

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 16 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24310137

研究課題名(和文) 溪床堆積物内の豪雨時のパイプ流変動解析に基づく土石流発生予測手法の提案

研究課題名(英文) Hydrological observation of subsurface flow spouting from pipe exits in torrent bed material and its triggering rainfall condition for the prediction of debris flow generation

研究代表者

山田 孝 (YAMADA, TAKASHI)

三重大学・生物資源学研究科・教授

研究者番号：20333635

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 6,300,000円

研究成果の概要(和文)：三重県いなべ市の藤原岳西之貝戸川等において、伏流水が噴出したパイプ孔の形成実態と豪雨時における伏流水の現地観測を実施した。パイプ孔の孔内の深さは、堆積地表面から1.0～1.5m程度まで確認でき、その出口ならびに内壁は10cm～数10cm程度の垂円形状の礫が相互にかんだ状態である。各パイプ孔の出口付近の内径や構造には大きな違いは認められないが、伏流水の噴出発生・終息時刻、継続時間、ピーク流量、総流量は異なっている。パイプ孔の閉塞現象によるその後の違う箇所からの伏流水の噴出が起こると溪床堆積物の不安定化し、移動が発生する(土石流発生)と考えられる。それらの発生領域は、RBFN手法を用いて区分できる。

研究成果の概要(英文)：Several pipe exits were discovered in the torrent bed material in debris flow generation areas of the Nishinokaito River, Mount Fujiwara, Mie prefecture, Japan. They were emplaced in a sand and gravel layer between 1.0 and 1.5 m below the surface of the torrent bed material. Gravel supported the internal walls of the pipe exits. Subsurface flows spouted when the rainfall intensity exceeded about 5 to 7 mm in 10 minutes and the soil water index exceeded about 110 mm. Hydrological processes such as subsurface flows spouting from pipe exits and its clogging, subsurface flows spouting at the new pipe exits during heavy rainfall may lead to debris flow generation. The critical rainfall thresholds for them were studied using radial basis function network (RBFN) method.

研究分野：砂防学、砂防工学

キーワード：土石流 溪床堆積物 伏流水 パイプ流 現地観測 発生限界基準雨量 RBFN手法

### 1. 研究開始当初の背景

土石流の発生タイプのひとつに、渓流の急勾配区間での堆積土砂が豪雨時に移動することによるものがある。その発生モデルとして、豪雨時に堆積土砂内部で伏流水が一様に上昇して飽和に至り、表面流が発生し、堆積物の静的安定性が損なわれ、移動を開始するという理論(高橋, 1977)が水理模型実験を通じて発表され、ひろく用いられてきた。ただし、現場では、その妥当性は立証されていない。研究代表者らは、これまでの現地観測成果から、そのような理論ではなく、堆積土砂内部で複数のパイプ(水みち)が発達し、豪雨時にはそれらを通じて伏流水が変動し、堆積土砂内部の間隙水圧が上昇して堆積物の一部が不安定化したり、地下水が地表面に噴出して堆積土砂を急激に侵食することにより土石流が発生すると考えている。豪雨時におけるパイプ流の発生とその後の関連水文現象を明らかにし、その動態をリアルタイムで観測・監視することは土石流の発生予測を行う上で極めて重要と考えられる。

### 2. 研究の目的

前述の研究代表者らの考える土石流発生プロセスを明らかにする。3年間の研究期間において、藤原岳西之貝戸川を事例に、豪雨時における堰堤水抜孔ならびに渓流堆積横断面(土石流発生区域)での伏流水排出実態(排水箇所、排水量の変化など)を観測し、その排水の変動特性(変動プロセスと排水量ハイドログラフの特性、流出率等)を明らかにする。これらのデータを用いて、豪雨時の伏流水流出を再現・予測できるタンクモデルを提案する。そして、タンクモデルから計算される土壌雨量指数の値を用いて、RBFN手法により、パイプ流、パイプ孔の閉塞、土石流の発生・非発生降雨領域を明らかにする。

