

山口県防府地域における大規模土石流の 発生周期

RECURRENCE INTERVAL OF LARGE DEBRIS FLOWS IN HOFU, YAMAGUCHI
PREFECTURE.

阪口 和之¹・楮原 京子²・松木 宏彰³・鈴木 素之⁴

Kazuyuki SAKAGUCHI, Kyoko KAGOHARA, Hiroaki MATSUGI and Motoyuki SUZUKI

¹アジア航測株式会社西日本コンサルタント部 (〒530-6029 大阪市北区天満橋 1-8-30 OAP タワー29F)

E-mail: kaz.sakagu@ajiko.co.jp

²山口大学教育学部 (〒753-8513 山口市吉田 1677-1)

E-mail: k-kago@yamaguchi-u.ac.jp

³復建調査設計株式会社地盤環境部 (〒732-0052 広島市東区光町 2-10-11)

E-mail: matsugi@fukken.co.jp

⁴山口大学大学院理工学研究科 (〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1)

E-mail: msuzuki@yamaguchi-u.ac.jp

Key Words: debris flow, radiocarbon dating, recurrence interval, geoslicer, natural disaster's archives

1. はじめに

2009(平成21)年7月21日から7月26日までの期間の中国・九州北部豪雨により、山口県防府市では、観測史上最多となる24時間雨量で275mmを記録した。これにより、防府市真尾地区の特別養護老人ホームが土石流に襲われたことをはじめに、山口県内で22名の死者が生じた。この土石流災害に関しては、災害の全容が地盤工学会¹⁾、古川ほか²⁾、福岡ほか³⁾によって調査報告されている。また、土砂移動頻度に着目した杉原ほか⁴⁾、地質と土石流の分布についてまとめた大川ほか⁵⁾、地形に着目した阪口⁶⁾などによる研究成果が報告されている。

花崗岩・まさ土分布地帯では豪雨時に崩壊・土石流が発生することが多く^{7) 8)}、防府市地域は1993(平成5)年8月2日の集中豪雨でも複数箇所でも崩壊が発生するなど土砂災害の発生頻度の多い地域である。すなわち、過去に土砂災害が繰り返し発生している可能性が考えられる。土石流の発生頻度に関して、阪口⁹⁾は2009(平成21)年7月の豪雨による土砂災害の特徴と発生素因を航空測量データの解析と現地調査の2つの面

からまとめるとともに、頻発する土砂災害の今後の発生予測を行う観点から土石流堆積物の形成年代を放射性炭素年代測定法(以下、¹⁴C法)により求め、土石流・崩壊発生サイクルを検討した⁹⁾。

防府地域の土石流は、各溪流長が短いことから個々の土石流規模は小さいものの、その一部は佐波川氾濫原にある人家近くに到達し、多くの人的被害を与えた。

過去の土石流災害はその堆積物の分布や構成材料などから、発生規模が異なることが明らかになり、すべての土石流が必ずしも下流まで到達していないことがわかっている。土石流は、溪流上流で止まれば自然現象として人間社会に影響を及ぼすものではないが、2009年災害のように人が住む下流域に到達するものは人的被害を及ぼす極めて危険な現象といえる。このように、下流に到達した土石流の性状や発生周期を把握することは地域の開発計画や、それに対する社会資本の整備計画に対して極めて重要な要素である。

本研究では、下流域に到達した過去の大規模な土石流堆積物の性状と発生頻度を得る目的から、人工改変が少ない防府市石原地区でジオスライサーを用いた連続試料採取を行い、詳細な地層区分を行った上で含

まれる炭化物の形成年代を ^{14}C 年代法によって求めた。加えて、本研究で得られた年代とこれまで得られた年代との対比を行う中から、大規模土石流の有意な発生時期と周期を得ることができ、防府地域で発生した土石流の発生と人間活動と自然災害との関連を示唆できる可能性があることを見出した。

