

工事年度及び工事番号： 令和7年度 県債道改交金 第130号

工 事 名 ： 白浜久木線(仮称庄川久木1号トンネル)道路改良工事

工 事 場 所 ： 西牟婁郡白浜町庄川外地内

参考資料【地形・地質概要】

第3章 地形地質概要

当該トンネルについては、「令和1年度 道改交金 第142号-16 第141-20号-12 白浜久木線道路改良調査業務」により下記の地質調査が行われている。

- ①弾性波探査（主測線・副測線、ハギトリ法解析）、②ボーリング調査（鉛直5孔、水平2孔）
- ③標準貫入試験、④孔内水平載荷試験、⑤室内岩石試験（一軸圧縮強度試験、超音波速度測定試験等）

その他に、「令和1年度 道改交金 第142号-6 白浜久木線道路改良調査業務」において、空中電磁探査も実施されている。

本業務では、上記の地質調査業務の調査・解析結果等を引用・参考にしてとりまとめた。

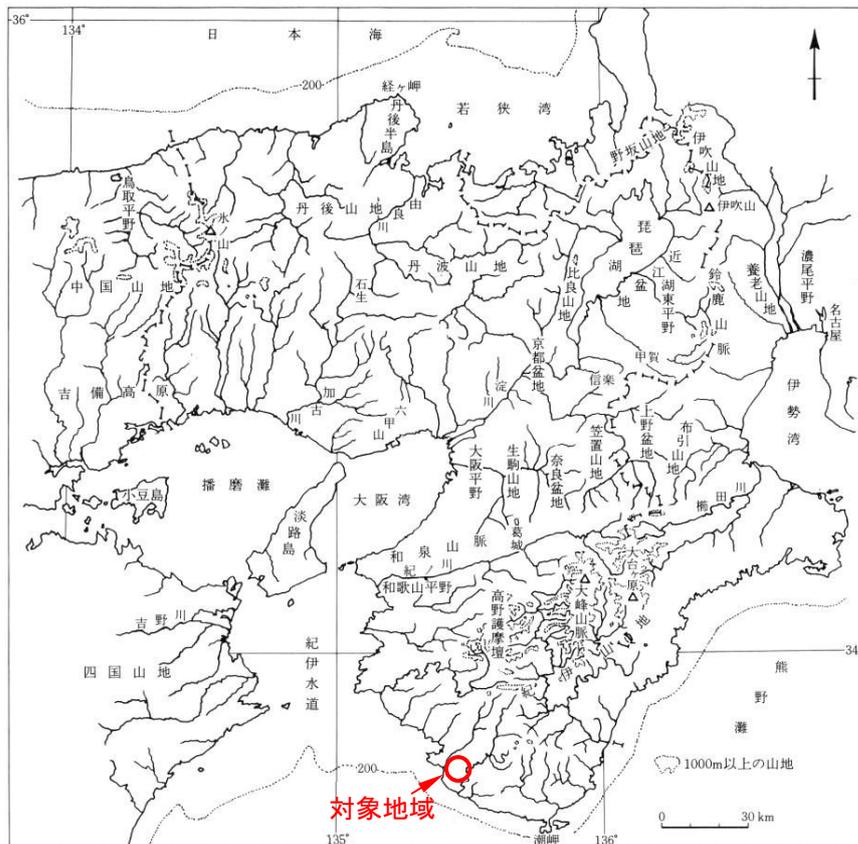
なお、本業務において地表地質踏査を実施し、上記業務の弾性波探査の測定データを用いて「トモグラフィ解析」を行い、「ハギトリ法解析結果」も含めて地質縦断図を作成するとともに地山分類を行った。

3.1 地形概要

本対象地域は、1,000m以上の山々が連なる急峻な紀伊山地から続く、紀伊半島南西沿岸域に位置する。対象地域周辺の地形分類を図3.1.1に示す。

- ・対象地域は塩津山地と呼ばれる。
- ・「山地および丘陵地」の「中起伏山地（起伏量400～200m）」に区分される。

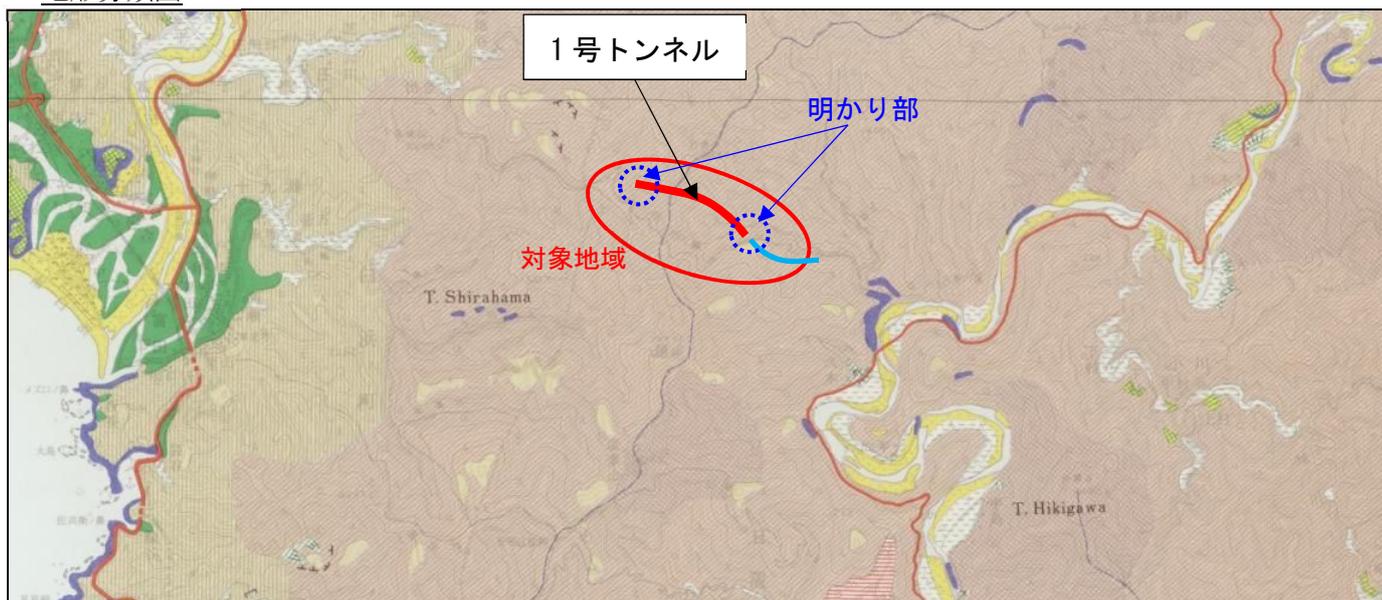
トンネルは行徳山の南側、最低鞍部である庄川越（標高は約305m）の北側を西北西－東南東に横切るように計画されている。