### 3. 研究の方法

研究対象地は三重県いなべ市の藤原岳西之貝戸川第6号砂防堰堤直上流部である。砂防堰堤上流域の流域面積は0.75K<sup>2</sup>・平均勾配は24.3°、地質は中古生層の石灰岩である。第6号堰堤直上流部の渓床堆積物(幅:約20m、平均勾配:24度)の一部が2008年10月24日の豪雨(最大10分間雨量6mm、最大時間雨量24mm、連続雨量174mm)によって、約10m再移動し(この時は、土石流は発生していない)、渓床堆積物の横断面が露出して、3つのパイプ孔の出口を確認できるようになった(下流から「パイプ孔Ⅰ」、「パイプ孔Ⅱ」、「パイプ孔Ⅲ」)(Fig.1)。そこで、2009年に、これらのパイプ孔出口の位置を測量するとともに、ポアホールカメラ(名称:ミニ シースネイク【KDM200SLM】、カメラヘッドの直径:35mm)を用いて、それらの出口付近や内部の構造(構成礫の大きさなど)を観察した。最下流に位置するパイプ孔Ⅰを基準にするとパイプ孔Ⅱは+2.2m、パイプ孔Ⅲは+4.9mの

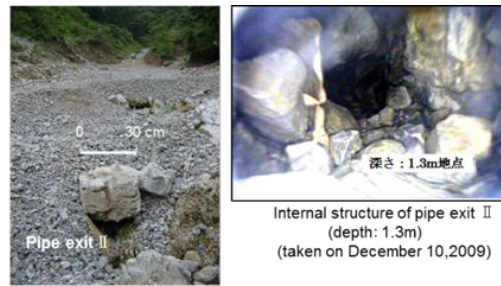


Fig.1 Exposed pipe exit II at the torrent bed material due to its scouring on October 24, 2008 and its internal structure

比高を示す。また、パイプ孔Ⅰとパイプ孔Ⅱ間の斜距離は約8m、パイプ孔Ⅰとパイプ孔Ⅲのそれは約15mである。カメラで観察できたパイプ孔Ⅱの孔内の深さは渓床堆積物の地表面から約1m、パイプ孔Ⅲの孔内の深さは約1.3mである。上記のパイプ孔露出箇所から上流約60mでのボーリング調査の結果によれば、そこでの渓床堆積物の堆積深は約9.6m(その下層は石灰岩の基岩)、地表面から3mの深さまでは2~30mmの亜角礫と中~粗砂が主体で、一部、粘性土が混じる状態である。その下層約1mは玉石混り砂礫である。上記のパイプ孔付近での堆積層序は未調査であるが、こうした直上流域でのボーリング結果、渓床堆積物再移動によって露出した表面近傍の堆積断面観察結果などから、パイプ孔が存在する堆積層は、砂礫を主体としているものと考えられる。

2010年7月には、これらのパイプ孔から噴き出す伏流水のハイドログラフを明らかにするために、これらの出口付近にステンレス製のフリュウム(幅:10cm、高さ:30cm、長さ:40cm)を設置した。これまでのインタバルカメラによる観測から、パイプ孔からは伏流水とともに小礫や細砂などが混在して流出するケースが多い。そのため、フリュウム内での流れがより自然に近い状態となるよう、フリュウムの底板に速乾性インスタントセメント(細砂と同じ程度の粗さ)を塗布した。パイプⅠ~Ⅲに設置したフリュウムの勾配は各々、12.1°、15°、12.9°である(水位と流量との関係は室内実験水路によって事前に明らかにした)。各フリュウムの下流約2~3mの箇所に、フリュウム出口での水位を撮影するために、インタバルカメラ(KADEC21-EYE, brinno社 Garden WatchCam)を1台ずつ設置した。これらのカメラの撮影間隔はいずれも10分である。さらに、第6号堰堤の水通し天端にインタバルカメラを2台(KADEC21-EYE, brinno社 Garden WatchCam)設置し、豪雨中のこれらのパイプ孔からの伏流水噴出状況を遠景で撮影した(いずれも撮影間隔は10分)。ちなみに、これらのインタバルカメラは、夜間の撮影はできない仕様となっており、春期と秋期は概ね18:00から翌日の6:00、夏期は概ね19:00から翌日の5:00までは画像は得られない。2011年7月からは、第6号砂防堰堤直上流域

