

熱海市伊豆山地区 流出・堆積土砂の土質調査及び土壌調査結果について

1. 調査の目的

- ・7月3日に逢初川で発生した土石流の発生原因の解明のためには、堆積土砂がどこから流出してきたものかを推定する必要がある。また、堆積土砂については、人の健康被害を防止しつつ、撤去・搬出し、適切な安全管理のもと処理する必要があるため、土壌の有害物質の含有状況を調査する必要がある。
- ・このため、静岡県は、堆積土砂等について、土質調査及び土壌調査を行った。

2. 調査地点及び調査日

(1) 土質調査

土質調査の地点は、源頭部（地山及び盛土部分）4地点、中下流堆積部4地点、計8地点とし、7月8日に試料採取した。

(2) 土壌調査

土壌調査は、土壌汚染対策法第2条の「特定有害物質」（同法施行令第1条に規定する26物質）の含有量を調べるため、調査地点を土質調査地点の8地点に、源頭部（地山部）2地点を追加して計10地点とし、7月8日、29日に試料採取した。

3. 土質調査結果について

源頭部から崩落し土石流となって流下し、中下流部に堆積した土砂（試料No.5～No.8の土砂）は、地山と盛土の土砂が混ざり合ったものであると推定される。土質調査結果による粒度や含有成分の違いから、地山の土と盛土の土の混合割合を推定することとした。結果は以下のとおり。

① 粒度分析（p4、図-1）結果からの推定

地山（No.1）の粒度は、その他の調査点のものと大きく異なるが、この結果から、堆積土における地山分と盛土分の構成割合を推定することはできない。

② 蛍光エックス線分析結果からの推定

- ・地山（No.1）と堆積部（No.5～No.8）では、Ca（カルシウム）の含有率が大きく異なる。
- ・土石流となって流下した土砂の混合割合を、蛍光エックス線分析で得られたCa（カルシウム）の含有率から試算した結果、中下流部堆積土（No.5～No.8）は、11%～19%の地山の土 No.1 源頭部崖面褐色の土砂と、81%～89%の盛土の土 No.4 源頭部崖面黒色の土砂が混ざり合ったものと推定される。（ただし、調査地点数が少ないため、あくまで大胆な推定の域を出ない）
- ・土石流となって流下した土砂の多くを占める No.4 源頭部崖面（盛土）黒色

の土砂は、源頭部付近に元々存在した地山（No. 1）褐色の土質とは異なるため、他所から搬入された土砂と推測される。

- ・これら今回の調査結果を踏まえると、「源頭部から崩落し土石流となって流下した土砂の大部分は、他所から搬入された土砂（盛土）である」という、3次元点群データ等に基づく推定結果を追認するものとなっている。

4. 土壌調査の結果について

- ・中下流堆積部（No. 5、6、7、8）の土砂については、人への健康に重大な影響を与える恐れのあるカドミウム、水銀、砒素等は、不検出又は基準値以下である。

試験項目 26 物質の中では、「ふっ素及びその化合物」について、土壌溶出量基準（土壌に水を加えた場合に溶出する特定有害物質の量に関する基準）0.8mg/L を超える 1.4～1.6mg/L が検出されている。

- ・ふっ素は重金属類に属するが、海水中などの自然界には比較的多く存在（海水中では約 1.3mg/L）するものであり、虫歯予防や栄養補助食品にも使われている。

人への健康被害については、基準を超える濃度のものを飲料水等として、長年又は一度に大量に摂取しない限り、健康被害は起こすことはないとされている。

しかし、土壌汚染対策法の基準値を超えていることから、撤去した土砂の処分は、関係法令等に適合するよう、適切な方法により行う必要がある。

5. 土質調査及び土壌調査結果から推定される堆積土砂の発生源について

- ・県は、堆積土砂の大部分は、逢初川源頭部にあった盛土と推定している。この盛土については、盛土の形状の安定化のために、固化剤が使われていた可能性があり固化剤の成分には、カルシウムが多く含まれ、ふっ素も含まれることが多い。土質調査結果においても、カルシウム含有率は地山の 0.4% に対し、源頭部の盛土部分は 8.3%、堆積土砂は 7% 前後となっている。このように、カルシウム含有率が高い調査結果となるのは、盛土の安定化のために固化剤が投入されていたためと推定される。

- ・盛土にどのような固化剤が用いられたかは不明であるが、一般に固化剤にはふっ素の含有量が多いものがある。

このことから、「盛土に用いられた固化剤に含まれていたふっ素の影響により、堆積土砂のふっ素含有率が多くなっている可能性が高い」と推定される。

熱海市伊豆山地区土石流

土質・土壌調査結果



静岡県 交通基盤部 河川砂防局

試料採取位置（土質調査及び土壌調査）



試料採取状況 (No. 1~No. 4)

No. 1源頭部 (地山)



No. 3源頭部崖面 (左岸側) 褐色



No. 4源頭部崖面 (右岸側) 黒色



No. 5 中流堆積部



No. 6 中流堆積部



No. 7 下流堆積部



No. 8 下流堆積部



(1) 土質試験の結果 (土の粒度試験)

土の粒度構成 (%)

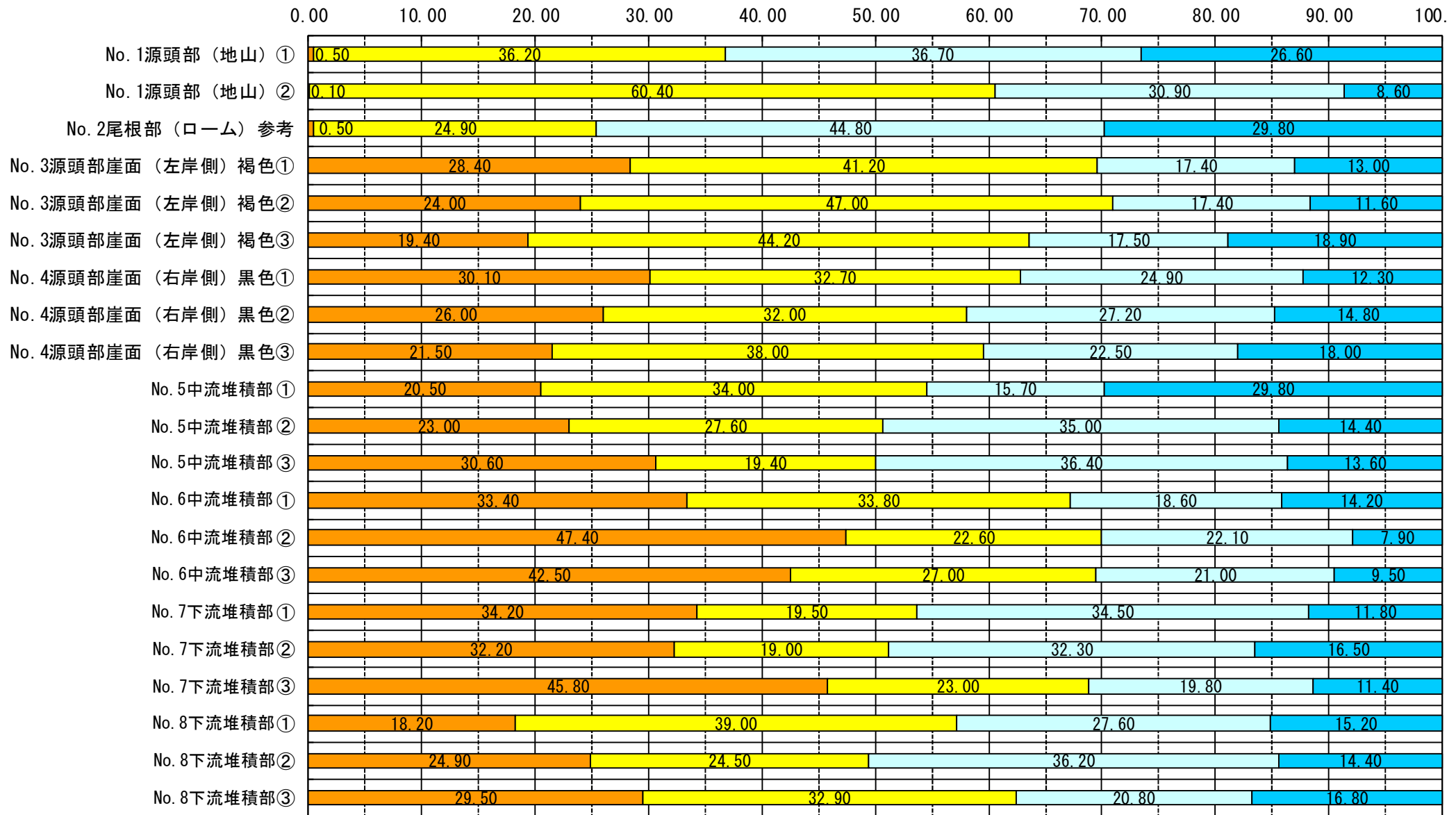
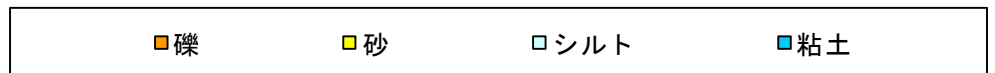


