

2. 地すべり測量調査報告書
(1) 調査報告書（概要版）

地すべり測量調査・解析及びその防止対策工設計のうち
の準備基礎調査・詳細調査・データ解析業務ほか調査業務

報告書概要版

目 次

1. 調査概要	1
2. 地形・地質概要	2
3. 調査結果	8
4. 地すべり機構解析	26
5. 地すべり安定解析	30

平成 25 年 1 1 月



明治コンサルタント株式会社

1. 業務概要

1-1 調査仕様

(1) 業務件名：地すべり測量調査・解析及びその防止対策工設計のうちの準備基礎調査・詳細調査・データ解析業務ほか調査業務

(2) 業務箇所：静岡県浜松市北区引佐町奥山1397番地195外

(3) 業務期間：自平成24年11月1日
至平成25年11月30日

(4) 業務内容：調査ボーリング工：10箇所・・・合計335m（φ66mm）
地下水検層：8孔
地盤伸縮計設置：2箇所
孔内傾斜計設置：2箇所
パイプ歪計設置：8箇所
自記水位計設置：8箇所
観測・資料整理：1式（地盤伸縮計・孔内傾斜計・パイプ歪計・自記水位計）

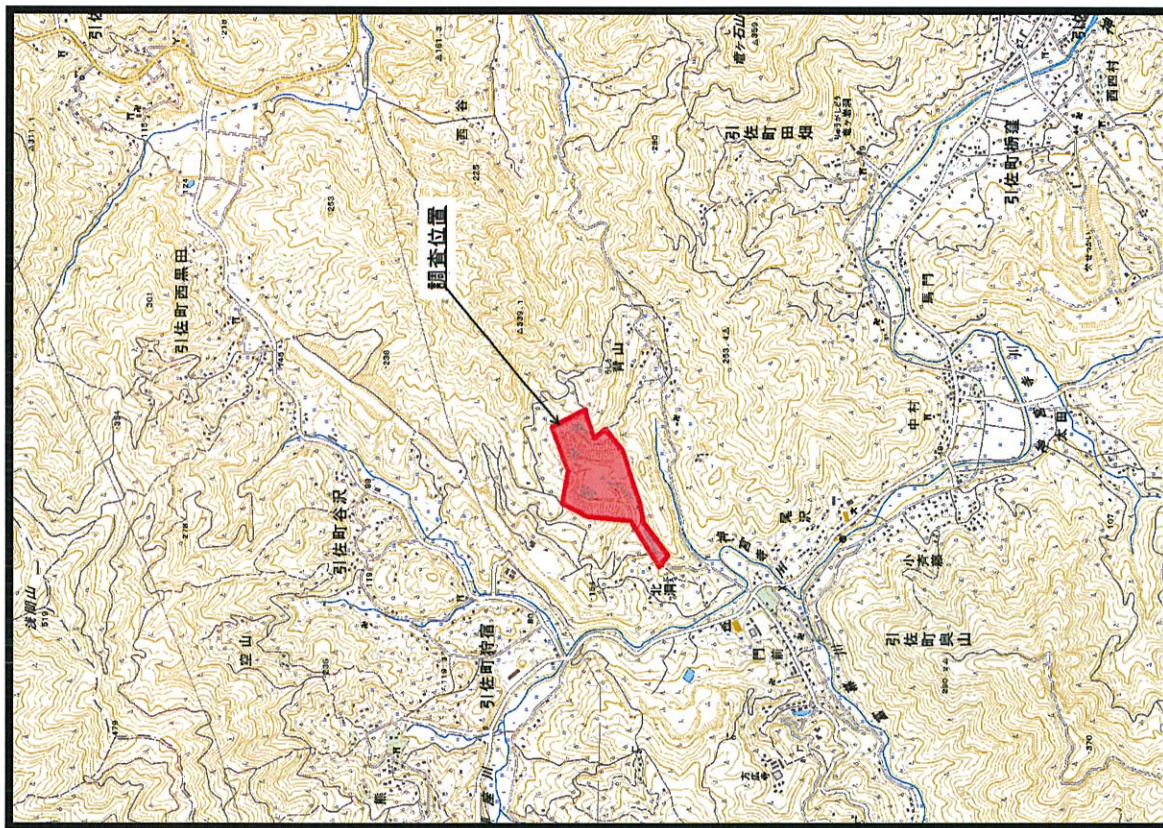
電気探査：6測線・・・合計1340m
安定解析：1式
報告書作成：1式

(5) 計画機関：株式会社 ミダック

(6) 実施機関：明治コンサルタント株式会社 浜松営業所
〒435-0042 静岡県浜松市東区篠ヶ瀬町32番地
TEL 053-421-6018
FAX 053-421-6206

1-2 調査位置

調査地付近の地形図を、以下に示す。



2. 地形・地質概要

2-1 空中写真判読結果

地すべり活動の多くは、過去に活動したことのある大規模地すべり移動体の全体あるいは一部が、何らかの要因で再び活動を開始したものである。

一方、過去に活動したことのない地盤の一部が、何らかの要因で新たに活動を開始する場合も存在する（地震時等）。

前者の地すべりの場合、過去の地すべり活動の痕跡が地表形状に記録されているため、地質調査に先立って空中写真あるいは地形図で検討することが重要である。過去に発生した地すべりが大規模な場合、地表踏査で全体像を識別することが困難となるため、この重要性は一段と大きくなる。

今回は、調査地周辺の地すべり地形（崩壊地形を含む）の抽出と、問題点となるような斜面上の地形等について、特に注意して写真判読を行った。

検討に用いた空中写真は、1976年、1983年に撮影されたものであり、調査地ではすでに探掘が開始されていた。

写真判読結果を図-2.1.1～図-2.1.2に示すとともに、以下に述べる。

(1) 地形判読

以下に、特徴的な地形の判読結果について記述する。

- 1) 侵食平坦面を下刻するV字谷斜面に属する地区
・・・V字谷斜面に属する地区は判読されない。
- 2) 崩壊による厚い堆積物が存在する地区や埋没谷地区
・・・調査地西方の狩宿地区付近が厚い地すべり堆積物で覆われている可能性がある
と判読できる（図-2.1.1 ①参照）。埋没谷は、判読できない。
- 3) 山腹に小凹地があり、斜面下方でやや盛り上がりしている地形や、河川等の押し出された地形、もしくは上流の河川等が途絶える地形などの集水地形に属する地区
・・・調査地西方の新東名高速道路付近に、小凹地や斜面下方でやや盛り上がりしている地形が判読される（図-2.1.1 ②・図-2.1.2 ②参照）。
- 4) 地すべり発生の可能性が高い岩種の水衝部斜面、または水衝部が硬い岩の場合は、その両面の斜面に属する地区
・・・調査地内では確認されない。
- 5) 河川の曲流部で、凸地に侵食が発生している地区
・・・調査地内では確認されない。
- 6) 千枚田、棚田となっている地区
・・・背山地区で小規模ながら、判読できる（図-2.1.1 ③・図-2.1.2 ③参照）。

(2) 微地形

- 1) 等高線が乱れている。等高線間隔が上部で縮まり、中部で拡がり、末端部で再度縮まる。

- ・・・狩宿地区や背山地区で判読できる（図-2.1.1 ①・④・図-2.1.2 ④参照）。
- 2) 斜面上部で馬蹄形もしくは、四角等の滑落崖を呈し、中部は平坦な緩傾斜地となっている。また、分離小丘が存在する場合もある
・・・各所で判読できる。
- 3) 凹地、陥没地、亀裂等が存在する。また、山地や山頂には帯状の陥没があることもある。

・・・各所で判読できる。

- 4) 池、沼、湿地の規則的な配列がみられる。
・・・判読できない。
- 5) 地すべり側面は、沢状、もしくは、亀裂となっている。
・・・明確に判読できない。
- 6) 地すべり背後の尾根は、陥没地形となっていることが多い。
・・・調査地南側の背山川沿いの地すべり地形部で判読できる。
- 7) 斜面の末端は急傾斜となり、隆起や押し出しが見られる地区
・・・調査地南側の背山川沿いの地すべり地形部で判読できる。

（図-2.1.1 ⑤・図-2.1.2 ⑤参照）。

- 8) 道路、鉄道の曲がり、構造物の変位が見られる地区
・・・判読できない。
- 9) 沢や河川の異常な曲がり。川幅が狭くなっている地区
・・・明確に判読できない。

(3) リニアメント

リニアメントとは、空中写真で地表に認められる直線的な地形の特長（線状模様）のことを言う。崖、尾根の傾斜急変部、谷や尾根の屈曲による直線的な地形、土壌や植生の境目などが直線的に現れる部分にこれにあたる。リニアメントの成因としては、侵食、堆積などのほか断層や地質の硬軟など地下の地質構造が反映されたものがある。

今回の写真判読では、地すべり地形・崩壊地形の抽出を主目的としており、これらの地形が発達する付近のリニアメントを主体に判読した。

調査地付近では、南西―北東方向に連続する明確なリニアメントが存在している（図-2.1.1 L-1・図-2.1.2 L-1 参照）。このL-1 沿いには多くの地すべり地形が判読できている。

また、調査区域の東側に不明瞭なリニアメントも抽出される（図-2.1.1 L-2・図-2.1.2 L-2 参照）。

(4) 地すべり地形・崩壊地形・岩盤クリープ地形

調査地の東側、「背山地すべり防止区域」に明瞭な地すべり地形が判読できる。防止区域の南西端部にも古い地すべり地形が認められ、末端部は前述の南西―北東方向のL-1 リニアメントで切られている。また、調査地入口部付近の西北西―東北東に延

びる尾根部の北向き斜面に、小規模かつ不明瞭な地すべり地形が 2 箇所で抽出される (図-2.1.2 ⑥・⑦参照)。

さらに、県道浜北三ヶ日線を挟んだ西側や北西の新東名高速道路付近にも地すべり地形が抽出される。判読結果図の最も西側 (図面左側) 部に大きな地すべり地形が判読できるが、これは「狩宿地すべり防止区域」にあたっている (図-2.1.1 ①参照)。

崩壊地形は、背山地すべりの背後に確認できる。これはかなり古い地形で崩壊面のエッジ部は丸みを帯び、ガリー侵食も確認できる (図-2.1.1 ⑤・図-2.1.2 ⑧参照)。また、調査地の北側には比較的新しいと想定される崩壊地形が判読できる (図-2.1.2 ⑨参照)。

岩盤クリープとは、斜面上の岩盤がゆるんで少しずつ下方に動く現象であり、地すべりや大規模崩壊の前兆となりやすい地形として判読できる。調査地の西側、新東名高速道路付近から神宮寺川に至る斜面で判読される (図-2.1.1 ⑩参照)。

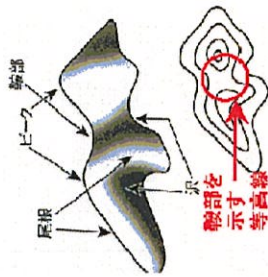
(5) 段差地形

調査地東のり面部の直上斜面は、緩傾斜を成しており緩斜面と急斜面部の境界付近で段差地形が判読できる (図-2.1.2 ⑪参照)。

<凡例語句の説明>

尾根：谷と谷に挟まれた山地の一番高い部分の連なりのことである。山稜 (さんりょう)、稜線 (りょうせん) とも言う。

地図上では等高線の突出として示される。



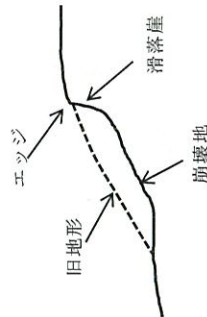
鞍部：山の尾根の一部で、低くくぼんで馬の鞍 (くら) 状になっている所。尾根が両側の谷の頭部に浸食されたために生じた地形。断層破碎帯部でも形成されることもある。

孤立峰：連峰 (並び連なっている山々、連山、山脈) とは異なり、ただ一つのみで形成されている山のこと。

遷急線：山地斜面を尾根 (斜面上方) から見下ろしたとき、急に傾斜がきつくなる地点 (遷急点) を結んだ線。斜面崩壊や浸食が発生しやすい場所とされる。

崩壊地形：斜面崩壊が生じた形跡が残っている地形。

エッジ：崩壊地頭部滑落崖最上部と地形線の交点部。



ガリー侵食：ガリー (gully) とは、降水による集約した水の流れによって地表面が削られてできた地形のこと。水に起因した侵食によってできた地形形状のひとつ。雨裂 (うれつ) とも呼ぶ。雨水などが集まって流れを作ると洗掘が始まり溝が作られる。降水の度に溝は洗掘され、沢状に発達した地形をガリーといい、この作用をガリー侵食 (gully erosion) という。

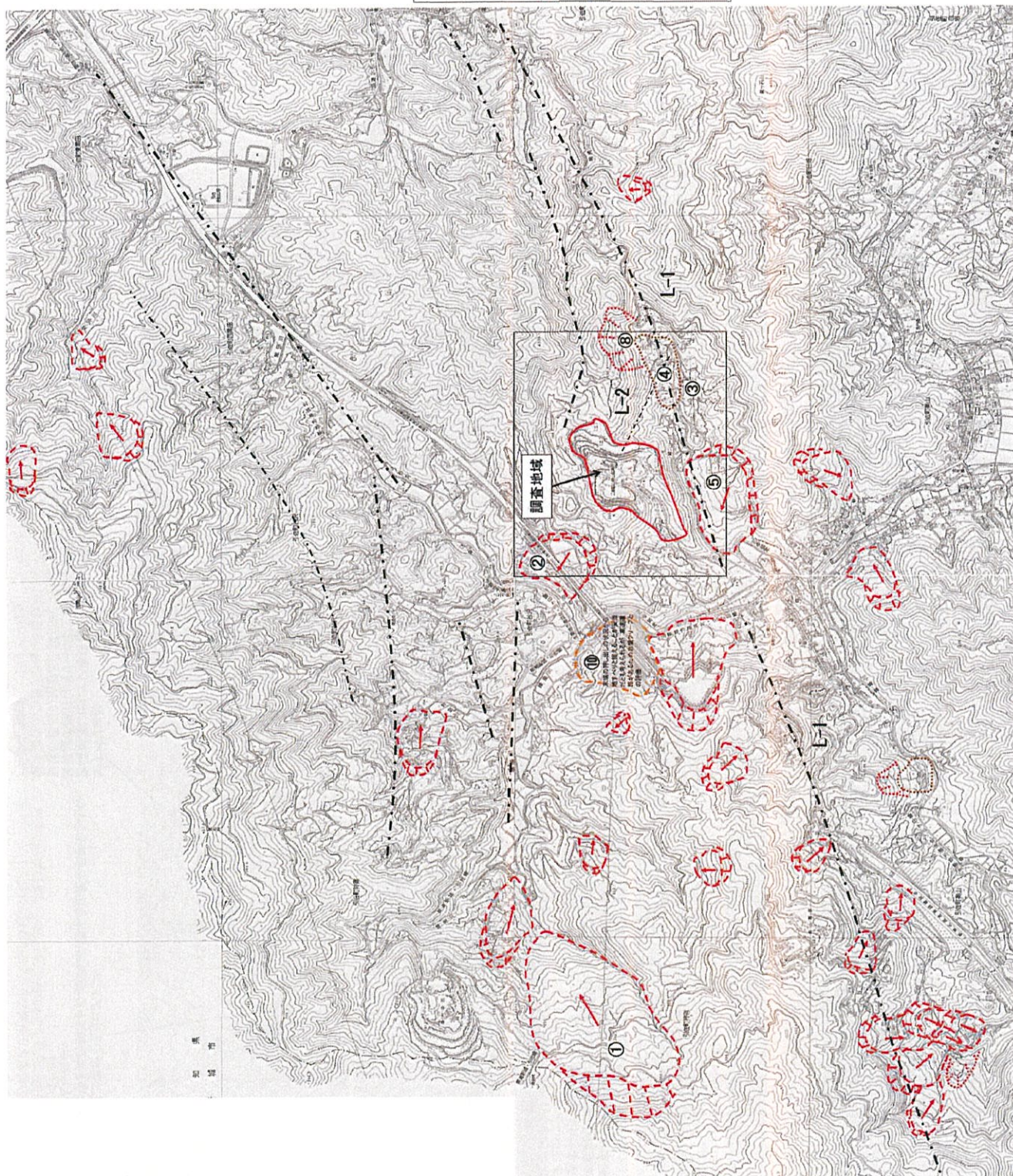
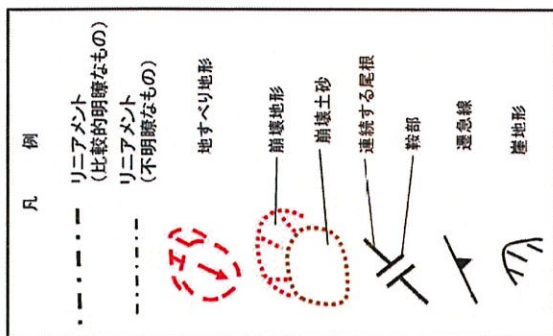


図-2.1.1 写真判読結果(1)



初生ブロックの上方斜面
初生ブロック上方は緩斜面が連続している。変状は認められない。段差地形が見られるが、人工的なものであり地すべり等によって形成されたものではない。場外調査の結果、初生ブロックは三級鉱山の場外斜面まで波及していないことが判明した。

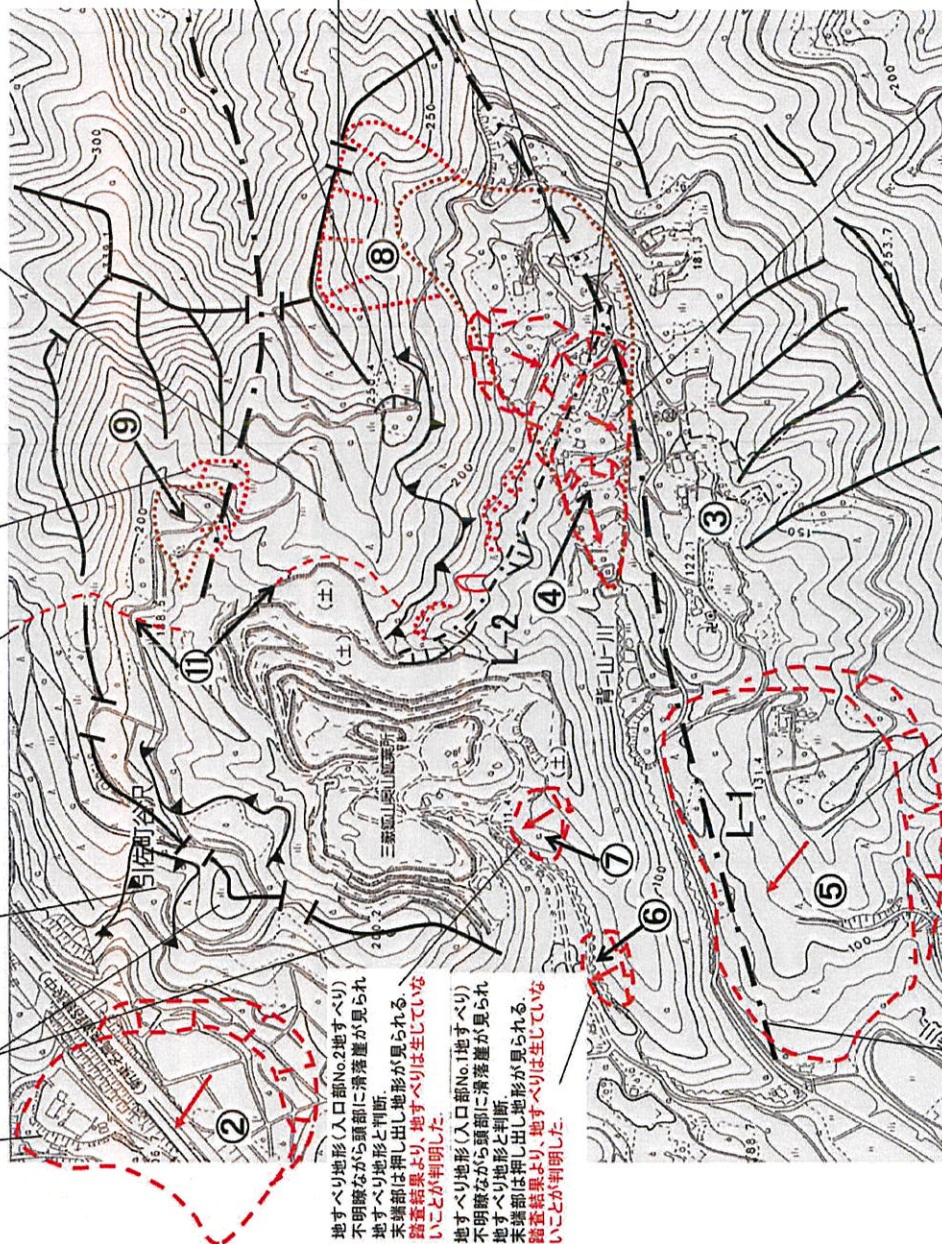
新しい崩壊地形
エッジの部分が比較的新しい崩壊地形を形成している。これは比較的近年に発生した崩壊地形と判断される。場外調査の結果より、現時点で安定した状態にあると判断できる。

尾根を横切る段差地形

地すべり地形
不明瞭ながら頭部に滑降層が見られ地すべり地形と判断。ただし、活動はしていない。末端部の右側(北西側)は押し出し地形が見られる。

この付近の谷地形は深い

孤立峰



地すべり地形(入口部No.2地すべり)
不明瞭ながら頭部に滑降層が見られ地すべり地形と判断。
末端部は押し出し地形が見られる。調査結果より、現時点で安定した状態にあると判断できる。

地すべり地形(入口部No.1地すべり)
不明瞭ながら頭部に滑降層が見られ地すべり地形と判断。
末端部は押し出し地形が見られる。調査結果より、地すべりは生じていないことが判明した。

古い崩壊地形
崩壊面のエッジの部分は丸みを帯び、ガリー侵食が入り込んでいることから、古い崩壊地形であると判断される。
場外調査結果より、現時点で安定した状態にあると判断できる。

