

# 下呂土木管内現場視察 報告書

平成30年11月7日

平成30年度岐阜豪雨災害調査団

1. 調査概要	1
2. 調査結果	
2.1. 金子谷（下呂市 萩原町上呂）：山腹崩壊	5
2.2. （主）下呂白川線（下呂市 夏焼①）：土砂流出	19
2.3. （主）下呂白川線（下呂市 夏焼②）：土砂流出	24
2.4. （一）門和佐瀬戸線（下呂市 和佐）：土砂流出	28
3. まとめ	33

## 1. 調査概要

本調査は平成30年7月に下呂市内で発生した豪雨災害（主に土砂災害）を対象としており、表-1.1に示す一般社団法人・地盤工学会中部支部、一般社団法人・中部地質調査業協会、一般社団法人・地すべり学会中部支部からなる総勢21名の調査メンバーにより平成30年8月27日に岐阜県下呂土木事務所の立会いの下で調査が行われた。

調査箇所は表-1.2および図-1.1に示す①金子谷（下呂市 萩原町上呂）：山腹崩壊、②(主)下呂白川線（下呂市 夏焼①）：土砂流出、③(主)下呂白川線（下呂市 夏焼②）：土砂流出、④(一)門和佐瀬戸線（下呂市 和佐）：土砂流出の計4箇所である。対象付近の時間降雨量および累計降雨量を図-1.2に示す。下呂市萩原町上呂付近（①金子谷）では6月29日に50mm/hを超える雨量を観測しており、山腹が崩壊に至っている。また、下呂市夏焼（②、③）や下呂市和佐（④）付近においては7月8日の4時頃に降雨量が60mm/hを超えており、今回の被災に至った。調査対象である下呂市の地質は主に濃尾流紋岩（濃飛期火成岩類）であった（図-1.3）。

表-1.1 調査メンバー

学会	氏名	
地盤中部支部	前田 健一	名古屋工業大学大学院工学研究科社会工学専攻
地盤中部支部	森河 由紀弘	名古屋工業大学大学院工学研究科社会工学専攻
地盤中部支部	岩井 裕正	名古屋工業大学大学院工学研究科社会工学専攻
地盤中部支部	小高 猛司	名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科
地盤中部支部	藤井 幸泰	名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科
地盤中部支部	下村 一樹	矢作建設工業(株) 土木事業本部
地盤中部支部	山根 茉莉子	(株)テクノサポート
地盤中部支部	松田 達也	豊橋技術科学大学工学研究科建築・都市システム学専攻
地盤中部支部	小野 貴稔	中日本航空株式会社 調査測量事業本部
地盤中部支部	村田 芳信	NPO 法人地盤防災ネットワーク
地質調査業協会	中本 英樹	基礎地盤コンサルタンツ(株)
地質調査業協会	浅野 太揮	応用地質(株)
地質調査業協会	林 浩幸	応用地質(株)
地質調査業協会	滝藤 泰臣	青葉工業(株)
地質調査業協会	小川 直文	青葉工業(株)
地質調査業協会	長谷川 智則	玉野総合コンサルタント(株)
地すべり学会中部支部	平松 晋也	信州大学
地すべり学会中部支部	福山 泰治郎	信州大学
地すべり学会中部支部	小野 和行	日本総合建設株式会社
地すべり学会中部支部	山田 泰弘	国土防災技術(株)
地すべり学会中部支部	高島 誠	国土防災技術(株)



図-1.1 調査位置図

表-1.2 現場視察行程表

時刻	所用時間	項目
09 : 30		下呂総合調査 集合
09 : 30	09 : 45	15分 移動
09 : 45	10 : 45	60分 現地調査①：金子谷（下呂市 萩原町上呂），山腹崩壊
10 : 45	11 : 15	30分 移動
11 : 15	12 : 00	45分 現地調査②：(主)下呂白川線（下呂市 夏焼①），土砂流出
12 : 00	12 : 15	15分 移動
12 : 15	13 : 15	60分 昼食・休憩
13 : 15	13 : 45	30分 移動
13 : 45	14 : 30	45分 現地調査③：(主)下呂白川線（下呂市 夏焼②），土砂流出
14 : 30	15 : 00	30分 移動
15 : 00	15 : 45	45分 現地調査④：(一)門和佐瀬戸線（下呂市 和佐），土砂流出

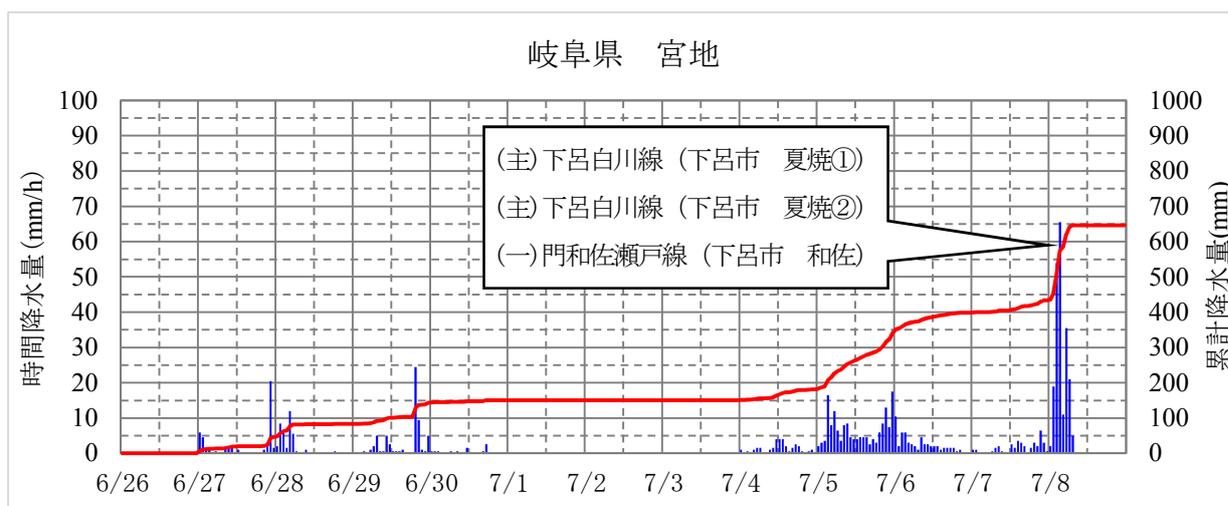
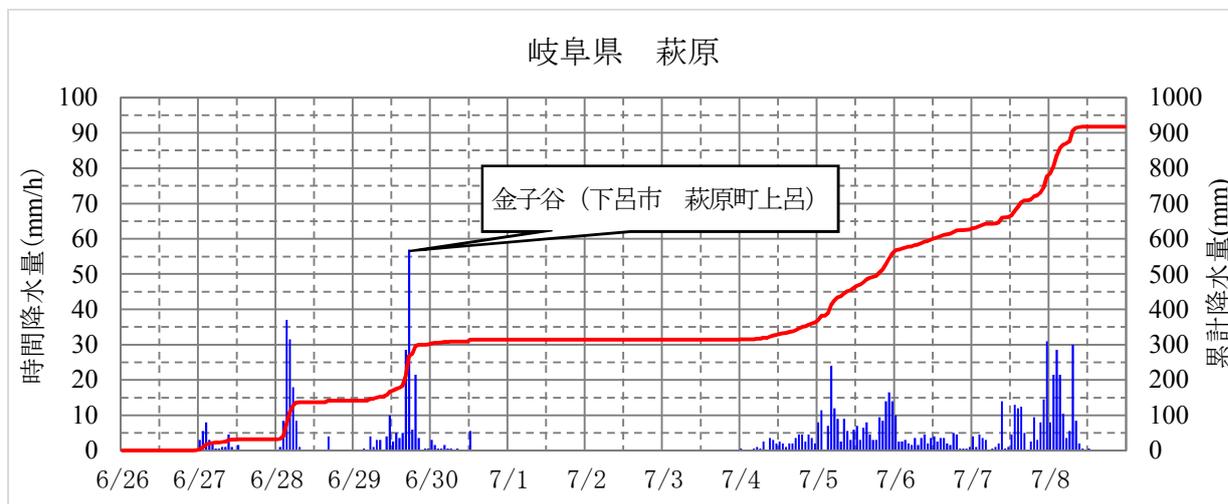


