

# 山麓住宅地での土石流災害対策に関する研究 — 広島土石流災害を事例として —

二村 由宇也<sup>1</sup>・池谷 浩<sup>2</sup>・森地 茂<sup>3</sup>

<sup>1</sup>非会員 広島市 危機管理室危機管理課 (〒730-8586 広島市中区国泰寺町1-6-34)

E-mail:nimura-y@city.hiroshima.lg.jp

<sup>2</sup>フェロー会員 (一財)砂防・地すべり技術センター研究顧問 (〒102-0074 東京都千代田区九段南4-8-21)

E-mail:ikeya@stc.or.jp

<sup>3</sup>名誉会員 政策研究大学院大学教授 (〒106-8677 東京都港区六本木7-22-1)

E-mail:smorichi.pl@grips.ac.jp

平成26年8月の広島土砂災害は、都市近郊に開発された山麓住宅地で発生し、山麓住宅地における広域な被災状況が問題として提起された。本研究では、土石流による被害が特に甚大な広島市安佐南区の緑井・八木地区における現地調査により、被害の実態を解明するとともに、土石流の流れの方向と急勾配道路に着目して、被災家屋の位置及び損壊状況との関係について分析を行った。また、道路勾配と被災家屋の関係について、土石流が流れた痕跡及び流れた道路の勾配から Manning 公式を使って土石流の流速を推定し分析を行った。これらの結果から、山麓住宅地における急勾配道路と家屋の位置関係によって土石流被害の危険性が高くなることを明示することにより、広島市と同じ都市近郊の山麓住宅地を抱える地域に対する提言を行った。

**Key Words :** *debris flow disaster, piedmont residential area, direction of flow, steep slope road, location of damaged house*

## 1. 序論

平成26年8月20日未明、広島市を中心に猛烈な雨が降り、広島市安佐南区、安佐北区において大規模な土砂災害が発生した。この大雨は、死者74人、負傷者44人、住家被害4,769棟<sup>1)</sup>という甚大な被害をもたらした。この大雨に伴う土砂災害は、被害のほとんどが山麓に拡がった住宅地で発生している。土石流が発生した各溪流ごとの被害状況を見ると、流出した土砂の量に見合った被害というよりは、他の溪流と比較して土砂の量が少ないにもかかわらず、下流域まで被災しているところもある。

既往研究では、「平成26年広島豪雨災害合同緊急調査団調査報告書」において、I) 高度経済成長期以降の人口増加に伴い、斜面地側に虫食い状に市街地拡大していった緑井・八木地区において、甚大な被害が発生しているということ、II) 今回の災害では、ほとんど溪流で土砂災害警戒区域等の指定のための基礎調査における想定土砂量を上回った土砂が土石流として流下しており、「土砂災害特別警戒区域」を大幅に超えた範囲で被害が発生しているということの2点について指摘している<sup>2)</sup>。しかしながら、筆者は下流域まで被害が及んでいる要因

について、土砂流出量だけでなく、土石流の流れの方向と山麓住宅地内の急勾配道路の影響性があると考える。

これについては当該報告書において言及されていない。そこで、土石流の流出土砂量、流れの方向及び山麓住宅地における急勾配道路の影響性に着目して研究を行った。

まず、広島土砂災害の実態から抽出された防災上の課題について整理を行った。そして、抽出された課題の中の山麓住宅地に着目し、緑井・八木地区における山麓住宅地開発に関する歴史的経緯の文献調査を行い、居住区域が山麓まで拡大した理由について確認した。次に、被害実態を把握するため、緑井・八木地区の現地調査を行った。特に被害家屋の位置確認、被害家屋の損壊状況などと土石流の流れの方向との関係について調査した。そして、公表されている土砂災害警戒区域等の基礎調査結果と実際の被害状況について比較検討を行った。また、道路勾配と家屋被害の関係について、土石流が流れた痕跡及び流れた道路の勾配から土石流の流速を推定して分析を行った。

本研究は、それらの結果をもとに、広島土砂災害からの教訓を得て、全国の山麓住宅地における土石流災害から人命を守るための施策を提言するものである。

## 2. 広島土砂災害における防災上の課題

### (1) 土砂災害対策（ハード対策）の現状と課題

ハード対策の中で、代表的な構造物として砂防堰堤がある。砂防堰堤は、土砂の生産抑制効果としての渓岸や渓床の侵食防止、流下してくる土砂を調整する機能、流木や土砂を捕捉する機能など土砂処理機能を備えている。例えば、平成24年7月の九州北部豪雨による熊本県阿蘇地方の土石流災害では、整備された砂防堰堤によって土砂・流木が捕捉され、下流の被害はほとんど生じておらず、一定の効果が確認されている。しかしながら、砂防堰堤の整備には時間と高額な建設費が必要となる。そのため、各地方公共団体とも進んでいないのが現状であり、広島県においても同様である。今回の災害で被害があった八木地区では、発災前、9基の砂防堰堤を建設する計画があったが、1基も完成していなかった<sup>3)</sup>。

