

合流点の河床変動に着目した、赤谷川流域 からの土砂流出及び砂防施設の整備が 川原樋川の河床変動に及ぼす影響

FOCUSING ON RIVERBED VARIATION AT THE CONFLUENCE, THE IMPACT BY
THE SEDIMENT DISCHARGE FROM AKADANI RIVER BASIN AND THE
CONSTRUCTION OF SABO DAMS ON KAWARABI RIVER

木下篤彦¹・田中健貴²・桜井亘³・内田太郎³・臼杵伸浩⁴
・岡野和行⁴・井之本信⁴

Atsuhiko KINOSHITA, Yasutaka TANAKA, Wataru SAKURAI, Taro UCHIDA, Nobuhiro USUKI,
Kazuyuki OKANO and Makoto INOMOTO

¹国土交通省国土技術政策総合研究所(近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター) (〒649-5302 和歌
山県東牟婁郡那智勝浦町野々3027-6)

E-mail: kinoshita-a92wq@nlit.go.jp

²国土交通省近畿地方整備局大規模土砂災害対策技術センター (〒649-5302 和歌山県東牟婁郡那智勝浦町市
野々3027-6)

³国土交通省国土技術政策総合研究所 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1)

⁴アジア航測株式会社 (〒215-0004 神奈川県川崎市麻生区万福寺1-2-2)

Key Words: confluence, deep-seated landslide, sediment run-off, river bed elevation, sabo dam

1. はじめに

平成23年9月の台風第12号では、紀伊半島で多数の深層崩壊が発生し、大きな被害が出ている¹⁾。災害直後は、天然ダムの越流決壊が不安視されていたが、現在では、紀伊山系直轄砂防事業による対策が講じられつつあり、天然ダムの急激な侵食に対して、一定の安全性が確保されていると考えられる。今後は、深層崩壊等によって流出した土砂の挙動にも着目する必要がある。例えは、赤谷川流域では、深層崩壊後も斜面からの顕著な土砂流出や再崩壊が発生している²⁾³⁾。このような箇所では、土砂流出による下流域の広い範囲で河床上昇が発生するとともにその影響が長期に渡る可能性がある³⁾。熊野川

流域における深層崩壊による土砂の挙動については、板野ら^④・本多ら^⑤によって調査されている。この中で、熊野川水系の川原樋川とその支川である赤谷川との合流点付近で河床上昇が進んでいることは、豪雨時に氾濫の危険性が高まるため、特筆すべきと言えるであろう。合流点での河床変動については、中谷ら^⑥や増田ら^⑦によって調査されている。これらによると、合流角度や本川と支川の流量のピーク時間のずれが河床変動に影響を及ぼすことが分かれている。一方、川原樋川のような勾配約2度、数十～100m程度の川幅を持つような河川で、支川からの土砂流出により特定の箇所で河床上昇が発生した場合、その影響は上下流の広範囲に及ぶと考えられる^⑧。また、赤谷川流域のように砂防施設により土砂



写真-1 赤谷川流域の崩壊地と下流への土砂流出の様子(平成 23 年 9 月の災害直後)。矢印は流向を示す。



写真-2 赤谷川と川原樋川の合流点付近の河床変動の様子(平成 29 年 5 月)。矢印は流向を示す。



写真-3 川原樋川の河床上昇の様子(平成 29 年 12 月)。矢印は流向を示す。

流出を抑制した場合、合流点及び川原樋川の土砂動態が改善される可能性もある。

本研究では、赤谷川流域及び川原樋川周辺で撮影されたレーザプロファイルを用いて、赤谷川と川原樋川合流点付近の河床変動を調査する。また、川原樋川について、合流点を含む範囲で、合流点での河床上昇が及ぶ範囲とその経年変化について調査する。また、赤谷川での砂防施設の設置による合流点及び川原樋川の土砂動態への効果について検証する。