出典：「日本の地質6 近畿地方」1987年7月、共立出版株式会社

図3.1.1 近畿地方の地形（任意縮尺）

地形分類図



地形分類図凡例



出典：「土地分類基本調査 地形分類図《田辺・印南》」昭和53年、国土庁
 図3.1.2 対象地域周辺の地形分類（任意縮尺）

3.2 地質概要

3.2.1 地質概要

対象地域は外帯の四万十累帯、牟婁帯に当たり、田辺地域では新生代新第三紀中新世の堆積岩類が覆っている。

対象地域周辺の地質構造区分を図 3.2.1 に示す。

対象地域周辺に分布する新第三紀層（中新統）は田辺層群と呼ばれ、砂岩、泥岩よりなる。

- ・砂岩は、一般に塊状を呈しブロック状に割れやすい。
- ・泥岩は片状を呈することが多く、風化に対する抵抗力が弱く、風化によって細片状になりやすい。

紀伊半島南西部の地質を図 3.2.2 に示す。

田辺層群は下位より朝来累層及び白浜累層からなり、四万十付加体を不整合に覆い、田辺湾を取り囲むように半盆状に分布し、調査地は田辺層群分布地の東縁部に位置する。

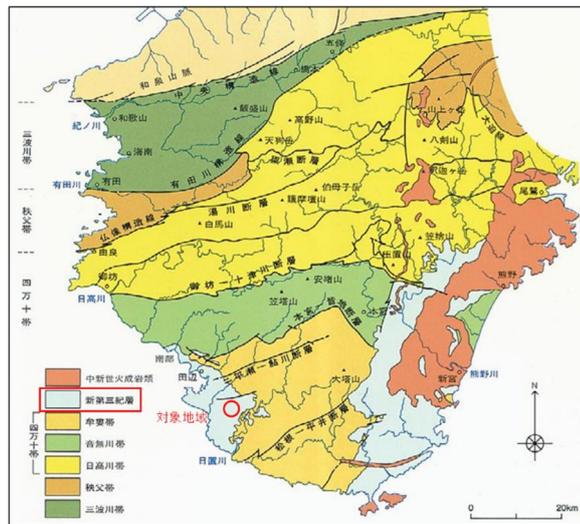
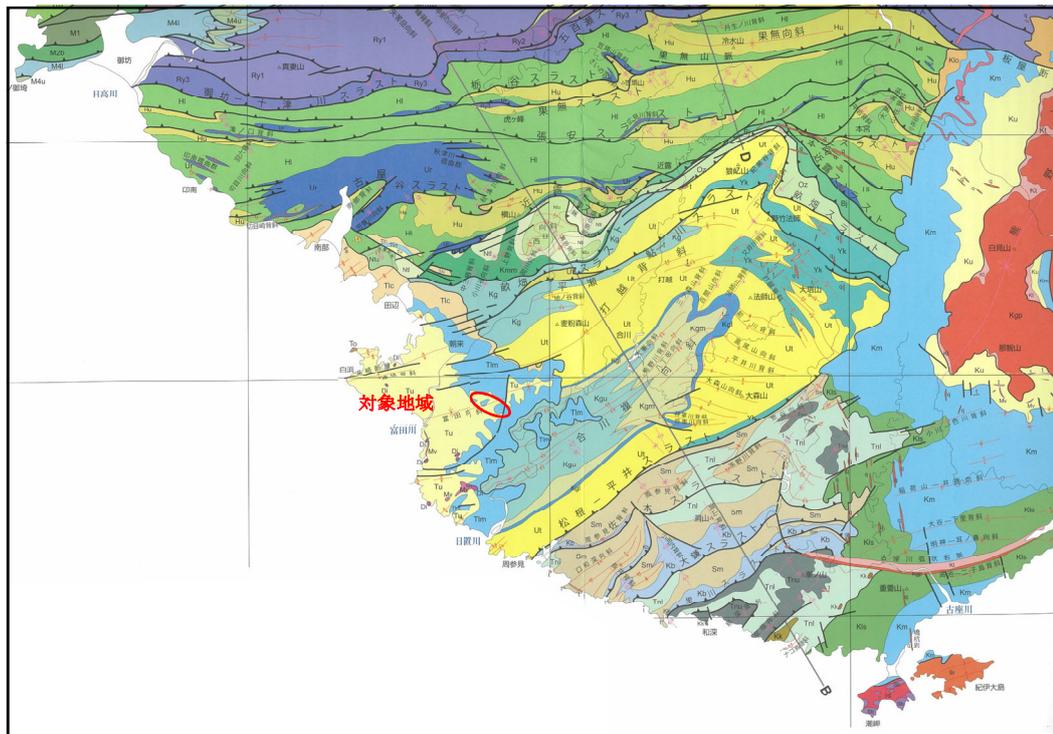


図 3.2.1 (1) 紀伊半島の地質構造区分 (任意縮尺)



対象地域の地質



図 3.2.1 (2) 紀伊半島南西部の詳細地質図 (任意縮尺)
(出典：紀伊半島における四万十付加体研究の新展開, 2012. 8, 地学団体研究会)

対象地域周辺の詳細な地質を図 3.2.1(3)に示す（前出の図 3.2.1(2)の拡大図）。

計画トンネル周辺には、以下の地質、地質構造が分布する。

- ・ 田辺層群下位の朝来累層（上部）： 泥岩（記号：T1m）
- ・ 田辺層群上位の白浜累層： 砂岩泥岩互層、砂岩、礫岩（記号：Tu）
- ・ 地質構造は、西北西に 10～20° 程度傾斜している。
- ・ 計画ルート上の起点側には向斜構造

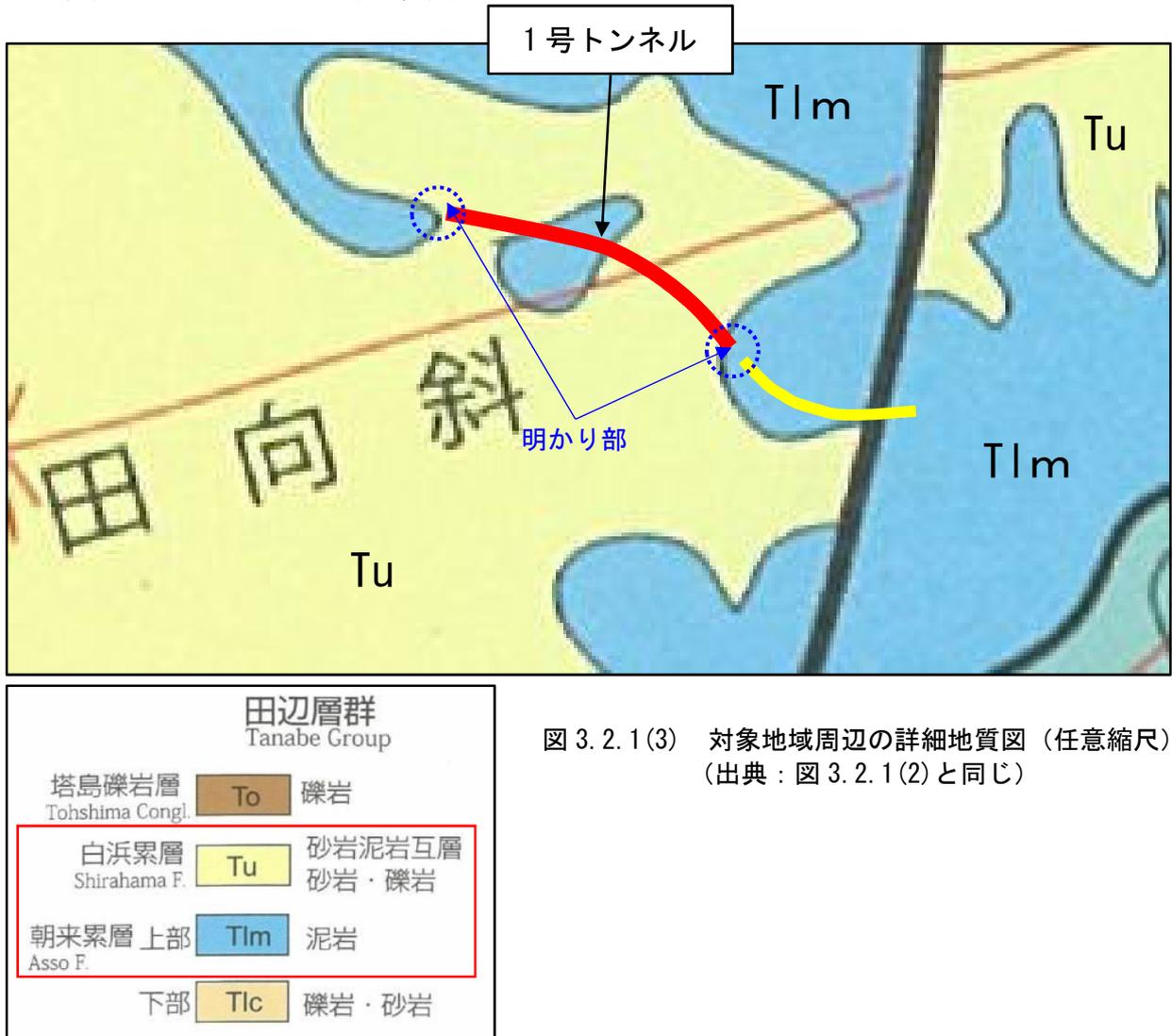


図 3.2.1(3) 対象地域周辺の詳細地質図（任意縮尺）
（出典：図 3.2.1(2)と同じ）

3.2.2 田辺層群の地質層序

調査地域は紀伊半島の南西端部に位置し、四万十累帯の牟婁帯を不整合に覆い新生代新第三紀中新世前～中期の海成堆積岩類からなる田辺層群が分布している。田辺層群は前弧海盆堆積物で礫岩、砂岩、シルト岩、泥岩およびそれらの互層からなる。田辺層群には凝灰岩等キーベッドとなる地層がないため、全体の層序を確立することは難しいが、田辺団体研究グループが1984年に「紀伊半島田辺層群の層序と構造」という論文を発表している。それによると田辺層群を岩相により、主として泥岩・礫岩からなる「朝来累層（あつそるいそう）」と、その上に重なる砂岩・砂岩泥岩互層および礫岩からなる「白浜累層」に区分している。そして朝来累層はA1～A3の3部層に、白浜累層はS1～S5の5部層に再区分している（図3.2.2(1)）。

踏査地域は大きく見ると、側方変化はあるものの、シルト岩やシルト質砂岩を主体とする「下部層」と、塊状砂岩を主体とする「上部層」に区分できる。これを田辺団体研究グループ1984と対比すると、「下部層」は「朝来累層A3部層」に、「上部層」は「白浜累層S1部層」に相当すると考えられる。

層序	模式柱状図	層厚	岩相	
	S N		南部地域	北部地域
塔島礫岩層		50+ m	礫岩(垂角礫)	
白浜累層	S5	40+	層状の極粗粒砂岩、礫を含む	
	S4	80-100	砂岩を挟む泥岩優勢互層 層状の極粗粒砂岩、礫岩挟む	
	S3	70-200	砂岩を挟む泥岩優勢互層 中礫質泥岩 礫を含む砂岩、泥岩優勢互層を挟む	
	S2	150-240	泥岩優勢互層及び泥岩、砂岩優勢互層を挟む 層状の細粒砂岩、泥岩優勢互層を挟む	
	S1	60-180	泥岩優勢互層 層状の粗粒砂岩あるいは細粒砂岩、泥岩優勢互層を挟む	
朝来累層	A3	50-250	層状の泥岩及び塊状泥岩 砂岩優勢互層及び泥岩優勢互層	
	A2	5-80	層状の砂岩	礫岩(垂円礫-円礫)
	A1	110-120	層状の泥岩 層状の砂岩	成層した泥岩 礫岩(垂角礫) 成層した泥岩 礫岩(角礫-垂角礫)
四万十帯(超層群)				

