

11. 微地形に規制された土石流の流下状況の違い（広島市安芸区矢野東7丁目の例）

Differences in the debris flow controlled by microtopography

(An example in 7-chome Yano Higashi, Aki-ku, Hiroshima City)

○岸本剛・加藤弘徳（㈱荒谷建設コンサルタント）

1. はじめに

2018年7月の豪雨では、西日本を中心に各地で甚大な被害が発生した。広島県でもこの豪雨により、土砂災害や河川の氾濫・浸水等が発生し、多数の被害が生じた。

広島市安芸区矢野東7丁目では隣接する4溪流（的場川，神長広川，神長川，神長南川）で7月6日に土石流が発生した。当該地では，広域には同一の地形地質条件で崩壊が生じているが，下流の造成団地では，土石流の流下状況は各溪流の微地形によって規制されたものとなっている。団地内では上流より流下してきた土石流本体の直撃を受けた家屋がある一方で，直撃を免れた家屋もあった。本報告では，各溪流の地形地質状況および土石流の流下状況に関して，机上調査と現地調査を行い，造成団地内における土石流の流下状況の違いについて，被災状況との関係も含めて考察を行った。

2. 地形地質概要

(1) 地形状況

調査地である矢野東7丁目は，広島市役所より南東方に約10km離れた山間部に位置する。（図-1（左））。周辺地形は，標高400m程度までの起伏の小さな山地と山麓緩斜面，北～北北西方向に流下する二級河川の矢野川，その河口部に発達した低地・埋立地に大別される。対象地における主たる山地は，広島市安芸区と安芸郡熊野町の境界に位置する山体（標高407m）である（図-1（右））。

当該山地の山麓に発達した緩斜面は切り開かれ，約40～50年前に宅地造成された2つの団地が存在する。的場川と神長広川の下流には日広団地があり，その南側では神長川と神長南川の下流に梅河団地が造成されている。神長川では，2つの谷の合流点に平成29年度に建設された既設の治山堰堤が存在する（図-1（右））。

(2) 地質状況

文献¹⁾によると，当該地の基盤岩は中生代白亜紀に形成された広島花崗岩類のうち，黒雲母花崗岩および角閃石黒雲母花崗岩が広く分布し，矢野川沿いの低地部には第四紀の沖積層が分布するとされる（図-1（左））。

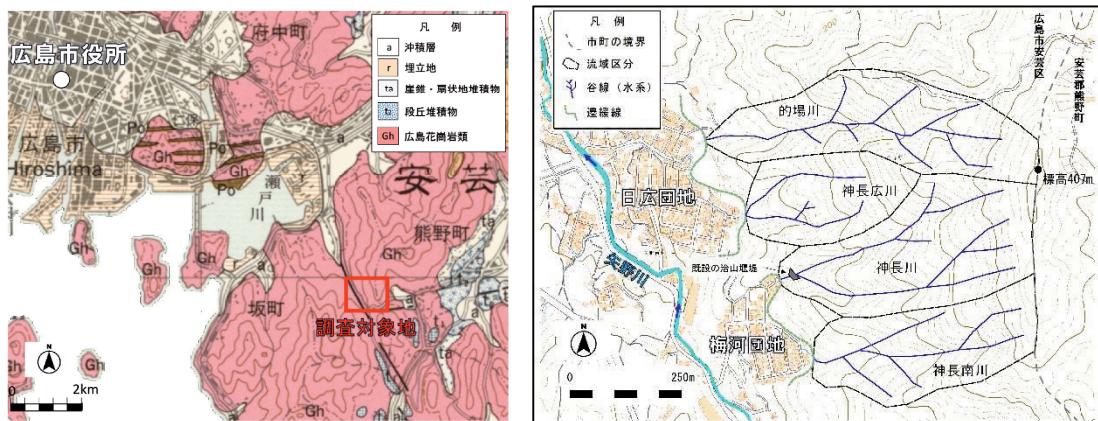


図-1（左）調査地周辺の地質図（20万分の1地質図幅「広島」地質調査所¹⁾より抜粋・加筆）
（右）矢野東7丁目の土石流発生溪流（基図は地理院地図より抜粋・加筆。土石流の発生位置は国土地理院平成30年7月豪雨正射画像「広島坂町地区（7/9，11撮影）」より判読した）

