

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：15501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560185

研究課題名(和文) 14C年代測定と古文書分析を融合させた時間防災学の視点による土石流災害リスク判定

研究課題名(英文) Risk determination of debris flow disaster from the viewpoint of time-related disaster prevention studies integrated by carbon dating and paleographic analysis

研究代表者

鈴木 素之 (Suzuki, Motoyuki)

山口大学・創成科学研究科・教授

研究者番号：00304494

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：山口県防府市では平成21年7月21日の豪雨により崩壊・土石流が多発した。この地域には過去の土石流堆積物により土石流扇状地が進行的に形成されていた。将来の土砂災害を防ぐためには、土砂災害の長期リスクや再現間隔を明らかにすることが重要である。本研究では、土石流堆積物から採取した炭質物に対して放射性炭素年代測定を実施し、その測定値の時間分布を地域の災害アーカイブと比較した。その結果、この地域では同規模の土石流が西暦600年以降に9回以上発生し、その発生間隔が100年～200年であることが判明した。この提案した研究アプローチは風化花崗岩が広く分布する地域の災害履歴を解明するために有効かつ有益である。

研究成果の概要(英文)：During the heavy rainfall in 21 July 2009, many slope failures and debris flows occurred around Hofu City, Yamaguchi Prefecture. In this area, debris flow cones have progressively formed due to past debris flows. Therefore, it is important to assess the long-term risk of sediment disaster and its recurrence period in order to prevent any disasters in the future. In this research, the radiocarbon dating was conducted on carbides collected from previous debris flow deposits. The distribution of measured values was compared with the disaster events recorded in the historical archives. As a result, it is clear that debris flows of similar magnitude occurred nine times or more since 600 A.D. and the interval of debris flow occurrence was estimated to be between 100 and 200 years. The proposed research approach is effective and useful to inspect the history of past disasters in areas where the weathered granite is widely distributed.

研究分野：地盤防災学

キーワード：土石流 年代測定 歴史 リスク 発生頻度 花崗岩

### 1. 研究開始当初の背景

豪雨や地震などによる自然災害が頻発する日本において、安心で安全な暮らしを維持していくには、いつ・どこで・どのような災害が発生したのかを解き明かし、それを後世に伝承するとともに、何世代にもわたる長期的なタイムスパンで防災対策を推進していくことが重要である。図-1 に示すように、地震や津波のような広域的な災害に比べて、土石流や崩壊のような局所的な災害に対する長期評価はほとんど検討されてこなかった。しかし、土石流は同じあるいは隣接した場所で繰り返し発生し、崩壊・流下プロセスで樹木を巻き込みながら、古いものから順に堆積していくことから、活断層や津波堆積物の調査と同様に発生間隔や頻度の評価が可能であるとの着想に至った。

**「地震→津波」の長期評価**



**東日本大震災**

- 貞観地震869年  
『日本三代実録』に記録有り

▶ 1000年間に1度の大地震

全国沿岸部で津波堆積物の調査が実施されている

---

**「豪雨→土石流、深層崩壊」の長期評価**



**防府災害**

- 平成2年にも土石流災害  
▶ 250年間に一度の大雨

**広島災害**

- 平成11年に土石流災害  
嘉永3年、明治38年、大正15年にも土石流災害

土石流や崩壊の過去の回数・頻度等の調査は  
**未だ実施されていない → 早急に必要!**

図-1 土石流災害リスクの長期評価の必要性

### 2. 研究の目的

本研究では、過去に起きた土石流の発生年代を推定することを目的として、遺跡発掘や活断層調査で利用される放射性炭素年代測定法(加速器質量分析法:AMS法,<sup>14</sup>C法と略記)の適用に着眼し、現在から1000年間ほど遡ったタイムスパンで災害・防災のあり方を考える「時間防災学」という新しい学術領域を提案し、学部横断型の研究プロジェクトチームを編成して、山口県防府地域における過去1000年間の土石流発生履歴の解明に取り組んだ。この研究では、<sup>14</sup>C年代測定と歴史資料(古文書、古地図、国絵図など)の解析によって、土石流の発生年代とその発生間隔を解明し、地域の災害履歴を考慮した『土石流発生年表』を完成させることを第一の目標とした。また、その過程で土石流堆積物の組成と構造評価、年代測定、史料解読などの要素となる技術を体系だって整備・確立することを第二の目標とした。