図3.2.2(1) 田辺層群の層序区分表 田辺団体研究グループ1984

(原典の英語表記を和訳)

3.2.3 関連資料の概要

(1) 関連資料

本業務では、1号トンネル～2号トンネル沿いにおいて下記の資料を参考とした。

- ① 地すべり分布図データベース (J-SHIS MAP) 防災科学研究所
- ② 平成30年度 道改交金 第139号-10 平成30年度 道改交金 第140号-5
白浜久木線 道路改良設計業務 令和元年12月 日本工営株式会社
・レーザー測量、地すべり調査
- ③ 令和1年度 道改交金 第142号-6 白浜久木線道路改良調査業務 令和3年3月 大日本コンサルタント株式会社 ・空中電磁探査
- ④ 令和1年度 道改交金 第142号-16 令和1年度 道改交金 第141-20号-12 白浜久木線道路改良調査業務 令和3年3月 (有)熊野路測量設計 ・弾性波探査、ボーリング調査、孔内水平載荷試験、室内岩石試験

(2) 資料の概要

- ① 地すべり分布図データベース (J-SHIS MAP) 防災科学研究所

下図に1号トンネル～2号トンネル周辺の地すべり分布図を示した。これによると、1号トンネルにおいては、終点側の尾根部に1箇所分布するが、両坑口付近には特に示されていない。

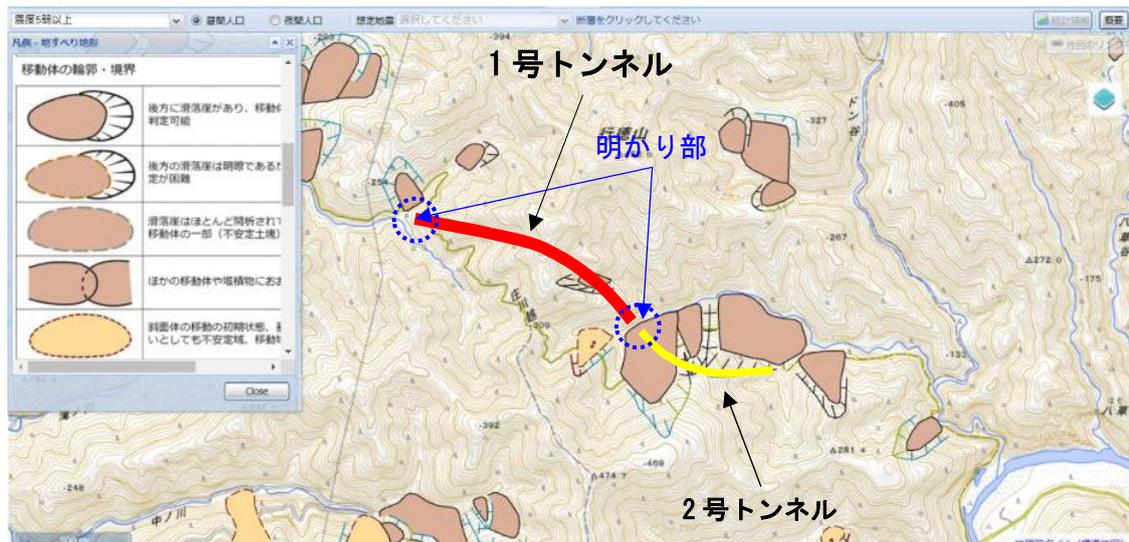


図 3.2.3(1) 1号トンネル～2号トンネル付近の地すべり分布図

(防災科学研究所HPより引用、編集)

- ② 平成30年度 道改交金 第139号-10 平成30年度 道改交金 第140号-5 白浜久木線 道路改良設計業務

当業務ではレーザー測量地形図を基に判読を行い、資料①の地すべり地形の見直しと新規抽出を行い、干渉 SAR 解析及び踏査結果と併せて現道改良を対象とした安定度評価を行っている。図

3.2.2(3)に地すべり地形抽出結果を示した。

1号トンネルの両坑口付近には地すべり地形は抽出されていない。また、資料①で判読された終点側の地すべり地形も抽出されていない。踏査結果を含め重要度判定を行い、起点側坑口上部の現道沿いに不安定な小規模な斜面を抽出している。

