

3.4 流下域の調査と土石流の流下に関する考察

3.4.1 調査の目的

本災害は、上流域で発生した複数の表層崩壊の崩壊土砂が土石流化し、溪床、溪岸の土砂を取り込みながら、比較的比高の低い尾根を乗り越え分流や合流を繰り返し流下・堆積したものと考えられる。土石流は主に土石流の規模と地形条件に支配され流下経路を決定するものと考えられるが、実際には橋梁の閉塞等によって土石流の規模や地形条件だけでは説明できない流下経路を辿る範囲も見られる。したがって、災害時に実際に辿ったと考えられる流下経路を明らかにすることは、今後の土石流流下範囲を想定する上で重要な基礎データとなると考える。

そこで、本章では災害当時の土石流の流下経路の実態を把握することを目的に、現地調査から得られた土砂流下範囲、堆積土砂の粒度、被害建物の分布状況から想定された流下状況についてとりまとめた。

3.4.2 調査手法

流下域の調査は、最も甚大な被害が発生した大金沢において、3.6 で後述する痕跡調査等とともに、災害発生約2週間後の平成25年11月2～4日と、平成26年1月15日～17日に実施した。調査は、土砂の流下範囲内を徒歩で移動し土砂の流下経路を確認するとともに、土砂の流下痕跡、堆積土砂の粒径、被害建物の分布状況などを記録した。なお、本章では土石流が比較的比高の低い尾根を乗り越えた，“御神火スカイライン”が横断する地点付近より下流を、流下域として調査対象とした（図 3.4.1）。

土砂の流下痕跡は、3.6 で詳細に述べるが、国土地理院によって「地理院地図」として公開されている土砂流出箇所（国土地理院，2013）に、現地で確認できた土砂流下痕跡の情報を追加し、「土砂流下範囲」を設定した。

堆積土砂の粒径については、神達地区で4地点（図 3.4.1 の観察地点①，②，⑤，⑥），元町3丁目で1地点（図 3.4.1 の観察地点③），元町3丁目で1地点（図 3.4.1 の観察地点④）の計6地点で堆積土砂の表面を観察し、各地点における堆積土砂を構成する粒度の相対的な違いを確認した。なお、神達地区で4地点のうち、2地点は土砂流下範囲内の立木が残存する尾根の北側の堆積土砂であり、残りの2地点はその尾根の南側の堆積土砂である。

被害建物の分布状況は、(国研)防災科学研究所によって公開されている家屋被害の判読結果（独立行政法人防災科学技術研究所，2013）をもとに、現地で確認できた情報を追加・修正した。また、災害直後に撮影された写真やインターネットの記事において確認された情報についても参考とした。なお、公開されている家屋被害の判読結果では、建物の種別を区分しているが、ここでは被害状況（流出・被災）のみの区分とし、家屋が流出し基礎のみとなっているような建物を流出、建物自体は残っているものの、壁が流出するなど外見から明らかに被害が確認できる建物を被災として追加・修正を行った。

