

平成 22 年 5 月 31 日現在

研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19510188
 研究課題名 (和文) 地すべりダム形成と決壊予測手法の開発

研究課題名 (英文) Prediction of landslide dam and its breach

研究代表者

諏訪 浩 (SUWA HIROSHI)
 京都大学・防災研究所・准教授
 研究者番号：00093253

研究成果の概要 (和文)：本研究では、地震や豪雨によって起こる崩壊や土石流が、河川を閉塞して地すべりダムを形成する条件と決壊に至る条件、ならびにそのメカニズムを検討するために、崩壊や土石流が発生した現地の地形・地質を調査分析し、採取した土試料の分析、空中写真や地形図、数値標高モデルを用いた水文地形解析、ビデオ映像記録や地盤振動データの解析などをおこなった。その結果、崩壊位置の特定方法、地質構造が崩壊の素因として果たす役割、崩土の材料特性と運動特性の関与、河川形状の特異性と地質の違いが地すべりダム形成・決壊に果たす役割とメカニズムについて、斬新な知見をもたらした。

研究成果の概要 (英文)：Field surveys of hillslopes prone to landsliding and debris flow which may trigger landslide dams, analysis of soil samples from the hillslopes, hydrogeomorphic analysis of potential landslides, and analysis of seismological and visual data of landslide and debris flows were executed, in order to discuss the conditions and the mechanism of formation of landslide-dam and its breach. The study characterized a new method to predict potential slopes of landslide which might trigger landslide dams. It also characterized the contribution of hillslope geology, debris-material properties, motion parameters of mass movements, fluvial topographic features of drainage basin, to landslide-dam formation and its outburst.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・自然災害科学

キーワード：地すべり、崩壊、土石流、岩屑なだれ、地形解析、河系形状、粘土層、地盤振動

1. 研究開始当初の背景
 規模が大きな崩壊や土石流は河川を堰き止

めて、天然のダムを突如出現させることがある。これを地すべりダムと言う。ダムは水を

ため込み、決壊すると土石流あるいは土砂流となり、二次災害を引き起こす。

2004年の新潟県中越地震では、芋川の5箇所ですべりダムが出現した。これらが決壊して下流に被害が及ぶのを防ぐため、排水工事や切土工事が進められた。しかしそのとき、個々のダムがどのような状態になると決壊に至るかが予測できていたわけではない。地すべりダムの決壊条件は必ずしも明らかではなかった。

同年10号台風豪雨の際、徳島県那賀川流域で大規模な崩壊が起きた。このうち加州では、崩土は河川を堰き止めることなく、河流と一体になって流れ下り、阿津江や大用知では、崩土は河川を一旦は閉塞し、間もなく決壊したと推定されている。また同年21号台風豪雨の際、三重県宮川流域で崩壊が多発し、支川の春日谷では、崩土が地すべりダムを形成して河道を閉塞したものの、ダム中央部はそのときの洪水で流失した。しかし、満水した形跡が無いため、決壊条件は明らかでない。また、2005年14号台風豪雨の際、宮崎県別府田野川の流域では、崩土は地すべりダムを形成して間もなく決壊している。

崩土が土石流あるいは岩屑なだれとなって河道へ突入して、地すべりダムが形成される場合と、形成されない場合がある。地すべりダムの形成と決壊について、その過程や去就の条件は明らかではなかった。

2. 研究の目的

本研究では、規模が大きな崩壊や土石流の事例を抽出し、土砂が河川をせき止めて地すべりダムを形成する場合の条件と、その後のダムの去就のメカニズムを明らかにする。すなわち、地すべりダムの出現の有無とその去就に依存する災害ポテンシャルの評価手法開発のための基本的な問題解決が目的である。すなわち、

(1) 地すべりダム形成につながる潜在崩壊斜面の特定手法を開発する。崩壊は地震起源のものと豪雨起源のものに大別されるが、本研究では主として豪雨起源の崩壊について、崩壊斜面の評価・予測を水文地形学的な手法で検討する。

