

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

HISTORICAL EVALUATION ON CHARACTERISTICS AND FREQUENCY OF OCCURRENCE OF DEBRIS FLOWS OCCURRED IN JULY 2009, HOFU CITY, YAMAGUCHI PREFECTURE, JAPAN

阪口 和之¹・鈴木 素之²・中田 幸男²・兵動 正幸²

Kazuyuki SAKAGUCHI, Motoyuki SUZUKI, Yukio NAKATA and Masayuki HYODO

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

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

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

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

Key Words: *torrential rainfall disaster, granitic rocks, debris flows, frequency of occurrence*

1. はじめに

平成21年7月21日から7月26日までの記録的な豪雨で山口県から福岡県の広い地域に多くの箇所でも崩壊や土石流が発生した。特に山口県防府市地域では24時間雨量で観測史上最多の250mm以上を記録し、多くの死者や負傷者が発生する大きな土砂流・土石流災害が生じた。平成21年7月の災害に関しては、これまで災害の全容を報告した古川ほか¹⁾や兵動ほか²⁾、羽田野ほか³⁾をはじめ、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⁾、崩壊と土石流発生域の地形的な特徴をまとめた阪口⁶⁾のような研究もなされている。防府市地域は平成5年8月2日の集中豪雨でも複数箇所でも土石流が発生するなど土砂災害が多い地域である。本豪雨で土砂流や土石流が発生した各溪流には幾層もの旧土石流堆積物が累積していることから、平成5年より以前にも何回もの土石流が発生してきたことを伺うことができる。

本論文では、防府災害地域の広域にわたった調査とその結果に基づいて土石流層序区分を行い、基盤岩を直接被覆する、もしくは層序的に連続する土石流堆積物の形成年代をC14法により導き、同時に古文献との対応から発生年代確度を上げることにより、真の土石流発生年代とその発生間隔を求めた。

2. 土石流発生状況の概要

平成21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(以降土石流に統一)が同時・多発的に発生した。発生箇所を図-1に示すが、対象区域はすべて花こう岩類分布域である。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箇所を越え、480以上の溪流で土石流が生じている。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、その中でも表-1に示す勝坂地区のような崩壊・土石流が頻発している区域と真尾地区のようにほとんど発生していない区域に分けることができた⁶⁾。

表-1 区域内溪流の被災面積率

地区名	流域面積 (km ²)	崩壊・土石流被災面積 (km ²)	被災面積率
勝坂	2.15	0.28	13.0
三谷	1.04	0.11	10.6
石原	2.25	0.21	9.3
松ヶ谷	2.78	0.22	7.9
真尾	6.75	0.13	1.9

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状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浸食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、一部には崩壊でとどまったケースや主溪流に到達せずに活動が停止したケース、本流に到達せずに活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 200m² から 600m² が多く、土石流の流長は 100m 程度の短いものから数 km まで幅広いが、500mまでがほとんどであった。また、崩壊や土石流によって浸食・堆積などの被災した面積は 3.35km² であり、対象流域 150km² の 2.2%にあたる。

3. 土石流発生地域の地質概況

対象区域内の地質は羽田野ほか³⁾では次のように述べられている。「主な地質は、深層までマサ状に風化した花崗岩であり、一般的にも豪雨に弱い岩質である。

また、風化の残留核が玉石状に斜面や尾根に分布し、トアといわれる景観を呈している。(中略)この花崗岩内には、アプライト・ヒン岩・ペグマタイトの岩脈が認められる。これらの岩脈は風化に強いため、溪床などに堅岩として露出することが多い。山地の尾根付近には、一部三郡変成岩がループペンダント状に分布し、土石流の礫中にもこれらの岩石が混入している。」

また、真尾地区においては、「上田南川によって形成された扇状地の南側と北側には大規模な斜面崩壊によって形成された崖錐地形が存在し、複合扇状地のような山麓斜面を形成する。地質は広く分布する花崗岩と局所的に分布する結晶片岩、およびひん岩等の岩脈類であり、花崗岩は深層までまさ状に風化が進んでいる。また、溪床付近に分布する新鮮な花崗岩には水平に近い節理が発達し、薄く剥がれやすい状況にある。扇状地は頂部の標高約 150m であり、上流域からの崩壊や土石流によって供給された花崗岩の巨礫を主体とし、一部に結晶片岩礫を含む礫層からなる。扇状地堆