図-1.2 時間降水量と累計降水量

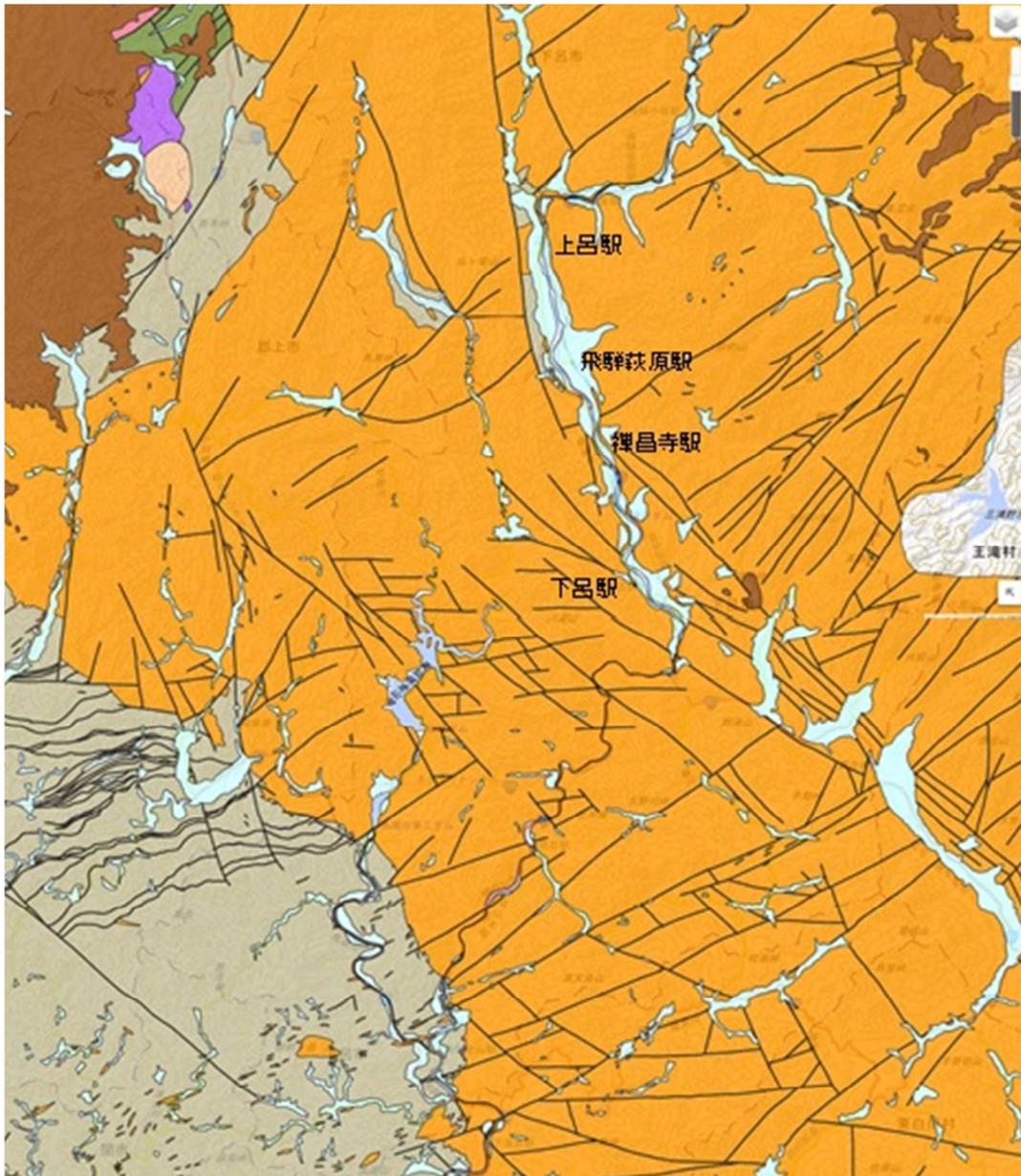


図-1.3 岐阜県地質図（ジオランドぎふ）

## 2. 調査結果

### 2.1. 金子谷（下呂市 萩原町上呂）：山腹崩壊

#### 1) 調査地点の概要

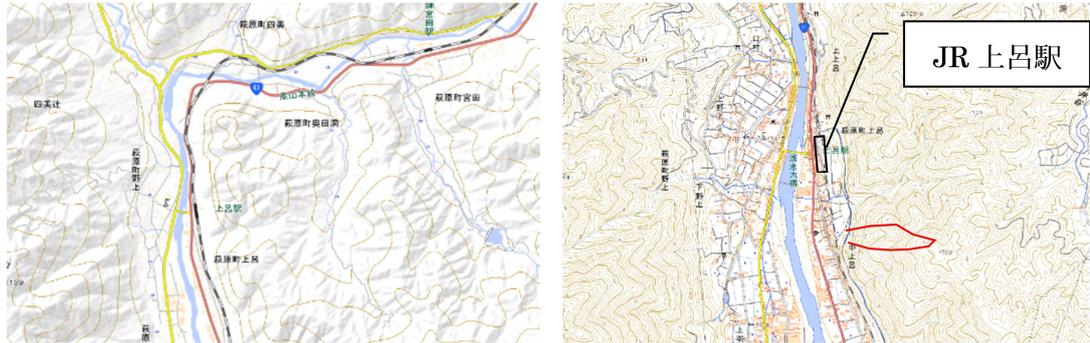


図-2.1.1 災害位置図（下呂市 萩原町上呂金子谷）



図-2.1.2 等高線図



図-2.1.3 被災前の状況（Google Earth）

2) 災害の状況



図-2.1.4 被災直後の状況（岐阜県提供資料）

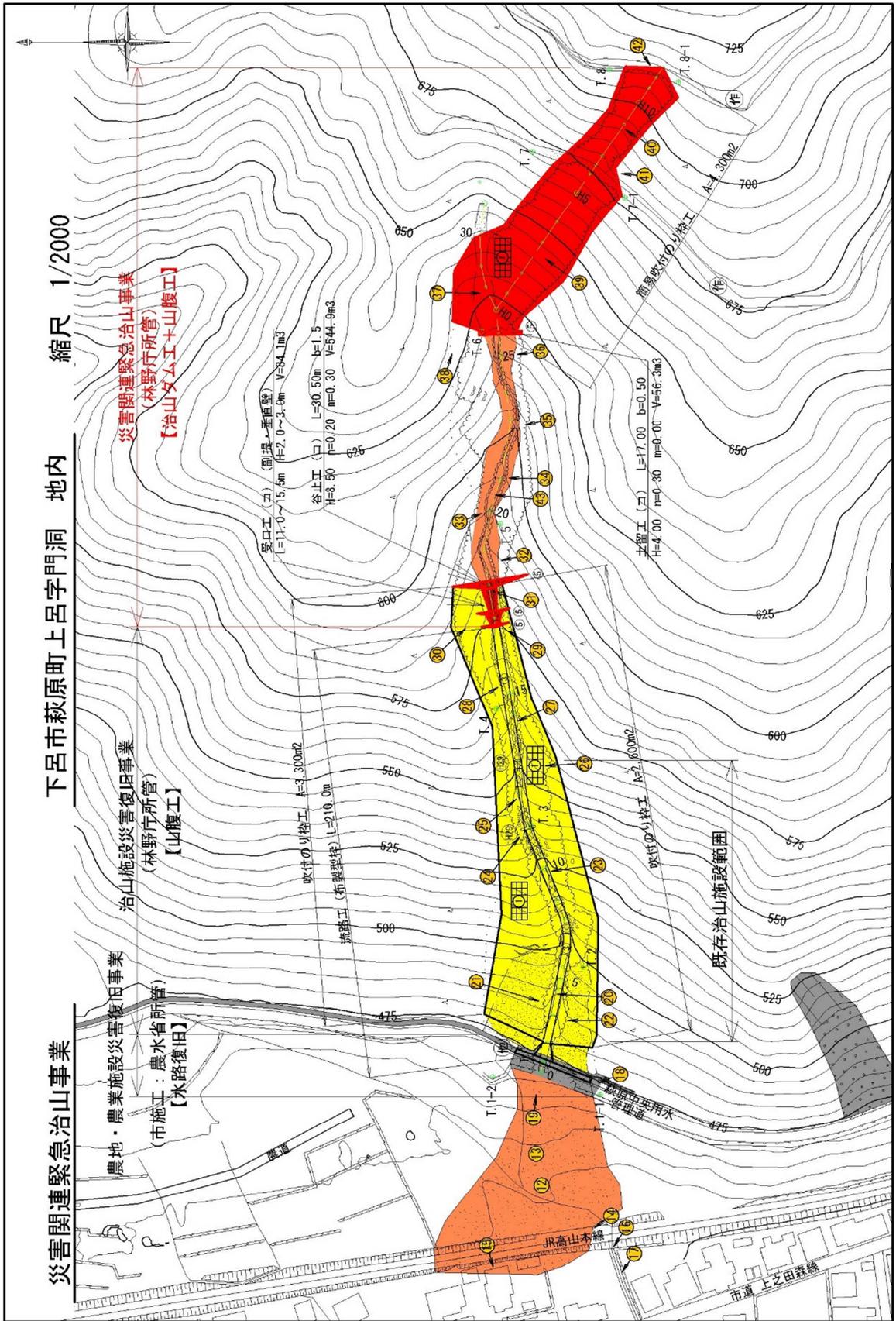


図-2.1.5 災害関連緊急治山事業 (岐阜県提供資料)

- ・ JR 路線上に1,300m<sup>3</sup>、全体で約7,000m<sup>3</sup>の堆積土砂が流出した（図-2.1.4）。
- ・ 土石流の主たる部分は、JR 高山本線を越流し鉄道沿いに立地している人家（1戸）まで到達した。これより下流側は床下浸水であった（図-2.1.4）。
- ・ 提供された航空写真から、流木が谷出口直下方向の JR 高山本線に堆積し、後続流等により運搬された細粒分の土砂がその右岸側に氾濫し、家屋に流入したと思われる（図-2.1.4）。
- ・ 災害関連緊急治山事業として山腹工と谷止工、治山施設災害復旧事業として流路工（布製型枠）や吹付法枠工、抑止工などが計画されている（図-2.1.5）。
- ・ 流域の中央付近から下流域は治山事業によって土留工や布製型枠による保全対策が施工されており、竣工後間もない流域である（図-2.1.6）。
- ・ 林道の路肩を含む山腹崩壊を発生源とする土石流が発生した（図-2.1.7）。崩壊地頭部はビニールシートで覆われており、明らかな地下水の影響の確認はできなかった。崩壊地は40度以上の急斜面である。崩壊部は盛土部を含んでいる可能性がある。林道部の崩壊は幅2m未満であり、表層崩壊と考えられる。
- ・ 一部の土留工や保全対策（布製型枠工）が流域内に残存していたが、多くは土石流の直撃・侵食により破損、流下した。氾濫開始点直上には、萩原中央用水及びその管理道路、コンクリート擁壁工などが横断構造物として存在していたが、土石流によって破損しその一部と思われるコンクリート片が認できた（図-2.1.8）。
- ・ 溪床には最大礫径1m程度、20cm以下の礫が多い（図-2.1.9）。大きな礫は、発災後の降雨などによって溪岸から落下してきた可能性もある。
- ・ 上方の林道は肩が崩れているのみだが、下方の林道は崩壊の延長が長くなっている（下側林道から崩壊の幅が大きくなっている）。



図-2.1.6 被災前の治山施設 (岐阜県提供)



図-2.1.7 崩壊地頭部 (林道)



図-2.1.8 横断構造物の一部と思われるコンクリート片



図-2.1.9 溪床に堆積した礫の状況

【流域外からの水の供給について】

- ・ 崩壊地頭部は林道の路肩となっているが、多量の雨水が流域外から林道沿いに供給された痕跡(侵食痕)は確認できなかった(図-2.1.10)。また、林道の斜面側のり面は雨水による崩壊や侵食の痕跡はなく比較的安定していた(図-2.1.11)。
- ・ その下方にも崩壊により流失している林道があるが、轍が形成されている程度で、多量の雨水が流域外から林道沿いに供給された痕跡(侵食痕)は確認できなかった(図-2.1.12)。



図-2.1.10 林道(上方)の路面に侵食痕無し



図-2.1.11 林道(上方)の法面の状況



図-2.1.12 林道(下方)の路面に侵食痕無し

### 【地形的特徴】

- ・ 崩壊地頭部は流域の最上流部付近であり、40度以上の並行型斜面となっている（図-2.1.7）。
- ・ 崩壊箇所下流側においては目視レベルだが流域内には明らかな遷急線があり、当該地点は左右岸ともに幅が狭くなっている（狭窄部）。この地点から谷が開いており、特に右岸側は浅い尾根があるが、この浅い尾根を土石流が越流した痕跡（倒木）が遠望できる（図-2.1.13）。
- ・ 遷急線より下流域は、30度前後の急斜面で発生区間となっている。



