# 静岡県熱海市逢初川の源頭部の盛土中の淘汰の良い砂層

静岡大学地球科学研究報告,50号。 北村晃寿<sup>1,2</sup>,山下裕輝<sup>3</sup>

1:静岡大学理学部地球科学科,

2: 静岡大学防災総合センター,

3: 静岡大学大学院総合科学技術研究科

## 静岡県の取組

#### 第1回逢初川土石流の発生原因調査検証委員会

日時:令和3年9月7日(火)午後2時~3時30分

会場: 県庁別館9階特別第一会議室 (WEB 方式)

#### 次 第

- 1 開会
- 2 設置目的について
- 3 委員紹介
- 4 設置趣意書(案)及び委員会規約(案)について
- 5 議事
  - (1) 土石流災害の概要及び原因解明のための調査及び解析手法
  - (2) 県が今まで実施した調査の報告
  - (3) 解析内容及び今後の調査について
  - (4) 今後の予定
- 6 閉会

#### 設置内容と意図

逢初川土石流の発生原因(発生メカニズム)調査における 他者検証について(2021年8月6日発表。ただし、一部加筆修正)

#### 1. 概要

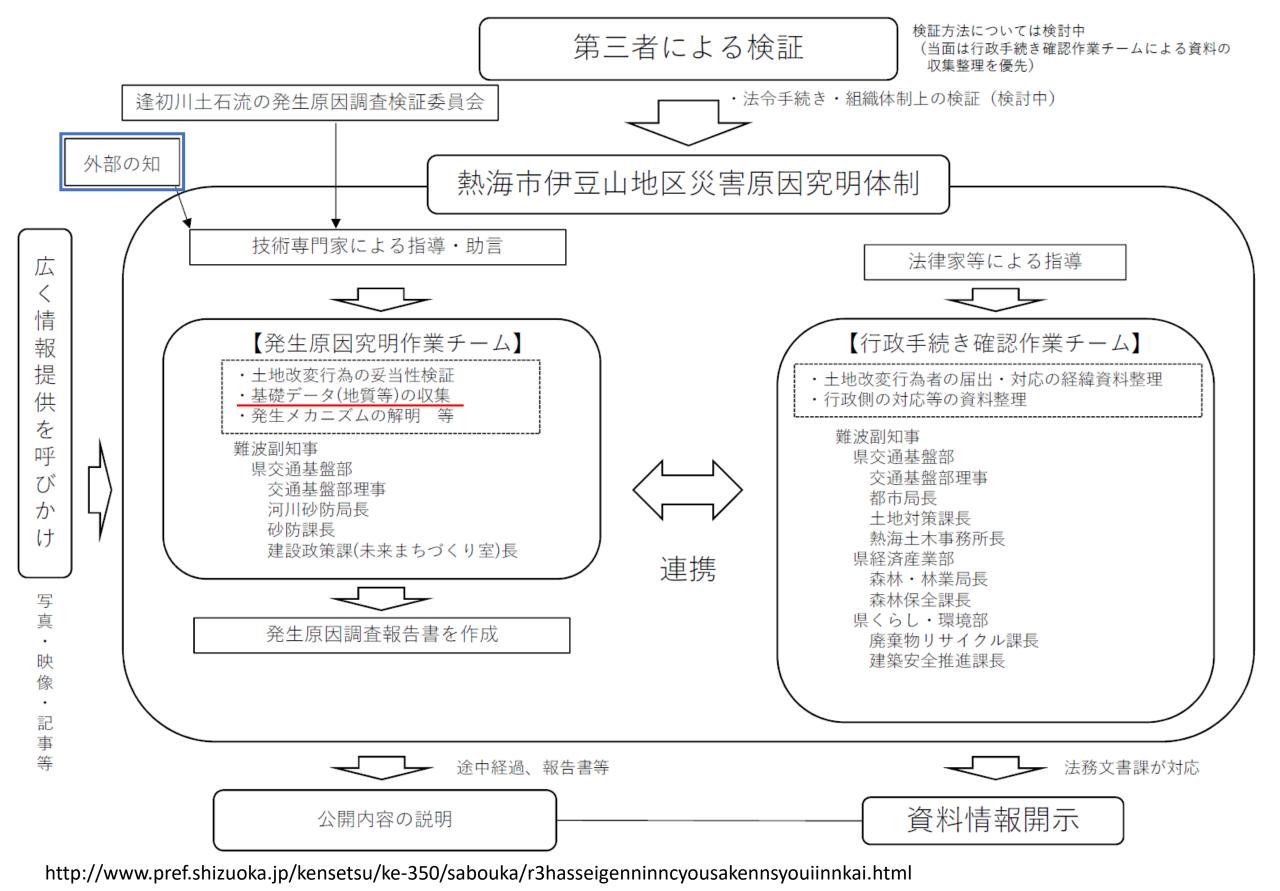
静岡県は、逢初川土石流の発生原因(発生メカニズム)について、静岡県が調査し作成した報告書を、他者が検証していく仕組みを導入する。

検証方法は、以下のとおりとする。

- ① 静岡県は、3学会(土木学会、地盤工学会、砂防学会)に対し、静岡県が作成する発生原因調査報告書について、検証(検証委員会の設置)を依頼する。
- ② 静岡県は、地形、地質、土質等の関連データを一般公開する。
- ③ 研究者等が、静岡県の公開データ等をもとに独自に、解析し、 発生メカニズム等について検討を進めていただくことを静岡県 は期待する。
- ④ 静岡県は、検証委員会の助言や研究者等の意見・提言等についての見解書を含む「逢初川土石流発生原因(メカニズム)調査報告書(案)を作成する。
- ⑤ 検証委員会(委員は、土木学会、地盤工学会、砂防学会が推薦する者)が、静岡県の調査報告書(案)について検証を行い、 検証結果を静岡県に提出するとともに、一般に公表する。
- ⑥ 静岡県は、検証委員会の検証結果を踏まえ、調査報告書(案) を修正し、最終報告書を作成する。