### (2) 土砂災害対策（ソフト対策）の現状と課題

土砂災害のソフト対策の法制化のきっかけは、平成11年6月29日に広島県で発生した土砂災害であり、「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（平成12年法律第57号、以下「土砂災害防止法」という。）」が制定された。この法律に基づくソフト対策の大きな柱となるのが、土砂災害のおそれのある土地の区域周知である。土砂災害のおそれのある区域をあらかじめ「土砂災害警戒区域」として指定することで、その区域ごとに警戒避難体制の整備が義務付けされる。さらに、土砂災害警戒区域内の特に危険の著しい区域は、「土砂災害特別警戒区域」として指定され、その区域内では開発行為の制限や建築物の構造規制等の制約を受ける。

確実な住民避難に結び付けるための土砂災害警戒区域の指定状況を見ると、全国の土砂災害危険箇所数525,307箇所のうち、土砂災害警戒区域数356,380箇所が指定済み（平成26年8月31日時点：国土交通省公表値）であり、指定率は67.8%となっている。また、広島県及び広島市の指定状況を見ると、指定率はともに30%台と全国平均を大きく下回っているのが確認できる。更に広島市内の状況を見ると、郊外に位置する安佐南区、安佐北区、安芸区及び佐伯区において土砂災害危険箇所が多くなっており、指定率では、安佐南区及び佐伯区において高くなっている（表-1参照）。これは、広島県の指定方針により、過去の災害（平成11年6月29日の広島県豪雨災害では、安佐南区及び佐伯区を中心に土砂災害が発生した。）があった地域を優先的に指定された結果と考えられる。なお、今回の土砂災害で甚大な被害があった緑井・八木地区では、土砂災害警戒区域等に関する基礎調査は完了していたものの、区域の指定はなされていなかった。

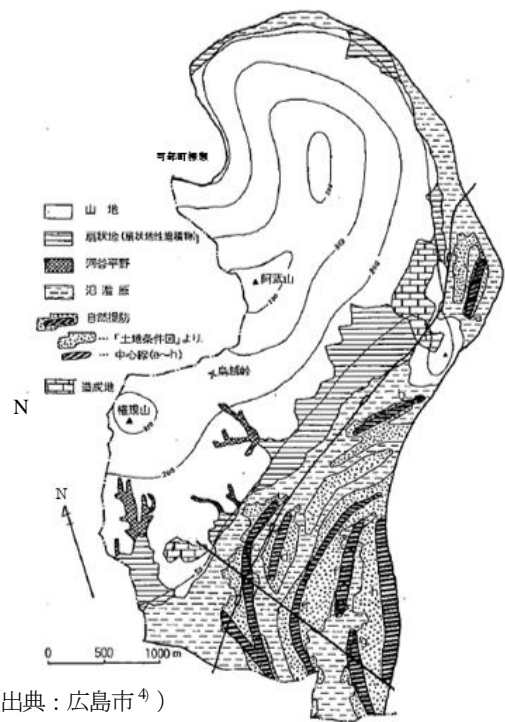
## 3. 広島土砂災害と山麓住宅地開発に関する分析

緑井・八木地区は、昭和48年3月の広島市への編入合併以前には、旧佐東町の一部であった。旧佐東町は、図-1に示すとおり、北東から南西に連なる山地とその南側に広がる山麓の扇状地とその東側に広がる氾濫原からなっている。山地は、50m間隔の等高線の疎密の状況から、急斜面である北東斜面と緩やかで丘陵が発達している南

表-1 土砂災害危険箇所数及び土砂災害警戒区域指定数

	土砂災害危険箇所数:A	土砂災害警戒区域:B	指定率 B/A×100%
全国	525,307	356,380	67.8%
広島県	31,987	11,834	37.0%
広島市	6,040	1,877	31.1%
中区	17	0	0.0%
東区	519	0	0.0%
南区	189	0	0.0%
西区	383	0	0.0%
安佐南区	985	789	80.1%
安佐北区	2,085	604	29.0%
安芸区	843	0	0.0%
佐伯区	1,019	484	47.5%

注) 土砂災害危険箇所数は、土石流危険渓流、地すべり危険箇所、急傾斜地崩壊危険箇所の総和（平成14年度公表値：国土交通省HP）。土砂災害警戒区域は、土石流、急傾斜地の崩壊及び地すべりの土砂災害警戒区域の総和で土砂災害特別警戒区域も含む（平成26年8月31日時点公表値：国土交通省HP。ただし、広島市分は、平成25年10月17日時点での公表値：広島市HP）



(出典：広島市<sup>4)</sup>)

図-1 旧佐東町の地形区分



西斜面の非対称斜面となっている。そして、旧佐東町の扇状地は、その背後に急傾斜地を持つことから、幾度もの土石流の発生によって形成されたと考えられるが、近年、土砂災害が発生したという記録は見当たらない。

