

# 伊豆大島および阿蘇地域における土砂災害発生に関する実効雨量式の係数特性

林 拙郎<sup>1</sup>・山田 孝<sup>2</sup>

Characteristics of the coefficient employed for the calculation of effective rainfall relating to the occurrence of sediment-related disasters in the Izu-Oshima and Aso regions

Setsuo HAYASHI<sup>1</sup> and Takashi YAMADA<sup>2</sup>

## Abstract

The value of the coefficient employed for the calculation of effective rainfall, which is related to the occurrence of sediment-related disasters caused by shallow slope failures and debris flows in volcano regions, was discussed using hourly rainfall data. Two cases of sediment-related disasters in volcanic regions occurred in the Aso region in July 2012 and in the Izu-Oshima region in September 2013 were investigated respectively. Characteristics of the coefficient employed for the calculation of effective rainfall in these regions were closely related to those that had been obtained by our previous study results. Our results show that these coefficient for the volcanic regions do not have distinguished difference from those obtained in sedimentary rocks regions. To obtain the value of the coefficient employed for the calculation of effective rainfall, it is necessary to use data from the rainfall gauge closest to the generation areas of shallow slope failure or debris flow.

Key words : one tank model, slope failure, debris flow, volcano region, sedimentary rock region

## 1. はじめに

斜面の表層崩壊などに起因する土砂災害の発生時刻の予測法に関しては、これまで実効雨量（鈴木・小橋，1981）や、土壌雨量指数（岡田・他，

2001）を用いる方法が提案されてきた。土壌雨量指数を用いる方法は、よく知られているように3段タンクモデルによる花崗岩地域のモデル定数（岡田・他，2001）を用いた予測法である。このモデ

<sup>1</sup> 静岡大学防災総合センター  
Shizuoka Univ. Center for Integrated Research and  
Education of Natual Hazards

<sup>2</sup> 三重大学大学院生物資源学研究科  
Mie Univ., Graduate School of Bioresources

本報告に対する討論は平成 28 年 8 月末日まで受け付ける。

ルは、何層にもわたる斜面内部の複雑な水の貯留状態を表すために、11個の孔係数とその高さに関する未知数の設定が必要であるが、花崗岩地域に対応したモデル定数を国内全地域に対して用いている。これに対し、実効雨量式に必要な未知係数は、当該地域に対してただ1個(林, 2008)である。さらに、実効雨量と同義の1段タンクモデルを設定すれば、実効雨量は、崩壊地点における土層内水分量、あるいは1段タンクモデルにおける水貯留高を表すことになる(林・山田, 2013, 2015)。このタンクモデルにおける水貯留高は、表土層内部の間隙水圧に相当するものと考えることが可能であり、表層崩壊などの発生に関係する限界値として設定することができる(林・山田, 2013)。

ところが、実効雨量式の未知係数の値は、これまで比較的降雨量の少ない瀬戸内海周辺にて花崗岩地域を中心に求められていることが多かった(鈴木・小橋, 1981; 海堀, 2003)。一方、日本の降雨地域には、被害発生時の累積雨量でいえば、300 mm程度から600 mmを超える程度の範囲まで各降雨地域がある。筆者らは、実効雨量式の未知係数の求め方を日本各地の降雨地域に拡張する方法を考案した(林・山田, 2011)。しかしながら、これまで求められた係数の値は、主に堆積岩を中心とした地質区分の被災地域(以下、地質区域)において得られたものであった。

本稿では、これまで求められた地質区域の係数の他に、さらに火山地域である2012年7月発生の熊本県阿蘇地域の土砂災害と2013年10月発生の伊豆大島の土砂災害に対する実効雨量式の係数の値が求められたので、火山地域2地区における実効雨量式の係数特性について報告する。

## 2. 土層崩壊の発生モデル

激しい豪雨に伴い山地斜面や里山斜面などにおいては、しばしば表層崩壊や渓床土層の崩壊(以下、土層崩壊)が発生する。このような豪雨時の土層崩壊により土石流を含む土砂移動が生じ、場合によっては大きな被害を及ぼすような土砂災害となることがある。豪雨によって斜面土層に浸入する降下浸透流は、土層底面に到達すると一部は