2. 平成 23 年 9 月の台風 12 号による赤谷川流域の災害の概要とその後の状況について

平成 23 年の紀伊半島大水害では、付加体(頁岩及び砂岩)のエリアにおいて多数の深層崩壊が発生するとともに、河道閉塞により天然ダムができ、大きな被害が出ている。熊野川水系川原樋川の支川である赤谷川流域もそのような箇所の 1 つである(図-1)。赤谷川流域では、写真-1 に示すように約 935 万 m³ 崩壊し、高さ約 67m の天然ダムが発生している¹⁰⁾。

その後、天然ダムは台風などの豪雨時に越流を繰り返し、その度に侵食が発生している。崩壊斜面についても裸地からの土砂の流出が観察されている。また、平成 26 年 8 月 10 日、平成 27 年 9 月 16 日に、台風により大規模な崩壊が発生している。これらにより流出した土砂は赤谷川と川原樋川の合流点付近に堆積している(写真-2)。また、合流点上流域の川原樋川においても河床上昇が顕著である(写真-3)。

3. レーザプロファイルの撮影時期と砂防施設の建設状況について

国土交通省は、赤谷川流域の崩壊斜面の侵食状況や天然ダムの堤体の侵食状況、赤谷川の河道の土砂動態の確認などを目的として、平成 23 年 9 月の台風

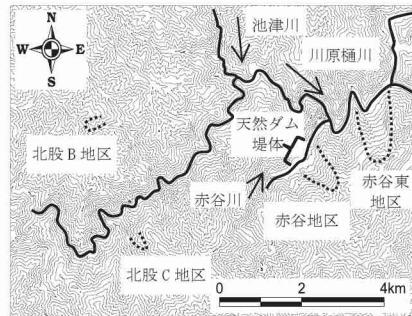


図-1 調査地の位置図。太線は河道を表す。矢印は流向

を示す。点線は大規模崩壊発生斜面を表す。

12 号以降ほぼ毎年代表的な出水直後にレーザプロファイルの撮影を行っている。

表-1 にプロファイルの撮影時期と砂防施設の建設状況を示す。平成 23 年の災害直後は、天然ダム堤体の侵食防止を目的とした排水路工を重点的に実施し、その後は流出土砂の抑制を目的とした砂防堰堤の整備と河道に堆積した土砂の侵食防止のための床固工や渓流保全工の整備を実施している。

4. レーザプロファイルの差分解析から推定される土砂動態

(1) 赤谷川・川原樋川合流点周辺のレーザプロファイルの差分解析結果

これまでに撮影されたレーザプロファイルについて、それぞれ前年のデータとの差分(平成 23 年については 21 年との差分、平成 29 年については 27 年との差分)を取り、土砂動態の把握を行った。図-2 にレーザプロファイルによる赤谷川・川原樋川の合流点付近の差分解析結果を示す。

平成 23 年については、深層崩壊発生直後であり、

表-1 赤谷川流域におけるレーザプロファイラの撮影時期と砂防施設の建設状況について

レーザプロファイラの 撮影日	レーザプロファイラ撮影日までの赤谷川流域での砂防施設の建設状況				
	排水路工	床固工(6基計画) (全て高さ 6.0m)	1号砂防堰堤 (高さ 14.5m)	2号砂防堰堤 (高さ 12.0m)	3号砂防堰堤 (計画中)
平成 21 年 8 月 12 日	—	—	—	—	—
平成 23 年 9 月 10 日	—	—	—	—	—
平成 24 年 6 月 23 日	施工中	—	—	—	—
平成 25 年 9 月 23 日	完了	—	—	施工中	—
平成 26 年 8 月 21 日	完了	—	—	施工中	—
平成 27 年 7 月 17 日	完了	—	施工中	本堤完了	—
平成 29 年 11 月 5 日～12 日	完了	施工中(2基完了)	完了	完了	—

