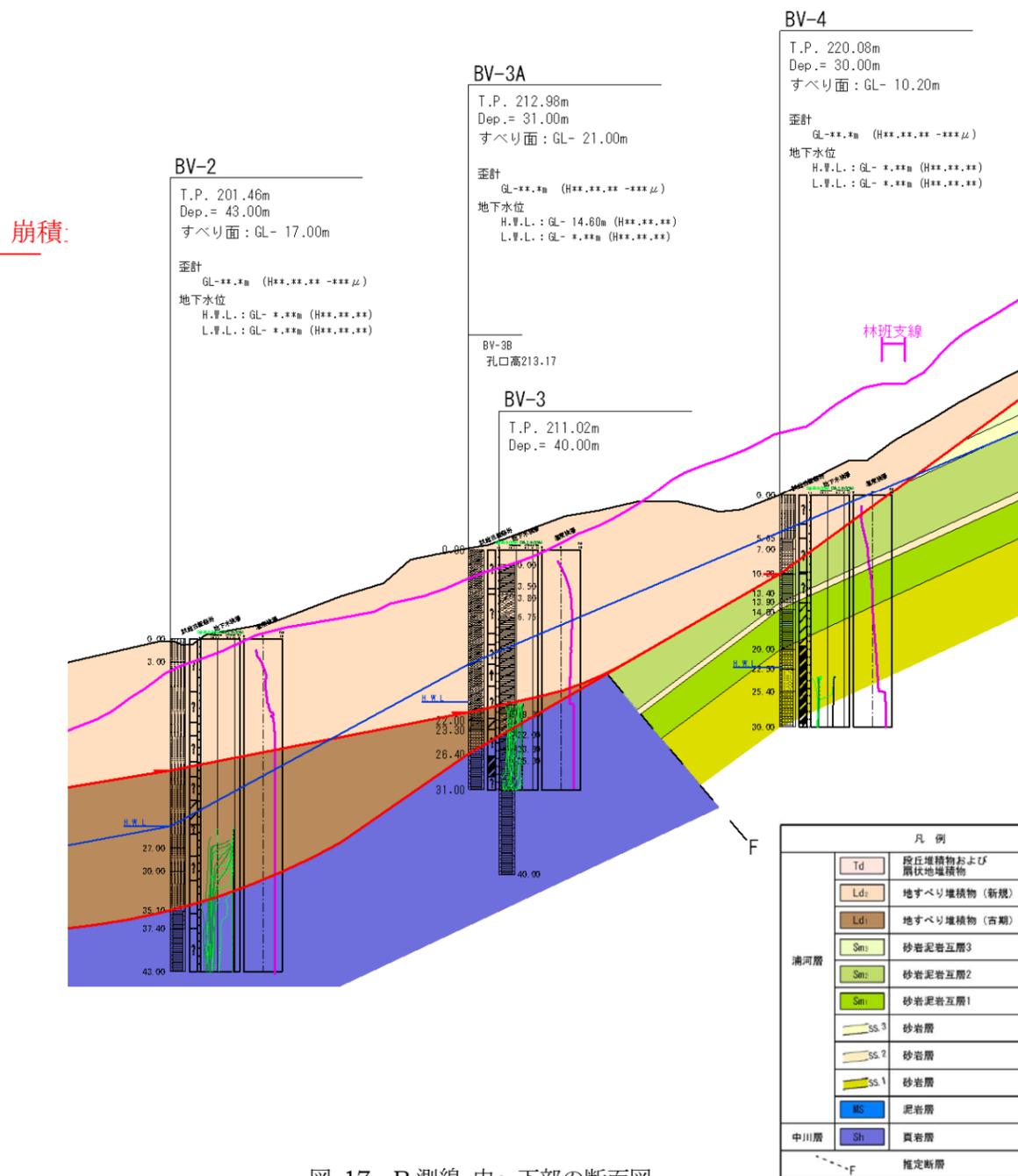


図 17 B 測線 中～下部の断面図

### 3.2.3 対象地の地質層序

地層対比した結果から、調査地の地質層序は下図のようになる。

- BV-4 横断より斜面上部は浦河層の砂岩泥岩互層、BV-3 横断より下部は中川層で、奔茂尻衝上断層で接していると推測される。

- BV-4 付近の中川層の地層構造の変化は、断層の影響が推測される。
- 今回発生した地すべりの頭部右岸側移動土塊のすべり層準は Sm3 下部、頭部左岸側移動土塊のすべり層準は Sm2 の中部に相当する。

