

2014年8月広島豪雨災害における 土石流発生流域の地形的特徴

若月 強・佐藤昌人・上田真理子

防災科学技術研究所, 水・土砂防災研究ユニット

1. はじめに

2014年8月20日の未明の豪雨により, 広島市安佐南区と安佐北区では死者74名, 住宅全壊179棟に及ぶ甚大な被害が発生したが¹⁾, その多くは土石流により引き起こされた. 本報では, 土石流が発生した流域に対して地形解析を行なうことにより, 土石流が流下した流域と流下しなかった流域との流域地形形状の違いについて検討した. 同様の調査は2009年7月の防府市の土砂災害でも行っており²⁾, 2014年7月の南木曾町と2014年8月の岩国市の災害の事例との比較も行った.

2. 土石流発生地の地形・地質の概要

土石流発生地は広島市安佐南区から安佐北区に向かって南西-北東方向に分布しており, 南西側から順に宗箇山(標高356m), 武田山(410m), 権現山(397m), 阿武山(586m), 高松山(339m)などの山々が連なる. 阿武山を除けばいずれも標高は350~400m前後と低い. 防災科学技術研究所の初動調査³⁾によると, 降雨が集中する地域と土石流や斜面崩壊の発生場所は概ね一致しているようである. また, 1999年広島豪雨災害における土石流・崩壊の発生場所⁴⁾と比較すると, 今回の場所は数km東方に位置している. 空中写真判読や現地調査によると, ほとんどの土石流は表層崩壊の崩土が流動化することによって発生している.

地質に関しては, 20万分の1地質図「広島」⁵⁾によると, 安佐南区と安佐北区のいずれにおいても, 白亜系上部広島花崗岩類の黒雲母花崗岩及び角閃石黒雲母花崗岩の分布域において, 多くの土石流・崩壊が発生している. ただし, 大きな人的被害が発生した安佐南区八木地区では, 5万分の1地質図「広島」⁶⁾によると, ジュラ系の付加体堆積岩である湯来層の泥岩及び細流砂岩(しばしば礫を含む)が, 白亜系上部の広島花崗岩類の細粒黒雲母花崗岩と中粒角閃石黒雲母花崗岩の上に載っており, キャップロックとなって阿武山(標高586m)の高標高部を形成している. そのため, この地域の崩壊は山頂付近の付加体堆積岩の斜面で発生しており, 土石流化して下流側の花崗岩分布域の溪床堆積物を巻き込みながら流下している. なお, 細粒黒雲母花崗岩は, 中粒角閃石黒雲母花崗岩や中-粗粒黒雲母花崗岩よりも風化の程度が弱いようである⁶⁾. また, 阿武山の南東向き斜面は, 己斐-広島西縁断層帯(広島市安佐南区から同市西区に至る長さ約10kmの断層帯で, 五日市断層の東側約6kmをほぼ同一走向で並走する右横ずれ断層)⁷⁾による断層線崖または断層崖と考えられ, そのため急勾配になっている.

一方, 安佐北区の東側の土石流・崩壊は, 白亜系上部高田流紋岩及び匹見層群の流紋岩溶結凝灰岩の分布域ないしは, 広島花崗岩との境界部に発生している.

3. 流域地形形状の調査方法

土石流が流下した流域と流下しなかった流域との流域地形形状の違いを検討するために, 12時間雨量が200mm以上観測された地域³⁾において, 流域面積が約3km²以下の小流域を地質ごとに, 流域出口が生活の場である道路・住宅地・農地に面するように設定した. 対象とする地質は, 広島花崗岩類(以下, 花崗岩と呼ぶ)とジュラ系の付加体堆積岩(以下, 堆積岩)の2つである. ただし, 堆積岩を含む小流域は, 流域出口付近に花崗岩が分布してい

る場合が多い。したがって、崩壊源となる山頂付近に堆積岩が分布しており、かつ流域面積の半分以上が堆積岩からなる小流域は堆積岩流域と見なすことにする。作業は国土地理院発行の10mメッシュのDEMと2万5千分の1の地形図、ESRI社製のArcGISを用いて行った。花崗岩地域の流域数は646、堆積岩地域の流域数は69である。

それぞれの小流域では、ArcGISを用いて流域面積と起伏比を算出するとともに、地理院地図の空中写真とその判読図を基に、タイプI（土石流が流域外に到達した流域）、タイプII（土石流・崩壊が流域内に停止、または発生しなかった流域）の2つに分類した（図1の右上）。