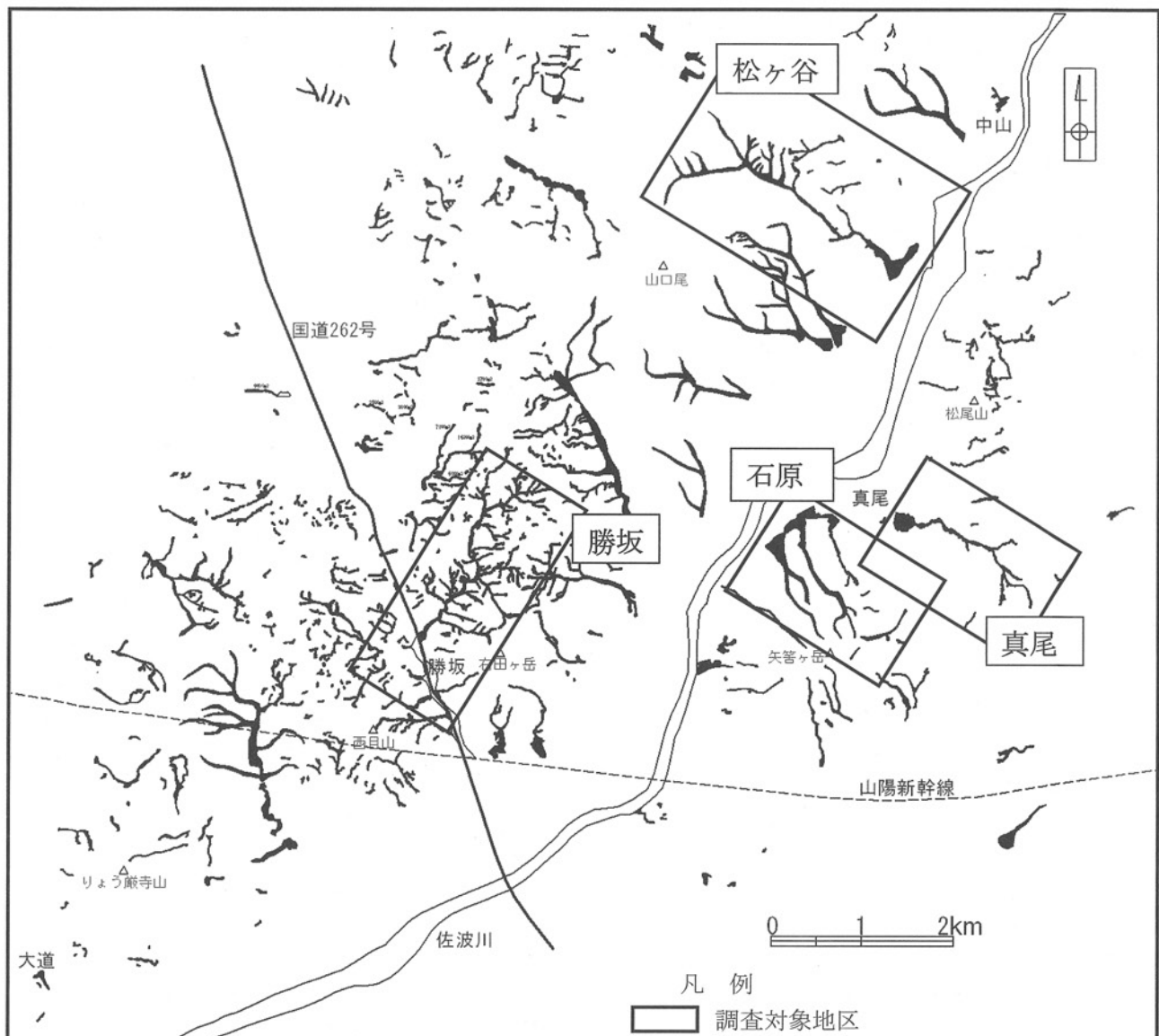


図-1 平成 21 年 7 月 21 日に発生した崩壊・土石流分布と対象地区

積物の露頭の一部ではクサリ礫が含まれるため、中位段丘形成時期に対比される10万年オーダー前の堆積物と考えられ(後略)」と示されている。

4. 土石流発生域各溪流の状況と試料採取箇所

先に述べたように、区域内では右田ヶ岳、西目山、山口尾、矢筈ヶ岳の斜面で崩壊やそれに伴う土石流が頻発しているが、それぞれの斜面内での土石流の発生規模が異なる等の特徴が見られた。ここでは発生規模が大きく多量の土砂を流出した右田ヶ岳の勝坂(剣川)、山口尾の松ヶ谷、矢筈ヶ岳の真尾(上田南川)と石原の4地区に着目し、年代測定試料を採取した。