旧佐東町の南東部には、太田川によって形成された沖積平野が広がっており、図-1に示すように幅1.5kmから2kmの氾濫原を形成している。これは、太田川の度重なる洪水や流路変更がもたらした結果である。また、明治から昭和にかけて洪水被害が繰り返し発生しており、阿武山、権現山の山麓の扇状地と氾濫原によって構成されているのが、旧佐東町の可住域である。ここで、緑井・八木地区の住宅地開発の状況について、航空写真を見ると、年代が経過するに連れて斜面地へ立地した家屋が増えており、そこへ土石流が直撃し、甚大な被害が発生しているのが確認できる(写真-1参照)。

以上のことから、緑井・八木地区は地形的制約の影響と過去の災害により、住民(ないしは開発業者)の災害リスクに影響を与えたとと思われる。そうした中、昭和40年代以降、広島市の人口は増え続け、扇状地上の斜面地に多くの家屋が密集する現在の立地状況ができあがったのである。

#### 4. 広島土砂災害の具体的な被害状況の分析

##### (1) 現地調査結果(発生土砂量、被害区域、家屋被災状況)

被災の実態を明らかにするため、平成26年8月24日～25日、11月1日～2日及び18日～19日に現地調査を実施した。この調査では、被害が甚大だった緑井・八木地区で土石流が発生した6つの溪流(図-2参照)を対象とした。最初に、図-2の土砂流出範囲と表-2の各溪流ごとの発生土砂量を見ることとする。緑井8丁目溪流は、発生土砂量及び流域面積あたりの土砂量ともに他の溪流と比較して大きな値ではないが、土砂流出範囲は下流域まで及んでいるのが確認できる。一方、阿武の里団地傍溪流は、発生土砂量及び流域面積あたりの土砂量ともに他の溪流と比較して大きな値となっているが、土砂流出範囲は上流域で留まっているのが確認できる。

以上のことから、下流域まで土砂が流出しているか否かについては、発生土砂量や流域面積あたりの土砂量だけが関係しているのではなく、他の要因が関与している可能性が考えられる。

次に、溪流ごとの被災状況を見ることとした。なお、家屋の全壊・一部損壊の被害程度については、現地調査及び国土地理院が撮影した空中写真を参考に、筆者の判断による評価により判定している。

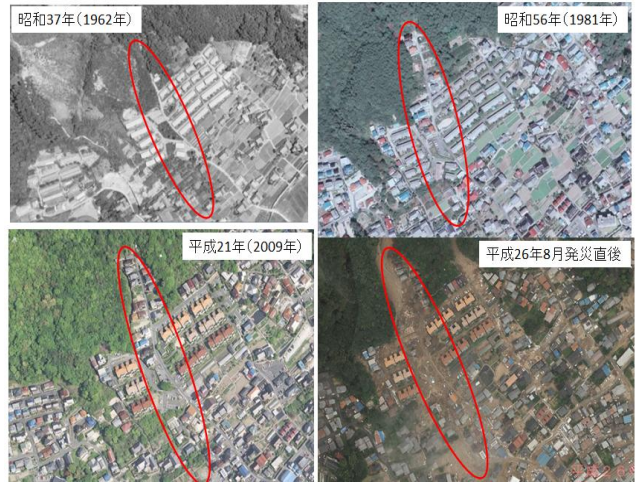


写真-1 緑井・八木地区の住宅地の状況(出典:国土地理院HP)

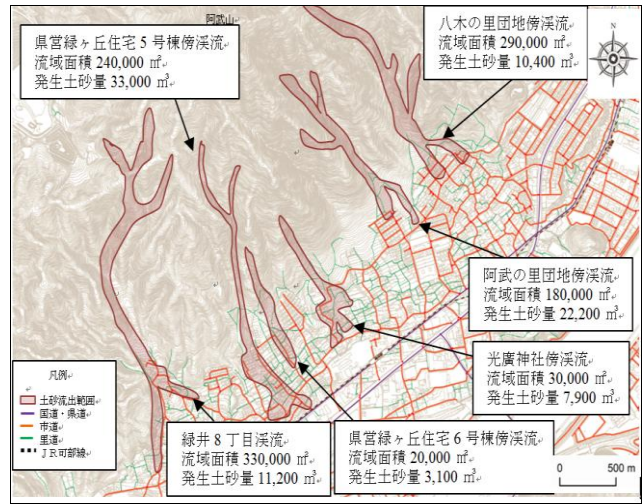


図-2 緑井・八木地区における土石流発生溪流ごとの土砂流出範囲(国土地理院HPの土砂災害の写真判読図より)

表-2 各溪流ごとの発生土砂量の状況

溪流名	流域面積 (100m <sup>2</sup> ) A	発生土砂量 (m <sup>3</sup> ) B	流域面積 (100m <sup>2</sup> )あたりの土砂量 B/A
緑井8丁目	3,300	11,200	3.4
県営緑ヶ丘住宅5号棟	2,400	33,000	13.8
県営緑ヶ丘住宅6号棟	200	3,100	15.5
光廣神社	300	7,900	26.3
阿武の里団地	1,800	22,200	12.3
八木の里団地	2,900	10,400	3.6

注) 流域面積については広島県土木局砂防課より、発生土砂量については国土交通省中国地方整備局より入手した。なお、発生土砂量については「平成26年8月広島豪雨災害主要被災エリア崩壊土砂量等算出」による速報値である。

a) 具体事例 1 (緑井8丁目溪流)