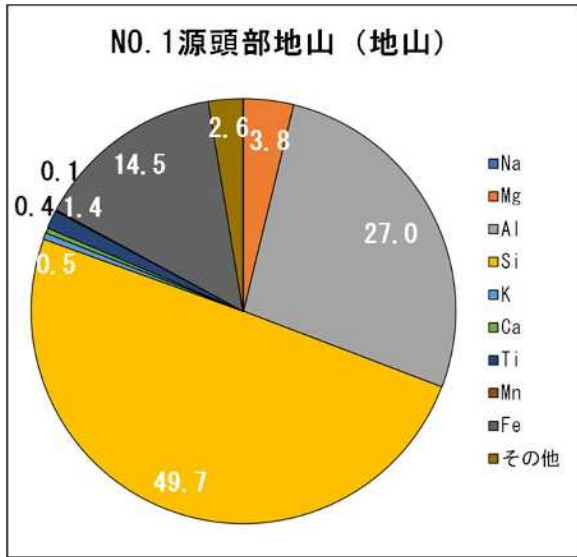
図-1 土の粒度構成



※No. 1では2試料 (①、②)、No. 3~8では各地点で3試料 (①~③) のサンプリングを実施。

(2) 蛍光エックス線分析の結果 (No. 1~No. 4 : 源頭部)

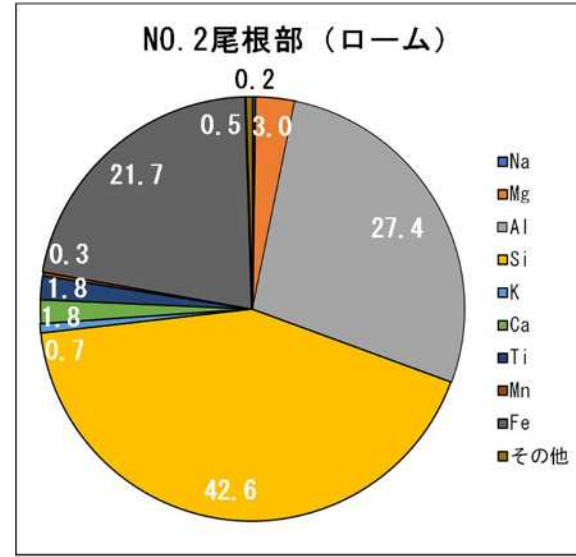
No. 1源頭部 (地山)



| 元素名 | 含有率 (%) |
|-----|---------|
| | 平均 |
| Na | 未検出 |
| Mg | 3.8 |
| Al | 27.0 |
| Si | 49.7 |
| K | 0.5 |
| Ca | 0.4 |
| Ti | 1.4 |
| Mn | 0.1 |
| Fe | 14.5 |
| その他 | 2.6 |

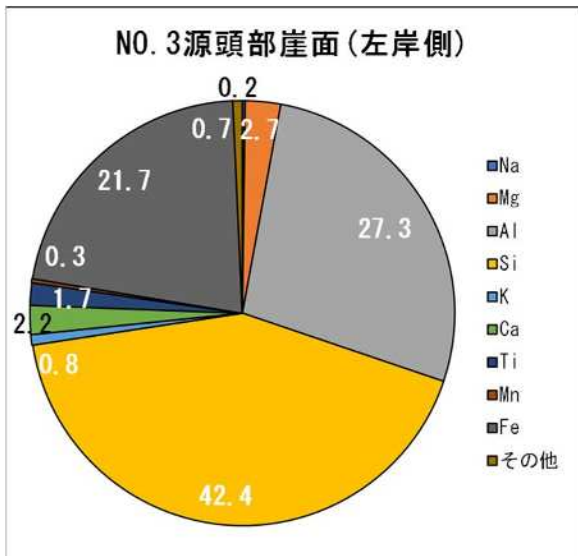
平均は2試料の平均値

No. 2尾根部 (ローム) 参考



| 元素名 | 含有率 (%) |
|-----|---------|
| | 平均 |
| Na | 0.2 |
| Mg | 3.0 |
| Al | 27.4 |
| Si | 42.6 |
| K | 0.7 |
| Ca | 1.8 |
| Ti | 1.8 |
| Mn | 0.3 |
| Fe | 21.7 |
| その他 | 0.5 |

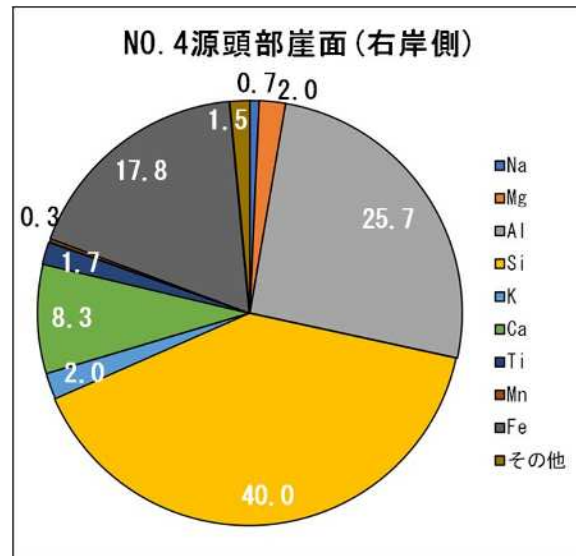
No. 3源頭部崖面 (左岸側) 褐色



| 元素名 | 含有率 (%) |
|-----|---------|
| | 平均 |
| Na | 0.2 |
| Mg | 2.7 |
| Al | 27.3 |
| Si | 42.4 |
| K | 0.8 |
| Ca | 2.2 |
| Ti | 1.7 |
| Mn | 0.3 |
| Fe | 21.7 |
| その他 | 0.7 |

平均は3試料の平均値

No. 4源頭部崖面 (右岸側) 黒色



| 元素名 | 含有率 (%) |
|-----|---------|
| | 平均 |
| Na | 0.7 |
| Mg | 2.0 |
| Al | 25.7 |
| Si | 40.0 |
| K | 2.0 |
| Ca | 8.3 |
| Ti | 1.7 |
| Mn | 0.3 |
| Fe | 17.8 |
| その他 | 1.5 |

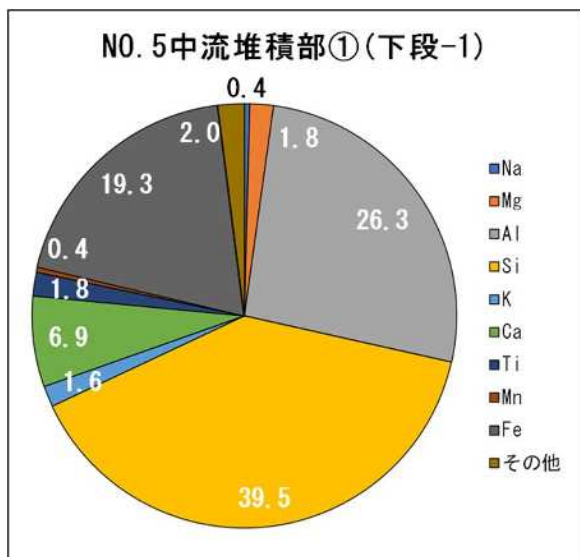
平均は3試料の平均値

※今回の測定は、元素含有量はおよその傾向を示すものである。

図-2 各地点における蛍光エックス線分析の結果

(2) 蛍光エックス線分析の結果 (No. 5~No. 8 : 中・下流堆積部)

