

5. 唐津市浜玉町今坂川流域における土砂移動現象

5.1 地形・地質の概況及び土地利用の変遷

図 5.1.1 に調査地の全景写真，図 5.1.2 に地形・地質の概略図を示す。今回の豪雨で土石流が発生したのは、二級河川玉島川水系の左支川・小川流域に位置する今坂川に流入する「今坂川第三」および「嶽川第二」である。



2023年7月11日アジア航測(株)撮影

図 5.1.1 調査地全景

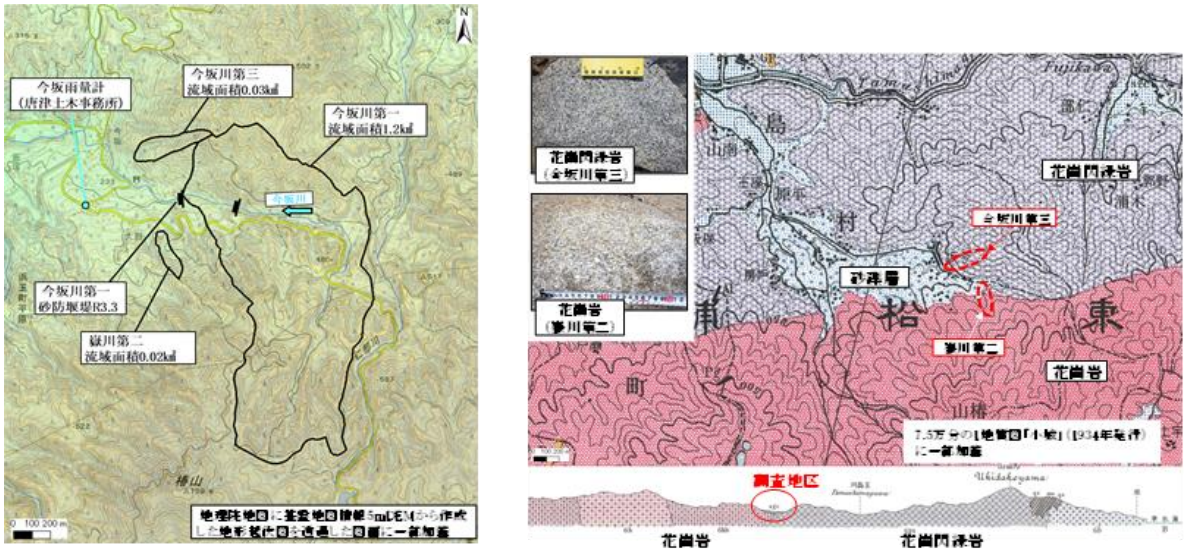


図 5.1.2 調査地の地形・地質



図 5.1.3 土地利用の変遷

また今坂川上流部に位置する溪流である「今坂川第一」のうち、本川に流入する2本の右支溪で2018年7月6日に土石流が発生したため、2021年3月に今坂川第一砂防堰堤が整備されている。これら4溪流はわずか700m程度の円内に含まれるほど近接している。

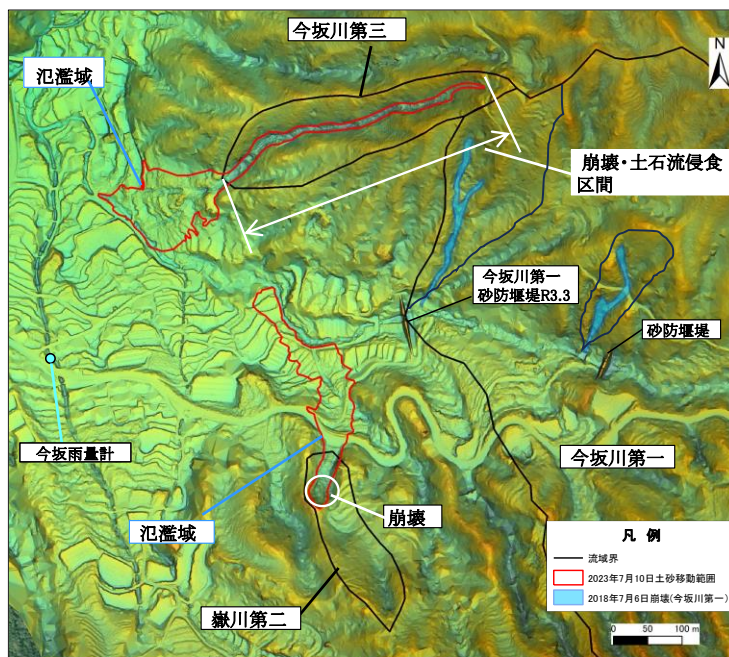
流域面積は今坂川第三が0.03km²、嶽川第二が0.02km²である。今坂川第一の流域面積は1.20km²であり、2018年7月6日に土石流が発生した2本の支溪は0.03km²と0.01km²である。周辺地形は30°程度の傾斜を持つ一般的な山地斜面で、大部分が植林地である。今坂川第三と嶽川第二、およびそれに隣接する溪流の下流には、勾配10°前後の土石流扇状地が広がっていることから、古くから土砂移動が活発であったことが伺える。