この溪流は、図-2に示すように阿武山の中腹あたりから土石流が発生し、流下している。発生した土石流は、図-3に示すように鳥越川(川幅:1.5m)に沿って流下し、周辺家屋に大きな被害をもたらしている。流下した土石流は、地点A付近において、土石流の流れの方向に対して正面向かいに立地している家屋に直撃した。その後、南東方向と南方向の2方向に分かれ流下した。南方向に流下した土石流は、道路に沿って流下しており、道路が湾曲している地点B付近において、湾曲部の外側に立地している家屋2棟を全壊させた。この事象は、流下した土石流が直進性によって道路湾曲部に対して真っ直ぐに流れていったため発生したと考えられる。さらに流下した土石流は、地点C付近において、土石流の流れの方向に対して正面向かいに立地している家屋に直撃し、南西方向に流下した。さらに、道路が湾曲している地点D付近では、湾曲部外側に立地している家屋に土砂が流入し、全壊するといった被害を出している(写真-2参照)。なお、この土石流は、下流域の地点E付近まで及んでいる。

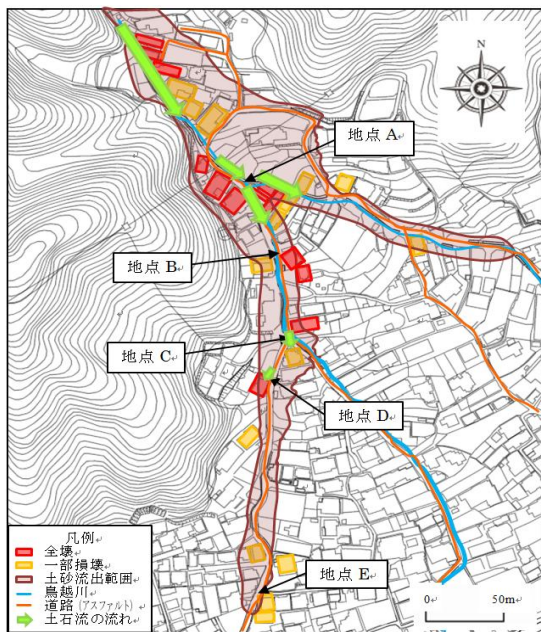


図-3 緑井8丁目溪流付近の被災状況



写真-2 地点D付近における家屋の被災状況

b) 具体事例 2 (阿武の里団地傍溪流)

この溪流は、図-2で示すように阿武山の中腹あたりから土石流が発生し、流下している。図-4で示すように谷筋に沿って流下し、地点F付近において、南東方向と南方向の2方向に分かれて流下している。南東方向に流下した土石流は、地点G付近にある家屋に直撃し、土砂の流出はこの付近で留まっているのが確認できる。

南方向に流下した土石流は、上流域の地点H付近にある多くの家屋を破壊している。土砂の流出範囲を見ると、地点H付近で留まっているものの、家屋の被害はこれよりも下流の地点J付近まで及んでいる。そして、地点H付近から伸びた道路の突き当たりである地点J付近に立地している家屋を見ると、全壊しているのが確認できる(写真-3参照)。

また、地点K付近に立地していた4階建の共同住宅にも土砂が直撃した。共同住宅の1階部分は流れてきた土砂で埋まっているものの、これより下流域には被害が認められない。なお、当該道路沿いに立地している家屋は、地点I付近の家屋をはじめとして、全ての家屋が被害を受けている。

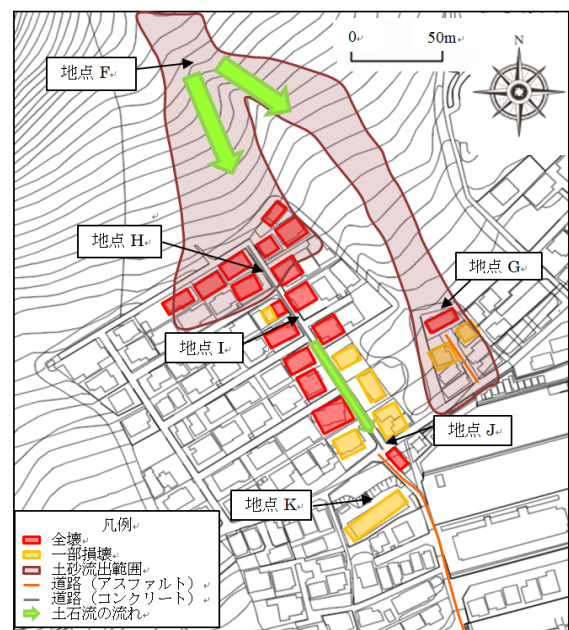


図-4 阿武の里団地傍溪流付近の被災状況



写真-3 地点J付近における家屋の被災状況



c) 小括

各溪流ごとの被害状況を調査した結果、被害の範囲が発生土砂量や流域面積あたりの発生土砂量の大きさだけに依存しているのではないことが明らかとなった。そして、被害に影響をもたらしている追加の要因として、次の2点を指摘したい。第一は、土石流の流れの方向である。山の中腹で発生した土石流は、扇状地に入ってから川の断面が小さかったなどの影響もあり、川から溢れ、近くの道路上を流下しているケースが多く見受けられた。第二は、土石流の流れの方向と家屋の位置関係である。土石流は、道路上を流下したため、道路沿いの家屋に被害が集中し多くの被害を及ぼした。その事例を見ると、**図-5**で示すように土石流が流下した道路の突き当たりにある家屋や道路の湾曲部外側にある家屋に大きな被害を受けているケースが多く見受けられた。以上から、各溪流ともに土石流が流れた道路と家屋の位置関係が、家屋被害に大きな影響を与えていると考えるべきであることが導き出された。