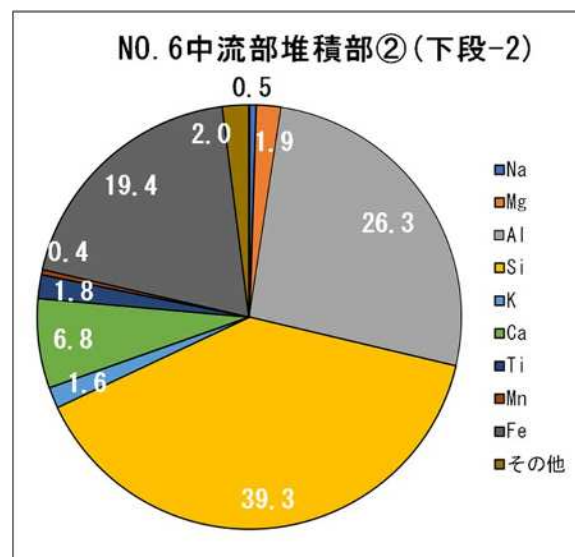
No. 5中流堆積部



| 元素名 | 含有率 (%) |
|-----|---------|
| | 平均 |
| Na | 0.4 |
| Mg | 1.8 |
| Al | 26.3 |
| Si | 39.5 |
| K | 1.6 |
| Ca | 6.9 |
| Ti | 1.8 |
| Mn | 0.4 |
| Fe | 19.3 |
| その他 | 2.0 |

平均は3試料の平均値

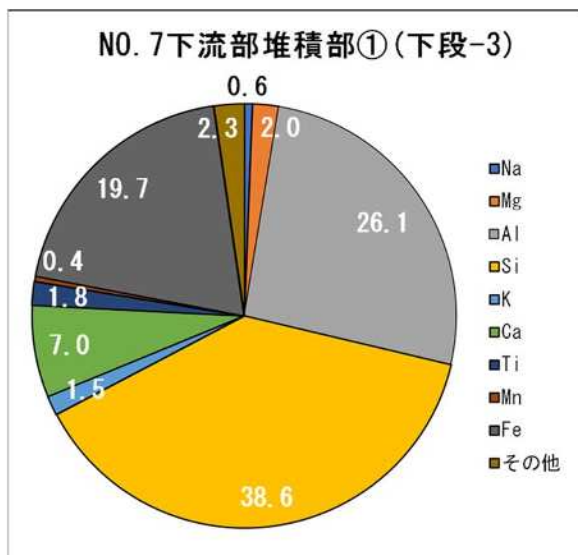
No. 6中流堆積部



| 元素名 | 含有率 (%) |
|-----|---------|
| | 平均 |
| Na | 0.5 |
| Mg | 1.9 |
| Al | 26.3 |
| Si | 39.3 |
| K | 1.6 |
| Ca | 6.8 |
| Ti | 1.8 |
| Mn | 0.4 |
| Fe | 19.4 |
| その他 | 2.0 |

平均は3試料の平均値

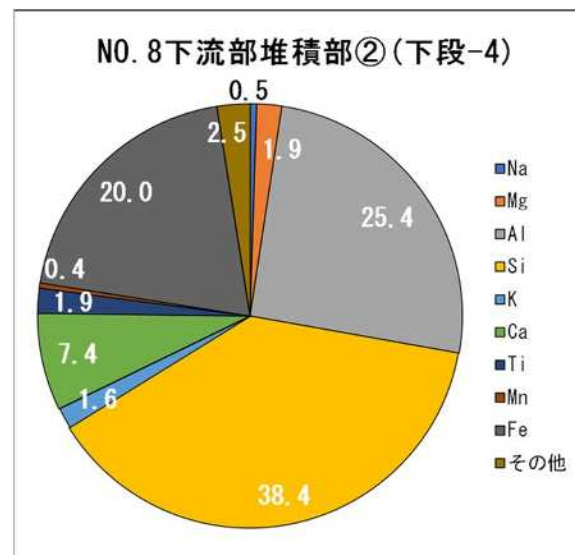
No. 7下流堆積部



| 元素名 | 含有率 (%) |
|-----|---------|
| | 平均 |
| Na | 0.6 |
| Mg | 2.0 |
| Al | 26.1 |
| Si | 38.6 |
| K | 1.5 |
| Ca | 7.0 |
| Ti | 1.8 |
| Mn | 0.4 |
| Fe | 19.7 |
| その他 | 2.3 |

平均は3試料の平均値

No. 8下流堆積部



| 元素名 | 含有率 (%) |
|-----|---------|
| | 平均 |
| Na | 0.5 |
| Mg | 1.9 |
| Al | 25.4 |
| Si | 38.4 |
| K | 1.6 |
| Ca | 7.4 |
| Ti | 1.9 |
| Mn | 0.4 |
| Fe | 20.0 |
| その他 | 2.5 |

平均は3試料の平均値

※今回の測定は、元素含有量はおおよその傾向を示すものである。

図-2 各地点における蛍光エックス線分析の結果

(3) 蛍光エックス線分析の結果を活用した試算

<流下土砂の混合割合の試算>

- ・ 源頭部から崩落し土石流となって流下した土砂は、No.1源頭部（地山）とNo.4源頭部崖面（右岸側）黒色の試料と同じ土質の土砂が混ざり合ったものであったと仮定。
- ・ No.1源頭部（地山）とNo.4源頭部崖面（右岸側）黒色に含まれる元素のうち、含有率の差が大きい「Ca（カルシウム）」に着目して、混合割合を試算。

<試算結果>

表-2 流下土砂の混合割合の試算結果

| 流下した土砂のCa含有率 | | No.1源頭部（地山） Ca含有率=0.4% | | No.4源頭部崖面 （右岸側）黒色 Ca含有率=8.3% |
|----------------------|---|---------------------------|---|------------------------------------|
| No.5中流堆積部 Ca含有率=6.9% | = | 18% | + | 82% |
| No.6中流堆積部 Ca含有率=6.8% | = | 19% | + | 81% |
| No.7下流堆積部 Ca含有率=7.0% | = | 16% | + | 84% |
| No.8下流堆積部 Ca含有率=7.4% | = | 11% | + | 89% |

- ・ 土石流となって流下した土砂の混合割合を、Ca（カルシウム）の含有率から試算した結果、11%~19%のNo.1源頭部（地山）と、81%~89%のNo.4源頭部崖面（右岸側）黒色の土砂が混ざり合ったものと推測される。

今回の調査は、源頭部の地山に当たる箇所での試料採取が少数であるなど、災害発生直後に採取可能な箇所で採取した、限られた試料を使用して実施した調査である。したがって、以下の考察については、限られた調査結果のデータから、可能な範囲で推測したものであることを申し添える。

- ・ 土の粒度構成や蛍光エックス線分析の結果、元素の含有割合などから、源頭部から崩落し土石流となって流下し、中下流部に堆積した土砂（No. 5～No. 8の土砂）は、地山（褐色）と盛土の土砂が混ざり合ったものであることが確認された。
- ・ 土石流となって流下した土砂の混合割合を、蛍光エックス線分析で得られたCa（カルシウム）の含有率から試算した結果、No. 1源頭部（地山）の土砂と、No. 4源頭部崖面（右岸側）黒色の土砂が混ざり合ったものと推測される。
- ・ 土石流となって流下した土砂の多くを占めるNo. 4源頭部崖面（右岸側）黒色の土砂は、源頭部付近に元々存在した地山（No. 1源頭部）の土質とは異なる。また、カルシウム成分が自然の土より多く含有されていることから、他所から搬入された土砂（盛土）と推測される。
- ・ これら今回の調査結果を踏まえると、源頭部から崩落し土石流となって流下した土砂の大部分は、他所から搬入された土砂（盛土）であったと推測される。

