

# 平成21年7月21日山口県防府市周辺で 発生した土石流災害の誘因について

INDUCED CAUSES OF THE DEBRIS-FLOW DISASTER ON JULY 21, 2009  
OCCURRED AROUND HOFU-CITY, YAMAGUCHI, JAPAN

海堀 正博

Masahiro KAIBORI

広島大学大学院総合科学研究科 (〒739-8521 東広島市鏡山1-7-1)  
Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University  
E-mail: kaibori@hiroshima-u.ac.jp

*Key Words: storm rainfall, debris-flow disaster, decomposed granite, Hofu-city, Setouchi district*

## 1. はじめに

広島や山口をはじめ瀬戸内周辺には広い範囲で花崗岩類の分布する地域があり,しばしば豪雨による土石流災害が起きている。平成21年7月にも山口県防府市周辺で土石流災害が発生し,市内だけで14名もの犠牲者が出たが,ほとんどの土石流が花崗岩類分布地域内で発生を開始しているようである<sup>たとえば, 1), 2)</sup>。

ここでは誘因となった豪雨について災害発生との関連性を分析するとともに,瀬戸内周辺の今後の土砂災害を防ぐための豪雨情報の利用の仕方について考察してみたい。

## 2. 防府市周辺での土石流災害の誘因としての豪雨の状況

強い雨は災害発生当日の午前6時前後から始まっている。午前6時28分の山口県内全域への大雨洪水警戒に続き,山口市,防府市には7時40分に土砂災害警戒情報も発表されている。午前7時~9時頃にかけてはこの災害につながった一連の降雨の最も強いものが県内各地で記録されている。10時までの時間雨量がやや小さかったものの,11時前後からふたたび強い雨が降り

はじめ,12時前後以降,防府市や山口市の各地で土石流が発生し,犠牲者が出る大きな災害となってしまった。防府(気象庁)の観測値のうち,7月21日の日雨量275.0mm,および,9時18分までの60分間雨量72.5mmは,いずれも観測史上最大の値となっている<sup>3)</sup>。

しかし,土石流の多発による大きな被害の発生が12時前後からである点を考慮すると,日雨量や最大60分間雨量だけではなく,災害発生時刻に至る降雨の状況,すなわち,降雨のパターン等をもう少し詳細に検討する必要があると思われる。

そこで(社)砂防学会緊急調査団が集めた山口県内およびその周辺の176の雨量観測点でのデータ(平成21年7月19日~21日の毎正時の1時間雨量)を使って,災害発生に至るまでの降雨状況の変化を山口県の地図上に表現することにする。その際,筆者の研究室で従来行っている整理手法として,先行降雨の影響を半減期72時間の実効雨量で,また,強雨の影響を1時間雨量で代表させ,先行降雨の影響の分布を把握しながらその上に1時間雨量の影響の分布がどのように重なるかの状況が経時的に把握できるように図を描く<sup>4)</sup>ことにする。

