日本地すべり学会 四国地域災害調査・宇和島関係現地調査(A班)

日程; H30.9.10~11

場所:愛媛県宇和島市吉田町

調査員:千葉伸一(応用地質)、中谷仁(日さく)、古谷尊彦(日さく)、若井明彦(群馬大学)

1. 調査地の概要

調査対象としたのは(図-1)愛媛県宇和島市吉田町の法花津湾周辺に位置する標高 10~110m、傾斜 35~40°の4か所の斜面である。「小名トンネル西側坑口」は比高約 100m の北向き斜面、「小白浦南・北」は比高約 50m の北西向き斜面、「与村井」は比高約 30m の北東向き斜面である。各斜面ともミカン畑として農地利用されている。

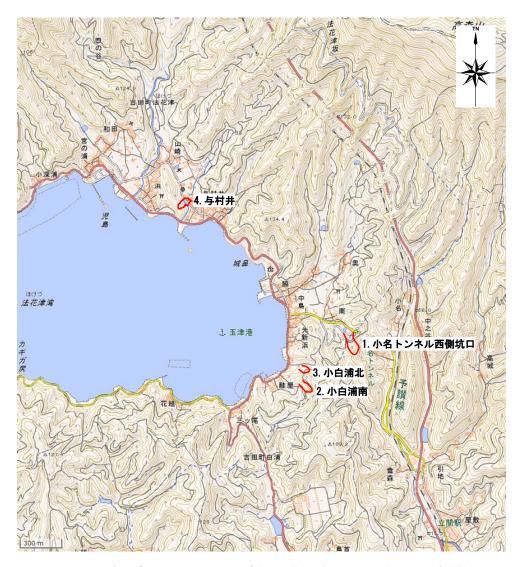


図-1 調査対象とした4か所の斜面の位置(国土地理院地図に加筆)

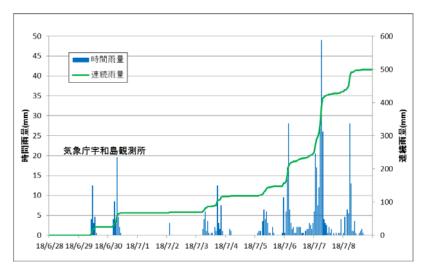


図-2 調査地の降雨状況(6/28~7/8、宇和島)

調査地の地質は中生代白亜紀の四万十帯法花津層の砂岩や頁岩・砂岩互層から構成され、地質構造は西北西-東南東走向の北落ち 50~60°の傾斜とされる ¹)。また、各調査地とも地すべり地形としては判読されていない ²)。

社会的背景として、法花津湾の「法花津」という地名は法花と津からなり、法花はホケ(ボケ)、ハケ(ハゲ)、バッケなど崩壊地を意味するとされる言葉、津は港であり、法花津湾周辺地域は崩壊の多い地域を連想させる。その背景に、この地域が古くから著名な段畑景観で知られる地域で、高度に斜面の土地利用の進んだ地域の存在がある。

2. 気象

平成 30 年 7 月豪雨は、6 月 28 日以降の梅雨前線の停滞と台風 7 号による湿った空気の供給で発生し、西日本を中心に広い範囲で記録的な豪雨となった $^{3)}$ 。気象庁宇和島観測所の観測データによると、雨は 6 月 29 日の降り始めから 7 月 8 日までの総雨量が 500mm、最大日雨量は 7 月 7 日の 186.5mm、最大時間雨量は同日 $6:00\sim7:00$ の 49mm であり、1 週間にわたって断続的な降雨があった(図-2) 4 。

3. 調査結果

以降,各現場の調査結果について順に報告する。なお、<u>それらとは別の補足資料として、</u> 各現場の詳細な地形図や地層構造、近接写真などを稿末に添付したので、あわせて参照されたい。

3.1 小名トンネル西側坑口

崩壊発生域(写真-1)は幅 60m・長さ 60m・崩壊前の傾斜は 36°、滑落崖は尾根まで達しており、その比高は最大約 10m である。また、推定崩壊深度は最大 8m 程度と予想される(当該地は LP 地形図が無いので詳細な崩壊深度は不明)。



写真-1 小名トンネル西側坑口全景

滑落崖周辺に砂岩・頁岩・緑色岩からなる基盤岩が確認され、崩壊地内は崖錐堆積物や崩積土で覆われる。基盤岩の地質構造はEW 走向の 44°~52°北落ちで、当該斜面に対して流れ盤構造をなす。破壊面(滑落面)は崩壊地左側が前述の層理を、滑落崖頭部はNE 走向で西落ちの節理を、崩壊地右側はNS 走向西落ちの節理を使っており、それぞれの組合せにより最もすべりやすい形状で地山から分離している。右側方滑落崖を構成する砂岩層は全体に角礫状となっており、重力変形により破砕していると考えられる。崩壊地頭部の右よりにガリー状の流水痕や水の滲み出しが確認されており、崩壊時には湧水・流水が生じていた事を示している。上記が主に豪雨に基づきこの崩壊を導いた地質的素因である。

滑落崖には、みかん畑の施設である塩ビ管やモノレールが確認される。崩壊土砂は $\phi \sim 30 \, \mathrm{cm}$ 程度の砂岩の角礫主体で移送域として地表面を削りながら県道まで流下して県道沿いに約 200m 下流まで堆積している。