2. 2009（平成21）年防府災害の概要

2009年7月21日の豪雨によって防府地域で多くの崩壊や土砂流・土石流（以降、土石流と表記）が同時多発的に発生した。土石流の発生箇所を図-1に示す。

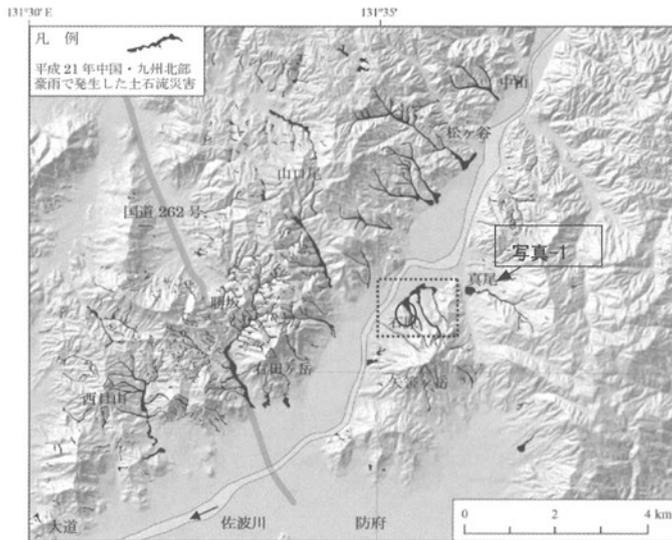


図-1 平成21年防府災害での土石流発生状況

図-1に示す土石流発生域はすべて花崗岩類分布域である。空中写真判読と現地踏査によって確認できた崩壊総数は600箇所を超え、480以上の溪流で土石流が生じたことが判明した¹⁾。その分布は、北が防府市中山から南が防府市大道までの狭い区域に限定されているが、右田ヶ岳、西目山、山口尾、矢筈ヶ岳の斜面での発生が際立っており、その中でも図-1に示す勝坂地区のような崩壊・土石流が多発した区域と真尾地区のような少ない区域に分けることができた²⁾。また、流域単位でもすべての沢に崩壊や土石流が生じた溪流、ほとんど生じていない溪流など発生域にもバラツキが認められた。崩壊の多くは源頭部の0次谷で生じており、多量の雨水を含む崩落土砂が急勾配の溪床を流下する中で堆積物を巻き込んで土石流となり、河川本流に到達する形態がほとんどであった。また、土石流が流下する過程で溪岸を削剥して側部崩壊が誘発された箇所も多く認められた。ただし、一部には崩壊による土砂が流下せずに崩壊末端部に残存したケースや崩土が主溪流に

到達せずに滑動が停止したケース、本流に到達せずに滑動が停止したケースも認められた。

源頭部崩壊の崩壊面積は 200m^2 から 600m^2 が多く、土石流の流長は 100m 程度から数 km まで広範であるが、 500m までのものがほとんどであった。また、崩壊や土石流によって侵食・堆積などの影響を受けた面積は 2.62km^2 であり、対象流域 150km^2 の 1.7% にあたった。

3. 試料採取方法と対象地の地形・地質状況

2009年の災害をはじめ、防府地域の過去の土石流堆積物の層相を見ると、一部で例外はあるものの、下流域に到達した土石流は、上流から中流部までは石礫を含むものが多いが、下流部では粗・中砂からなるマサ土が主体の、いわゆる土砂流の様相を示す(写真-1~3、図-1中に写真-1位置を表示)。

このような層構成が防府地域の土石流の特性であるならば、下流域にある過去の土石流堆積物を調べることから、これまでの下流域まで到達した土石流を検出することができる。さらに、堆積物に含まれる炭化物・有機物の年代を ^{14}C 法によって測定することで、土石流の発生周期を求めることが可能と考えた。

下流域は田畑や宅地に地形変化が進んでいるところが多いことから、露頭を断面として見られるところがほとんどないため、ハンディジオスライサーを用いて土質試料を採取し、その試料を観察する中から炭化物や有機物を見出して有意な年代測定試料を採取した。



