

| | |
|------------------|------------------|
| 島根原子力発電所2号炉 審査資料 | |
| 資料番号 | EP(E)-081(補2)改01 |
| 提出年月 | 令和3年3月18日 |

島根原子力発電所2号炉
耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の
基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価
(防波壁周辺斜面に関する補足説明)

令和3年3月18日
中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目次

| | |
|----------------------------------------|-----|
| 1. 評価概要 | 2 |
| 2. 地質の概要 | |
| 2.1 斜面崩壊事例及び敷地内地形 | |
| 2.1.1 地震に伴う斜面崩壊の記録 | 5 |
| 2.1.2 津波に伴う斜面崩壊の記録 | 26 |
| 2.1.3 文献調査結果 | 31 |
| 2.2 防波壁東端部の地質・地質構造 | 33 |
| 2.3 防波壁西端部の地質・地質構造 | 48 |
| 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 | |
| 2.4.1 標高40mより下方 | 73 |
| 2.4.2 標高40mより上方 | 83 |
| 2.4.3 まとめ | 98 |
| 2.5 防波壁西端部の割れ目密集帯の評価 | 102 |
| 2.6 表層部の岩級 | 114 |
| 2.7 弱層の有無の検討 | 123 |
| 2.8 岩級区分の妥当性 | 142 |
| 2.9 防波壁(東端部)周辺のシームの分布 | |
| 2.9.1 全体概要 | 154 |
| 2.9.2 B29シームの分布 | 159 |
| 2.9.3 Eシームの分布 | 174 |
| 3. 防波壁周辺斜面の安定性評価 | |
| 3.1 防波壁に影響するおそれのある斜面の網羅的な抽出 | 195 |
| 3.2 評価対象斜面の選定 | 199 |
| 3.3 評価方法 | 210 |
| 3.4 すべり安定性の評価結果 | 215 |
| 4. 1・2号炉放水路及び1号炉放水連絡通路の斜面のすべり安定性への影響検討 | 218 |
| 5. まとめ | 223 |

1. 評価概要

・耐震重要施設[※]のうち防波壁の周辺斜面の安定性評価について、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則(解釈含む)」(以下、「設置許可基準規則」)に適合していることを確認する。

※ 耐震重要度分類Sクラスの機器・系統及びそれらを支持する建物・構築物

<設置許可基準規則 第4条第4項>

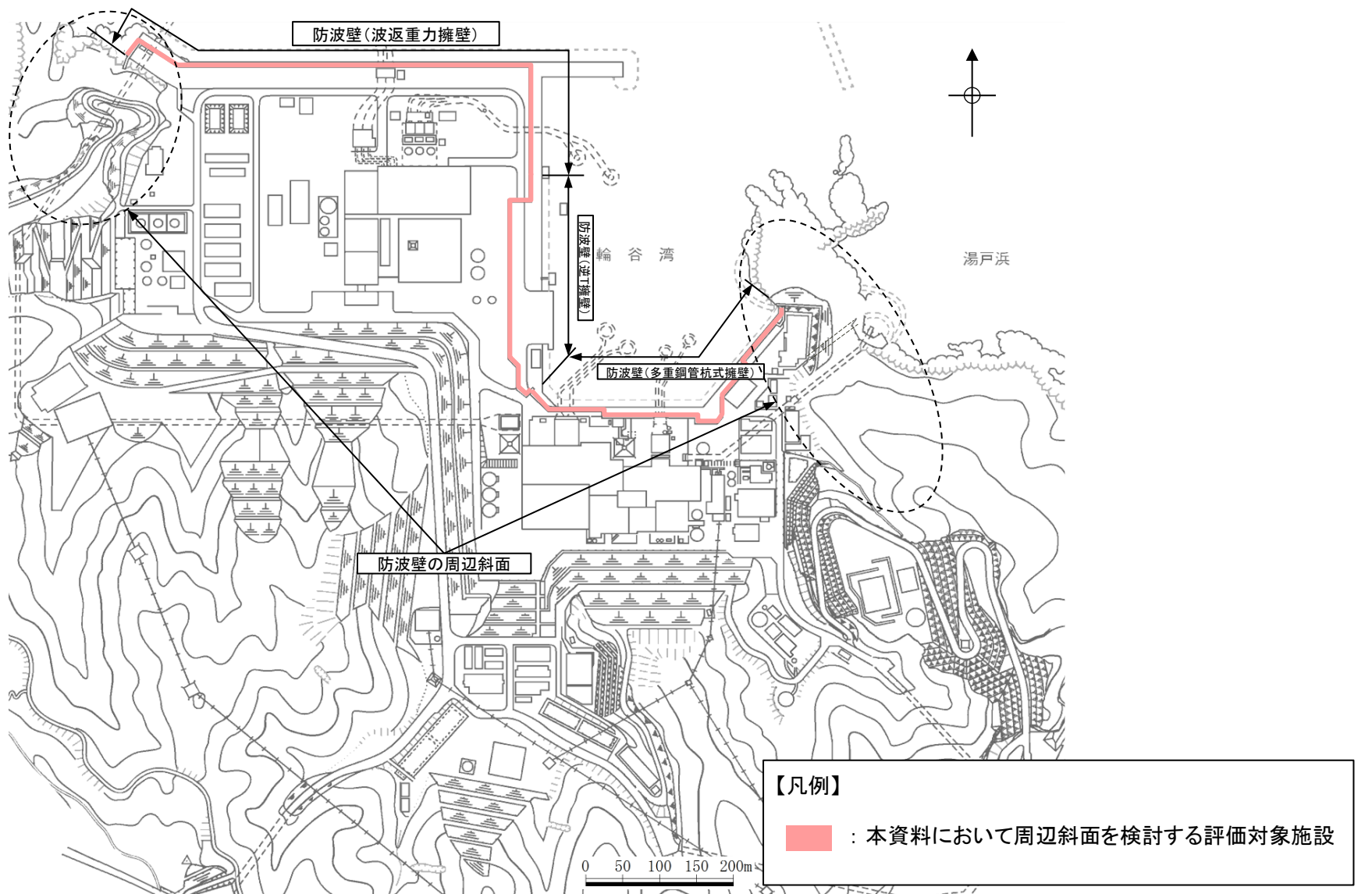
第4条

4 耐震重要施設は、前項の地震[※]の発生によって生ずるおそれがある斜面の崩壊に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。

※ 地震の発生によって生ずるおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定する地震力

評価対象施設

・設置許可基準規則4条の対象となる「耐震重要施設」のうち、防波壁を対象に、その周辺斜面の安定性評価を実施する。



2. 地質の概要

2. 1 斜面崩壊事例及び敷地内地形

2. 1. 1 地震に伴う斜面崩壊の記録

2. 地質の概要 2.1 斜面崩壊事例及び敷地内地形

2.1.1 地震に伴う斜面崩壊の記録

- ・宇佐美ほか(2013)⁽¹⁾は、西暦599年から2012年までに発生した約870の地震についてその概要、被災状況等を取りまとめている。このうち、約200の地震について、「山崩れ」、「崖崩れ」等、地震に伴う斜面崩壊の発生に関連する記載がある。
- ・阿部・林(2011)⁽²⁾を参考とし、地震や斜面崩壊などの自然災害が科学的に記載されるようになった1868年以降の大規模地震に伴う斜面崩壊を対象に、①第四紀の未固結な火山噴出物の堆積域、②新第三紀～第四紀更新世における層理の発達した堆積岩域、③先第三紀の変成岩、堆積岩域、④花崗岩地帯、⑤火山岩類分布域、に大別し、その特徴を整理した。



| 地質時代 | 堆積岩 | 変成岩 | 火山岩 | | | | | 深成岩 |
|--------------|-----|-----|------------|------------|-----|------------|-----|-----|
| | | | 基長質 -中性 | 中性- 苦鉄質 | 苦鉄質 | 苦鉄質 変成岩 | 未区分 | |
| 新生代 | | | + | + | + | | | + |
| 中生代 | | | + | + | + | | | + |
| 古生代 | | | | | | | | x |
| 先カンブ リア時代 | | | | | | | | x |

★ 震央
年代・M (マグニチュード)
いずれも宇佐見(1996)より

斜面崩壊を伴った近代の主な地震と地質分布(阿部・林(2011)より引用)

2. 地質の概要 2.1 斜面崩壊事例及び敷地内地形 2.1.1 地震に伴う斜面崩壊の記録

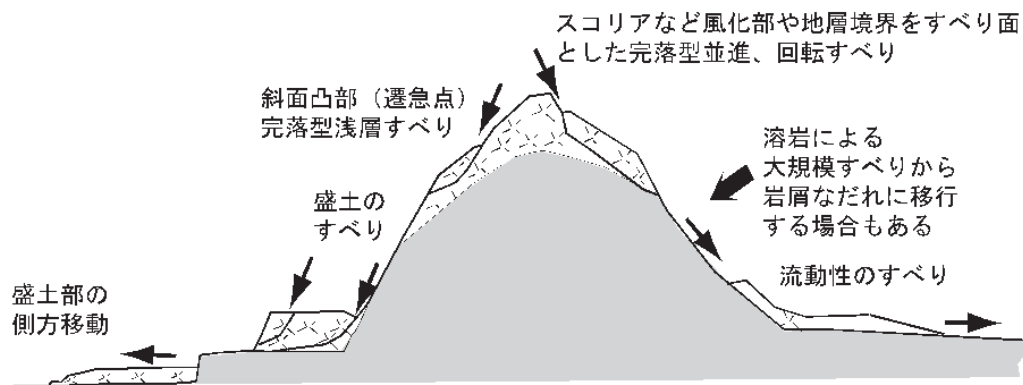
(1) 第四紀の未固結な火山噴出物の堆積域における斜面崩壊

【主な地震】

| 地震名 | 発生年 | マグニチュード |
|-----------|------|---------|
| 北伊豆地震 | 1930 | 7.3 |
| 今市地震 | 1949 | 6.4 |
| 新潟地震 | 1964 | 7.5 |
| 十勝沖地震 | 1968 | 7.9 |
| えびの地震 | 1968 | 6.1 |
| 伊豆半島沖地震 | 1974 | 6.9 |
| 伊豆半島近海地震 | 1978 | 5.2 |
| 長野県西部地震 | 1984 | 6.8 |
| 釧路沖地震 | 1993 | 7.5 |
| 北海道東方沖地震 | 1994 | 8.2 |
| 十勝沖地震 | 2003 | 8.0 |
| 三陸南地震 | 2003 | 7.1 |
| 岩手・宮城沖地震 | 2008 | 7.2 |
| 北海道胆振東部地震 | 2018 | 6.7 |

【斜面崩壊の特徴】

- ・火山灰, シラス, スコリア等の未固結な火山噴出物による浅層の完落型すべり, 流動性すべりが多く発生する。
- ・昭和59年(1984年)長野県西部地震では、御岳山の大規模崩壊性すべりによる移動地塊が岩砕なだれとして12km程度流下した。



第四紀未固結火山噴出物堆積域の斜面崩壊の形状
(阿部・林(2011)より引用)

(参考) 昭和59年(1984年)長野県西部地震による大規模斜面崩壊

・佐々木(1997)⁽³⁾によると、昭和59年(1984年)長野県西部地震の発生により、御岳山(標高3,063m)の南西斜面に分布する火山噴出物中の軽石層をすべり面として発生した大崩落が発生し、源頭部の幅は700m、深さ150m、長さ1,300m、面積約44ha、崩壊土砂量は3,600万m³と推定され、土石流となって山肌を削り、小尾根を越え、伝上川から濁沢川を経て王滝川本流まで流下したとされている。



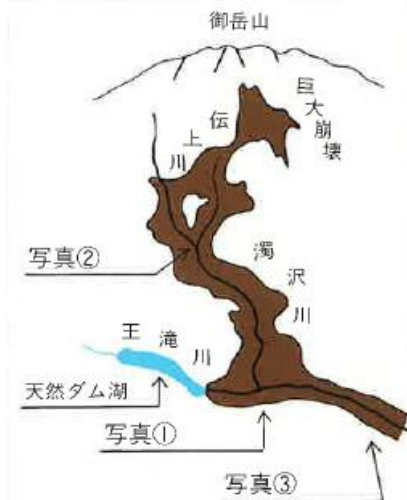
写真① 王滝川と濁沢川合流地点



写真②



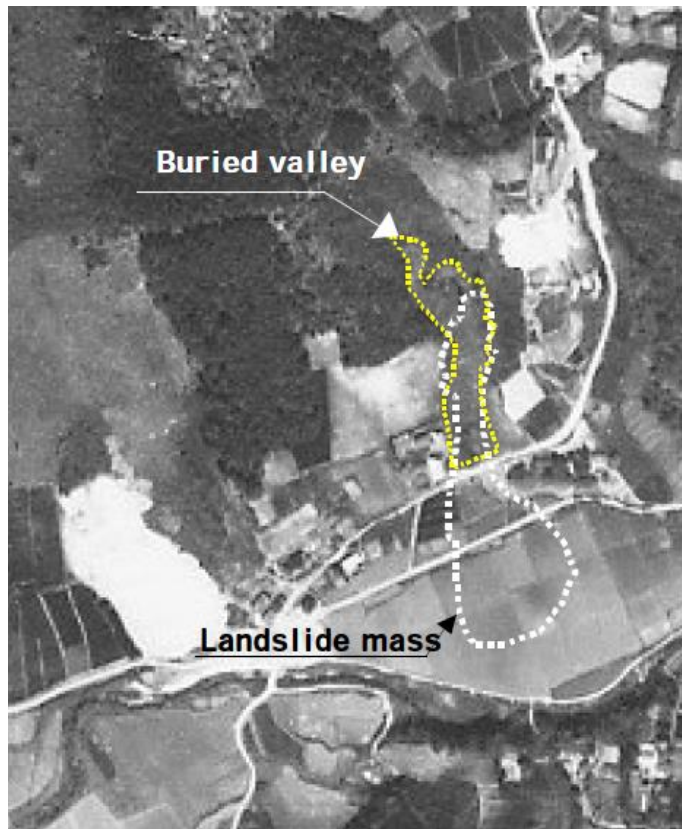
写真③



(長野県土木部⁽⁴⁾より引用)

(参考)平成15年(2003年)三陸南地震※による斜面崩壊

・ (社)土木学会・地盤工学会合同 宮城県沖の地震調査団(2003)⁽⁵⁾によると、宮城県築館町で発生した斜面崩壊が、1964年撮影の航空写真における谷部の位置に対応していることから、農地造成により旧谷地形を埋積した箇所において崩壊が発生したとされている。



崩壊前の航空写真(1964年)



崩壊後

築館町の航空写真と崩壊後の状況

((社)土木学会・地盤工学会合同 宮城県沖の地震調査団(2003)より引用)

※この地域で、2003年5月26日と7月26日、2か月の間隔を置いて二つの地震が発生しており、現時点で気象庁は名称を定めていないため、ここでは文献等を参考に2003年5月26日で発生した地震を「三陸南地震」とする。

2. 地質の概要 2.1 斜面崩壊事例及び敷地内地形 2.1.1 地震に伴う斜面崩壊の記録
 (参考)平成30年(2018年)北海道胆振東部地震による斜面崩壊(1/3)

・(社)砂防学会(2018)⁽⁶⁾は、大規模な斜面崩壊が発生した北海道厚真町で4班に分かれて調査を行っている。

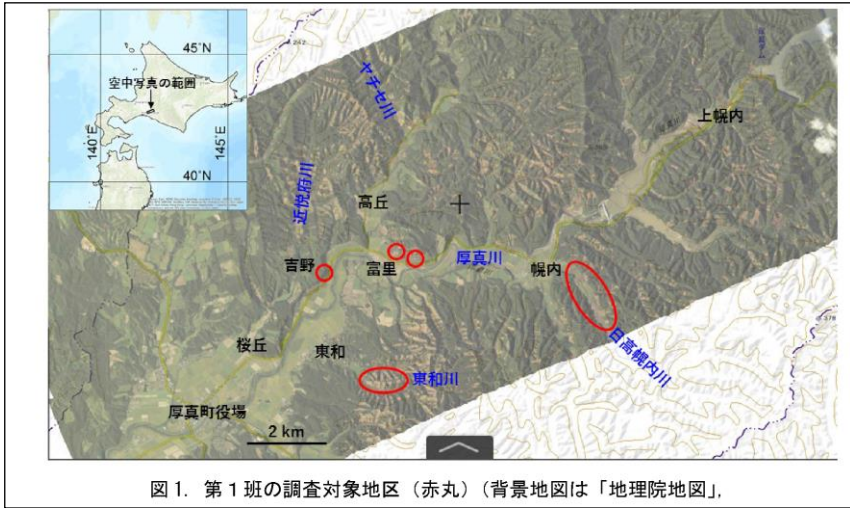
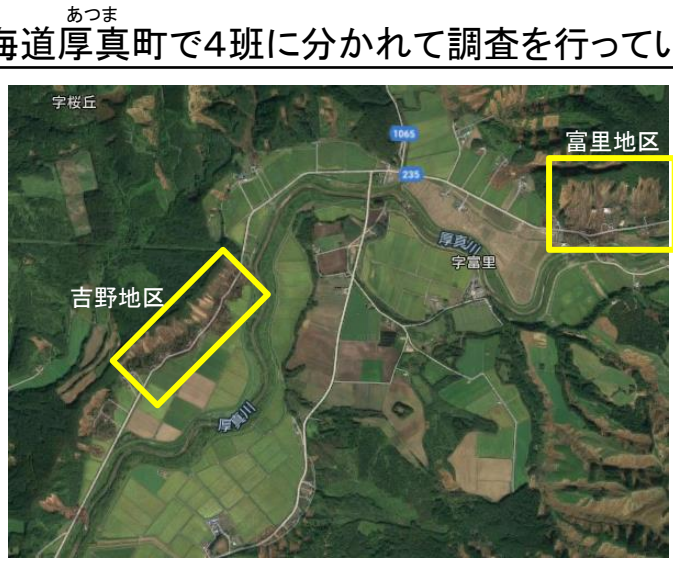


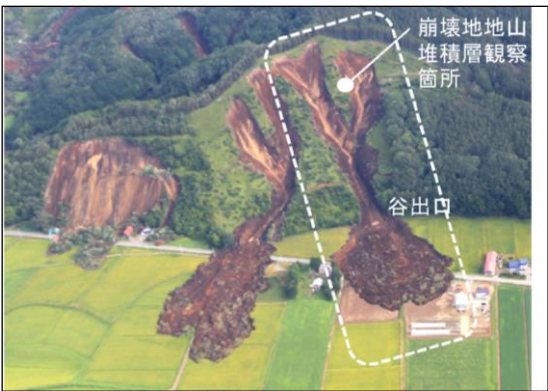
図1. 第1班の調査対象地区(赤丸)(背景地図は「地理院地図」)



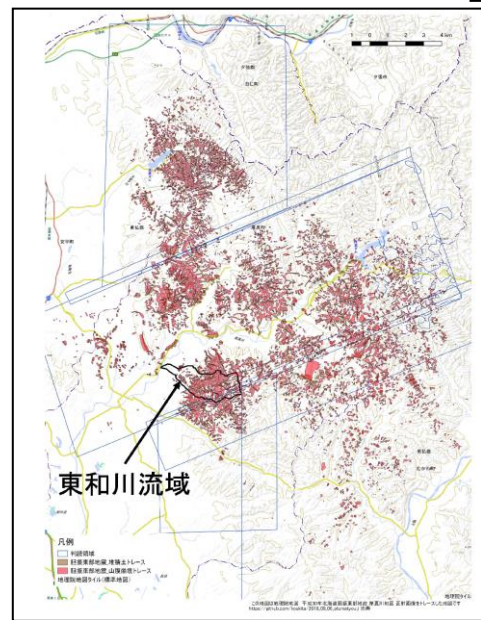
B班 調査位置図

写真位置図(google mapを引用・加筆)

A班 調査位置図



C班 調査位置図



D班 調査位置図

((社)砂防学会(2018)より引用)

(参考)平成30年(2018年)北海道胆振東部地震による斜面崩壊(2/3)

・(社)砂防学会(2018)は、大規模な斜面崩壊が発生した北海道厚真町では、基盤である新第三系泥岩を覆って堆積している表土層(火山灰と埋没腐植層の互層)の最下部が風化して粘土化しており、多少の水分も含んでいたことから、この水分を含む風化粘土層がすべり面になったとしている。



写真① 北海道厚真町吉野地区の斜面崩壊状況



写真② 崩壊斜面の頭部状況



写真③ 崩壊斜面の頭部状況

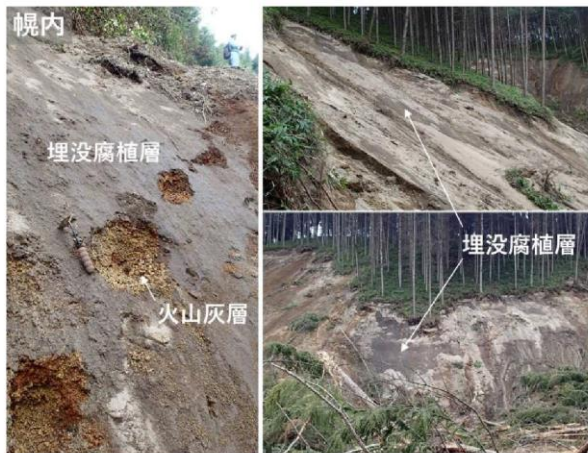


図 4. 斜面崩壊地の滑り面 (埋没腐植層型)



図 5. 谷地形内の遷急線の分布. 上部の緩斜面と下部の急斜面に分けられる

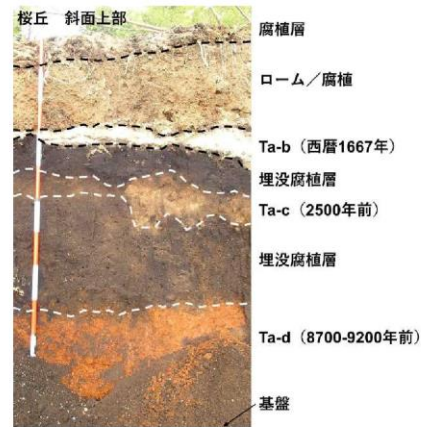


図 6. 斜面上部の土層構造



図 7. 斜面上の火山灰分布と樹木の根系. Ta-b もしくは Ta-c 層下位の埋没腐植層に根系が集中しており、Ta-d より下位には根系は分布していない

((社)砂防学会(2018)より引用)

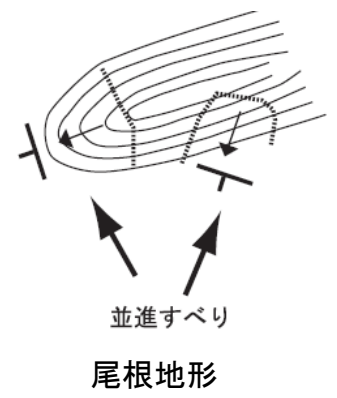
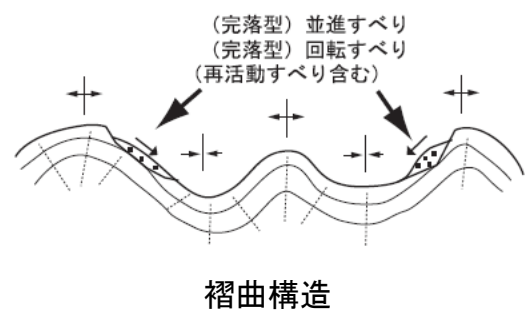
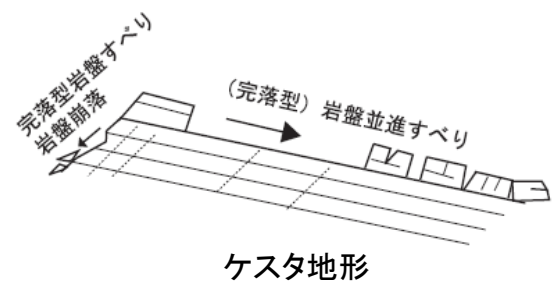
2. 地質の概要 2.1 斜面崩壊事例及び敷地内地形 2.1.1 地震に伴う斜面崩壊の記録
(2) 新第三紀～第四紀更新世の堆積岩地域における斜面崩壊

【主な地震】

| 地震名 | 発生年 | マグニチュード |
|-----------|------|---------|
| 秋田仙北地震 | 1914 | 7.1 |
| 男鹿地震 | 1939 | 6.8 |
| 新潟県中越地震 | 2004 | 6.8 |
| 能登半島地震 | 2007 | 6.9 |
| 新潟県中越沖地震 | 2007 | 6.8 |
| 岩手・宮城内陸地震 | 2008 | 7.2 |

【斜面崩壊の特徴】

- ・中新世の礫岩・砂岩・泥岩の互層等の堆積地域では既存の層面断層及び砂岩層の層理面で発生している。
- ・鮮新世の泥岩・砂岩・シルト岩の互層等の堆積地域では岩盤並進すべりの発生が多い。これらの斜面崩壊は地層の不連続面としての層理面や層理面の一部をすべり面とし、地震動の増幅しやすいケスタや張り出し尾根など凸状地形で発生している。
- ・更新世の砂岩・泥岩等の堆積する栗原市荒砥沢ダム地点では湖成堆積層をすべり面とし、傾斜が緩やかである。



層理の発達する堆積岩分布域の斜面崩壊形状
(阿部・林(2011)より引用)

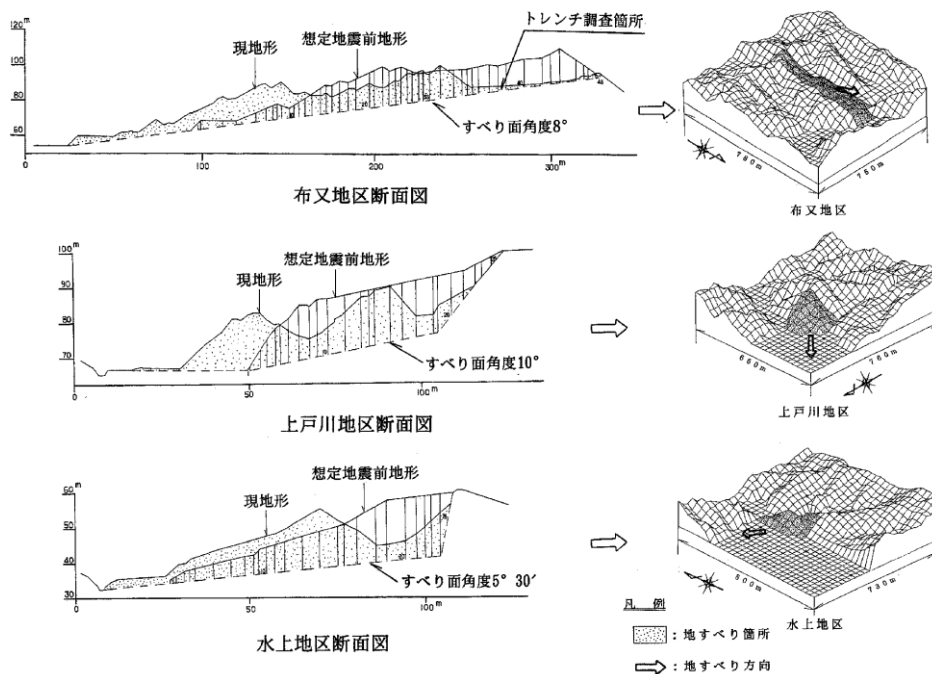
(参考)大正3年(1914年)秋田仙北地震による斜面崩壊

- ・阿部・高橋(1997)⁽⁷⁾は、被災報告資料と地元おおさわごうに保管されている資料を分析及び現地てんとくじの検証を行った。
- ・大沢郷村で発生した8カ所の岩盤地すべりは、新第三紀鮮新世天徳寺層の砂岩、シルト岩の分布する地域に集中し、大半は塊状であるが、泥岩や凝灰岩などが互層状に挟在されて層理が識別可能となっており地層の走向傾斜は概ねN30E/10Wを示している。
- ・地すべりはいずれも北～北西方向に突出した尾根部(比高30～40m)を胴切りしたような形状で発生し、移動岩塊はブロック状に切断されている。変動方向は地層傾斜方向に一致しており、流れ盤状の初生岩盤すべりの形状を示す。
- ・地すべりの発生は硬質で石英質な薄層の上部の砂岩もしくは砂の薄層をすべり面として発生したものと考えられるとしている。



写真-1 仙北地震による上戸川地すべり
大橋(1915)より引用, 撮影1914年

上戸川地区地すべり状況
(阿部ほか(2006)⁽⁸⁾より引用)



3地区の鳥瞰図と地すべり解析断面図
(阿部・高橋(1997)より引用)

2. 地質の概要 2.1 斜面崩壊事例及び敷地内地形 2.1.1 地震に伴う斜面崩壊の記録 (参考)昭和14年(1939年)男鹿地震による斜面崩壊

- ・阿部ほか(2006)によると、北浦町^{きたうら}の海岸では初生的な岩盤すべりであったと推察している。また、現在もケスタ地形上での小規模な岩盤すべりが認められるとしている。
- ・地質は新第三紀鮮新世の砂岩・泥岩の細互層からなり、走向・傾斜は概ねN40W/20Eを示している。
- ・地すべりは地層の最大傾斜方向より約20° 斜交して海岸方向へ向かう流れ盤の形状で移動している。
- ・すべり面は不明であるが細互層中の層理面に形成されていると想定している。



写真一 3 男鹿地震による北浦地区の地すべり
—当時の絵はがきより—
(阿部ほか(2006)より引用)

(参考) 平成16年(2004年)新潟県中越地震による斜面崩壊

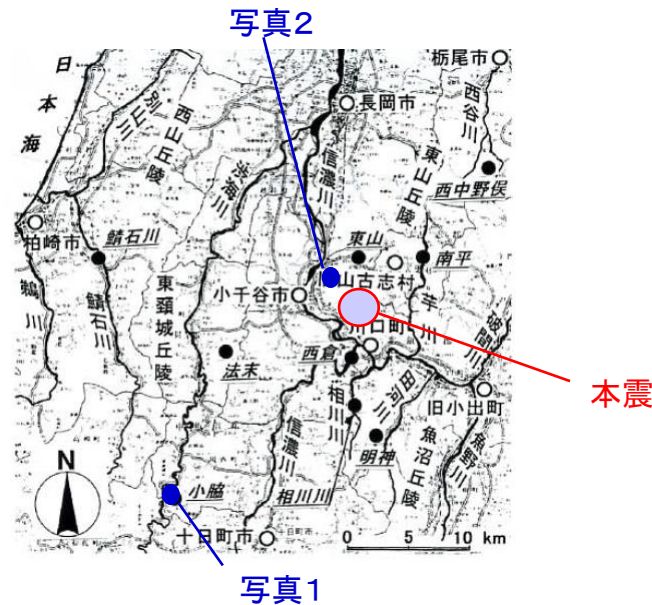
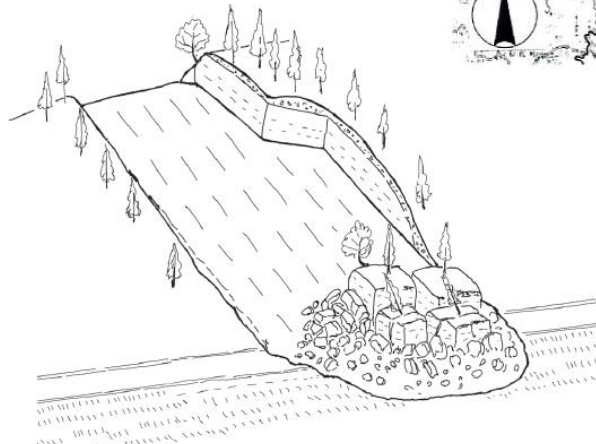
- ・(社)新潟県地質調査業協会技術委員会(2005)⁽⁹⁾は、十日町市小脇^{とうかまち こわき}地内で発生した斜面崩壊について、ケスタ地形や同斜山稜の成因に関わって、過去にも層すべりが発生したとされている。
- ・大八木ほか(2008)⁽¹⁰⁾は、小千谷市横渡^{おぢや よこわたし}で発生した斜面崩壊について、シルト岩～砂質泥岩と細粒砂岩の互層からなり、すべり面は厚さ数cmの凝灰岩または凝灰質砂岩とされている。また、齊藤ほか(2007)⁽¹¹⁾は、シルト岩及び凝灰岩層の岩石強度を針貫入試験により調査した結果、すべり面となっている凝灰岩は砂質シルトより著しく強度が小さいとしている。



写真1: 砂岩泥岩互層の層理面に沿って発生した岩盤すべり
(社)新潟県地質調査業協会技術委員会(2005)より引用)



写真2: シルト岩～砂質泥岩と細粒砂岩の互層から成る斜面で発生した浅層並進岩すべり(大八木ほか(2008)より引用)