(2) 被災範囲と土砂災害警戒区域等との比較分析

今回被災した緑井・八木地区は、発災当時、基礎調査は完了していたものの、土砂災害警戒区域の指定までには至っていなかった。発災後、土砂災害から国民の生命及び身体を保護するため、都道府県に対して基礎調査の結果公表を義務付けることなどを盛り込んだ土砂災害防止法を一部改正する法案が、平成26年11月12日に可決・成立した。広島県では、国が土砂災害防止法改正を検討していることを踏まえ、平成26年9月3日、基礎調査結果を先行して公表した（なお、広島県は、平成26年12月25日に既存の基礎調査結果の見直しを行い、公表しているが、本研究では、既存の基礎調査結果を用いている。）。

ここで、溪流の被災範囲、土砂災害警戒区域（青色）及び土砂災害特別警戒区域（紫色）について、各溪流ごとに地図上へ被せることにより被災状況との関係を分析した。**図-6**に示すように緑井8丁目溪流付近の被災家屋と土砂災害警戒区域について見ると、全ての被災家屋が土砂災害警戒区域内に存在しているのが確認できる。土砂災害特別警戒区域について見ると、上流域にある一部の被災家屋については土砂災害特別警戒区域内に存在しているものの、土砂災害特別警戒区域外にも全壊家屋が認められる。特に**図-6**において全壊家屋の分布状況を見ると、上流域に集中しているだけでなく、下流域にも点在した形で認められる。より厳密な土砂災害特別警戒区域の設定のあり方について議論することは大切である。しかしながら、それぞれの家屋をピンポイントに土砂災害特別警戒区域に指定することは、上流から流れてくる土石流の危険性という観点での説得性に欠ける。今回の広島土砂災害のように、土石流の流れ方により、大きな

被害が及ぶおそれのある位置に存在している家屋については、土砂災害警戒区域内の家屋であっても居住する住民自身が自分の住んでいるところの危険性を知る方法が必要となる。

(3) 土石流の流れの方向と急勾配道路による家屋被害への影響

これまでの検討から、土砂災害警戒区域の下流域であっても土石流が道路に溢れるような事態が生じると、家屋の全壊が生ずる可能性があることが判明した。そこで、発災前に確実な避難ができるための検討を行った。まず、土石流の流体力の実態を把握するため、道路の側面の塀や石垣などに残された土石流の痕跡、そして、当該痕跡が残された道路の勾配を計測し、次式で示した Manning 公式を用いて土石流の流速を算出した。

$$V_d = n^{-1} h^{2/3} (\sin \theta)^{1/2} \quad (1a)$$

$V_d$  : 土石流の流速 (m/sec) ,  $n$  : 粗度係数

$h$  : 土石流の流動深 (m) ,  $\theta$  : 土石流が流れた道路勾配 (度)



