

防府市玉泉溜池と真尾地区の土石流発生履歴と その評価

DEBRIS FLOWS OCCURRENCE HISTORY OF THE GYOKUSEN- RESERVOIR
AND MANAO AREA IN HOFU CITY, YAMAGUCHI PREFECTURE AND IT'S
EVALULATION

阪口 和之¹・鈴木 素之²・楳原 京子³・松木 宏彰⁴

Kazuyuki SAKAGUCHI, Motoyuki SUZUKI, Kyoko KAGOHARA and Hiroaki MATSUGI

¹アジア航測株式会社 (〒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山口大学大学院創成科学研究科 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1)

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

³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

⁴復建調査設計株式会社 (〒732-0052 広島市東区光町 2-10-11)

E-mail: matsugi@fukken.co.jp

Key Words: debris flow, radiocarbon dating, chronology of debris flows, chronology of natural hazards

1. はじめに

2009(平成 21)年中国・九州北部豪雨においては、山口県防府市(図-1)で、7月21日、観測史上最多となる24時間雨量で275mmを記録し、20名以上の死者が出る甚大な被害が発生した。土石流災害の全容に関しては、地盤工学会をはじめとする諸学会により緊急調査結果が報告されている^{1), 2)}。災害の解析に関しては、杉原ほか³⁾による放射性炭素年代測定法(以下、¹⁴C年代法)による土砂移動頻度の推定、大川ほか⁴⁾による地質と土石流の分布の関係、阪口ほか^{5), 6)}による崩壊源頭部の地形特性が報告されている。特に、土石流の発生頻度に関しては、鈴木ほか⁷⁾⁻¹⁴⁾が、土石流が発生した各溪流において新旧土石流堆積物の構造・組成を把握した上で、土石流堆積物の形成年代を¹⁴C年代法により求め、土石流・崩壊発生の大まかなサイクルを検討している。なお、同様な手法で土石流発生年代を求めた近年の研究例と

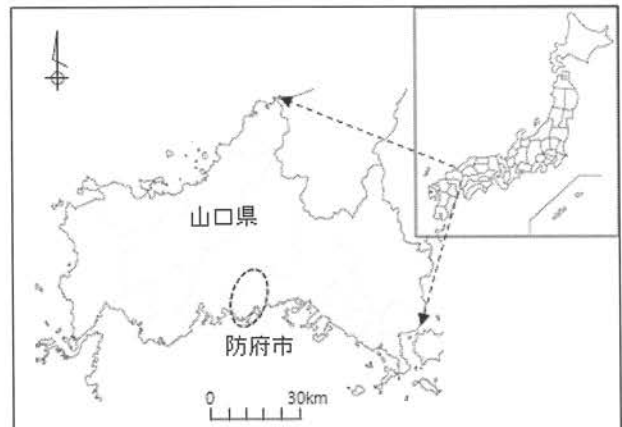


図-1 2009年災害発生位置図 (●が被災区域)

しては植木¹⁵⁾、南里ほか¹⁶⁾、西山ほか¹⁷⁾などがある。

2009年の土石流災害では、すべての溪流で土石流災害が発生したわけではなく、土石流災害が発生した溪流と発生しなかった溪流に区分される。土石流災害が発生した溪流に対しては、地域住民や行政は

土石流への対策や備えが必要であるとの意識をもたれるが、逆に土石流災害が発生していない溪流に対しては、そうした心配がないとの意識になっているのではないかと推察される。

そこで、本研究では、近年、土砂災害が発生した溪流のみならず、土砂災害が発生していない溪流を比較して両溪流の発生頻度を ^{14}C 年代法で求め、そのリスクの評価とリスクの利用手法について検討を行った。

2. 調査箇所と調査方法

(1) 調査箇所

2009年に発生した土石流発生溪流を図-2に示す。



図-2 2009年に土石流が発生した溪流(黒色)と調査溪流(口箇所)