真尾地区の土石流状況
写真-1 (アジア航測機撮影)



真尾地区 下流部の砂主体の過去堆積物
写真-2



真尾地区 上流部の石礫主体の過去堆積物
写真-3



写真-4

ジオスライサーは2枚の矢板を順次圧入し、矢板の空隙に入った土砂を挟みこんだ状態で両矢板を同時に引

き抜くことによって試料を採取する手法である。地層断面方向を明確にして幅広い乱さない試料が採取できることから軟弱地盤調査や遺構調査で用いられている調査手法である(写真-4, 図-2 中に写真位置を表示)。

本研究では、佐波川本川の侵食や攪乱の影響を受けず、土石流堆積物が残存している可能性がある石原地区下流部(図-1の点線囲み地区の○位置)の図-2



図-2 試料採取位置図

に示す箇所を選定し、GS-2, -9, -3, -5, -7の5箇所です質試料を採取し、そのうち3箇所(GS-3, GS-7, GS-9)の土質試料で土石流堆積物を確認した。

各土質試料の状況を図-3にまとめた。

各試料を見ると、粒径が揃った細砂を主体とした河川堆積物が最下層に見られ、3箇所です質試料の状況を図-3にまとめた。

層と不整合関係の土石流堆積物を認めることができた。

土石流堆積物が認められた箇所のいずれもが土石流堆積物の上位をシルト主体の湖沼性堆積物が被覆する。最下流のGS-9地点では湖沼性堆積物を新規の河川堆積物が覆い、標高が上位にあたるGS-3, GS-7地点では湖沼性堆積物の上位を2009年の土石流堆積物が被覆する状況であった。着目すべき点は、標高下位のGS-9を除いて、2009年の土石流堆積物とその下位にある過去の土石流堆積物との間には湖沼性堆積物があるのみで、河川堆積物が確認できなかったことである。これは当地区では標高下位のGS-9付近を除いて過去の土石流堆積物が堆積後に削剥を受ける洪水の影響が及んでいない可能性が高いことを意味する。

地区中央部の断面を図-4に示すが、これは図-2の断面位置(一点鎖線)にあたる。対象箇所の最急勾配は1.44°であり、土石流堆積物の停止域にあたる。

各地点の土石流堆積物の標高を見ると、GS-3とGS-7の土石流堆積物の上部標高はほぼ近似するが、GS-9はやや低い位置にある。また、土石流堆積物の層厚はGS-3で最も厚く、上下流に向かって薄くなる傾向が見られた。

土石流堆積物を確認した3箇所のうち、GS-3, GS-7は土石流堆積物中に炭化物があり、その炭化物を直接¹⁴C法で年代を測定した。GS-9は土石流堆積物中には炭化物が確認できず、その上下層に含まれる炭化物の年代を同様に求めた。また、各箇所です質試料の状況を図-3にまとめた。