崩壊土砂
尾根部分からの大規模な崩壊が生じたものと考えられる。崩壊部分と土砂量は同程度と考えられる。
末端部分はリニアメントが連続するように見えるが、センズは逆向き。末端部分は地すべりが数段生じているのではないかと判断した。

リニアメントの南側には逆向きの段差。北側には崩壊地形が連続する写真での印象的には、頭部の平坦面は沈下することにより形成。沈下の跡がリニアメント。崩壊は側部の膨張によるもの。(下図参照)



青山地すべり防止区域
地すべり対策として地下水排水工(集水井・横ボアリング工)や水路工が施工されている。
場外調査の結果、道路・構造物等に地すべり変状は認められなかった。

地すべり地形
末端部が押し出ししている状態から地すべり地形と判断。滑降層の部分はガリーが深く古いものと考えられる。形状は扇状の地形と非扇状の地形。場所的には秩父帯のメンバーのようなものである。場外調査の結果、道路・構造物等に地すべり変状は認められなかった。ことから、現時点で地すべりは生じていないと判断できる。

明確に連続するリニアメント
秩父帯と御荷帯との境界に位置する断層を反映したものと考えられる。上文は削除。「第四紀断層調査」の結果、秩父帯と御荷帯との境界はこの位置より南側であることが確認された。

図-2. 写真判読結果(2)

2-2 地形・地質概要

(1) 地形

調査地域は、旧引佐町役場の北西約4.5kmの浜松市北区引佐町奥山地区内にあり、愛知県新城市との行政境付近にあたる。当地は、「引佐山地」と呼ばれる山地内に位置している。引佐山地は、標高200～400m程度の比較的緩やかな山頂部を持つ丘陵性の山地であり、全体的に開析は進み、いわゆる晩壮年期の山容を呈しているが、南から望むと南東部の三方原台地より一段高く突出している。引佐山地の最高地点は、調査地西方の県境に立つ標高563.2mの富幕山である。県境の富幕山～陣座峠～黒松峠～高度を下げて浜名湖に接する。線が連なり、これより南東方向に向かうにしたがい、徐々に高度を下げ浜名湖に接する。山地内の尾根線も、南西～北東に延び、山地間を数多くの河川が刻んでおり、河道部には狭小な沖積低地を形成している。

引佐山地は、尾根線と同方向(南西～北東方向)に小河川が発達し、これと直交する形で北西～南東方向に神宮寺川や井伊谷川が流下している。調査地では、立板沢が北東～南東方向に流下して同方向に流れる背山沢に合流し、その直下で神宮寺川に注いでいる。神宮寺川は、約5km下流部で井伊谷川に合流し最終的に浜名湖に流下する。

調査対象地は、採石場として利用されている。古生層山地を人工的に掘削しており、1段あたりののり面の高さは最大で10m程度、6段程の切土のり面が形成されている。大規模な切土のり面は、計画埋立区域の東側および西側に形成されており、敷地中央の平坦部(底部)には数個の調整池が存在する。

(2) 地質

調査地周辺の地質図を、図-2.2.1に示す。

地質図より、調査地周辺は中生代ジュラ紀～白亜紀にかけての地層が分布する地域にあたる。浜名湖北方に分布する地層は、秩父帯、御荷鉾帯、三波川帯までの変成度が増進的に高くなる一連の変成帯である。浜松市北方(天竜川～新城地域)の三波川帯・御荷鉾帯は、東縁を赤石構造線に切られて四万十帯と接し、北西縁は中央構造線で領家帯と接し、南縁は秩父帯と接して第四紀更新世の小笠原群や三方原礫層が分布する。

北～東部ではほぼ南北性の構造が、西～南西部では東西性の構造がみられる。この2方向の構造は、複数衝上断層を境にして急変する。この衝上断層の東側を東部ユニット、西側を西部ユニットと呼ぶ。西部ユニットはさらにいくつかのナップ(変位量が数km以上に達する低角の衝上断層は、その上盤側が下盤側に対して押しつぶされたようなシート状の衝上地塊を構成する。その押しつぶされた地塊をナップと呼ぶ)に分けられる。

<東部ユニット>

みかけ上の最下部層は東縁に分布する船代層で、主に泥質片岩からなる。みかけの層厚は700mである。みかけの上位には主に塩基性岩からなり、泥質片岩・珪質片岩を伴う変成岩類(竜山変輝緑岩体)が分布する。この岩体の一部には貫入岩があるとの報告がされている。竜山変輝緑岩体の西側のみかけの上位には、泥質片岩・砂質片岩・塩基性片岩よりなる榎山層が分布する。榎山層のみかけの層厚は700～900mである。この榎山層の東半分ま

でが脈川時相のせん断帯である。東部ユニットは泥質片岩の鉱物組み合わせからα帯(緑泥石帯)・β帯(ザクロ石帯)に分布され、東側に分布するβ帯の方が変成度が高い。

<西部ユニット>

西部ユニットは、地八層からなるが、緑泥石帯・ザクロ石帯・黒雲母帯に分帯される。この地八層と東部ユニットの榎山層の境界が衝上断層であり、西部ユニットにはいくつかのナップがあることが明らかにされた。これらは天竜川ナップ群とよばれ、下位から白倉山ナップ・浦川ナップ・吉沢ナップに分けられ、さらに浦川ナップは3つのナップに細分される。吉沢ナップの上位に御荷鉾緑色岩が重なりと考えられている。

天竜ナップ群の南方延長は東西方向の断層や静岡県旧天竜市から阿多古川沿いに北北西に延びる阿多古川断層によってきられる。南部では天竜川ナップ群の上に御荷鉾緑色岩がみられないが、阿多古川断層より西にはふたたび御荷鉾緑色岩が出現する。また、阿多古川断層より西には比較的大規模な超塩基性岩が分布している。各岩体の形は半ドーム状で、下部にダンカンらん岩があり、中部には単斜輝石かんらん岩・斑れい岩を繰り返し挟み、最上部には角閃石岩がある。富幕山の超塩基性岩は堆積性の蛇紋岩質角礫岩である。

調査対象地周辺はこのうち、御荷鉾帯の分布する地域である(岩種は玄武岩溶岩、ドレライト、火山性砕屑岩類に由来する片岩および千枚岩、輝緑凝灰岩、蛇紋岩等)。なお、御荷鉾帯と南方に存在する秩父帯の非変質古生層は、断層によって明瞭に面されているが、東方に向かうにしたがい秩父帯中にも変成された岩盤が露出するようになり、その境は不明瞭となる。

(「日本の地質4 中部地方 I」 pp38-42より抜粋)

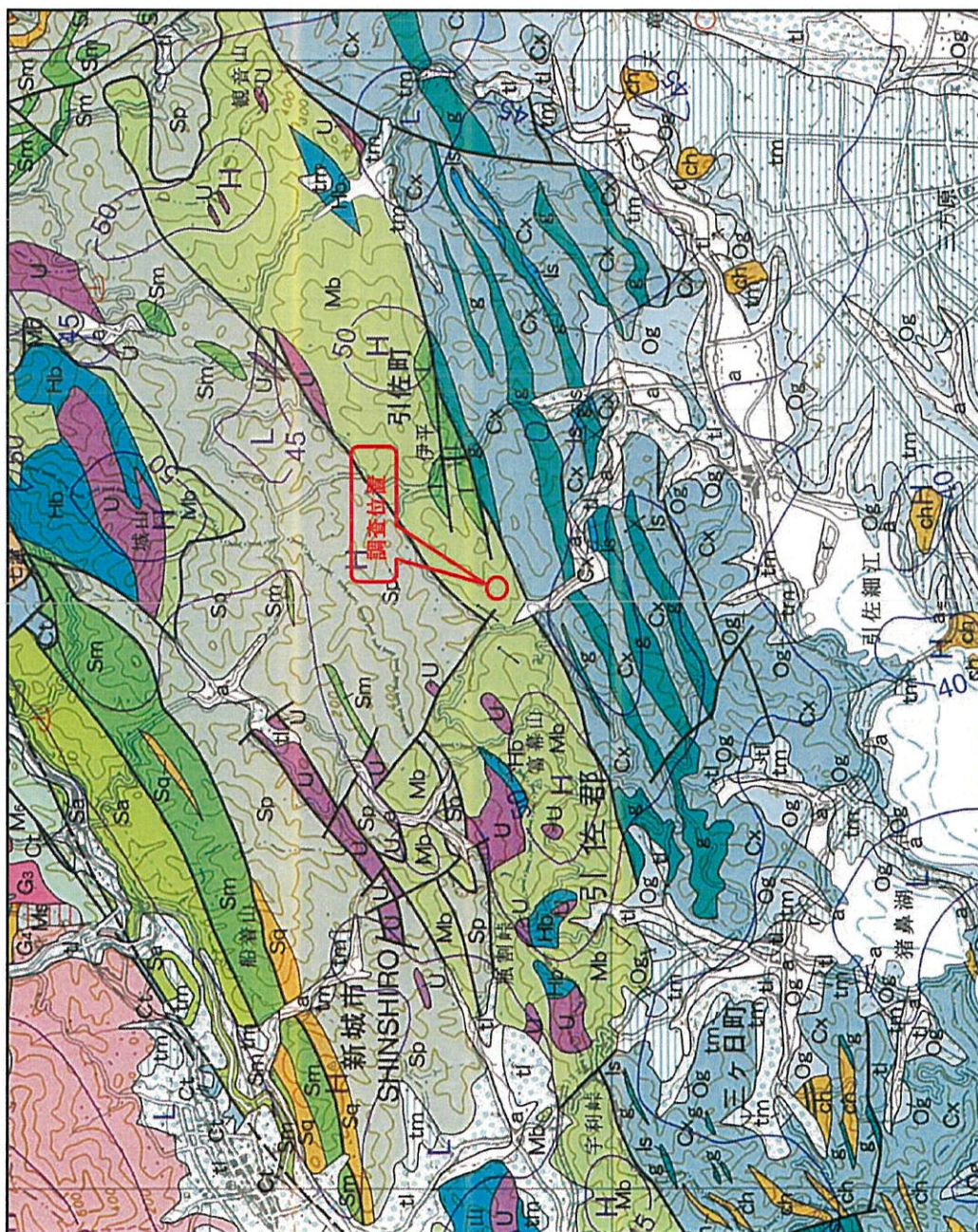


図-2.2.1 調査地周辺の地質図

3. 調査結果

3-1 現地踏査結果

3-1-1. 地すべりブロックの区分

ここでは、最も影響があると考えられる平成 21～22 年期間において、株式会社ジーベックが実施した調査より判明した地すべりブロック（「東のり面（北側）」と称す）および、空中写真判読より地すべり地形と判読された三嶽鉱山入り口部の 2 箇所（「入口部 No. 1 地すべり地形」「入口部 No. 2 地すべり地形」と称す）の計 3 箇所を中心に、地すべり調査を実施した（図-3.1.1～図-3.1.2 参照）。

踏査で確認した地形・地質の特徴を調査報告書「巻末資料（地表踏査写真）」にまとめ、また、踏査結果を総合して調査地の地すべりブロックを平面図に区分した。以下、踏査結果について述べる。

3-1-2. 現地踏査結果

(1) すべり範囲および危険範囲の推定

1) 遠望からの観察結果

平成 21～22 年度調査時に、「東のり面（北側）」で確認された地すべりブロックについて、地すべり地形全体が認められるかを対岸の西のり面より観察した。その結果、地すべり地形として明確に判断はできなかった。そこで、地表踏査を実施して地すべりブロックを確定した。

2) 「東のり面（北側）」地すべりブロックについて

地すべりブロックは、調査地の「東のり面（北側）」に存在している。この地すべりブロックの特徴は、調査地区周辺の地質構成や構造と関係していることを確認できた。

また、地下水については表層がわずかに湿る程度の染み出しが見られるに過ぎない。

以下、地すべりブロック毎の特徴と、地質構成・構造との関係について記載する。確認した地すべりブロックは、以下の 3 ブロックである。ブロックごとに記載する。

○ 初生ブロック…… A・B ブロックを包含した全体ブロック

○ A ブロック…… 平成 21～22 年の期間において、株式会社ジーベックの行った調査報告書に基づいて区分したブロックに対応する。

○ B ブロック…… 同上

① 初生地すべりブロック

調査地区東側の斜面頭部付近で平坦面を形成している範囲に確認され、空中写真判読で「段差地形」が確認された緩斜面の末端部付近に対応する。

このブロックは、近年においてブロック全体が活動した痕跡は認められない。平成 21～22 年調査においても、活動の兆候等は確認されていない。しかし、このブロックは、次に述べる「A ブロック」「B ブロック」の活動域に重なるため、一部が崩落している。

② A ブロック

平成 21～22 年の期間において、株式会社ジーベックの行った調査報告書に基づいて区分したブロックに対応する。ブロックの境界部は、小規模な崩落等により、既存調査の記載に比べ不鮮明となっている。

このブロックは、1976 年、1983 年撮影の空中写真では識別できない。

③ B ブロック

今回踏査の結果より、地すべりブロック末端部は平成 21～22 年の調査結果より 1 段低い最下段部までとした。これは、最下段部の地質状況は前回調査時末端部としている箇所と同様であることから、この位置まで地すべりブロックが連続していると思われる。なお、ブロックの境界部は、A ブロックと同様に小規模な崩落や小段部段差の侵食等により、既存調査の記載に比べ不鮮明となっている。

このブロックも A ブロックと同様、1976 年、1983 年撮影の空中写真では識別できない。

3) 入口部 No. 1 地すべり地形・入口部 No. 2 地すべり地形

この 2 つの地すべりは、空中写真判読より地すべり地形と判断されたため、変動の有無等を確認することを目的として、地表踏査を行った。

踏査の結果、「東のり面（北側）」地すべりと異なり、地表部は全体に粘性土主体の表土（崩積土）層が分布しており、岩盤は露出していない。また、植生も広葉樹や灌木・シダ類などが繁茂して両地すべり地形とも、不明瞭ながら馬蹄形を呈しており、末端部もやや押し出し地形が見られ、過去に地すべり変動が生じたことを示唆している。しかし、現在斜面内には段差・亀裂といった変状は全く認められないことから、地すべり変動は生じていないと判断できる。

(2) 計画地外の地表踏査結果

踏査結果より、平成 21 年～22 年調査時点から「東のり面（北側）」地すべりブロック（「初生ブロック」「A ブロック」「B ブロック」）は、現時点で動きはなく小康状態にあり、拡大もしていないと判断できる。抽出した地すべりブロックは、三嶽鉱山関係敷地もしくは浜松市所有の土地内にあり、ほかの地権者の所有地には入っていないことが現地踏査より確認できた。

また、初生ブロック上方斜面および背山地すべり防止区域を中心に、計画地外についても踏査を実施した。以下、計画地外の踏査結果について述べる。

① 初生地すべりブロック上方斜面（東側斜面）

傾斜 10 度程度の緩斜面が連続しており、古い水路工や山道が残っている。過去に、果樹園や畑地として利用されていたものと考えられる。段差地形が認められるが、前述の

果樹園や畑地の造成時に人工的に造られた地形である。

地表部は、全体に粘性土主体の表土（崩積土）層が分布しており、岩盤は露出していない。また、植生も広葉樹や灌木・シダ類などが繁茂しており、所々杉などの植林も見られる。

現在、斜面内には段差・亀裂といった変状は全く認められず、初生地すべりブロックがこの計画地外（場外）斜面に波及していることはない。

② 初生地すべりブロック上方斜面の南東側斜面

この斜面は、三嶽鉾山場内部と尾根を境に斜面方向が異なっている。場内地すべり地は西向きであるが、当該斜面は南向きである。斜面内には、径1m以上の輝緑凝灰岩の転石が存在している。また、斜面内に枯れ沢が数本刻まれており、降雨時等には流水があると推察される。

当該斜面は、20～30度程度の傾斜を有しているが、安定した状態にあり、地すべり・崩壊地等は認められない。

③ 背山地すべり防止区域

背山地すべり防止区域は、三嶽鉾山の南東側に存在し尾根を挟んで隔てられている。指定面積は59.7haで、区域内には道路や水田・住宅地・果樹園等が存在している。調査ボーリングおよび地すべり観測を基に、地すべり対策が講じられている。

地すべり対策工は、主として地下水排除工（集水井工・横ボーリング工）が施工され、地すべりに悪影響を与える地下水を排除して安定化を図っている。また、背山川は三面張り工として整備され地表面排水を目的とした水路工（コルゲートフリューム工）も施工されている。さらに、地すべり地の頭部付近には土砂流出防止を目的とした砂防えん堤も、2基設置されている。

立入り可能範囲内における地表踏査の結果、道路や水路工・えん堤などの構造物に変状はなく、斜面内においても段差や亀裂は認められなかった。

よって、踏査実施範囲内においては現時点で地すべり変動は発生していないと判断できる。

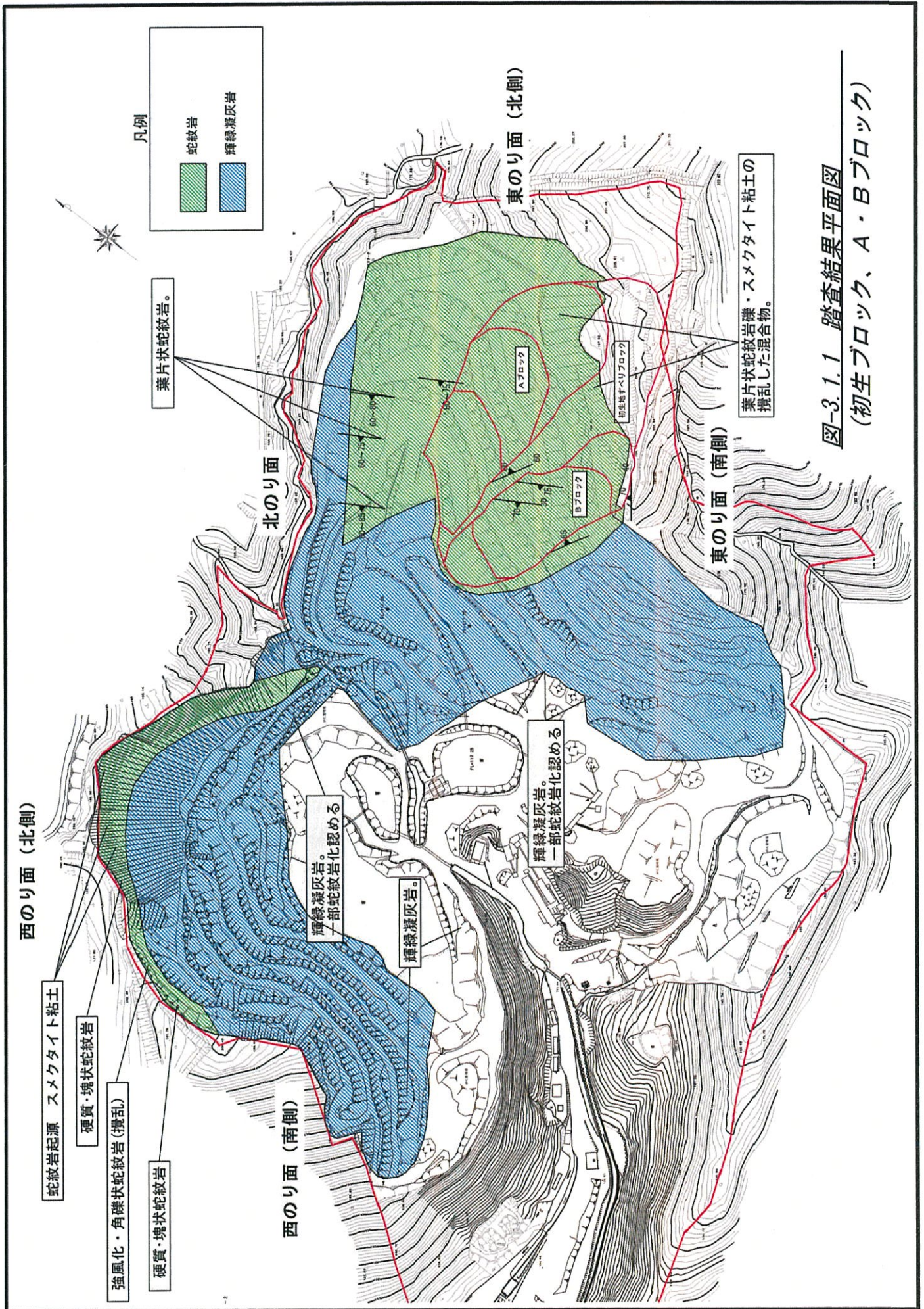
（3）踏査結果のまとめ

上記のように、三嶽鉾山計画地内および計画地外の踏査結果についてまとめた。その中で明確に地すべりとして特定できる箇所は、以下のとおりである。

・三嶽鉾山内：「東のり面（北側）」 初生ブロック・Aブロック・Bブロック

この箇所以外に、三嶽鉾山内や周辺斜面（初生ブロック上方向部を含む）で地すべり変動が生じている箇所はなく、さらに背山地すべり防止区域内においても地すべりは安定した状態（地すべり変動なし）にあると言える。