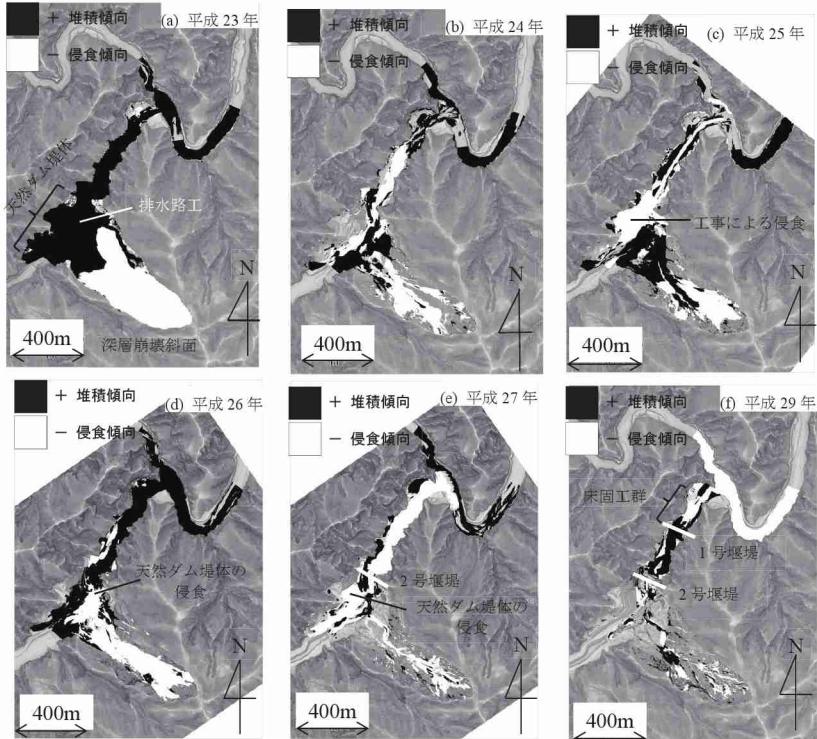


図-2 レーザプロファイラによる赤谷川・川原樋川の合流点付近の差分解析結果。(a)平成 23 年と平成 21 年の比較

(b)～(f)はそれぞれ平成 24～27・29 年の前の撮影との比較

斜面の侵食と河道閉塞や土砂流出による赤谷川の河道の河床上昇が顕著であった。また、流出した土砂は川原樋川まで到達していることが分かる。平成 24 年は、斜面上部・天然ダム下流河道での侵食が発生しているが、川原樋川との合流点に近づくにつれ、

河床上昇傾向に変わっている。平成 25 年は、24 年同様、斜面上部で侵食が発生し、合流点に土砂が堆積している。なお、斜面対岸の侵食は、対策工事による掘削の影響である。掘削土砂は天然ダム上流のダム湖の埋め立てに活用しているため、赤谷川流域

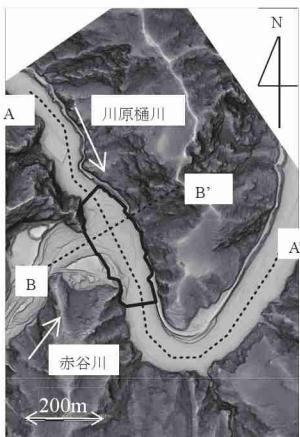


図-3 河床変動分析を行ったエリア。太線で囲まれたエリアで分析を行った。矢印は流向を示す。A-A'は図-6(a)の縦断図の区間を、B-B'は図-6(b)の横断図の区間を示す。

の土砂収支に工事の影響は少ない。平成 26 年は、8 月に深層崩壊斜面の再崩壊があり、斜面で大きな侵食が発生している。また、天然ダム堤体においても侵食が発生しているのが分かる。これらにより、赤谷川流域から多量の土砂が流出し、川原樋川との合流点に扇形に土砂が堆積していることが分かる。平成 27 年は、小規模ながら斜面で侵食が発生している。また、赤谷川の河道は、河床低下傾向にあり、川原樋川との合流点付近まで影響している。平成 27 年は施工中の砂防堰堤の効果もあり、合流点付近は侵食傾向にあったと考えられる。平成 29 年は、砂防施設の設置が進み、堆砂域で堆砂が進むとともに、赤谷川下流域及び合流点での河床低下が進んでいる。