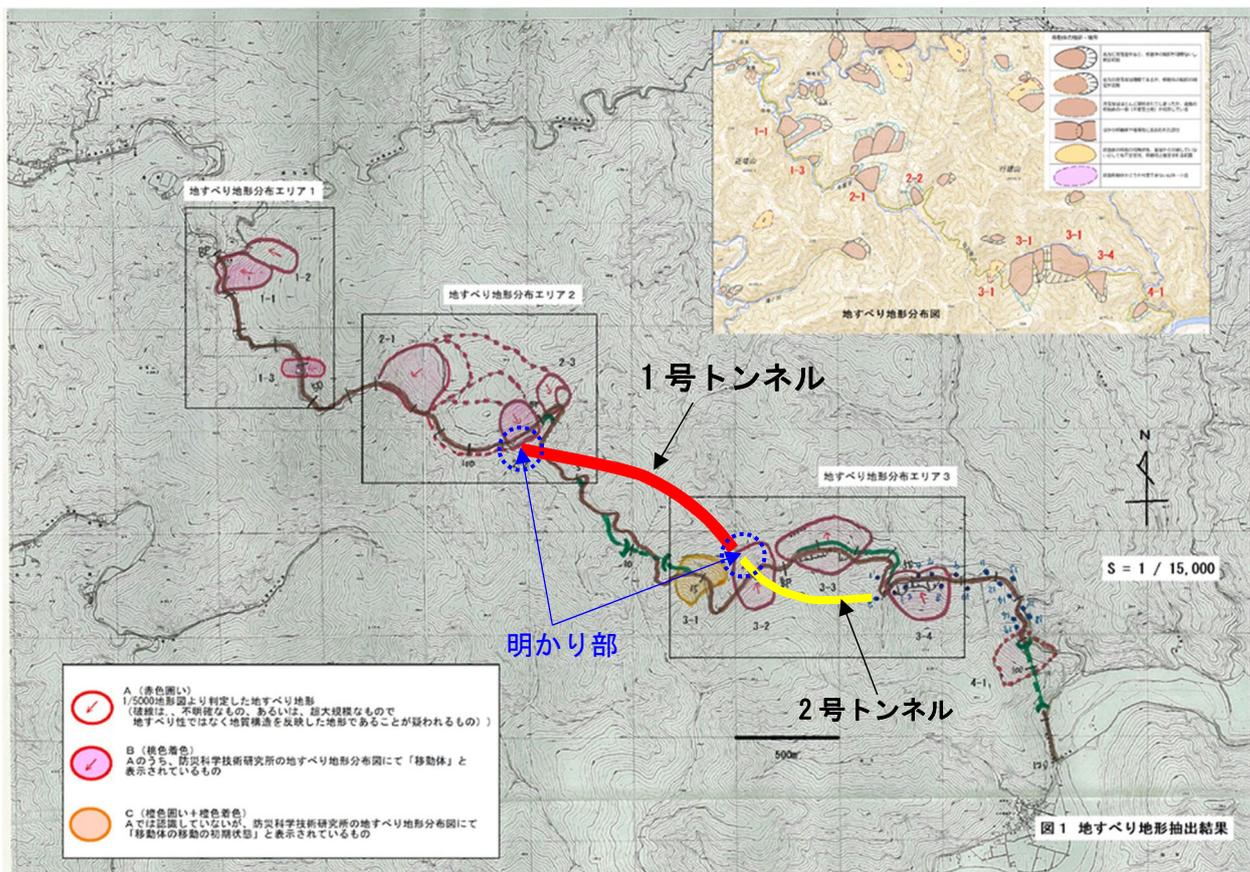


図 3. 2. 3(2) 地すべり地形抽出結果

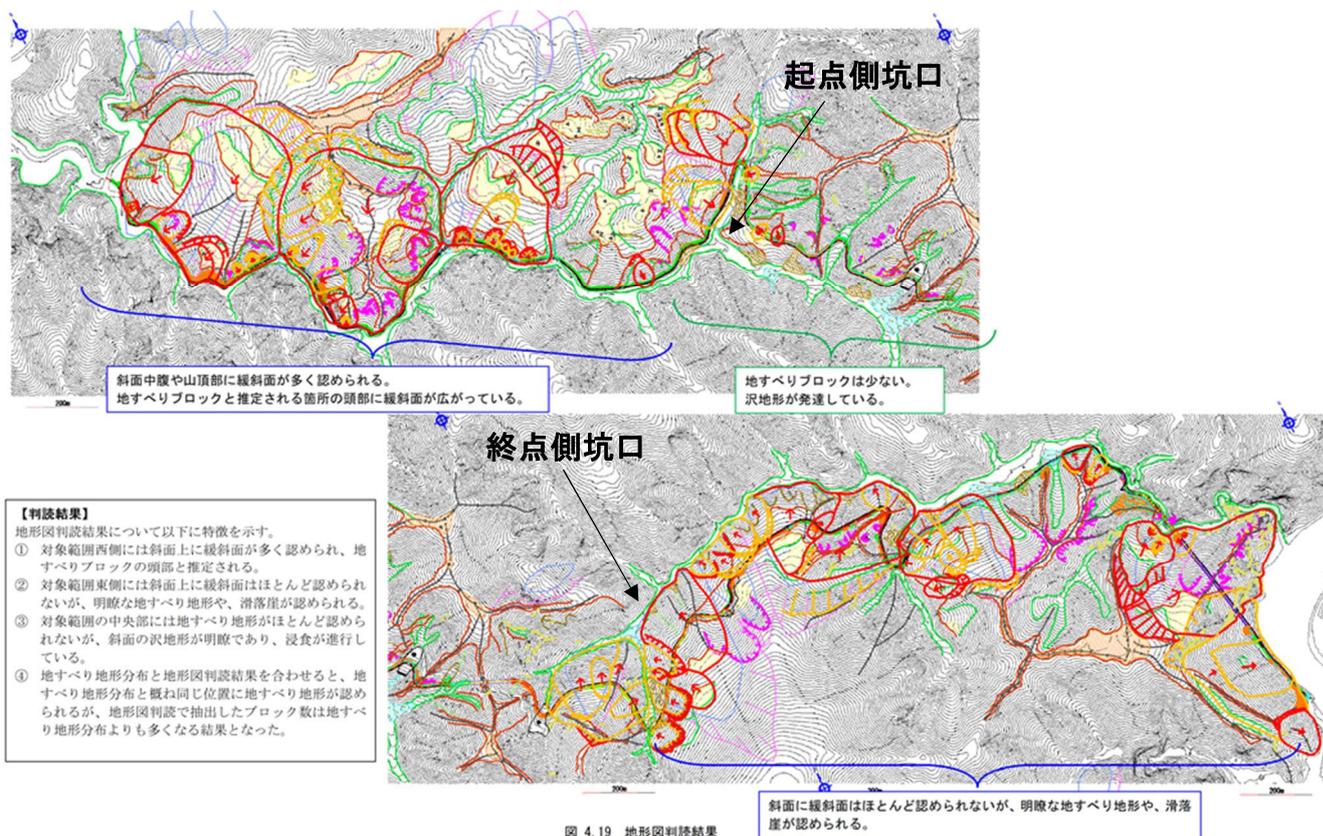
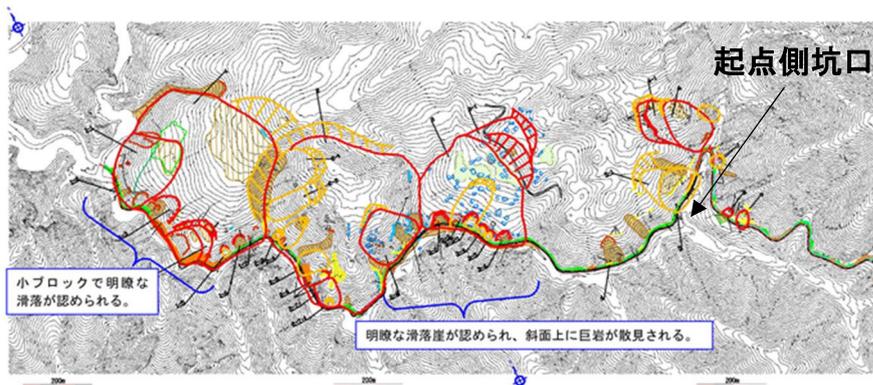


図 3. 2. 3(3) 地すべり地形判読結果



【判読結果】
 現地踏査結果について以下に特徴を示す。
 ① 対象範囲には明瞭な滑落崖が認められる地すべりブロックと、滑落崖が不明瞭な地すべりブロック等が確認された。
 ② 対象範囲西側には斜面上に地形図にも反映される規模の砂岩の巨岩が散見される。
 ③ 対象範囲東側には明瞭な滑落崖と、斜面上に崖錐堆積物が堆積したブロックが多く確認された。
 ④ 対象範囲東側には沢地形に沿って、斜面末端部が崩壊している箇所が連続的に分布している。

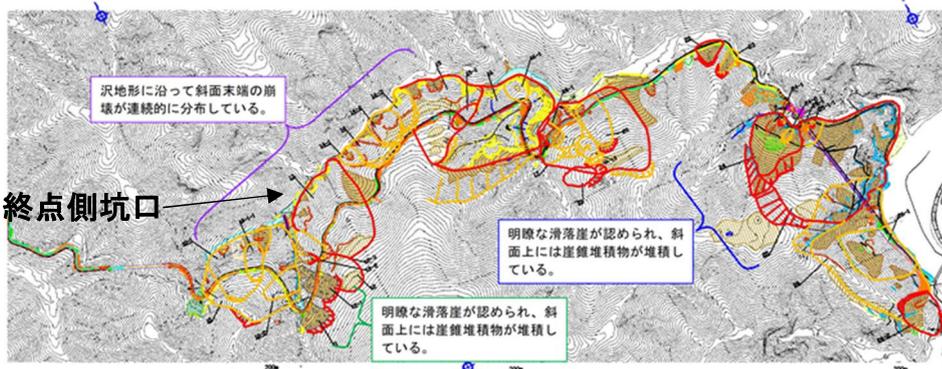


図 3.2.3(4) 踏査結果

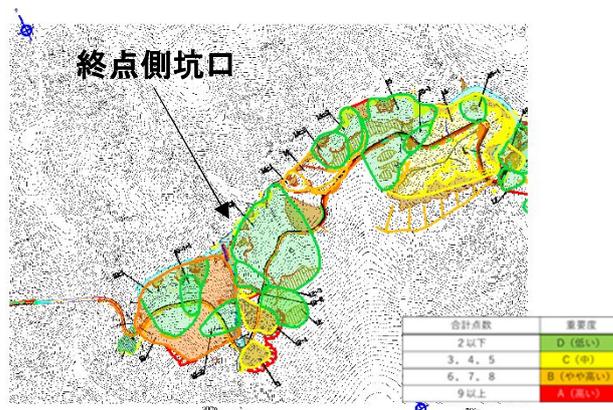
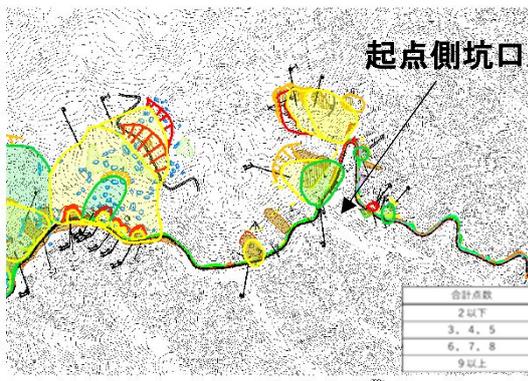


図 3.2.3(5) 重要度判定図

③ 令和1年度 道改交金 第142号-6 白浜久木線道路改良調査業務

当業務では白浜久木線沿いに空中電磁探査を行い、比抵抗の平面的・断面的分布を把握し、資料②業務の結果との比較検証を行っている。

1号トンネル両坑口部を含むルート沿いでは、地すべり移動体の存在は示されていない(3.2.3(6))。

図3.2.3(7)は、1号トンネルと2号トンネルの間のルートを横断する断面図であり、ルートの上流(R)側に低比抵抗帯があり、含水が大きな崩積土・強風化部が分布していると推察している。