底面に沿って移動し、一部は底面を通り抜けて基盤内に排水される。土層底面に沿う浸透流は、底面浸透流となり、土層内水分量、あるいは水貯留量を変化させる(図1(a))。土層崩壊の発生時刻を予測するには、崩壊する表土層の水分状態や水貯留量を知る必要がある。そのために以下では、実効雨量式と同義の1段タンクモデルを組み合わせたモデルを考える(林・山田, 2013)。実効雨量式は、表土層の水分状態を推測するための最も実用的なモデルであり、次式で与えられる(鈴木・小橋, 1981; 鈴木, 1993; 林, 2008)。

$$D_i = R_i + aD_{i-1} \quad (1)$$

ここに、 $D_i$ : 当初の時刻から*i*時間目の実効雨量、 $R_i$ : *i*時間目の時間雨量、 $a$ : 係数である。上式中の係数 $a$ は、実効雨量式と同義の1段タンクモデル(図1(b))より、次式で与えられる(林・山田, 2013)。

$$a = 1 - b \quad (2)$$

$$b = b_s + b_b \quad (3)$$

ここに、 $b$ : 流出・排水係数、 $b_s$ : 流出係数、 $b_b$ : 排水係数である。(1)、(2)式を連動させることにより式中的実効雨量 $D$ は、土層内の水貯留高を意味することになる。

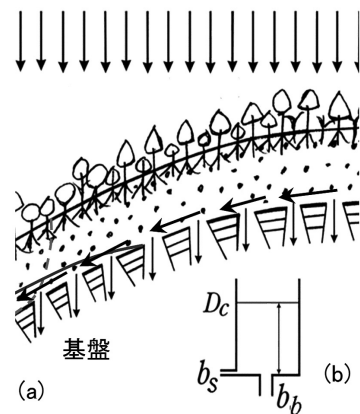


図1 斜面表土層への降雨浸透と土層基盤のモデル (a) 斜面表土層のモデル。空からの矢印は降雨、基盤下への矢印は排水、土層底面の矢印は浸透を表す。土層内左側の破線は破壊面、実線は水面形を表す。(b) 同期する1段タンクモデル、 $D_c$ : 破壊時の水位、 $b_s$ 、 $b_b$ : 孔係数。

土層崩壊の発生予測を実効雨量式によって行うには、発生時の間隙水圧に相当する限界の水貯留高が必要であり、これが限界実効雨量  $D_c$  となる。筆者らは、最近の豪雨災害(ゲリラ豪雨, 集中豪雨, 台風性豪雨を含む)による土砂災害を検討し、各土砂災害の発生時刻とその時刻における累積雨量の検討結果より、連続雨量の考え方における無降雨時間を最低36時間確保した。こうして、発生時までの累積雨量の最小値が限界実効雨量  $D_c$  であると考えた(林・山田, 2011, 2013)。その理由は、それぞれの降雨地域においても似たような危険な斜面(例えば傾斜角 $30^\circ \sim 50^\circ$ , 土層深1 m程度などの斜面)があり、そこでは同様の間隙水圧によって土層崩壊が始まる(林・山田, 2013, 2015)ためであり、そして、崩壊時の間隙水圧は1段タンクモデルの水貯留高によって代替させられるからである。このようなことから筆者ら(林・山田, 2011)は、各土砂災害の発生時刻と同時刻での累積雨量の検討を行い、発生時の累積雨量の最小値を与える福井県美山災害(2004年7月発生)より、限界実効雨量  $D_c$  に270 mmを与えた(林・山田, 2011, 2013)。

こうして、限界実効雨量  $D_c$  が与えられると被災時刻にて土層崩壊が発生すると考えられるので、その時刻にて限界実効雨量  $D_c$  (=270 mm)となるように実効雨量式に関する係数  $a$ , あるいは  $b$  を決定することができる。

ところで、実効雨量式における未知係数は、1個であるにもかかわらず、これまで瀬戸内海を中心とした降雨量の少ない地域においてしか求められていなかった。この実効雨量式を全国的に使用しようとする、多雨地域まで含めて広く実効雨量式の係数特性値を得る必要がある。例えば、比較的雨量の少ない地域の滋賀県大津の土砂災害では、被災時の累積雨量は291 mmであったのに対し、2004年9月の三重県宮川村災害では、被災時の累積雨量は604 mmとかなり多めの降雨量であった。