(2) 地すべりダムにつながるのは、規模の大きな崩壊である。そのような崩壊の素因を検討するため、山体の地質構造と風化過程を分析する。

(3) 河川を閉塞して地すべりダムを形成するのは、崩土や土石流であり、地すべりダムの形成と決壊は、その土砂の特性と運動および運動場の地形に依存する。それらの実態とメカニズムを検討する。

(4) 地すべりダムの形成および安定・不安定を明らかにするため、かつて地すべりダムを形成し、かつ長期間持続したとみられる事例について、地形学的抽出方法を検討する。次に抽出される事例から、地すべりダム形成条件を検討する。さらに、長期持続条件を検討する。

3. 研究の方法

本研究では以下の方法で調査・解析を進めた。

(1) 崩壊斜面の水文地形学的開析手法の開発のため、1997年鹿児島県出水市針原で、2003年熊本県水俣市集川で、2004年三重県宮川村の春日谷と里中で、2005年徳島県木沢村阿津江と加州で、2005年宮崎市鱈塚山で、2006年岡谷市で、それぞれ起きた崩壊について、以下の解析を行った。①崩壊前の10 mDEM（数値標高モデル）と地形図に、崩壊前後の空中写真を重ね合わせ。②10 mDEMを用いた傾斜、方位、地点流域面積、説法面との差分などの地形解析。③空中写真による崩壊位置の特定。④傾斜・地点流域面積の空間分布図作成。⑤科学技術研究所の地すべり分布図、地質図との重ね合わせ。⑥GIS（地理情報システム）によるデータの重ね合わせ。

(2) 崩壊の素因を地質構造と風化の面から検討するため、2004年14号台風豪雨で起きた崩壊地5箇所を対象に地形・地質調査、テフラ（降下火山灰）の調査を行い、土試料のスレーキング（乾湿繰り返しによる細粒化）試験、pH分析、X線回折を行った。

(3) 移動土砂の特性と運動を検討するため、長野県焼岳で土石流観測を行うと共に、2002年岡山県総社市で、2004年奈良県大塔村で、2004年徳島県木沢村で、2006年フィリピンのレイテ島セントバーナード市で、それぞれ起きた崩壊における土砂の特性と運動を解析した。

(4) 地すべりダムの形成条件と、ダムの安定・不安定条件を検討するため、国土地理院地形図と空中写真を用いて、地すべりダム関連の地形を抽出し、さらに現地調査を行って、地形図では判読不能な微地形や人工構造物、湖底堆積物などを検討、評価した。抽出データは、地すべりダムの、①堤体幅（W）、②堤体の長さ（L）③高さ（H）④ダム湖の湖面、などである。検討対象とした地すべりダムは、長野県大町市の青木湖のものをはじめとし、後日発行予定の冊子体報告書に示す35箇所である。

4. 研究成果

地すべりダムの形成と決壊についての本研

究のおもな成果は以下の通りである。

(1) 豪雨起源の崩壊6事例について水文地形学的な分析を進めた結果、これら崩壊ではおおむね、斜面上の地点に対する集水面積の大きさと、当該地点斜面の上部に遷急線が、また下部に急傾斜部があることなどを必要条件として、崩壊斜面の予知が可能となることを明らかにした。これらの分析から崩壊範囲が特定され、崩壊土量の予測が可能となる。例えば、1997年出水市針原で起きた崩壊事例では、①崩壊後の空中写真で谷地形が認められない位置に、崩壊前に谷地形が、②崩壊位置に集水構造が、③崩壊位置で地点集水面積の急変が、④崩壊斜面の上端に緩斜面の隣接が、⑤崩壊位置下端に地点集水面積の急変が、⑥大流域を有する主流による、崩壊位置脚部の侵食が、⑦現地表面と接峰面の差分が小さい、すなわち潜在崩壊土が多い、などの特徴と条件が認められた。