2. 地質の概要 2.1 斜面崩壊事例及び敷地内地形 2.1.1 地震に伴う斜面崩壊の記録 (参考)平成19年(2007年)能登半島地震による斜面崩壊

- ・土木学会・地盤工学会(2007)⁽¹²⁾によると、平成19年(2007年)能登半島地震の発生による岩盤崩壊及び落石の発生確認箇所は、ほとんどが海食崖にあたり、崩壊物として岩塊とともに土砂状になった風化層を比較的多く含み、地質は、新第三紀中新世の礫岩、凝灰岩、凝灰角礫岩等であり、割れ目が少ないため崩壊岩塊は数mの巨礫が多いとされている。
- ・また、当該地域は、新第三紀中新世の層理面沿いの流れ盤地すべりが多く発生しているが、今回の地震では、地すべり地形に対応した部分での明瞭な変動は発生しなかったとしている。

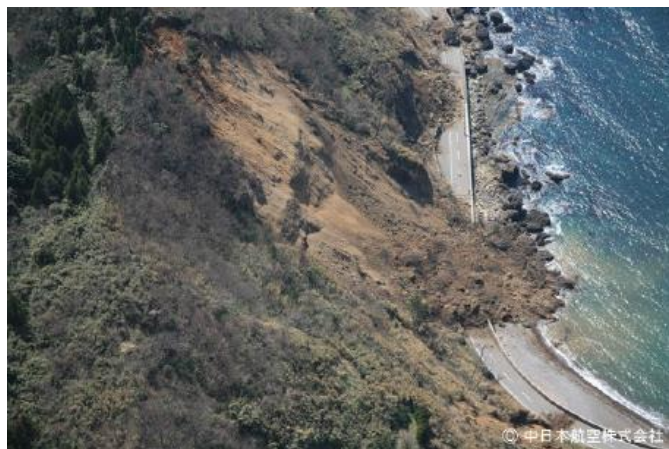


写真1:海食崖上の凝灰角礫岩層の崩壊



写真2:塊状の砂岩における径数mの多数の岩盤崩壊



平成19年(2007年)能登半島地震による地すべり事例

(土木学会・地盤工学会(2007)を引用・加筆)

2. 地質の概要 2.1 斜面崩壊事例及び敷地内地形 2.1.1 地震に伴う斜面崩壊の記録 (参考)平成19年(2007年)新潟県中越沖地震による斜面崩壊

- ・小荒井・佐藤(2008)⁽¹³⁾によると、^{ひじりがはな}聖ヶ鼻周辺では、中新統上部の聖ヶ鼻層の砂岩・礫岩及び砂岩泥岩互層が分布し、北に傾斜する流れ盤の層理面すべりとして深層崩壊が発生し、その規模は、崩壊幅約100m、崩壊長約200mで、崩壊深は10mを超えており、すべり面の部分は泥質岩で薄く割れやすいとされている。
- ・また、聖ヶ鼻を通る主尾根の南西では、崩壊の頂部には風化の進んだ砂岩泥岩互層が露出しており、特に泥岩の部分の風化が進みブロック状に割れやすくなっており、そこが砂岩に対して相対的に弱くなって崩壊が発生した可能性が高いとしている。



写真1: 流れ盤における崩壊



写真2: 受け盤における崩壊

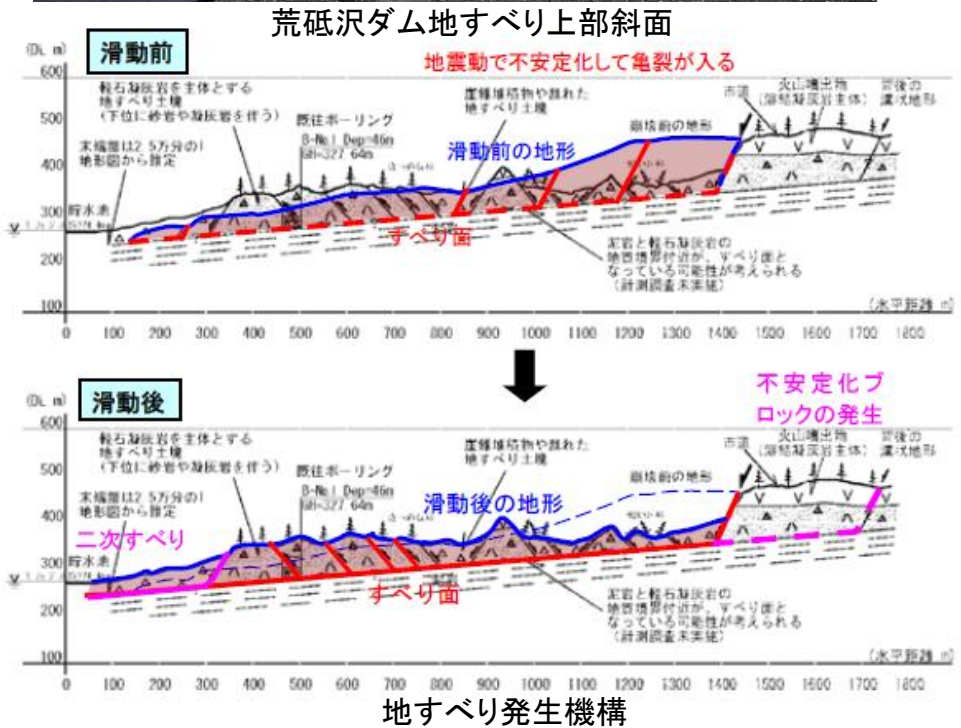
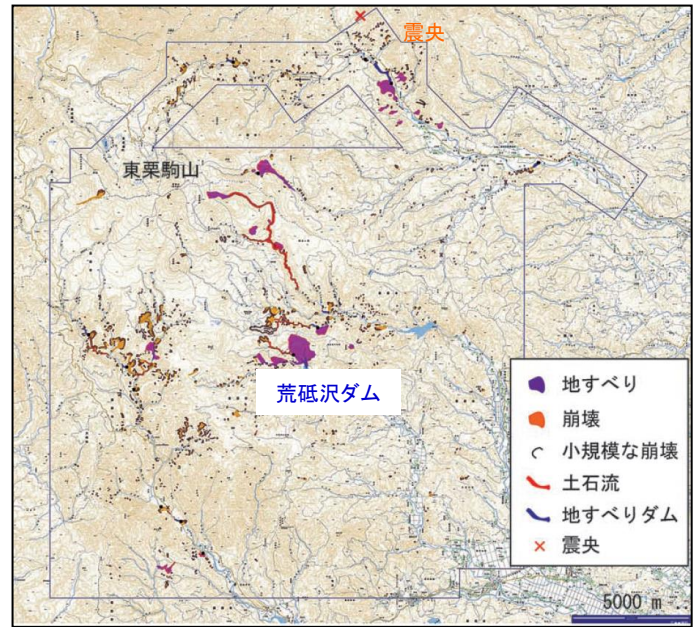


柏崎市米山町聖ヶ鼻周の斜面崩壊分布

柏崎市米山町聖ヶ鼻周辺で発生した斜面崩壊(小荒井・佐藤(2008)を引用・加筆)

2. 地質の概要 2.1 斜面崩壊事例及び敷地内地形 2.1.1 地震に伴う斜面崩壊の記録
(参考) 平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震による斜面崩壊

- ・丸山ほか(2010)⁽¹⁴⁾によると、宮城県栗原市栗駒の荒砥沢ダム右岸上流で発生した大規模地すべり(長さ1,300m, 幅900m, 滑落崖高さ150m)周辺の地質は、上位が第四紀の軽石凝灰岩を主体とする層から構成され、約5°で貯水池側に傾斜した緩い流れ盤構造となっており、すべり面は、軽石凝灰岩主体層の下面付近であり、地すべり土塊は主に軽石凝灰岩からなるとされている。
- ・また、本地すべりは過去に発生した地すべり地の一部が1,000galを超える地震によって、椅子型すべり面形状の地すべりとなって滑動したとされている。



荒砥沢ダム地すべり状況
(国土技術政策総合研究所ほか(2008)⁽¹⁵⁾を引用・加筆)

2. 地質の概要 2.1 斜面崩壊事例及び敷地内地形 2.1.1 地震に伴う斜面崩壊の記録

(参考)新第三紀～第四紀更新世の堆積岩地域における斜面崩壊に関するまとめ

新第三紀～第四紀更新世の堆積岩分布域に発生した地震と斜面崩壊

| 地震名 | 発生年 | 対象地点 | 斜面の地質年代 | 斜面の主な地質 | すべり面(傾斜角) | 斜面崩壊の運動形態及び特徴 | 地形 | 文献 |
|-----------|------|----------|---------|----------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 秋田仙北地震 | 1914 | 上戸川 | 鮮新世 | シルト質泥岩・砂岩互層 | 泥岩中の砂岩層中(約10°) | 層理面に沿った岩盤並進すべり | 尾根部の先端 | 阿部ほか(2006) 阿部・林(2011) |
| 男鹿地震 | 1939 | 北浦町 | 鮮新世 | 砂岩・泥岩の互層 | 不明(約20°) | 層理面に沿った岩盤並進すべり | 海岸、一部ケスタ | 阿部ほか(2006) 阿部・林(2011) |
| 新潟県中越地震 | 2004 | 新潟県山古志村 | 鮮新世 | 砂岩・泥岩互層、風化砂岩、礫岩 | 砂岩中の泥質薄層部分を想定(0～5°) | 岩盤型並進地すべり・完落型回転すべり | 丘陵地尾根部、ケスタ受盤斜面 | 阿部ほか(2006) 阿部・林(2011) |
| | | 小千谷市横渡 | 鮮新世 | シルト岩～砂質泥岩と細粒砂岩の互層 | 凝灰岩または凝灰質砂岩(約25°) | 浅層並進性岩すべり | ケスタ | 大八木ほか(2008) |
| 能登半島地震 | 2007 | 輪島市門前町 | 中新世 | 礫岩、凝灰岩、凝灰角礫岩等 | 傾斜40～70°の急斜面 | 斜面崩壊 | 急傾斜地 | 土木学会・地盤工学会(2007) |
| 新潟県中越沖地震 | 2007 | 柏崎市聖ヶ鼻 | 中新世 | 砂岩・泥岩互層 | 既存の層面断層、砂岩層の層理面(25～30°) | 完落型岩盤並進すべり | 尾根張出し地形 | 阿部・林(2011) 野崎(2008) |
| 岩手・宮城内陸地震 | 2008 | 栗原市荒砥沢ダム | 更新世 | 砂岩・泥岩互層及び軽石質凝灰岩とこれを覆う溶結凝灰岩 | 砂とシルト層の互層からなる湖成堆積層(0～5°) | 大規模岩盤並進すべり | 過去の地すべり変動によって形成された地すべり地形 | 阿部・林(2011) 井口ほか(2010) ⁽¹⁶⁾ 山科ほか(2009) ⁽¹⁷⁾ |

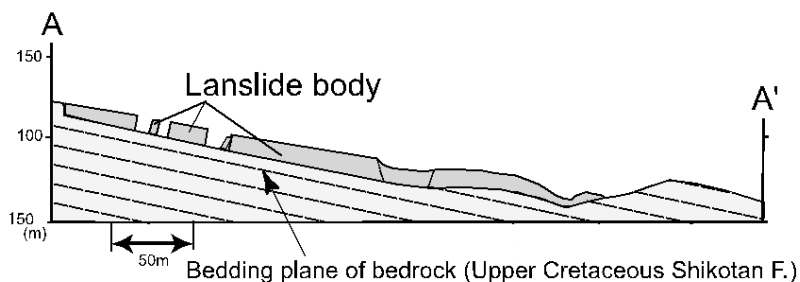
(阿部・林(2011)を参考に作成)

(3) 先第三紀の変成岩，堆積岩域における斜面崩壊

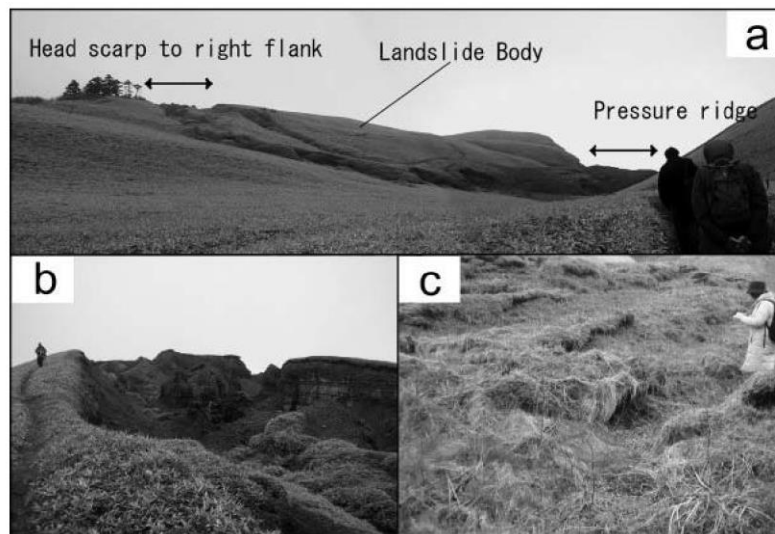
- ・阿部・林(2011)によると1868年以降における先第三紀の変成岩，堆積岩の分布地域に斜面崩壊を発生させた地震は，下記2地震程度とされている。
- ・田近(2009)⁽¹⁸⁾は，平成6年(1994年)北海道東方沖地震では，色丹島しこたんにおける白亜紀硬質頁岩・細粒砂岩互層上で初生大規模岩盤並進すべりが発生したとされている。

【主な地震】

| 地震名 | 発生年 | マグニチュード* |
|----------|------|----------|
| 濃尾地震 | 1891 | 8.0 |
| 北海道東方沖地震 | 1994 | 8.2 |



平成6年(1994年)北海道東方沖地震によりしやこたん斜古丹東方で発生した岩盤地すべり模式断面図(田近(2009)より引用)



平成6年(1994年)北海道東方沖地震により斜古丹東方で発生した地すべり写真(田近(2009)より引用)

- 写真a: 斜古丹東方の岩盤地すべりの全景
- 写真b: 同地すべりの頭部と分離崖
- 写真c: 同地すべりの末端隆起部

(4) 花崗岩地帯における斜面崩壊

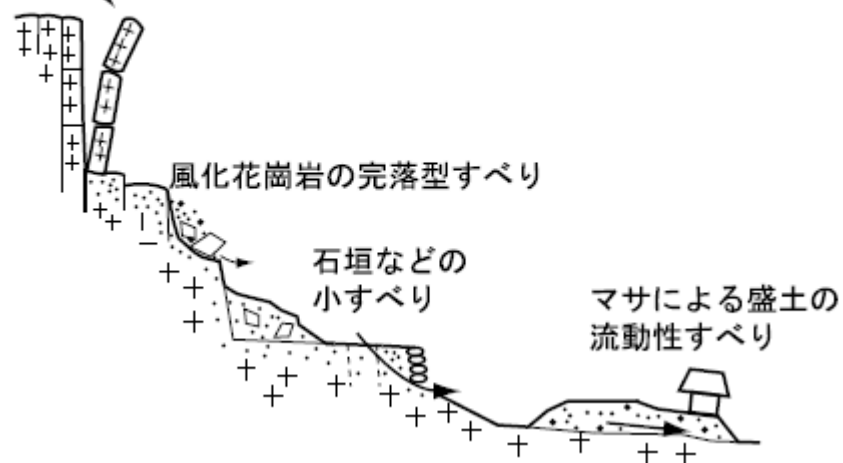
【主な地震】

| 地震名 | 発生年 | マグニチュード |
|---------|------|---------|
| 関東大地震 | 1923 | 7.9 |
| 兵庫県南部地震 | 1995 | 7.2 |
| 鳥取県西部地震 | 2000 | 7.3 |
| 芸予地震 | 2001 | 6.4 |

【斜面崩壊の特徴】

- ・斜面崩壊の多くは砂状のマサによる表層完落型すべりや流動性すべりとして発生する。
- ・節理やクラックに伴う落石や転倒，崩落も多い。

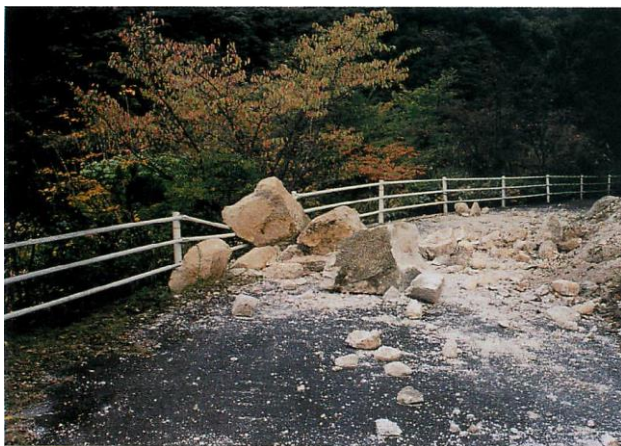
節理など亀裂に沿った
花崗岩の転倒・崩落



花崗岩類分布域における地震地すべりの形状
(阿部・林(2011)より引用)

2. 地質の概要 2.1 斜面崩壊事例及び敷地内地形 2.1.1 地震に伴う斜面崩壊の記録 (参考)平成12年(2000年)鳥取県西部地震による斜面崩壊

・横田(2001)⁽¹⁹⁾によると、平成12年(2000年)鳥取県西部地震の発生により風化した表層のルーズな部分の崩壊が多数発生し、特に張り出した尾根部の崩壊が多いとしている。また、花崗岩類の岩盤斜面では、落石も多く確認され、急斜面においては、落石はすべりによるものだけでなく、鉛直に近い節理に沿ったトップリングのほか、振動によって直接飛び出したようなものも多いとしている。



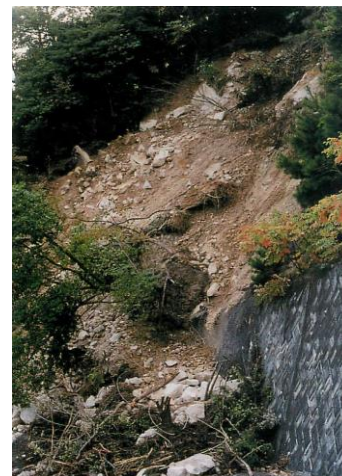
花崗岩ブロックの落石



花崗岩斜面の崩壊



花崗岩急斜面の崩壊



角礫を含んだ花崗岩斜面の崩壊

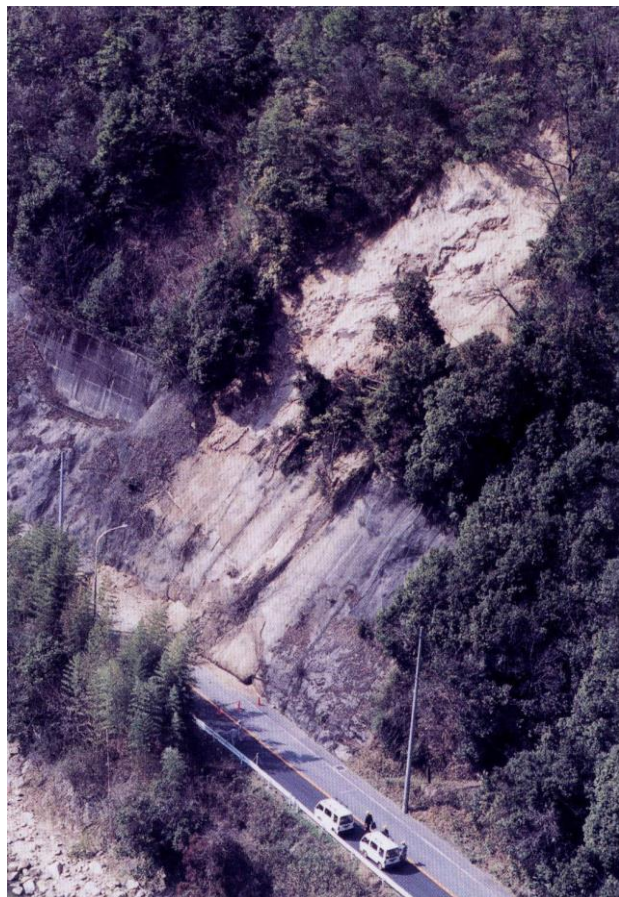
平成12年(2000年)鳥取県西部地震による斜面崩壊事例(島根大学鳥取県西部地震災害調査団(2001)⁽²⁰⁾より引用)

2. 地質の概要 2. 1 斜面崩壊事例及び敷地内地形 2. 1. 1 地震に伴う斜面崩壊の記録 (参考)平成12年(2000年)鳥取県西部地震による斜面崩壊

第802回審査会合
資料1 P82 再掲

24

・水山ほか(2001)⁽²¹⁾によると、平成13年(2001年)^{げいよ}芸予地震の発生により、自然斜面では 40° 以上の急斜面での落石・岩盤崩落・崩壊がもともと節理やひび割れに富んでいた風化花崗岩類の分布地帯に多く、また、地形的には、遷急線にあたる部分に多く発生している傾向が見られたとされている。



花崗岩急斜面の崩壊



巨石を含んだ花崗岩斜面の崩壊

平成13年(2001年)芸予地震による斜面崩壊事例(水山ほか(2001)より引用)

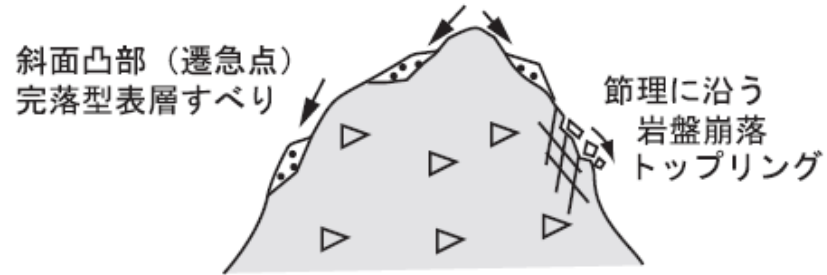
(5) 火山岩類分布域における斜面崩壊

【主な地震】

| 地震名 | 発生年 | マグニチュード |
|---------|------|---------|
| 浜田地震 | 1872 | 7.1 |
| 陸羽地震 | 1896 | 7.2 |
| 鳥取県西部地震 | 2000 | 7.3 |

【斜面崩壊の特徴】

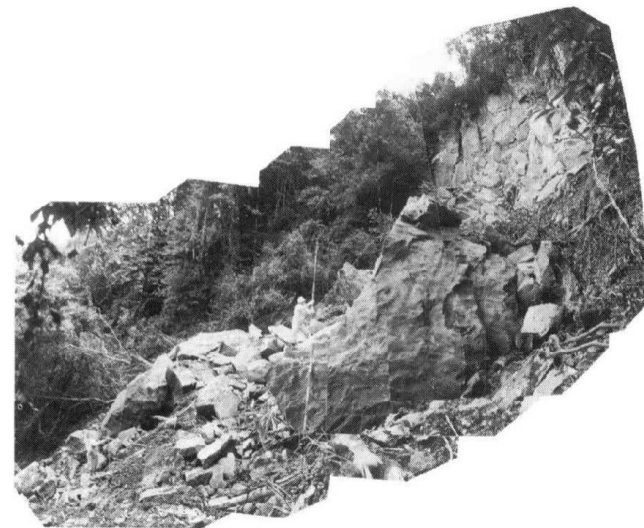
・大規模地震時に表層すべりとして数多く発生する傾向が見られる。



火山岩類分布域における地震地すべりの形状
(阿部・林(2011)より引用)



平成12年(2000年)鳥取県西部地震で発生した柱状節理の
発達した玄武岩急崖の斜面崩壊
(島根大学鳥取県西部地震災害調査団(2001)より引用)



平成12年(2000年)鳥取県西部地震において溝口町で発生した
玄武岩溶岩の崩壊(内田ほか(2002)⁽²²⁾より引用)

1. 地質の概要

2. 1 斜面崩壊事例及び敷地内地形

2. 1. 2 津波に伴う斜面崩壊の記録

2. 地質の概要 2.1 斜面崩壊事例及び敷地内地形

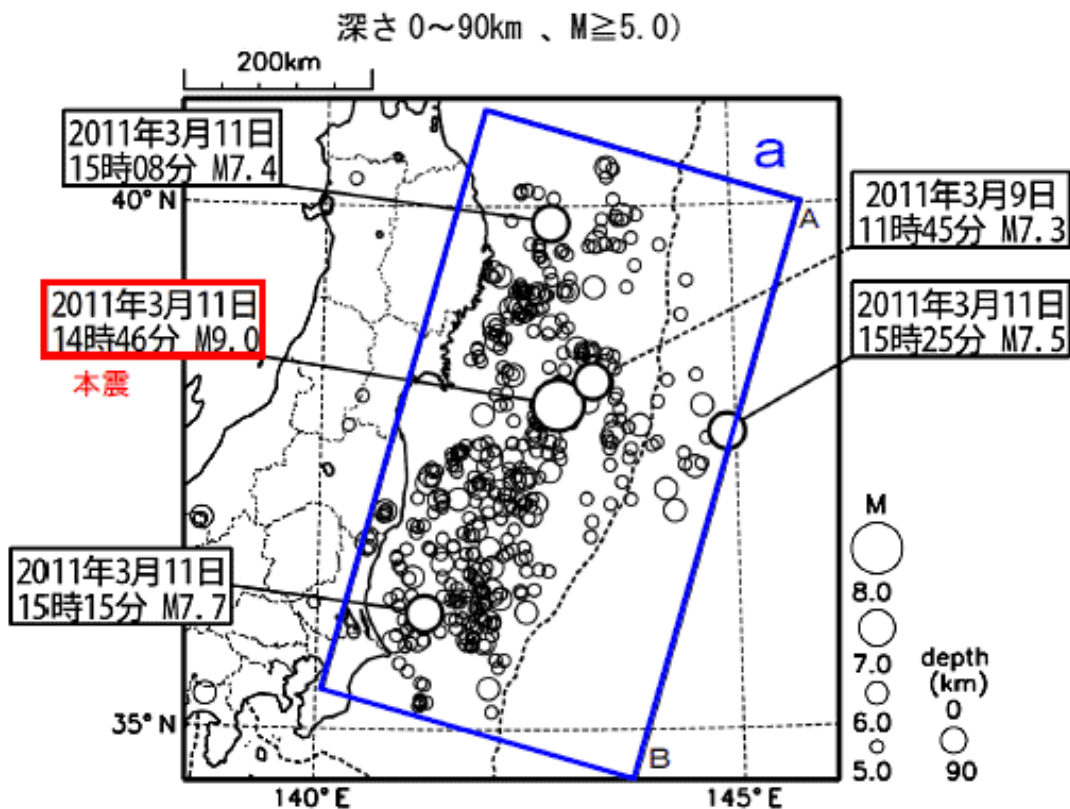
2.1.2 津波に伴う斜面崩壊の記録

- ・渡辺(1998)⁽²³⁾は、西暦684年から1996年までに発生した約210の津波についてその概要、被災状況等を取りまとめているが、津波に伴う斜面崩壊については数例の記載があるものの詳細な記述は認められない。
- ・宇佐美ほか(2013)には、地震に伴う斜面崩壊の被害についての記載はあるものの、渡辺(1998)と同様に詳細な記述は認められない。
- ・上記地震及び津波のカタログ発刊以降発生した津波を対象に斜面崩壊の発生の有無について調査した結果、平成23年東日本大震災において発生した津波により、斜面崩壊が発生した事例が報告されているため、斜面崩壊事例について取りまとめた。

2. 地質の概要 2.1 斜面崩壊事例及び敷地内地形 2.1.2 津波に伴う斜面崩壊の記録

(1) 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の概要

- ・宇佐美ほか(2013)によると、震度7が宮城県栗原市、そのほか各県の最大震度は、震度6強が福島、茨城、栃木、6弱が岩手、宮城、福島、茨城、千葉、栃木、群馬、埼玉であり、主として大津波によって死者・行方不明者1万8,000余と明治三陸津波に次ぐ被害が生じたとされている。
- ・また、震源域は、岩手県から福島県までの東側沖合で南北に長さ400kmにおよび、日本海溝付近から沿岸部近くまで太平洋プレートと陸側プレートの境界面で東西に幅200kmと広く、最大すべり量は30mにおよぶ日本史上最大の超巨大地震とされている。



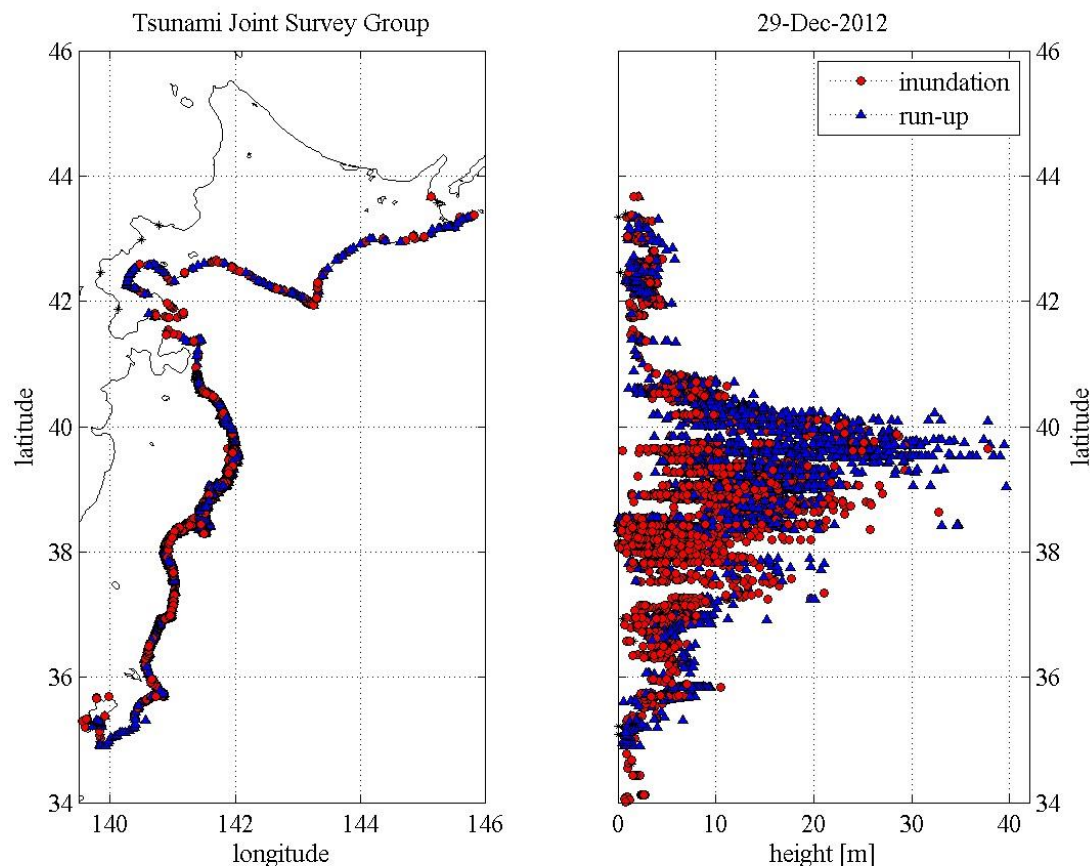
| | |
|---------|------------------------------------------------|
| 発生日時 | 2011年3月11日 |
| 震源 | 東北沖 北緯：38° 6.2′ 東経：142° 51.7′ 深さ：24km |
| マグニチュード | 8.4 (Mw=9.0) |

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震
震源位置(地震調査研究推進本部⁽²⁴⁾を引用・加筆)

2. 地質の概要 2.1 斜面崩壊事例及び敷地内地形 2.1.2 津波に伴う斜面崩壊の記録

(2) 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による津波の概要

- ・東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループによると、東北地域を中心に、痕跡高が10mを超える地域が南北に約530kmにわたり、20mを超える地域も約200kmと非常に大きな痕跡高が広範囲にわたって記録されたとされている。
- ・また、局所的には、最高40.1mの観測最大の遡上高がおおふなと大船渡市りょうり綾里湾で記録されており、これは明治三陸津波の記録を上回る日本で記録された最大値とされている。



各地の津波浸水高と遡上高(東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ⁽²⁵⁾より引用)
(<http://www.coastal.jp/ttjt/index.php?plugin=attach&refer=FrontPage&openfile=survey.jpg>)

2. 地質の概要 2.1 斜面崩壊事例及び敷地内地形 2.1.2 津波に伴う斜面崩壊の記録

(3) 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震津波による斜面崩壊

- ・岡ほか(2012)⁽²⁶⁾によると、宮城県南三陸町では、津波運搬物がトンネル坑口よりも上部に残っていること、擁壁が海側に転倒していること、線路の軌道が完全に流失し、盛土も洗掘している状況を踏まえ、法面の一部が引き波により浸食を受けた可能性があるとしてされている。
- ・また、石巻市雄勝町においても、津波運搬物が梢に残っている状況から擁壁高の倍以上の高さまで山肌を遡上したと考えられることから、引き波時の海水面の急低下により斜面崩壊が生じ、崩壊土砂が擁壁下部を押し出したとされている。