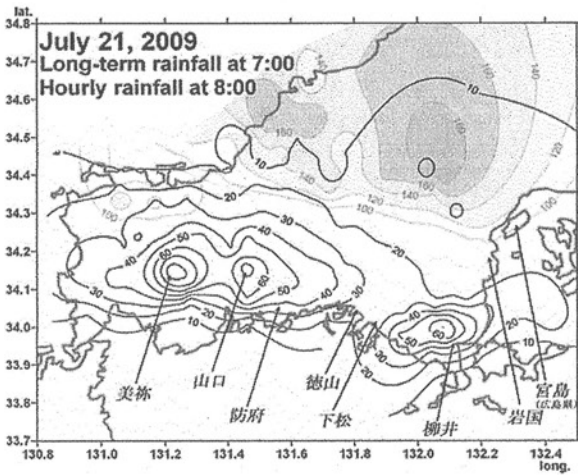


図-1 防府災害における雨量分布重ね合わせ  
 グラデーション: 7時までの先行降雨(実効雨量)  
 太い等値線: 8時までの時間雨量

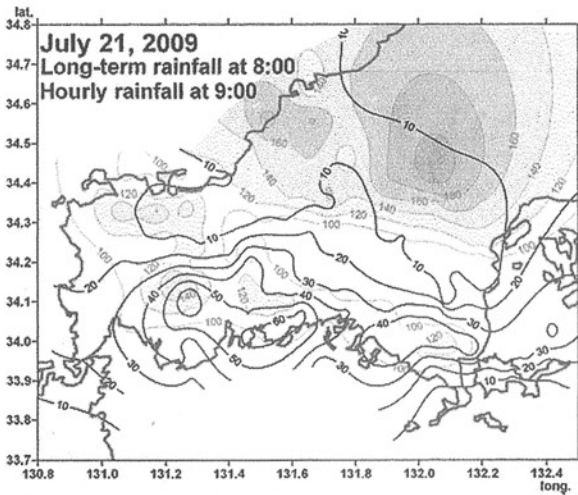


図-2 防府災害における雨量分布重ね合わせ  
 グラデーション: 8時までの先行降雨(実効雨量)  
 太い等値線: 9時までの時間雨量

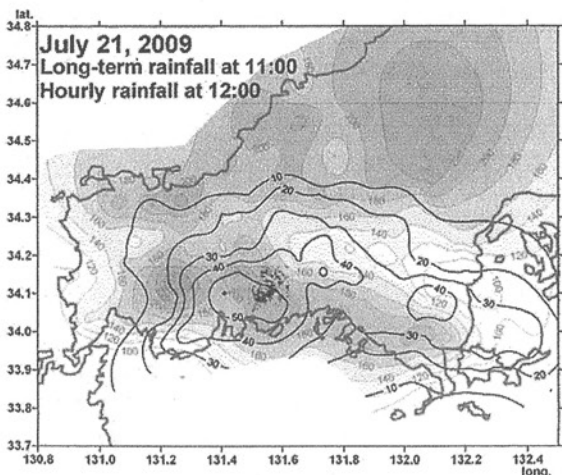


図-3 防府災害における雨量分布重ね合わせ  
 グラデーション: 11時までの先行降雨(実効雨量)  
 太い等値線: 12時までの時間雨量  
 ドット: 土砂移動開始位置

まず、最大時間雨量、最大 60 分間雨量などを記録した時間帯である 8 時と 9 時の雨量分布図をあげた(図-1、図-2)。図中、グラデーションで示したものが先行降雨の分布を、また、黒い等雨量線で示したものが次の 1 時間雨量の分布を示している。ただし、図の右上(北東)は島根県と広島県にあたり、用いた雨量データは県境付近のわずかな観測点のみであるため、山口県外の分布図の精度は低い。8 時までの時間雨量が 60~80mm 超のところは美祿の周辺、山口市周辺、下松から柳井にかけての地域に見られる(図-1)。また、9 時までの時間雨量も 40~60mm 超となっているところが防府から美祿にかけての地域、徳山から柳井にかけての地域に見られる(図-2)。この時間帯にはすでに防府市周辺では大雨警報も土砂災害警戒情報も発表がなされた後で、おそらく家の外は道路も小川も見分けがつかないほどの大水が流れる状況であったと思われる。しかしまだ、土石流の多発には至っていない。その後、10 時までの間は一時小降りの状態となる。ただし、現地調査時に佐波川右岸の奈美地区での聞き取りによると、ある住民の方がこの時間帯の 9 時半~10 時ごろに出勤する際、家の前の小道に濁流が来たことを述べておられ、おそらく小崩壊や流木等が水路を閉塞させるようなことは起きていた可能性がある。

次に、土石流災害の多発する時間帯である 12 時の雨量分布図をあげる(図-3)。この図には空中写真判読から得られた土砂移動開始位置もあわせてプロットしている。従来、土石流の発生や崩壊の多発は十分な先行降雨があるところに強雨が加わるパターンの場合によく見られることが報告されてきた<sup>たとえば 5)</sup>。今回の雨のパターンもまさにそのようになっている。すなわち、図-1 や図-2 の時間帯までも防府市周辺でも非常に強い雨が降っているのだが、それ以前の降雨による地盤の緩みがまだ十分な状態にはなっていなかったと考えられ、この時点までには土石流や崩壊の多発という状況にはならなかった。しかし、図-3 で示す時間帯の防府市周辺では、土石流等が多発する条件の降雨パターンとなったと考えられる。すなわち、土石流の集中発生が起きているところは先行降雨が 180mm 程度以上になったエリアに時間雨量 45mm 程度以上の強雨が加わったエリアであることがわかる。

中井・海堀らによる雨量指標  $R'$  値<sup>たとえば 6)</sup> を使って表現すると、12 時の  $R'$  分布は図-4 のようになり、防府市から山口市の周辺では  $R' > 400\text{mm}$  という非常に高い値であったことがわかる。しかし、9 時の時点でも防府市周辺ではすでに  $R' > 320\text{mm}$  のエリアがかなりの面積を占めていて、必ずしも、12 時前後まで土石流の多発につなが