主に岩層の層理面・節理面を使って滑落した堆積物は小名トンネル西側坑口全景写真(写真-1)に示される。斜面が破壊され、滑落・堆積して崩壊地を形成した地形は、原斜面が有した地形的素因に基づき破壊・滑落・移動・停止に至る全運動過程の結果が表現されている。この斜面構成物質の移動過程では、斜面物質の自破砕、また、豪雨・地下水に起因した大量の水の介在による流動化→土石流化→土石流扇状地へ、などの変化が考えられる。



図-3 小名トンネル西側坑口に近接する崩壊地の地形区分

説明は本文に記載. $1\sim5$ は地形面の区分、S は滑落崖、 $w_1\sim w_2$ は農道の切断箇所、Wは擁壁. g は地表面に残存する植生被覆の残片.

崩壊地(写真-1)の地形は図-3 のように区分される。W は道路の擁壁、S は基盤岩の露出が見られる滑落崖、この下方に薄い崖錐堆積物から厚みを増す 2 の堆積物の地形が広がる。左側方崖に農道の切断 $w_1 \sim w_2'$ が見られ、 w_1 は w_1' 、 w_2 は w_2' の切断面に対応している。 2 本体の堆積物は斜面下方に向かって線状に切られ、水流跡の地形が見られ、その先端に崖錐状の砂礫堆積物 3 の地形が広がる。この崖錐状の地形の右寄りに 2 筋の泥質物からなる水流の痕跡があり、左寄りの水流の痕跡の先端にごく小規模な扇形の地形が配置されている。2 の右側方は溝状に開析され、2 の末端に回り込むように 4 の扇状の堆積物が広がる。 さらにこの溝状の地形は明灰褐色の筋となって、下方で 5 の扇状の地形を形成する。なお、g は地表を覆っていた植被の残片である。

ここに示された堆積物の地形は何れも下方へ向かって凸型の曲線を成し、上方から下方へ向かって押し出した運動形態を示している。流水の多い場合は下端に堆積した地形が扇形をなし、土石流ないしは泥流状の運動形態をとったことを示している。1の堆積地形はマウンド状、1'は微小な起伏を伴うが、いずれもマスとしての運動形態を示す。2の堆積地形は右側方とやや右より中央部を開析されているが、末端は明瞭な下方へ向けた凸型の

曲線を描く急傾斜面を構成し、上方から下方へ押し出すマスとしての運動形態を示している。崩壊地に表現された地形の形成過程は全体の形状が上方から下方へ向かうものであり、これら微地形の発達過程は短期間に順次 1 から 5 へと発達したと言える。なお、3, 4, 5 の堆積地形は 2 の堆積物を開析し、1 を覆う事から 1, 2 のイベントの後に発生したイベントになる。また、3 の堆積地形は 2 筋の水流の痕跡があり、4 の堆積地形は右側方が水流によって削られており、5 の堆積地形より先に成立している。しかし、3、4、5 は 2, 3 の堆積地形の成立後の流水によるイベントによる。水流の痕跡は右上方の滑落崖の湧水の見られる方向に収斂している。しかし、これらの堆積地形が図-2 に示されるどの降雨に対応するかは、この調査では明らかにできなかった。

3.2 小白浦南

崩壊発生域(写真-2)は幅 40m、長さ 50m、崩壊前の傾斜は 30°、滑落崖は斜面途中に位置して比高は最大約 5m であり、推定崩壊深度は最大 6m 程度と予想される。

滑落崖や崩壊地内の沢沿いの一部には、砂岩や頁岩からなる基盤岩が確認される。基盤岩の地質構造は NE 走向の 38° 北落ちで斜面に対して流れ盤構造をなしており、すべりによる破壊面をなしていることから、流れ盤の岩盤すべりと考えられる。崩壊の両側部には NW 走向の北落ち・南落ちの節理面が分布しており崩壊地の側部を規制している。

崩壊地には2か所の湧水が確認され、その下方が侵食されており、崩壊地下流では50L/ 分程度の流量となる。また、北側の農道から道路排水が崩壊地内に流入している。

滑落崖には、みかん畑の施設である塩ビ管、農道には水道管(鉄管)が敷設されている。 崩壊土砂は沢沿いに2回蛇行しながら約200m程度流下して、海岸沿いの住宅地に達する。



写真-2 小白浦南地区の全景

崩壊土砂の一部には、水道管やモノレール、破損したブロック積擁壁の間知ブロックなどが散在して見られ、これらの中に含まれる数本の鉄管は流下方向とほぼ平行に長軸を向けて土砂流に側方へ押し付けられるような形で停止していた。

この崩壊地は緩やかな凹型に広がる谷の山腹斜面の左側方に発生している。崩壊地の地 形は半円形に近い滑落崖と破壊された斜面内に 2m 前後まで確認できる崩積土を残してい る。左寄りにはミカンの立ち木を残すやや厚い崩積土が残されている。これらの崩積土は ガリーによる侵蝕が進み、特に右寄り上方の崩積土に顕著になっている。道路に近い崩積 土の末端右寄りは深く抉られ、下方への土砂流動の痕跡が認められる。