3. 机上調査

3.1 各溪流の地形状況

対象溪流の地形状況を把握するため、溪流ごとの縦断図を比較した(図-2)。ここで、谷出口は各団地の最上部に分布する家屋の上端位置を参考に遷緩線を引き(図-1(右)参照)、その遷緩線が河川を横切る地点とした。また、水平距離の基準(0m)は、造成団地より上流側の溪流の勾配や延長を比較するため、対象溪流の中で最も高標高部にある神長南川の谷出口の標高(標高147m地点)とした。

図-2によると、各溪流の谷出口から崩壊源頭部までの延長は神長広川で200m程度、残りの3溪流では500~700m程度であり、神長広川は他の3溪流に比べ規模が小さいことがわかる。このため、今回は神長広川を除く、溪流規模が同程度の3溪流(的場川、神長川、神長南川)で、地形地質状況や土石流の流下状況の比較を行った。

3溪流の溪床勾配をみると、水平距離が250m~300m地点までは10~15°程度、それより上流側では25~30°程度の勾配を示し、その傾向は各溪流で類似している。また、各溪流の崩壊源頭部の標高を見ると、概ね標高350m前後に位置していることが分かる。また、国土地理院の2万5千分の1地形図を用い、各溪流の流域面積や谷線の長さ、谷密度²⁾を算出した。谷密度は流域法により、流域ごとに谷線の総延長を流域面積で割った値(単位:km/km²)を算出した(表-1)。流域面積は各溪流で0.090~0.122(km²)であり、流域面積に応じて谷線の総延長も1.13~1.57(km)で変動するが、各溪流の谷密度は12.50(km/km²)前後と同程度の値を示す。

表-1 3溪流の谷密度

| 溪流名 | 流域面積(km ²) | 谷線の長さ(km) | 谷密度(km/km ²) |
|------|------------------------|-----------|--------------------------|
| 的場川 | 0.116 | 1.42 | 12.25 |
| 神長川 | 0.122 | 1.57 | 12.80 |
| 神長南川 | 0.090 | 1.13 | 12.55 |