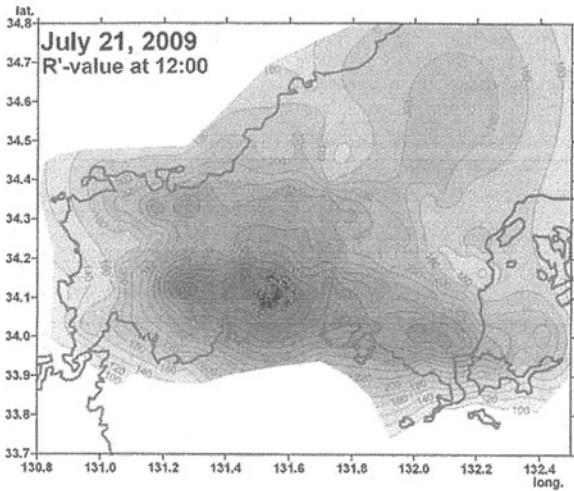


図-4 防府災害における雨量分布重ね合わせ  
12時までの先行降雨( $R$ 図)  
ドット: 土砂移動開始位置

らなかったことが説明できない。同様のことは、土壌雨量指数を使った場合にもいえる。

そこで、先の考え方と同様に、11時時点の $R$ 分布の上に12時までの時間雨量分布を重ねるという見方をすることにしたところ、土砂移動の集中発生場所は $R > 280$ mmのエリアの上に時間雨量45mm以上が加わったエリアになっている(図-5)のに対し、9時頃の段階ではこのような重なりが少なくとも防府の周辺では起きていなかったことがわかった。

なお防府市の周辺で、このような雨の組合せに該当するエリアであっても土砂移動の集中発生がなかったエリアがあるが、後で検証するように、花崗岩類の分布地域

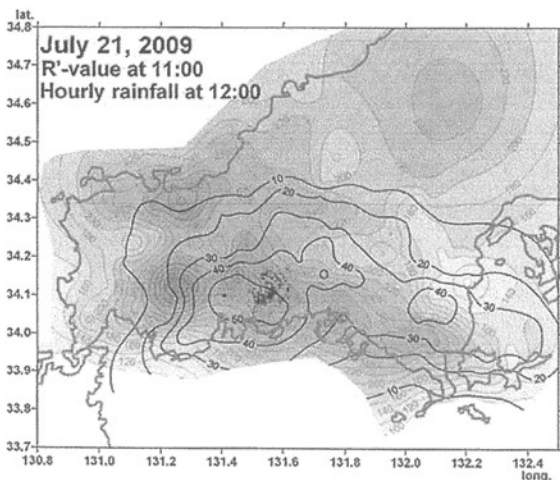


図-5 防府災害における雨量分布重ね合わせ  
グラデーション: 11時までの先行降雨( $R$ 図)  
太い等値線: 12時までの時間雨量  
ドット: 土砂移動開始位置

でないところであったり、 $30^\circ$ 前後以上の斜面にとぼしいエリアであることなどがこの条件では土砂移動を起こ

しにくかった要因として考えられる。

以上のことから、先行降雨の量や分布をふまえた上で、さらに強雨がどのように加わるかという見方が非常に重要であることが、今回の災害からも確認できた。

### 3. 花崗岩分布地域での崩壊の集中度の検証

花崗岩類分布地域に土砂移動現象が集中発生していた状況を調べるために、災害発生直後の空中写真の判読から読みとられた土砂移動の開始点の密度を地質別に調べることにした。発生時刻をおおむね12時前後であるものとして、11時の雨量指標 $R$ の分布図と12時までの1時間雨量の分布図を重ね、そこに土砂移動開

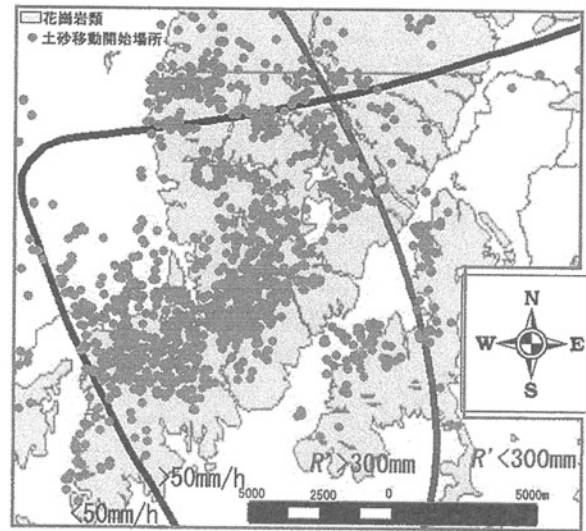


図 6 防府市周辺の土砂移動開始場所と花崗岩類分布地域およびアメダス観測値からの雨量分布との関係

花崗岩類分布地域のみ着色。土砂移動開始場所を●で示す。雨量条件は11時の雨量指標 $R=300$ mmと12時までの時間雨量50mmの境界線で示した。なお雨量データはここではアメダスのみを用いている。