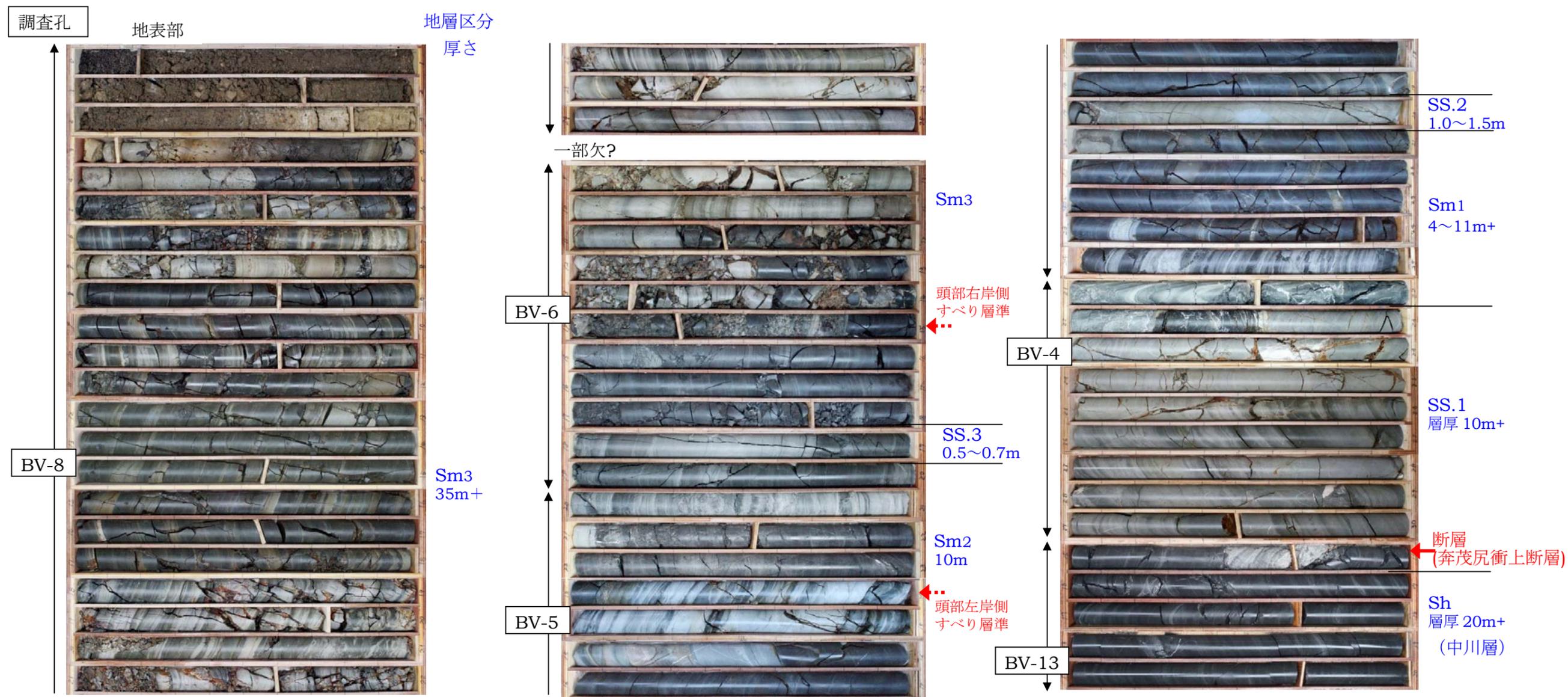


図 18 ボーリングコアによる地質層序

3.2.4 上部斜面の地質と地すべりの関係

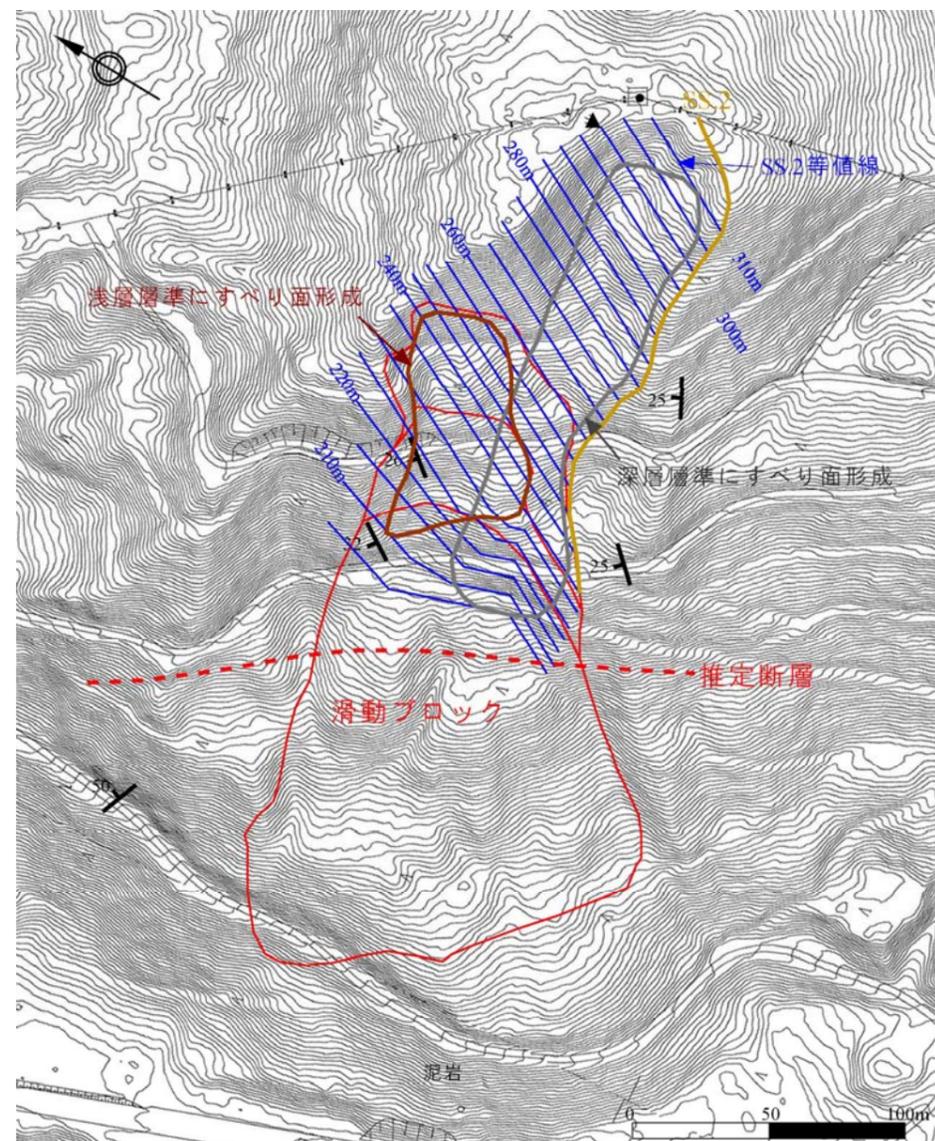


図 19 SS.2 砂岩等高線と上部ブロックとの関係

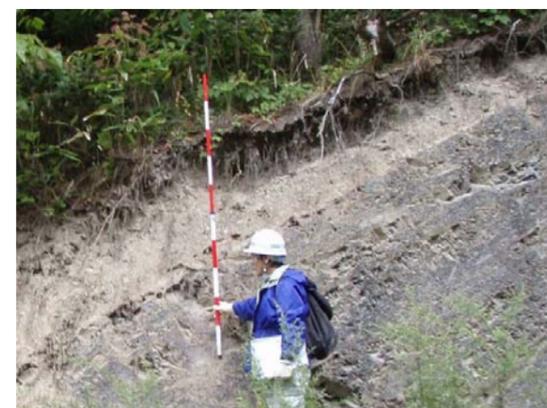


写真 1 層理面に向かって分布する移動土塊 (左岸不動地)

写真 2 節理が発達する浦河層

【地形的特徴】

- 南北方向では、北側ほど標高が高い階段状地形を呈し、南向きの急崖地形が顕著。
- 平面的には二つの折れ曲がりのある急崖地形がみられる。上部斜面の移動量は下部ほど大きくないため、これらの地形は、地すべり前から存在していた。

【地質構造】

- 地層構造は走向 NE-SW、傾斜約 25° W で (図 19)、層理面で分離しやすい (写真 1)。
- 層理面と直交する系統的な節理が発達する (写真 2)。

図 19の灰色線には、古期地すべり堆積物が分布し、地層面に沿ったすべりブロックである (図 3)。また、茶色線は拡大したブロックの土塊範囲で、特定の層準で破碎が進んでおり (図 4)、これも層面すべりである。

灰色部と茶色部の破碎下面深度は異なり、南側の灰色部の方が深い層準にある。これは、地層の最大傾斜が西であるが、斜面の解放方向が南西であるために、北側土塊は南側土塊より浅いすべりでない末端が解放されないためである。

<BV-8>

このような階段状の岩盤の緩みは、発達する節理系によって土塊がブロック化していることに起因しており、すべり層それぞれに対応した鍵型の滑落崖が形成される。移動土塊は、北西側ほど厚くなり、滑落崖も右岸側が発達し、左岸側はほとんど形成されない。

今回の地すべりでは、下部ブロックの滑動によって、末端部が失われたため、深層層準すべりと浅層層準すべりの一部のふたつのブロックが滑動したと推測される。深層層準すべりの冠頭部には、BV-8 にみられるように緩み岩盤が分布していて、深層層準すべりのすべり層準はこれ以深にあることから、冠頭部の不安定化も懸念される。



図 20 最上部斜面 (BV-8) コア写真

### 3.3 すべり面の推定

#### 3.3.1 古い地すべり履歴存在の確認

レーザープロファイラによる地形図判読より、対象斜面においては古い時代における地すべり履歴を示す地形が認められ、その存在の可能性は前段の地質調査結果より裏付けられた。この旧期の地すべりは、上部斜面に分布する浦河層の層理面をせん断し、同層の節理系での破断を進行させて大規模に滑落したものと考えられる。

上部斜面にみられる標高差 40m にも及ぶ急斜面は、その地すべりの滑落崖に相当し、国道 38 号に面した台地状の山体は滑動後に広範囲に堆積した地すべり移動土塊と考えられる。台地状を示す箇所におけるその層厚は 30m を越えるものである。

ボーリング結果では、そのすべり面となった基岩の上面付近には鏡肌や擦痕（地すべり移動にともない擦れた痕）をともなう粘土が観察される調査孔もあり（詳細は後述）、これは上述の地すべり履歴を明確に裏付けるものである。

#### 3.3.2 旧期地すべりと今回の地すべり災害との関係

上述の旧期地すべりの末端が国道 38 号まで達すると推定されるのに対し、今回の災害をもたらした地すべりは、上部の台地状を示す緩斜面内で土塊の移動が収束している。このことは、台地状を示す緩斜面では 30m を越える地すべり層厚と推定される旧期地すべりの土塊内を、災害時に滑動した地すべりがせん断してすべり面を形成したことを意味している。

当該業務より前に実施されたボーリング結果によれば、そのボーリングコアに下記のような 2 面のすべり面が観察された。（図 21）

#### 深度 19.2m

礫混じりの土層内に挟まれた 10 数 cm の粘土層内に、生々しい擦痕を残した、せん断面が観察された。

#### 深度 25.3m

基岩の頁岩上面付近に鱗片状の鏡肌構造をもつ、せん断面が観察された。

当業務で実施したボーリングでは、コアにすべり面が明瞭に確認された頻度は少なかったものの、A 測線上に実施した BV-11 において、2 面のすべり面が観察された。（図 22）

#### 深度 18.6m

礫混じりの土層内に挟まれた数 cm の粘土層内に、生々しい擦痕を残した、せん断面が観察された。

#### 深度 25.3m

基岩の頁岩上面付近に擦痕をともなう鏡肌構造をもつ、せん断面が観察された。

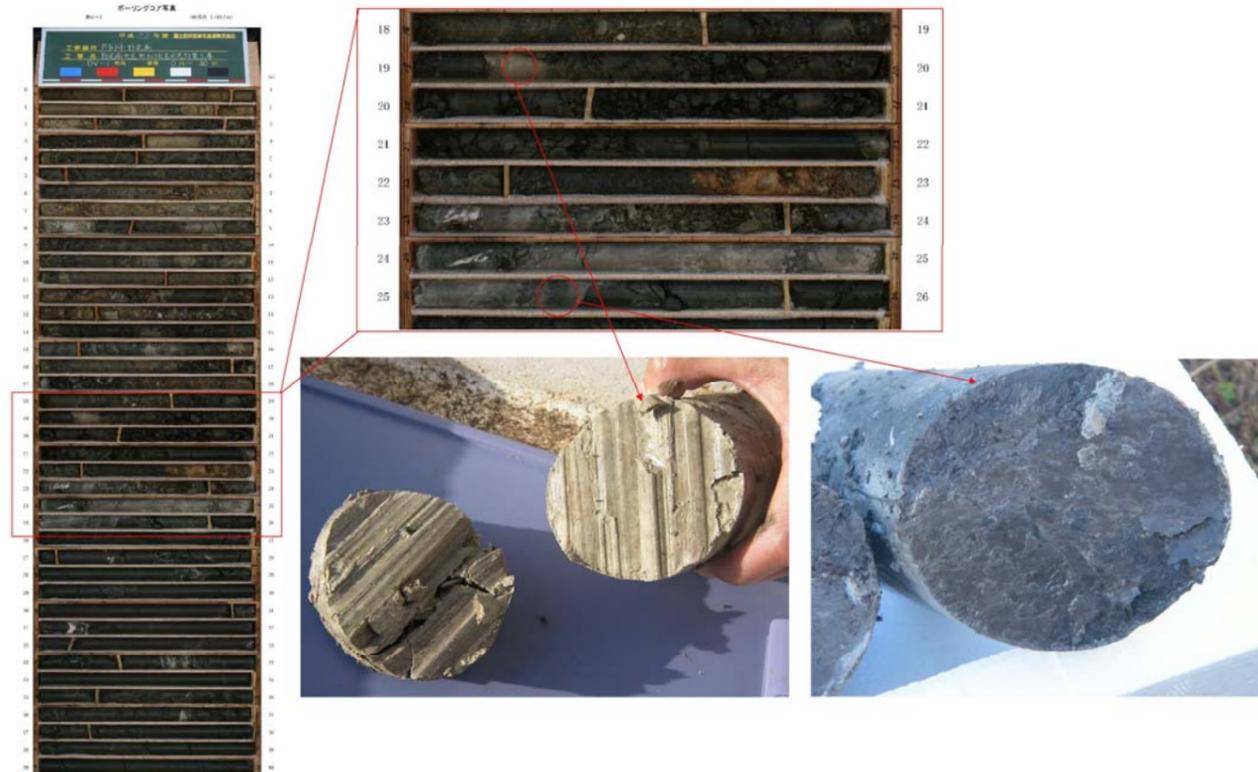


図 21 ボーリングコアにみられる 2 面のすべり面（事前ボーリング）



図 22 ボーリングコアにみられる 2 面のすべり面（BV-11）

### 3.3.3 災害を生じた地すべり

今回の災害を生じた地すべりは、旧期地すべり移動土塊の部分的な再移動に位置づけられる。

すなわち、旧期に生じた地すべりは岩盤内の層理面や基岩上面に沿ってすべり面が形成され、移動土塊はすべり面上に堆積されていた。台地状を示す斜面下部ではおおむね安定が保たれたものの、上部で急な勾配を示す基岩面上にも20m前後の層厚で堆積していた。(レーザープロファイラデータで復元した災害前地形より)

この急勾配の基岩面上に堆積されていた旧期地すべり移動土塊は、滑動ポテンシャルが大きく、その推力が下部の旧期地すべり堆積土塊内の弱面をせん断したのが、今回の災害形態と考えられる。