(1) 溪流の状況

a) 勝坂地区(剣川)

本災害で最も規模が大きな土石流が発生した。溪流長が約6.7kmであり対象溪流の中で最も長く、平均勾配は3°である。本溪流で土石流を引き起こした源頭部崩壊は稜線直下で生じたものが多く、周辺の勾配は20°未満と緩い。崩壊部付近の至る所で開口したシーティングジョイントが認められ、付近には新鮮な破断面を持つ岩石が散在していた。下流の堆積域では50cm以下の大玉礫が所々に散在するものの、そのほとんどは粗砂状のマサ土であった。本災害での浸食面を見ると旧土石流堆積物が数層認めることができ、大川ら⁴⁾は3度以上の土石流イベントがあった、と述べている。施工中のダム掘削面を見ても基盤上に逆級化層理の土石流堆積物が今回を含めて3層確認できた。旧堆積物は石礫主体であり本堆積物と様相を異にする。

2009年堆積物



写真-1 勝坂地区 ダム掘削面での堆積状況

b) 松ヶ谷地区

溪流長は約3.4km、平均勾配5°の溪流である。源頭部付近では40°を越えるが、概ね10~20°である。

本溪流で発生した土石流は、礫は50cm径までが主体であるが、粗砂状のマサ土の占める割合が大きい。

本溪流でも旧土石流堆積物が分布するが、ほかの溪流に比べてその堆積深は浅く、下流から中流域にかけても堆積深の変化は大きくない。本災害の浸食面を見ると下流域では基盤上の旧土石流堆積物は1層のみであり、中流域では3層を確認できた。



写真-2 奈美地区 土石流堆積状況

c) 真尾地区(上田南川)

溪流長は約2.7km、平均勾配8°である。本溪流周辺には10万年オーダーの古い時代の大规模崩壊堆積物が扇状地として周囲に分布する。本溪流は上記2溪流に比べて溪床勾配が急で所々に滝を形成している。発生した土石流は直径1m以上の巨礫が点在し、中流から上流にかけては50cm程度の石礫が散在する。下流域では粗砂状マサ土が主体になる。

本溪流にも旧土石流堆積物が見られ、下流域では1層以上、中流域では基盤上に2層確認できた。



写真-3 真尾地区 土石流堆積状況

d) 石原地区

溪流長は約1.7km、平均勾配13°と対象溪流の中で最も勾配が急な溪流である。本溪流の土石流を引き起こした源頭部崩壊は勾配が35~40°であり露岩にはシート状の節理が発達していた。本溪流の土石流堆積物は石礫が主体で中には4m径に達するものも認められた。石原地区にも浸食断面に旧土石流堆積物が確認でき、地盤工学会調査団⁷⁾は図-2に示すように5層の土石流堆積物に区分している。

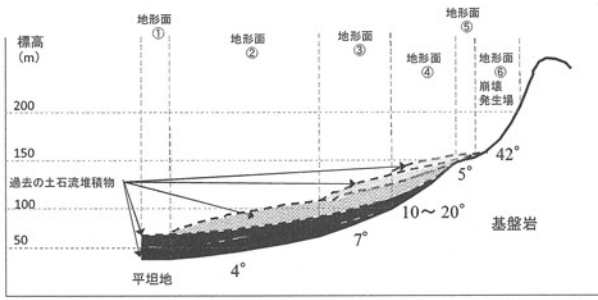


図-2 概略横断勾配と露頭から推察される過去の土石流履歴(文献-7より引用)

(2) 試料採取箇所 の 状況

今回4溪流から11試料を採取した。試料の採取地点を図-3に示す。また、採取した炭化物試料の一部を写真-4に示すが、3~6mm径の細片がほとんどで、その内容は木破片や種子であった。試料は他層のものと混成しないように細移植ゴテやピンセットで採取した。