(2) 赤谷川・川原樋川合流点周辺の河床変動

赤谷川・川原樋川の合流点付近の河床変動を調査する目的で、図-3 のように解析範囲を決めてそのエリアでの分析を行った。なお、解析範囲について、川原樋川上下流端は、航空写真から、赤谷川からの流出土砂が扇形に堆積していることが分かつており、これらの扇形がおよそ収まるように範囲を決定した。

図-4 に図-3 中の解析エリアにおける河床変動を示す。平成 25 年までは、合流点での堆積土砂は減少する傾向であったが、26 年は、斜面の再崩壊の影響もあり、災害直後よりも土砂が堆積している。その後、平成 27・29 年は侵食傾向にある。図-5 にレ

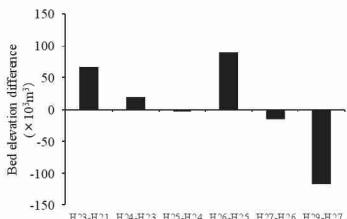


図-4 赤谷川・川原樋川合流点付近(図-3 中点線で囲まれたエリア)の河床変動。プラスが堆積、マイナスが侵食を表す。

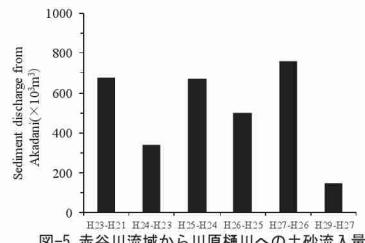


図-5 赤谷川流域から川原樋川への土砂流入量

一ザプロファイラの差分から求めた赤谷川から川原樋川への土砂流入量を示す。なお、赤谷川流域内のレーザプロファイラの差分から、土砂侵食量を川原樋川への土砂流入量とした。平成 23 年は、ほとんどが深層崩壊による土砂流入と考えられるが、それ以降は台風などの降雨による侵食、斜面や河道堆積土砂の再侵食によると考えられる。平成 29 年には、赤谷川からの土砂流出が大きく減少している。これは、図-2(f)からも分かるように、砂防堰堤の設置効果が大きいと考えられる。

図-6 に図-3 に示す川原樋川の縦横断図を示す。

(a)について、災害後、合流点付近は平成 26 年までは約 10m 河床が上昇している。その上下流について、平成 23~26 年は合流点付近の方が直上流の河床より高く、逆勾配となっており、河床は上昇しやすい状況であった。平成 29 年は、この点は解消されている。(b)から、合流点の右岸側は、侵食や堆積を繰り返していることが分かる。平成 29 年で河床が一部高くなっている箇所があるが、これは工事による盛土の影響と考えられる。左岸側については、平成 26 年までは緩やかに河床上昇していたものの、平成 29 年にはほぼ元の河床に戻っていることが分かる。

5. 深層崩壊後の川原樋川の河床変動について

支川からの土砂流出による合流点での河床変動が、本川に及ぼす影響を明らかにする目的で、平成 21・

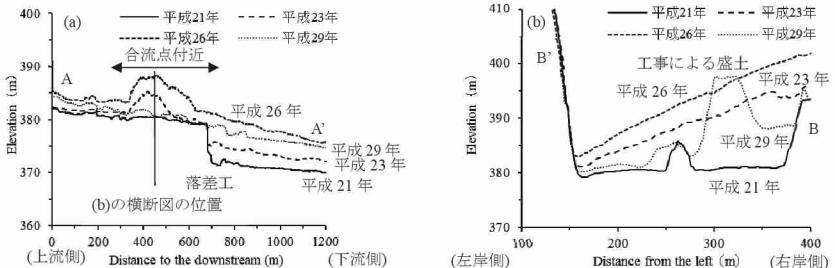


図-6 赤谷川との合流点付近の川原樋川の縦・横断形状の変化。 (a) 流路の中心の縦断図、(b) 横断図。 A, A', B, B' の位置は図-3 中に示している。

