



# 逢初川の土石流の原因についての 事実確認

2025年1月30日

難波 喬司

## 本日の発表の目的

- ・ 逢初川土石流の発生原因については、「真の真実(客観的眞実)」はわからない。
- ・ 発生原因については、いくつかの説がある。
- ・ 私は「いくつかの説の存在」は否定しない。
- ・ 災害発生責任について裁判になっており、いくつかの説が責任の所在の根拠の一部になっている。本発表においてはいくつかの説については論評しない。
- ・ しかし、直接・間接の被害者はもとより、関係する方々に事実は何かをわかりやすくご説明することが、かつて県の責任者(担当副知事)として発生原因調査と行政対応検証に関わった者の責務と考えている。
- ・ 本発表は、発生原因について、より「真の眞実」に近づく一助となるよう、「事実確認(観測されたことは何か、それはどういう現象なのか)」を中心に説明を行う。
- ・ 最後に、発生原因についての私個人の推定を短く述べる。

## 発表内容・資料と静岡県の関係

- 本発表の内容は、「静岡県関係の資料については、難波が静岡県副知事時代に作成にかかわったものの一部について、情報公開請求により、静岡県から得た資料」及び「難波が作成したもの(写真を含む)」をもとに、難波が作成したものです。
- 本資料の内容については、難波個人の見解であり、現在の静岡県(庁)の見解とは無関係です。
- 資料の作成にあたっては静岡県庁には何ら協力を求めておらず、県庁職員は何ら資料作成に関わっていないことを申し添えます。

## 私が大事にしていること : 「事実」と「真実」を区別すること

事実 = 実際に観測されたことなど実際にあった事、存在する事(客観的なできごと)  
(fact)

真実 = 真の真実(客観的真実)  
個人的真実(主観的真実:その人が本当だと信じていること) (truth)  
何をもってtruthとするかは人によって異なる

- 
- ・自然現象においては、目に見えていないことは何が「真の真実」かわからない。
  - ・事実を積み上げ、科学的知見を用いて、自然現象の「真の真実」に近づこうとすることが重要。
  - ・それでも「真の真実」はわからないことがほとんどである(推定、推測にすぎない)。
  - ・「主観的真実」を「真の真実」と思い込まないこと。

# 目 次

- 1 土石流発生原因の調査・検証における基本的姿勢
- 2 7月3日にどういう現象が発生したのか
- 3 斜面の崩壊形態と水の関係
- 4 地下水流動解析の方法
- 5 土石流発生に影響を与えた盛り土周辺環境の事実関係
- 6 難波の推定又は見解
- 7 おわりに

## 出典一覧

- ① 逢初川土石流の発生原因調査報告書 2022年9月8日 静岡県
- ② 逢初川土石流災害に係る行政対応検証委員会報告書 2022年5月 静岡県
- ③ 逢初川土石流災害に係る行政対応検証委員会報告書 別冊【参考資料】 2022年5月 静岡県
- ④ 難波撮影 写真（2021年7月4日）
- ⑤ 令和3年度 [第33-S5901-01号] 逢初川土石流発生原因解析等業務委託（13-01）報告書  
2022年8月 株式会社オリエンタルコンサルタンツ
- ⑥ 業務打合せ・協議議事録 7月1日からの大雨により崩壊した逢初川源頭部解析調査  
第6回 2022年2月25日(金)14:00～15:20 静岡県
- ⑦ 信頼度による降雨時の自然斜面の力学的安定性に関する研究 1981年2月 難波喬司

（注：①、②、③は県より提供、⑤、⑥については県への情報公開請求により取得）

# 1 発生原因の調査・検証における基本的姿勢

## 発生原因の調査・検証における県の基本姿勢

思 い 犠牲となられた方々の恐怖や無念さ、御遺族や関係者の方々の深い悲しみに思いをいたすと、何が原因で災害が発生したのかを明らかにしなければならない。  
あの悲惨な災害を、二度と起こしてはいけない。

検証姿勢

- ・ 盛り土が逢初川源頭部で崩落した時の様子は、誰も見ていない。  
どのような形態・動きで崩落したかという「崩落現象」については、真の真実はわからない。
- ・ 発生原因の調査においては、客観的な事実・実際に起きたこと(fact)を積み重ね、科学的方法によって推定していくしかない。
- ・ そのため発生原因の調査・検証結果は、あくまで推定にとどまる。
- ・ 調査・検証結果を「真の真実」と思っ**て**はいけない。
- ・ 人は、ものごとを認知するときに、認知バイアス(認識や思考における偏り、先入観)がかかりやすい。
- ・ 「発生原因の決めつけ(先入観)」や「責任回避のための無意識の認知バイアス」を避け、事実を洗い出し、その事実がなぜ発生していたのか、その事実から何が推定できるのかを、丁寧に積み重ねていくことが必要。

## 災害発生後の行政検証や発生原因調査において 県に責任回避のための事実の隠蔽や改ざんの意図があったか

⇒ない（ただし、「県職員の全員にその意図がなかった」とまでは言えない）

（以下は事実）

災害発生から数日後、難波副知事(当時)から川勝知事(当時)へ確認

（難 波）

盛り土の造成の経緯や行政対応などについて、保管されている公文書などをすべて公開するが、それでよいか。その場合は静岡県と熱海市は何らかの責任を問われる可能性が高い。

（川勝知事）

何一つ隠すことなく、すべて公開してください。

熱海市長にも、それを伝えてください。 ⇒ 難波は熱海市長に連絡

その後、

県の総務部局が、庁内に関連文書の移動禁止を連絡。

3ヶ月かけて、すべての文書に番号を付けて時系列で整理し、公開。

令和3年7月3日に熱海市伊豆山地区の逢初川で発生した土石流では、逢初川源頭部に造成されていた盛り土が崩落し、大量の土砂が下流域の集落へ流れ下ったことにより、死者27名(うち災害関連死1名)、行方不明者1名、全壊家屋53戸を含む住宅等被害数は136戸に及ぶ甚大な被害となりました。

犠牲となられた方々の恐怖や無念さ、御遺族や関係者の方々の深い悲しみに思いをいたすと、誠に痛恨の極みであり、哀惜の念に堪えません。

このような悲劇が繰り返されることのないようにするためには、土石流の発生原因を究明し、公表することが必要不可欠と考えました。県は「発生原因究明作業チーム」を立ち上げ、技術専門家からなる「逢初川土石流の発生原因調査検証委員会」(以下「検証委員会」という。)による検証結果を踏まえ、発生原因調査の報告書を作成することとしました。

(中略)

盛り土の大部分が崩落し、元の状態の土質条件がわからないこと、盛り土付近の地下水の流れの推定が困難なこと等から、検証委員会の設置から本報告書作成まで1年を要してしまいました。

しかし、発生原因については科学的根拠に基づき相当程度解明することができました。

今後、逢初川と同様の土石流災害を発生させないために、静岡県は本報告書の内容を参考にして、適切な行政対応を進めてまいります。

(注:下線は難波の加筆)

(P79)

(3) 総括

ア はじめに

本件は、複数の事業者による不法かつ不適切な盛り土(残土処分)行為に対し、行政として根拠法令等に基づき対応したものの、業者側の規制や行政指導を逃れるための悪質な行動にうまく対処できず、結果として、大量の盛り土が残置され、大雨により、盛り土が崩壊し、多大な人的・物的被害を生じさせたものである。個々の行政対応の適否については、前述の個別の対応に記載したとおりである。本件への行政対応の過程において、行政が事業者の行為を止め、適切な処置を行う機会は何度もあったと考えられる。本件は、適切な対応がとられていたならば、被害の発生防止や軽減が可能であったにもかかわらず、結果として成功していない。よって本件における行政対応は「失敗であった」と言える。

⇒検証委員会は「行政対応の失敗」を指摘し、県はそれを認めている。

(注:赤下線、赤字は難波の加筆)

## 避けるべき認知バイアスの例

① 確証バイアス:自分がすでに持っている先入観や仮説を肯定するため、それを支持・肯定できる情報ばかりを集め、反証する情報を無視 または 集めようとしないこと。

(例) ① 県は責任回避のために、真実を曲げようとしている。

県は事実を隠している。

② 自説を肯定するため、他の説を肯定する情報を無視する。

② わかりやすさ(認知的流暢性)を好む傾向

:理解しやすさ、わかりやすさ、飲み込みやすさ(認知的流暢性)が高い情報を好み、信じやすい傾向。

例) ① 数値解析方法は理解しがたい。視覚的・感覚的に理解できる説明はわかりやすい。このため数値解析結果よりも、もっともらしく理解しやすい説明を好みやすい。

② 数値解析を用いた科学的検証、とりわけ数値解析方法の根拠はわかりにくい。解析手法の根拠は分析せず、自説に都合がよい解析結果をそのまま真実であるかのごとく取り扱う。

## 認知バイアスを避けるために、本資料で留意したこと

- 先に結論(推定結果)を述べない。
- 先に事実を示す。
- その事実から推定・推測されることを示す。

(注) 推測：既知の事実や現在の状況から推しはかること(根拠の確度、根拠は少ないこともある)

(彼の様子から見て熱がありそうだと推測)

推定：客観的事実や資料に基づいて考慮し、推しはかること(確度の高い根拠がある)

(彼の1時間前の体温測定結果は38℃だったので、今も熱があると推定される)

# 数値シミュレーション結果を評価する際に重要なこと

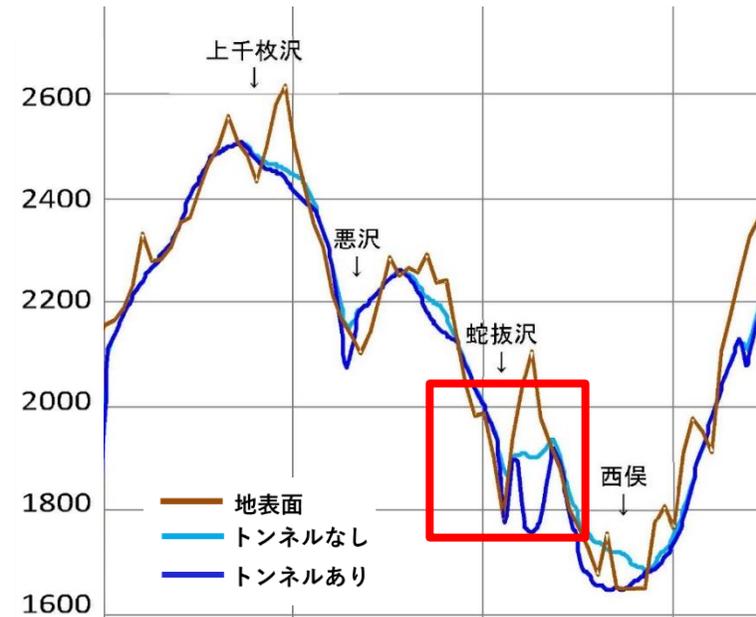
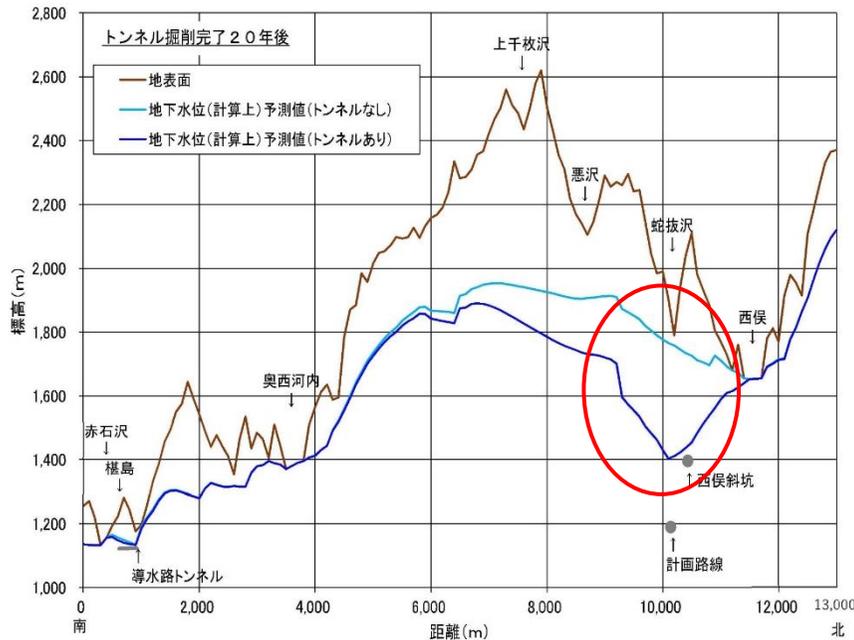
1. 数値シミュレーション結果は、正解(真の真実)を出してくれるものではない。  
とりわけ、自然界の地中の状態のシミュレーションについては、地中の状態の事実を精度よく知ることはできないので、シミュレーション結果は不確実性が高い。
2. 各々のシミュレーションモデルには、各々の解析目的(何を再現したいか)と適用範囲・適用限界(どういう条件下であれば、そのモデルは適用可能か)がある。
3. 上記1、2を理解した上で、解析結果を評価することが重要である。
4. 数値シミュレーションは「真の真実」ではなく、あくまで一つの推定・推測にすぎない。

# JR東海モデルとGETFLOWSモデルの地下水位位置の違い

リニア事業によるトンネル内湧水量や河川流量の影響を推定するための二つのシミュレーションモデルで計算された「地下水位の位置」は、大きく異なる結果となっている。「トンネルあり」と「トンネルなし」の比較

## JR東海モデル

## GETFLOWSモデル（静岡市モデル）



出展: 第13回リニア中央新幹線静岡工区 有識者会議(2021.12.19) 資料2 P4-24  
静岡市加筆(赤枠)

出展: 第13回リニア中央新幹線静岡工区 有識者会議(2021.12.19) 資料2 P4-24  
静岡市加筆(赤枠)

### 解析目的

JR東海モデル：流域全体の水収支(降雨量に対し、河川流量がどの程度になるのか)

GETFLOWSモデル：流域全体の地表・地中の水の流れ

### 適用範囲と限界

水量の推定が目的。地中の水の流れは表現できない

地中の水の流れも表現可能

# 発生原因の科学的・工学的検討においては、一定の専門性が必要

## 難波の専門性

⇒ 斜面の崩壊、雨水の地中浸透解析については、自ら解析法を考案したこともあり、一定の専門性を持っている

## 工学修士(1981年)

修士論文:信頼度による降雨時の自然斜面の力学的安定性に関する研究 (1981年2月)

降雨浸透解析方法、斜面の安定解析法、破壊確率のより正確な算定法、設計の持つリスクの大きさに注目した斜面の信頼性設計法等についての数学を活用した研究論文

## 名古屋大学論文博士(工学)(2005年)

博士論文:アウトカムの視点による海岸行政の政策・施策体系の構築とその実施方法に関する研究  
(工学論文ながら、数式を1行も入れないことにこだわった研究論文)

学術誌等への発表論文:土木学会論文集、海岸工学論文集等 8

その他発表掲載論文 24 (2005年2月まで)

土木学会論説委員:2017年4月1日 ~ 2019年3月31日

2 7月3日にどういう現象が発生したのか

## 2-1 降雨の状況

(総括)

- 降り始めは2021年6月28日
- 本格的な降り始めは6月30日24時
- 土石流発生は7月3日10時30分頃
- 7月1日午前中、11mm/時などの降雨が続く
- 1日午後から小康状態になる。2日未明から強雨となり、23mm、24mm/時を記録。
- その後も降り続け、最大時間雨量は24mm/時を記録
- 7月3日は未明から強雨が続き、時間雨量20、22、24mm/時を記録
- 盛り土後(2009年以降)の雨量としては、既往最大値を超えたのは、24時間雨量は7月3日8時、48時間雨量は2日20時、72時間雨量は7月2日20時
- 7月3日10時時点の期間雨量は、24時間雨量は既往(2009年以降)最大251mmとほぼ同じ257mm、48時間雨量は同既往最大292mmに対し391mm、72時間雨量は同既往最大292mmに対し461mmと大幅に超過
- なお、1時間雨量は、2009年以降の既往最大は63mm(2016年7月20日)に対し、2日20時、3日10時の24mmが最大

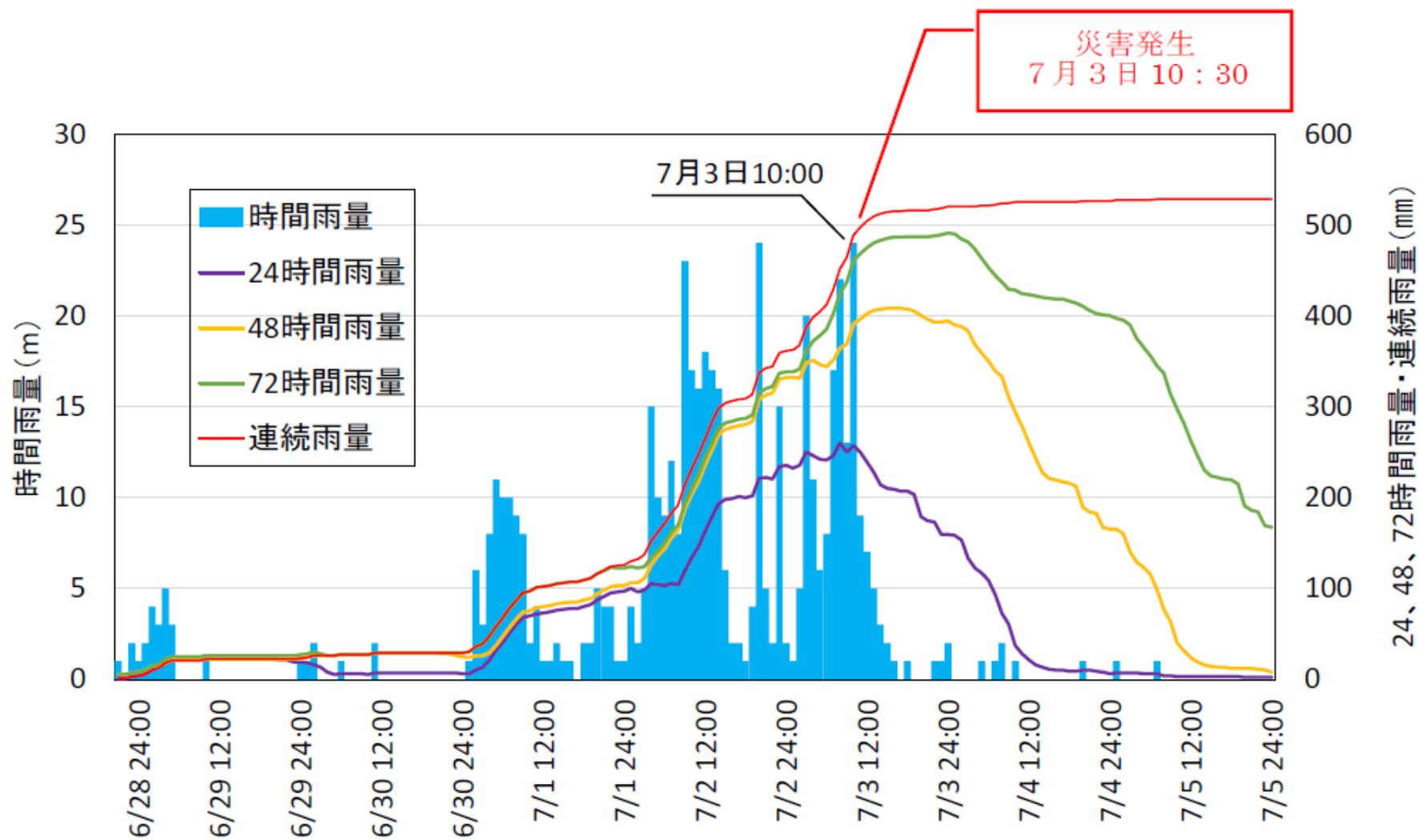


図 1-4 災害発生までの降雨の状況（熱海雨量観測所）

表 1-2 災害発生時の降雨状況

		mm				
		1時間雨量	24時間雨量	48時間雨量	72時間雨量	降り始めからの 連続雨量
7月2日	18時	1	200	280	287	309
	19時	4	202	284	291	313
	20時	24	221	308	315	337
	21時	5	222	313	320	342
	22時	2	220	315	322	344
	23時	15	234	330	337	359
	24時	2	235	332	338	361
7月3日	1時	1	232	332	338	362
	2時	5	235	331	341	367
	3時	20	250	348	361	387
	4時	11	246	351	372	398
	5時	6	242	346	378	404
	6時	8	241	344	385	412
	7時	17	246	351	402	429
	8時	22	260	364	424	451
	9時	13	250	369	437	464
	災害発生 10時	24	257	391	461	488
	11時	9	250	396	468	497
	12時	7	239	402	475	504
既往最大 (1985年～)	雨量	69	285	372	396	—
	年月日	2004/10/9 17:00	2008/8/25 2:00	2003/8/16 11:00	2003/8/17 24:00	—
既往最大 (2009年～)	雨量	63	251	292	292	—
	年月日	2016/7/20 23:00	2014/10/6 10:00	2014/10/6 10:00	2014/10/6 10:00	—

熱海観測所の時間雨量データより作成：既往最大については1985年以降の観測結果による。

## 2-2 盛り土の状況

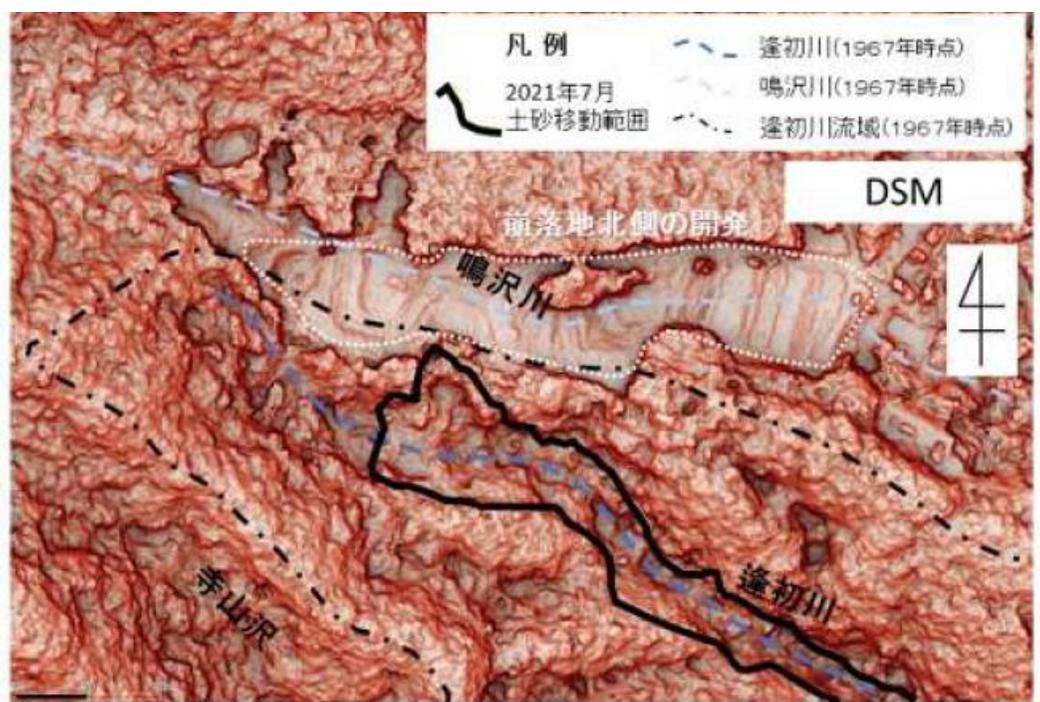
2005年11月8日

崩落地北側の造成が行われている。崩落地については積極的な地形改変は行われていないように見える。

逢初川(旧)源頭部付近



崩落地付近



出典：① P3-17

盛り土の初期。右側(北側)は、それ以前に行われた鳴沢川上流域の造成。



2008年12月12日 ヘリコプター撮影（県防災ヘリから）

出典：③ P7

2011年8月30日

2011年8月30日撮影  
(県東部健康福祉センター現地調査)

## 盛り土の最終期



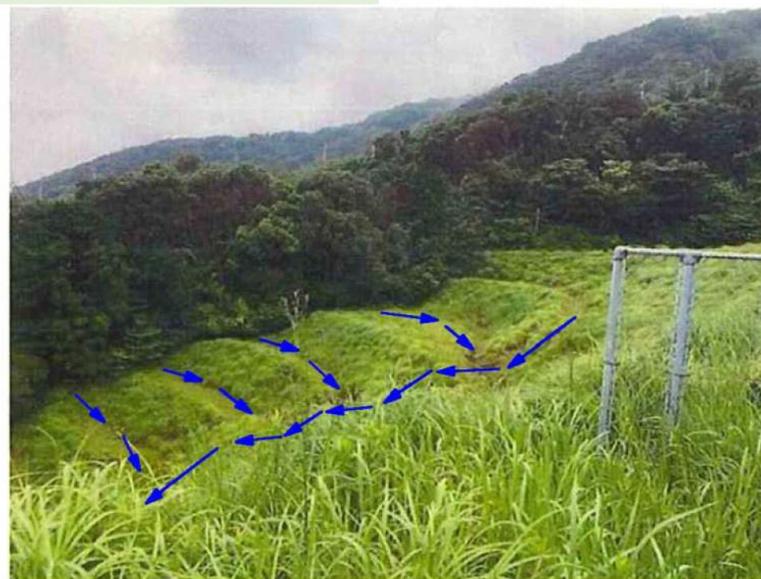
排水状況が悪く、小段の上に水たまり、左岸側に水みち、崩壊が見られる

出典：① P3-24

2021年6月30日

2021年6月30日撮影  
(県東部健康福祉センター現地調査)

## 崩落直前の状況



全体としては草が繁茂している。左岸側に水みちがみられる。

← 推定される水の流れ

出典：① P3-28 23

2009年

2021年7月6日



出典：地理院タイル「2009年空中写真」、地理院タイル「2021年7月1日からの大雨 正射画像 熱海伊豆山地区 (7/6撮影)」を比較

図 1-6 土石流発生源域の状況

出典：① P1-5



図 1-5 災害直後（7月3日）に撮影した崩落発生源域の UAV 撮影画像



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

写真① 崩落地全景

出典：① P2-5



写真③ 黒色盛り土内の湿りやパイピングホール

パイピングホール

## 逢初川源頭部右岸側の盛り土崩落していない盛り土の状況

7月4日5時45分頃の状況では、右岸側作業用道路下の盛り土は、写真のとおり含水量がそれほど高くないように見える。4日早朝の観測においては、小崩落(多くても1m<sup>3</sup>程度)は生じていた。しかし、右岸側上部の全体崩壊の可能性は低いとして、県は下流域の搜索活動は可能と市消防に連絡した。難波は県若手職員2名に対し、崩落と湧水状況を常時観測し、大きな変化(下流域の活動者の退避が必要な程度)が発生した場合は、退避要請を消防に即時に電話連絡するよう指示した。



難波の写真



写真⑱ 崩落地下端付近に見られる有孔管

出典：① P2-10

# 盛り土下部の排水状況

## (3) 排水について

- ・旧溪床部分に暗渠排水管(φ30cm)を2～3本設置し沈砂池まで導いていたとの証言であったが、盛り土上部には入れていなかったとのことであった。
- ・盛り土の左右岸に暗渠排水管が施工されているとのことであったが、盛り土の形状が変わった段階で排水部が埋塞した可能性がある。
- ・E社では盛り土の小段に土手を作り、雨水が直接斜面を流れないようにしたとの証言であったが、表面排水施設の設置の証言は得られなかった。
- ・2011年8月、D社が木製縦排水路を設置し、沈砂池も復旧した。
- ・K社の証言では、2012年10月以降(時期不明)に現場に入った時には、沈砂池はなく、木製の縦排水路も壊れていたとのことであった。この時にはすでに流出した土砂で沈砂池が埋塞していた可能性がある。
- ・K社からは、斜面の小段の法尻側には365日水が染み出しており、場所によっては水たまりもあった。全体がぐしゃぐしゃだったとの証言であり、排水不良であった。

(注:下線は難波が加筆)



2009.6.24 復命書に添付 (A067)

D社が施工した  
木製縦排水路



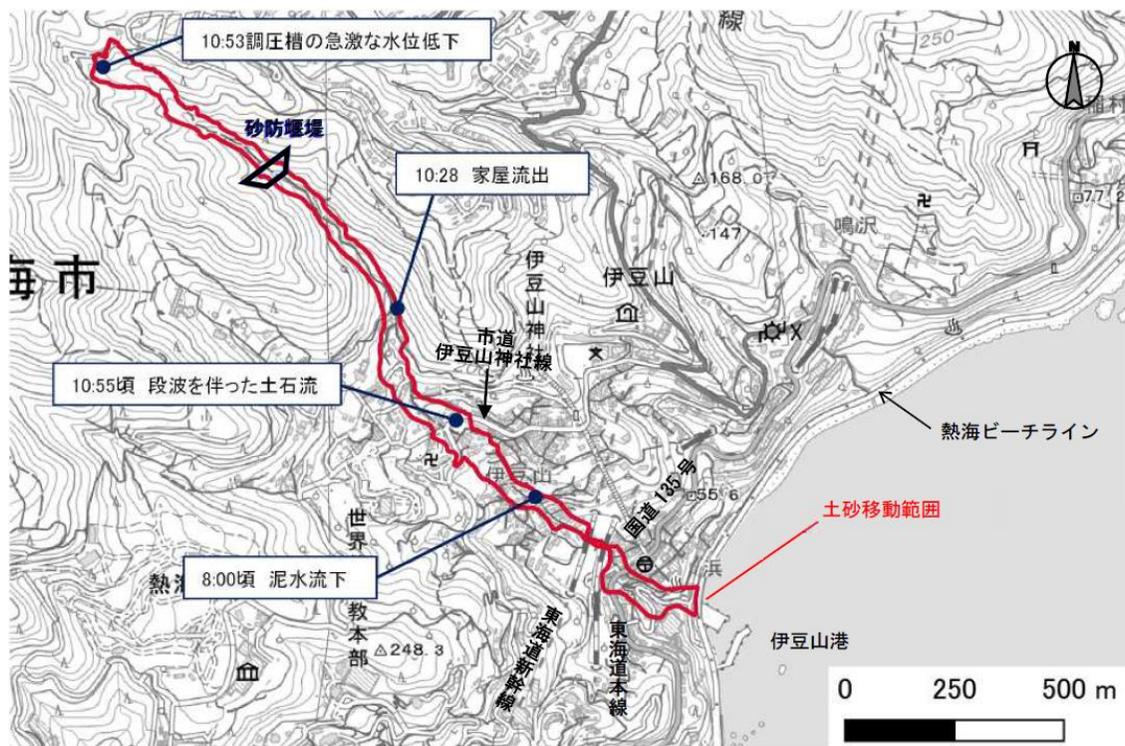
2011.8 法面補修工事(熱海市写真8)

## 2-3 土石流の流下状況

## 1.4.2 土砂移動範囲

2021年7月3日は、午前8時過ぎより、下流の街路で泥水が道路上を流れていた。災害発生の第一報は、10時28分に「土砂によって前の家が流された」という消防への通報であった。通報者は、この約15分前に停電を確認し、その数分後に、目前の家屋が土石流により流出するのを目撃している。

第一報後、市道伊豆山神社線に消防、救急が到着する中、10時55分に水分量が多く流速の速い土石流が、逢初川沿いの樹林や家屋を押し流しながら流下した。このあと、12時頃まで土石流の段波が到着した。