4. 採取試料の炭素¹⁴C年代

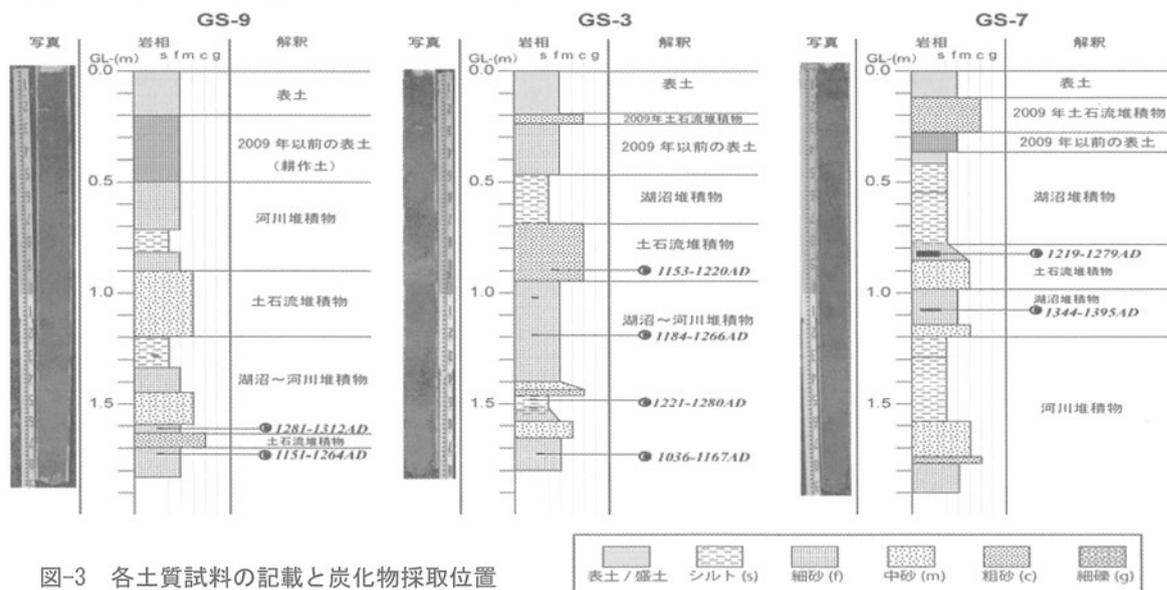


図-3 各土質試料の記載と炭化物採取位置

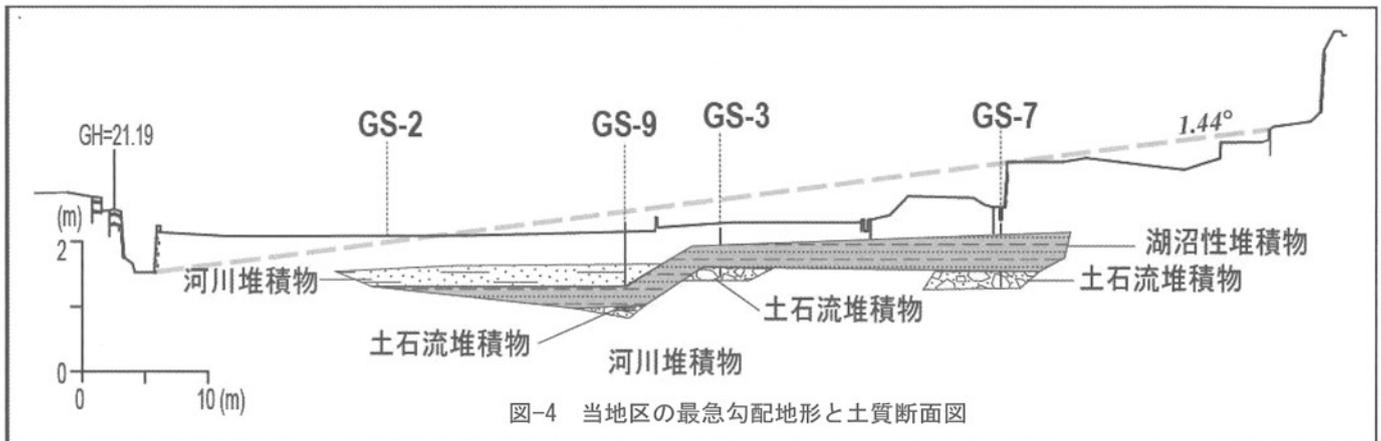


図-4 当地区の最急勾配地形と土質断面図

^{14}C 法は天然に存在する放射性同位体である ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C の構成率に着目した年代測定法である。

大気に含まれる炭素の内, ^{12}C ~ ^{14}C の割合は年代によって変化していることが知られている。一方, 動植物は生存している間は大气との間で炭素のやり取りを行っているが, 死滅した際にはその時期の放射性炭素が体内に残存するために, 濃度比は死滅した時の値から時間とともに変化していく。この原理を Libby(1952)¹⁰⁾ が体系化した手法が ^{14}C 法として確立された。 ^{14}C の半減期は 5568 年であり, 水爆実験や化石燃料の使用が大きくなった西暦 1950 年以前の ^{14}C 量を基準とし, 年代測定後の表示も西暦 1950 年を基準として ^{14}C 年代として表示する。採取試料の ^{14}C 測定結果を表-1 に示す。