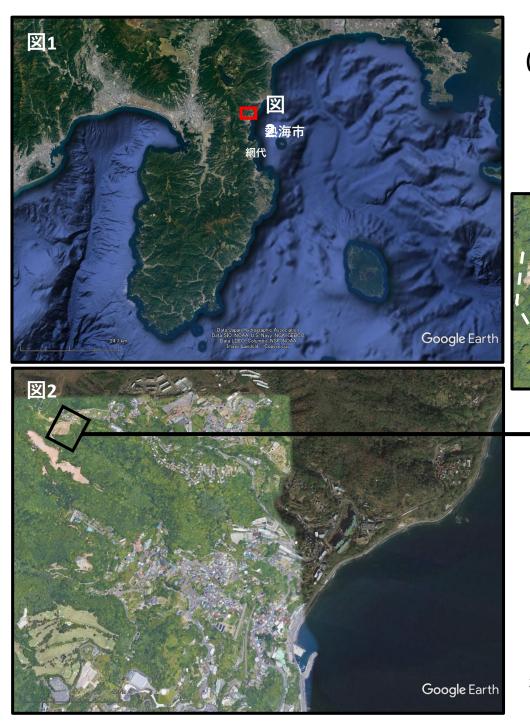
#### 2. 他者検証の意図

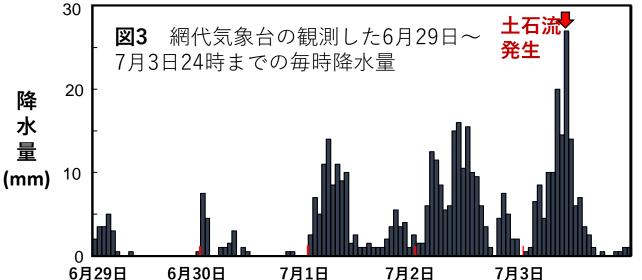
- ① 発生原因 (メカニズム) についての公正・中立な形での検証 (静岡県とは独立した組織が検証)
- ② 静岡県による関連情報の情報公開をもって、社会の大きな「知」 (研究者等)による検証を期待
- ③ これらの検証結果は、静岡県が適切な発生原因調査結果報告書を作成するための貴重な参考となる。



# 熱海市伊豆山地区で発生した土石流の概要

2021年7月3日10時半頃に静岡県熱海市伊豆山地区の 逢初(あいぞめ)川沿いで土石流が発生した(図1・2). 北 村は,7月3日,9日,23日に土石流の調査を行った. 図3は網代の気象台で観測された6月29日~7月3日24 時までの降水量である.







**図4** 静岡県が公開した土石流の原因と推定される崩壊地(35度7分18.82秒, 東経139度4分18.96秒, 標高は約390 m)のドローンで撮影した写真. 源頭部の盛土うちの**約55,500m**<sup>3</sup>が崩落.

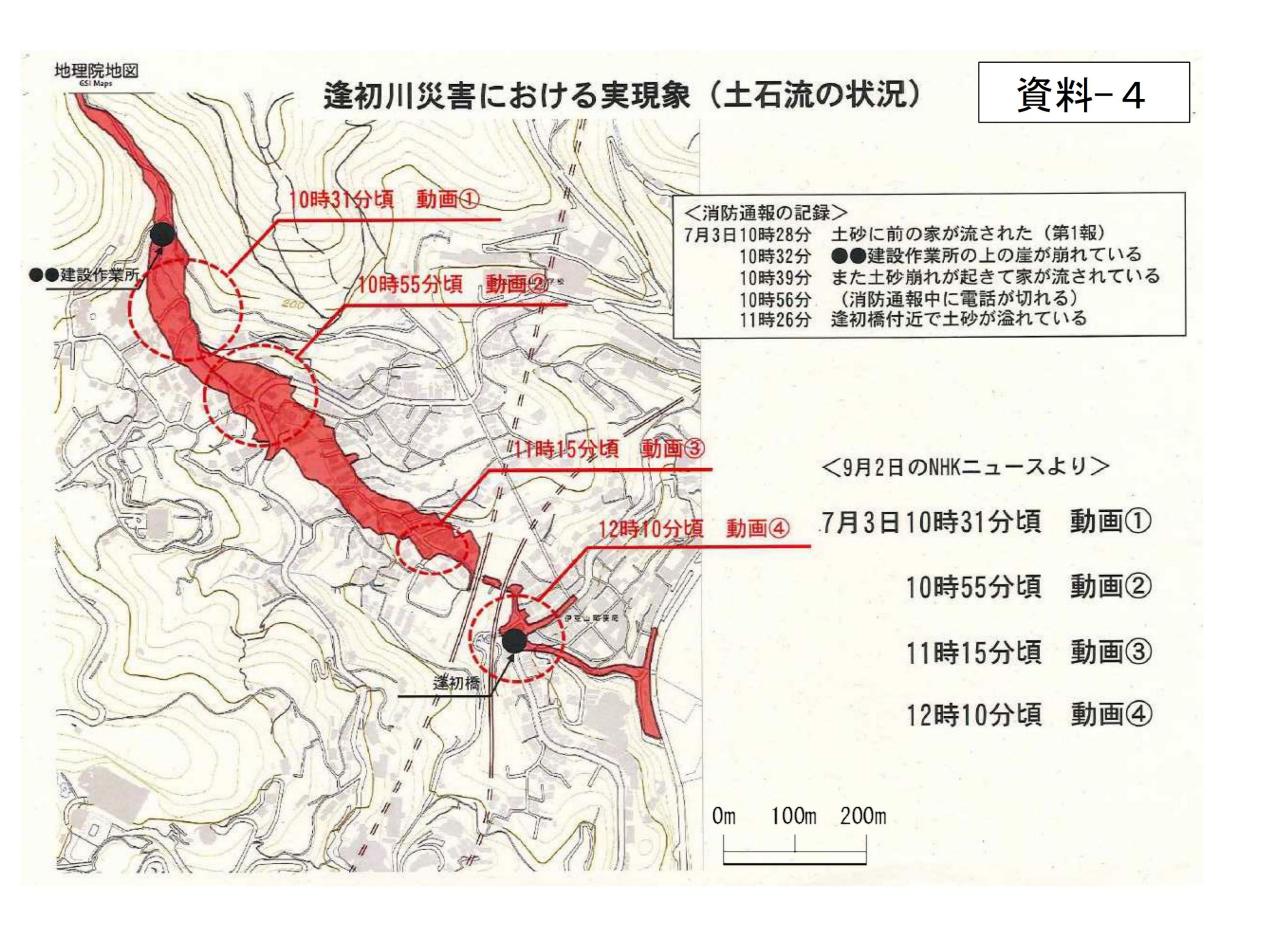
### 3 時系列表

時刻	状況	情報元	備考			
7/3 10:28	第 1 波	消防への第一報				
10:53	水道管破損	熱海市水道温泉課「水位データ」	•			
10:55	第2波	NHK 報道	22 分間で約 約 5 時間で約 130m³の水が 900m³流出と			
11:02	停電	東電停電履歴				
11:02 以降	ポンプ稼働	伊豆山ポンプ場自家発起動、ポンプ稼働				
11:15	第3波	NHK 報道				
15:46	ポンプ停止	熱海市水道温泉課「伊豆山ポンプ停止」	午後、漏水の映像撮影			
15:46 以降	漏水停止	管内の水が流出し終わって漏水停止				
17:45	漏水停止	ドローン映像	破断管からの流出は見られない			