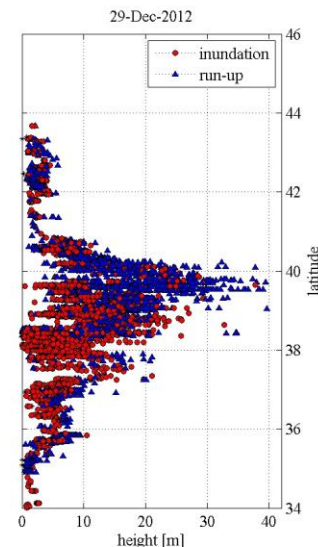
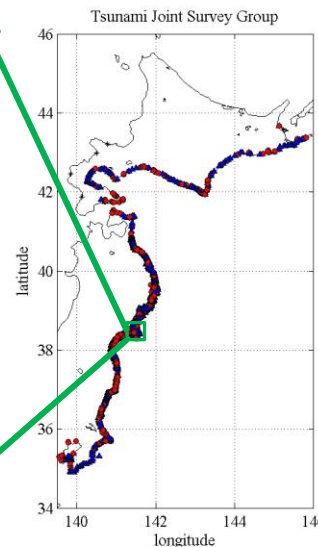
写真1(南三陸町の斜面崩壊状況)



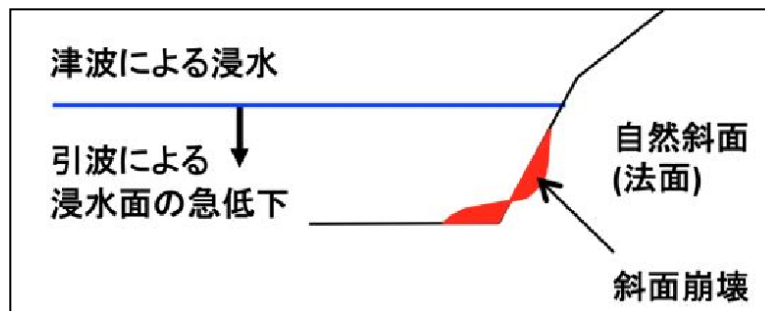
写真2(石巻市雄勝町の斜面崩壊状況)



写真位置図(google mapを引用・加筆)



各地の津波浸水高と遡上高
(東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループより引用)



浸水面の急低下による斜面崩壊の概念図

岡ほか(2012)を引用・加筆

1. 地質の概要

2. 1 斜面崩壊事例及び敷地内地形

2. 1. 3 文献調査結果

2. 地質の概要 2.1 斜面崩壊事例及び敷地内地形

2.1.3 文献調査結果

[地震に伴う斜面崩壊の事例]

・阿部・林(2011)を参考として、地震や斜面崩壊などの自然災害が科学的に記載されるようになった1868年以降の大規模地震に伴う斜面崩壊を対象に、発生した斜面崩壊の地質・地形的特徴等を整理した結果、以下の通りとなった。

【①第四紀】

未固結な火山噴出物の堆積域では、火山灰、シラス、スコリア等の未固結な火山噴出物による浅層の完落型のすべり、流動性すべりが多く発生している。

【②新第三紀～第四紀更新世】

- A. 中新世の礫岩・砂岩・泥岩の互層等の堆積地域では既存の層面断層及び砂岩層の層理面で発生している。
- B. 鮮新世の泥岩・砂岩・シルト岩の互層等の堆積地域では岩盤並進すべりの発生が多い。これらの地すべりは地層の不連続面としての層理面や層理面の一部をすべり面とし、地震動の増幅しやすいケスタや張り出し尾根など凸状地形で発生している。
- C. 更新世の砂岩・泥岩等の堆積する栗原市荒砥沢ダム地点では湖成堆積層をすべり面とし、傾斜が緩やかである。

【③先第三紀】

変成岩、堆積岩域では、発生事例が少なく、明確な特徴は認められなかったが、頁岩・砂岩互層上において、初生大規模岩盤並進すべりの事例が認められた。

【④花崗岩地帯】

地すべりの多くは砂状のマサによる表層完落型すべりや流動性すべりとして発生している。

【⑤火山岩類分布域】

大規模地震時に表層すべりとして発生している傾向がみられる。

[津波に伴う斜面崩壊の事例]

- ・渡辺(1998)及び宇佐美ほか(2013)によると津波に伴う斜面崩壊について数例の記載があるものの詳細な記述は認められない。
- ・上記文献発刊以降に発生した津波を対象に、斜面崩壊の有無を調査した結果、平成23年東北地方太平洋沖地震による引き津波により、斜面の一部が浸食された事例が確認されたものの、大規模な斜面崩壊の事例は認められなかった。

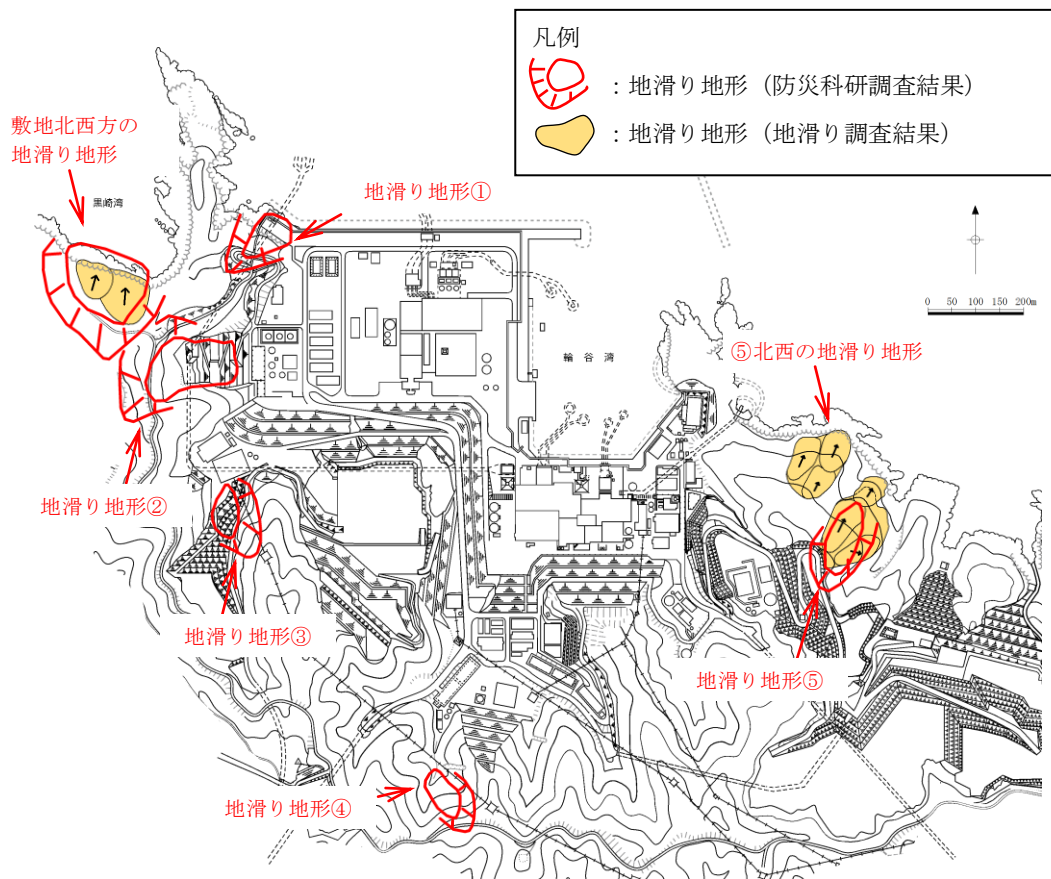
文献調査結果を踏まえた斜面崩壊に影響する地形・地質的特徴に関するまとめ

敷地は新第三紀中新世の堆積岩から成ることから、斜面崩壊に影響する地形・地質として、上記②の新第三紀堆積岩地帯の流れ盤構造を有するケスタ地形及び張り出し尾根の事例を参考に、敷地内の地形・地質の分布状況を検討する。

2. 地質の概要

2. 2 防波壁東端部の地質・地質構造

敷地の地滑り地形の抽出



島根原子力発電所周辺の地滑り地形分布図

- ・文献調査の結果，独立行政法人防災科学技術研究所（以下，「防災科研」）が作成した地すべり地形分布図（平成17年，清水ほか(2005)⁽²⁷⁾）では，島根原子力発電所周辺に位置する地滑り地形が抽出されている。
- ・自社調査では，詳細な旧地形図を含む多様な参照資料に加え，防災科研調査に用いた資料を参考に地形判読を行い，現地調査等を合わせて実施した。調査の結果，防災科研調査結果の敷地北西方の地滑り地形，地滑り地形②，地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形の4箇所を抽出した。

(参考)地滑り地形調査

・自社調査に用いた資料及び国立研究開発法人 防災科学技術研究所調査(以下, 防災科研調査)に用いた資料を示す。

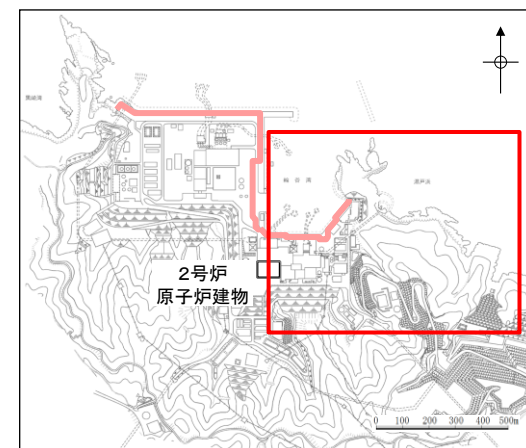
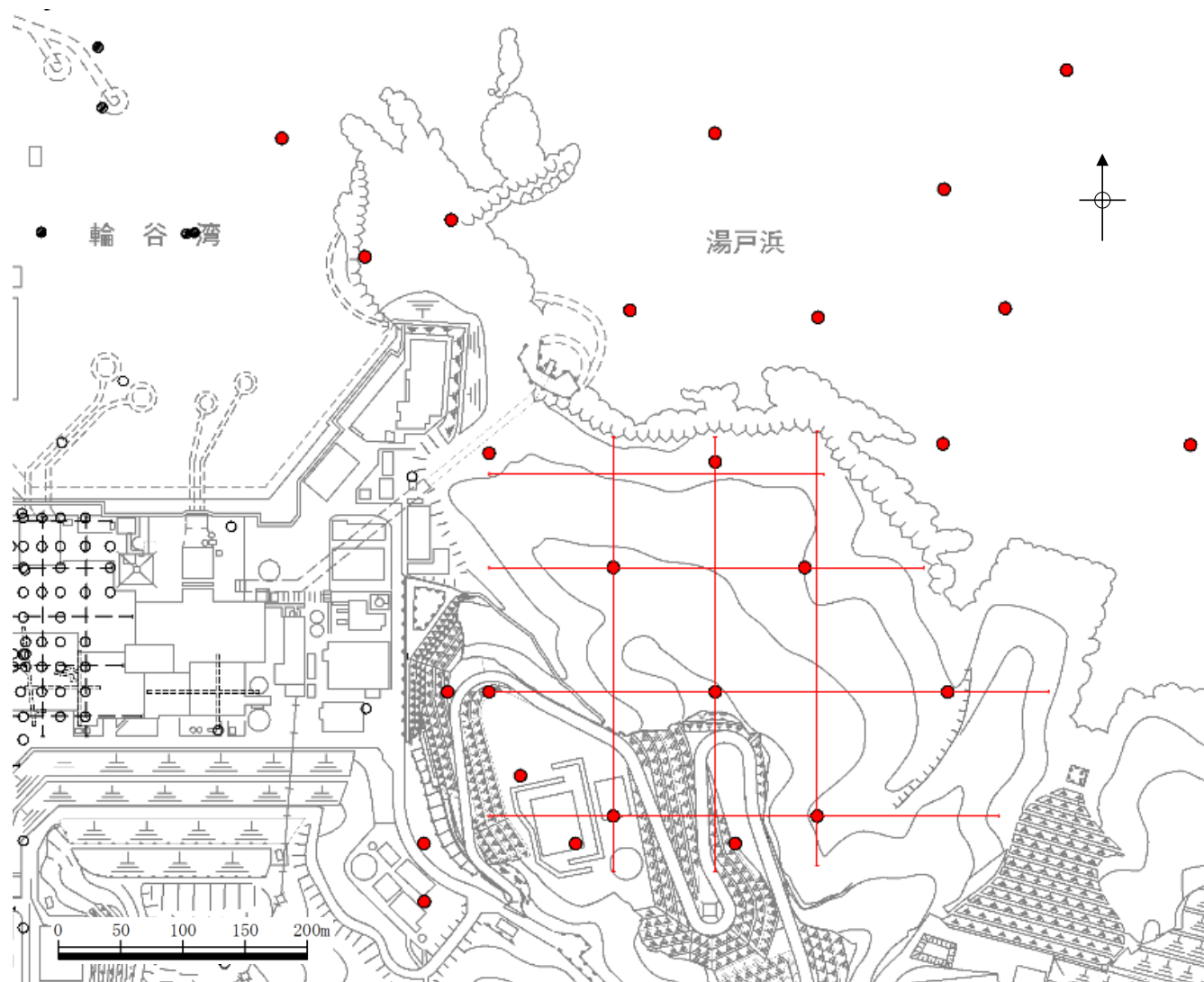
自社調査と防災科研調査の内容の比較

| | | 自社調査 (平成25~26年) | 防災科研調査 (平成17年) |
|------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 実施項目 | | <ul style="list-style-type: none"> ・地滑り地形判読 (机上) ・<u>現地調査 (ルートマップ作成, 平成8年)</u> | <ul style="list-style-type: none"> ・地滑り地形判読 (机上) |
| 実施内容 | 参照資料 | <ul style="list-style-type: none"> ・<u>モノクロ空中写真 (1万分の1, 1962年撮影, 4万分の1, 1973年撮影)</u> ・<u>カラー空中写真 (1万分の1, 1976年撮影)</u> ・<u>等高線図 (2千5百分の1) ※</u> ・<u>地形図 (5万分の1)</u> ・<u>アナグリフ※</u> ・<u>3次元地形モデル※</u> <p>※1mDEM (地形は1962年の空中写真に基づく) または2mDEM (地形の一部は1962年の空中写真に基づく) を用いて作成</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・<u>モノクロ空中写真 (4万分の1, 1973年撮影)</u> ・<u>地形図 (5万分の1)</u> |
| | 判読方法 | <ul style="list-style-type: none"> ・<u>実体鏡による空中写真の判読</u> ・<u>その他資料を補足的に使用</u> | <ul style="list-style-type: none"> ・<u>実体鏡による空中写真の判読</u> |
| | 抽出対象 | <ul style="list-style-type: none"> ・<u>全ての地滑り地形を抽出</u> | <ul style="list-style-type: none"> ・<u>幅150m以上の比較的大規模な地滑り地形のみを抽出</u> |

下線は相違箇所

2. 地質の概要 2.2 防波壁東端部の地質・地質構造

防波壁(東端部)の地質調査位置図



防波壁東端部位置図

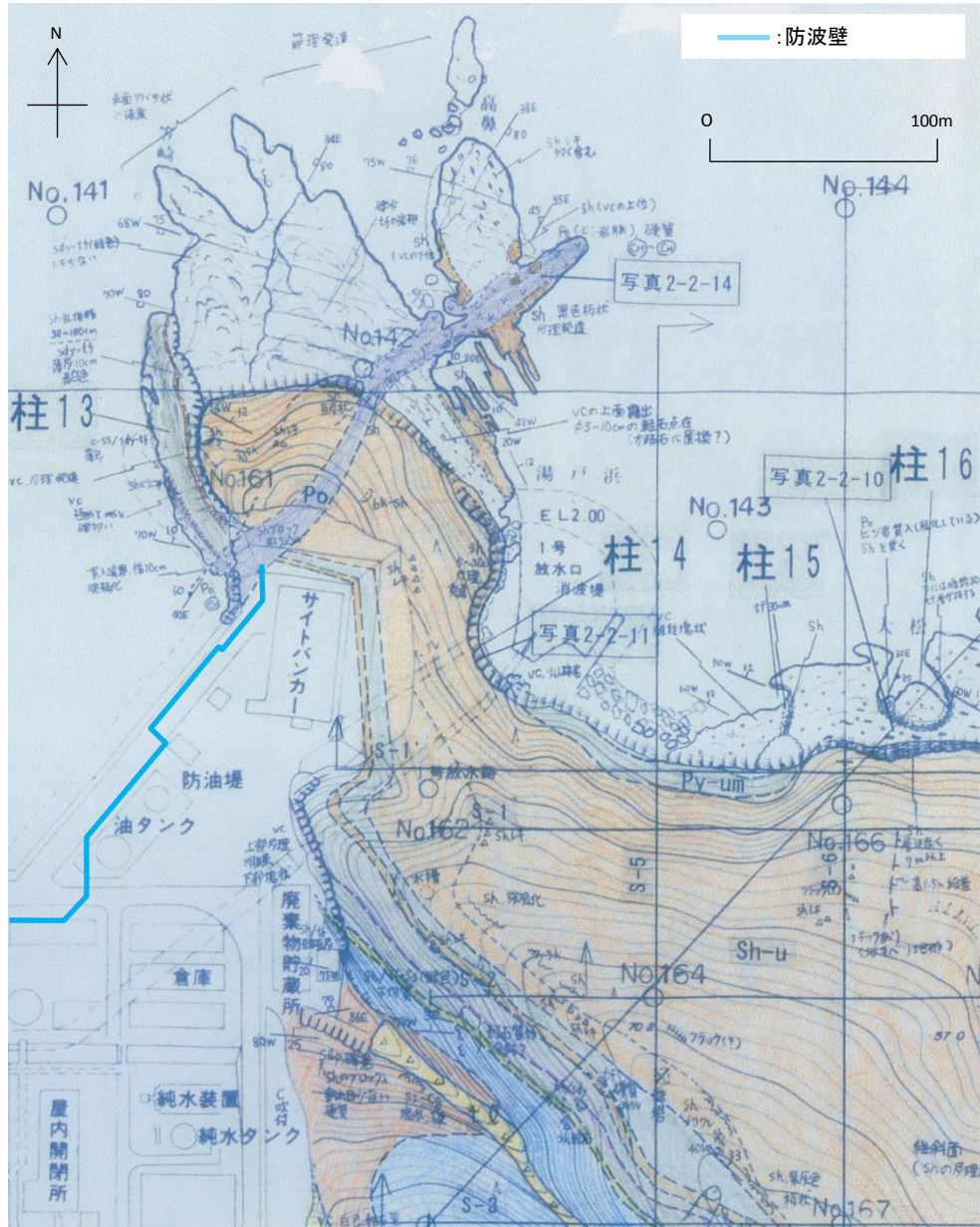
凡例

- 1・2号炉調査他ボーリング位置
- 3号炉調査ボーリング位置
- その他調査ボーリング位置
- 1・2号炉調査他弾性波探査測線
- その他調査弾性波探査測線
- 1・2号炉調査試験掘坑・試験坑

・防波壁(東端部)の地質・地質構造を把握するため、文献調査、地表地質踏査を行うとともに、地表からの弾性波探査、ボーリング調査を実施した。

2. 地質の概要 2.2 防波壁東端部の地質・地質構造

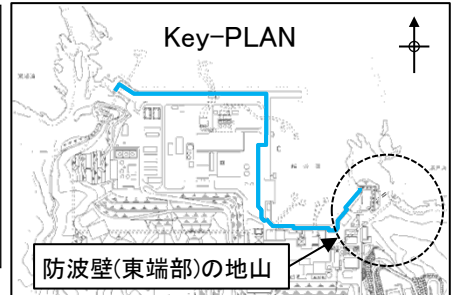
防波壁(東端部)の踏査結果



地質区分及び凡例

| 地質時代 | 地質名 | 記号 | |
|------|--------------|--------|-----------------------|
| 第四紀 | 盛土 | bs | 地質境界線 |
| | 崖錐堆積物 | tl | |
| 新 | 新 | 新 | 層理面の走向・傾斜 ※(既往の調査) |
| | 新 | 新 | |
| 中 | 上部黒色頁岩層 | Sh-u | 貫入面の走向・傾斜 |
| | 最上部フローユニット | Py-um | |
| 生 | 下部黒色頁岩層 | Sh-l | 写真2-2-1 写真位置 |
| | 上部フローユニット | Py-u | |
| 新 | 緑色凝灰岩 | Tfg | ボーリング位置 孔名 |
| | 下部フローユニット | Py-l | |
| 三 | 黒色頁岩ブロック | Shb | 弾性波探査測線 |
| | 粗粒凝灰岩 | Tfo | |
| 代 | 黒色頁岩・凝灰岩互層 | Sh/Tf | 背斜軸 |
| | スランプ層 | S-lu | |
| 紀 | 黒色頁岩・凝灰質砂岩互層 | Sh/Tsh | |
| | 流紋岩質火砕岩 | Ry | |

- ルートマップに用いた略号
 bk-Sh, Sh: 黒色頁岩
 c-ss: 粗粒砂岩
 msv: 塊状
 Po: 安山岩
 sdv-tf: 砂質凝灰岩
 ss-Cg: 砂質礫岩
 tf: 凝灰岩
 tf-Ss: 凝灰質砂岩
 vc: 火山礫凝灰岩



ルートマップ(平成8年調査)

2. 地質の概要 2.2 防波壁東端部の地質・地質構造

防波壁(東端部)の踏査結果 露頭状況



P1 防波壁(東端部)全景
岩着部は尾根の先端を開削した法面に位置する。

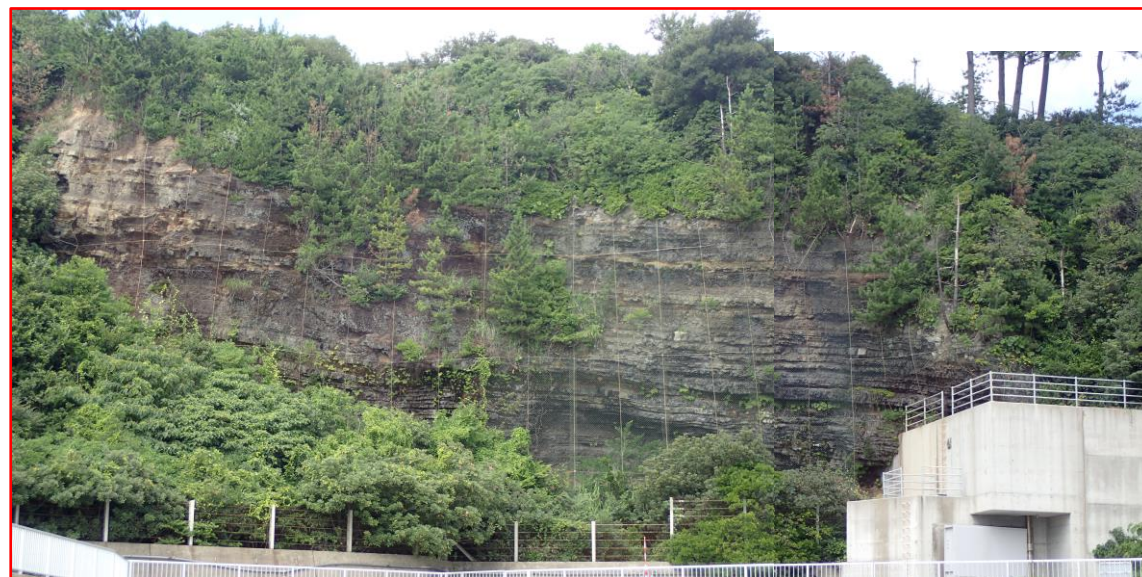


P2 防波壁岩着部
火山礫凝灰岩(Lp)及び安山岩(An),
C_M~C_H級岩盤からなる。

- ・防波壁(東端部)の地山は黒色頁岩~火山礫凝灰岩の互層からなり, 安山岩岩脈が認められる。
- ・地山の地質構造は西北西走向, 北東緩傾斜であり, 断層構造や顕著な割れ目は認められない。
- ・岩盤表面は変質により褐色を呈する。岩盤は堅硬でC_M~C_H級である。
- ・この地山において, 褶曲や断層といった地質構造は認められず, シームは確認されない。また, 防波壁に影響を与える地滑り地形は認められない(p34参照)。

2. 地質の概要 2.2 防波壁東端部の地質・地質構造

防波壁(東端部)の踏査結果 露頭状況



P2 斜面部

斜面部は黑色頁岩・凝灰岩の互層からなり、岩盤は直立し $C_M \sim C_H$ 級岩盤である。凝灰岩の細粒部が選択的侵食を受け、凹凸組織を呈する。

2. 地質の概要 2.2 防波壁東端部の地質・地質構造

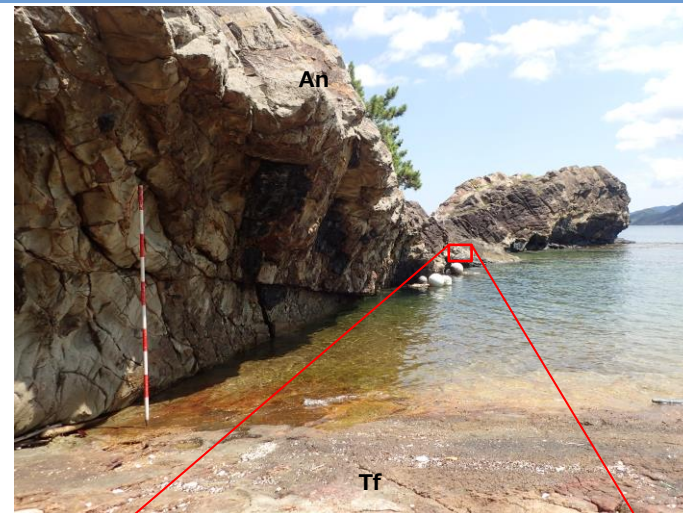
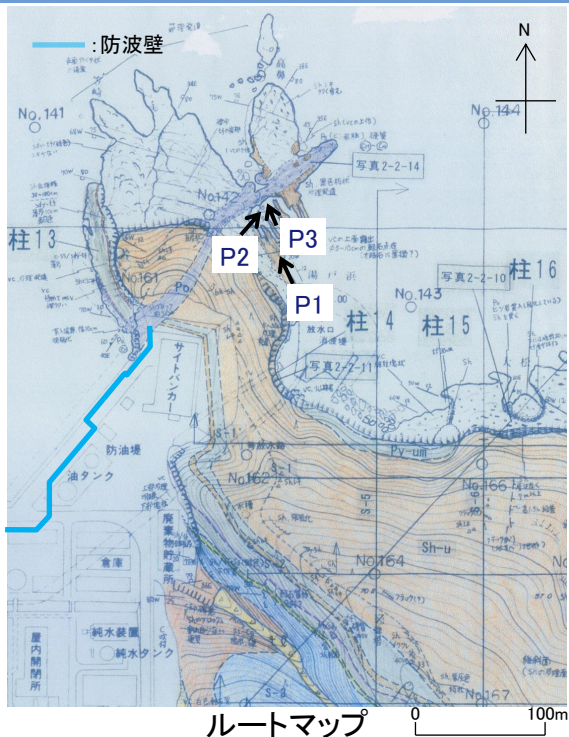
防波壁(東端部)の踏査結果 露頭状況



P2 斜面端部
斜面端部は黒色頁岩・凝灰岩の互層, C_H級である。

2. 地質の概要 2.2 防波壁東端部の地質・地質構造

防波壁(東端部)の踏査結果 露頭状況

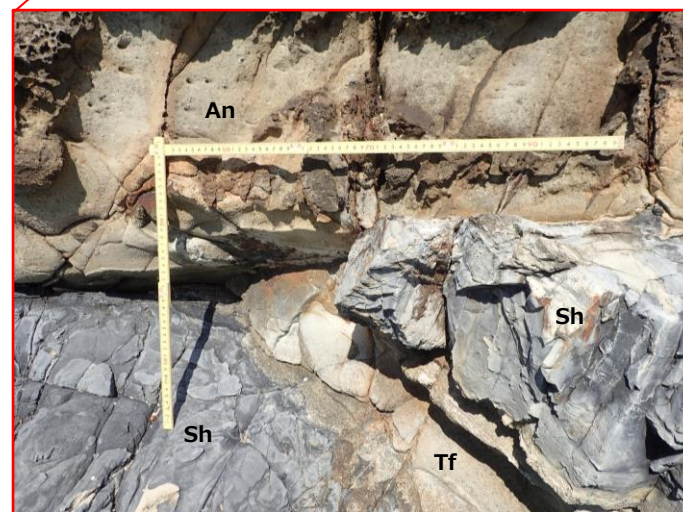


P2 安山岩岩脈下盤境界全景
貫入境界下盤側の母岩(黒色頁岩・凝灰岩)は侵食により削剥されている。



P1 安山岩岩脈(An)

安山岩は黒色頁岩(Sh)・凝灰岩(Tf)に比べ侵食に対する強抵抗性を示し、海面から突出した地形をなす。



P3 安山岩岩脈下盤境界拡大

貫入境界(N40E 56N)は黒色頁岩・凝灰岩の層理面に斜交し、密着する。安山岩側に急冷縁あり。貫入境界付近に破碎構造は認められない。

層理面 層理面

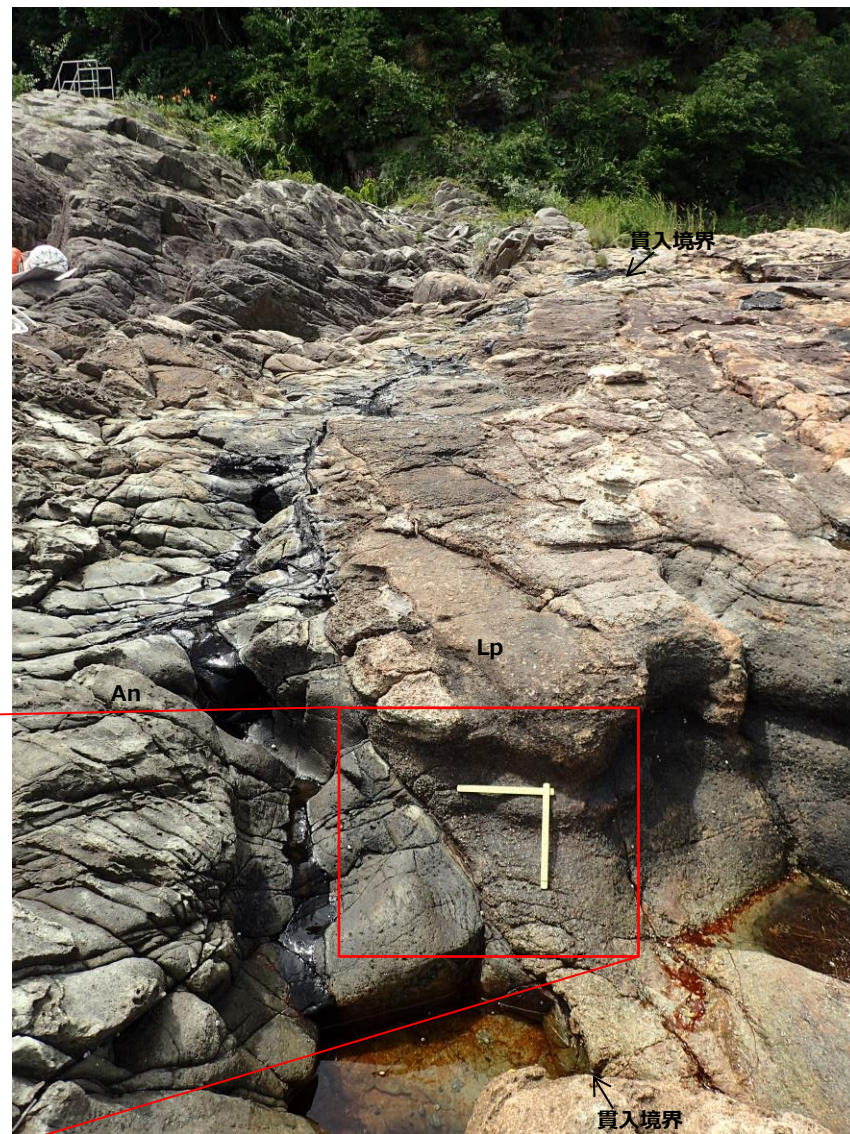
← 貫入境界

2. 地質の概要 2.2 防波壁東端部の地質・地質構造

防波壁(東端部)の踏査結果 露頭状況



P2 貫入境界拡大 安山岩側に急冷縁あり。



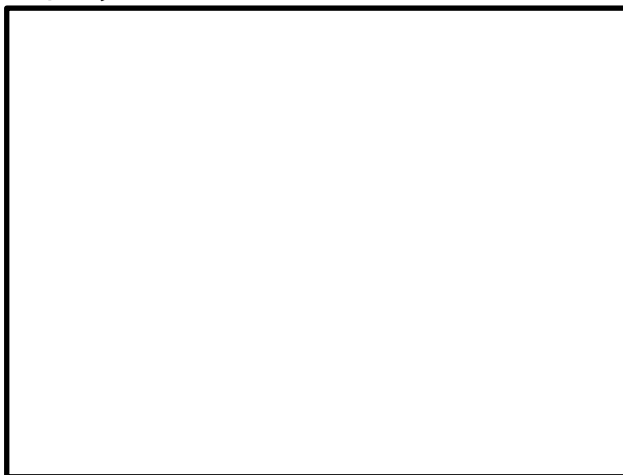
P1 安山岩岩脈(An)上盤境界
貫入境界(N48E 42N)は火山礫凝灰岩(Lp)に密着する。