崩壊する以前の斜面に道路が上方と下方の2か所に造成されていて、上方の道路は切断され、その残骸が下方の道路直上付近に確認でき、また、左寄りの崩積土上に残されているミカンの立ち木の存在などから、崩壊は地質状況と合わせ考えると、すべりにより滑落したことが考えられる。下方の道路には破損は認められるが、残されており、これより下方の緩斜面は幅1~2m、深さ1m足らずのガリーが認められ、その周辺には扇形に堆積物が広がっている。扇形の地形を構成する堆積物は厚さ1m前後の土砂礫からなり、土石流に近い土砂流によって形成されたと推定される。土砂の堆積部の側方端部には流下してきた土砂流が最終的に停止した際に形成されたと思われる自然堤防様の土砂の高まりが確認された。住宅地域に流入したこの土砂流が家屋被害の原因になった。なお、土砂流は一階建て家屋の屋根を覆うほどの高さには達していない。

小白浦南の崩壊地は背後に比較的広い集水域を有し、小名トンネル西側坑口・小白浦北・ 与村井の崩壊地と背景の地形が異なる。その結果、地表流が多かったことが推定され、崩 積土のガリー侵蝕や崩壊物質の水流による土石流に近い土砂流の移動形態で、下方へ運ば れ、長距離移送し、住宅地域に侵入したことが考えられる。

3.3 小白浦北

崩壊発生域(写真-3)は幅 30m、長さ 50m、崩壊前の傾斜は 36°で、滑落崖は尾根まで達しており比高は最大約 3m 程度、推定崩壊深度は最大 4m 程度と予想される。滑落崖の一部に EW 走向 72°北落ちの構造を示す砂岩が確認され、左側方崖を規制している(横盤構造)。また、中央に露出する砂岩は全体に角礫状であり、岩盤クリープにより破砕していると考えられる。崩壊地の左側は礫混じり土からなる崖錐堆積物が分布しており、崩壊のすべり面は崖錐堆積物内に形成されている(泥質岩の上位の崖錐堆積物をサンプリング)。崖錐堆積物には流水跡が確認されるが、パイピングホールは見られない。崩壊土砂は主に崖錐堆積物であることから、崩積土のすべりが主体であると考えられる。地層の境界付近での水圧上昇がすべりの直接の誘因になった可能性がある既述の 2 ケースとは異なり、比較的厚く堆積した崩積土層の中間ですべっていることから、下位層との境界付近における単純な滞水とその地下水位上昇が崩壊機構を形成させた可能性のほかに、浸透水による表層の重量増加(飽和域の下方への拡大)による滑動力の増加とサクションの消失が崩壊の直接の誘

因となった可能性もある。崩積土層の透水性の大小がこうした崩壊過程を大きく左右する ため、現象の正確な理解のためには原位置材料の浸透特性の把握が望まれる。



写真-3 小白浦北地区の全景



写真-4 小白浦北地区を上部から海岸方向を望む (海に達した崩壊土砂のみかんの木が立っている)

崩壊土砂は沢沿いに約100m流下して住家や護岸工を通過し、法花津湾の海に達している。 崩壊土砂は湾内をさらに約50m移動しており、堆積土砂にはミカンの木が立木の状態で残 存していることから、移動土塊は擾乱せずに塊状の状態で滑走したと考えられる。

この崩壊地は 3m 程度の半円形に近い滑落崖と、それより下方へ 3~4m と予想される崩積 土からなる堆積地形、被災した道路沿いの地区は排土され、元の地形は不明で、末端は海 中に押し出して停止している(写真-4)。海中に押し出した地形は先端に向け凸型の円弧を 描き、堆積物の表面には樹木の佇立が認められる。この部分の形状からは上部から滑走し て押し出したと推定されるが、道路沿いの排土によって、上部に残存する崩積土の地形と の関係は不明である。

上部から排土された地区までの崩積土表面の形状は、下部傾斜変換部(遷緩点:斜面と平地の境界)までの崩積土斜面には無数の雨裂が:刻まれている。大規模な滑落の後、その後の降雨により流水による侵蝕が進んでいると思われる。

3.4 与村井

崩壊発生域(写真-5)は幅 40m、長さ 35m、崩壊前の傾斜は 34°、滑落崖は尾根まで達しており比高は最大約 3m、推定崩壊深度は最大 5m 程度と予想される。

滑落崖や移送域には砂岩と頁岩優勢砂岩互層が分布しており、EW 走向で 40°~50°北落ちの構造を有するが、それら地質境界は小規模な断層で接している。また、崩壊地左側の崩壊面が NE 走向の南落ちの節理に、崩壊地頭部の滑落崖が NW 走向の東落ちの節理面となっていることから、本調査地の崩壊は層理面ではなく複数の節理で規制されて発生したと考えられる。滑落崖にはみかん畑の施設である塩ビ管が確認され、その背後には市の施設と思われるサイレンが設置されている。

崩壊土砂は斜面下方の沖積面に約 60m の範囲まで流出しており、道路面には最大高さ 0.3m 程度の線状の隆起帯(顕著な隆起部の幅は平均 0.2m 程度)が確認される(写真-6)。路面の隆起は、崩壊土砂が斜面と道路の間の水路に達して道路を含む地盤が受働破壊(スラストアップ)したと考えられる。顕著な隆起部の崩土移動直交方向の延長は 10m 以上に及び、若干の水平変位成分も見られた。