始点を重ねてプロットした。ただし、この作業にあたってはアメダスの観測値のみを用いた。また、特に土砂移動のプロットが密集している地域に注目するために、雨量指標 $R$ が300mm以上かつ時間雨量が50mm以上のエリアだけを抜き出し、土砂移動発生個数と地質との関係を見ることにした(図-6)。また、地質については、ごく単純に、花崗岩類、花崗岩類以外の火成岩、堆積岩類その他、の3分類としたが、判読範囲内のそれぞれの分

表-1 降雨条件を満たす範囲における地質別土砂移動発生頻度の比較(11時の $R > 300$ mmかつ12時の時間雨量 $> 50$ mm)

	面積 ( $\text{km}^2$ )	面積割合 (%)	土砂移動 開始場所数	開始場所の 割合(%)	発生頻度 ( $/\text{km}^2$ )
花崗岩類	74.21	46.81	907	79.42	12.22
花崗岩類以外の火成岩	6.43	4.06	64	5.60	9.95
堆積岩類その他	77.90	49.14	171	14.97	2.20
全体	158.53	100.00	1142	100.00	7.20

布面積率は順に 46.81%, 4.06%, 49.14%であった。ただし、判読範囲内のみを調査対象エリアとし、地形要素は考慮していない。結果は花崗岩類分布地域での発生頻度が最も高く 12.22 箇所/km<sup>2</sup>, 続いて花崗岩類以外の火成岩で 9.95 箇所/km<sup>2</sup>, 堆積岩類その他では 2.20 箇所/km<sup>2</sup>, また、全体平均では 7.20 箇所/km<sup>2</sup>となり、花崗岩類分布地域での発生率が特に大きかったことがわかる(表-1)。

#### 4. 過去の降雨履歴の影響

一方で、降雨パターンや地質などを考慮してもなお、美祢周辺および下松から柳井にかけての地域では今回の大雨を受けながらなぜ土石流等の集中発生に至らなかったのかが不明であった。課題を整理すると次のようになる。①総雨量については、美祢周辺地域も、下松から柳井にかけての地域も、防府市周辺地域と同様、300mm 超になっている。②最大 1 時間雨量については、美祢周辺地域では 80mm/h 超、下松から柳井にかけての地域でも 50mm/h 超の強雨が降っている。③降雨パ

ターンについて見ると、美祢周辺では 8 時の  $R \geq 280$ mm のエリアに 9 時までの時間雨量 50mm 超が重なるエリアがあり、しかも、花崗岩類分布エリアも混じっている。また、下松から柳井にかけての地域では 12 時の  $R \geq 320$ mm のエリアに 13 時までの時間雨量 30mm 超が重なるエリアがあり、しかも花崗岩類分布地域とも重なっている。しかし、これらの地域では土石流などの集中発生は報告されていない(ただし、災害翌日 22 日午後のヘリコプターからの視察時に、美祢周辺の一部地域を水源の一部に持つ厚東川を通して濁流が宇部港まで流下した形跡を目視できている。また、後日の美祢地域の現地調査により棚田の崩れや小規模な崩壊などは複数確認できた)。

そこでアメダスのデータから過去の降雨履歴をおってみた。山口県内のアメダス観測点について、気象庁が提供している気象統計情報の中から過去の気象データ検索<sup>8)</sup>を利用してデータの収集作業を行った。その過程で、山口県東部については 2005 年 7 月と 9 月に、防府市と山口市周辺は 1993 年 8 月と 2005 年 9 月に、それぞれかなりの大雨に見舞われていることがわかった。