繰り返しになるが、傾斜角 $30^\circ \sim 50^\circ$ , 土層深1 m程度の危険な斜面(安全率  $F_s$  で言えば、1.1とか1.05を下回る斜面)は日頃降雨の少ない地域

にも、あるいは降雨の多い地域にも存在し、初期の土層崩壊は同様の浸透流水深によって発生する(林・山田, 2013, 2015)。ここで、限界実効雨量  $D_c$  は降雨地域に関わらず一定値(270 mm)と設定しているので、どの降雨地域においても被災時刻にてこの  $D_c$  の値を与えるためには、的確な流出・排水係数の値を決定することが必要である。

これまで得られた実効雨量式に関する流出・排水係数  $b$  と地域雨量  $R_{1/2}$  との関係は図2のように表される。地域雨量  $R_{1/2}$  は、超過確率2年に1度の日雨量であり、土層崩壊に対し豪雨による地域的耐性に対応するとみられる降雨指標である(林, 1985, 2008; 林・山田, 2013)。降雨データの範囲は、降雨量の少ない瀬戸内海周辺の災害から多雨地域に属する三重県宮川村の災害までが含まれている。図中の「防」は、2009年7月の防府災害時のデータである。同図中の直線は、風化花崗岩地域を除く堆積岩他の地域に対し適合する直線を求めたものであり、図中に示されているように相関係数は高く、直線性は良好である。この堆積岩他の地質区分には、堆積岩の他に流紋岩類が1箇所含まれている。図中の直線を以下、実効雨量式の係数特性線(図中の表示は、係数特性線)といい、その値 ( $b$  あるいは  $a$ ) を係数特性値という。

このようなデータが集積し、一般化されると横軸の地域雨量  $R_{1/2}$  に対して実効雨量の係数  $b$ , あるいは  $a$  が求められるので、豪雨時の降雨量に対して実効雨量  $D$  が時刻毎に計算され、避難・

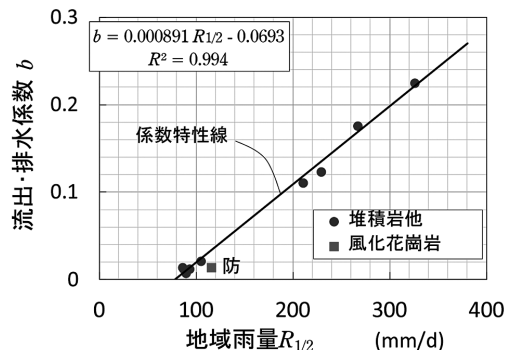


図2 地域雨量  $R_{1/2}$  と流出・排水係数  $b$  の関係(図中「防」は防府災害時のデータ)

警戒に関する予備的な情報を得ることが可能となる。

### 3. 火山地域における実効雨量式の係数特性値

#### 3.1 阿蘇地域の土砂災害の場合

2012年7月12日00時より熊本県阿蘇地域においては、激しい豪雨にみまわれた。いわゆる「平成24年7月九州北部豪雨」による土砂災害である。本州付近に停滞していた梅雨前線に向かって九州南からの非常に湿った空気の流れ込みによる豪雨が発生し、アメダス阿蘇乙姫の最大24時間雨量は507.5 mm となり、死者・行方不明者は25名、家屋全壊は169棟であった（阿蘇地域土砂災害対策検討委員会，2013（以下，県報告書，2013））。

アメダス阿蘇乙姫における2012年6月15日～30日までの平均日雨量は47.4 mm/d と比較的多かったが、7月に入っの降雨状況は、図3に示すように、1日から7日まで連続した降雨があり、平均日雨量は38.6 mm/d である。その後の8日～10日までは降雨量は0 mm であった。11日も15 mm/d と少ないが、12日は493 mm/d であり、13日、14日はそれぞれ148、160.5 mm/d であった。11日の降り始めから14日までの累積雨量は816.5 mm に達した。図3中の↓は災害発生時刻を表す（以下，同様）。

このときの阿蘇地域にて研究対象とした土砂災害は、図4に示すように阿蘇カルデラ外輪部西側の立野地区、東側の手野地区から南の坂梨地区と、さらに東の産山地区までの楕円で囲んだ範囲であ