以上より、地すべり詳細調査は「東のり面（北側）」の初生地すべりブロック・Aブロック・Bブロックを対象にすれば良いと判断できる。



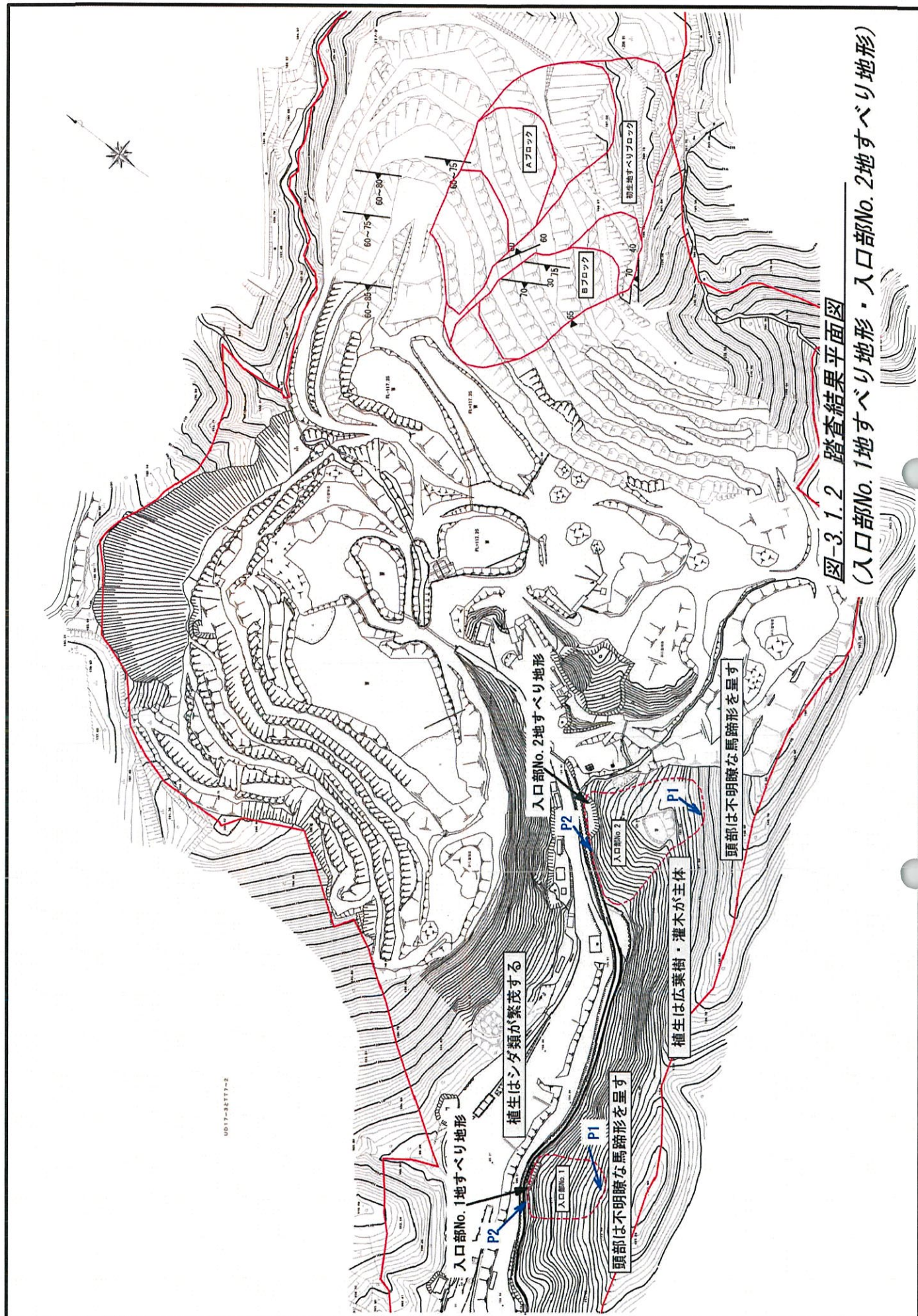
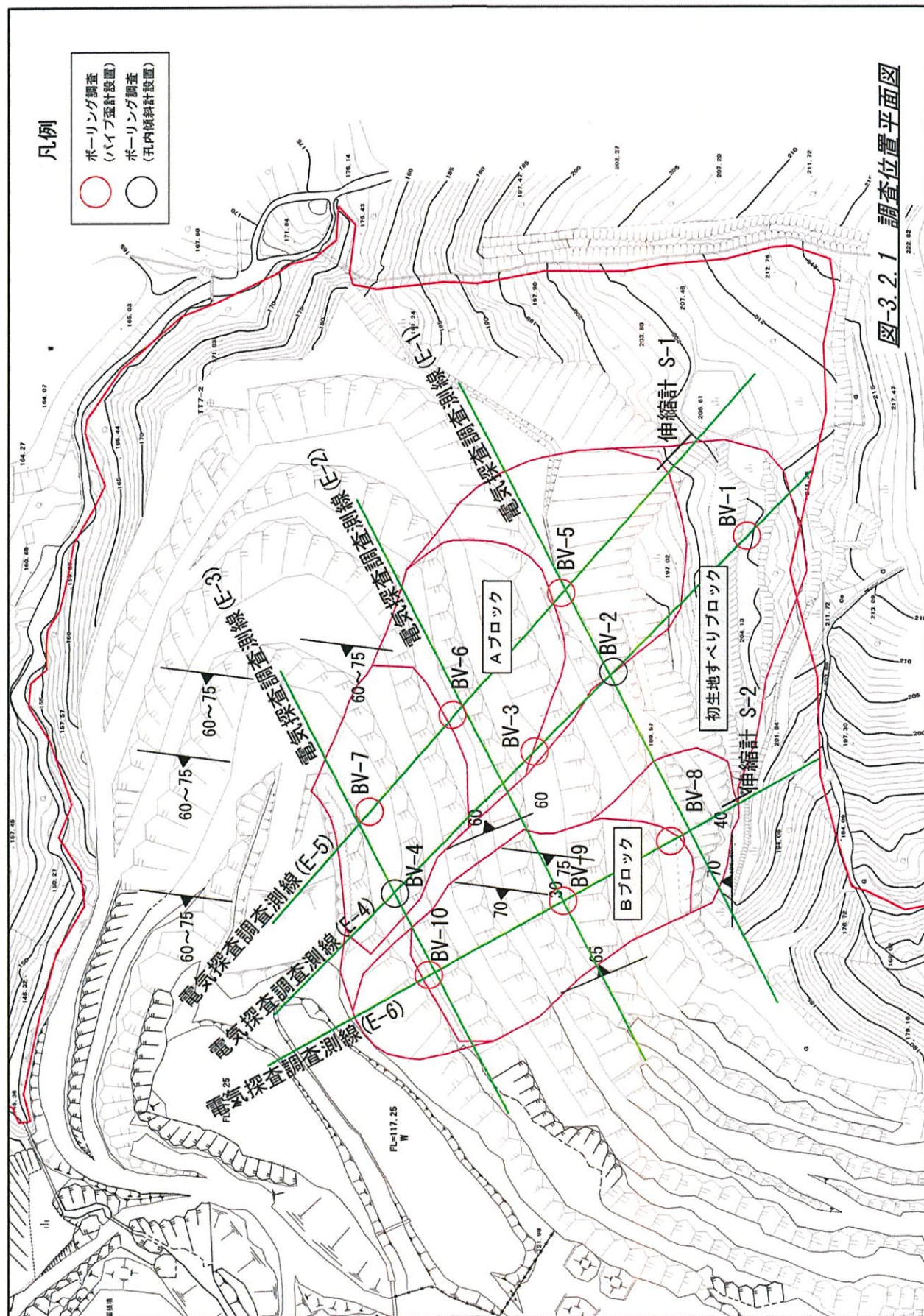


図-3.1.2 踏査結果平面図
(入口部No. 1地すべり地形・入口部No. 2地すべり地形)

3-2 調査ボーリング結果

調査ボーリングは、調査地の地質構成の把握、すべり面の把握、孔内傾斜計・パイプ歪計・自記水位計設置を目的として実施した。調査は、図-3.2.1 調査位置平面図に示す位置で実施した。また、柱状図・コア写真・状況写真は調査報告書巻末にまとめて示した。



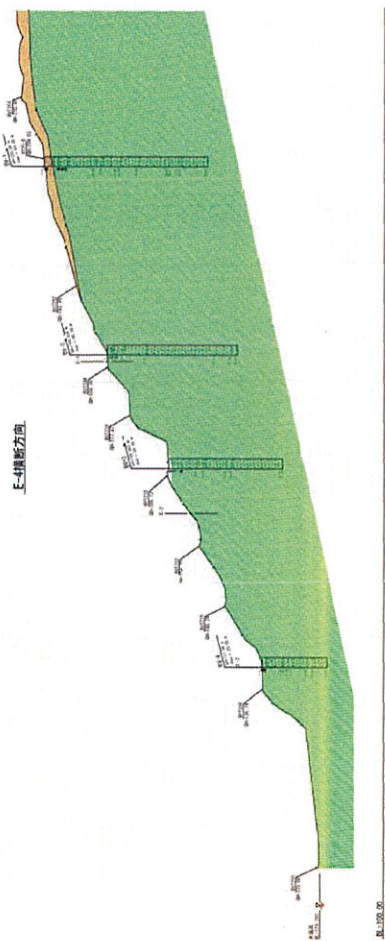


図-3.2.2 地質断面図 (初生ブロック)

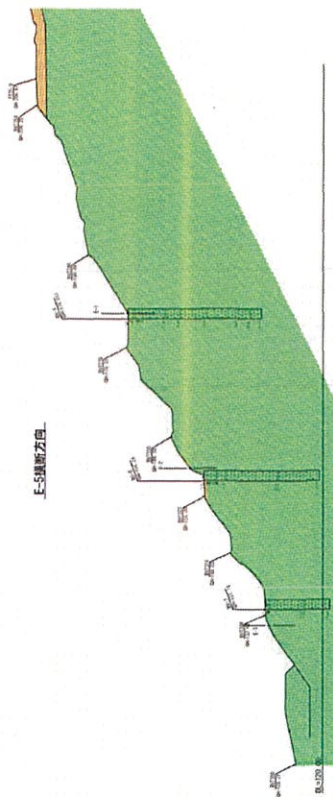


図-3.2.3 地質断面図 (Aブロック)

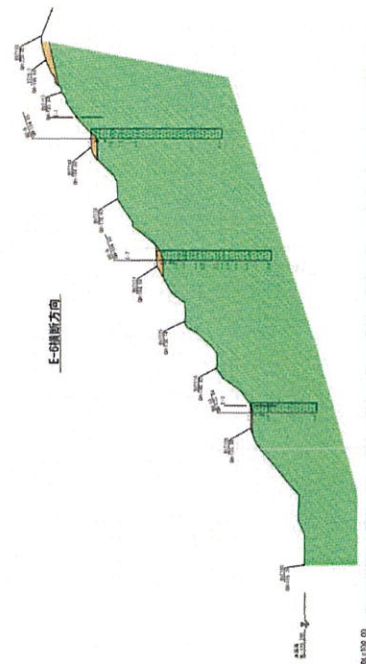


図-3.2.4 地質断面図 (Bブロック)

3-3 地盤伸縮計観測結果

地盤伸縮計は、Aブロック、Bブロックの地表部の地すべり挙動を把握することを目的として、両断面測線に沿って地すべりの運動方向に設置した。伸縮計観測結果は、調査報告書巻末の「伸縮計変位量データ」に示した。また、伸縮計の変位と降雨量と対比させ、図-3.3.2「伸縮計変動図」としてとりまとめた。伸縮計の変動については、表-3.3.1に示す「伸縮計変動種別一覧表」を判定基準として、表-3.3.2に「伸縮計変動状況一覧表」としてまとめた。

なお、地すべり活動中の伸縮計変動図を参考として図-3.3.1に示す。

表-3.3.1 伸縮計変動種別一覧表 (地すべり防止技術指針及び同解説-jp29-：国土交通省)

変動種別	日変位量 (mm)	累積変位量 (mm/月)	一定方向への 累積傾向	総合判定	
				変動判定	活動性ほか
変動 A	1以上	10以上	顕著	確定	活発に運動中、 表層・深層すべり
" B	0.1~1	2~10	やや顕著	準確定	緩慢に運動中、粘質土・ 崩積土すべり
" C	0.02~0.1	0.5~2	ややあり	潜在	継続観測が必要
" D	0.1以上	なし (断続変動)	なし	異常	局所的な地盤変動・ その他

<補足>

- 1) 『確定変動』とは、明確な地すべり活動が認められるもの。一定方向への累積変位があり、地すべり頭部では典型的な引張変動、末端部では典型的な圧縮変動が生じる。表層すべり、深層すべりなどの地すべりタイプが該当する。
- 2) 『準確定変動』とは、地すべり活動が認められるもの。一定方向への累積変位があり、変位量はやや緩慢である。『確定変動』と同様に地すべり頭部では典型的な引張変動、末端部では典型的な圧縮変動が生じる。粘土すべり、崩積すべりなど緩慢な挙動を示す地すべりタイプに該当する。
- 3) 『潜在変動』とは、微小な変位量と一定方向への累積変位が認められる場合に該当する。自然状態では差し当たって問題にならない。粘土すべり、崩積すべりなど緩慢な挙動を示す地すべりタイプに該当するが、緊急性は低い。
- 4) 『異常変動』とは、局所的な地盤変動や計器への接触（倒木、落枝、人為）等による一時的な変位と一定方向への累積変位がない場合に該当する。自然状態では差し当たって問題にならない。緊急性は低い。

表-3.3.2 伸縮計変動状況一覧表

No	観測年	観測月	日数 (日)	降水量 (mm)	変動量(mm)		月累積 日最大	一定方向 への累積	判定
					日平均	日最大			
S-1	平成25年	5月	31	171	0.000	0.0	0.0	なし	潜在以下
		6月	30	152	0.000	0.0	0.0	なし	潜在以下
		7月	31	62	0.003	0.1	0.1	なし	準確定~潜在以下(異常)
		8月	31	76	0.016	0.2	0.5	0.3	準確定~潜在(潜在以下)
		9月	30	286	0.063	1.3	1.9	0.6	ややあり 確定~潜在
		10月	31	338	0.077	2.1	2.4	0.3	なし 確定~準確定(潜在以下)
		5月	31	171	0.003	0.1	0.1	0.0	なし 準確定~潜在以下(異常)
		6月	30	152	0.003	0.1	0.1	0.0	なし 準確定~潜在以下(異常)
		7月	31	62	0.045	1.1	1.4	0.3	なし 確定~潜在(潜在以下)
		8月	31	76	0.000	0.0	0.0	0.0	なし 潜在以下
S-2	平成25年	9月	30	286	0.043	1.1	1.3	0.2	なし 確定~潜在(潜在以下)
		10月	31	338	0.052	1.6	1.6	0.0	なし 確定~潜在(異常)

凡 例				

変動判定については、表-3.3.1伸縮計変動種別一覧表をもとに、

・日最大(危険側の判定)変動量および月累積変動量で判定する。

・ただし、月累積変動量から日最大変動量を引いた値が0.5mm未満の場合は、「潜在以下」(あるいは「異常」)と判定する。

これは一時的な変動後に、一定方向への累積が無いことを示している。

以下に、観測結果について述べる。

(1) S-1 (Aブロック)

5月・6月は全く動きが見られなかった。7月は、7/28に0.1mmの引張変動があったがそれ以外は全く動きがなく「準確定~潜在変動以下」と判断できる。8月は、8/10に0.2mm・累積では0.5mm/月の変動が見られ、「準確定~潜在変動」と判定される。9月は、9/16に1.3mm・累積では1.9mm/月の変動が見られ、「確定~潜在変動」と判定される。10月は、10/16に2.1mm・累積では2.4mm/月の変動が見られ、「確定~準確定変動」と判定される。ここで、大きく変動した9/16には180mmの、10/16には、前日および当日で86mmの降雨量を記録している。

(2) S-2 (Bブロック)

5月は、5/17に・6月は6/16に0.1mmの引張変動があったがそれ以外は全く動きはなく「準確定~潜在変動以下」と判断できる。7月は、7/30に1.1mm・累積では1.4mm/月の変動が見られ、「確定~確定変動」と判定される。8月は、全く動きは見られなかった。9月は、9/16に1.1mm・累積では1.3mm/月の変動が見られ、10月は、10/12に1.6mmの変動が見られたが、それ以外は全く動きがなかった。「確定~潜在変動」と判定

される。
ここで、大きく変動した7/30には前日および当日に20mmの、9/16には180mmの、10/12には、前日に8mmの降雨量を記録している。

次に「伸縮計」の累積変動と降雨量を対比させながら考察する。
実際に地すべり活動を捉えた例を、比較参考のため図-3.3.1として記載した。これを見ると、降雨に連動して伸縮計変動は大きく変動し、更に少しずつであるが明確にその後も累積変動し（図の矢印部分）、地すべり活動の特徴をよく示している。

これに対し、図-3.3.2に示す今回の結果は、確かに降雨に連動して相応に大きな変動を示していることが確認できるものの、その後の累積変動はほとんど見られない。

降雨量と測定値の変動に連動性があっても、累積傾向のないものは一般的に地すべり活動があるとは言えない。

以上、観測結果について述べてきたが、伸縮計S-1、S-2の移動杭付近の地質は斜面上部を覆う表土（粘土質砂礫）を残しており、その下方部は採掘による掘削斜面となっている。現場状況、および後述するパイプ歪計や孔内傾斜計の観測結果を踏まえると、降雨に伴う表層部の緩みを捉えた可能性が高いものと判断し得る。

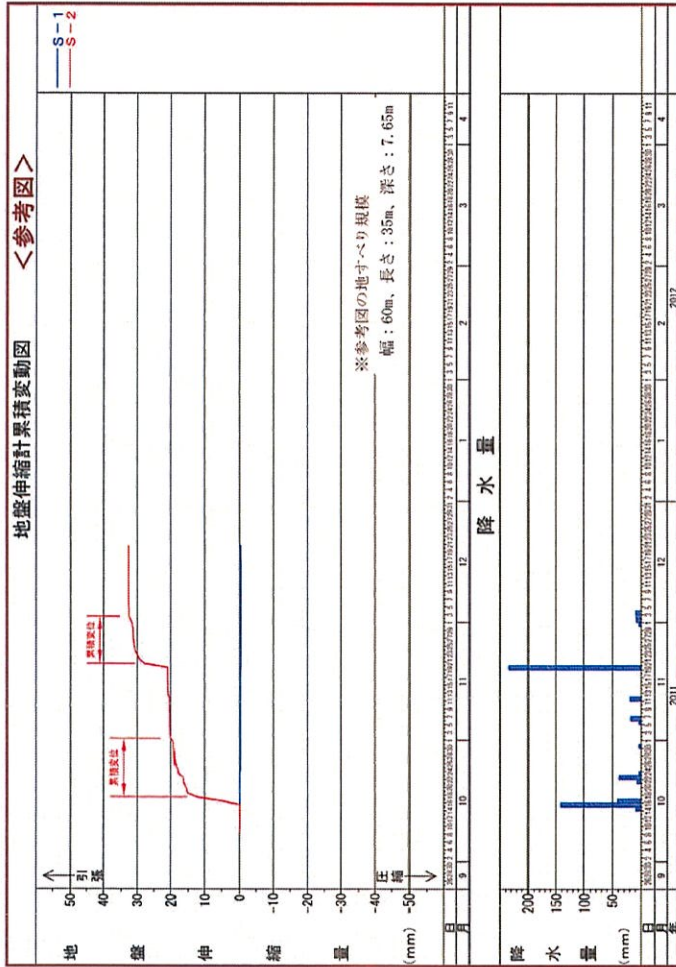


図-3.3.1 地すべり活動中の伸縮計変動 (参考図)

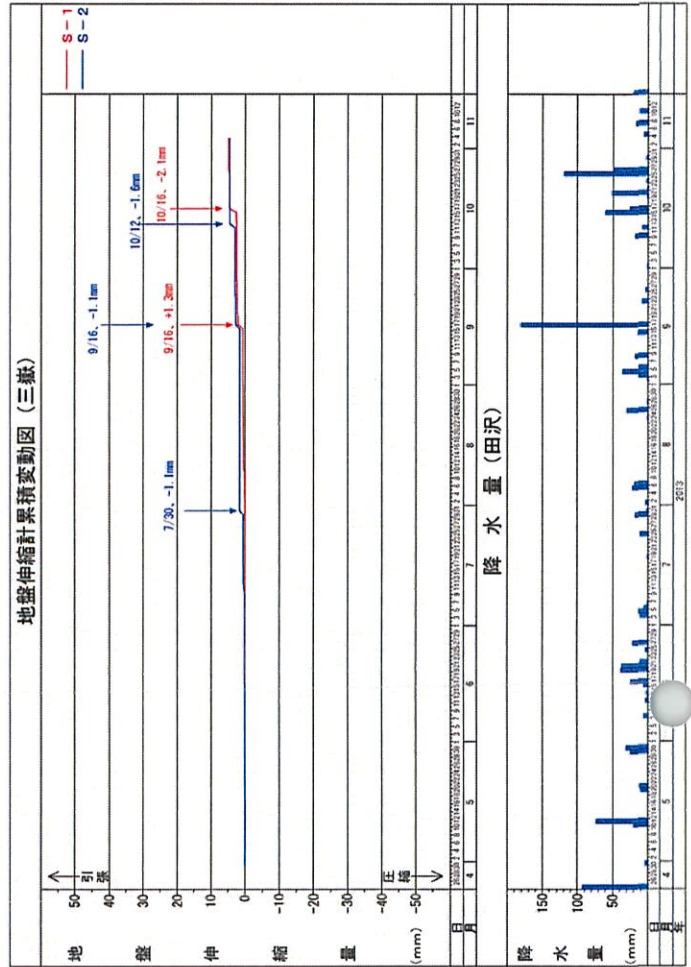


図-3.3.2 伸縮計変動図

3-4 自記水位計観測結果

自記水位計による孔内水位観測は、ボーリング孔内の水位を測定し降雨と地下水変動の相関やすべり面に作用する間隙水圧の把握を目的として実施した。観測結果は、調査報告書巻末の「自記水位計変位量データ」に示した。また、孔内水位の変位と降雨量と対比させ、図-3.4.1～3.4.2「孔内水位変動図」に示した。また表-3.4.1「孔内水位変動表」にまとめた。