当該地域は中生代白亜紀の花崗閃緑岩や花崗岩が分布し、今坂地区付近では、今坂川付近を境に岩相が異なっている。今坂川の北側に位置する今坂川第三周辺には花崗閃緑岩、今坂川の南側に位置する嶽川第二周辺には花崗岩が分布し、両溪流の下流域に位置する今坂集落周辺には緩斜面を形成する扇状地堆積物（流出したコアストーンを含む砂礫層）が広がっている。

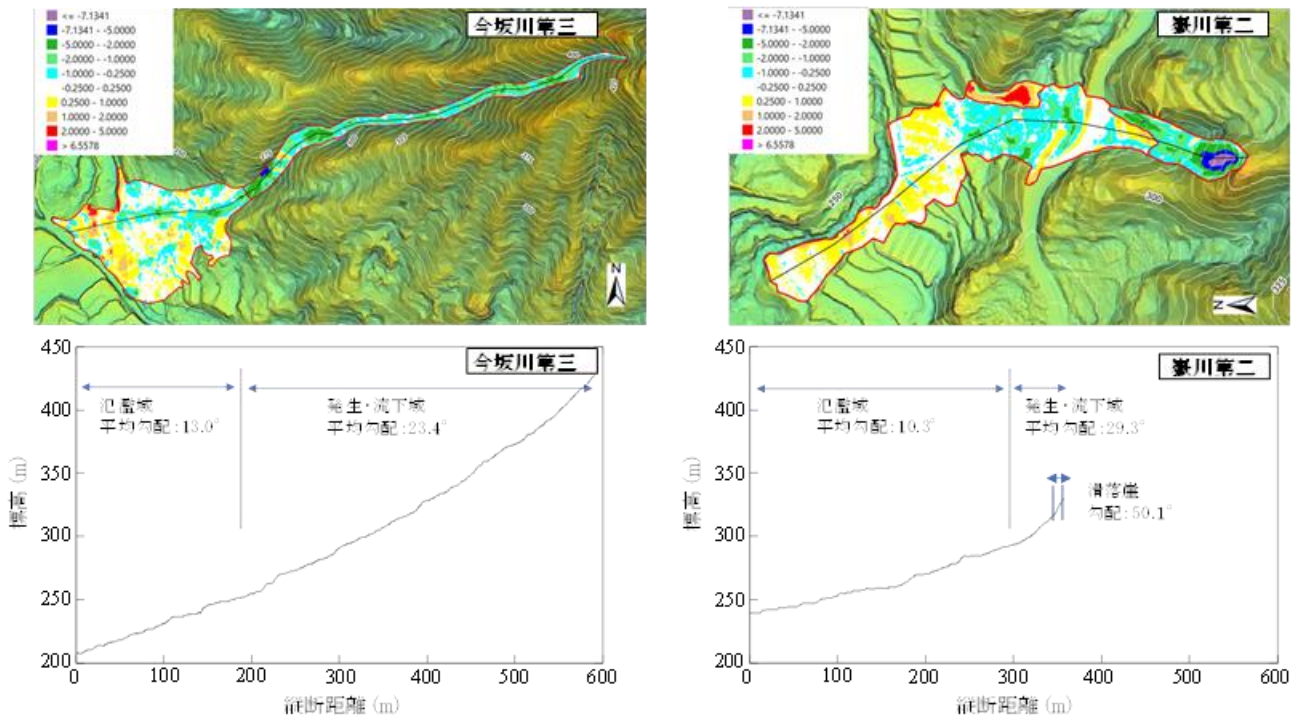
土地利用の変遷を図5.1.3に示す。今坂川第三及び嶽川第二の周辺斜面の大部分には、1974年にはミカン畑が広がっていた。特に、嶽川第二の崩壊地やその背後斜面及びその周辺は、1974年当時はほぼ全てミカン畑となっている。その後2000年代初頭にはその多くが減少して樹林に置き換わっている。

5.2 今坂川第三・嶽川第二の崩壊、土砂移動状況

図5.2.1に今坂川第三、嶽川第二の土砂移動範囲を、図5.2.2に発災前後の地形変化および発災後の縦断図を示す。また図5.2.1には2018年7月6日に発生した崩壊・土石流侵食区間を合わせて示す。なお図5.2.2のLP差分による凡例の数値は樹冠による影響を補正していないため参考値であり、おおよその地形変化傾向を示すことに注意が必要である。以降は今坂川第三・嶽川第二の各流域における崩壊、土砂移動状況を示す。



中日本航空株式会社 2023年7月16日航空レーザ測量図面に加筆
 図5.2.1 今坂川第三、嶽川第二の土砂移動範囲



注) LP 差分による凡例の数値表示は樹冠による影響が無視できないため参考値 (発災前: パスコ 2012 年航空レーザ測量成果).