この地域には、花崗岩とその風化土であるまさ土が広く分布し、溪流出口には過去の土石流堆積物を示す扇状地形を数多く見ることができる。

本研究では、近年土石流が発生していない溪流も対象地区とし、佐波川右岸領域から素川支流の玉泉溜池地区、左岸領域から真尾地区を選定した。素川は、2009年の土石流災害の際に、土石流が発生した溪流であり、玉泉溜池地区は玉泉溜池に流入する素川支流の下流域にあたる。真尾地区は、2009年に特別養護老人ホームを襲った土石流が発生した上田南川北側の溪流の中流域にあるが、2009年の豪雨の際も1993年の豪雨においても土石流が発生していない。そのため、住民の方々にとっては土石流を想起させるような溪流ではないと考えられる。

(2) 調査手法

本研究では、土石流堆積物断面が観察できる玉泉溜池地区では断面の観察と層序の判定を行い、確定した地層から炭化物をサンプリングした。また、堆積

物断面が見られない真尾地区ではジオスライサー¹⁸⁾を用いた地盤調査から観察と層序判定を行い、確定した地層から炭化物や植物遺骸のサンプリングを行った。採取した試料から ^{14}C 年代値を求めて、暦年較正を行い、歴史資料(災害記録)^{19),20)}との対比から土石流発生年代を求めた。確定した土石流発生年は土石流発生年表としてまとめ、地域ごとの発生頻度と溪流の土石流発生リスクを評価した。

3. 調査結果

(1) 玉泉溜池地区

a) 概況

玉泉溜池地区周辺の状況を図-3に示す。調査地域付近には花崗岩が広く分布し、北から南に向けて流れる素川があり、中流域に2箇所の溜池が存在する。南側の溜池は玉泉溜池であり、その上流部を山陽新幹線が高架橋で通過している。調査は溜池の約500m上流の図-3に示す付近で実施した。その地区は北

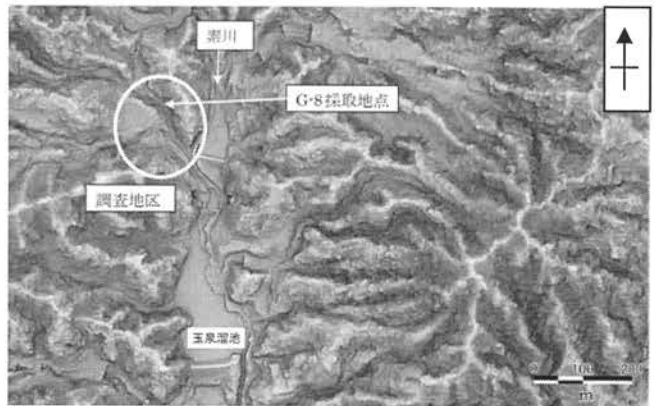


図-3 玉泉溜池地区周辺の赤色立体地図(2009年データより作成)

西からと西側からの2つの溪流が合流する付近にあたり、赤色立体地図から、この合流部付近には過去の土石流性の堆積物が覆う平坦地形が認められる。調査地区には緩傾斜地形が溪床中央付近に存在し、その上流部に溪床堆積物が広く堆積している状況が読み取れる。

b) 調査結果

玉泉溜池地区の全景を写真-1に、過去の土石流堆積物を写真-2にそれぞれ示している。

玉泉溜池地区では厚い土石流堆積物が残存し、その中の一部にシルト・有機質土層を挟在することが確認できた(写真-3)。その層厚は20cm程度で、基盤の礫層を直接被覆するように分布し、その上位は砂層へと漸移する。また、これらの地層の上位には砂礫層や直径1m程度の転石を含む過去の土石流堆積物が分布する(写真-4)。