そのすべり面の推定に当たっては、パイプひずみ計等で変動が捉えられていないことから、前述のようなすべり面を示唆するボーリングコアの情報やコアの脆弱部、さらには以下の観点を考慮して推定した。

- ① 滑落崖直下の急斜面においては、旧期地すべりのすべり面上の再滑動と考えられることから、基岩上面をすべり面と判定した。
- ② 旧期地すべりの堆積土層内をせん断したと推定される、下部緩斜面内においては、前述のすべり面構造をもつボーリングコアの情報を基に、縦断図、横断図上において各調査孔における弱面を検討し、すべり面の連続性やすべり面形態の妥当性の観点よりすべり面を推定した。
- ③ 災害発生時には、地すべりが40~50m程度移動したものと推定されることから、災害前地形における地すべり末端部は、災害後の舌端部より40~50m上流付近で地表に飛び出したものと考えられる。各縦断図上において、災害前後の地形を表示し、上記観点よりすべり面末端位置を推定した。
- ④ 上記で検討したすべり面形を用い、その上面で滑動する地すべり移動を想定して、各縦断測線上において災害前後の地形変化との整合性確認をもって、すべり面形を決定した。

推定したすべり面を縦断図、横断図に示した(巻末)。

### 3.3.4 背後拡大域のすべり面

頭部滑落崖背後の山体に生じている地すべりは、災害時の下流側土塊の消失により不安定化して滑動を開始したものと考えられる。地すべりは継続的に滑動しており、すべり面はパイプひずみ計により捉えられている。

すべり面は、斜面上部における旧期地すべりと同様、砂岩泥岩互層の層理面に沿って形成されているものと考えられる。ただし、移動層の地質は著しく破碎が進行した状態にあり、旧期地すべりの滑動後に岩盤内に緩みを生じていたものと推定される。

判定したすべり面を縦断図、横断図に示した(巻末)。また、調査孔別にすべり面深度を一覧表にして表1に示す。

### 3.3.5 すべり面等高線図

以上の検討結果より推定したすべり面をもとに、すべり面等高線図を作成した(図23)。

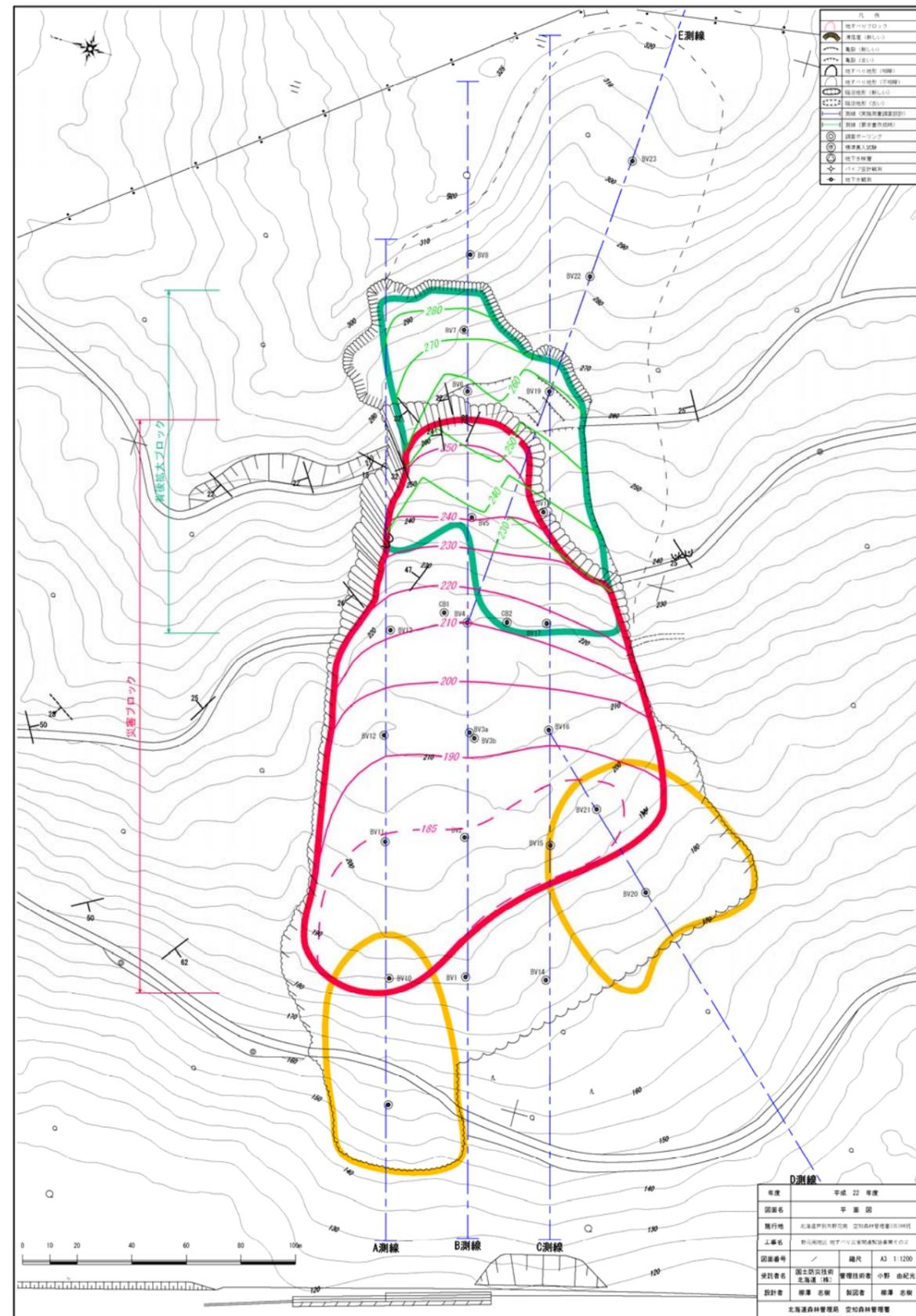


図 23 すべり面等高線図(災害地すべり・拡大すべり)

表 1 すべり面判定表

位置	孔No	地盤高 (m)	区分	すべり面		ボーリングコア		すべり面せん断試験		ひずみ計変動深度 (GL-m)	地下水	孔曲がり (測桿調査) (GL-m)	備考
				深度 (GL-m)	標高 (m)	粘土・層界	擦痕・鏡肌	$\phi'$ (°)	$c'$ (kN/m <sup>2</sup> )				
B 測線	BV-1	186.19	旧期	28.85	157.34	礫質土-泥岩層界 粘土化							
	BV-2	201.15	災害	17.00	184.15	礫質土内の高含水粘土層							
			旧期	35.10	166.05	泥岩上面の粘土層							
	BV-3	213.17	災害	19.70	193.47	礫質土層内粘土	擦痕をともなう粘土	6.34	11.63		地下水流動		
			旧期	26.40	186.77	泥岩上面の凝灰質粘土	鱗片状構造を示す鏡肌面	13.83	27.24				
	BV-4	220.08	災害	9.70	210.38	風化砂岩泥岩互層内弱面	擦痕をともなう鏡肌面						
	BV-5	242.98	背後拡大	4.90	238.08	泥岩上面の破砕部底面に粘土				4.5, 5.5		3.8	
	BV-6	271.25	背後拡大	14.70	256.55	泥岩上面の破砕部底面に粘土				14.5		11.5	
BV-7	279.29	背後拡大	6.90	272.39	砂岩泥岩互層上面層界に粘土				6.5		2.65		
BV-8	299.96											すべり面未形成	
A 測線	BV-10	185.16	旧期	28.35	156.81	泥岩上面層界	擦痕をともなう鏡肌面						
	BV-11	203.90	災害	18.60	185.30	礫質土層内の凝灰質粘土	擦痕をともなう粘土						
			旧期	22.70	181.20	泥岩上面層界の粘土	鏡肌をもつ粘土	10.82	4.07				
	BV-12	209.90	災害	18.60	191.30	礫質土底面層界の凝灰質粘土	擦痕をともなう粘土	6.77	24.10				
BV-13	218.39	災害	6.50	211.89	礫質土底面層界の粘土								
C 測線	BV-14	179.06	旧期	35.70	143.36	泥岩上面層界付近の軟質部							
	BV-15	197.13	災害	15.50	181.63	礫質土内の軟質部							
			旧期	35.25	161.88	礫質土底面層界の粘土	擦痕をともなう粘土						
	BV-16	210.04	災害	18.80	191.24	礫質土底面層界の軟質部							
			旧期	24.70	185.34	泥岩上面層界							
	BV-17	220.89	背後拡大	5.85	215.04	泥岩上面層界							
	BV-18	246.49	背後拡大	8.20	238.29	泥岩上面の平滑な剥離面							
BV-19	265.18	背後拡大	6.80	258.38	泥岩上面層界	擦痕をともなう鏡肌	13.48	12.11	6.5		6.1		
D 測線	BV-20	181.81	旧期	23.65	158.16	泥岩上面層界付近の軟質部							
	BV-21	197.37	災害	15.50	181.87	礫質土内粘土							
旧期			31.10	166.27	泥岩上面層界付近軟質部								
E 測線	BV-22	282.14	旧期	2.75	279.39	火山灰質粘土の薄層							
	BV-23	303.58	旧期	4.70	277.44	強風化凝灰岩薄層の粘土							

### 3.4 地下水

調査結果より、当該斜面における地下水賦存状況について考察する。

対象斜面における地下水は、岩盤亀裂からの漏水の影響により、とくに斜面上部においては情報が少ない。これに対して、斜面下部では旧期地すべりのすべり面となっている基岩上に賦存している調査孔が多く、それは中央の測線（B 測線）～右サイド側（C 測線）に向かって卓越する。

一方、相対的に浅い深度をせん断した、災害時に滑動した地すべりにおいては、すべり面上に確認される地下水に関する情報は少なく、中央の測線（B 測線）の BV-3 において地下水の流動が検出されている。この付近は、縦断図上ですべり面傾斜が急から緩へ急変する位置に相当しており、地下水が滞留しやすい水文地質条件にあることが考えられる。