図 5.2.2 今坂川第三, 壱川第二の発災前後の地形変化 (参考) および発災後の縦断面図

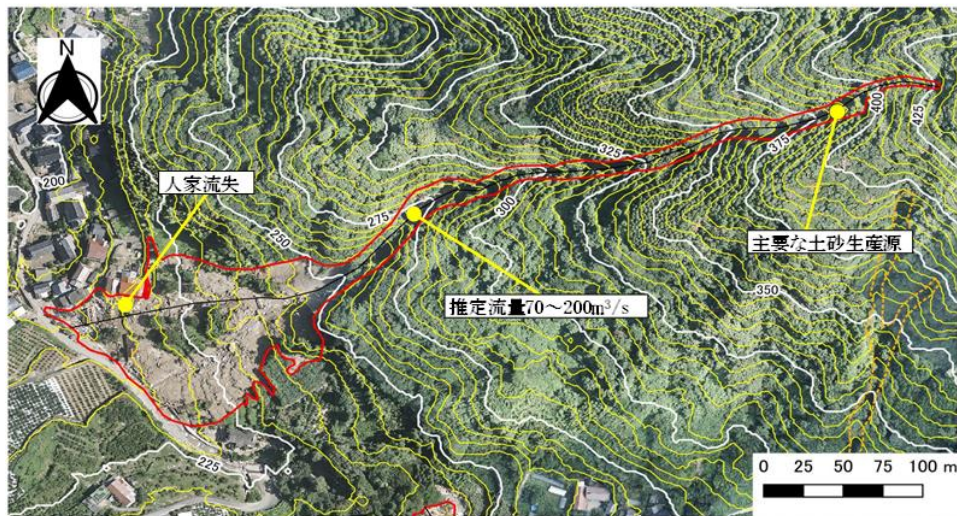


図 5.2.3 今坂川第三の土砂移動範囲

【今坂川第三】

図 5.2.3 に土砂移動範囲を示す. 標高 250m 付近の谷出口を境に, 上流の溪流内を発生・流下域, 下流川を氾濫域に区分することができる (図 5.2.2 参照). 発生・流下域の最上流部は, 標高 433m の作業道直下に位置する. ただし崩壊深 50cm 未満の薄い板状の崩壊であること, 尾根に近く集水面積が小さいこと, 作業道沿いに流水を集めた痕跡がないこと, パイピングホールが認められなかったこと等から, 土砂・水とも供給できた規模は小さく, この崩壊地が土石流発生源になったとは考えにくい (図 5.2.4-a).

標高 370~390m 付近では溪床侵食深が最も深く (最大 3m 程度), 土石流発生源であると考えられる. 河床には, 洗掘により洗い出されたコアストーンが多数散在していた (図 5.2.4-b). 縦断的に見ると遷緩点にあたり, これより上流の勾配は 29°、下流は 21° と緩くなっている. この区間で, 長さ 40m × 侵食幅 10m × 平均侵食深 1.5m = 600m³ 程度の土砂が生産されたと考えられる. 土石流発生源より下流では幅 10m 程度, 想定溪床侵食深 0.5m ~ 1.0m 程度の状況が続いており, 数カ所に滝が形成されていた. 溪床や溪岸には風化した花崗閃緑岩が露出し, 直径数メートルのコアストーンも多く見られた (図 5.2.5-a). 土石流発生源の直下では, 溪床に残存した倒木の土砂付着痕跡より, 土石流の流動深は 2.6m 程度と推定された (図 5.2.5-b). また流下過程の 2 箇所まで流下痕跡高



(a) 源頭部（作業道直下：標高 433 m）の崩壊



(b) 土石流の主たる発生源（標高 370～390 m）

図 5.2.4 今坂川第三の源頭部付近の状況



(a) コアストーン



(b) スギ倒木に残存する流下痕

図 5.2.5 今坂川第三の流下区間

さよりピーク流量を推定したところ、ピーク流量時が河床洗掘前であれば流動深 1m でピーク流量 $70\text{m}^3/\text{s}$ 程度、ピーク流量時が河床洗掘後であれば流動深 2m でピーク流量 $200\text{m}^3/\text{s}$ 程度と推定された。生産・流下域全体での生産土砂量は、長さ 410m×幅 10m×平均深さ 0.5m でおおよそ $2,000\text{m}^3$ 程度と推定される。