出典：地理院タイルに土砂移動範囲等を追記

図 1-8 土石流流下状況位置図

出典：① P1-7

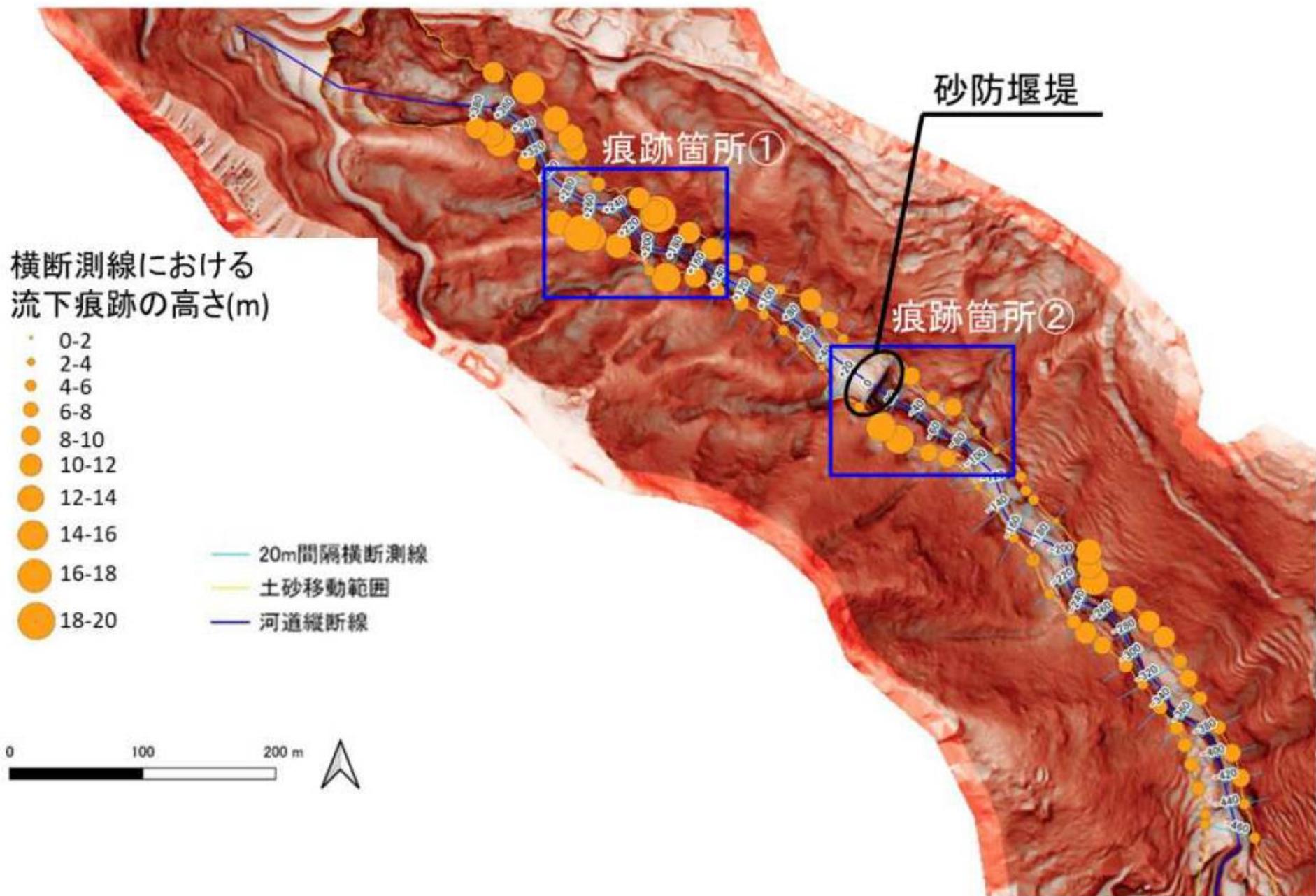


図 4-2 流下痕跡高

## 4.2.2 調査結果

撮影動画や通報記録等を時刻順に並べ、そこから読み取れる情報と位置を整理したのが表 4-1～表 4-6 である。この結果を基に、主立った時間毎に流下範囲と流下状況などを平面図に記したのが図 4-6～図 4-13 である。

調査結果より、土石流の流下概要をまとめると下記のとおり。

- ・ 8:30 から谷出口に濁水が流下していた。
- ・ 10:28 の少し前、粘性度の高い土石流が「爆発するような勢い」で谷出口に到達し、建設資材倉庫や住家が流失した(図 4-6)。その後少なくとも3回の段波が谷出口で確認され、その一部は泥を主体とした流速2m/s 程度のゆっくりした流れである。10:42 時点では先頭部は市道伊豆山神社線付近で停止している。(第1 波と呼ぶ)
- ・ 10:53 に逢初川源頭部の左岸側崩落が発生し(これは水道管破断記録より特定)、10:55 に最大規模の段波(第2波と呼ぶ)として市道伊豆山神社線に到達し、多くの人家を破壊した(図 4-7)。この流速は8～9m/s 程度、流量は2,000m<sup>3</sup>/s 程度と推定される。この段波の末端停止地点は不明だが、新幹線横過部上流までは至っていない。(ただし、水分量が多いものは流下していた可能性がある。)

出典：① P4-4

- ・ 10:59、市道伊豆山神社線付近で再び土石流の流下が確認された(第3 波と呼ぶ)(図 4-8)。第2 波の堆積土砂が再移動したもののように見える。この段波も新幹線横過部上流までは至っていない。
- ・ 11:15、新幹線横過部上流で、瓦礫と土砂が上流から極めてゆっくりと押し出された後、それに覆い被さるように明瞭な段波が流下し(第4波と呼ぶ)、次いですぐ後にさらに大規模な段波が流下した(第5波と呼ぶ)(図 4-10)。
- ・ 12:10、逢初橋に流速1m/s 程度のゆっくりとした流れが流下(第6波と呼ぶ)(図 4-12)。この流れは道路下にある河道ではなく道路上を流下してきた。
- ・ 13:47 より後の時刻で、逢初橋付近の人家が後ろからゆっくり押されるように倒壊したことから、第6波と同様の高粘性の流れが流下したと考えられる(第7波と呼ぶ)(図 4-13)。

上記の結果より、各波ごとに主立った時間ごとにどの範囲で土石流が流下し、その時の流速・流量を1枚にまとめた総括図が、図 4-14 である。動画で分かる範囲で少なくとも7波の土石流が確認され、そのうち第2波のみ、発生源と発生時刻が特定された。

出典 : ① P4-4

ただし、ここで「第1 波」としている中でも、表 4-1 の目撃情報にあるように、細分すればさらに多くの段波があったことが分かる。同様に、動画として記録されていない段波は多数あった可能性がある。このように多くの段波が発生した原因としては、源頭部の盛り土が幾度かに分かれて崩落するたびに段波が発生した可能性や、一旦停止した土石流堆積物の背後に渓流水が供給され貯蓄された後に崩落し、段波が発生した可能性が考えられる。なお、盛り土の崩落時刻を特定するため、近隣の地震計の記録を調査したが、地震以外の異常な波形は確認されなかった。

出典：① P4-4

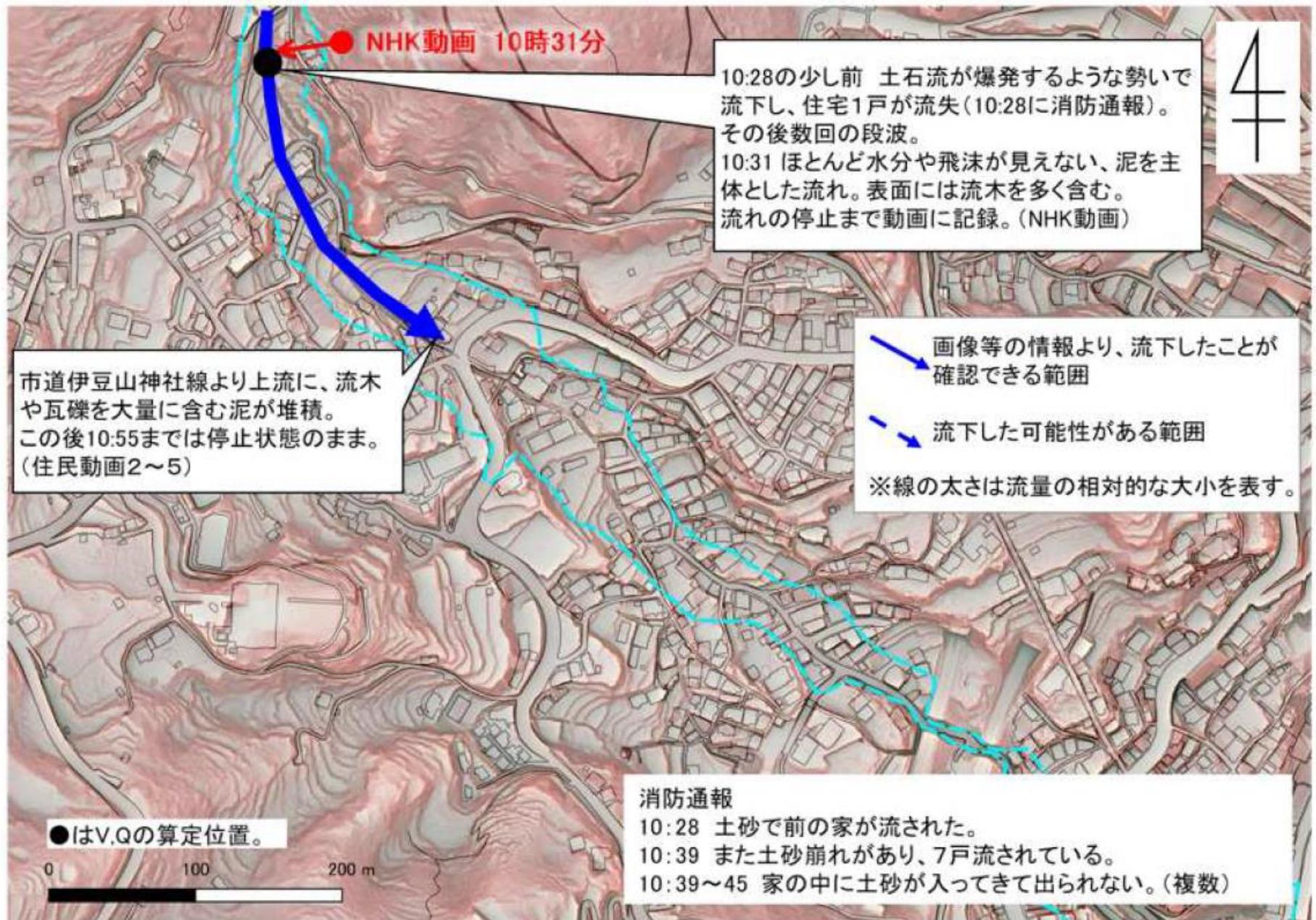


図 4-6 土石流の流下時系列図① 10:28 第1波

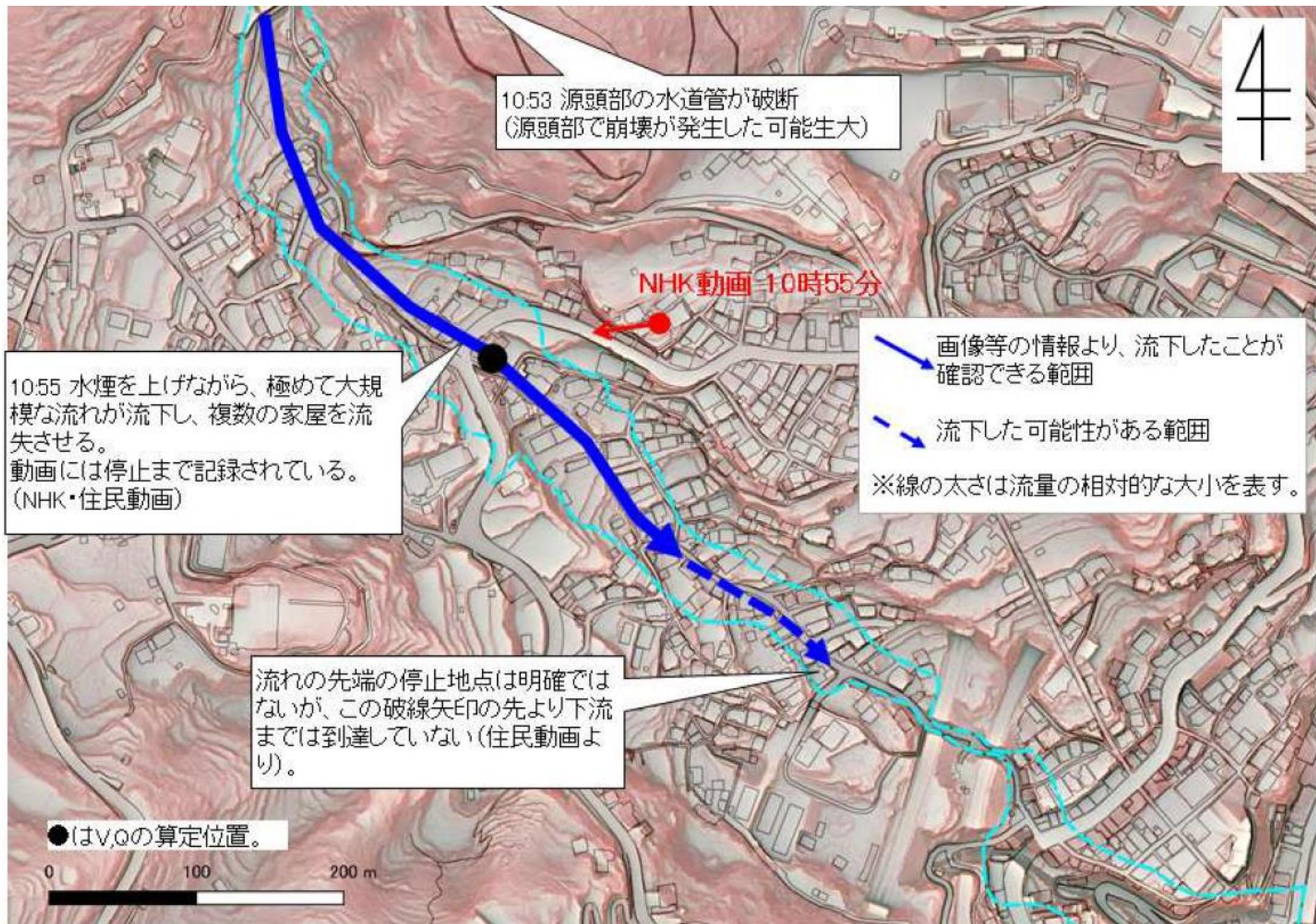


図 4-7 土石流の流下時系列図② 10:55 第2波

出典：① P4-11

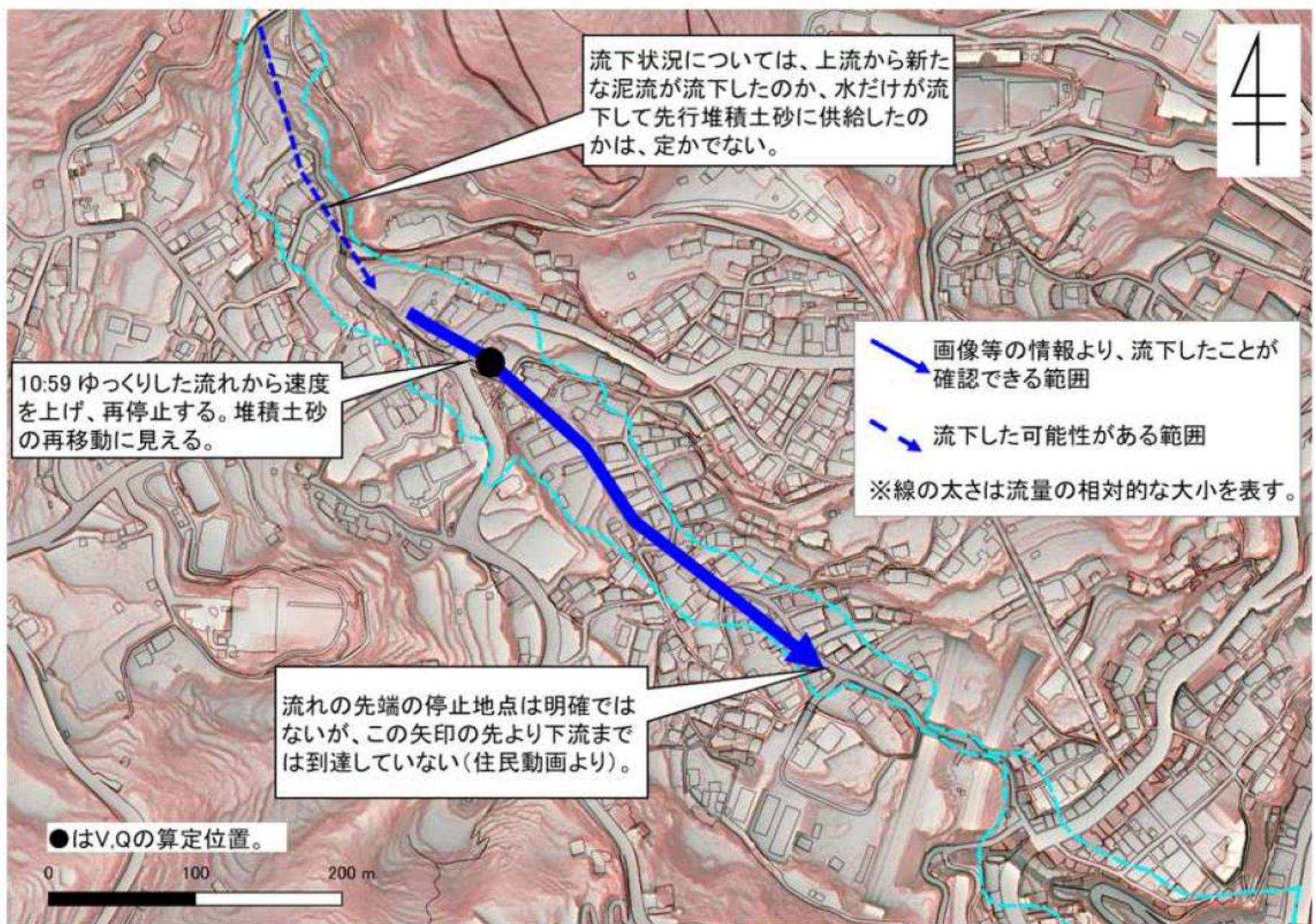


図 4-8 土石流の流下時系列図③ 10:59 第3波 (第2波からの再移動か)

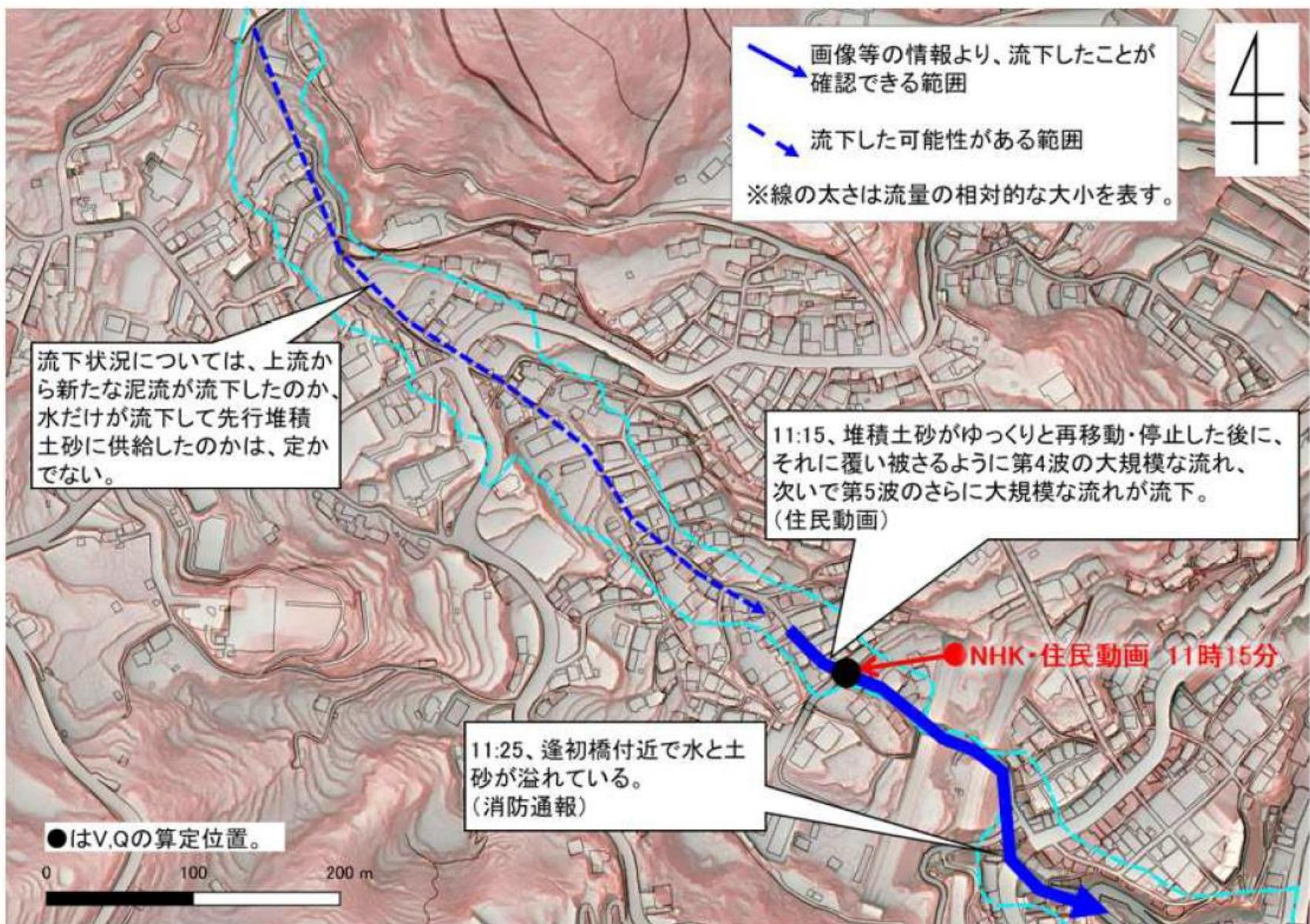


図 4-10 土石流の流下時系列図⑤ 11:15 第4波・第5波

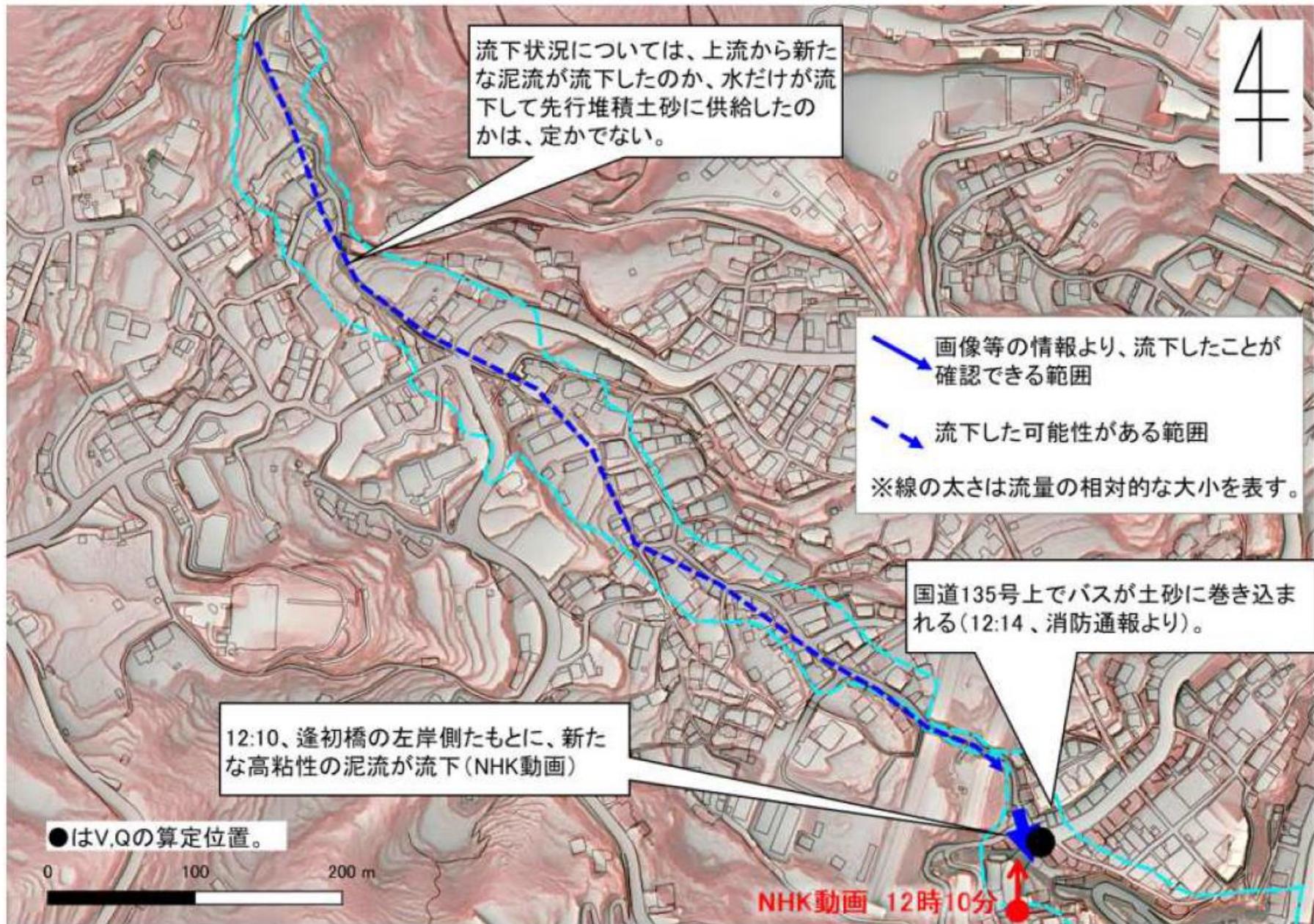
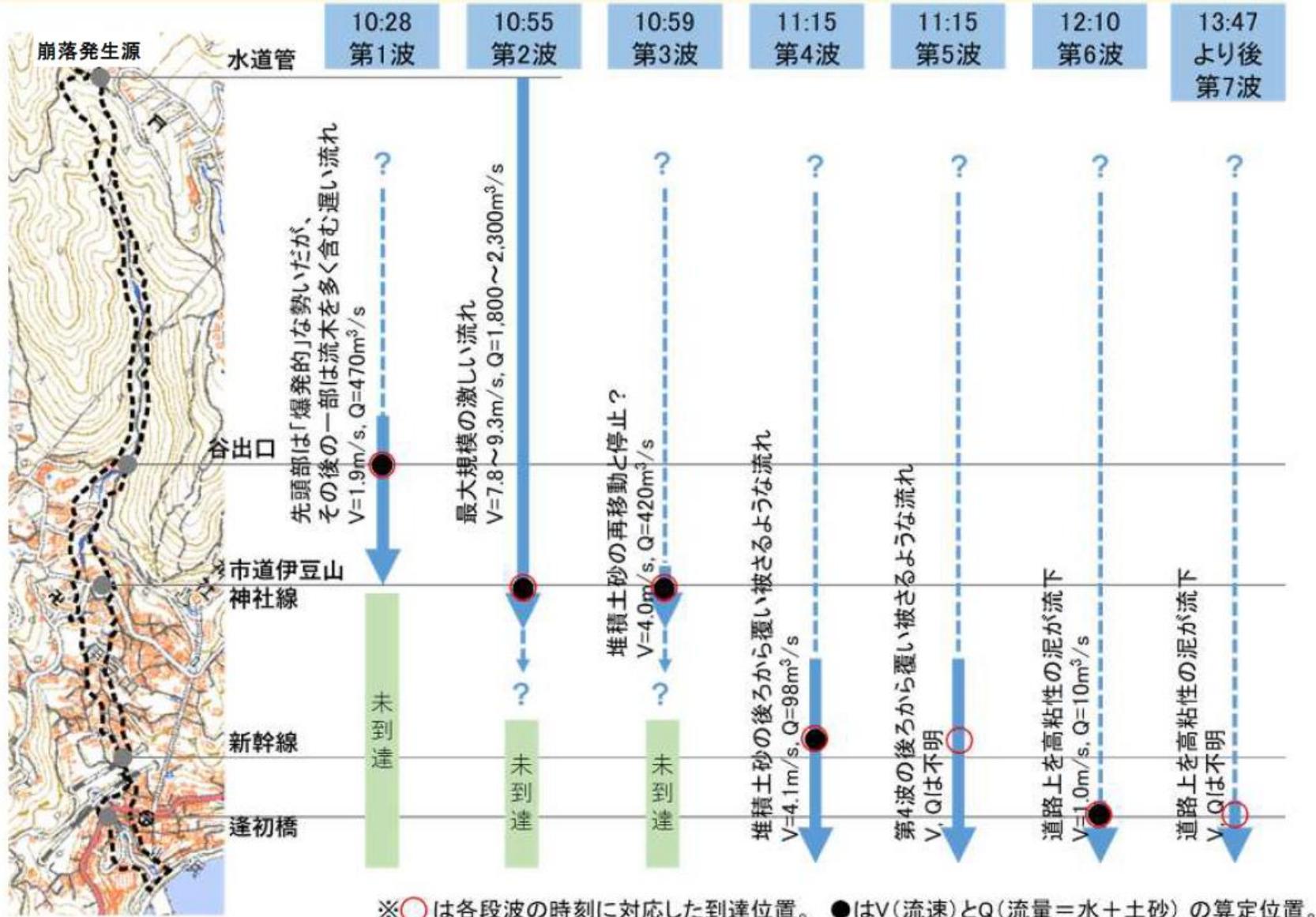


図 4-12 土石流の流下時系列⑦ 12:10 第6波

# 総括図



※○は各段波の時刻に対応した到達位置。●はV(流速)とQ(流量=水+土砂)の算定位置。

図 4-14 土石流の流下時系列の総括図

出典：① P4-15

## 2.2 土石流流下域の踏査結果

- ・ 第4章(4.2)に述べる流下実態から見て、10:55 に住宅街に達した土石流(第2波と推定される)は、土砂量・水分量が非常に大きかったように見えることから、仮に第1波により、一時的な河道内の土砂堆積やそれに伴う水の貯留が形成されていたとしても、第2波がそれらを次々に落とした可能性がある。よって、一時的な河道内の土砂堆積が形成されていたか否かについて、推定は困難である。

出典：① P2-12

## 2-4 源頭部の水道管の切断と盛り土崩落の関係

## 2.4 源頭部の水道管からの漏水の可能性と源頭部水道管の切断時刻

(注:下線は難波が加筆)

### (1) 源頭部水道管からの漏水の可能性

今回崩落した箇所には、熱海市が管理している水道管があり、七尾調圧槽から七尾第2配水池配水している。

土砂の崩落より前の時間に水道管からの漏水があった場合は、水道管からの漏水が、崩落に寄与したこともあり得る。よって、崩落前後の水道管の漏水の可能性を確認するため、水道管理者へのヒアリングや水道施設の水位記録等の調査を行った。

熱海市の水道経路は、図2-15 のとおりであり、七尾地区には、七尾調圧槽－七尾第2配水池(柿田川水系)から配水する系統に加え、泉浄水場－七尾第2配水池(泉水系)から配水する系統の2 系統で水道水が供給できるようになっている。

熱海市では発災前に以下の配水の切り替えを実施している(図2-14 参照)。

- ・ 7月1日10 時頃から泉水系に切り替えのため、柿田川水系の流入を停止した。
- ・ 7月2日16 時頃に泉水系の水質が悪化(降雨により原水濁度が上昇)したため、再び柿田川水系に切り替え、七尾調圧槽から七尾第2配水池への送水を再開した。

7月1日10 時～2 日16 時までの送水を停止していた間の七尾調圧槽の水位変化はごくわずかであり、七尾方面への送水流量にも変化がないことから、この間に漏水はなかったと考えられる。

7月2日16 時の送水の再開後から7月3日10 時53 分までの七尾調圧槽の水位変化や七尾方面への送水流量は、送水が行われていた7月1日10 時以前の傾向と同様である。よって、7月3日10 時53 分までの間は、漏水はなかったと考えられる。

## (2) 源頭部水道管の切断時刻

図2-14 に示すように、七尾調圧層(標高410m)の水位は10 時53 分に急低下している。この時に源頭部水道管(標高395m程度)が切断し、水が噴出したものと推定される。下流域の第2波は10 時55 分に観測されてることから、源頭部の水道管付近の崩落は10 時53 分であると推定される。