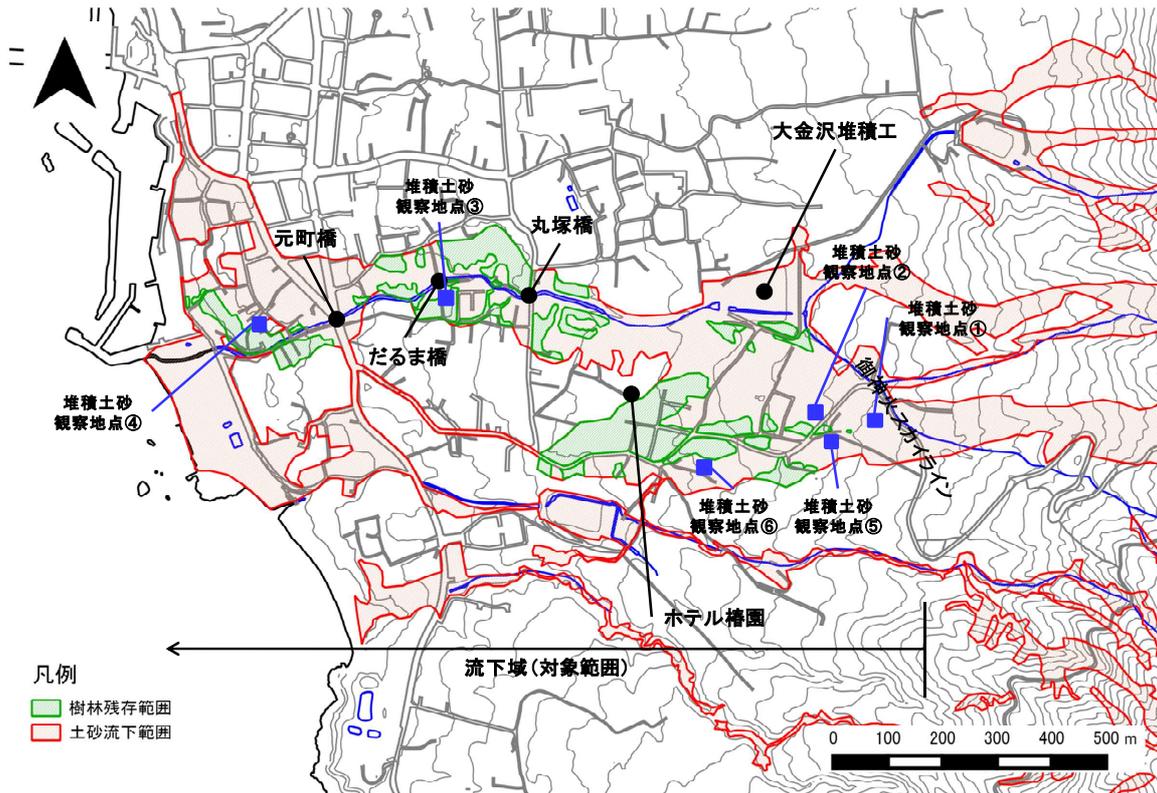


図 3.4.1 流下域調査の対象範囲

3.4.3 調査結果

痕跡調査については聞き取り調査結果とあわせて、3.6 で取りまとめている。ここでは、堆積土砂の粒径調査と被害建物の分布状況について調査結果をとりまとめる。

(1) 堆積土砂の粒径

各観察地点における堆積土砂の状況を、それぞれ写真 3.4.1～写真 3.4.6 に示す。

まず、観察地点①～④より、縦断的な堆積土砂の粒径変化を確認した。調査地①、②の堆積土砂は、火山灰質の細粒分を主体に $\phi=20\sim30\text{cm}$ 程度の礫が多く確認された。それに対し、調査地③～④の堆積土砂には、それらの礫は確認されずほとんどが火山灰質の土砂により構成されているものと考えられた。現地調査での観察の結果、調査地①、②で確認されたような $\phi=20\sim30\text{cm}$ 程度の礫は、大金沢堆積工付近より上流に見られ、それより下流ではほとんど見られなかった。

次に、観察地点①、②と⑤、⑥より、横断的な堆積土砂の粒径変化を確認した。調査地①、②に対し、調査地⑤、⑥は $\phi=40\text{cm}$ 程度の礫も一部見られるものの、観察地点①、②で多く確認された $\phi=20\sim30\text{cm}$ 程度の礫の割合が相対的に少なく、火山灰等の細粒分を主体として構成されていた。調査地①、②と⑤、⑥は残存した樹林帯によって隔てられており、この樹林帯を境界に堆積土砂の粒度分布が異なると考えられた。



写真 3.4.1 堆積土砂観測地点①の堆積土砂の状況



写真 3.4.2 堆積土砂観測地点②の堆積土砂の状況



写真 3.4.3 堆積土砂観測地点③の堆積土砂の状況



写真 3.4.4 堆積土砂観測地点④の堆積土砂の状況



写真 3.4.5 堆積土砂観測地点⑤の堆積土砂の状況



写真 3.4.6 堆積土砂観測地点⑥の堆積土砂の状況

(2) 被害建物の分布状況

図 3.4.2 に被害建物の分布状況を示す。流下域の建物の被害分布は主に上流の神達地区とその下流の元町3丁目から元町橋付近で確認された。以下にそれぞれの地区における被災建物と流出建物の分布状況を整理した。