24・29年に図-7のような川原樋川流域の広い範囲でレーザプロファイラにより地形データを取得している。その結果を基に、図-8のように差分解析を行っている。(a)から、災害後は川原樋川上流域(北股B・C地区等)や赤谷川(赤谷地区)・川原樋川下流域(赤谷東地区)での大規模崩壊によりほぼ全ての区間で土砂が堆積している。なお、池津川流域では、平成23年の災害では、顕著な土砂流出が発生していない。(b)から、平成24年から平成29年の間は池津川との合流点上流では侵食傾向にあることが分かる。一方、赤谷川との合流点の上下流では土砂堆積が見られる。図-4から、合流点は河床低下傾向にあるが、その上下流約5kmの広い範囲で依然土砂が堆積している状況である。

6. おわりに

本研究では、赤谷川と川原樋川の合流点付近の河床変動に着目し、深層崩壊後の土砂流出による合流点とその周辺の河床変動の影響について調査した。得られた結論は以下の通りである。

- 1) 深層崩壊発生及びその後の土砂流出により、災害後3年間は赤谷川と川原樋川の合流点付近は河床上昇が顕著であった。その後は砂防施設の整備も進み、赤谷川流域からの土砂流出が減り、合流点の河床が元に戻りつつあることが分かった。
- 2) 支川からの土砂流出により、本川との合流点で河床上昇が発生した場合、本川の上流域から流入した土砂が合流点上流で堆積し、広い範囲で長期間影響を及ぼすことがあることが分かった。
- 3) 本研究では、ほぼ一年おきのレーザプロファイラデータを活用して、合流点周辺の河床変動を検証した。ただし、これは一年間の複数回の出水による影響の結果に過ぎない。今後は一出水毎に合流

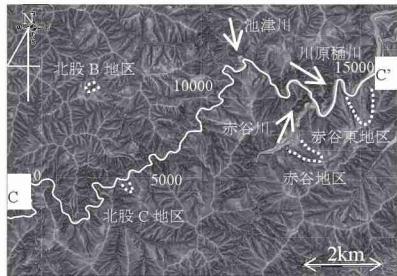


図-7 川原樋川において差分解析を行ったエリア。C-C' の範囲で200mごとに河道内の河床の堆積・侵食の分析を行った。数字は図-8の追加距離(m)に対応している。太線は川原樋川の河道を表す。矢印は流向を表す。点線は大規模崩壊発生斜面を表す。

点周辺において土砂や水の動きをカメラ等で捉え、侵食・堆積する条件を検証する予定である。

参考文献

- 1) 松村和樹、藤田正治、山田孝、権田豊、沼本晋也、堤大三、中谷加奈、今泉文寿、島田徹、海堀正博、鈴木浩二、徳永博、柏原佳明、長野英次、横山修、鈴木拓郎、武澤永純、大野亮一、長山孝彦、池島剛、土屋智：2011年9月台風12号による紀伊半島で発生した土砂災害、砂防学会誌、Vol.64, No.5, pp.43-53, 2012.
- 2) 木下篤彦、神野忠広、海原莊一、小川内良人、島田徹、笠原拓造、荒木繁幸、東原純：台風12号で深層崩壊が発生した赤谷地区斜面からの土砂流出について、平成24年度砂防学会研究発表会概要集, p.132-133, 2012.
- 3) 桜井亘、酒井良、後藤彦幸、小川内良人、龍見栄臣、海原莊一、宇都忠和、藤原康正：平成25年9月台風18号後に深層崩壊斜面で発生した大規模な再崩壊について、砂防学会誌、Vol.67, No.3, pp.29-35, 2014.