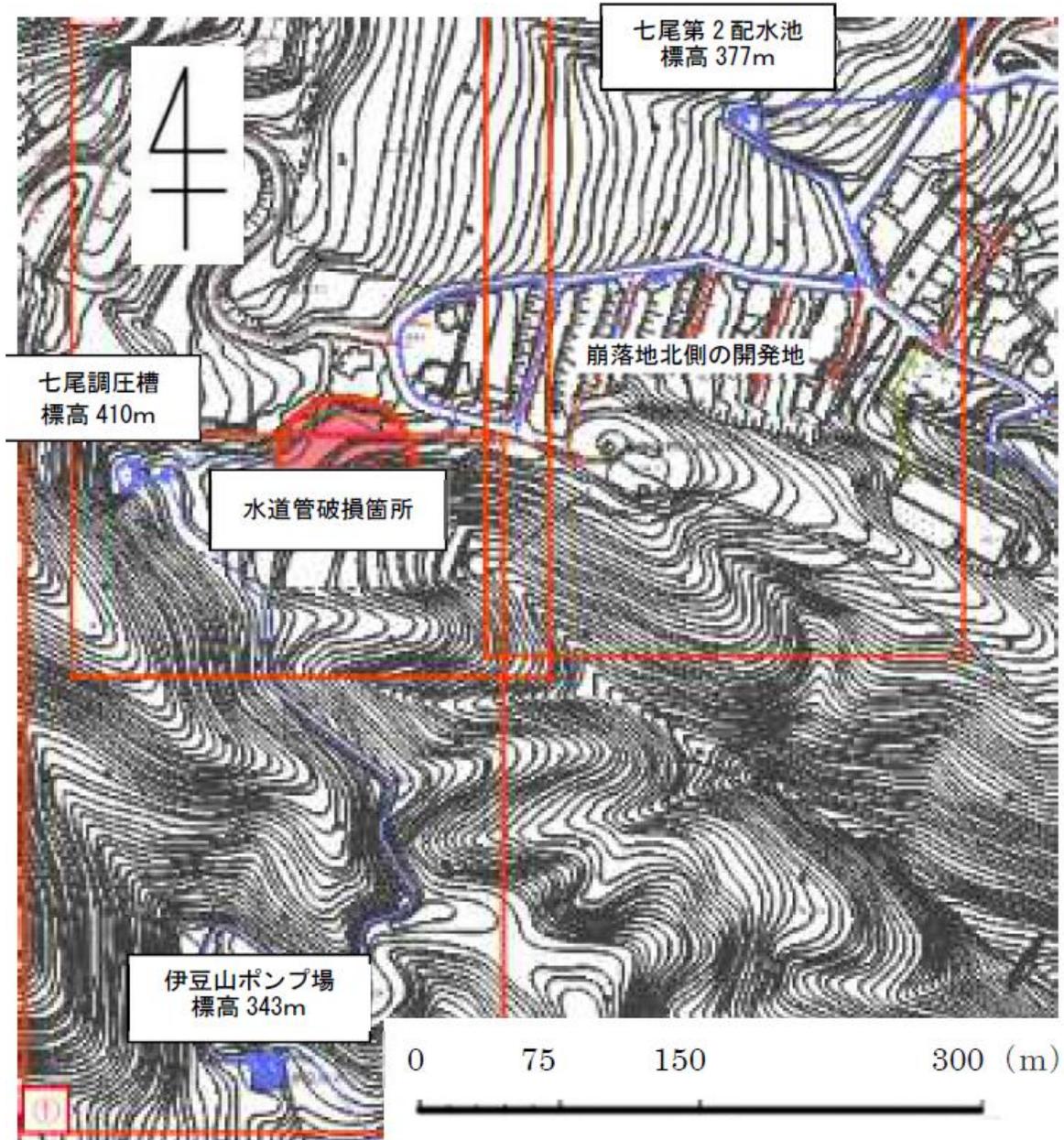


図 2-13 水道施設位置図

7月3日 10時53分

に七尾調圧槽の水  
位が急低下

- 伊豆山ポンプ場 水位 (単位m)
- 七尾調圧槽 水位 (単位m)
- 七尾方面 送水流量 (単位 m<sup>3</sup>/h)

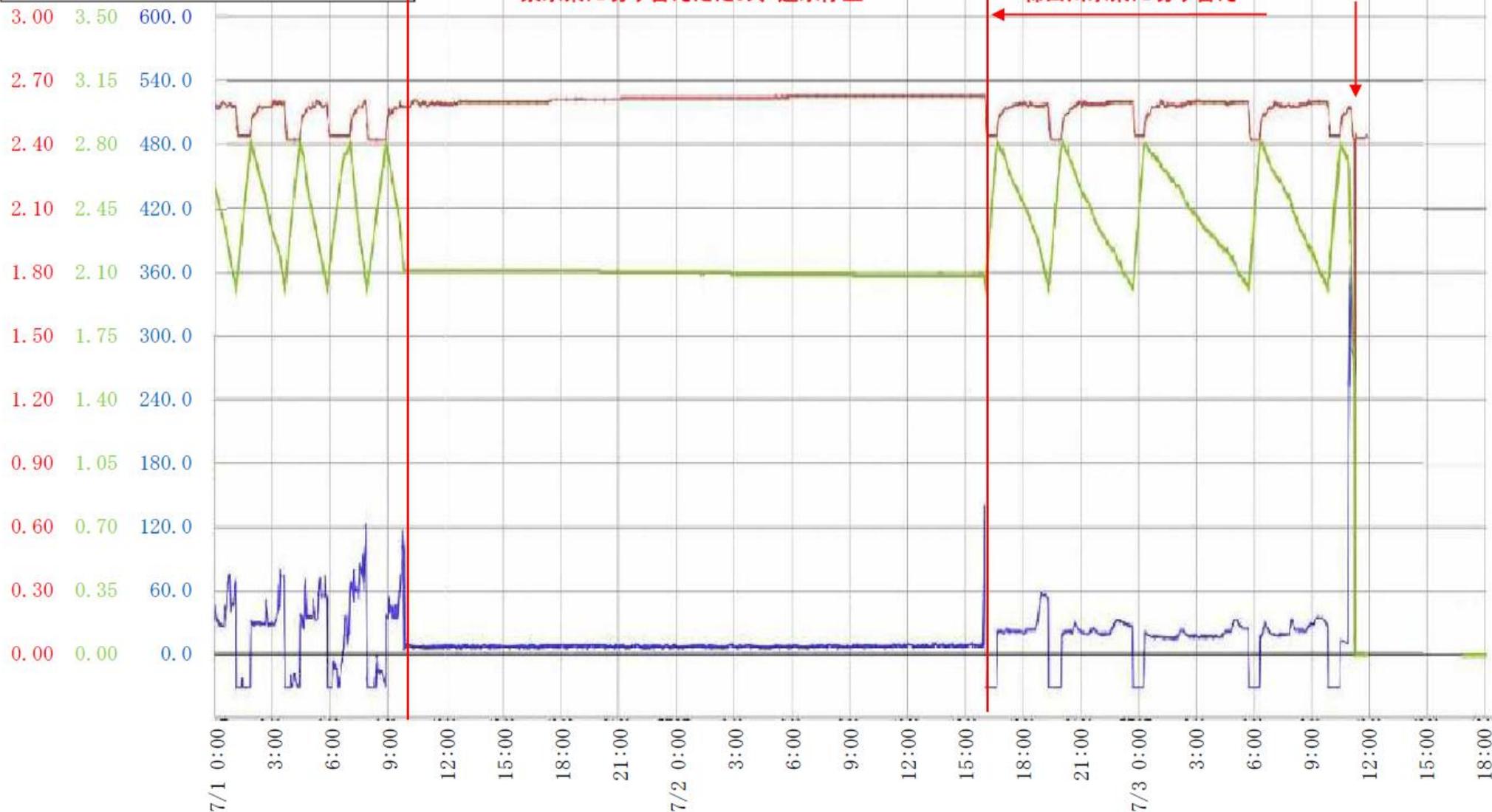


図 2-14 七尾調圧槽等水位図(熱海市資料に加筆)

※七尾方面 送水流量は、流量計の点検を実施していないため参考値

### 3 斜面の崩壊形態と水の関係

# 斜面の破壊形態と水の関係

## 《難波の修士論文P26～27》 に加筆

本研究で対象としているのは、斜面の比較的浅い部分の安定性である。(中略)

斜面の豪雨時における崩壊原因としては

- |                     |   |                      |
|---------------------|---|----------------------|
| (a) 表面流による浸食        | } | 浸食による土砂流出(すべり崩壊ではない) |
| (b) 間げき水圧の上昇        |   |                      |
| (c) 土の強度低下          | } | 浅いすべり崩壊と深いすべり崩壊      |
| (d) 自重の増大           |   |                      |
| (e) パイピングによる局部破壊の進行 | } | すべり崩壊ではない            |
| (f) 風化              |   |                      |

---

⇒ 斜面崩壊の原因究明においては、上記の崩壊原因のどれが原因なのかについて  
検証していくことが必要。

原因はこれと決めつけて原因究明してはいけない。

2012年4月5日

2012年4月5日撮影  
(県東部農林事務所現地調査)

表面流による土砂流出



残土による盛り土法面



法面の浸食発達状況



法面の緑化状況



小段勾配の処理の悪さによる盛り土法面の水溜り

出典：① P3-25

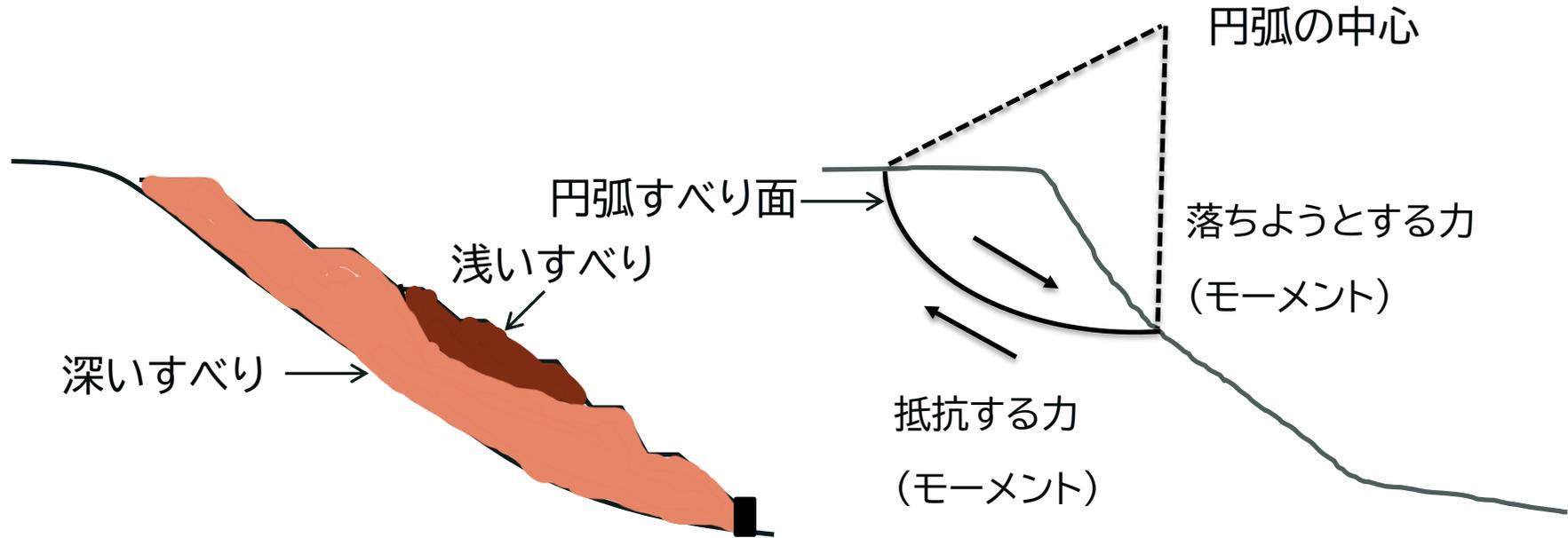
盛り土下部の浸食



追加工事  
防止のため  
木製の簡易排水路を設置

赤は難波が加筆

# 斜面の破壊形態（浅いすべりと深いすべり）



浅いすべり崩壊

(難波 注)

表流水の流下により浸食されている可能性がある。

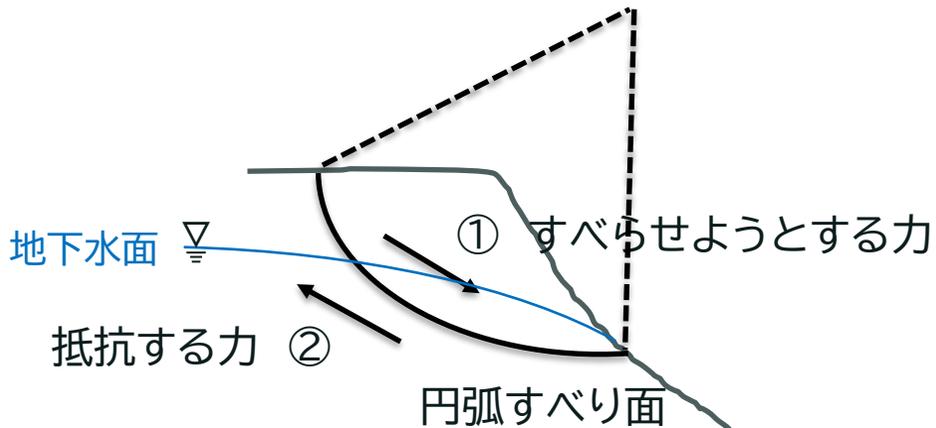
一方、盛り土も部分崩落している。しかし、両者の現象は別のもの(連動していない)と考えられる。



2011 (平成23) 年10月 7日 現地調査

出典 : ③ P39

# 雨水の地中浸透による円弧すべり面の力のつり合いの変化



当初 ①<② 「すべらない」  
(抵抗する力②の方が大きい)

土中に水が入ってくると重くなるので  
①のすべらせようとする力(モーメント)  
が大きくなる

さらに水が入ってきて地下水面ができると  
浮力(間隙水圧)が発生し、土と土がかみ  
合う力が弱くなり、②の抵抗する力が小さくなる

さらに水圧が高まると  
圧力によって土骨格がくずれ、土の種類に  
よっては吸水軟化現象が発生し、  
ぐちゃぐちゃになる(抵抗する力が大きく低下)

すべらせようとする力の方が大きい  
①>②の状態となり「すべる」

# 浸食かすべりか

---

浸食は、水の流れて起きる

崩落は、力のつり合いの問題で起きる

(水の流れではなく、力のつり合いがどういう状態かという  
力学的な解析が必要)

# 土中への水の浸透のイメージ

(気象庁が「土砂災害警戒情報」を発出するときなどに用いる土壤雨量指数の計算方法の説明)

- ① 降雨。
- ② 第1タンク:地表面で表面流出+地下浸透。地下浸透したものが、第1タンクに貯留。
- ③ 第2タンク:第1タンクから浸透流入。さらに深く地下浸透(第3タンクへ)+貯留+表層浸透流出
- ④ 第3タンク:第2タンクから浸透流入。さらに深く地下浸透+貯留+地下水流出

(赤字は難波が加筆)

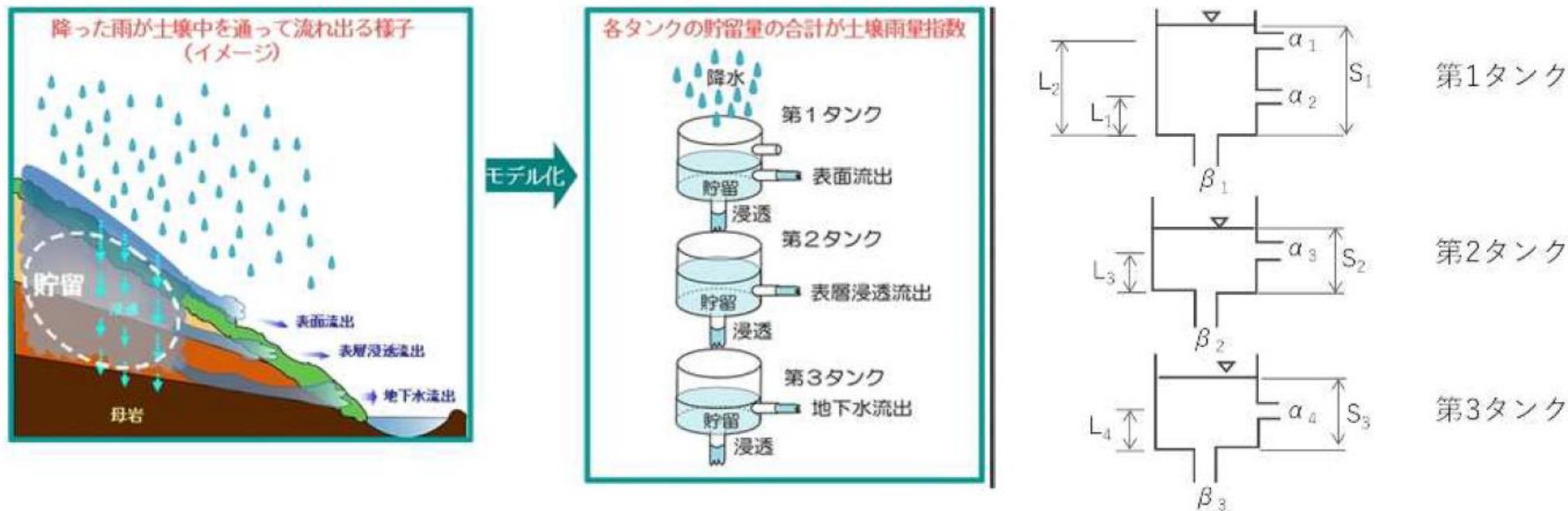


図 5-26 タンクモデルイメージ (出典：気象庁ホームページ)

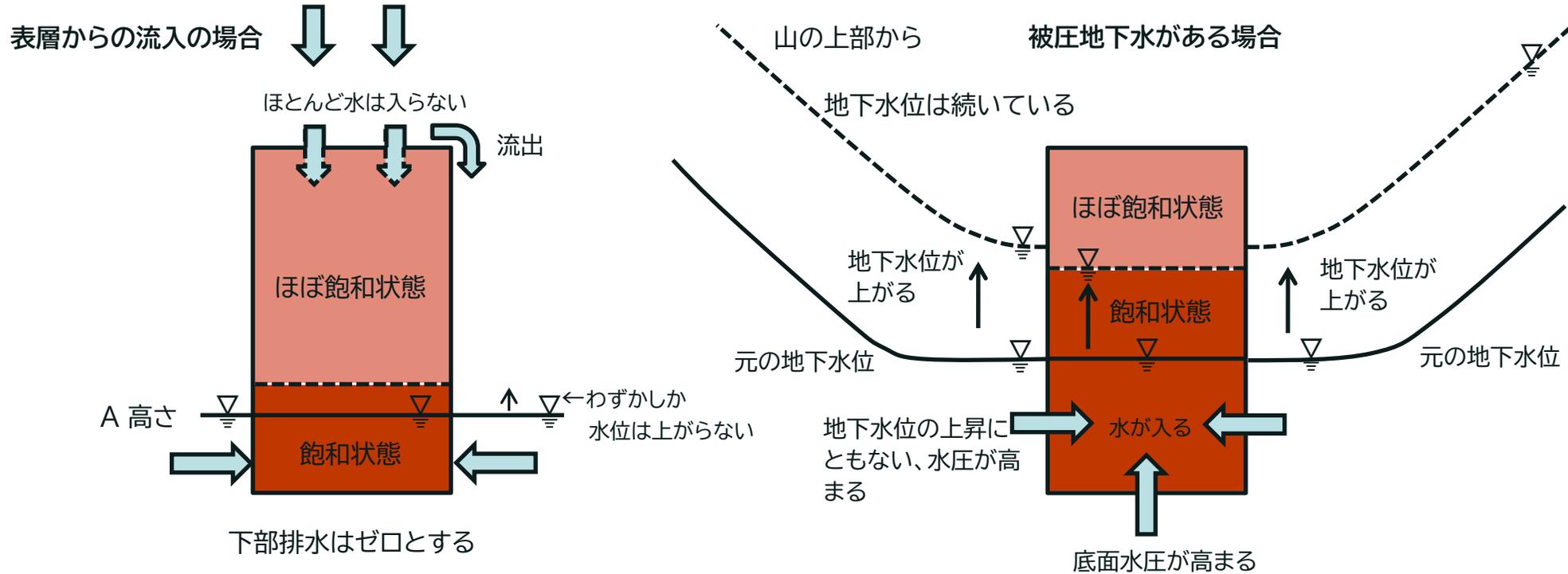
# 盛り土内への地下水の流れやすさの直感的理解のための実験

---

飽和度、底面排水条件、水圧が重要

(注)飽和度:土中の空気が抜けて水に置き換わった割合(0~100%で変化)

# 盛り土内への地下水の流入しやすさ(現地の盛り土のように下部排水が悪い場合)



・A高さで、中と外の水位・水圧が同じのため  
水は動かない(地下水は流入しない)

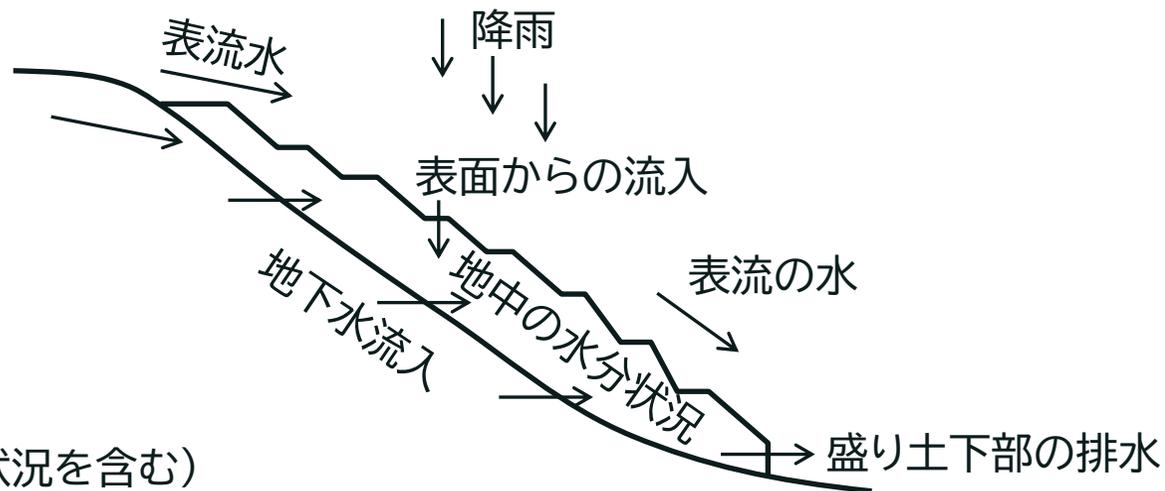
⇒ ほぼ飽和状態の土には、上部からは水が入りにくい

・盛り土外の地下水水位が元の地下水水位よりも上がると、盛り土内の水圧よりも盛り土外の水圧の方が大きいため地下水が流入する  
このため、盛り土内の地下水水位が上がる  
・土は水圧を受けて、土骨格間に水圧の高い水が入る

# 盛り土への水の浸透の形態

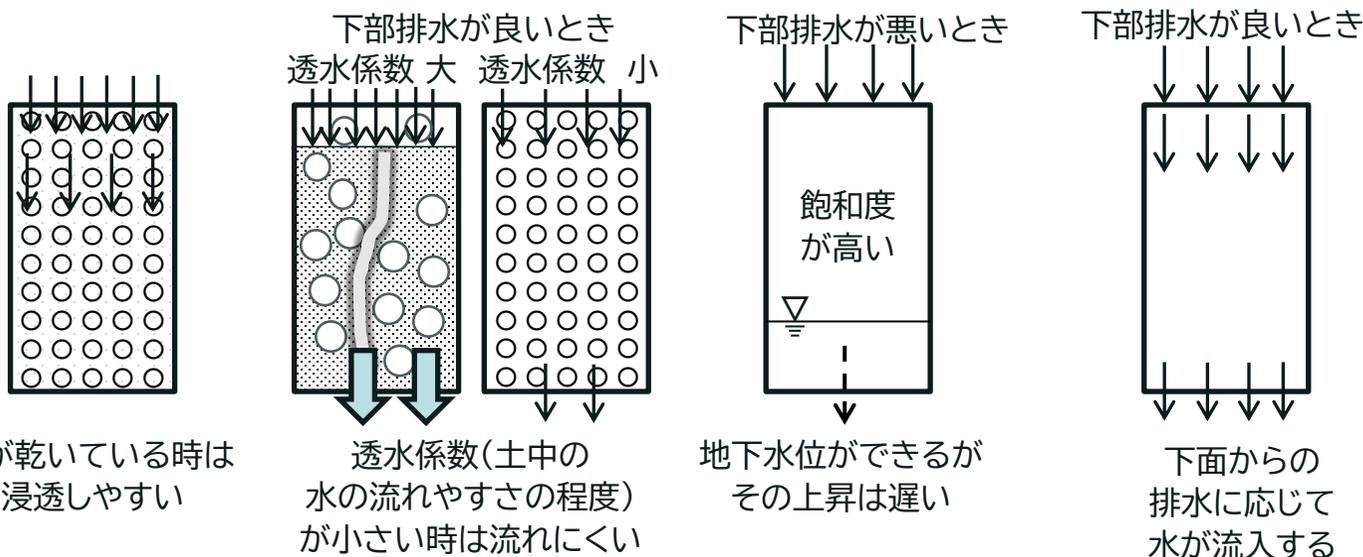
土中への水の浸透に大きく影響する項目

- ① 盛り土表面からの水の流入しやすさ
- ② 盛り土の水の流れやすさ(透水係数)
- ③ 盛り土内の水分状況 (飽和度)
- ④ 盛り土下部の排水状況
- ⑤ 地下水の流入しやすさ (地下水の圧力状況を含む)



## ① 盛り土表面からの水の流入しやすさ

(盛り土表面の状況 + ②③④が影響)

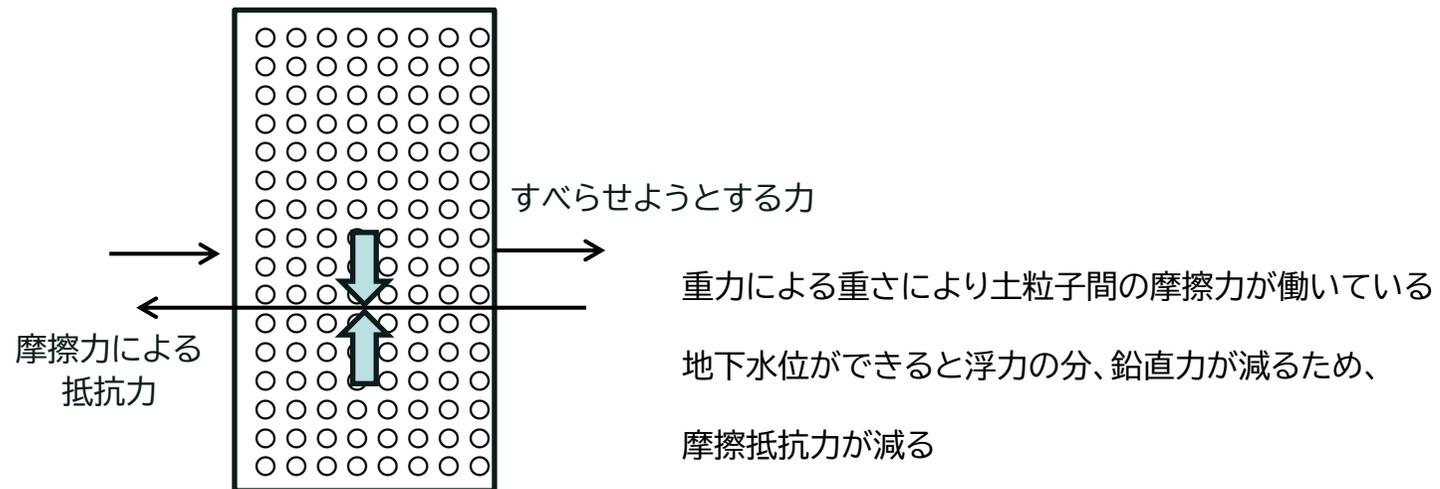


## 《総括》

「土の透水係数が小さい  
+ 盛り土下部の排水が小さい  
+ 土の飽和度が高い状態」  
では表面から水が流入しにくい

# 雨水の地下浸透による土の強度低下 ①摩擦抵抗力の低下

- ① 摩擦抵抗力の低下:土中に水圧が発生することによって土粒子に浮力が発生し、摩擦抵抗力が低下
- ② 水圧上昇による流動化:飽和状態の土粒子へより強い圧力が加わると、土の種類によっては、吸水軟化現象が起き、土骨格が崩れ、ドロドロになることがある。(熱海の盛り土では、この現象が発生する可能性があることが実験により確かめられた。)



# 雨水の地下浸透による土の強度低下 ②水圧上昇による流動化

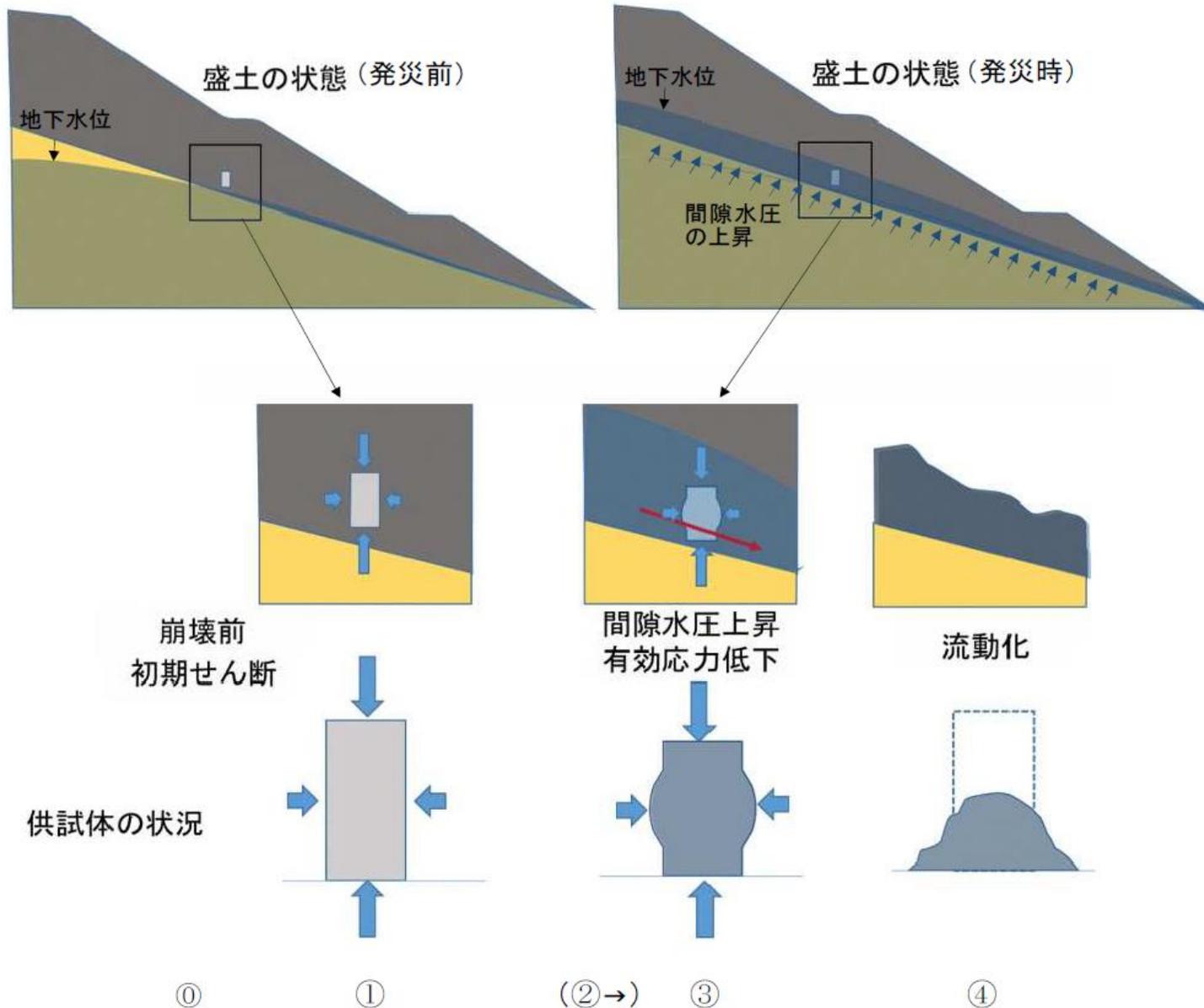
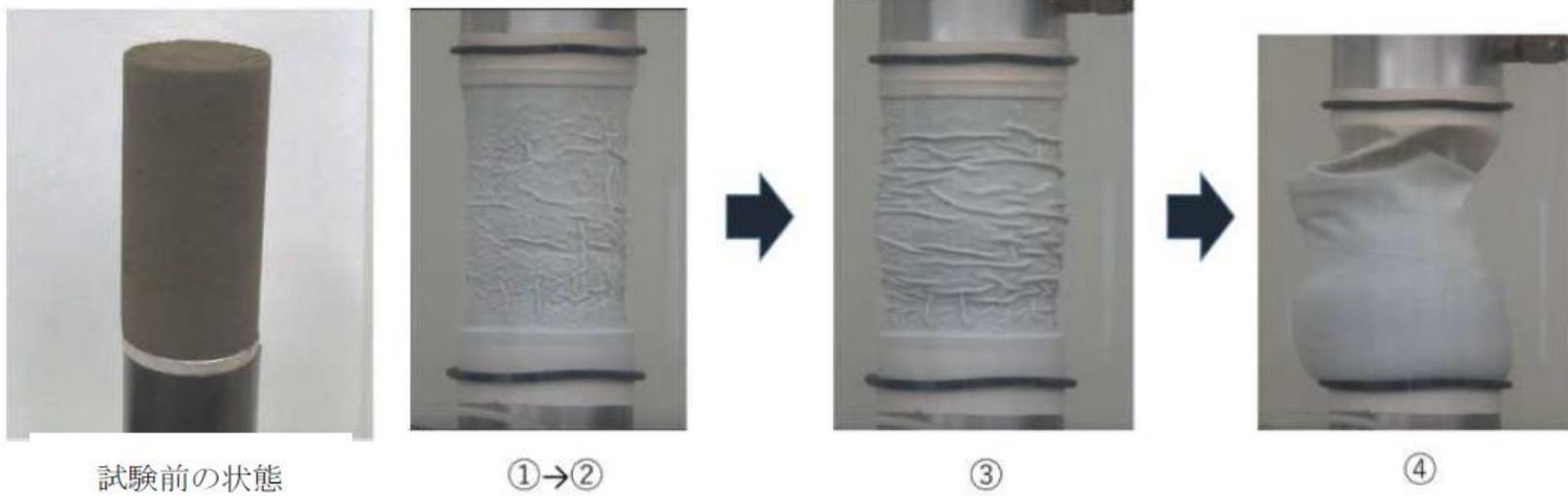