神達地区のうち上流側では、樹木が残存している稲荷神社のある尾根に沿って被災の建物が見られ、尾根から少し離れた両側は大部分の建物が流出していた。また、ホテル椿園やその南の工場などの下流側では流出していない被災の建物が見られる。次に元町3丁目では流出した家屋は流路工の周辺に見られ、丸塚橋の直下流では左岸側に分布している。一方で、だるま橋の下流では右岸側に分布する。また、その下流の元町橋付近では流路工の左岸側に流出家屋が見られるものの、流路工のすぐ右岸側の建物は被災しているものの流出には至っていない。しかし、さらに右岸側には流出した建物が分布している。

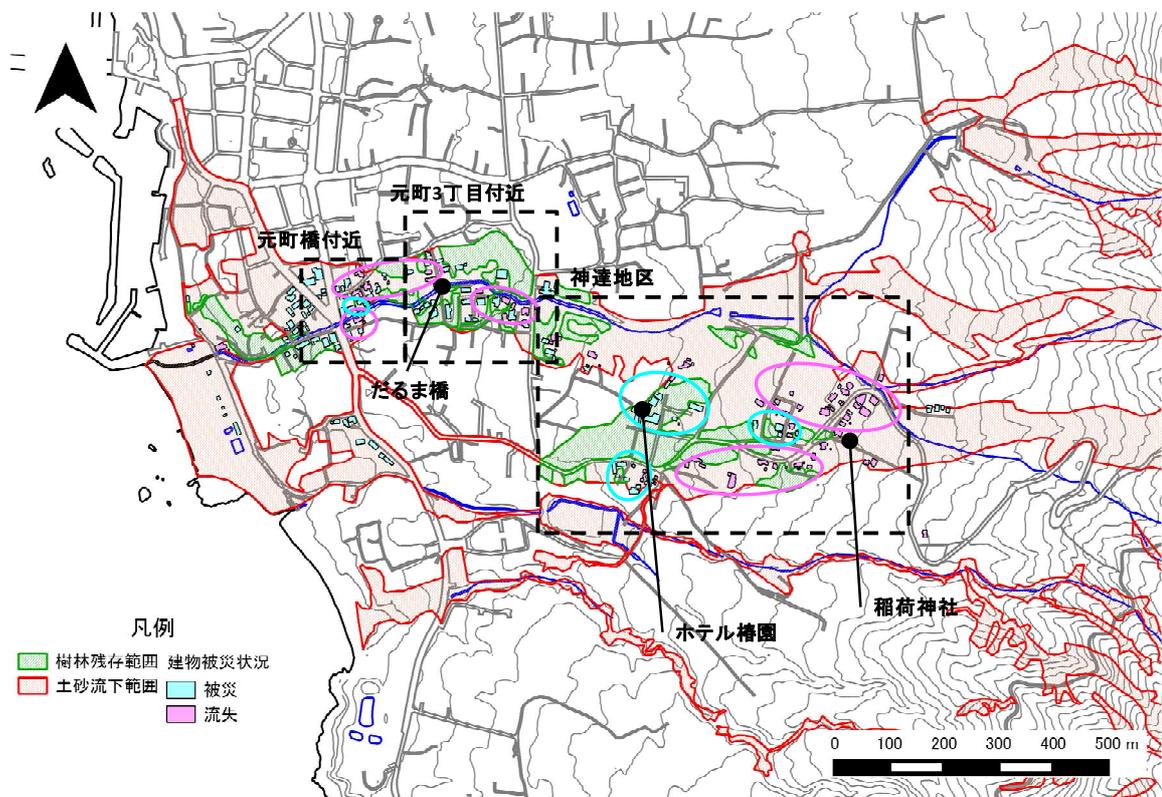


図 3.4.2 被災建物の分布状況

3.4.4 想定される流下状況

土砂の流下痕跡と堆積土砂の粒径、被害建物の分布状況を踏まえ、災害当時の流下状況について考察する。また、土石流形態で流下する土砂は、斜面勾配が概ね 10° 未満になると堆積傾向となり、 2° 未満になると停止することが知られていることから（例えば、危機管理技術研究センター砂防研究室，2007），各区間の流下状況は斜面勾配に大きく支配されていると考え、調査結果に加え 5m メッシュの地形標高データから求めた斜面勾配区分図（図 3.4.3）も考察に用いた。