表-1 採取試料の ^{14}C 年代測定結果

試料名	測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	暦年較正用年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	^{14}C 年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	^{14}C 年代の 2σ 暦 年代範囲	暦年代範 圍中央値
石原B GS-9-162	PLD-26157 No. 石原B09-162	-29.18 \pm 0.26	664 \pm 19	665 \pm 20	1281AD-1312AD	1297
石原B GS-9-173	PLD-26158 No. 石原B09-173	-33.77 \pm 0.93	848 \pm 34	850 \pm 35	1151AD-1264AD	1208
石原B GS-3-90	PLD-26070 (石原B03-90)	-30.68 \pm 0.18	867 \pm 18	865 \pm 20	1153AD-1220AD	1187
石原B GS-3-119	PLD-26153 No. 石原B03-119	-29.70 \pm 0.33	814 \pm 22	815 \pm 20	1184AD-1266AD	1225
石原B GS-3-148	PLD-26154 No. 石原B03-148	-25.98 \pm 0.34	766 \pm 25	765 \pm 25	1221AD-1280AD	1251
石原B GS-3-172	PLD-26071 (石原B03-172)	-27.76 \pm 0.23	913 \pm 20	915 \pm 20	1036AD-1167AD	1102
石原B GS-7-82	PLD-26159 No. 石原B07-82	-27.32 \pm 0.46	771 \pm 26	770 \pm 25	1219AD-1279AD	1249
石原B GS-7-108	PLD-26160 No. 石原B07-108	-26.53 \pm 0.30	631 \pm 20	630 \pm 20	1344AD-1395AD	1370

※ 網掛試料は土石流堆積物含有試料

放射性炭素年代測定は關パレオラボが実施

表-1 には直接土石流堆積物から採取した 2 試料と土石流堆積物を挟む層から採取した 6 試料の結果を示すが, そのすべてが西暦 1100 年~1300 年代の狭い領域に集中していることがわかる。土砂流堆積物から得た試料は

暦年代中央値で GS-3 が 1187 年, GS-7 が 1249 年であり, 両試料とも西暦 1200 年前後であった。ただし, GS-7 では, 土石流堆積物が西暦 1247 年であるのに対して, その下位層に含有される炭化物が西暦 1370 年を示す, いわゆる逆転現象が見られる。他の箇所では下位より上位に向けて新しい年代値を重ねている状況から, 本箇所では大きなエネルギーを持った土砂流が湖沼に突入した状況が推定できる。この逆転現象は, 土石流堆積物に含まれる炭化物が土石流発生時期より以前に混入し, かつ, その下位層が土砂流による攪乱でコンタミネーションが生じた結果, と考えた。