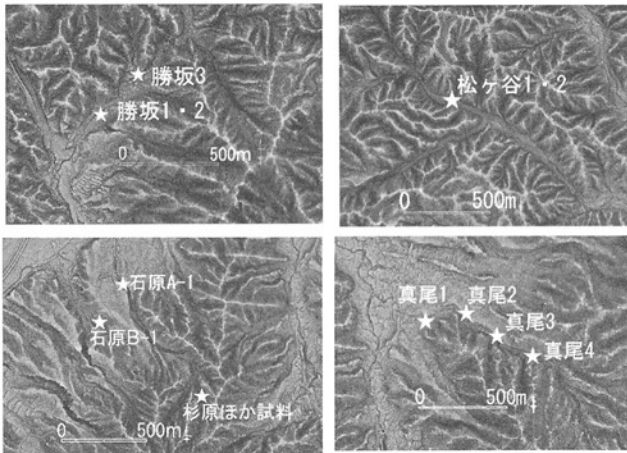


図-3 各地区の試料採取位置

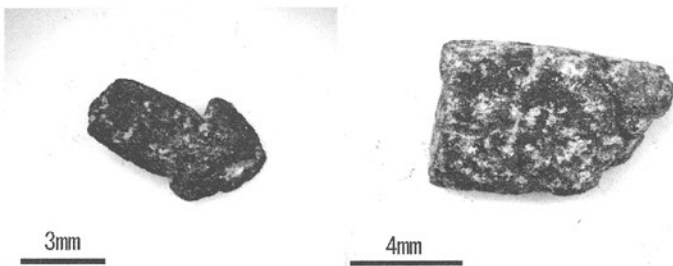


写真-4 採取炭化物試料(左:石原A,右:松ヶ谷)

a) 勝坂地区(剣川)

勝坂地区では下流部で勝坂1・2を、中流部で勝坂3の3試料を採取した。採取地のスケッチを図-4に示すが、勝坂1は今回の土石流堆積物の直下層から、勝坂2は勝坂1直下層から採取した(★位置)。露頭は勝坂2より以深には2層の土石流堆積物が認められた。

中流域の勝坂3採取露頭では基盤上に3層認められ、勝坂3はその中間層にあたる。本露頭では下流部

に比べて巨礫が多く、全般に礫優勢である。

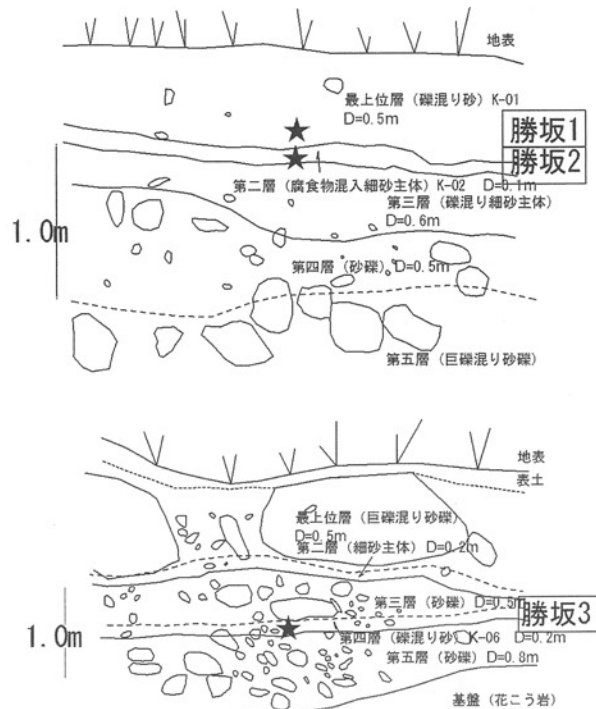


図-4 勝坂地区 試料採取位置図

b) 松ヶ谷地区

松ヶ谷では中流部露頭から松ヶ谷1・2の2試料を採取した。採取地のスケッチを図-5に示す。松ヶ谷1は露頭最下位位置から、松ヶ谷2はその直上層から採取した(★位置)。