以上のことから、標高 370～390m 付近の溪床堆積土砂の移動によって発生した土石流が、流下過程で溪床侵食しながらやや規模を拡大しつつ流下したものと考えられ、源頭部の崩壊に起因した土石流の可能性は低い。

【嶽川第二】

嶽川第二の土砂移動範囲と撮影ポイント番号を図 5.2.6 に示す。標高 290m 付近を境として、上流側を発生・流下域、下流側を氾濫域に区分することができる。発生・流下域の平均勾配は約 29° 、氾濫域の平均勾配は約 10° であり、崩壊地内の滑落崖の平均勾配は約 50° である（図 5.2.2）。崩壊地の幅は約 15～20m、長さは約 45m であり、滑落崖の高さは 5～10m 程度となっている。また調査時（2023 年 7 月 29 日）において表流水の存在が確認された（図 5.2.7）。この表流水は崩壊地上端に存在する旧みかん畑を含む上部斜面から流入していた。この事は、図 5.2.1 に示すように、本流域が今坂川第三とは異なり崩壊地の上部には集水域が広がっていることを考慮すると、流域の流下能力を超えた多量の降雨が供給された影響が調査時点においても顕在化していたことを示唆する。滑落崖にはパイピングは見られず、上位に花崗岩の強風化部、その下位に花崗岩の弱風化部（基岩）が分布している。また崩壊地内ではコアストーンは確認されず、白っぽいマサ土（花崗岩起源）が主体であり、一部に岩脈と思われる花崗斑岩を確認していることから、崩壊要因の一つとして、花崗岩中の風化境界の透水性や強度の不連続性が考えられる（図 5.2.8）。なお現地情報から土砂生産量を概算すると、土砂生産の主要部を滑落崖付近の崩壊と考え、長さ 10m×平均幅 17m×平均深さ 6m とすると約 $1,000\text{m}^3$ となる。

土石流の流下区間には溪流沿いに花崗岩のコアストーン（ $\phi 1\text{m}$ 程度）が確認される。今坂川第三で見られる花崗閃緑岩と異なり、有色鉱物がやや少ない白色の傾向を示す。ただし、地表付近におけるコアストーンの数は少