(2) 大規模崩壊地5箇所、すなわち日南市槻之河内、宮崎市天神山、宮崎市片井野、西米良郡本郷、美郷町野々尾のそれぞれ崩壊地の現地調査と地質構造の分析、風化の状態の分析により、おおむね次のような崩壊の素因の存在と、影響を明らかにした。すなわち、①崩壊地には、地層の層理とは異なる走向傾斜を持つ粘土層がみられる。

②主な粘土鉱物はイライトで、四万十層の分布地域で酸化の及ばない地下深所では、カオリナイトを副成分とする。

③粘土層の土試料の懸濁液 pH が 8~9 でアルカリ性を示したが、これは頁岩が破碎され水溶性成分が溶出していることを示す。

④粘土層は乾燥すると塩析を生じたが、この事実は粘土層が、頁岩の粉碎摩耗が一因となって形成されたことを示す。

⑤粘土層が遮水層を成し、過剰間隙水圧を上昇させて崩壊に寄与した。

⑥崩壊地内のテフラは必ずしも周囲に連続せず、当該地がこれまでも崩壊を繰り返してきたことを示す。

また、⑦地すべりダムは一時的に形成されても間もなく決壊したが、土石流化することはなかった。しかし著しい河床上昇を来たし、以後下流への土砂供給源となっている。また槻之河内の崩壊は、貯水ダムの上流に位置したため、ダムへの流入土砂はダム貯水量を著しく減少させた。また本郷崩壊の土砂は、下流で農業用水の取水口や村道橋脚が埋没するなどの問題を引き起こしている。

(3) 地すべりダム形成につながるマスマーブメントの材料特性と運動のメカニズムを明らかにするため、現地調査と観測を行って、①本川の谷底幅が小さい場合には、崩土は本川を一旦は堰き止めるが、本川の流量が大の

場合には、地すべりダムは容易に決壊・流失することを、また、地質が、石灰岩やチャートなど硬岩主体の場合には、崩壊時に岩屑の破碎が進みにくく、粗粒となり、崩土の内部摩擦が大きめで、地すべりダムを形成し易い。いっぽう、泥岩や頁岩優勢など軟岩の場合には、細粒化し、高流動性を帯び易く、地すべりダムは形成され難い。また、形成されても、決壊し易い。

②2008年岩手宮城内陸地震に際し、栗駒山南東斜面に起きた2つの類似の崩壊の場合、ドゾウ沢では崩土が土石流化して長距離流走し、温泉旅館を襲い、人的災害を引き起こしたが、産女川では崩土の移動は尻すぼみとなり、人的被害にはつながらずに収束した。潜在崩壊斜面における地形と風化の相互作用が土層の含水比を規制することによって、崩土の流動性に違いが生じた。

いっぽう、③マスマーブメントの様式が土石流の場合には、崩壊や溪床土砂流動化の原因となる短期降雨と長期降雨の組み合わせが、原材料土砂の含水比と、支川からの付加水量、流走径路溪床土層における含水比の違いを通じて、規模や流動性を規制すること、したがって、この降雨条件規制が地すべりダム形成と決壊の条件の一つとして重要であることを明らかにした。

(4) 地すべりダム形成およびその安定性の地形・地質学的検討の結果、以下の点を明らかにした。

①地すべりダムは地形学的方法によって検出可能である。その際、河系異常（特に、谷底幅異常・河床縦断形異常・偏流屈曲）の判読が鍵になる。

②豪雨時よりも地震時に発生した地すべりの方が長期に存続しうる地すべりダムを形成する頻度が高い。

③地質学的には、付加体地質よりも新第三系・更新統などの被覆層の方が長期に存続しうる地すべりダムを形成する頻度が高い。

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14件)

- ① Suwa, H., Mizuno, T. & Ishii, T., Prediction of landslide and analysis of slide motion with reference to the 2004 Ohto slide in Nara, Japan, *Geomorphology*, 査読有、Vol. 123, 2010, 受理済。
- ② 加藤靖郎・横山俊治、2005年福岡県西方沖地震による玄界島頂部のノンテクトニック断層、査読有り、47巻、2010、42-50。
- ③ 横山俊治・脇田茂、地震時地すべりの長距

離移動とスプレッドー荒砥沢スプレッドを例として一、月刊地球、査読無、号外、2010、109-118.