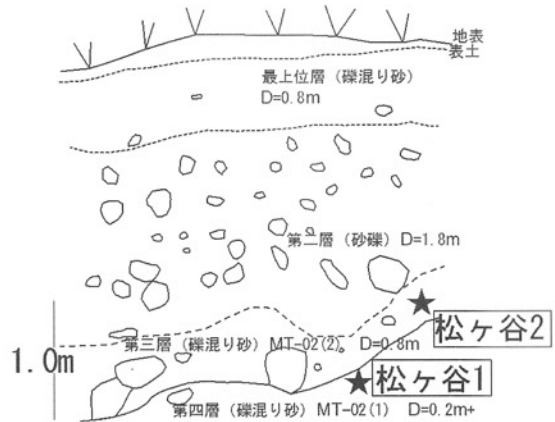


図-5 奈美地区 試料採取位置図

c) 真尾地区(上田南川)

真尾地区では下流から上流にかけて4箇所て4試料を採取した。採取地の内の真尾1と真尾4のスケッチを図-6に示す。真尾1採取露頭は3層の堆積物が認められ、その中間層から、真尾4採取露頭は2層の堆積物が基盤上に認められ、その最下層から採取した。真尾2と真尾3は1層のみの小規模露頭から採取した。

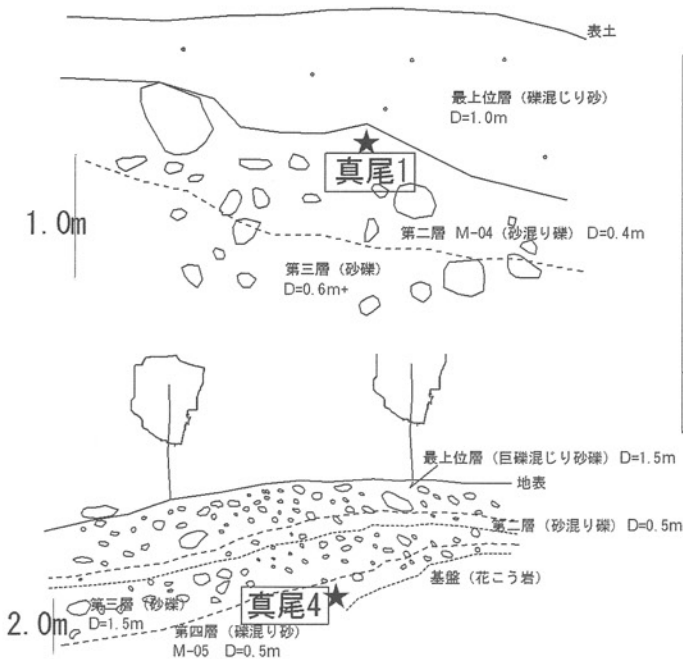


図-6 真尾地区試料採取位置図

d) 石原地区

石原地区では石原 A-1 と石原 B-1 の 2 箇所から 2 試料を採取した。両採取地点ともに基盤が溪床に露出し、それぞれが基盤直上にある礫優勢な堆積物露頭の最下位部の粗砂薄層部から採取した。写真-5 に石原 A-1 採取地点(☆位置)を示す。



写真-5 石原地区 試料採取位置とその周辺状況

5. 放射性炭素年代測定結果および土石流発生頻度の評価

(1) 年代測定結果

年代測定は(株)パレオラボに依頼した。得られた放射性炭素年代を表-2 にまとめた。表中の西暦年代を見ると、勝坂 2 の1,050 年前後が最も古く、真尾 3 の 1,780 年前後が最も新しかった。その年代差は約 780 年であり、古い時代から土石流が頻発してきた地域であることがわかる。