当該斜面を遠景で望むと、発生域の下端と隣接斜面の中腹に複数の表層崩壊が並んで確認されることから透水性の良い風化帯下面となっているなど、水理地質構造を反映している可能性が考えられる。

この崩壊地は稜線から脚部の道路に至るまで破壊滑落している。滑落崖の比高は 2~3mで、側方崖はこの高度より低くなりながら下端まで続き、下端脚部は道路拡幅による 2m程度の切土した崖になり、若干斜面の不安定化があったと推定される。この切土の上端の傾斜変換部に断続的に連続した節理面の破断が崩壊の主因と推測できる。いわば岩層すべりに類似する滑落によった崩積土は道路を超え、住宅地に突入して災害を引き起こしたものと考えられる。



写真-5 与村井地区の全景



写真-6 与村井地区の脚部の状況(向かって右から左に斜面が崩壊)



写真-7 与村井地区の遠景(発生域の下端と表層崩壊箇所が斜面中腹に並んでいる)

3.5 その他の崩壊

図-1 に示す $1\sim4$ として紹介した以上 4 か所の現場のほかに、周辺地域には多くの小崩壊地が認められた。

宇和島周辺地域の広域的地形は大きく分けて2つの山地に区分できる。宇和島の町周辺の山地は法花津湾を取り囲むように低山が広がり、その背後に一段高い山地が広がっている。小規模崩壊地の多くはこの低山に分布している。これらの崩壊の特徴は幅2~5m、長さ2~10m程度、土層厚1~2m程度の規模で、斜面のわずかな傾斜変換部や斜面の人工的改変、例えば作業用の農道法面などの傾斜変換部に集中する傾向が見られる。一例として、前項の与村井地区の遠景を写真-7に示す。

この地域の崩壊は、低山の樹木畑を主とする高度な土地利用が進んでいることと関係か深いことが考えられる。

引用参考文献

- 1)産業技術総合研究所(1986)、5万分1地質図幅・宇和島
- 2) 防災科学技術研究所研究資料 第308号5万分の1地すべり地形分布図 第32集「松山・宇和島」図集、宇和島
- 3) 気象庁、平成 30 年 7 月豪雨について(2018/9/18 閲覧) https://www.jma.go.jp/jma/press/1807/09b/20180709_sankou.pdf、
- 4) 気象庁、過去の気象データ検索(2018/9/18 閲覧) http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/

以上

補足資料

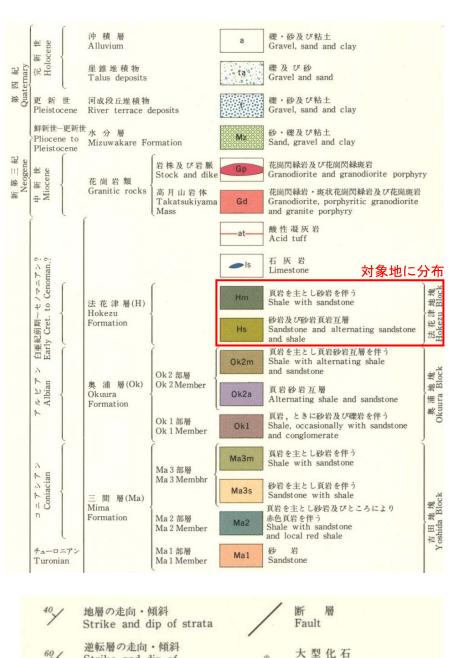
(図番は本編とは異なる表記であることに注意)



図.1 調査位置図



図.3 調査位置図(与村井)