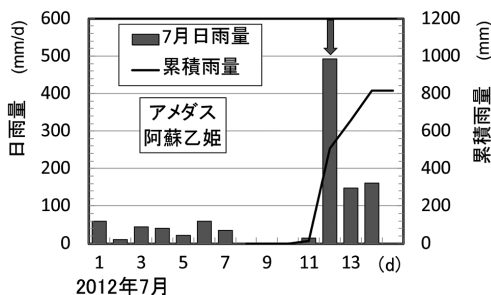


図3 阿蘇地域における7月1日～15日までの日雨量と累積雨量。↓は災害発生時刻。

る。土砂災害は、土層崩壊とその後の土砂の移動・流下によるものであり、カルデラ外輪部東側の手野から坂梨にかけて多数発生した。発生斜面はそれぞれ30°を超える崖状斜面である。地質的性状は、県報告書（2013）によれば、「現在の阿蘇火山の前には、先阿蘇火山岩類からなる小火山が隣立しており、カルデラ外輪部の底部～中部が先阿蘇火山岩（輝石安山岩質溶岩や黒雲母流紋岩）に属している。その後の大規模火砕流噴火によって阿蘇-1(ASO-1)～阿蘇-4(ASO-4)火砕流が発生し、ほぼ現在のカルデラ地形を形成した」とある（一部編集修正）(図4参照)。また、産総研資料(2012)によれば、今回の豪雨によって多数崩壊した阿蘇カルデラ壁の急斜面は、阿蘇-4以降の火山灰などからなる降下火砕物や土壌が覆うとともに、谷沿いには、斜面から崩落した崖錐堆積物も堆積していた、とされている。

さて、7月12日早朝の豪雨域は、概略アメダス阿蘇乙姫を中心に北側と東西側のカルデラ外輪部周辺までであったとみられる。阿蘇地域土砂災害対策検討委員会第1回委員会討議資料（2013）（以下，県討議資料（2013））によれば、04時00分までの1時間の降雨状況は図5に示すとおりであり、カルデラ外輪部西側や同東側に激しい豪雨域がみられる。また豪雨域の時間的移動に関しては一時

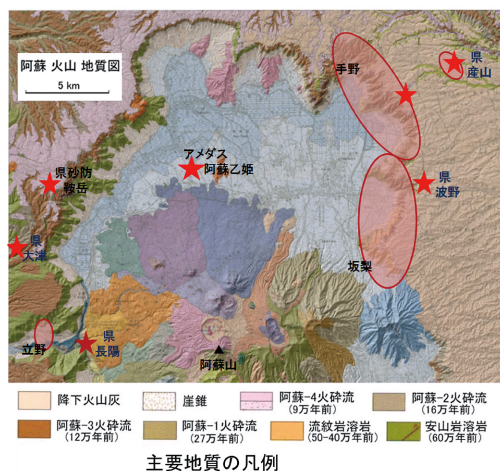


図4 阿蘇地域の火山地質と土砂災害地(○)および各雨量計★の位置(県討議資料(2013)に追加)

的に南側に寄ったり、その後北側に戻ったりし、概略西から東へ移動した模様である。図中の★印と●印は、熊本県雨量計とアメダス阿蘇乙姫（標高497 mm）の位置を示している。降雨量の検討には、対象被災地との位置的關係より、直近で山側にある熊本県雨量計（以下、県雨量計）の降雨量を用い、アメダス阿蘇乙姫の降雨量は地域雨量の設定に利用した。県雨量計における降雨状況は図6に示す通りである。当初、西側の県大津の時間雨量が多く、04時を過ぎたあたりから、東側の県阿蘇城山（以下、県城山）、県波野へと時間雨量が移って行く状況がみられる。

