

平成 23 年台風 12 号により被災した那智川流域金山谷川流域の土砂流出機構に関する研究

国土交通省近畿地方整備局

国土交通省紀伊山地砂防事務所

国際航業株式会社 ○笠原拓造, 島田 徹, 郡 典宏, 秋山 晋二, 西川 友章

木下 篤彦^{*1}, 北川 真一

大山 誠^{*2}, 河部 長志

(*1: 現 (独) 土木研究所 *2: 現 国土交通省近畿地方整備局)

1. はじめに

平成 23 年の台風第 12 号に伴う豪雨により、那智川流域では時間雨量 123mm (和歌山県市野々観測所) を記録した 9 月 4 日の未明に 10 溪流からあいついで土石流が発生し、死者 29 名という甚大な被害が発生した。土石流が発生した溪流の中でも、特に右支流の金山谷川では、源頭部斜面に大規模な崩壊が発生したほか土石流の規模や荒廃が突出しており、現在でも活発な土砂生産・流出が継続している。

本稿は、金山谷川上流域において、崩壊斜面や残土堆積範囲における微地形変化やガリー等の侵食量等の観測 (発生区間での観測)、崩壊地下流の流路区間における溪床変化 (堆積及び侵食の観測)、土砂の粒径や移動状況 (流下区間での観測)、土砂移動をもたらす降雨や流量、濁度、及び浮遊砂の観測等 (移動土砂の動態観測) を実施し、山地荒廃溪流での水文・土砂移動の過程を把握すると共に、土砂災害の防止・軽減につなげることを目的として、災害に繋がるような大規模な土砂移動の兆候を事前に把握する流域監視の方法について検討した結果について報告する。

2. 崩壊地の変化

(1) 台風 12 号以降の侵食・堆積変化

崩壊地の観測は、鉄筋挿入による侵食・堆積の変化の計測や 2 時期の LP による標高の差分による侵食・堆積量の推定を行った。2012 年 4 月から 12 月の崩壊地内における侵食量は約 2,800m³、堆積量は約 400m³であった (図-3)。なお、台風 12 号以降から 2012 年 12 月までの那智川流域の降水量は、約 4,500mm (市野々) であった (表-1)。

(2) 出水時の侵食・堆積状況

タイムラップスカメラによる豪雨時の斜面状況 (湧水の発生、拡大崩壊の発生) の観察から、①降雨の早い段階で崩壊斜面より湧水が発生、②降雨と連動して若干遅れて湧水量が変化、③降雨末期に崩壊が多く発生する傾向などが観測された。

また、崩壊斜面上部 (パイピングの跡が多く存在) で発生した崩壊土砂は、崩壊地中腹の緩斜面に一時的に堆積し、一度に下流域まで流下しないことがわかった。ただし、粒度分析結果から、2mm 以下の浮遊砂〜掃流砂成分は流下しているものと推測される (図-4)。

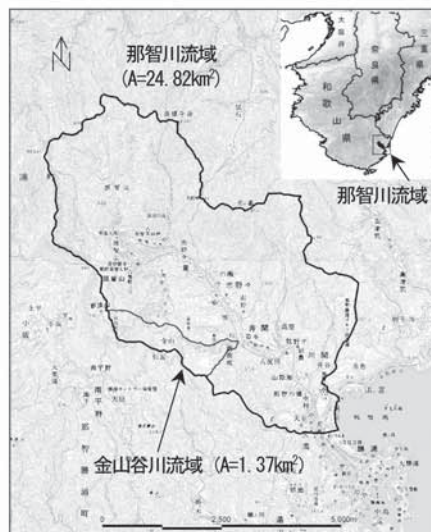


図-1 調査位置図

表-1 台風 12 号以降の降雨状況

地上雨量	2011年の降水量			2012年の降水量		2011年台風12号後 (2011年9月6日~2012年12月31日)		
	台風12号前 1月1日 ~8月29日	台風12号 9月30日 ~9月6日	台風12号後 9月6日 ~12月31日	2011年 総雨量 (mm)	2012年 総雨量(mm)	総雨量 (mm)	最大 連続雨量 (mm)	最大 時間雨量 (mm)
市野々(県)	2,126	843	942	3,911	3,555	4,497	226	40
アマダス新宮	2,094	833	1,128	4,054	3,328	4,456	229	50
アマダス色川	2,998	1,186	1,165	5,349	4,068	5,233	319	58