5万分1地質図幅・宇和島(産総研)から引用

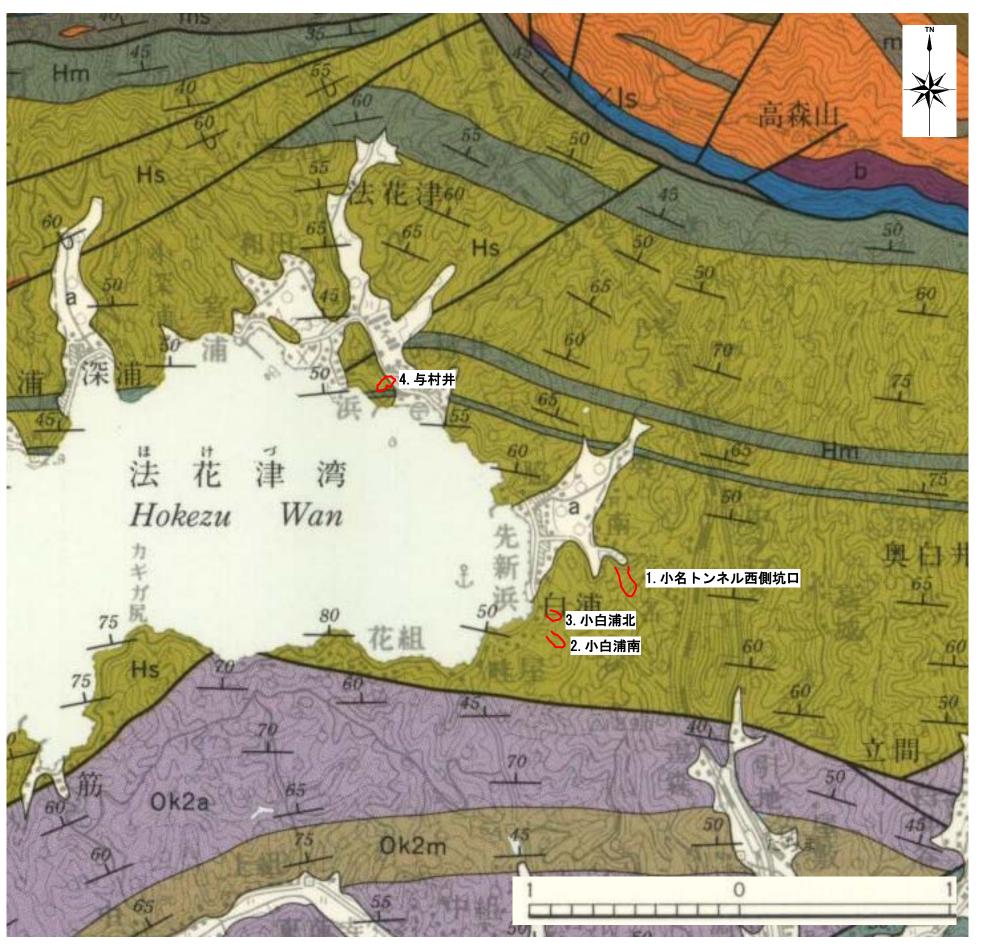