熱海市伊豆山地区 土壤汚染対策法施行令第1条に基づく特定有害物質（26物質）調査結果一覧表

| 試験項目 | 単位 | 分析結果（※ No.2は分析していない） | | | | | | | | | | 定量下限 | 指定基準 | 分析方法 | | | |
|--|---------------|----------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------------|-------------------------|----------|----------|----------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| | | No.1 源頭部（地山） | No.3 源頭部（左岸側） | No.4 源頭部（右岸側） | No.5 中流堆積部 | No.6 中流堆積部 | No.7 下流堆積部 | No.8 下流堆積部 | No.9 源頭部（左岸側） 崩壊面 | No.10 源頭部（左岸側） 法面 | | | | | | | |
| 採取年月日 採取：（株）ジーベック（静岡） 分析：昭和環境分析センター（株）（群馬） | | R3.7.8 | R3.7.8 | R3.7.8 | R3.7.8 | R3.7.8 | R3.7.8 | R3.7.8 | R3.7.8 | R3.7.29 | R3.7.29 | | | | | | |
| 土壤溶出量基準 | 第1種 特定有害物質 | クロロチレン | mg/L | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | 0.002 | 平成9年環告第10号付表 | | |
| | | 四塩化炭素 | mg/L | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | 0.002 | JIS K 0125 5.2 | |
| | | 1.2-ジクロロエタン | mg/L | < 0.0004 | < 0.0004 | < 0.0004 | < 0.0004 | < 0.0004 | < 0.0004 | < 0.0004 | < 0.0004 | < 0.0004 | < 0.0004 | < 0.0004 | 0.004 | JIS K 0125 5.2 | |
| | | 1.1-ジクロロエチレン | mg/L | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | 0.002 | 0.1 | JIS K 0125 5.2 |
| | | 1.2-ジクロロエチレン | mg/L | < 0.004 | < 0.004 | < 0.004 | < 0.004 | < 0.004 | < 0.004 | < 0.004 | < 0.004 | < 0.004 | < 0.004 | < 0.004 | 0.004 | 0.04 | JIS K 0125 5.2 |
| | | 1.3-ジクロロプロペン | mg/L | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | < 0.0002 | 0.002 | 0.002 | JIS K 0125 5.2 |
| | | ジクロロメタン | mg/L | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | 0.002 | 0.02 | JIS K 0125 5.2 |
| | | テトラクロロエチレン | mg/L | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | 0.0005 | 0.01 | JIS K 0125 5.2 |
| | | 1.1.1-トリクロロエタン | mg/L | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | 0.0005 | 1 | JIS K 0125 5.2 |
| | | 1.1.2-トリクロロエタン | mg/L | < 0.0006 | < 0.0006 | < 0.0006 | < 0.0006 | < 0.0006 | < 0.0006 | < 0.0006 | < 0.0006 | < 0.0006 | < 0.0006 | < 0.0006 | 0.0006 | 0.006 | JIS K 0125 5.2 |
| | トリクロロエチレン | mg/L | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | 0.002 | 0.01 | JIS K 0125 5.2 | |
| | ベンゼン | mg/L | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 | 0.001 | 0.01 | JIS K 0125 5.2 | |
| | 第2種 特定有害物質 | カドミウム及びその化合物 | mg/L | < 0.003 | < 0.003 | < 0.003 | < 0.003 | < 0.003 | < 0.003 | < 0.003 | < 0.003 | < 0.003 | < 0.003 | < 0.003 | 0.003 | 0.003 | JIS K 0102 55.2 |
| | | 六価クロム化合物 | mg/L | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | 0.005 | 0.05 | JIS K 0102 65.2.3 |
| | | シアン化合物 | mg/L | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 0.1 | 不検出 | JIS K 0102 38.5 |
| | | 水銀及びその化合物 | mg/L | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | < 0.0005 | 0.0005 | 0.0005 | 昭和46年環告第59付表2 |
| | | アルキル水銀 | mg/L | < 不検出 | < 不検出 | < 不検出 | < 不検出 | < 不検出 | < 不検出 | < 不検出 | < 不検出 | < 不検出 | < 不検出 | < 不検出 | 0.0005 | 不検出 | 昭和46年環告第59付表3 |
| | | セレン及びその化合物 | mg/L | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | 0.005 | 0.01 | JIS K 0102 67.2 |
| | | 鉛及びその化合物 | mg/L | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | 0.005 | 0.01 | JIS K 0102 54.2 |
| | | 砒素及びその化合物 | mg/L | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | < 0.005 | 0.005 | 0.01 | JIS K 0102 61.2 |
| フッ素及びその化合物 | | mg/L | < 0.1 | < 0.1 | 0.9 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | < 0.1 | 0.5 | 0.1 | 0.8 | JIS K 0102 34.4 | | | |
| ホウ素及びその化合物 | mg/L | < 0.1 | < 0.1 | 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | < 0.1 | 0.1 | 1 | JIS K 0102 47.3 | | |
| 第3種 特定有害物質 | シマジン | mg/L | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | < 0.0003 | 0.0003 | 0.003 | 昭和46年環告第59付表6 | | |
| | チオベンカルブ | mg/L | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | < 0.002 | 0.002 | 0.02 | 昭和46年環告第59付表6 | | |
| | チラウム | mg/L | < 0.0006 | < 0.0006 | < 0.0006 | < 0.0006 | < 0.0006 | < 0.0006 | < 0.0006 | < 0.0006 | < 0.0006 | < 0.0006 | 0.0006 | 0.006 | 昭和46年環告第59付表5 | | |
| | ポリ塩化ビフェニル | mg/L | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 0.0005 | 不検出 | 昭和46年環告第59付表4 | |
| | 有機りん化合物 | mg/L | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 不検出 | 0.1 | 不検出 | 昭和46年環告第59付表1 | |
| 土壤含有量基準 | 第2種 特定有害物質 | カドミウム及びその化合物 | mg/kg | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | 15 | 45 | JIS K 0102 55.3 | |
| | | 六価クロム化合物 | mg/kg | < 25 | < 25 | < 25 | < 25 | < 25 | < 25 | < 25 | < 25 | < 25 | < 25 | 25 | 250 | JIS K 0102 65.2.3 | |
| | | シアン化合物 | mg/kg | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | < 5 | 5 | 50 | JIS K 0102 38.5 | |
| | | 水銀及びその化合物 | mg/kg | < 1.5 | < 1.5 | < 1.5 | < 1.5 | < 1.5 | < 1.5 | < 1.5 | < 1.5 | < 1.5 | < 1.5 | 1.5 | 15 | 昭和46年環告第59付表2 | |
| | | セレン及びその化合物 | mg/kg | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | 15 | 150 | JIS K 0102 67.2 | |
| | | 鉛及びその化合物 | mg/kg | < 15 | < 15 | 43 | 17 | 15 | 17 | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | 15 | 150 | JIS K 0102 54.3 | |
| | | 砒素及びその化合物 | mg/kg | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | < 15 | 15 | 150 | JIS K 0102 61.2 | |
| | | フッ素及びその化合物 | mg/kg | < 400 | < 400 | < 400 | < 400 | < 400 | < 400 | < 400 | < 400 | < 400 | < 400 | 400 | 4000 | JIS K 0102 34.4 | |
| ホウ素及びその化合物 | mg/kg | < 400 | < 400 | < 400 | < 400 | < 400 | < 400 | < 400 | < 400 | < 400 | < 400 | 400 | 4000 | JIS K 0102 47.3 | | | |

逢初川源頭部付近の土地の安定性と逢初川への影響について

(要旨)

当該地域では、これまで、崩壊した盛土の他、複数の土地の改変が行われてきた。

二次災害防止等のためには、7月3日に発生した土石流の最上流部にある逢初川源頭部及びその周辺部について、水の流れの確認や安定性の評価が常に必要である。

このような状況から、静岡県（熱海土木事務所、東部農林事務所）は、発災後から人とセンサー等により源頭部付近の常時監視を行うとともに、複数の職員が随時、周辺の現地調査を行っている。

9月6日現在の源頭部付近（区域A、B、C、D）の土地の安定性と逢初川への影響については以下のとおり。

(調査結果と評価)

| 区域 | 現地調査結果と評価 |
|---------------------|---|
| A (p2 参照) ①②③ | <ul style="list-style-type: none"> 崩壊地の上部にある盛土の平坦部の表流水が地下に浸透し崩壊地に流れ込んだ可能性が見られる。 崩壊地に接し、すべり残った道路部に小規模なクラックがある。斜面から小さな崩壊は時々発生しているが、崩壊しても土量は少ないので、中下流域で二次災害を発生させる危険性は低い。 |
| B (p3 参照) | <ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電設備設置地の斜面の傾斜は逢初川とは反対側に向いている。表流水が逢初川に流入した形跡は見られない。 太陽光発電設備設置地では、雨水による洗堀が見られるが、地すべりに発展するような亀裂などの大規模な地盤の変状は見られない。 |
| C (p2⑤) | <ul style="list-style-type: none"> 土砂が投棄（V≒8,500m³）され、土砂流出対策が未実施となっている。 雨水が表面を流れた形跡が見られるが、大規模な地盤の変状は見られない。 <p>※土砂の投棄量は静岡県が推定</p> |
| D (p2 D) | <ul style="list-style-type: none"> 崩壊地北東部の宅地造成地内の雨水は水路を流れ、同造成地の東側の宅地造成地内の水路に流入し、逢初川ではなく、その北側の鳴沢川に流れており、崩壊地への雨水の顕著な流入は見られない。 これらの水路や道路から雨水があふれて崩壊地に流れ込む可能性は否定できないが、その量は限定的であると考えられる。 |
| A～D 総括 | <ul style="list-style-type: none"> 豪雨でない限り、二次災害が発生するような危険な状況にはない。ただし、C区域の土砂投棄場所については、土砂流出対策等を所有者に求める必要がある。 7月3日以降、全体として大規模な地盤の変状は見られない。 |