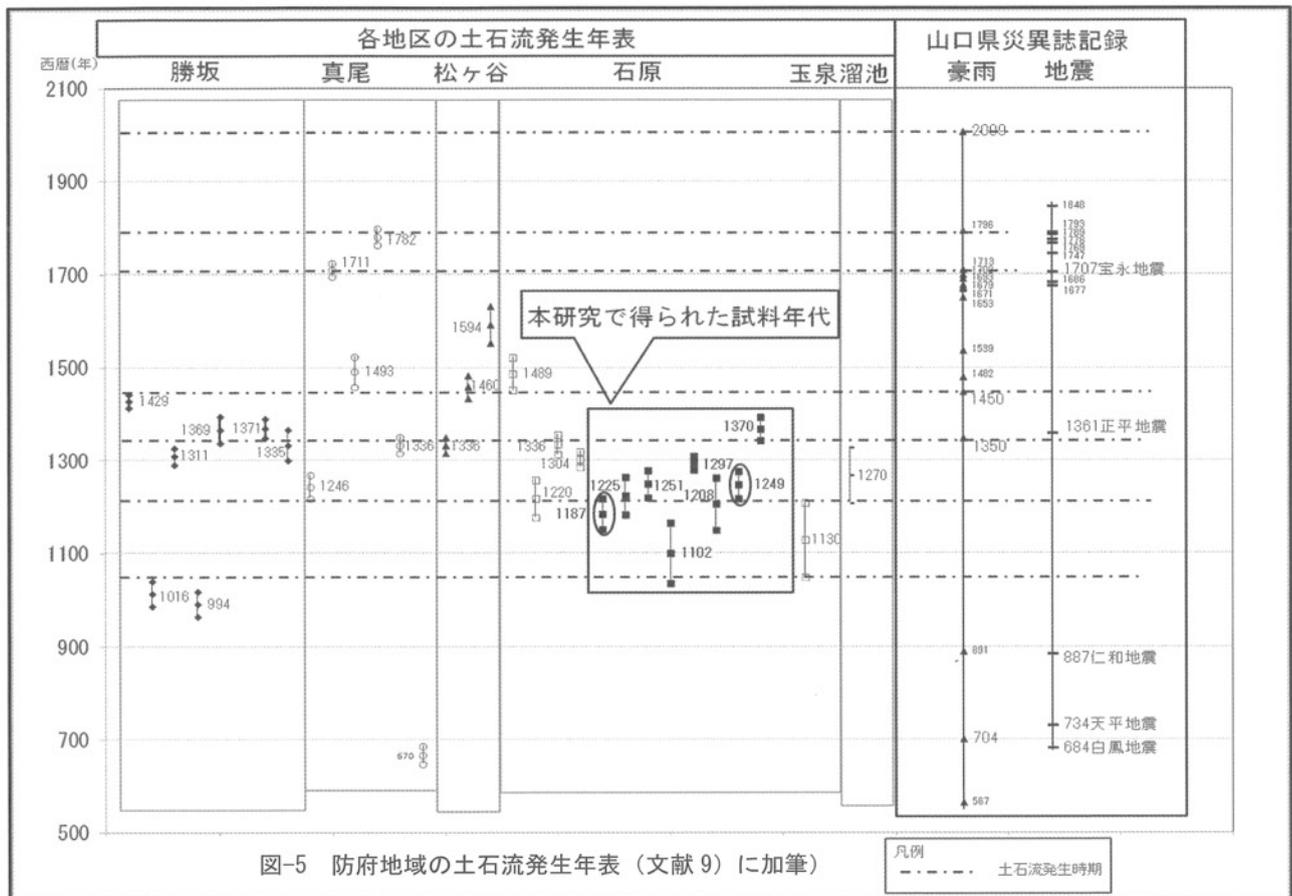
したがって, GS-7 の土石流は中央値で西暦 1370 年頃に発生したと推論する。

いずれにしても, 狭い領域に年代が集中することは大きな意味があることと思える。

5. 大規模な土石流の発生間隔の考察

図-5 はこれまで得られた土石流発生年表⁹⁾に本研究で新たに得た知見を加えたものである。本知見は年表中に□で囲み, 土石流堆積物の年代はその中の○で示した 2 試料である。

防府地域では山口県災異誌¹¹⁾との年代対比から過去 5 回以上の土石流が発生しており⁶⁾, 本研究から得られた年代は, その中の西暦 1050 年, 1350 年とその間を埋める 1200 年代である。当地では過去の最も新しい土砂流堆積物の上位に静穏な湖沼性堆積物を介して 2009 年に発生した土石流堆積物が被覆している。土石流堆積物に含有される炭化物の ^{14}C 年代からは, GS-3 と GS-7 の誤差を考えると西暦 1220 年頃に大規模土石流が発生したと解釈するのが妥当と思われるが, この年代は山口県災異誌の「豪雨」や「地震災」に記載がみられない空白域にあたる。土石流堆積物を挟む上下層から得られた試料も誤差を踏まえて見たときに, 一部は 1050 年, 1350 年頃に堆積したのも認められるが, 概



