

^{14}C 年代測定と歴史資料を利用した 土石流の発生履歴の解明

鈴木 素之
Suzuki Motoyuki

1. はじめに

2018年7月の西日本豪雨においては、広島、岡山等の各地で土石流や洪水が発生し、甚大な被害が発生した。その前年の2017年7月には九州北部地方で豪雨災害が発生しており、近年、このような極端気象がもたらす豪雨災害が相次いでいる。安心して安全な暮らしを守っていくには、いつ、どこで、どのような災害が起こったのかを解明し、それを防災活動に有効に生かしていくことが大切である。

近年の豪雨災害では、溪流の谷出口から流下してくる土石流による被害が顕著である。土石流は土砂と水が一体となって流下してくるもので、先端に粒径の大きい岩塊や流木が集中するので、相当な破壊力を伴ったものである。昔の人は「山津波」や「山潮」と呼び、恐れていた。土石流は局所的かつ再来性のつよい現象であるが、地震や津波に比べて長期評価はほとんどなされていない。

筆者らは、土石流は崩壊・流下プロセスで樹木を巻き込み、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、土石流堆積物の組成、構造、形成年代の把握により、発生頻度の評価が可能であると考えた。そこで、遺跡発掘や活断層調査で利用される放射性炭素(^{14}C)年代測定法の適用に着眼し、 ^{14}C 年代測定による土石流の発生履歴の解明を試みた。

筆者らの調査研究^{1,2)}では、被災溪流の側岸で確認された土石流堆積物から炭化物を採集・抽出し、 ^{14}C 年代測定を実施した。また、土石流停止域の緩傾斜地では平板状の試料採取器(ジオスライサー)³⁾により炭化物を採取した。得られた ^{14}C 年代値は地域の災害記録と照合し、土石流の発生時期の確度を

検証した。本稿では主に2009年7月に山口県防府市で起きた土石流災害に対する調査結果について紹介する。なお、本稿は筆者の既発表論文^{1,2)}を中心に再構成したものであることをお断りする。

2. 土石流堆積物の年代測定

土石流や大規模崩壊の発生時期を推定するための方法として樹木編年学、放射性炭素年代測定、酸素同位体比測定、宇宙線核種生成年代測定等があり、各方法の特性、適用範囲・条件が明らかにされている^{4,6)}。土石流の場合には巻き込まれた樹木片は粉碎されるのが常であり、そのため土石流の発生頻度の検討には ^{14}C 年代測定が利用されている^{7,9)}。

^{14}C 法による土石流堆積物の形成年代の決定を以下に解説する。生物が大気から ^{14}C の取り込みをやめた時点から体内の ^{14}C はその半減期で減少していく。これより、現在の ^{14}C 濃度比を測定すれば、その生物が呼吸を止めた時期すなわち土石流堆積物の形成年代の下限値を推定できる。筆者らの研究の特色としては、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 ^{14}C 年代測定を採用した点、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、基盤岩の被覆状況に着目した点、③土砂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・精査した点である。なお、文書に残る災害イベントや災害地名をもとに崩壊の発生間隔・頻度を調べる研究が進展しているが¹⁰⁾、本研究のような歴史資料に基づき年代測定値の信頼度を評価した研究は少ない。