が床固工施工用の重機運搬路として埋土されたために、パイプ ~ での観測が実施できなくなった。そこで、それ以降は、第6号砂防堰堤の約150m上流部に位置する溪床堆積物横断面(床固工施工のために掘削されたもの)において、そこに認められるパイプ孔からの伏流水噴出(パイプ流)の発生時刻との継続時間を観測した。ここでのパイプ孔は溪床堆積物地表面から深さ約1.5mの位置に存在する。ボーリング調査の結果によれば、床固工基礎部掘削箇所真中付近での溪床堆積物の深さは約6.6m(その下層は石灰岩の基岩)地表面から5.5mの深さまでは2~50mmの亜角礫と中~粗砂が主体で、一部、粘性土が混じる状態である。その下層約0.5mは礫混粘土砂礫である。さらにその下層0.6mが2~20mmの亜角礫である。パイプ孔が存在する堆積層は、砂礫を主体とするという点で、第6号堰堤直上流域で確認されたパイプ孔と同様の堆積層であると考えられる。

一降雨を6時間以上の無降雨期間に挟まれた期間内の降雨とし、この期間内の降雨の累積を累積雨量とした。雨量データは藤原岳観測所の雨量データ(三重県桑名建設事務所)を用いた。パイプ孔からの噴出の発生・終息時間は、各パイプ孔直下に設置したフリュームからの排水状況を撮影したインタ-バルカメラの画像と第6号堰堤水通し天端に設置したインタ-バルカメラの画像から、伏流水の流出を確認できた時点をも「発生」、確認できなくなった時点をも「終息」とした。以上から、パイプ流発生・終息時刻、継続時間の実態を整理し、土壤雨量指数と10分間降雨の関係性を考察した。

次いで、第6号砂防堰堤水抜孔(最下段の2孔)に設置した超音波水位計で得られた水位データ(観測期間:2011年11月14日から2014年10月13日(2012年9月19日から2013年4月28日は2012年の台風16号による豪雨により観測機材が流出した為欠測)のうち、流量ハイドログラフに明瞭なピークが見られた26降雨イベントを抽出した。さらに超音波水位計設置以前にインターバルカメラの画像判読から流量を算出した2011年9月4日の降雨イベントを加えた、全27降雨イベントのうち最大時間雨量と累積雨量の関係が過去の土石流発生降雨に近い3降雨イベントを豪雨イベント、それら以外を中小降雨イベントとし、豪雨時の伏流水の流出特性を考察した。以上の結果と過去のパイプ流・土石流発生事例の雨量・画像データを用いてタンクモデルの構造と各流出孔の高さを決定し、実現象に即した伏流水流出のタンクモデルを提案した。

最後に、RBFN手法(Radial Basis Function Network)を用い西之貝戸川におけるパイプ流と土石流の発生基準雨量線を非線形で設定した。解析の対象とした降雨は、2002年9月から2012年9月までの855イベントである。RBFN値は0.7を採用した(この時の捕捉