### NHKニュースの動画(9月2日)・通報等から推測できること

資料-4

700 (1)	.ル.vp
7月3日(土)	状況
朝	赤茶色の泥水と木くずがいっぱい混ざっていたものが流れてきた(証言)
10時20分頃	土石流第1波の発生の可能性
10時28分	土砂に前の家が流された(通報)
10時31分	住宅地最上流部 大量の土砂や木が流れている。 土砂は粘性度が高く、流下速度も遅い。緑の木よりも枯れた木が多く含まれている。土石流は映像の最後で流下速度が大きく低下(停止)している。
10時55分	住宅地最上流部より200mほど下流:赤い家付近 水分量の多い泥流が早い速度で一気に流れ落ち、家屋等を吹き飛ばしている。 (注:10時31分に上流部で見られた粘性度の高い土石流は到達していないよう に見える。第1波を乗り越えて、水分量が多く、速度が速い泥流の第2波が流れ てきた可能性がある。)
11時15分	新幹線高架橋の少し上流の道路部 粘性度の高い土石流が到達しているが止まっており、付近の家屋は破壊されていない。その埋積土の上に、水分量の多い大規模の泥水が流れてきて、住宅などを一気に押し流している。
12時10分	(NHK動画) 粘性度の高い泥流がすでに到達している。その上に、比較的水分量の多い泥土 が流れてきて、家がなぎ倒されている。
総括	土石流は10波程度はあった(証言) 第1波から下流部到達まで、約2時間程度にわたり、土石流が押し寄せた。



### 原因解明のための逆解析:観測された実現象を高い精度で 再現できることが解明精度となる

再現する実現象:観測された雨量等の条件の下、実現象である地形変化、土石流の第1 波、第2波、第3波等の発生内容を精度良く再現する。

### 以下を再現することが必要

- ① なぜ、今回の降雨条件のときに、この地形変化と数波の土石流が発生したのか。
- ② なぜ、過去の降雨条件では、盛土は崩壊しなかったのか。

とりわけ、①については、初期の逆解析では説明できていない以下についての解明が必要

- イ. 第1波は粘性が高く、枯れ木を多く含み、速度の遅い泥流。どこで発生したものか。
- ロ. 第2波は泥水に近い泥流であるが、どこにそのような水が蓄えられていたのか。 また、第2波では源頭部左岸上部まで崩壊が達している。
- ハ. なぜ盛土のほぼ全体が崩落し、下流まで流出・流入したのか。
- 二. <u>第1波から第3波(逢初橋付近では12時10分頃)までに2時間程度の遅れがあったの</u>はなぜか。(下部から先に崩壊し、それにつられた上が落ちたのであれば、これほどの時間遅れはないのではないか。)
- ホ. 土石流の発生の起因はなにか。(どこが最初に崩落したのか。)

第1回逢初川土石流の発生原因調査検証委員会 資料3

2022年9月17日(土)

### あなたの静岡新聞

a静岡新着 知っとこ 追っかけ 全国新着

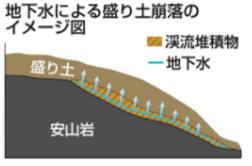
> 熱海土石流 大量地下水で盛り土軟化が原因 静岡県検証委結論、近 く最終報告書

2022 9 9



社会部 武田愛一郎

熱海市伊豆山の土石流で、盛り土崩落の発生原因を調べる静岡県の検証委員会は 8日、最終会合を開き、崩落のメカニズムについて、締め固めが不十分な盛り十内 部に大量の地下水が流入し、軟化して大災害につながったと結論付けた。県は近く 最終報告書としてまとめる。県の難波喬司理事は、適切な工法で盛り土を造成して いれば崩落が防げたかどうか県が検証する必要があるとの認識を示した。



地下水による盛り土崩落のイメージ図

検証結果によると、逢初(あいぞめ)川源頭部には、地山の上に水を通しやすい 「渓流堆積物」がある。ここに周辺流域を含めて地下浸透した水が集まり、堆積物 の上に積まれた盛り土に浸透した。水圧で土がどろどろになる「吸水軟化現象」が 発生し、盛り土全体の重さに耐えられなくなって崩落したとした。

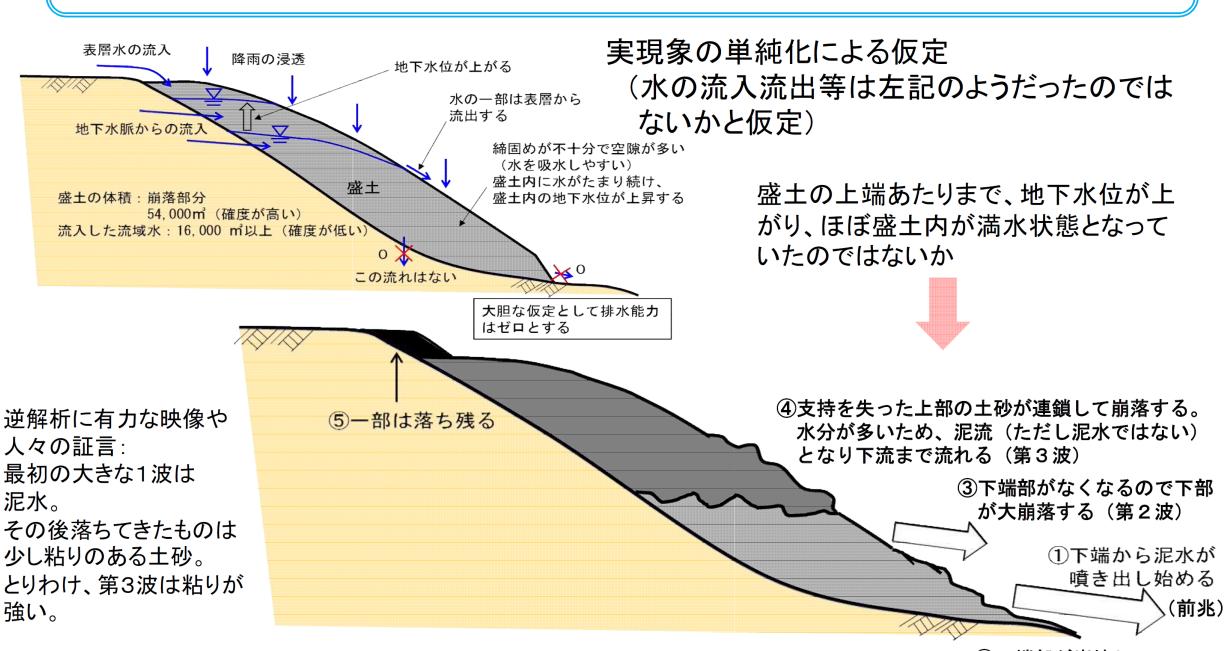
最終会合後の記者会見で、検証委委員の小高猛司名城大教授(地盤工学)は「大 規模崩落が起きた理由は説明できたと考える」と評価した。

ただ、県は当初、土石流が何度も時間差で発生したことや、土石流の波によって 泥の性状が異なった要因を解明する必要性を示していたが、明らかになっていな い。難波理事は「源頭部で起きたことを推定するために必要と考えたが、その目的 は達成できた」と説明した。

遺族らは、盛り土の危険性を認識していながら適切な対応を取らなかったとし て、県と熱海市を相手取り損害賠償請求を起こした。難波理事は、盛り土の施工の 在り方と崩落の関連性について「県は被告だが、適切な工法であれば災害は回避可 能だったかどうか、検証する必要がある」と述べた。