写真-1 調査地区の全景



写真-2 溪流の合流部付近の過去の土石流堆積物より形成された丘状の平坦地形

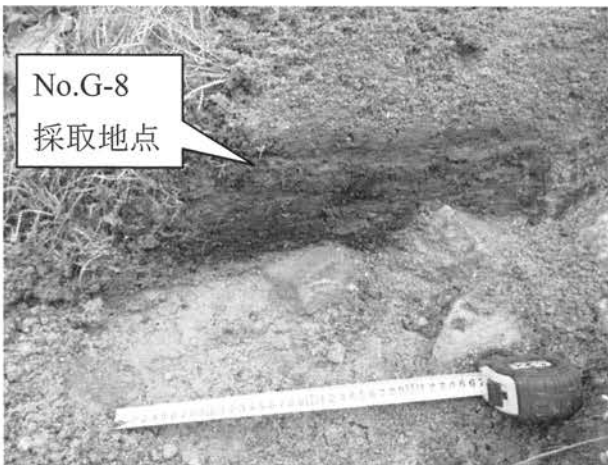


写真-3 花崗岩の砂礫を覆って黒色の有機質土層が分布する状況 (AD1037-1160 の年代を示す)

c) ^{14}C 年代法測定結果

現地調査によって採取した植物遺骸や炭化物を ^{14}C 法で年代測定を実施した結果を表-1 に示す。

表-1 の試料 No.G-8 は、図-3 に示す有機質土層より採取したものであり、その年代は、AD1037-1160 年前後であった。このため、防府地区での過去の土石



写真-4 直径 1m 程度の土石流堆積物中の花崗岩の転石
流発生履歴などと併せて検討すると、AD1050 年ごろに下流に到達する大規模な土石流が発生した可能性が高い。調査地の溪流は山岳部に位置し、通常は砂礫や砂などの粗粒な物質が卓越する場である。このため、有機質土層が 20 cm の厚さで堆積しているということは、この地層が堆積する期間は、湿地などの閉塞環境であったことが推定され、この閉塞地形は AD1050 年ごろの大規模な土石流で形成されたと推定される。

表-1 玉泉溜池地区試料の ^{14}C 年代値

測定番号	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	暦年校正用年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	^{14}C 年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	14C年代を暦年代に校正した年代範囲
				2 σ 暦年代範囲
PLD-30651 試料No.G-2	-29.00 \pm 0.14	-540 \pm 19 F14:1.0898 \pm 0.0024	-540 \pm 20	Post-bomb NH2 2013: 1957-1957 cal AD (11.6%) 2002-2009 cal AD (1.3%) 2003-2006 cal AD (82.0%)
PLD-30652 試料No.G-3	-27.32 \pm 0.18	929 \pm 19	925 \pm 20	1181-1261 cal AD (95.4%)
PLD-30659 試料No.G-4	-27.20 \pm 0.14	1025 \pm 19	1025 \pm 20	986-1028 cal AD (95.4%)
PLD-30654 試料No.G-5	-27.91 \pm 0.21	161 \pm 19	160 \pm 20	Post-bomb NH2 2013: 1867-1894 cal AD (16.2%) 1727-1783 cal AD (45.3%) 1796-1813 cal AD (10.4%) 1837-1842 cal AD (0.7%) 1859-1858 cal AD (0.6%) 1882-1887 cal AD (0.7%) 1918-1954 cal AD (21.3%)
PLD-30655 試料No.G-6	-27.38 \pm 0.16	948 \pm 19	950 \pm 20	1159-1226 cal AD (91.3%) 1231-1245 cal AD (4.1%)
PLD-30656 試料No.G-7	-25.69 \pm 0.14	888 \pm 19	880 \pm 20	1046-1093 cal AD (30.6%) 1120-1140 cal AD (7.3%) 1147-1215 cal AD (57.5%)
PLD-30657 試料No.G-8	-27.99 \pm 0.23	929 \pm 20	925 \pm 20	1037-1160 cal AD (95.4%)

(2) 真尾地区

a) 概況

調査地域には花崗岩が広く分布し、東側稜線から以東は黒色片岩が分布する地質構成である。対象の真尾地区は、地質時代に発生した上記の地質境界からの大規模な崩壊跡地形内にある小規模な溪流内にあり、2009年に甚大な被害が生じた上田南川と近接する。真尾地区周辺の状況を図-4に示す。