率は85.7%、空振り率は0%)、パイプ流の発生とパイプ孔の閉塞、土石流の発生領域を明らかにした。

#### 4. 研究成果

パイプ孔 , , のいずれも、パイプ孔出口付近は数10cm程度の複数の礫が互いに接触して孔壁を支持している構造を呈し、その周囲を数mmの砂や数cmの礫が取り囲んでいる。また、パイプ孔 , , の内径は数10cm程度である。ボアホ-ルカメラを孔内に挿入して内部を観察すると、いずれのパイプ孔も観察時点(2009年12月10日)では、孔内には流水や滞留水の存在は認められない。また、いずれのパイプ孔の孔内は管状を呈して上流に続いているようであり、孔内の底面の勾配はカメラヘッドの挿入区間のみで計測するといずれのパイプ孔も約7度である。また、いずれのパイプ孔の内壁も10cm~数10cm程度の円形に近い形状の礫が相互にかんだ状態であること、パイプ孔底面の表面は数cm程度の礫やシルト混じり細砂、小礫などの細粒成分が存在していることがわかった。2008年9月2日以降の観測により、溪床堆積物横断面から噴出した伏流水はその流量が増大するにつれて濁りの程度が大きくなることが画像判読から明らかにされた。パイプ孔内に伏流水が集中しその流量が大きくなるとパイプ孔内の底面のシルト混じり細砂などが流出したことによるものと考えられる。

2010年8月9日の降雨(以下、降雨イベント )によって撮影された各パイプ孔からの伏流水の噴出状況によると、8:00にパイプ孔 から、8:10にパイプ孔 から伏流水が噴出しており、9:00までの間にいずれのパイプ孔からの伏流水の噴出量が増加している。ほぼ同じ時刻に各パイプ孔から伏流水が噴出したこと、パイプ孔 では11:10、パイプ孔 では12:20には伏流水噴出が終息したことが確認された。また、パイプ孔からの伏流水の流量が増大した9:10~9:20にかけて、パイプ孔 直下の溪床堆積物が、幅数mで約数m程度下流に移動した。

降雨イベント , , のパイプ孔から伏流水が噴出した時の累積雨量は、各々、97~101mm、66~67mm、126~160mm、土壤雨量指数は、各々、122.5mm、125.4mm、109~130mmである。降雨イベント ~ でのパイプ孔からの伏流水噴出までの累積雨量の値は異なるが、土壤雨量指数は約110mm~125mmで発生していることが特徴である。降雨イベント でのパイプ孔 からの伏流水噴出し継続時間は3時間である。パイプ孔 , からのそれらはいずれも4時間20分であり、パイプ孔 よりも大きな値を示す。降雨イベント では、パイプ孔 からの伏流水噴出継続時間は2時間30分、パイプ孔 , からのそれらは、各々、5時間18分、1時間57分である。降雨イベント では、パイプ孔 からの伏流水噴出継続時間は3時間であり、パイ

パイプ孔 からのそれらは 4 時間 10 分とパイプ孔 のそれよりも大きな値を示す。降雨イベント では、パイプ孔からの噴出発生までの数時間内に 10 分間雨量で 5~7mm の比較的大きな強度の雨が断続的に降っている。降雨イベント では、パイプ孔からの噴出発生直前までは、10 分間雨量で 1~3mm の雨が継続し、その後 10 分間雨量のピーク値付近に相当する 5mm~7mm の雨が降ってパイプ孔からの伏流水噴出が発生している (Fig.2)。

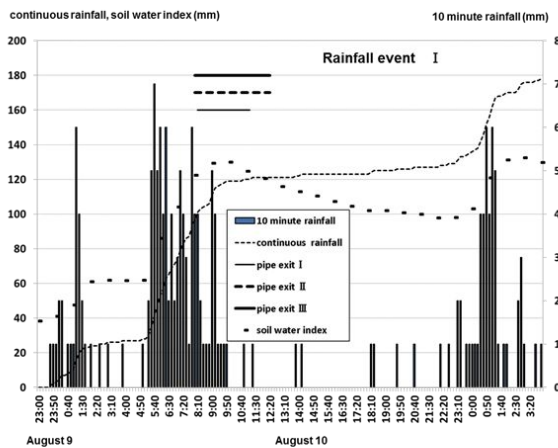


Fig.2 Actual situation of subsurface flow spouting from pipe exits of torrent bed material on August 9, 2010