図 7-27 地下水上昇に伴う盛り土の崩壊・流動化 (ポンチ絵)



試験前の状態

①→②

③

④

図 7-28 吸水軟化試験中の供試体の様子

出典：① P7-27



図 7-29 吸水軟化試験後の流動化した状態の供試体

出典：① P7-28

## 4 地下水流動解析の方法

## ≪難波の修士論文P5～6の記述に下線を難波が加筆≫

降雨に対する斜面の安定性を調べるには、土中の水分状態の把握は不可欠である。斜面は一般に

①豪雨に先行する数日間の降雨により、土中の飽和度がある程度高められ

②その後の豪雨によって、飽和度が増加、地下水面の形成などがあり、これによる土の重量増加、強度の低下によって崩壊に至る。

①、②の両方の降雨について、厳密な浸透解析を行うことが理想だが、解析期間が長くなると、蒸発・中間流出などの影響が絡んでくるため、土中水分状態の正確な把握は困難となる。(中略)

②の豪雨に対しては、浸透解析によって土中の飽和度分布を推定する。ここで飽和度分布が必要となるのは、土中の平均的な飽和度が同じでも、飽和度によって斜面の安定性が異なるからである。浸透解析法は多数のものが提案されているが、次のような理由から、松尾・上野による方法を用いる。すなわち

i) 基礎式の物理的意味が明確であること

ii) 空気の流れを取り扱っており、しかも、土中の空気圧についての議論が可能なこと

iii) 解析の精度がよいこと

iv) 飽和・不飽和のいずれの状態に対しても適用可能なこと

v) 降雨のような非通常な境界条件に対しても計算が可能であること

vi) 数値解析が容易で、しかも計算時間が短くて済むこと

表 8.2-1 地下水流動解析に使用される主なプログラムと概要

	独自開発モデル (大学・コンサルなど)	商用モデル (例：GETFLOWS、 PLAXIS、MODFLOW)	UNSAF 3 D (オープンソース：岡山大)
モデルの概要	三次元地形で利用できる 飽和—不飽和浸透流解析モデル	左に同じ	左に同じ
主なパラメータ	水の保水性・透水性 地形データ	左に同じ	左に同じ
入力条件	・降雨条件 ・地形・地層条件 ・初期条件（水分条件・水位）	左に同じ	左に同じ
計算効率	不明（委託先による）	ライセンスによる制限	使用制限がないため、複数 ケースを同時に実施が可能
プログラムの 修正・開発	委託して実施	不可能	ソースコードをもとに 修正可能
使用しやすさ (再検証等)	委託して実施	購入が必要	オープンソースのため 誰でも入手可能 (実績も多い)
使用実績	不明	不明	多い
再現性・アクセ ス性・追認しや すさ	△ 委託すれば可能	× ソースが非公開	○ 公開されており、追認、再現 検証が可能
総合評価	△ 社会的検証に諮る場合、異なる モデルの利用となる。	× 社会的検証に諮る場合、 購入が必要。汎用的。	○ 誰でも入手可能なため社会的 な検証にもなじみやすい

## ACUNSAF3D解析法

- ある解析目的・適用範囲においては、有効な方法。
- 3次元の高度な解析の一つであるが、複雑な地形と地下水の動きがある場所の局所の浸透流を再現するには、限界がある。
- GETFLOWS解析はより精度が高く再現できる可能性があるが、解析には時間と費用がかかるため、とりあえず無料のプログラムを用いて実施してみることにした。

ACUNSAF3Dは、(1)式を基礎方程式として、地下水の解析を行う。一般的に地下水流動は非定常な現象であるが、概要の説明においては、取り扱いの簡単な定常系について説明する。

地下水流動の基礎式は、全水頭 $h$ を変数とし、ダルシー式と連続の式から導かれ、(1)式で与えられた境界条件の下で解ければ、全水頭 $h$ の空間的な分布が得られる。

$$\frac{\partial}{\partial x_i} \left( K_{ij} \frac{\partial h}{\partial x_j} \right) - q = \left( \beta S_s + \frac{d\theta}{dh} \right) \frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

ここに、 $\beta=0$  : 不飽和領域、 $\beta=1$  : 飽和領域、

$\theta$  : 体積含水率、 $h$  : 全水頭、 $K$  : 透水係数、 $q$  : 地盤の流出入流量。

⇒ 水の流れの基礎方程式、空気の流れは扱わない

赤は難波が加筆

## 難波が1981年に用いた方法 – 空気の流れを扱う

修士論文 P9

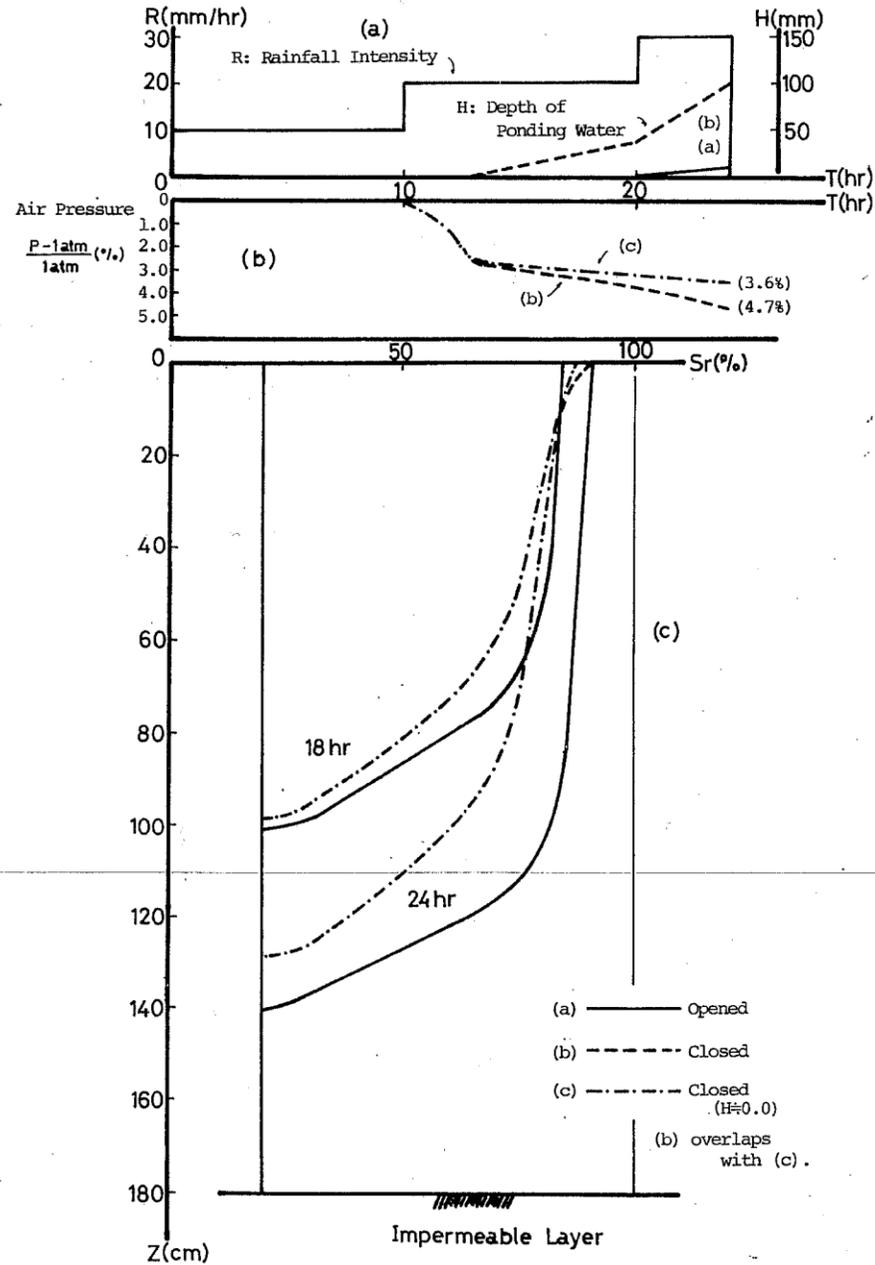
水と空気の両方に対して、Darcy則が成立すると考えると、水と空気の両方の流れについての運動方程式は次のようになる。(添字wは水を、aは空気を表す)

すなわち、

$$V_w = -\frac{k k_{rw}}{\mu_a} \left( \frac{\partial p_w}{\partial z} - \rho_w \cdot g \right)$$

$$V_a = -\frac{k k_{ra}}{\mu_a} \left( \frac{\partial p_a}{\partial z} - \rho_a \cdot g \right)$$

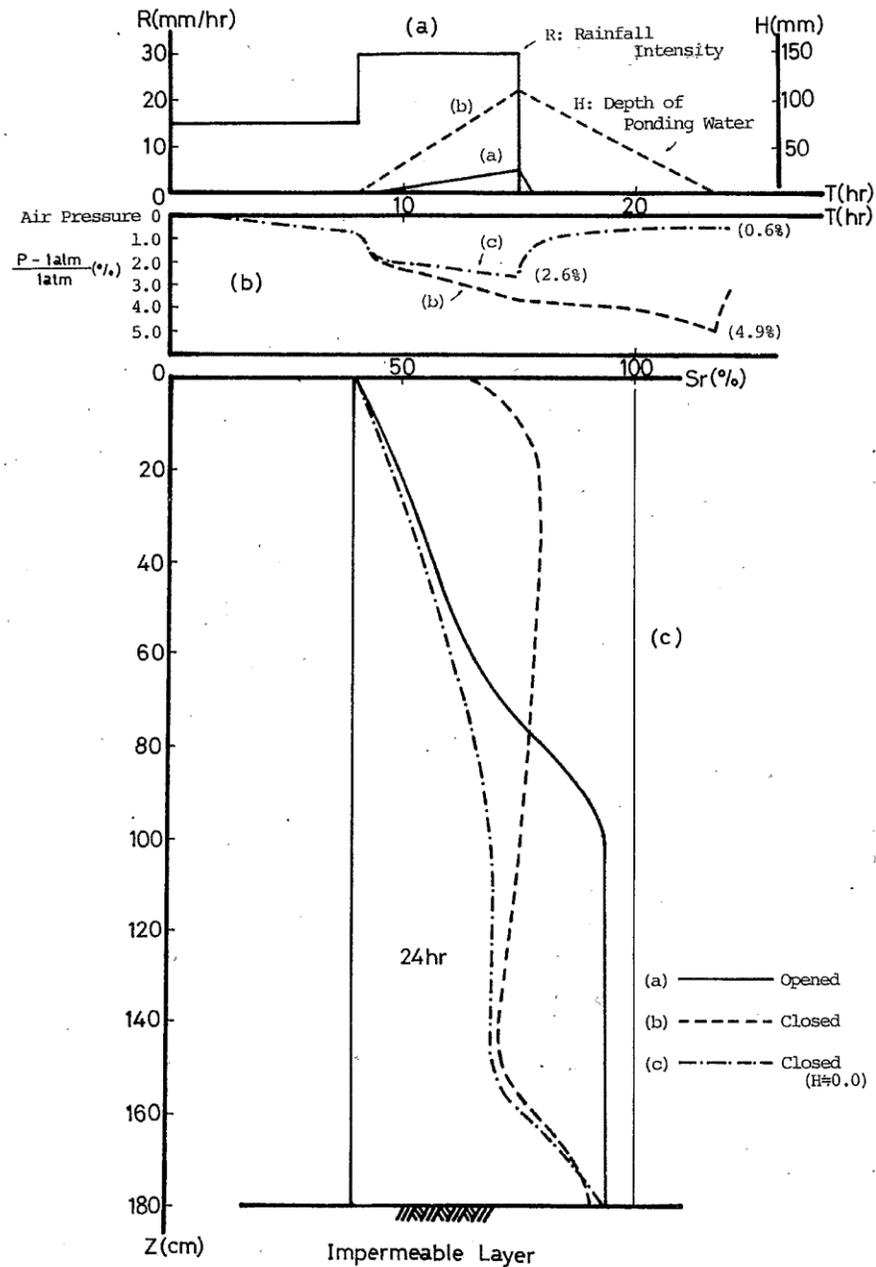
ここに、 $j$ を流体種別とすると、 $v_j$ :流速、 $k_{rj}$ : relative permeability、 $k$ : intrinsic permeability、 $\mu_j$ :粘性係数、 $P_j$ :圧力、 $\rho_j$ :密度である。また、 $Z$ は鉛直下方を正とする座標である。 $k$ は土に固有の値で飽和状態での浸透係数 $k_{sat}$ 、水の粘着性を係数 $\mu_w$ 、密度 $\rho_w$ 、および重力加速度 $g$ により次式で求められる。



難波注：  
 空気が開放されるか否かにより、  
 上部から浸透した水がどのように  
 下部に浸透していくかを計算した  
 もの

修士論文 図2-12

図2-12 間隙空気圧の影響(ケースI)



難波注：  
 降雨強度がより高いときに、  
 空気が開放されるか否かにより、  
 浸透した水がどのように下部に  
 浸透していき、また湛水が発生  
 するかを計算したもの

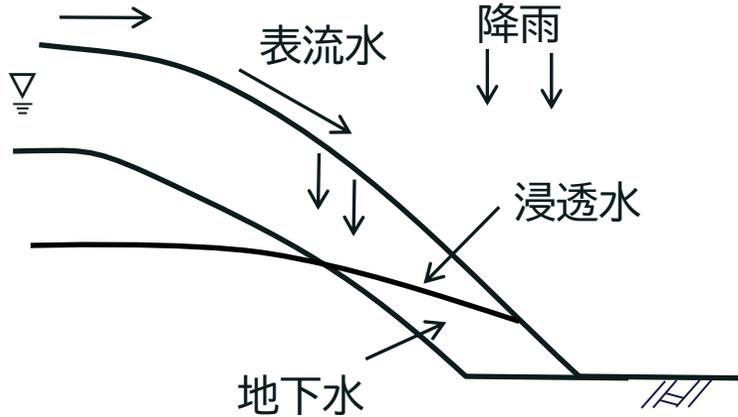
修士論文 図2-13

図 2-13 間隙空気圧の影響 (ケースII)

## コンサルタントが用いた解析方法の問題点(難波の見解)

- ◎ 誰でも入手可能で自ら解析できる(オープンソースの)解析法を用いた。
- ① 浸透流解析を行うときに重要となる「空気の流れ」を扱わない解析方法である。
- ② このため、地表面から地中第一層に入る水の動きへの空気圧の影響を考慮できないため、地中第一層への水の流入は浸透率一定(流入係数一定)という「大胆な仮定」をおいて計算する。
- ③ この方法は流域全体の水の収支解析(降雨がどの程度表面流と地中浸透にわかれ、地中浸透したものが地下を流れ、地表に出てきて、表流水になるかの総量の解析)には使えるが、地中の水の流れの推定では、以下の問題が発生する可能性がある。
  - i) 条件によっては、地中の水の流れは飽和度(地中の空気が水に置き換わった割合)や盛り土下部の排水状況に影響される。
  - ii) 地中の水の流れが小さくなるときでも、表面から第一層に水が一定量入り続ける。  
(空気の流れ、盛土下部の排水不良を表現できていないため土中に水が入りすぎる)
  - iii) 第一層に強制的に水が入るが、第二層以下の透水性が低いときは、地下浸透しない。
  - iv) そのため、計算上はすぐに表層から水が流出する。

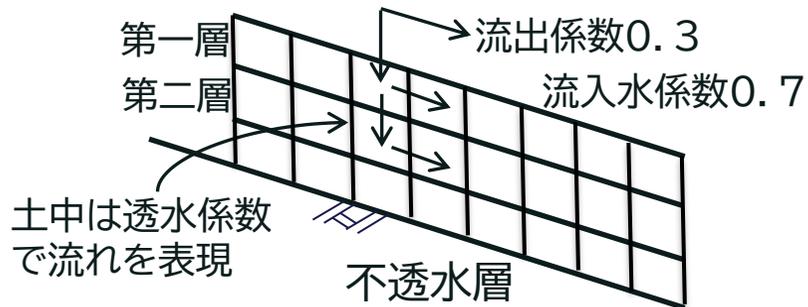
# 実現象とシミュレーションモデルの仮定



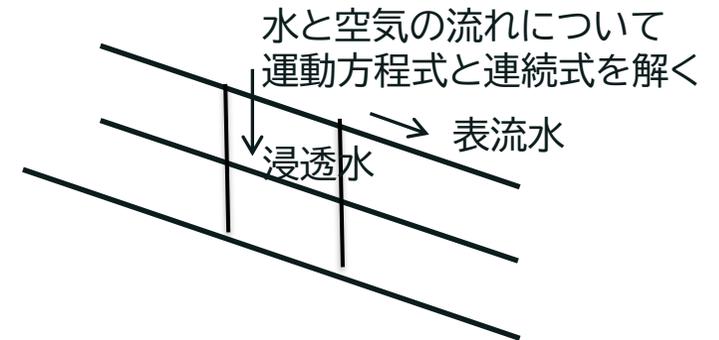
## 《実現象》

雨水は土中に浸透するが、その量は土中の空気圧と流れに影響される。したがって、精度の高いシミュレーションを行うためには空気の流れや土中の空気圧について表現できるものであることが必要である。(難波修士論文)

**シミュレーションモデル1** : 地表(空中)から土中第一層への流入を流入係数0.3で表現(土中の空気圧や流れは表現)



**シミュレーションモデル2** : GETFLOWSなど  
地表面と地中の水の流れを表現できる



欠点 : 強雨時にも第一層には計算上大量の水が流入する。

一方、第二層より下は透水係数が小さいため、水の流入流出量は小さい。

計算結果 : 表面部分に鉛直に大きな流入量速が発生するが下流には流れていない。

# コンサルタントが用いた解析手法－流入係数(浸透率)は常に一定

住民地域 : 流出係数=0.5, 浸透率 =0.5

設定根拠は、解析領域の住民地域には一戸建てが多いので、表 8.2-8の用途別総括流出係数の標準値を参考にして流出係数を0.5に設定している。

森など地域: 流出係数=0.3, 浸透率 =0.7

設定根拠は、解析領域の森など地域には斜面勾配が40度以下になる部分が多いので、表 8.2-8の勾配緩い山地の中間値を参考にして、流出係数を0.3に設定している。

崩壊地域: 流出係数=0.45, 浸透率 =0.55

根拠は、解析領域の崩壊地域では一部分の斜面勾配が40度以上になり、一部分の斜面勾配が40度以下になる。急な山地の影響を大きく考えると、崩壊地域の流出係数は、表 8.2-8の勾配急な山地の流出係数の最低値(0.4)と中間値(0.5)の平均値(0.45)を採用している。

(注: 赤下線は難波が加筆)

# コンサルタントが用いた透水係数

## (3) 解析用の物性値

解析を繰り返し実施し、解析結果と観測井戸水位・観測流量の比較を行った。解析値と観測値の誤差を最小限にするために、透水係数や流出係数などを試行錯誤的に調整した。表 8.3-1は、調整した浸透流解析用の物性値を示す。

表 8.3-1 調整した浸透流解析用の物性値一覧表

No	地質名	飽和透水係数 K (m/s)	比貯留係数 (1/m)	飽和体積含水率 ( $\theta$ )	水理特性曲線
1	盛土 B	1.43E-06	0.0001	0.2	図 8.2-40
2	崖錐堆積物 Dt	7.85E-07	0.0001	0.2	図 8.2-40
3	ローム Lm	1.00E-05	0.0001	0.2	図 8.2-40
4	伊豆山デイサイト Izl	1.00E-07	0.0001	0.2	図 8.2-40
5	溪流堆積物 Rd	1.79E-05	0.0001	0.2	図 8.2-40
6	湯河原火山噴出物（安山岩質凝灰岩）An	1.00E-07	0.001	0.1	図 8.2-41
7	湯河原火山噴出物（安山岩）An-Tu	9.51E-08	0.001	0.1	図 8.2-41
8	熱海火山噴出物 At	1.00E-07	0.001	0.1	図 8.2-41

CASE1解析のINPUTデータの詳細は、付録ー3に記載している。

出典：⑤ P8-53

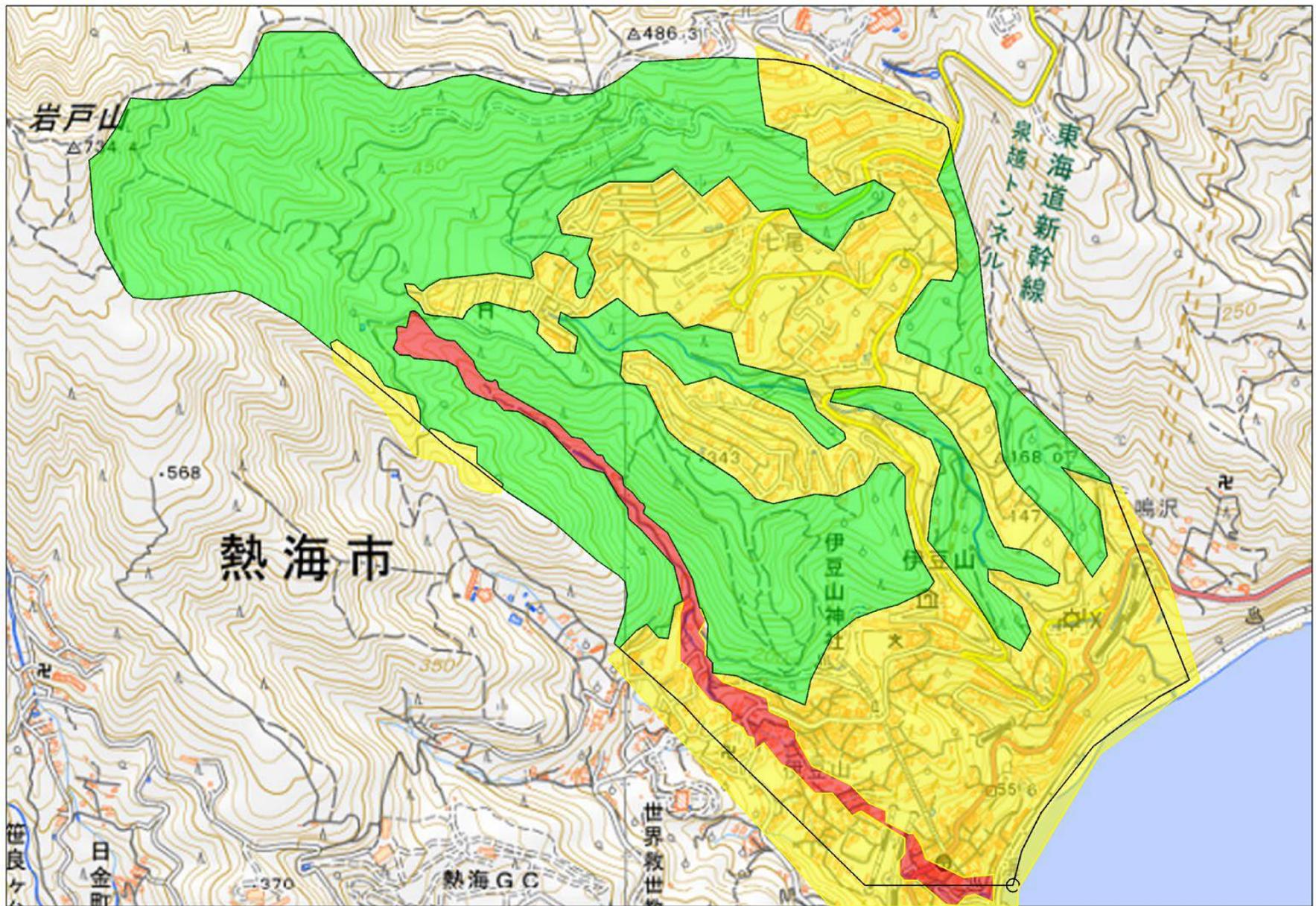
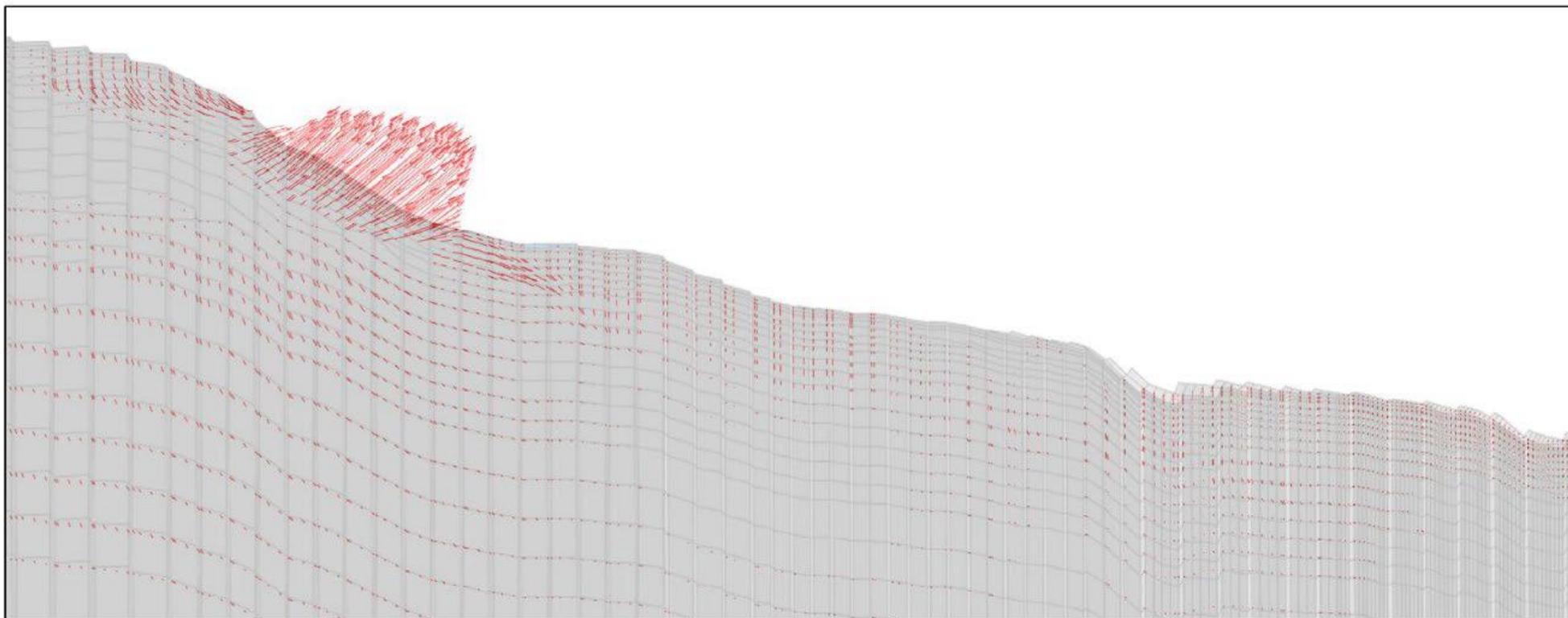


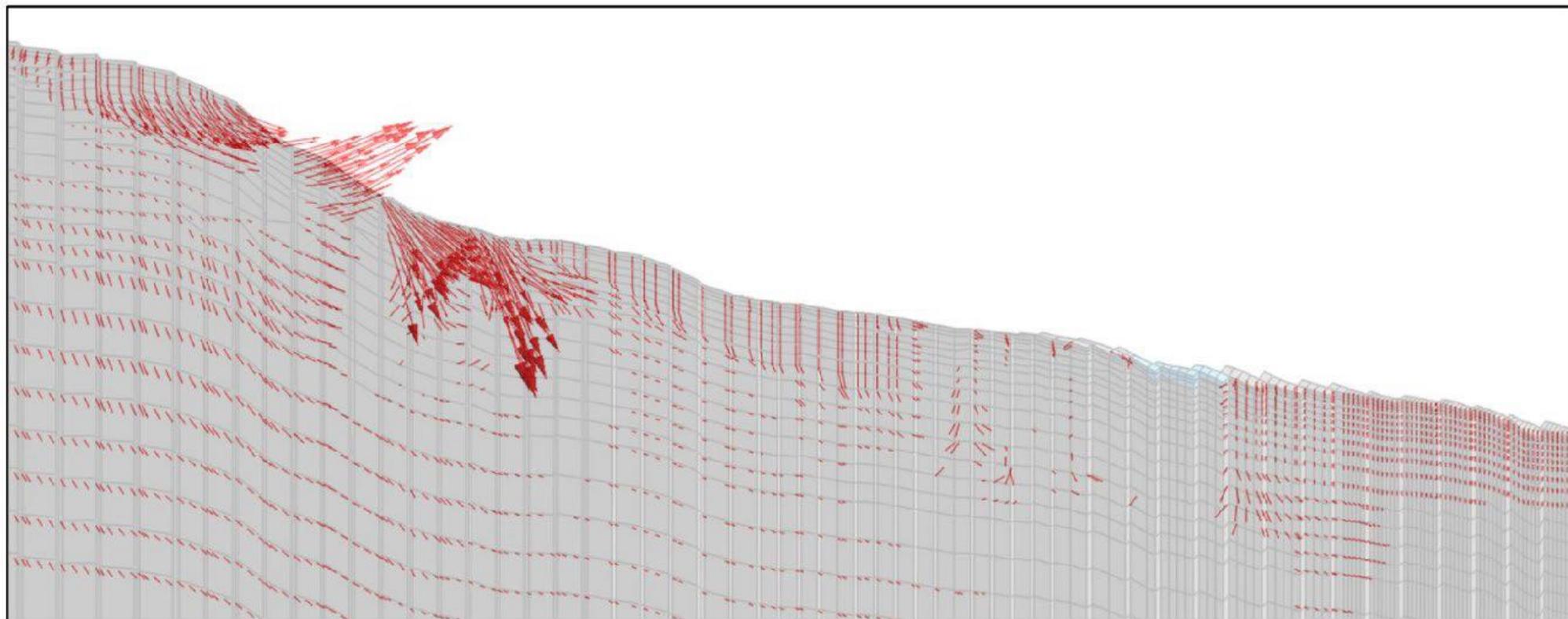
図 8.2-44 解析領域の土地利用図

出典：⑤ P8-49



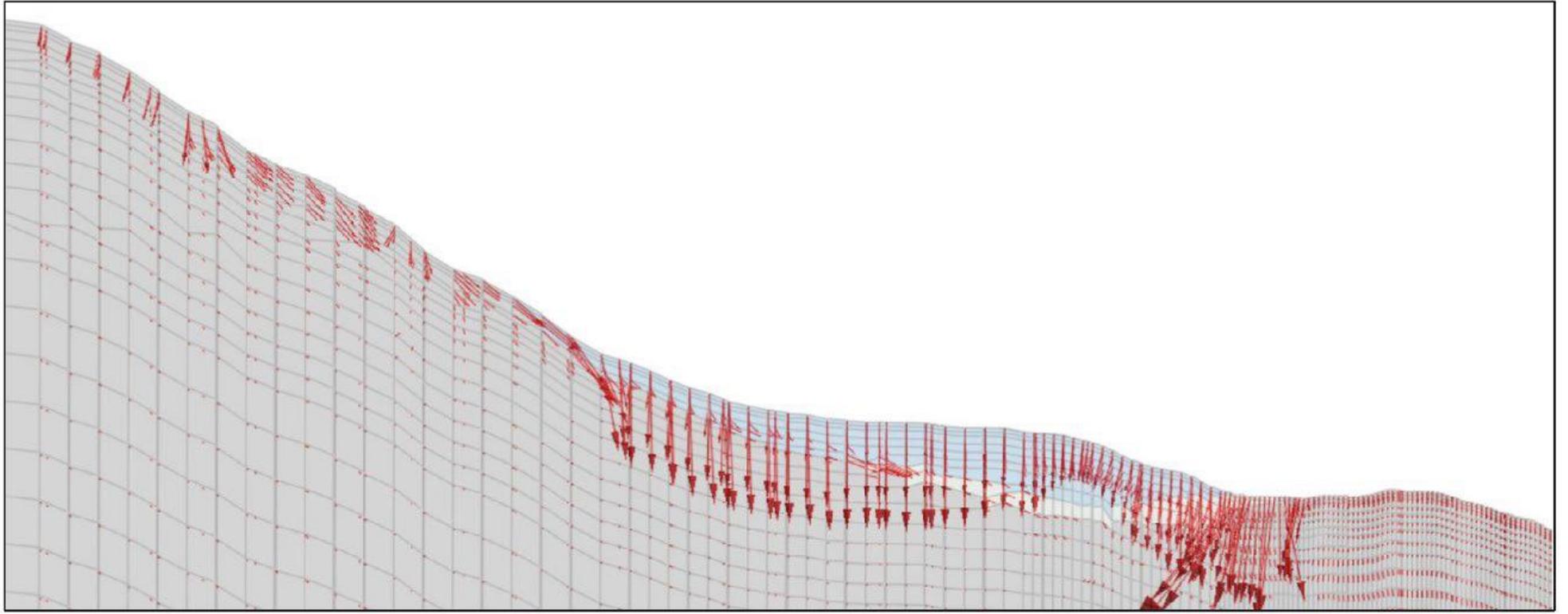
(b) 流速ベクトル分布図

図 8.3-27 A断面の全水頭コンターと流速ベクトル図(10月14日)