# 使用する用語について

初期の逆解析:実現象の大胆な仮定と単純化による発生メカニズムの逆解析による推定



②下端部が崩壊し、 大量の水を含んだ泥流が 下部へ流れる(第1波)

第1回逢初川土石流の発生原因調査検証委員会 資料3



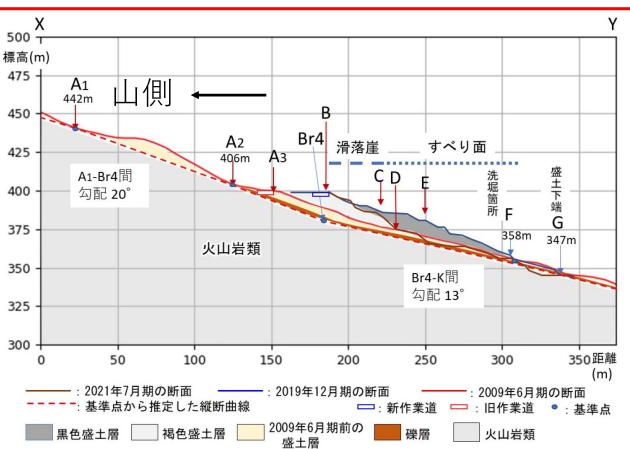
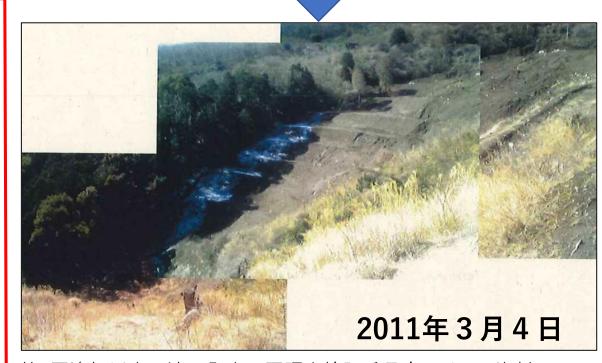


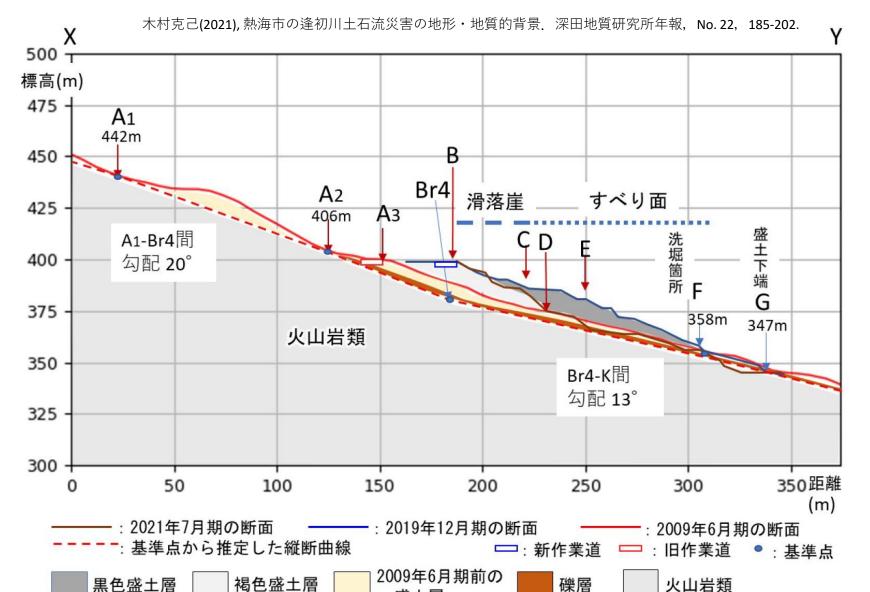
図10 逢初川崩壊箇所付近の縦断面図(縦横比1:1)断面図位置は図9のX-Y線. 2009年6月期の断面は国土地理院の5mDEMから作成. 2019年12月期・2021年7月期の両断面は静岡県(2021a)の資料8-5に基づく. 木村(2021)





第1回逢初川土石流の発生原因調査検証委員会・その2(資料6~11) http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke350/sabouka/r3hasseigenninncyousakennsyouiinnkai.html

滑落崖の斜面は、ほぼ褐色盛土層と黒色盛土層との境界付近(木村, 2021)



$$\tau = c + (\sigma - u) \tan \phi$$

T: せん断抵抗応力

c: 粘着力

 $\sigma$ : 垂直応力

u: 間隙水圧

 $\phi$ : 内部摩擦角

盛土の内部構造は、2009年6月期前の盛土層、 褐色の土砂、黒色の土砂が重なるが、それらの 位置は低下する。同様の工法の場合には、黒色 土砂の内部にも**成層構造が形成されている**と 考えるのが自然である。

# 黒色の盛土の形成の様子 成層構造(層状構造)がつくられる

追加の盛り土 (重機道が消滅)



2010.8.31 報告書に添付 (A106)

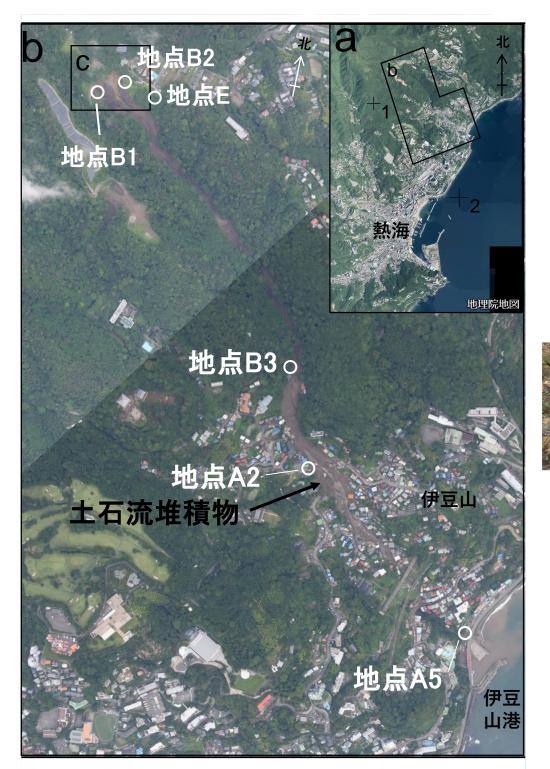
第4回逢初川土石流の発生原因調査検証委員会 第3章 35p. https://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/sabouka/documents/06\_3syou.pdf