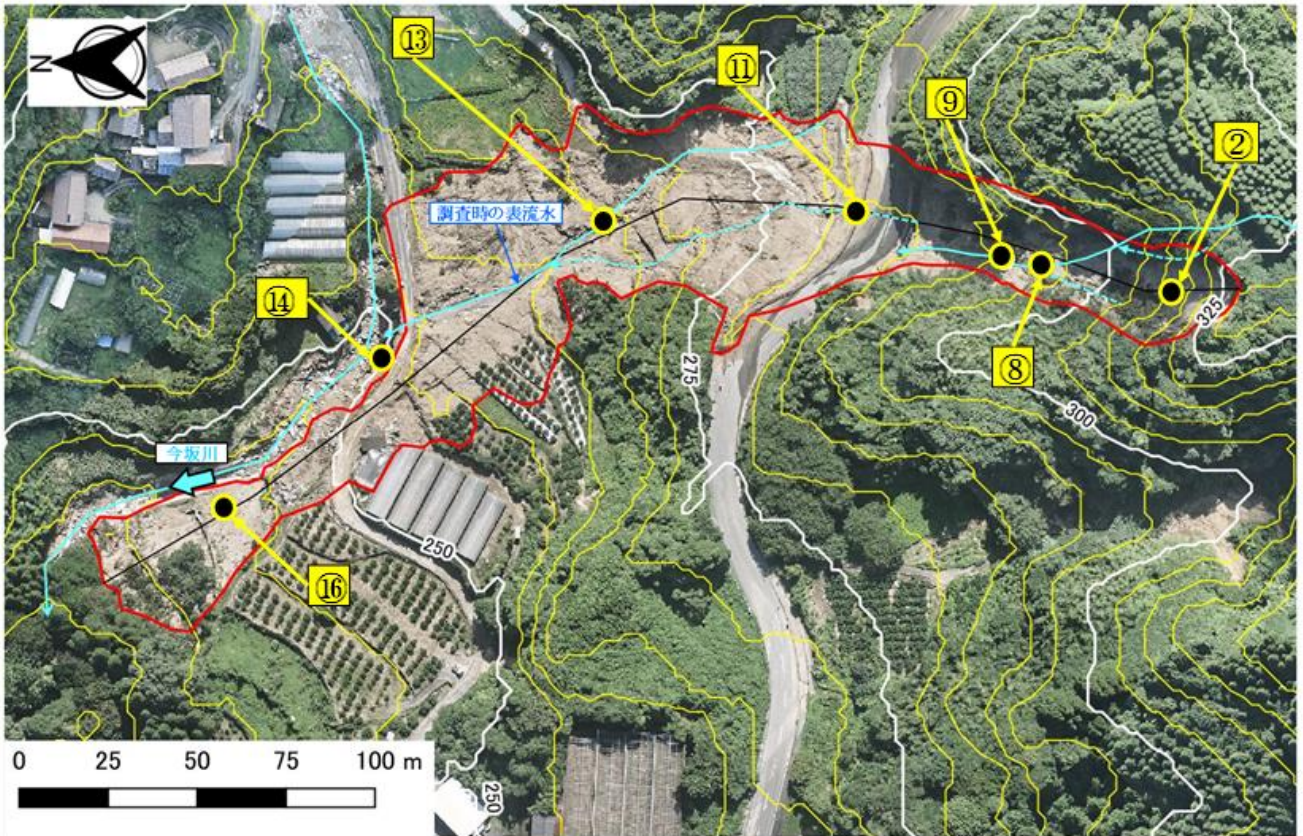


図 5.2.6 嶽川第二の土砂移動範囲と撮影ポイント番号

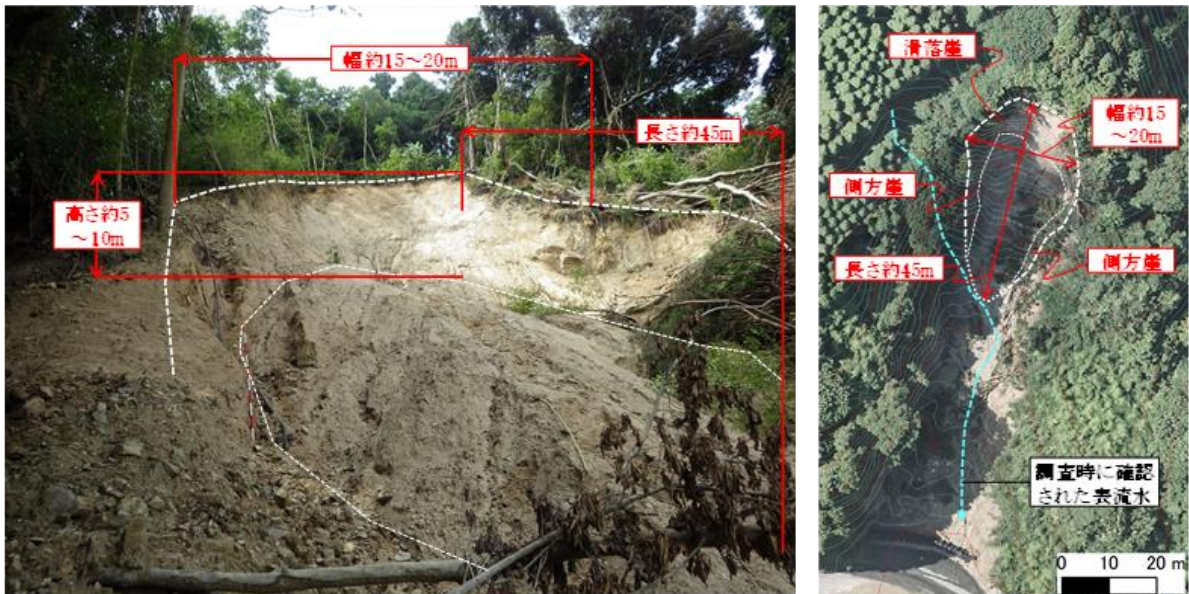


図 5.2.7 崩壊地（主要な土砂生産源）の状況概略 【ポイント番号②】

なく、かつ今回の豪雨に伴うガリ侵食で地中から露出したものである可能性が高い（図 5.2.9）。崩壊に伴い十数本程度の流木が残存していることが確認されるが、特に多量の流木は存在しない（図 5.2.10）。

氾濫域上部（標高 290m）の道路の被災状況を示す。道路上を土石流が流下した際、擁壁基部が洗掘された。洗掘深は約 60cm である（図 5.2.11）。ただし路面自体は特に大きな損傷を受けておらず、このことから土石流がコアストーンのコアストーンを含んだものではないことが推察される。氾濫域（標高 265m）には長径 2~3m 程度の巨大な花崗岩のコアストーンが出現している（図 5.2.12）。これは過去の土石流扇状地堆積物の一部であり、今回の流下に伴う侵食により出現したものと考えられる。今坂川との合流点（標高 250m）に達した土石流は河川及び河川添いの道路を流下したものと考えられる。土石流の流下に伴い、河川護岸の背面が侵食され、今坂川の河床部に