ボーリング掘削中の孔内水位の情報より、地質の透水性や有圧水の存在を推定する「試錐日報解析」において、上記深度付近で有圧水の存在が推定されており、このことも当該箇所地下水賦存を裏付ける情報となる。

### 3.5 災害発生機構

今回の地すべり災害の発生には、以下のような要因がはたらいたものと考えられる。

- ①斜面上部山体を構成する浦河層砂岩泥岩互層は、剥離特性を有する層理面が発達し、岩盤内に卓越する節理系による破砕が進行し、層理面に形成された弱面をすべり面として大きく滑動した。
- ②すべり面となった岩盤面は、斜面上部では急な傾斜を示し、旧期に滑動した地すべりは、山脚部に台地状に厚く移動土塊を堆積した上、上部の急な岩盤面上にも 20m 前後の厚い層厚で移動土塊を堆積させていた。
- ③急斜面上の移動土塊は、滑動のポテンシャルが高いものの、その下流側の厚い堆積土塊の抵抗が大きいため、長い期間平衡が保たれていた。
- ④上部急斜面上の推力は、下部堆積土塊に対して長期間はたつき続け、次第に旧期地すべりの移動土塊内に弱面が形成された。
- ⑤やがて弱面上の土塊は、斜面上部からの推す力に抵抗しきれなくなり、一気に地すべり移動を生じた。
- ⑥下部緩斜面における弱面の形成には、土層中に賦存する地下水による土質の劣化が影響している。

なお、災害の発生過程は以下のとおりと考えられる（図 24 参照）。

- ①斜面上部のすべり面が急な区間の地すべりが一気に滑動し、その背後の旧移動土塊も追隨して滑り落ち、両者の崩落により落差 20m にも及ぶ滑落崖が形成された。
- ②この時の地すべり移動は水平距離にして 40～50m に及び、斜面上に押し出された地すべり土塊は斜面を流下し、10m 近い厚さで堆積した。
- ③地すべり右サイド側では、土塊が押し出された斜面が急な傾斜を示していたため、堆積後も安定を保ちにくく、斜面上を二次的に流動し、地すべり中央部や左サイド側に比べて下流側まで土砂が流下した。
- ④地すべり左サイド側においては、地すべり末端が急激に地表にせり上がる形態をとるため、押し出された土塊が高く堆積されるが、水を含んで流動化しやすい土砂が安定を保たれなくなり、やはり

二次的に流動した。

⑤上記の二次的な流動が、地すべり末端においてあたかもブロック化した様相として、調査着手時点では捉えられていた。

⑥滑落崖背後の浦河層の山体においても、旧期の地すべり滑動により層理や節理系による破断や緩みが継続して破砕が進行し、災害発生に起因して急激に不安定化し、滑動が引き起こされた。

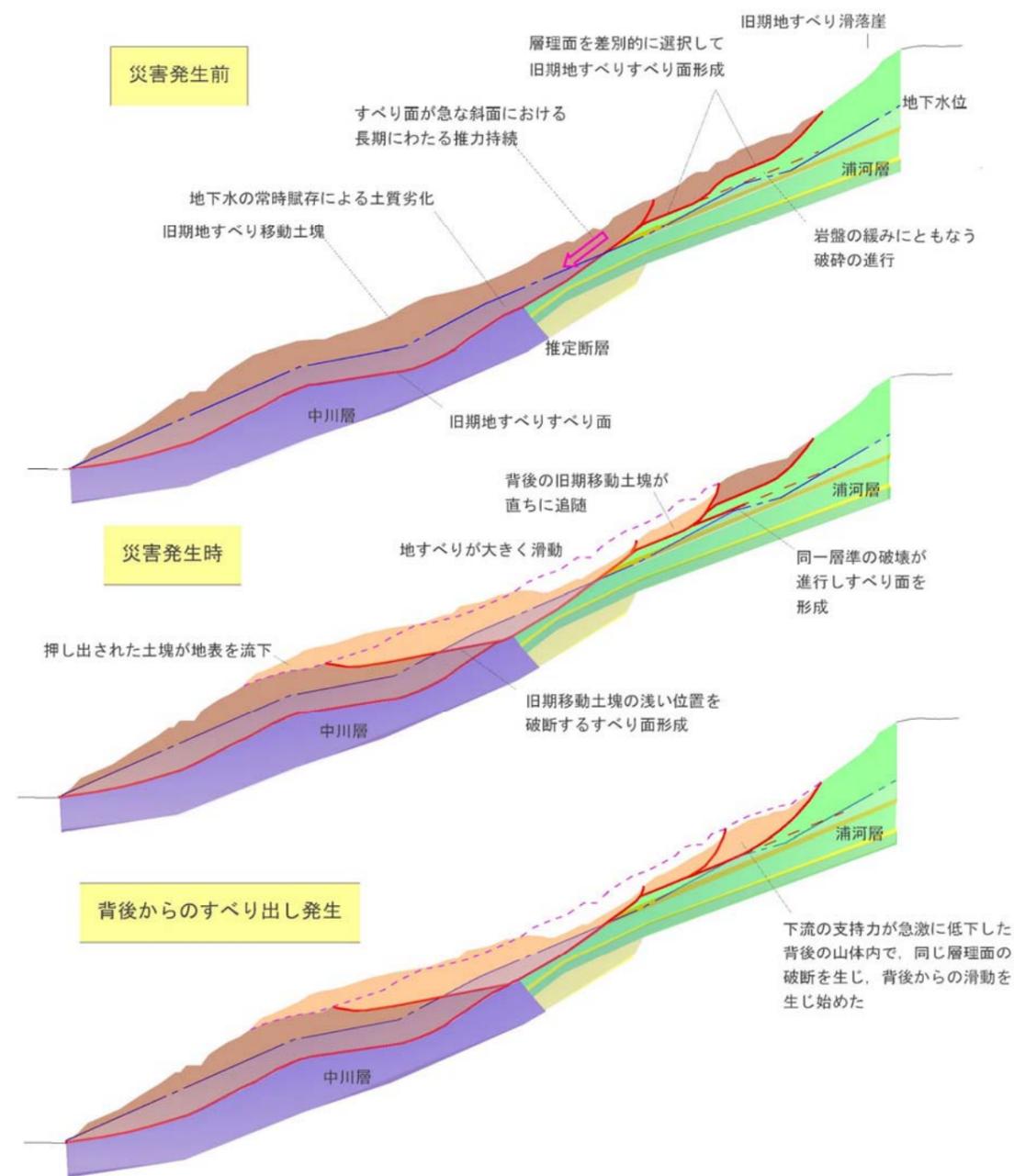


図 24 災害発生機構

## 4. 防止工法の検討

### 4.1 安定解析

#### 4.1.1 基本事項

##### (1) 対象とするすべり

防止工法を検討する上で対象とするすべりは、以下のすべりとする。

##### (i) 災害すべり

今回の災害時に大崩落した地すべりブロックである。厳密には2段階の崩落に分けられるため、それらを区分して解析するが、崩落後には一体化した移動も想定されることからそれについても検討する。

##### (ii) 背後拡大すべり

災害発生直後より、常時滑動を継続させている地すべりである。厳密には深度の異なった層理面が節理系の破断により連結された階段状の横断形が推定されるが、縦断を用いる安定解析においてはそれらを包括する平滑なすべり面形を想定する。

##### (iii) 旧期地すべり

災害対策事業の対象とはならないが、国道38号に対して直接的な影響が懸念される。そのため、災害にともなう大滑動の影響や、災害対策事業による影響についても評価するものとする。

##### (2) 安定解析式

地すべりのすべり面形は非円弧と推定されており、また、地すべりの機構解析は3本の測線を用いて行われ、それぞれの断面におけるすべり面形が検討されている。それらにおける地すべりのすべり面形状は大きく相異している。そのため、当業務の実施にあたっては、近似三次元安定解析(図25)を行って斜面の安定度を評価するものとする。また、その基本となる安定解析式には、非円弧のすべり面形に対して精度が高いヤンプ法を用いる。

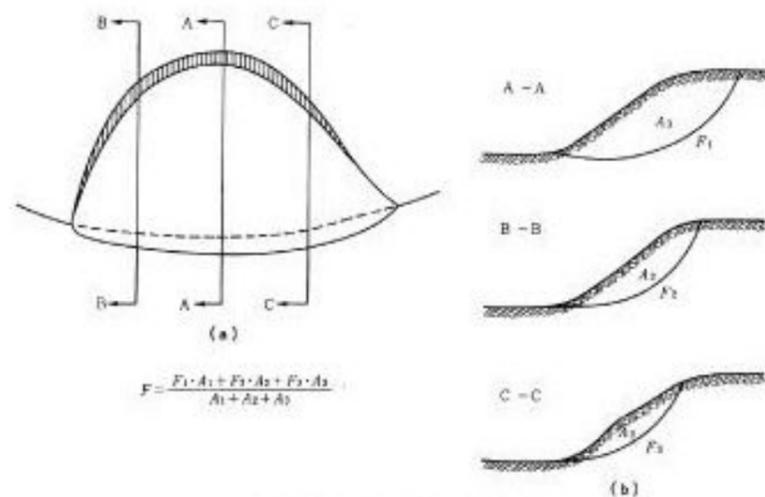


図 25 近似三次元安定解析の考え方

##### (3) 設計せん断強度

ボーリングコア内に認められたすべり面試料をサンプリングし、すべり面せん断試験(写真3)を行い、すべり面粘土の残留強度を求めた。

得られた残留強度のせん断抵抗角( $\phi_r$ )を用いて、与条件の安全率のもとで逆算により粘着力 $c'$ を算出した。



写真 3 すべり面せん断試験機

##### (4) 初期安全率

初期安全率は、対策検討のスタートとなる安全率であり、地すべりの動きや将来的な地形改変を予測した上で設定する。対象すべりに対する初期安全率は以下のとおりである。

災害すべり  $F_0=1.00$

背後拡大すべり  $F_0=0.98$

#### 4.1.2 安定解析結果

安定解析結果は以下に示すとおりである。

災害すべり

初期安全率  $F_0=1.00$

せん断抵抗角  $\phi'=6.20$  (°) ; すべり面せん断試験結果

粘着力  $c'=32.32$  (kN/m<sup>2</sup>)