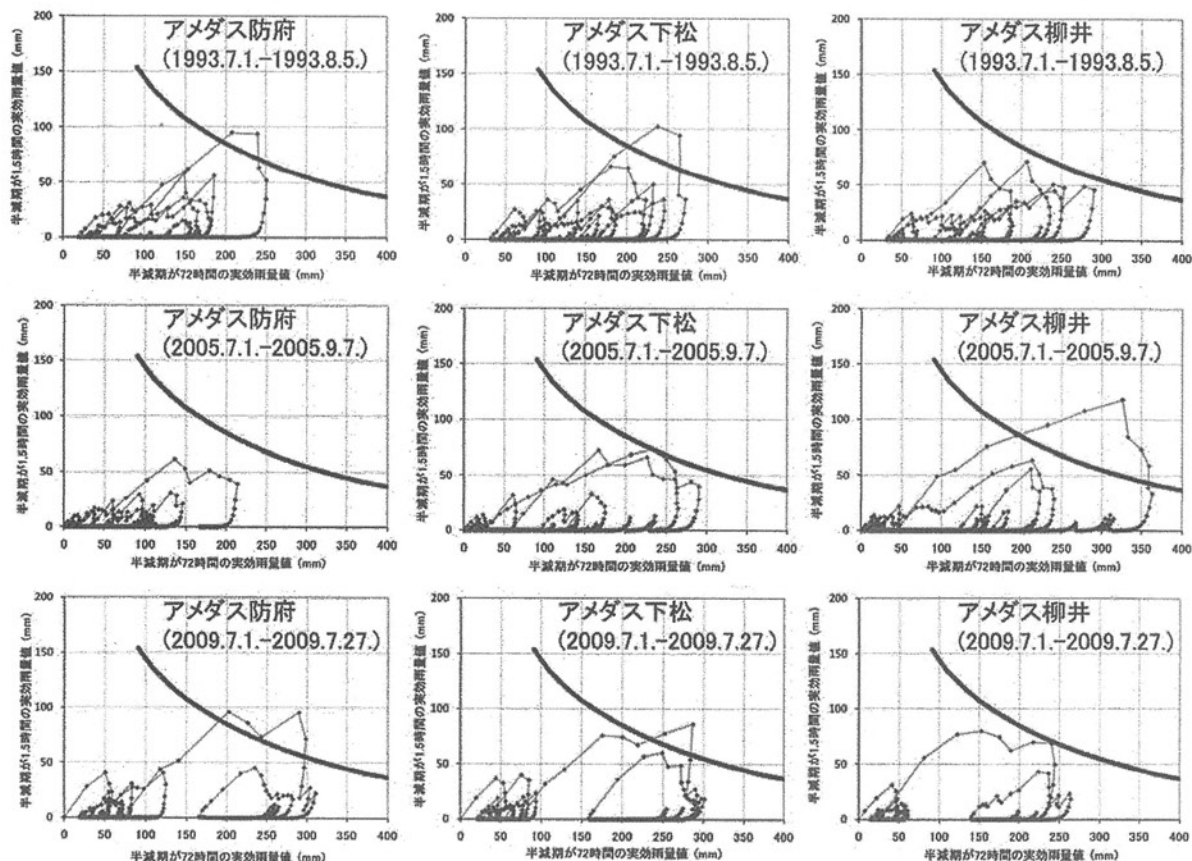


図-7 山口県内アメダス観測点における豪雨の比較

左から順に防府、下松、柳井。上から順に 1993 年、2005 年、2009 年。横軸は半減期 72 時間の、縦軸は半減期 1.5 時間の実効雨量(同時刻表示)。曲線は  $R \geq 320$ mm とした仮の CL。

そこで、アメダス観測点の防府、下松、柳井について、1993年、2005年、2009年の該当する期間の観測雨量を半減期が72時間の実効雨量(横軸)、半減期が1.5時間の実効雨量(縦軸)の同時刻の座標値の推移として描き、中井・海堀ら<sup>6),7)</sup>による雨量指標  $R$  を使って、 $R=320\text{mm}$  の軌跡を仮のCLとして示してみた(図-7)。

この図から、防府については、明らかに2009年7月の降雨が特に大きなものであったこと、1993年にも比較的大きな降雨のあったことがわかるが、1993年の降雨範囲は一部が2009年のものと重なっているが、今回のものよりも南部にかたよって降っており、8月2日に防府市南部の地域で十数件の土石流災害の発生につながっていたことがわかった<sup>9)</sup>。また、下松については、2009年7月も大雨ではあったものの、2005年にも、1993年にも同程度の大雨のあったことが読みとれる。また、柳井については、2005年に今回より大きな豪雨を経験していたことがわかる。