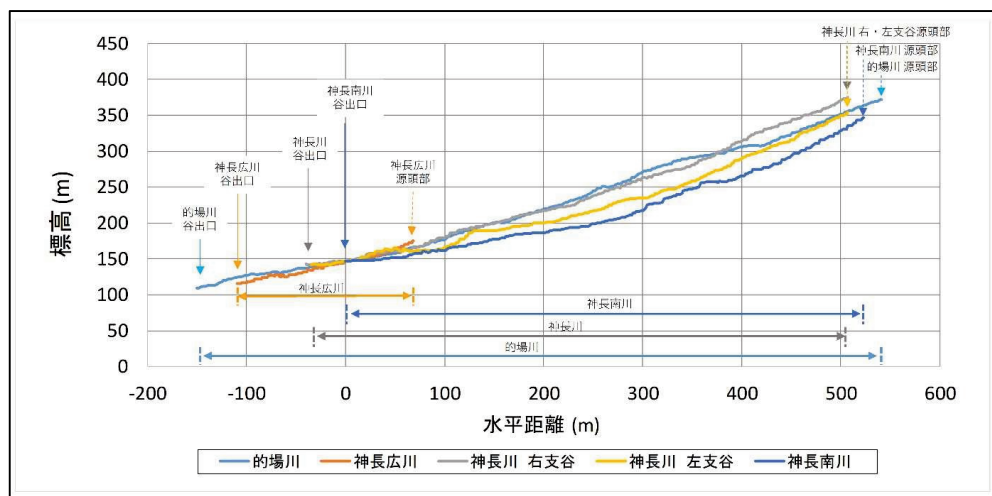


図-2 各溪流の縦断図(地理院地図を元に作成)
水平距離の基準(0m)は神長南川の谷出口の標高(標高147m)とした

3.2 土石流の流下状況の抽出

各溪流の土石流の流下状況について、家屋や水路の破壊状況を指標に空中写真(「CCG20184-C4B-46」国土地理院2018年撮影)を用いて土石流の流下状況を抽出した(図-3)。

日広団地における的場川では、上流側から流下してきた土石流は、谷出口となる地点1付近より既存の水路およびそれに並行する道路に沿って流下している。地点2では、土石流は流下方向を南西から北西方向に大きく変え、水路および道路に沿って流下している。地点1から約180m下流の地点3までは水路沿いの家屋や橋が大きく損傷しており、少なくともここまでは土石流が到達している。

梅河団地上流の2溪流のうち、神長川では2つの支谷から流下した土石流が地点4で合流し、そこから既設の治山堰堤を乗り越えて造成団地の最上部に位置する家屋(地点5)に向け、直線状

に流下した。地点 6 には押し流された家屋が確認され、土石流はここまで到達している。谷の合流点の地点 4 から地点 6 までの距離は約 170m である。一方、神長南川では上流から流下してきた土石流の流路は、地点 7 において既存の谷の地形に沿って屈曲角 70° 程度で大きく屈曲している。地点 8 の家屋は土石流の流路上に位置しているが、押し流されたような状況はなく、土石流はここまで停止している。