4. 調査結果

図1に結果を示す。この図から、土石流到達流域の下限値を決める閾値となる直線（以下、土石流到達閾値と呼ぶ）が存在することがわかる。この直線は以下の式で表される。

$$\text{Log}_{10}R = a \times \text{Log}_{10}A + b \quad (1)$$

ここで、Rは起伏比、Aは流域面積（m²）、aとbは係数である。a値は若月・石澤（2010）²⁾に従い-0.145に固定して、b値のみを変化させて土石流到達閾値を設定した。閾値より左下側（安全域と呼ぶ）には当然タイプIIしか存在しておらず、安全域では土石流が流域外に到達する可能性はほとんどない。閾値より右上側（危険域と呼ぶ）にプロットされる流域は、地形的観点からは土石流が流域外に到達する（タイプIになる）可能性があったと考えられる。危険域におけるタイプIIの流域においては、土石流のトリガーとなる崩壊があまり発生しなかったこと、溪床に不安定な土砂が少なかったことなどが原因となり、大きな土石流とはならなかったのであろう。なお、2009年防府災害²⁾に比べると、安全域に位置するタイプIIの流域数は少なく、かなり多くの流域に土石流が流域外に到達する可能性があったといえる。

次に、危険域にプロットされた流域について、それらの危険度の差異を評価するために、タイプIの発生率と流域面積との関係を図1に破線で示す。流域面積が増加するほどタイプIの発生率、すなわち土石流到達率が高くなることがわかる。

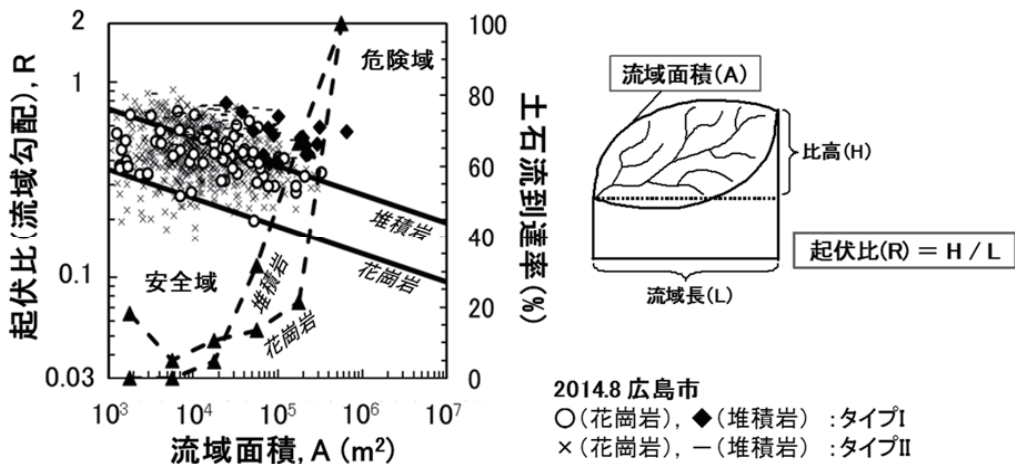


図1 土砂移動タイプと流域形状、および土石流到達率。

実線はタイプIの分布の下限を示す土石流到達閾値、破線は土石流到達率を示す。

図1において花崗岩と堆積岩を比較すると、堆積岩流域は起伏比と土石流到達閾値が大きい。堆積岩流域において土石流が流域外に到達するのは流域面積と起伏比が大きな流域だけに限定されるが、花崗岩流域においては流域面積と起伏比が小さい流域でも到達する可能性があることが閾値の差異から指摘できる。すなわち、同じ形状の流域どうしで比較した場合、堆積岩流域では相対的に土石流が発生しにくいだが、今回は激しい豪雨となったため堆積岩流域でも発生したと考えられる。また、いずれも流域面積が増加するほど土石流到達率が高くなる。ただし、堆積岩の流域数はやや少ないので、データを増やす必要がある。

5. 他の花崗岩災害との比較

花崗岩地域の土石流に限定して、今回の災害と2009年の防府市²⁾、2014年の南木曾町と岩国市で発生した土石流災害との流域地形形状の比較を行う。防府市では今回と同様に土石流が多発したが、南木曾町では3カ所、岩国市では1カ所のみで土石流が発生した。