図-2.1.13 遷急線は谷幅が狭い

### 【その他特徴】

- ・ 近傍において、林道の路肩を含む山腹崩壊箇所が確認できた（机上調査）。土砂は保全対象まで到達せず、谷の中で停止したと思われる（図-2.1.14）。

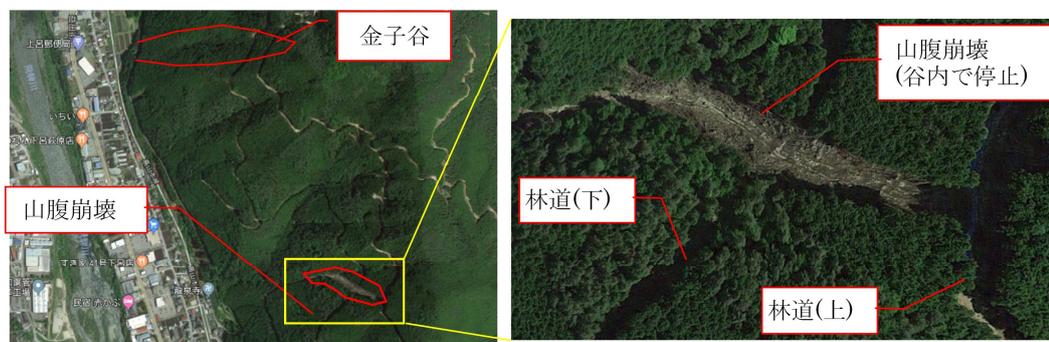


図-2.1.14 金子谷近傍での山腹崩壊箇所

### 3) 基盤地質・土質

- ・ 5 万分の 1 地質図幅「萩原」(1988) では輝石黒雲母角閃石花崗閃緑斑岩の分布となっており、現地でもそれを確認できた。ジオランドぎふでは濃飛流紋岩が分布しているが(図-2.1.15)、濃飛流紋岩に密接に伴われる花崗岩類も含めて濃飛流紋岩(濃飛期火成岩類)と定義しているためと考えられる。
- ・ 溪岸の状況から、崖錐堆積物が 2 層になっている等、過去の土砂移動の痕跡が確認できた。また、当該区間の侵食深は 4~5m であり、河床の侵食が激しい状況であった(図-2.1.16)。



図-2.1.15 地質図(左:ジオランドぎふ、右:5 万分の 1 地質図幅「萩原」)

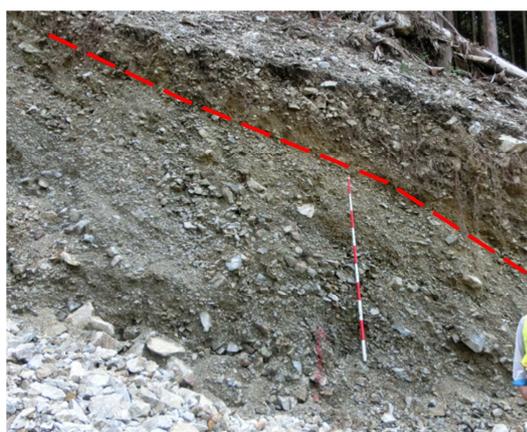


図-2.1.16 崖錐堆積物と思われる層(2 層)

### 4) 降雨状況

- ・ 災害発生時間 : 平成 30 年 6 月 29 日 17 時 40 分
- ・ 連続雨量 : 236mm (6/29 4 時~6/30 14 時)
- ・ 最大 24 時間雨量 : 232mm (6/29 5 時~6/30 5 時)
- ・ 最大時間雨量 : 53mm (6/30 17 時~6/30 18 時)

※ 岐阜県下呂土木事務所提供

## 5) 災害の現象の解釈

- ・ 崩壊の源頭部は流域の最上流部付近であり、並行型斜面に近い。そのため、崩壊の主要因は高降雨強度の降雨が与えられたことによる地下水水位上昇であると考えられる。
- ・ 崩壊領域の原頭部には舗装されていない林道があり、その部分にはゆるみ・亀裂が入っていた可能性があり、その部分から雨水が浸透した可能性がある。近傍においても林道が山腹崩壊の発生源となっている箇所があるため、その発生原因を調査し共通したメカニズムであるかどうかを検証する必要がある。
- ・ 崖錐堆積物が2層になっていることから、過去において斜面崩壊等が発生していたことが推定できる。
- ・ 急斜面上に布製型枠による保全対策が施工されたため、保全対策自身が粗度の小さい流路のようになり上方の崩壊土が中腹まで加速して自然河道に比べて流速が早くなったり、侵食のエネルギーが大きくなったりする可能性がある。また、流下方向を変えた可能性についても検討が必要である。住民側ではH29年度に完成した治山構造の影響を指摘する声もある。
- ・ 遷急線（狭窄部）の上方は溪床勾配20度で谷が広がっていることから、土石流の流速が落ちて水位が上がり、遷急線（狭窄部出口）から再び急勾配で流速が大きくなって流下し、治山施設を侵食して破壊した可能性も考えられる。しかし、治山施設の破損が土石流のみによるものなのか、発災前に高強度の降雨による侵食等の影響を受けていたのかは不明。

## 6) 災害の教訓と今後の予測・対策に関する課題（今後の災害に備えるために）

- ・ 急斜面において保全対策を検討する場合は、溪岸侵食の対策等今まで以上に検討する必要がある。
- ・ 崩壊地の予測や崩壊の未然防止には限界があるため、気象庁などで発表される記録的短時間雨量情報や垂直避難など、住民に対して防災意識をより強く持っていただくための取り組みが必要と思われる。
- ・ 住民からみたら同じ堰堤でも、治山の構造物と砂防の構造物とでは目的の違い（対象が違う）があり、同じ構造形態であっても強度が異なる。治山・砂防などの管轄を越えて、斜面上方から下方まで一つのシステムとしての山・斜面としての管理が大事になる。また、流末処理についても考える必要がある。

## 7) 過去に発生した災害と治山事業

岐阜県提供の資料によると、当該地区は平成27年においても砂礫を中心とした土砂流出が発生しており、この時の発生した土砂は藪原中央用水沿いにあるコンクリート擁壁の落石防護柵で捕捉された（図-2.1.17）。また、遷急線から上流域の河床の写真（地点⑥）を見る限り、出水や土砂流下の痕跡は確認できないことから、この時の災害における出水の発生源は遷急線付近と考えられる。従って、当該地点は表層の地下水・伏流水が集まりやすい地下構造を形成していると考えられる。また、アメダス「萩原」（図-2.1.18）によると、平成27年災害の日雨量は44mm、48時間雨量は118mm、最大時間降水量19mmであり、近接したピークのある断続的な降雨で災害が発生している。ところが、平成30年災害の日雨量は159mm、48時間雨量は269mmにも上り（アメダス・萩原の比較であり、上述した岐阜県提供資料の値とは異なる）、平成30年災害では平成27年災害の雨量と比較して、日雨量で約4倍、48時間雨量で約2倍の降雨量となっていることが分かる。

ここで、平成29年度に行われた災害復旧工事（図-2.1.17右側）は、平成27年に発生した災害の規模（流下幅等）を想定した対策工事であることが分かる。しかし、平成27年度の復旧工事の施設配置図を平成30年災害後に撮影したドローンオルソ（背景となる地形図はH25治山レーザ成果）と重ね合わせてみると、平成27年に行った治山事業では流路の屈曲部が2箇所あったが、平成30年に発生した災害ではいずれの屈曲部においても土石流は流路（治山事業の施工範囲）を越流・流下しており、平成30年に発生した土石流の規模は、治山工事の範囲をはるかに上回っていることがわかる（図-2.1.19）。



地点①（左：被災状況、右：復旧状況）

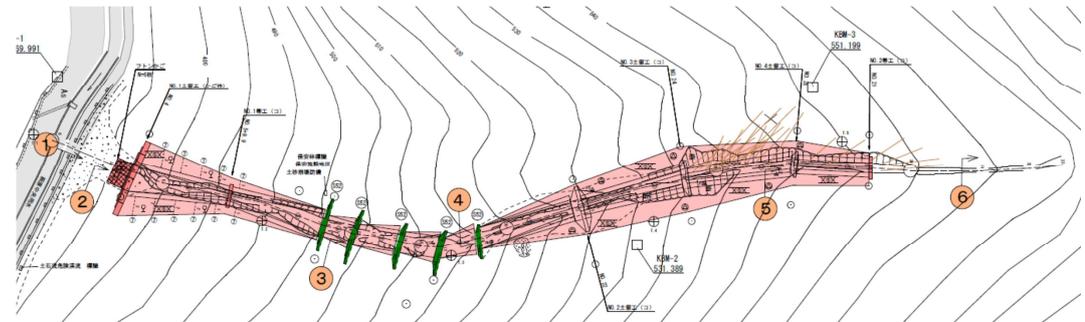


地点②（左：被災状況、右：復旧状況）



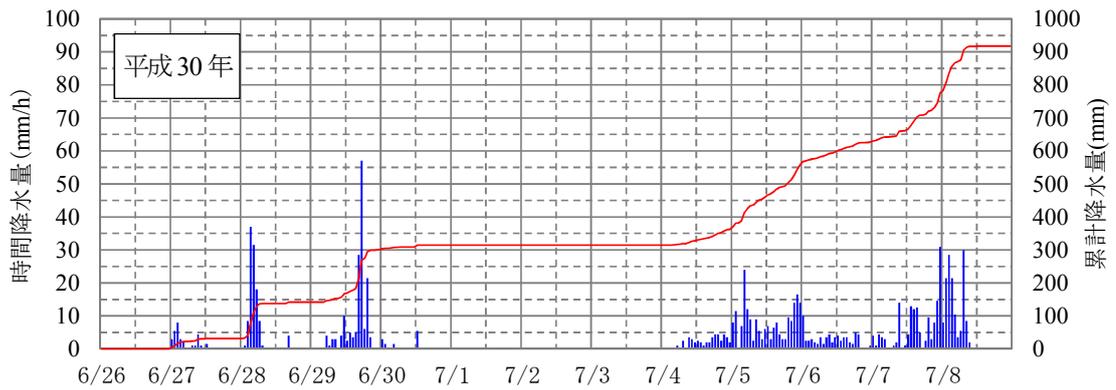
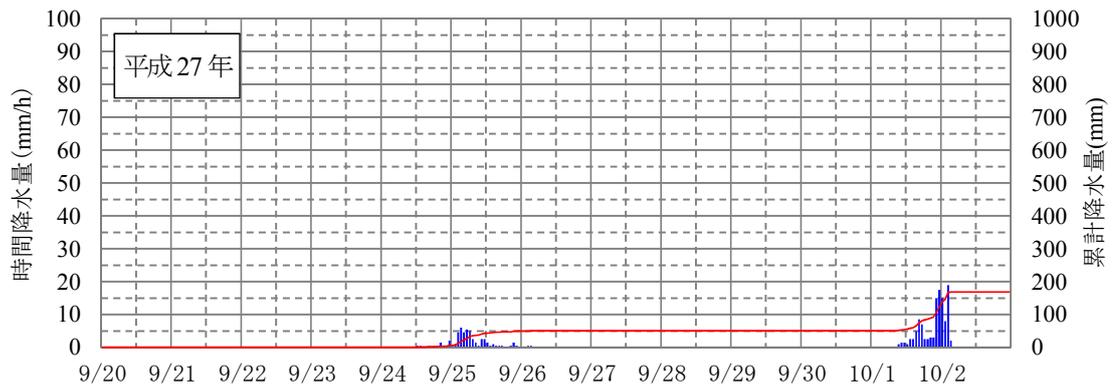
地点⑥における復旧箇所上部の状況