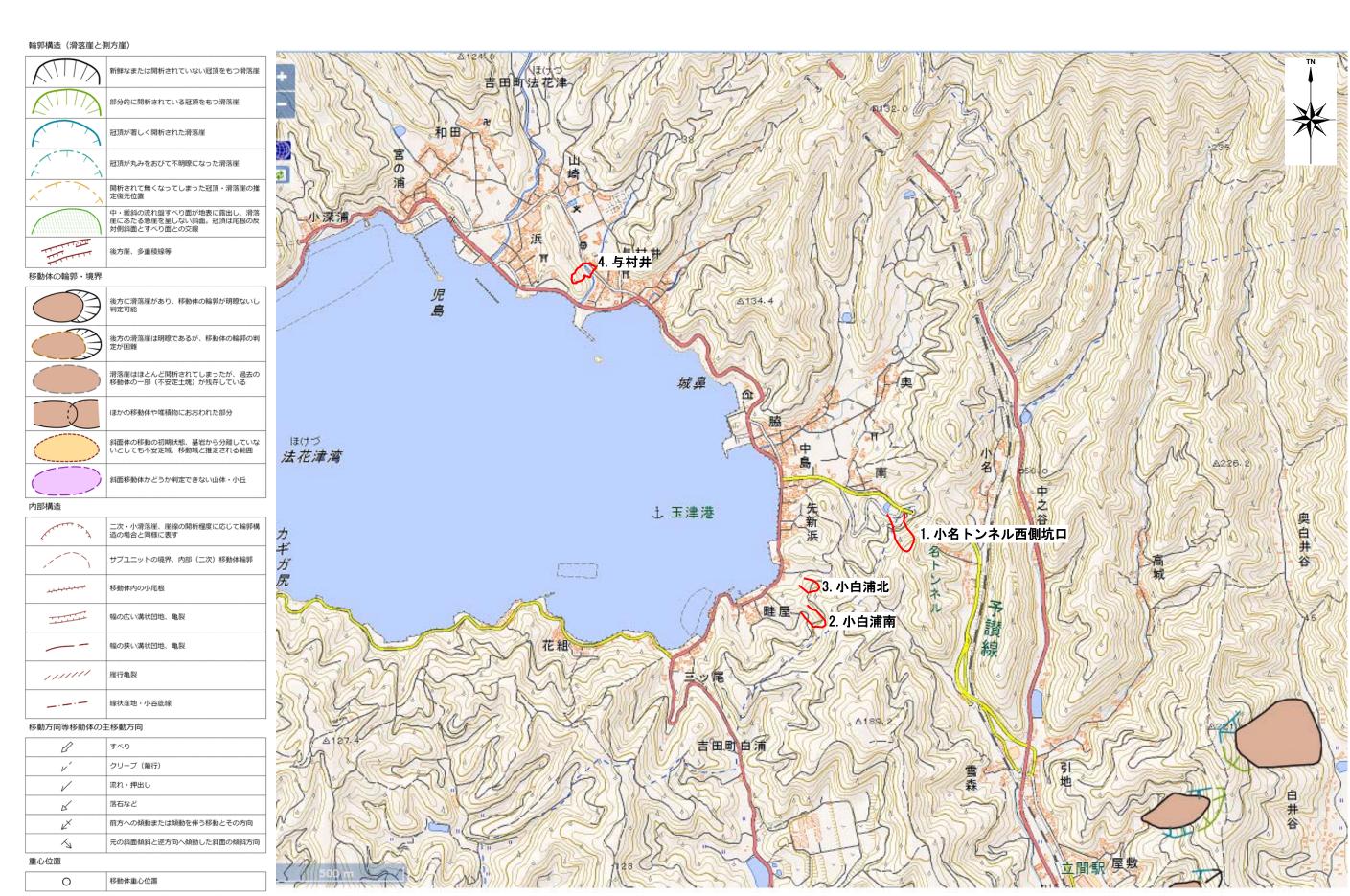
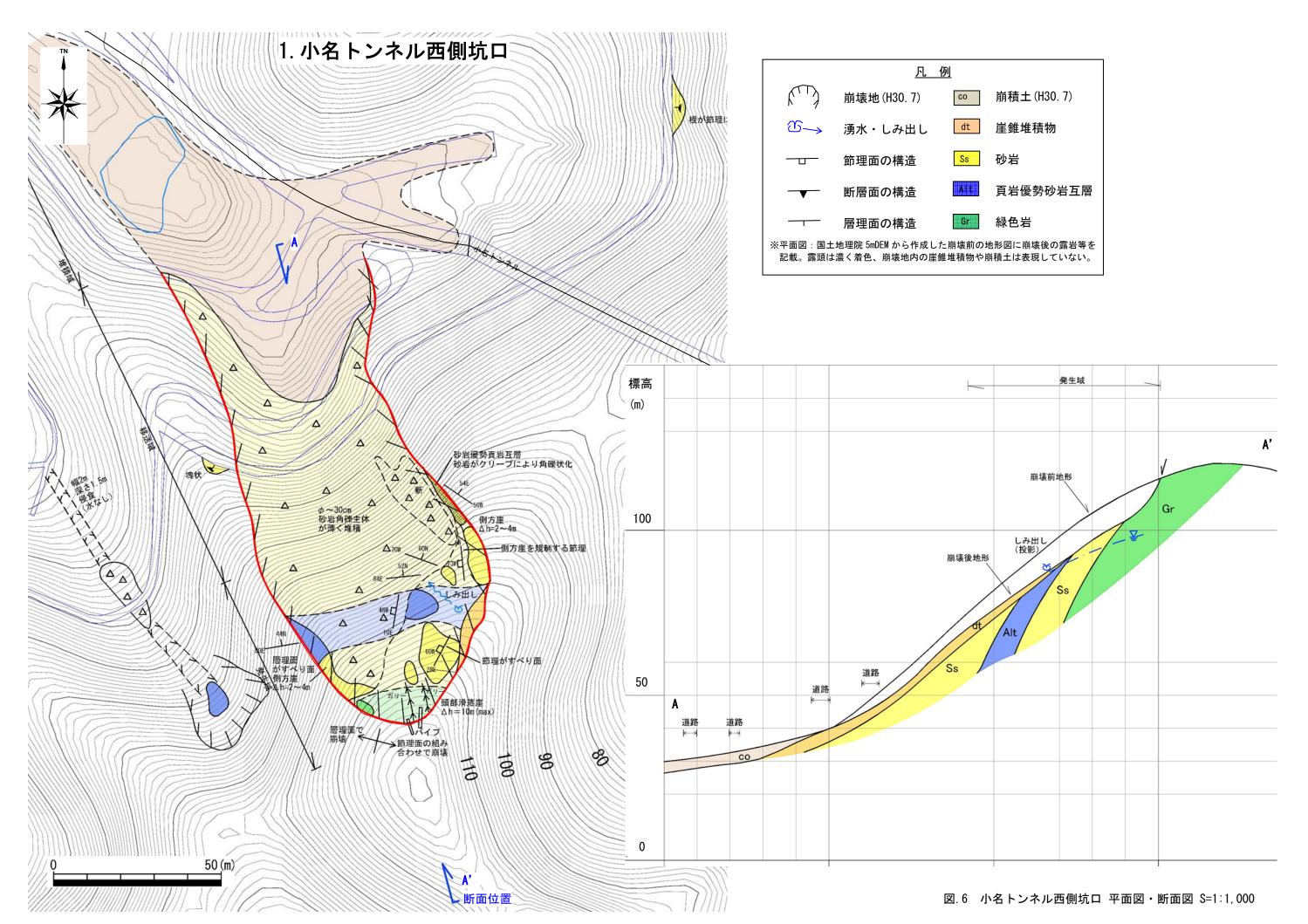