背後拡大すべり

初期安全率  $F_0=0.98$

せん断抵抗角  $\phi'=13.48$  (°) ; すべり面せん断試験結果

粘着力  $c'=23.65$  (kN/m<sup>2</sup>)

旧期地すべり（参考）

初期安全率  $F_0=1.00$ （災害前の地形を復元）

せん断抵抗角  $\phi'=14.90$ （°）；すべり面せん断試験結果

粘着力  $c'=56.87$ （kN/m<sup>2</sup>）

なお、上記条件で最後の地形で安全率を試算した結果は以下のとおりである。

$F_s=1.012$

すなわち、旧期地すべり移動土塊内で生じた今回の地すべり移動の結果、旧期地すべり土塊全体の安定性はわずかながら上昇したものと推定される。

## 4.2 目標安全率

目標安全率は、災害査定に準拠し以下のとおりとする。

$F_s=1.18$

## 4.3 対策工の検討

### 4.3.1 検討条件

#### (1) 背後拡大すべり

- ①災害すべり背後の拡大すべりは常時滑動しているため、抑制工で地すべりの動きを停止させた上で目標安全率までの対策を行う。
- ②背後の地すべりには調査結果で地下水に関する情報が得られておらず、地下水排除工の計画は立てられない。
- ③拡大すべり背後の山体の岩盤にも緩みを生じて破砕が進行している。このため、この不安定化を招くような大規模な排土は大きなリスクをとらなう。
- ④すべり面が形成されている層理面より下位の砂岩泥岩互層よりなる岩盤は比較的浅い深度にあり堅牢で、アンカー工の定着岩盤として良好である。
- ⑤以上より、目標安全率を達成させるための工法として、アンカー工が効率的である。

#### (2) 災害すべり

- ①災害すべりは中腹部より上流側のすべり面傾斜が急であり、基盤を形成する岩盤が堅牢なため、排土工が有効である。しかし、土砂を搬出する作業道が1車線で狭隘なため、想定される工期内の運搬量に限界があり、その範囲内での排土を検討する必要がある。
- ②災害すべりのすべり面が急から緩へ急変する付近に地下水が賦存しており、この地下水が災害発生の誘因としてはたらいしたものと考えられる。したがって、この地下水を排除することが肝要であり、これにより数%の安全率上昇も期待される。
- ③この位置での地下水排除はまた、旧期地すべりのすべり面に作用する地下水の供給を抑制することができ、その安定性に対しても寄与する。
- ④下部緩斜面のすべり面形は推定の要因が大きいため、抑制工のみによる対策では確実性に欠ける。直下を国道38号が横断することを考慮すると、抑止工で確実に目標安全率を達成しておくことが必要である。

- ⑤抑止工としては、斜面中腹部より上流において基岩面までの深度が比較的浅いため、アンカー工が効率的である。当該位置においては本調査でアンカー基本試験を実施しており、その適性の高さも確認されている。

### 4.3.2 対策工法の選定

#### (1) 背後の拡大すべり

- ①背後の破砕が進んだ岩盤の不安定化を招かない範囲での排土を行い、地すべりの滑動を停止させる。
- ②アンカー工3段を滑落崖の急斜面に配置して、目標安全率を達成させる。

#### (2) 災害すべり

- ①搬出可能量に照らして可能な限りの排土工を行い、安全率の上昇を図る。
- ②地下水の賦存が認められた地すべり中腹部付近において集水井工を施工し、集水ボーリングを行って地下水を排除する。
- ③アンカー工2段により目標安全率を達成させる。

### 4.3.3 対策のシミュレーション

#### (1) 背後拡大すべり

対策工計画による目標安全率達成の試算結果を表2に示す。

表2 対策工による安全率試算結果（背後拡大すべり）

条件・工種	内容・諸元	三次元安全率
初期安全率		0.980
排土工	約5千m <sup>3</sup>	1.031
アンカー工	Td=565 (kN/本), 3段	1.180

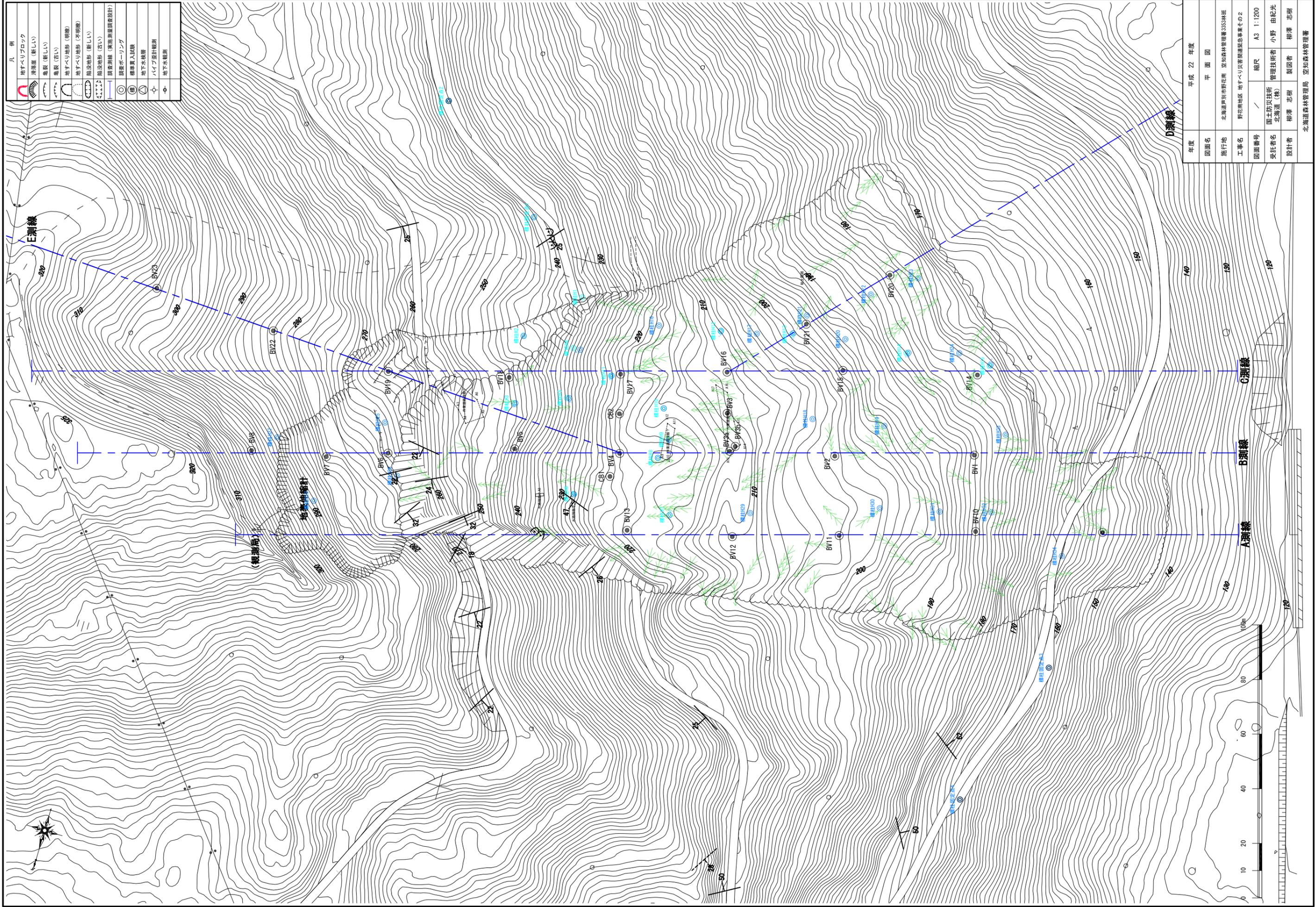
#### (2) 災害すべり

対策工計画による目標安全率達成の試算結果を表3に示す。

表3 対策工による安全率試算結果（災害すべり）

条件・工種	内容・諸元	三次元安全率
初期安全率		1.000
集水井工	地下水低下高4m	1.029
排土工・斜面整地	約3万m <sup>3</sup>	1.101
アンカー工	Td=540 (kN/本), 3段	1.180

凡 例	
	地すべりブロック
	等高線 (新しい)
	等高線 (古い)
	地すべり地形 (明確)
	地すべり地形 (不明瞭)
	陥没地形 (新しい)
	陥没地形 (古い)
	調査測線 (実施測線調査設計)
	調査ポイント
	標準導入試験
	地下水検層
	パイプ支柱掘削
	地下水観測

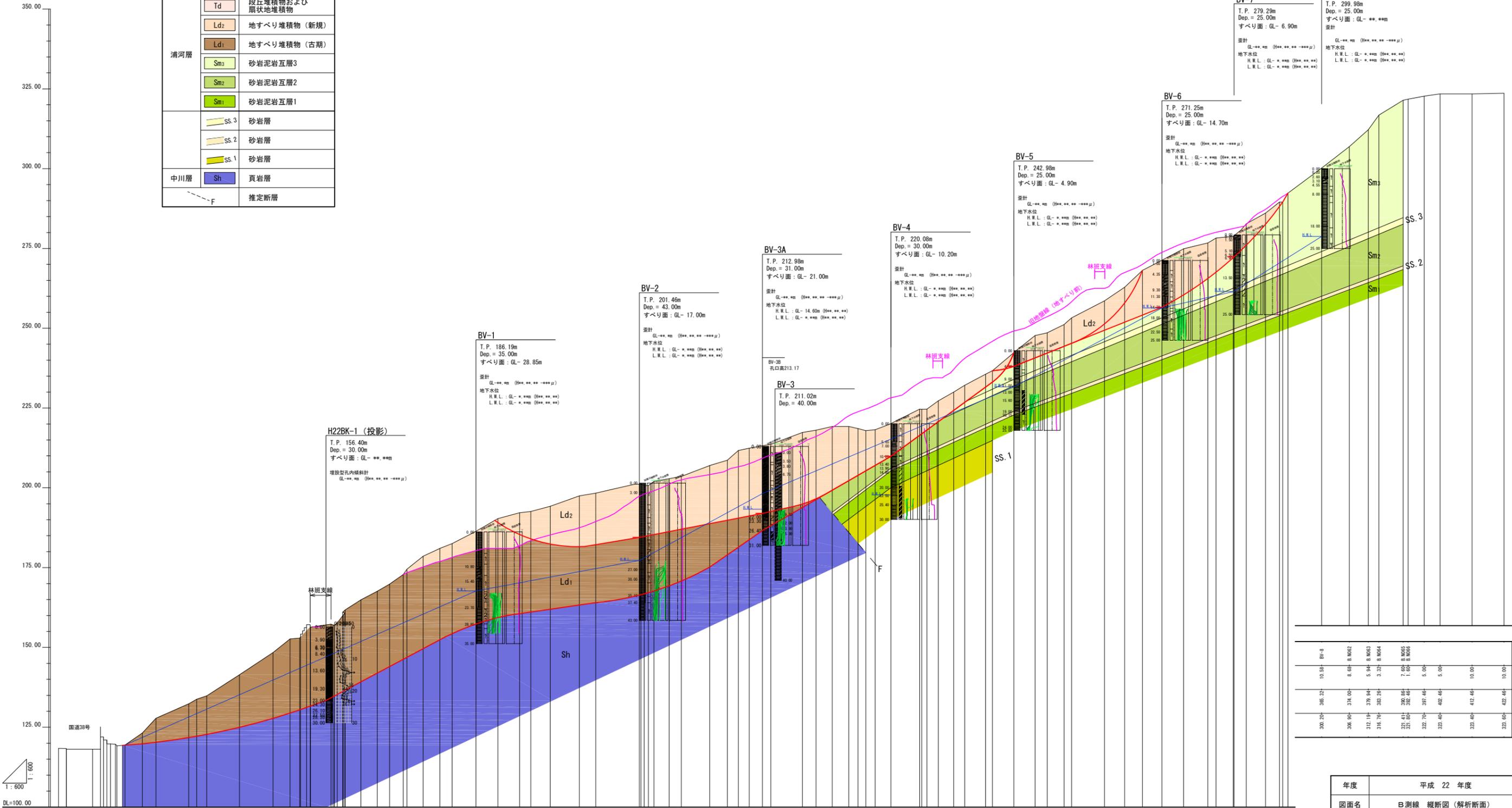


年度	平成 22 年度
図面名	平面図
施行地	北海道虻田町野花町 空知森林管理署3353林班
工事名	野花町地区 地すべり災害関連緊急事業その2
図面番号	縮尺 A3 1:1200
受託者名	国土防災技術 管理技術者 小野 由紀光
設計者	北海道 柳澤 志樹 製図者 柳澤 志樹
北海道森林管理局 空知森林管理署	

旧期 地すべり 災害すべり 背後拡大すべり

B 測線

凡例	
Td	段丘堆積物および扇状地堆積物
Ld2	地すべり堆積物(新規)
Ld1	地すべり堆積物(古期)
Sm3	砂岩泥岩互層3
Sm2	砂岩泥岩互層2
Sm1	砂岩泥岩互層1
SS.3	砂岩層
SS.2	砂岩層
SS.1	砂岩層
Sh	頁岩層
F	推定断層



BV-8	10.58	8.68	5.64	3.23	7.65	1.60
BV-7	306.90	374.00	379.94	382.26	390.86	392.44
BV-6	312.19	379.94	382.26	390.86	392.44	394.02
BV-5	316.76	382.26	390.86	392.44	394.02	395.60
BV-4	321.41	390.86	392.44	394.02	395.60	397.18
BV-3	321.60	392.44	394.02	395.60	397.18	398.76
BV-2	322.10	394.02	395.60	397.18	398.76	400.34
BV-1	323.00	395.60	397.18	398.76	400.34	401.92

測 点	水準距離	追加水準距離	地盤高
BV-7	-2.46	-30.56	118.39
BV-8	-2.47	-30.57	118.13
BV-6	0.01	-19.04	127.80
BV-5	10.24	-12.24	132.32
BV-4	2.46	12.72	133.76
BV-3	3.16	15.84	134.84
BV-2	10.29	4.28	141.45
BV-1	28.85	0.00	148.39
BV-3A	35.00	10.24	152.66
BV-3B	31.00	4.07	152.66
BV-3C	21.00	13.60	152.66
BV-3D	17.00	19.30	152.66
BV-3E	14.60	23.10	152.66
BV-3F	13.00	25.10	152.66
BV-3G	11.30	26.58	152.66
BV-3H	9.30	27.10	152.66
BV-3I	7.40	27.10	152.66
BV-3J	6.85	27.10	152.66
BV-3K	6.81	27.10	152.66
BV-3L	5.51	27.10	152.66
BV-3M	6.15	27.10	152.66
BV-3N	9.08	27.10	152.66
BV-3O	5.16	27.10	152.66
BV-3P	5.05	27.10	152.66
BV-3Q	5.20	27.10	152.66
BV-3R	2.43	27.10	152.66
BV-3S	2.97	27.10	152.66
BV-3T	4.91	27.10	152.66
BV-3U	8.01	27.10	152.66
BV-3V	3.66	27.10	152.66
BV-3W	4.82	27.10	152.66
BV-3X	3.43	27.10	152.66
BV-3Y	6.57	27.10	152.66
BV-3Z	8.68	27.10	152.66
BV-4A	6.73	27.10	152.66
BV-4B	6.62	27.10	152.66
BV-4C	3.96	27.10	152.66
BV-4D	5.27	27.10	152.66
BV-4E	2.30	27.10	152.66
BV-4F	6.10	27.10	152.66
BV-4G	6.79	27.10	152.66
BV-4H	7.67	27.10	152.66
BV-4I	2.89	27.10	152.66
BV-4J	3.91	27.10	152.66
BV-4K	3.00	27.10	152.66
BV-4L	5.84	27.10	152.66
BV-4M	3.09	27.10	152.66
BV-4N	297.22	10.33	258.59
BV-4O	303.58	6.36	262.86
BV-4P	309.16	5.84	268.13
BV-4Q	315.26	6.10	271.17
BV-4R	322.05	6.79	274.89
BV-4S	325.04	7.67	276.74
BV-4T	332.24	2.89	278.27
BV-4U	333.81	3.91	278.80
BV-4V	341.69	3.00	282.72
BV-4W	347.72	6.01	284.04
BV-4X	401.92	4.91	288.04
BV-4Y	422.44	10.00	300.00

年度	平成 22 年度	
図面名	B 測線 縦断面 (解析断面)	
施行地	北海道芦別市野花南 空知森林管理署3353林班	
工事名	野花南地区 地すべり災害関連緊急事業その2	
図面番号	縮尺	A1 1:600
受託者名	国土防災技術 北海道(株)	管理技術者 小野 由紀光
設計者	柳澤 志樹	製図者 柳澤 志樹
北海道森林管理局 空知森林管理署		



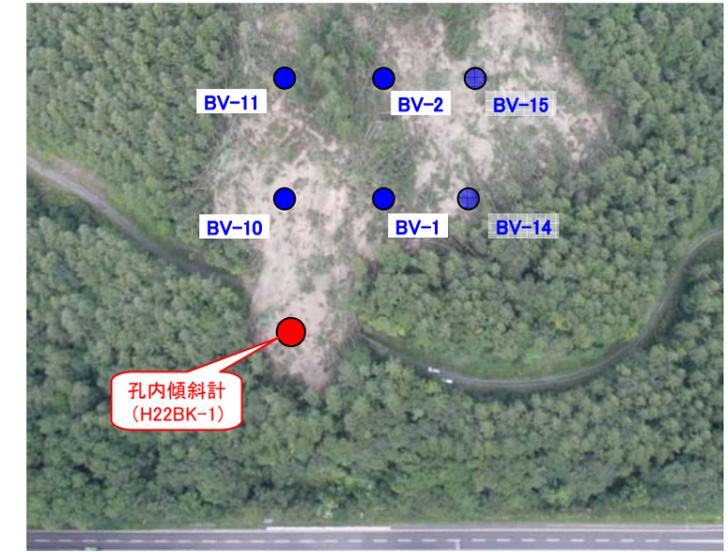
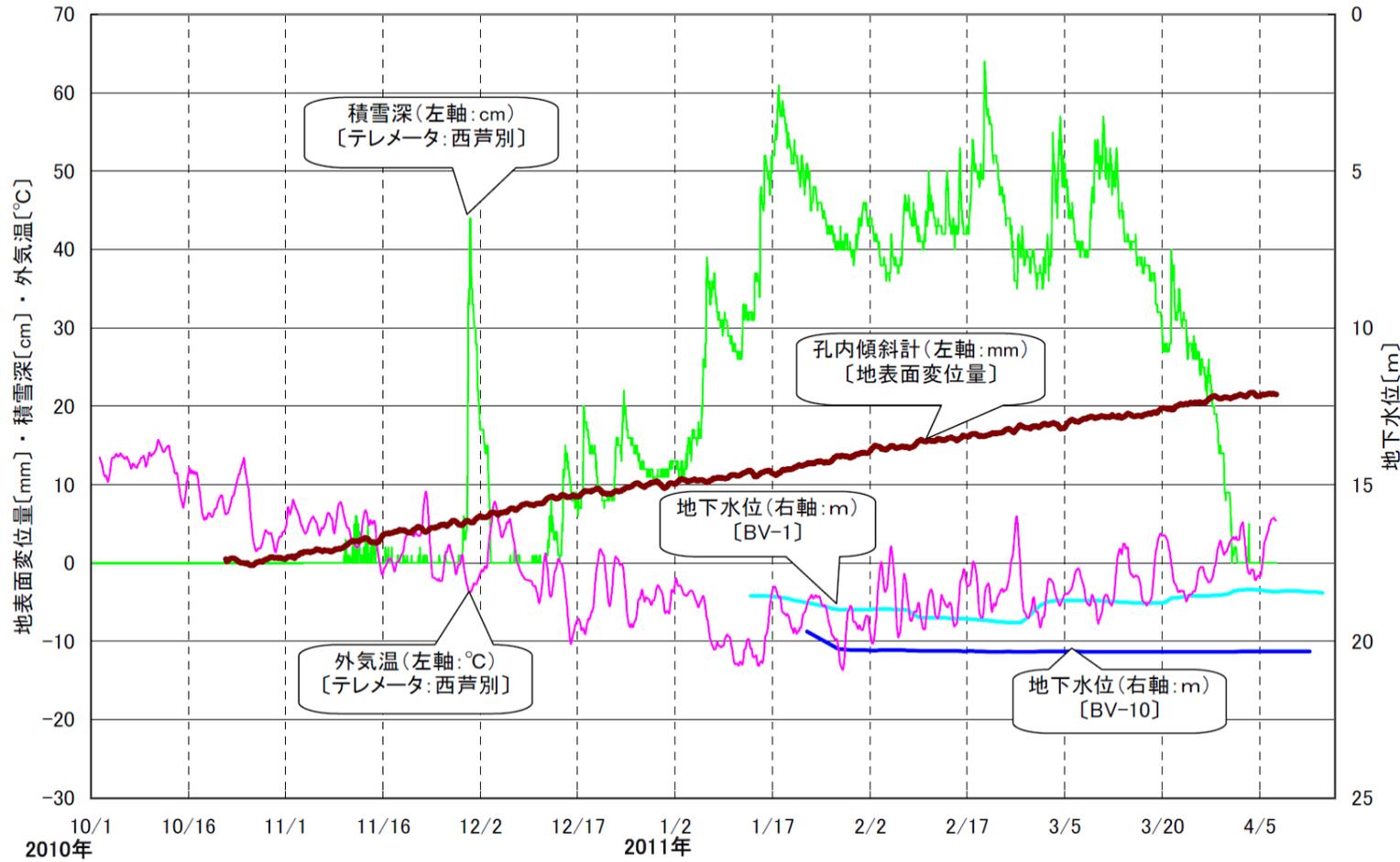