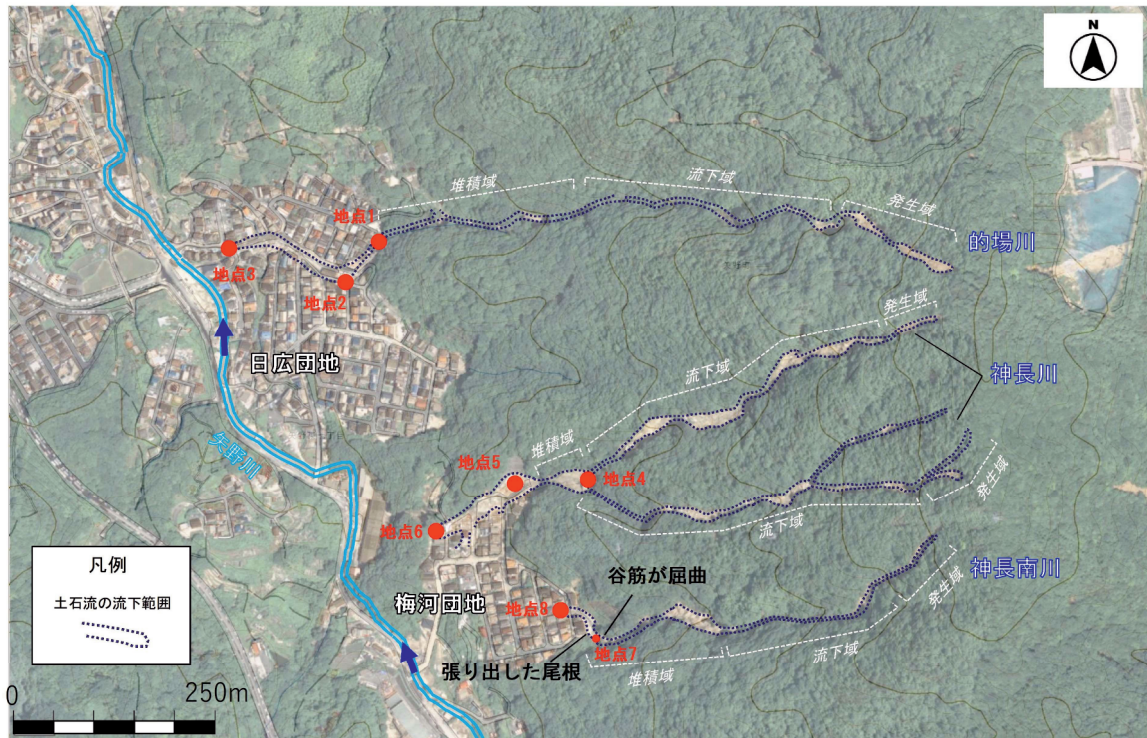


図-3 各溪流の土石流の流下状況

(国土地理院 平成 30 年 7 月豪雨正射画像「広島坂町地区 (7/9, 11 撮影)」より抜粋・加筆。
土石流の流路はこれらの判読結果を示す。)

4. 現地調査

4.1 地形地質状況の現地確認

(1) 地形状況

3.1 節で述べた通り、的場川・神長川・神長南川の 3 溪流では、崩壊源頭部は標高 350m 付近に集中していた。ここでは、現地にて各溪流の源頭部における崩壊の規模や形状の確認を行った結果を示す(写真-1)。崩壊規模として、幅 W ・長さ L ・崩壊深さ D を測定した。

発生源の崩壊規模は、的場川では幅 15m、長さ 35m、深さ 0.8m 程度、神長川(右支谷)では幅 9m、長さ 35m、深さ 1.0m 程度、神長南川では幅 10m、長さ 25m、深さ 1.0m 程度であり、崩壊厚さがどれも 1m 程度の薄い崩壊であった。このように、源頭部ではいずれも小規模な表層崩壊が発生しており、幅に対して長さが大きく、長細い形状をなす。

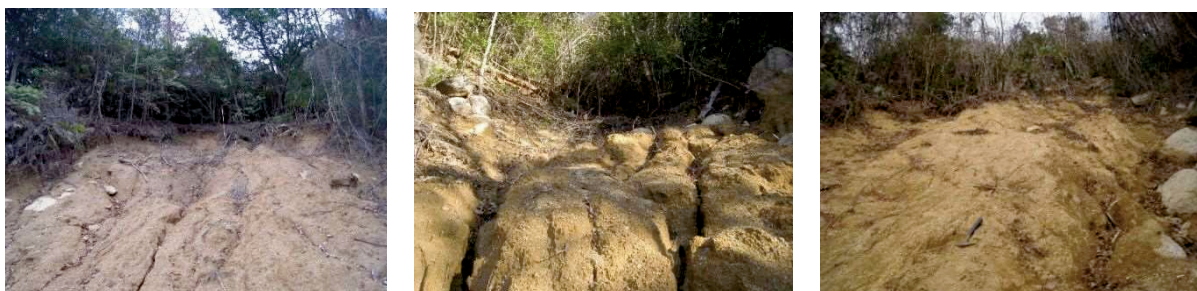


写真-1 各溪流の崩壊源頭部の状況(左)的場川,(中)神長川,(右)神長南川

(2) 地質状況

的場川・神長川・神長南川の現地踏査の結果、3 溪流では次の点が共通して見られた。図-3 に示す通り、各溪流は上流側より、表層土砂および強風化部が流下した発生域、流下してきた土石流によって大きく侵食され岩盤が溪床に広く露出する流下域、勾配が相対的に緩やかになり土砂や礫の堆積が見られる堆積域に大別される。また、造成団地の最上流部の家屋上端位置が堆積域の下流側から出現する。

基盤岩の花崗岩類は主に中～粗粒花崗岩である。発生域では源頭部付近にマサ状の風化部や数十 cm～2m 程度のコアストーン起源の転石が確認される。流下域では基盤岩は溪床に硬質な岩体（岩級区分 CM～CH 級相当）として連続的に分布し、しばしば高角度の節理が発達している。一方、谷の側壁斜面ではシーティング節理が認められる（写真-2 左）。堆積域に見られる土石流堆積物では、直径数 cm～2m 程度（最大 3m 程度のものも含む）の様々なサイズの花崗岩礫が確認される（写真-2 右）。