(b) 流速ベクトル分布図

図 8.4-16 A断面の全水頭コンターと流速ベクトル図(6月28日)



(b) 流速ベクトル分布図

図 8.4-19 B断面の全水頭コンターと流速ベクトル図(7月3日)

# コンサルタントによる浸透解析結果を検証資料として用いなかった理由

浸透流解析について、これ以上のフィッティングを実施しての解析は厳しいと判断したため、今後は以下の作業のみを実施する。(業務打合せ・協議議事録 2022年2月25日 静岡県)

## (委員会の判断)

- ・斜面の安定性を解析するにあたっては、表流水、浸透水、地下水の流れを推定することが望ましい。
- ・このため、県は、原因究明委員会と相談の上、数値シミュレーションを実施することにした。原因究明を支援しているコンサルタントから、解析手法の提案があった。
- ・委員会は現地の複雑な地形や解析手法から見てコンサルタントの解析方法では実現象の再現性は低いと指摘した。
- ・コンサルタントは解析精度には自信があるというので、一応解析を試みることにした。
- ・解析結果は現象の再現性が低いものだった。また、その解析手法はこの場所の問題を扱うには不十分なものであることがわかった。
- ・このため、この方法による解析は中止した。(参考とするため、地下水の流面がわかる図を作成することとした。→その結果が図8-4)
- ・より精度の高い方法であるGETFLOWSによる解析も選択肢としてはあった。しかし、数値解析に与える透水係数などは推定値にすぎず、土質条件の局所的な変化やパイピングホールの存在などを考慮しにくいという問題があった。
- ・よって、数値シミュレーションは行わず、ボーリングや電気探査などをより詳細に行い、地中の水の流れを直接計測し、それによって地中の水の流れを推定することとした。

業務打合せ・協議議事録

発注者 承認印	総括 監督員	主任 監督員	主幹	監督員	受注者 承認印	管理 技術者	担当技術者	
発注者	静岡県				受注者名	(株)オリエンタルコンサルタンツ		
業務名	7月1日からの大雨により崩壊した逢初川源頭部解析調査業務				回数	第6回		
出席者	発注者	砂防課 杉本課長、鈴木主査			日時	令和4年2月25日(金) 14:00~15:20		
	受注者	(株)オリエンタルコンサルタンツ [REDACTED] (株)アサノ大成基礎エンジニアリング [REDACTED]			場所	静岡県庁、Web		
<p>・2月21日に実施した副知事・委員協議の結果を受けた今後の作業方針について指示を受けた。</p> <p>1. 浸透流解析</p> <p>・浸透流解析について、これ以上のフィッティングを実施しての解析は厳しいと判断したため、今後は以下の作業のみを実施する。</p> <p>① 砂防課から提供された徳島大で作成された資料を参考に、<u>3次元的に地下水の流向がわかる図を、現況解析結果から作成すること。</u></p> <p>② 現況解析にフィッティングされたパラメータをもとに、以下の計算を実施する。ただし、計算開始日時と、地下水位等の初期条件は発注者が再度確認の上指示をする。受注者は、計算に要する時間を報告すること。</p> <p>解析条件)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地形モデル：盛土がある状態</li> <li>・計算初期水分条件：盛土内は任意で設定してよいが、計算開始日時とあわせて発注者から別途指示する。</li> <li>・パラメータ（物性値）：現況解析結果</li> <li>・計算期間：開始は発注者から別途指示し、終了は令和3年7月3日（崩壊開始時刻）とする。</li> </ul> <p>2. 斜面安定解析</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・今後、作業は実施しない。</li> <li>・小高委員より以下の指摘があったので、業務報告とりまとめ時の結果に留意すること。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・物性値は複数個所の結果の平均値を使うのは好ましくない。</li> </ul> </li> </ul> <p>3. 公表用データ整理について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2月末時点で解析モデルを含む各データについて公表を予定している。</li> <li>・受注者は公表・提供可能なデータを整理して報告すること。また、未来まちづくり室と提出するデータ仕様及び形式等について調整すること。</li> </ul> <p>4. その他</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・本協議の内容は、別途熱海土木からの指示書として発注者より送付する。業務精算のための見積もり等を整理しておくこと。</li> <li>・契約工期については延期する予定である。</li> <li>・検証委員会報告書については副知事確認中である。別途発注者より指示する。また、業務報告書については、委員会報告書完成後、作成する。</li> </ul>								

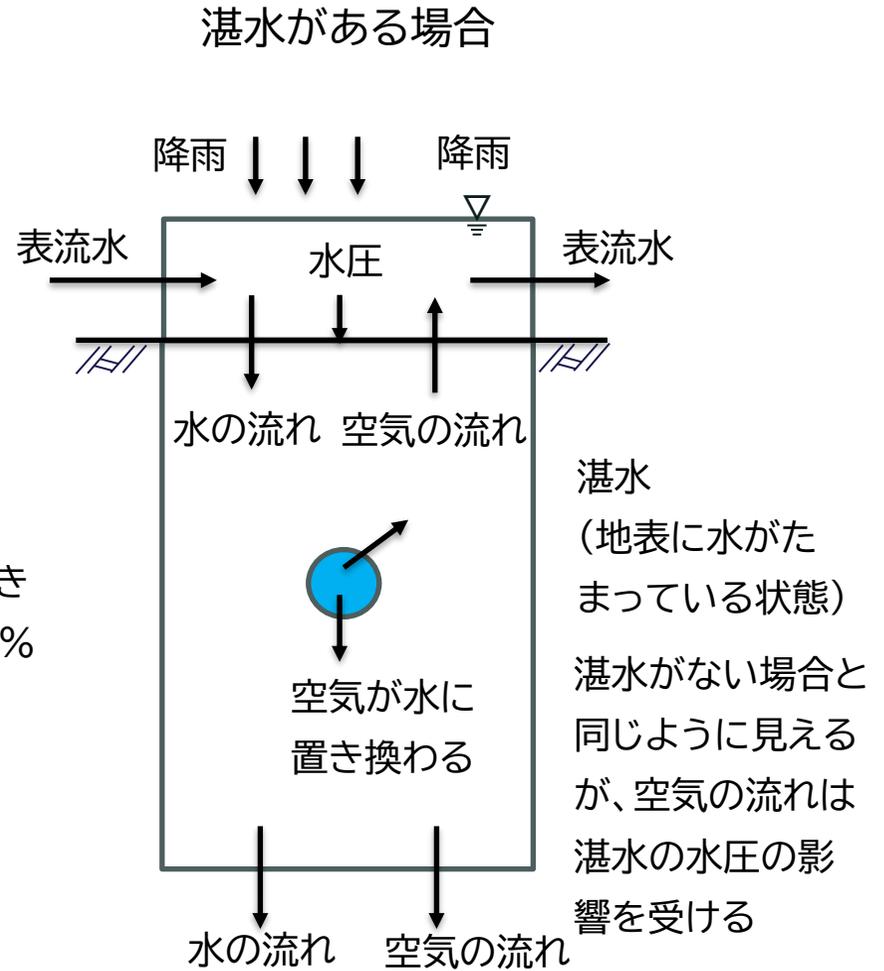
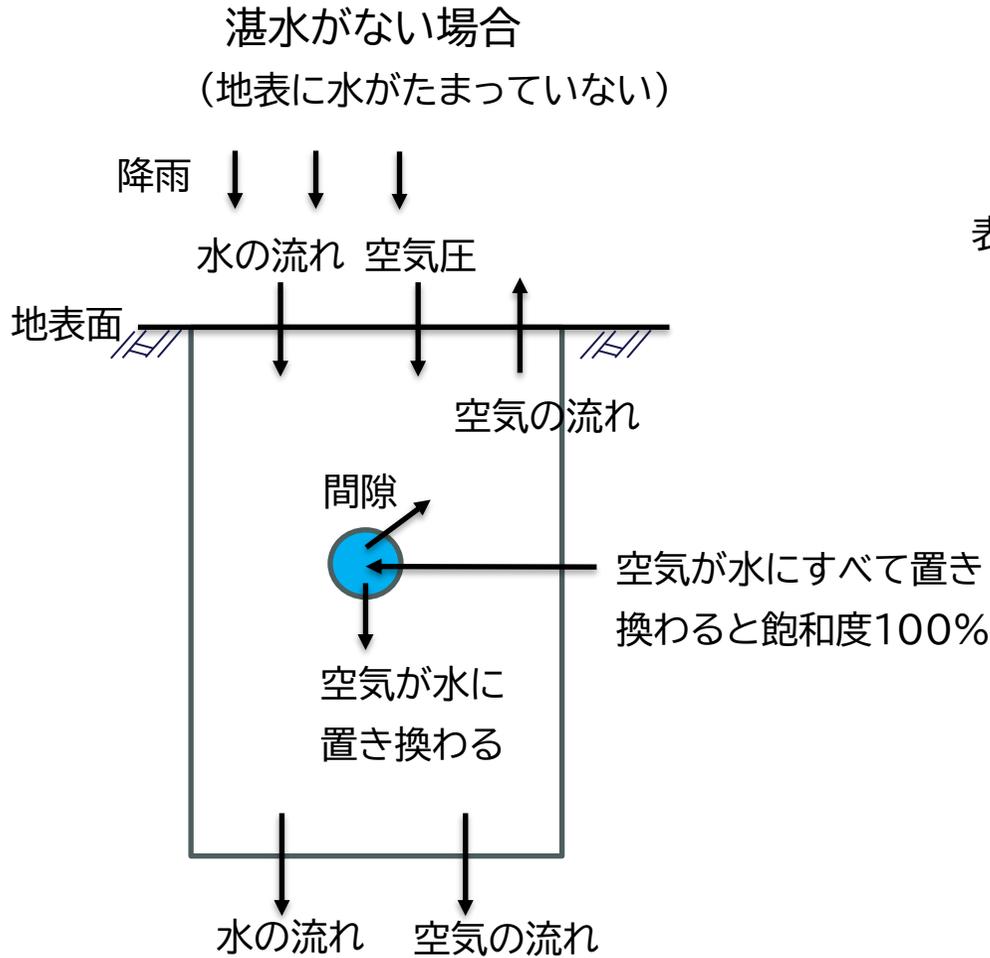
(注:赤下線は難波が加筆)

出典：⑥

以上

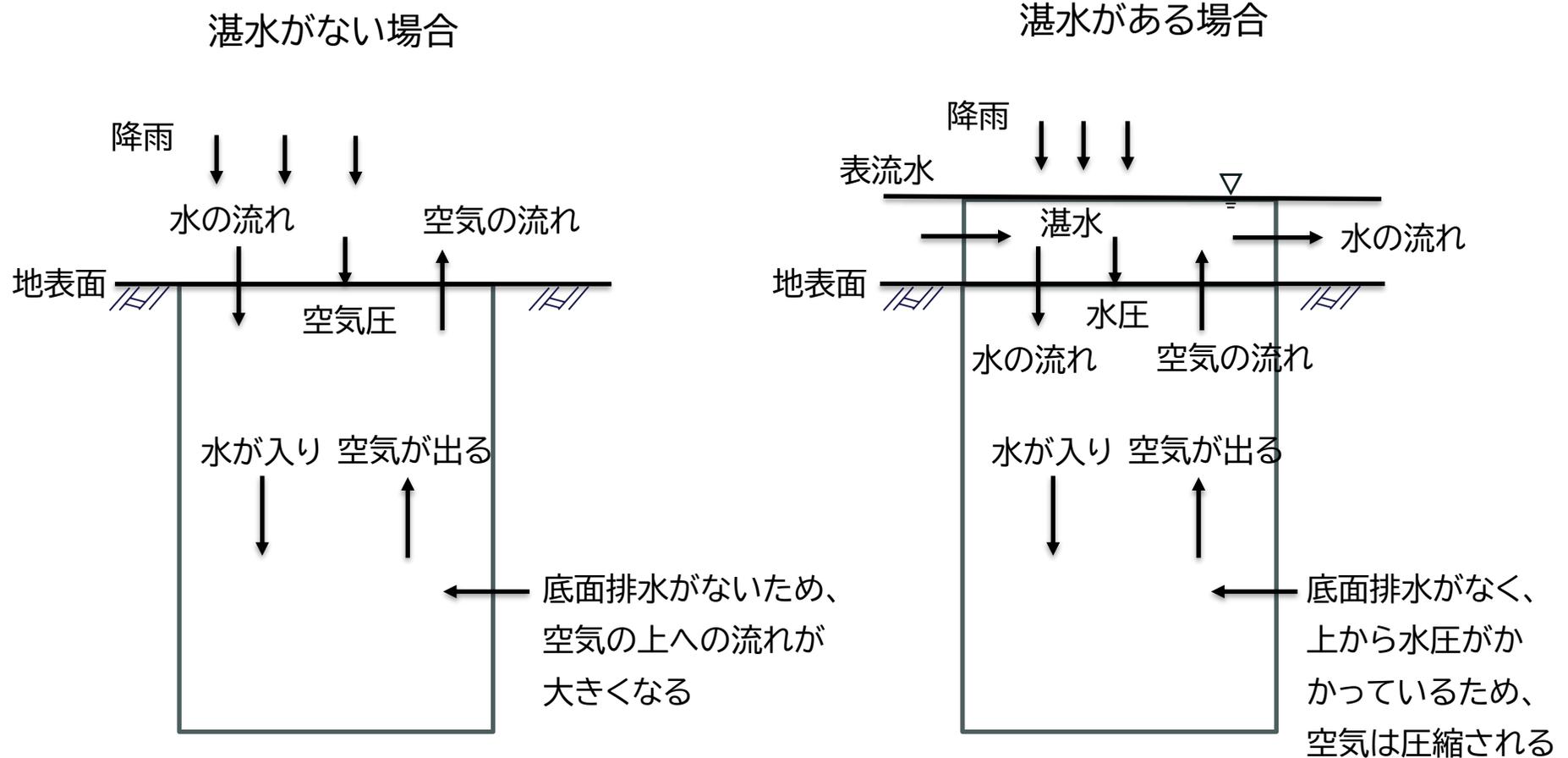
# シミュレーションにおける地表面での水と空気の流れの再現の困難性

(地下排水がある場合)



# シミュレーションにおける地表面での水と空気の流れの再現の困難性

(地下排水がない場合)



⇒ より精度の高いシミュレーションにおいては、水と空気の運動(地表と地中の水・空気2相圧縮性流体の同時流れ)を方程式にする必要がある。

# GETFLOWSの支配方程式(解析方程式)

## 水の空気の流れの取り扱い

### 4.2.2. 地下流体流動

一般化ダルシー則を適用した空気・水2相流れの支配方程式は、以下のように表される。

$$\nabla \cdot \left( \rho_w \frac{Kk_{rw}}{\mu_w} \nabla \Psi_w \right) - \rho_{ws} q_{ws} = \frac{\partial}{\partial t} (\rho_w \phi S_w) \quad (11)$$

← (難波注)空気・水2相流れを取り扱っている。

$$\nabla \cdot \left( \rho_g \frac{Kk_{rg}}{\mu_g} \nabla \Psi_g \right) - \rho_{gs} q_{gs} = \frac{\partial}{\partial t} (\rho_g \phi S_g) \quad (12)$$

上式は多孔質媒体中の水、空気に関する質量保存則を表す。各式の左辺第1項は流動項(移流項)、第2項は生産項、右辺は貯留項を示す。

式中の記号の説明は以下のとおりである。

- $K$  : 絶対浸透率 [ $m^2$ ]
- $S_p$  : 流体相  $p$  ( $= w, g$ ) の飽和度 [-]
- $\mu_p$  : 流体相  $p$  ( $= w, g$ ) の粘性係数 [ $Pa \cdot s$ ]
- $\rho_p$  : 流体相  $p$  ( $= w, g$ ) の密度 [ $kg/m^3$ ]
- $\Psi_p$  : 流体相  $p$  ( $= w, g$ ) のポテンシャル [ $Pa$ ]
- $\phi$  : 間隙率 [-]
- $t$  : 時間 [ $s$ ]
- $q_p$  : 流体相  $p$  ( $= w, g$ ) の生産・消滅量 [ $m^3/m^3/s$ ]

### 4.2.3. 地表・地下流体の完全連成

以上に述べた陸面を流れる地表水と地下地層中の水、空気2相圧縮性流体の同時流れは、流体相毎に質量収支式に、地表水、地下流体のそれぞれの運動量保存則を与えた次の支配方程式によって一般化される。

$$-\nabla M_p - \rho_p q_p = \frac{\partial (\rho_p \phi S_p)}{\partial t} \quad (16)$$

(難波注) ↑  
地表水と地下地層中の水、空気2層圧縮性流体の同時流れを考慮している。

## GETFLOWSを用いなかった理由

- 地質構造が複雑。
  - パイピングホールなど局所的かつ地下水量に影響が大きい水みちが存在する。
  - 地中構造とその土質諸係数(透水係数など)を十分に知ることはできない。
  - その中で、逢初川源頭部への水の流れという、局所的な水の流れを再現する必要がある。
  - GETFLOWSは高度な解析手法であり、一定の再現性を得られる可能性がある。
  - しかし、高度な解析手法を用いても、計算条件(土質諸係数など)の不確実性が高いので、  
計算結果も不確実性が高い。
- ⇒ よって、浸透流解析の数値シミュレーションは取り止めた。

# GETFLOWSによる解析事例…JR東海によるリニアトンネルのありなしの水の流れの変化推定

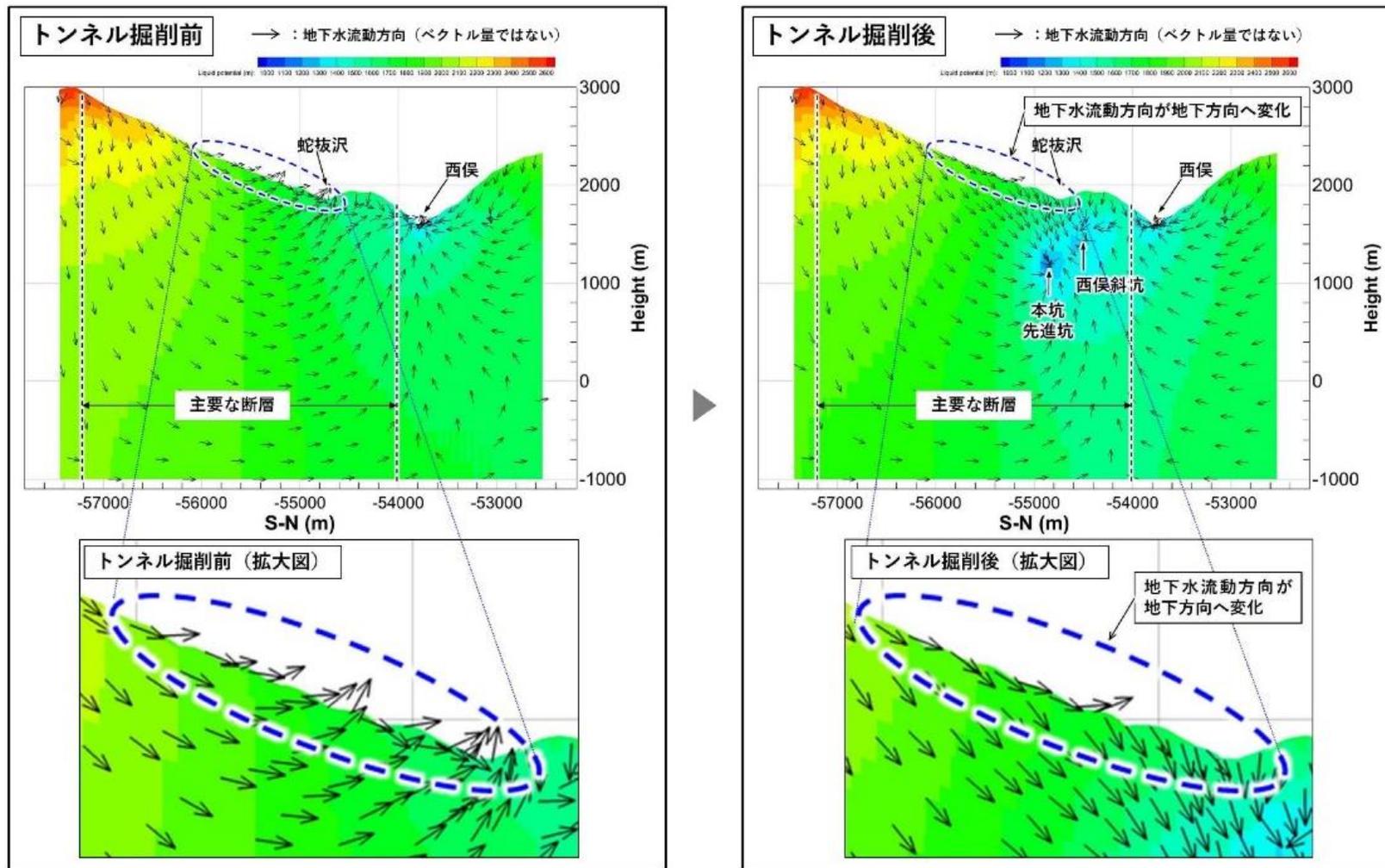


図 3.31 蛇抜沢周辺の全水頭分布と地下水流動方向の変化 (定常解析)

出展：第27回リニア中央新幹線静岡工区 有識者会議 (2023.11.7) 資料2 P3-38

## 5 土石流発生に影響を与えた盛り土周辺環境の事実関係

## 5-1 宅地開発と土石流発生との因果関係

盛り土の初期。右側(北側)は、それ以前に行われた鳴沢川上流域の造成。



2008年12月12日 ヘリコプター撮影（県防災ヘリから）

出典：③ P7

## 隣接する宅地開発が土石流災害発生に影響を与えたのか(難波の推定)

- ① 以前は、鳴沢川流域の上流部の水は、地中に浸透し地下水となっても、いずれ鳴沢川に流れ出ていたと推測される(一部は逢初川流域に地下流出)
- ② 隣接する宅地開発は、鳴沢川を埋め立てたため、鳴沢川の上流部を消滅させる結果となった。
- ③ 逢初川の源頭部付近は、鳴沢川より標高が30~40m低い。  
このため、鳴沢川上流域の表流水、地下浸透した水の一部または多くが逢初川源頭部付近に流れ込むようになった。
- ④ 宅地造成の終了後、逢初川源頭部で盛り土が始まった2007年頃には、雨が降れば鳴沢川上流域の水の一部または多くの水が逢初川へ流入するようになっていたと推定される。
- ⑤ 水が集まってくる谷に不適切に盛り土をした。

⇒ 宅地開発が終了したという条件下で、不適切な盛り土が行われた。

不適切な盛り土が行われなければ、土石流は発生しなかった。

宅地開発は水が逢初川により多く集まる状態をつくったが、宅地開発者やその開発の許可者が盛り土による土石流発生を問われることはない。

(理由)宅地開発と土石流発生という結果には相当因果関係がないため。

# 先行宅地開発と土石流発生の相当因果関係

先行宅地開発:盛り土とは関係なく行われた。

盛り土 :先行宅地開発は所与の条件として実施。

不適切な工法

先行宅地開発と土石流発生の相当因果関係:

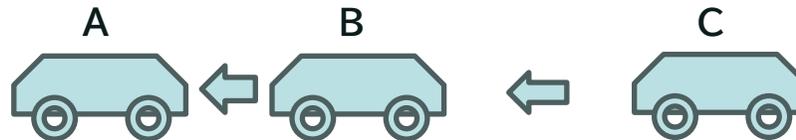
先行宅地開発があったから土石流が発生したのではない(相当因果関係はない)。

先行宅地開発があり、その後、別の場所で盛り土がなされ、その盛り土により土石流が発生した(盛り土と土石流発生には相当因果関係がある)。

《参考》



Aが赤信号で停車し、  
BはAの後ろに短い車間距離で  
停車した。



Cの前方不注視でBに追突した。

CによるBへの追突により、BがAに追突した。

(Aの主張)

BのAへの追突について、短い車間で停車していたBが悪い。責任がある。

(Bの主張)

相当因果関係はCの前方不注視によるBへの追突。

Aの被害について、Bは相当因果関係はない。

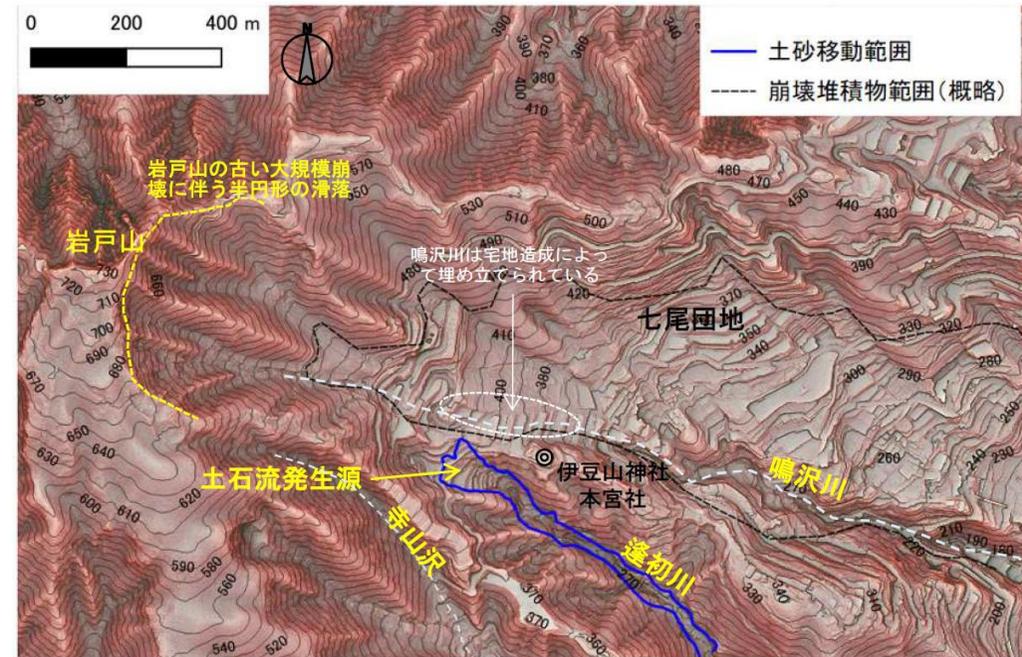
## 発生原因調査委員会と行政対応検証委員会における宅地開発の影響の取り扱いの違い

- 発生原因調査委員会: 鳴沢川の上流域宅地開発により、水の流れが変わり、鳴沢川上流域の降雨が、逢初川の源頭部へ流入する量が増えた。  
その源頭部に盛り土をした。  
水の流れの変化は、土石流発生原因の一つになっているので調査する。
- 行政対応検証委員会: 宅地開発と土石流発生の相当因果関係はないので、県、市は土石流の発生に関し、宅地開発に係る行政対応について責任を問われるものではない。よって、宅地開発の許認可に係る行政対応検証は行わない。