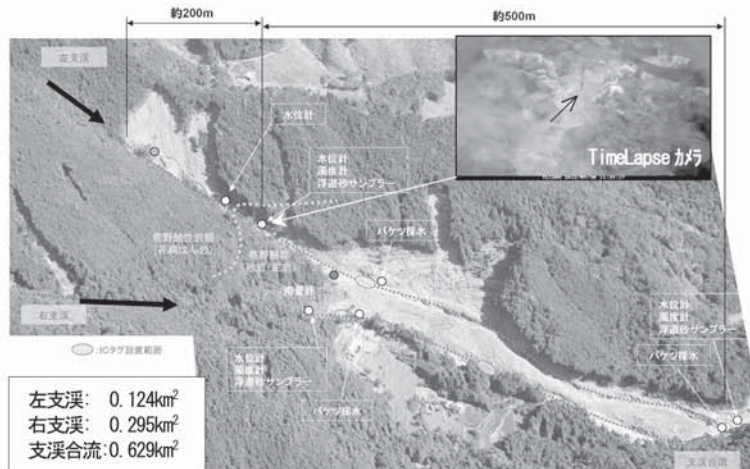


図-2 観測体制 (2012年6月より観測開始)

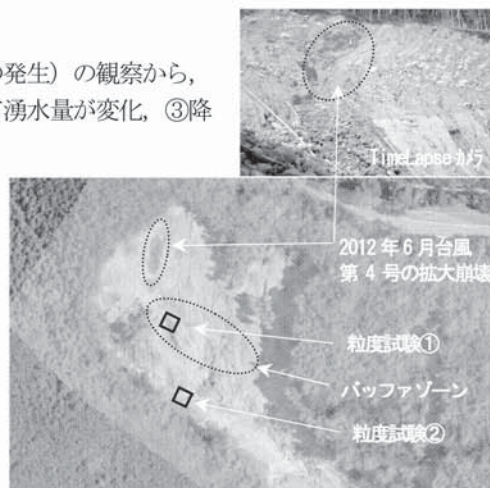


図-3 崩壊地の変動 (2 時期の LP による標高差)

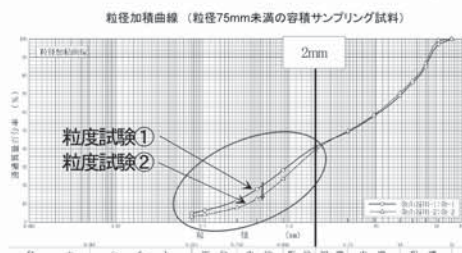


図-4 崩壊地の粒度分布 (75mm 粒径以下)

3. 出水中の浮遊砂の変化

溪流の観測は、水位計、濁度計による連続観測と豪雨時のバケツ採水による観測(SS,浮遊砂粒径,水質分析)を実施した。比較対象として崩壊と土石流が発生した左支溪と、崩壊が発生しなかった隣接する右支溪で同様の観測を実施した(図-2)。

(1) 降雨-流量の関係

出水時の流出パターンは、崩壊のある左支溪では10分間降水量と対応した流出波形を示すが、崩壊地のない右支溪では、連続雨量と似た流出波形を示す(図-5)。また、降雨終了時(9月30日16:30)の総流量は、左支溪で約476m³(比流量6,985m³/km²)、右支溪で約711m³(比流量2,413m³/km²)、流出率は左支溪0.08、右支溪0.03であり、左支溪が比流量・流出率で右支溪より約3倍程度大きい。崩壊発生前は左支溪と右支溪が同様の流出形態であったとすると、崩壊地からの湧水量は、全流量の約4割を占めると試算され、崩壊発生に地下水が大きく関与したことが推測される(左支溪の崩壊面積率は約9%)。

(2) 流量-SSの関係

出水中に浮遊砂濃度の高かった左支溪と合流点(図-6)の流量-SSの時系列的な関係をみると、流量-SSの軌跡が左支溪では反時計回りであるのに対し、合流部では右回りと逆の関係になっている(図-8)。ただし、左支溪の軌跡は、前半の降雨ピークでは明確な反時計回りを示すが(図-8上)、後半の降雨ピークでは、円がつぶれたような形状となっている(図-8下)。

軌跡が反時計回りとなるのは、降雨末期に濁度が高くなることを示しており、上流崩壊地の降雨末期における崩壊発生状況や湧水によるバッファゾーンの侵食等と整合的である。一方、時計回りは、降雨末期に濁度が低くなることを示しており、流域面積が大きく、降雨後半に流量が増してくると、支流からの濁水の影響の度合いが小さくなり、時計回りの傾向となるものと考えられる。また、濁度は降雨や流量の変化に鋭敏に反応することがわかった。