土砂災害の発生時刻は、県討議資料（2013）によれば、カルデラ外輪部西側と東側の被災地で05

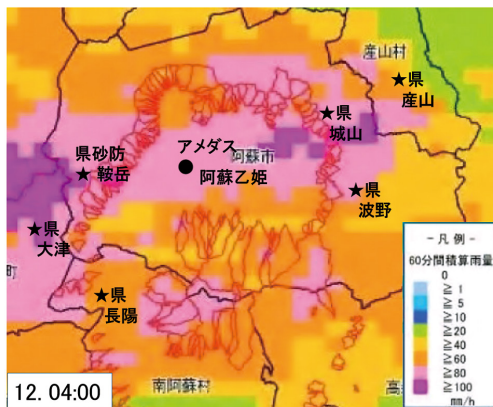


図5 阿蘇地域のレーダ解析雨量（7月12日04時）と各雨量計の位置（県討議資料（2013）に追加）

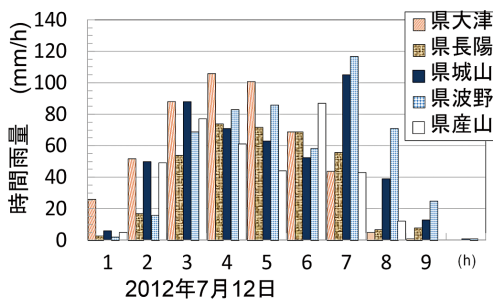


図6 阿蘇地域における各雨量計の時間雨量の経過

時30分（推定）であり、さらに東に位置する産山被災地での同発生時刻は06時（新聞報道）である。各被災地において限界実効雨量  $D_c$  (= 270 mm) に達する実効雨量の各係数を算出するために、カルデラ外輪部西側立野地区では、当初、県大津雨量計（標高520 m）の降雨量を用い、同東側では県城山雨量計（標高743 m）と県波野雨量計（標高830 m）の降雨量を使用した。また産山被災地には県産山雨量計（標高723 m）の降雨量を用いた。

こうして、各被災地の時間雨量に対して先の図2と同様の実効雨量式の係数特性値を算出した結果が図7である。図7の横軸は土砂災害の発生地域の地域雨量  $R_{1/2}$  であり、縦軸は1段タンクモデルの流出・排水係数  $b$  である。図中の直線は図2と同一の堆積岩他の地質区域に対する実効雨量式の係数特性線である。図7中の「阿蘇東」が県城山と県波野の降雨量に対する計算結果であり、この場合はほぼ重なっている。その下の「産山」は県産山の降雨量に対する計算結果である。ここで、「県大津」の降雨量に対する計算結果は、0.1程度「阿蘇東」より上側にある。これは、先の図5に関連して述べたように、県大津雨量計の位置が立野の被災地より少し遠い北側にあり、降雨量の多い地域に入っているためとみられる。一方、立野の被災地直近の雨量計は、南東東側の県長陽雨量計（標高404 m）であるが、降雨域がこの雨量計の位置に到達することが少なく（県報告書、

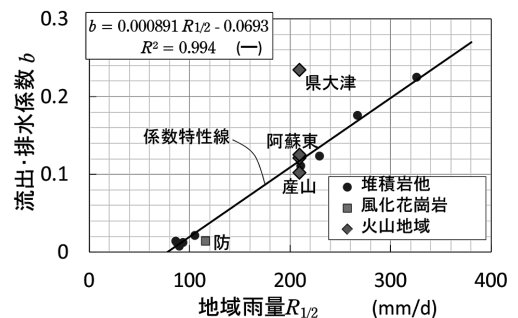


図7 火山地域（阿蘇）における地域雨量と流出・排水係数の関係（図3に当該地域データを追加、「阿蘇東」：県城山雨量、県波野雨量、「産山」：県産山雨量、県大津雨量は単独使用）

2013), 県大津雨量計より全体に少なめ(図6参照)であり, 被災時刻に累積雨量が限界実効雨量 $D_e (=270 \text{ mm})$ に達せず, そのままでは使うことができない。そのため, 県大津雨量計と県長陽雨量計の降雨状況と位置関係を考慮し, 両雨量計における毎時降雨量の平均値(以下, 県大津・長陽)の値を用いて実効雨量の係数特性値を算出した。その結果は, 図8に示すとおりであり, 図中の「阿蘇東西」に3個めの県大津・長陽の計算結果が重なって表示されている。図8より, 筆者らがこれまで求めた堆積岩他のデータに今回の阿蘇火山地域の4個のデータを追加して実効雨量の係数特性線を決定することに問題はないものとみられる。