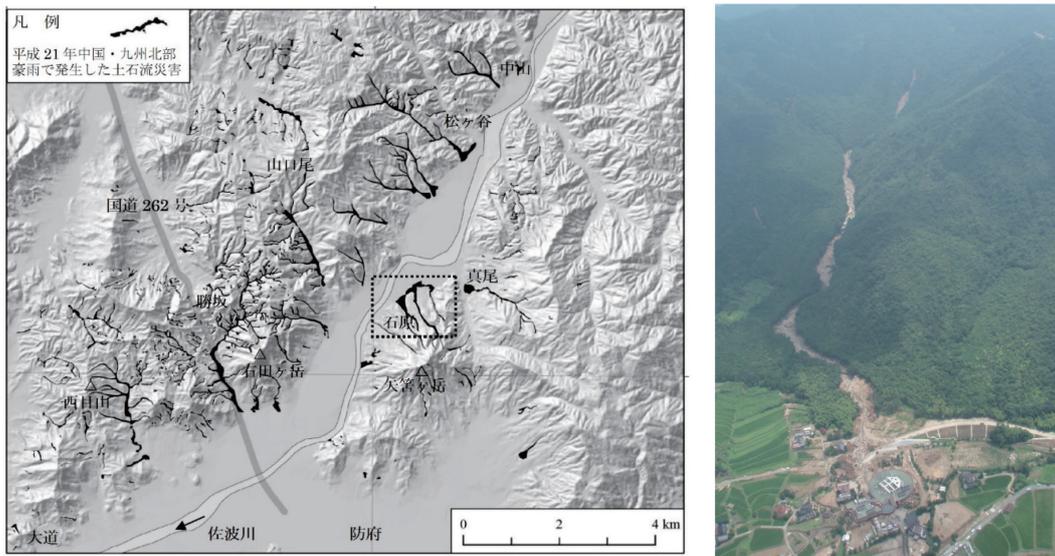


図1 防府地域の土石流発生箇所（左），特別養護老人ホーム（真尾）の土石流による被災状況（右）



写真1 ジオスライサーの打設（左），剥ぎ取った土層（中），炭化物とみられるサンプル（右）

3. 2009年7月に起きた山口県防府市の土石流災害

2009年7月21日，山口県防府市を中心に多数のがけ崩れと大規模な土石流が発生し（図1），甚大な被害が生じた。防府市では観測史上最多となる24時間雨量275mmを記録し，水の侵食に弱い風化した花崗岩とその残積土のまさ土が大量に流出した¹⁾。この土石流災害では市内の真尾，石原，勝坂，奈美等の各地区で被害が特に大きかった（図1）。

4. 防府市石原地区の調査結果

4.1 調査箇所の概要

筆者らは防府市内の被災箇所の調査を実施した

が，ここでは，防府市石原地区の調査結果を説明する。調査箇所は土石流被災溪流の末端で，市内を流れる佐波川の氾濫域内に位置し，その場所で前述のジオスライサー（写真1）を用いて地盤から連続試料を採取した。試料から植物起源の含有炭化物を採取し，¹⁴C法による年代測定を実施した。

4.2 ジオスライサーによる地盤調査

図2にジオスライサーによる土層断面図の一例を示す。この図から土石流堆積物，河川堆積物，湖沼堆積物が表層から交互に堆積していることが分かる。同箇所では土石流と洪水が過去に何度も起こっていたと推定される。各層から炭化物を採集し，¹⁴C年代測定を実施した。なお，佐波川は洪水を頻

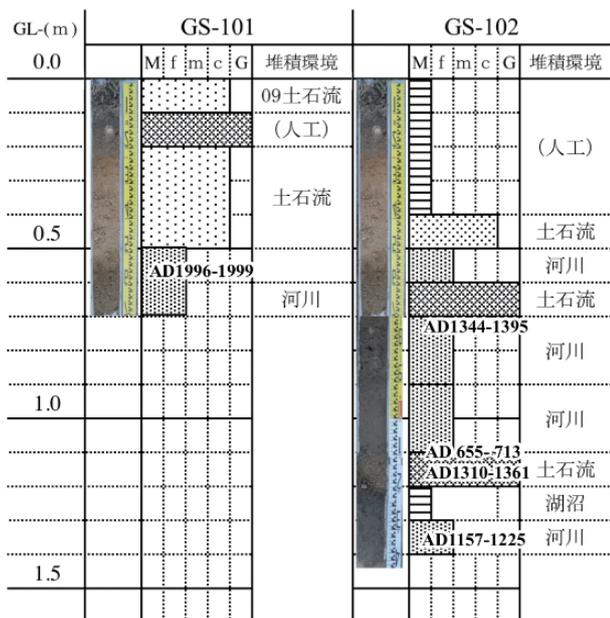


図2 ジオスライサーによる地盤調査により作成した土層断面図

繁に起こしており、周囲一面が湖沼のようになった古い写真が現存する。

5. 防府市の土石流発生頻度

5.1 ¹⁴C年代測定結果

図3に防府市の土石流被災溪流の¹⁴C年代値¹⁾を示す。¹⁴C年代値は確率値であり、図には取りうる値の範囲を示している。¹⁴C年代値は $\delta^{13}C$ による補正をした後、OxCal4.2(較正曲線データは2013)のIntCal13による暦年較正を行った。図には土石流堆積物の¹⁴C年代値とともに、歴史資料^{11,12)}から抽出した過去の豪雨・洪水・地震の年間発生件数を記載している。