パイプ孔からの伏流水のハイドログラフが得られた唯一の事例として、降雨イベントのハイドログラフは、いずれのパイプ孔も比較的鋭敏な形を呈している。各パイプ孔から噴出した伏流水の流量ピークと総流量は、パイプ孔 (地表面からの深さが 1.5m と他の二つのパイプ孔よりも深い) が最も大きく、パイプ孔 がパイプ孔 よりも若干大きめである。また、各パイプ孔からの伏流水のピーク流量発生時刻は、パイプ孔 と が 11 時 11 分、パイプ孔 が 10 時 47 分である。各パイプ孔の内径や構成礫は近似しているが、パイプ孔 , のピーク流量や総流量は異なっている。未知な点が多いが、伏流水のパイプへの集水程度やパイプ内での伏流水流下能力に影響すると考えられる要因 (例えば、今回の調査で調べたパイプ孔近傍区間よりもより遠方の区間も含めたパイプの発達長さ、断面形状や勾配変化、パイプ中を満水状態で流れる円管路流れ(ハーゲン・ポアズイユ流れを想定した場合)は、圧力勾配など)によると想像される。

2012 年 6 月 19 日の降雨イベントでは、第 6 号堰堤上流 150m 地点での溪床堆積物横断面においてパイプ流の噴出、パイプ孔の周辺の土砂移動、パイプ流の閉塞、床固め工程施工掘削横断面の崩落といった一連の現象を観測できた。これらの一連の事象についてインターバルカメラの画像を解析した結果、崩落の引き金はパイプ孔の閉塞によって新たな箇所から伏流水が噴出したことによる

であることが推察された。

豪雨イベントでは一降雨内における複数

回のピーク雨量強度に対して、2~4 時間程度の遅れを伴った明瞭な流量変化が現れる傾向が見られた。勾配急変点法により各降雨イベントの流出率を算出した結果、豪雨イベントの流出率は 7.6~13.7% であり、中小降雨イベントに比べ 1.4~19 倍と大きかった。また、各降雨イベントの流出ピークまでの実効雨量を算出した。半減期は豪雨イベントの流量減水部分と、様々な半減期における流出ピークまでの実効雨量と流出率との相関関係から 2 時間とした。その結果、豪雨イベントの流出ピークまでの実効雨量も中小降雨イベントに比べ 1.3~9.2 倍と大きかった。しかし、流出ピークまでの累積雨量 (273mm~377mm) に対し 39.6mm~63.0mm と比較的小さな値を示すこと、堰堤水抜孔からの流出率は中小降雨イベントの 1.4~19 倍であることから、豪雨イベント時は溪床堆積物中に雨水は多くは貯留されにくく、石灰岩の基岩部に浸透すると想像される。

溪床堆積物でのボーリング調査結果 (三重県桑名建設事務所, 2010) と豪雨時の伏流水の流出特性から、現場の溪床堆積物内は豪雨時には雨水が貯留されにくいことを考慮すると、表面流層と中間流層を 1 つのタンクで表せると考えられる。そのため、タンク 1 段目に 3 つの流出孔、2 段目に 1 つの流出孔を持つ 2 段タンクモデルとした。タンクモデルの各パラメータは、過去の土石流発生事例の雨量・画像データと超音波水位計により流量データを得られた 26 降雨イベントのハイドログラフから決定した。各流出孔の高さは、1 段上孔:160mm, 1 段中孔:60mm, 1 段下孔:28mm, 2 段:5mm であり、各流出孔の係数は、1 段上孔:0.062, 1 段中孔:0.024, 1 段下孔:0.007, 2 段:0.003 であり、各浸透係数は 1 段:0.110, 2 段:0.087 である。実測流量と計算流量の比較すると、流量ピークが計算流量では早めに出現する傾向があるが、流量波形や流量は概ね再現可能である。2 つ目の流量ピークは夜間で最上段および中段水抜孔からの流出水の流量を欠測したため、計算流量と実測流量で大きく異なっている。なお、中小降雨イベントについても、このタンクモデルによる再現が概ね可能であった。