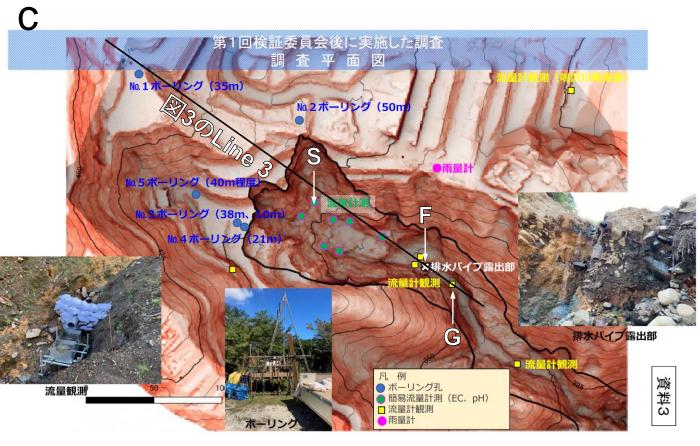
観察対象	採取場所の情報	現場 判定	ボーリン グコア試 料からの 検出	分析方法
海生貝類	沿岸堆積物 小田原市大磯丘陵の中村川下流域 の完新統下原層	0		肉眼観察
軟質泥岩礫	小田原市大磯丘陵南部の海成層 相模川沿いの海成層中津層群	0		微化石分析
チャート	関東山地の秩父帯の下流域	×	0	薄片観察と 化学分析
円磨した硬 質堆積岩礫	調査中	0	Δ	薄片観察



黒色の盛土の 採取場所は、 3か所以上あり (北村, 2022; 北 村ほか, 2022a, 印刷中). それ らの土砂の物 性は異なるの で、盛土はあ る程度不均質 である。

# 盛土の内部構造の理解は、<u>複数回の土石流</u>の発生原因の解明に必須の情報





### 地点 F: 盛土最下端の基底部の成層構造



亜円礫層は、有孔管か ら1m程の位置にあり、 排水用の吸水渠の埋戻 し材あるいはサンド マットの可能性がある. 不均質,成層構造





露頭調查. 静岡大学地球科学研究報告, 49号

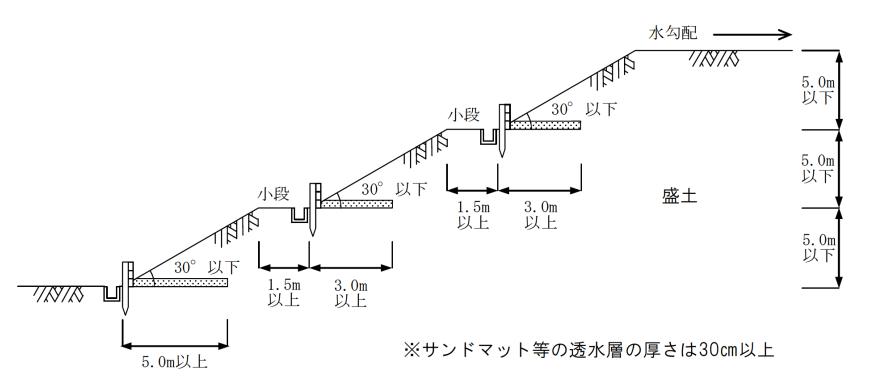


図 2-3 盛土法面への小段の設置

https://www.city.kawasa ki.jp/500/cmsfiles/conte nts/0000018/18269/h25 -taku\_sisin\_2.pdf

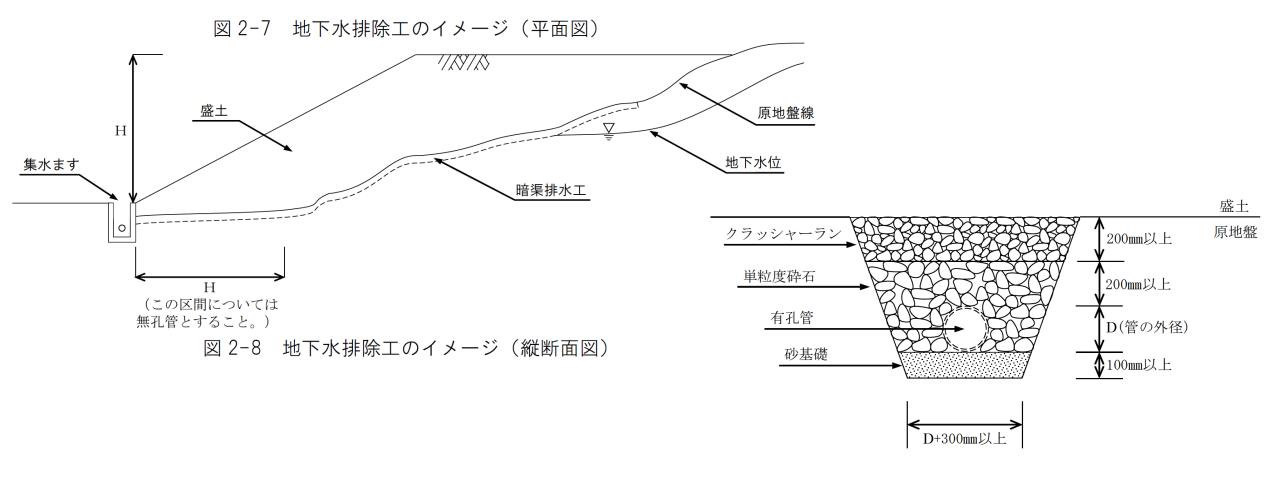
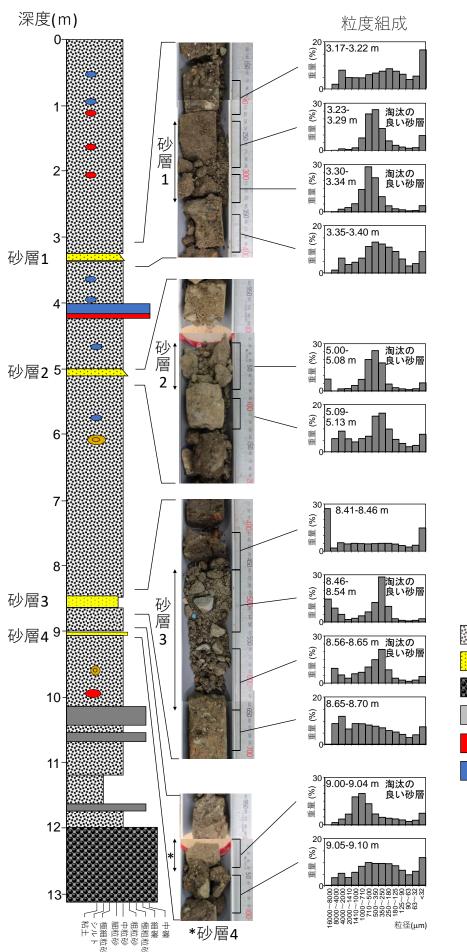
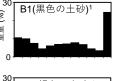


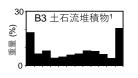
図 2-10 吸水渠構造例②



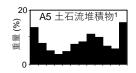


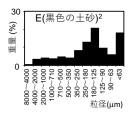












1 北村ほか(2022a) 2 北村ほか(2022d)