はコアストーン（洗出しによるもの）と考えられる花崗岩礫が多数みられる（図 5.2.13）。土石流の先端付近（標高 245m）では今坂川の左岸側の畑にマサ土と、流下ないし洗い出された可能性のあるコアストーンが堆積しており、嶽川第二で発生した土石流起源の流出土砂の一部は今坂川下流の武雄神社の境内にも流入したものと考えられる（図 5.2.14）。



図 5.2.8 崩壊地（主要な土砂生産源）と基岩（花崗岩）の露出【ポイント番号②】



図 5.2.9 土石流の流下区間に出現したコアストーン【ポイント番号⑧】



図 5.2.10 崩壊地遠景と土石流の流下区間【ポイント番号⑨】



図 5.2.11 土石流による道路擁壁基部の洗掘状況【ポイント番号⑩】



図 5. 2. 12 土石流による侵食状況【ポイント番号⑬】



図 5. 2. 13 今坂川との合流部付近の被災状況【ポイント番号⑭】



図 5. 2. 14 土砂の氾濫状況【ポイント番号⑯】

5.3 今回の災害と2018年7月6日の災害における降雨状況の比較

今坂地区では今回以前に2018年7月6日に大雨による災害が発生している。今回の災害において、人的被害が発生した今坂川第三では発災日時が目撃情報から、2023年7月10日6時12分であることが確認されている（2023年7月19日付 佐賀新聞）。2018年の災害時刻は不明であるが、両災害時における降雨状況の比較結果を示す（図5.3.1）。なお降雨データは今回の災害が佐賀県所管の今坂雨量計（位置図は図5.2.1を参照）、2018年の災害は今坂雨量計から南に約3km離れた位置にある、星領（国土交通省：水文水質データベース）を暫定的に使用している。本図より、今回の災害が7月10日午前4時から6時までの2時間の170mmの降雨（1時間最大88mm）が主たる誘因であることが確認できるが、発災時刻はこの時間帯ではなく、降雨が小振りになった直後である。一方2018年の災害は累積雨量（ただし24時間無降雨を降雨イベント区切りとして定義）が今回の災害より大きいものの、最大時間雨量は55mmと今回の災害を下回っている状況である。

この点に関して両災害の降雨継続時間（範囲：1～72時間）と降水量関係（以降D-P関係と称す）における降雨特性の比較結果を示す（図5.3.2）。本図には1987年から現在までの星領の降雨データから求めた既往最大ラインを併せて示す。本図より降雨継続時間12時間を境界としてD-P関係が逆転していること、今回の災害は降雨継続時間が6～9時間の範囲で既往最大ラインに最も近接していること、2018年の災害では12時間を超えた殆どの継続時間帯が既往最大を示していることが分かる。以上のことは（但し星領の降水データを使用しているため暫定）、2018年のD-P関係では崩壊が発生しなかった斜面のうち、2018年を超過した今回のD-P関係の範囲において崩壊が発生したことを示唆している。