2. 地質の概要 2.2 防波壁東端部の地質・地質構造

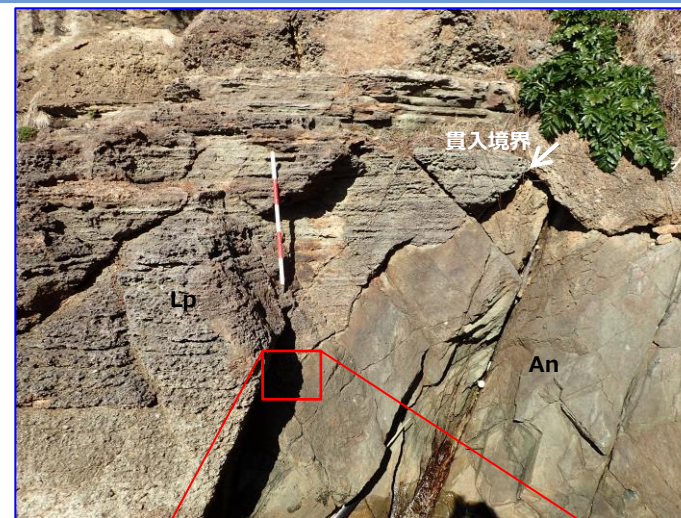
防波壁(東端部)の踏査結果 露頭状況



ルートマップ 0 100m



P1 防波壁岩着部



P2 安山岩岩脈(An)上盤境界

みかけ水平な層理の明瞭な火山礫凝灰岩(Lp)に貫入境界が斜交する。火山礫凝灰岩の層理は整然としており、境界付近に破碎構造は認められない。



P3 安山岩岩脈上盤境界

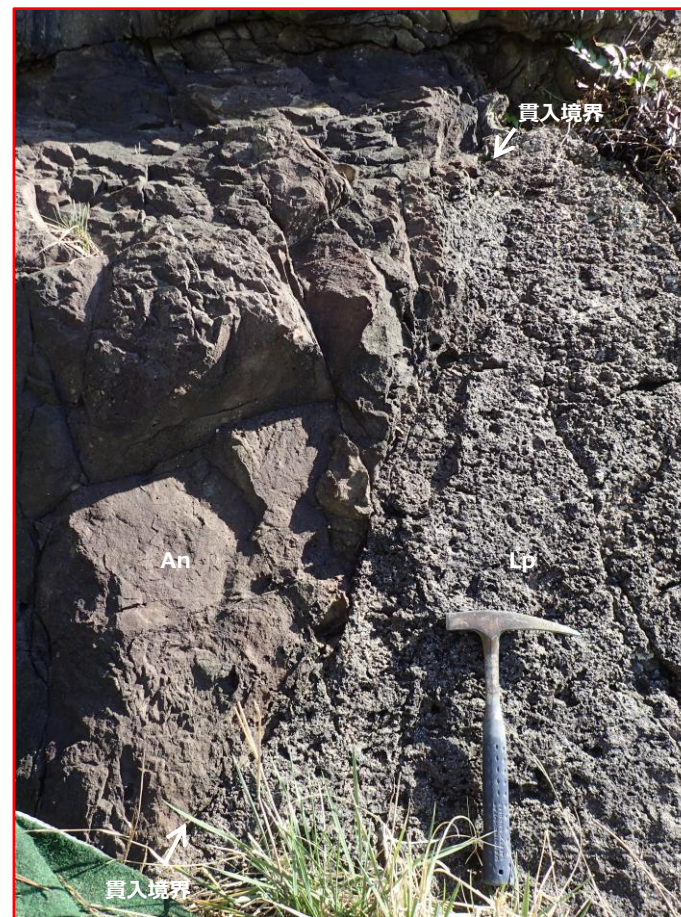
貫入境界は火山礫凝灰岩に密着し、安山岩側に急冷縁あり。

2. 地質の概要 2.2 防波壁東端部の地質・地質構造

防波壁(東端部)の踏査結果



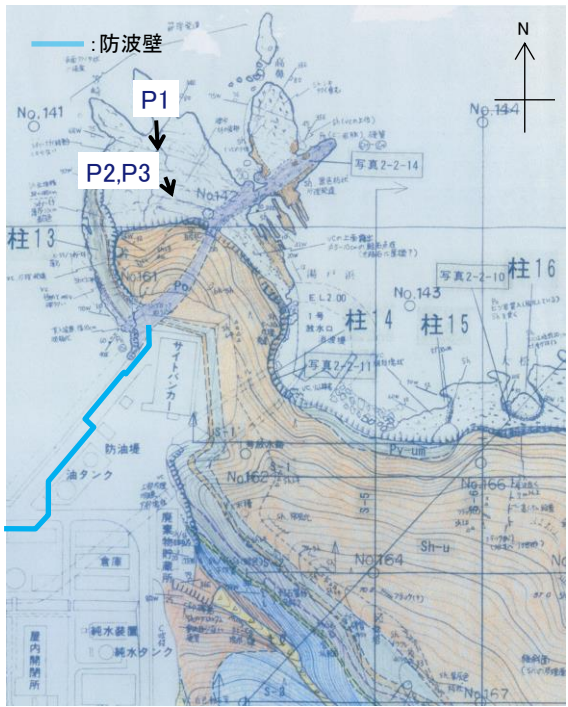
P1 防波壁岩着部



P2 安山岩岩脈(An)下盤境界
貫入境界は火山礫凝灰岩(Lp)に密着する。

2. 地質の概要 2.2 防波壁東端部の地質・地質構造

防波壁(東端部)の踏査結果 露頭状況



ルートマップ 0 100m



P1 地山北端部
堅硬な火山礫凝灰岩が広く露出する。



P2 地山北端部
火山礫凝灰岩 C_H級



P3 火山礫凝灰岩 C_H級

2. 地質の概要 2.2 防波壁東端部の地質・地質構造

防波壁(東端部)1号放水連絡通路防波扉斜面の踏査結果 露頭状況



P2 防波扉北側岩着部拡大
岩盤に崩壊するような緩みや高角度亀裂等の顕著な変状は認められない。

P1 防波壁(東端部)全景(1号炉放水口側)

まとめ

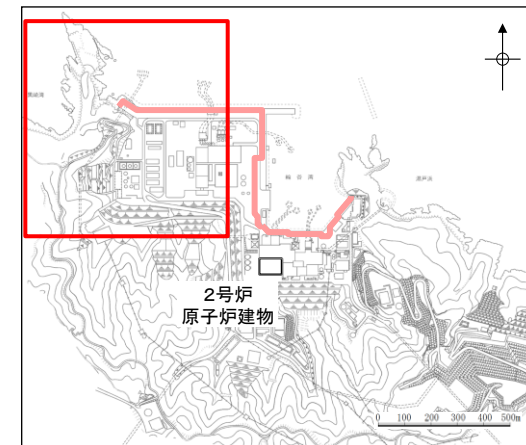
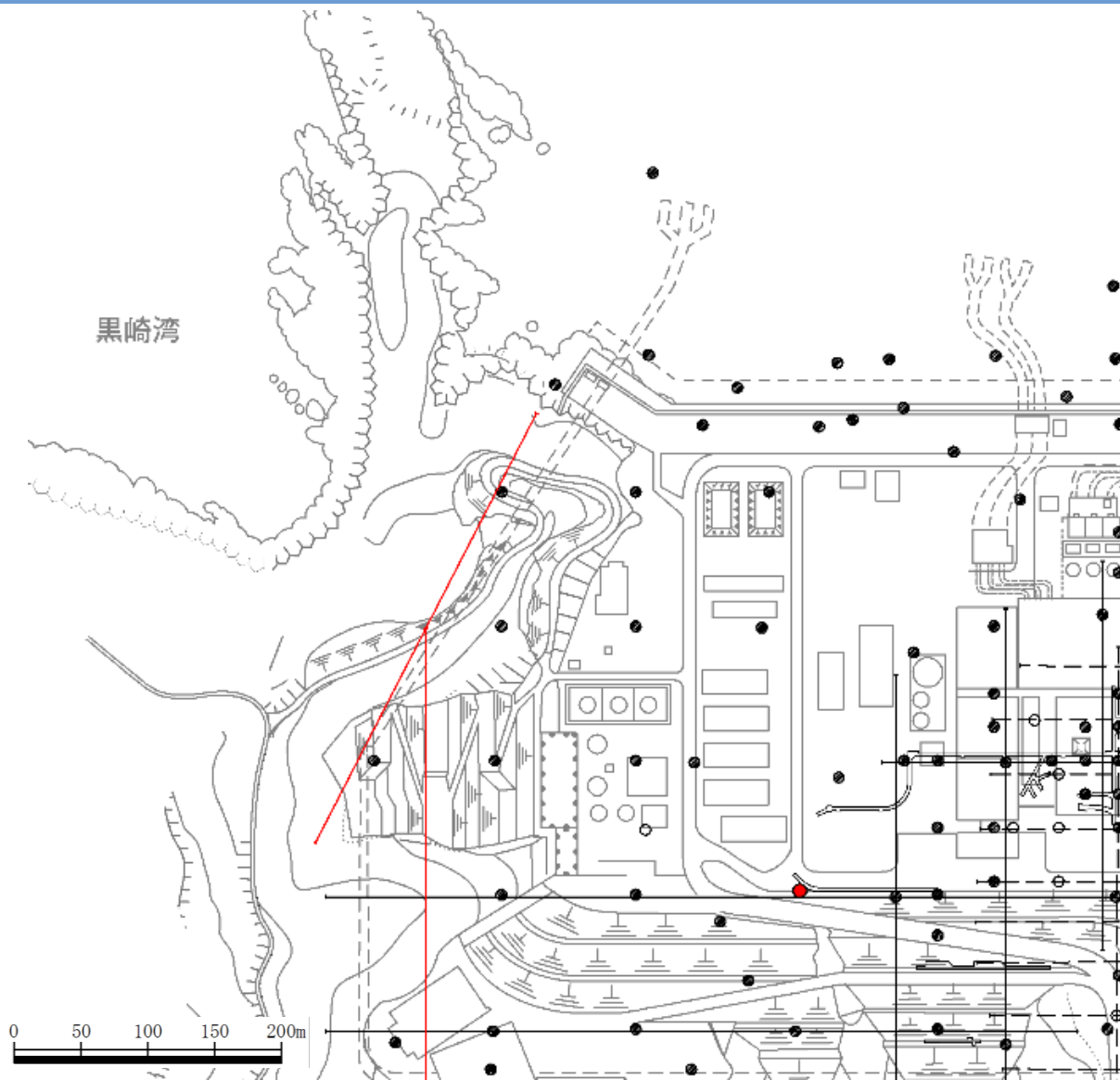
- ・防波壁(東端部)の地山は黒色頁岩～火山礫凝灰岩の互層からなり、安山岩岩脈が認められる。
- ・地山の地質構造は西北西走向、北東緩傾斜であり、断層構造や顕著な割れ目は認められず、シームは確認されない。岩盤表面は変質により褐色を呈する。岩盤は堅硬でC_M～C_H級である。
- ・この地山において、防波壁に影響を与える地滑り地形は認められない。

2. 地質の概要

2. 3 防波壁西端部の地質・地質構造

2. 地質の概要 2.3 防波壁西端部の地質・地質構造

防波壁(西端部)の地質調査位置図



防波壁西端部位置図

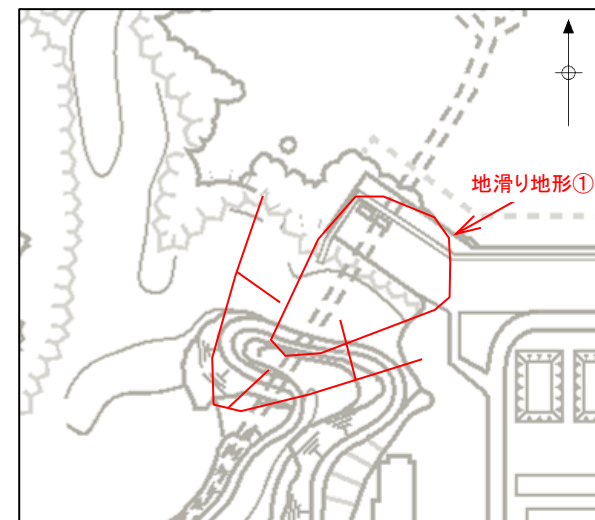
凡例

- 1・2号炉調査他ボーリング位置
- 3号炉調査ボーリング位置
- (赤) その他調査ボーリング位置
- 3号炉調査弾性波探査測線
- (赤) その他調査弾性波探査測線
- (点線) 3号炉調査試掘坑・試験坑

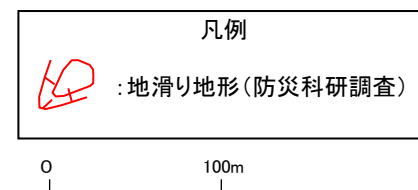
・防波壁(西端部)の地質・地質構造を把握するため、文献調査、地表地質踏査を行うとともに、地表からの弾性波探査、ボーリング調査を実施した。

防波壁(西端部)周辺の地形に関する文献調査

- ・防災科研は、地形判読に基づき地すべり地形分布図を作成しており、その中で、防波壁(西端部)の地山に地滑り地形が存在するとしている。^{※1}地すべり地形分布図の解説と読図の手引きである清水ほか(2006)⁽²⁸⁾によると、地滑り地形の定義について、地すべり地形を地すべりの変動によって生じた、もしくは生じつつある地形の総称として用いており、そこに表層すべりは含まれないとされている。
- ・国土交通省によれば、地すべりは一般的には深層崩壊にともなって発生する現象で動きが緩慢なものが多いとされている。ここで深層崩壊は、すべり面が表層崩壊よりも深部で発生し、表土層だけでなく深層の地盤までもが崩壊土塊となる比較的規模の大きな崩壊現象としている。また表層崩壊は、斜面崩壊のうち、厚さ0.5~2.0m程度の表層土が、表層土と基盤層の境界に沿って滑落する比較的規模の小さな崩壊としている。^{※2}
- ・本資料では、厚さ2m程度より深い規模を「地滑り」とし、それより浅い表層土と基盤層の境界に沿って滑落する規模の現象を「表層すべり」と区別して評価する。
- ・防災科研は地すべり地形分布図の利活用における留意点の一つとして、利用者の責任による現地調査が必要としている。そのため、同地点について当社で空中写真判読及び現地踏査を実施した。



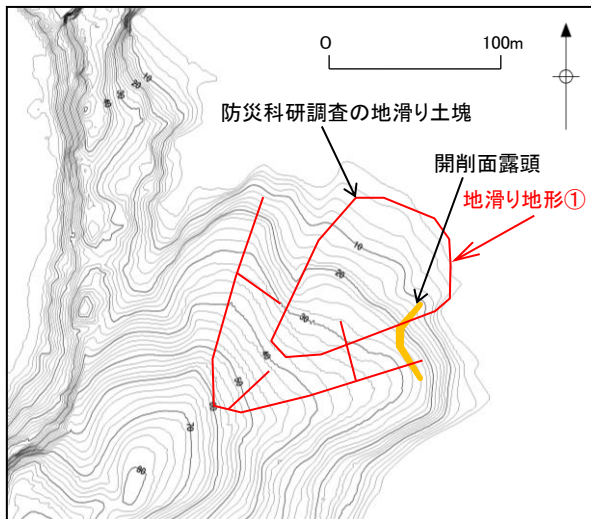
防災科学技術研究所の地滑り地形調査結果
(敷地の地形図に地滑り地形を投影)




※1 防災科学技術研究所 地すべり地形GISデータ 地すべり地形分布図 HPを参照
https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/landslidemap/gis.html

※2 国土交通省 砂防:深層崩壊についてよくあるご質問 HPを参照
http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sabo/deep_landslide_FAQ.html

防波壁(西端部)周辺の地形判読 空中写真の対比



凡例
 : 地滑り地形(防災科研調査)

- ・防波壁(西端部)周辺は、発電所北西端にある北東向き斜面で標高0~80mの斜面をなす。現在は人工改変が加わり元の地形が残っていない。
- ・3種類の空中写真を判読した結果、1962年撮影のモノクロ空中写真が原地形を良く表している。1976年カラー写真は画像の分解能が高いが、耕作地が放棄されており、雑草が繁茂しているように見える。また、海岸側にある立木は1962年に比べて成長し、その斜面地形が判読しにくい。1973年モノクロ空中写真は撮影縮尺が4万分の1と小縮尺であり、微細な地形が判読できない。したがって、地滑り地形判読には、主に1962年モノクロ空中写真を用いることとする。

防波壁(西端部)周辺の旧地形
原縮尺: 2千5百分の1



防波壁(西端部)周辺の空中写真
撮影縮尺: 1万分の1, 1962年撮影

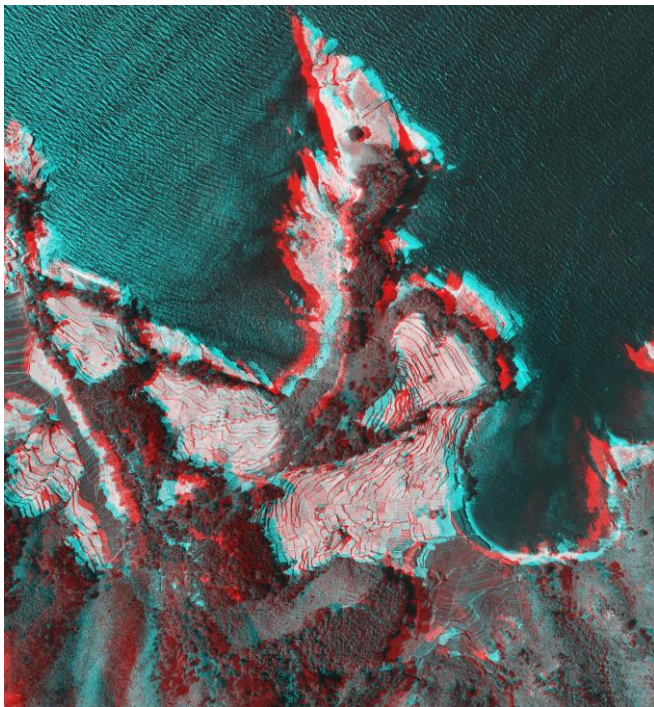


防波壁(西端部)周辺の空中写真
撮影縮尺: 4万分の1, 1973年撮影

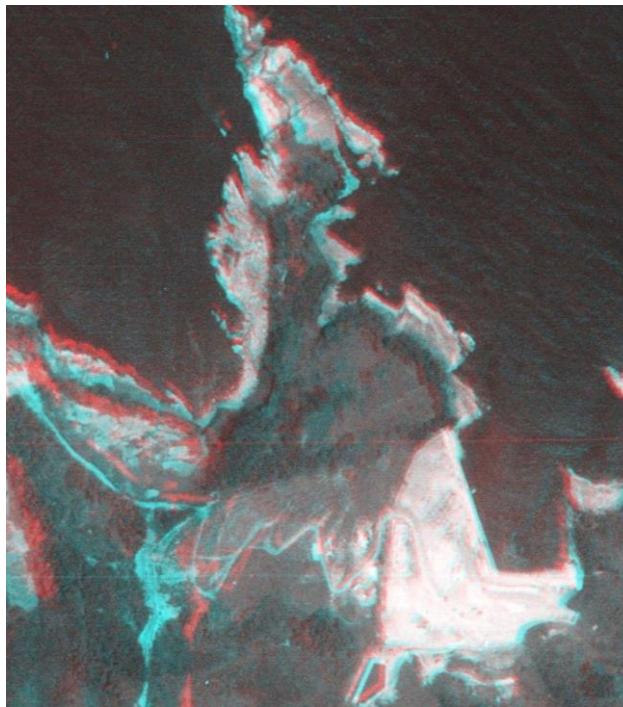


防波壁(西端部)周辺の空中写真
撮影縮尺: 1万分の1, 1976年撮影

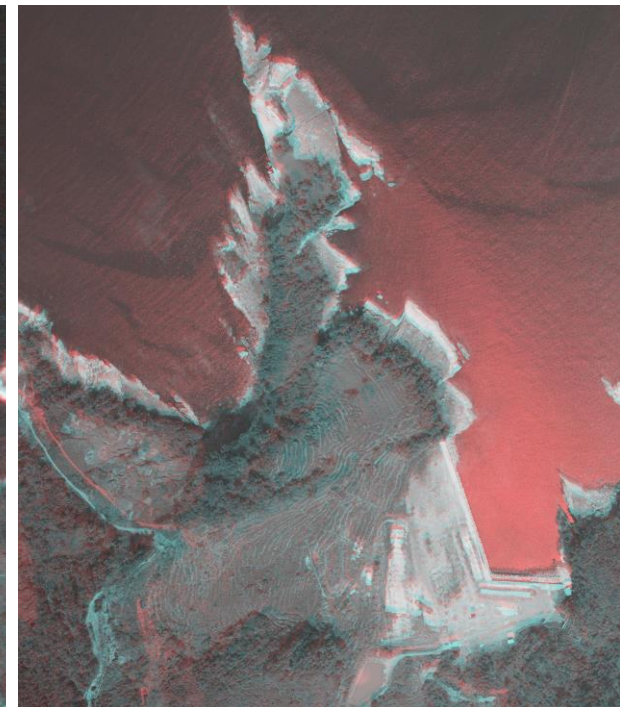
防波壁(西端部)周辺の地形判読 アナグリフ



1962年撮影モノクロ写真のアナグリフ



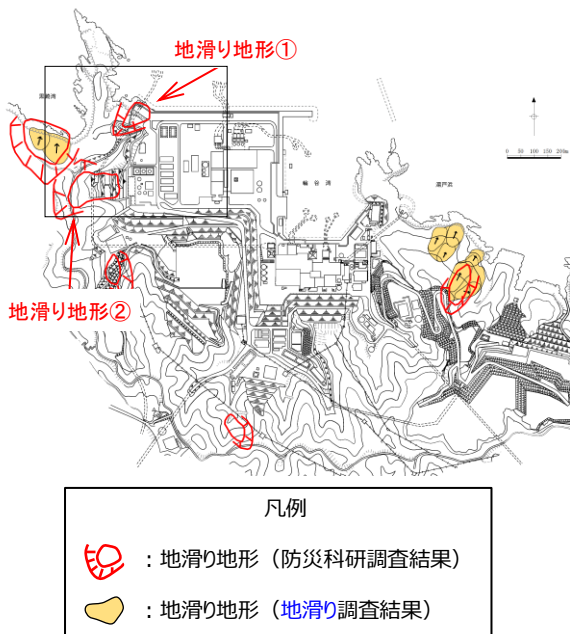
1973年撮影モノクロ写真のアナグリフ



1976年撮影カラー写真のアナグリフ

- ・空中写真判読に用いた時代の異なる空中写真を用いてアナグリフを作成した。
- ・3種類のアナグリフを比較すると、いずれのアナグリフでも大局的な地形の凹凸は認められるが、前頁で示した各写真同様に1962年のアナグリフが最も微細な地形を判読できる。

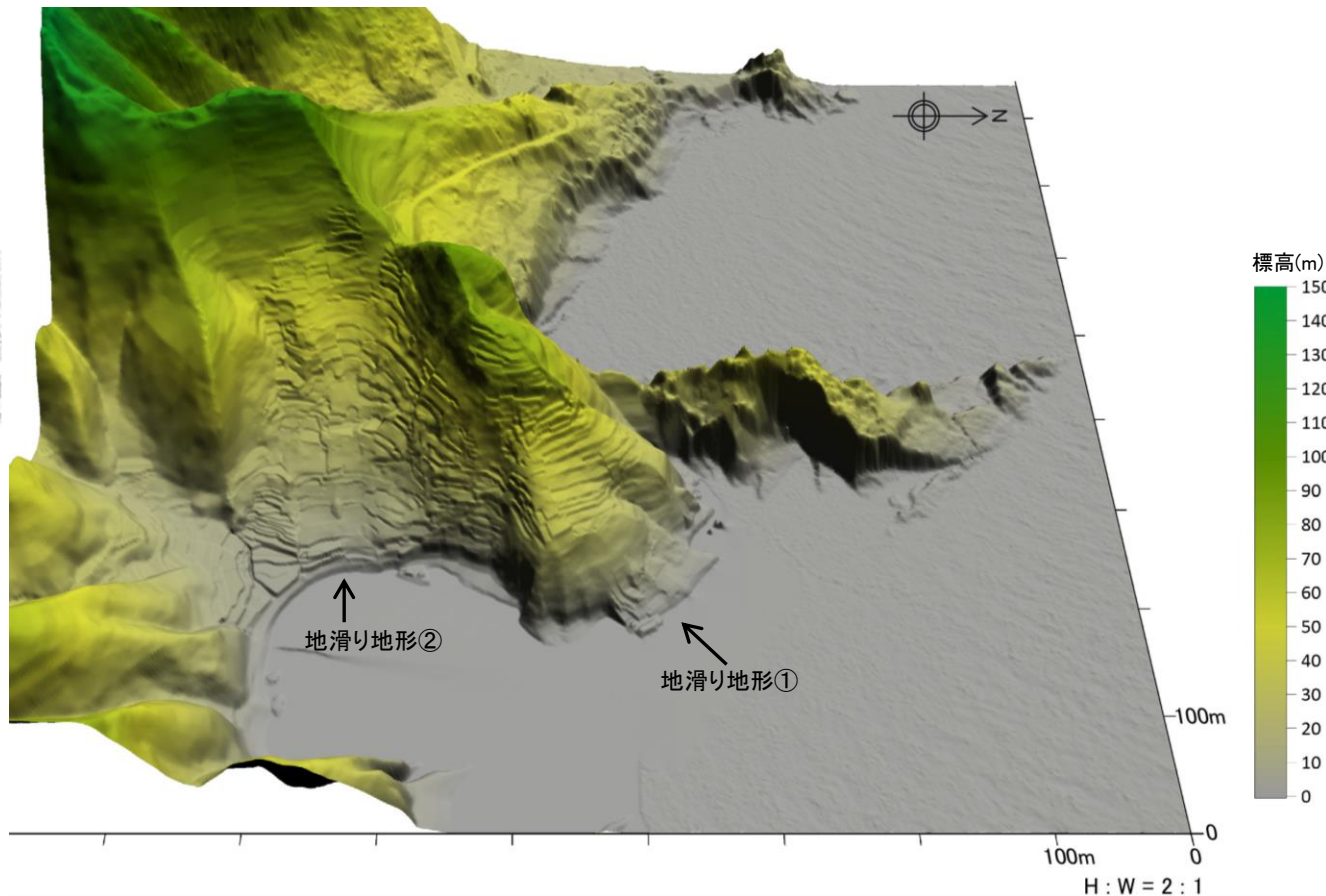
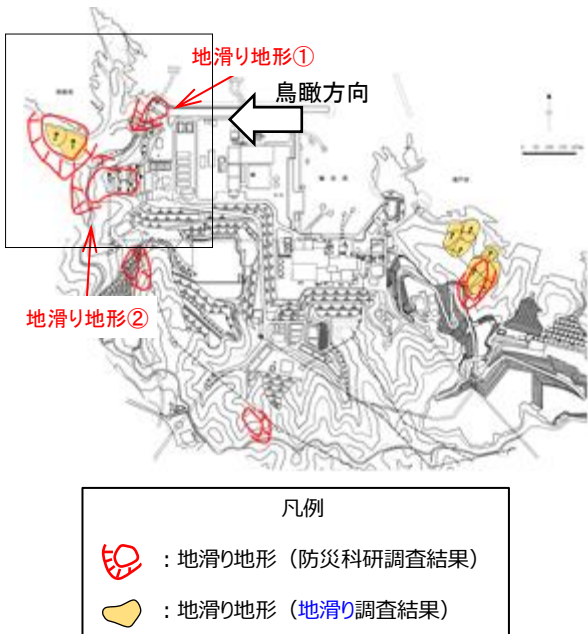
防波壁(西端部)周辺の地形判読 地形概要



防波壁(西端部)周辺の空中写真
撮影縮尺: 1万分の1, 1962年撮影

- ・発電所建設前の空中写真によると、防災科研調査結果の地滑り地形①及び地滑り地形②ともに耕作地からなる。白色の耕作地は畑、濃灰色の耕作地は水田である。現在は人工改変が加わり元の地形が残っていない。
- ・地滑り地形①は、発電所北西端にある北東向き斜面で標高0～80mの斜面をなす。発電所建設前の空中写真を判読すると耕作地が整然と段をなす。
- ・地滑り地形②は、発電所西端にある東向き斜面で標高10～70mの緩斜面をなす。発電所建設前の空中写真を判読すると不規則な凹凸を有する斜面がある。また、耕作地の輪郭は、谷奥に向かって湾曲して配列する。

防波壁(西端部)周辺の地形判読 3次元地形モデル

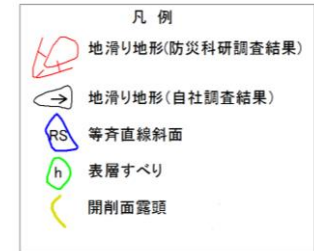
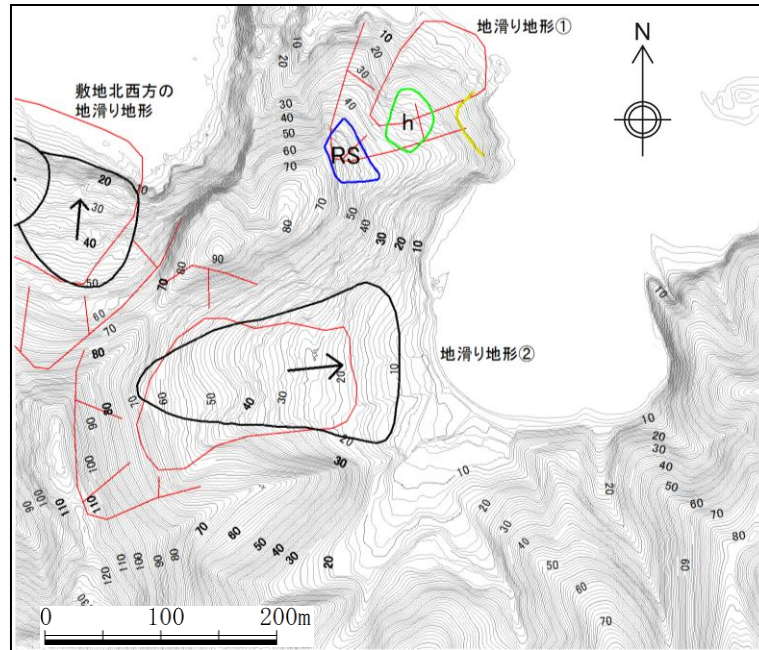
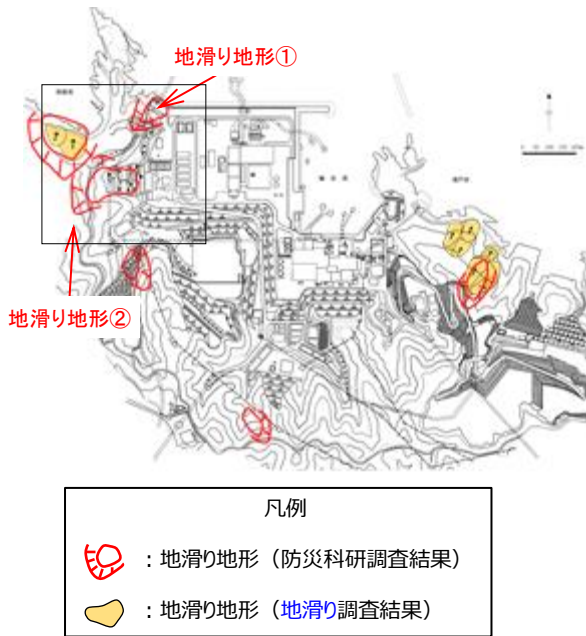