地点⑤における最上流部災害復旧後の状況

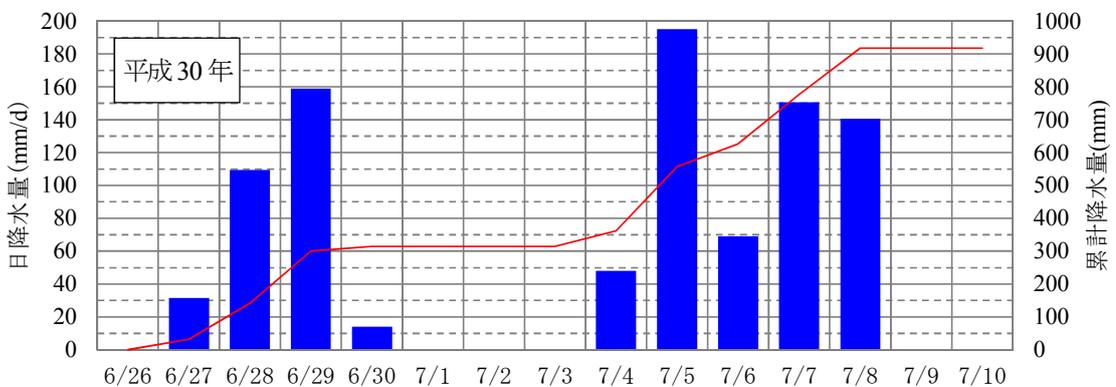
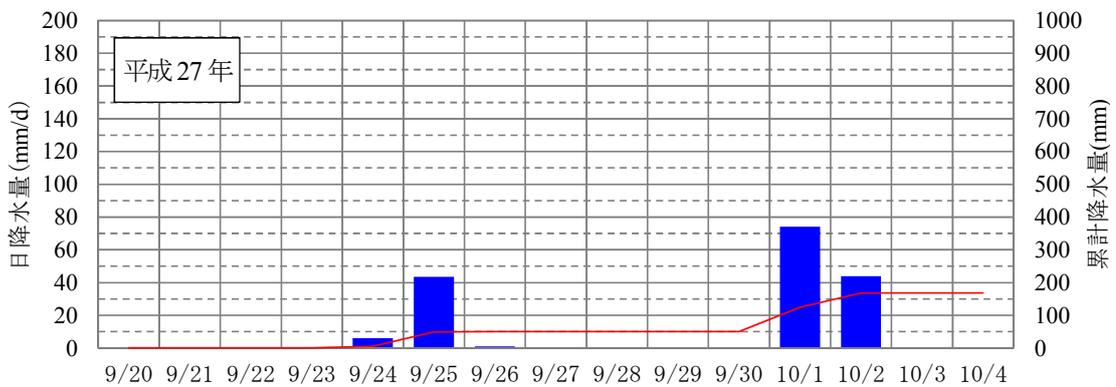


平面図

図-2.1.17 平成27年10月2日に発生した災害状況と復旧状況（岐阜県提供資料）



時間降水量 (上：平成27年、下：平成30年)



日降水量 (上：平成27年、下：平成30年)

図-2.1.18 萩原地区における日降水量の比較 (平成27年度・平成30年度)

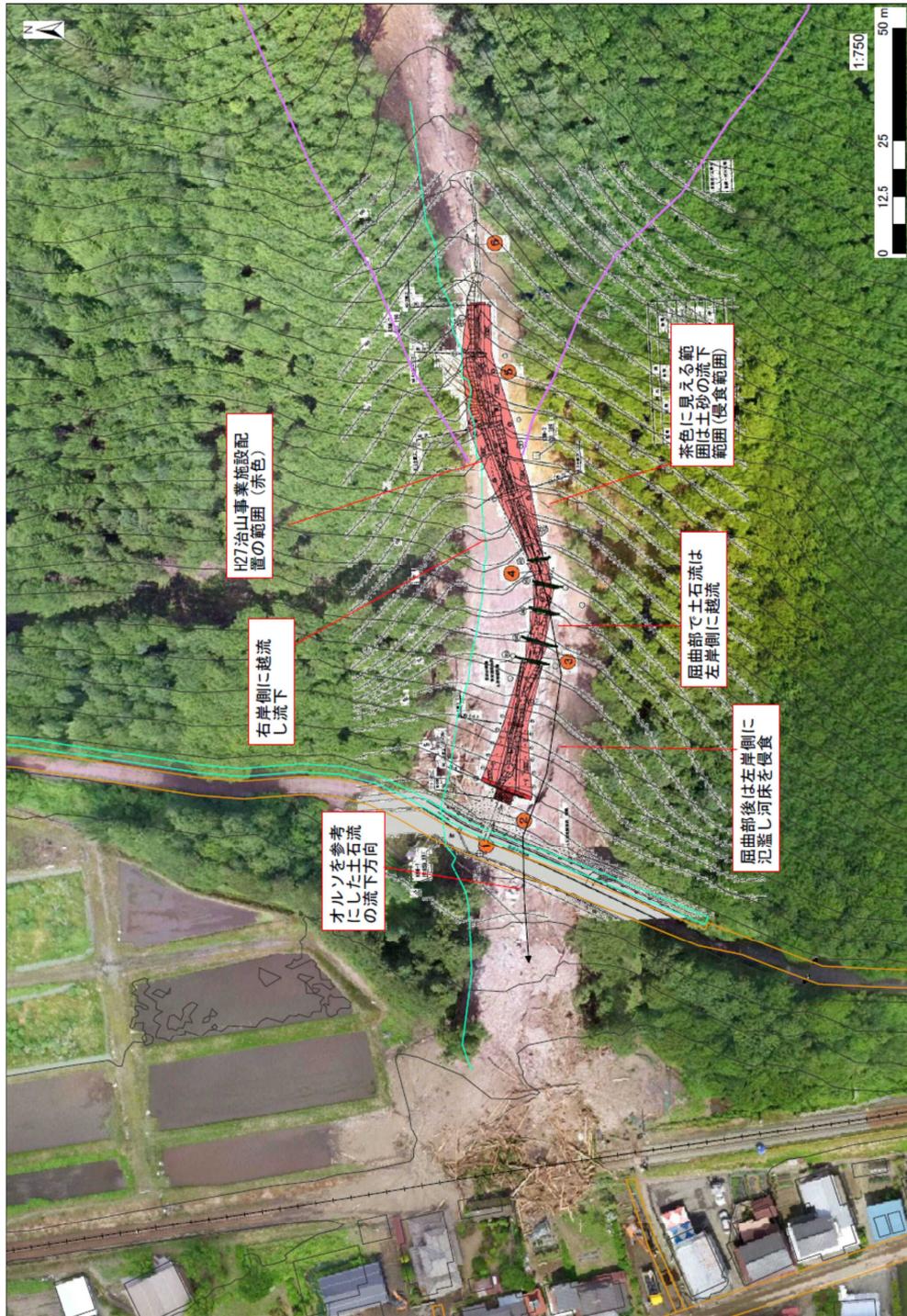


図-2.1.19 復旧工事の施設配置図（平成27年）とドローンオルソ（平成30年）との重ね合わせ図

以上より、平成30年の災害は、もともと遷急線付近において出水しやすい地下構造の流域に、高強度の降雨によって既往災害を上回る出水が発生したことに加え、上流域にある林道で発生した山腹崩壊によって流動化した土砂が加わり、土石流が発生したと考えられる。そして、発生した土石流の規模は平成27年災害の復旧工事で施工されたのり切工や筋工の施工範囲を大きく超え、屈曲部では左右岸に越流しながら流下した。また、急斜面上を流下した土石流は、災害復旧により整備された土留工や保全対策工を侵食・破損するとともに、屈曲部下流域の崖錐地形においては河床方向に深く侵食しながら、氾濫したものと考えられる。なお当該溪流における侵食は、土石流発生後の後続流や、現地調査が発災後2か月経過しているためその間の台風等の降雨による影響も考えられる。