- ④ 柏木健司・横山俊治、超丹波帯の赤色珪質粘板岩と凝灰質粘板岩の互層中に発達する重力性傾動構造、地すべり学会誌、査読有り、47巻、2010、1-9.
- ⑤ 高谷精二、泥岩と頁岩の乾湿繰り返しによる細粒化の近似式について、めらんじゅ、査読無し、21巻、2010、25-27.
- ⑥ Suwa, H., Okano, K. & Kanno, T., Behavior of debris flows monitored at the test slopes in the Kamikamihorizawa Creek, Mount Yakedake, Japan, International Journal of Erosion Control Engineering, 査読有, Vol 2, 2009, 33-45.
- ⑦ 岡野和行・諏訪 浩・神野忠広、焼岳上々堀沢に発生する異なるタイプの土石流と降雨条件の関係、砂防学会誌、査読有、62巻、2009、3-10.
- ⑧ 藤田勝代・横山俊治、香川県小豆島の花崗岩のラミネーションシーティングと小豆島石を訪ねて、地質学雑誌、査読有、111巻、2009、89-107.
- ⑨ Kawamura, K., Y. Ogawa, R. Annma, S. Yokoyama, et al. Structural architecture and active deformation of the Nankai accretionary prism: submersible survey results from the Tenryu submarine canyon, Geol. Soc. Am. Bull., 査読有、Vol. 121, 2009, 1629-1642.
- ⑩ Suwa, H., Mizuno, T. et al., Sequential processes in a landslide hazard at a slate quarry in Okayama, Japan, Natural Hazards, 査読有り、Vol.45, 2008, 321-331.
- ⑪ Suwa, H., Nakaya, S., Two catastrophic debris avalanches triggered by rainstorms in Japan and Philippines, Proc. 4th Conf. DFHM, 査読有り、2007, 341-351.
- ⑫ Thouret, J-C. and Suwa, H. et al., Volcanic hazards at Mount Semeru, East Java (Indonesia), with emphasis on lahars, Bull. Volcanology, 査読有, Vol. 70, 2007, 221-244.
- ⑬ 高谷精二、2005年台風14号による宮崎県内に発生した巨大崩壊、地すべり学会誌、査読有り、44巻2号、2007、20-26.
- ⑭ 横山俊治、山地一平地逆断層の断層運動と地すべり変動一近畿地方の大阪平野周辺地域の例一、地すべり学会誌、査読有り、44巻2号、2007、214-221.

[学会発表] (計54件)