本研究報告では、図-2 に示すように、2009年7月に山口県防府市で発生した豪雨による

土石流災害の特徴とその発生頻度を明らかにするために、土石流発生渓流の土石流堆積物の組成・構造、年代測定結果に基づいて、土石流の発生時期と発生間隔を決定した。また、得られた年代測定結果と地域に残る歴史資料を照合することで土石流発生時期の確度を検証した。

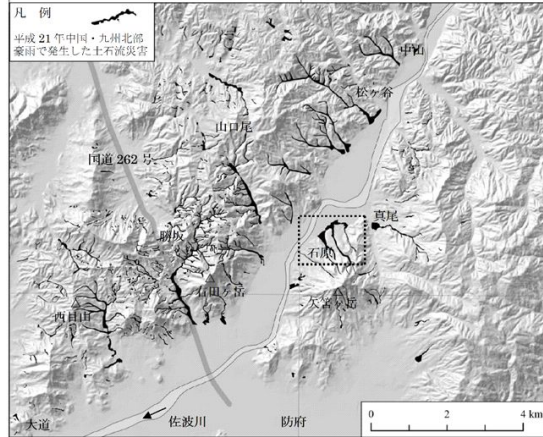


図-2 2009年7月21日に発生した防府地域の崩壊・土石流発生箇所

### 3. 研究の方法

本研究では、土石流発生年代を同定するために、土石流発生時に土砂に巻き込まれ、土石流堆積物に残留した樹木片の炭化物に対する<sup>14</sup>C年代測定を採用した。

本研究手法の特色としては(1)土石流堆積物に残留する可能性の高い植物片の炭化物をターゲットにして<sup>14</sup>C年代測定法を採用したこと、(2)土石流の発生間隔を算出するために新旧土石流堆積物の層序や基盤岩の被覆状況に着目したこと(図-3)、(3)土石流災害イベントの確度を検証するために地域に残る歴史資料と年代測定結果を照合・精査したことである。図-3は<sup>14</sup>C法の原理を模式的に示したものである。生物が大気から<sup>14</sup>Cの取り込みをやめた時点から体内の<sup>14</sup>Cは5730年の半減期で減少していくので、現在の炭化物の<sup>14</sup>C濃度比を測定して、土石流堆積物の形成年代を決定する。現地での土石流堆積物の調査においては、土石流の発生間隔を算出するために、新旧土石流堆積物の層序や基盤岩の被覆状況に留意した。

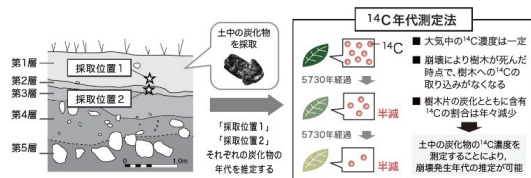


図-3 放射性炭素年代測定(AMS法)による土石流堆積物の形成年代の測定

2009年防府災害では佐波川を挟む両岸の山地部で地域内のほとんどの460を超える溪流で土石流が発生した(図-2)。土石流の分布をみると右岸側での発生が圧倒的に多い

が、これは右岸が風化花崗岩主体であり、岩脈や断層の分布頻度が多く、そのため比較的多くの渓流数が形成されたためと考えられる。そこで、本研究では佐波川右岸では玉泉溜池、勝坂、松ヶ谷および三谷側の各地区、左岸では石原および真尾の各地区を対象として調査を実施し、渓流側岸の土石流堆積物が認定できる露頭での観察と年代測定試料採取を行った。また、石原および三谷川地区ではジオスライサーによる土層サンプリングを実施した。年代測定結果は『山口県災異誌』（下関測候所、1953年）の災害記事と対比・検討し、土石流の発生年代と発生間隔の検討を行った。

結果の利用としては、図-4に模式的に示すように、渓流の上流から下流にそって土石流発生年代と間隔を明らかにすれば、発生頻度が算出でき、それに各流域に到達した土石流の発生インパクト（規模や影響範囲）の評価結果を加算することにより、次式から土石流危険渓流の長期災害リスクが算定可能と考えている。