調査箇所



雨水は逢初川ではなく、その北側の鳴沢川に流入



雨水は逢初川ではなく、側溝を通じてその北側の鳴沢川に流入



崩壊地の上部に生じたクラック



太陽光発電施設内には雨水による洗堀が見られるが、地すべりによる亀裂などは見られない

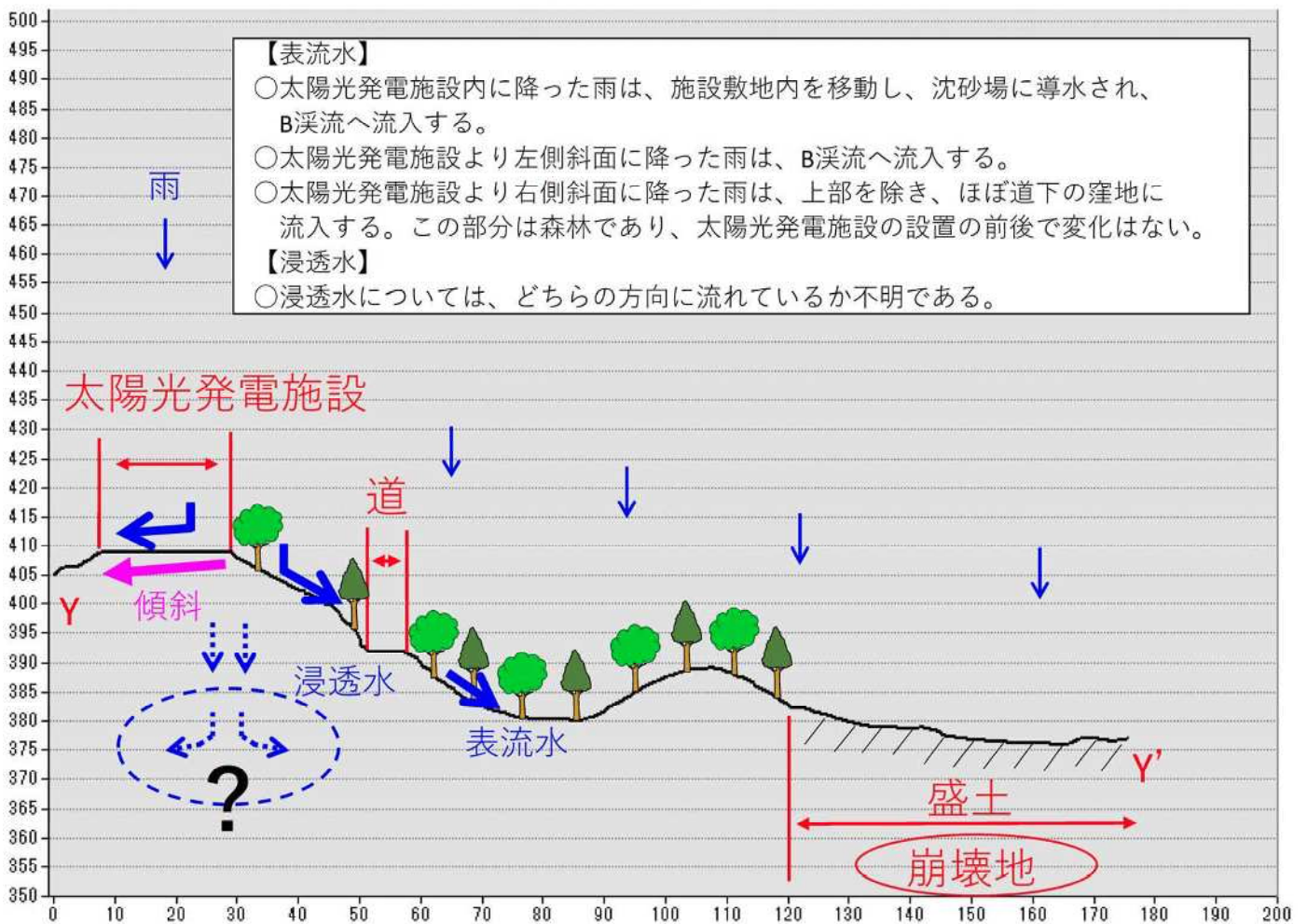


雨水は太陽光発電設備設置地の南側の溪流に流入
表流水は逢初川源頭部には流れていない



熱海市伊豆山地内の太陽光発電施設付近の状況 (Y-Y'断面図)

2020年1月時点のDEM (50cmメッシュ) データに基づく解析



崩落面等の調査結果

ボーリング結果



- ・ ボーリングは堰堤の堆砂敷に深さ13.1mまで実施
- ・ 地表から深さ約4.5m程度までは柔らかい火山灰質性粘性土と転石から構成、所々に非常に柔らかい層がある
- ・ 深さ4.5mから9mまでは火山灰質粘性土が主体、柔らかい層と固い層が混在
- ・ 深さ9mから10.5mまでは風化安山岩、13.1mまでは新鮮な安山岩
- ・ 今後、成分分析を実施予定



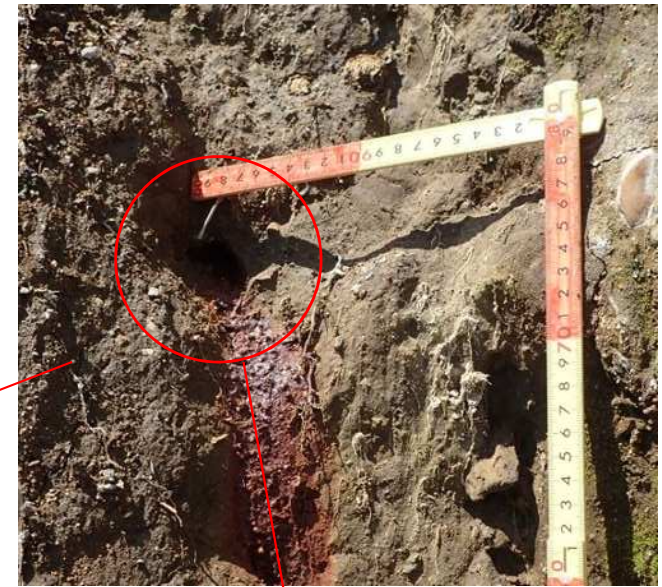
☼では8/2の撮影時点では湧水が見られなかったが、8/30踏査で湧水・浸みだしやパイピングホールが見られた。

01 崩壊地全景。崩壊直後の動画に見られた大量の出水は、七尾調圧槽からつながる水道管の破断によるものである。水道管は旧林道の高さであり、それより下位は地山と判断される。また現道の高さにも盛土の境界があり、別時期に造成されたと推定される。



02 右岸側崩壊地の源頭部。
現道とほぼ同じ高さに境界面(赤矢印)があり、その上は再盛土と思われる。
その下は地山と見られ、赤丸部分に浸みだし痕跡が見られる。

2021/8/2



03 右岸側崩壊地の源頭部(写真03番の隣接箇所)。破線より下位の土の内部に、直径2～3cmのパイピングホールや湿り箇所あり。



- 04 明瞭な土層境界(赤矢印)があり、それより上位は盛土、下位は地山である。
地山は熱水変質した溶岩または火砕岩からなり、流水による侵食を受けている。
湧水は地山と崩土の境界から発生している。