写真-2 (左) 花崗岩のシーティング節理（白破線）(右) 溪床の土石流堆積物（的場川の例）

(3) 発生土砂量の概算

現地確認した溪流状況をもとに、3 溪流の土石流による流出土砂量 V を文献³⁾に基づき概算した。推定された流出土砂量は、的場川では概ね 5100 (m^3)、神長川では概ね 10100 (m^3)、神長南川では概ね 4000 (m^3) である。的場川と神長南川は概ね同程度、2 つの谷筋で土石流が発生した神長川では、これらの 2 倍の土砂が流出したと推定される。

4.2 土石流の流下状況の現地確認

机上調査で抽出した土石流の流路（図-3）について、各溪流において現地確認を行った。的場川では谷出口付近より既存の水路およびそれに並行する道路に沿って土石流が流下しており、地点 1 付近の右岸側の家屋および地点 2 左岸側のブロック積擁壁の前面に位置した家屋 2 軒は全壊していた。水路沿いには上流から流下してきた 1～2m 程度の巨礫が認められ、水路も大きく損傷していた。地点 2 では左岸側に高さ 3～4m ブロック積擁壁があり、そこでは土石流は擁壁を乗り越えるような流れ方ではなく、水路に沿って流下していた。ブロック積擁壁自体に大きな損傷は認められず、擁壁の上にある家屋や道路にも損傷がないため、土石流が擁壁を乗り越えた様子はない（写真-3）。

谷出口付近で既設治山堰堤を乗り越えた神長川では、地点 5 に位置した家屋は全壊しており、地点 6 では土



写真-3 地点 2 における土石流の流路沿いのブロック積擁壁（的場川）



写真-4 土石流により押し流された家屋（地点 6）（神長川）

石流により押し流された家屋が確認された（写真-4）。

一方、神長南川では地点 7 において概ね北方向に張り出した尾根のために、谷出口で土石流の流路が大きく屈曲している様子が確認される（写真-5・写真-6 左）。また屈曲の先の地点 7～地点 8 間では延長 40m 程度の勾配が緩い区間があり、土砂や流木・巨礫の堆積が認められた（写真-6 右）。造成団地の最上部に位置する地点 8 およびその周辺の家屋には土砂や流木が押し寄せ外壁に損傷を受けていたが、家屋自体が完全に破壊されるような被災箇所はなかった。



写真-5 地点 7 の北方向に張り出した尾根と屈曲した土石流の流路

（土砂流木等が撤去された後に下流側より撮影。屈曲の先は勾配の緩い区間が分布する。）



写真-6 （左）地点 7 における谷出口の谷筋の屈曲（土砂流木等が撤去された後に上流側より撮影）

（右）地点 7～地点 8 間の勾配の緩い区間に堆積した土砂や礫

5. 考察

5.1 土石流の流下状況の違い

以上の調査結果から、次の状況が確認された。

- 1) 的場川・神長川・神長南川の 3 溪流の土石流は、同一の山腹でほぼ同じ標高に端を発しており、類似した溪床勾配を流下している。
- 2) 土石流発生源となった崩壊の深さはどれも 1m 程度であり、基盤岩である花崗岩類の風化の程度は同程度と推察される。

この状況から、当該地では造成団地より上流側では、広域には同一の地形地質条件で土石流が発生したと考えられる。

一方で、造成団地の範囲内では各溪流の状況によって異なった流下状況が示された。的場川の場合では、土石流は団地内にある高さ 3～4m の擁壁を乗り越えて直進するのではなく、擁壁により流路が曲がり相対的に低所である水路や道路を流下することが確認された。その擁壁の前面にあった建物が破壊されていることから、そこまで土石流が到達していたと考えられるが、その擁壁を乗り越えて直進するほどのエネルギーはなかったと推察される。