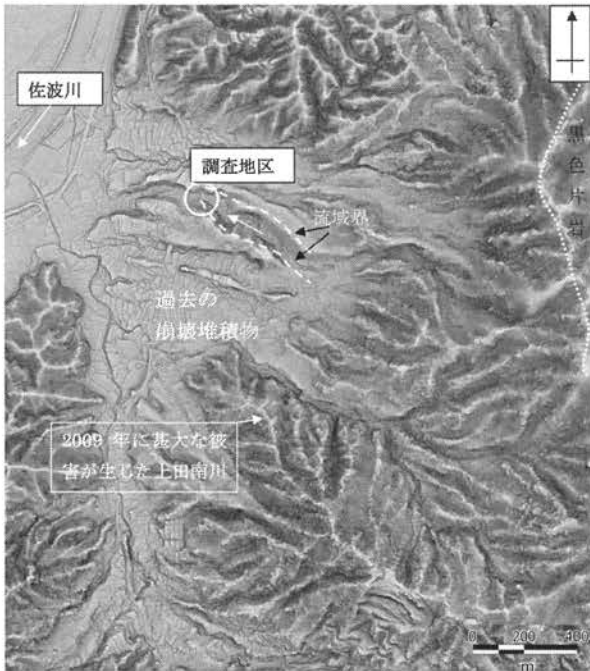


図-4 真尾地区の位置と周囲の状況

地区は兩岸を小さな稜線に挟まれた小規模な溪流の中流域にあり、上流域には過去の大規模崩壊堆積物が残存するため、土石流が発生する可能性がある状況にある。また、ボトルネック状に出口が狭まった形状を示しているため、溪床に過去の堆積物が残存している可能性が考えられた。そこで、ジオスライサーを用いた地層を乱さない試料採取を行い、精緻な堆積構造観察の上で残存する植物遺骸や炭化物を用いた ^{14}C 年代法分析から過去の土石流災害の発生年代を求め、総合的な見地から土石流発生頻度を見出した。

調査地区の全景を写真-5に示す。地区は休耕田跡であり、現在は果樹園として利用されている。

兩岸には過去の崩壊堆積物からなる礫質土の急崖が接し、左岸には常時少量の流水がある(写真中の白矢印)。2009年災害以降に建設された農道に隣接しているが、工事の際には地区には手を加えられた痕跡はないようである。また、左岸付近は常時ぬ



写真-5 対象地区の全景

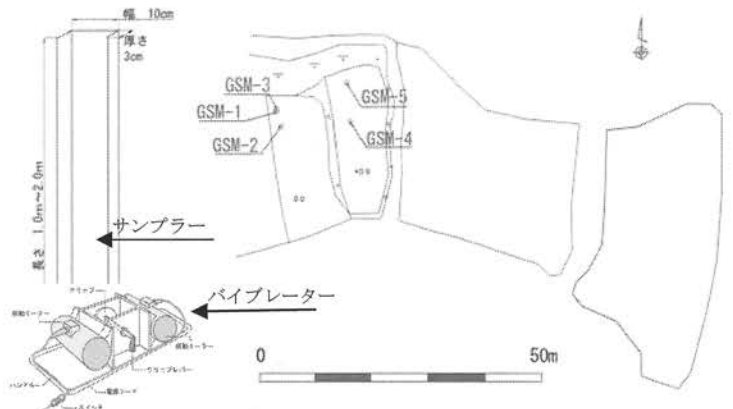


図-5 ジオスライサー器具仕様 図-6 調査箇所位置

かるんで湿地の状態にある(写真 〇 箇所)。

本研究で用いたジオスライサー器具の仕様を図-5に、調査位置を図-6に示す。また、ジオスライサーの採取試料を写真-6に示す。



写真-6 採取試料の状況

b) 調査結果

実施した5個所のうち同じ畑面にある3個所(GSM-1~3)の状況図を図-7に示す。本段は、上位から耕土、土石流堆積物(1)、古期埋土、土石流堆積物(2)、古期崩積土の順に分布する。耕土は果樹園以前