表-3.4.1 孔内水位変動表

No	最高水位		最低水位		水位変動状況
	GL-m (月日)		GL-m (月日)		
BV-1	0.57 (10/26)		2.55 (9/4)		・概ね GL-1.7～1.8m 付近で推移する。 ・降雨との相関あるが、水位上昇は MAX1.3m。
BV-3	0.54 (5/11)		6.36 (8/24)		・水位変動が激しく、降雨との相関ある。 ・急激に上昇し、MAX5.65m。
BV-5	0.19 (10/26)		6.11 (8/24)		・平均的に GL-0.3～0.4m 付近にあり常に高い。 ・雨の少ない7、8月に低下傾向を示す。
BV-6	2.24 (9/16)		6.09 (6/15)		・No-3 の水位変動と類似している。 ・降雨との相関あり、水位変動激しい。
BV-7	0.75 (7/11)		1.79 (5/25)		・平均的に GL-1.5～1.7m 付近に推移する。 ・降雨との相関少なく、水位変動小さい。
BV-8	3.25 (9/16)		8.45 (9/4)		・概ね GL-7～8m 付近で推移する。 ・降雨との相関あり、急激に上昇し下降も早い。
BV-9	2.72 (5/11)		11.82 (5/10)		・No-3 の水位変動と類似している。 ・降雨との相関あり、水位変動激しい。
BV-10	3.03 (5/11)		4.80 (10/8)		・概ね GL-4.0m 付近を境に推移する。 ・降雨との相関見られるが、水位変動小さい。

※BV-2、BV-4 は孔内傾斜計観測孔のため測定不能

ここで、BV-2・BV-4 孔は孔内傾斜計設置孔でありガイドパイプを挿入後にグラウトして
いるため、水位観測は不可能である。

観測期間の最高水位は、各観測孔とも表-3.4.1 に示したように、5/11、9/16、10/26 に
記録している。この時期の降雨量は、5/10～5/11 に 93mm、9/16 の台風 18 号接近時に 180
mm、10/25～10/26 に 168mm を記録している。

このように、降雨量と孔内水位は密接な関係にあることがわかる。また、最高水位を見
ると、初生ブロック・Aブロックに位置する観測孔 (BV-1・3・5～7 孔) は高く、Bブ
ロックに位置する観測孔 (BV-8～10 孔) は低い傾向にある。

孔内水位変動図 (三雄 初生ブロック・Aブロック)

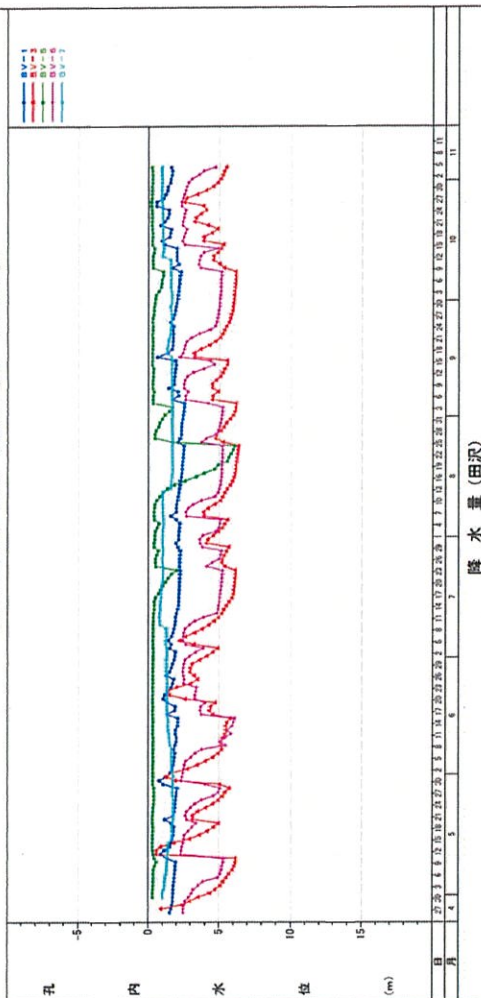


図-3.4.1 孔内水位変動図



孔内水位変動図 (三雄 Bブロック)

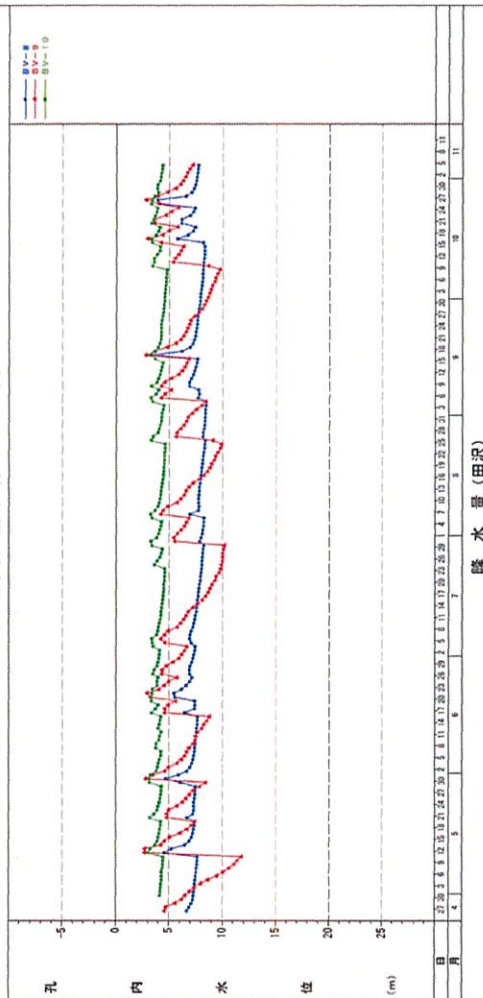


図-3.4.2 孔内水位変動図

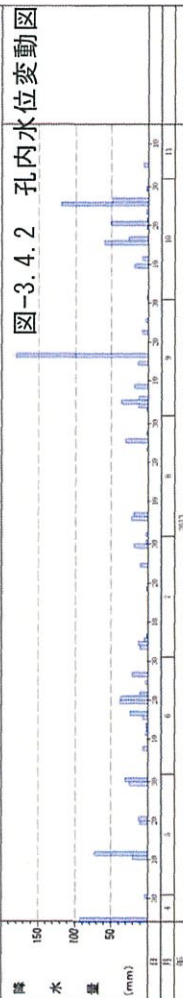


表-3.5.2に示したように、BV-1の3.0m深度において、「月変動量：104.3μ/月」「累積傾向：ややあり」「変動状態：累積・回帰」が観測されたため、この結果を表-3.5.1に照らし合わせると、「潜在変動」のレベルにあると判定される。

「変動状態」をみると、表-3.5.3に示したように、5月23日から9月25日にかけて「累積変動」、9月25日から10月9日にかけて「回帰変動」、10月9日から11月4日にかけては「累積変動」を示している。

『潜在変動』とは、軽微な変位量と一定方向への累積変位が認められる場合に該当する。自然状態では差し当たって問題にならず、緊急性は低い。BV-1の3.0m付近の地質は斜面上部を覆う粘土質砂礫と強風化蛇紋岩との境界付近であり、また変動には回帰も見られることから、一部局所的な変動を捉えたものに過ぎないと考えられる。

これら以外の観測地点では、いずれも「潜在変動以下」となっており、観測期間内で地すべり変動は生じていない。

表-3.5.3 BV-1 期間別歪変動状態一覧表

項目 No	最大変動 深度 (m)	対象観測期間	期間変動量 (μ)		変動形態	
					累積傾向	変動状態
BV-1	3.00	2013/4/30～5/23	-20		なし	—
		2013/5/23～9/25	358		ややあり	累積
		2013/9/25～10/9	-223		なし	回帰
		2013/10/9～11/4	511		ややあり	累積

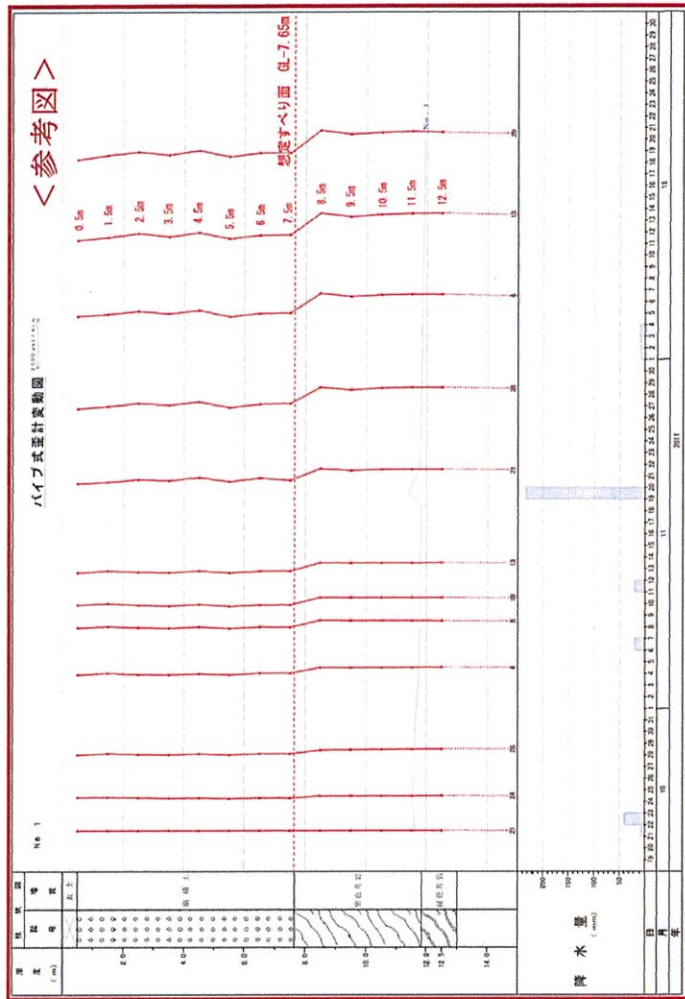
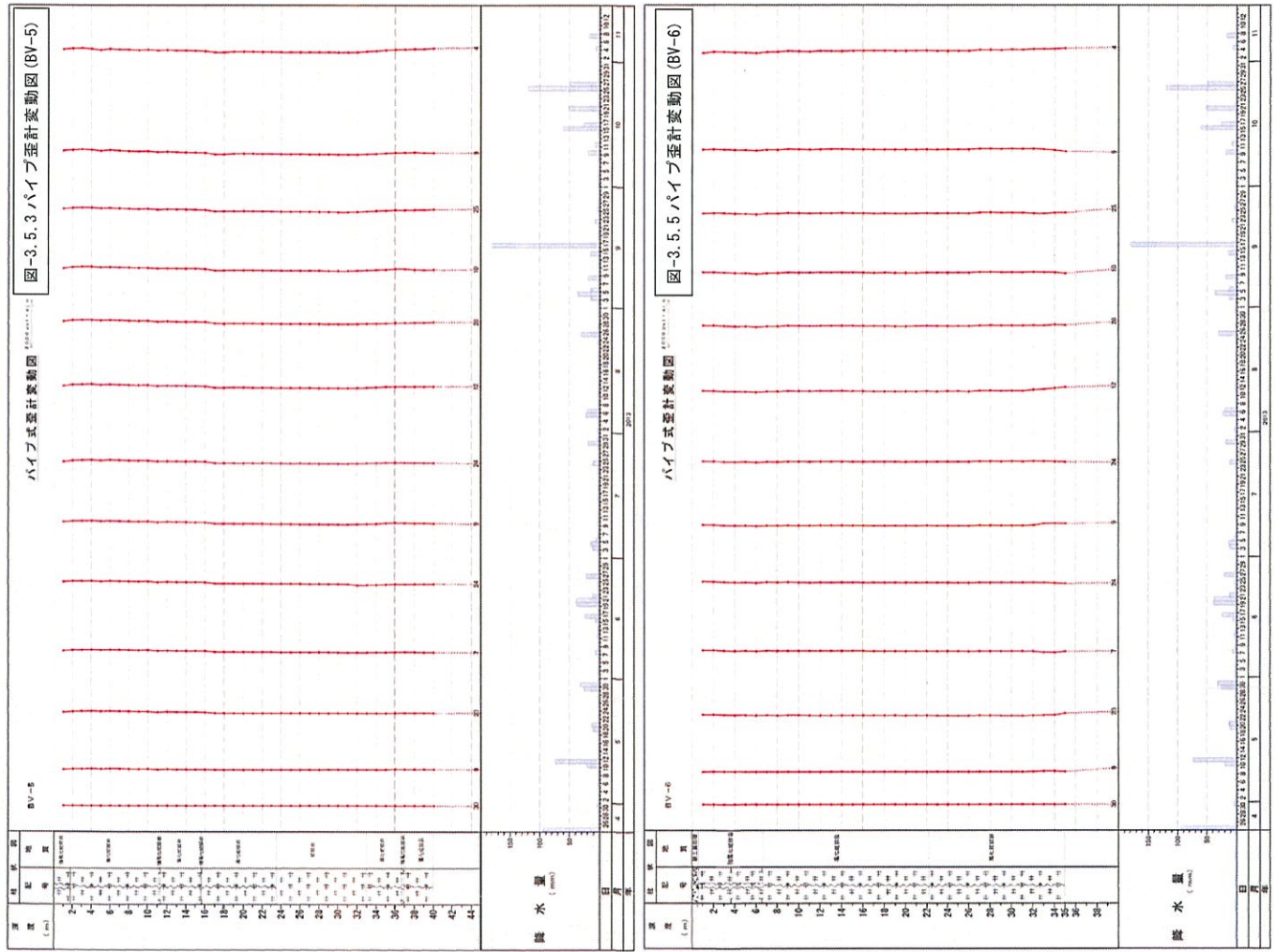
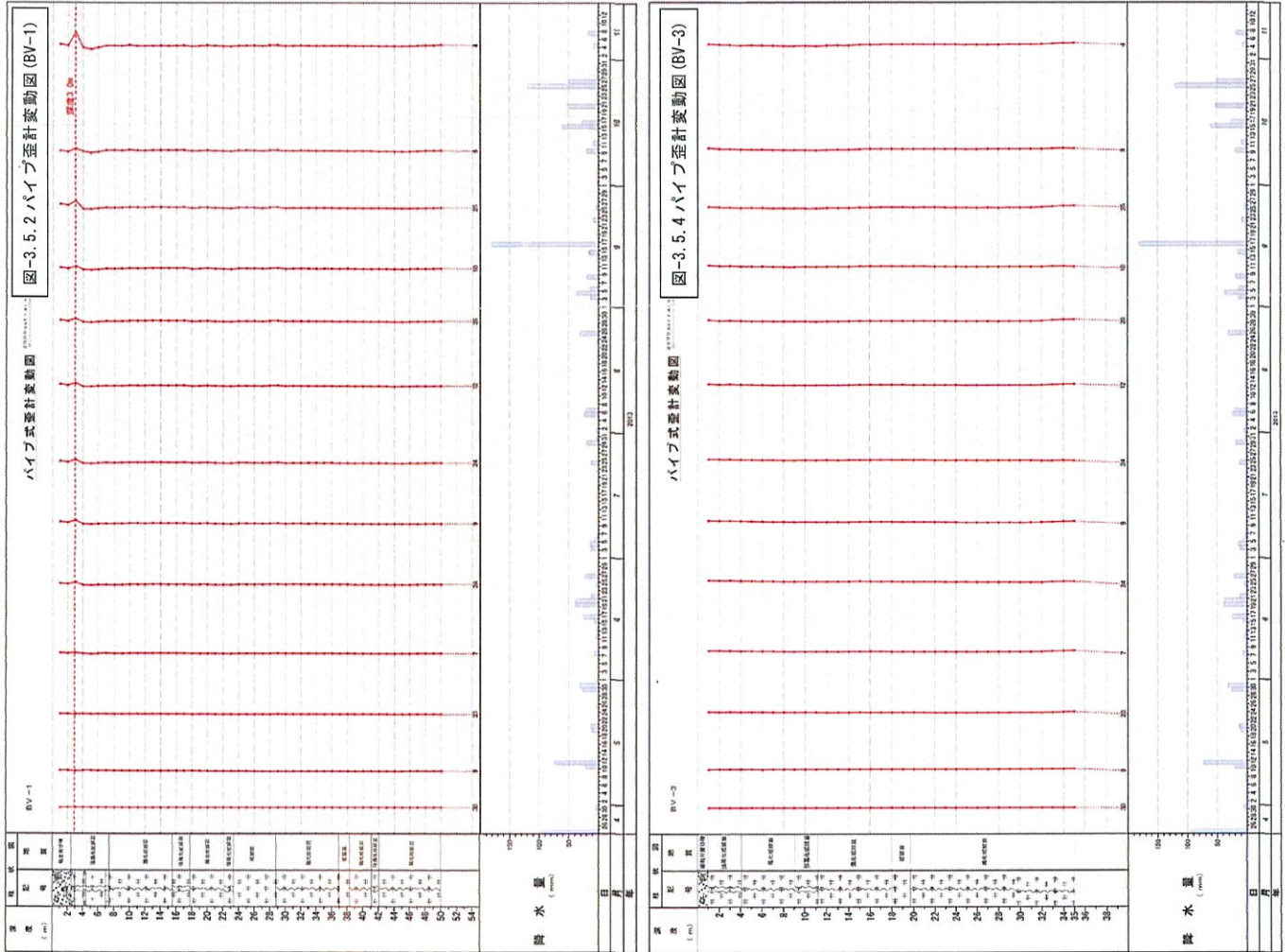


図-3.5.1 地すべり活動中のパイプ歪計変動図 (参考図)

※参考図の地すべり規模
幅：60m、長さ：35m、深さ：7.65m



3-6 孔内傾斜計観測結果

孔内傾斜計は、BV-2・BV-4 孔において地すべり挙動の有無・すべり面深度の判定を目的として、ボーリング孔に設置して観測を実施した。孔内傾斜計は、ボーリング孔内に傾斜計測用のガイドパイプを挿入・設置し、ガイドに沿って傾斜計を挿入して上下に移動させ、ガイドパイプの傾斜角を測定する方法である。孔内傾斜計観測結果は、調査報告書巻末の「孔内傾斜計変位量データ」に示すとともに、降雨量と対応させ、図-3.6.2～図-3.6.3「孔内傾斜計変動累積図」を作成した。なお、地すべり活動中の孔内傾斜計変動累積図を参考図として、図-3.6.1に示す。参考図を見ると深度 7.0m を境に変位の累積（徐々～急激に傾斜している）がみられる。最終的には累積傾斜が大きくなり測定不能（測定器が入らない）となっているが、深度 7.0m をすべり面と判定でき、地すべり活動の特徴をよく示している。

全体的にみると、各観測孔とも軽微な変動は認められるが、地すべりの活動を推定させるような累積変動はみられなかった。
以下に、観測孔ごとに結果を述べる。

(1) BV-2

観測期間を通して、変動値に累積傾向はみられないことから、地すべり的な変動はない。後述する想定すべり面（深度 18.15m、P27 参照）付近での累積傾向もみられない。

(2) BV-4

全体にやや谷側へ直線的に傾動する軽微な変動はみられるが累積傾向は認められない。後述する想定すべり面（深度 6.70m、P27 参照）付近での累積傾向もみられない。

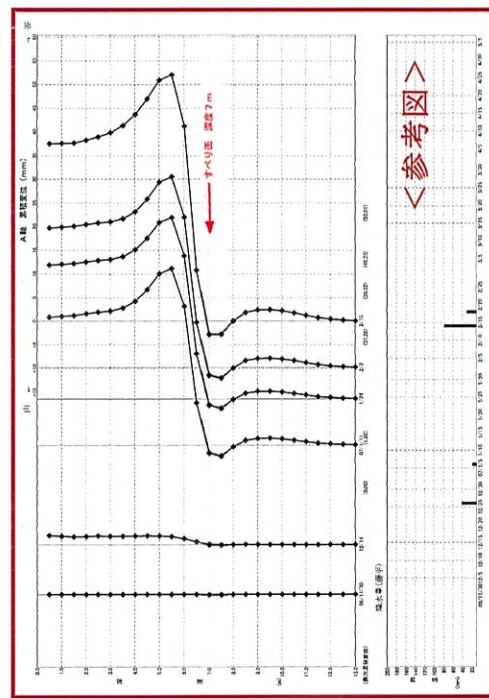


図-3.6.1 地すべり活動中の孔内傾斜計変動累積図（参考図）

図-3.6.2 孔内傾斜計変動累積図 (BV-2)

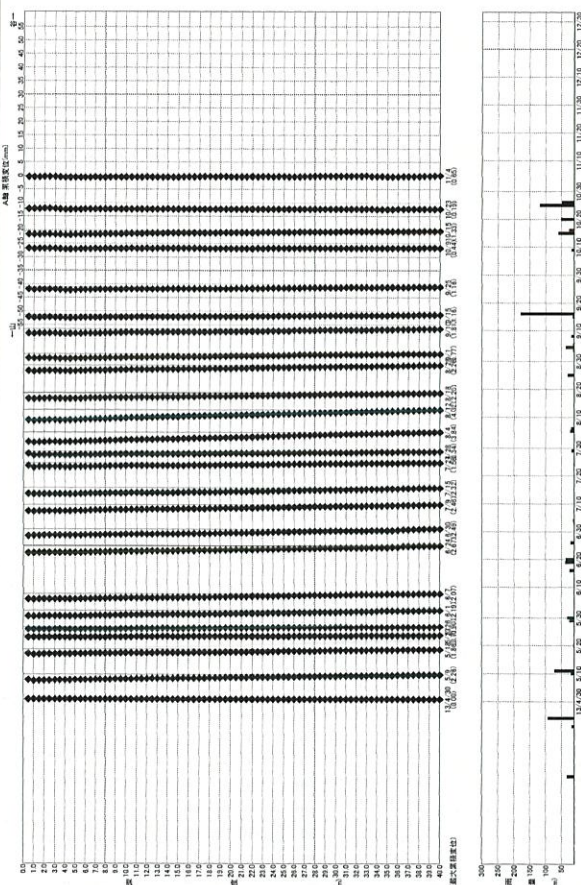
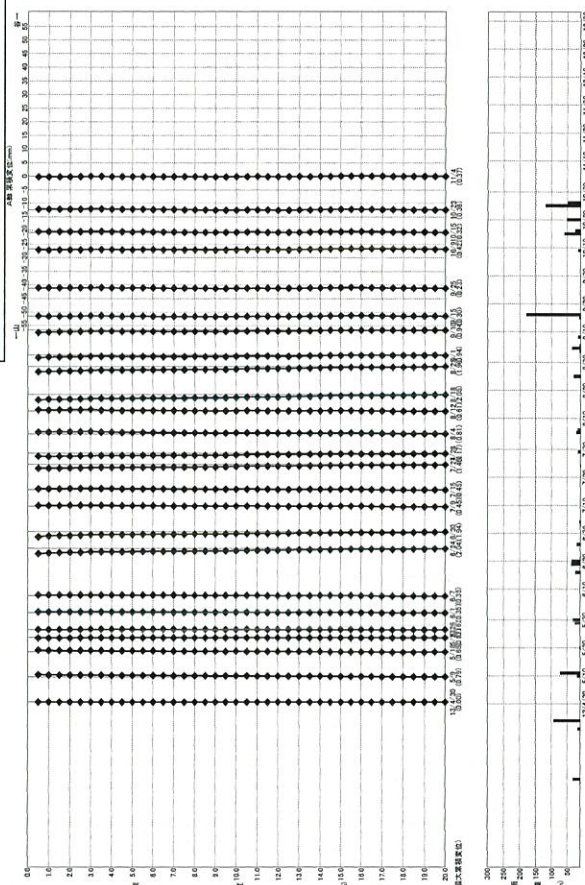