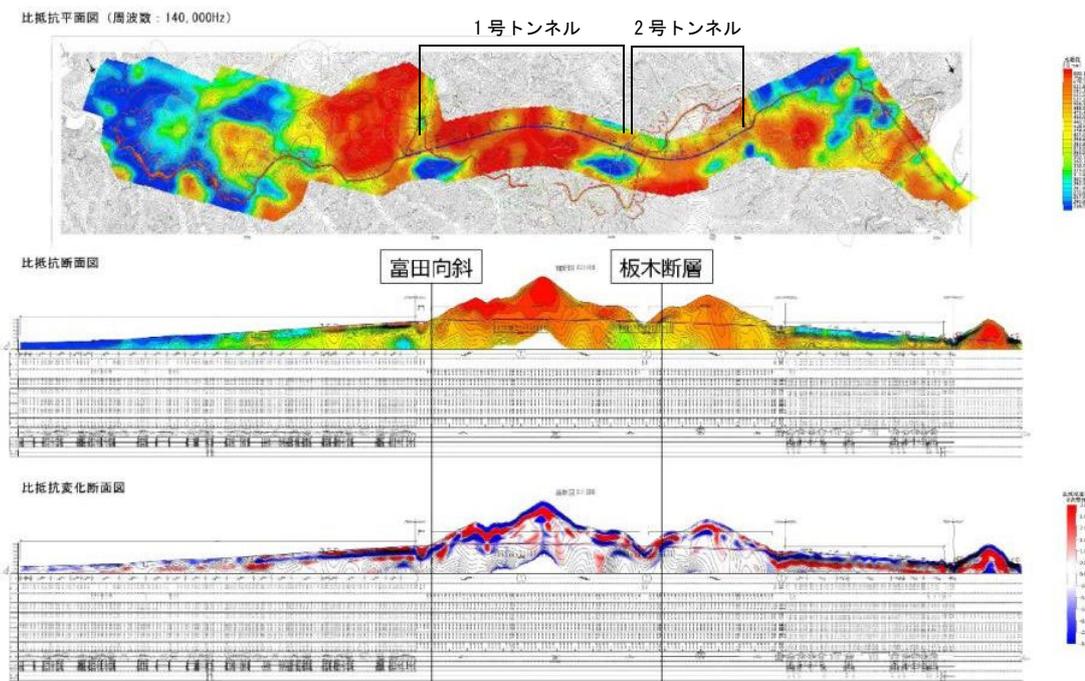
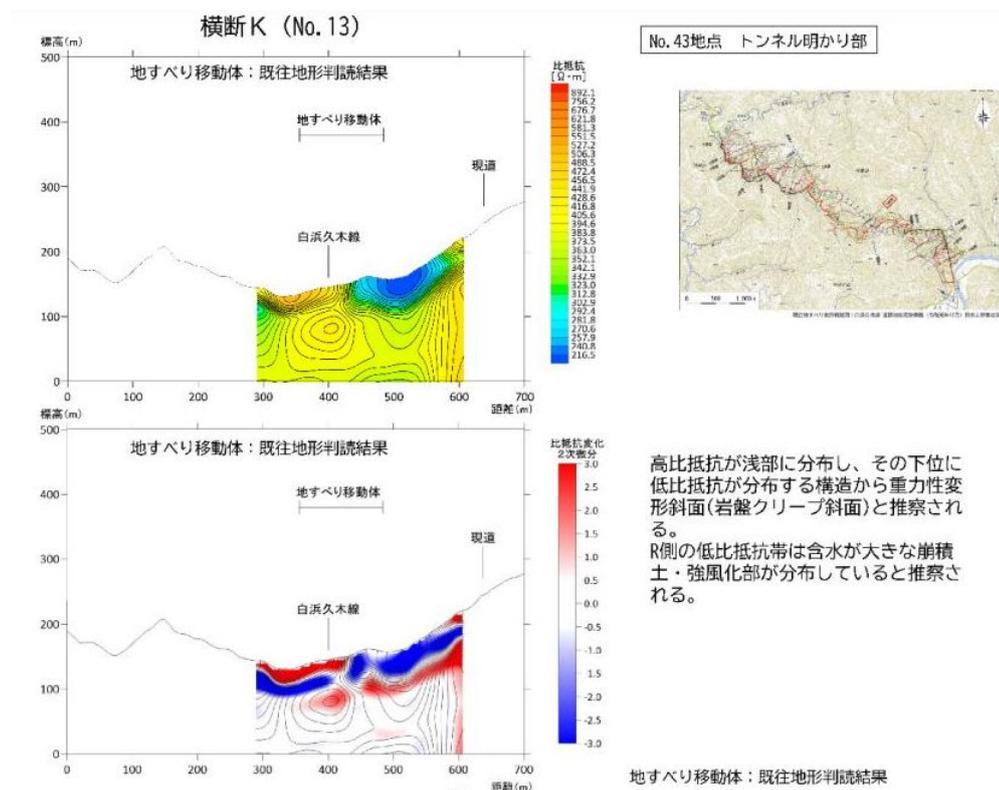


図 3.2.3(6) 空中電磁探査解析結果 地表付近の比抵抗分布と比抵抗・比抵抗変化縦断面図



高比抵抗が浅部に分布し、その下位に低比抵抗が分布する構造から重力性変形斜面(岩盤クリープ斜面)と推察される。
R側の低比抵抗帯は含水が大きな崩積土・強風化部が分布していると推察される。

図 3.2.3(7) 空中電磁探査解析結果 比抵抗横断面図(横断K)

④ 令和1年度 道改交金 第142号-16 令和1年度 道改交金 第141-20号-12 白浜久木線道路改良 調査業務

当業務では、1号トンネル～2号トンネル間において、「弾性波探査（5測線、発破法、はぎとり法解析）、ボーリング調査（13孔）、孔内水平載荷試験、室内岩石試験、総合解析とりまとめ」を行っている。

本業務では、これらの調査結果・総合解析結果を基本的な資料として引用・参考にするとともに、本業務で実施した地表地質踏査・トモグラフィ解析結果を加え、総合解析とりまとめを行った。

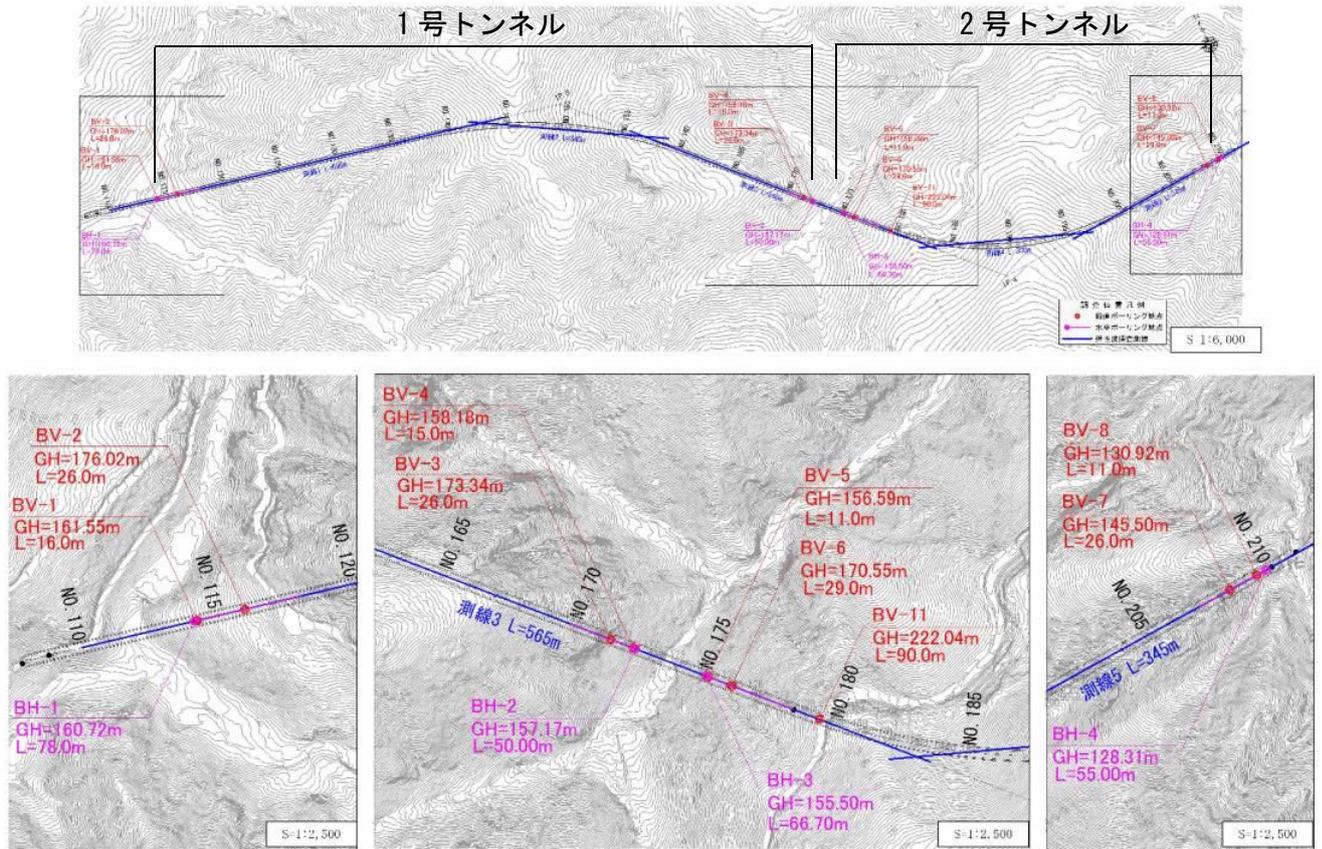


図 3.2.3(8) 調査位置図

3.3 地表地質踏査

3.3.1 地質構成、地質層序及び地質構造の概要

(1) 地質構成の概要

トンネル地山に分布する地質構成を表 3.3.1(1)に示す。

トンネル地山の地質は、基盤岩である田辺層群の「白浜累層・朝来累層」と、被覆層である「移動土塊 (Ls)」、「崖錐堆積物 (dt)」、「表土 (Ts)」に分けられる。

表 3.3.1(1) トンネル地山の地質構成 (1号トンネル)