05 落ち残り土塊の表面は山側に傾いていることから、後方回転運動を伴うすべり形態で落下したことが分かる。



06 崩壊地内に見られる明瞭な擦痕。右岸側に多く分布している。

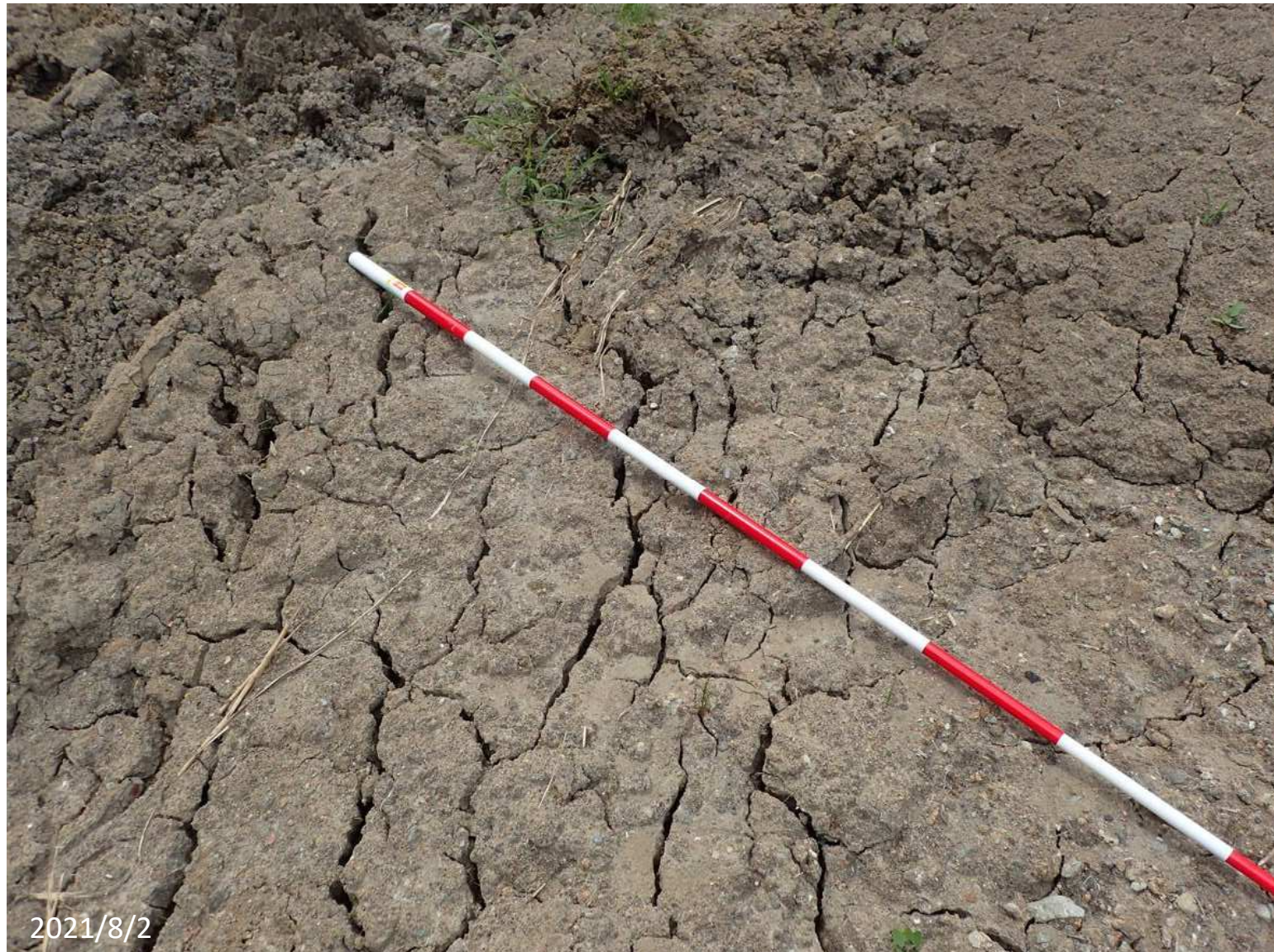
擦痕の見られる領域では、含水率が飽和状態ではない状態で、最後に地すべり形態の崩壊が発生し、その後は流水による侵食は無かったと考えられる。



07 湧水地点。崩土と地山の境界で湧出している。(標高370m付近)



08 盛土末端付近。造成時の申請図面によれば、この付近に土堰堤と沈砂地を2列設置することになっているが、現在ではその痕跡は把握できない。



09 乾燥した崩土は固い。また表面には乾裂が普遍的に見られることから、高含水状態で停止した後に乾燥収縮とともに固化したと考えられる。

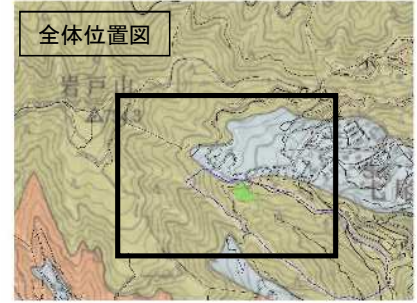


10 崩土の塑性は、含水状態によって塑性が著しく変化する。長靴の位置は乾燥しているため固いのに対し、ポール先の(足がはまった跡)は湿っているため著しく泥濘化している。



11 崩壊地下端付近で、溪床が洗掘されている。旧溪床堆積物の上に有孔管があるが、現在は管からの出水はない。(標高355m付近)

ボーリング調査の概略位置(案)



- ボーリングの目的
- ・地質構造の把握
 - ・地下水状況の把握
 - ・採取した土で各種土質試験の実施

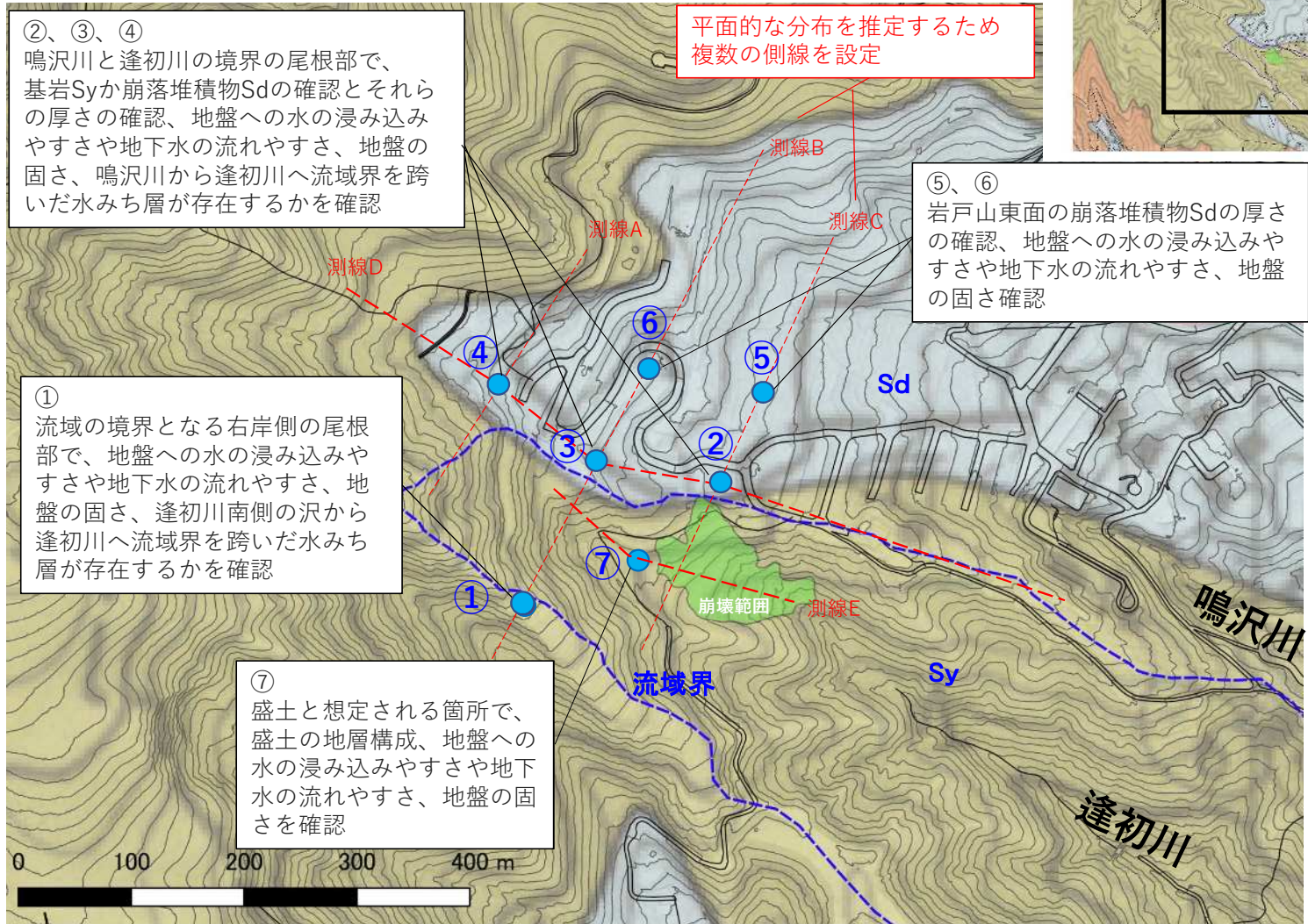
5万分の1地質図幅
熱海

Sy : 中期更新世の
安山岩 - 玄武岩質安山岩
溶岩及び火砕岩

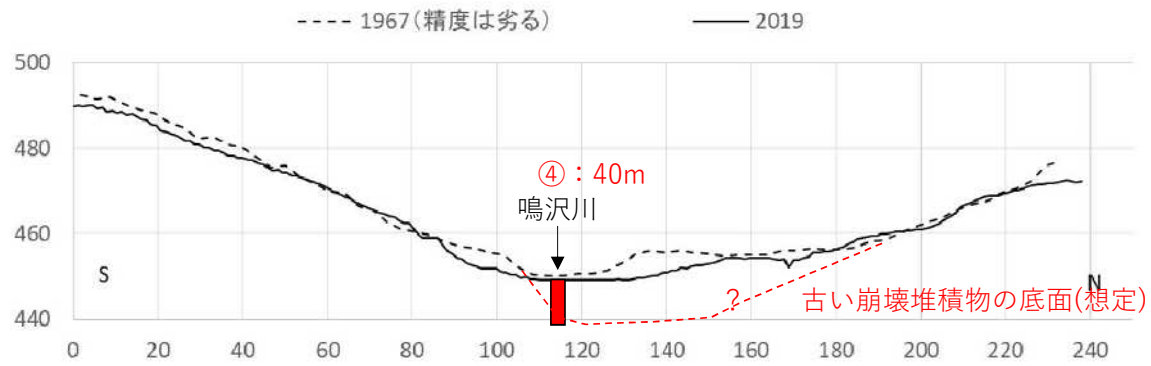
Sd : 後期更新世 - 完新
世の、山地緩斜面堆積物
(礫及び砂からなる)