$$(\text{長期災害リスク}) = (\text{発生頻度}) \times (\text{発生インパクト})$$

したがって、この方法により、各渓流が持つ土石流災害リスクの相対評価が可能となり、防災対策や地域防災計画に利用できるものと考えている。

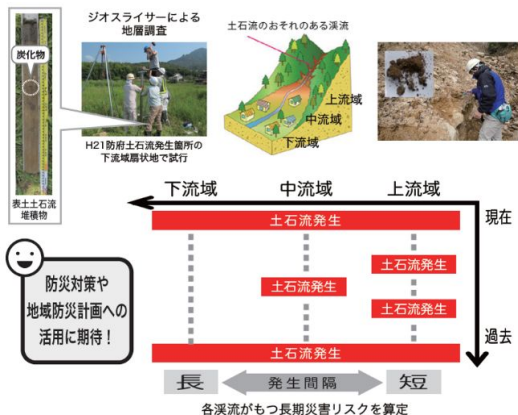


図-4 渓流の各流域での土石流の発生頻度と渓流全体のリスクの算定・評価

#### 4. 研究成果

##### (1) 放射性炭素による年代測定結果

取得した<sup>14</sup>C年代測定結果を地域の災害記録がまとめられている『山口県災異誌』と照合したうえで、図-5に示す『防府地域の土石流発生年表』を作成した。年表には500～2010年までの勝坂、松ヶ谷、三谷川、玉泉溜池、真尾、石原の各地区の土石流堆積物の形成年代と『山口県災異誌』に記録されている豪雨と地震による被害イベントを示している。その結果を要約すると、真尾地区の土石流堆積物の<sup>14</sup>C年代が670年で、現時点で最も古かった。また、670年から2009年の土石流まで少なくとも過去9回の土石流イベントが発生していたことがわかった。なかでも1350年頃に発生した土石流は全ての地区にわたっ

て土石流が発生していたことになり、2009年に匹敵する大規模な土石流が発生していたと考えている。土石流は994年以降に頻発しており、土石流の発生間隔が最も長いものは1016年と1311年の間の295年間であり、最も短いものが1711年と1782年の間の71年間であった。

以上、土石流堆積物の層数、連続性および規模を考慮して認定した土石流堆積物に対する放射性炭素年代測定結果から、地区別みると2009年の土石流を含めて、真尾地区では7回以上、勝坂地区と玉泉溜池では5回以上、石原地区と松ヶ谷地区では4回以上、三谷川で2回以上の土石流がある時期に一斉あるいは個別に発生していたと推定している。なお、2009年以前の最後のイベントである土石流No.8の1796年の間隔は213年であるが、その間に被害が出なかった、もしくは小さかった土石流が起こっていた可能性はある。河村(2002)によると、佐波川は1616～2002年まで記録に残るだけ66回の洪水があったとされ(河村克典, 近世絵図に描かれた佐波川中流域の洪水, 歴史地理学, 44-5(211), pp.38-51, 2002.), 豪雨は頻繁に生じていたと推定されるが、土石流の発生回数は豪雨に比べて極めて少ない。これは土石流ソースである渓床堆積物がある程度蓄積されるまでに時間が必要であり、豪雨のたびに少しずつソースが渓流に供給され、ある一定の量に達した段階で受けた豪雨によって土石流が発生するプロセスを考えることができる。

その他、石原地区で実施したジオスライサー調査から、扇状地端では河川氾濫堆積物と湖沼性堆積物、土石流堆積物が指交状に堆積していることがわかった。早期には氾濫堆積物が主体であるが、しだいに湖沼性堆積物に変わり、土石流堆積物が頻出する様相を示す土石流扇状地と氾濫原が交錯する場所で土石流と河川氾濫による土砂の供給が繰り返し起こっていたことが判明した。なお、石原地区では過去に2009年7月の土石流よりも遠方まで土砂が到達しているものがあつた。

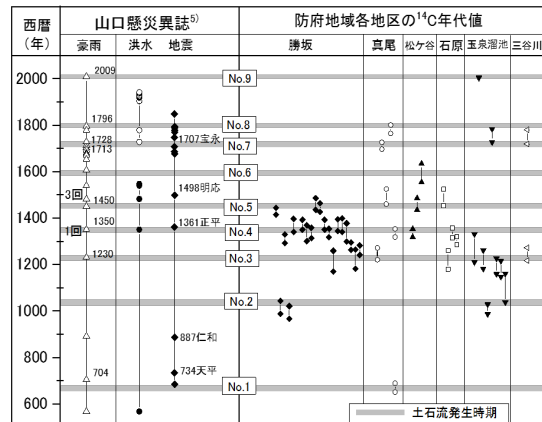


図-5 防府地域の土石流発生年表

##### (2) 土石流発生間隔に及ぼす地震の影響

1796年頃の土石流No.7と1720年前後の土

石流 No.6 の間隔がおおよそ 80 年と短期間で土石流が発生したことがわかった。『山口県災異誌』では 1677 年以降に地震が頻繁に発生したことが記されている。特に 1707 年にはわが国最大級の地震の一つである宝永地震が発生しており、防府市近郊の秋穂地区で大きな被害があったことが記録されている。宝永地震直後の土石流の発生間隔が特に短くなっていることは、これらの地震の影響によって風化岩や緩みが生じていた岩塊が崩落し、その後の豪雨で土石流に発展した可能性が考えられる。