## 5-2 宅地開発による鳴沢川上流域の水の流れの変化



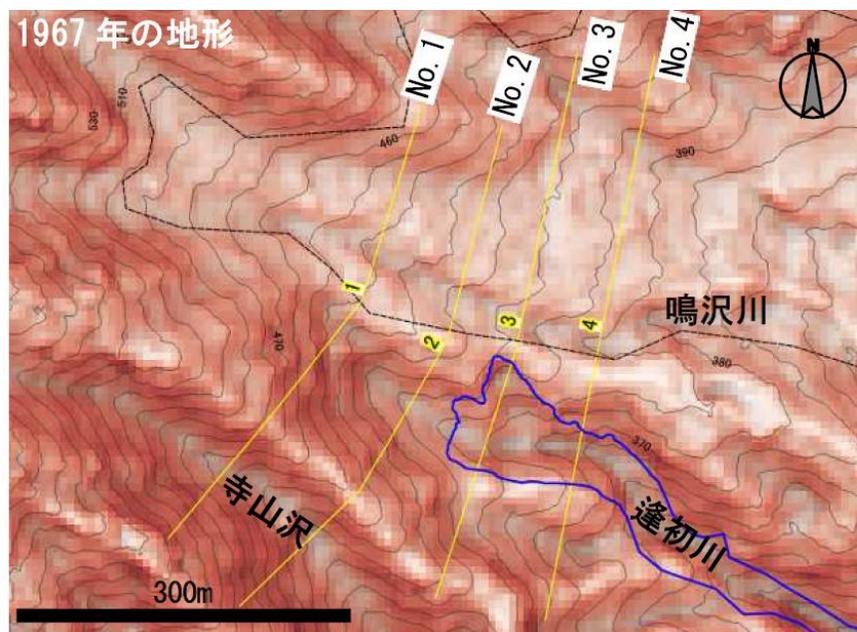
1967年の地形（空中写真から作成）



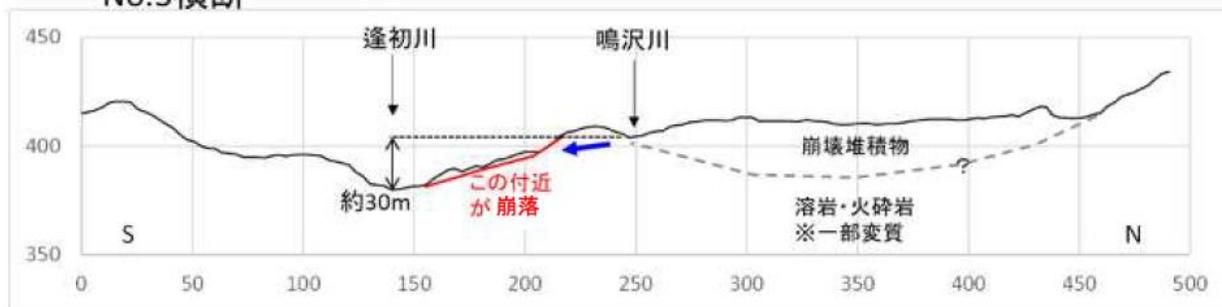
2019年の地形（航空レーザ計測により作成）

図 3-2 逢初川源頭部周辺の地形

測線位置



No.3横断



No.4横断

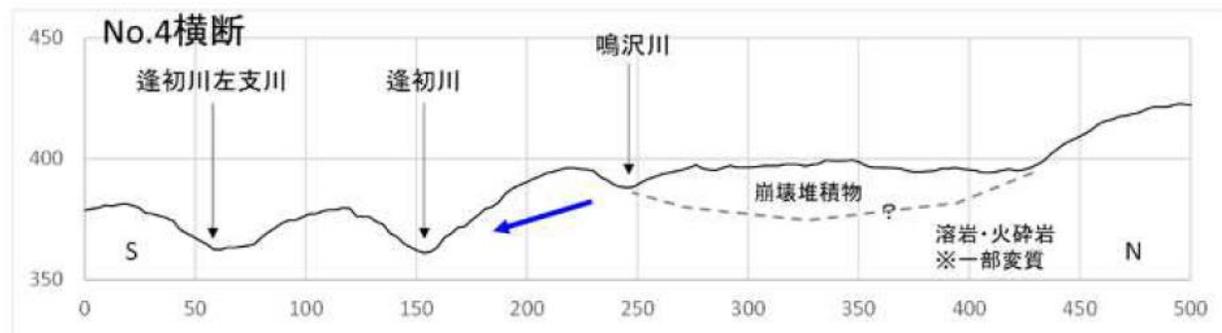


図 3-4 1967年地形による横断図（下流から見た図）

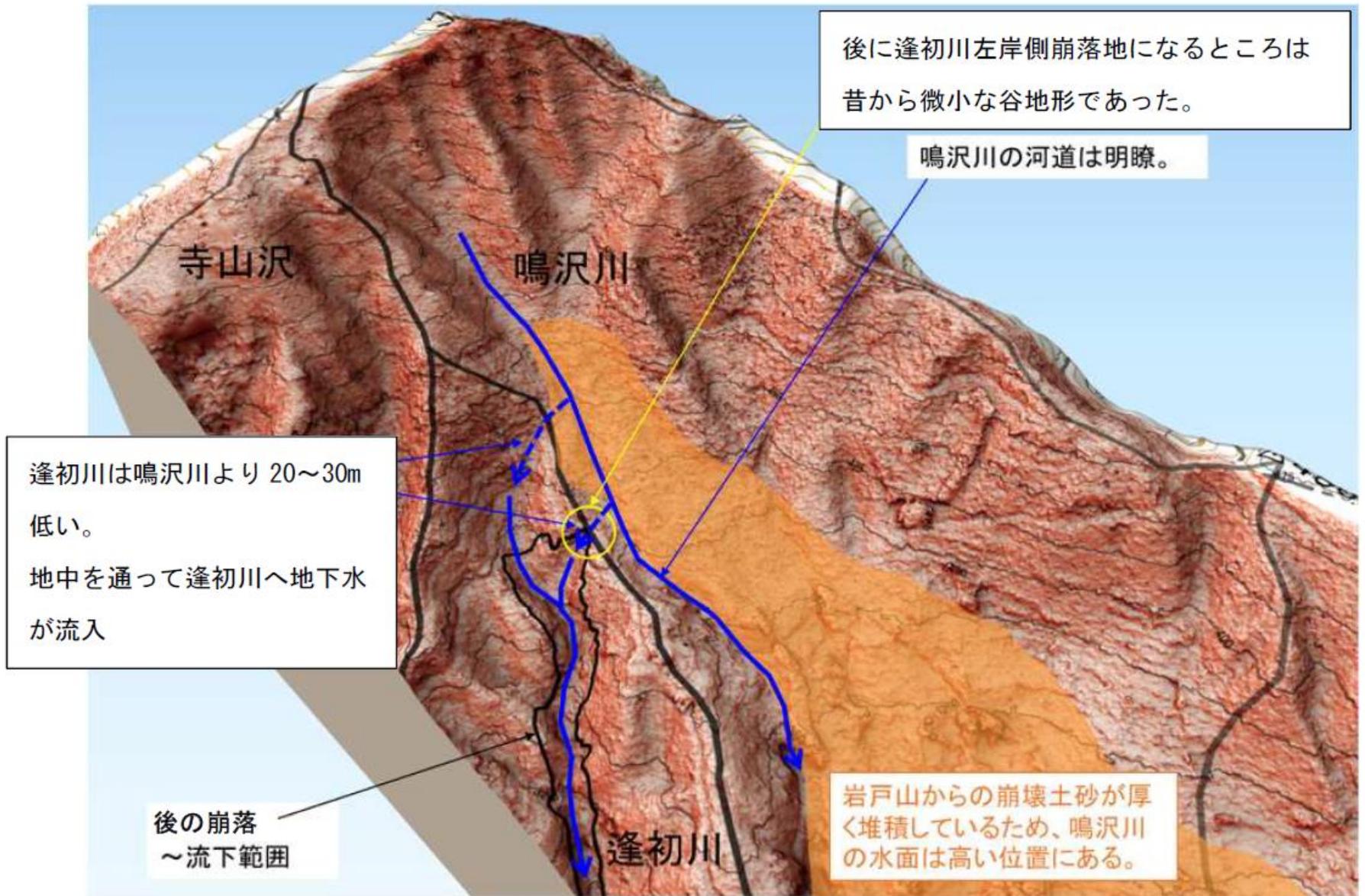


図 5-42 盛り土前の地形と、推察される水の流れ（背景は 1967 年 DSM による鳥瞰図）

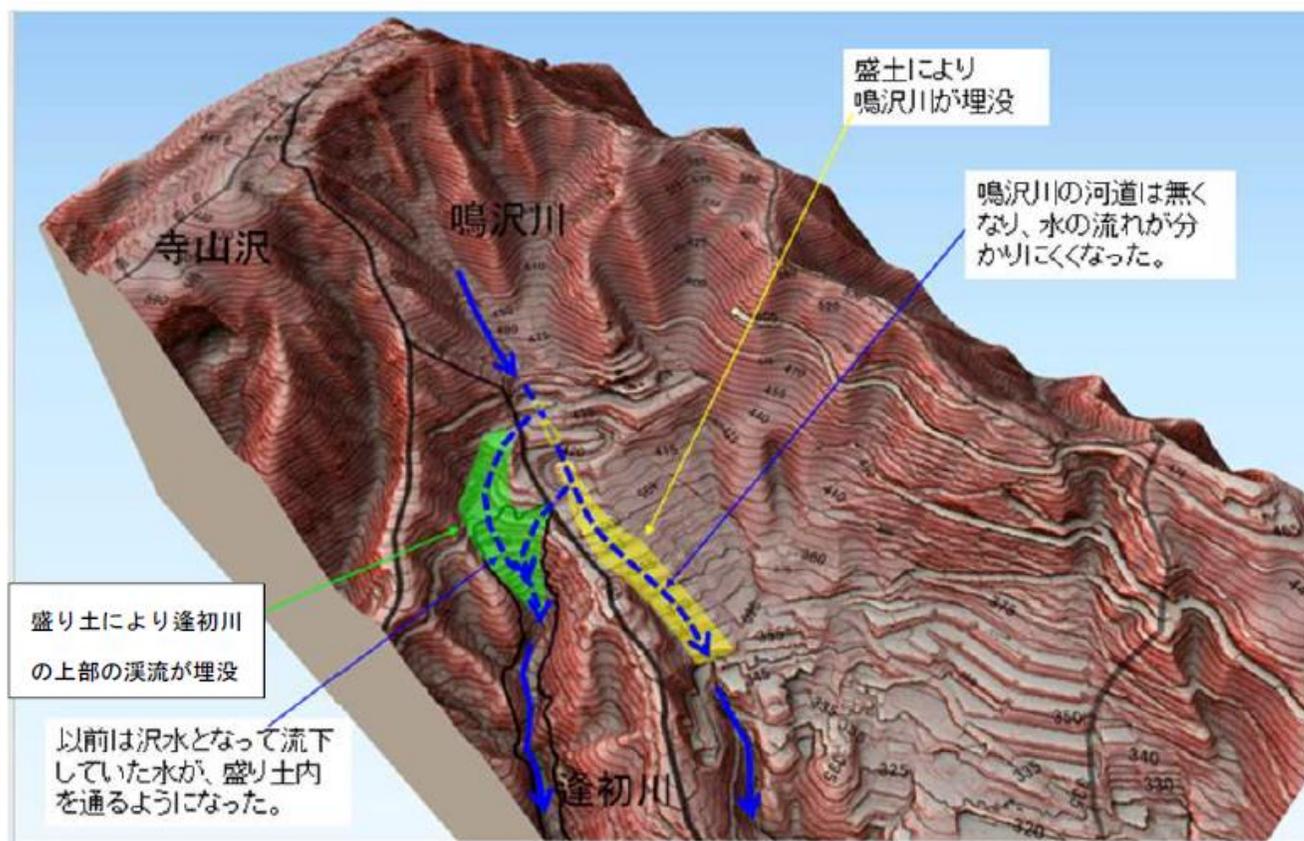


図 5-43 盛り土後の地形と、推察される水の流れ（背景は 2019 年 DEM による鳥瞰図）

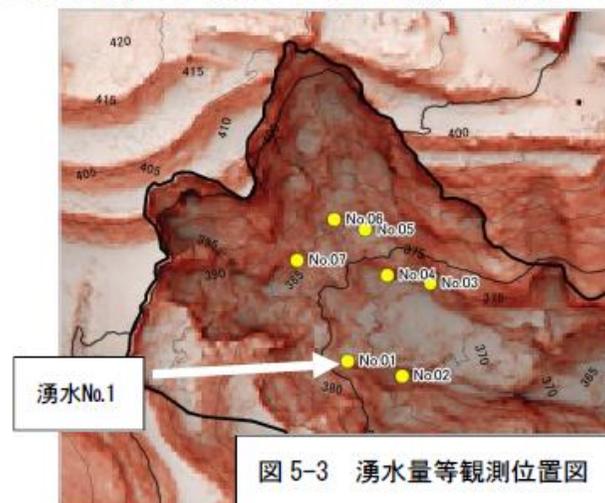


図 5-3 湧水量等観測位置図

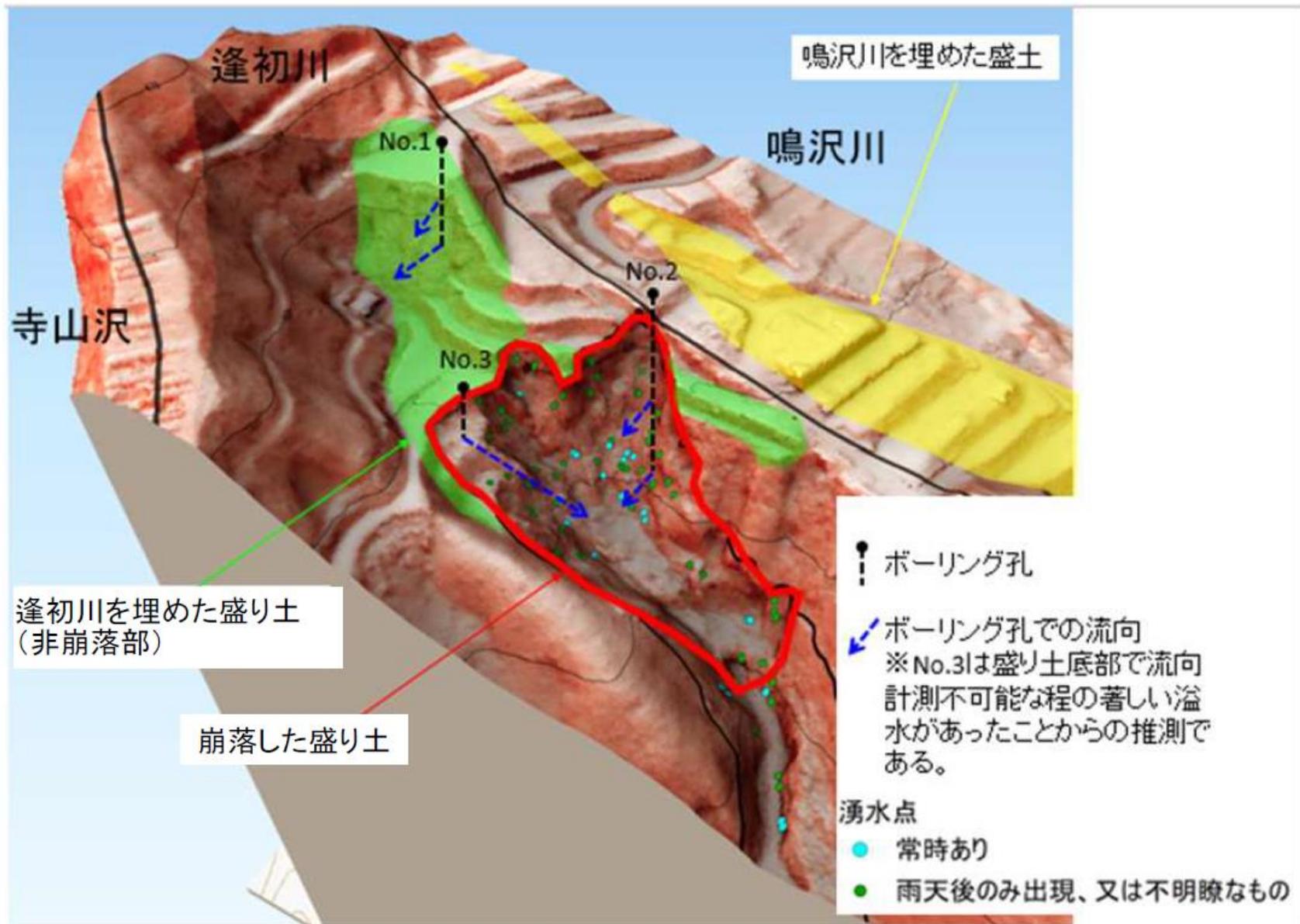


図 5-44 崩落後の地形と地下水の流向及び湧水位置（背景は 2021 年崩落後 DEM による鳥瞰図）

## 5-3 鳴沢川流域の表流水の逢初川への流入

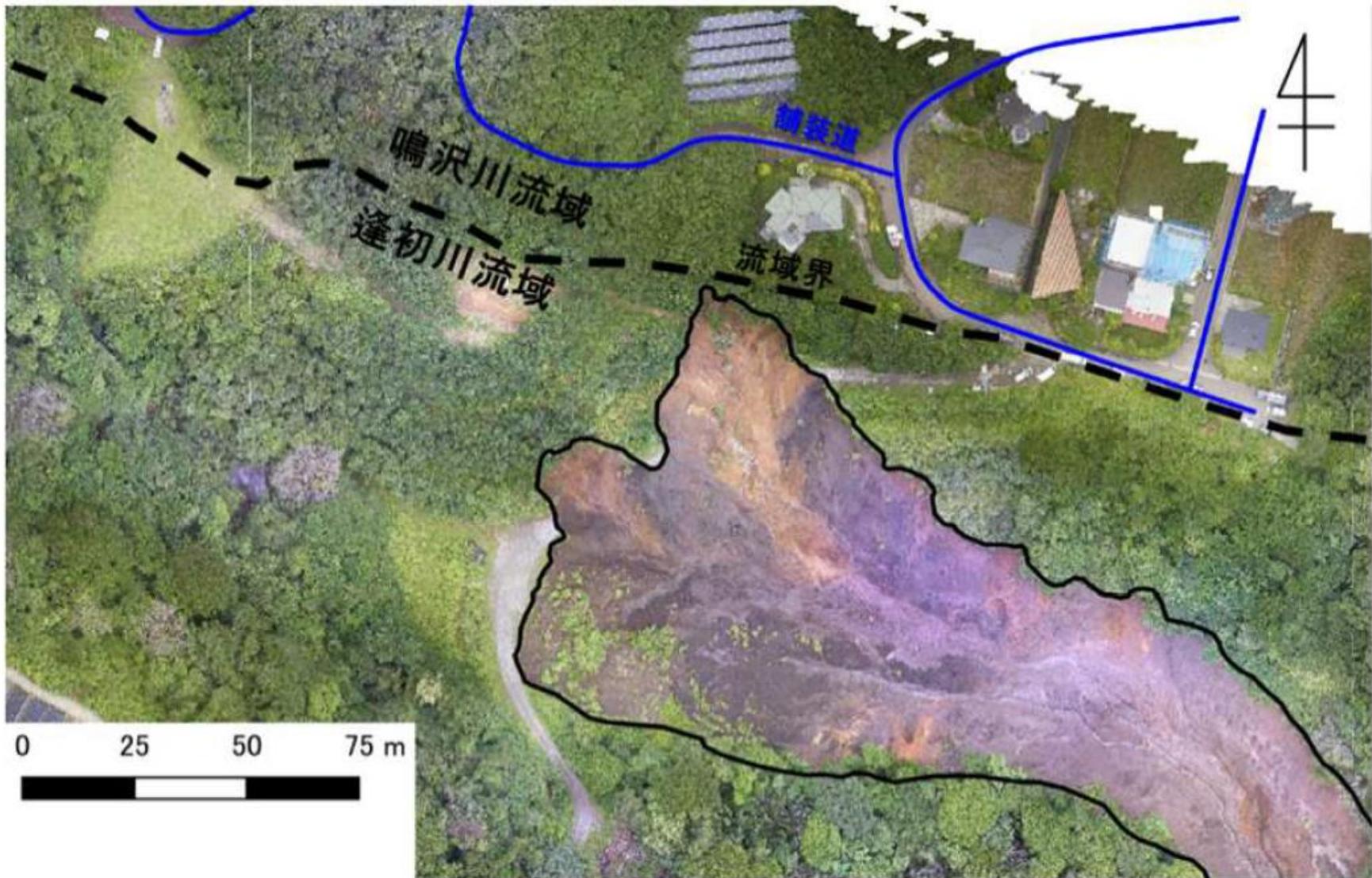


図 2-1 (1) 現地写真位置図

※流域とは、地形から推定された、ある川に降水が集まる範囲のこと、流域界は流域と流域の境

出典：① P2-3

逢初川源頭部の盛り土平坦部。もしここに表流水が流れ込んだ場合には逢初川方面と鳴沢川方面に分散して流下すると考えられる。ただし現地ではいずれの方向にも、明確な流路痕跡は認められない。



写真②② 逢初川源頭部の盛り土平坦部

出典：① P2-11



写真⑳ 崩落地左岸側の別荘地横の道路



写真㉑ 鳴沢川上流の舗装道路

降雨強度が非常に大きい時には、道路上の水深が大きくなって崩落地側に流入する(青矢印)という可能性は否定できないが、現地では明瞭な大きな流路や侵食痕跡は確認されない。



写真⑱ 崩落地左岸側尾根上の道路

出典：① P2-10



難波注：  
中野徳島大学教授ら  
による計算。  
静岡県が地形図を  
提供。ただし、標高は  
○のメッシュのため、  
解析精度には限界が  
ある。

図 5-30 地形改変前地形の累積通水量を表す図



図 5-32 最大浸水深分布（土砂崩壊前地形）  
（中野晋ら（2022.6）発表）

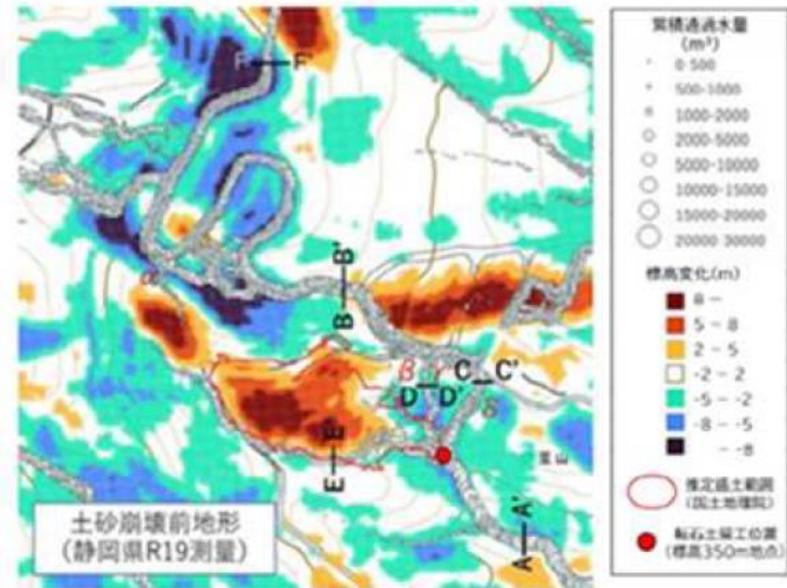


図 5-33 累積通過水量の計算結果  
（土砂崩壊前地形）（中野晋ら（2022.6）発表）

### 5.8.2 県の見解

中野氏らの通過水量はC-C' 断面は0.08m<sup>3</sup>/s、D-D' 断面は0.05m<sup>3</sup>/s(図5-33)であり、そうであれば流水痕が確認できるはずである。崩落発生後の県の現地踏査においては、崩落地左岸側尾根部に明確な流水痕は視認されてなかった。中野氏の見解のような表流水が集中して流入した可能性は低いと考える。

しかし、中野氏らによる分水嶺付近における地形改変の指摘については、今後の開発計画において大変重要な視点である。

## 排水路の閉塞や道路勾配等による表流水の逢初川源頭部への流入について

排水路(側溝)の不良や道路勾配等による表流水の発生については、7月4日とその後も難波自身が現地踏査した。大量に水が流動した明瞭な痕跡が確認されなかった。

下流部では、搜索活動が行われていることから、少しでも逢初川への流入量を減少させるため、県熱海土木事務所に対し、応急で土のうの設置を指示した。また、流況監視を継続し、もし逢初川への明瞭な表流水流入がある場合には、直ちに難波に連絡するよう指示した。その後も逢初川へは鳴沢川流域からの明瞭な表流水流入は確認されていない。

## 5-4 逢初川の源頭部の湧水の状況



出典：④  
2021年7月4日5時45分頃  
難波撮影。右岸側作業道にて。



2021年7月4日6時頃

出典：④ 109

# 2021年9月、10月の県による湧水点調査結果(コンサルタントへ委託)

表 2-1 観測実績

	観測日	撮影時刻	条件	気温	先行降雨	熱画像 撮影	オルソ画像 <sup>2</sup> 作成
1回目	2021年 9月13日	早朝(7:00~)	晴天時	21℃	4日前に累積41mm 1日前に累積0.5mm	○	○
2回目		日中(10:30~)		24℃		○	×
3回目	2021年 9月20日	早朝(5:30~)	降雨後	18.5℃	1日前に累積60mm (台風14号)	○	○
4回目	2021年 10月2日	早朝(5:30~)	降雨後	17.7℃	1日前に累積75mm (台風16号)	○	○

※9月13日の日中観測(第2回観測)では、砂防堰堤の除石に伴うヘリコプターが運行されていたため、低高度での観測のみ行った。そのため、第2回観測では熱画像のオルソ画像<sup>2</sup>は作成していない。

出典：① P2-15

# 湧水点の区分フロー

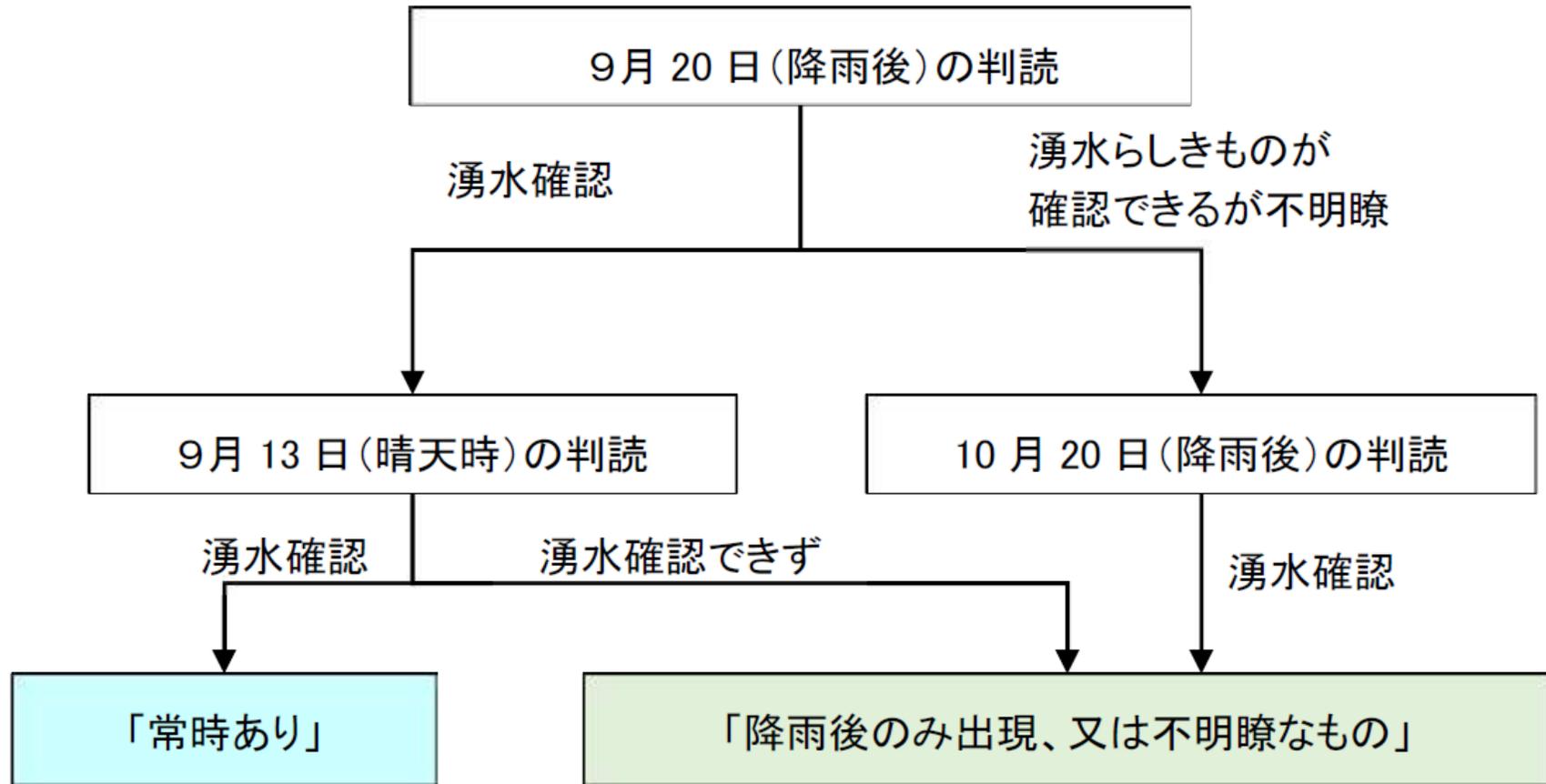


図 2-5 湧水点の区分フロー

出典：① P2-17

# 湧水点調査前後の降雨量



図 2-3 観測日と時間雨量・気温

1 地表面を流れる雨水の侵食などで地表面にできた溝状の地形。「ガリ」または「ガリー」とも言う。

2 写真のひずみ等を除去し地図と重ね合わせできるようにしたもの

出典：① P2-15

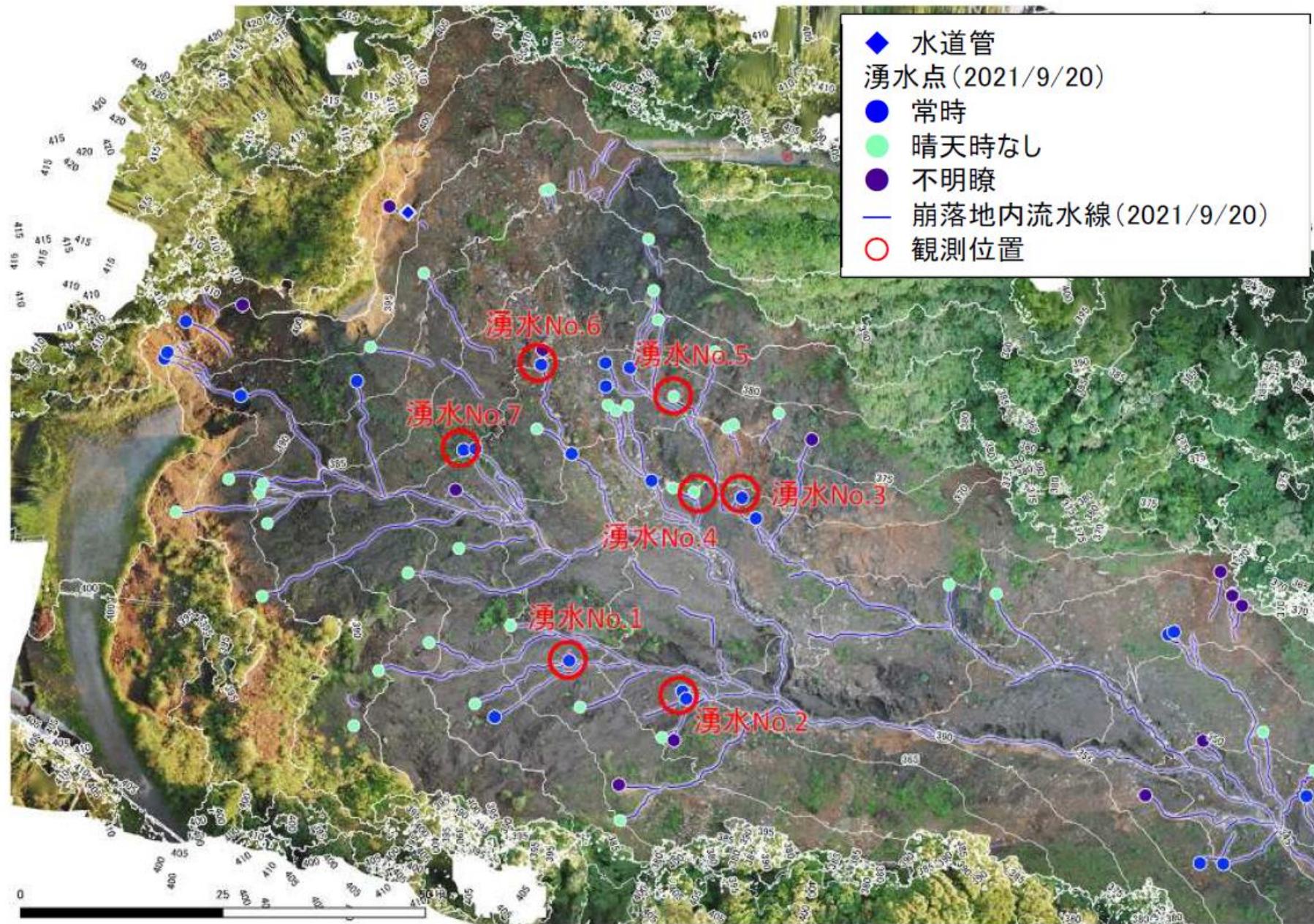


図 5-4 熱赤外画像による湧水点調査結果と観測位置

出典：① P5-3

### 2.3.2 調査結果

作成した湧水地点分布図を図 2-10(背景:オルソ画像)、図 2-11(背景:崩落後地形)に示す。抽出した湧水点(82 箇所)のうち、約70%にあたる57 箇所が逢初川左岸側に分布する。湧水点と1967 年地形(DSM 標高データから作成)を重ね合わせると(図 2-12)、左岸の谷地形部分に多くの湧水点が位置していることがわかる。このことは、北側の鳴沢川流域からの地下水が、相対的に標高の低い逢初川側に流入動・湧出している可能性を示唆している。これらの地形判読や熱画像の解析から、逢初川は他流域(特に鳴沢川流域)からの地下水流入が多い溪流であると推定できる。

赤下線は難波が加筆

(注:オルソ画像とは航空写真の傾きなどを補正し、真上から見たような正確な位置と大きさで表示する技術)