※Sdは岩戸山等の古い崩
壊地の堆積物と考えられ
る。

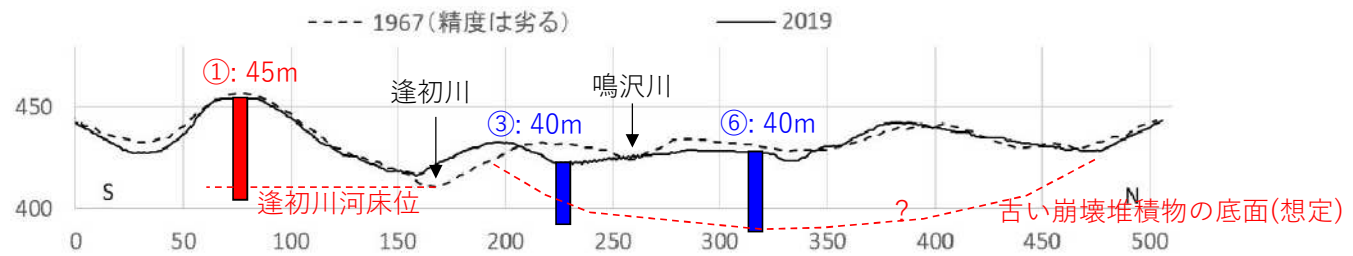
| 番号 | 想定深度 | 根拠 |
|----|------|--------------|
| ① | 45m | 逢初川河床位まで |
| ② | 40m | 逢初川河床位まで |
| ③ | 40m | 崩壊堆積物Sdの底面まで |
| ④ | 40m | 崩壊堆積物Sdの底面まで |
| ⑤ | 35m | 崩壊堆積物Sdの底面まで |
| ⑥ | 40m | 崩壊堆積物Sdの底面まで |
| ⑦ | 40m | 盛土の底面まで |