ここで, 県大津・長陽と県波野の時間雨量と実効雨量の経過を図9に示す。土砂災害の発生時刻は先の設定時刻05時30分であり, この時実効雨量は限界実効雨量 $D_e (=270 \text{ mm})$ となる。その後, 県大津・長陽の最大実効雨量は306 mmとなり, 県波野では346 mmまで到達し, カルデラ外輪部東側で土砂災害が多発した理由が頷ける。被害発生の最初の予備の目安として図中に100 mmのライン(本来は降雨特性や被害発生などの条件より, 決められるべきものであるが, 地域性を考慮して最初に100 mmという小さい値を設定した, 以下「予備の目安」という)を示したが, この値を土砂災害発生の予備の目安とすると, 03時過ぎに実効雨量は予備の目安の100 mmに到達している。この時刻は, 被災時刻直前であり, 結果的に夜半の

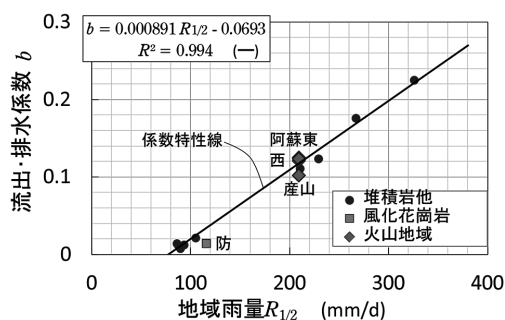


図8 火山地域(阿蘇)における実効雨量の係数特性(図7の県大津雨量の代わりに県大津・長陽平均雨量を使用, 「阿蘇東」に重なり「阿蘇東西」と表示)

豪雨でもあり, 突然発生する一山型の集中豪雨に対して, この予備の目安の設定は, あまり機能を果たしているようにはみえない。ただ, 実際に本法を適用する場合には, 広く雨量計をカバーし, カルデラ外輪部西側の雨量計も含めて予測法を考えるものとするれば, 避難などの条件は異なってくるものと思われる。例えば, 県砂防鞍岳の雨量計(標高950 m, 図4参照)で実効雨量が予備の目安の100 mmに達するのは, 7月12日02時前である。さらに北西側の雨量計であれば, 限界実効雨量に至らないにしても, 実効雨量が土砂災害発生の予備の目安100 mmに達するのはもっと早い時刻となるものと考えられる。

### 3.2 伊豆大島の土砂災害の場合

2013年10月15日から16日にかけての台風26号の接近に伴い, 伊豆大島では, 累積雨量で824 mm(気象庁大島観測所, 以下, アメダス大島(標高74 m))の豪雨が発生した。このため, 伊豆大島東側の大金沢上流部を中心とした土層深1 m程度の多数の土層崩壊(伊豆大島土砂災害対策検討委員会, 2014)(以下, 大島検討委員会, 2014)により, 大量の土砂流下が発生し, 多くの土砂災害が発生した。

よく知られているように伊豆大島は, 火山からなる島であり, 大島検討委員会(2014)によれば, 元町と上流部周辺の地質的性状は以下の通りである。「14世紀(1338年頃)に, 北西山腹に形成され

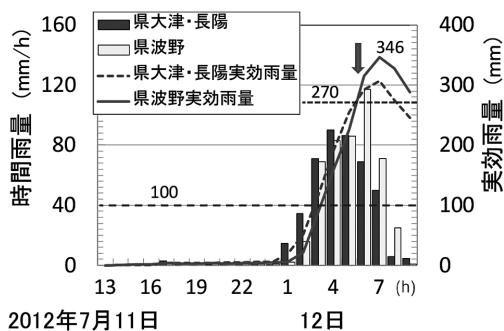


図9 阿蘇地域の土砂災害における時間雨量と実効雨量の経過。右縦軸100 mmに予備情報ラインと270 mmに限界実効雨量の破線を導入。

た噴火割れ目からスコリア放出と溶岩流の流下が起り、現在の元町付近を溶岩が埋め尽くし、海まで達した。その後、山頂部からのスコリア・細粒火山灰の噴出も起り、上流部ではこの未固結な火砕性堆積物が数 m の厚さで溶岩流を覆っている。元町地区は、この14世紀の噴火で流れ出した溶岩流の上につくられた街である」。このため写真1のように、谷壁の形成が浅く、大規模な土砂流下が始まると、直ぐにオーバーフローする傾向があった。

