



静岡県熱海市逢初川の砂防堰堤の埋積土の 放射性セシウム濃度と粒子組成の層位変化 —2021年7月3日の土石流堆積物の識別—

題名:静岡県熱海市逢初川の砂防堰堤の埋積土の放射性セシウム濃度と粒子組成の層位変化 —2021年7月3日の土石流堆積物の識別—

誌名: 静岡大学地球科学研究報告, 49号.

著者: 北村晃寿^{1,2}, 矢永誠人³, 岡寄颯太⁴, 片桐 悟⁴, 中西利典⁵,
森 英樹⁶

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: 静岡大学理学部放射科学教育研究推進センター, 4: 静岡大学大学院総合科学技術研究科,
5: ふじのくに地球環境史ミュージアム, 6: 静岡大学技術部教育支援系教育研究第二部門

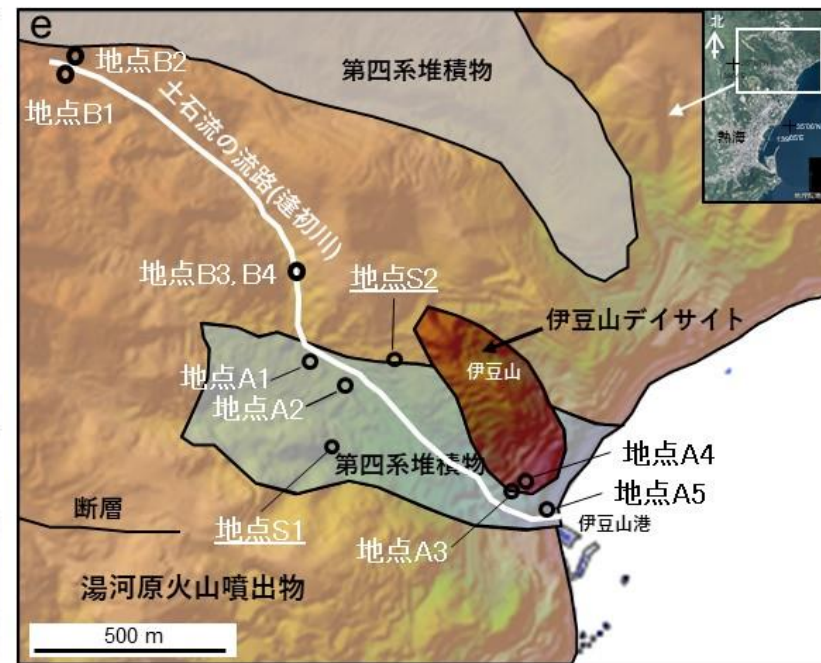
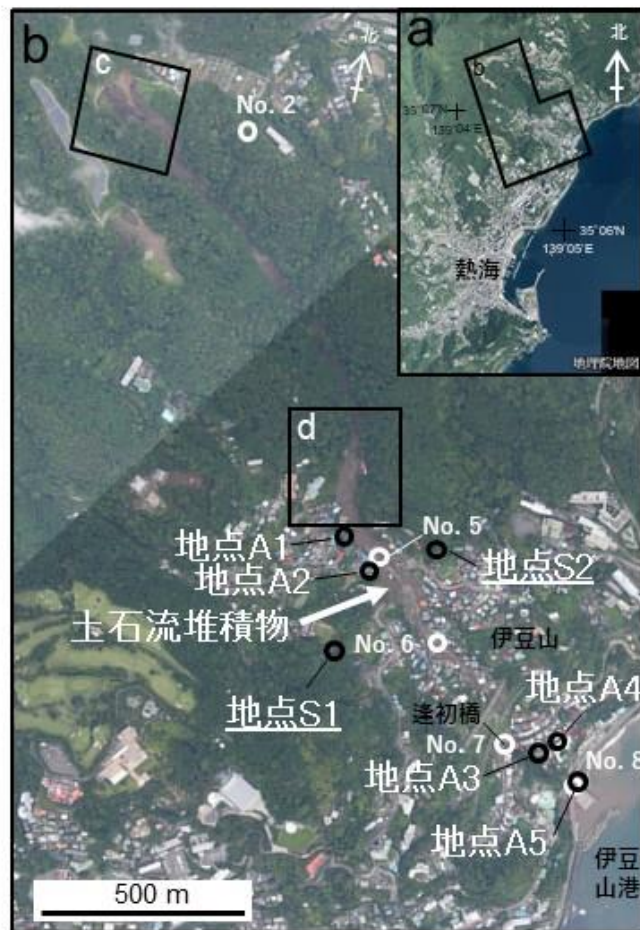
北村晃寿: 試料採取, 砂粒子の鉱物種・岩石種の同定, 全体総括, 論文執筆を担当. 矢永誠人: 放射性セシウム濃度の測定, 論文執筆を担当. 岡寄颯太・片桐 悟: 泥粒子のCNS分析を担当. 中西利典: 泥粒子のCNS分析を担当. 森 英樹: 薄片作成を担当.

重要な知見

静岡県が砂防堰堤の埋積土で掘削した1本のボーリングコア試料を分析した結果、次のことが分かった.

第0波の土石流堆積物の主体は盛り土の黒色の土砂で、砂防堰堤を埋積した.

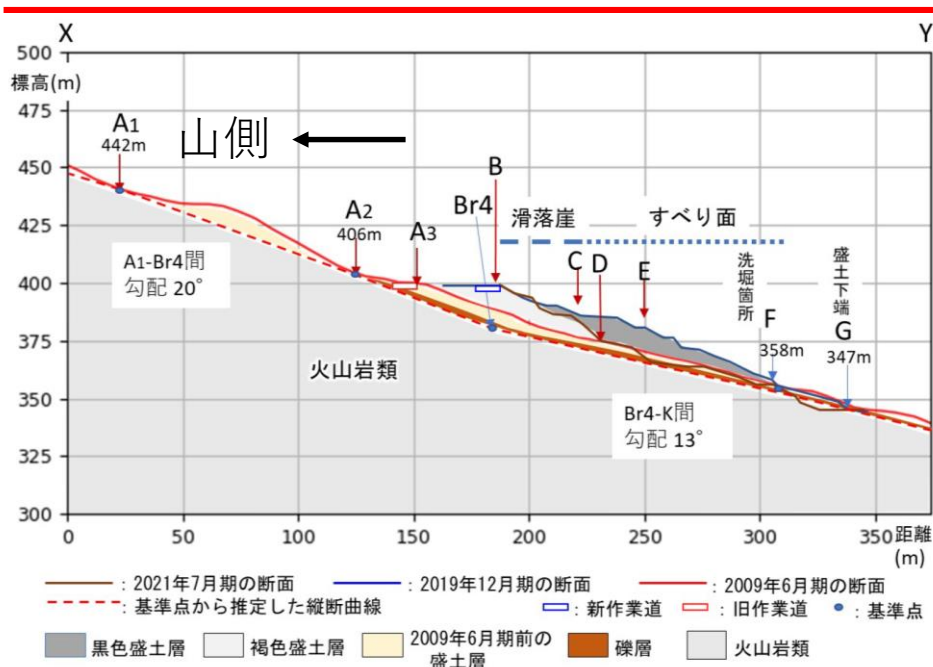
2021年7月3日午前10時30分頃，静岡県熱海市伊豆山地区の逢初(あいぞめ)川沿いで土石流が発生し，伊豆山港に至り相模湾へ流入した(下図)．その後の調査で，逢初川源頭部にあった**盛土**が大量に崩落していたことが判明した(静岡県，2021a)．国土地理院(2021)は，2009年～2019年に形成された盛土の体積量を約56,000 m³と見積もっており，そのうちの約55,500m³が崩落したと静岡県(2021a)は報告している．