○ : 分布する地質

地質時代	地質名	記号	構成地質	1号トンネル				
				起点方 坑口	一般部	終点方 坑口		
新生代	第四紀 完新世	表土	Ts	粘土・砂・礫。	○	—	○	
		崖錐堆積物	dt	砂礫主体	—	—	○	
		移動土塊	Ls	岩塊及び岩塊混じり砂礫主体 岩塊は岩盤様、風化岩盤様を呈することがある。	○	—	—	
	新第三紀 中新世	田辺層群	白浜累層	Mss	厚層塊状砂岩層 中～粗粒砂岩主体。塊状で節理間隔が広く、1m前後の方状を呈する。	—	—	—
				Bss	層状砂岩層 中～細粒砂岩を主体とし、葉理が認められ層状を成す。薄いシルト層挟む場合は数10cmの単層となる。剥離性は弱く比較的塊状を呈する。	—	—	—
				Ass	砂岩・シルト岩互層 砂岩がち互層が多く、その場合砂岩：5～10cm、シルト岩0.5～1cm程度。一部シルト岩主体の箇所もある。層状に割れやすく、風化すると特に分離しやすい。	—	—	—
			朝来累層	Sis	シルト質砂岩層 塊状だが泥質葉理が認められる。新鮮なら暗青灰色・硬質で節理間隔は広い。極細粒砂岩の様にも見えるが、基質に泥質分が多く、風化すると細片状に割れ脆くなるため、一般的な砂岩とは性状が大きく異なる。	○	○	—
				Asi	シルト質砂岩・砂質シルト岩互層 砂岩がち互層で、砂岩20cm以下、シルト岩1cm以下の場合が多い。新鮮な場合でもシルト岩で割れやすく、砂岩にも高角度節理が発達しているため、砂岩が数10cmの板状岩塊に分離しやすく、少しでも風化すると特に緩みやすい。	—	○	○
				Ssi	砂質シルト岩層 塊状なものや泥質葉理が発達するものがあり、弱い剥離性がある。新鮮な場合は比較的硬質であるが風化しやすく、風化すると急激に強度が低下する。	—	—	—

(2) 地質層序の概要

基盤岩は、砂岩～シルト岩（泥岩）の成層した地層からなる。

- ・前出の表 3.3.1(1)と図 3.3.1(1)に、本地域に分布する地質の特徴を示す。
- ・図 3.3.1(2)に模式層序と代表的な露頭写真を示す。

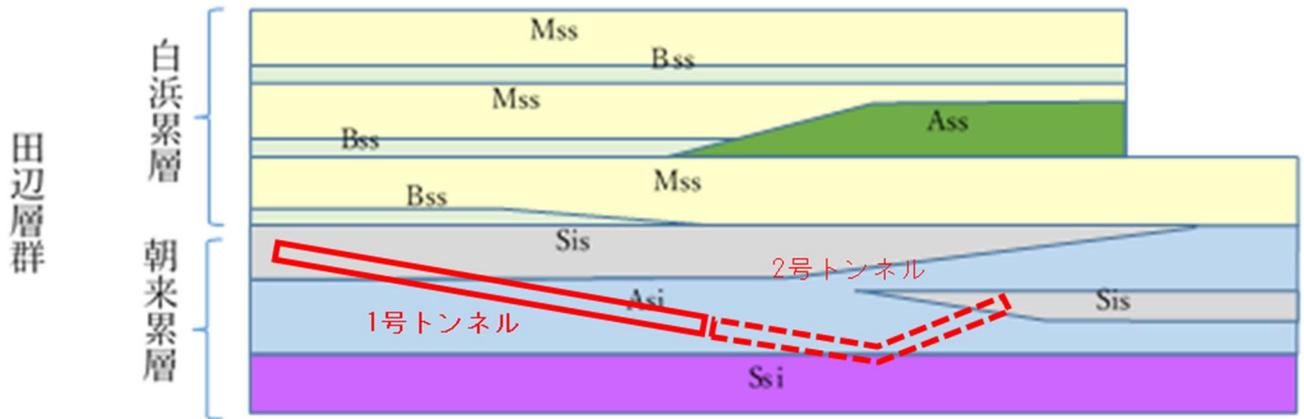


図 3.3.1(1) 調査地に分布する地質層序模式図

1号トンネルに分布する地質は、次の通りである。図 3.3.1(3), (4)に地質踏査結果平面図及び代表岩相を示した。また、図 3.3.1(5)に地質断面図を示した。

「Sis シルト質砂岩層」起点方坑口～一般部

- ・新鮮部では概ね塊状を呈し硬質
- ・風化により細片化する
- ・挟在する泥質の箇所では剥離しやすい
- ・節理間隔が広く割れ目が少ない
 - 応力解放により、大きなブロック状に分離しやすい
 - 流れ盤構造と合わせ、移動土塊の素因と考えられる

「Asi シルト質砂岩・砂質シルト岩互層」一般部～終点方坑口

- ・20cm以下の砂岩と1cm以下のシルト岩の細かい互層
- ・シルト岩で剥離しやすく、細かいブロック状に分離しやすい
 - 流れ盤構造と合わせ、移動土塊の素因と考えられる。

(3) 地質構造の概要

堆積構造は、以下の構造を呈している。

- ・「北北西-南南東の走向」で、西へ3～15°傾斜する。
 - トンネル縦断面上では起点側への見かけの傾斜となる
 - 起点側斜面は流れ盤、終点側斜面は受け盤
- ・塊状砂岩部では層理が不明瞭であるが、泥岩薄層を挟む箇所では層理が明瞭である。
- ・節理の走向はまちまちであるが、高角のものが多い。
- ・1号トンネル区間では、断層を示唆する露頭等は確認されなかった。