ね西暦 1220 年頃に堆積した層である、とまとめることもできる。

これまで石原地区の他に真尾地区、玉泉溜池等で 1200 年代の土石流発生を示す試料が得られているが、総じてその数は少ない。

この空白域への年代集中に対しては、次に示す 2 つの要因が考えられる。

- ①西暦 1220 年頃に山口県災異誌に未記載の災異が防府地域にあった。
- ②当地区では佐波川流域で西暦 1220 年頃に炭化物となる木材が大量に生産された。

西暦 1220 年に災異があった場合には、石原地区では西暦 1050 年、1220 年、1350 年の 3 時期に大規模な土石流が発生し、2009(平成 21)年の土石流は約 660 年ぶりの大規模なものであったと推定される。

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。

平安末期の西暦 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。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}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、人間活動と自然災害の関連は昔から存在していた可能性が高い。

6. まとめ

本論では次に示す項目を得ることができた。

- ①防府市石原地区では、2009 年に発生した水平低地まで土砂流が到達した大規模な土石流災害は過去にも何度と発生していた。
- ②当地区の過去の大規模土石流は西暦 1050 年、1220 年、1350 年に 3 回発生したが 2009 年まで発生しておらず、その間隔は約 660 年であった。
- ③土石流の発生は人の生活との関わりがあり、樹木の伐採などが土石流の遠因になる可能性が考えられる。

謝辞：本研究は、平成 25 年度山口大学「呼び水プロジェクト」(戦略的研究推進プロジェクト)の支援を受けて

実施いたしました。また、本論文をまとめるにあたっては、平成21年7月21日豪雨による山口県防府地区の土砂災害に関する調査研究委員会の皆様にご助言をいただきました。記して感謝いたします。

参考文献

- 1)地盤工学会 2009年7月21日豪雨による山口県土砂災害緊急調査団(鈴木素之, 他共著者25名):2009年7月21日豪雨による山口県防府地区での斜面災害, 地盤工学会誌, 57-12, 39-42, 2009.
- 2)古川浩平・海堀正博・久保田哲也・地頭園隆・権田豊・杉原成満・林真一郎・池田暁彦・荒木義則・柏原佳明:2009年7月21日山口県防府市での土砂災害緊急調査報告, 砂防学会誌, 62-3, 62-73, 2009.
- 3)福岡浩・山本晴彦・宮田雄一郎・汪発武・王功輝:平成21年7月中国・九州北部豪雨による山口県防府市土砂災害, 自然災害科学, 28-2, 185-201, 2009.
- 4)杉原成満・海堀正博・久保田哲也・柏原佳明・古川浩平: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, 63-3, 27-33, 2010.
- 5)大川侑里・金折裕司・今岡照喜:白亜紀防府花崗岩体で発生した土石流の分布と性状, 応用地質, 52-6, 248-255, 2012.
- 6)阪口和之:平成21年7月中国・九州北部豪雨における防府地域の斜面崩壊形状とその特徴, 地盤と建設, 281, 87-94, 2010.
- 7)日本応用地質学会中国四国支部災害調査チーム:1999.6.29 広島・呉土砂災害速報—花崗岩地域における土砂災害—, 応用地質, 40-5, 316-321, 1999.
- 8)地盤工学会中国支部まさ土地帯の風化及び降雨浸透特性と斜面災害に関する研究委員会:まさ土地帯の風化及び降雨浸透特性と斜面災害に関する研究報告書, 地盤工学会中国支部, 2003.
- 9)阪口和之・鈴木素之・松原輝明・兵動正幸:山口県防府市における土石流発生域の地形・地質的特性と過去の土石流・崩壊発生サイクル, 地盤工学会誌, 61-9, 26-29, 2013.
- 10)Libby, W.F.:Radiocarbon Dating(Second edition), Univ. Chicago Press, 175p.
- 11)山口県:山口県災異誌, 400p, 1953.

(2014. 5. 9 受付)