8) 地形起伏図、災害後のオルソを用いた地形的特徴の検討

現地調査を実施後、当該流域の地形的特徴や残存した治山施設の位置などを整理するため、沢田教授より治山レーザ成果及び災害後の調査データの貸与をいただいた。

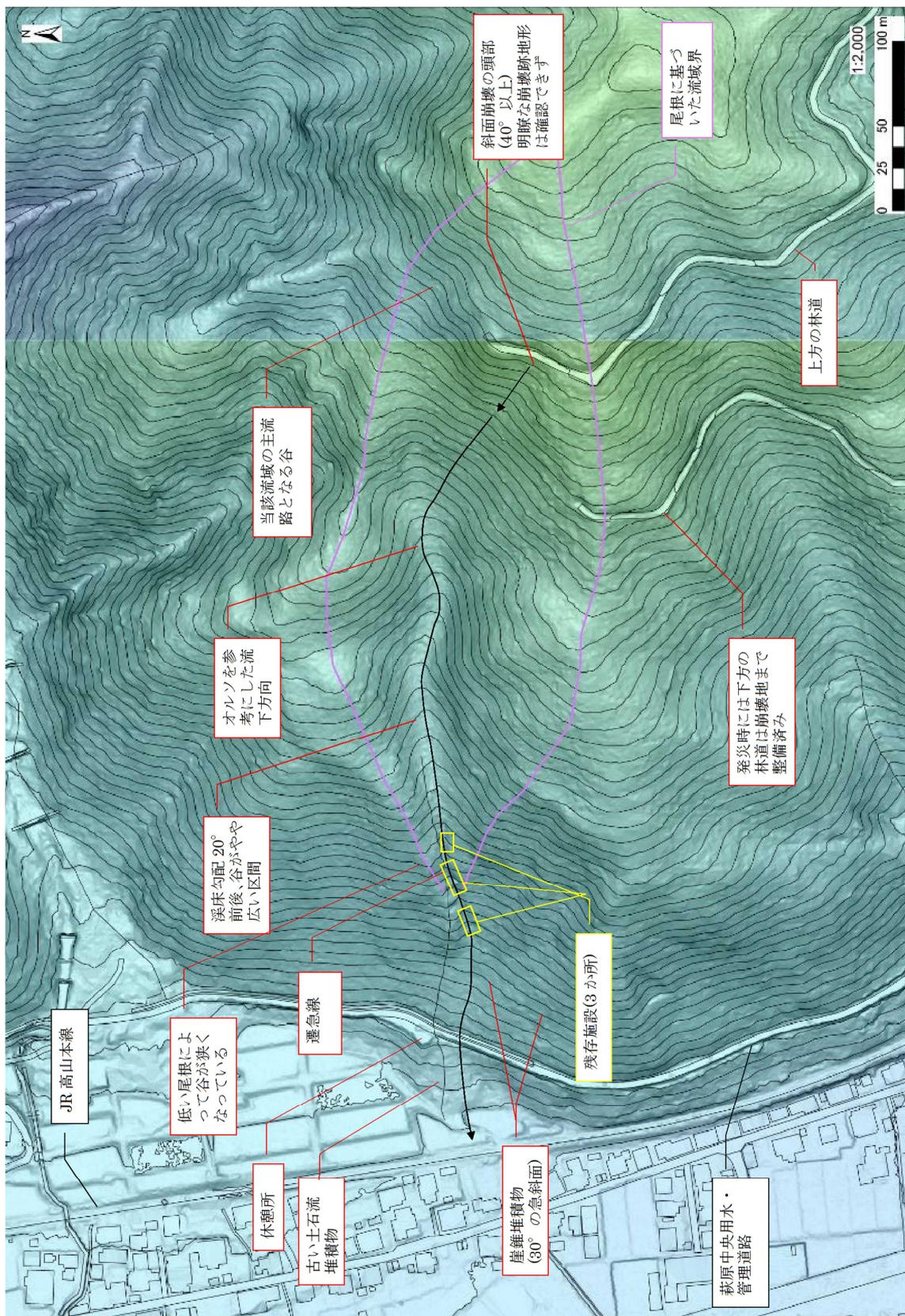


図-2.1.20 治山レーザ成果 (H25)

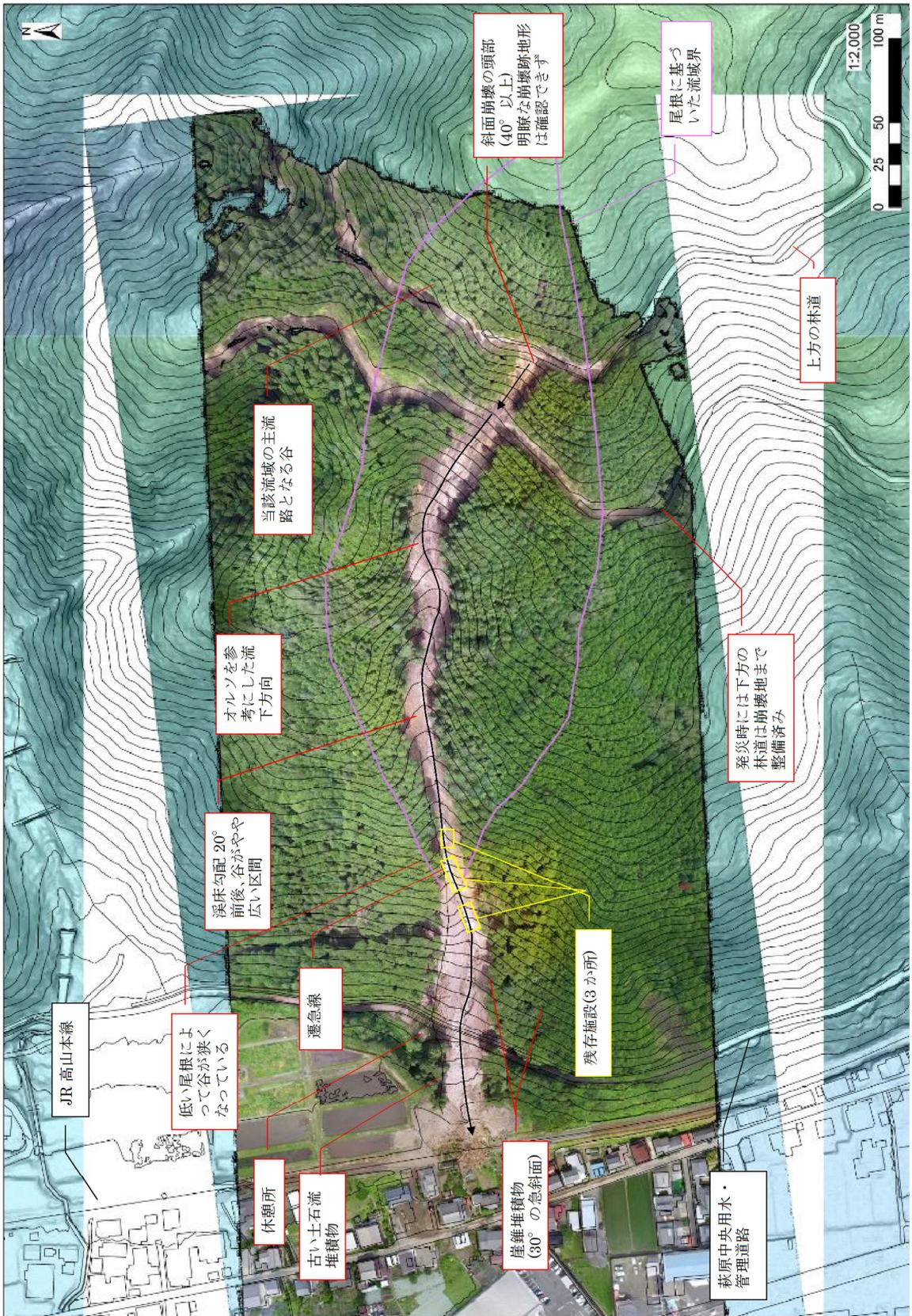


図-2.1.21 治山レーザ成果 (H25) とドローンオルソ (6/30撮影) との重ね合わせ図

## 2.2. (主)下呂白川線(下呂市 夏焼①) : 土砂流出

### 1) 調査地点の概要

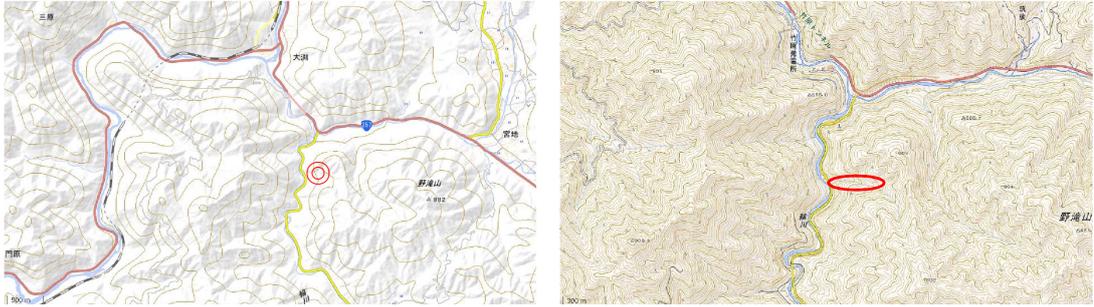


図-2.2.1 災害位置図(下呂市夏焼①)

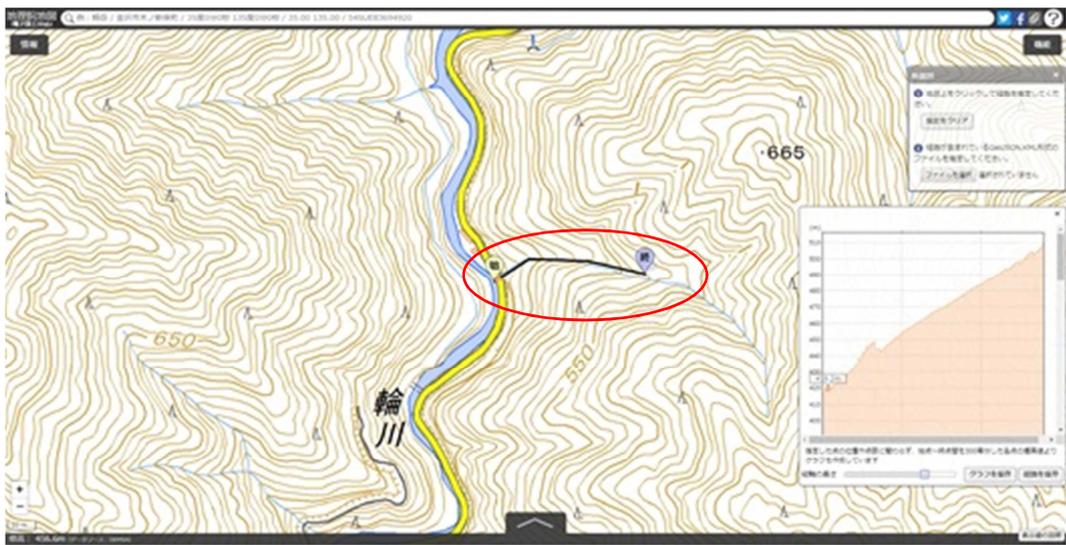


図-2.2.2 等高線図



図-2.2.3 被災前の状況(Google Earth)

2) 災害の状況



図-2.2.4 被災直後の状況（岐阜県提供資料）



図-2.2.5 被害の全体像

- ・ 当該地区の土砂量は800 m<sup>3</sup>であり、同地区3つの谷で約1,000 m<sup>3</sup>の土砂が流出した（図-2.2.4）。
- ・ 道路暗渠は約幅2m×高2m、道路より5m上流に谷止工、道路より約2mの高さに水通し部がある。被災時は暗渠部が流木や土砂で暗渠部がつまり、道路部に土砂が流れ込んだと考えられ、ガードレールは変形・破損している（図-2.2.6）。
- ・ 沢の反対側の街路灯が基礎部より転倒し、ガードレールおよび路肩付近は侵食され土砂堆積している（図-2.2.7）。
- ・ 河床には直径1～1.5mの巨礫や流木が目立ち、河床勾配は30～40°程度である。左岸は濃飛流紋岩の露頭、右岸は土石流堆積物であった（図-2.2.8）。
- ・ 道路から90m程上流まで沢は湾曲している。左岸側は基盤の濃飛流紋岩が分布、右岸は過去の土石流堆積物が多くみられる。河床勾配は30～40°程度。河床には直径1～2mの巨礫や流木(旧立木、旧間伐)の分布が目立ち、所々立木が流木を捕えている（図-2.2.9）。
- ・ 道路より上流約90mのところでは河床-岸壁に露岩が分布し狭窄部となる。また、ここより上流は直線状となり、谷勾配は緩やか(20°程度)となる（図-2.2.10）。
- ・ 露岩が立っている狭窄部の直下流付近は直径1m以下の礫が目立ち、ここより下流では谷幅が広がる。谷中心部でも立木が所々みられる（図-2.2.11）。