図-3.6.3 孔内傾斜計変動累積図 (BV-4)



3-7 電気探査結果

(1) 解析結果の精度

解析結果の精度は、イタレーション4回の平均残差 (RMS: 二乗平均平方根) で検討すると、実測値と理論値の誤差が約14%に収束し良好であった。故に、解析結果の信頼性は高いものと判断できる。

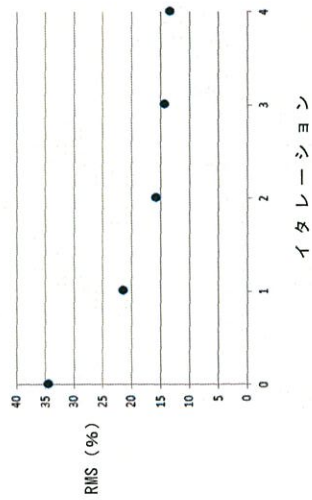


図-3.7.1 平均残差 (RMS)

(2) 3次元解析結果

3次元解析で得られた比抵抗値は約50~1000Ωm以上の広範囲を示したので、比抵抗凡例は指数表示し、その全体像を図-3.7.2に示す。この結果、馬蹄形や船底状の地すべりに起因する比抵抗パターンが検出されたので、各課題について検討した。

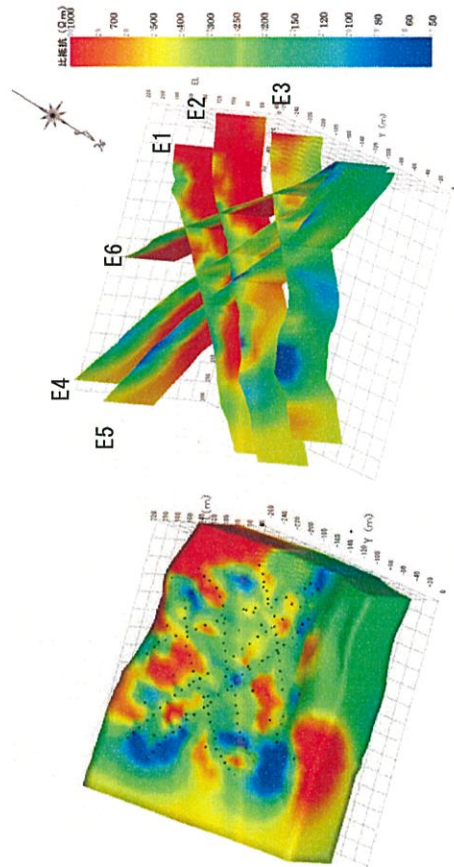


図-3.7.2 3次元解析結果の比抵抗モデル

(3) 比抵抗断面の解釈

比抵抗は、一般に間隙水の比抵抗に比例し、間隙率や飽和度に反比例する (アーチーの実験式) が、変質状況も大きく影響する。調査地の**湧水は72Ωm (22.7℃)、湧水は26~29Ωm**の範囲 (H25.8.25 雨天) を示したので、地質と比抵抗の一般的な関係(註1)から、調査地の地質と地山の比抵抗は図-3.7.3のような相関となる。すべり面は、地層境界面や風化帯と異なり、お椀状や円弧状などの比抵抗パターンに相当する。地下水は、透水性の高い裂か帯や風化帯で流動しやすいが、このような地質不連続面は中比抵抗漸移帯を示しやすい。磁鉄鉱などの金属鉱物の晶出した変質部は極端な低比抵抗を示す。

$$\rho_t = \rho_w \times a / \phi^m \times S^n \times S^{-n} \quad \text{アーチーの式 (砂岩での実験式)}$$

ここに、 ρ_t : 地盤の比抵抗、 ρ_w : 間隙水の比抵抗
 ϕ : 間隙率、 S : 飽和度、 a, m, n は定数

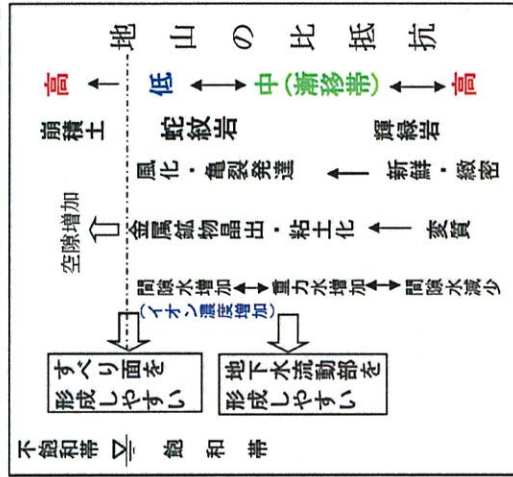


図-3.7.3 調査地での地質と比抵抗の相関

(註1) 一般的な地質と比抵抗の相関

地質と比抵抗値の一般的な関係は、鉱物組織・結晶度・間隙率等より異なる。代表的な造岩鉱物の石英や長石の結晶は絶対値のため、これらの絶対値で構成される岩盤の比抵抗は、鉱物粒子間の結合物質や亀裂・間隙に存在している水分などにより低下する。このため、新鮮で緻密な岩盤は高比抵抗だが、風化し細粒化すると間隙水の増加で比抵抗は低下する。但し、その間隙が地表浅部で乾燥 (水分→空気→空隙大) すれば比抵抗は増加するので、同じ岩盤でも幅広い比抵抗値を示す。緻密で新鮮な岩盤は高比抵抗だが、風化で細粒化し間隙水が増加すると比抵抗が低下する。珪化変質は高比抵抗だが粘土化や金属鉱物の晶出を伴う変質は極端に低比抵抗を示す。地下水 (重力水) は、割れ目帯に相当する比抵抗境界面や中〜高比抵抗で流動しやすい。

この比抵抗構造と地すべりブロックの露頭や湧水の対比から、比抵抗を下記の3つに分けて検討した。

- 高比抵抗 : 約 500 ~ 1000 Ω m 以上 (赤色系)
- 中比抵抗 : 約 100 ~ 1000 Ω m (中間色系)
- 低比抵抗 : 約 50 ~ 100 Ω m 以下 (青色系)

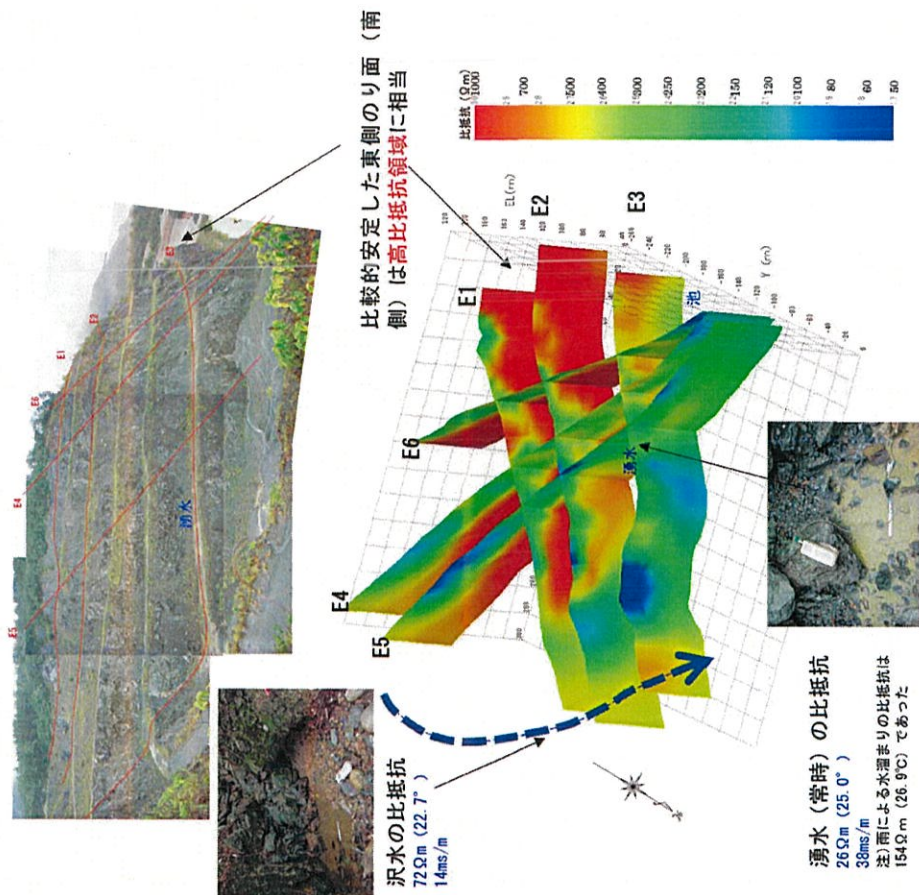


図-3.7.4 比抵抗と路頭との対比

① すべり面について

すべり面は、平面形が馬蹄形、縦断形が船底型や円弧状、横断形状がお椀型や凹状を示す比抵抗パターンから推定される。その全体像を図-3.7.5、各測線の詳細を図-3.7.6~3.7.7 比抵抗断面図に示す。この全体像に示すように、比抵抗構造は高・低の塊状や脈状等、複雑に変化しているが、すべり面は滑落崖などの微地形と調和する高比抵抗領域上面の中比抵抗境界面に相当すると考えられる。

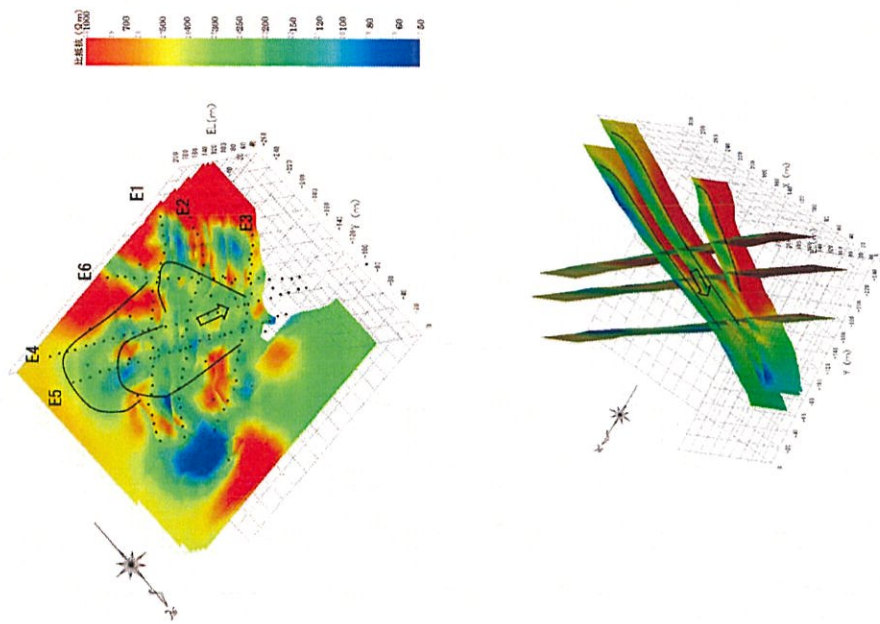


図-3.7.5 全体像図

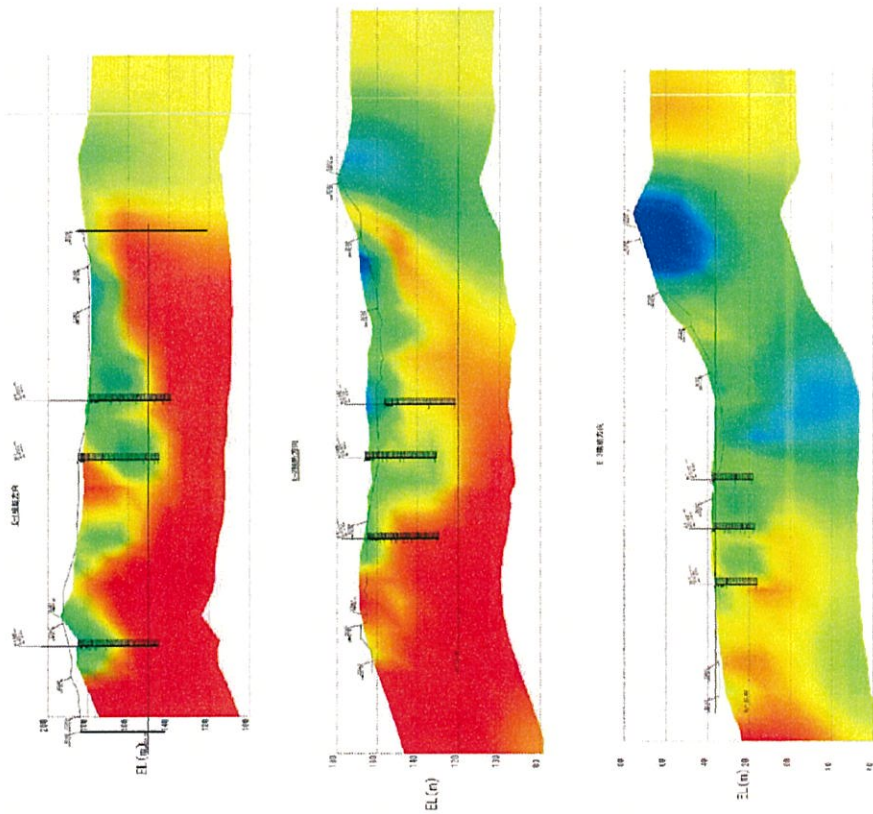


图-3.7.6 比抵抗断面图

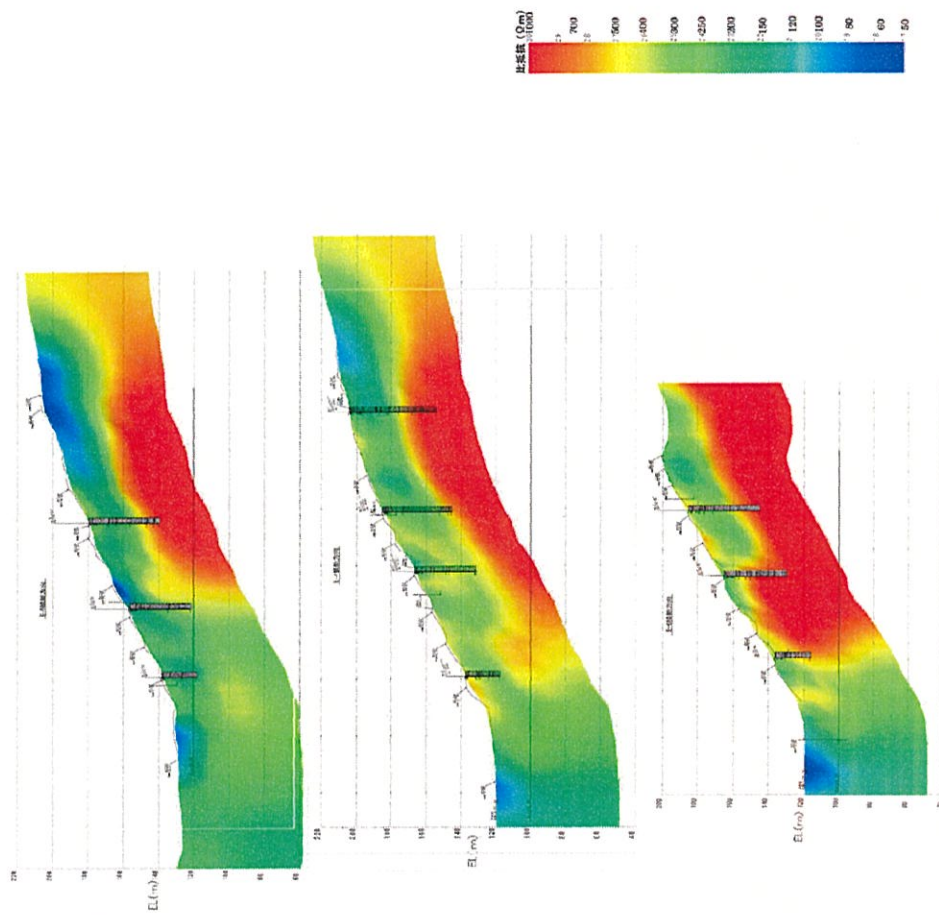


图-3.7.7 比抵抗断面图

② 水ミチについて

すべり面に影響する地下水流動脈（水ミチ）は、斜面上方から下方に連続する比抵抗パターンから図-3.7.8や図-3.7.9～3.7.10に示す比抵抗立体図のように推定される。高比抵抗領域は、比較的安定した「東のり面（南側）」からブロック深部に広がるパターンから、透水性の低い堅岩領域に相当する。中～低比抵抗領域は沢水や湧水の比抵抗に漸近するほど、粘土化や亀裂の発達で間隙水の増加した状態と推定される。この中～低比抵抗領域で、冠頭部や北側側方部から湧水地に連続する脈状や凹状構造が、主な水ミチと推定される。この水ミチから、豪雨時には、背後の沢からブロック内に、地下水が流入し易い状態と推定される。

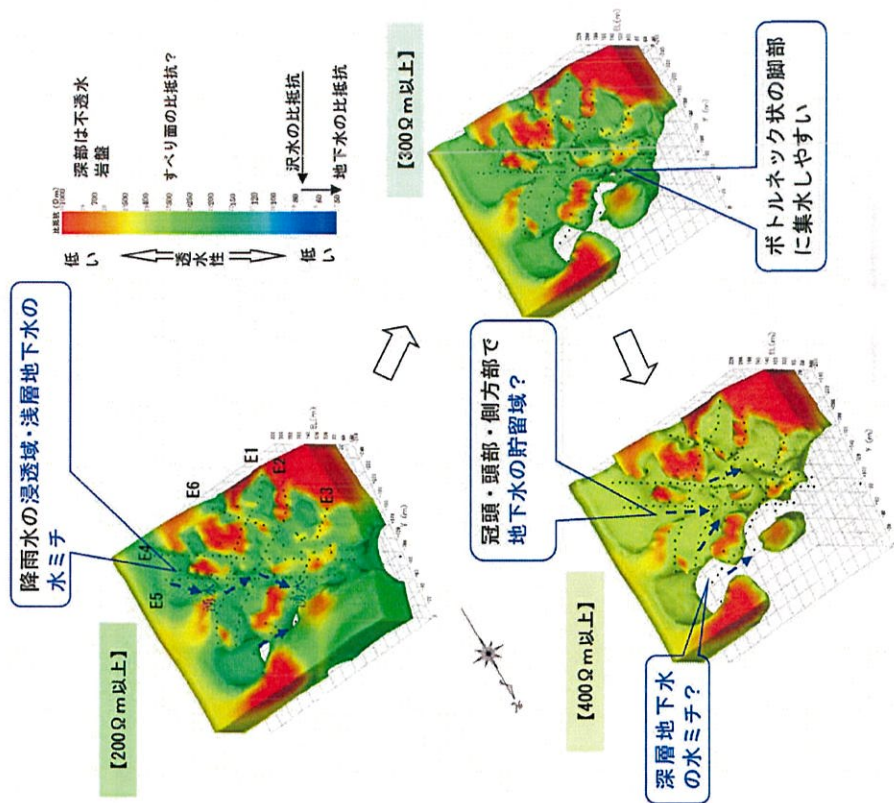


図-3.7.8 水ミチとなりやすい比抵抗の凹状構造

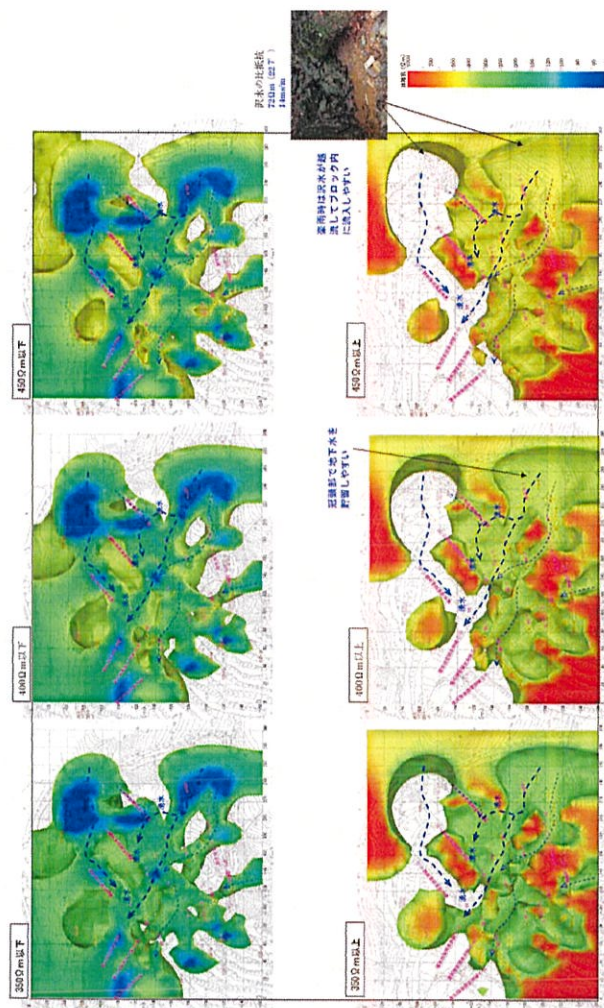


図-3.7.9 比抵抗立体図（200～300Ωmで分割）

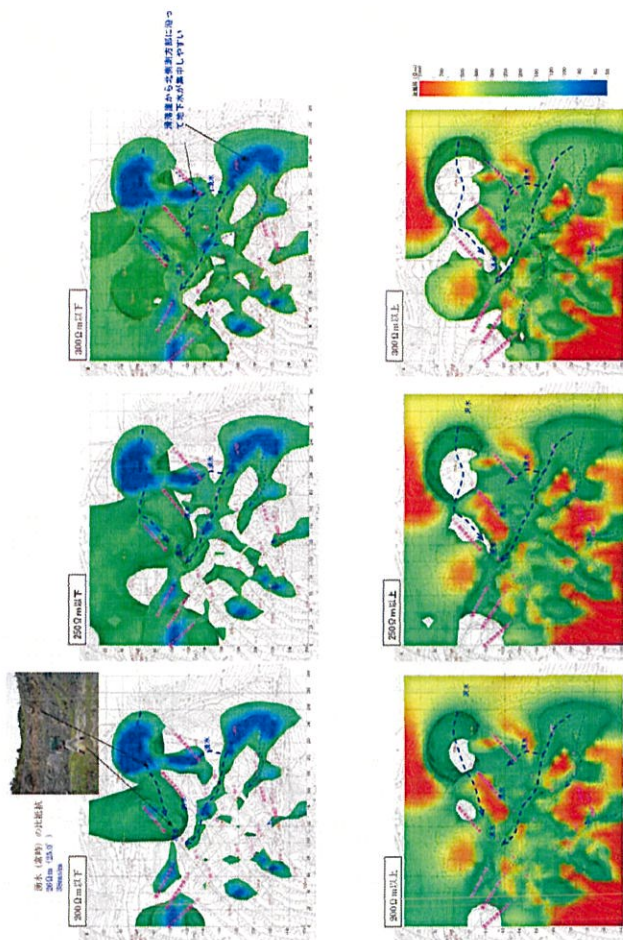


図-3.7.10 比抵抗立体図（300～450Ωmで分割）

4. 地すべり機構解析

4-1 地盤特性検討

(1) 地質性状と地質構造

1) 地質の性状

① 初生地すべりブロック

初生地すべりブロックの表層地質の状況は、以下のようなものである。「東のり面（北側）」最上部の表層部に、蛇紋岩の岩片とスメクタイト粘土が混合した、攪乱した礫質土層が分布する。この層は著しく不均質で、構成する礫も角礫の形状を示し、水で運搬・堆積した構造は認められない。