RBFN によってパイプ流発生と土石流発生限界雨量線を設定した結果 (Fig. 3), パイプ流が発生しても土石流発生までには余裕があり (最大時間雨量の差 13mm、土壤雨量指数の差 74.9mm), パイプ流発生がすぐに土石流につながるものではないことがわかった。土石流発生限界基準雨量線付近に近い降雨となるとパイプの閉塞が起こりやすくなると考えられる。通常時に認められるパイプ孔の閉塞による新たな箇所からの伏流水噴出が溪床堆積物の不安定化と移動 (土石流発生) をもたらすと考えられる。

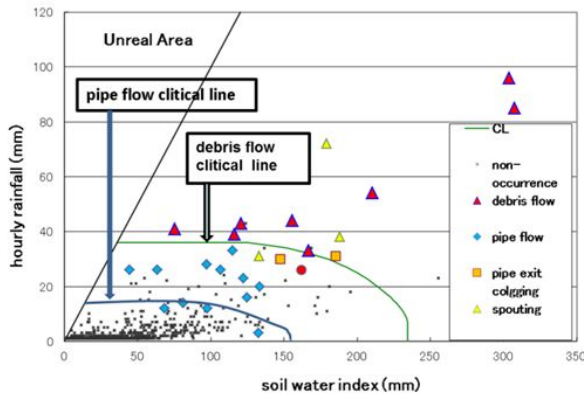


Fig.3 Critical rainfall threshold for pipe flow and debris flow generation determined by the RBFN

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 8件)

MIZUMOTO, T., GONDA, Y. (2015): The effect of calculation conditions on the results of the two-dimensional lahar simulation, Journal of the Taiwan Disaster Prevention Society, 7(1), p.43-50. 査読有

宥免憲樹・経隆悠・今泉文寿・逢坂興宏 (2015), 大谷崩「一ノ沢」における渓床砂礫の流動過程とその考察, 中部森林研究, 63, 137-140. 査読有

佐藤博文, 山田孝, 花田浩一, 平山賢次, 堀内望(2014): 三重県いなべ市藤原岳西之貝戸川での渓床堆積物におけるパイプ孔の存在と豪雨中のパイプ流発生・非発生降雨条件, 砂防学会誌, Vol. 66, No. 6, p.50-55. 査読有

Y. GONDA, D. LEGONO, B. SUKATJA and U. B. SANTOSA(2014): Debris flows and flash floods in the Putih River after the 2010 eruption of Mt. Merapi, Indonesia, International Journal of Erosion Control Engineering 7(2), p.63-68. 査読有

伊藤広・土屋智・逢坂興宏 (2013), 大谷崩一ノ沢源頭部で観測した堆積土砂の初期流動, 中部森林研究, 61, 35-36. 査読有

林拙郎, 山田孝 (2013): 最近の土砂災害における実効雨量の係数の特性について, 砂防学会誌, Vol. 66, No. 2, p. 31-39. 査読有

林拙郎, 山田孝 (2013): 最近の土砂災害における実効雨量の係数の特性について, 砂防学会誌, Vol. 66, No. 2, p. 31-39. 査読有

松村和樹, 藤田正治, 山田孝 他 (2012): 2011年台風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, p. 43-53. 査読有

[学会発表](計 13件)

土屋智 (2014年10月, 名古屋大学), 浜松市春野町で発生した大規模崩落とその要因, 第3回中部森林学会大会

T. MIZUMOTO, Y. GONDA (2014年10月, 台北

市): The Effect of Initial Condition on the Results of the Two-dimensional Lahar Simulation, The 2014 International Debris-Flow Workshop October 2-3, 2014 Tainan, Taiwan, T05-12, CD Abstract, 2014