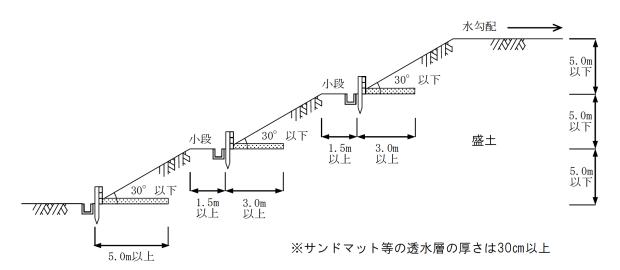


図 2-3 盛土法面への小段の設置

#### 不淘汰な含礫泥質砂層

#### ∷∷∷淘汰の良い砂層

#### 基盤岩

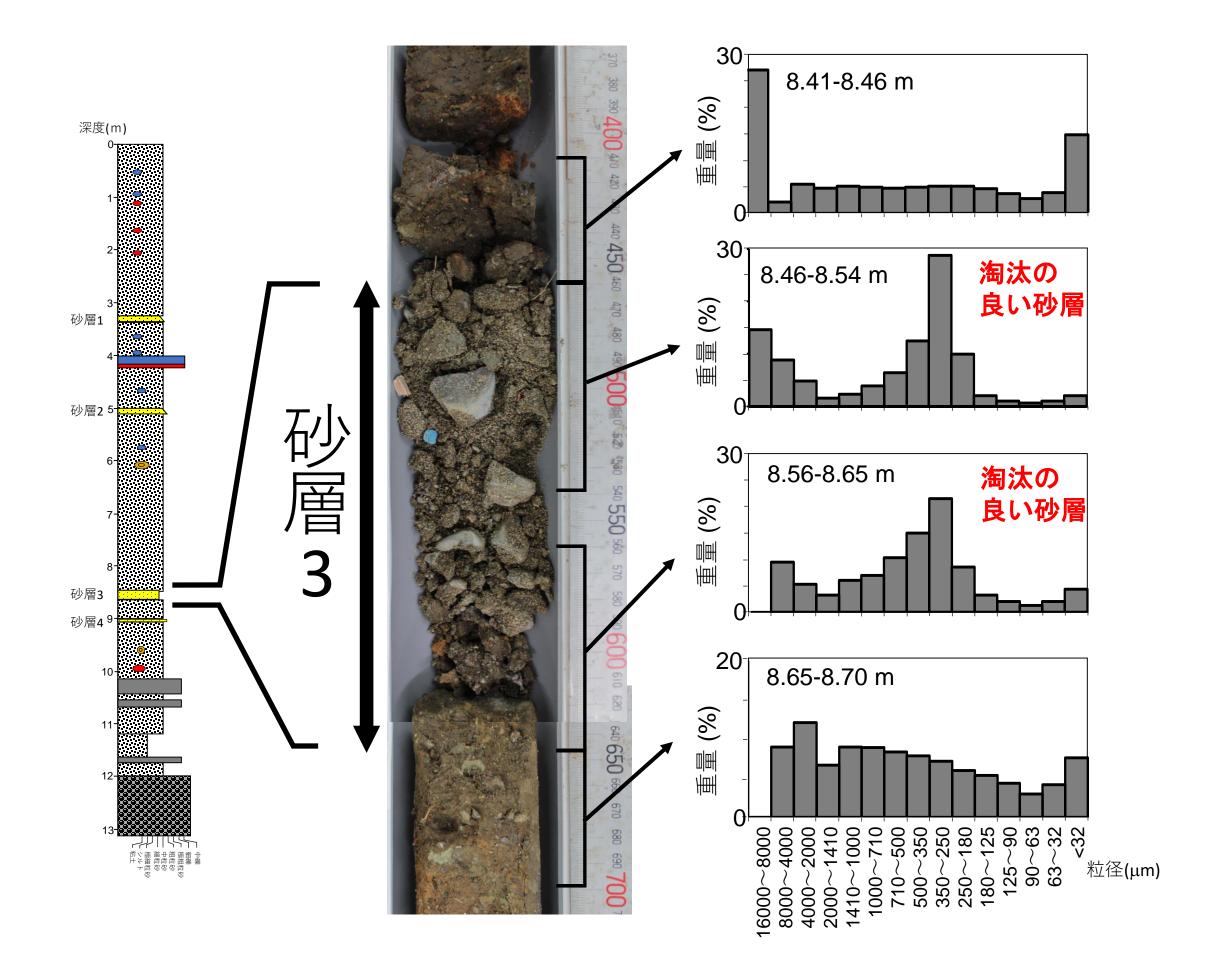
── ボーリングコア径 を超える大きさの火山岩礫

ボーリングコア住 を超える大きさのコンクリート片

■■■ ボーリングコア径 を超える大きさの軟質泥岩礫

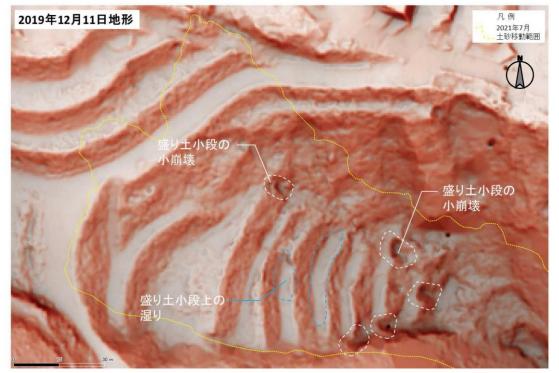
- コンクリート片
- 軟質泥岩礫
- 。 木質物
- ┐ 堆積物試料採取箇所

黒色の盛土の内部 には成層構造があり,均質ではない.

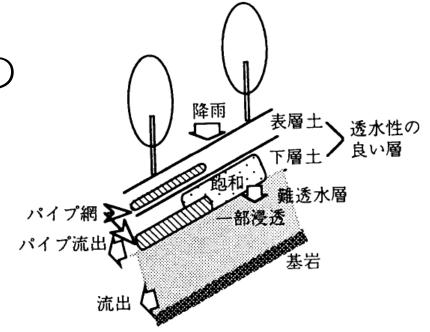


2019 年空中写真及び地形図には, 小段の小崩落が認められ,地下の 空洞(地下侵食)の存在を示唆.

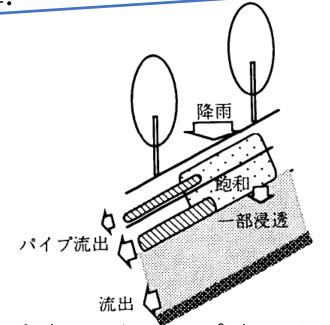




静岡県(2022)



パイプのある下層土が飽和に達すること によりパイプ内に水が浸透し,パイプ流 が発生.