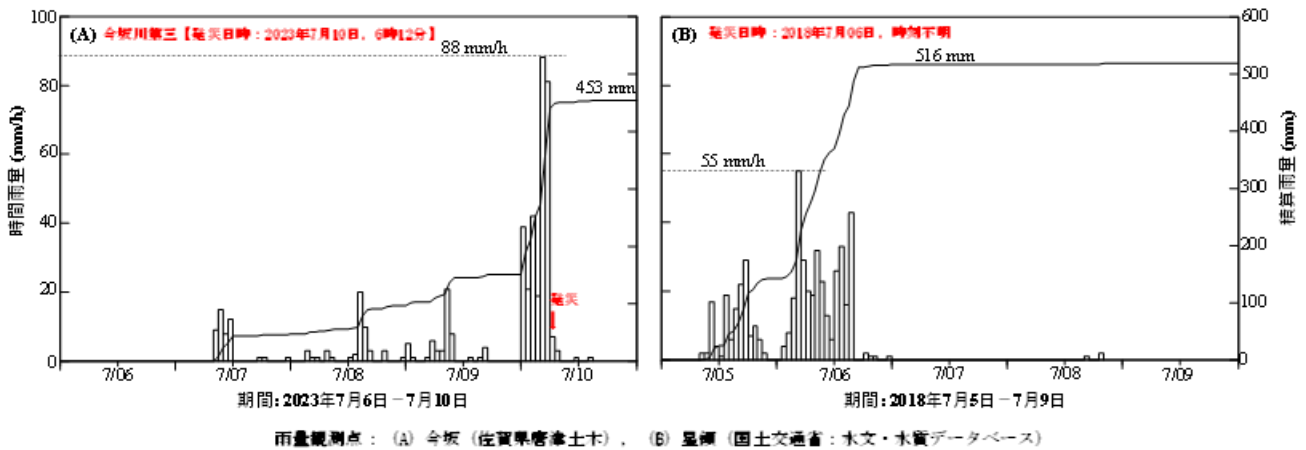


図 5.3.1 2018 年，2023 年の発災時における降雨状況

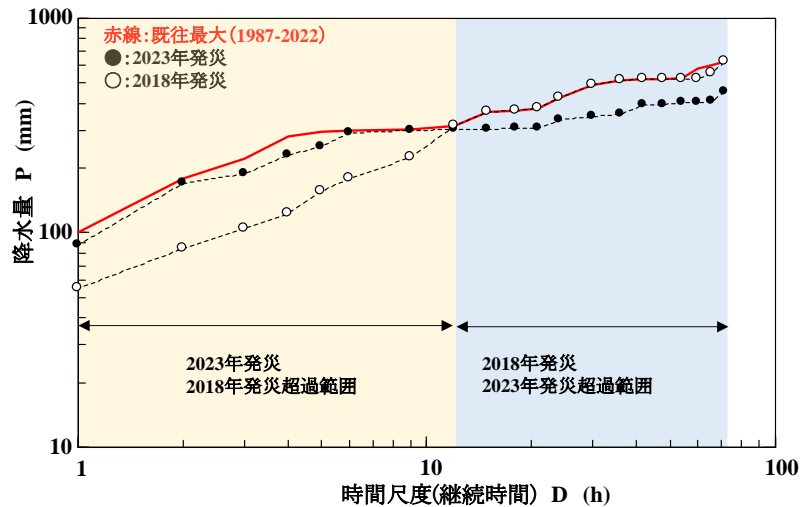


図 5.3.2 2023 年，2018 年の発災時における降雨特性の比較

5.4 土石流数値シミュレーション

今坂川第三で発生した土石流の流動特性を把握するため、土石流の数値シミュレーションを実施した。図 5.4.1 は今坂川第三の全景である。赤丸で示した宅地で被害が発生した。赤色の矢印で示した地点の斜面崩壊（溪床堆積土砂の移動）を図 5.4.2 に示す。図に示す斜面崩壊が土石流の発生起源となったと考えられるため、この斜面崩壊を起源とした土石流の数値シミュレーションを実施した。図 5.4.3 に被災した宅地の様子を示す。土石流の直撃を受けて全壊している①の家屋では、住民 1 名が家屋内で被災して亡くなっている。①の家屋は被災前の黄色枠の画像で示すように、二階建て家屋であった。②の大きく被災している建物は納屋であり、住居は③の建物である。③の住居は②の納屋よりも山側に位置しているが、赤矢印で示した擁壁とフェンスが土砂の流れを抑制



図 5.4.1 今坂川第三の全景

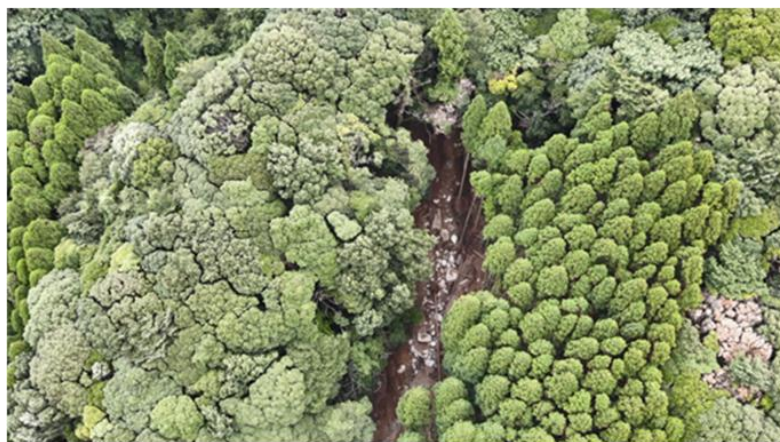


図 5.4.2 今坂川第三で発生した土石流の起源となったと考えられる斜面崩壊



図 5.4.3 被災した宅地の様子

したため、③の建物の被害は②の納屋に比べて少ない。

図 5.4.4 に数値シミュレーションで用いた解析格子と初期地盤高の標高分布を示す。地盤高の等高線間隔は 5m である。平均格子サイズは $2\text{m} \times 2\text{m}$ である。初期地盤高さは国土地理院の 5mDEM を用いた。不安定土砂の厚さは 0.5m とした。数値シミュレーションに用いた基礎方程式は、一般座標系による平面二次元土石流解析のものを用いた (Takebayashi et al., 2022)。図 5.4.5 に土石流の深さの時空間的な変化を示す。土石流は発生から 66 秒後に宅地に到達している。①の家屋に到達した時点での土石流の流動深は 3.4m、流速は 8.7m/s であり、過去の木造家屋の破壊事例と比較すると家屋に作用した流体力は小さめである。これは、斜面側の道路と被災した家屋の地盤高の差が 3m 程度あるとともに家屋の屋根が大きく損傷していることから、土石流が二階に衝突して家屋が破壊されたためと考えられる。