4. 考察

①那智川流域は、成因や構造、物理特性(透水性等)の異なる火成岩類(熊野酸性岩類〔風化の進んだ花崗斑岩〕と堆積岩類(熊野層群〔泥岩・砂岩〕)が分布しており、降雨の浸透や地下水の挙動が崩壊発生に大きく関わると推測される。今回の崩壊発生溪流と非発生溪流における降雨-流出の観測結果は、流量や地下水水位等を指標とした崩壊発生の危険性や、土質力学に基づいた物理的手法による崩壊発生の危険性の評価のための有効な基礎データとなりうる事が考えられる。

②今回の観測では、上流崩壊地の土砂移動状況が下流の浮遊砂の挙動に影響していることが観測された。これより、浮遊砂の観測から上流の土砂移動状況がある程度把握することは可能で、水文・濁度観測は、土砂移動の兆候を事前に把握する流域監視の方法として有効な手法であることが示された。

5. おわりに

今後の課題としては、①流量・濁度の変化が急激であることが半明したので、継続観測では、降雨・流量・濁度等の観測時間の分解能の向上を図る(現在の10分間隔から1~5分間隔程度へ)。②出水時には浮遊砂と共に掃流砂も下流域へ落下しており、これらを同時に観測することで、より多くの流域監視のための情報が得られる可能性がある(例えば渓末部のアーモアコートの破壊等)。③崩壊地周辺の地下水(岩盤浸透流)状況を調査ボーリング等により把握し、洪水流出機構、崩壊発生機構の理解につなげる等があげられる。

<参考文献> 木下篤彦ほか(2012):平成23年台風12号による那智川流域における土石流災害実態,平成24年度砂防学会概要集96-97p,
木下篤彦ほか(2011):流砂量計測による住吉川の土砂動態に関する検討,平成24年度砂防学会概要集332-333p

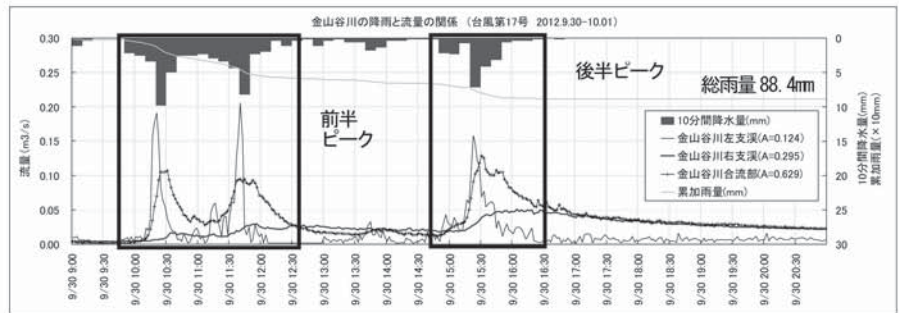


図-5 降雨-流量の関係(2012年9月30日台風第17号)

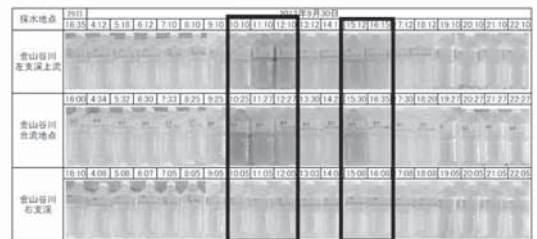


図-6 バケツ採水試料(台風第17号)

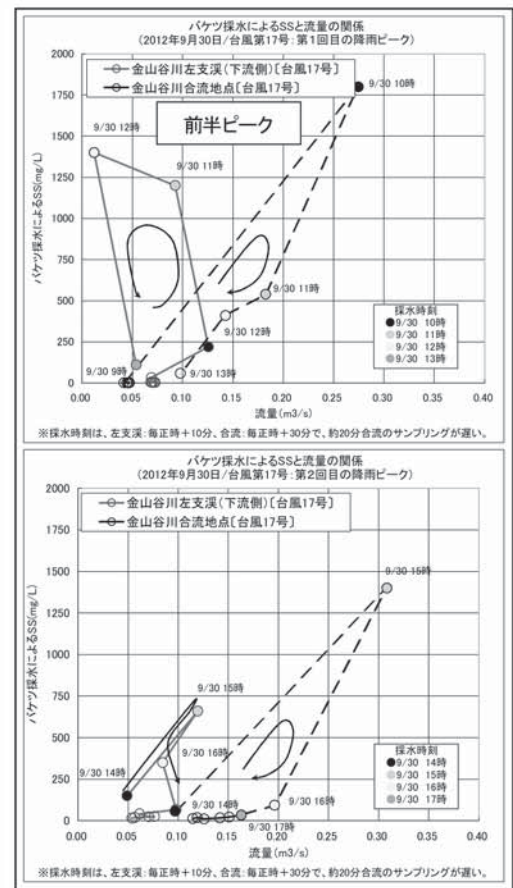


図-7 流量-SSの関係(台風第17号)