# 黒色の土砂からなる盛土の不均質性・ 成層構造が繰り返し崩落の原因

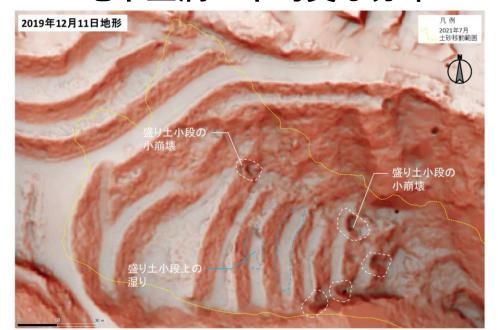
直接的証拠

①未崩落の盛土内の「淘汰の良い砂層」

②盛土最下端の基底部の成層構造の 「含礫砂層と亜円礫層」



③不連続な小崩落 地下空洞の不均質な分布



### 間接的証拠

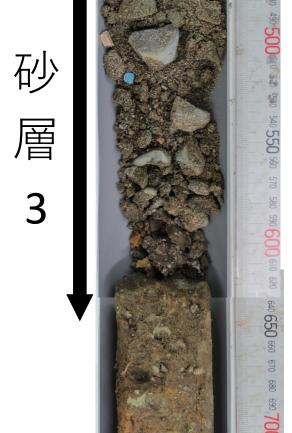
①4か所以上の盛土の採取 場所 場所毎に物性は異なる



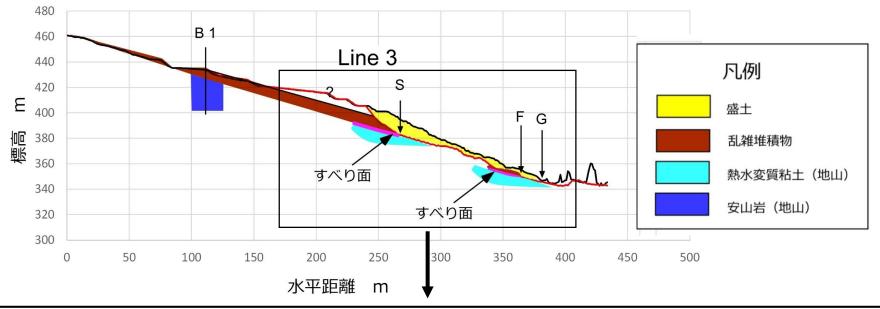
②盛土の形成過程 層状に積み重ねている

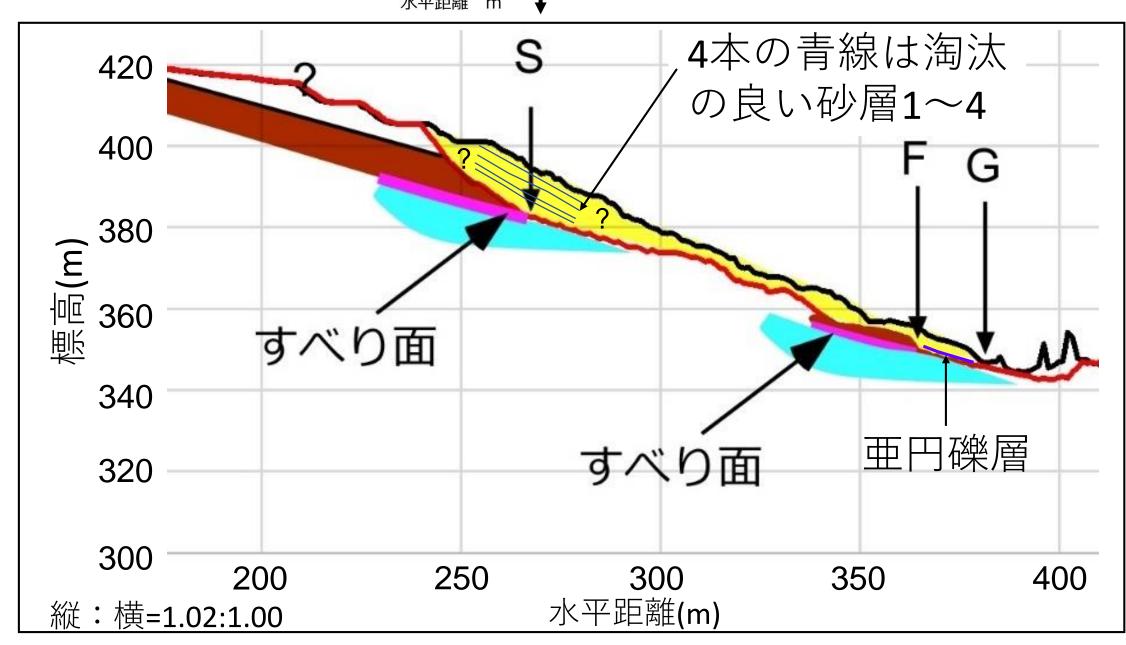


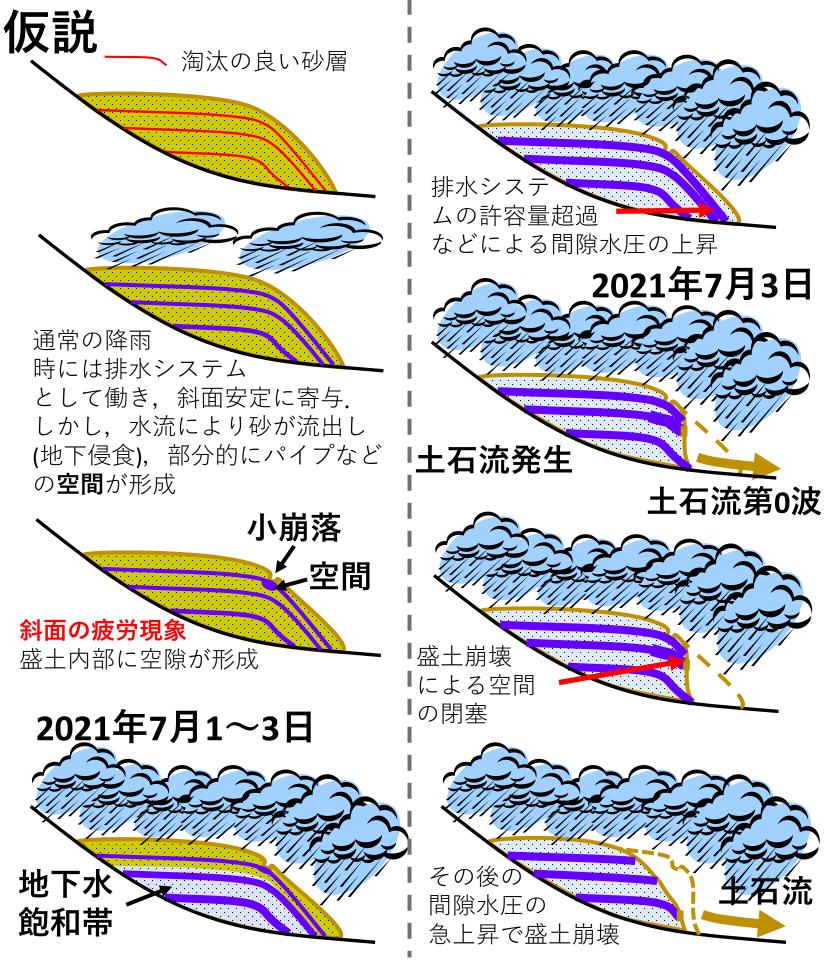
2010.8.31 報告書に添付 (A106)