以上から、①美祢周辺地域では山地斜面の少ない地形的要因や土質などの違いにより土石流の集中発生には至らなかったこと、②下松から柳井にかけての地域では比較的最近の2005年にも同程度以上の豪雨に見舞われていたことで2009年の大雨があっても土石流の集中発生には至らなかったこと、③防府市周辺地域では1993年に南部地域については豪雨による土石流災害を引き起こしているが、すでに15年以上経ていることや、2009年の豪雨がより大きな規模であったことなどのために、土石流の集中発生に至ってしまったこと、などが考えられる。

## 5. まとめ

山口県防府市周辺で発生した平成21年7月21日の土石流災害はまれにしか起きないような集中豪雨によるものであることがわかった。誘因となった豪雨について、その降雨パターンや降雨分布と土石流等の発生状況等との関係を検討した結果、防災の観点から以下のようにまとめられる。

- (1) 同じ大雨であっても、十分に地盤が緩んでいると考えられるような条件のところ、さらに強雨が加わるといふ降雨パターンのときに土石流等の集中発生につながりやすいことがあらためて確認できた。具体的には、防府市周辺地域では、先行降雨が180mm程度以上のところに時間雨量45mm程度以上のものが加わるところで、土石流等の集中発生に至りやすいことが示唆された。
- (2) 同時に、近い過去に同程度以上の豪雨を経験しているところでは土石流等の集中発生には至りにくいこ

ともあらためて確認できた。具体的には、山口県南東部の下松から柳井にかけての地域においてもかなりの雨量がもたらされたが、これと同程度以上の大きな豪雨を2005年7~9月に受けており、今回の豪雨では土石流の集中発生には至らなかった。

- (3) また、防府市周辺の土石流や崩壊の発生開始場所と地質の関係から、同じように豪雨の条件があっても、風化花崗岩類の分布地域での崩壊発生集中度がより大きくなることを指摘することができた。

しかし、これらについては、さらに地形的な要因、植生の要因などの自然的な要因が考察の対象として加えられる必要がある。また、土地利用や土地改変の状況などとともに生活場がどのように展開されているかという人為的・社会的な要因なども、災害や防災を考える上ではきわめて重要な考察要因といえ、引き続き検討していかねばならない。

また、土石流災害の起きやすさの議論には、いわゆる免疫性とも呼ばれるような影響が何年くらい継続するものなのかについての知見も必要だが、まだ十分な認識を持つことができずにいる。今後とも事例を重ねて検証する必要がある。

最後に、地域の人々が自らの生活場の土砂災害危険性をどの程度認識できているか、また、異常時にそれをどの程度意識できているかなどが、結局は土砂災害の発生するような状況になったときに被害の大小を決定する最大要因となることをあらためて強調したい。

## 謝辞

(社)砂防学会緊急調査団(団長:古川浩平山口大学教授(当時))団員として活動中に多くの関係者から資料提供や助言、また、ヘリコプター視察の機会をいただきました。考察やまとめを行う上で非常に役立たせていただきました。心より感謝いたします。また、広島大学総合科学部砂防学研究室の卒業生の西井恵美氏(現、広島市職員)には山口県防府市周辺土砂災害のデータ整理において多くのご協力を得ました。ここに記して心より感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 古川浩平・海堀正博・久保田哲也・地頭菌隆・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.
- 2) 山口県土石流災害対策検討委員会:土石流災害対策検討委員会報告書,2010.
- 3) 下関地方气象台:山口県気象月報,平成21年(2009)7月,2009.

- 4) 海堀正博・井上新平・西村賢:自主的な警戒に使うための降雨データの表現例について,第2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,69-74,2004.
- 5) 海堀正博:平成11年広島土砂災害とその対策,「斜面都市における防災を考える」第32回(社)砂防学会シンポジウム講演集, JSECE Publication No.32, 27-38, 2000.
- 6) 中井真司・海堀正博・佐々木康・森脇武夫:最近の土砂災害への新しい雨量指標  $R'$  の適用と警戒避難のための表現方法,砂防学会誌,60(1),37-42,2007.
- 7) 中井真司・海堀正博・佐々木康・森脇武夫:雨量指標  $R'$  による土砂災害発生基準の設定と監視雨量強度  $R_r$  の提案—地域ごとの降雨履歴特性を反映した適用の可能性—,砂防学会誌,60(6),4-10,2008.
- 8) 気象庁,気象統計情報:過去の気象データ検索 <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, 2010.5.1.
- 9) 山口県防府土木建築事務所:山が崩れた!～防府市土砂災害～(小冊子),1994(?).

(2010.5.14 受付)