熱海周辺には，海生生物の化石を含む地層は分布していない．

静岡県(2021b) は、盛土には、**褐色の土砂**と**黒色の土砂**があり、褐色の土砂は現地周辺のものに類似するが、黒色の土砂は、他所から搬入された土砂と推測し、土石流堆積物と盛土のカルシウム含有率から、土石流となって流下した土砂の混合比率は、黒色の土砂が75～85%で、褐色の土砂が15～25%と推定





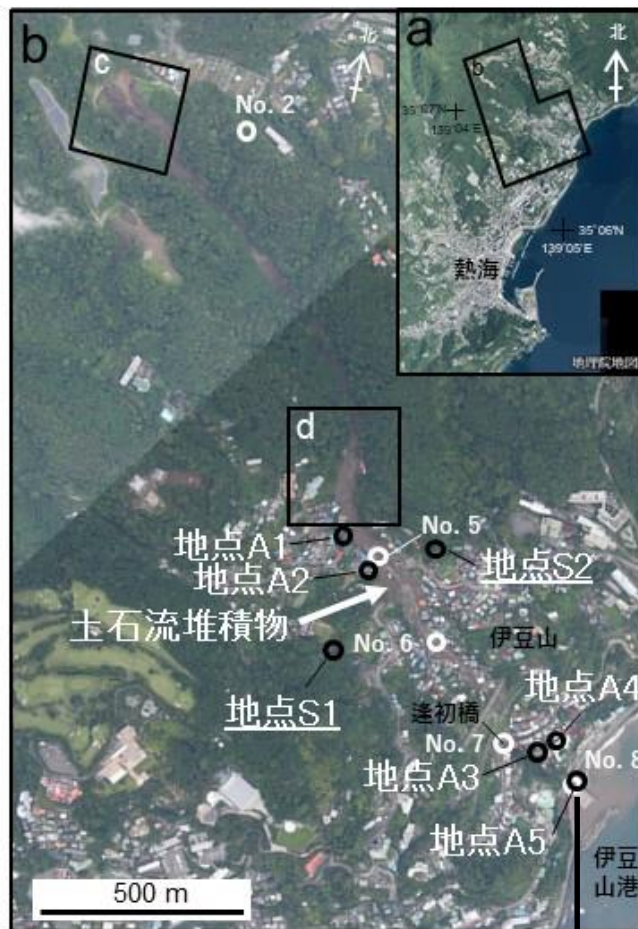
第1回逢初川土石流の発生原因調査検証委員会・その2(資料6~11)
<http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke350/sabouka/r3hasseigenninnncyouusakennsyouiinnkai.html>

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)

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)

盛土の黒色の土砂と土石流堆積物

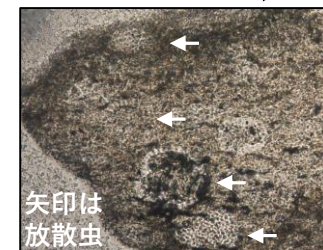
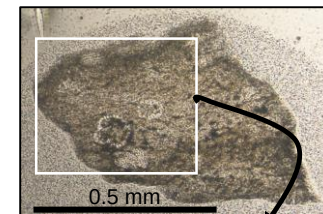
北村(2022), 北村ほか(印刷中)



盛土の黒色の土砂



西暦1,795年以降



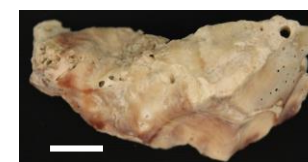
チャート

矢印は放散虫

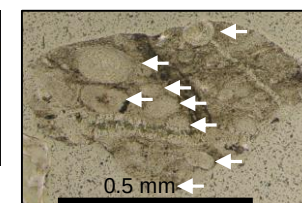
土石流堆積物

マガキ属

チャート



紀元前5,851-5,568年



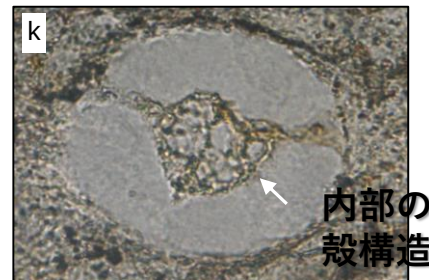
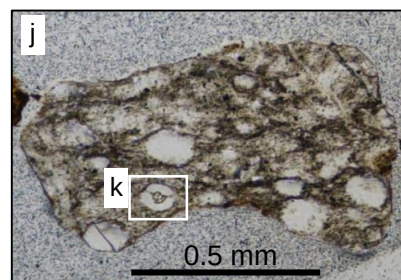
矢印は放散虫

サルボウガイ



西暦1,717年以降

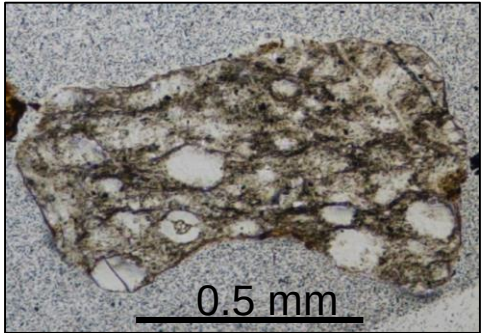
チャート 土石流堆積物



内部の殻構造

土石流堆積物の主体である**黒色の土砂**は海の堆積物を含む(北村, 2021).
海の堆積物は波や流れで、粒子が円磨しており、そのために空隙率が高く
(高含水率(36%; 北村・池田, 2021)を保持), 内部摩擦角が小さく, 安息角は
低角という, 斜面崩壊・流動化しやすい性状である. したがって, 黒色の
土砂の大量盛土が, 今回の土石流の発生原因の一つに挙げられる. また,
今後の未崩落部の盛土の対策には, **黒色の土砂の分布の調査が必要**

チャート岩片は**黒色の土砂**の有効なトレーサー物質となり, 黒色の土砂の採集地の特定の重要な鍵となる.