② Aブロック

地すべり移動体は、塊状の蛇紋岩から構成される。移動体の蛇紋岩塊の内部は、面構造に沿って開口亀裂が発達し、ブロックの縁辺部付近では細片化も認められる。

地すべりブロックの南・北の縁辺は、蛇紋岩地山に発達する面構造が雁行状に連続する形で境界部（すべり面）を形成している。

③ Bブロック

地すべり移動体は、塊状の蛇紋岩から構成され、Aブロックのような、移動体内部の細片化はほとんど認められないが、面構造に沿って開口亀裂が不規則に確認される。

地すべりの縁辺は、Aブロックと同様に、面構造が雁行状に連続する形で地すべり境界（すべり面）を形成している。

2) 地質構造

掘削により形成された全てののり面を確認した。その結果、「東のり面（北側）」が以下の2点で地すべり発生の地質的要因（地質構造）がそろっていることを確認した。

第一は、のり面に露出する地質構成の点である。

地すべりが発生したのり面は、例外なく塊状～角礫状～葉片状蛇紋岩で構成されている。蛇紋岩の形態上の差異（塊状、角礫状、葉片状）は、蛇紋岩がこれまで被った構造運動の履歴の違いによると考えられる。塊状蛇紋岩は、比較的堅硬な岩質を示すが、角礫状・葉片状蛇紋岩は、脆弱な岩質の特徴を持っている。また、葉片状蛇紋岩は、著しく脆弱なスメクタイト粘土に变质する特徴を有している。このような特徴を有するため、葉片状蛇紋岩分布地域では、地すべり地形（地すべり活動によって形成された地形）が発達する傾向が強い。

ここで、「東のり面（北側）」に隣接する「北のり面」にもほぼ同じ性状の角礫状～葉片状の蛇紋岩が露出するが、地すべりは発生していない。これは、後段で述べる地質構造の要因がそろっているか否かの相違であると判断する。

なお、「東のり面（北側）」「北のり面」を除く他ののり面では、局部的・限定的に

蛇紋岩が介在するものの、概ね岩質堅硬な輝緑凝灰岩が分布している。これらののり面では、地すべりは一切発生していない。

第二は、蛇紋岩に発達する地質構造（面構造）の点である。

「Aブロック」「Bブロック」の南・北両側の縁辺部が、地山に発達する面構造を雁行状に結んだ形で連続している。崩落土砂に覆われて、境界面が不鮮明の箇所も存在している。上述、各ブロックの地すべり縁辺を形成している特徴的な面構造（走向・傾斜）は、次の2方向である。

○ 北側縁辺部：走向 N30～60W、傾斜 60～70S

○ 南側縁辺部：走向 N40～60W、傾斜 60～80N

上記2方向の面構造は、地すべりが発生した「東のり面（北側）」の傾斜方向に対しては、「くさび形」の流れ盤構造を形成している。一方、葉片状蛇紋岩が露出していないがら、地すべりが発生していない「北のり面」に対しては、面構造はのり面傾斜方向とほぼ直行する関係となっており、「くさび形」を呈してはいない。

以上2点の地質条件が重なった結果、「東のり面（北側）」が地すべり発生の場となった可能性が高い。

(2) 微地形や大地形による地質構造の推定

地すべり活動に起因した地表面の変状（段差・亀裂等）を、地表踏査で確認した。これら、地形・地質の特徴を調査報告書「巻末資料（地表踏査写真）」にまとめた。

主な特徴を、地すべりブロック毎に示す。写真中に地質構造の走向・傾斜が記載されているが、これらが地すべりを発生させた「くさび形」の流れ盤構造である。

(3) 地下水分布の推定

「東のり面（北側）」地すべりブロックの地下水については表層がわずかに湿る程度の染み出しが見られるに過ぎない。踏査時期が渇水期であったことを考慮すると、豊水期に地下水が形成され湧水が多くなることも予想される。

「入口部 No.1 地すべり地形・入口部 No.2 地すべり地形」は、植生が広葉樹や灌木・シダ類などが繁茂しており、比較的地下水が浅い位置に存在している可能性が考えられる。

調査地内には、調整地があるがこれは人工的なものであり降雨に伴う表流水等が流入したもので、地下水の湧出によるものではない。

また、三嶽鉱山入口部の南麓を北東～南西方向に流下する小河川の流量は、目視ではあるが踏査期間内では変化はなかった。

4-2 地すべり運動形態・地すべり要因の推定

(1) 運動形態(各種の徴候による)の推定

地すべりブロックは、頭部・側部・末端部の亀裂や段差地形を確認して決定した。また、運動形態は「4-1 地盤特性検討(1) 地質性状と地質構造」で述べたように、「東のり面(北側)」が以下の2点で地すべり発生の地質的要因(素因)がそろっていることを確認した。

第1は、のり面に露出する地質構成の点である。第2は、蛇紋岩に発達する地質構造(面構造)の点である。

「Aブロック」「Bブロック」の南・北両側の縁辺部が、地山に発達する面構造を雁行状に結んだ形で連続している。崩落土砂に覆われて、境界面が不鮮明の箇所も存在している。上述、各ブロックの地すべり縁辺を形成している特徴的な面構造(走向・傾斜)は、次の2方向である。

- 北側縁辺部：走向 N30～60W、傾斜 60～70S
- 南側縁辺部：走向 N40～60W、傾斜 60～80N

上記2方向の面構造は、地すべりが発生した「東のり面(北側)」の傾斜方向に対しては、「くさび形」の流れ盤構造を形成している。つまりブロック斜面上方から末端方向(東から西方向)への移動土塊となる。

地すべりの運動方向は、のり面の傾斜と同じ方向である。

(2) 地すべり要因の推定

地すべり発生の経過および発生の要因は、以下のとおりである。

《地すべり発生の経過》

○平成21～22年株式会社ジーベックによる調査期間に、「Aブロック」が活動していることを確認。

※調査を実施した当時、現在の土地所有者である三嶽鉱山社により、「Aブロック」末端付近において重機による掘削が行われていた。

《地すべり要因》

○地質的要因(素因)

・角礫状～葉片状蛇紋岩が分布し、かつこの蛇紋岩中には、切土のり面に対して流れ盤となる複数の面構造が発達している。

○直接的要因(誘因)

・採掘に伴う地山掘削

4-3 すべり面の想定

すべり面の想定は、一般的に以下の方法が用いられている。

- ① ボーリング孔を利用した計器観測によるもの。
 - ・パイプ歪計・孔内傾斜計などの地中変位観測に基づいて判断する。
- ② 調査ボーリングで採取されたコアによる地質判定によるもの。
 - ・コア状態：硬軟、風化変色状態、破砕の有無等、崩積土・地層境界等。
 - ・地すべりによる特徴：鏡肌、条痕、地すべり粘土等。
- ③ 地すべりブロック全体の形状、変状特性からの推定によるもの。
 - ・滑落崖、引張亀裂、陥没、沈下、隆起、側方亀裂、圧縮亀裂、押出し等の地すべり特有の地形と縦断形状から規模を判定。

観測結果で述べたように、今回調査では、「伸縮計・パイプ歪計および孔内傾斜計観測では地すべり変動と断定されるような変動は認められなかった。」

しかしながら、万が一地すべりが再び活動した場合に対処するため、安全側の考えに立って斜面形状・地表踏査結果ならびに調査ボーリングコア判定結果から、すべり面を想定しておくこととした。

(1) 初生ブロック

＜地すべり頭部＞

上方部の緩斜面内に確認される古い段差地形。伸縮計S-2設置部では、比較的新しい1.1m程度の段差が認められる。

＜地すべり中腹部＞

- ・BV-1：GL-7.40m 強風化蛇紋岩の粘土化部。指圧で簡単に潰れる程度に軟質化。
- ・BV-2：GL-18.15m 風化蛇紋岩内の脆弱部。岩片状となり鏡肌が確認できる。
- ・BV-3：GL-12.00m 風化蛇紋岩内に存在する脆弱部。亀裂が密集する。

＜地すべり末端部＞

- ・BV-4：GL-6.70m 強風化蛇紋岩の粘土化部。指圧で簡単に潰れる程度に軟質化。

(2) Aブロック

＜地すべり頭部＞

上方部の緩斜面から急崖部に変化する地形変換点。

＜地すべり中腹部＞

- ・BV-5：GL-15.70m 強風化蛇紋岩部。角礫状で粘土化が顕著。
- ・BV-6：GL-13.00m 風化蛇紋岩内の脆弱部。岩片状となり鏡肌が確認できる。

<地すべり末端部>

- ・ BV-7 : GL-8. 70m 風化蛇紋岩内の脆弱部。亀裂が多く角礫状となる。

(3) Bブロック

<地すべり頭部>

上方部の緩斜面内に確認される段差地形。伸縮計S-2設置部では、比較的新しい1.1m程度の段差が認められる。

<地すべり中腹部>

- ・ BV-8 : GL-14. 60m 風化蛇紋岩内の脆弱部。岩片状～角礫状となる。
- ・ BV-9 : GL-12. 60m 風化蛇紋岩内の脆弱部。岩片状となり鏡肌が確認できる。

<地すべり末端部>

- ・ BV-10 : GL-5. 80m 強風化蛇紋岩内の脆弱部。岩芯まで風化する。

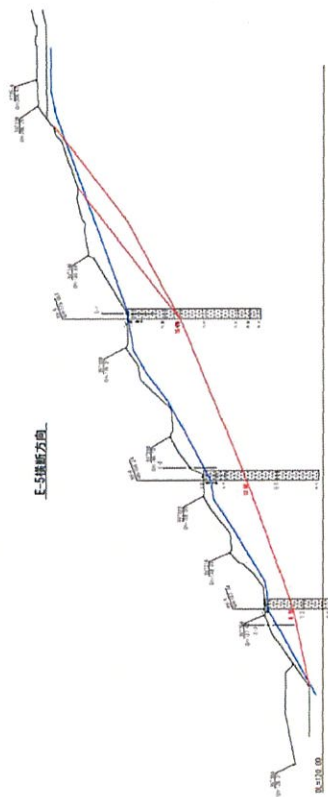


図-4.3.2 すべり面想定図 (Aブロック)

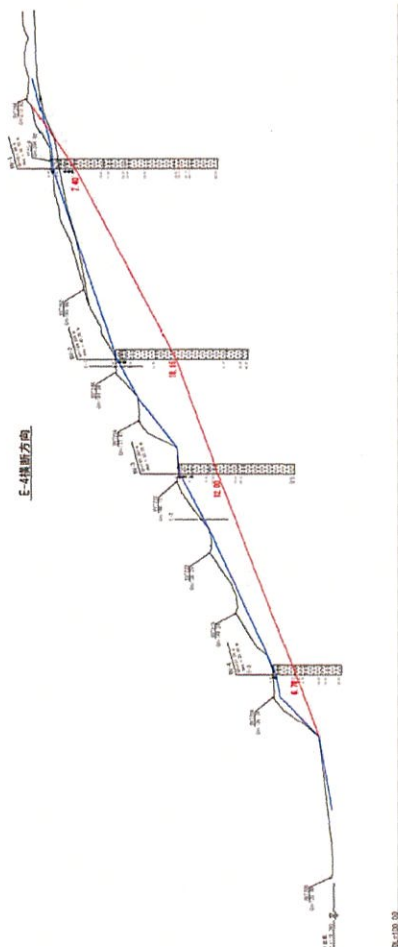


図-4.3.1 すべり面想定図 (初生ブロック)

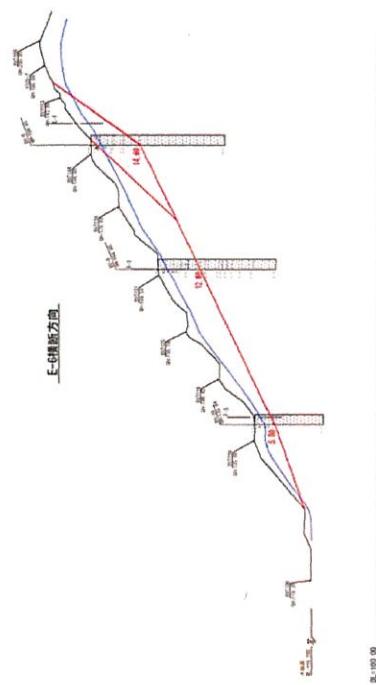


図-4.3.3 すべり面想定図 (Bブロック)

4-4 今後の地すべり運動・被災の予測

(1) 今後の地すべり運動予測

調査結果を踏まえ、各地すべりブロックの現状安定度についてまとめる。

1) 「東のり面（北側）」地すべりの状況

この地すべり地形は「初生ブロック」「Aブロック」「Bブロック」に区分される。平成21～22年調査時では、「Aブロック」の動きが確認されているが、Bブロック・初生ブロックは、段差などの痕跡は確認されているものの動きが見られない」との結果であった。

今回の調査より、平成21～22年調査時に認められた「Aブロック」「Bブロック」のり面小段部の段差や亀裂は、現時点では消失している。「初生ブロック」頭部の段差地形部も、新しい段差や亀裂は認められず地すべりが拡大した形跡はない。また、各種観測結果でも地すべり変動は生じていないことがわかった。

以上より、平成21～22年調査時以降地すべり活動は生じていないと判断できる。

2) 今後の地すべり運動予測

① 初生地すべりブロック

ブロック全体としては、現状で安定している。ただし、このブロックの末端部は、次に述べる「Aブロック」「Bブロック」の上に乗っているため、両ブロックの影響がおよぶ範囲では、「Aブロック」「Bブロック」の安定度と同じである。

② Aブロック、Bブロック

平成21～22年調査結果から、地すべりの拡大や段差・亀裂等の発生は確認されず、現状では安定を保っていると判断できる。今回の調査前においては、豊水期等に地下水が高くなった場合等、わずかにバランスが崩れることによって再活動する可能性が高い（臨界状態に近い）ものと想定していたものの、調査結果を見ると、そこまでの危険な状態にあるとは言えず、潜在的な地すべりの危険性を内包する状態と判断された。

(2) 地すべり運動の活発化に伴う被害区域と被災の予測

1) 「東のり面（北側）」地すべり

前述のように、この地すべりは現時点では安定しているが、今後再活動する可能性も否定できない。また、過去に地すべりの履歴があるため、より安全側に立って地すべり対策工の検討を行う。

しかし念のために申し添えれば、A・Bブロックを含む初生地すべりブロックが、万が一地すべりを起こした場合でも、地すべり移動岩塊・土塊は斜面下方に移動することとなるが、調整池を挟んで西側には、地すべり斜面と逆傾斜の斜面がありこの斜面に地すべり移動岩塊・土塊は衝突し、停止すると予想される。また、地すべりは移動岩塊・土塊を大きく乱さずに移動する特徴がある。

土砂が大きく移動する場合でも、水を多く含む粘土や砂・小礫などが主体であるこ

とが一般的であり、これらが流動化した時発生しやすい。当該地の地すべり移動岩塊・土塊は、礫状～葉片状の蛇紋岩が主体であり、地すべりによって粘土化あるいは砂状化することは少なく、流動化する可能性は低いと判断される。

よって、万が一地すべりが発生したとしても、地すべり移動岩塊・土塊が流出して下流域に被害を及ぼす可能性も極めて低いと言える。

2) 入口部No.1地すべり地形・入口部No.2地すべり地形

この地すべり地形は、「入口部No.1地すべり地形」「入口部No.2地すべり地形」に区分される。空中写真判読より、調査地入り口の2箇所地すべり地形が判読された。踏査の結果、斜面には不明瞭ながら馬蹄形を呈する凹地形が確認されたが、この地すべり地形は古い時代に動いた可能性はあるが、現時点では動いておらず安定している。よって、下流域に危険をもたらすことはないと判断できる。

以上より、「東のり面（北側）地すべり」「入口部No.1地すべり地形・入口部No.2地すべり地形」が活発化しても、計画地外に危険を及ぼすことはないと判断できる。

3) 計画地南側の背山川に面した斜面（計画地外）について

計画地南側の背山川に面した斜面について、空中写真判読や目視による調査を行った。その結果、斜面勾配は30度前後と急傾斜を成しており潜在的な不安定要素は抱えている。しかし、現時点で地すべり地形の存在や目立った崩壊等は確認できなかった。

また、背山川を挟んで反対側の斜面に写真判読より地すべり地形の存在が想定された。この地すべりが動いた場合、背山川を閉塞して土砂ダムを形成する可能性は高い。この土砂ダム決壊すると、土石流が発生し下流域に被害を及ぼす。ただし、写真判読結果および計画地外踏査結果より、この地すべり地形は古い時代に形成されたものと考えられ、現時点では安定した状態にあると判断され、地すべり変動が生じる危険性はないと判断できる。

5. 地すべり安定解析

5-1 安定解析式

安定計算式は、最も汎用性のあるフェレニウス法(簡便法)を用いることとする。
計算式を以下に示す(「地すべり防止技術指針及び同解説-p55-(国土交通省)」参照)。

$$F_s = \frac{\tan \phi \cdot \Sigma(N-U) + c \cdot \Sigma L}{\Sigma T}$$

ここに、Fs:安全率

N:分割片の重力による法線力(kN/m) $= W \cos \theta$

T:分割片の重力による接線力(kN/m) $= W \sin \theta$

U:分割片に働く間隙水圧(kN/m)

L:分割片のすべり面長(m)

ϕ :すべり面の内部摩擦角(°)

c:すべり面の粘着力(kN/m²)

W:分割片の重量(kN/m)

θ :すべり面の分割片部における傾斜角(°)

5.2.7.2-31

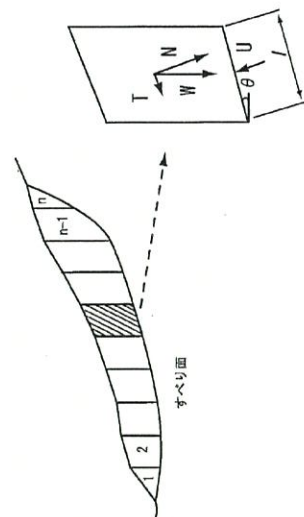


図-5.1.1 フェレニウス法スライスモデル図

また、計画安全率を pF_s とすれば、斜面の安定性を維持するのに必要な必要抑止力 Pr を付加した安定度は次式にて示される。

$$pF_s = \frac{\tan \phi \cdot \Sigma(N-U) + c \cdot \Sigma L + pr}{\Sigma T}$$

Pr は次式で算出できる。

$$Pr = pF_s \cdot \Sigma T - \tan \phi \cdot \Sigma(N-U) - c \cdot \Sigma L$$

5-2 解析条件

(1) 現況安全率と計画安全率

「地すべり防止技術指針及び同解説-p52-(国土交通省)」では、現況安全率 F_s および計画安全率 pF_s は、以下に示す値を設定している。

- ・ 現況安全率 $F_s = 0.95 \sim 1.00$
- ・ 計画安全率 $pF_s = 1.10 \sim 1.20$

ここで、現況安全率については現在地すべり変動が生じている場合は $F_s = 0.95 \sim 0.98$ に、観測等による変動が認められない場合、 $F_s = 1.00$ としている。

また、計画安全率は地すべり運動機構や保全対象の重要度、想定される被害の程度を総合的に判断して設定している。

次に、「土地改良事業設計基準・計画(農地地すべり対策)-p39-(農林水産省)」では、計画安全率を以下のように定めている。

- ① 家屋・道路・鉄道・河川その他公共施設等の重要な物件がある場合：1.20
- ② 農地が主たる対象の場合：1.10～1.15
- ③ 林地等が主たる対象の場合：1.10