勝坂地区では、勝坂 2 と勝坂 1 は接しており、勝坂 2 上面は削剥された形跡が見られないことから、1,050 年

表-2 年代測定結果一覧表

地区名	箇所名	地表からの深度	$\delta^{13}C$ (‰)	暦年校正用年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	^{14}C 年代 (yrBP $\pm 1\sigma$)	校正C14年代(西暦)	信頼度 90%以上	備考
勝坂	1	GL-0.3m	-25.82 \pm 0.17	486 \pm 18	485 \pm 20	1,414 ~ 1,444	○	直接被覆
	2	GL-0.6m	-27.12 \pm 0.17	1003 \pm 19	1005 \pm 20	988 ~ 1,043	○	
	3	GL-2.2m	-27.43 \pm 0.12	625 \pm 19	625 \pm 20	1,292 ~ 1,329		基盤直上
松ヶ谷	1	GL-4.3m	-26.14 \pm 0.12	560 \pm 19	560 \pm 20	1,318 ~ 1,353	○	直接被覆
	2	GL-3.6m	-23.81 \pm 0.12	423 \pm 19	425 \pm 20	1,435 ~ 1,485		
真尾	1	GL-1.2m	-26.84 \pm 0.19	68 \pm 18	70 \pm 20	1,696 ~ 1,726		
	2	GL-3.0m	-27.16 \pm 0.13	356 \pm 19	355 \pm 20	1,460 ~ 1,525		基盤直上
	3	GL-6.0m	-26.40 \pm 0.12	214 \pm 18	215 \pm 20	1,764 ~ 1,800		
	4	GL-0.3m	-26.25 \pm 0.18	785 \pm 19	785 \pm 20	1,220 ~ 1,271	○	基盤直上
石原	A-1	GL-4.0m	-28.88 \pm 0.13	365 \pm 19	365 \pm 20	1,453 ~ 1,524		基盤直上
	B-1	GL-1.0m	-24.49 \pm 0.13	644 \pm 21	645 \pm 20	1,286 ~ 1,321		基盤直上

前後から 1,430 年前後間の約 430 年間にこの位置に達した土石流はなかったことを伺うことができる。また、松ヶ谷地区では、松ヶ谷 1 と松ヶ谷 2 も直接被覆関係にあり 1,340 年前後から 1,460 年前後間の 120 年間に同位置に達する新たな土石流が発生していないことがいえる。ただし、勝坂地区では勝坂 1・2 の近上流に規模が大きな土石流堆(勝坂 3)があり、その年代は勝坂 1 と 2 の間を埋める 1,350 年前後であることから、当地域のもっとも長い土石流発生間隔は 300 年であるといえる。

(2) 土石流発生頻度の評価

現地調査と放射性炭素年代結果から勝坂地区や松ヶ谷地区では 3 回以上、真尾地区では 4 回以上、石原地区では 2 回以上の土石流が発生したことが確認でき、地盤工学会調査団⁷⁾は石原地区では 5 回の発生が唱っている。図-7 は各地区を横軸に、西暦年代を縦軸に置いた図に各試料の測定結果をまとめたものである。この図から本地域では土石流①から土石流⑤まで 5 回の土石流が発生したことがわかる。山口県災異誌⁸⁾は西暦 500 年頃からの災害関係資料をまとめおり、特に 1,350 年以後の豪雨・地震の記録が詳細に記載されている。その記録と放射性炭素年代測定結果とを照合することから土石流発生年を次のように確定した。

土石流①:1,050 年, 土石流②:1,350 年, 土石流③:1,482 年, 土石流④:1,713 年, 土石流⑤:1,796 年

今回の調査では必ずしも全ての地区で同時期の試料を得ることができなかったが、勝坂地区で下流部の勝坂 1・2 位置の上流域でその間を埋める 1,350 年前後の堆積物が分布すること、石原地区で最も古い年代を示す杉原ら⁴⁾の試料や真尾地区の最も古い年代を示す試料が各々の最上流域にとどまっていることなどから、各地区の土石流規模が発生時期毎に異なったことが推定できる。

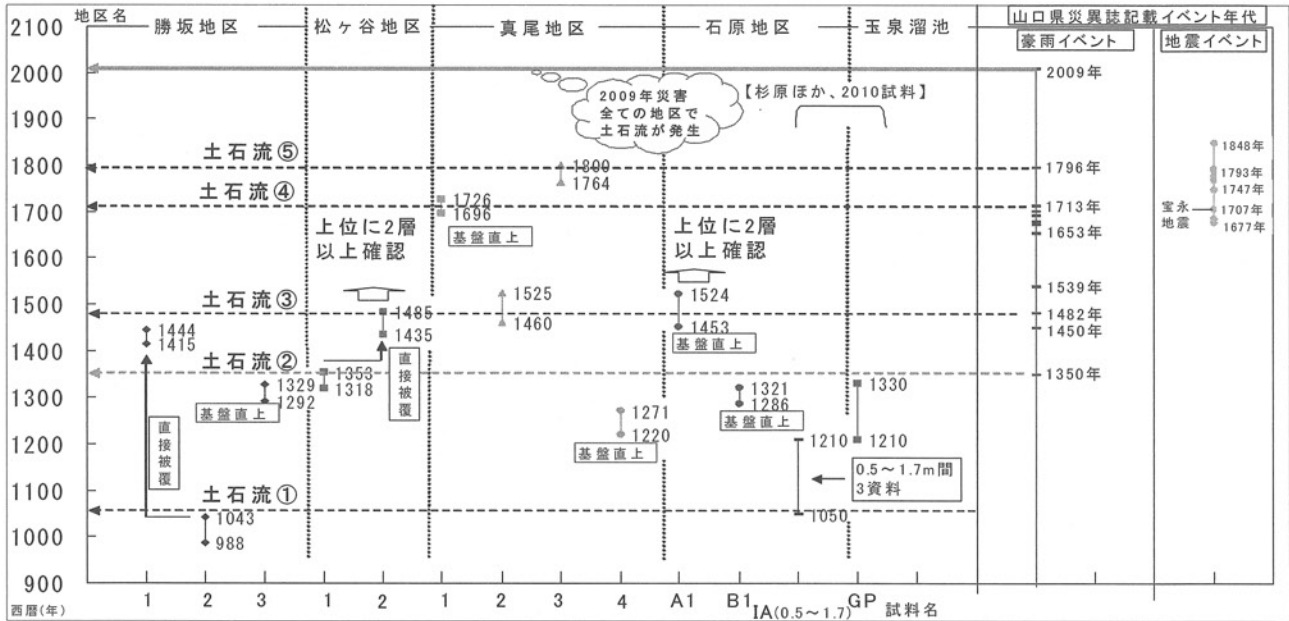


図-7 地区別年代測定結果一覧

勝坂地区の1,050年前後が最も古い年代であったが、採取露頭では下位に2層以上の堆積物が見られることから、確認できる地域内の発生開始時期は1,050年よりも古いことが伺える。今回の結果では、2,009年に発生した土石流直前の1,796年の土石流⑤と、1,710年前後の土石流④の間隔が80年と短時間である。山口県災異誌⁸⁾では、1,677年に降に頻りに地震が発生したことが記されている。特に1,707年には我が国最大級の地震の一つである宝永地震があり、防府市近郊の秋穂地区大きな被害があったことが記録されている。土石流発生間隔が特に短いことはこれらの地震により地盤に緩みが生じて、その後の豪雨で土石流が生じた可能性が考えられる。

古川ら¹⁾の地元の聞き込みから、石原地区では200年以上は災害が発生していないことを、また羽田野ほか³⁾は、松ヶ谷に隣接する鈴屋地区の古老から約150年前に土石流が発生したことを聞き及んでいる。2,009年より前の最後のイベントである土石流⑤は1,796年であり、その間隔は213年となる。

6. まとめ

- ①防府地域の土石流は2,009年以前に過去5回以上発生している。
- ②当地域の最も古い土石流発生は西暦1,050年前後であり、2,009年以前では1,796年にさかのぼる。
- ③土石流間隔は石原地区の80年が最も短く、勝坂地区の300年が最も長かった。様々な要因によりこの間隔は変化する可能性はあるが、本測定結果と古文書との対比から、当地域の土石流発生間隔は80年から300年といえる。

謝辞：本稿をまとめるにあたっては、地盤工学会中国支部防府災害調査研究委員会の方々には有益な意見をいただきました。また、放射性炭素年代測定は科学研究費補助金基盤研究B(研究代表者：中田幸男、課題No.22360187)を使用いたしました。記して感謝いたします。

参考文献

- 1)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書、砂防学会誌,Vo.62, No.3,62-73,2009.
- 2)兵動正幸ほか：平成21年7月21日山口県防府豪雨災害調査報告書(速報版)、山口大学,2009.
- 3)羽田野袈裟義ほか：2009年山口県豪雨災害調査報告書(速報版)、土木学会,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,Vo.63, No.3, pp27-33,2010.
- 5)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,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補樹海形状とその特徴,地盤と建設,Vo.28, No.1,87-94,2010.
- 7)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,Vo.57, No.12,39-42,2009.
- 8)山口県災異誌：下関測候所,1953.

(2012.5.9 受付)