### (3) 土石流と洪水の発生頻度の評価

これまでに得られた研究結果から、防府地域では 600 年以降に土石流が少なくとも 9 回発生したことが判明し、1200～1400 年代に集中している状況が認められた。1000 年以降のデータに限れば、土石流の発生間隔は 100～200 年であるといえ、これは前述の花崗岩が風化により土砂化し、渓床に堆積するのに要する時間とみることもできる。また、石原地区の土石流扇状地でも同様の傾向が認められた。洪水に起因する河川性堆積物は 1200 頃以前にも 160 年～250 年間隔で形成され、豪雨は約 200 年間隔で定期的に生じていたと考えられる。

### (4) 防府地域における災害と人間活動の関係

防府地域は周防国の国府が置かれた地であり、古くから山と人との関わりがあった地域と考えられる。平安末期の 1180 年頃には東大寺再建のために、重源が佐波川上流の山奥から木材を切り出して奈良まで運び出した、という歴史記載もあり、昔から樹木の伐採がおこなわれた地域でもある（高橋透，山口県の防府地域における砂防の歴史 - 古い写真が語るもの - ，NPO 法人山口県防災・砂防ボランティア協会講演会資料，2008 年）。そのために、過去に切り出された木材片が土石流に巻き込まれて多量に残存することも十分に考えられ、防府地域の土石流堆積物の年代測定で  $^{14}\text{C}$  法が有効である所以である。これらの大量伐採がその後の豪雨で土石流を引き起こした一因と考えられ、人間の活動と自然災害の間には図-6 に示したサイクルが働いていた可能性が示唆された。

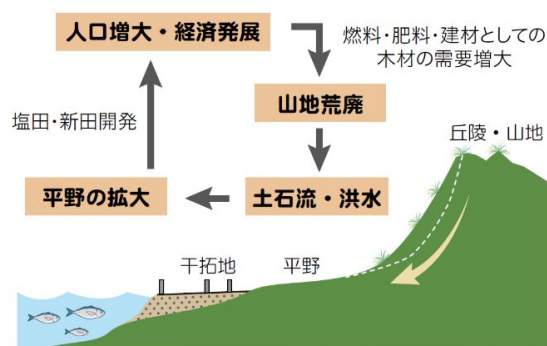


図-6 社会的変化と土砂災害発生の関係（山

口大学時間学研究所編，鈴木素之，時間学の構築 1 - 防災と時間 - ，恒星社厚生閣，pp.87-123，2015 年）

以上より、防府地域における土石流発生履歴の全容が解明され、「土石流発生年表」がほぼ完成した。また、取得したデータを使用すれば土石流危険渓流の長期リスクの算定が可能であるとの見通しがついた。なお、防府市と同じ花崗岩・まさ土地帯の広島市安佐南区，安佐北区で 2014 年 8 月 20 日に発生した土石流災害に対しても、本研究と同じアプローチで試行的に検討した結果、防府地域と同様な土石流発生の編年が可能であることがわかった。この成果は地域の伝承されていない災害を発掘し、地域住民の防災意識の向上に資するものと考えている。

### 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 5 件)

鈴木素之，花崗岩・まさ土地帯における土石流の発生サイクルについて，山口地学会誌，査読有，第 76 号，41-50，2016。

鈴木素之，阪口和之，楢原京子，松木宏彰，片岡 知，山口県防府地区を対象とした社会変遷と古気候を考慮した土砂災害史の編纂，第 60 回地盤工学シンポジウム論文集，査読有，地盤工学会，79-84，2016。

鈴木素之，阪口和之，楢原京子，松木宏彰，地形・地質条件による土石流発生頻度のちがひ，地盤工学会誌，査読有，Vol.64，No.4，8-11，2016。

鈴木素之，「時間防災学」の視点による土石流災害の発生リスク評価に関する研究，地盤と建設，査読有，Vol.33，No.1，9-18，2015。

鈴木素之，阪口和之，楢原京子，山口県防府市における土石流の特徴と土砂災害発生年表，地盤と建設，査読有，Vol.33，No.1，105-113，2015。

#### 〔学会発表〕(計 10 件)

片岡 知，鈴木素之，阪口和之，松木宏彰，楢原京子，近年土砂災害が発生した防府市および広島市の土石流発生頻度の推定，第 52 回地盤工学研究発表会，2017 年 7 月 12 日～14 日，名古屋国際会議場（愛知県・名古屋市）。