以上各指針に基づき、現況安全率 F_s および計画安全率 pF_s を以下のように設定する。

【現況安全率： $F_s = 1.00$ 】

現地踏査や地盤伸縮計・パイプ歪計・孔内傾斜計観測において、**地すべり変動は確認されなかった**。よって、現時点では地すべりは安定し危険な状態にはないと判断され、**現況安全率は $F_s = 1.00$ 以上有していることは間違いない**が、その値を断定できないため、最も安全側の $F_s = 1.00$ を採用した。

【計画安全率： $pF_s = 1.20$ 】

地すべりブロック(初生すべり)は、斜面上部は林地・中腹～末端部にかけては人工斜面(裸地)となっている。「土地改良事業設計基準・計画」で見ると、本地区は林地が主体であることから、 $pF_s = 1.10$ で良いこととなるが、立地・今後の土地利用の性格上、重要度は高いものと判断できる。

よって、「地すべり防止技術指針及び同解説」とも鑑みて、最も安全側となるような $pF_s = 1.20$ を採用する。

この $pF_s = 1.20$ の値は、新東名高速道路の地すべり対策でも採用されている値である。

以上のように、本解析では現況安全率として $F_s = 1.00$ 、計画安全率として $F_s = 1.20$ を設定し、最良の安全を担保することとする。

(2) 地すべり土塊・すべり面の土質定数

安定計算に用いる土質定数には、構成する土質の単位体積重量とすべり面の強度定数(粘着力およびせん断抵抗角)が挙げられる。

① 単位体積重量(ρ_t)

当地すべりブロックの単位体積重量は、「地すべり防止技術指針及び同解-p57-(国土交通省)」に示されている、

$$\cdot \rho_t = 18 (\text{kN/m}^3)$$

を用いる。

② すべり面強度(粘着力・内部摩擦角)

すべり面強度を推定する方法には、「逆算法」と「土質試験による方法」がある。斜面安定計算に対するすべり面の強度定数は、すべり面での平均的な値を用いることが必要であるため、「土質試験による方法」では試料採取位置や試験方法とその数量等を考慮することが重要になってくる。このため、通常は「逆算法」による強度定数の推定が多く用いられている。したがって、ここでは安定計算式を用いて安全バランスから逆算してすべり面強度(粘着力・内部摩擦角)を算出する。

逆算法を用いる場合は、表-5.2.1に示すすべり面の平均鉛直層厚と粘着力の関係が知られている。

表-5.2.1 平均鉛直層厚と粘着力

(「道路土工 切土工・斜面安定工指針-p400-」：(日本道路協会))

地すべりの平均鉛直層厚 (m)	粘着力 C (kN/m ²)
5	5
10	10
15	15
20	20
25	25

今回も、表で示されたとおり、地すべり平均鉛直層厚 H = 粘着力 C として内部摩擦角 ϕ を求めるものとする。

(3) 間隙水圧

間隙水圧は、地下水位観測の最高水位を採用して、間隙水圧にかえる。ここで、初生ブロック主測線の4本のボーリングのうち、BV-2・BV-4は孔内傾斜計設置孔である。孔内傾斜計は、グラウト充填して仕上げるためパイプ歪計と異なり、水位観測孔として併用することできない。

そこで、横断方向において同位置付近で水位観測を行っている観測孔の水位を参考とする。

表-5.2.2 安定解析に用いる地下水位

ブロック名	観測孔	地下水位 (GL-m)	備 考
初生 ブロック	BV-1	0.57	
	BV-2	-(0.19)	孔内傾斜計設置のため水位観測は不能 BV-5の最高水位を採用
	BV-3	0.54	
Aブロック	BV-4	-(0.75)	孔内傾斜計設置のため水位観測は不能 BV-7孔の最高水位を採用
	BV-5	0.19	
	BV-6	2.24	
Bブロック	BV-7	0.75	
	BV-8	3.25	
	BV-9	2.72	
	BV-10	3.03	

現況安全率 $F_s=1.00$ とした場合の想定移動土塊のバランスから、すべり面強度の逆算を行う。これを基に必要抑止力 P_r を求めた。その結果は、「安定解析計算書」として調査報告書巻末に添付する。これらを、表-5.3.1 にまとめた。

その結果、最も規模の大きい初生ブロックの必要抑止力が最大であることが判明した。

表-5.3.1 安定計算結果

種 別	単位	初生ブロック	Aブロック	Bブロック
安全率	—	1.00	1.00	1.00
計画安全率	—	1.20	1.20	1.20
抑止力	kN/m	3063.8	2925.7	2103.7
すべり面長	m	208.242	188.412	151.028
地すべり力	kN/m	15318.947	14628.126	10518.279
法線力	kN/m	34590.9	33096.7	19567.3
間隙水圧	kN/m	19454.8	17905.9	10374.3
地すべり抵抗力	S kN/m	15318.951	14628.136	10518.284
粘着力	C kN/m ²	11.15	11.91	9.84
内部摩擦角	φ 度	40.65	39.19	44.49

前項で検討したように、現況安全率 $F_s=1.00$ から計画安全率 $PFs=1.20$ に上昇させるために必要に抑止力は、 $P_r=3063.8\text{kN/m}$ となる。そのために、地すべり対策工を採用することとなる。

地すべり対策工法の種類は、一般的に抑制工と抑止工に区別される。抑制工とは、地すべりの誘因となる地形・地下水などの自然条件を改良することによって、地すべりの運動を緩和・停止させることを目的としている。抑制工は効率的な計画によって、長期間の安定に対して大きく寄与することができる。

抑止工とは、地すべり推力に対して構造物等を設置して力で対抗し、斜面のバランスを保持しようとするものである。抑止工法は小規模地すべりについては、有効に作用するとともに、大規模地すべりでもその中の小ブロックや斜面の一部での対策には有効とされている。また、保安対象に対して直接安定を図る目的で用いられることも多い。

ここで、図-5.4.1 に地すべり防止対策工の種類を示す。

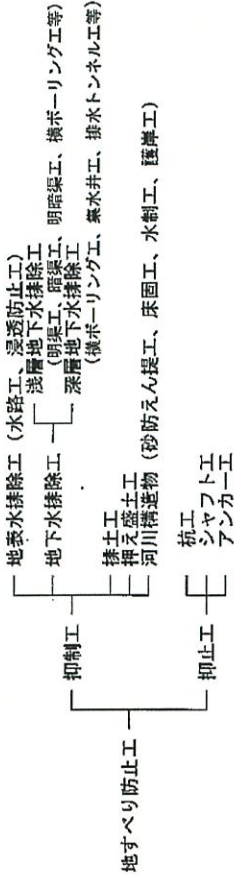


図-5.4.1 地すべり防止対策工法の種類（「地すべり防止技術指針及び同解説-658-」（国土交通省）」）

また、地すべりの型と対策工法の対比を表-5.4.1に示す。
当地すべりは、採掘に伴う地山掘削によって発生したものであり、地すべりの型は「岩盤地すべり」あるいは「風化岩地すべり」に分類される。

地すべり対策としては、図-5.4.1・表-5.4.1より抑制工と抑止工の併用が最も効果的であり、以下に示す工法の組み合わせが最適と判断される。

<抑制工>

- ・地下水排除工：横ポーリング工
- ・排水工あるいは押え盛土工
- <抑止工>
- ・グラウンドアンカー工

表-5.4.1 地すべりの型と対策工法の対比
(「道路土工切土工・斜面安定工指針-P407」(社)日本道路協会)

主 な 原 因	地すべりの型	対 策 工 法									
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
自然誘因	降雨・融雪浸透	○	△	◎	△	◎	○	○	◎	◎	○
	地下水の増加	◎	△	◎	△	◎	○	○	◎	◎	○
	河川の浸食	◎	○	◎	△	○	◎	◎	○	○	△
	崩壊地すべり	◎	◎	○	○	△	◎	◎	△	△	△
人為的誘因	粘質土地すべり	◎	◎	○	○	△	◎	◎	△	△	△
	岩盤地すべり	△	△	○	△	◎	◎	◎	○	○	◎
	風化岩地すべり	△	△	○	△	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	崩壊地すべり	○	○	○	△	◎	◎	◎	◎	◎	○
盛土工	粘質土地すべり	◎	◎	○	△	◎	◎	◎	△	△	△
	崩壊地すべり	△	△	○	△	△	◎	◎	◎	◎	◎
	粘質土地すべり	△	△	○	△	△	◎	◎	◎	◎	◎

- a : 地表水排除工
b : 浅層地下水排除工
c : 深層地下水排除工
d : 地下水遮断工
e : 排水工、段取り(のり面保護工含む)
f : 押え盛土工(擁壁工、砕工を含む)
g : 河川構造物
h : 杭工
i : シヤフト工
j : グランウインドアンカー工

凡例：◎ 最もよく用いられる方法
：○ しばしば用いられる方法
：△ 場合により用いられる方法

(2) ボーリング柱状図

図-5. 2. 2 ボーリング調査結果図 (BV-1)

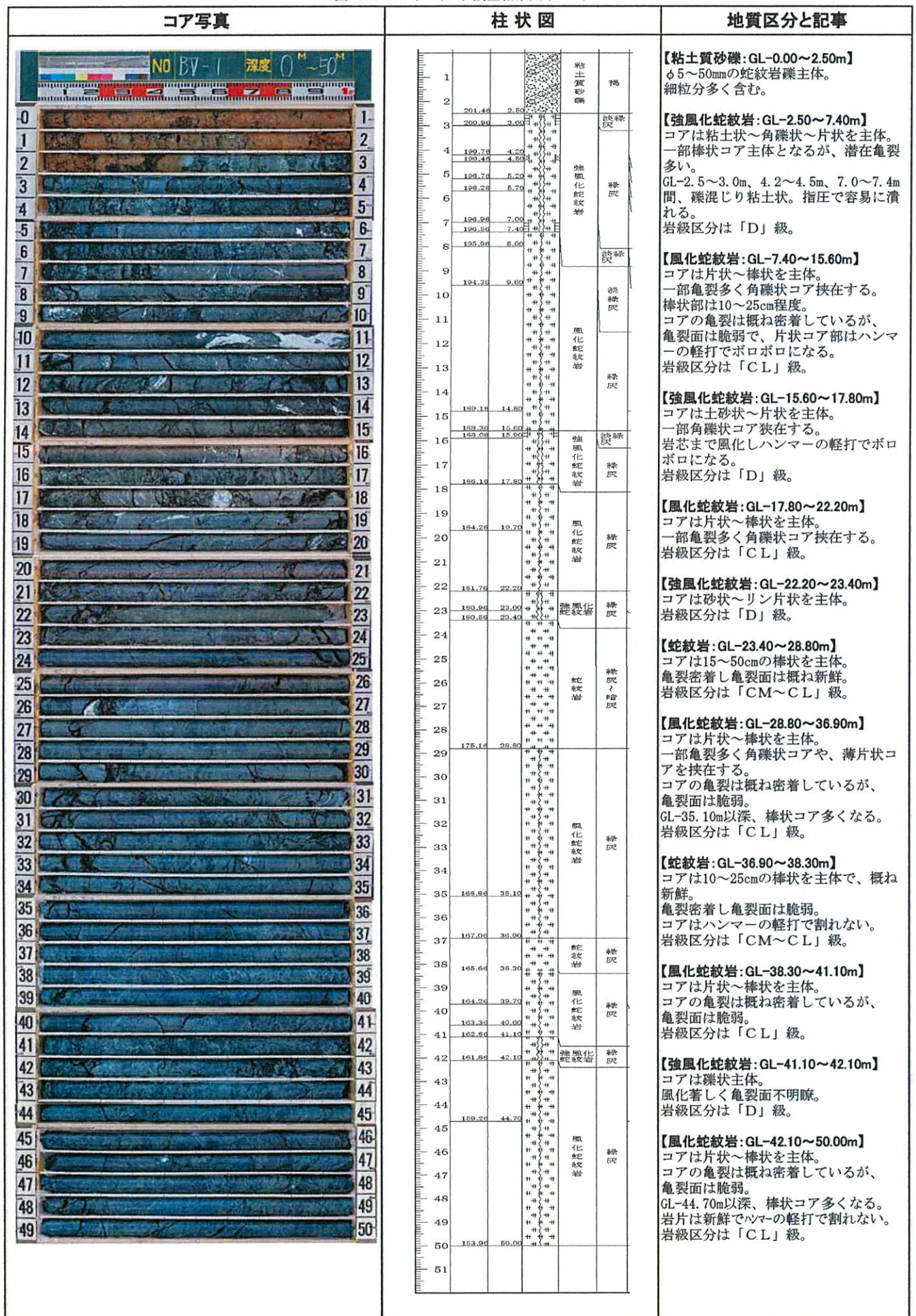


図-5.2.3 ボーリング調査結果図 (BV-2)

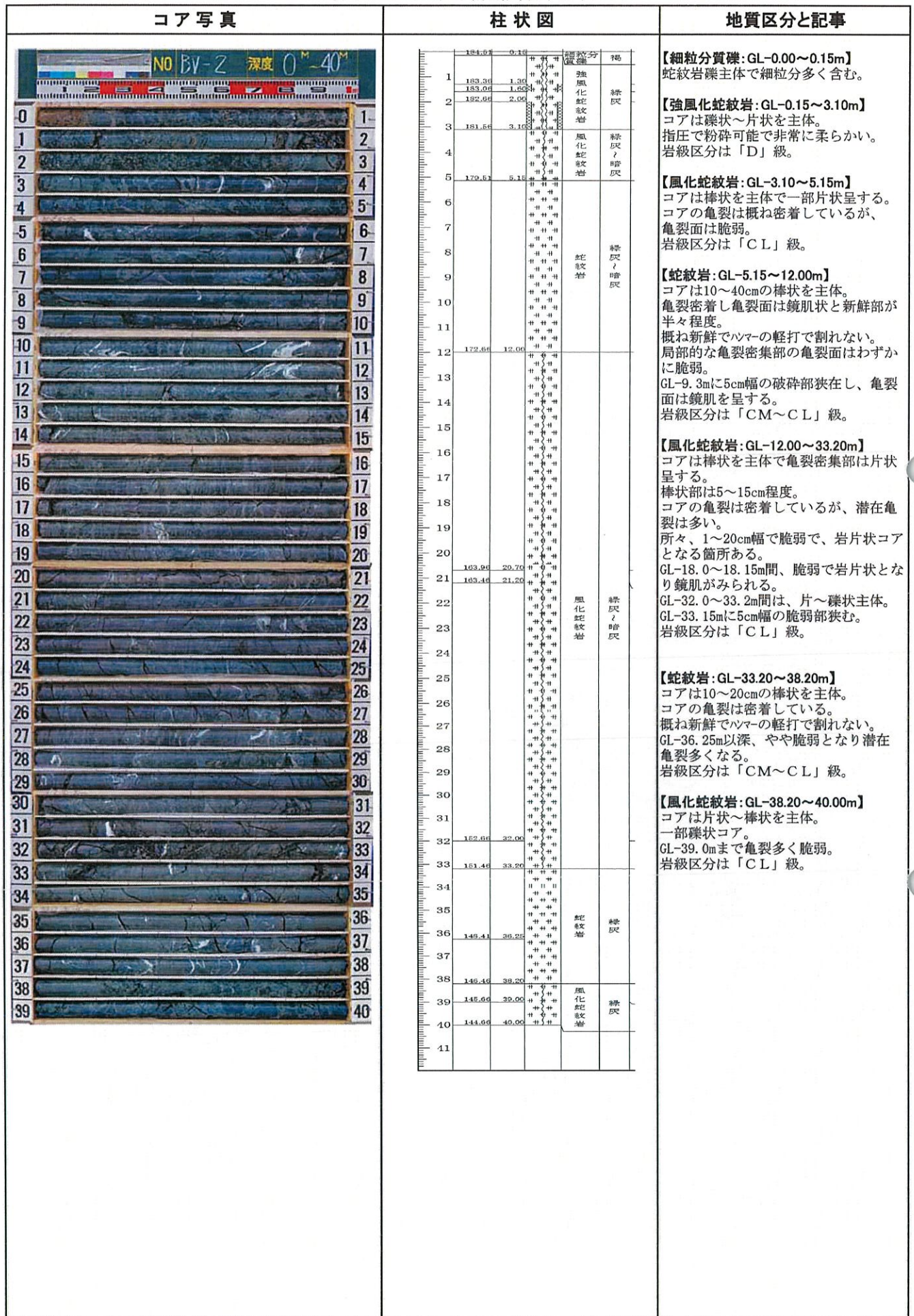


図-5.2.4 ボーリング調査結果図 (BV-3)

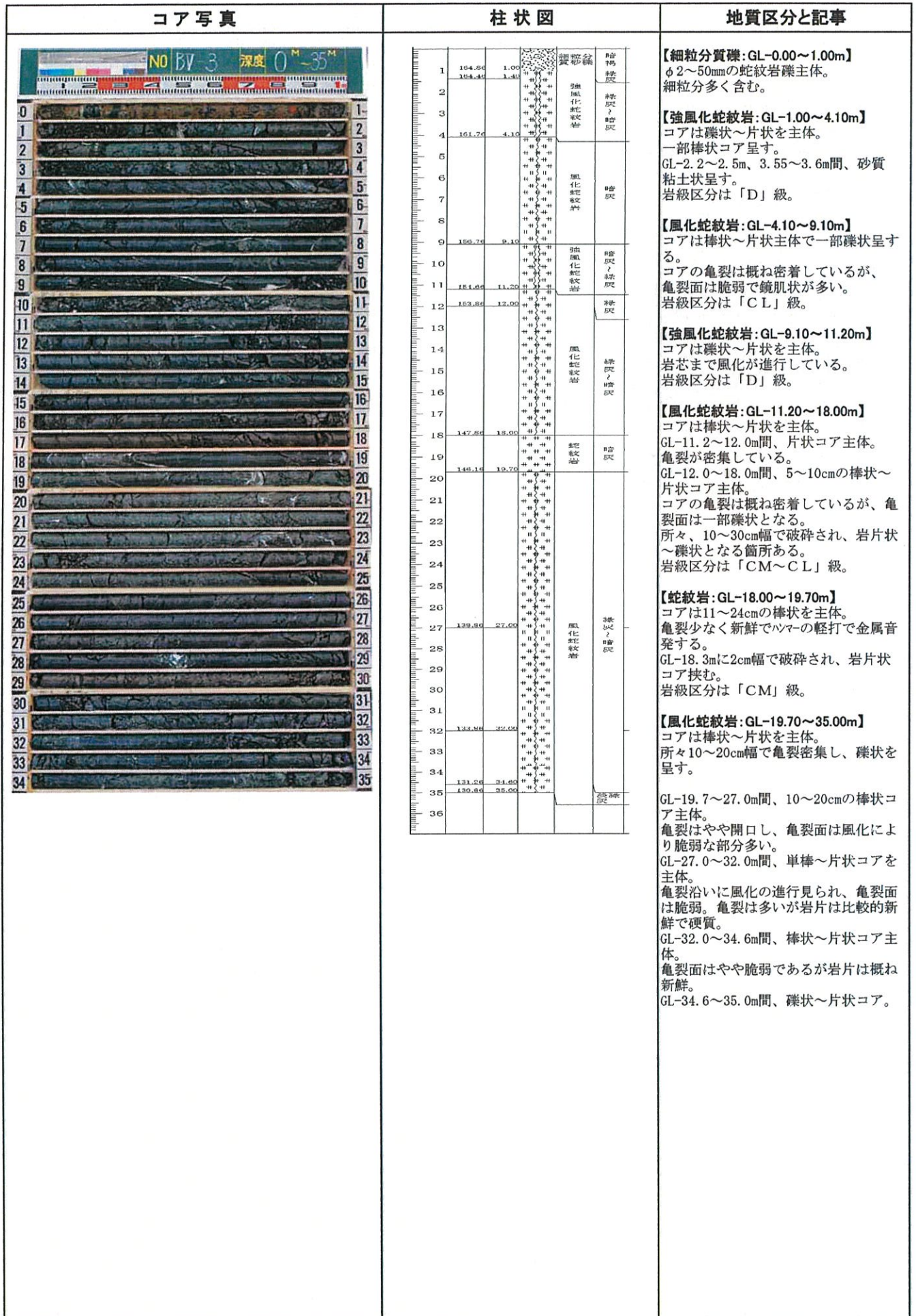


図-5. 2. 5 ボーリング調査結果図 (BV-4)

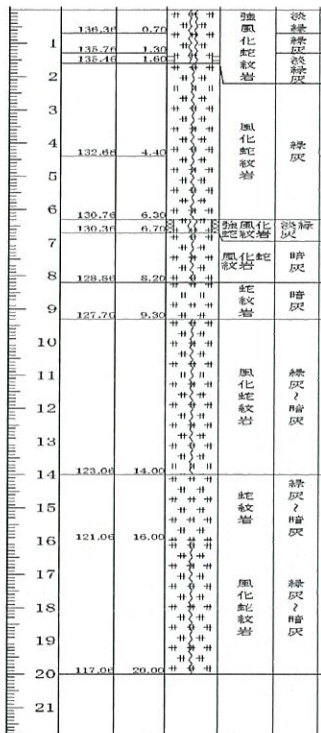
コア写真		柱状図	地質区分と記事
			【強風化蛇紋岩: GL-0.00~1.60m】 コアは砂状~礫状~片状を呈する。 GL-1.3m以深、一部粘土化。 岩級区分は「D」級。 【風化蛇紋岩: GL-1.60~6.30m】 コアは片状~棒状を主体。 GL-1.60~4.40m間、片状コア主体。 亀裂沿いに風化進行し、亀裂面は脆弱 GL-3.4mに1cm厚で固結粘土存在。 GL-4.40~6.30m間、10~20cmの棒状コ ア主体。 GL-5.30~5.90m間、亀裂多い。 岩級区分は「CM~CL」級。 【強風化蛇紋岩: GL-6.30~6.70m】 コアは礫状主体で若干粘土化呈す。 岩芯まで風化し指圧で潰れる。 岩級区分は「D」級。 【風化蛇紋岩: GL-6.70~8.20m】 コアは10~50cmの棒状を主体。 亀裂は密着しているが、亀裂面は脆弱 岩級区分は「CM~CL」級。 【蛇紋岩: GL-8.20~9.30m】 コアは20~50cmの棒状を主体。 亀裂少なく新鮮。ハンマー軽打で割れない。 岩級区分は「CM~CL」級。 【風化蛇紋岩: GL-9.30~14.00m】 コアは棒状を主体とし、亀裂密集部は 片状。 コアの亀裂はやや開口し、亀裂面は 脆弱な部分多い。 GL-10.45~10.5m、11.3~11.35m、 11.75~11.8m間、破碎部存在。 岩級区分は「CL」級。 【蛇紋岩: GL-14.00~16.00m】 コアは棒状を主体で亀裂少ない。 岩級区分は「CM~CL」級。 【風化蛇紋岩: GL-16.00~20.00m】 コアは5~10cmの棒状を主体とし、 亀裂密集部は片状呈す。 コアの亀裂はやや開口し、亀裂面は 脆弱な部分多い。 岩級区分は「CL」級。