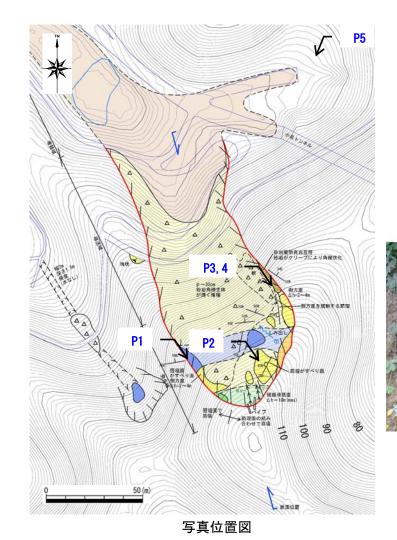
図.4 広域地質図



J-SHIS Map 地すべり地形分布図 (産総研)から引用

出典;防災科学技術研究所研究資料 第308号5万分の1地すべり地形分布図 第32集 「松山・宇和島」図集、宇和島





P3 左側の側方崖の砂岩は全体に角礫状をなす。



P4 P3 の近接写真、砂岩の岩片にジグソークラック構造が見られる。



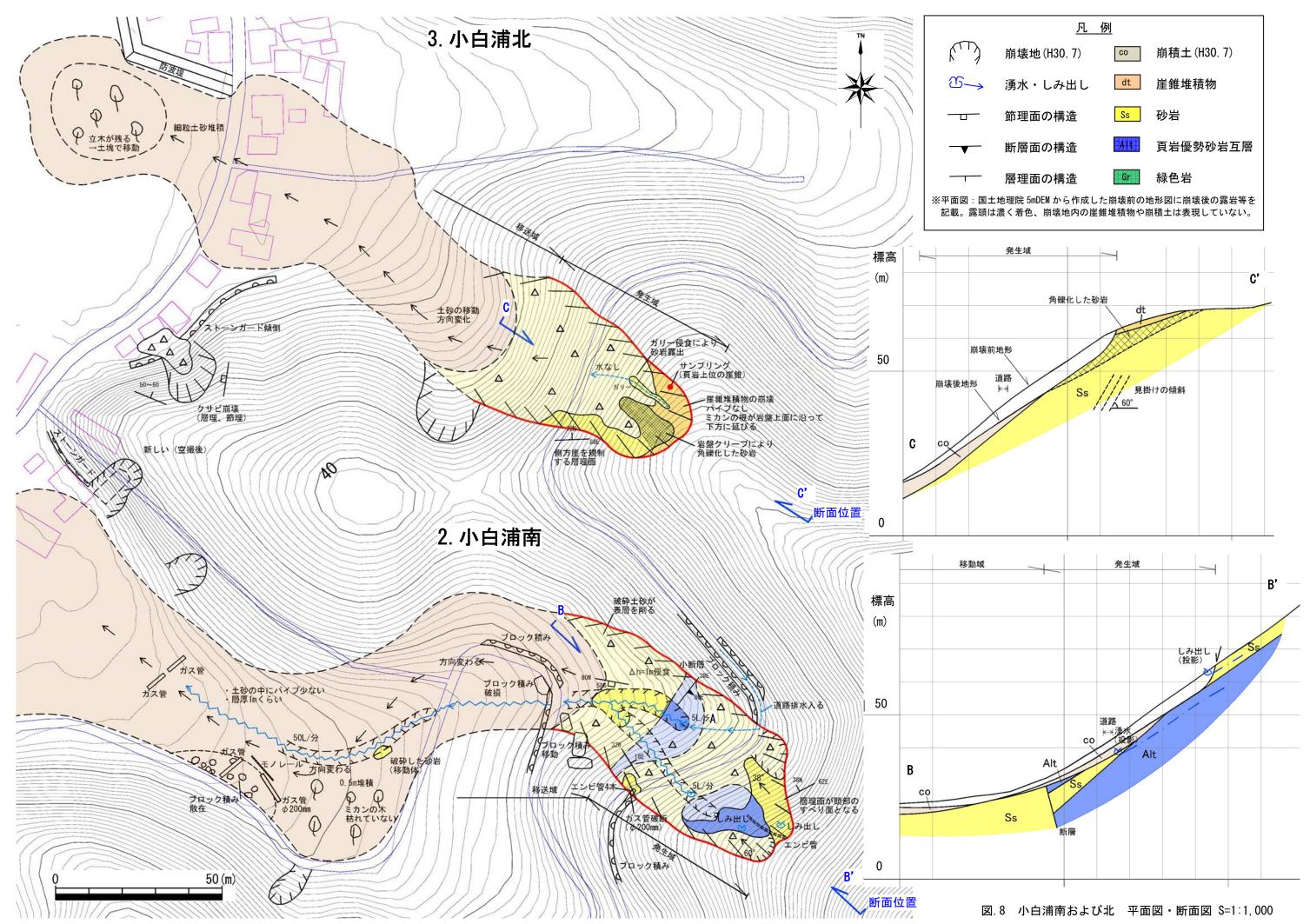
P1 崩壊地右側部は層理面で規制される。分布する地質は頁岩。

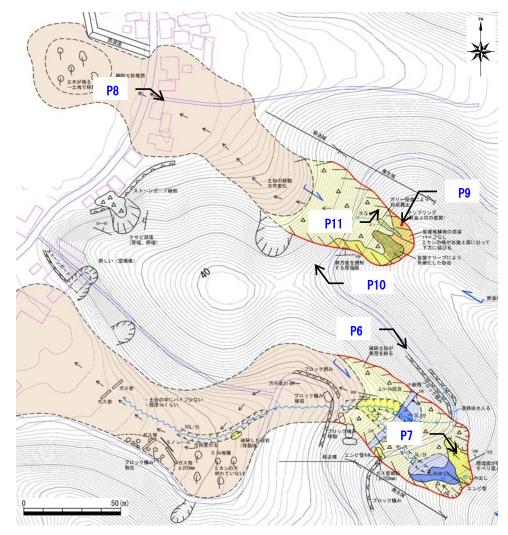


P2 崩壊地中央部に分布する砂岩の片理面。斜面に対して流れ盤となっており、崩壊のすべり面に相当する。



P5 小名トンネル西側坑口全景





写真位置図



P8 小白浦北地区の全景



P10 小白浦北地区を上部から海岸方向を望む。海に達した崩壊土砂のみかんの木が立っている。



P6 小白浦南地区の全景



P7 滑落崖の砂岩の露頭、層理面がすべり面となっている。



P9 崩壊地左側の頁岩上部の崖錐堆積物、サンプリング実施。



P11 左の側方崖のみかんの根は被覆層ではほぼ鉛直に伸びて、岩盤部分で斜面下方に曲がっており、最大 4m 程度の長さである。

図. 9 小白浦北·南 現地状況写真(H30/9/10 撮影)