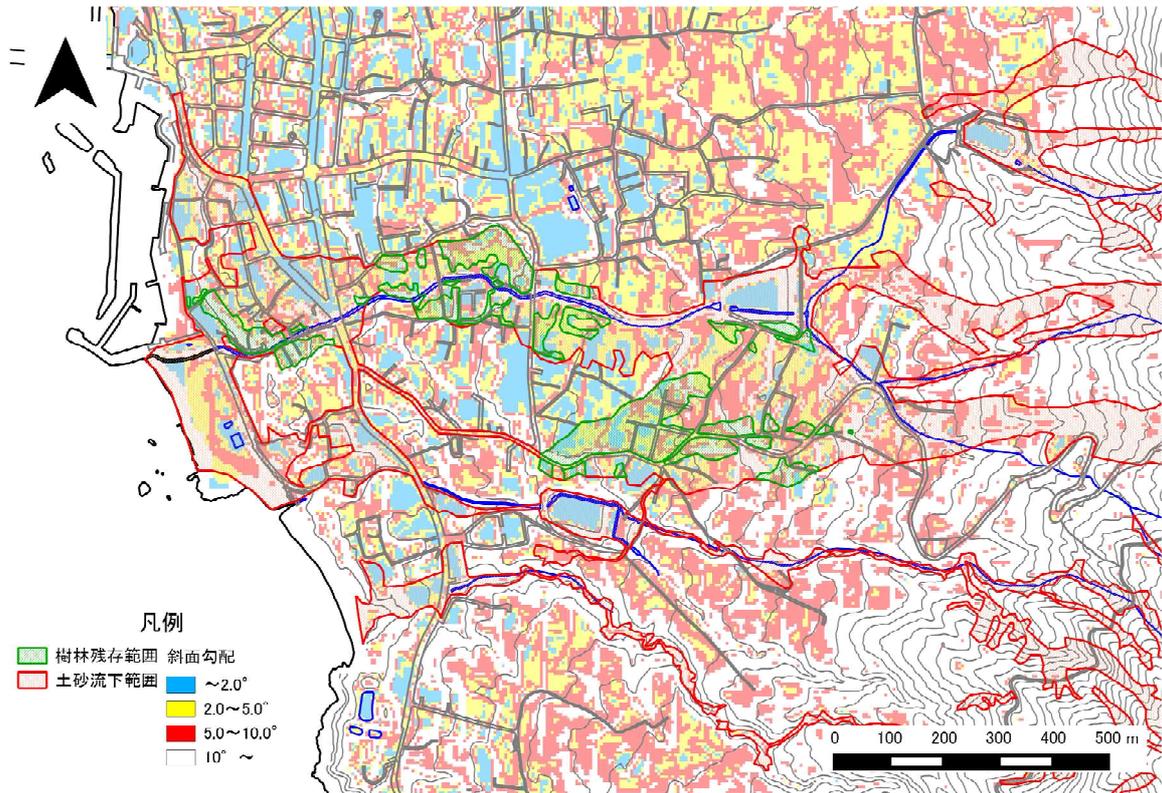


図 3.4.3 土砂流下範囲と勾配区分

(1) 神達地区

調査結果から想定される神達地区での流下状況を図 3.4.4 に示す。神達地区上流では、堆積土砂の粒径の観察結果から、立木が残存する尾根を挟んで大金沢側と八重沢側の堆積土砂で粒度分布が異なることが確認された。また、この尾根に沿って被災した建物が分布し、その両側の建物は流出していたことが確認された。これらのことから、神達地区上流では立木が残存する尾根を挟んで大金沢側と八重沢側に向かう異なる方向へ土石流の流下方向が分かれたとみられる。