防波壁(西端部)周辺の旧地形の3次元地形モデル(東からの鳥瞰)
(モノクロ空中写真(撮影縮尺:1万分の1, 1962年撮影)により作成した1mDEMを使用)

- ・防波壁(西端部)周辺について、空中写真図化により作成した1mDEMを使用し、3次元地形モデルを作成した。
- ・防災科研調査結果の地滑り地形①は、滑落崖が認められず、地滑り地形の特徴は確認されない。また、地滑り土塊の地形も不明である。
- ・一方、地滑り地形②は、馬蹄形の滑落崖を伴い、滑落崖の中に緩斜面が認められ、不規則な凹凸が確認される。緩斜面は、土砂が堆積して形成された斜面と推定される。

2. 地質の概要 2.3 防波壁西端部の地質・地質構造

防波壁(西端部)周辺の地形判読 判読結果



防波壁(西端部)周辺の旧地形の等高線図

(モノクロ空中写真(撮影縮尺:1万分の1, 1962年撮影)より1mDEMを取得し作成)

- ・空中写真図化により作成した1mDEMを使用し, 1mコンターの等高線図を作成した。
- ・防波壁(西端部)周辺では, 防災科研調査結果の地滑り地形①の地滑り土塊とされる箇所のうち標高25~45mに緩斜面が分布し, 等高線の乱れが認められることから, 表層すべり(h)が想定される。当該箇所は, 浅い谷部に位置することから, 厚さ数mの土砂が堆積していると考えられる。また, 地滑り地形①の滑落崖とされる箇所に概ね対応する地形として, 標高45~65mに相対的に急な斜面が存在するが, その斜面は等斉直線斜面(RS, 鈴木(2000)⁽²⁹⁾)で傾斜方向が東北東方向を示す。地滑り地形①の崩落方向は北北東方向を示し, 斜面(RS)とは方向が異なる。仮に斜面(RS)を滑落崖とした場合, 半円形の凹形谷型斜面が想定される(鈴木(2000))が, そのような地形は確認されない。
- ・一方, 地滑り地形②は, 3次元地形モデルの検討結果と同様に, 馬蹄形の滑落崖を伴い, 滑落崖の中に緩斜面が認められ, 不規則な凹凸が確認される。緩斜面は, 土砂が堆積して形成された斜面と推定され, 地滑り地形の特徴(渡・小橋(1987)⁽³⁰⁾)の凹状緩斜面地形)を有する。

(参考) 斜面の形態的分類

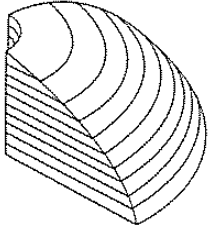
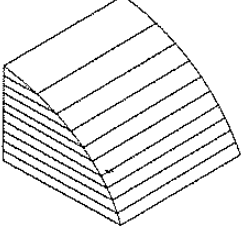
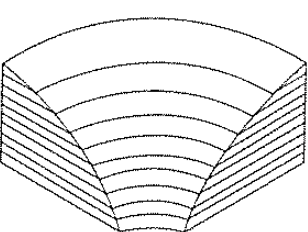
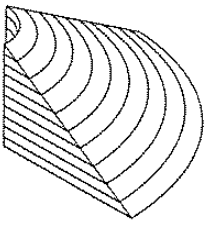
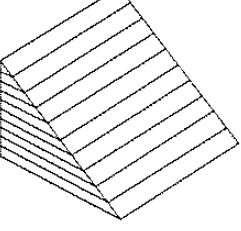
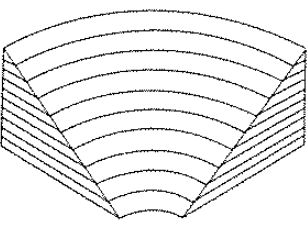
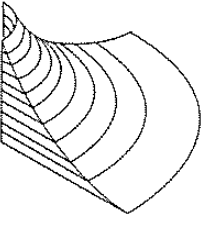
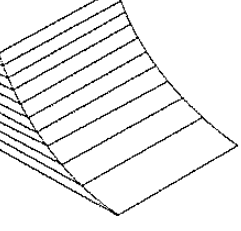
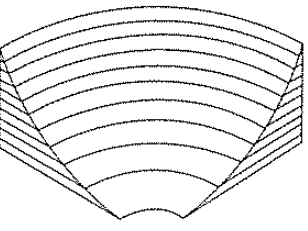
| 分類 | 尾根型斜面 (r) | 直線斜面 (s) | 谷型斜面 (v) |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 凸形斜面 (X) |  凸形尾根型斜面 (Xr) |  凸形直線斜面 (Xs) |  凸形谷型斜面 (Xv) |
| 等斉斜面 (R) |  等斉尾根型斜面 (Rr) |  等斉直線斜面 (Rs) |  等斉谷型斜面 (Rv) |
| 凹形斜面 (V) |  凹形尾根型斜面 (Vr) |  凹形直線斜面 (Vs) |  凹形谷型斜面 (Vv) |

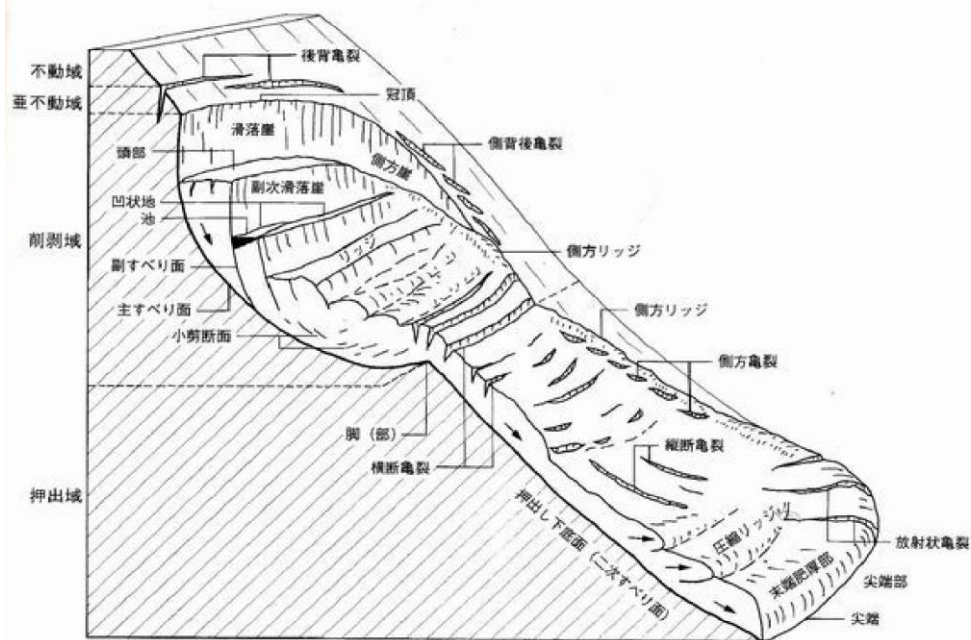
図 14.0.1 斜面型の 9 種区分 (図 3.1.18 の主要部分を再掲)
斜面の形態的分類

鈴木(2000)を引用

・鈴木(2000)は、単純な斜面は、二次元的には斜面の垂直断面形(傾斜の変化状態)と水平断面形(等高線の平面形)によってそれぞれ3種に分類され、三次元的には両者の組み合わせによって9種の斜面型に分類されるとしている。また、地滑り地形における等高線の配置は、滑落崖では凹形谷型斜面を示し比較的単純であるとしている。

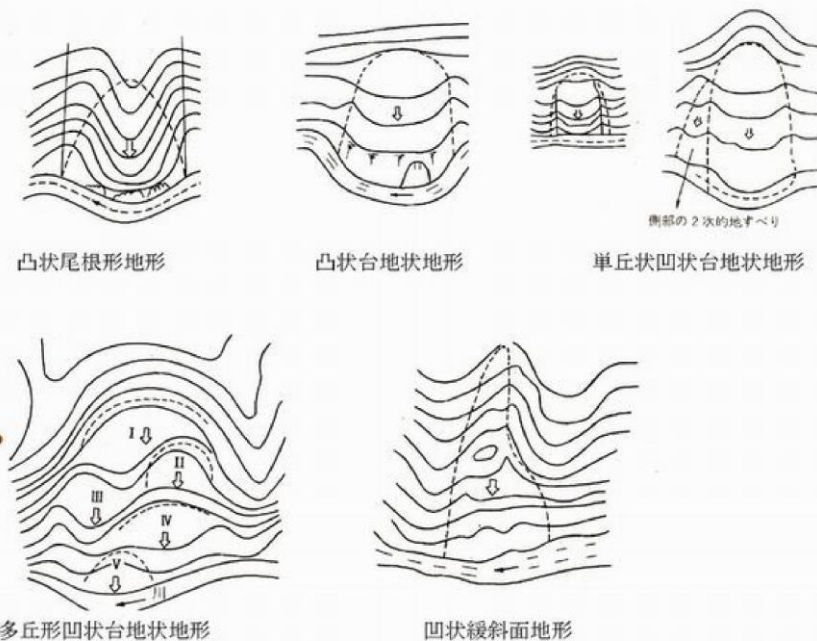
2. 地質の概要 2.3 防波壁西端部の地質・地質構造

(参考)地滑り地形の特徴



地滑りに伴って生じる各種の地形

鈴木(2000)を引用

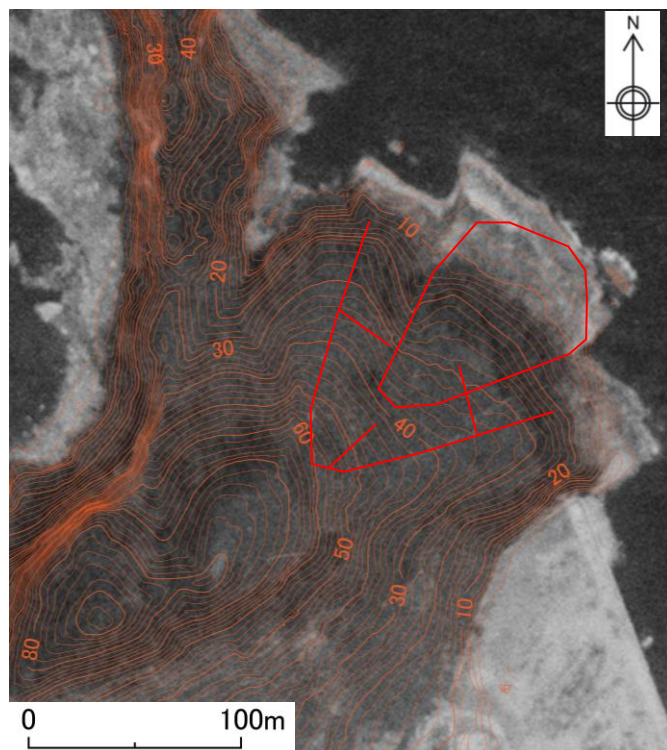


地滑り地形の特徴

渡・小橋(1987)を引用

- ・地滑りでは、滑落崖、押し出し下底面(二次すべり面)等の特徴的な地形が発達する(鈴木(2000))。
- ・地滑り地形では、滑落崖、地表面逆傾斜、先端部の押し出し、台地状地形等、等高線が特徴的に乱れた形状を示すことが多い(渡・小橋(1987))。

(参考)防波壁(西端部)周辺の地形判読 防災科研調査結果に関する考察



防波壁(西端部)周辺の空中写真オルソ画像と旧地形等高線
等高線は1962年撮影空中写真に基づく1mDEMデータから作成

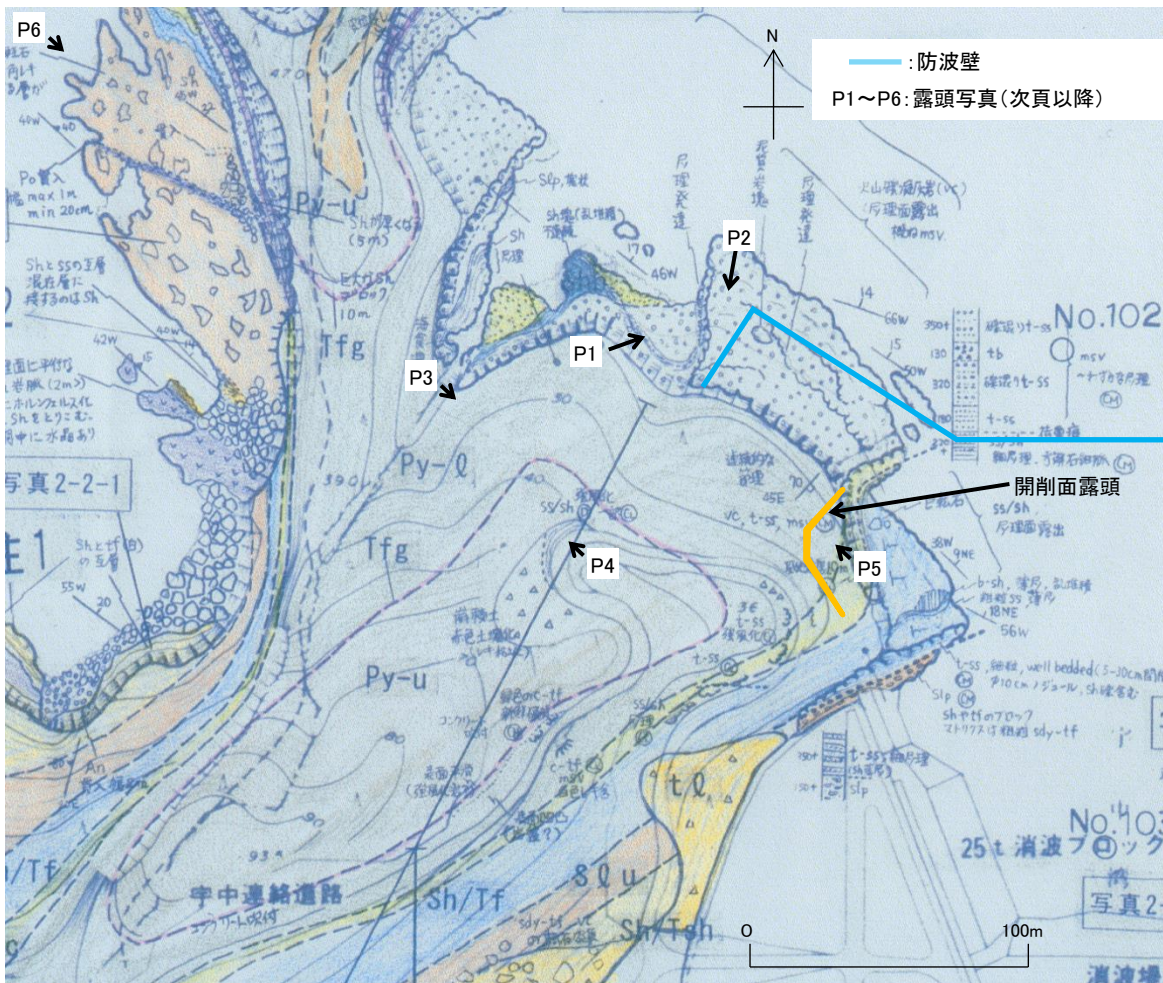


防波壁(西端部)周辺の空中写真
撮影縮尺:4万分の1, 1973年撮影

- ・防災科研が調査で使用した1973年の空中写真のどの箇所に滑落崖及び地滑り土塊を判読しているかを、旧地形等高線を用いて考察した。
- ・その結果、滑落崖に相当する地形及び滑落崖に挟まれた地滑り土塊に相当する浅い谷地形が認められた。また、海岸線が北東に凸状に突き出た地形をなす箇所に地滑り土塊の末端部が位置することを確認した。防災科研調査結果は、これらの地形的な特徴から地滑り地形①を判読したと考えられる。

2. 地質の概要 2.3 防波壁西端部の地質・地質構造

防波壁(西端部)の踏査結果 ルートマップ

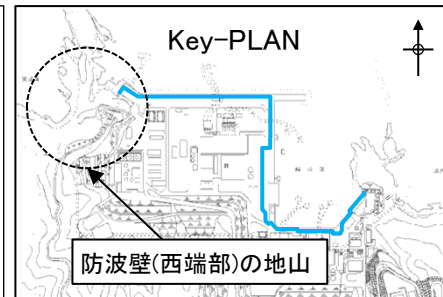


ルートマップ(平成8年調査)

地質区分及び凡例

| 地質時代 | 地質名 | 記号 | 凡例 |
|-------------|--------------|--------|-------------------------------|
| 第四紀 完新世 | 盛土 | bs | 地質境界線 |
| | 崖堆積物 | t-l | 層理面の走向・傾斜 (今回の調査) |
| 新第三紀 新相層 | 珪岩 | Po | 層理面の走向・傾斜 ※(既往の調査) |
| | 粗粒玄武岩 | Do | 節理面の走向・傾斜 |
| 中生代 新成層 | 上部黒色頁岩層 | Sh-u | 貫入面の走向・傾斜 |
| | 最上部フローユニット | Py-um | 断面の走向・傾斜 |
| | 下部黒色頁岩層 | Sh-l | |
| | 上部フローユニット | Py-u | |
| | 下部フローユニット | Py-l | |
| 中生代 新相層 | 緑色凝灰岩 | Tfg | 写真2-2-1 写真位置 |
| | 黒色頁岩ブロック | Shb | 柱1 露頭柱状図位置 ○ ボーリング位置 孔名 |
| | 粗粒凝灰岩 | Tfo | 測線名 |
| | 黒色頁岩・凝灰岩互層 | Sh/Tf | 弾性波探査測線 |
| | スランプ層 | S-lu | 断面図作成位置 |
| 中生代 新成層 | 黒色頁岩・凝灰質頁岩互層 | Sh/Tsh | |
| | 流紋岩質火砕岩 | Ry | 背斜軸 |

- ルートマップに用いた略号
 b-Sh, Sh: 黒色頁岩
 c-tf: 粗粒凝灰岩
 msv: 塊状
 Po, An: 安山岩
 sdy-tf: 砂質凝灰岩
 Slp: スランプ層
 ss: 砂岩
 tb: 凝灰角礫岩
 tf: 凝灰岩
 t-ss: 凝灰質砂岩
 vc: 火山凝灰岩
 well bedded: 層理発達



防波壁(西端部)の踏査結果 露頭状況



P1 防波壁(西端部)全景 岩着部は火山礫凝灰岩, $C_M \sim C_H$ 級岩盤からなる。



P2 防波壁(西端部) 火山礫凝灰岩 C_H 級

- ・防波壁(西端部)の地山岩着部は層理の発達した火山礫凝灰岩からなる。
西北西走向, 北東緩傾斜であり, 断層構造や顕著な割れ目は認められない。
- ・岩盤に顕著な変質は認められず, おおむね新鮮堅硬で $C_M \sim C_H$ 級岩盤からなる。

防波壁(西端部)の踏査結果 露頭状況



P3 北西沢沿い露頭
凝灰質頁岩～凝灰岩 C_M級



P4 尾根部露頭 火山礫凝灰岩 C_L級



P5 開削面露頭
火山礫凝灰岩～凝灰岩 C_M～C_H級

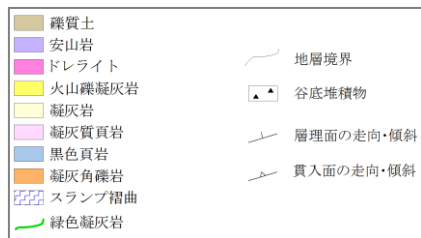
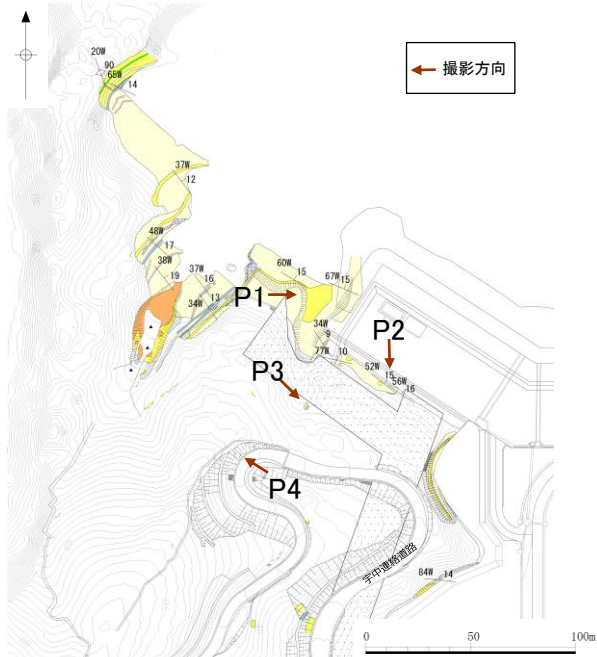
- ・防波壁(西端部)の地山は黒色頁岩～火山礫凝灰岩の互層からなる。
- ・尾根部では風化変質が進みC_L級岩盤主体, 沢部や山裾ではC_L～C_M級岩盤からなる。
- ・岬西側は, 主にC_M～C_H級岩盤が高さ約40mの切り立った崖をなす。
- ・この斜面において, 褶曲や断層といった地質構造は認められず, シームは確認されない。



P6 岬西側の崖
主にC_M～C_H級からなる岩盤が切り立った崖をなす。

2. 地質の概要 2.3 防波壁西端部の地質・地質構造

防波壁(西端部)周辺の詳細ルートマップ その他露頭状況



露頭写真位置



P1 防波壁(西端部)岩着部付近の露頭
火山礫凝灰岩(2019年8月21日撮影)



P2 斜面末端部の露頭
礫質土及び凝灰岩(2019年7月4日撮影)



P3 谷筋の露頭
礫質土及び凝灰岩・火山礫凝灰岩
(2019年8月21日撮影)



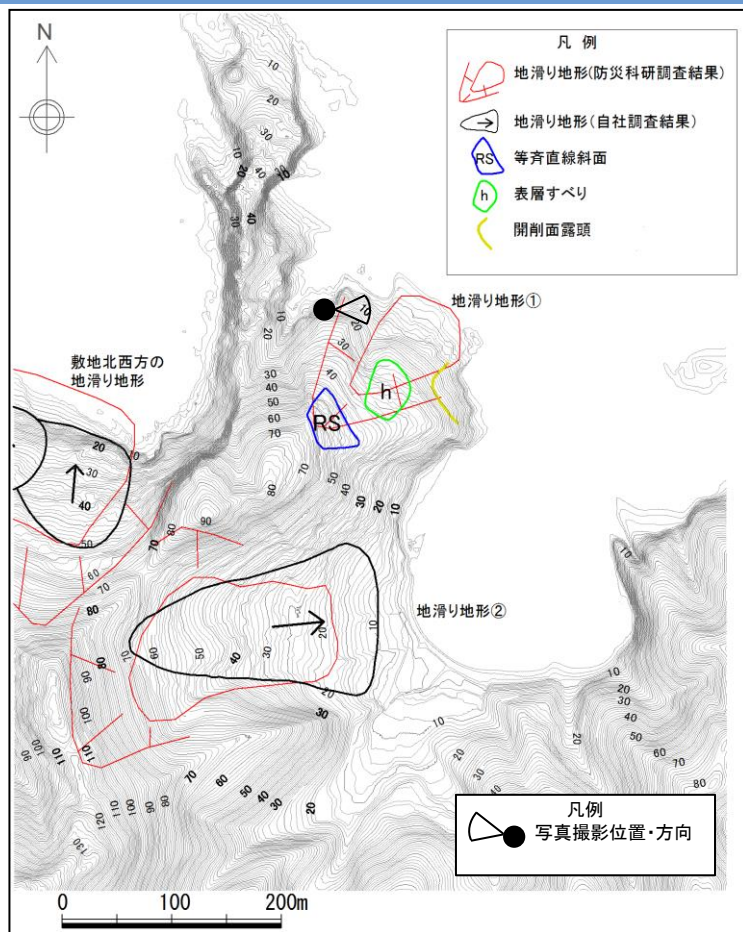
P4 宇中連絡道路沿いの露頭
粗粒凝灰岩
(2019年8月21日撮影)

防波壁(西端部)周辺のその他の露頭状況について整理した。

- ・調査地点周辺では、海岸付近の露頭では堅硬な岩盤が認められる(P1)。また、斜面末端部や谷筋では岩盤と礫質土の露頭が認められる(P2,P3)。宇中連絡道路付近では岩盤が認められる(P4)。

2. 地質の概要 2.3 防波壁西端部の地質・地質構造

防波壁(西端部)周辺 露頭状況



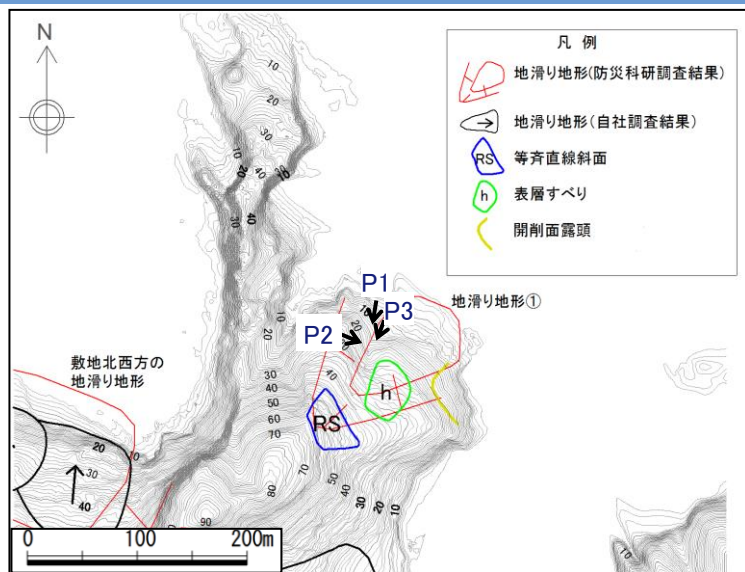
地滑り地形①の地滑り土塊の側方崖末端に相当する箇所

段差地形 拡大写真

- ・地滑り地形①の地滑り土塊の側方崖末端に相当する箇所では、高さ約2mの段差が認められる。この地点は北東傾斜の層理面が連続的に見られ、葉理の発達したおおむね新鮮堅硬な火山礫凝灰岩からなる。
- ・この地点に断層構造や顕著な割れ目は認められず、また地滑り末端部付近に生じる層理面の乱れや圧縮構造は確認されない。

2. 地質の概要 2.3 防波壁西端部の地質・地質構造

防波壁(西端部)周辺 露頭状況



P1 地滑り地形①の地滑り土塊の側方崖に相当する箇所(2019年8月撮影)

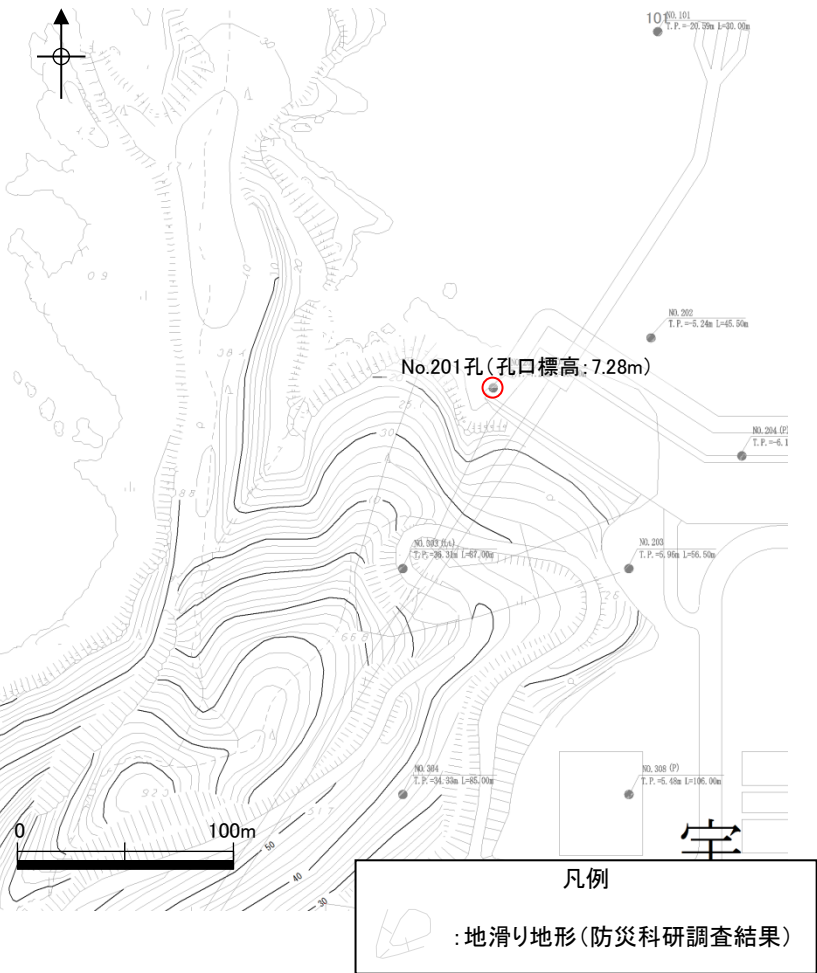


P3 露頭拡大(2019年8月撮影)

P2 露頭拡大(2019年3月撮影)

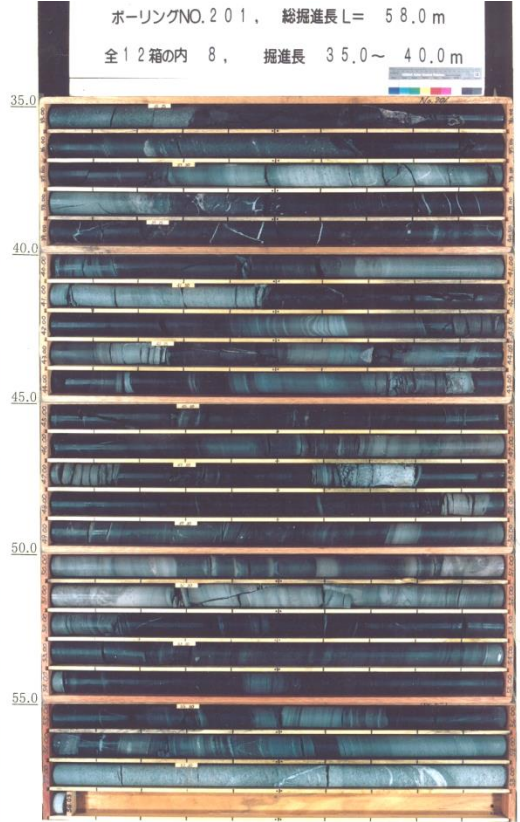
・この地点に断層構造や顕著な割れ目は認められず、また側方崖に生じるすべり面や圧縮構造は確認されない。