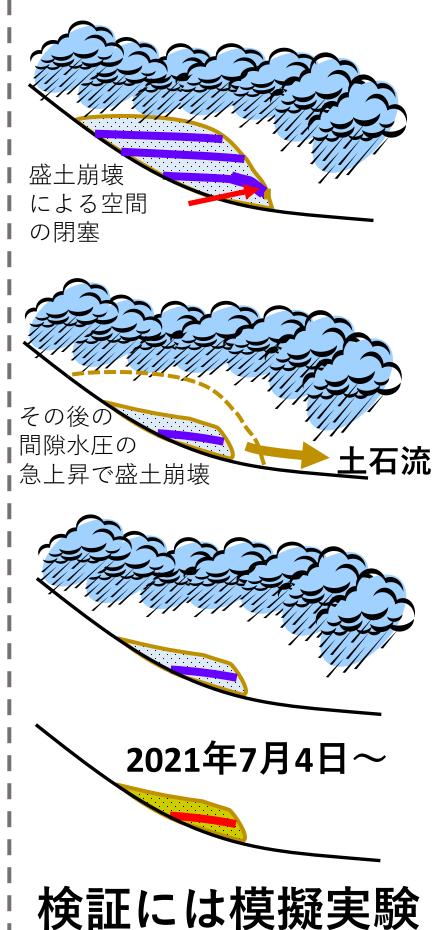


## 仮説



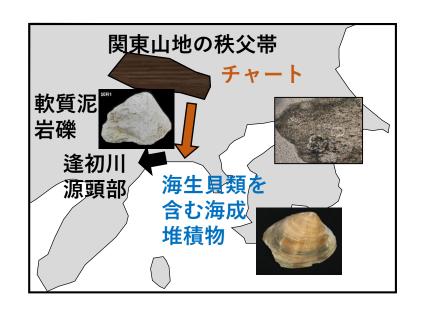






# 模擬実験

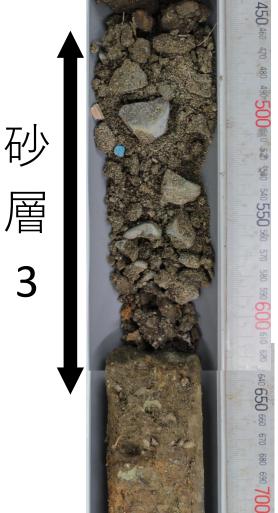
未崩落の盛土内の 「淘汰の良い砂層」 盛土の採取場所を特定し、 そこから土砂を採取

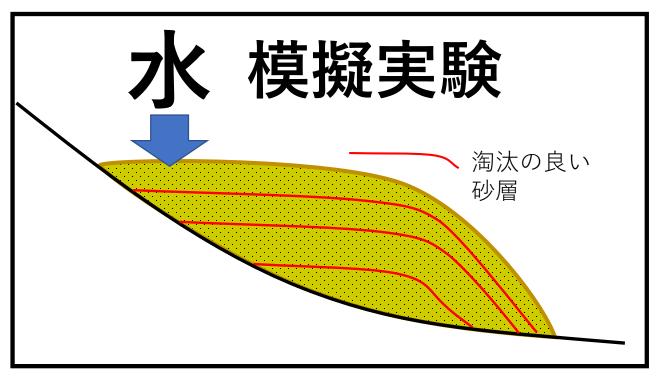


静岡県回逢初川土石流の発生原因調査検証 委員会では2022年9月8日の最終会合で、

「盛土直下の地質は周辺流域の地下水が集まる特徴を持ち、集まった地下水で盛土内の水圧が上昇し、**盛土崩落に至った**」とする見解を出した。一方、土石流が何度も時間差で発生(盛土が複数回崩壊)した原因は解明できなかったとしている。

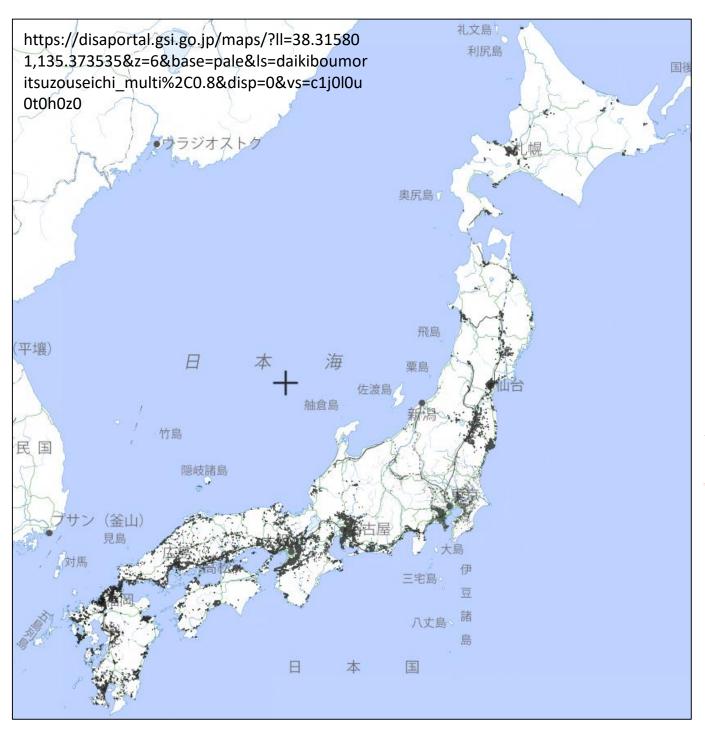
時間差の崩壊は、黒色の土砂からなる盛土の不均質性・ 成層構造に原因があると思われる. そこで、シミュレーションに先行して、模擬実験を行う.





盛土の内部構造を 部間する。 部間ではいる。 部間ではいる。 がある。 がある。

# 大規模盛土造成地の分布



熱海土石流災害を踏まえた全国調査で、要点検の盛土は36,000箇所以上あり、それらの**災害危険性の評価方法**に、測量、ボーリング、監視等の調査があるが、具体的な評価指標はない。

一方,今年5月27日に公布された「盛土規制法」の第四条には「(略),宅地造成,特定盛土等又は土石の堆積に伴う崖崩れ又は土砂の流出のおそれがある土地に関する地形,地質の状況その他主務省令で定める事項に関する調査を行うものとする。」とある.だが,「盛土の災害危険性の評価」と同様に,地形・地質の状況の評価基準はない.

伊豆周辺では, 2021年7月1日から大雨となっていたが, *土砂災害は熱海土石流だけである*. これは, **災害危険性としては, 逢初川源頭部の盛土が最大**であったことを示す.

よって、その崩壊の原因究明で得られる知見は、盛土の災害危険性の評価と法律の実効性を確保するための評価基準の策定に、重要な貢献を果たす.