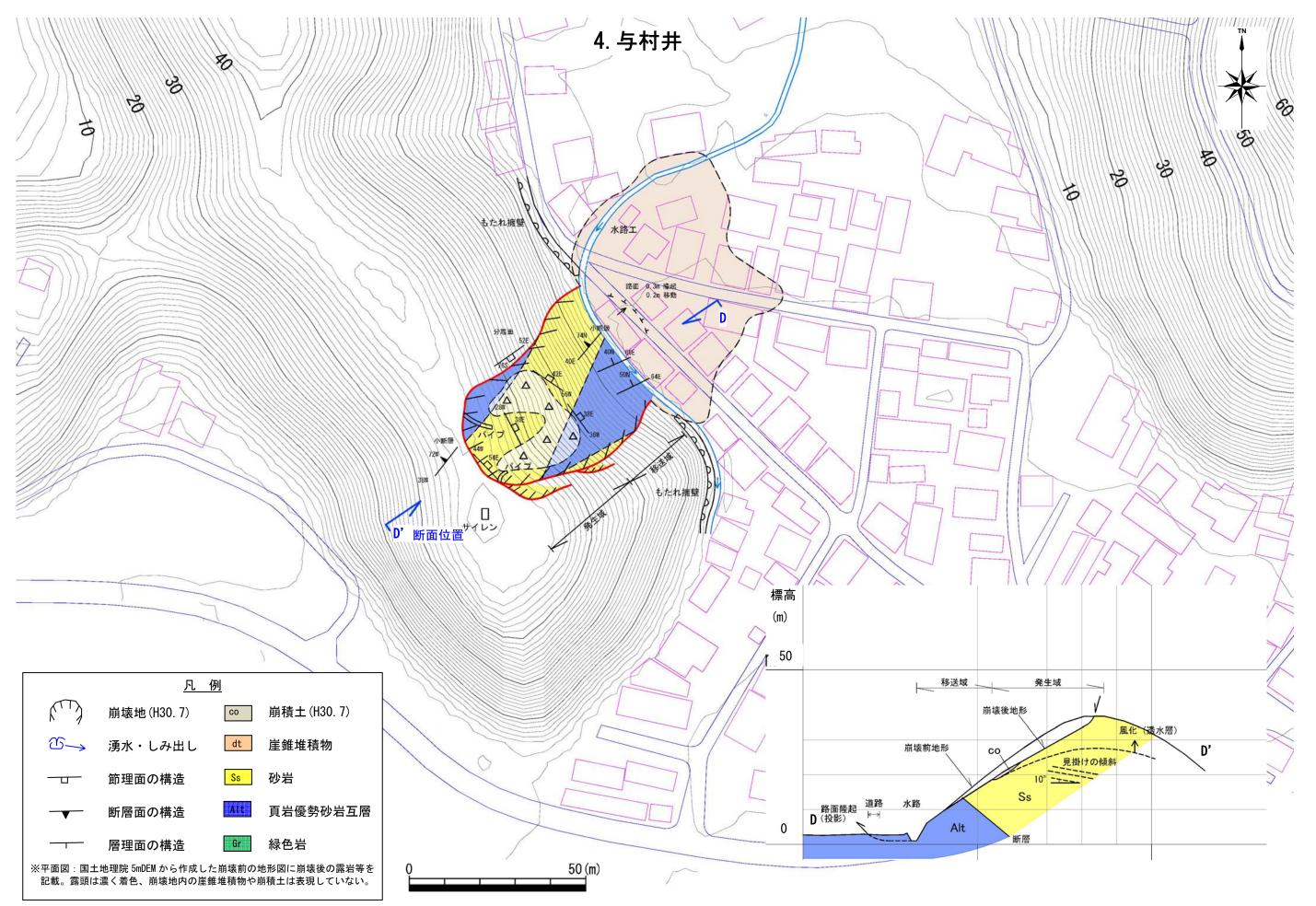
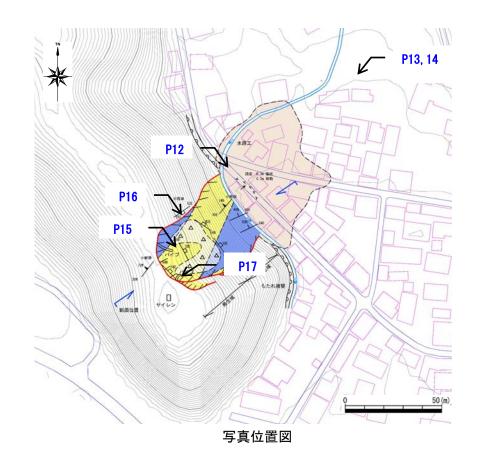


図. 10 与村井 平面図・断面図 S=1:1,000





P12 道路面には高さ 0.3m 程度で幅 0.2m 程度の隆起が確認される



P13 与村井地区の全景



P15 崩壊地のすべり面となっている、38°の流れ盤 方向に傾斜する砂岩の節理面



P16 崩壊地の右側を規制する砂岩泥岩互層の高 角度の節理面



P17 みかん畑のスプリンクラー配管用の塩ビ管が崩壊面に複数確認される。



P14 与村井地区の遠景、発生域の下端と表層崩壊箇所が斜面中腹に並んでいる。