模式層序および代表岩相【赤枠内が1号トンネル】

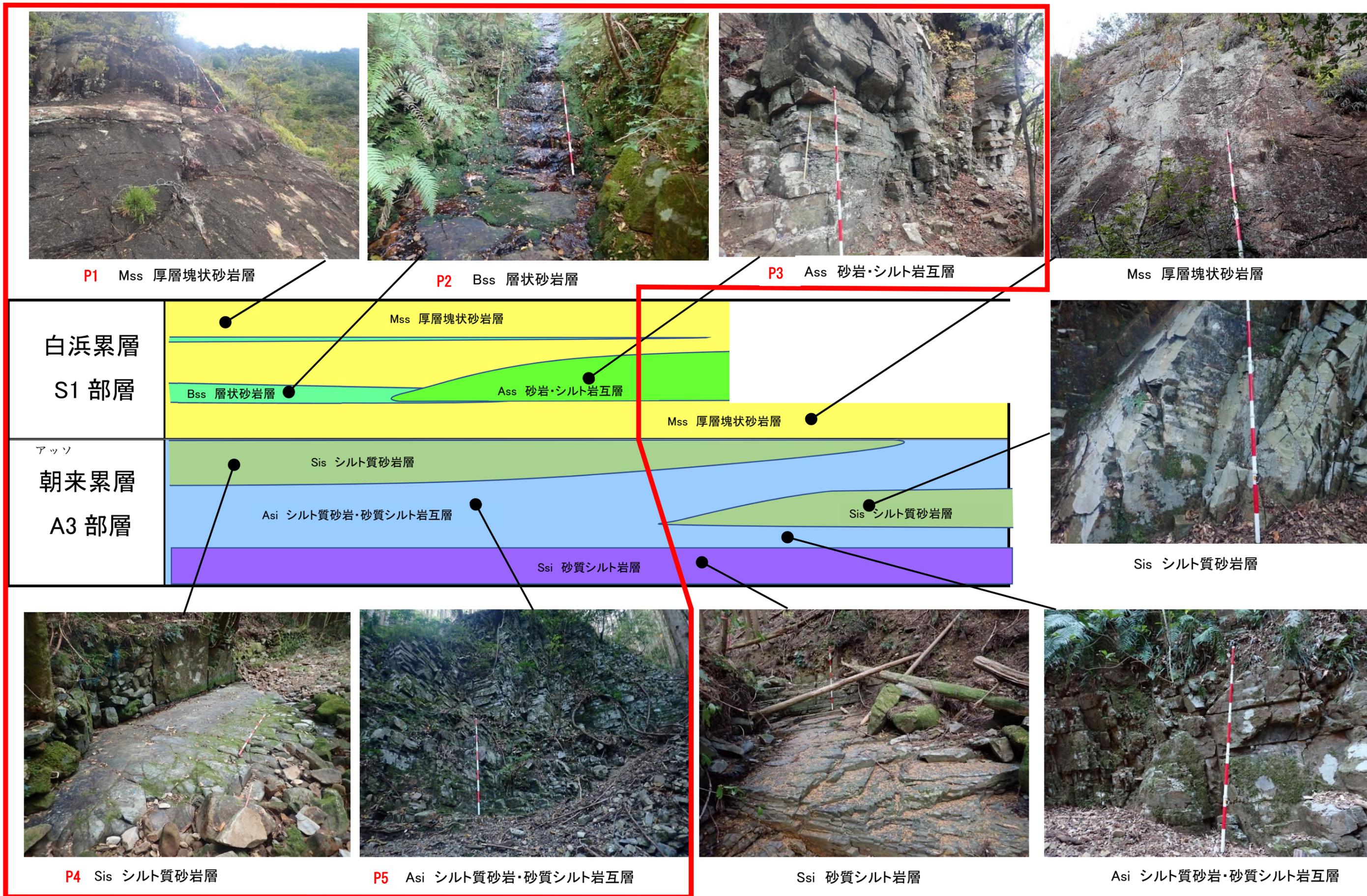


図 3.3.1(2) 踏査地域の模式層序

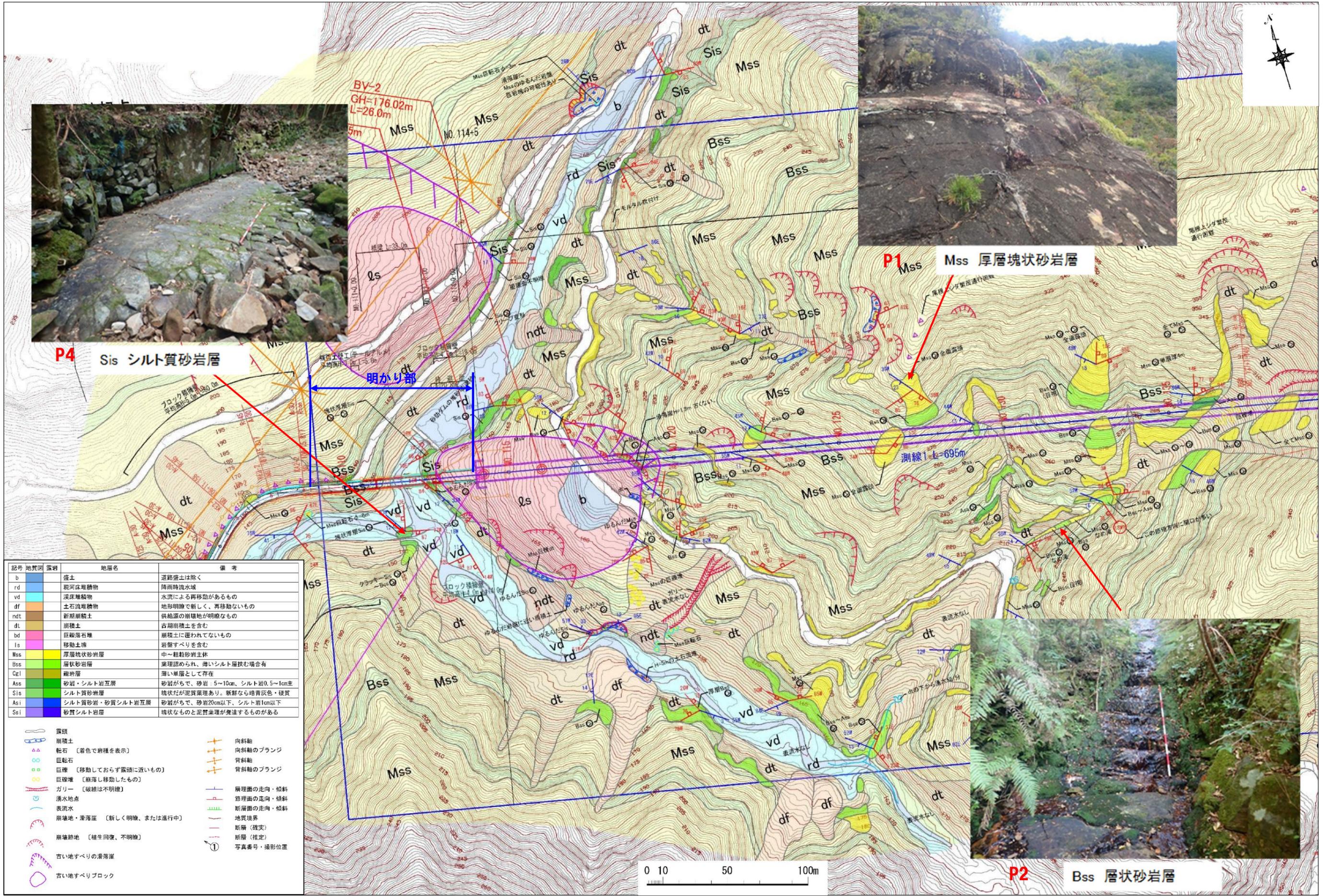


図 3.3.1(3) 地表地質踏査結果および代表露頭写真位置図(1)

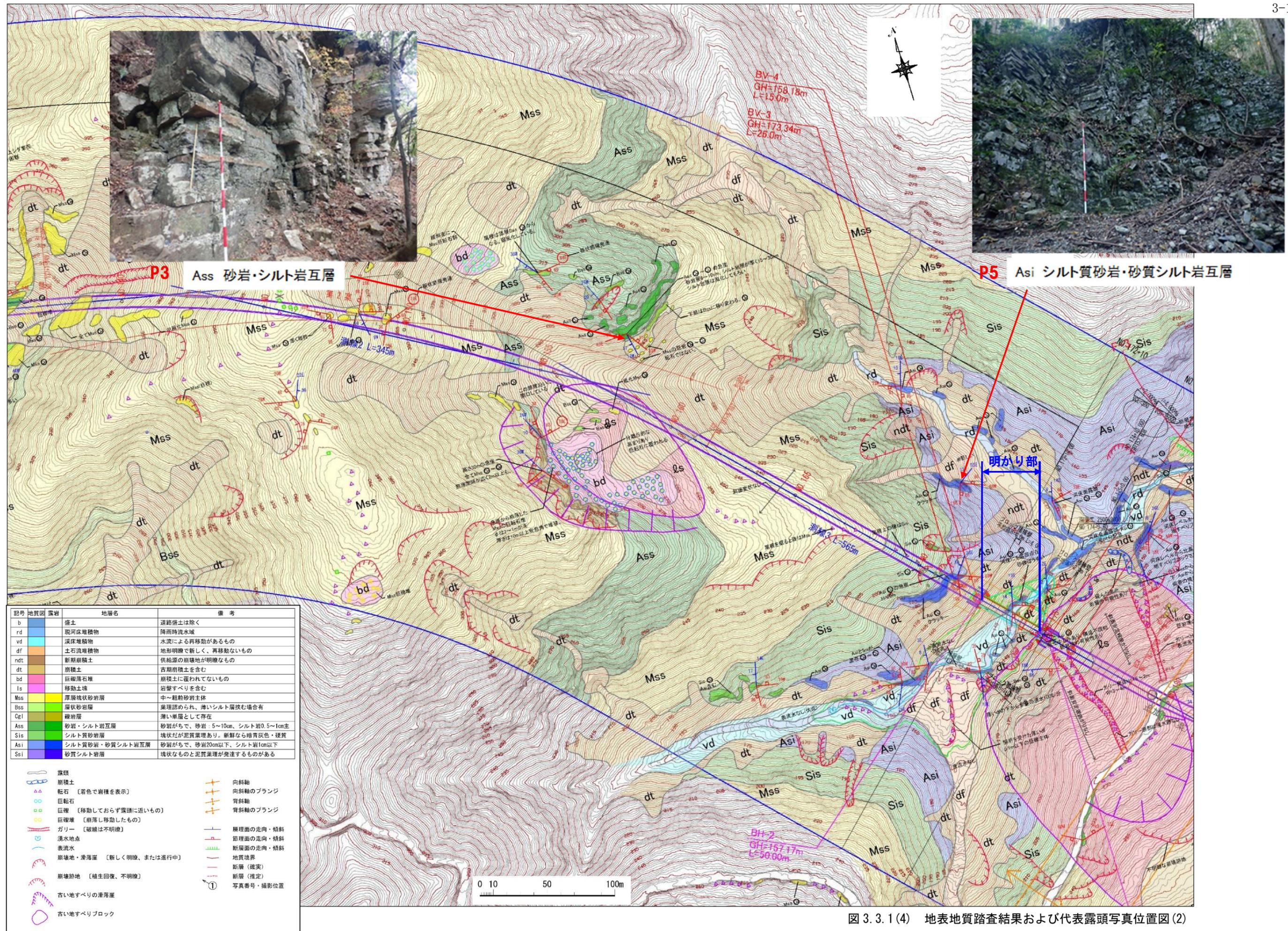
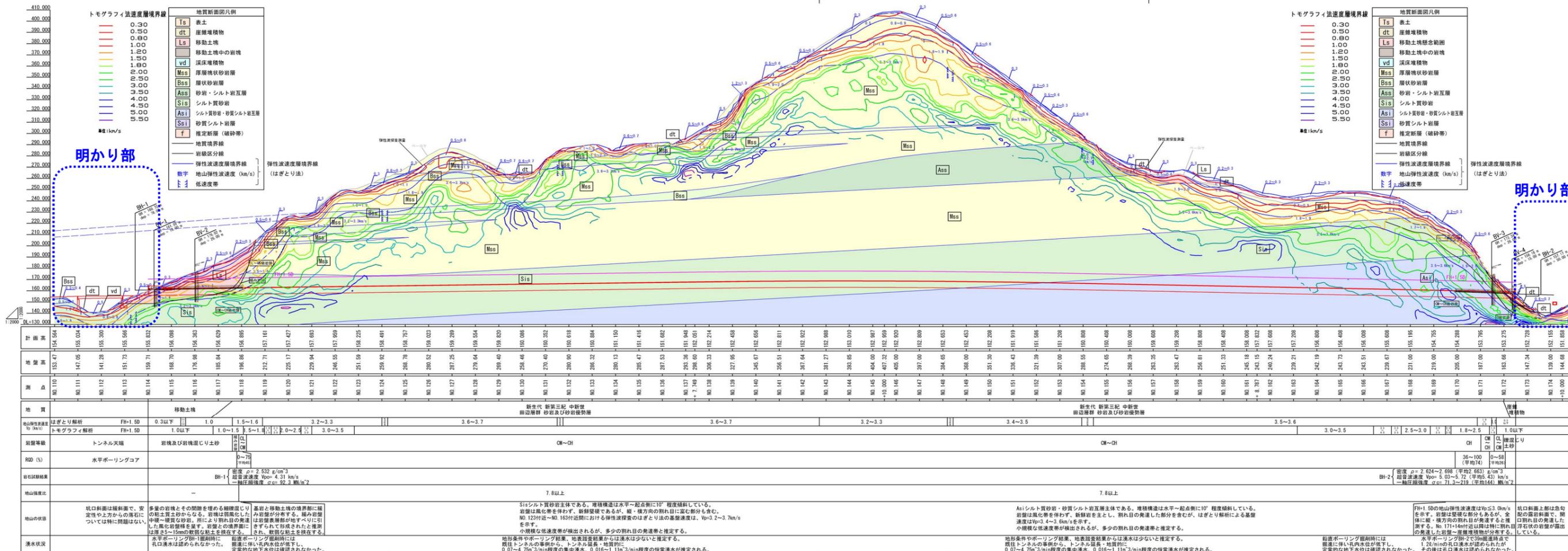