出典 : ① P2-16

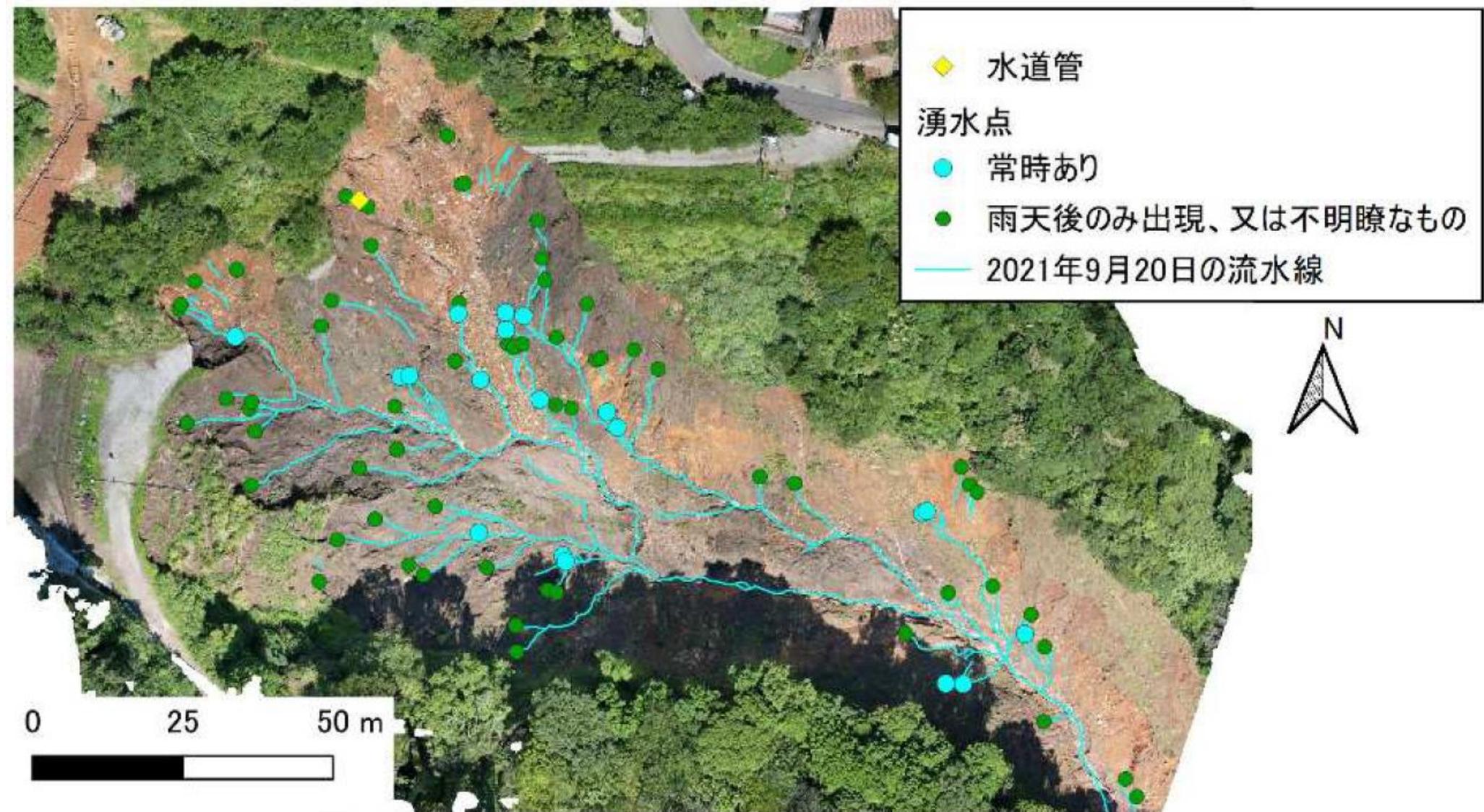


図 2-10 湧水地点分布図（背景：2021年9月10日オルソ画像）

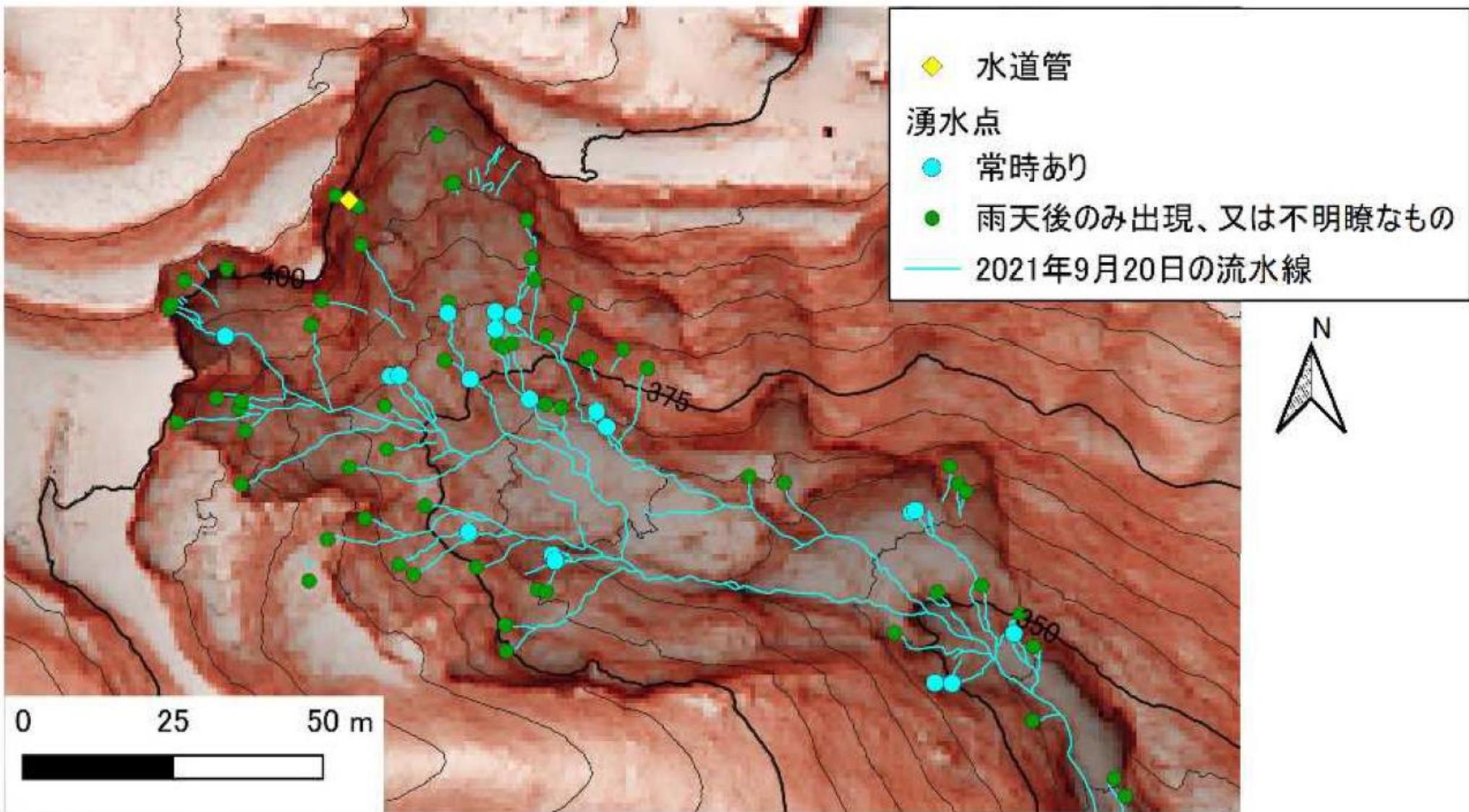


図 2-11 崩落後湧水地点分布図（背景：崩落後地形）

出典：① P2-20

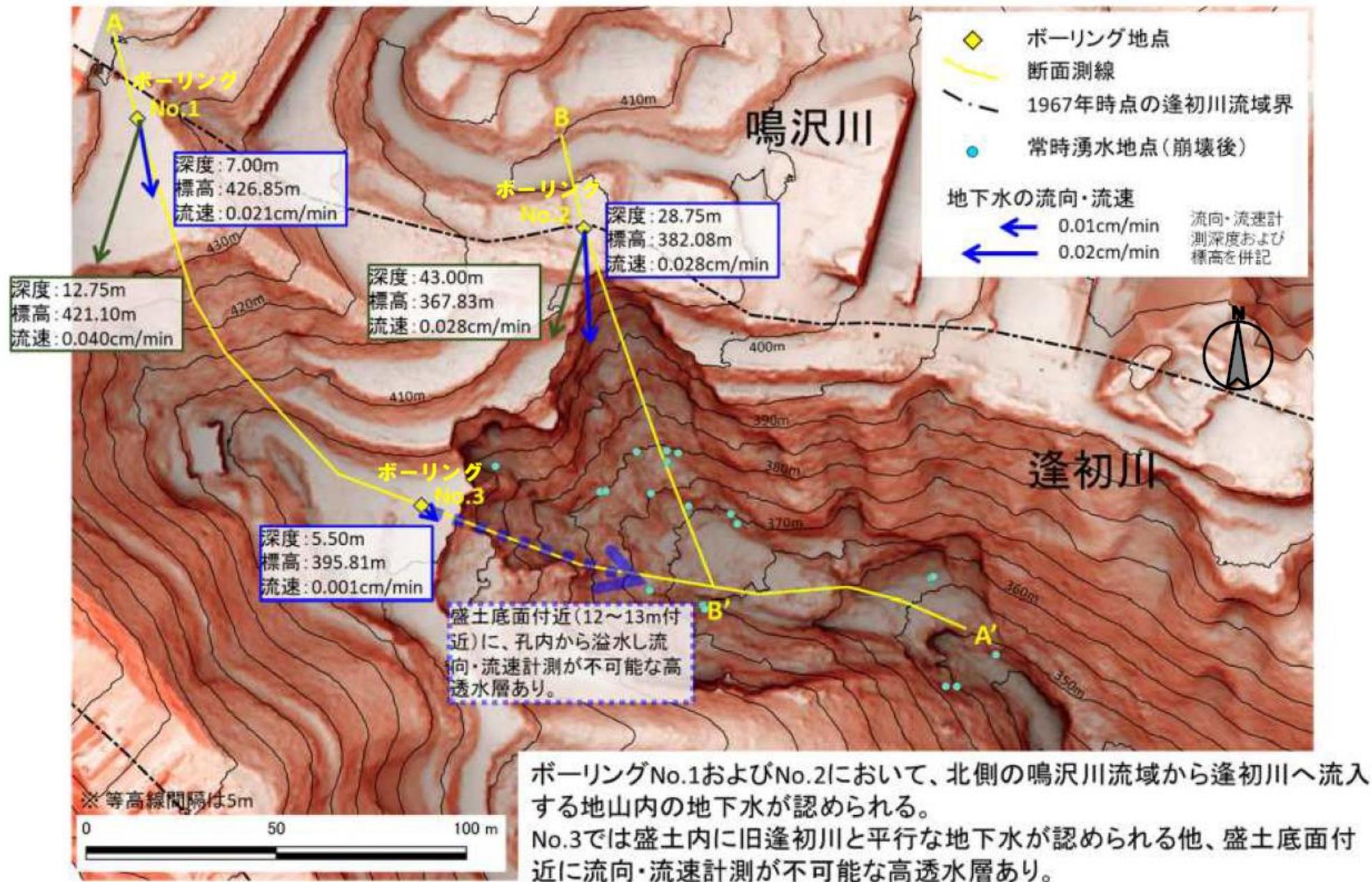


図 5-34 ボーリング孔における流向・流速計測結果 出典：① P5-31 117

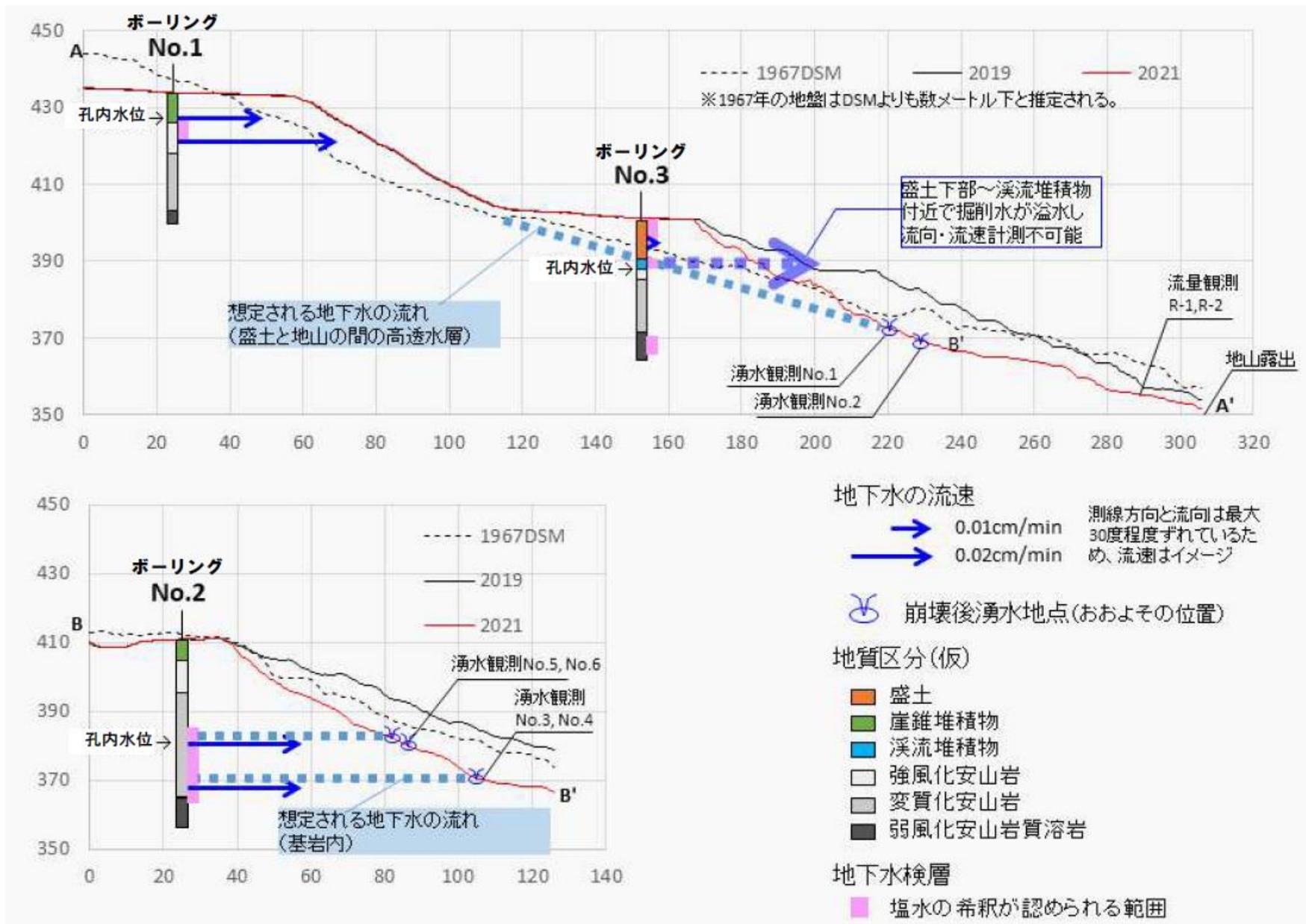


図 5-35 測線 A-A' および測線 B-B' の断面図

## 5-5 盛り土の排水状況

2007年5月22日

2007年5月22日撮影  
(県東部農林事務所現地調査)



沢の本流の標高 350m 付近に転石土留、その 20mほど上流に土留柵。  
森林はすでに広範囲に伐採されている。

出典：① P3-17

2010年8月31日

2010年8月31日撮影  
(県東部健康福祉センター現地調査)

残土処分場の中腹あたりで、固化剤を混ぜながら修復していた。



崩れた場所から上段を望む。赤い線あたりから上の土に木くずが混入している。



残土の状況。20~30cm程度の木の棒がかなり混入している。



難波注:盛り土施工時は、盛り土の水分量が多く、  
固化剤を入れて固めながら盛り土を整形していた

# アメダス網代 日雨量(2011年8月)

## 《所在地》

静岡県熱海市網代500-1

## 《月雨量》

185.0mm

## 《日雨量》

日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
雨量(mm)	0	0	--	2	7.5	0	0	0	--	--	
日	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
雨量(mm)	--	--	0	--	--	--	--	--	15	0	
日	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
雨量(mm)	11	34.5	5	77.5	24.5	5	0.5	--	--	1.5	1

# 参考(2011年8月)

網代(静岡県) 2011年8月(日ごとの値) 詳細(N時間降水量)

日	N時間降水量													
	最大1時間降水量(10分間隔)		最大3時間降水量		最大6時間降水量		最大12時間降水量		最大24時間降水量		最大48時間降水量		最大72時間降水量	
	値(mm)	時分	値(mm)	時分	値(mm)	時分	値(mm)	時分	値(mm)	時分	値(mm)	時分	値(mm)	時分
1	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	5.5	15:10	5.5	24:00
2	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	5.5	15:10
3	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--
4	2.0	23:40	2.0	24:00	2.0	24:00	2.0	24:00	2.0	24:00	2.0	24:00	2.0	24:00
5	4.5	17:20	5.0	19:10	5.0	22:10	6.5	21:20	9.5	22:40	9.5	24:00	9.5	24:00
6	0.0	--	0.0	--	0.0	--	5.0	04:10	7.5	01:10	9.5	22:40	9.5	24:00
7	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	7.5	01:10	9.5	22:40
8	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	7.5	01:10
9	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--
10	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--
11	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--
12	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--
13	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--
14	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--
15	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--
16	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--
17	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--
18	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--
19	7.0	19:00	14.5	19:30	15.0	19:30	15.0	24:00	15.0	24:00	15.0	24:00	15.0	24:00
20	0.0	--	0.0	--	6.5	00:10	15.0	01:30	15.0	13:30	15.0	24:00	15.0	24:00
21	5.0	18:00	7.5	18:50	8.0	20:50	11.0	18:50	11.0	24:00	20.0	16:30	26.0	24:00
22	7.0	08:00	14.5	04:40	22.0	09:00	34.5	12:30	42.5	14:50	45.5	24:00	60.5	13:30
23	3.0	10:20	3.0	12:20	5.0	10:20	5.0	16:20	34.5	00:30	48.0	09:50	50.5	24:00
24	20.5	19:10	39.5	20:00	57.5	18:30	77.5	24:00	77.5	24:00	82.5	24:00	117.0	24:00
25	17.5	03:30	21.0	03:50	30.5	00:10	78.0	00:30	102.0	12:20	105.0	09:20	129.0	03:10
26	2.5	21:50	5.0	23:50	5.0	24:00	5.0	24:00	24.0	00:20	102.0	12:20	107.0	24:00
27	0.5	03:30	4.0	00:10	5.5	02:50	5.5	08:50	5.5	20:50	29.0	00:20	107.5	12:20
28	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.5	02:30	5.5	20:50	29.5	00:20
29	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.0	--	0.5	02:30	5.5	20:50
30	1.5	24:00	1.5	24:00	1.5	24:00	1.5	24:00	1.5	24:00	1.5	24:00	1.5	24:00
31	2.0	00:40	2.5	02:40	2.5	05:40	2.5	11:40	2.5	23:40	2.5	24:00	2.5	24:00



排水状況が悪く、小段の上に水たまり、左岸側に水みち、崩壊が見られる

2011年8月30日撮影

(難波 注) 2011年8月30日は、25日までにまとまった雨があった後は、27日は0.5mm/日、28日、29日はゼロ、30日は1.5mm/日。それにもかかわらず、盛り土小段上部には水が溜まっている。土中の排水が悪く、湛水があっても水は盛り土の中に浸透していかないことを示している。表流水・湧水が地下浸透しないため、法面下部に水路を設け、写真手前側に水を集め、簡易排水路で下部に流出させている。

出典：③ P37



NO.



上段沈砂池
湧水状態

(難波 注)

2011年8月

上段沈砂池に、湧水による水たまりが見られる



NO.
湧水

NO.  
法面補修  
水路掘削



NO.  
水路掘削  
法面湧水



NO.  
水路掘削  
法面湧水



(難波 注)

2011年8月

周りの土は乾いているが、盛り土内から「法面湧水」が発生し、それが水路に溜まっている。

盛り土の活水・排水状況がよければ水は溜まらない。周りの表面が乾いている状況でも、盛り土内には表流水がしにくいことを示している。

2012年4月5日

2012年4月5日撮影  
(県東部農林事務所現地調査)

表面流による土砂流出



残土による盛り土法面



法面の浸食発達状況



法面の緑化状況



小段勾配の処理の悪さによる盛り土法面の水溜り

出典：① P3-25

2021年6月30日

2021年6月30日撮影  
(県東部健康福祉センター現地調査)



全体としては草が繁茂している。左岸側に水みちがみられる。

← 推定される水の流れ

出典：① P3-28



2021年8月2日撮影 崩壊後の盛土下端部

# 崩落前の盛り土の排水状況(推定)

## (3) 排水について

- ・旧溪床部分に暗渠排水管(φ30cm)を2~3本設置し沈砂池まで導いていたとの証言であったが、盛り土上部には入れていなかったとのことであった。
- ・盛り土の左右岸に暗渠排水管が施工されているとのことであったが、盛り土の形状が変わった段階で排水部が埋塞した可能性がある。
- ・E社では盛り土の小段に土手を作り、雨水が直接斜面を流れないようにしたとの証言であったが、表面排水施設の設置の証言は得られなかった。
- ・2011年8月、D社が木製縦排水路を設置し、沈砂池も復旧した。
- ・K社の証言では、2012年10月以降(時期不明)に現場に入った時には、沈砂池はなく、木製の縦排水路も壊れていたとのことであった。この時にはすでに流出した土砂で沈砂池が埋塞していた可能性がある。
- ・K社からは、斜面の小段の法尻側には365日水が染み出しており、場所によっては水たまりもあった。全体がぐしゃぐしゃだったとの証言であり、排水不良であった。 (下線は難波が加筆)



D社が施工した  
木製縦排水路



## 崩落前の盛り土の浸透・排水状況(難波の推定)

- 盛り土下端部には小さな排水工しかない(事実)。
- 盛り土全体は常時含水率が高い(推定)。盛土法面から水が流出してくることもある(事実)。
- 雨が止んでも盛り土小段には水がたまっている(事実)。
- 雨が降っても地表からは雨水が盛り土内に浸透しにくい状況(事実)。

⇒盛り土内は常時含水率、飽和度が高い状態だったと推定される。

この状態の場合は、表流水や湛水があっても、水は盛り土の中に浸透しにくいので、たとえ強雨があっても、盛り土内には表流水は土中にほとんど浸透しなかったと推定される。

この状態は、2021年7月3日も同様であったと推定される。

## 5-6 過去の降雨記録と盛り土の安定性

## 5-6-1 降雨の状況

(総括)

- 降り始めは2021年6月28日
- 本格的な降り始めは6月30日24時
- 土石流発生は7月3日10時30分頃
- 7月1日午前中、11mm/時などの降雨が続く
- 1日午後から小康状態になる。2日未明から強雨となり、23mm、24mm/時を記録。
- その後も降り続け、最大時間雨量は24mm/時を記録
- 7月3日は未明から強雨が続き、時間雨量20、22、24mm/時を記録
- 盛り土後(2009年以降)の雨量としては、既往最大値を超えたのは、24時間雨量は7月3日8時、48時間雨量は2日20時、72時間雨量は7月2日20時
- 7月3日10時時点の期間雨量は、24時間雨量は既往(2009年以降)最大251mmとほぼ同じ257mm、48時間雨量は同既往最大292mmに対し391mm、72時間雨量は同既往最大292mmに対し461mmと大幅に超過
- なお、1時間雨量最大値は、2009年以降の既往最大は63mm(2016年7月20日)に対し、2日20時、3日10時の24mmが最大

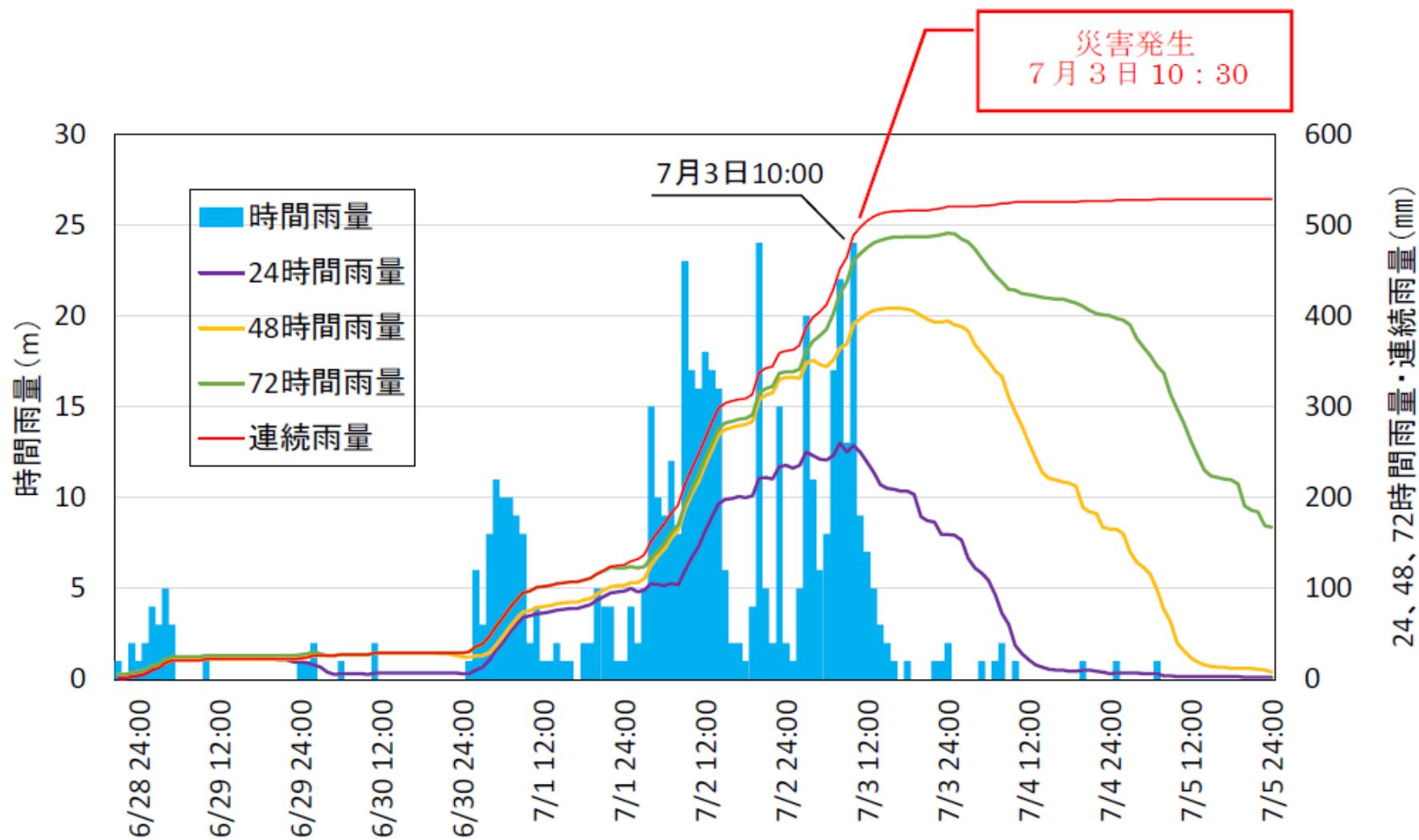


図 1-4 災害発生までの降雨の状況（熱海雨量観測所）

表 1-2 災害発生時の降雨状況

		mm				
		1時間雨量	24時間雨量	48時間雨量	72時間雨量	降り始めからの 連続雨量
7月2日	18時	1	200	280	287	309
	19時	4	202	284	291	313
	20時	24	221	308	315	337
	21時	5	222	313	320	342
	22時	2	220	315	322	344
	23時	15	234	330	337	359
	24時	2	235	332	338	361
7月3日	1時	1	232	332	338	362
	2時	5	235	331	341	367
	3時	20	250	348	361	387
	4時	11	246	351	372	398
	5時	6	242	346	378	404
	6時	8	241	344	385	412
	7時	17	246	351	402	429
	8時	22	260	364	424	451
	9時	13	250	369	437	464
	災害発生 10時	24	257	391	461	488
	11時	9	250	396	468	497
	12時	7	239	402	475	504
既往最大 (1985年～)	雨量	69	285	372	396	—
	年月日	2004/10/9 17:00	2008/8/25 2:00	2003/8/16 11:00	2003/8/17 24:00	—
既往最大 (2009年～)	雨量	63	251	292	292	—
	年月日	2016/7/20 23:00	2014/10/6 10:00	2014/10/6 10:00	2014/10/6 10:00	—

熱海観測所の時間雨量データより作成：既往最大については1985年以降の観測結果による。



## 5-6-2 降雨と盛り土の崩落の関係(難波の推定)

(事実)○ 盛り土は、2011年から2021年6月30日までに、下記の雨を受けている

2016年 7月20日に 時間雨量 63mmの雨 (災害前3日間の最大値 24mm)

2014年10月 6日 24時間雨量 251mmの雨 ( 同 257mm)

2014年10月 6日 48時間雨量 292mmの雨 ( 同 391mm)  
(注:7月2日18時から継続して200mm超)

2014年10月 6日 72時間雨量 292mmの雨 ( 同 461mm)

しかし、2014年、2016年の雨では盛り土全体は崩壊していない。

(推定)○ 時間雨量24mmの雨だけでは盛り土の崩落へは影響しない(63mmでも崩落していない)。

日雨量257mmの雨では盛り土の崩落へは影響しない(251mmの雨で崩落していない)。

48時間雨量、72時間雨量については7月3日10時の状態は、盛り土後の既往最大を大きく超えた雨量を大幅に超えた。

また、48時間雨量351mm(7月3日4時)でも72時間402mm(7月3日7時)でも盛り土は崩壊していない。7月3日の朝から48時間雨量、72時間雨量が急激に増加し10時で最大となったことが盛り土の安定性に影響を与えた可能性が高い。

## 5-7 土壤雨量指数(気象庁)

# 気象庁の土壌雨量指数算定方法における土中への水の浸透のイメージ

- ① 降雨
  - ② 第1タンク:地表面で表面流出水(+地下浸透水)。地下浸透したものが、第1タンクに貯留。
  - ③ 第2タンク:さらに深く地下浸透(第3タンクへ)+貯留+表層浸透流出
  - ④ 第3タンク:さらに深く地下浸透+貯留+地下水流出
- (赤字は難波による注)

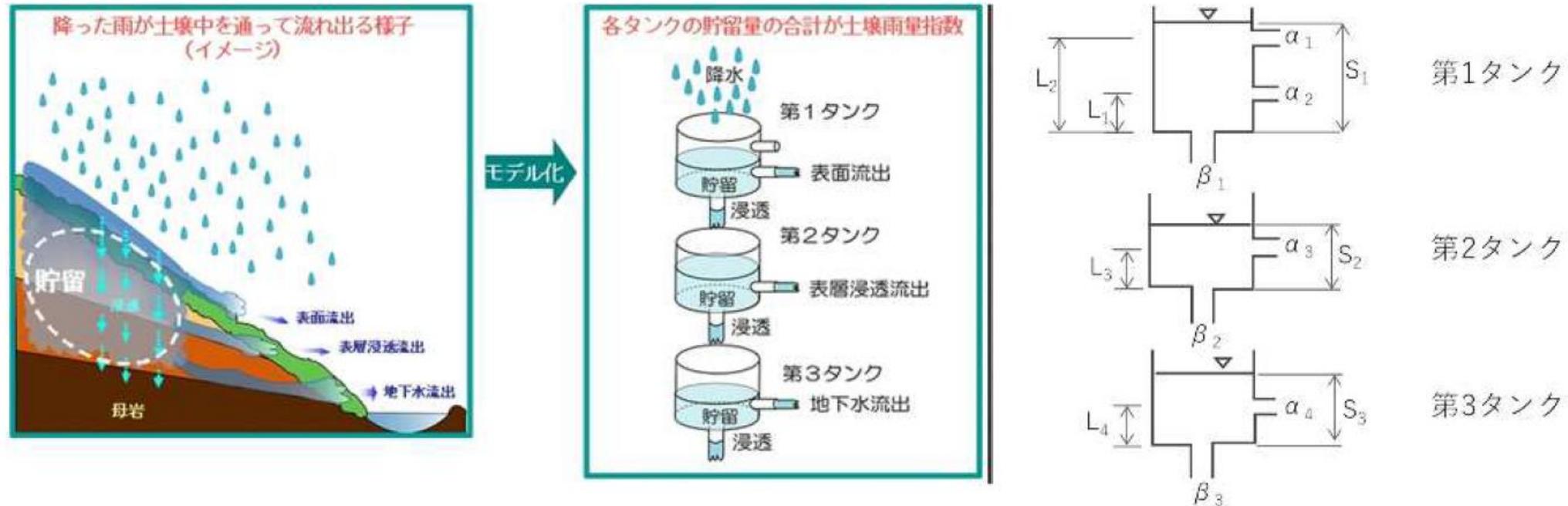


図 5-26 タンクモデルイメージ (出典：気象庁ホームページ)