防府地域全体でみると、この期間において2009年を含めて少なくとも過去9回の土石流(図中では土石流No.1~9と表記)が発生しており、この発生間隔は100~200年程度であった。しかし、豪雨の発生間隔は数十年程度と短いものがあり、豪雨と土石流の発生間隔は一致しない。これは土砂が溪床に堆積する期間を考慮する必要があることを示唆している。また、土石流No.7, No.8のように地震が頻発する時期に土石流の発生間隔が短くなっていた。このことは、地震によって地盤に緩みが生じた後に大雨が降ると、土石流がより発生しやすいことを示唆

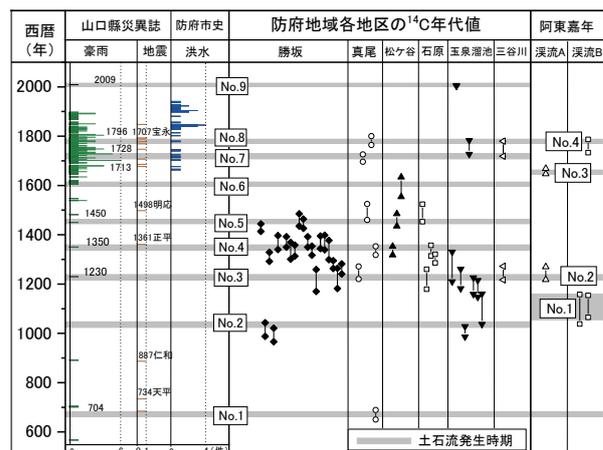


図3 防府市・山口市阿東嘉年の土石流発生年表(データの一部は参考文献1)より引用)

している。なお、同図には2013年の山口・島根豪雨において山口市阿東嘉年の土石流被災溪流の結果も併記している。

5.2 防府地域における過去の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である。平安末期の1180年頃に東大寺再建のために、僧侶の重源が佐波川上流の山奥から木材を切り出し奈良まで輸出したとの記録がある。歴史的に樹木の伐採が盛んであった地域であり、近世までは森林は荒廃していたと推測される。この時期の伐採が後世の土石流の多発を引き起こした遠因とみることでもできよう。

6. 広島地域の調査結果

6.1 災害概況と地質

2014年8月20日深夜の集中豪雨によって広島市安佐南区と安佐北区で土石流が発生し、甚大な被害が発生した。また、2018年西日本豪雨では広島市、安芸郡坂町、安芸郡熊野町、呉市、東広島市ほかで土砂洪水氾濫が多発した。この地域の地質は花崗岩であり、防府市と同様な土石流履歴を調べた。以下に、その結果²⁾を紹介する。

6.2 広島市の土石流発生頻度

2014年に被災した安佐北区の可部東、三入南、安佐南区の八木、宮下川、緑井、2018年に被災した東区馬木の結果²⁾を図4に示す。ただし、No.3

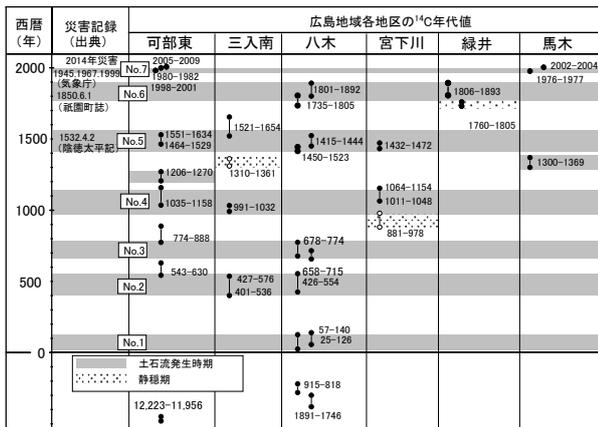


図4 広島市安佐北区・安佐南区・東区の土石流発生年表
(データの一部分は参考文献2)より引用)