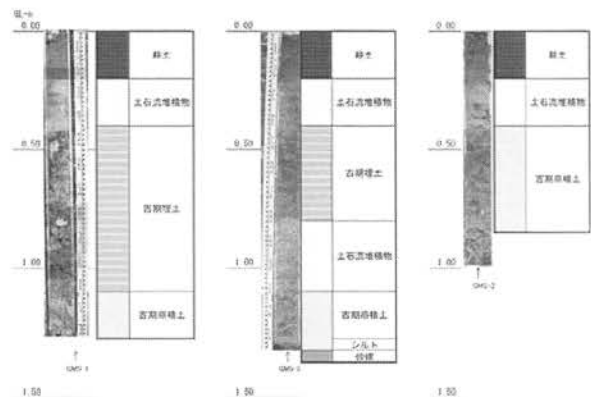


図-7 GS-1, 3, 2 の状況図

にあった耕作地由来のものであり、有機質土が散在するシルト主体の層である。土石流堆積物(1)は部分的に痕跡を残す。まさ土起源で粗砂主体の粒径不均一な堆積物である。古期埋土は耕作地を形成するために窪みを埋めたものと考えられ、礫混じりシルトからなるが、土層構成から右岸の崖面を削って埋めたものと考えられる。古期埋土は右岸縁に厚く認められることから、本川は以前には右岸方向にあったと考えられる。土石流(2)はGS-1~3の全てに認められるまさ土起源で粗砂主体の粒径不均一の堆積物である。

c) ¹⁴C年代法測定結果

ジオスライサーによって採取した植物遺骸や炭化物を¹⁴C法で年代測定を実施した結果を表-2に示す。この結果を見ると、AD400年前後、AD900年前後、AD1500年前後、AD1850年前後、AD1950年以降の5つのグループに分けることができるが、古いAD900年前後の1試料は新しい年代に挟まれるように存在している。このことから、上流域にあった古い堆積物が再移動することによって現地に堆積したものと考えられ、このAD900年前後の変状は上流斜面の崩壊もしくは下流まで到達しなかった土石流であったと推定できる。

このような観点から、2009年に土石流が発生しなかった本溪流でもAD400年前後の崩壊物の堆積、AD900年前後の上流域の小規模な変状、それに加えてAD1500年前後、AD1850年前後、AD1950年以降の3時期に土石流等の土砂流出があったことが伺える。

4. 考察

(1) 防府地区における土石流災害年表

本研究で得られたデータとこれまでに取得したデータをもとに、防府地区における土砂災害発生年表

表-2 真尾地区試料の¹⁴C年代値

測定番号	δ ¹⁴ C (%)	暦年較正用年代 (yrBP±1σ)	¹⁴ C年代 (yrBP±1σ)	14C年代を暦年年代に較正した年代範囲
				2σ暦年代範囲
試料No.GSM-1-1.04	-30.83±0.15	117±19	115±20	Post-bomb NH2 2013: 1633-1735 cal AD (27.6%) 1805-1894 cal AD (54.4%) 1904-1931 cal AD (12.5%) 1932-1935 cal AD (0.4%) 1952-1955 cal AD (0.6%)
試料No.GSM-2-0.35	-27.43±0.14	108±18	110±20	Post-bomb NH2 2013: 1636-1730 cal AD (27.2%) 1809-1895 cal AD (55.9%) 1903-1927 cal AD (12.1%) 1954-1955 cal AD (0.3%)
試料No.GSM-2-0.75	-25.80±0.16	1652±19	1650±20	343-425 cal AD (95.4%)
試料No.GSM-3-0.28	-31.52±0.21	-87±19 F14:1.0109±0.0024	-85±20	Post-bomb NH2 2013: 1955-1955 cal AD (95.4%)
試料No.GSM-3-1.02	-28.61±0.18	-3402±16 F14:1.5273±0.0031	-3400±15	Post-bomb NH2 2013: 1968-1969 cal AD (20.2%) 1969-1970 cal AD (66.9%) 1971-1971 cal AD (8.3%)
試料No.GSM-3-1.31	-29.38±0.24	119±19	120±20	Post-bomb NH2 2013: 1662-1736 cal AD (27.5%) 1759-1780 cal AD (0.2%) 1805-1894 cal AD (53.7%) 1905-1936 cal AD (13.3%) 1952-1954 cal AD (0.6%)
試料No.GSM-4-0.67	-28.93±0.16	1132±19	1130±20	877-980 cal AD (95.4%)
試料No.GSM-4-0.98	-30.05±0.16	354±18	355±20	1463-1526 cal AD (46.6%) 1556-1633 cal AD (48.6%)