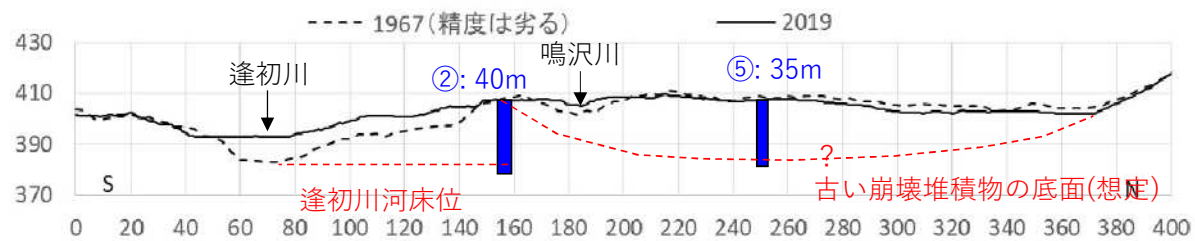
測線A



測線B

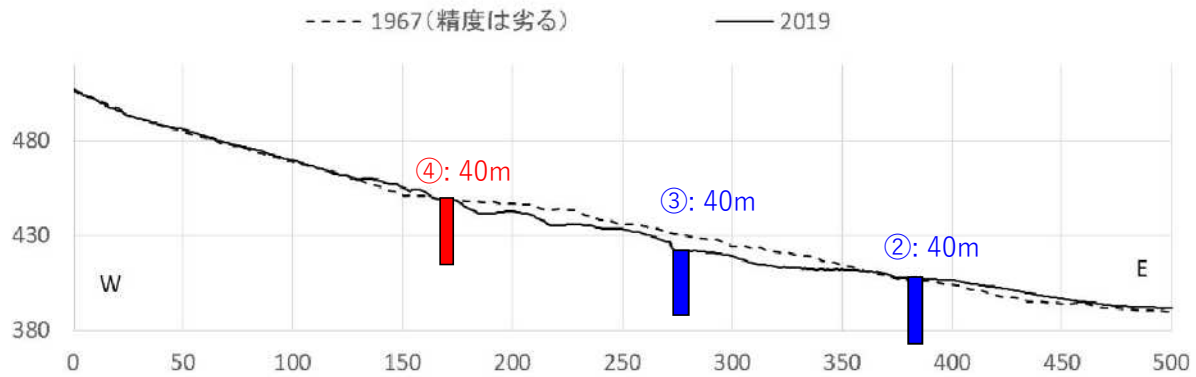


測線C

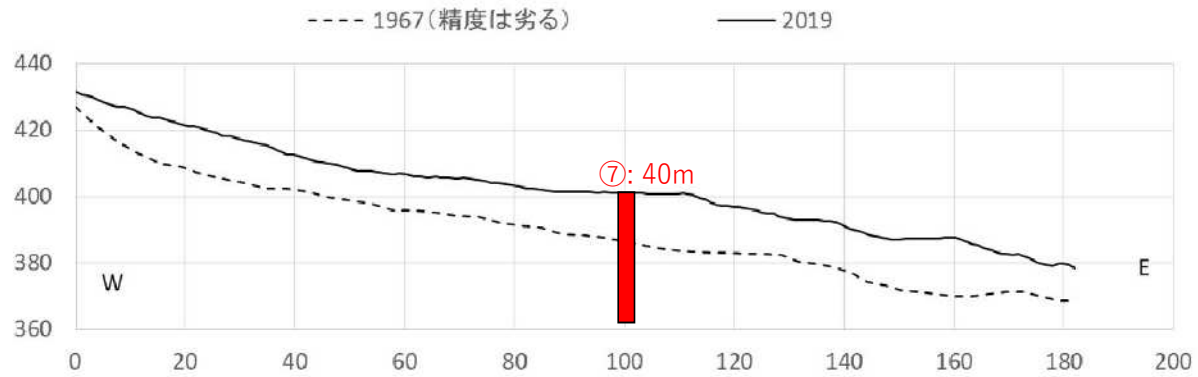


①、②：逢初川河床部まで実施
③、④、⑤、⑥：崩壊堆積物の底面（想定）まで実施

測線D



測線E



⑦: 想定盛土範囲まで実施

| 項目 | 解析目的 | 解析手法 | 解析概要 | 調査内容 | メリット | 課題 | 評価 |
|---|--------------------------------------|---------------------------|---|--|---|--|----|
| A 今回の降雨で盛土が崩壊したメカニズム (物理的な機構※)を知る (今回の降雨で盛土にどれくらいの水が流れ込んだかをA-1で解析後、A-2で解析) ※機構：様々な部分が互いにどういう関連をもって動いたかという仕組み | A-1 水の 流れを 再現する | タンクモデル | 地層の帯水量のみに着目。 帯水量の下流に向かっての変化を解析 盛土の帯水も人為的に規定 | ボーリング調査 井戸観測 熱赤線調査 地形改変調査 | 地層の帯水量の変化を時間的予測することができる | 降雨による水の浸透や移動を十分考慮せず 帯水にのみ着目するため、全体の地層の水 の流れを考慮できない | - |
| | | 飽和不飽和 浸透流解析 | 過去から現在までの降雨を考慮し、地下水の流れを解析 地下水のみに着目して盛土に流入した水量を予測 | | 地層内の地下水流れを予測することができる。 | 地層内の地下水流れのみに着目し、表面流 や地下水浸透は無視するため、全体の地下 水の挙動は推定できない | - |
| | | 地表面流出解析 | 地表面の流れのみに着目 盛土への流入は考慮できない | | 地盤表面の水の流れを表現することができる | 表面流のみに着目し、全体の地下水の挙動 は推定できない | △ |
| | | 浸透流解析 | 盛土の有無も含めた全体地層をモデル化 過去から現在までの降雨を考慮し、表面流、表面浸透、地下水 流れを全体的に解析 結果として盛土にどれくらいの水が帯水したかを予測 | | 降雨でおきる地下水浸透や表面流などのす べての浸透現象を表現し過去から当時まで の地下水状況を定量的に推定、盛土内の地 下水状況も推定可能 | 地中の状態は十分には把握できないので、 ボーリングデータや井戸調査を行ったとし ても、推定には不確実性が残る | ○ |
| | A-2 地盤 の滑り・ 崩落を 再現する | 円弧滑り計算 | 滑り面を規定して、土塊の釣り合いで滑り安全率を計算 | 盛土材調査 現場踏査 | 予測計算は非常に簡易 安全率も表現できる | 破壊形態は円弧のみで表現するため多様な 破壊(段階的な)は再現できない。すべり 面を多数仮定し、盛土全体でどこが弱点と なるかは推定できる | ○ |
| | | 3次元地滑り発生統合シ ミュレーション | 滑り面を規定して滑り摩擦力を低減して滑りを表現 土塊ごとの地盤定数は大まかに設定 | | 崩壊土塊の下流域への流動を予測すること ができる | 滑り面を人為的に規定するため、崩壊原因 を限定する恐れがある。盛土材料のばらつ き表現は限定的となる | ▲ |
| | | 2次元FEM地盤破壊解析 | 浸透流解析結果や盛土材料調査結果を基に2次元平面的な盛土 断面や基盤断面をモデル化。地下水位や材料定数を要素ごとに 設定し、破壊に至るせん断ひずみの分布を予測する | | 盛土崩壊に関して、地下水や盛土材料がど のように影響しているかを定量的に把握す ることができる。2次元断面により多様な ケースを計算しやすい | 盛土材の特性を解析にどこまで反映できる かが課題 2次元解析のため、解析精度に限界がある | ○ |
| | | 3次元FEM地盤破壊解析 | 浸透流解析結果や盛土材料調査結果を基に3次元平面的な盛土 断面や基盤断面をモデル化。地下水位や材料定数を要素ごとに 設定し、破壊に至るせん断ひずみの分布を予測する | 盛土崩壊に関して、地下水や盛土材料がど のように影響しているかを定量的に把握す ることができる。盛土全体の破壊状態を予 測することができる | 3次元でのパラメータスタディが必要 非常に煩雑な予測モデルの作成となり時間 を要する。盛土材の場所による違いの設定 のための情報が少ないため、高度な計算を しているように見えても、実は恣意的計算 をしているに過ぎない可能性がある | ▲ | |
| B 今回の降雨は何年間に1度発生する程度の 降雨だったのか | 降雨解析 | 過去から現在までの時間降雨量と累積降雨量を調査整理 | 降雨データの整理 | 降雨の過去データの整理により、何年に1 回程度の降雨かをすることができる | 熱海観測所の観測期間が短いので、それを どう補正するか 局所的な降雨をどう評価するか | ○ | |

評価：○ 実施を推奨
 △ 実施を検討
 ▲ 実施しても意味ある結果が得られるかは疑問
 - 実施の必要なし

| | 項目 | 解析目的 | 解析手法 | 解析概要 | 調査内容 | メリット | 課題 | 評価 |
|--------------|---|--|--|---|---|--|--|----|
| C | 盛土が15m以下であれば崩壊しなかったか | | | | Aと同じ | | | ○ |
| D | 適切な排水が行われてたら盛土の崩壊は防げたか | | | | Aと同じ | | | ○ |
| E | 固化剤の使用が盛土部の崩壊にどのように影響を及ぼしたのか | E-1 | ? | 固化剤等が水の流れにどのような影響を与えたかをいかに解析するか | ? | ? | 固化剤がどの程度、どこに入っているかを特定できない | |
| | | E-2 | 円弧滑り計算 | 材料のばらつきは非常に大雑把に表現するしかない。滑り面を規定して、土塊の釣り合いで滑り安全率を計算 | 盛土材調査 現場踏査 | 予測計算は非常に簡易。安全率も表現できる | 材料のばらつきは表現でない | - |
| | | | 3次元地滑り発生統合シミュレーション | 材料のばらつきは比較的大まかに表現。滑り面を規定して滑り摩擦力の低減して滑りを表現 土塊ごとの地盤定数は大まかに設定 | | 崩壊土塊の下流域への流動を予測することができる | 盛土材の強度ばらつきは大まかな表現で対応することになり目的の影響が追求できるかどうか不明確。滑り面や滑り摩擦力低下程度など人為的操作によって行うため、崩壊原因を限定する恐れがある。 | - |
| | | | 2次元FEM地盤破壊解析 | 盛土材料の強度分布を細かく表現することはできる。2次元平面的な盛土断面や基盤断面をモデル化。地下水位や材料定数を要素ごとに設定し、破壊に至るせん断ひずみの分布を予測する。 | | 盛土材料の細かい分布を表現することは可能。それが破壊にどう影響するかを定量的に把握することができる。 | 2次元解析での予測に限界がある可能性がある | ○ |
| 3次元FEM地盤破壊解析 | 盛土材料の強度分布を細かく表現することはできる。3次元平面的な盛土断面や基盤断面をモデル化。地下水位や材料定数を要素ごとに設定し、破壊に至るせん断ひずみの分布を予測する。 | 盛土材料の細かい分布を表現することは可能。それが破壊にどう影響するかを定量的に把握することができる。 | 3次元での材料分布の設定は非常に煩雑でパラメータスタディが難しい。非常に煩雑な予測モデルの作成となり膨大な手間と時間を要する | △ | | | | |
| F | 崩壊したのは盛土だけで地山は崩壊していないのか | 解析よりも踏査や調査結果を重視 | 現地踏査による崩壊マップの作成 | 現場踏査 踏査による崩壊マップの作成 地形改変調査 | 現場踏査を行い、崩壊マップを作成することで精度の高い崩壊状況を確認することができる | | ○ | |

| 項目 | 解析目的 | 解析手法 | 解析概要 | 調査内容 | メリット | 課題 | 評価 |
|---|------------------------|--------------------|--|------------------------------------|---|--|----|
| G どこからどのように盛土や地山は崩壊したのか (崩壊の起因は何だったか) | G-1 水の 流れを 知る | A-1の 浸透流解析 | 盛土内の地下水状況を予測。 盛土内法尻部分に進出面を人為的に設定すれば、流出時の流速、水圧の予測は可能 | ボーリング調査 井戸観測 熱赤線調査 地形改変調査 | 地下水の流入状況を人為的に設定し、浸透による盛土破壊のケースを検討することができる | あくまで、人為的な操作であり、実際何が起きたかを予測することはできない。 | ○ |
| | G-2 どこが最も崩壊しやすいかを知る | 円弧滑り計算 | 滑り面を規定して、土塊の釣り合いで滑り安全率を計算 | 盛土材調査 現場踏査 | 予測計算は非常に簡易。 安全率も表現できる | 破壊形態は円弧のみで表現するため多様な破壊(段階的な)は再現できない。盛土全体でどこが弱点となるかは推定できる。 | ○ |
| | | 3次元地滑り発生統合シミュレーション | 滑り面を規定して滑り摩擦力を低減して滑りを表現 土塊ごとの地盤定数は大まかに設定 | | 崩壊土塊の下流域への流動を予測することができる | 滑り面を人為的に規定するため、崩壊原因を限定する恐れがある。盛土材料のばらつき表現は限定的となる | △ |
| | | 2次元FEM地盤破壊解析 | 浸透流解析結果や盛土材料調査結果を基に2次元平面的な盛土断面や基盤断面をモデル化。地下水位や材料定数を要素ごとに設定し、破壊に至るせん断ひずみの分布を予測する。 | | 盛土崩壊に関して、地下水や盛土材料がどのように影響しているかを定量的に把握することができる。2次元断面により多様なケースを計算しやすい | 盛土材の特性を解析にどこまで反映できるかが課題 2次元解析での予測に限界がある可能性がある | ○ |
| | | 3次元FEM地盤破壊解析 | 浸透流解析結果や盛土材料調査結果を基に3次元平面的な盛土断面や基盤断面をモデル化。地下水位や材料定数を要素ごとに設定し、破壊に至るせん断ひずみの分布を予測する。 | | 盛土崩壊に関して、地下水や盛土材料がどのように影響しているかを定量的に把握することができる。盛土全体の破壊状態を予測することができる | 3次元でのパラメータスタディが必要な場合、非常に煩雑な予測モデルの作成となり時間を要する。盛土材の場所による違いの設定のための情報が少ないため、高度な計算をしているように見えても、実は恣意的計算をしているに過ぎない可能性がある。 | △ |

- 第1回:9月7日
- ・委員会趣旨、災害の概要及び発生原因の推定、各種調査結果 他
- 第2回:10月下旬
- ・地質調査結果の報告と解析手法の検討
- 第3回:12月下旬
- ・解析結果の報告
 - ・外部研究者等の解析情報の報告 他
- 第4回:1月下旬
- ・調査報告書(案)の報告