神達地区の上流の横断形状（図 3.4.5 中の上流断面）と土砂流下範囲を確認すると、流下してきた流れは左岸側に大きく偏流した流れであったと想定された。御神火スカイラインを横断する付近の左岸側の尾根の比高が低くなる地点から流れの一部が稲荷神社のある尾根を越えて八重沢側へ向かう流れを形成し、建物に被害を与えたと考えられる。一方、大金沢側へ向かった流れは、ホテル椿園の上流で、再びホテル椿園へ向かう流れと大金沢流路へ向かう流れに分かれる。ホテル椿園周辺は、災害前は常緑広葉樹からなる樹林や草地であったが、豪雨後、ホテル椿園周辺はほぼ樹林内で停止しているのに対して、ホテル椿園北側の大金沢流路工沿いでは、丸塚橋周辺までほぼ一様に樹林が流出し、周辺の建物が倒壊する被害となっていた。図 3.4.3 によると、ホテル椿園付近を境界に、南側部分は 2° 未満の範囲が出現しているのに対して、北側部分は大金沢堆積工下端付近で一度勾配が 10° 以上の区間が出現し、大金沢の流路に沿って 2° 以上の区間が丸塚橋下流まで続く。このわずかな勾配分布の違いから、ホテル椿園の北側では樹林内へ土砂が一旦堆積したとしても、継続する降雨の集中により土砂・流木が下流へと押し流されたことが推察される。