図-2.2.6 道路暗渠



図-2.2.7 街路灯



図-2.2.8 沢部の状況



図-2.2.9 流木（沢部）



図-2.2.10 90m 上流の沢部



図-2.2.11 狭窄部の直下流付近

### 3) 降雨状況

- ・ 最大時間雨量 : 70mm/h 程度 (2時間連続)
- ・ 連続雨量 : 227mm (3時間無降雨でリセット)
- ・ 総雨量 : 560mm (3時間リセットを無視の場合)

※ 近傍の気象庁アメダス宮地 (災害現場から約4km) では、災害直前の最大時間雨量が65.5mm、累積雨量は495.5mm (7月8日8:00) である (図-1.2)。

### 4) 災害の現象の解釈

- ・ 粗粒土が沢山流出したのは今回が初めてとの証言があり、今次の降雨強さの影響が大きいのではないかと考えられる。
- ・ 暗渠及び治山ダムまでの流路工に礫が堆積し、満砂状態となり閉塞した。
- ・ 治山ダムの水通し部から一気に土砂礫が流出した。比較的急こう配の河床勾配から、暗渠が閉塞されていなくても、水の勢いで水通し部から一気に道路まで到達 (跳躍) した可能性も考えられる。
- ・ 道路より90m程上流地点での直線状の谷地形も、土砂運搬を加速された要因のひとつと考えられる。
- ・ 被災の履歴は、無いもしくは不明であるが、地質的には、斜面末端に土石流堆積物が確認されるので、予てより土石流が発生していた谷ではあると考えられる。
- ・ 間伐木が流れダム化したことで、流下方向が変わった可能性がある。

### 5) 災害の教訓と今後の予測・対策に関する課題 (今後の災害に備えるために)

- ・ 応急処置後は、時間雨量20mmで待機、時間雨量30mmか連続雨量80mmで通行止めの対応をとった。その結果、通行止めは平成30年8月27日現在までに2回ほどあったが、特に問題は発生していない。
- ・ これから先、経験したことのない降雨が発生する可能性はあるが、土砂流出により人的被害を出さない為には、今回の雨量データをひとつの基準にして、通行規制を設けることが考えられる。
- ・ 土砂流出後の早期復旧も重要であり、谷の出口に土砂流出防止を目的とした構造物を設置することで、土砂流出量を軽減・抑止する等、復旧を早める策を講じるべきと考える。ただし、これらをすべての谷で実施するとなると、非常に費用がかかることが予想されるため、安価で効果的な土砂流出を防止する構造物の開発が必要である。
- ・ どの沢で土砂流出が発生するのか (どの沢から上記のような対応をするのか) を見極めるのは、非常に難しいと思われる。当面は今回土砂流出が発生した原因 (特に土砂発生源の状況等の素因) を解明すると共に既往の道路防災点検での着目点や判定基準と照合し、必要に応じてこれらの見直しを行い、点検に反映させるべきと考える。
- ・ 今後は、広範囲・高精度かつ安価に斜面変動 (危険箇所) を捉える研究・技術の開発 (例えばリモートセンシング技術やレーザー測量技術の改良など) が望まれる。
- ・ ダム化した流木の影響やこれをどのように対処するかを検討する必要がある。

### 2.3. (主)下呂白川線(下呂市 夏焼②) : 土砂流出

#### 1) 調査地点の概要

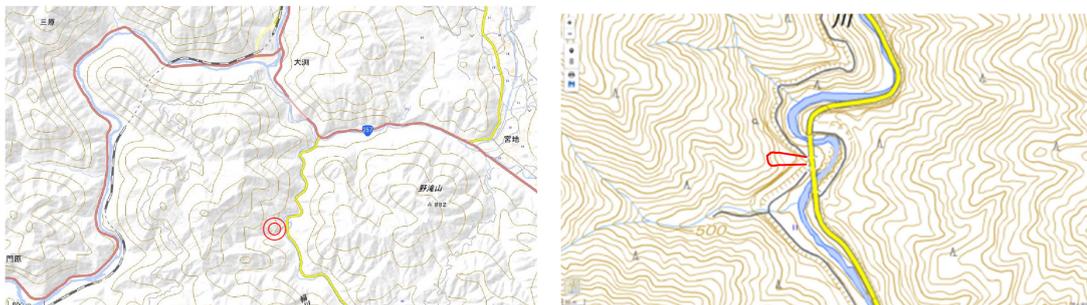


図-2.3.1 災害位置図(下呂市夏焼)

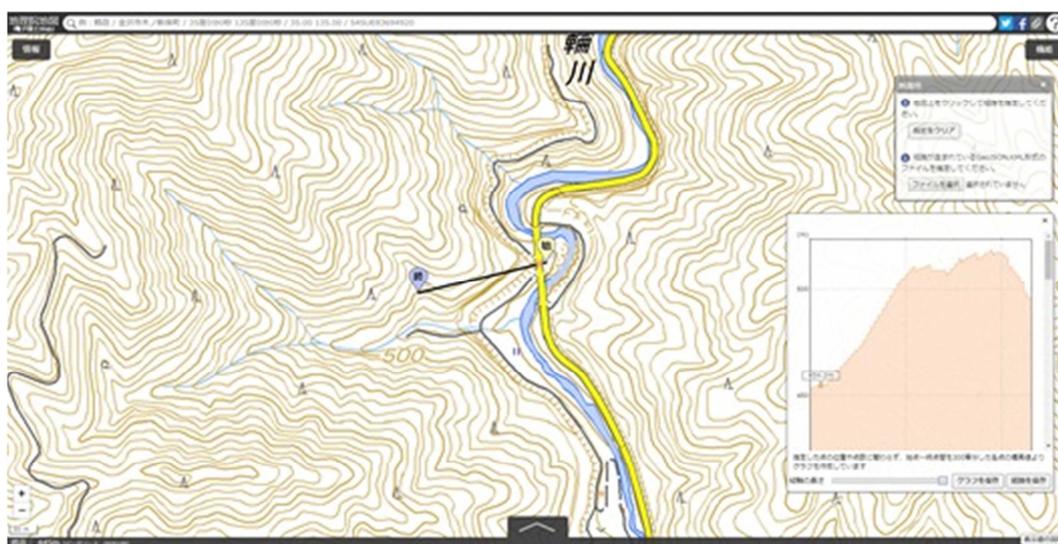


図-2.3.2 等高線図

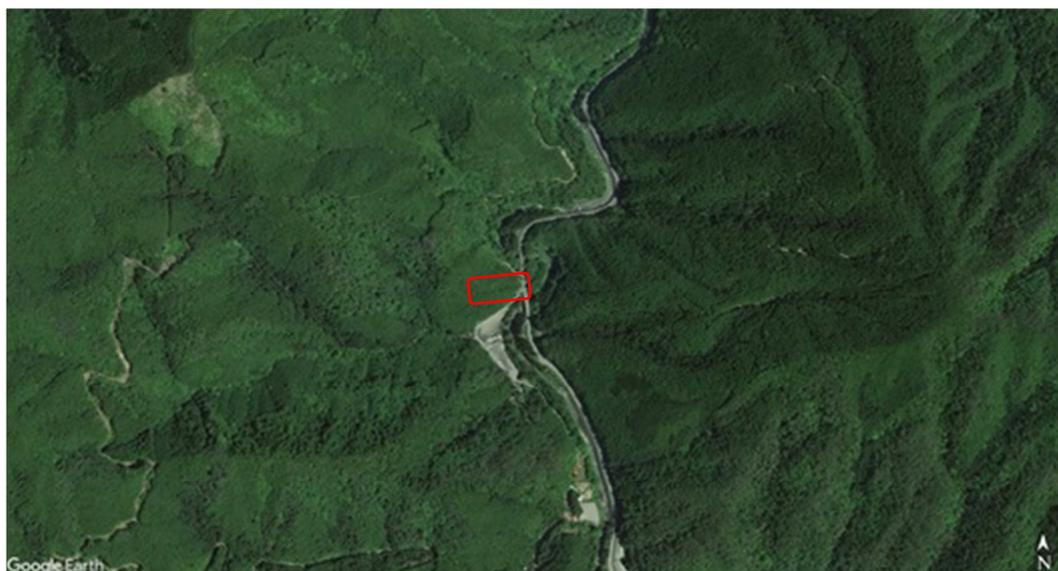


図-2.3.3 被災前の状況(Google Earth)

## 2) 災害の状況



図-2.3.4 被災直後の状況（岐阜県提供資料）



図-2.3.5 被害の全体像

- ・ 切土のり面の上方の自然斜面を崩壊発生源とする土砂流出が発生した（図-2.3.4～図-2.3.7）。
- ・ 崩壊発生源は上方斜面中腹であり、崩壊土砂は尾根沿いに流下している（図-2.3.4）。
- ・ 崩壊発生源は角礫及び軟質な土砂が主体であった（図-2.3.8）。
- ・ 一部から湧水跡が確認されている（図-2.3.9）。また崩壊発生源の滑落崖は角礫混り砂～粘土で構成されるが、根が抜けた穴が複数確認されている（穴内に黒色の表土あり）が、一部はパイピングホールの可能性もある。



図-2.3.6 崩壊状況（道路より撮影）



図-2.3.7 崩壊の状況（土砂流出経路）



図-2.3.8 崩壊発生源の状況  
（崩壊発生源は角礫及び軟質な土砂が主体）



図-2.3.9 湧水跡

### 3) 基盤地質・土質

- ・ 濃飛流紋岩（ryn）が広く分布する（図-2.3.10）。
- ・ 崩壊発生源の左岸側（山をみて右側）に濃飛流紋岩の硬質な露岩が分布する（図-2.3.11）。