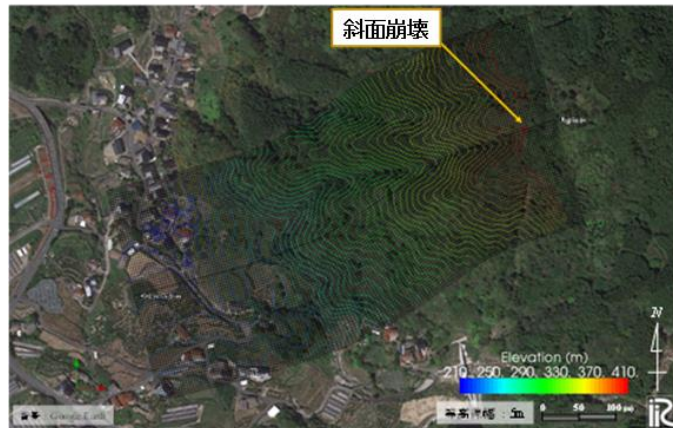


図 5.4.4 数値シミュレーションで用いた解析格子と地盤高の標高分布

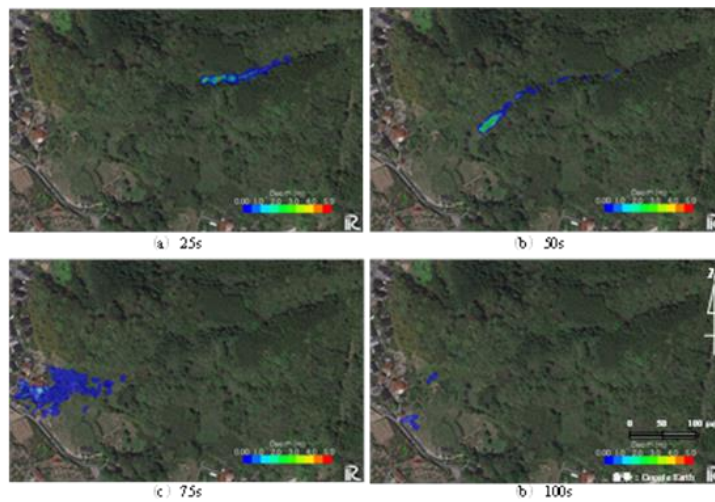


図 5.4.5 流動深の時空間的な変化

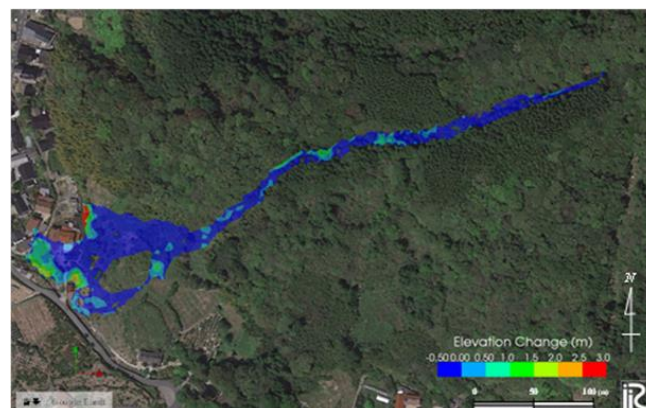


図 5.4.6 地盤変動量の平面分布

図 5. 4. 6 に地盤高さの変動量を示す。侵食域と堆積域の大まかな分布は図 5. 2. 2 の測量結果を表現できていると考えている。宅地の上流域は侵食域であり、宅地に流れてきてから土砂は堆積し始めている。本計算による流出土砂量は 3100m^3 であり、現地調査による見積もりより少し多めとなっている。これは、これは、溪流出口から宅地までの区間で侵食が卓越しており、数値シミュレーションではその侵食量も付加した値のためである。

引用文献

- 1) Hiroshi Takebayashi, Masaharu Fujita, Koichiro Ohgushi: Numerical modeling of debris flows using basic equations in generalized curvilinear coordinate system and its application to debris flows in Kinryu River Basin in Saga City, Japan, Journal of Hydrology, 615, Part A, 128636, 2022.
- 2) 国土交通省 水文水質データベース (<http://www1.river.go.jp/>) 2023 年 8 月 7 日閲覧
- 3) 佐賀新聞 (<https://www.saga-s.co.jp/articles/-/1075088>) 2023 年 7 月 28 日閲覧