図-5 道路と被災家屋の位置関係

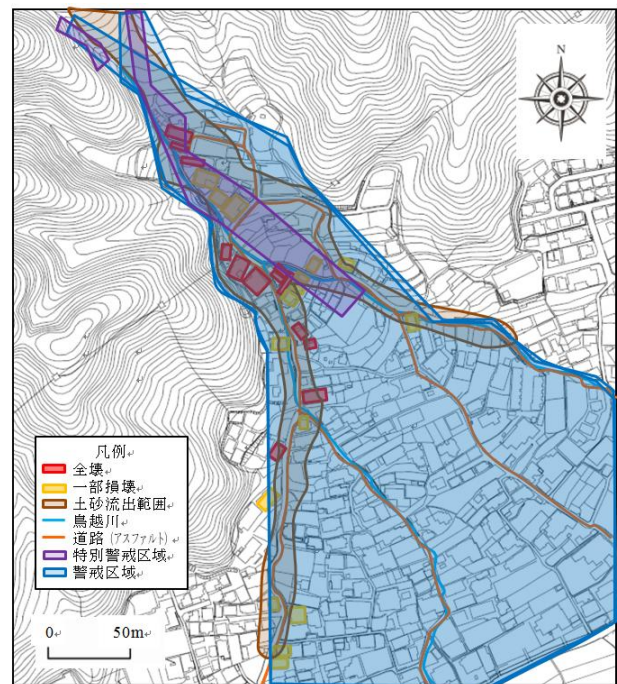


図-6 緑井8丁目溪流付近の土砂災害警戒区域等の状況

粗度係数は、現地で道路面を調査した結果、粗い路面状態であったことから、0.02（アスファルト面：0.015～0.018，コンクリート面；0.015～0.020）<sup>5)</sup>として計算を行うこととした。また、道路勾配及び流動深の計測点については、図-5に示したケースでの被災家屋を基点として、原則、上流側へ5mから10mほど離れた付近の道路勾配及び流動深を計測している。図-7の緑井8丁目溪流付近の被災家屋①と被災家屋②について見ると、土石流の当たり方は、図-5のCase2に類似している。そして、写真-4で示すように地点L付近の道路側面には土石流の痕跡が確認できる。その高さを計測すると、30cmであり、道路勾配は3度であった。以下、他の溪流についても同様に調査した結果、全部で6地点9被災家屋で計測することができた。これをもとに、土石流の速さを算出し、まとめたのが表-3である。緑井・八木地区の道路上を流下した土石流の流速は、5m/secから15m/secと推定される。また、表-3の被災家屋ごとの流動深と被災家屋へ影響を及ぼした道路勾配との関係を示したグラフが、図-8である。

一般的な日本の木造家屋の場合、土石流が直撃すると全壊または半壊する目安である流速10m/sec<sup>6)</sup>と、家屋が全壊する目安である土石流の流体力10t/m<sup>7)</sup>を図-8という形でグラフ化した。この2つのグラフは、近似していることから、土石流の危険性を知る一つの手法としては、より簡易である流速を用いる方法が良いと考えた。これは、土石流の速さが10m/secを境目に、家屋へ与える被害の大きさが変わることが推察される。つまり、10m/sec程度の速度を超えた土石流が家屋に直撃すると、全壊する可能性があるということが言える。

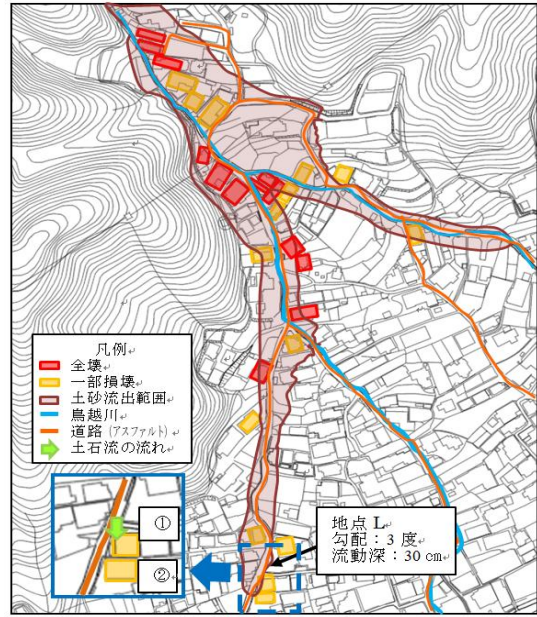


図-7 緑井8丁目溪流付近の道路と被災家屋の関係図



写真-4 地点L付近の流動深

表-3 被災家屋に影響を及ぼした道路との関係一覧表

被災家屋	被害状況	被災家屋へ影響を及ぼした道路				土石流の流動深 $h$ (m)	流速 $V_d$ (m/sec)
		地点	勾配 $\theta$ (度)	$\sin\theta^{1/2}$	道路面		
①	一部損壊	L	3	0.22877	アスファルト	0.3	4.44814
②	一部損壊	L	3	0.22877	アスファルト	0.3	4.44814
③	全壊	M	9	0.39551	アスファルト	0.7	7.8837
④	全壊	M	9	0.39551	アスファルト	0.7	7.8837
⑤	全壊	M	9	0.39551	アスファルト	0.7	7.8837
⑥	一部損壊	N	8	0.37305	アスファルト	0.2	3.4199
⑦	一部損壊	O	4	0.26411	アスファルト	0.2	3.4199
⑧	全壊	P	12	0.45597	コンクリート	0.5	6.2996
⑨	一部損壊	Q	12	0.45597	コンクリート	0.2	3.4199

## 5. 結論

### (1) 総括

本研究では、山麓住宅地における土石流災害対策のあり方について、広島土砂災害の被害状況等を調査・分析を行い、その現状と課題を明らかにし、その中から様々な知見を得た。本研究での結論として、広島土砂災害における災害実態から得られた以下の4項目にまとめる。

- 土砂災害のハード対策及びソフト対策が不十分だったことが被害を大きくした要因として考えられることである。ハード対策としては、砂防堰堤による土砂の貯留と堰堤下流の河道断面の確保ができていなかったこと、また、ソフト対策としては、土砂災害警戒区域として指定・公表されていなかったことが挙げられる。
- 高度経済成長期以降の人口増加に伴う緑井・八木地区の山麓住宅地への居住者増加については、広島市では平野部が狭く、また、近くを流れる太田川の氾濫も多かったことから、住民が土砂災害以上に洪水災害に対する