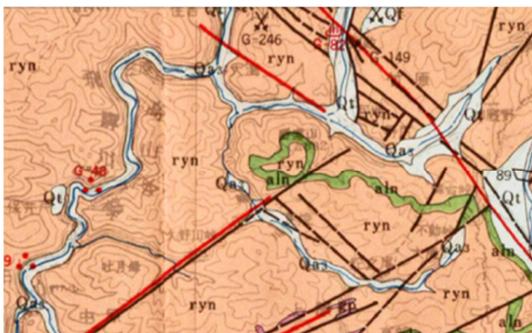


図-2.3.10 広域地質図  
（土木地質図より引用）



図-2.3.11 崩壊発生源に分布する  
濃飛流紋岩

#### 4) 降雨状況

- ・ 最大時間雨量 : 約 70mm/h×2 時間連続
- ・ 連続雨量 : 227mm (3 時間無降雨でリセット)
- ・ 総雨量 : 560mm (3 時間リセットを無視の場合)

※ 近傍の気象庁アメダス宮地 (災害現場から約 4km) では、災害直前の最大時間雨量が 65.5mm、累積雨量は 495.5mm (7 月 8 日 8:00) である (図-1.2)。

#### 5) 災害の現象の解釈

- ・ 崩壊発生源の上部斜面は尾根地形であるものの、崩壊発生源付近は特に尾根地形ではなく、流域の最上流部付近 (平行型斜面) と考えられる (図-2.3.3)。
- ・ 崩壊発生源の直上部 (約 5m 程度) にやや緩斜面が分布し、斜面に崖錐堆積物が分布していたと想定される (図-2.3.12)。
- ・ 通常は湧水がない斜面で、豪雨により基盤岩と崖錐堆積物の境界付近に、地下水位の上昇が発生し、湧水に伴う崩壊が発生したと考えられる (図-2.3.12)。

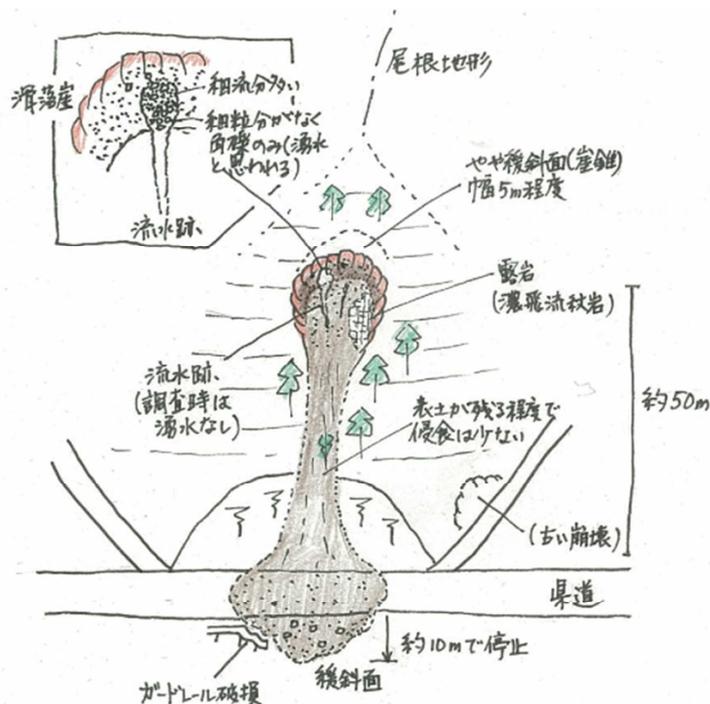


図-2.3.12 崩壊箇所の平面概略図

#### 6) 災害の教訓と今後の予測・対策に関する課題 (今後の災害に備えるために)

- ・ 応急処置後は、時間雨量 20mm で待機、時間雨量 30mm か連続雨量 80mm で通行止めの対応をとった。その結果、通行止めは本日までに 2 回あったが、特に問題はなかった。
- ・ 尾根地形の末端部においても、微地形 (小規模な凹地、崩壊地形) の確認が必要である。このような地形は豪雨時に崩壊が発生する可能性がある。
- ・ 微地形を判読するためには、詳細地形図 (レーザープロファイラ等の航空測量等) による地形判読等が重要と考えられる。
- ・ 単なる山の保持といった視点だけでなく、崩壊後の被害も考えた斜面の管理が必要であると考えられる。

2.4. (一)門和佐瀬戸線 (下呂市 和佐) : 土砂流出

1) 調査地点概要

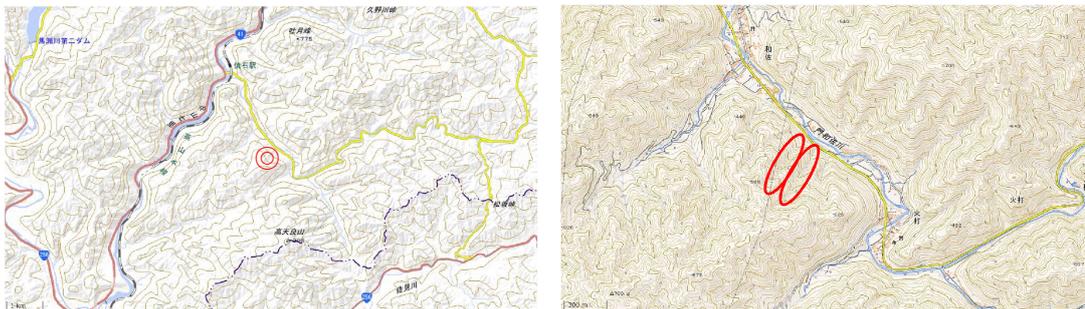


図-2.4.1 災害位置図 (下呂市和佐)

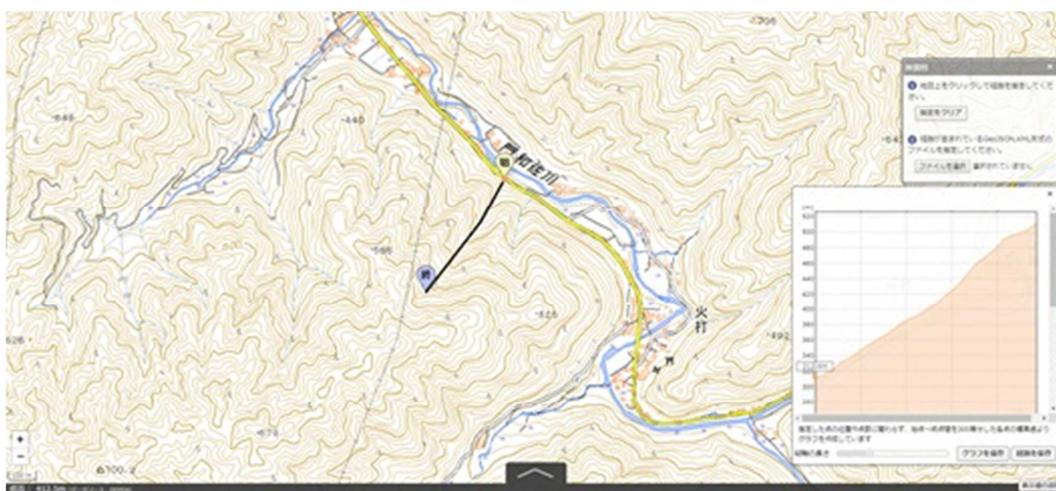


図-2.4.2 等高線図



図-2.4.3 被災前の状況 (Google Earth)

2) 被災状況



図-2.4.4 被災直後の状況（岐阜県提供資料）

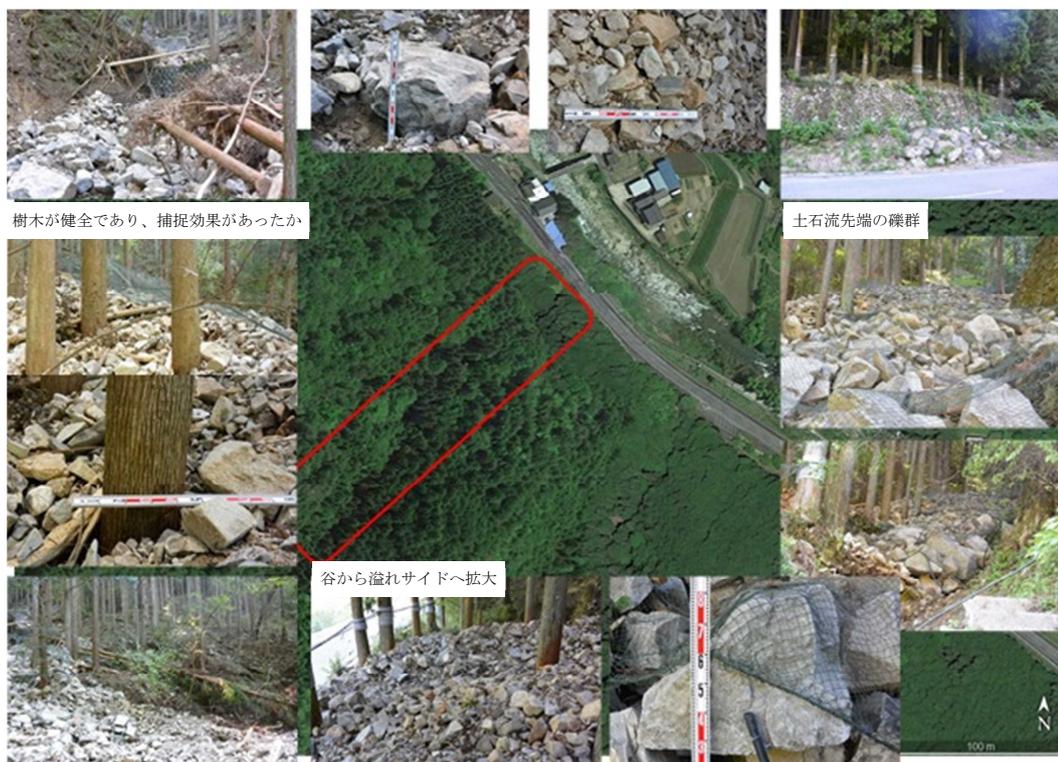


図-2.4.5 被害の全体像

調査箇所は2か所あり、図-2.4.6に示す東側の沢を「A沢」、西側の沢を「B沢」と区別する。溪流内の土砂が飽和状態となり、7月4日未明に土石流が発生した。調査地における土石流は、溪流内の砂礫堆積層が豪雨によって流下したものである。