2. 地質の概要 2.3 防波壁西端部の地質・地質構造
防波壁(西端部)周辺 ボーリング結果

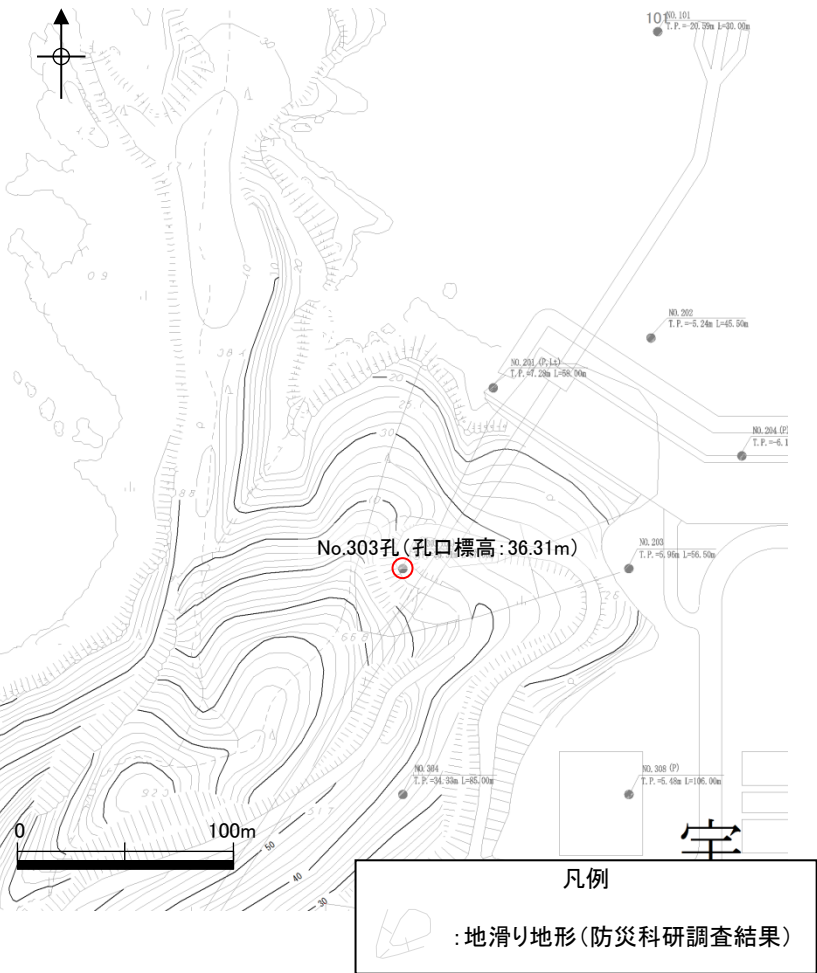


・防災科研調査結果の地滑り地形①近傍で掘削されたNo.201孔において、滑り面は認められない。

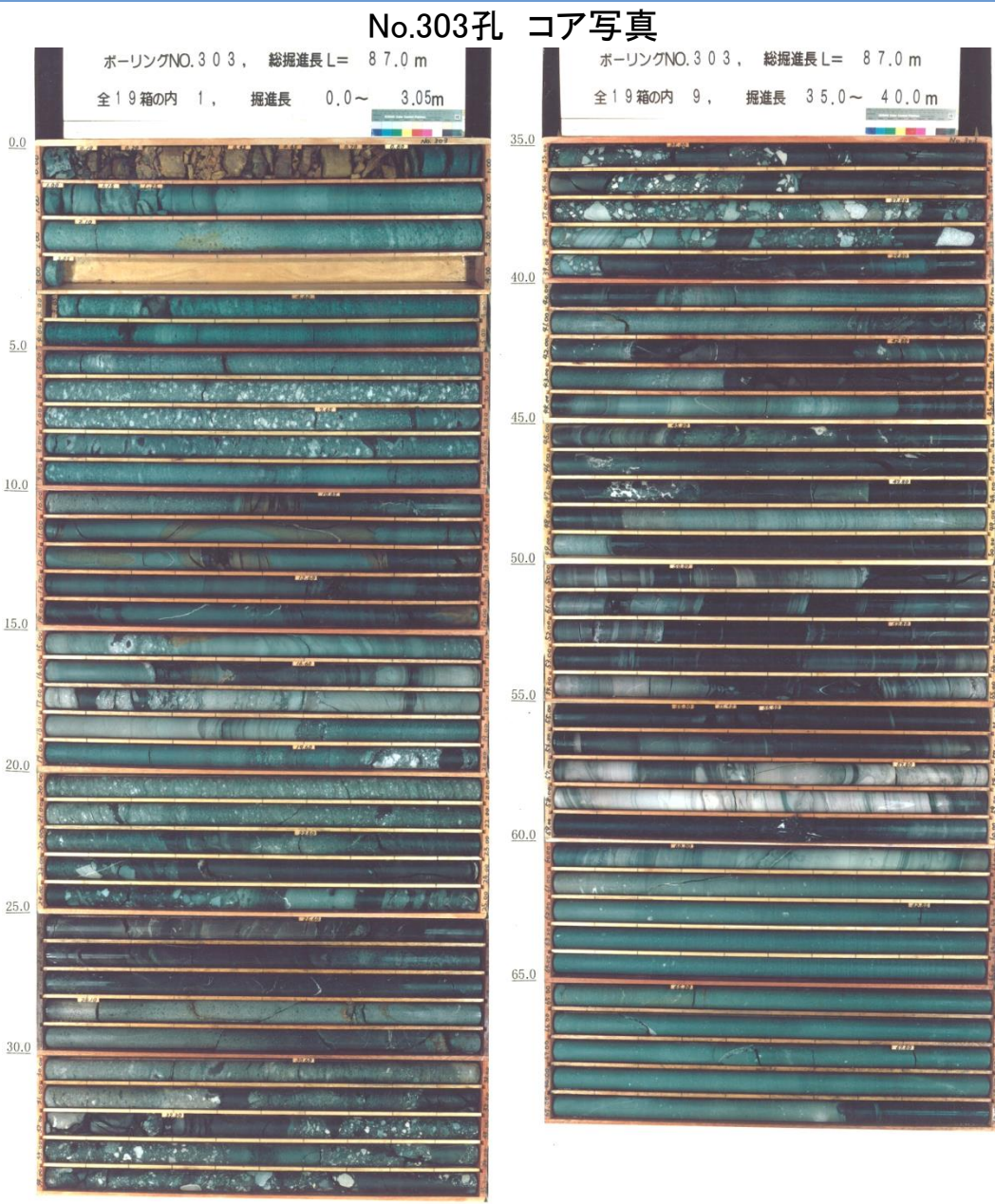
No.201孔 コア写真



2. 地質の概要 2.3 防波壁西端部の地質・地質構造
防波壁(西端部)周辺 ボーリング結果

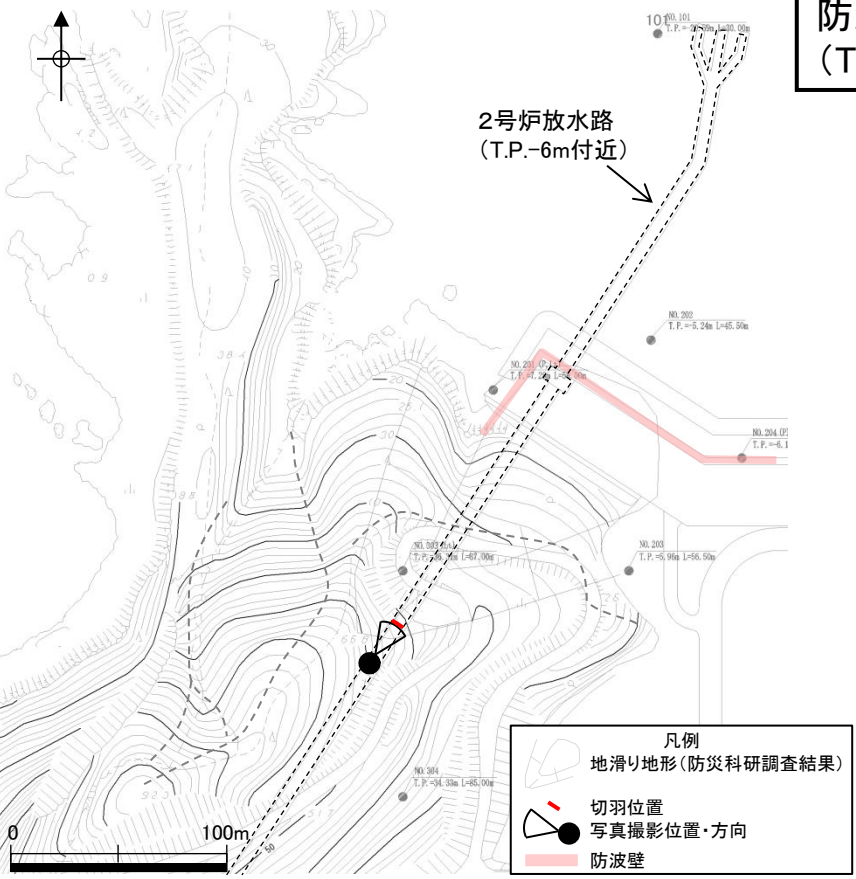


・防災科研調査結果の地滑り地形①近傍で掘削されたNo.303孔において、滑り面は認められない。

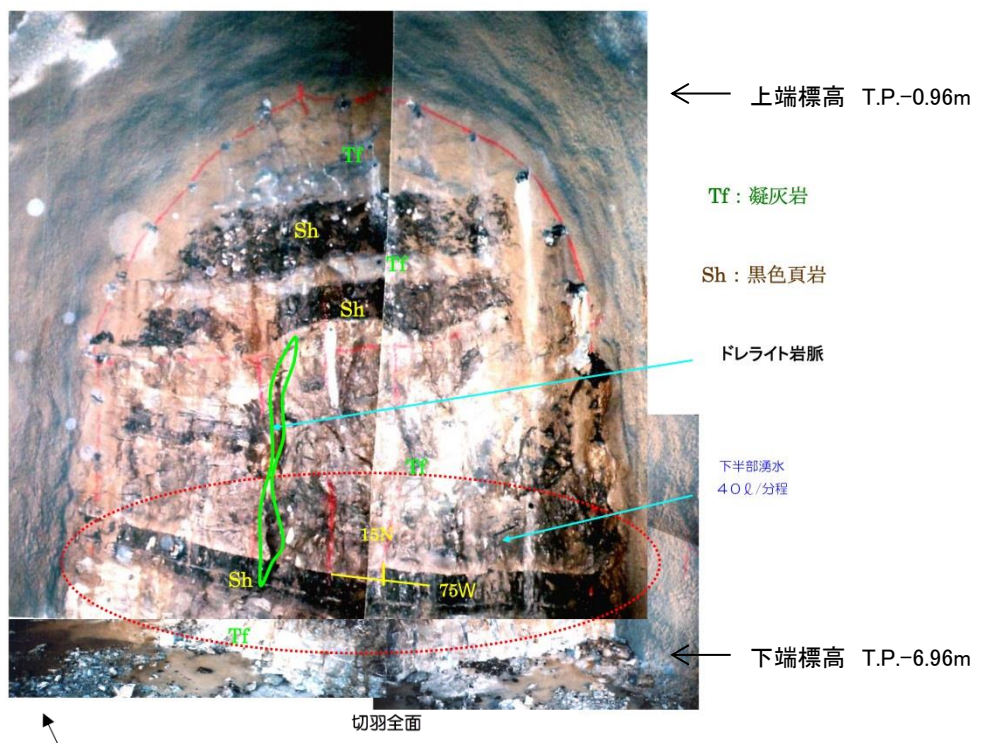


防波壁(西端部)周辺 2号炉放水路トンネル切羽面観察結果

防波壁(西端部)周辺では、2号炉放水路(直径約6m)の切羽面(T.P.-6m付近)の観察を実施している。



2号炉放水路位置図



No.48+14.5 (2005年3月7日 撮影)

切羽面観察結果

- ・切羽面は黒色頁岩層と淡緑色の凝灰岩層が20～240cmの厚さで互層している。切羽面の中央部に幅10～20cmのドレライトの脈が認められる。層理面(N75W 15N)が10～20cm間隔で発達し、密着性は比較的良好であるが、薄く褐色酸化している。層理面に直交する縦割れ目も存在するが、緩みや切羽面を横断する割れ目は認められない。
- ・観察面において、滑り面は認められない。

2. 地質の概要 2.3 防波壁西端部の地質・地質構造

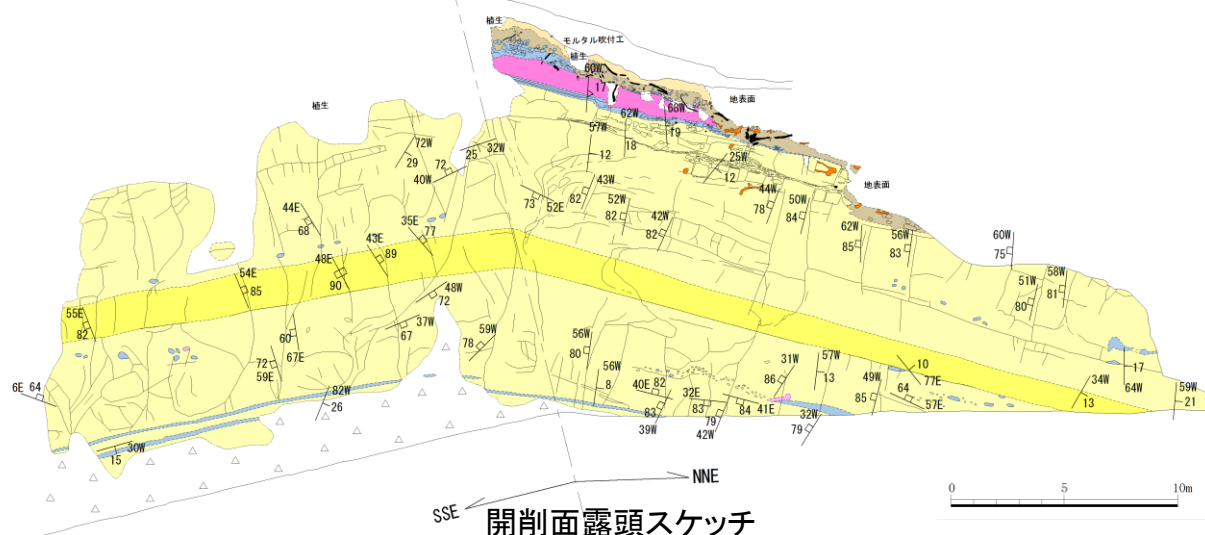
開削面露頭 観察結果



開削面露頭全景(2019年11月6日撮影)

凡例

- △ 土砂
- 粘性土
- 礫質土
- ドレライト
- 火山礫凝灰岩
- 凝灰岩
- 凝灰質頁岩
- 黑色頁岩



- 礫
- \ 脱水分解途中の樹木・樹根
- / 生育中の樹木・樹根
- 土質境界・岩相境界
- 岩相境界(推定)
- | 割れ目
- / 層理面の走向・傾斜
- / 貫入面の走向・傾斜
- / 割れ目の走向・傾斜

- ・開削面露頭は凝灰岩を主体とし、最下部及び上部に黑色頁岩薄層、ほぼ中央に火山礫凝灰岩層が認められる。これらの岩相境界は明瞭で、ほぼ平滑な境界を有する。また上部には貫入したドレライトが認められる。露頭最上部には、粘性土及び礫質土が分布する。
- ・層理面は北へ緩く傾斜し、これに直交する高角度割れ目が認められる。露頭全体が弱変質により淡褐色を呈するが、岩盤は堅硬である。シームや断層、褶曲、深層崩壊に伴う地滑り面は認められない。

2. 地質の概要 2.3 防波壁西端部の地質・地質構造

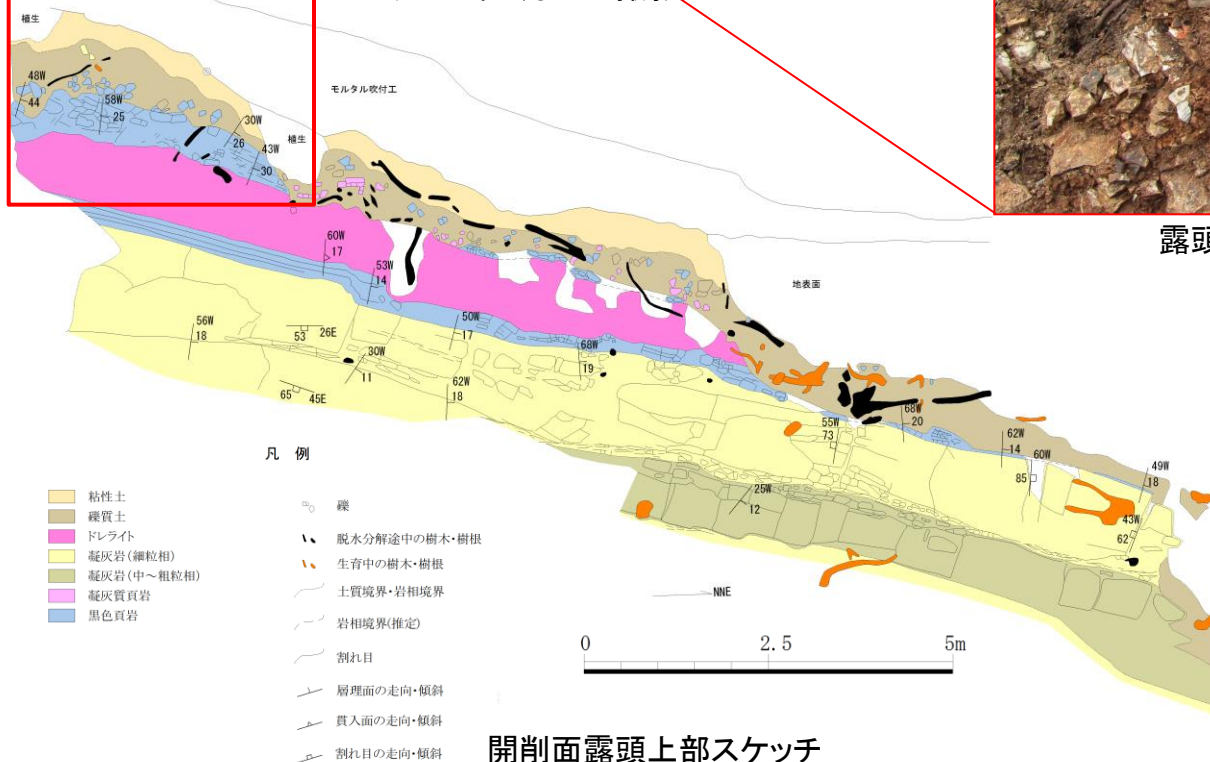
開削面露頭上部 観察結果



左上写真範囲



露頭上部 拡大写真(2019年9月20日撮影)



- ・開削面露頭上部は、下位より凝灰岩、黒色頁岩、ドレライト、黒色頁岩、礫質土及び粘性土、モルタル吹付である。
- ・礫質土及び粘性土に地滑り面は認められない。
- ・礫質土は赤褐色を呈し、締りがよい。
- ・礫質土中の礫は黒色頁岩及び凝灰質頁岩を主体とし、角礫～亜角礫である。
- ・礫質土中には、樹木・樹根が認められる。

2. 地質の概要 2.3 防波壁西端部の地質・地質構造

開削面露頭上部 礫質土内部の性状(黒色の層)



露頭上部 拡大写真(2019年9月20日撮影)



黒色の層 観察状況(2019年10月10日撮影)



黒色の層 拡大写真



採取試料状況

礫質土内部に認められる黒色の層について、露頭を奥側に掘り込んでその性状を確認した。

- ・黒色の層は連続性に乏しく、観察範囲の右側では露頭の奥側まで連続していなかった。
- ・開削面露頭上部スケッチのとおり、観察範囲の左側では、礫質土層の基底に分布する礫の上面に沿うように分布する。黒色の試料を採取し、室内で洗浄・観察した結果、炭化した樹木片・樹根片であることが確認された。

以上のことから、黒色の層は、連続性に乏しい炭化した樹木片・樹根片に由来すると考えられる。

2. 地質の概要 2.3 防波壁西端部の地質・地質構造

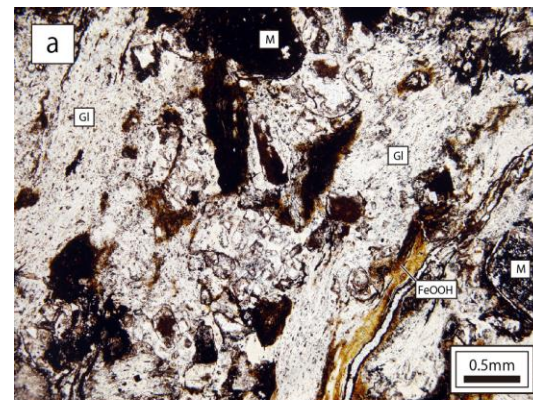
開削面露頭上部 礫質土内部の性状(礫種検討)



露頭上部 拡大写真(2019年9月20日撮影)



検討対象礫 拡大写真(2019年10月10日撮影)



1: 検討対象礫の薄片写真



薄片全体像

(左: 単ニコール, 右: 直交ニコール)

上: 単ニコール, 下: 直交ニコール
Gl: ガラス, M: 鉱物片,
FeOOH: 水酸化鉄鉱物

礫質土内部に認められる礫について, その性状を確認した。

- ・肉眼観察の結果, この礫は, φ 約10cmの亜角礫で, 全体に赤褐色を呈し, 強変質により軟質であり, 半クサリ状である。酸化変質の進んだ凝灰岩と考えられる。
- ・鏡下観察の結果, この礫は全体に変質鉱物に置換されているが, ガラスの組織や鉱物片が認められることから, 凝灰岩と考えられる。

以上のことから, 礫質土内部に認められる礫は酸化変質の進んだ凝灰岩と考えられる。敷地に凝灰岩は広く分布していることから, 周辺岩盤から供給された礫と考えられる。

まとめ

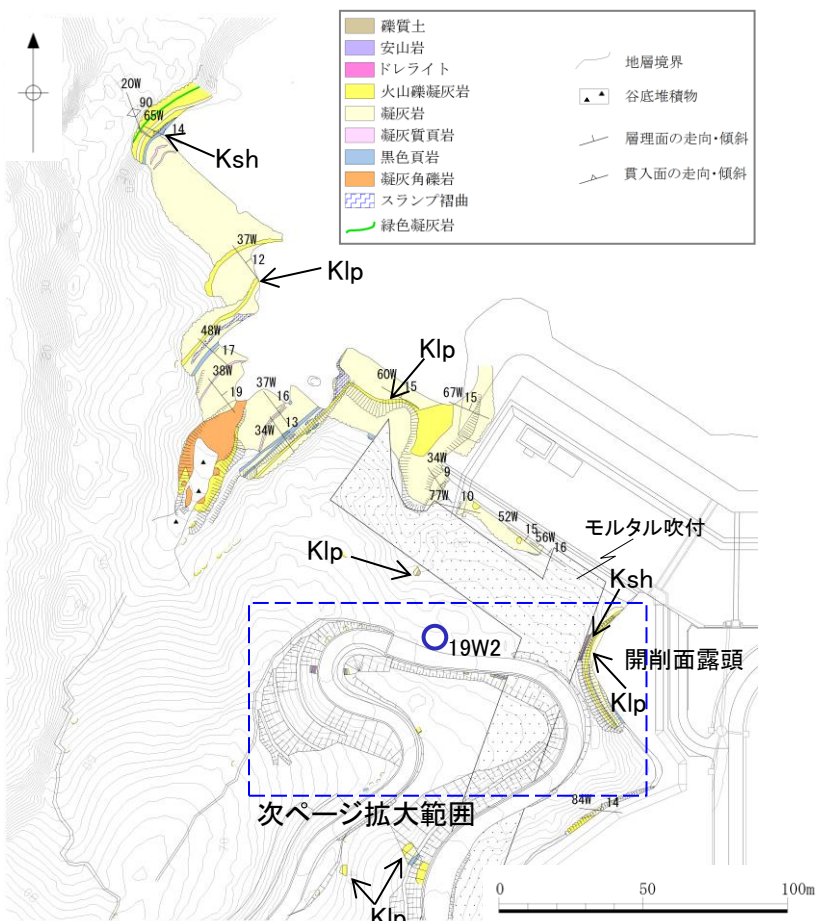
- ・防波壁(西端部)の地山は黒色頁岩～火山礫凝灰岩の互層からなる。
- ・地山の地質構造は西北西走向, 北東緩傾斜であり, 断層構造や顕著な割れ目は認められず, シームは確認されない。尾根部では風化変質が進みC_L級岩盤主体であるが, 地山のほとんどがC_H級である。
- ・空中写真判読の結果, 防波壁(西端部)の地山に表層すべりが想定される。
- ・開削面露頭は凝灰岩を主体とし, 露頭上部には礫質土及び粘性土が分布する。露頭全体が弱変質により淡褐色を呈するが, 岩盤は堅硬である。開削面露頭上部で認められた礫質土及び粘性土は, 表層すべりの要因となる表層土に相当する可能性が考えられる。
- ・この地山において, 深層に及ぶ地滑りは認められない。

2. 地質の概要

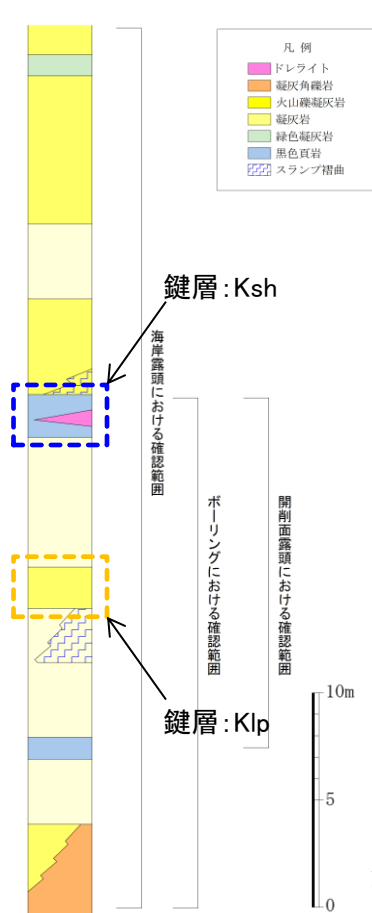
2. 4 防波壁西端部の表層すべりの評価

2. 4. 1 標高40mより下方

2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.1 標高40mより下方 防波壁(西端部)周辺の詳細ルートマップ



防波壁(西端部)周辺 詳細ルートマップ



防波壁(西端部)周辺 模式柱状図



19W2孔コア写真(G.L.0.0~4.0m)

鍵層: Ksh
黑色頁岩を主体とし、凝灰質頁岩と互層をなす。
ドレライト岩床を伴う場合あり。層厚約1~1.5m。



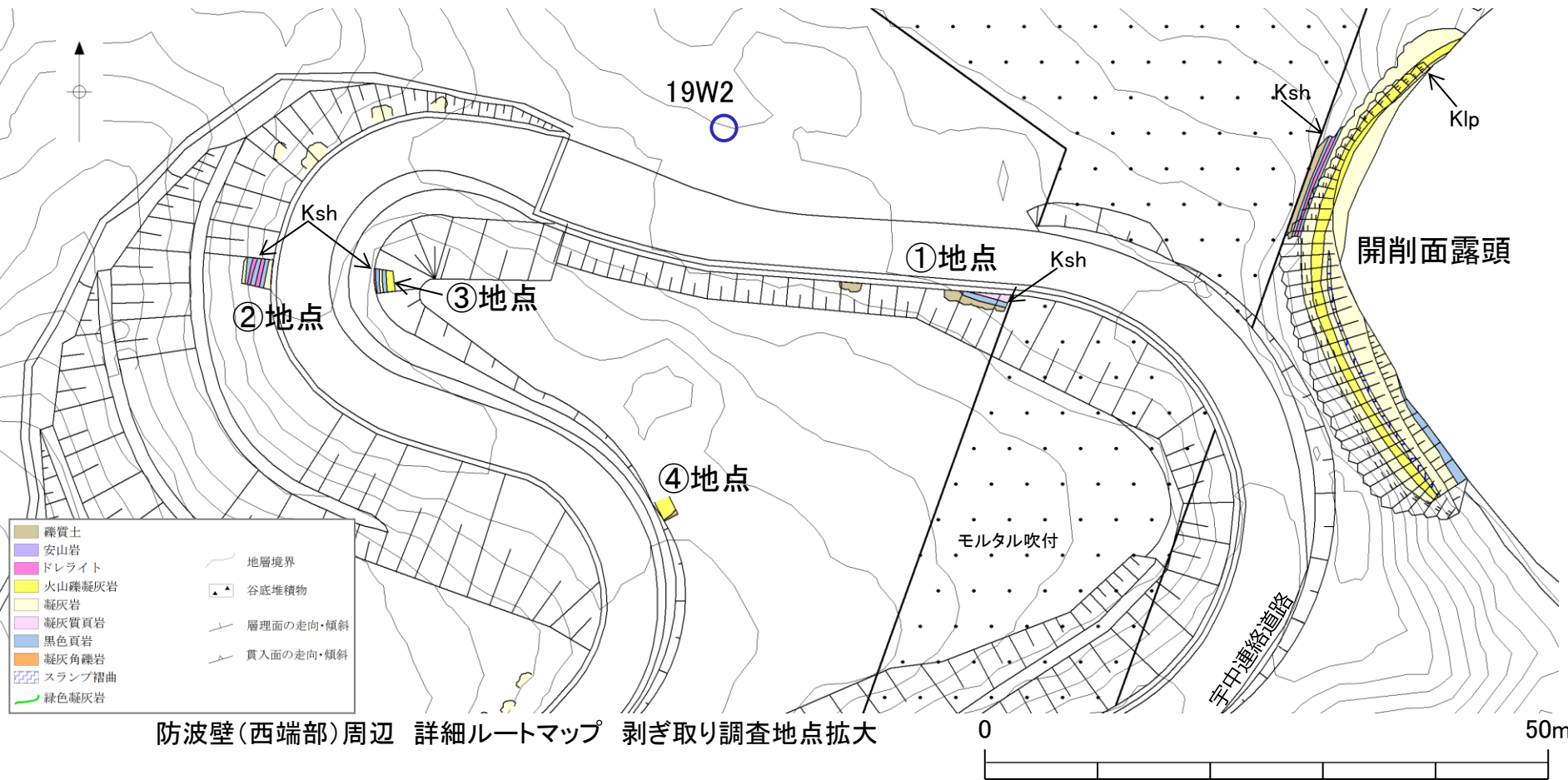
開削面露頭写真(2019年11月6日撮影)

鍵層: Klp
φ 2cm程度の流紋岩質火山礫を多く含む。層厚約1~2m。

防波壁(西端部)周辺において、ボーリングコアや露頭の状況を整理し、より詳細なルートマップを作成した。また、これらの情報に基づき、この地域の詳細な模式柱状図を作成した。

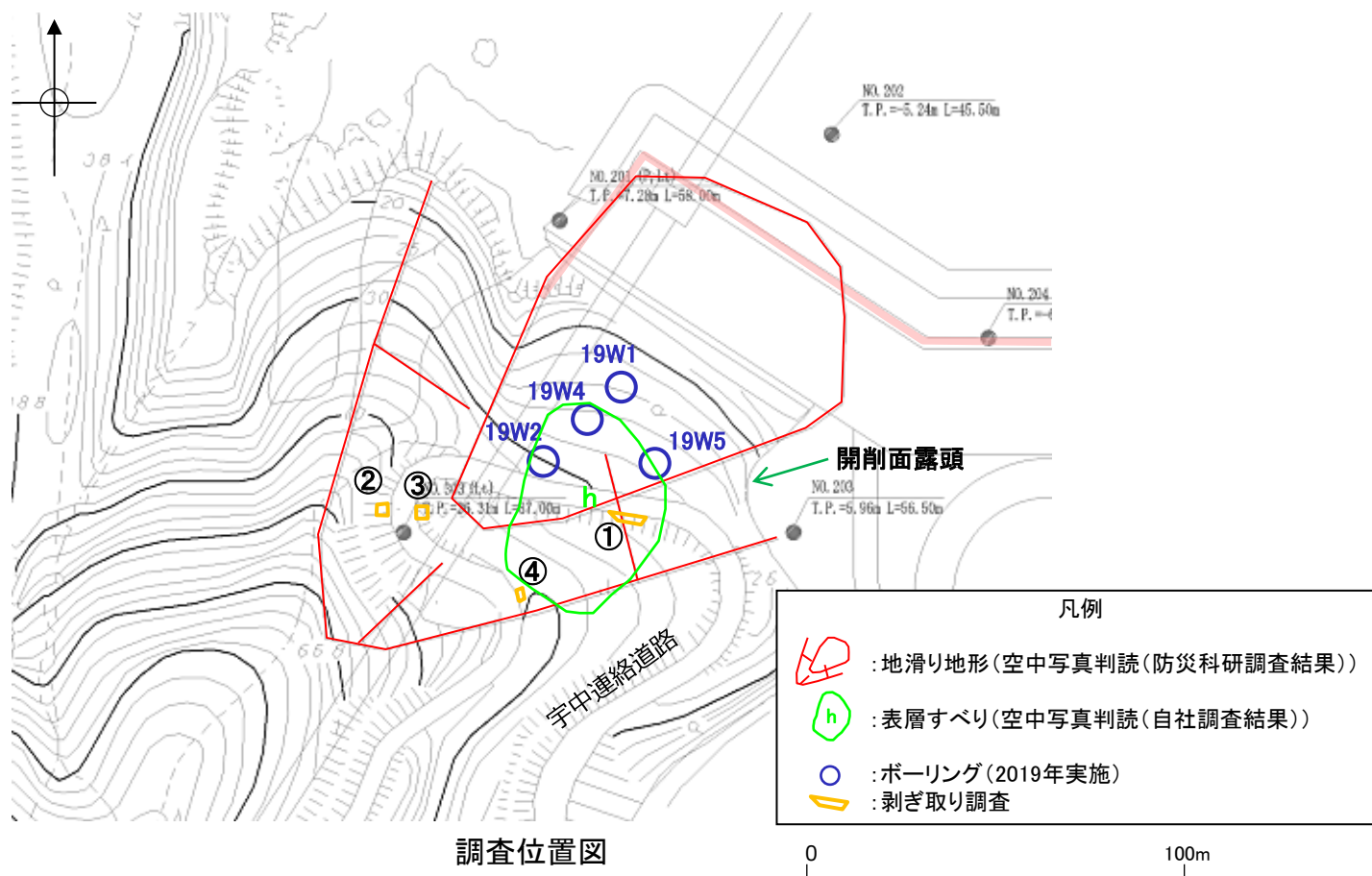
- ・調査地点周辺は、凝灰岩及び火山礫凝灰岩を主体とし、凝灰角礫岩や黑色頁岩、ドレライトを挟む。西北西~北西走向、北東緩傾斜であり、局所的なスランプ褶曲が認められる。
- ・複数箇所を確認される特徴的な岩相を鍵層として整理した。この付近では、火山礫凝灰岩からなるKlpと黑色頁岩を主体とするKshを鍵層として扱う。