を図-8に示す。今回得られた年代値(図中の黒色部)は既往のデータ¹⁴⁾と概ね整合することが確認された。いずれの地区においてもAD1200年代、AD1300年代、AD1400年代にデータが集中していることが分かる。今回の調査から、玉泉溜池地区ではAD1000年~AD1200年にかけて天然池をつくるような大規模な土砂移動があったことがわかる。また、真尾地区では2009年に土石流が発生していない溪流でも、過去に土砂移動があったことがわかり、そのうち1400年代のものは松ヶ谷、石原地区と同時に発生した土砂移動に該当するものと考えられる。

(2) 土石流ハザードマップ高度化に関する課題

真尾地区の溪流は2009年ならびに1993年の豪雨では土石流が発生しなかったが、地層を調べてみる

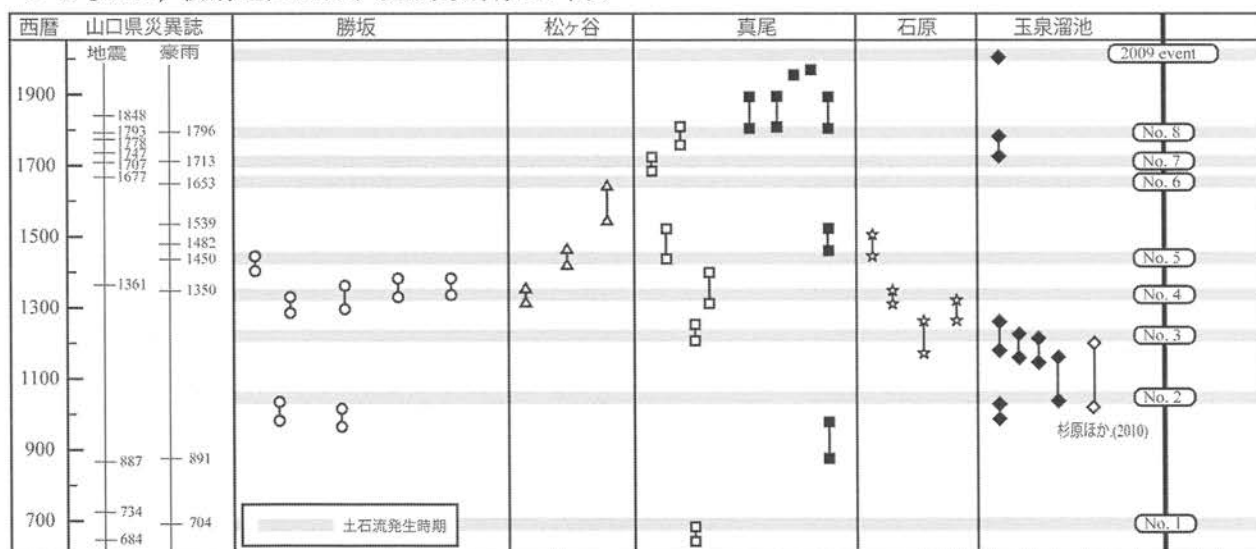


図-8 防府地区の土石流災害発生年表

と、過去にこの溪流で土石流が発生していたことが明らかとなった。このような研究事例が反映されたハザードマップは、実際の地質情報を反映したマップとして、その信頼性の向上が期待できる。ある基準で作成された現行のハザードマップに、図-8に示すような本研究の成果を盛り込むことにより、ハザードマップの高度化が図られるものと期待される。また、住民をはじめとする閲覧者には、安全に対する先入観を払しょくし、長い歴史における災害事実に裏付けられたハザードマップとして信用されることも期待される。さらに、住民にハザードマップそのものを知ってもらうためには、公開のタイミングを図ることや、公開に合わせた説明会や防災活動などを合わせて行うことが効果的であると考えられる。