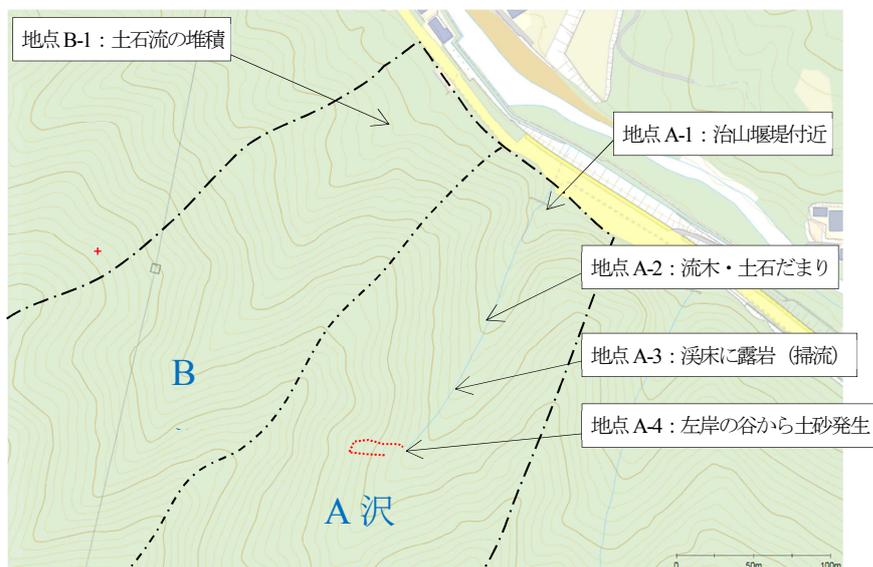


図-2.4.6 調査対象

- ・ A沢では、谷止工において土石流堆積物である砂礫堆積物や流木が堆積し、満砂状態にある。

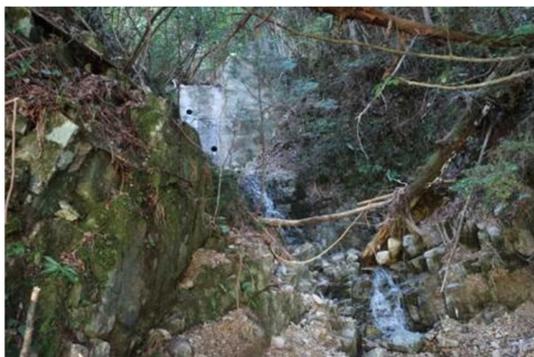


図-2.4.7 地点 A-1：治山堰堤の下流側（左）、概ね岩盤が露出した堰堤の上方（右）



図-2.4.8 地点 A-2：河床部の流木だまり



図-2.4.9 地点 A-3 : 流木だまりの上方 岩盤が露出



図-2.4.10 地点 A-4 : 左岸斜面（谷）に土砂流出発生源

- ・ B 沢では、谷の出口付近において扇型に土石流堆積物が堆積した。

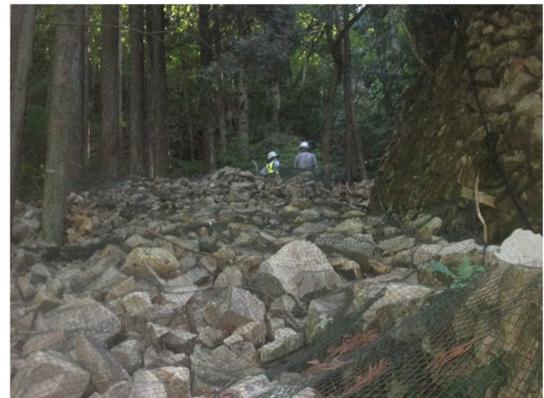


図-2.4.11 地点 B-1 : 斜面上の土石流堆積物

### 3) 基盤地質・土質

- ・ 調査地の地質は、白亜紀後期・濃飛流紋岩類、赤河溶結凝灰岩層が分布し、全体に亀裂が多く発達し、溪流内や山腹斜面では、落石堆や崖錐堆積物が堆積する。今回の土石流は、上流部の堆積物や溪流内の堆積物、及び側岸の落石堆や崖錐堆積物の滑動痕跡が確認される、そのため、溪流内や側壁の堆積物が流下したものと考えられる。

### 4) 降雨状況

- ・ 最大時間雨量 : 約 70mm/h×2 時間連続 (夏焼①、②と同等程度)

## 5) 災害の現象の解釈

- ・ 典型的な溪床堆積物移動型の石礫を主体とした土石流であった。
- ・ 発災前の B 溪流内には複数の谷止工（4 基以上？）が設置されていたが、その上流部で発生した石礫主体の土石流はその下流にまで流出し、下流道路部の暗渠を閉塞させたことにより発生した土石流は堰止められ、この暗渠部から上流斜面までの広範囲に多量の石礫が堆積している。この暗渠部の閉塞が無かった場合には、さらに多くの土砂礫が道路上やその下流にまで氾濫していたものと考えられる。
- ・ 斜面内に生育する複数の立木には土石流の流下痕跡が認められ、斜面内を流下した土石流の波高は概ね 50cm 程度であったものと推察される。
- ・ A 沢の土石流の発生源は道路から約 200m の側方の谷（本流側はこの分岐から苔むした転石・露岩が分布し、流水のみ）である（図-2.4.10）。
- ・ 崩壊発生源から流木だまりまでは土石がほとんど分布しておらず、溪床に岩盤が露出（掃流）している（図-2.4.9）。
- ・ 河床中央の立木により、流木及び土石が停止している（図-2.4.8）。この立木がなかった場合、流木だまりの流木や土石流等も流下し、被災の規模が拡大していた可能性が高い。
- ・ 水系の状況は、水系模様は直線、溪流長は 200m～250m、河床勾配は 10～25° 程度であり、土石流が流下しやすい状況である。流域面積は 0.4～0.5 k m<sup>2</sup> と推定される。
- ・ 溪床堆積物が流動化するメカニズムは、砂礫堆積層内の特定の面においてせん断力がせん断抵抗力を上回り、それより上の砂礫が集合的に移動を開始するものである。
- ・ 砂礫層を主体とした土石流は、その土石流の発生タイミングが流域内における不安定土砂の蓄積量に大きく依存する溪流である。このタイプの溪流では、一定以上の土砂量が流域内に蓄積されたのち降雨時に十分な水の供給があると土石流が発生する。一度土石流が発生し不安定土砂が流失したのち、側壁の溪流浸食（下刻作用）によりさらに溪流内に堆積物が堆積する。そして、降雨条件によって再度土石流が発生する可能性があると考えられる。
- ・ 土石流の発生する要因としては、地形、地質、および溪流の形状、幅、長さ、下刻作用、側壁および溪流の土砂、砂礫層の堆積状況によって異なる。とくに溪床勾配も土石流に関係してくるものと考えられ、溪床勾配が 20° 以上の溪流においては、発生しやすいといわれている。
- ・ 土石流は、発生の観点からみると雨量指標は溪流への供給される水の量が目安となる。そのことが降雨条件である 60 分間積算雨量が大いに関係してくるものと考えられる。

## 6) 災害の教訓と今後の予測・対策に関する課題（今後の災害に備えるために）

- ・ 対策工として、溪流内に多くの土砂や倒木が堆積している場合や、今後上部の斜面が崩壊する可能性が高い場合においては、複数の砂防堰堤を設置することが挙げられる。
- ・ 現在土砂災害に対する警戒・避難の基準としては雨量指標が利用されている。気象庁と都道府県はタンクモデルによって計算される土壌雨量指数と 60 分間積算雨量の 2 要素を対比させ、土砂災害の履歴から危険と判断される基準線を設定している。
- ・ 今後の対策としては、土石流の発生しやすい溪流については、警報装置や監視カメラの設置が望まれる。
- ・ 危険溪流においては、溪流内の土砂、砂礫層の堆積状況や 0 次谷や 1 次谷の側壁の崖錐堆積物や落石堆の堆積状況を踏査することが望まれる。
- ・ 溪床の途中で流木等を停止させる対策（複数の砂防堰堤やスリットダム等）が重要と考えられる。

### 3. まとめ

今回の災害調査によって、斜面崩壊には降雨の強度や継続時間、降雨の浸透条件、地質、地下水、斜面の初期条件、人工構造物や間伐材などの影響など様々な現象が複雑に絡み合っていることを確認した。以下に得られた知見を示す。

- 1) 治山・砂防・道路などの従来の分野を越えて、斜面上方から下方までを一つのシステムとしての山・斜面としての管理
  - ・ 単なる山の保持といった視点だけでなく、崩壊後の被害も考えた斜面の管理が必要である。
  - ・ 斜面崩壊に及ぼす、斜面に人工構造物を造った影響や斜面の間伐などの管理が十分でない影響は、通常降雨外力では顕在化しないが、今回の降雨のような場合にはそれらが悪影響となる場合がある。特に、間伐して倒木のまま放置すると、降雨強度が大きくなるにつれて流木が発生する可能性がある。スリットや杭（立木）を設置して、流木を防ぐ措置が必要である。
  - ・ 間伐が行われ、森林が整備されていたことにより樹木がしっかりしており、流下防止柵の役割を果たした。このことから、今後も適切に間伐等が行われることで、立木が斜面崩壊・土石流等に対する自然防止柵として機能することも期待できる。
- 2) 斜面の風化やパイピングホールの影響についての検討
  - ・ パイピングホールは崩壊の原因なのか、それとも崩壊後の結果なのか、現象を正しく理解する必要がある。
  - ・ 今回の豪雨で、四国の崩壊でも、崩壊後に何箇所も水が噴出するのを見たという証言や「ドーン」という音を聞いたという証言がある。
  - ・ 斜面中のコアストーンの内部での動きや、その周辺の浸透水が長年にわたって斜面を劣化（崩壊しやすくする）させることも視野に入れて考察する必要がある。
- 3) 斜面に置かれた間伐材や強く長い豪雨など降雨波形を考慮
  - ・ これまで行ってきた林道整備により、流木による被害は全体的に少ないと考えられる。しかし、間伐材を放置すると危険性が高まるため、今後も今までと同様に整備を継続する必要がある。
  - ・ 流下する石の粒径や量が変わる可能性がある。
  - ・ 石や流木によって暗渠がつまり、十分な機能を発揮できない可能性がある
- 4) 常時も含めた広域的な浸透水の方向・強さと降雨時の表面流（降雨時の雨水が浸透できないもの）の把握
  - ・ 崩壊には地下水の影響が大きいことは周知の事実である。しかし、局所的な沢部の斜面形状だけでなく、さらに広い範囲の地形でみた集水性を考える必要性（被圧した地下水も含め）や簡易でタフな計測方法の提案が必要である。
- 5) 多様な視点からの現象の理解
  - ・ 大きな領域と個々の斜面、斜面構造などといったいくつかの視点でメカニズムを検討し、被害を抑えるには、地質、砂防、地すべり、地盤工学など「従来の枠を超えた幅広い交流」が必要である。