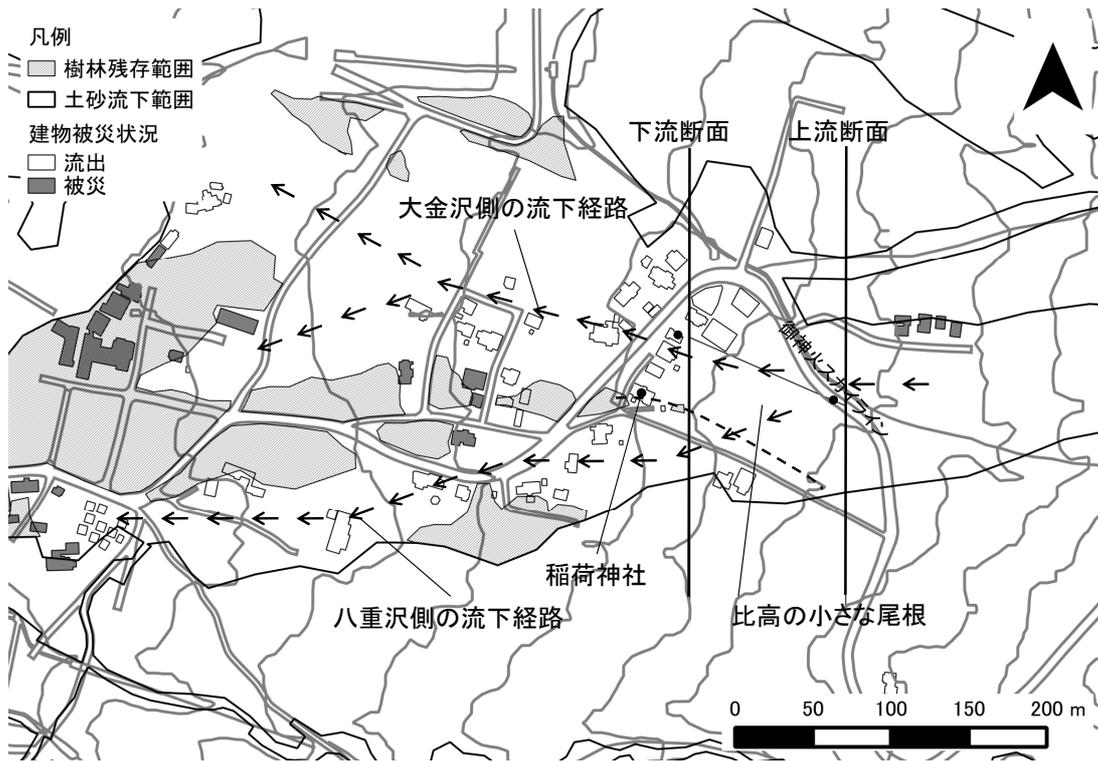


図 3.4.4 神達地区の流下状況

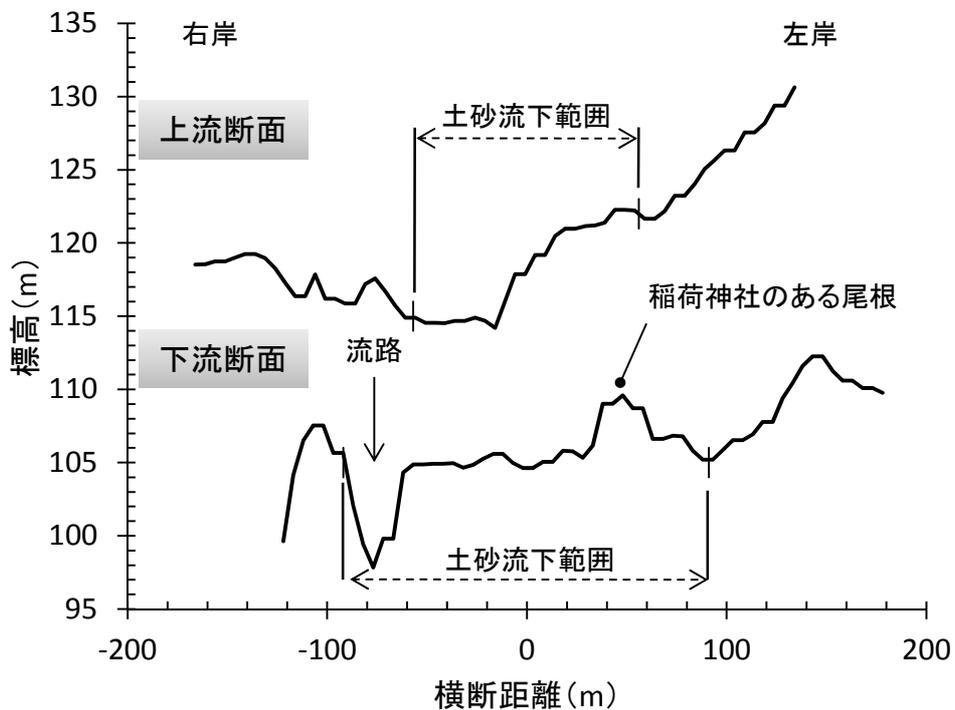


図 3.4.5 神達地区上流の横断形状と土砂流下範囲

(2)元町3丁目(丸塚橋～医療センター)付近

調査結果から想定される元町地区での流下状況を図 3.4.6 に示す。図 3.4.6 より、この区間の流出した家屋は流路工の周辺に見られ、丸塚橋の直下流では左岸側に、だるま橋の直下

流では右岸側に分布する。この区間は、神達地区と比較すると樹林が残存していることが特徴的であり、斜面勾配も $2.0\sim 5.0^\circ$ の区間に 5° 以上の区間を交えていた。丸塚橋上流と比較して勾配が緩く、減勢された土石流は、立木や橋梁、建物などに規制されながら、複雑な流れを形成したのではないかと推察される。

この区間には丸塚橋とだるま橋の2つの橋があり、災害直後はいずれも流木により閉塞していた。上流から流下してきた流れは、閉塞した橋の上流で宅盤が低い方を選択的に流下したものと考えられる。その結果、丸塚橋付近から下流では左岸側を、だるま橋付近から下流では右岸側を流下する複雑な経路をとったと考えられる。現地では、だるま橋下流の右岸側に、洗掘による深さ2.0m程度の流路が確認された(写真3.4.7)。