神長川では土石流が治山堰堤を越えて直線的に流下し、民家を押し流して造成団地の下流で停止していた。ここでは途中で流れを遮ったり、曲げたりするものがなかったため、既設の治山堰堤

を越えてきた土砂・流木が勢いを保ったまま造成団地に突入したと考えられる。一方、神長南川では土石流の流路は地点7で大きく屈曲し、地点8の家屋までに停止した。当溪流では、概ね北方向に張り出した高さ4~5m程度の尾根により、流路が大きく曲げられたことで土石流本体のエネルギーが減少し、さらにその先が勾配の緩い地形であったことも加わり、地点8（谷出口付近）で土石流本体が停止したと考えられる。

5.2 土石流の流下状況と被災状況の関係

今回の土石流の流下状況と被災状況の関係を溪流ごとに以下にまとめる。的場川では、崩壊源頭部から谷出口までの700m程度の距離を流下してきた土石流が、造成団地内では既存の水路に沿って流れ、地点1付近の右岸側の家屋および流路の攻撃側に位置した地点2の家屋の2軒が全壊し、水路も大きく損傷した。一方、水路沿いにありながら水路より3~4m高い位置にある道路・家屋では、土石流による直接的な被害はなかった。

神長川では、2つの谷で発生した土石流が地点4で合流して流下し、土石流の流路の直線上にあった造成団地の最上部にある家屋が全壊した。また発生土砂量も他の溪流の2倍程度であったため、甚大な被害が生じた。一方、神長南川では、崩壊源頭部から谷出口まで500m程度の距離を流下してきた土石流は、造成団地の最上部の地点8までに停止しており、地点8周辺の家屋では押し寄せた土砂や流木により外壁に損傷を受けたが、土石流本体の衝突により全壊した家屋はなかった。地点8よりも下流側は主に土砂流、洪水流による被害と考えられる。

このように土石流の流下状況は谷出口付近や団地内の微地形に規制されることが分かった。今回確認された的場川や神長南川の微地形は概ね高さが3~5mの規模であり、これらの存在のために土石流の流路近くでも直接的な被害を免れた箇所が存在した。

団地内での避難を考える場合、相対的な低所になる水路や、それと並行する道路を通過して避難することは、かえって危険が伴う可能性がある。時間的・物理的に遠方の安全な場所（避難所等）への避難が困難な場合、土石流の流下方向から可能な限り外れた位置に移り、かつ仮に谷出口付近であっても、少しでも高い場所（今回見られたように、土石流の直接的な被害を免れた高さ3m以上の擁壁や尾根の上など）へ身を置くことが生存率を高める避難方法の一つと考えられる。

6. まとめ

本報告のまとめを以下に示す。

- ① 矢野東7丁目では、広域には同一の地形地質条件で土石流が発生したが、下流の造成団地内では各溪流の微地形に規制され、土石流の流下状況が異なっていた。
- ② 土石流の流路を規制した微地形としては、既存の水路や擁壁、張り出した尾根が確認された。また、土石流のエネルギーを減少させるような谷の屈曲が存在する場合には、土石流本体は谷出口付近で停止することもある。
- ③ 団地内での避難では、相対的に低い場所は避け、擁壁や尾根の上など少しでも高い場所へ移動することが生存率を高める避難方法の一つと考えられる。

参考文献

- 1) 山田直利・東元定雄・水野清秀・広島俊男・須田芳郎（1986）：20万分の1地質図幅「広島」、地質調査所。
- 2) 鈴木隆介（2000）：建設技術者のための地形図読図入門，第3巻，段丘・丘陵・山地，pp. 725-727。
- 3) 国土交通省砂防部（2007）：砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）及び同解説，15p。