図-5. 2. 6 ボーリング調査結果図 (BV-5)

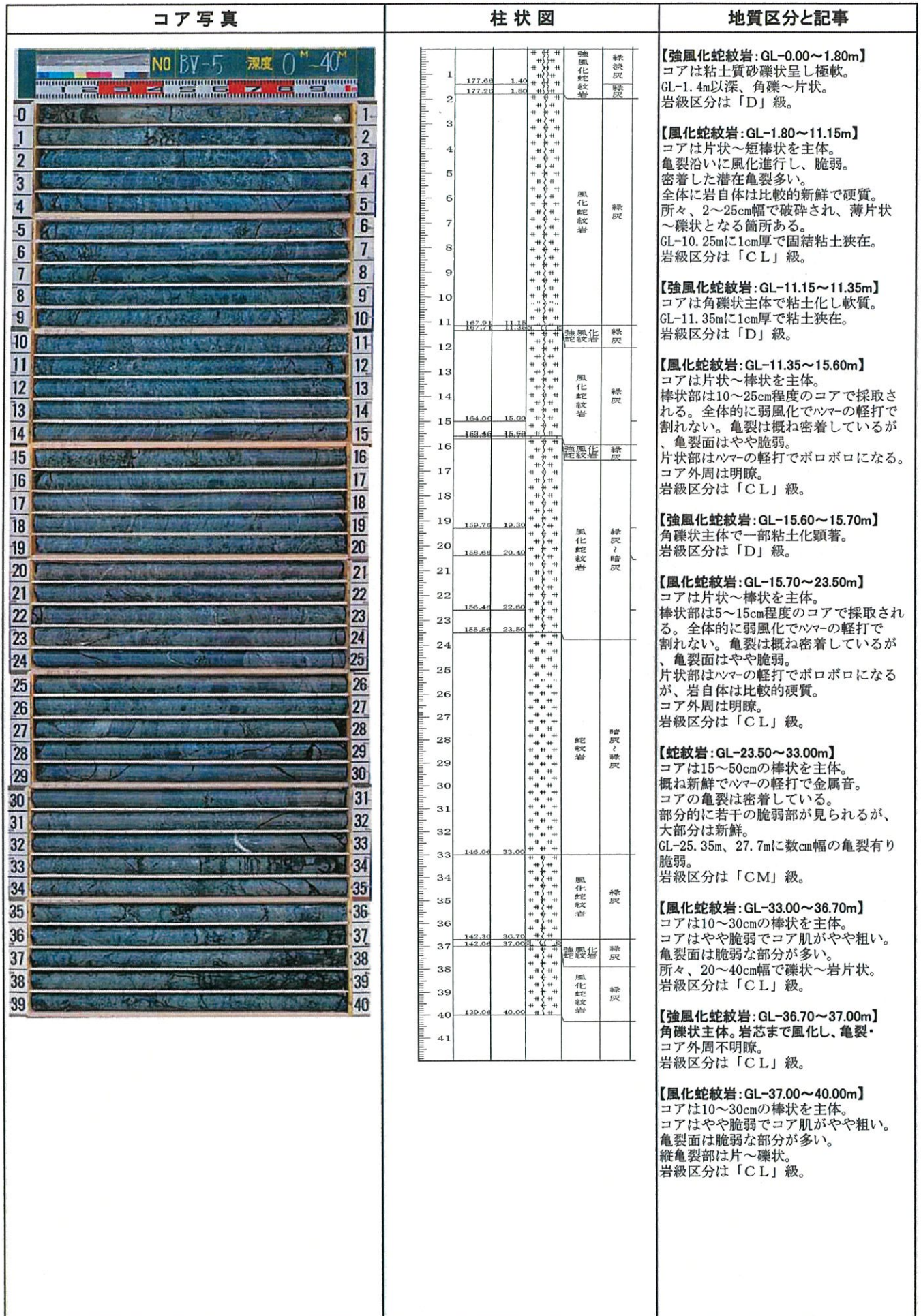


図-5. 2. 7 ボーリング調査結果図 (BV-6)

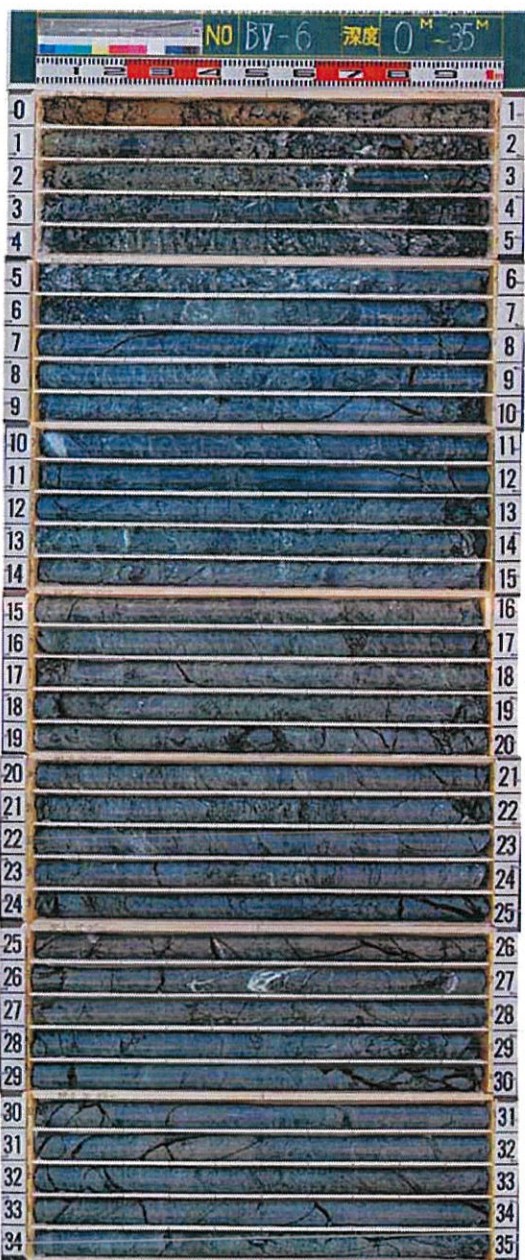
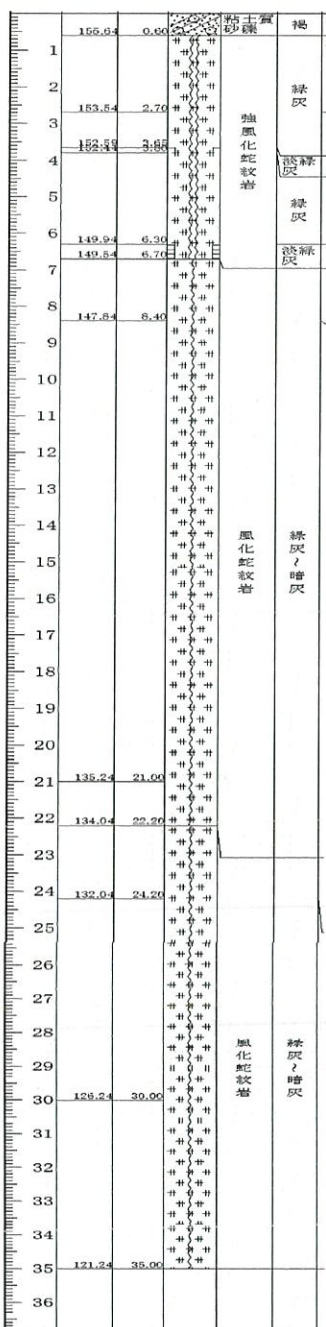
コア写真	柱状図	地質区分と記事
		【細粒分質礫: GL-0.00~0.60m】 ϕ 5~100mmの角礫主体で細粒分多く含む。
		【強風化蛇紋岩: GL-0.60~6.70m】 コアは粘土状~礫状~片状呈す。 GL-2.7mまで礫状主体。 GL-2.7~3.65m間、片状主体。コア外周は明瞭。亀裂面は脆弱。 GL-3.65~3.80m間、粘土質砂状。 GL-3.8~6.3m間、輪片~角礫状。 ハマーの軽打でボロボロになる。 GL-6.3~6.7m間、砂質粘土状。 岩片に鏡肌が見られる。 岩級区分は「D」級。
		【風化蛇紋岩: GL-6.70~22.20m】 コアは片状~棒状を主体。 GL-6.7~8.4m間、5~10cmの棒状コア主体。ハマーの軽打で割れない。 亀裂は概ね密着しているが、亀裂面はやや脆弱。 GL-8.4~21.0m間、片状コア主体。 コア外周は明瞭。 片状部は潜在亀裂多く、ハマーの軽打で分離する。岩自体新鮮で比較的硬質。 亀裂は脆弱で、GL-12.9~13m間角礫~薄片状。片状部には鏡肌がみられる。 所々、2~10cm幅で、薄片状コアとなる箇所ある。 GL-21.0~22.2m間、短棒~輪片状コア主体。 ハマーの軽打でボロボロになる。 一部角礫状呈す。 岩級区分は「CL」級。
		【風化蛇紋岩: GL-22.20~35.00m】 コアは片状~棒状を主体。 GL-22.2~24.2m間、片状コア主体。 ハマーの軽打で濁音。 亀裂面脆弱。 GL-24.2~30.0m間、5~15cmの棒状コア主体。亀裂密集部は片状呈す。 コアはハマーの軽打で濁音発す。潜在亀裂が多くハマーの軽打で容易に剥がれる。 亀裂面は礫状を呈する部分が多いが、岩自体は硬質。 GL-30.0~35.0m間、10~20cmの棒状コア主体。一部は片状呈す。 上位層よりやや亀裂少なくなる。 岩級区分は「CL」級。

図-5.2.8 ボーリング調査結果図 (BV-7)

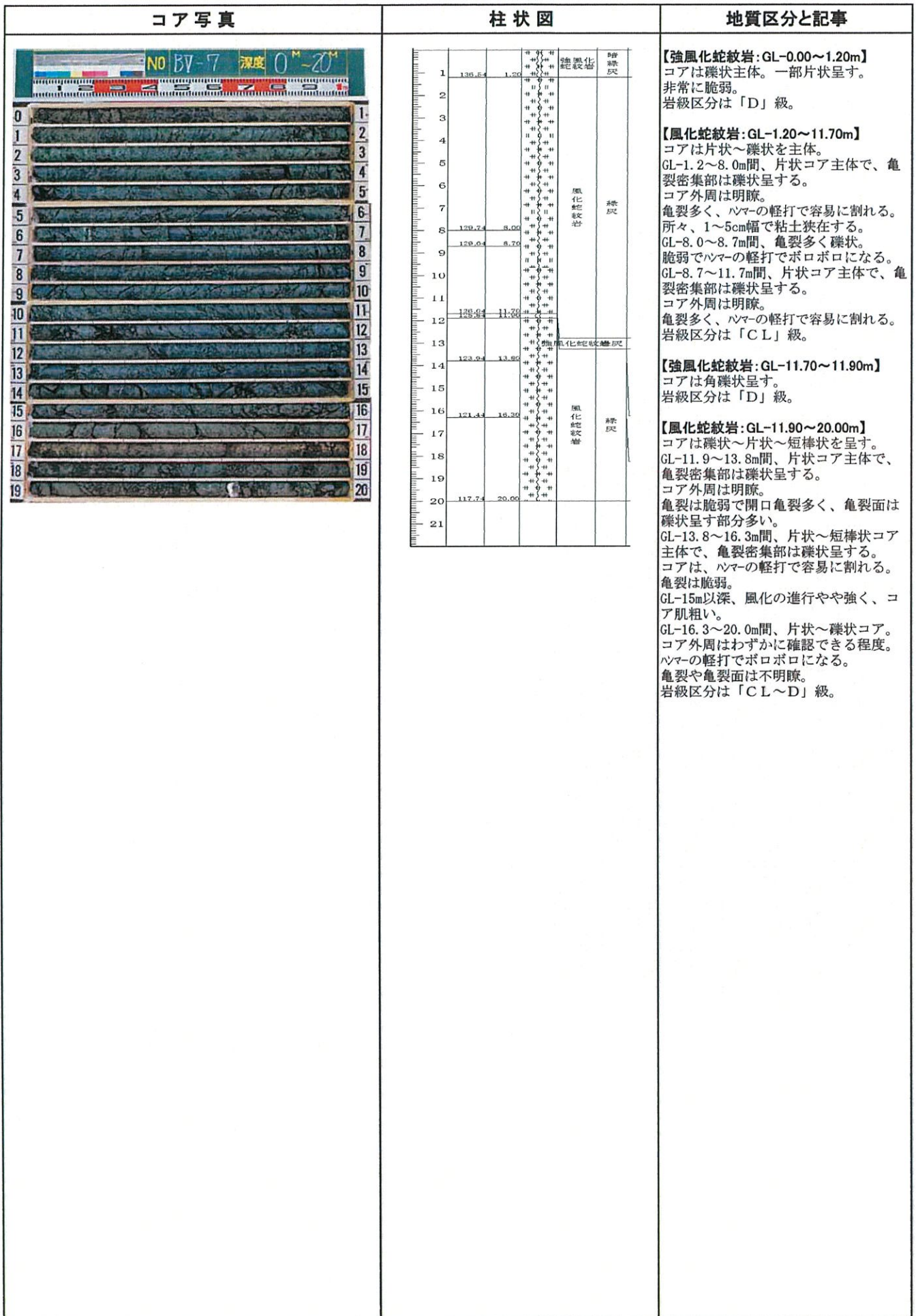


図-5.2.9 ボーリング調査結果図 (BV-8)

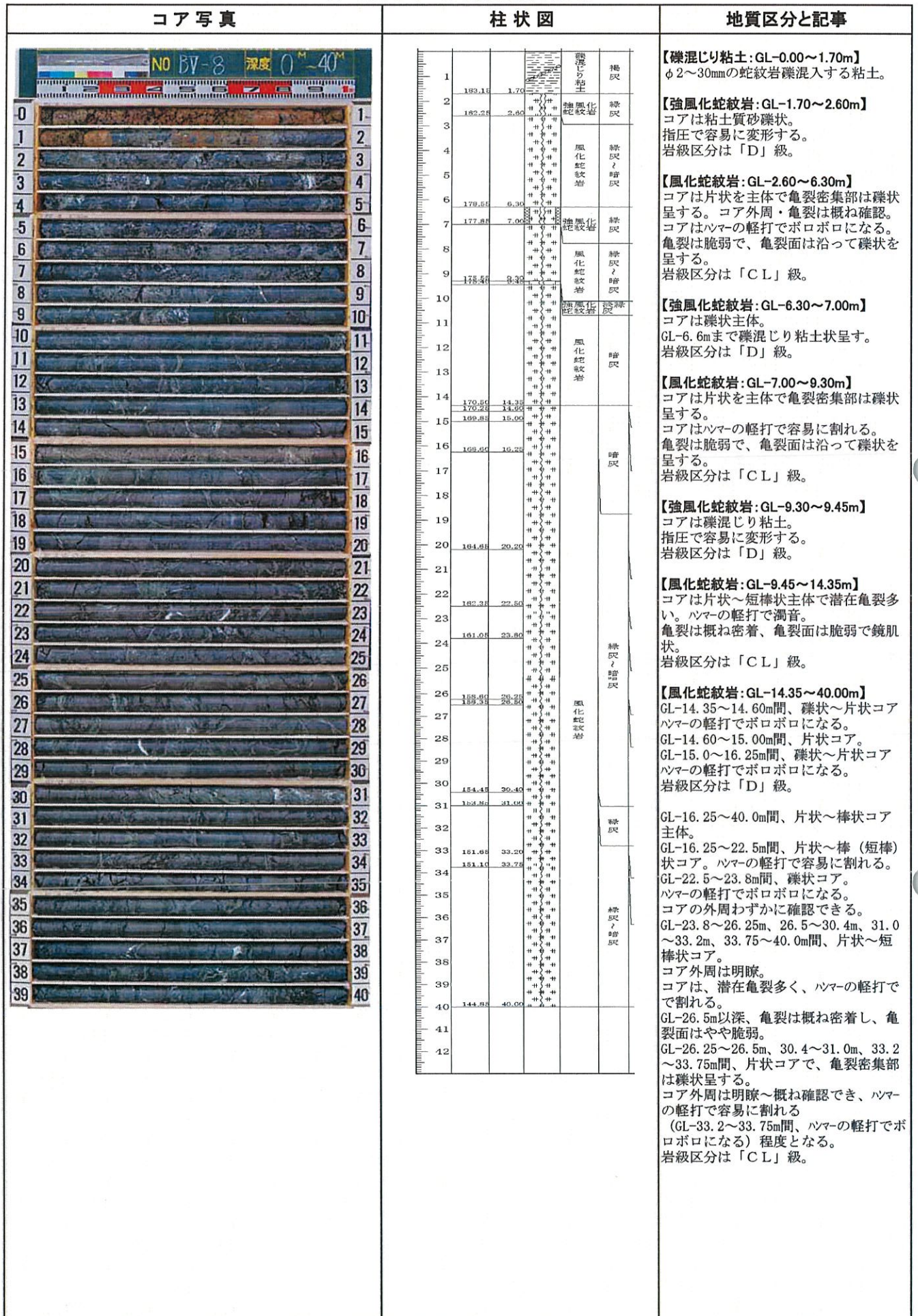


図-5. 2. 10 ボーリング調査結果図 (BV-9)

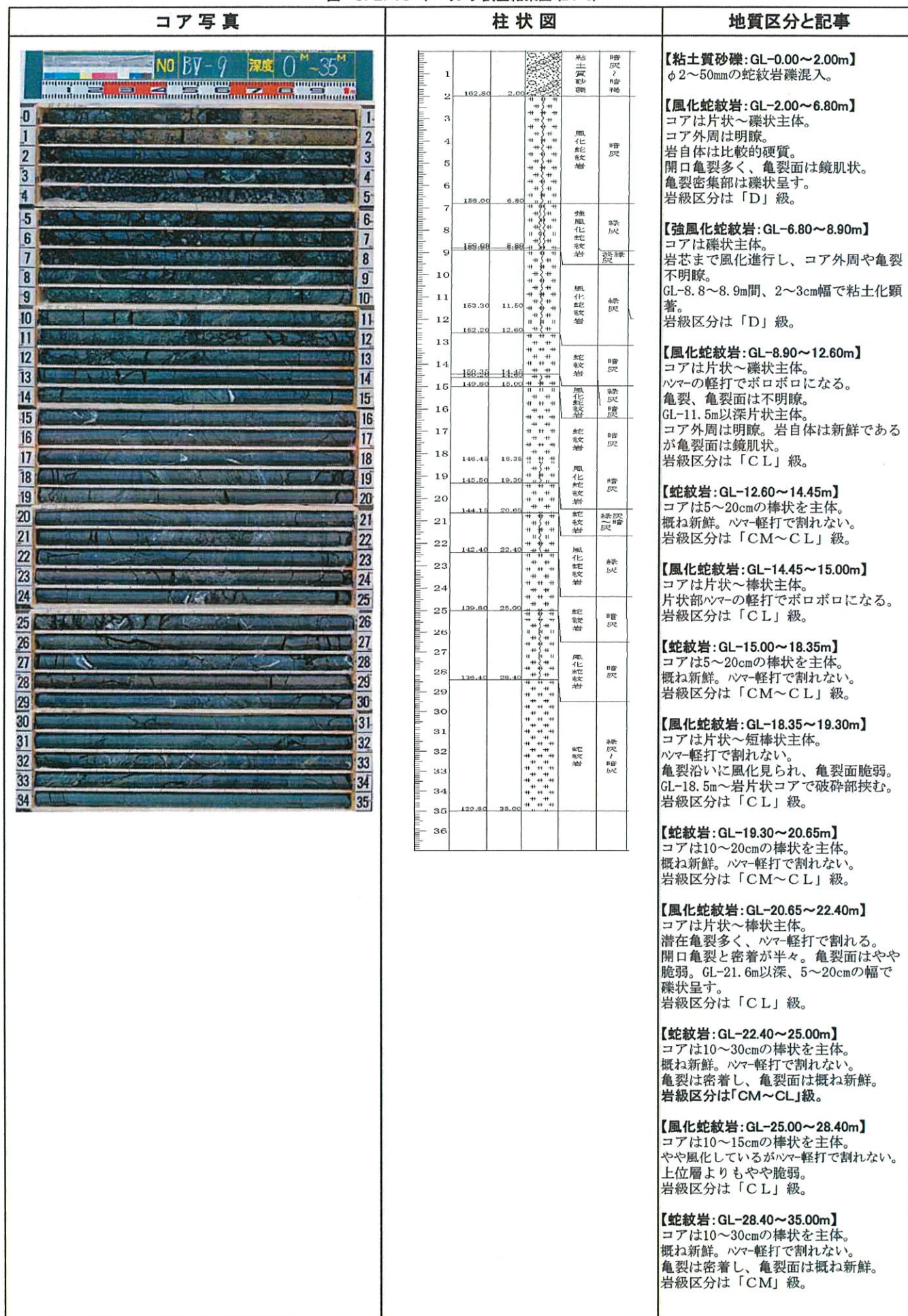


図-5. 2. 11 ボーリング調査結果図 (BV-10)