謝辞：本研究は山口県土木建築部との共同研究の一環として実施したものである。本研究の実施に協力いただいた関係各位に謝意を表す次第である。

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）、地盤工学会誌、Vol.57, No.12, pp.39-42, 2009.
- 2) 鈴木素之・兵動正幸・阪口和之・河内義文・川崎秀明・中田幸男・朝位孝二・吉本憲正・石蔵良平、2009年7月21日豪雨による山口県防府地区での土石流災害の実態とその発生メカニズムの多角的検討、地盤と建設、Vol.28, No.1, pp.185-194, 2011年1月.
- 3) 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、Vol.63, No.3, pp.27-33, 2010.
- 4) 大川侑里・金折裕司・今岡照喜：白亜紀防府花こう岩体で発生した土石流の分布と性状、応用地質、Vol.52, No.6, pp.278-255, 2012.
- 5) 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、Vol.28, No.1, pp.87-94, 2010.
- 6) 阪口和之・鈴木素之・松原輝明・高山陶子：平成21年7月に山口県防府市で発生した土砂災害における源頭部崩壊と土石流の状況とその地形的特徴、地盤工学ジャーナル、Vol.10, No.3, pp.403-414, 2015.
- 7) 阪口和之・鈴木素之・中田幸男・兵動正幸：平成21年7月山口県防府市で発生した土石流の特徴と発生頻度の歴史的評価、第6回土砂災害に関するシンポジウム論文集、土木学会西部支部、pp.77-82, 2012.
- 8) 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・地質特性と過去の土石流・崩壊発生サイクル、地盤工学会誌、Vol.62, No.9, pp.26-29, 2013.
- 9) 阪口和之・楳原京子・松木宏彰・鈴木素之：山口県防府地域における大規模土石流の発生周期、第7回土砂災害に関するシンポジウム論文集、pp.19-24, 2014.
- 10) Suzuki, M., Kagohara, K., Sakaguchi, K., Matsugi, H.: Formation of Sediment Production Areas and Recurrence Cycle of Debris Flows in the Cretaceous Granitic Region, Proc. of 8th Asian Rock Mechanics Symposium, 2014.
- 11) 山口大学時間学研究所編：時間学の構築Ⅰ－防災と時間－、恒星社厚生閣、pp.87-123, 2015.
- 12) 鈴木素之・阪口和之・松木宏彰・楳原京子：時間防災学の視点による2009年7月防府災害および2014年8月広島災害における土石流の長期的発生頻度の推定について、地域性を考慮した地盤防災減災技術に関するシンポジウム、地盤工学会九州支部、pp.65-70, 2015.
- 13) 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、Vol.33, No.1, pp.9-18, 2015.
- 14) 鈴木素之・阪口和之・楳原京子：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、Vol.33, No.1, pp.105-113, 2015.
- 15) 植木岳雪：三重県中部、長島地域における土石流堆積物のAMS14C年代、地質調査研究報告、Vol.65, No.5/6, pp.67-70, 2014.
- 16) 南里智之・横納智裕・米川 康・原田憲邦・安藤裕志・山田 孝：十勝岳・富良野川における火山泥流発生履歴に関する研究、砂防学会誌、Vol.60, No.5, pp.23-30, 2008.
- 17) 西山賢一・若月 強：和歌山県那智川流域における土石流の発生頻度、地形、Vol.35, No.4, pp.351-366, 2014.
- 18) 中田 高・島崎邦彦：活断層研究の溜の地層抜きとり装置(Geo-slicer)、地学雑誌、Vol.106, pp.55-69, 1997.
- 19) 下関地方気象台：山口県災異誌、1953.
- 20) 防府市教育委員会：防府市史 上巻、pp.65-81, 1980.
(2016.5.31 受付)