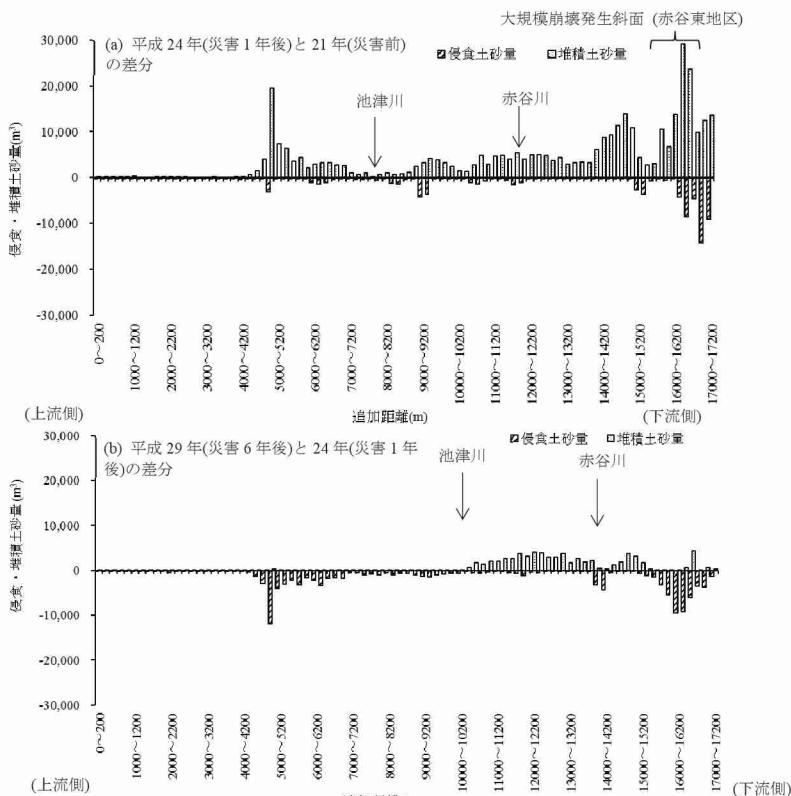


図-8 レーザプロファイラを用いた川原樋川における 200m ごとの河道区間の侵食・堆積土砂量。矢印は主な支川の合流を表す。(a) 平成 24 年と 21 年の差分、(b) 平成 29 年と 24 年の差分。

- 4) 桜井亘, 酒井良, 奥山悠木, 水山高久, 池田暁彦, 海原莊一, 只熊典子, 柏原佳明, 吉野弘祐, 小川内良人, 龍見栄臣, 島田徹: 2014年8月台風11号時に河道閉塞で生じた侵食・土砂流出と対策への影響, 砂防学会誌, Vol.68, No.6, pp.4-13, 2016.
 - 5) 木下篤彦, 田中健貴, 桜井亘, 内田太郎, 白杵伸浩, 岡野和行, 井之本信: 2011年深層崩壊発生後の赤谷川流域からの土砂流出と川原樋川との合流点での河床上昇について, 河川技術論文集, 第24巻, pp.113-118, 2018.
 - 6) 板野友和, 池田暁彦, 宮瀬将之, 垣本毅, 五十嵐勇気: 熊野川における平成 23 年台風 12 号後の土砂移動実態、平成 28 年度砂防学会研究発表会概要集, pp.B-30-31, 2016.
 - 7) 本多泰章, 宮瀬将之, 垣本毅, 吉村元吾, 今森直紀,
- 田中健貴: 熊野川における平成 23 年台風 12 号後の土砂移動実態(続報), 平成 29 年度砂防学会研究発表会概要集, pp.692-693, 2017.
- 8) 中谷加奈, 水山高久, 福崎温子, 里深好文: 土石流の合流角度が本川合流点に及ぼす影響, 平成 25 年度砂防学会研究発表会概要集, pp.B-98-99, 2013.
- 9) 増田覚, 水山高久, 小田晃, 大槻英樹: 本支川の出水のずれによる合流点の河床変動に関する研究, 砂防学会誌, Vol.61, No.4, pp.27-31, 2008.
- 10) 紀伊山系砂防事務所: 紀伊山地における大規模河道閉塞対策(天然ダム)対策の考え方(案)【参考資料編】、http://www.kkr.mlit.go.jp/kisankei/news/pdf/Reference_materials.pdf

(2018. 5. 18 受付)