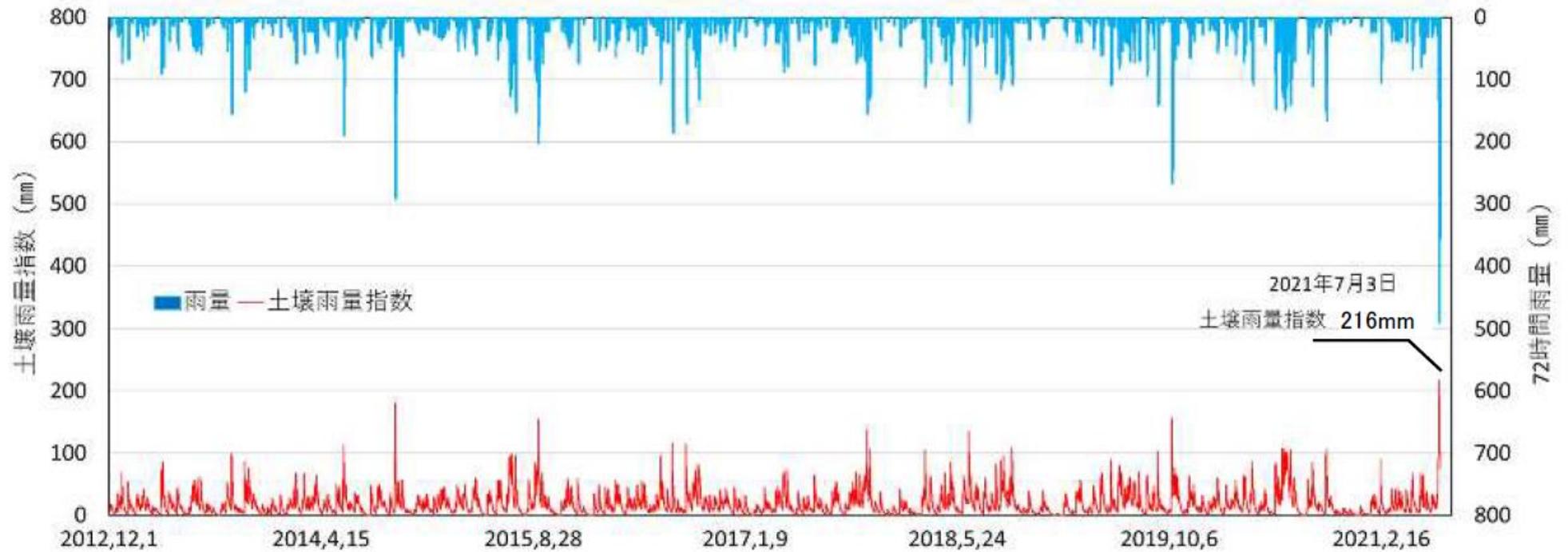


図 5-27 2012 年以降の 72 時間雨量及び土壌雨量指数の変化

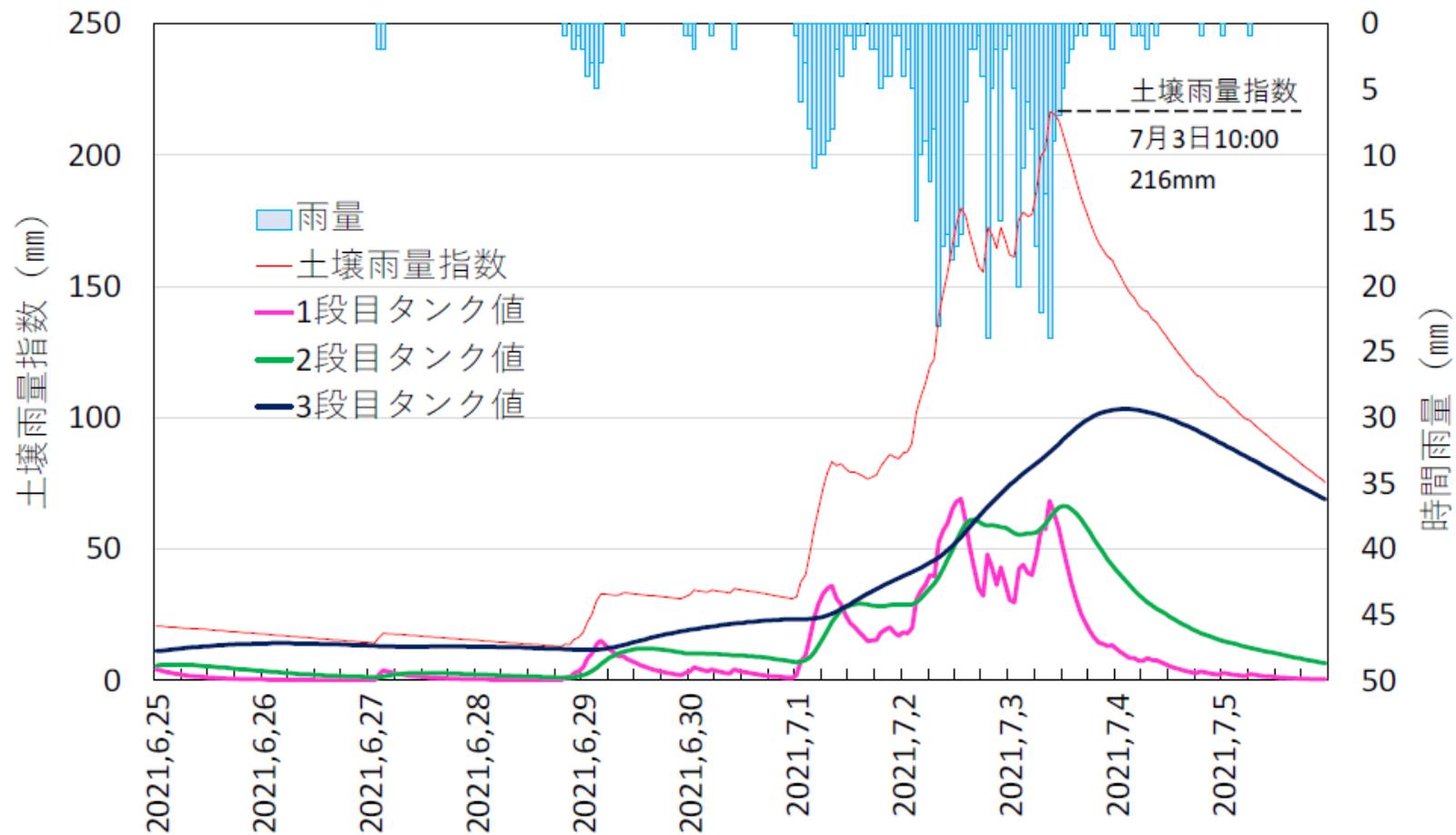


図 5-28 2021 年 6 月 25 日以降の時間雨量及び土壌雨量指数の変化

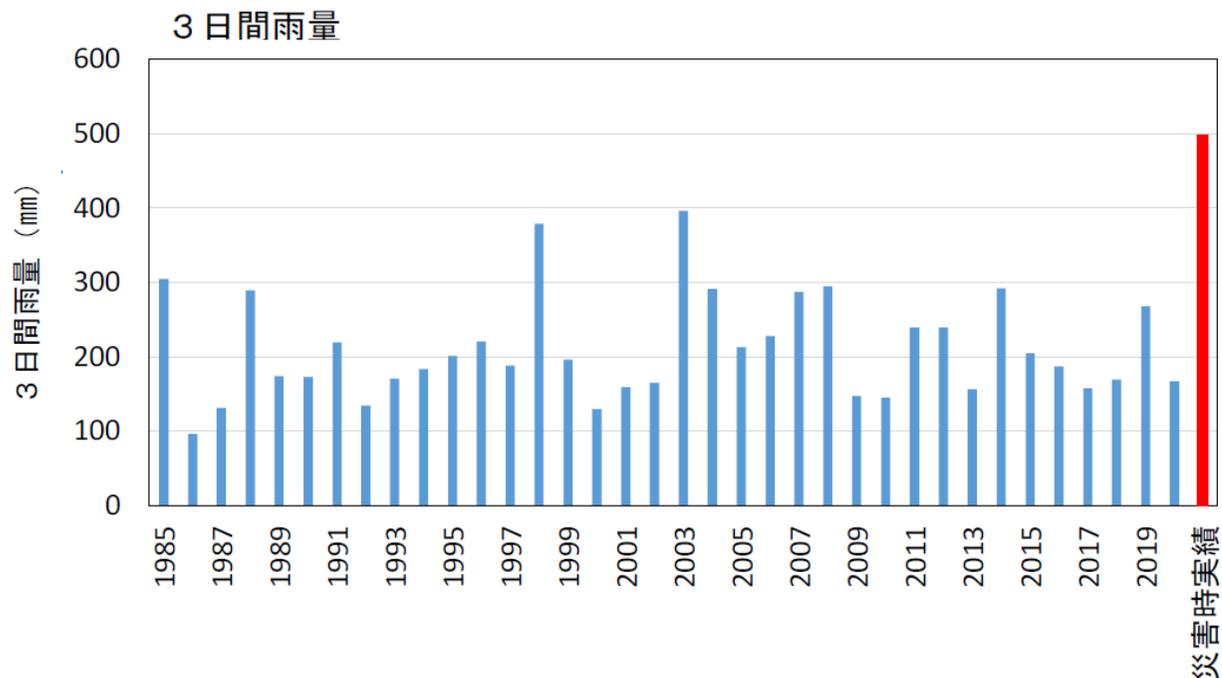


図 5-29 3日間雨量年最大値 (熱海雨量観測所 (静岡県) 1985年～)

この降雨について、土中の水分量の指標となり土砂災害警戒情報の基準にも使用されている土壌雨量指数及びその算出根拠となるタンク値の時間変化を確認すると、より流出の遅い3段タンクが急激に上昇過程にある中で土壌雨量指数がピークを迎えていることが分かった。(図5-28)。

従って、崩落発生誘因となる降雨の特性として以下のことが言える。

- ・災害発生時の3日間降雨は、盛り土造成後で最大の雨量であった。
- ・崩落発生時(7月3日10時)は、降雨波形として、3段のタンクで仮定する3種類の異なる流出時間をもつ地下水の指標値がいずれも上昇傾向を示す状態であった。

これらから、崩落した盛り土には、非常に大量の地下水が供給されたと考えることができる。

「GETFLOWS」は「水と空気の流れ」の連成解析

「GEOASIA」は「土の中の水と空気の流れと土粒子の集まりからなる土骨格の変形」との連成解析

例えば、圧力や振動によって土骨格の変形だけでなく、同時に水圧や空気圧も変化する。このとき、水圧や空気圧の勾配によって土の中に水や空気の流れが生じ、土が膨らんだり縮んだりしながら変形してゆく。

※土の外にある水の流れは扱わない。

GEOASIAによる解析では、盛土内の飽和度が高くなると、地表面からは水が流入しにくくなるという結果になっている。

## 解析手法の概要

### $u-p^w-p^a$ formulation

土骨格の加速度に対する水や空気の相対加速度は、土骨格の加速度に比べて十分に小さいと仮定する

#### ◆ 土全体の運動方程式

$$\rho \overset{\parallel}{\mathbf{x}}_s = \text{div } \mathbf{T} + \rho \mathbf{b} \quad \xrightarrow{\text{時間微分}} \quad \left[ \rho \overset{\parallel}{\mathbf{v}}_s + \left[ (\rho^w s^w + \rho^a s^a) (\text{tr } \mathbf{D}_s) + \frac{n s^w \rho^w}{K_w} \overset{\dot{}}{p}^w + \frac{n s^a}{R\Theta} \overset{\dot{}}{p}^a + n(\rho^w - \rho^a) s^w \right] \left( \overset{\dot{}}{\mathbf{v}}_s - \mathbf{b} \right) \right] = \text{div } \overset{\dot{}}{\mathbf{S}}_t \quad \left( \begin{array}{l} \text{速度型} \\ \text{(躍度項あり)} \end{array} \right)$$

Updated Lagrangian法に基づく有限変形解析

#### ◆ 水～土骨格連成式

#### ◆ 空気～土骨格連成式

### 数値解析手法

土骨格の空間離散化	有限要素法(4節点アイソパラメトリック要素)
間隙流体の空間離散化	有限体積法(Christian流・田村流)
時間積分方法	線形躍度法(Wilsonの $\theta$ 法に準拠)、台形公式

### ■ 解析手法の概要

#### ◆ 応力式

平均化骨格応力の式 (Jommi, 2000)  $-\mathbf{T}' = -\mathbf{T} - (s^w p^w + s^a p^a)\mathbf{I}$

#### ◆ 土骨格の構成モデル

弾塑性構成式 SYS Cam-clay モデル (不飽和の効果は考慮していない)

#### ◆ 水分特性モデル

van Genuchten – Mualem モデル

#### ◆ 間隙空気の状態方程式

理想気体の状態方程式

※ 温度変化および相変化は考慮していない

# GEOASIAによる解析結果

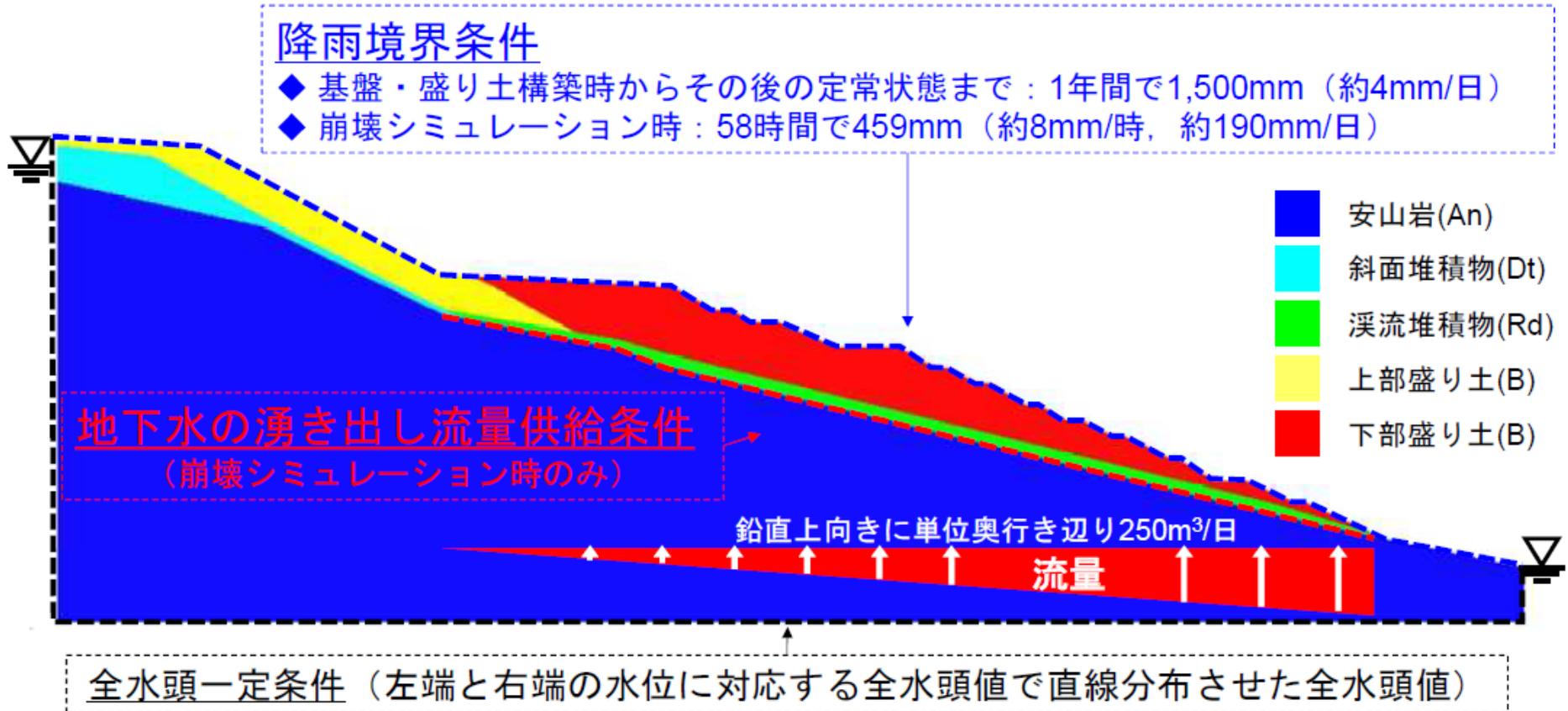
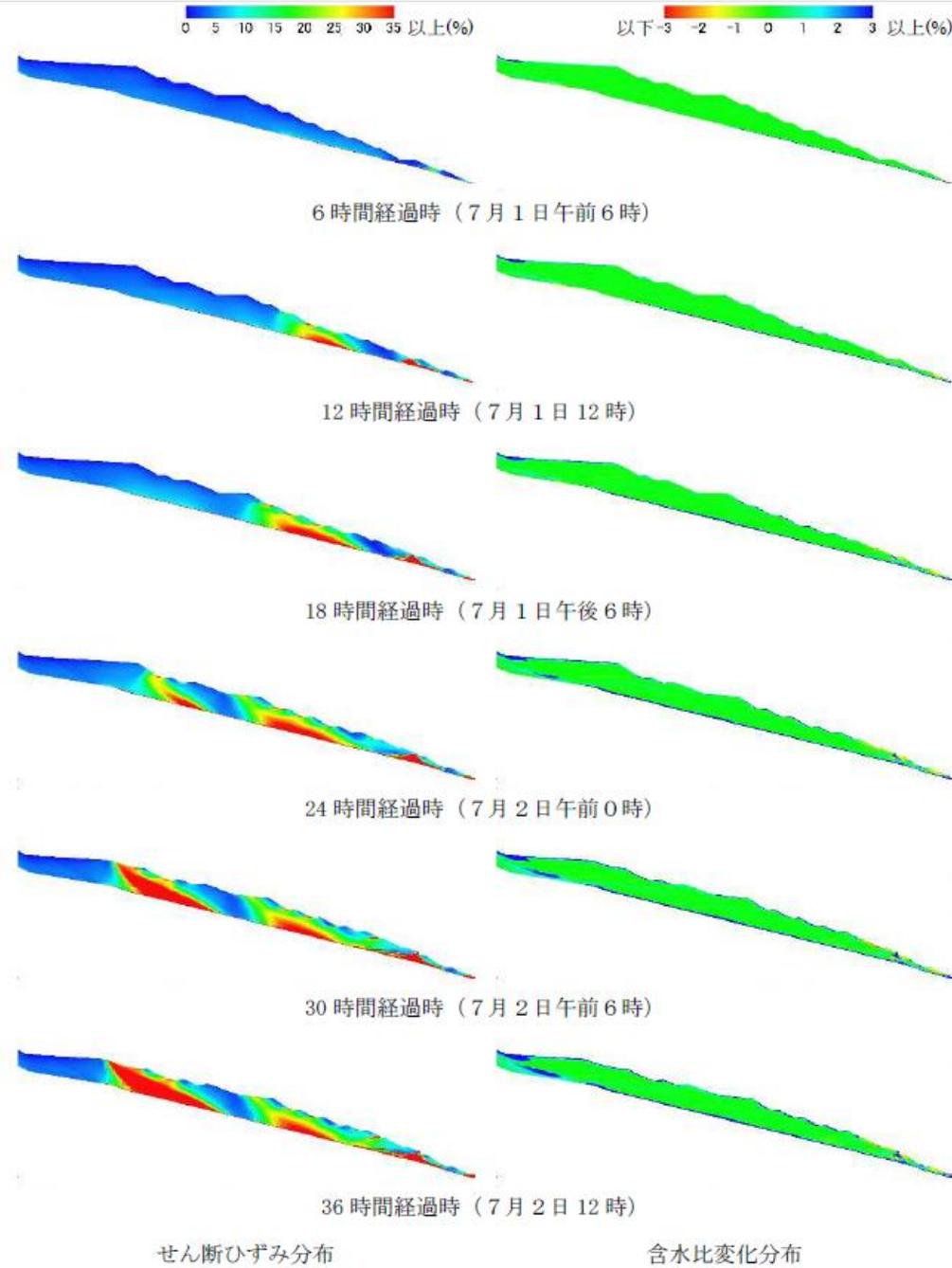


図 7-5 水理境界条件



← 難波注:

8mm/時の雨を58時間継続するという案件で計算した結果、盛り土の表層の含水比はほとんど変化しない。  
(地表面からは水が流入しにくい)

図 7-15 ケース 2 のせん断ひずみ分布と含水比変化分布の経時変化 (下部盛り土全体)  
(図 7-13 中に示した部分を拡大かつ盛り土部分のみを抽出)

## 6 難波の推定又は見解

## 6-1 隣接する宅地開発方法の適否によって、土石流の発生に関し、県は何か責任を負うのか

### 《隣接する宅地開発に関する県の許可》

- 難波の個人的見解 : 隣接する宅地開発の許可については、鳴沢川の上流部を埋立てたことも含め、適切ではないところはあった。
- 逢初川土石流との関係 : 土石流の発生原因は、水が集まる谷に不適切な方法で盛り土をしたためである。  
逢初川源頭部の盛り土以前に行われた宅地開発の許可に何らかの問題があったとしても、そのことで逢初川土石流の発生に関する県の責任が変化することはない。(宅地開発と土石流発生という結果には相当因果関係がないため)
- ある考え : 宅地造成は県が審査を行っており、排水能力が著しく劣る施設を認めたことに触れたくないため、地下水説を主張しているのではないか。
- 難波の見解 : 県は宅地造成によって逢初川の地下水量が増えたと考えている。  
地下水説を主張することが「排水能力が著しく劣る施設を認めたことに触れたくないため」という考えの論拠が理解できない。

## 6-2 7月3日午前中の盛り土と下流部の状況

## 6-2-1 7月3日早朝の盛り土の状況(地表面) (推測)

### 《条件》

- ① 盛り土の透水係数は小さい
- ② 盛り土下端部の排水能力は小さい →
- ③ 盛り土の飽和度は高い

・3日未明から20mm/時前後の雨量が続いていたため、逢初川流域の降雨による表流水が逢初川源頭部に流入していたと考えられる。

・鳴沢川流域の雨の一部も源頭部に流入していたこともありえる。

・しかし、盛り土内の飽和度が高いため、表流水は、盛り土内に浸透しにくく状態。このため、流入表水の多くが表流水として地表面を流下した。

(理由)①②③のときに、表流水が盛り土内に浸透しにくい例

2011年8月30日の盛り土の状況 : 雨が降っていない時でも盛り土の小段の上部に水が溜まっている。盛り土の飽和度が高い状態にあるので、盛り土内に表面水が流入しにくい。

2011年8月30日

2011年8月30日撮影  
(県東部健康福祉センター現地調査)



排水状況が悪く、小段の上に水たまり、左岸側に水みち、崩壊が見られる

## 6-2-2 7月3日8-10時頃の状況（推測）

- 逢初川は「直近の強雨による表流水」+「長雨で地下に大量に浸透していた地下水の地表流出」により、流量は2011年以降、最大の流量が発生していた。
- これにより、盛り土の表層の土砂、周辺の山の土砂、逢初川の堆積土砂が下流に運ばれていた。
- このため、下流では土まじりの氾濫が発生していた。（8時30分頃、観察記録あり）
- 時間は不明だが、盛土の粘性の高い部分が崩落した（場所と量は不明）。それが、ゆっくりと逢初川を下り、10時25分頃、下流部住宅街に達しはじめた。（土石砂流第1波）

### 6-2-3 7月3日10時53分の状況（確度が高い推定）

---

- 10時53分に盛り土の左岸上部まで達する大規模な崩落(第2波)が発生した（確度の高い推定）。大量の水分を含んでいて、流速の速い土石流となり、10時55分に住宅街に達した。
- 水分量と流速が速いため、破壊力が大きく、住宅地上部の多くの住宅を流出させた。
- その後も、第3波、4波と段波が発生しているが、その流速は遅い。

## 6-3 なぜ段波となったのか



## なぜ段波となったのか - 事実の確認

---

(事実)

崩落の状況 : 崩落は、右岸側上部の一部の盛り土を除き、作業用道路下の盛り土のほぼ全量が崩落  
左岸側最上部、中央部最上部においては一部地山も崩落(円弧すべり型)

## なぜ段波となったのか - 事実の確認と推定・推測

### 《事実》 下流部の状況

第一波 : 10時25~30分 粘性土が高く、一度市道上部で停止。第1波には長い木が多数含まれていた。

第二波 : 10時55分 水分量と流下量が大きく、早い速度で流下。

その後も、段波は続くが、粘性土が高いもの、水分量が多いものなど様々

ただし、量は第2波に比べて小さい。

降雨の状況 土壌雨量指数は10時がピーク。

### 《推定・推測》 崩壊部の状況

第一波 : 時刻は不明。下流で観測された土砂流の第1波の発生源は崩落地のどこかで

粘性土の高いものがゆっくり流下しはじめたものと考えられる。(推測)

第二波 : 左岸側最上部にある水道管の破断時が10時53分と推定される。この破断は盛り土崩落の原因

ではなく、崩落の結果の破断と推定される(確度の高い推定)。この時刻に大規模崩落が発生した

と考えられる(流下速度の速い第2波の推定流下速度(8~9m/秒)から計算すると10時55分

頃に下流に到達する。下流で観測された第2波の到達時刻と合致する)。その後、盛り土のどの

部分がどのように崩落したかは不明(推測も困難)。

## 段波の状況

(事実) 第一波は、粘性土が高く、流下速度が遅い。

第二波は、水分量が大きく、流下速度が非常に速い。

第三波は以降は、観測点によって状況が異なる。

- ・上流域の住宅街で観測された第三波以降は水分量の多いもの。

- ・下流域の住宅街(例えば、逢初橋)で、観測されたものは、粘性度が高いもの。

⇒ 住宅地上流域で観測された第二波の水分量が多い土石流が目に残るが、

住宅街下流域に第二波から1時間以上後に被害を発生させた土石流は粘性度が高い。

⇒ なぜ、粘性度の高い土砂が大量に発生したのか。

## 段波の発生原因を推定するときに重要な現象

- ① なぜ、過去の時間雨量が最大69mm/時のときに崩落しないで、今回の時間雨量最大24mm/時の雨で崩落したのか。
- ② なぜ、土壌雨量指数がピークの3日10時の直後の崩落したのか。
- ③ なぜ、作業用道路下の盛り土のほぼ全量が崩落したのか。
- ④ なぜ、土石流として下流部に到達し、一時停止した第一波は、粘性土の高いものだったのか。
- ⑤ なぜ、第二波は水分量が大きく流速が速かったのか。
- ⑥ なぜ、第二波のときに、源頭部左岸上部まで一気に崩落したのか。
- ⑦ なぜ、その後の段波が続いたのか。
- ⑧ 下流域に被害を発生させた大量の粘性度の高い土石はどこでその状態(粘性度が高い状態)となったのか。

## 段波となった原因(難波の推定)

- ① 盛り土においては、第1波の前にも表層の浸食や小規模な崩落が発生していた可能性がある。
- ② 時刻は不明だが、盛り土のどこかで、粘性土の高い崩落が発生し、ゆっくりと流下をはじめ、河床にあった倒木など、溪流堆積物を飲み込みながら、ゆっくり流下した。  
10時30分頃、下流部道路の上部まで到達し一時停止。
- ③ 10時53分に崩落部のほぼ全量が一度に崩落。崩落土砂の水分量から見て、どこかに大量の水分量が蓄積されていたものと土砂が一体となって流下。
- ④ その後、降雨量が減少しても、下流側では多い流量が観測されていることから、逢初川へは、かなりの量の水が流れ込み続けていた。その発生源は、地下水が主と考えられる。

## 源頭部右岸側上部盛土の一部が崩落しなかった理由(難波の推定)

---

源頭部への地下水の流入(湧水)は左岸側(鳴沢川により近い)が多い。

これは右岸側は鳴沢川流域からの地下水供給が左岸に比べて小さいためと推定される。このため右岸側上部の盛り土内部の含水量は大きくない。そこより下の盛り土が崩落したため、その上の盛り土の一部が崩落したものの、右岸上部全体は崩落しなかったと推定される。

## 6-4 どこに大量の水があったのか

## 崩落量5万 $\text{m}^3$ 水分量40%=2万 $\text{m}^3$ とすると、どこにその水があったのか (推測)

小さな川の流量      毎秒1トン =  $1\text{m}^3$   
                                 1分間流量 =  $60\text{m}^3$   
                                 1時間流量 =  $3,600\text{m}^3$

土石流第二波の継続時間      10秒間で少なくとも1万 $\text{m}^3$ (?)の水が流下

⇒ 逢初川は流域面積が小さいので、逢初川の流れ(表流水)では説明できない

仮に第一波で土砂ダムが形成されていたとしても、急傾斜地のため2万 $\text{m}^3$ (幅10m×長さ100m×深さ2m)もの水を蓄えることはできないと推測。

## 逢初川上流域の水だけでは2万m<sup>3</sup>も水は供給されない（推測）

○ 逢初川上流域 流域面積 × 雨量 = 総雨量では大量の水を説明できない。

（計算根拠は省略）

○ 鳴沢川上流域は、流域面積が広いが、下流域への流下量は小さい。

⇒ なんらかの形（表流水または地下水）で鳴沢川の水が逢初川源頭部に流入していた。

このため、その流入水が、地下水が主か、表流水が主かについては観測記録はない。

## 6-5 表流水主因か地下水主因か

# 表流水主因か地下水主因か

## 説の分類

## 事実から見た客観的評価

逢初川源頭部の湧水は、7月3日も、それ以降も複数の場所観察されている。⇒湧水はある。観測事実と異なる。

① 表流水主因 + 地下水は発生しない : 説①  
      ので原因ではない

② 表流水主因 + 地下水が一部原因

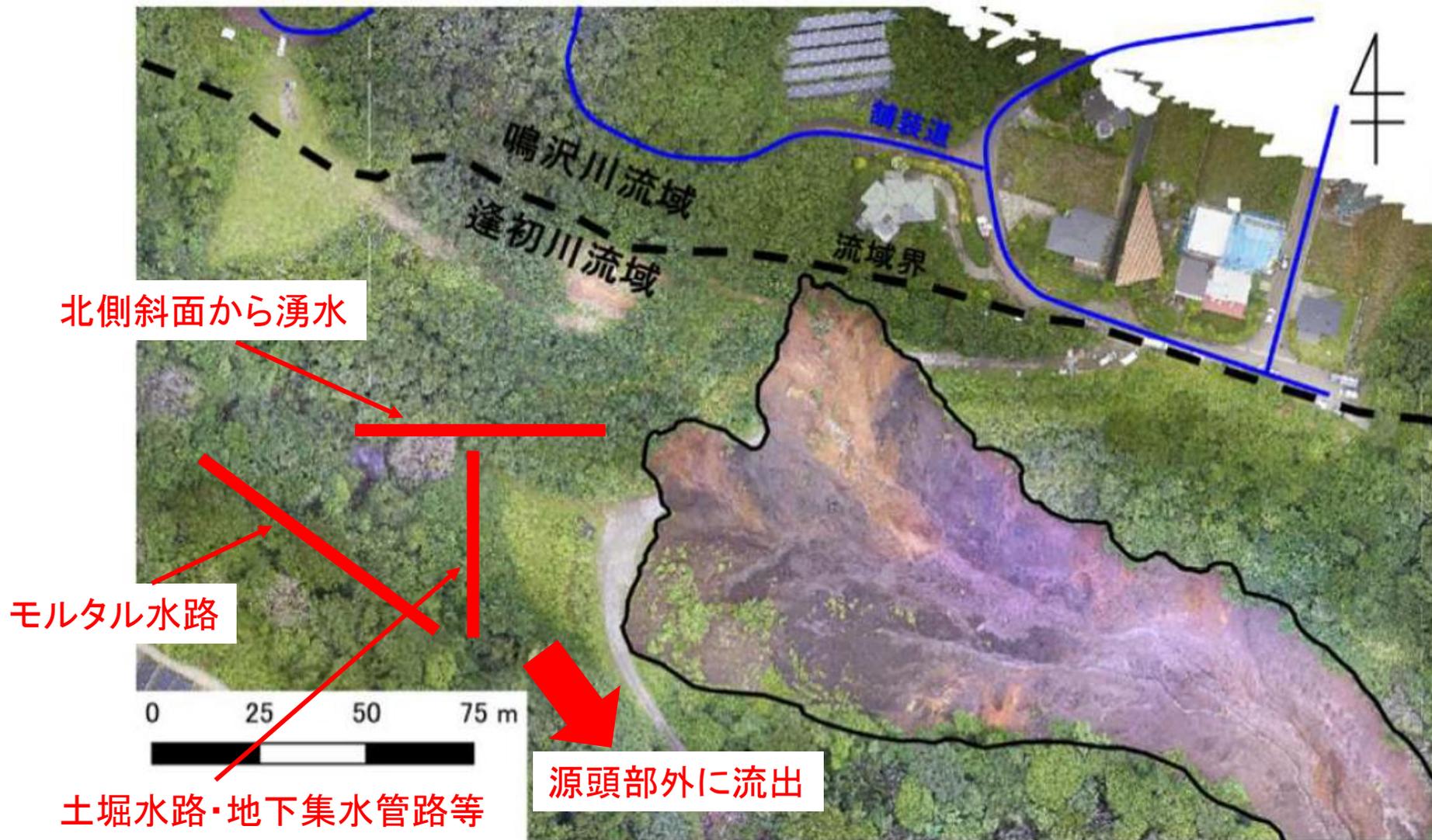
③ 地下水主因 + 表流水は一部原因 : 県の説

④ 地下水主因 + 表流水は原因ではない

県の主観的評価は③であるが、本日(2025年1月30日)の難波の発表は、②、③のどちらかを評価することが目的ではないので、ここでは評価しない。

表流水は原因ではないと言い切ることができる事実はない。

# 逢初川源頭部左側の最左部の表水流の影響



赤は難波が加筆

図 2-1 (1) 現地写真位置図

※流域とは、地形から推定された、ある川に降水が集まる範囲のこと、流域界は流域と流域の境

出典：① P2-3

# 源頭部左岸の最左部への表流水の流入による盛り土全体崩壊への影響

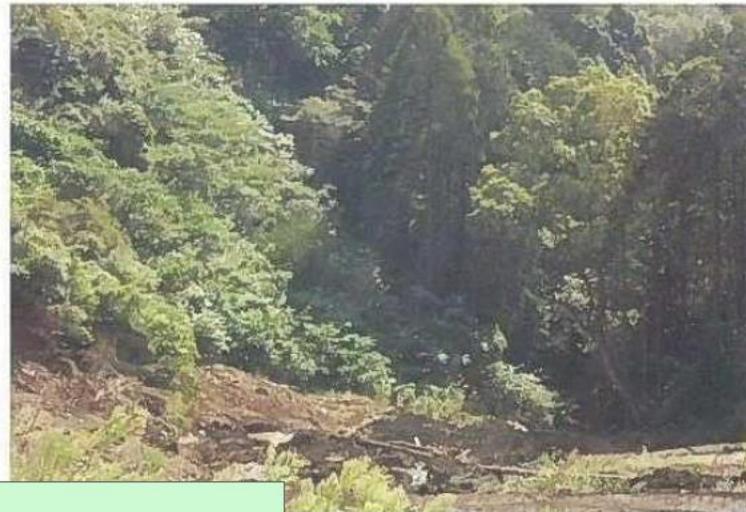
(難波の推測) 最左部に表流水が流入したとしても盛り土全体の含水量を上げることにはつながらない。

浅いすべり崩壊

(難波 注)

表流水の流下により浸食されている可能性がある。

一方、盛り土も部分崩落している。しかし、両者の現象は別のもの(連動していない)と考えられる。



2011 (平成23) 年10月7日 現地調査

出典 : ③ P39

## 崩落発生後の源頭部への水の流入対策

---

「逢初川最上流からの表流水の源頭部への水の流入」及び「源頭部作業道の上部北側斜面からの地下浸透流の湧水」を防ぐため、県は災害発生後、モルタル水路、土堀り水路、板柵水路、地下修水管路等を設置した。

これは、下流域への流入量を少しでも減少させるための対策だった。

## 7 おわりに

---

- 本説明については、事実を中心に述べた。
- 発生原因の「真の真実」はわからない。
- 原因の決めつけによる確証バイアスが働くことがないように注意し、事実と科学的知見により、より「真の真実」に近づく健全な議論が必要。
- 発生の責任について、裁判になっていることから、これ以上の説明はこの場では差し控える。