	貝殻	チャート
現場での判定	○	×
ボーリングコア 試料からの検出	△	○
分析手法	肉眼観察	薄片作成と 顕微鏡

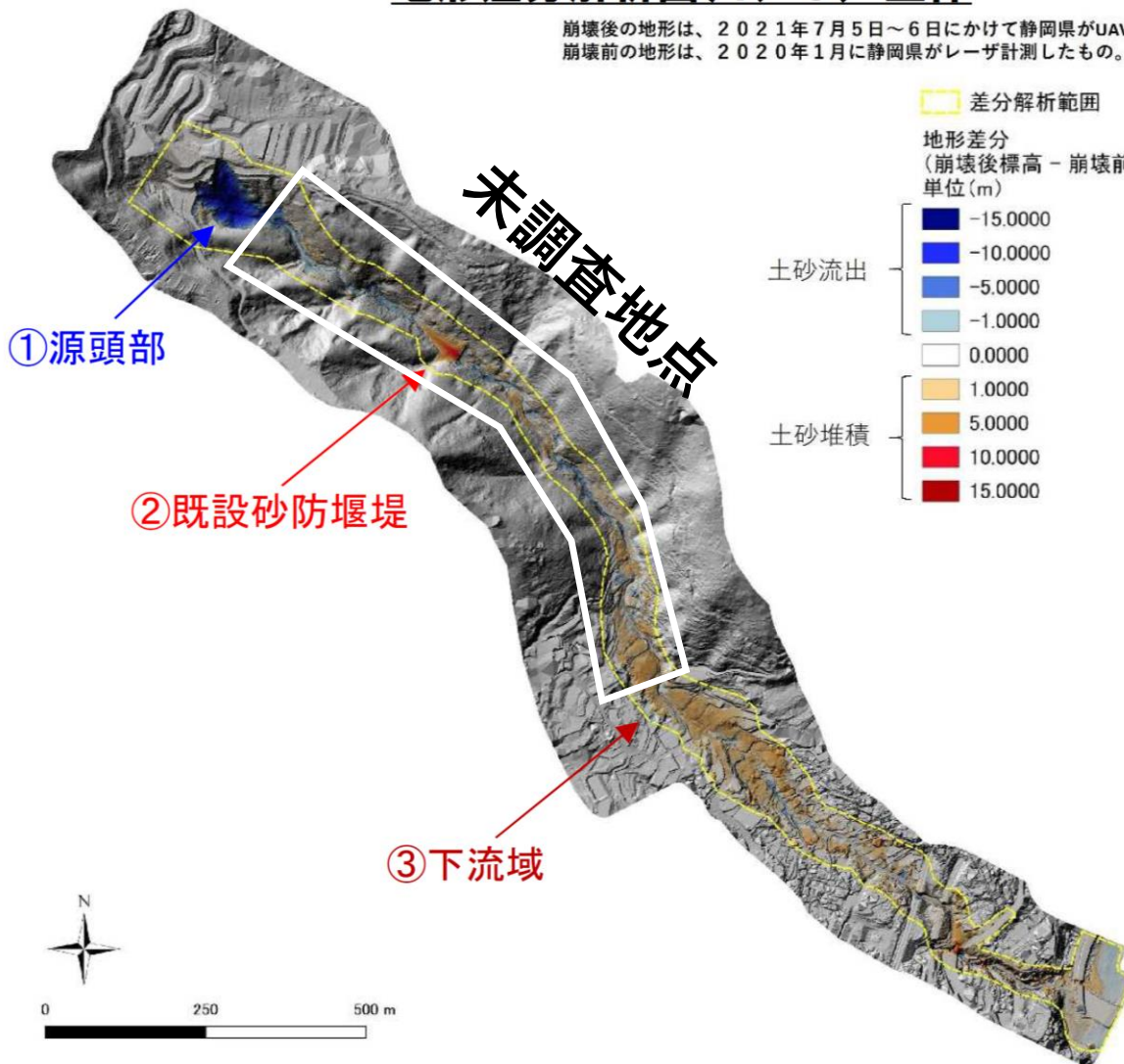
盛土の黒色の土砂の由来



2020年と2021年7月5～6日の計測の比較

地形差分解析図(1/5) 全体

崩壊後の地形は、2021年7月5日～6日にかけて静岡県がUAVレーザで計測した。
崩壊前の地形は、2020年1月に静岡県がレーザ計測したもの。



盛土の崩壊の原因
究明には、崩壊の
始まった物質の推
定が必須。

崩壊物質の推定
には、できる限り
“早期”の土石流
堆積物を調査する
必要がある。



解説アーカイブス これまでの解説記事

熱海土石流～被害を大きくしたものは

2021年07月07日 (水)

松本 浩司 解説委員



今月3日、静岡県熱海市で起きた土石流ではいまでも多くの人の安否がわからず、懸命の捜索が続けられています。その後の調査で、大きな被害をもたらした土石流には上流にあった「盛り土」が深く関わっていたことがわかってきました。

▼盛り土との関係についてわかってきたことを整理し、もうひとつ

▼避難指示が出なかった問題について考えます。



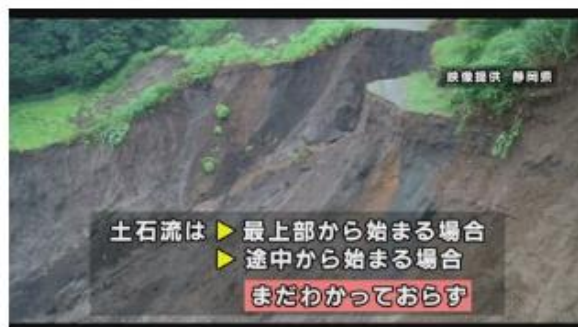
【盛り土と土石流の因果関係は】



盛り土はどう影響したのでしょうか。重要な点はふたつ、

▼土石流を引き起こすきっかけになったのか

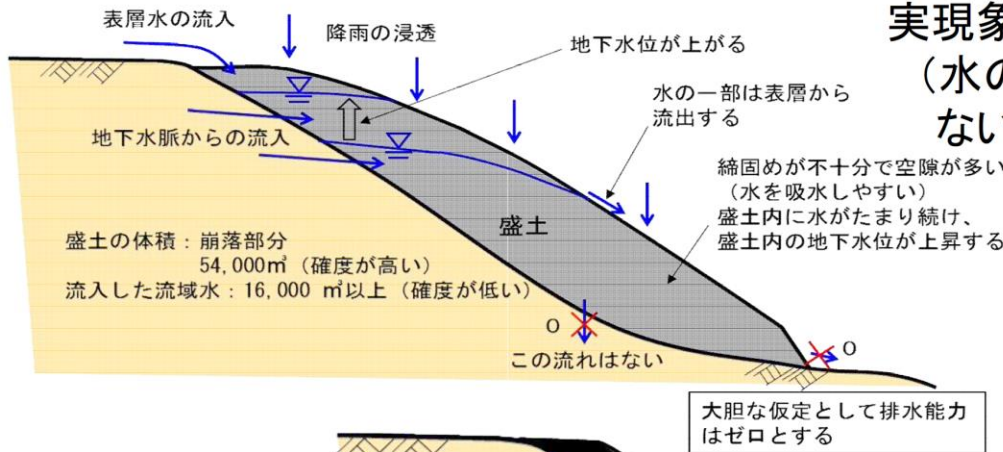
▼もうひとつは土石流を大きくしたのか、です。



土石流は崩壊した範囲の一番上から始まるとは限りません。途中から崩れ始め、上流側に広がるケースもあります。今回、どこから始まったのかわかっていませんが、専門家の中には盛り土部分が起点になった可能性が高いと指摘する人もいます。そうだとすれば「人災」の側面が強まります。静岡県は下流の砂防ダムに溜まった土の成分を分析することで起点を推定したいとしています。