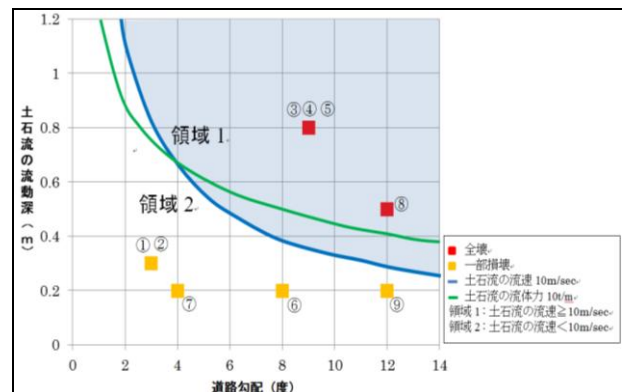


図-8 道路勾配と土石流の流動深との関係図



危険リスクを重視する傾向があったのではないかと考えている。

c) 今回の被害のほとんどが、土砂災害警戒区域内で発生しているが、全壊家屋など人命に大きな影響を与える可能性のある被害が土砂災害特別警戒区域外にも存在していたことが分かった。その理由としては、土石流が流れた各溪流とも、扇状地上を流れる河川の断面が小さく、もしくは河川そのものが整備されていなかったため、溢れた土石流が近くの道路へ流れ込み、道路沿いの家屋に大きな被害を与えたことによるものである。

d) 道路上を流れた土石流の被害について、緑井・八木地区の被害状況を分析した結果、流速10m/secを超える土石流の流れが、家屋を全壊するだけのエネルギーを持っている可能性が高いという知見が得られた。特に、道路の突き当たりや立地した家屋や道路湾曲部に立地した家屋が被災を受けており、土石流の流れの方向が、被害発生に影響を与えていることが判明した。これら2つの条件が満たされている場合には、土石流による危険性が高くなることが分かった。このような危険情報を明らかにすることにより、住民の危機意識の醸成が可能になると考える。

## (2) 提言

以下、山麓住宅地における土石流災害対策のあり方についての提言を行う。

### a) ハード対策及びソフト対策の総合的な土石流災害対策の推進

今回の災害では、河川の断面が小さかったことなどにより、土石流が河川から溢れ、道路上へ流れ込み被害を拡大していった。そのため、砂防堰堤の整備による土砂の捕捉や溪流保全工の整備による道路上の氾濫防止といったハード対策が必要となる。また、ソフト対策については、土砂災害警戒区域内であっても、場合によってはより危険な状況となることがありうることを住民に説明し、避難を実効あるものにする必要がある。土石流災害から人命だけでなく、財産、そして社会的活動を守ることが基本となるハード対策の推進と、効果的な避難につなげるためのソフト対策についても充実・強化を図る必要がある。

### b) 砂防事業との一体的なまちづくりの推進

既に形成された山麓住宅地での河川の整備や道路の整備は、個人財産の制限や用地取得の問題など、実施するのは容易ではない。そのため、可能な限り、新規の山麓住宅地開発において、砂防事業と都市開発を一体的に実施することによって、災害に強いまちづくりを推進していくことが望ましい。

### c) 土砂災害警戒区域内の住民の実効性ある避難に関する新たな情報とその活用

雨の量が予想を超えると想定を超える土砂量の発生が

ありうる。そのため、土砂災害警戒区域内の住民も早目に安全な場所へ移動することが必要となる。特にハード対策の実施状況によっては、土石流が河川から溢れて道路路面を流れたり、被害が拡大することがありうる。この場合、被害の起こりやすさは、土石流の流れの方向、家屋の位置と道路の勾配によっているので、危険性を住民自らがチェックできる方法を示し、住民の防災意識の向上をはかり、いざという時の避難行動への一助とすることが必要となる。

### d) 具体的な危険度把握のための方法（提案）

5(1)の総括で説明した「流速10m/secを超える土石流は家屋を全壊するだけのエネルギーを持っている可能性が高いという知見」と「道路と被災家屋との位置関係の知見」の2つの条件を利用し、具体事例を提言する。

危険性を判断する前提として、発生土砂量による危険な区域の設定（上流部の危険区域）は、まずなされるべきであり、力によって、土砂災害特別警戒区域と土砂災害警戒区域に分けられるべきである。これを踏まえて、図-9に示したモデル地域において土石流が発生し、河川から溢れることを前提として、土石流の流れの方向を想定してみた。想定に基づき、土石流による危険性が高い場所に位置する家屋（赤色）を、図上にプロットしてみると、その家屋は、いずれも道路の湾曲部、または道路の突き当たりの場所に位置している。次に、当該家屋の上流側の道路の勾配を計測すると、7度であった。

今回の広島土砂災害では、時間雨量100mmを超す降雨によって、道路上を20cmから50cmの流動深の土石流が流れたという事実があった。仮にこの地域で時間雨量100mm近い雨が降り土石流が発生した場合、流動深が40cm程度以上となると仮定すると、その土石流の流速は10m/secを超す。