片岡 知，鈴木素之，阪口和之，楢原京子，松木宏彰，防府地域において史料に残る豪雨が引き起こした土石流の発生時期の推定，第 69 回（平成 29 年度）土木学会中国支部研究発表会，2017 年 5 月 27 日，広島大学（広島県・東広島市）。阪口和之，鈴木素之，楢原京子，松木宏彰，松原輝明，山口県防府地域の土石流

年表の作成と溪流上流域で生じた過去の土砂災害現象の一考察，第 51 回地盤工学研究発表会，2016 年 9 月 13 日-15 日，岡山大学（岡山県・岡山市）。

鈴木素之，楮原京子，阪口和之，松木宏彰，花崗岩とまさ土地帯における土石流堆積物の組成・構造とその発生頻度について，第 42 回（平成 28 年度）地盤工学セミナー報告会，地盤工学会中国支部，研究報告，2016 年 7 月 22 日，くにびきメッセ（島根県・松江市）。

鈴木素之，阪口和之，楮原京子，松木宏彰，山口県防府地区土砂・水災害発生年表について，第 42 回（平成 28 年度）地盤工学セミナー報告会，地盤工学会中国支部，ポスターセッション，2016 年 7 月 22 日，くにびきメッセ（島根県・松江市）。

松原輝明，鈴木素之，阪口和之，楮原京子，松木宏彰，平成 21 年 7 月以前に山口県防府市で発生した土石流の長期的発生頻度に関する考察，第 68 回（平成 28 年度）土木学会中国支部研究発表会，2016 年 5 月 21 日，広島工業大学（広島県・広島市）。

阪口和之，松木宏彰，楮原京子，松原輝明，鈴木素之，山口県防府市石原地区の土石流扇状地の地盤構成と土石流および洪水発生頻度に関する一考察，第 50 回地盤工学研究発表会，2015 年 9 月 13 日～15 日，北海道科学大学（北海道・札幌市）。

阪口和之，松木宏彰，楮原京子，鈴木素之，山口県防府市石原地区の土石流扇状地の地盤構成と土石流および洪水発生頻度に関する一考察，第 67 回（平成 27 年度）土木学会中国支部研究発表会，2015 年 5 月 23 日，山口大学工学部（山口県・宇部市）。

楮原京子，鈴木素之，松木宏彰，阪口和之，広島市安佐北区における 2014 年 8 月の土石流災害の特徴と発生履歴，第 67 回（平成 27 年度）土木学会中国支部研究発表会，2015 年 5 月 23 日，山口大学工学部（山口県・宇部市）。

松木宏彰，阪口和之，鈴木素之，楮原京子，広島市安佐南地区の土石流扇状地の地層構成と発生頻度に関する予察，第 67 回（平成 27 年度）土木学会中国支部研究発表会，2015 年 5 月 23 日，山口大学工学部（山口県・宇部市）。

〔その他〕

ホームページ等

長い時間スケールで災害の起こり方と防災のあり方を考える～時間防災学のススメ～，  
<http://web.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~taishin/img/file1.pdf>

6．研究組織

#### (1)研究代表者

鈴木 素之 (Suzuki Motoyuki)  
山口大学・創成科学研究科・教授  
研究者番号：00304494

#### (2)研究分担者

金折 裕司 (Kanaori Yuji)  
山口大学・理工学研究科・教授  
研究者番号：60194883  
(平成 28 年 3 月末、定年退職のため削除)

進士 正人 (Shinji Masato)  
山口大学・創成科学研究科・教授  
研究者番号：40335766

楮原 京子 (Kagohara Kyoko)  
山口大学・教育学部・講師  
研究者番号：10510232

#### (3)連携研究者 なし

#### (4)研究協力者

阪口 和之 (Sakaguchi Kazuyuki)  
アジア航測株式会社 理事・フェロー

松木 宏彰 (Matsugi Hiroaki)  
復建調査設計株式会社 地盤防災課長

判野 充昌 (Hanno Mitsumasa)  
NPO 法人山口県防災・砂防ボランティア協会理事長