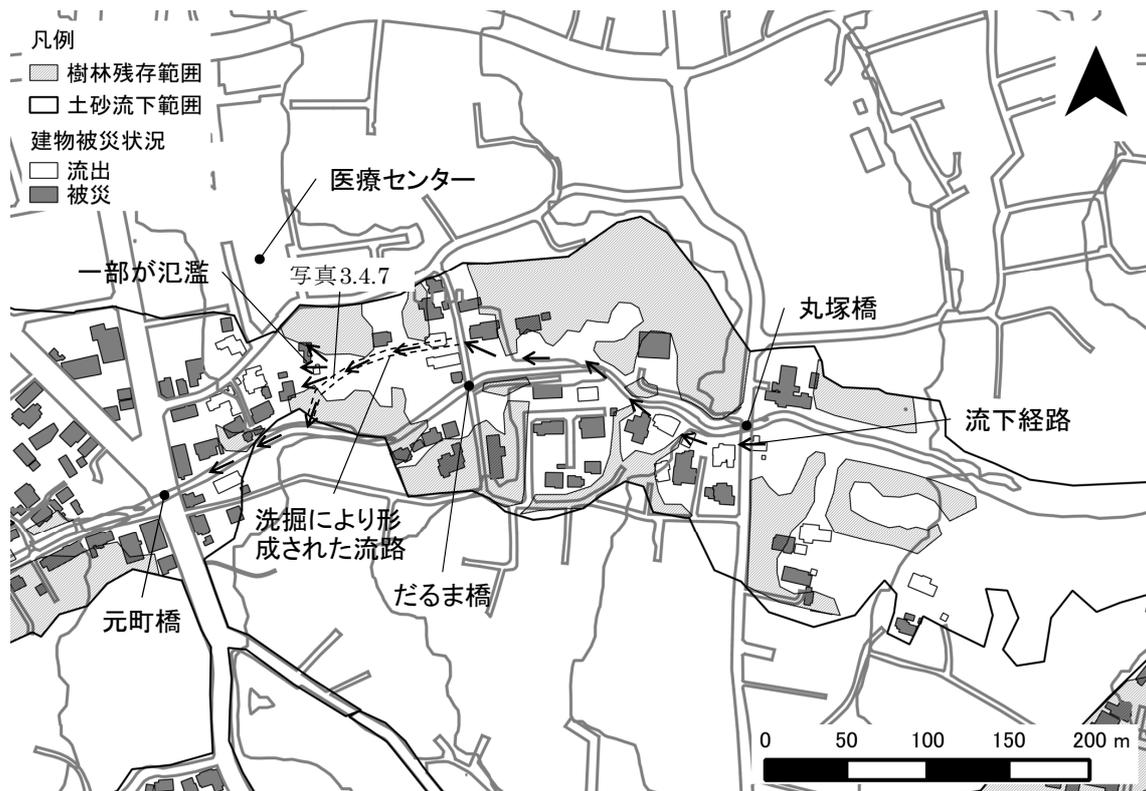


図 3.4.6 元町地区の流下状況



写真 3.4.7 洗掘によって形成された流路

(3) 元町橋付近

前述の通り、この区間の上流では右岸側に洗掘による深さ 2.0m 程度の流路が形成されていた。その流路は、右岸側の被災した建物の上流で、流路工に合流している。従って、当初はこの右岸側の流路を流下し、流路工に合流していたと考えられる。その後、この流路の流下能力を超えた流れの一部が右岸側に氾濫後道路を流下、市街地に広く流下した。元町橋下流では大金沢から離れるほど 2° 未満の緩い勾配となるが、海岸に向かって緩く傾斜がついているため、薄く広く土砂が堆積したものと考えられる。一方、大金沢流路周辺では 2° 未満の平地がみられず、宅盤が階段状に作られている。そのため、流路沿いに流下した土砂は、下流側の建物敷地内に次々に流れ込んで堆積したものと考えられる。

3.4.5 まとめ

本災害の特徴的な流下状況として、神達地区で確認された偏流により上流からの流れの一部が比高の低い尾根を乗り越えた現象と、元町地区で確認された橋梁の閉塞に伴う流下経路の変更が想定された。これらの特徴的な流下状況により、被害が大幅に拡大したと考えられる。

今後、土石流の流下範囲を想定する際には、このような現象が実際に起こりうるということを十分に認識した上で検討を行うことが重要である。

引用文献

- 独立行政法人防災科学技術研究所(2013):台風 26 号による伊豆大島の災害 災害情報の収集と解析 家屋被害の判読結果, http://dil.bosai.go.jp/disaster/2013H25T26/pdf/izuos_hima_house.pdf, 参照 2013-10-30
- 危機管理技術研究センター砂防研究室(2007):砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編), <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryounn/tnn/tnn0364pdf/ks0364.pdf>, 参照 2013-10-25
- 国土地理院(2013):地理院地図(電子国土 Web)防災関連台風第 26・27 号の大雨(大島町)土砂流出箇所, <http://portal.cyberjapan.jp/site/mapuse4/>, 参照 2013-10-25