各地域におけるタイプIのみをプロットした図2によると、地域ごとにプロットされる場所が異なる。例えば、南木曾町のプロットは図の最も右上側、すなわち最も危険度が大きい場所に位置しており、広島市のプロットは防府市のそれよりも流域面積が小さくて起伏比が大きな領域に位置している。土石流到達閾値（a値を-0.145に固定して設定）に関しては、広島市と防府市は同じ直線となるが、岩国市と南木曾はそれよりもかなり右上側に位置する。

次に、土石流到達閾値と降雨との関係を検討する。土石流の発生を促す雨の降り方をうまく表現する雨量指標の設定は容易ではないが、ここでは6時間雨量を図2に併記した。各時間の積算雨量のなかでは6時間雨量が最も閾値のb値と相関が良い。この図から、6時間雨量が増加すると閾値が小さくなるのがわかる。すなわち、降雨量が増すと流域面積や起伏比が小さな流域でも土石流災害が発生する可能性があるといえる。

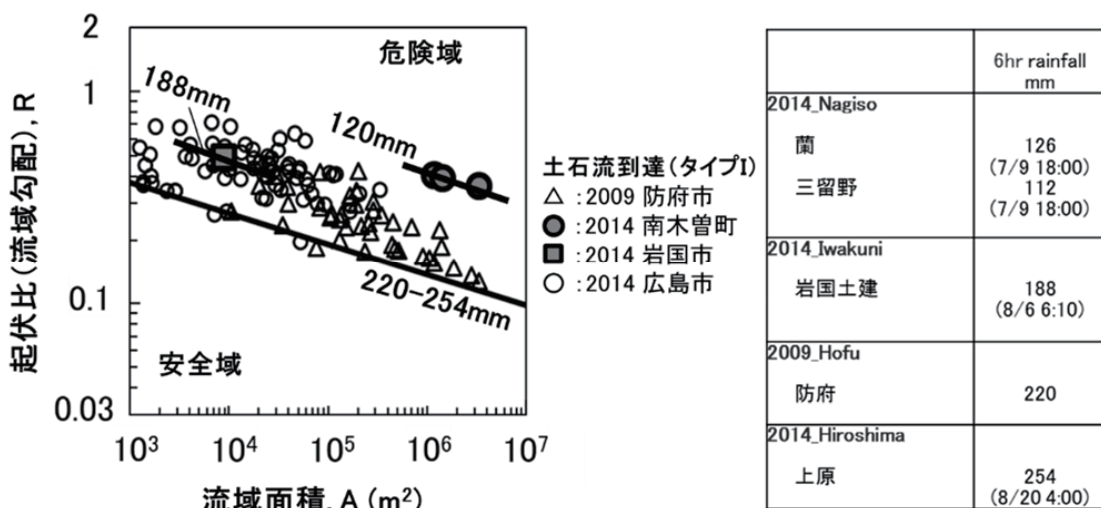


図2 花崗岩地域における降雨量と土石流到達閾値（実線）との関係。
タイプIのみをプロットしている。図中の数値は6時間雨量を示す。

6. おわりに

流域地形の解析によって、土石流が流域外まで到達する流域の下限值を決める閾値（土石流到達閾値）が存在すること、および流域面積が増加すると土石流が流域外まで到達する確率が高くなることが明らかになった。また、土石流到達閾値は地質ごとに異なり、降雨量によって変化する可能性があることが示唆された。これらのデータを増やしていくことで、降雨と地形・地質を考慮した流域単位での土石流危険度の確率評価がある程度可能になると考えている。

- 1) 総務省消防庁（2015）8月19日からの大雨等による広島県における被害状況及び消防の活動等について（第44報）。（<http://www.fdma.go.jp/bn/2014/detail/871.html>）
- 2) 若月 強・石澤岳昂（2010）花崗岩山地における土石流発生流域の地形的特徴：2009年7月防府市・山口市豪雨災害の事例，地形，**31**，423-436.
- 3) 防災科学技術研究所（2014）2014年8月20日の広島県における大雨土砂災害。（<http://mizu.bosai.go.jp/c/c.cgi?key=2014hiroshima>）
- 4) 国土交通省土地・水資源局国土調査課（2002）災害類型別土地保全基本調査－広島「土石流発生現況図」。（http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/land/l_national_map_d.html）
- 5) 山田直利・東元定雄・水野清秀・広島俊男・須田芳朗（1986）20万分の1地質図幅「広島」，地質調査所.
- 6) 高橋裕平（1991）広島地域の地質，地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），地質調査所，41p.
- 7) 地震調査研究推進本部地震調査委員会（2004）五日市断層帯の長期評価について，16p.（http://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/87_itsukaichi.pdf）