Y. GONDA, S. MIYATA, S. NUMAMOTO, N. Hotta, T. Yamada, D. Legono, B. Sukatja (2014年9月, インドネシア国立ガジャマダ大学): Temporal change of characteristics of debris flows and flash floods in the Putih River after the eruptions of Mt. Merapi, Indonesia, Citis on Volcanoes 8 Living in Harmony with Volcano: Briding the will of nature to society September 9-13, 2014 cov8-abs-308, CD Abstract

原太一、林希宝、山田孝 (2014年5月, 新潟コンベンションセンター): 渓床堆積物再移動型土石流頻発渓流での伏流水の短期流出特性とタンクモデルの適用、平成26年度砂防学会研究発表会概要集, A-204~205

水本智博・権田豊・川邊洋 (2014年5月, 静岡市市民文化会館): 火山噴火に伴う土砂災害の被害予測に必要な情報の種類とその精度の検討, 平成26年度砂防学会研究発表会概要集 A-230

- A-231

Y. Gonda, D. Legono, B. Sukatja, U. B. Santosa (2013年9月, 京都大学宇治キャンパス): Debris flow and flash flood at Putih river after the 2010 eruption of Mt. Merapi, Indonesia, International symposium on sediment disaster under the influence of climate change and tectonic activity (3rd) p.49-50

山田真悟, 山田孝, 菊池英明 (2013年5月, 静岡市市民文化会館): 豪雨時に渓床堆積物から噴出する伏流水の閉塞とRBFNを用いた土石流発生限界雨量, 平成25年度砂防学会研究発表会概要集, B-282~283

権田豊・河野宏平・堀田紀文・山田孝・沼本晋也・宮田秀介・Djoko Legono・Untung Budi Santosa (2013年5月, 静岡市市民文化会館): 2010年インドネシア・メラピ山噴火後のPUTIH川における土石流・洪水流, 平成25年度(公社)砂防学会年研究発表会 A-96-A97

林拙郎, 山田孝 (2013年5月, 静岡市市民文化会館): 土砂災害に関する実効雨量の地域特性と豪雨について, 平成25年度砂防学会研究発表会概要集, A-20~21

林拙郎, 山田孝 (2012年5月, 高知県立県民文化ホール): 豪雨の地域特性を考慮した土砂災害の発生降雨と避難, 平成24年度砂防学会研究発表会概要集, 142-143

佐藤博文, 山田孝 (2012年5月, 高知県立県民文化ホール): 渓床堆積物中におけるパイプ流発生条件及び関連する水文現象, 平成24年度砂防学会研究発表会概要集, 406-407

山田孝, 長山孝彦, 大野亮一, 藤本拓史

(2012年5月,高知県立県民文化ホ-ル):平成23年9月の台風12号による三重県紀宝町での土砂移動現象と災害実態,平成24年度砂防学会研究発表会概要集,672-673

権田豊,宮本邦明,堀田紀文,藤田正治,宮田秀介,竹林洋史(2012年5月,高知県立県民文化ホ-ル):2010 インドネシアメラピ火山噴火にともなう土砂移動現象,平成24年度砂防学会研究発表会概要集,p.378-379

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

山田孝(YAMADA Takashi)

三重大学・大学院生物資源学研究科・教授

研究者番号:20333635

### (2)研究分担者

沼本晋也(NUMAMOTO Shinya)

三重大学・大学院生物資源学研究科・准教授

研究者番号:60324555

土屋智(TSUCHIYA Satoshi)

静岡大学・(連合)農学研究科・教授

研究者番号:60197720

権田豊(GONDA Yutaka)

新潟大学・農学部・准教授

研究者番号:10303116

### (3)連携研究者

( )

研究者番号: