

土石流危険溪流の長期リスク算定と地域社会がもつ 災害ポテンシャルの変遷に関する研究

山口大学大学院理工学研究科 准教授 鈴木素之

概要：

本研究では、2009年7月21日の大雨により大規模な土石流が発生した山口県防府市石原地区の土石流発生域の扇状地で、また佐波川の氾濫域内にある場所でジオスライサーを用いた連続試料採取を実施した。その結果から同地区の地盤構成が河川性、湖沼性、土石流の各堆積物の互層から成ることが判った。また、新旧土石流堆積物中の炭化物の形成年代を放射性炭素年代測定法で測定し、本川氾濫域に到達した大規模な土石流は西暦1200年頃以降に4回以上生じていたことを突き止めた。これまでの結果をふまえて、防府地域の土石流発生時期と間隔が概略判明したが、氾濫に起因する河川堆積物の形成時期を考慮すると、この地域の土石流発生は往時の人間活動と関連している可能性があることを指摘した。また、2014年8月20日に広島市で発生した土石流の発生履歴についても調査し、防府災害と同様に、過去に土石流が繰り返して発生していることを明らかにした。

キーワード：土石流、年代測定、歴史資料、発生履歴

1. はじめに

自然災害が頻発するわが国で、安心・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ていたのかを明らかにし、それを後世に伝えていくとともに、長期的なスパンでリスクを算定し、それをもとに防災対策を進めていくことが大切である。本研究では、2009年7月21日に山口県防府市で発生した土石流災害を対象として防府市石原地区の土石流発生履歴を明らかにすることを目的として調査研究を進めていたが、奇しくも、その途上の平成26年8月20日に、広島市安佐南区ならびに安佐北区で大規模な土石流災害が発生し、死者74人を出すなど甚大な被害が発生した。防府市と広島市は風化した花崗岩とまさ土が表層地盤の広範囲に分布するといった地質特性を有することから、これら二つの土石流災害に対して土砂災害履歴の解明と災害ポテンシャルの変遷に関する検討を行うこととした。

本研究では、**図1**に示す防府市石原地区の土石流発生域にあり、また佐波川氾濫域内にある小規模扇状地において、ジオスライサーを用いて連続試料採取を実施し、試料土から抽出した炭化物に対して放射性炭素年代測定（以下、 ^{14}C 法と略記）を実施し、土石流堆積物の形成年代を測定した。次いで、広島市安佐南区八木地区および安佐北区可部東地区にて土石流発生溪流の側岸にみられた新旧土石流堆積物から採取した炭化物に対して ^{14}C 法

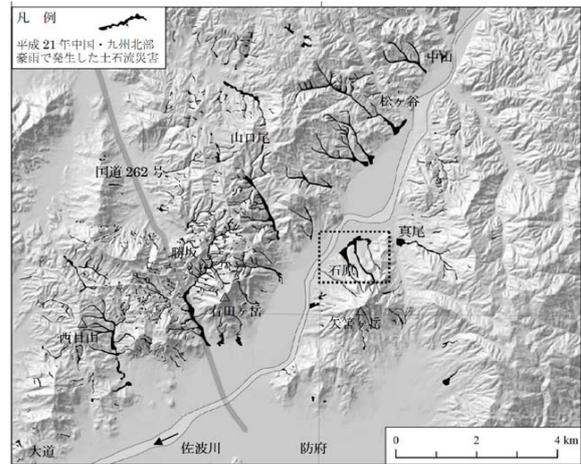


図1 2009年7月21日に発生した防府地域の土石流発生分布

による年代測定を行った。これらの年代測定結果をもとに、3地区の土石流の発生回数と発生間隔を算定した。さらに、得られた年代測定結果は、地域に残る歴史資料と照合することで、算定した土石流発生時期の確度を検証した。現地調査により両地域の土石流堆積物の性状と構造を把握するとともに、年代測定結果と歴史資料の分析に基づいて、土石流発生頻度および発生間隔について考察した。以下に、その結果と考察について記述する。

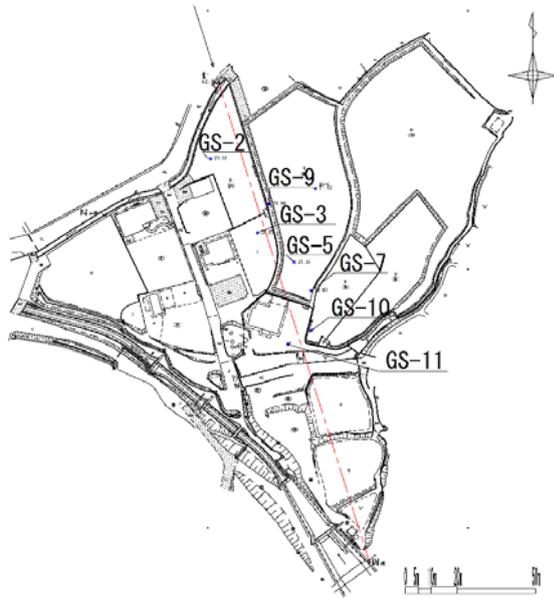


図5 石原B地区のジオスライサー調査箇所(詳細図)

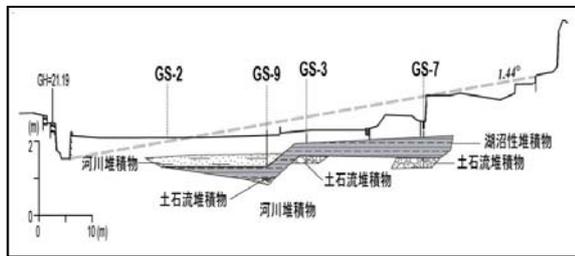


図6 対象箇所の地層断面図(図5中の赤色の測線)

いることがわかる。

地層の成因を検討するために、図5に石原B地区でのジオスライサー調査箇所の詳細図を示す。石原B地区は、溪流出口に小さな扇状地(沖積錘)を形成し、扇状地が佐波川氾濫源と接する地形であることから、河川と溪流の起源が異なる堆積物が指交状に分布しているものと考えられる。GS-10およびGS-11でのジオスライサー調査の結果から、河川起源の堆積物は氾濫時の均質な砂主体層と静穏期のシルト等細粒分主体層に区分することができ、また溪流から供給された堆積物は粗砂～砂礫等の不均質な粗粒分であることが判明した。また、2009年7月の豪雨で発生した土石流では粗砂主体の土石流堆積物が下流域に堆積したことから、上記の堆積物層はこの時の土石流堆積物であると考えた。

図6は図5の中央部をほぼ南北に切った断面図であり、地形の最急勾配は約1.4度である。最下流のGS-2から最上流のGS-7までの試料を読み取った地層断面図であるが、本図から最下層は河川堆積物であり、次いで土石流堆積物、湖沼性堆積物が分布していることがわかる。湖沼性堆積物は侵食を伴わないことから、層序の欠損は考えにくい。その点から、連続試料中の土石流層の欠落の可能性は極めて小さいものと考えられる。河川堆積物はすべての箇所の最下層で、また氾濫源に近いGS-2では上位層でも認められた。また、図3に示したGS-10とGS-11での土層柱状図では、GS-10最下層の河川堆積物がGS-11では深部にもぐりこみ、その間に湖沼堆積物が厚く分布する状況が認められた。土石流堆積物の層数も両位置では異なることから、現況地形とは異なって、河川堆積物や土石流堆積物の分布は平面的にも不規則な状況にあると言える。

(3) 採取試料の物理特性

ジオスライサーによりGS-10、GS-11、GS-101、GS-102で採取した各試料に対して土の含水比試験、土粒子の密度試験、土の粒度試験、土の強熱減量試験を実施した。その結果、河川性あるいは湖沼性堆積物のほうが分布する粒度の範囲が狭く、粒径加積曲線が全体として土石流堆積物よりも左側にシフトしている。また、細粒分含有率に明白な違いが見られ、河川性および湖沼性堆積物の方が土石流堆積物よりも大きい値を示しており、粘土分やシルト分に富んでいることがわかる。また、試料採取地点ごとに強熱減量 L_t を見ると、深度が深くなるにつれて L_t の値が大きくなっている。強熱減量は風化の程度を表す指標であり⁷⁾、一般的に風化が進行すると強熱減量が増加すると言われている。したがって、下層になるにつれて風化の度合いが大きくなっていると言える。土石流堆積物に限ってみると、強熱減量は1.2~3.0%の範囲となっており、河川性および湖沼性堆積物に比べると風化の度合いは小さい。図7に示すように、土石流堆積物と河川性および湖沼性堆積物を比べると、強熱減量と細粒分含有率の分布域に明白な違いが見られた。

4. 防府市石原地区の土石流発生頻度

(1) 放射性炭素による年代測定結果

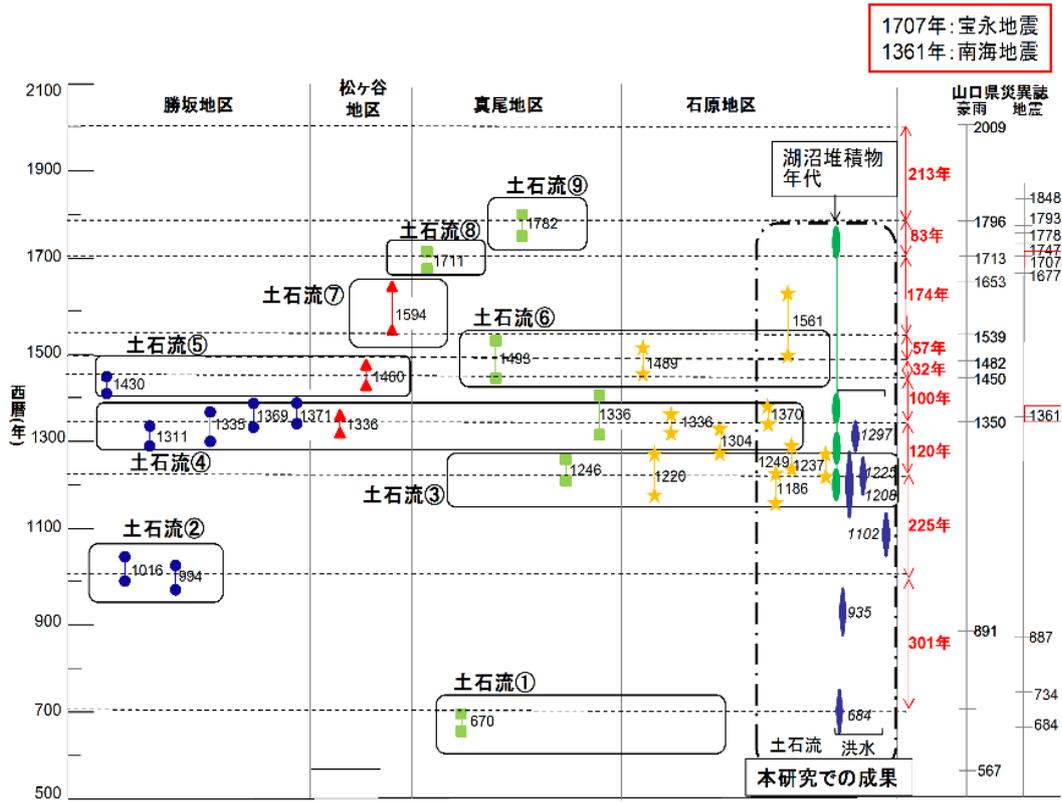


図8 防府地域の土砂災害年表

本研究では、土石流堆積物中から採取した炭化物(GS-3～GS-102で採取した計19試料)に対して¹⁴C法(加速器質量分析法:AMS法)による年代測定を実施した。年代値はδ13Cによる補正を行った後にOxCal4.2(校正曲線データは2013)のIntCal13による暦年較正を行った。¹⁴C法による測定結果から、土石流はA.D.1200頃からA.D.1500頃の間、洪水はA.D.700頃からA.D.1300頃までに集約されることがわかった。

これまでの研究成果から防府地域の土石流は、図8に示すように、2009年の災害以前の①～⑨の時期の土石

流発生がわかっている。本研究の成果は、同図中の破線で囲んだ範囲になるが、土石流に関しては、『山口県災異誌』⁶⁾との整合から、既存区分の③(A.D.1220)、④(A.D.1350)、⑤(A.D.1482)に属することがわかった。一方、洪水に起因する河川堆積物は古い順にA.D.700頃(災異誌ではA.D.702)、A.D.900頃(同A.D.891)、A.D.1100頃(特定できず)の年代を示し、その他に土石流と同時期のA.D.1200前後に集約される。また、静穏期を示す湖沼堆積物の年代を見るとA.D.1200前後、A.D.1300前後を示し、以降はA.D.1700前後まで飛んで、A.D.1200以前は認められなかった。以上の結果から、石原地区では土石流、河川氾濫、湖沼の各堆積物の年代はA.D.1200から1300年間に集中することがわかった。河川氾濫はそれ以前から約200年間隔で生じているものの、A.D.1300頃以降は確認できなかった。

(2) 土石流と洪水の発生頻度の評価

これまでの研究から、防府地域ではA.D.700頃以降に土石流が9回発生したことが判明しているが、いずれの地区でもA.D.1200年代およびA.D.1300年代に集中している状況が認められた。本研究でも石原地区では同様の傾向が認められた。一方、洪水に起因する河川堆積物はA.D.1200頃以前にも160年～250年間隔で形成され、豪雨は約200年間隔で定期的が生じていたと考えられる。豪雨と土石流の発生が必ずしも一致しないことは①

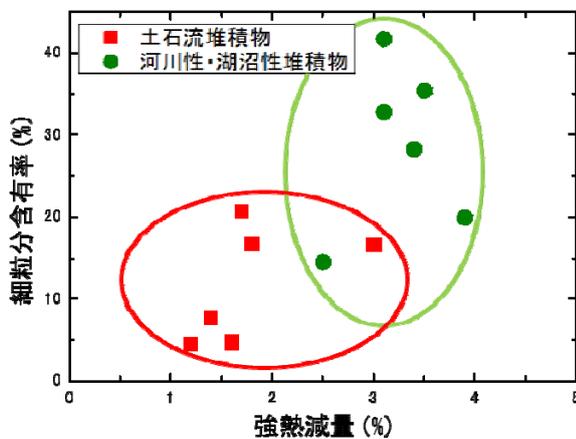


図7 強熱減量と細粒分含有率の関係



図9 八木および可部東地区の調査位置

A. D. 1200 以前には土石流を引き起こす不安定土砂が溪流に存在しなかった。②豪雨は佐波川上流で降り、防府地域には大きな雨量は認められなかった。③土石流の痕跡を洪水氾濫がかき消した等の理由が考えられるが、②の降雨の偏りは長い期間で同じ偏りがあったとは考えにくく、③はA. D. 1200～1300 頃の河川堆積物中に土石流の痕跡が認められることから、過去の洪水すべてが土石流堆積物を削り出したとは考えにくい。

(3) 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と考えられる。平安末期のA. D. 1180 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て地域でもある。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¹⁴C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、人と自然災害の関連は昔から存在していた可能性が高い。

5. 広島市安佐南区・安佐北区の土石流発生頻度

(1) 被害の概要

広島市安佐南区八木、緑井、山本地区、安佐北区可部地区の周辺では、2014年8月19日から20日にかけて降り続いた集中豪雨により、複数の箇所でも土石流や斜面崩壊が発生し、多くの被害が発生した。広島市西部地区周辺においては、1999年6月29日に土砂災害が発生し、土石流の発生や土砂崩壊によって多くの被害を生じた。このように、今回の被災溪流においても過去に繰り返し土砂災害が発生していた可能性が高い。広島市の土石流

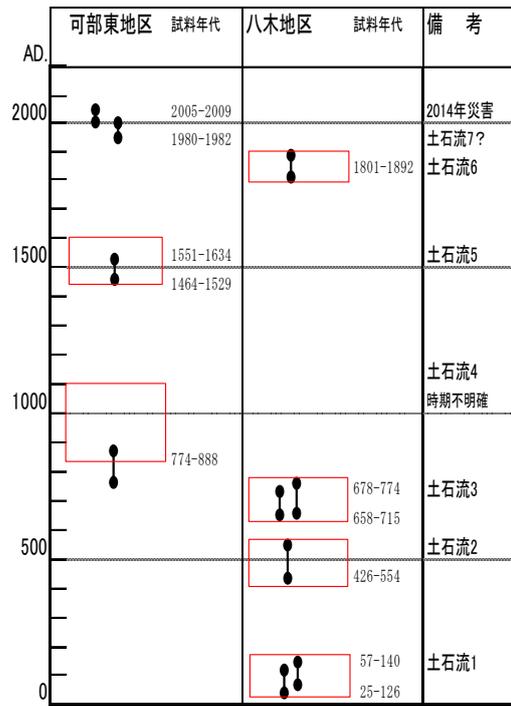


図10 *黒線は試料の¹⁴C年代の範囲、赤線は土石流の推定発生時期を示す
過去の土石流発生時期の対比

発生溪流においても、現地調査を行い、土石流扇状地の地層構成の観察と、それに含まれる炭化物や木片等の採取を行った。以下に、それらの結果と古文書記録などによる過去の土石流災害との対比について予察的に検討を行う。

(2) 安佐南区八木地区

今回の調査位置は安佐南区八木地区である(図9)。土石流堆積物は、巨礫や転石などの粗粒物が卓越するが、流下域の下流部や停止域では細粒な堆積物も含まれることがある。調査ではこれらの地域を重点的に観察し、年代測定に有効な炭水化物等の存在に特に注意してサンプリングを行った。以下に地区の概要を述べる。

八木地区は阿武山の南東麓に位置し、その下流域には住宅地と県営住宅があり、多くの溪流で土石流が発生し、甚大な被害が発生した。県営住宅から下方斜面にかけては、勾配がしだいに緩くなり氾濫・堆積域となる。当地区の土石流堆積物は直径1～3mを超える巨石や角礫を含む粗粒分が主体である。県営住宅の約150m上流では土砂や流水によって堆積物が洗掘され、過去の堆積物の状況が目視できる状況であった。観察の結果、本溪流でも礫の構成やマトリックスの固結度などから、過去の土石流堆積物を複数枚確認することができた。また、八木地区で採取した試料を分析し、6箇所の試料から年代を示す結果が得られた。八木地区の溪流では少なくとも4層の過去の土石流堆積物が確認され、それぞれA. D. 25-140、A. D. 426-554、A. D. 658-774、A. D. 1801-1892の年代を示す結果が得られた。

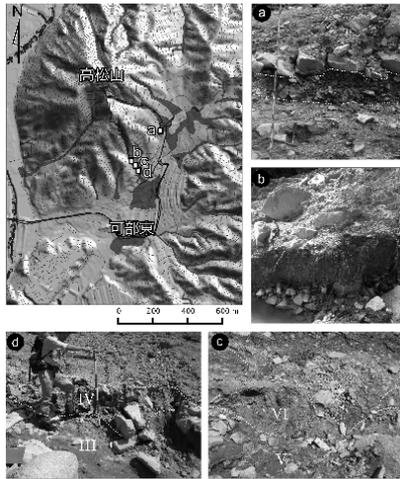


図11 可部東地区の土石流分布と古い土石流堆積物の状況

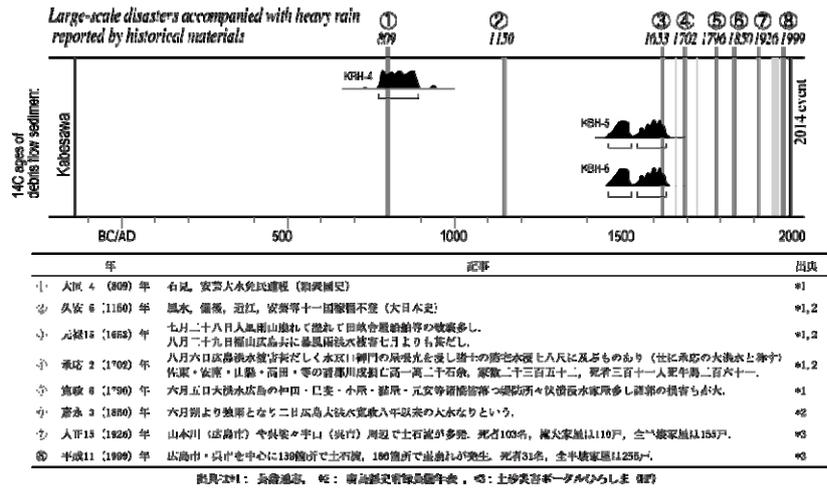


図12 史料に基づく土砂災害史と土石流堆積物年代

溪流の過去の土石流堆積物を調査し、その年代結果から過去の土石流の発生時期を図10にまとめた。安佐北区可部東地区の溪流での結果もあわせて示す。全ての地層から年代試料が得られていないため、時期が不明確な部分も存在するが、現時点で7回の土石流の履歴が推定される。このうち、『祇園町誌』⁹⁾には東山本地区(八木地区)の約5km南方で嘉永3年(1850年)6月1日の山崩れが記載されている。また、天文元年(1532年)4月2日の『陰徳太平記』⁹⁾による「蛇王池」の記述には土石流の発生がうかがえる。これらを年代測定結果と対比すると、それぞれ「土石流6」と「土石流5」の時期に該当すると推定される。

(3) 安佐北区可部東地区

安佐北区可部東地区では高松山の標高300m付近から放射状に複数の土石流が生じたほか、鬼ヶ城山麓にも樹枝状の流下跡を示す土石流が発生した(図9)。両山に挟まれた可部東6丁目では、花崗岩の巨礫を含む土砂が住宅地を襲った。また、災害溪流の源頭部には差別侵食によると思われる凹地が形成され、裁頭谷となっている。この地形が集水地形として働くことで、周囲よりも規模の大きな土石流が発生したと推察される。そして、この溪流沿いには、今回の出水によって下刻された渓床で、過去の土石流堆積物を複数枚確認することができる(図11)。

可部東地区では、1溪流(可部沢)3地点で採取した過去の土石流堆積物中に含まれていた炭化物や材、有機質土の¹⁴C年代測定を実施した。現地調査と年代測定の結果、可部沢ではA.D.1956以後、8-9世紀以後、16~17世紀頃に土石流が発生していた可能性が高い。

図12に広島市や広島県の歴史が取りまとめられている『芸藩通志』¹⁰⁾、『広島縣史』¹¹⁾等で、風水害の被害が大きいあるいは「山崩れ」と記載されている災害(①~⑧)と土石流堆積物の年代を合わせて表示した。上記の

史料からたどれる最も古いイベントは大同4年(A.D.809)に発生した大水である。記事には石見・安芸で「大水」があり、免税されたとあるのみで、このときに広島市安佐北区で土石流が発生していたかは定かではない。しかし、当時の中央政府に伝える程の大災害であったと推察される。年代の一致性から判断すると、土石流堆積物から推定されるイベントのうち8-9世紀以後のイベントは809年、16~17世紀頃のイベントは1653年の記録に対比される可能性がある。

6. 結論

本研究の成果は以下の項目にまとめることができる。

- (1) 石原地区下流部には小規模な扇状地が形成され、その地下は河川堆積物、湖沼堆積物、土石流堆積物が指交状に分布する。
- (2) 石原地区では、本川氾濫域に到達した大規模な土石流がA.D.1220頃以降、平成21年(2009年)の防府災害を加えて4回発生していた。
- (3) 河川氾濫はA.D.700頃以降に約200年毎に発生しているが、土石流の発生は1200年以降に限定されることから、豪雨以外の発生要因がある可能性が高い。
- (4) これまでの結果をふまえて、防府地域の土石流発生時期と間隔が概略判明したが、氾濫に起因する河川堆積物の形成時期を踏まえて、この地域の土石流発生は往時の人間活動と関連している可能性が考えられる。
- (5) 現時点では調査数量・範囲が限定的であるものの、広島市安佐南区八木地区および安佐北区可部東地区で発生した土石流についても、各溪流で過去に土石流が繰返し発生していることが分かってきた。

今後は、広島市での土石流の再発性を裏付ける史料の更なる検索を行うとともに、土石流堆積物の性状と構造の把握、年代測定の調査を継続的に実施していく予定で

ある。

参考文献

- 1) 総務省消防庁：災害情報
<http://www.fdma.go.jp/bn/data/011002251707333418.pdf>
- 2) 宮澤青治, 日外アソシエーツ編集部：台風・気象災害全史<シリーズ災害・事故史3>, 日外アソシエーツ, 2008.
- 3) 防府市教育委員会：防府市史 上巻, pp. 65～81, 1980.
- 4) 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, pp. 59～69, 1997.
- 5) 原口強, 島崎邦彦, 小島圭二, 中田高：地層抜き取り装置による軟弱地盤における定方位連続地層採取方法, 地盤工学会誌, Vol. 46, pp. 24～26, 1998.
- 6) 下関地方気象台：山口県災異誌, 1953.
- 7) 村田秀一, 兵動正幸, 安福規之：風化度に着目した乱さないまさ土の圧縮・せん断特性, 土木学会論文集, No. 382, pp. 131-140, 1987.
- 8) 祇園町誌編纂委員会編：祇園町誌, 1970.
- 9) 香川正矩編：陰徳太平記, 合本1(巻1-18), 犬山仙之助, p. 232, 1911.
- 10) 頼杏坪, 加藤株鷹, 頼舜壽, 黒川方栴, 津村聖山, 吉田吉甫, 正岡元翼編：芸藩通志, 第一巻, 図書刊行会, p. 456, 1981.
- 11) 広島県庁編：広島縣史 附録 芸備年表, 帝国地方行政学会, p. 86, 1925.