- ① 岡野和行・諏訪 浩、火山で起きる土石流の特徴を規制する降雨条件と規制メカニ

ズム、陸水物理研究会、2009年11月21日、札幌市。

- ② 高谷精二・鈴木恵三、付加体の大規模崩壊に關与する粘土層の重要性、応用地質学会、2009年10月24日、山形市。
- ③ 齊藤隆志・松波孝治・諏訪 浩、荒砥沢ダム周辺で発生した地すべり現象から地震地すべり後の地形変化を予測する、日本地形学連合、2009年10月4日、京都市。
- ④ 高谷精二・鈴木恵三、2005年宮崎災害のその後、日本地形学連合、2009年10月4日、京都市。
- ⑤ 齊藤隆志・松波孝治、2008年岩手・宮城内陸地震により発生した斜面崩壊と流動現象について、日本自然災害学会、2009年9月30日、京都市。
- ⑥ 脇田茂・横山俊治、荒砥沢スプレッドの地すべり構造に關する研究一調査報告2 下部ブロック内のグラーベンの構造一、地すべり学会、2009年8月26日、新潟市。
- ⑦ 加藤弘徳・横山俊治ほか、高知県大引き割地域に発達する山上凹地と地質構造の關係、地すべり学会、2009年8月26日、新潟市。
- ⑧ Okano, K., Suwa, H. & Kanno, T., Characterization of Debris Flows by Rainstorm Condition at a Torrent of Mount Yakedake, Japan, 7th Inter. Conf. Geomorphology, 8 July 2009, Melbourne.
- ⑨ Suwa, H. and Mizuno, T., Prediction of rockslides, and 4 stages in the slides inferred by seismic-wave signals, 7th Inter. Conf. Geomorphology, 8 July 2009, Melbourne.
- ⑩ Suwa, H. and Ishii, T., Motion and causes of a rockfall occurred in a Permian sedimentary rock belt, Japan, 7th Inter. Conf. Geomorphology, 7 July 2009, Melbourne.
- ⑪ 岡野和行・諏訪 浩ほか、焼岳上々堀沢に発生する土石流の特徴と水文量の關係(その3)、砂防学会、2009年5月27日、広島市。
- ⑫ 齊藤隆志、せき止め湖を生じる可能性のある崩壊・土石流の発生位置の予測手法、地球惑星科学連合、2009年5月19日、千葉市。
- ⑬ 横山俊治・村井政徳、地すべりダムの地形学的検出方法、地球惑星科学連合、2009年5月19日、千葉市。
- ⑭ 横山俊治ほか、荒砥沢スプレッドの地すべり構造に關する研究、応用地質学会、2008年10月30日、横浜市。
- ⑮ 高谷精二・鈴木恵三・諏訪 浩、朝陣屋崩壊の発生原因に關与する粘土化帯について、応用地質学会、2008年10月29日、

横浜市.

- ⑯ 諏訪 浩、丹波帯で起きた落石の特徴、日本地形学連合、2008年10月18日、東京都.
- ⑰ 齊藤隆志・松波孝治、2008年岩手・宮城内陸地震により発生した地表変状の原因と過程、地すべり学会、2008年8月27日、箱根町.
- ⑱ 齋藤華苗・小坂英輝・稲垣秀輝・横山俊治ほか、2004年新潟県中越地震で発生した横渡地すべりの移動ブロックの復元と経路、地すべり学会、2008年8月27日、箱根町.
- ⑲ 高谷精二、泥岩と頁岩のスレーキングによる細粒加速度の比較、地球惑星科学連合、2008年5月29日、千葉市.
- ⑳ 齊藤隆志、崩壊位置予測を目的とした斜面流の集中特性の数値地形評価、陸水物理研究会、2007年11月30日、彦根市.

[図書] (計2件)

- ① 青矢睦月・横山俊治、日比原地域の地質、(独)産業技術総合研究所 地質調査総合センター、2009、75p.
- ② 高谷精二、技術者に必要な地すべり山崩れの知識、鹿島出版会、2008、150p.

[産業財産権]

- 出願状況 (計0件)
- 取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://takayalabo.web.fc2.com/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

諏訪 浩 (SUWA HIROSHI)
京都大学・防災研究所・准教授
研究者番号：00093253

(2)研究分担者

齊藤 隆志 (SAITO TAKASHI)
京都大学・防災研究所・助教
研究者番号：10225716
横山 俊治 (YOKOYAMA SHUNJI)
高知大学・教育研究部自然科学系・教授
研究者番号：20325400

(3)連携研究者

高谷 精二 (TAKAYA SEIJI)
南九州大学・環境造園学部・教授 (2008年度からは非常勤講師)
研究者番号：40070081