図 3.3.1(4) 地表地質踏査結果および代表露頭写真位置図(2)



3.3.2 施工上の留意点

1) 1号トンネル 起点側

・坑口対岸部

- ① 現道付近には白浜累層 (Bss) と朝来累層 (Sis) が分布するが、露頭に乏しく、地表から崖錐に覆われている。崖錐や風化層の厚さは不明であるが、現道改良の調査では崖錐下にはD級が厚く分布しているとされている。構造物基礎等の検討には、地質調査等が必要である。

・溪床部

- ② 溪床堆積物は砂礫からなり、地表は薄い表土や植生に覆われている。洪水時に再移動し堆積したもので、谷底を段丘状に埋めている。谷底が広く幅 30m程度で分布し、層厚は不明であるが、3m程度と推測される。構造物基礎等の検討には地質調査が必要である。河川水は現河床堆積物上には認められず、溪床堆積物内を伏流している。

- ③ 道路ルート^①の左側には H=4m程度の既設堰堤があり満砂状態である。常時は水抜きからの出水はごく少量であるが、降雨後は大量の出水が確認された。降雨時には河川の流量も増大する。谷部を埋設する場合には、堰堤の撤去や水処理等の検討が必要である。

・坑口側

- ④ 移動土塊の末端は、河床より上部にある。移動土塊以下は露岩が認められ、構造物等の基盤深度は浅いと考えられる。

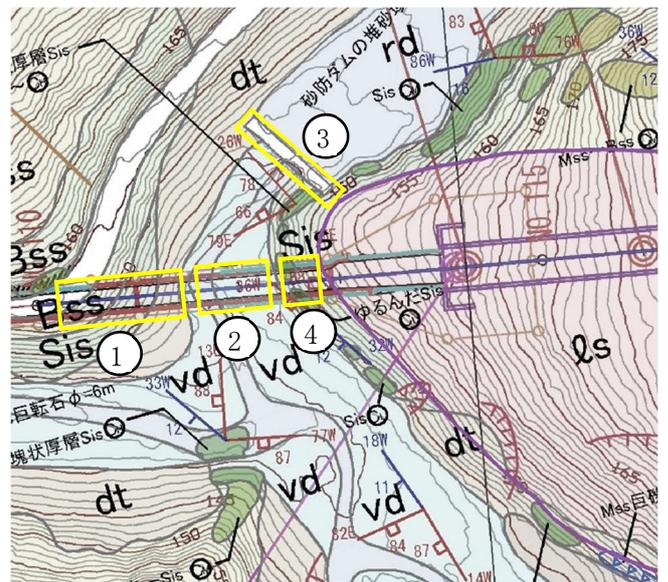


図 3.3.2(1) 明かり部の状況
(1号トンネル起点側)

2)1号トンネル 終点側-2号トンネル 起点側

・1号トンネル終点側斜面

① 斜面の大部分は崩積土に覆われて、礫混じり土砂からなる。斜面は比較的安定している。

・河川部

② 河岸沿いに朝来累層の露岩 (Asi) が散在する。谷はV字状で溪床堆積物の分布は少なく、道路横断位置から上流側では幅 15m以下、下流側ではほとんど分布しない。層厚が薄く、現河床堆積物上に常時表流水が認められる。細粒分の数ない砂礫層であり、透水性が高くしまりが悪い。崩積土と比べ礫は硬質なものが多い。

③ 1号トンネル側では、河床に岩盤が露頭するが、2号トンネル側では崩積土等に覆われ、露岩は認められない。2号トンネル側では未固結堆積物が厚く、支持地盤が深い可能性がある。構造物基礎等の検討には調査が必要である。

・2号トンネル起点側斜面

④ 斜面の大部分は、移動土塊末端から続く厚い崩積土に覆われている。礫混じり土砂からなるが、斜面は比較的安定している。

・土石流堆積物

⑤ 道路横断位置から約 50m上流側に支沢から流下した土石流堆積物が溪床堆積物上を覆っている。明かり区間付近で唯一確認できる規模の大きい土石流堆積物である。土石流の繰り返しが懸念される箇所である。また、2号トンネル側の崩積土は、この支沢上流まで連続して分布しており、崩壊跡地も認められ土砂生産が活発な流域と考えられる。

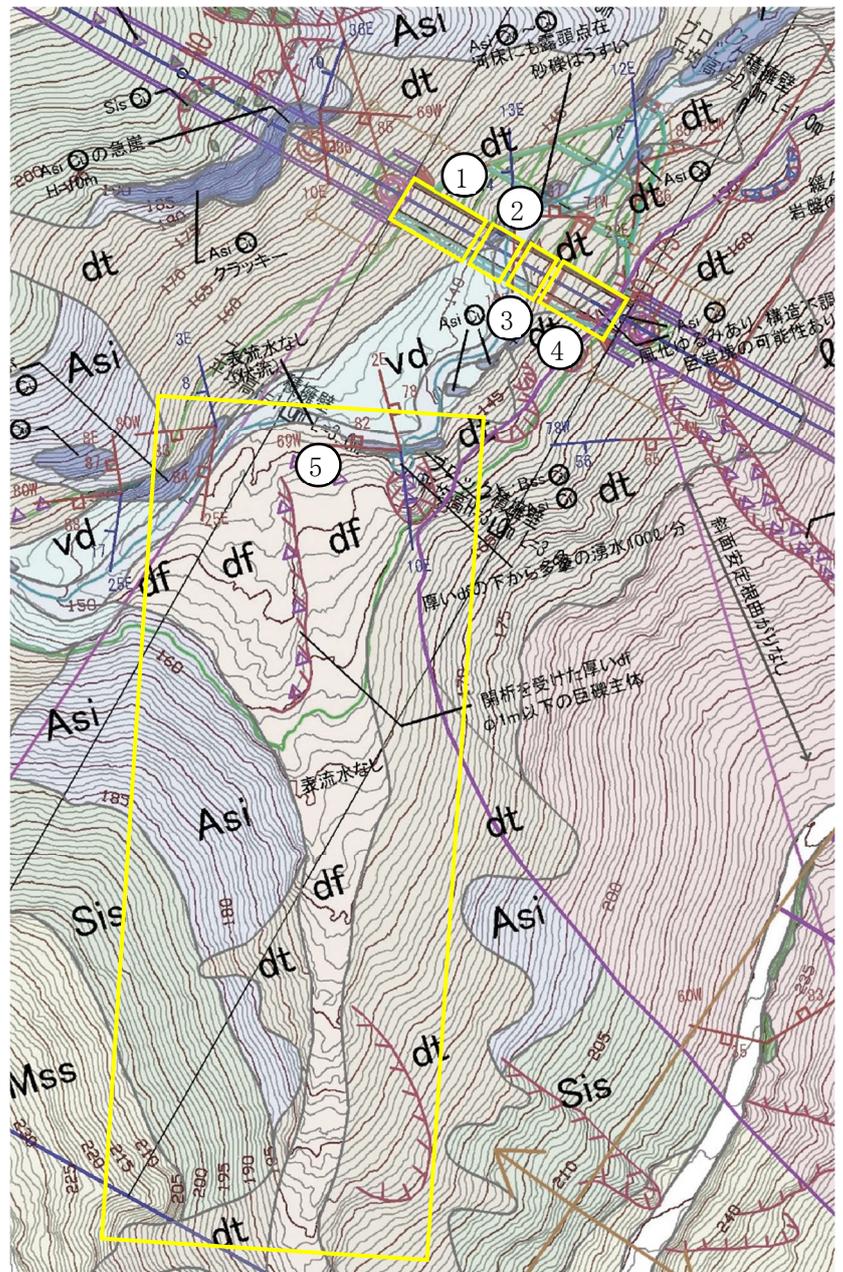


図 3.3.2(2) 明かり部の状況

(1号トンネル終点側-2号トンネル起点側)