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

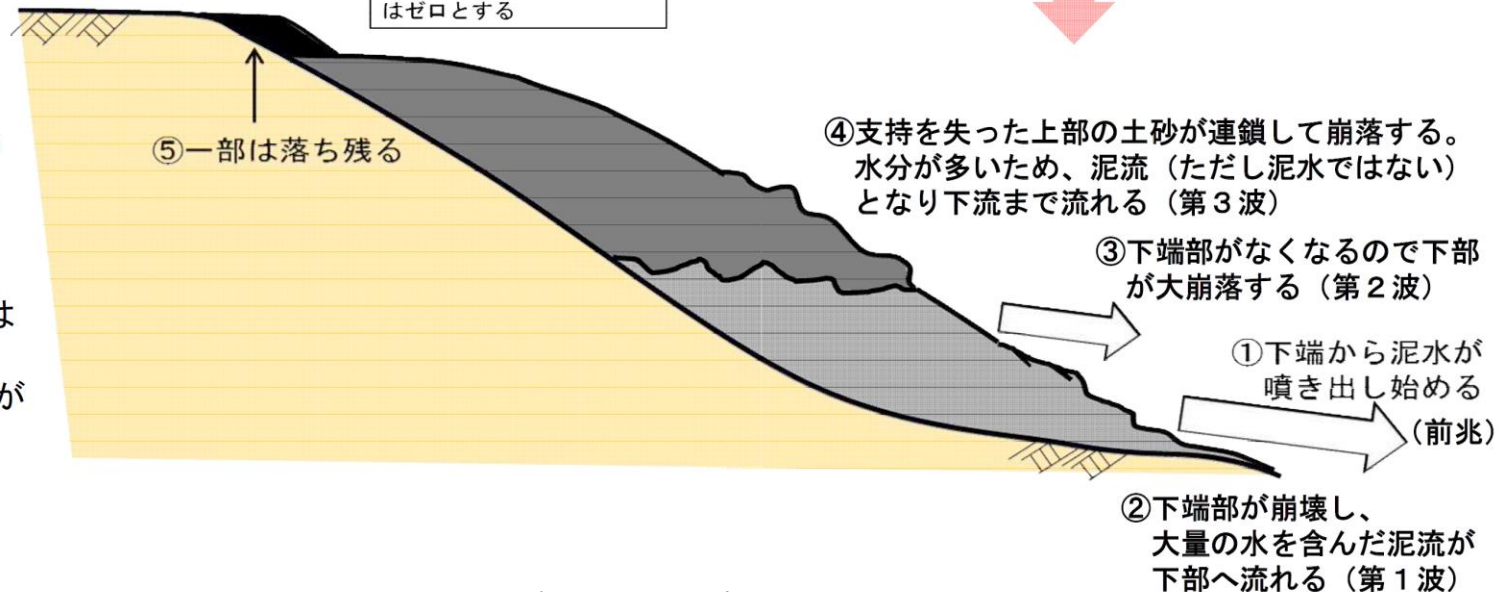


実現象の単純化による仮定

(水の流入流出等は左記のようだったのではないかと仮定)

盛土の上端あたりまで、地下水位が上がり、ほぼ盛土内が満水状態となっていたのではないかと仮定

逆解析に有力な映像や人々の証言:
最初の大きな1波は泥水。
その後落ちてきたものは少し粘りのある土砂。
とりわけ、第3波は粘りが強い。



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。
- ニ. 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。）

3 時系列表

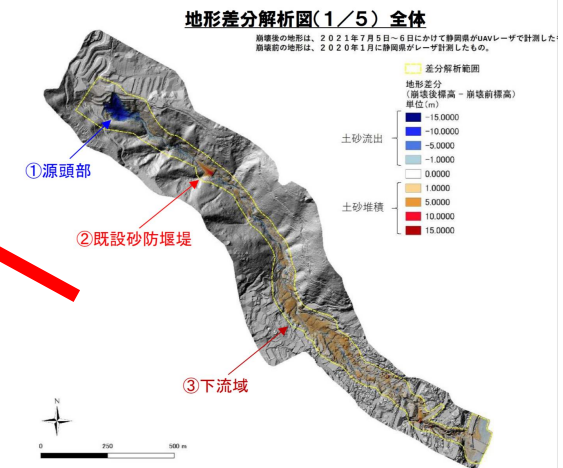
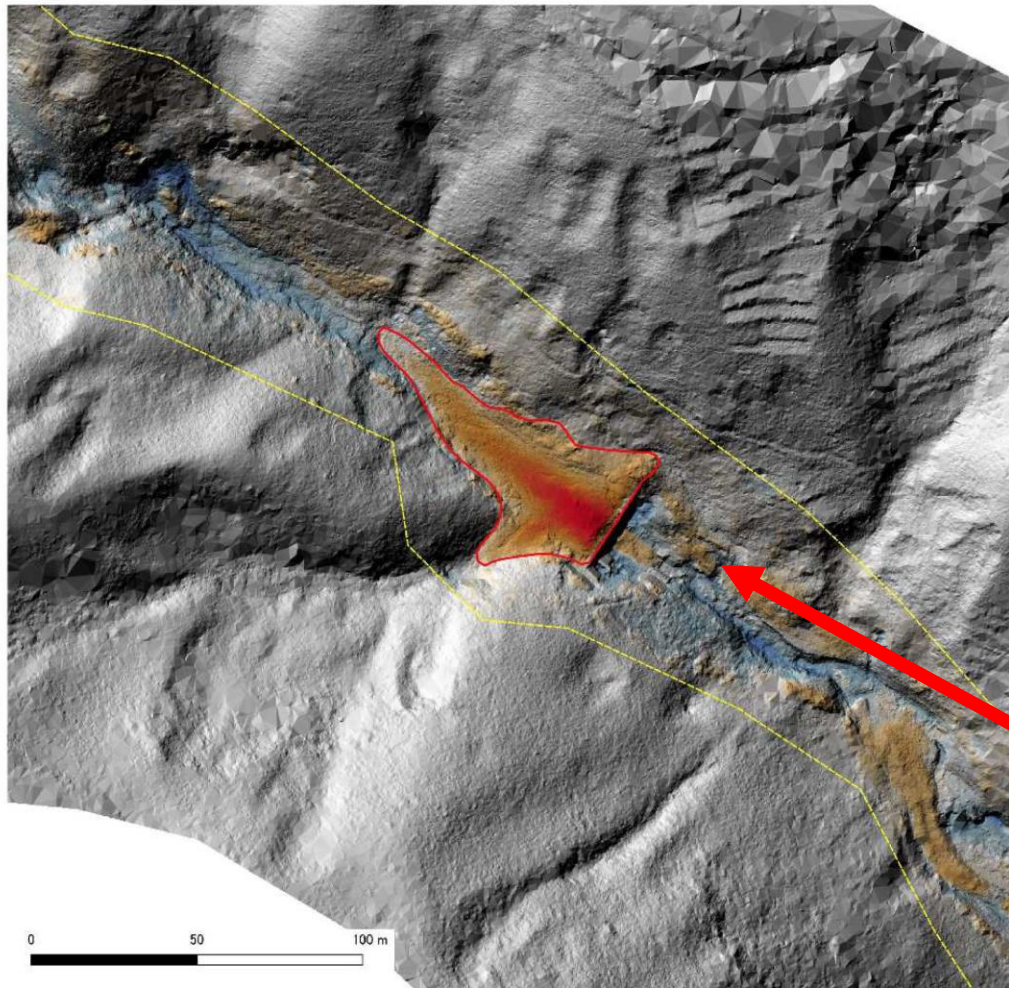
時刻	状況	情報元	備考
7/3 10:28	第1波	消防への第一報	
10:53	水道管破損	熱海市水道温泉課「水位データ」	
10:55	第2波	NHK 報道	
11:02	停電	東電停電履歴	
11:02以降	ポンプ稼働	伊豆山ポンプ場自家発起動、ポンプ稼働	
11:15	第3波	NHK 報道	
15:46	ポンプ停止	熱海市水道温泉課「伊豆山ポンプ停止」	午後、漏水の映像撮影
15:46以降	漏水停止		管内の水が流出し終わって漏水停止
17:45	漏水停止	ドローン映像	破断管からの流出は見られない

第1波 森林地帯を最初に通り抜けた土石流

2020年と2021年7月5～6日の計測の比較

地形差分析図(3/5) ②既設砂防堰堤

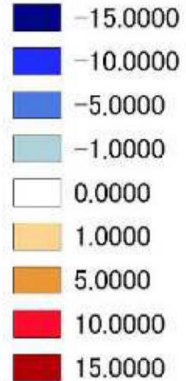
第0波 砂防堰堤の埋積 土は、森林地帯 を通り抜ける前 の土石流



竣工年度は1999年度で、堤高は10.0m、堤長は43.0mである

差分解析範囲

地形差分
(崩壊後標高 - 崩壊前標高)
単位(m)



土砂量算出範囲



本研究

ボーリング結果

第1回逢初川土石流の発生原因調査検証委員会 その3（資料12～17）

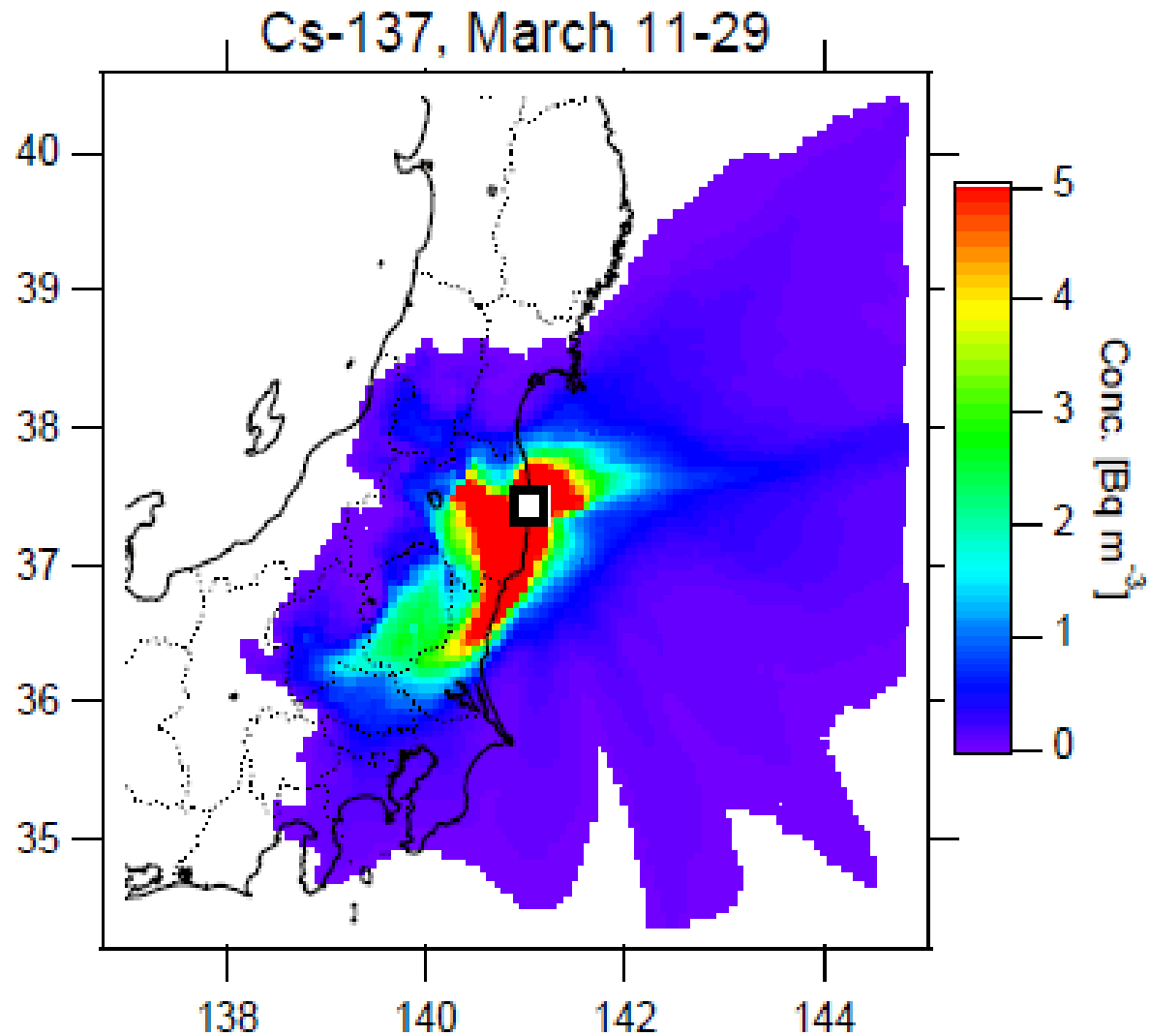
[http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-](http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/sabouka/r3hasseigenninncyouusakennsyouiinnkai.html)

[350/sabouka/r3hasseigenninncyouusakennsyouiinnkai.html](http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-350/sabouka/r3hasseigenninncyouusakennsyouiinnkai.html)

コア写真



- ・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

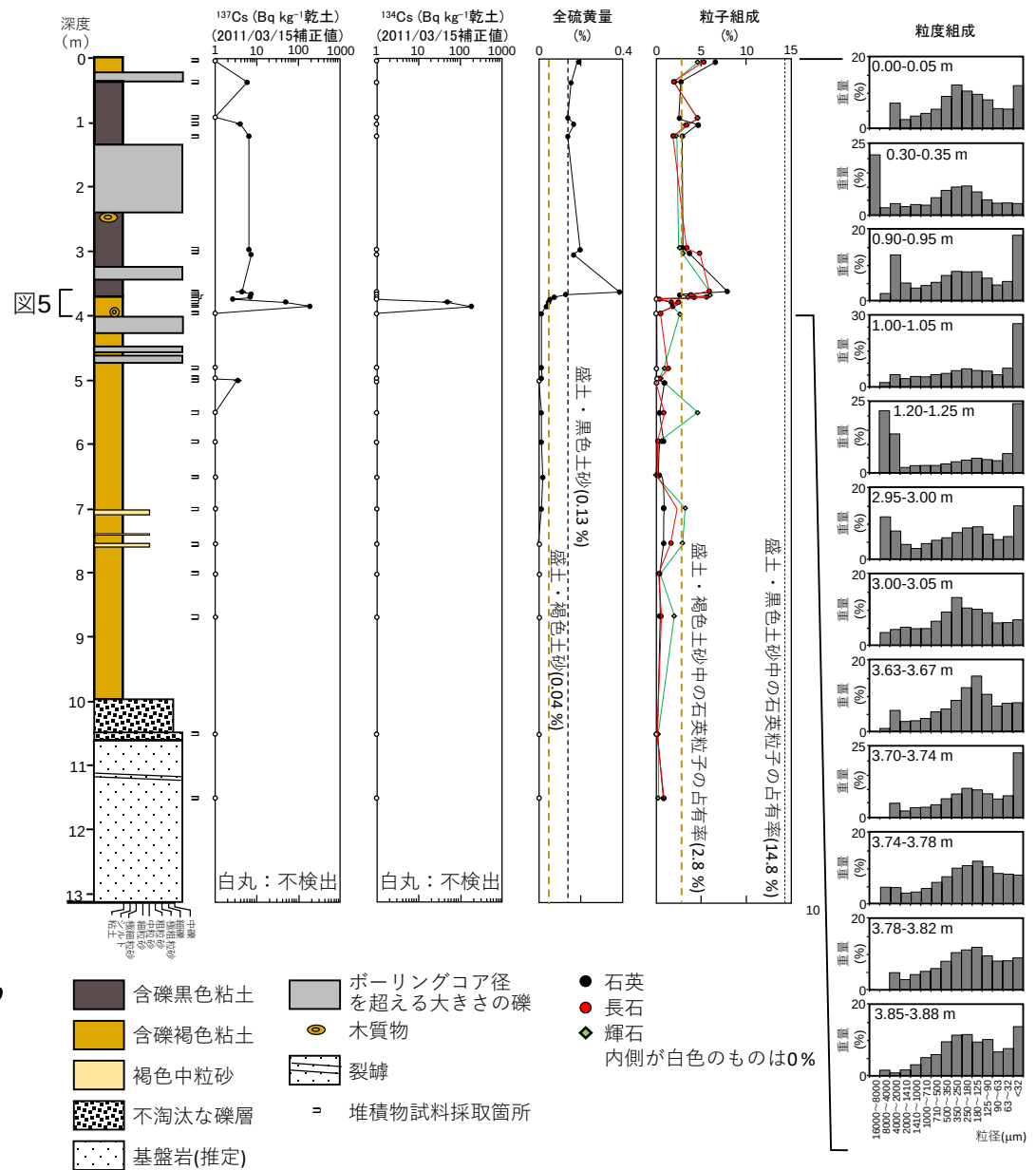


2011年3月11日から29日における、モデルで計算されたセシウム137の平均濃度
国立環境研究所 https://www.nies.go.jp/whatsnew/gh5r5k000007abla-img/zu_03b.gif

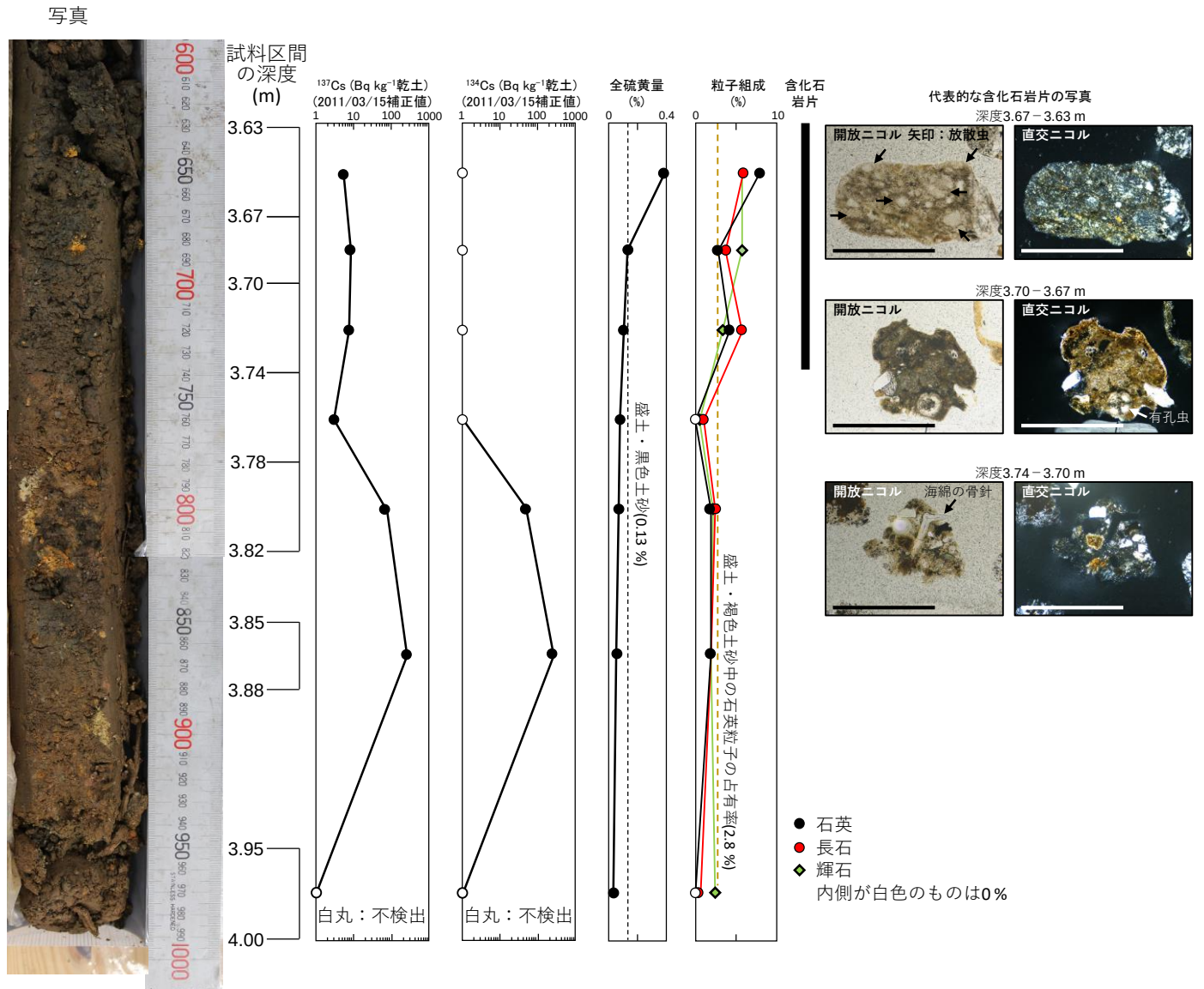
1. ボーリングコア試料のうち、表層(深度0m)から深度10.58mが堆積物である。

2. 堆積物は、下位から不淘汰な礫層(深度10.58–10.00m), 含礫褐色粘土層(深度10.00–3.74 m), 含礫黑色粘土層(深度3.74–0.20 m), 含礫褐色粘土層(0.20–0 m)の順に重なる(図6)。

3. 放射性セシウムの ^{134}Cs と ^{137}Cs の濃度のピークが深度3.88–3.85 mに位置することが分かり、2011年3月中下旬の地表面は深度3.95–3.85 mの範囲と推定された。これにより、2021年7月3日の土石流堆積物の基底面は**深度3.85 mより上位にあることになり、静岡県の推定と一致。**

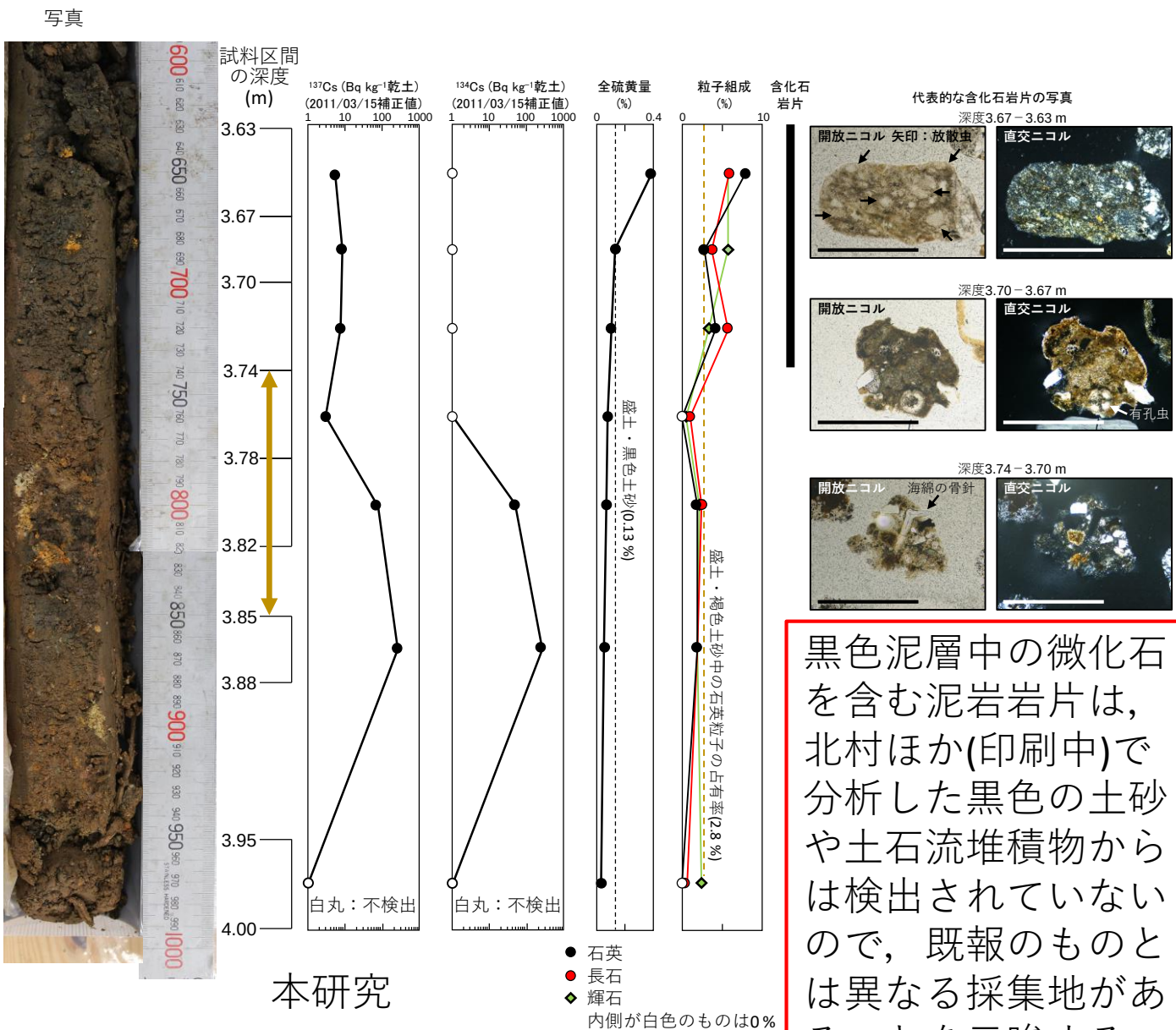


4. 深度3.74 m
 で含礫褐色粘土
 層から含礫黒色
 粘土層に変化し、
 黒色粘土層の最
 下部の深度3.74-
 3.70 mの試料
 から海綿骨針を
 含む泥岩岩片が
 検出された。
 よって、盛土の
 黒色の土砂に
 由来する粒子の
 堆積は深度3.74
 mから始まった
 と推定される。



5. 深度3.85-3.74 m

の褐色泥層が土石流堆積物か否かは決定できないので、砂防堰堤に最初に到達した土石流堆積物が盛土の褐色の土砂か黒色の土砂かは分らない。
だが、第0波の土石流堆積物の主要な供給源は黒色の土砂であることは確実で、黒色の土砂が、褐色の土砂よりも崩落しやすい性質を有していた可能性を支持する。



黒色泥層中の微化石を含む泥岩岩片は、北村ほか(印刷中)で分析した黒色の土砂や土石流堆積物からは検出されていないので、既報のものとは異なる採集地があることを示唆する。

復元図

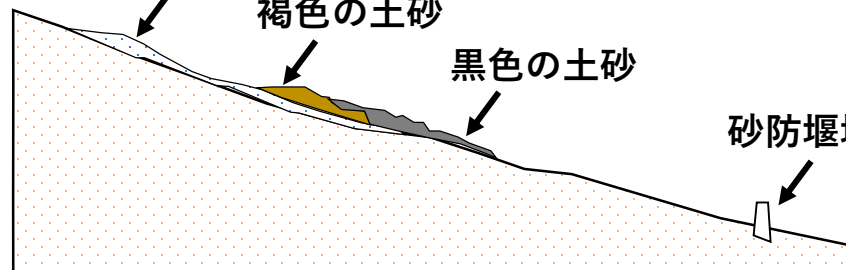
2009年6月期前
の盛土層

盛土の内部構造は木村(2021)に基づく

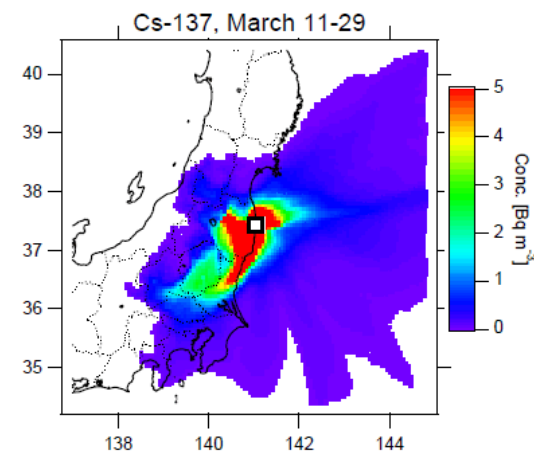
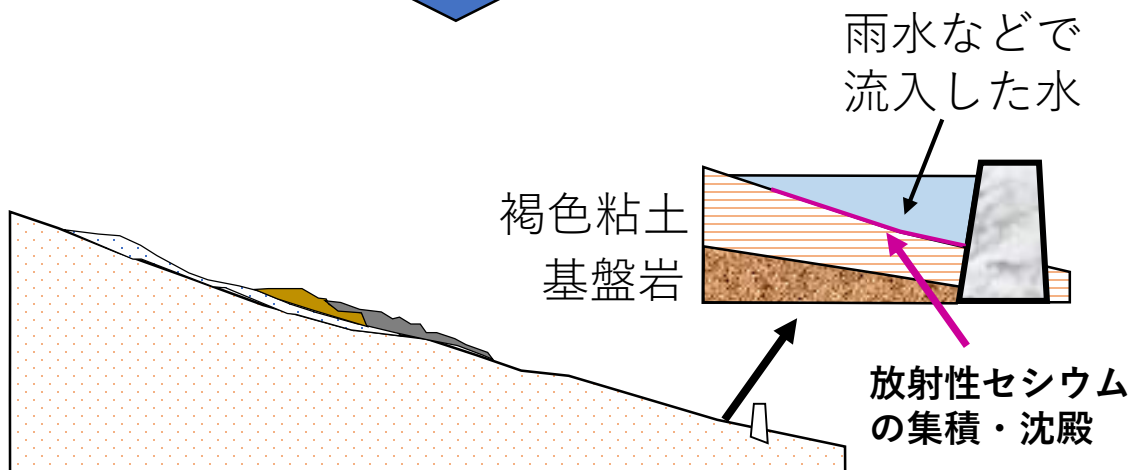
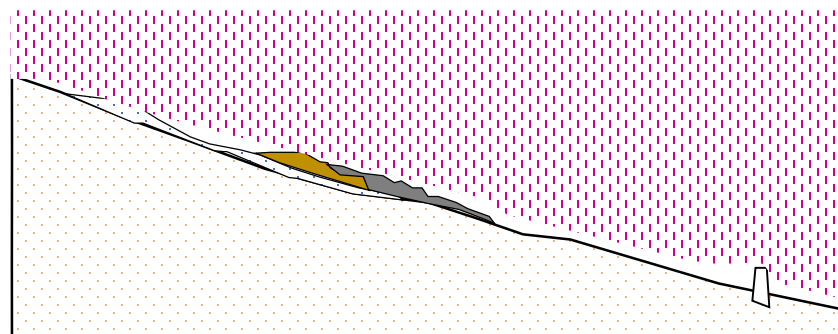
褐色の土砂

黒色の土砂

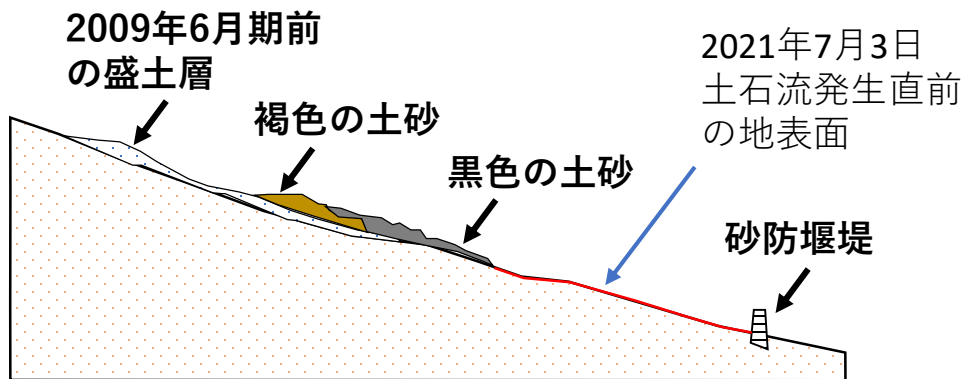
砂防堰堤



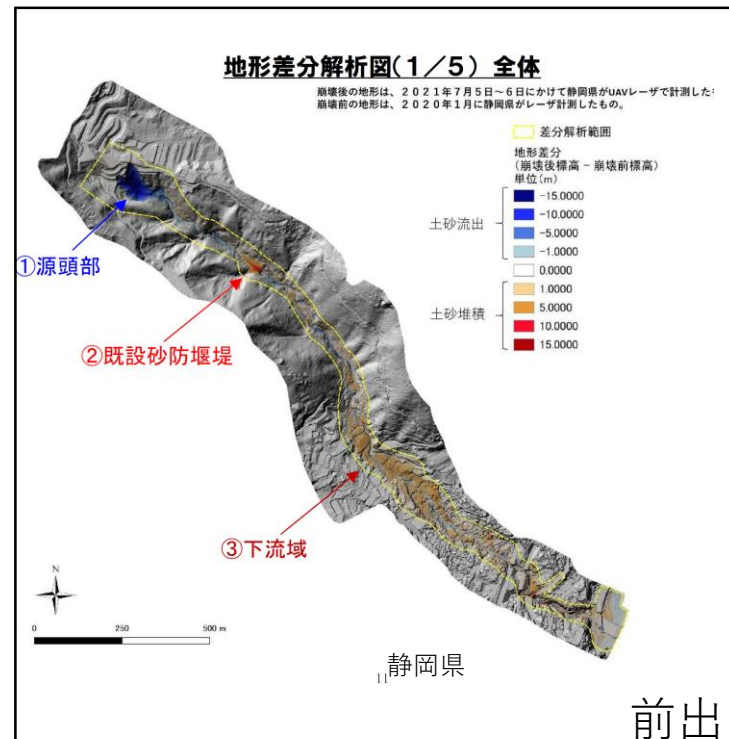
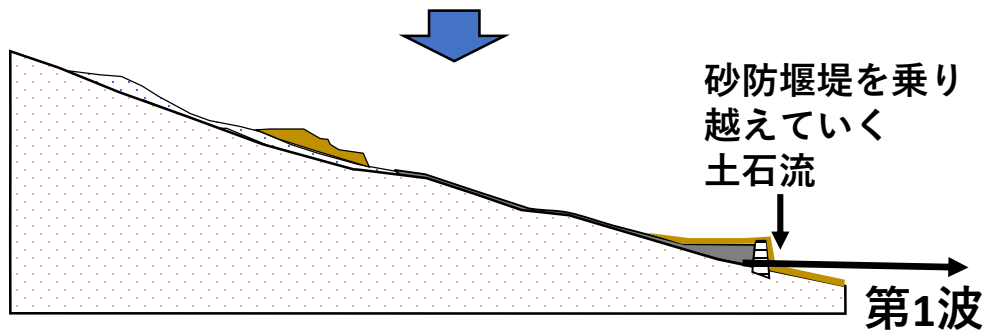
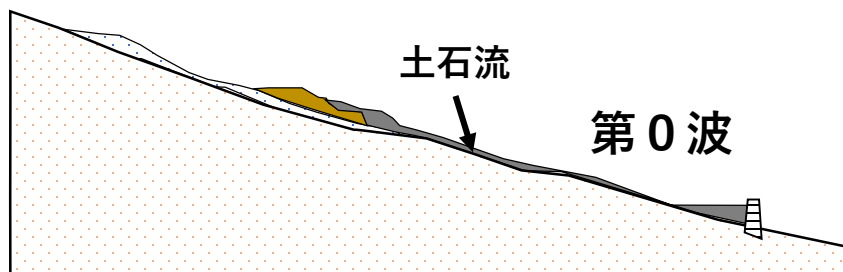
2011年3月中下旬 放射性セシウムの降下



平成23年3月11日から29日における
モデルで計算されたセシウム
137の平均濃度 国立環境研究所

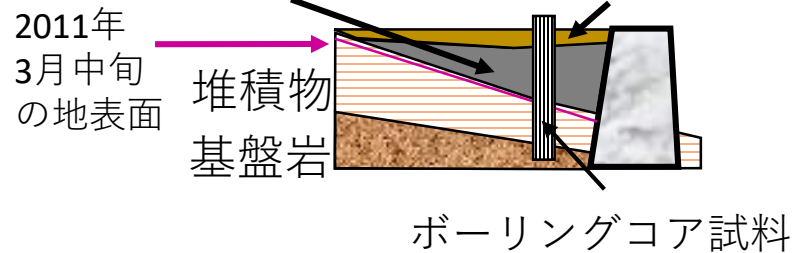


2021年7月3日土石流発生



砂防堰堤の埋積

黒色の土砂主体 褐色の土砂主体？



重要な知見

静岡県が砂防堰堤の埋積土で掘削した1本のボーリングコア試料を分析した結果、次のことが分かった.

第0波の土石流堆積物の主体は盛り土の黒色の土砂で、砂防堰堤を埋積した.

含礫褐色粘土



—0

—0.2

深度
(m)

—0.2

—0.4

含礫黑色粘土



—0.4

—0.6

—0.6

—0.8