防波壁(西端部)周辺の詳細ルートマップ 剥ぎ取り調査地点



防波壁(西端部)周辺 詳細ルートマップ 剥ぎ取り調査地点拡大

2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.1 標高40mより下方
宇中連絡道路付近における剥ぎ取り調査



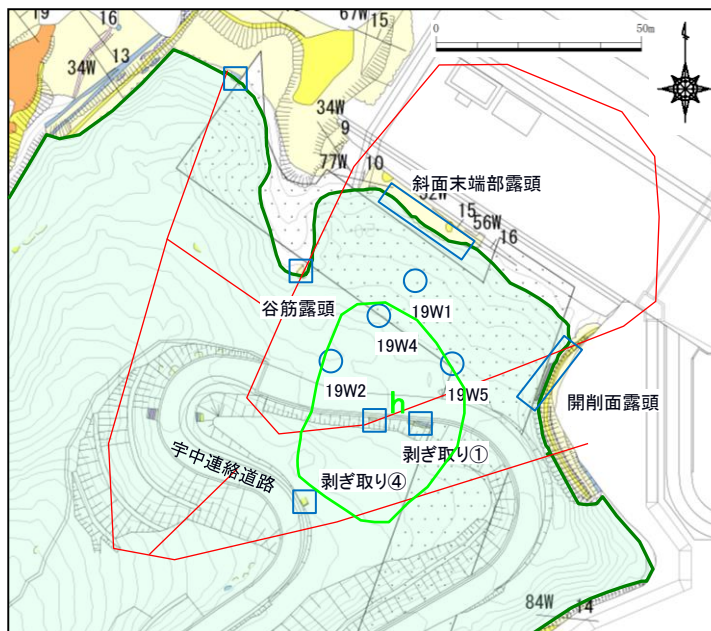
調査位置図

防波壁(西端部)周辺に位置する宇中連絡道路付近において剥ぎ取り調査を複数箇所を実施し、空中写真判読に基づく防災科研調査結果(清水ほか(2005))の地滑り地形及び表層すべり(h)の範囲における層準の連続性、開削面露頭で確認した粘性土・礫質土の分布範囲を確認した。

2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.1 標高40mより下方 表層土の分布範囲



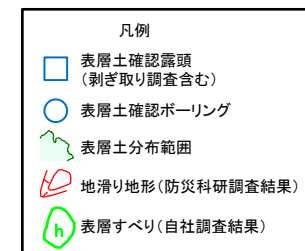
防波壁(西端部)周辺の空中写真
撮影縮尺:1万分の1, 1962年撮影



表層土の分布範囲



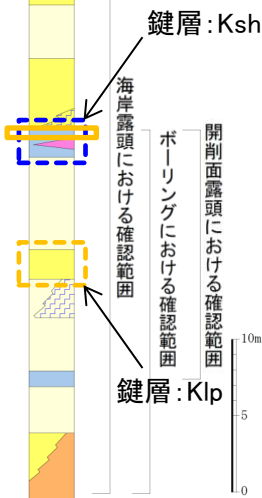
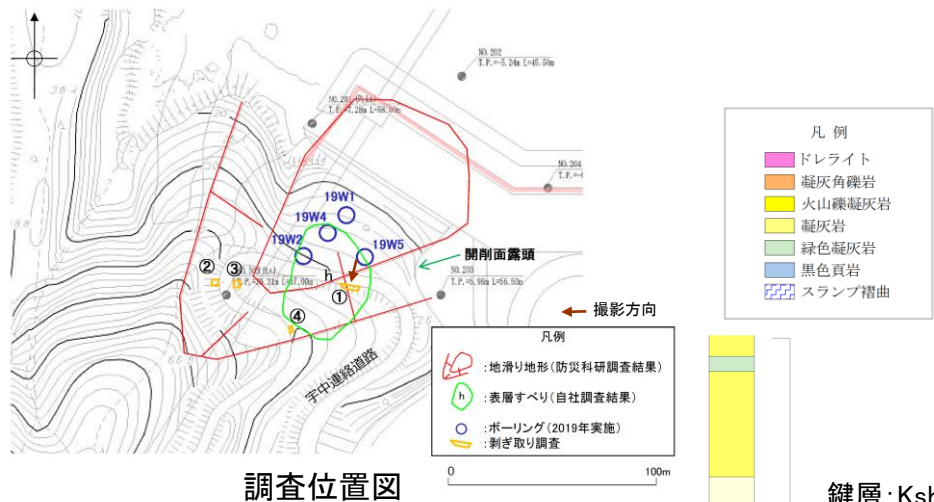
防波壁(西端部)位置図



ボーリングコアや露頭の状況に基づき、表層土の分布範囲を作成した。ここで表層土とは表土、粘性土及び礫質土を指す。

- ・表土は防波壁(西端部)の地山全域に分布する。粘性土及び礫質土は防災科研調査結果の地滑り地形付近(当社の地形調査の表層すべり(h)を含む)に分布すると考えられる。
- ・海岸露頭や斜面の末端部の一部では露岩しており、表層土は分布していない。

2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.1 標高40mより下方
宇中連絡道路付近における剥ぎ取り調査 ①地点

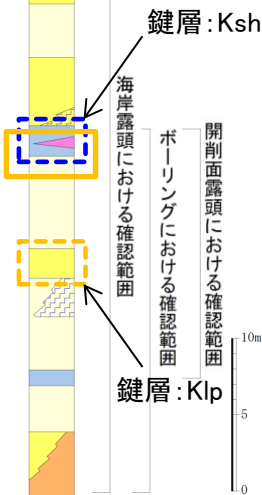
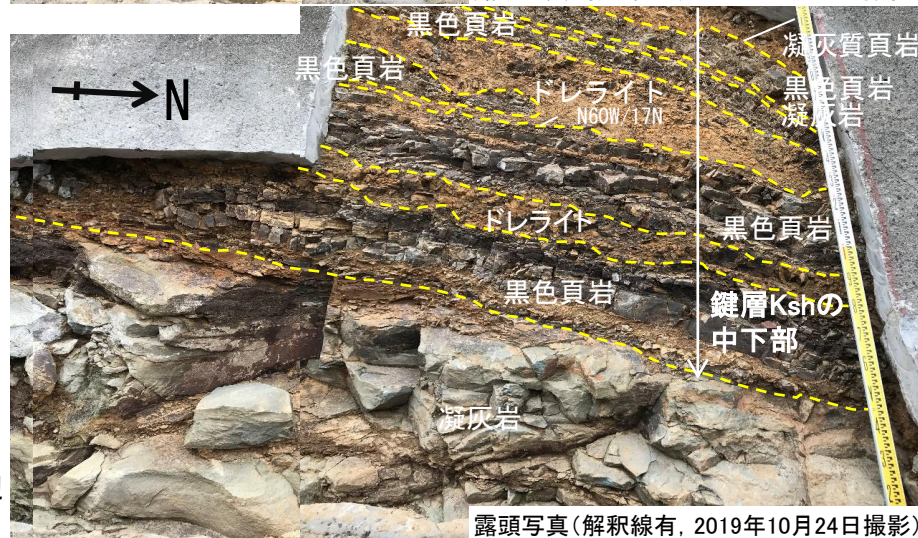
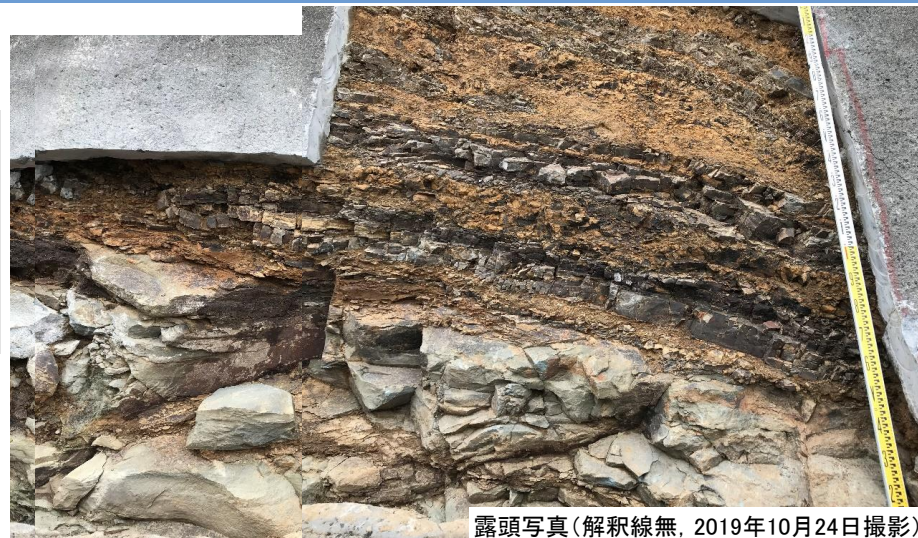
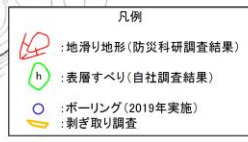
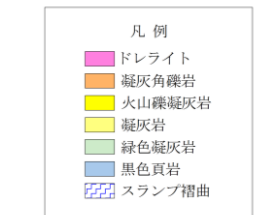


層準対比 19W2孔コア写真 (G.L.0.0~-4.0m)
露頭で確認できる層準を橙四角で示す。

防波壁 (西端部) 周辺
模式柱状図

- ・剥ぎ取り調査①地点では、下位から葉理の発達した凝灰質頁岩、黒色頁岩、礫質土が認められる。
- ・これらは防災科研調査結果の地滑り地形の地滑り土塊とされる箇所において実施したボーリング19W2孔のG.L.-2.4m以浅の層準に対比される。また凝灰質頁岩と黒色頁岩は、鍵層Kshの上部に相当する。

2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.1 標高40mより下方
宇中連絡道路付近における剥ぎ取り調査 ②地点

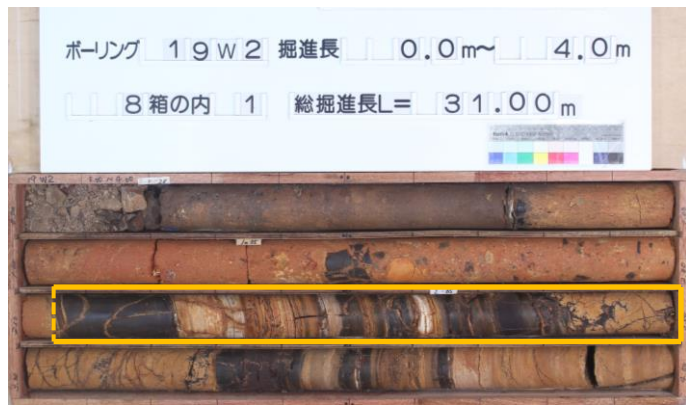
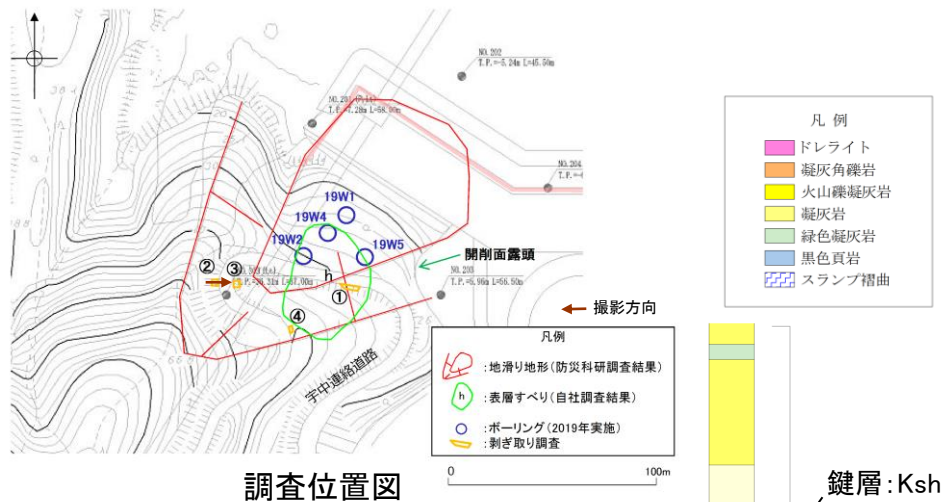


層準対比 19W2孔コア写真 (G.L.0.0~-4.0m)
露頭で確認できる層準を橙四角で示す。

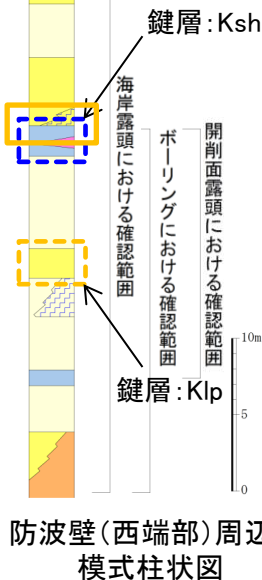
防波壁(西端部)周辺
模式柱状図

- ・剥ぎ取り調査②地点では、下位から凝灰岩、黑色頁岩、ドレライト、凝灰岩及び黑色頁岩の互層、凝灰質頁岩が認められる。
- ・これらは防災科研調査結果の地滑り地形の地滑り土塊とされる箇所において実施したボーリング19W2孔のG.L.-4.0m以浅の層準に対比される。また凝灰岩より上位の黑色頁岩等は、鍵層Kshの中下部に相当する。

2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.1 標高40mより下方
宇中連絡道路付近における剥ぎ取り調査 ③地点



層準対比 19W2孔コア写真(G.L.0.0~-4.0m)
露頭で確認できる層準を橙四角で示す。



- ・剥ぎ取り調査③地点では、下位からドレライト、凝灰岩及び黑色頁岩の互層、火山礫凝灰岩が認められる。
- ・これらは防災科研調査結果の地滑り地形の地滑り土塊とされる箇所において実施したボーリング19W2孔のGL-3.0m以浅の層準に対比される。また凝灰岩及び黑色頁岩の互層は、鍵層Kshの上部に相当し、最上部の火山礫凝灰岩は鍵層Kshの上位層の火山礫凝灰岩に相当する。

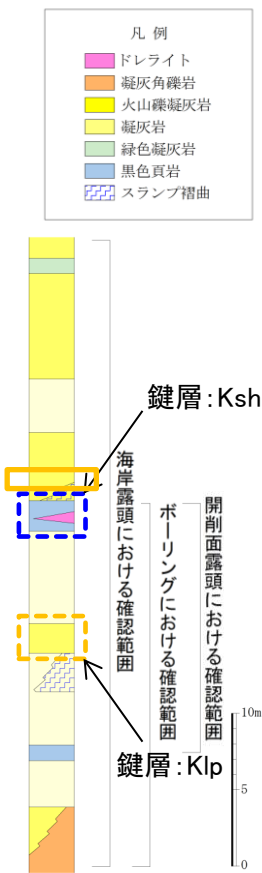
2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.1 標高40mより下方 宇中連絡道路付近における剥ぎ取り調査 ④地点



調査位置図



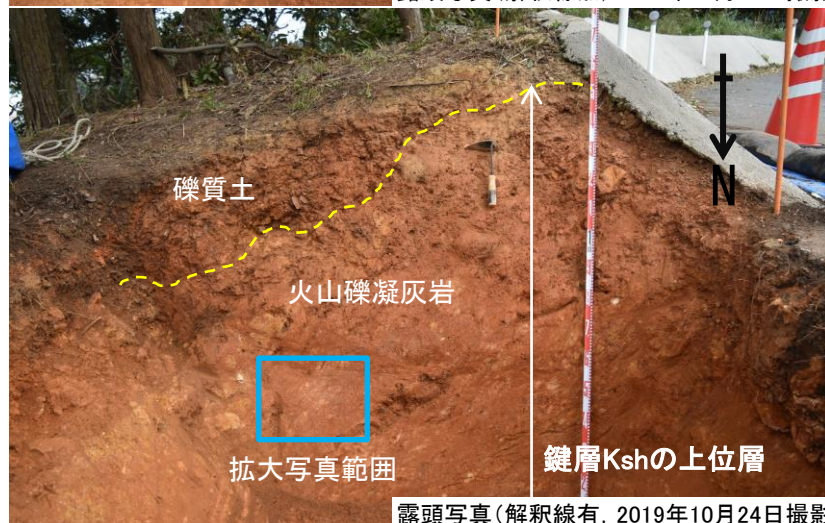
火山礫凝灰岩 拡大写真(2019年11月6日撮影)



防波壁(西端部)周辺
模式柱状図



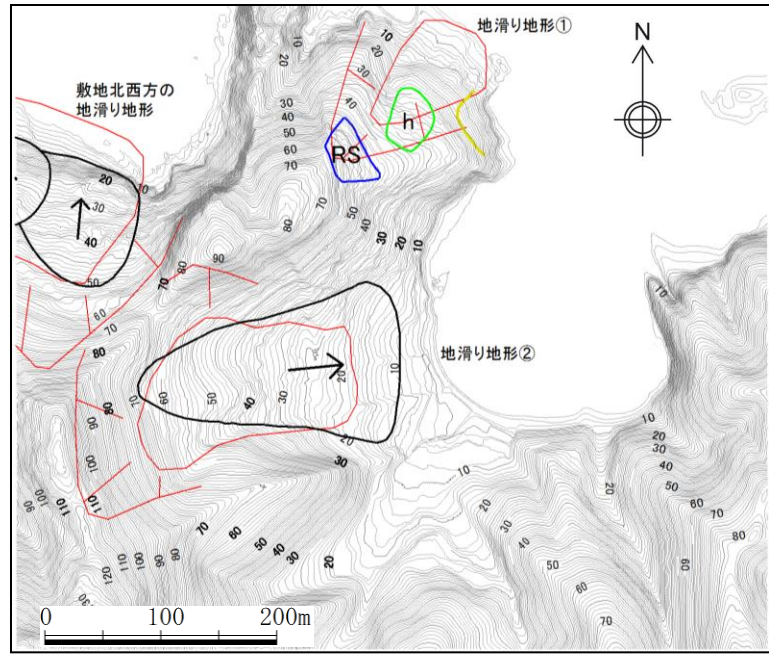
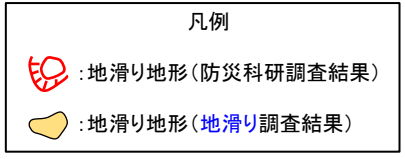
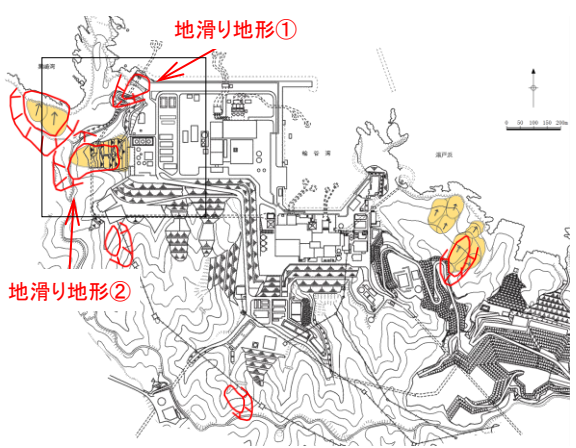
露頭写真(解釈線無, 2019年10月24日撮影)



露頭写真(解釈線有, 2019年10月24日撮影)

- ・剥ぎ取り調査④地点では、下位から火山礫凝灰岩、礫質土が認められる。
- ・礫質土は締りがよく、その層厚は40cmから15cmであり、標高が高くなるにつれて層厚が薄くなる。
- ・火山礫凝灰岩は、剥ぎ取り調査③地点で確認した鍵層Kshの上位層の火山礫凝灰岩に相当する。
- ・この地点において火山礫凝灰岩と礫質土の境界は不明瞭で漸移的であり、下位の火山礫凝灰岩が強風化したものと考えられる。また、開削面露頭で確認された礫質土の性状とは異なる。

防波壁(西端部)周辺の地形判読結果



防波壁(西端部)周辺の旧地形の等高線図
(モノクロ空中写真(撮影縮尺:1万分の1, 1962年撮影)より1mDEMを取得し作成)

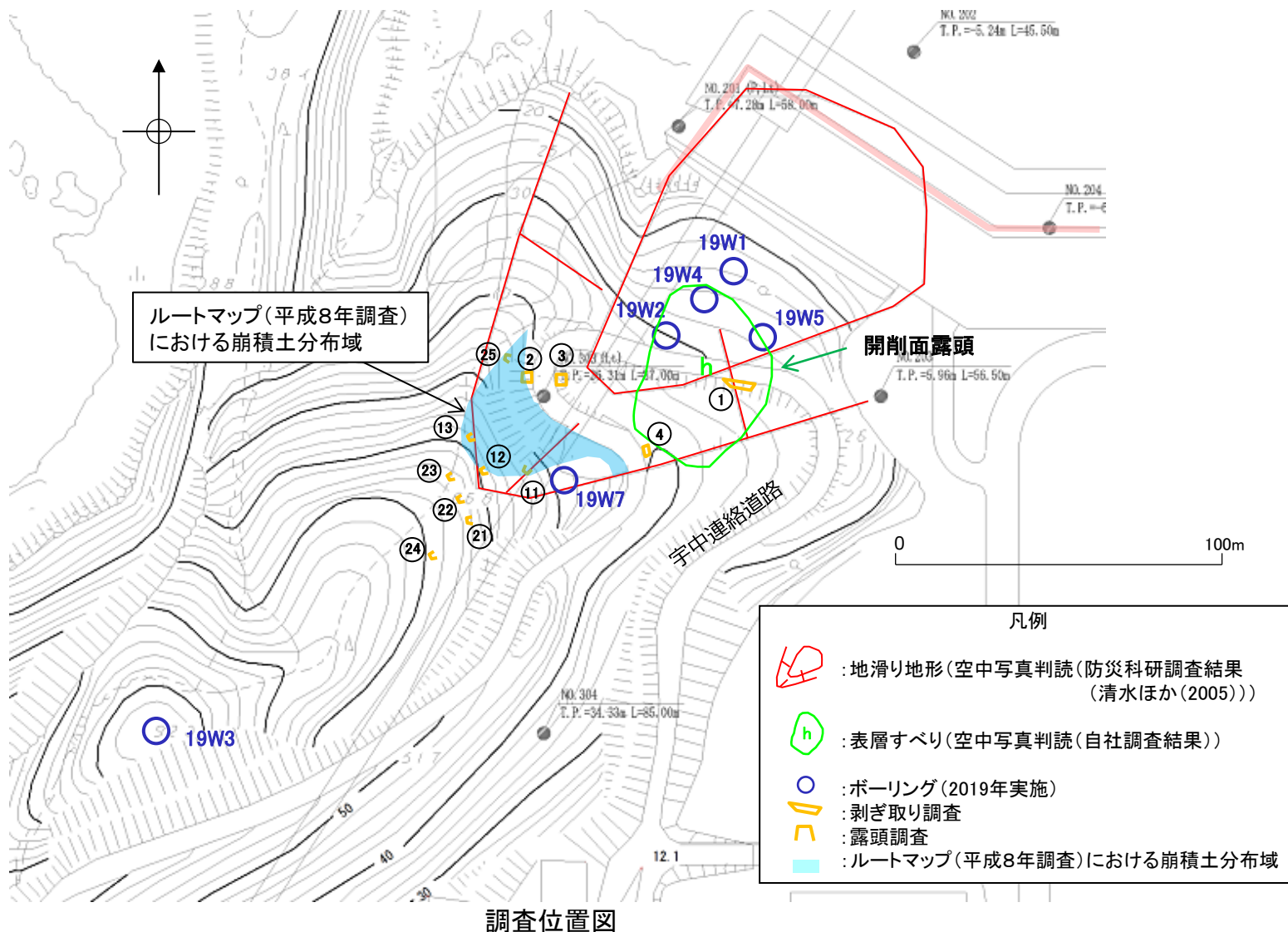
- ・空中写真図化により作成した1mDEMを使用し, 1mコンターの等高線図を作成した。
- ・防波壁(西端部)周辺では, 防災科研調査結果の地滑り地形①の地滑り土塊とされる箇所のうち標高25~45mに緩斜面が分布し, 等高線の乱れが認められることから, 表層すべり(h)が想定される。当該箇所は, 浅い谷部に位置することから, 厚さ数mの土砂が堆積していると考えられる。また, 地滑り地形①の滑落崖とされる箇所に概ね対応する地形として, 標高45~65mに相対的に急な斜面が存在するが, その斜面は等斉直線斜面(RS, 鈴木(2000))で傾斜方向が東北東方向を示す。地滑り地形①の崩落方向は北北東方向を示し, 斜面(RS)とは方向が異なる。仮に斜面(RS)を滑落崖とした場合, 半円形の凹形谷型斜面が想定される(鈴木(2000))が, そのような地形は確認されない。
- ・開削面露頭上部で認められた表層土(礫質土及び粘性土)は, 表層すべりの要因となる可能性が考えられる。これらは, 空中写真判読で認められた表層すべりを想定した厚さ数mの土砂に相当する可能性が考えられる。

2. 地質の概要

2. 4 防波壁西端部の表層すべりの評価

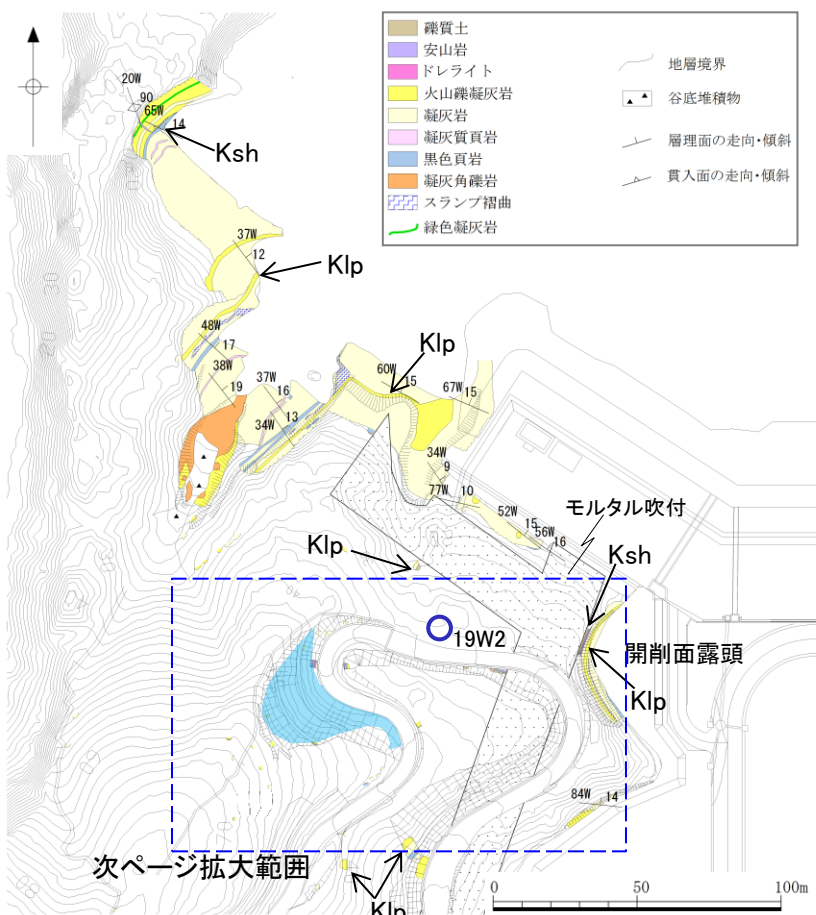
2. 4. 2 標高40mより上方

2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.2 標高40mより上方 標高40mより上方斜面調査実施地点

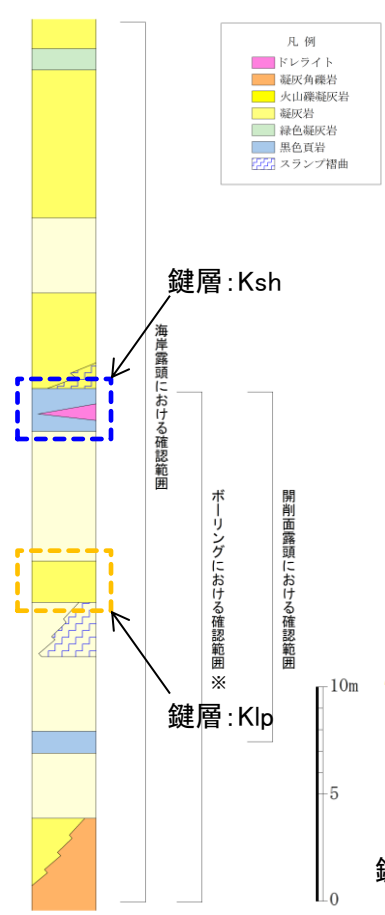


ルートマップ(平成8年調査)の標高40m付近より上方の斜面に記載された『崩積土』の分布状況を確認するために、露頭調査(⑪～⑬地点, ⑳～㉔地点)及びボーリング調査(19W3孔, 19W7孔)を追加実施した。

2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.2 標高40mより上方 防波壁(西端部)周辺の詳細ルートマップ



防波壁(西端部)周辺 詳細ルートマップ



防波壁(西端部)周辺 模式柱状図(※標高40m付近より下方の情報に基づき作成)



19W2孔コア写真(G.L.0.0~4.0m)
鍵層: Ksh
黑色頁岩を主体とし、凝灰質頁岩と互層をなす。
ドレライト岩床を伴う場合あり。層厚約1~1.5m。

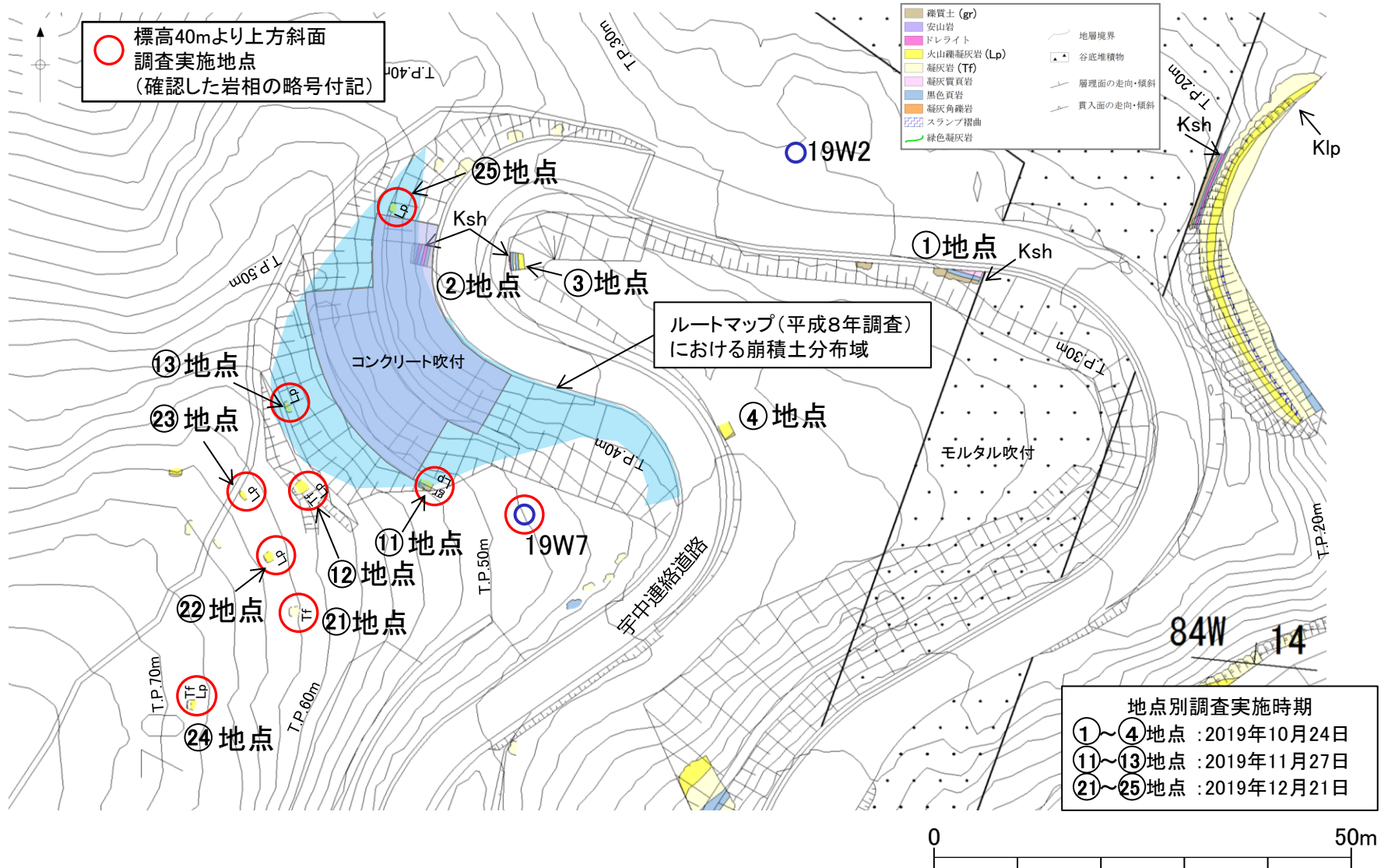


開削面露頭写真(2019年11月6日撮影)
鍵層: Klp
φ 2cm程度の流紋岩質火山礫を多く含む。層厚約1~2m。

防波壁(西端部)周辺において、ボーリングコアや露頭の状況を整理し、より詳細なルートマップを作成した。また、これらの情報に基づき、この地域の詳細な模式柱状図を作成した。