## 5 国道管理基準について

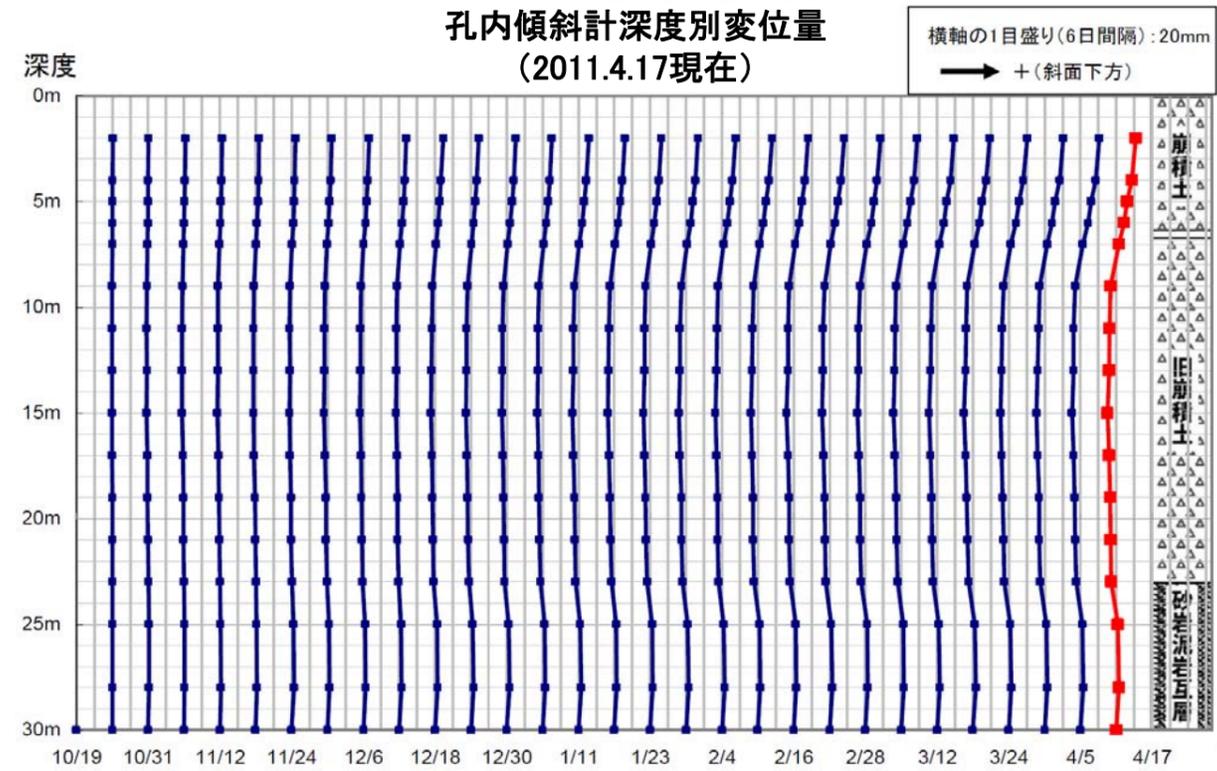
○気象及び孔内傾斜計観測データ [孔内傾斜計・地下水位・外気温・積雪深]

### 【観測データの状況】

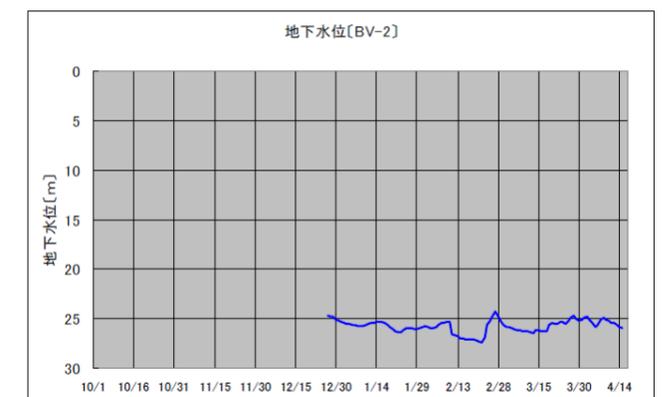
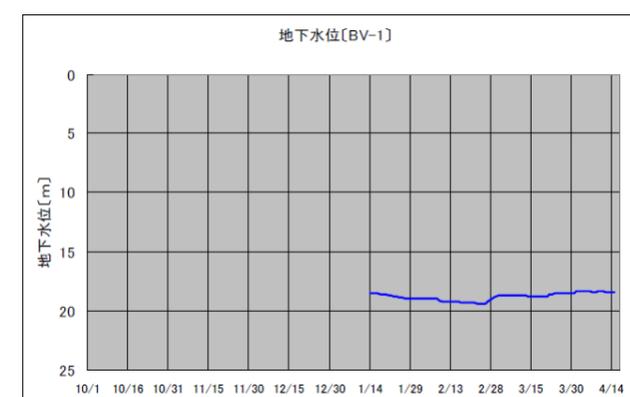
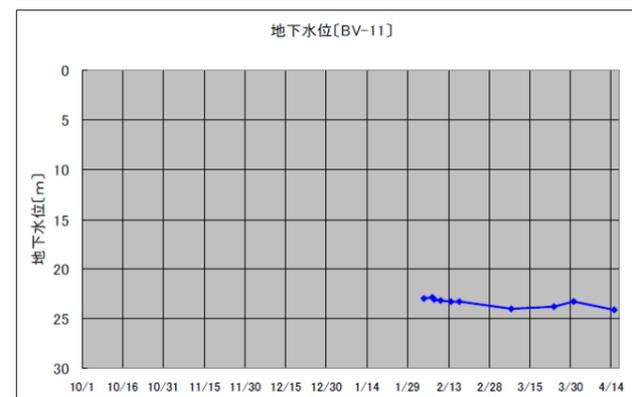
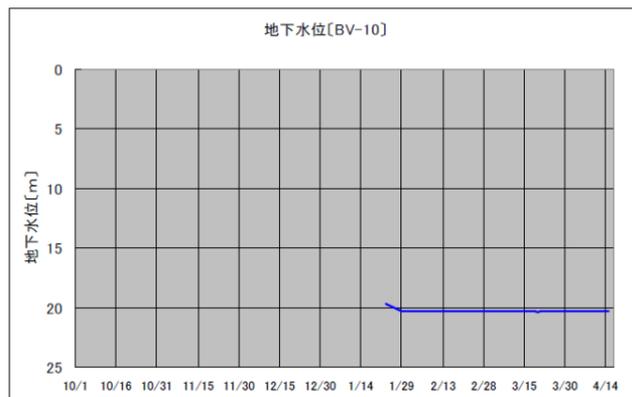
- 当該地域の積雪深は、最大65cm程度であった(4/23積雪深は0cm)
- 舌端部近傍の地下水観測孔(BV-1, BV-10)では、融雪期に顕著な地下水の上昇は認められない
- 舌端部の地表面の動きは(孔内傾斜計)、計測開始から現在まで、継続的に累積傾向を示している[累積値: 約20mm]
- 変位は、崩積土と旧崩積土の境界付近で発生している
- 地表面の変位速度(期間平均) : 約0.127(mm/日) ⇒ 通行止め基準: 100(mm/日)以内



孔内傾斜計深度別変位量  
(2011.4.17現在)