とNo.4の間にある宮下川, No.4とNo.5の間にある三入南及びNo.5とNo.6の間にある緑井は土石流堆積物に挟まれた静穏期に堆積した有機質土の年代値である。安佐北区と安佐南区では2000年間に少なくとも過去7回の土石流(図中ではNo.1~7と表記)が発生したとみられる。また, このうち, No.2~5及びNo.7の土石流は複数の地域で発生したと推定できる。また, 東区馬木では少なくとも過去数回の土石流が発生していたとみられる。以上, 広島市安佐北区及び安佐南区の土石流発生間隔はおおよそ150~400年であると考えられる。

7. まとめ

以上の成果をまとめると, 以下のようである。

- 1) 花崗岩が分布する地域の土石流発生間隔は, 防府の場合, おおよそ100~200年, 広島市安佐北区と安佐南区の場合, おおよそ150~400年であった。
- 2) 土石流発生間隔は, 豪雨の再現期間だけでなく, 溪流やその周辺地山で土砂がたまる期間に関係する。

最後に次のことを述べておきたい。発災後, 「ここで災害が起きた話なんて聞いたことがない」「ここまで土砂(水)が来るとは思わなかった」といった住民の声を聞くことがある。これは過去の災害事実や教訓が伝承されていないのが一因と考えられる。

¹⁴C法と歴史資料を併用する研究アプローチによ

り, 土石流の発生頻度をある程度評価できるようになったので, この成果をハザードマップ等に盛り込むことで, 住民の安全に対する過信の解消, 安全な避難経路・場所の選定, 効果的な防災施設の配置等に活用できると考える。

謝辞 本研究は山口大学「呼び水プロジェクト」, 同「山口学研究プロジェクト」, 科研費・挑戦的萌芽研究(26560185), 基盤研究(B)(15H04038), 挑戦研究(萌芽)(17K18954), (一財)国土技術研究センター研究開発助成金, (公財)河川財団河川基金の助成を受けた。アジア航測(株)(現(一財)土木研究センター)・阪口和之氏, 山口大学・楢原京子氏, 復建調査設計(株)・松木宏彰氏をはじめ多くの方にご協力いただいた。ここに記して謝意を表す次第である。

参考文献

- 1) 阪口和之, 鈴木素之, 他, 山口県防府市石原地区における土石流の発生頻度とその堆積物特性, 地盤工学ジャーナル, Vol.13, No.3, 237-247 (2018)
- 2) 松木宏彰, 鈴木素之, 他, 広島市安佐南区と安佐北区周辺地域の土石流堆積物の状況と土石流の発生頻度, 地盤工学ジャーナル, Vol.13, No.4, 403-421 (2018)
- 3) 中田高, 島崎邦彦, 活断層研究のための地層抜き取り装置(Geo-slicer), 地学雑誌, Vol.106, 59-69 (1997)
- 4) Cerling, T. E., et al., *Geomorphology*, 27:93-111 (1999)
- 5) Lang, A., et al., *Geomorphology*, 30:33-52 (1999)
- 6) Corominas, J. and Moya, J., *Engineering Geology*, 102: 193-213 (2008)
- 7) Irmiler, R., et al., *Geomorphology*, 77:69-78 (2006)
- 8) 杉原成満, 他, 放射性炭素年代測定法を用いた山口県防府市の土砂移動頻度に関する一考察, 砂防学会誌, Vol.63, No.3, 27-33 (2010)
- 9) 西山賢一, 若月強, 日本の山地斜面における豪雨に起因した斜面崩壊・土石流の発生頻度, 応用地質, 第55巻, 第6号, 325-333 (2015)
- 10) 井上公夫, 伊豆大島元町の土砂災害史, 地理, 第59巻, 第2号, 10-19 (2014)
- 11) 山口県, 山口県災異誌 (1953)
- 12) 防府市教育委員会, 防府市史上巻, pp.65-81 (1980)

(山口大学大学院創成科学研究科)