- 調査地点周辺は、凝灰岩及び火山礫凝灰岩を主体とし、凝灰角礫岩や黑色頁岩、ドレライトを挟む。西北西~北西走向、北東緩傾斜であり、局所的なスランプ褶曲が認められる。
- 複数箇所を確認される特徴的な岩相を鍵層として整理した。この付近では、火山礫凝灰岩からなるKlpと黑色頁岩を主体とするKshを鍵層として扱う。

2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.2 標高40mより上方
防波壁(西端部)周辺の詳細ルートマップ



防波壁(西端部)周辺 詳細ルートマップ拡大図 (剥ぎ取り調査地点, 露頭調査地点)

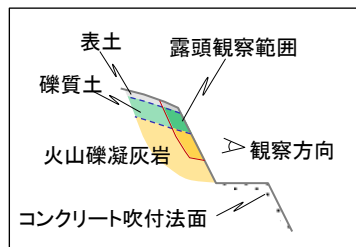
2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.2 標高40mより上方 露頭調査 ⑪地点



調査位置図 ← 撮影方向

露頭全景 (2019年11月27日撮影)

露頭写真(解釈線無, 2019年11月27日撮影)



礫質土 拡大写真 (2019年11月27日撮影)

露頭写真(解釈線有, 2019年11月27日撮影)

- ・露頭調査⑪地点は、標高52m、コンクリート吹付法面の上部にあり、防災科研地滑り地形の滑落崖内部に位置する。この地点は、宇中連絡道路造成時に掘削された法面中腹部に位置する。
- ・露頭は下位から火山礫凝灰岩、礫質土、表土が認められる。礫質土は淡赤褐～赤褐色を呈し、一部の礫は軟質であり、その層厚は50cm程度である。火山礫凝灰岩は風化によりC_L級～D級を呈する。
- ・礫質土は淡赤褐～赤褐色を呈し、一部の礫が軟質である。これは、ルートマップ(平成8年調査)の『崩積土』の記載に類似した特徴である。



調査位置図



露頭写真(解釈線無, 2019年11月27日撮影)



露頭写真(解釈線有, 2019年11月27日撮影)



露頭全景(2019年11月27日撮影)

- ・露頭調査⑫地点は、標高59～61mにあり、防災科研地滑り地形の滑落崖の境界付近に位置する。この地点は、宇中連絡道路造成時に掘削された法面に位置する。
- ・露頭は下位から火山礫凝灰岩、凝灰岩、表土が認められる。凝灰岩は強風化によりD級、火山礫凝灰岩は風化によりC_L級を呈する。
- ・ルートマップ(平成8年調査)の『崩積土』に対応する地層は認められない。

2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.2 標高40mより上方 露頭調査 ⑬地点



調査位置図

← 撮影方向



露頭全景(2019年11月27日撮影)



露頭写真(解釈線無, 2019年11月27日撮影)



露頭写真(解釈線有, 2019年11月27日撮影)

- ・露頭調査⑬地点は、標高57mにあり、防災科研地滑り地形の滑落崖の境界付近に位置する。この地点は、宇中連絡道路造成時に掘削された法面に位置する。
- ・露頭は表土が火山礫凝灰岩を直接覆っており、礫質土や粘性土が認められない。火山礫凝灰岩は風化によりC_L級を呈する。
- ・ルートマップ(平成8年調査)の『崩積土』に対応する地層は認められない。

露頭調査 ㉑地点



調査位置図

← 撮影方向



露頭写真(解釈線無, 2019年12月21日撮影)



露頭写真(解釈線有, 2019年12月21日撮影)



露頭全景(2019年12月21日撮影)

- ・露頭調査㉑地点は、標高62mにあり、防災科研地滑り地形の滑落崖の外に位置する。この地点は、防波壁(西端部)の位置する地山の中腹部に位置する。
- ・露頭は表土が凝灰岩を直接覆っており、礫質土や粘性土が認められない。凝灰岩は強風化によりD級を呈する。
- ・ルートマップ(平成8年調査)の『崩積土』に対応する地層は認められない。

2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.2 標高40mより上方 露頭調査 ②②地点



調査位置図

← 撮影方向



露頭全景(2019年12月21日撮影)



露頭写真(解釈線無, 2019年12月21日撮影)



露頭写真(解釈線有, 2019年12月21日撮影)

- ・露頭調査②②地点は、標高63mにあり、防災科研地滑り地形の滑落崖の外に位置する。この地点は、防波壁(西端部)の位置する地山の中腹部に位置する。
- ・露頭は表土が火山礫凝灰岩を直接覆っており、礫質土や粘性土が認められない。火山礫凝灰岩は露頭上部で強風化によりD級、露頭下部でC_L級を呈する。
- ・ルートマップ(平成8年調査)の『崩積土』に対応する地層は認められない。

2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.2 標高40mより上方 露頭調査 ⑳地点



露頭写真(解釈線無, 2019年12月21日撮影)



露頭全景(2019年12月21日撮影)



露頭写真(解釈線有, 2019年12月21日撮影)

- ・露頭調査㉓地点は、標高63mにあり、防災科研地滑り地形の滑落崖の外に位置する。この地点は、防波壁(西端部)の位置する地山の中腹部に位置する。
- ・露頭は火山礫凝灰岩が露出しており、礫質土、粘性土及び表土が認められない。火山礫凝灰岩は風化によりC_L級を呈する。
- ・ルートマップ(平成8年調査)の『崩積土』に対応する地層は認められない。

露頭調査 ②④地点



露頭調査位置図

← 撮影方向



露頭全景 (2019年12月21日撮影)



露頭写真 (解釈線無, 2019年12月21日撮影)



露頭写真 (解釈線有, 2019年12月21日撮影)



詳細スケッチ

- ・露頭調査②④地点は、標高69mにあり、防災科研地滑り地形の滑落崖の外に位置する。この地点は、防波壁(西端部)の位置する地山の中腹部に位置する。
- ・露頭は下位から火山礫凝灰岩、凝灰岩、表土が認められ、礫質土や粘性土が認められない。凝灰岩は強風化によりD級、火山礫凝灰岩は風化によりC_L級を呈する。
- ・ルートマップ(平成8年調査)の『崩積土』に対応する地層は認められない。

2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.2 標高40mより上方 露頭調査 ㊫地点



露頭調査位置図

← 撮影方向



露頭全景(2019年12月21日撮影)



露頭写真(解釈線無, 2019年12月21日撮影)



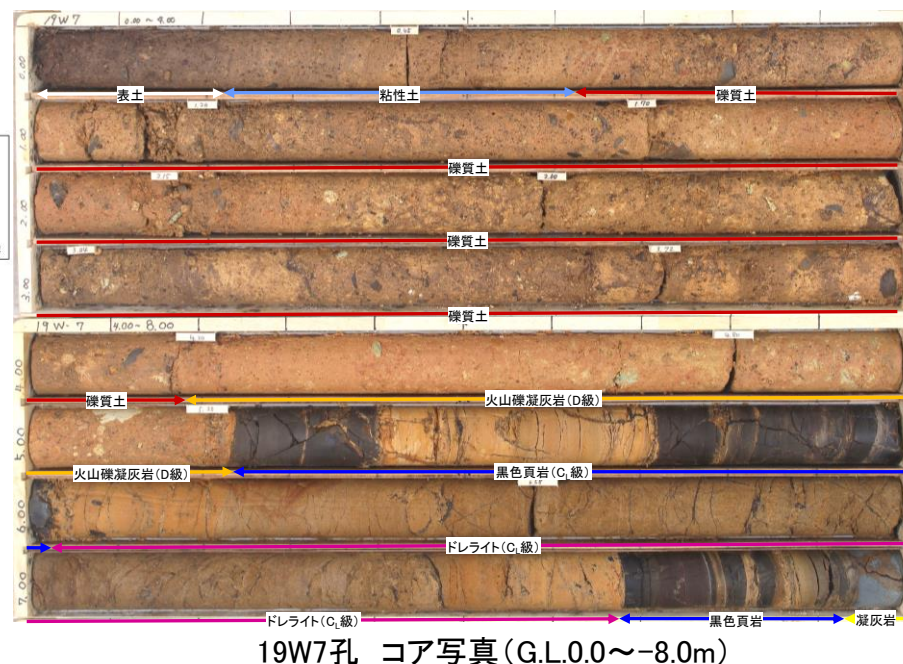
露頭写真(解釈線有, 2019年12月21日撮影)

- ・露頭調査㊫地点は、標高42mにあり、防災科研地滑り地形の滑落崖に位置する。この地点は、宇中連絡道路造成時に掘削された法面で、コンクリート吹付に隣接する。
- ・露頭は表土が火山礫凝灰岩を直接覆っており、礫質土や粘性土が認められない。火山礫凝灰岩は風化によりC_L級を呈する。
- ・ルートマップ(平成8年調査)の『崩積土』に対応する地層は認められない。

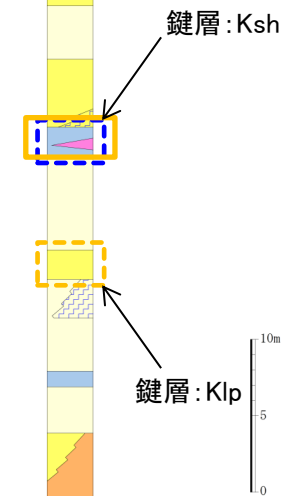
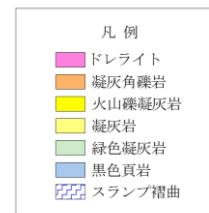
2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.2 標高40mより上方 ボーリング結果 19W7孔



露頭調査位置図



19W7孔 コア写真(G.L.0.0～-8.0m)



防波壁(西端部)周辺
模式柱状図

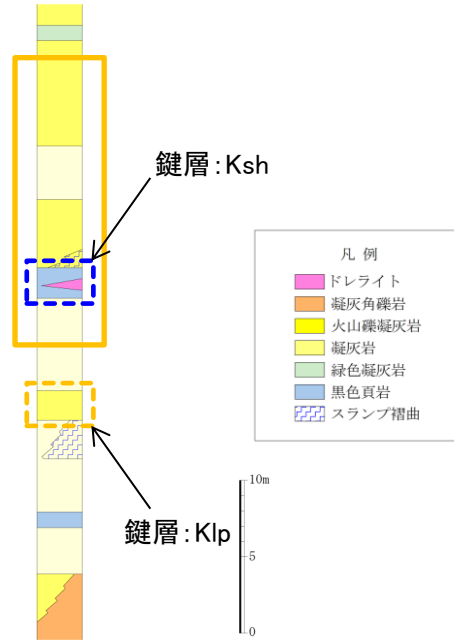
コアで確認できる層準を橙四角で示す。

- ・ボーリング19W7孔は、孔口が標高47.54mにあり、防災科研地滑り地形の滑落崖側部に位置する。この地点は、宇中連絡道路造成時の施工範囲外に位置し、空中写真撮影時の地形が保存されている。礫質土の試料を用いた一軸圧縮強度試験を実施するためにコア試料を採取した。
- ・ボーリング調査の結果、下位から黑色頁岩、ドレライト、黑色頁岩、火山礫凝灰岩、礫質土、粘性土が認められ、このうち黑色頁岩は鍵層Kshに相当する。火山礫凝灰岩は強風化により赤褐灰色を呈しD級岩盤、黑色頁岩及びドレライトは風化により褐色を呈しC_L級岩盤である。
- ・GL-0.62～-4.17mは締まりの良い礫質土であり、褐灰～帯赤褐灰色を呈し、一部の礫は軟質である。
- ・火山礫凝灰岩と礫質土の境界は不明瞭で漸移的であることから、礫質土は下位の火山礫凝灰岩が強風化したものと考えられる。

2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.2 標高40mより上方 ボーリング結果 19W3孔



露頭調査位置図



防波壁(西端部)周辺
模式柱状図

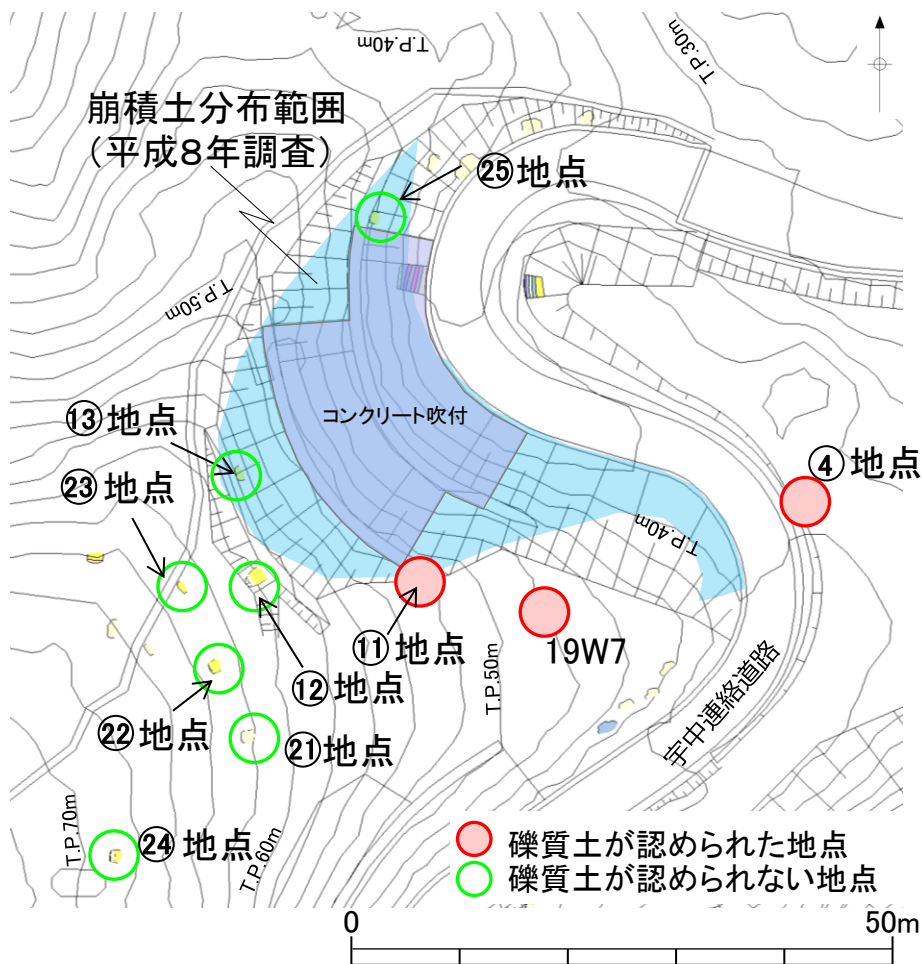
コアで確認できる層準を橙四角で示す。



19W3孔 コア写真(G.L.0.0~-20.0m)

- ・ボーリング19W3孔は、孔口が標高92.78mにあり、防波壁(西端部)地山斜面の頂部に位置する。
- ・ボーリングでは下位から凝灰岩、黒色頁岩、火山礫凝灰岩、凝灰岩、火山礫凝灰岩が認められる。このうちG.L.-17.37~-18.12mの黒色頁岩は鍵層Kshに相当する。
- ・G.L.-0.20~-9.00mは火山礫凝灰岩であり、このうちG.L.-0.20~-3.61mは強風化により淡褐灰色~斑黄褐色を呈し、D級岩盤である。
- ・D級岩盤の上位には、表土は認められるが、礫質土は認められない。ルートマップ(平成8年調査)の『崩積土』に対応する地層は認められない。

2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.2 標高40mより上方
『崩積土』の確認調査結果



調査結果概要

| 調査地点 | 調査結果 |
|------|-------------------------------------|
| ④ 地点 | 礫質土あり(15~40cm程度) (下位の火山礫凝灰岩が強風化) |
| ⑪ 地点 | 礫質土あり(50cm程度) (崩積土に類似した特徴を有する) |
| ⑫ 地点 | 礫質土は認められない |
| ⑬ 地点 | 礫質土は認められない |
| ⑰ 地点 | 礫質土は認められない |
| ⑱ 地点 | 礫質土は認められない |
| ㉒ 地点 | 礫質土は認められない |
| ㉓ 地点 | 礫質土は認められない |
| ㉔ 地点 | 礫質土は認められない |
| ㉕ 地点 | 礫質土は認められない |
| 19W7 | 礫質土あり(3.55m) (下位の火山礫凝灰岩が強風化) |

ルートマップ(平成8年調査)に記載された『崩積土』の範囲について、標高40mより上方斜面において崩積土及び岩盤の分布状況について検討した結果、以下の特徴が認められた。

- ・崩積土分布範囲周辺の露頭(⑫地点, ⑬地点, ⑰~⑱地点)において礫質土は認められなかった。
- ・④地点及び19W7孔において、下位の火山礫凝灰岩が強風化したと考えられる礫質土が認められ、⑪地点において崩積土に類似した特徴を有する礫質土が認められた。

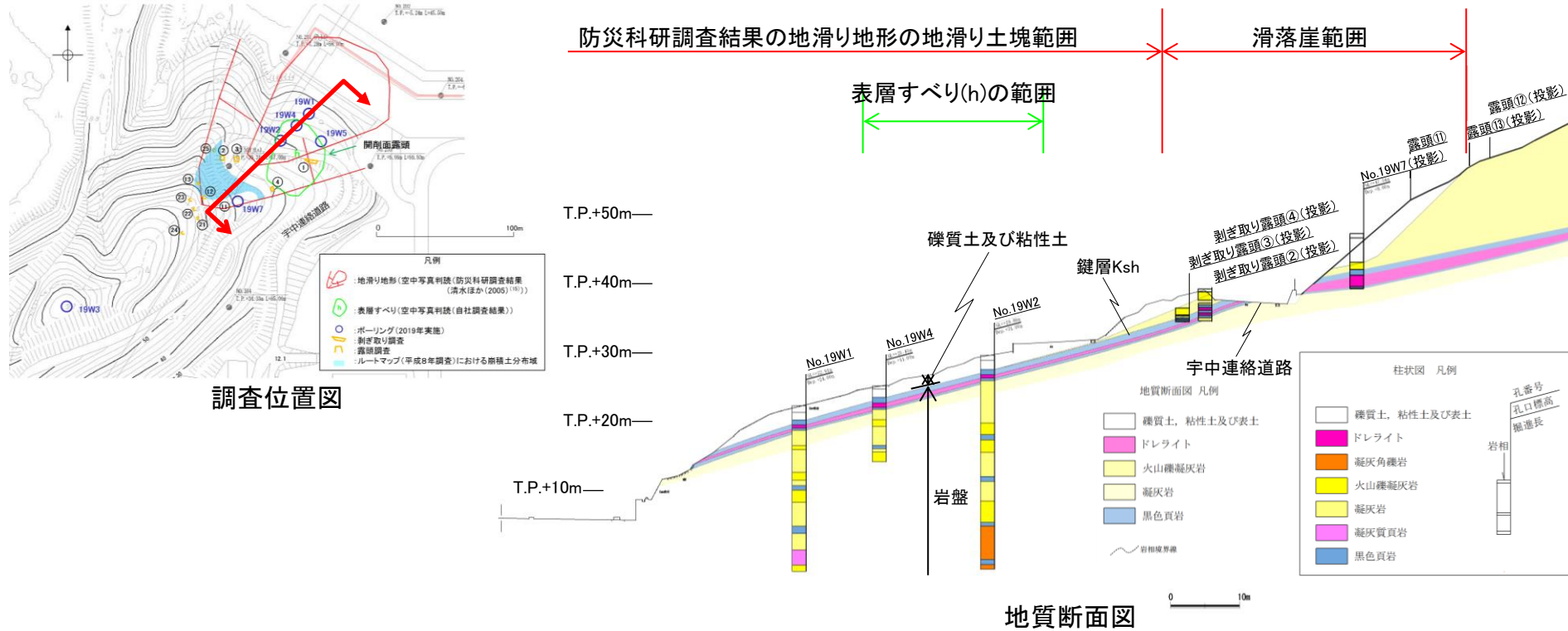
2. 地質の概要

2. 4 防波壁西端部の表層すべりの評価

2. 4. 3 まとめ

2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.3 まとめ

防波壁(西端部)周辺の地質断面図(標高40mより下方)



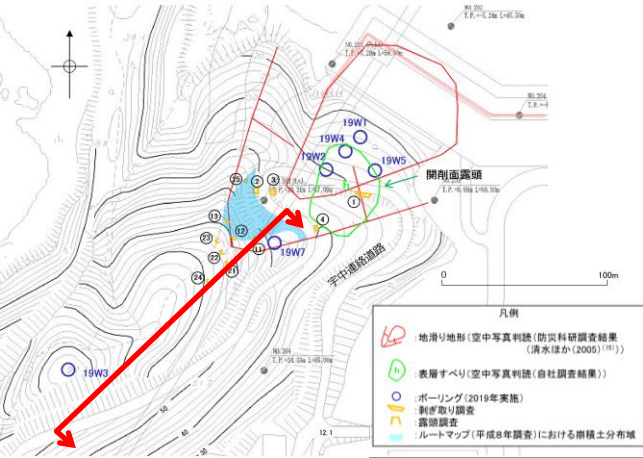
防波壁(西端部)周辺において整理したより詳細なルートマップ及び標高40mより上方で実施した露頭調査及びボーリング調査結果を反映した防波壁(西端部)周辺斜面の地質断面を作成した*。

○標高40mより下方

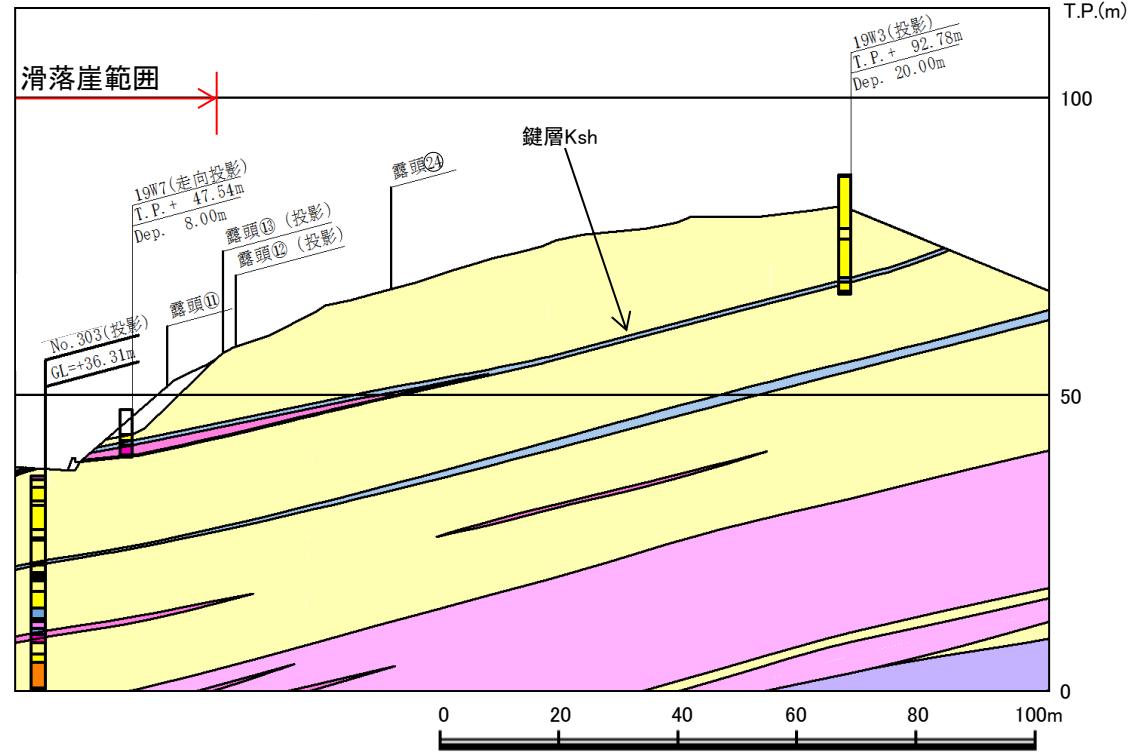
- ・防災科研調査結果の地滑り地形の範囲において、ボーリングコア及び開削面露頭上部に認められる層準が連続することが確認された。
- ・表層すべりの可能性が考えられる礫質土及び粘性土についても、宇中連絡道路直前(剥ぎ取り調査地点④)まで連続し、その範囲は防災科研調査結果の地滑り地形の地滑り土塊及び表層すべり(h)に概ね対応する。また、礫質土及び粘性土の層厚は約2mである。

*標高40m付近に分布する礫質土及び粘性土については、切取後の地形を解析モデルに反映する。p.209参照。

防波壁(西端部)周辺の地質断面図(標高40mより上方)

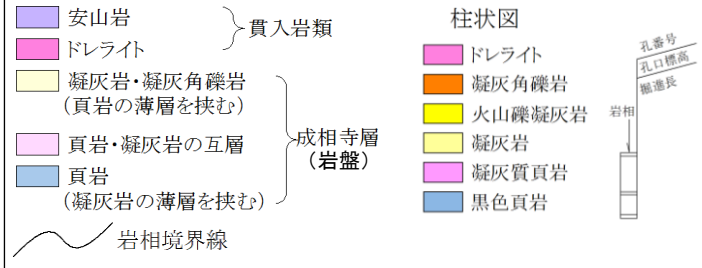


調査位置図



地質断面図

凡例

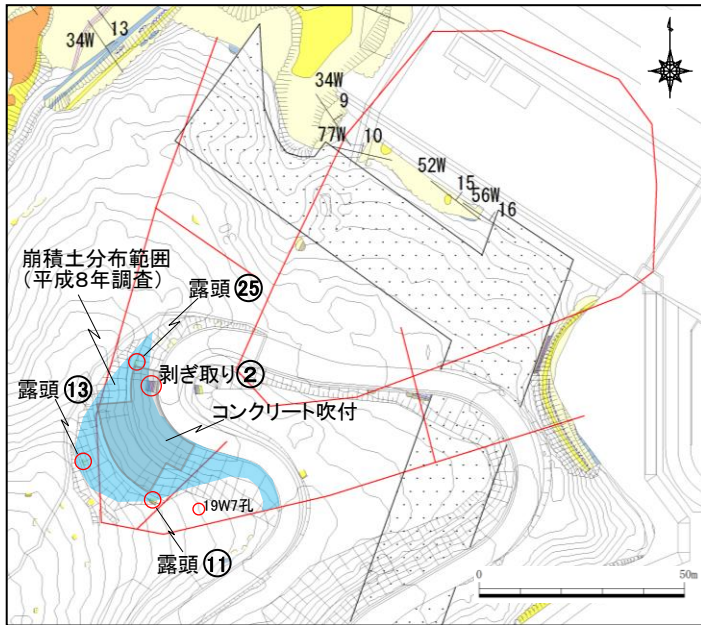


○標高40mより上方

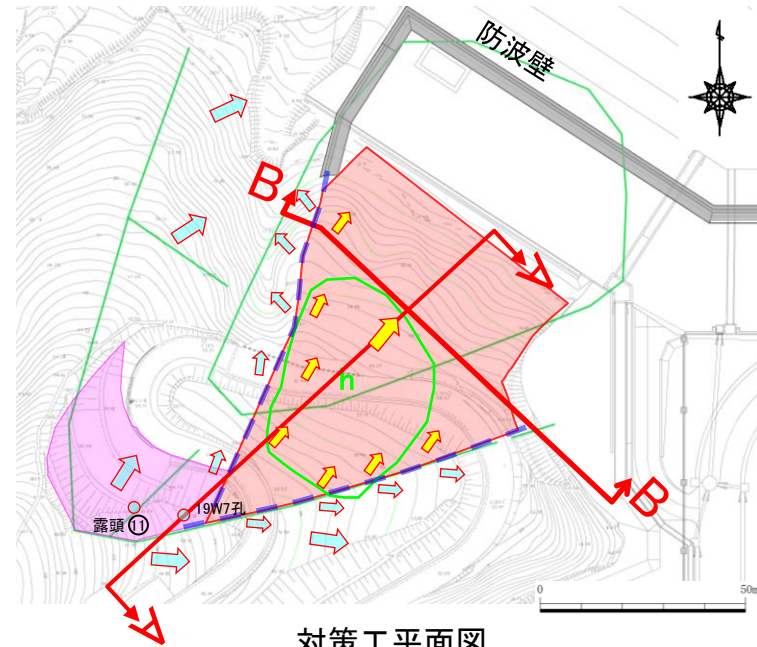
- ・19W3孔において鍵層Kshが認められたことから、標高40mより下方で認められた地質構造が、斜面上部にも連続すると考えられる。
- ・19W7孔においてG.L.-4.17m以浅に認められた礫質土は、締まりが良く、下位の火山礫凝灰岩との境界も不明瞭で漸移的であることから、下位の火山礫凝灰岩が強風化したものと考えられる。
- ・露頭⑬より上部では、礫質土は認められず、岩盤が表土の直下に分布している。また斜面上部の19W3孔も同様に、礫質土は認められない。

2. 地質の概要 2.4 防波壁西端部の表層すべりの評価 2.4.3 まとめ

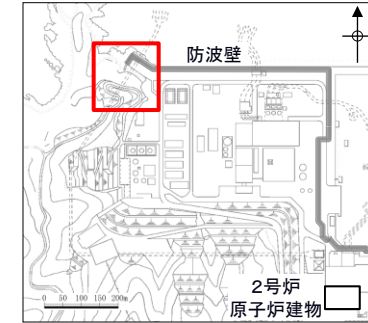
調査結果を踏まえた対策工の検討



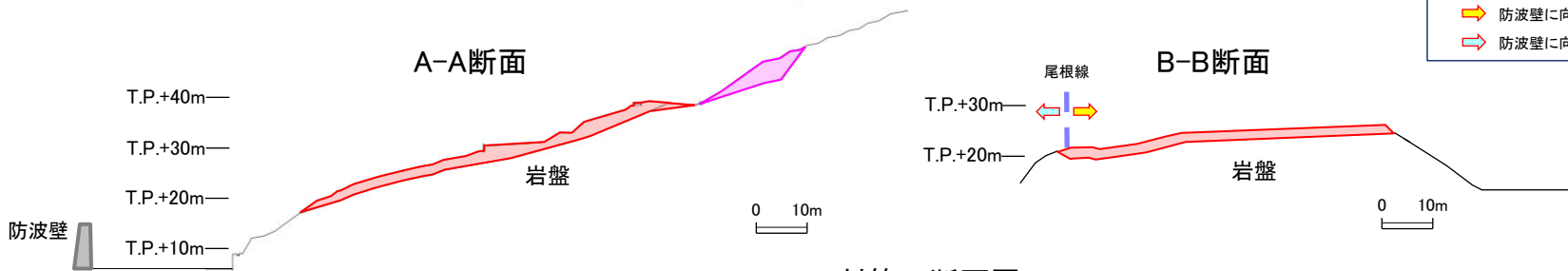
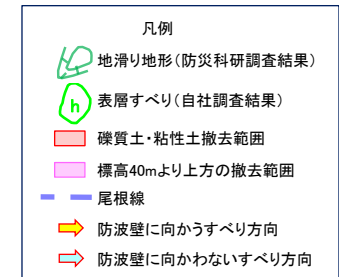
「崩積土」周辺調査位置図



対策工平面図



防波壁(西端部)位置図



対策工断面図

- ・防災科研調査結果の地滑り地形付近において確認された礫質土及び粘性土については、過去の表層すべりの可能性が完全に否定できないことから、防波壁周辺斜面の安定性確保のため、撤去することとする。撤去範囲は、防波壁に与える影響を考慮し、尾根線に囲まれた内側の範囲について、岩盤部までの礫質土及び粘性土を全て撤去する。
- ・標高40mより上方斜面では、露頭⑪、19W7孔にて礫質土が認められたことから、ルートマップ(平成8年調査)に記載された『崩積土』の範囲について、岩盤まで礫質土を全て撤去する。