### 舌端部近傍の地下水位



○対策工工事期間中及び対策工完了後の国道管理について

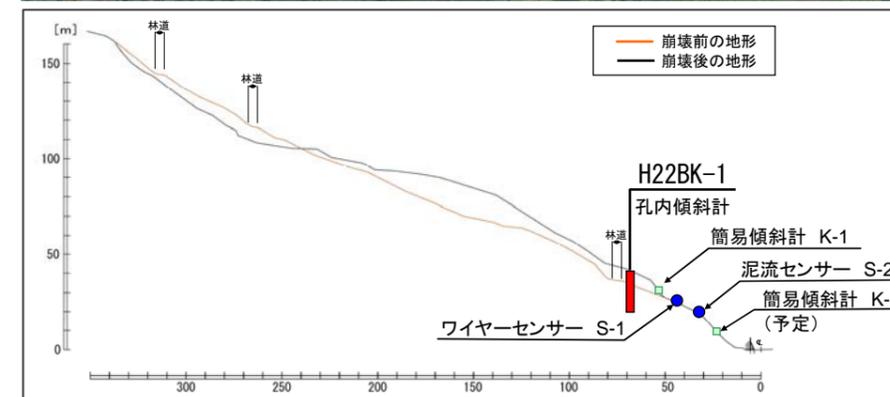
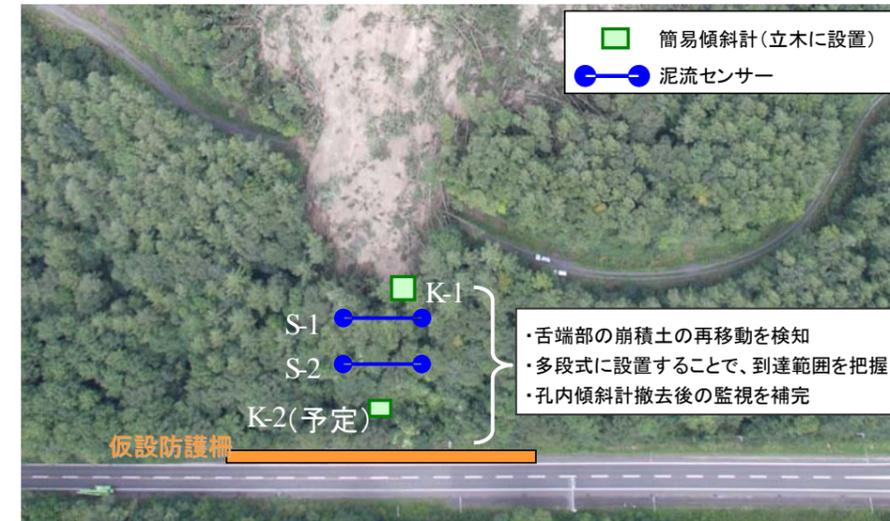
【管理体制移行の経緯と予定】

斜面中段ブロックは、パイプ歪計の計測値が安定しており、H22.8.22に発生した地すべりにおいても、前日の降雨が誘因となって発生したものでないことから、連続降雨量を通行止め基準から初動点検(斜面)基準に変更する。

また、舌端部の移動検知については、孔内傾斜計が工事の影響を受け正確なデータを得られないと考えられることから、計測を取りやめ、簡易傾斜計と泥流センサーにより、舌端部の泥流化が発生した際に検知できるものとする。

なお、泥流センサーは、冬期間において雪等の影響により誤作動が発生することから、この影響を受ける期間は休止する。

各段階毎の管理体制	管理体制設定・変更の理由
① 応急対策完了前 ・連続雨量30mmで通行止め ・24時間監視員配備(現地) ・計器(泥流センサー・簡易傾斜計・定点観測) ・地震	【雨量基準の設定】 ・8/22連続雨量34mmの降雨時に斜面が崩壊 ・崩壊機構不明 ⇒連続雨量30mmで通行止め
② 応急対策工完了後(仮設落石防護柵) ・連続雨量50mmで通行止め ・現地監視員を解除し、パトロールに移行 ・計器(泥流センサー・簡易傾斜計・定点観測) ・地震	【雨量基準の変更と現地監視員の解除】 ・森林管理局の応急対策工が完了 ・斜面崩壊後、これまで斜面に変状が認められない ・計測データの変動量が収束傾向 ⇒雨量基準の変更、監視員を解除しパトロールに移行
③ 冬期以降〔現行〕 ・連続雨量50mmで通行止め ・融雪期点検(1回/週) ・パトロール ・計器(孔内傾斜計、簡易傾斜計) ・地震	【計器新設・撤去(2010年10月)】 ・積雪の影響を受ける、泥流センサー、定点観測終了 ・積雪の影響を受けない、孔内傾斜計を新設
④ 崩壊機構説明後(工事期間中)〔予定〕 ・連続雨量50mmで点検開始 ・パトロール ・計器(泥流センサー・簡易傾斜計) ・地震	【計器増設】 ・工事の支障となるため孔内傾斜計を撤去 ・孔内傾斜計を補完するため、泥流センサー・簡易傾斜計を増設
⑤ 対策完了後〔予定〕 【舌端部の植生復元前】 ・計器(簡易傾斜計、泥流センサー(冬期間は雪の影響を考慮し計測停止)) 【舌端部の植生復元後】 ・定期・異常時点検を実施	【各種管理体制解除】 ・対策工完了後、雨量規制・地震規制・パトロール解除 【仮設柵・計器撤去】 ・舌端部の植生が復元後、『仮設落石防護柵』、『計器』を撤去 【定期点検の実施・終了】 ・対策工の効果を確認するため、防災点検 相当の定期点検を実施 ・対策完了後概ね3年を目途に、道路防災有識者を含めた、現地点検等により、定期・異常時点検の継続を判断。



【管理体制(工事期間中)】

管理項目	管理項目の担当	観測方法	頻度	判断基準	異常または基準値を超えた場合の処置
雨量	道路管理者 点検業者 維持業者	西芦別テレメータ	常時	連続雨量50mm	点検開始 点検で異常が認められ、国道被災の恐れがある場合は通行止め
パトロール	維持業者	目視点検	1回/日	目視点検による異常の有無	異常が認められる場合は、道路管理者に報告し、状況に応じて通行止めを実施
計器	道路管理者 点検業者 維持業者	泥流センサー(2測線)	常時	ワイヤーが破断	計器異常の有無を確認し、計器が正常であり、国道に被災の恐れがあれば通行止め。
		簡易傾斜計(2基)	常時	傾斜(計器の最小設定値を採用:5度)	
地震	道路管理者 点検業者 維持業者	気象庁:芦別旭町観測所	常時	震度3以上	斜面点検で異常が認められ、国道被災の恐れがある場合は通行止め(目視点検)
遠方目視点検	道路管理者 点検業者	道路管理者、点検業者による斜面点検(目視点検)	通行規制解除前	目視点検による異常の有無	通行止め継続
道路防災有識者による防災診断	道路防災有識者 道路管理者 点検業者	道路防災有識者、道路管理者、点検業者による道路防災診断	通行規制解除前	道路防災診断	通行止め継続

## 第1回 芦別市野花南の地すべり対策に関する技術検討会 議事概要

日時:平成22年10月6日(水)14:00~15:50

場所:北海道森林管理局 大会議室

出席者:(五十音順、◎座長)

独立行政法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地基礎技術研究グループ

防災地質チーム 上席研究員 伊東委員

◎室蘭工業大学 大学院工学研究科 暮らし環境系領域

教授 後藤委員

独立行政法人 森林総合研究所

山地災害研究室長 大丸委員

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 地質研究所

地域地質部長 田近委員

独立行政法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地基礎技術研究グループ

寒地地盤チーム 上席研究員 西本委員

北海道大学大学院農学研究院 副研究院長・農学院副院長・農学部副学部長

教授 丸谷委員

<地すべりブロックの考え方及びこれに基づく今後の調査計画について>

会 員) 地すべり調査初期段階でのブロック分けは、移動した土塊の変形の具合を見て区分をしたほうがいいのではないかと。具体には、A2ブロックの末端には植生が残っていて、地表があまり変形せず、突き出ている移動体があり、ブロック分けはこの辺を考慮したほうが良いと思う。

会 員) ブロック分けは、地表面の地形により小さいブロックに分ける場合と、円弧すべり面を仮定した大きいブロックに分ける場合がある。今回のブロック分けは円弧すべり面を仮定したブロック分けとしているが、それで統一されておらず、二つの考え方が混ざっていると思われるので、ブロック分けの考え方をもう一度整理したほうが良いと思う。

会 員) ボーリング調査にあたっては、現時点の地すべり形状を評価して区分した、細分ブロックの一つ一つについて、安定するか評価するためのボーリング配置と思われる。また、密度も重要性に応じて少し工夫をすべきと思う。

事務局) 調査ボーリング等詳細な調査を行い、地すべりのメカニズムを検討していく中で、ブロック区分について最終的に判断する予定であるが、ご意見を踏まえ、現時点で再度検討し、後ほど報告させていただきたい。

会 員) 既存の地質図によると崩壊地の上のほうが上部蝦夷層群の泥岩層で、下のほうが中部蝦夷層群の頁岩層となっているが、現地の状態はどうなっているか。

事務局) 地表踏査では、地すべりの左岸側のほうが泥岩で、右岸側のほうが泥岩砂岩、泥岩砂岩凝灰岩の互層等が分布しているような状況である。一部破碎しており、泥岩と頁岩の見分けもちょっと難しい部分ではあるが、泥岩が優勢と思っている。

会 員) 右岸側の凝灰岩と砂岩泥岩互層の部分はおそらく中部蝦夷層群ではないかと思う。泥岩が主体のところは上部蝦夷層群かもしれない。右岸側と左岸側では地層が違うかもしれないのでその点に注意してコア(ボーリングによって採取された円筒状の試料)を見るべき。

会 員) 3次元解析を行う考えはあるのか。

事務局) 頭部の排土工がある程度適切に反映されるように、3次元安定解析でいきたいと考えている。また、右岸側のすべり面が深いと推定しており、主要断面が必ずしも不安定側に作用しないことも想定されるので、3次元安定解析を念頭に置き、平行に配置する計画としている。

会 員) この斜面は、何回か地すべり的な変動をした斜面と考えられるため、場所によって様々なすべり面が複層していたり、複雑な地形をしていると思われるので、3次元的な解析を行うのはいいと思う。

<応急対策及び応急対策後の国道管理基準について>

会 員) 最近の林野関係の事例では、暖冬の年の初冬に根雪になるかならないかの状態で融雪が完了して、発生していると思われる土砂災害がみられるので、融雪・積雪のデータを考慮し、融雪の効果がある程度前倒しで考慮しておいたほうが良いと思う。

事務局) ご意見を踏まえ、春先の融雪期だけでなく、積雪前に降った雪が解けたときの影響を考慮し、水位計の観測も行って土砂災害の危険性を判断することとしたい。

会 員) 雪になった場合シートは雪に埋もれてしまうが、そのままか。

事務局) シートを張ったことにより、雨水対策に効果がある一方、雪崩の危険が考えられるが、専門家に話を聞いたところ、シートの下凸凹が雪崩の抑止効果を生み、雪崩が起きた場合でも、林道及び、国道上部の樹木帯による抑止効果が期待できるので、雪崩に関してはそれほど大きな危険はないのではないかという見解だった。また、一日一回、斜面の目視点検を予定している中で、雪のほうも含めて点検をしていきたいと考えている。

以上