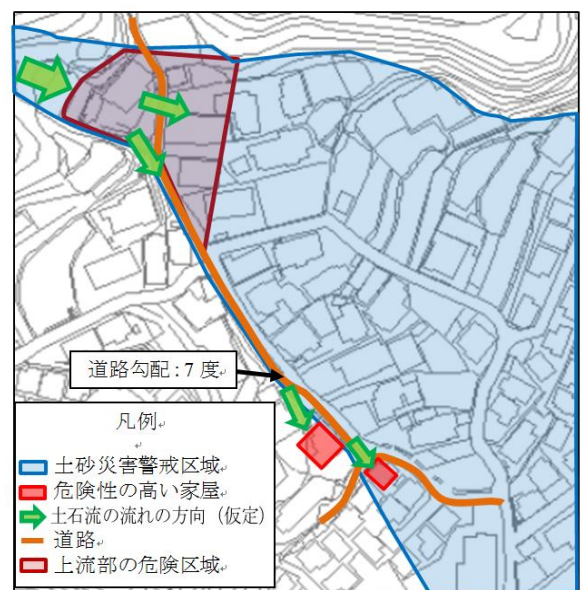


図-9 急勾配道路の影響性を考慮した土石流の危険性予測

そのため、土砂災害警戒区域（青色）内の家屋は被害を受ける可能性が高くなることが予想できる。すなわち、矢印のような土石流が道路面上を流れた場合には、赤色塗りした家屋での危険性が高い。このように、急勾配の道路による影響によって、土砂災害特別警戒区域外の場合でも家屋の全壊の危険性が高いところの存在が明らかとなる。

そこで、その危険性を道路勾配と流動深からの推定式を使って、より具体的に危険性を判断することが望ましい。それを活用して、流出土砂量の多寡だけでなく、急勾配の道路による影響の可能性があることを住民自身に認識してもらう必要がある。その結果、早めの避難につながっていくものと期待したい。これは、広島と同様の状況を抱えている他都市においても、今回の知見を生かせるものと考えられる。

### (3) 今後の課題

本研究では、現地で計測した道路勾配と道路上を流れた流動深との関係から道路上を流れる土石流の危険性についての推定式を算出した。しかし、土石流の痕跡（流動深）が認められたのは6地点9被災家屋であり、サンプル数が不十分であるという事実は否めない。そのため、他都市の事例などでのサンプル数の増加により推定式の精度を向上させることが今後の課題となる。

また、今回の推定式には、雨量と土石流の流動深との関係性を示すことができなかった。そのため、今回の推定式の精度を向上させるためには、雨量と流動深との関係についても、調査・分析を行い、今後の予測において検討を進めていくべきであると考えられる。

**謝辞：**本研究を進めるにあたり、前広島市都市整備局長西岡誠治氏（現：長崎県立大学経済学部地域政策学科教授）、広島市都市計画課主任技師水口直也氏をはじめ広島市都市計画課の皆様におかれましては、現地調査の実施及び資料提供に際して多大な御支援・御協力をいただいた。また、本研究は筆者が政策研究大学院大学で修士論文としてまとめたものであり、池谷浩氏、森地茂氏、東北大学大学院情報科学研究科准教授河村和徳氏に御指導いただいた。ここに感謝の意を表す。

### 参考文献

- 1) 内閣府HP：8月19日からの大雨による広島県の被害状況等について、  
<http://www.bousai.go.jp/updates/h260819ooame/pdf/h260819ooame36.pdf>.
- 2) 公益財団法人土木学会・公益財団法人地盤工学会：平成26年広島豪雨災害合同緊急調査団調査報告書，pp.228-243, 2014.
- 3) 読売新聞夕刊：砂防ダム整備 全国2割 八木地区は来年度完成予定1基数億円 困難な工事，14面，2014年8月23日。
- 4) 広島市：佐東町史，p.3, 1980.
- 5) 公益財団法人土木学会：水理公式集 [平成11年度版]，p.89.
- 6) 水山高久：砂防ダムに対する土石流衝撃力算定とその問題点，p.40, 砂防学会誌（新砂防）112, 1979.
- 7) 石川芳治：山地小溪流からの流木を伴う土砂流出による災害に関する研究，pp.28-31, 1989.

(2015.. 受付)

## COUNTERMEASURES AGAINST DEBRIS FLOW DISASTER IN PIEDMONT RESIDENTIAL AREAS:THE CASE OF HIROSHIMA

Yuya NIMURA, Hiroshi IKEYA and Sigeru MORICHI

The Hiroshima debris flow disaster of August 2014 hit the suburban piedmont residential areas that had developed to accommodate the growing population during the economic boom. The large-scale damage has raised issues for disaster countermeasures. Based on a field survey of Midorii Yagi district of Asaminami Ward in Hiroshima, this study investigated the actual state of the damage. By focusing on the direction of the debris flow, the gradient of surrounding roads, the first, its relationship between the direction of the debris flow, the location of damaged house and the degree of damage were analyzed. The second analysis adopted the Manning formula to estimate the speed of the debris flow based on the traces of the debris flow on roadsides and the gradient of the road. The results suggest that the presence of steep slope roads and the specific locations of houses were key factors that increased the scope of damage in this district. Drawing on these findings, the paper concludes with implications for disaster countermeasures in piedmont residential areas.