本土砂災害の発生は、2013年10月16日未明である。図10に示すように、10月1日から14日までアメダス大島の日雨量は、5日が最大56.5 mm/dであり、14日間の平均日雨量は6.1 mm/dと少なく、その後の6日～14日までの平均日雨量はさらに少なく、1.6 mm/dであった。その後は台風の関係で15日、16日合わせて824 mmの豪雨となった。アメダス大島のレーダ解析雨量図における位置は、図11の800 mm 以上のメッシュに対応する。この図は、10月14日22時～16日07時までのレーダ解析雨量の累積値を示している。

さて、伊豆大島の土砂災害発生時刻は、図12に示す地震計の記録より、目立った地震動の最初の発生時刻が02:03'であり、その後も、22', 32', 37', 03:02'を検知している(土井, 2014)。また、



写真1 伊豆大島の土砂流出跡と河床溶岩(大金沢中流)

図12中の当該地震計の位置と主要な土層崩壊の発生域を図13に示した。実効雨量の係数特性値を求めるための被災時刻の設定については、現在、標準1時間単位であり、細かくみても30分単位であるので、この場合、土層崩壊の発生時刻として02時30分を設定する。ここで、地震計の記録より土砂災害の発生時刻を推定したのは、降雨状況とは別に推定しなかったからである。アメダス大島の時間雨量を用いて流出・排水係数  $b$  の値を求めると図14(a) のようになるが、従来の係数特性線よ

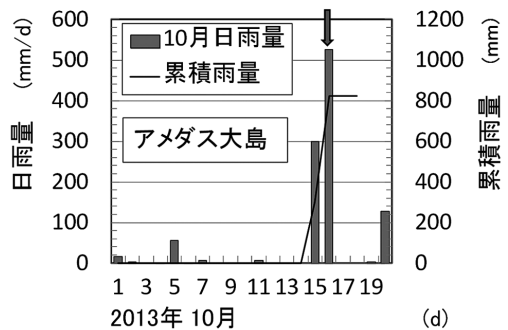


図10 伊豆大島における10月1日～20日の日雨量の経過

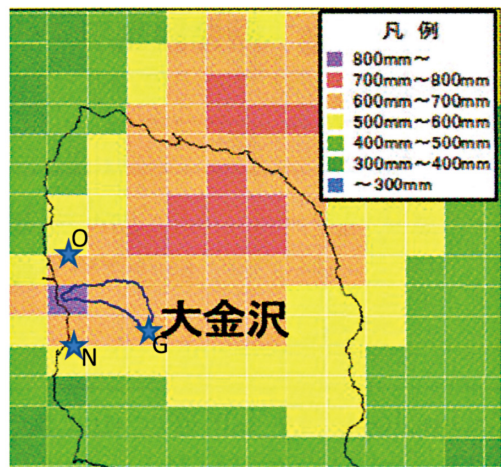


図11 レーダ解析雨量による累積雨量の平面分布(石川・他, 2014)と東京都雨量計位置。★<sub>O</sub>: 都雨量計大島支庁, ★<sub>N</sub>: 都雨量計野増, ★<sub>G</sub>: 都雨量計御神火茶屋。累積期間は10月14日22時～16日07時まで。

り0.1程度上側にある。災害発生時刻を01時30分とすると、係数特性値は、図中の破線矢印の先端、つまり従来の特性線の直ぐ上側のあたりにくる。ところが、01時30分における地震計の記録は、先の図12にあるとおりであり、この時刻付近に斜面崩壊や土石流の地震動波形は見受けられない。

こうして、01時30分に土砂災害が発生していないとすると、伊豆大島における実効雨量の係数特性値  $b$  の値が従来の係数特性線から離れる原因として降雨量の発生状況が考えられる。ここまで、時間雨量のデータとしてアメダス大島の降雨量を採用していたのであるが、アメダス大島の雨量計の位置が土層崩壊の発生した斜面下部の海岸側にあり、この地点の降雨量のみが突出している可能性がある。ここで、先の図11のレーダ解析雨量に

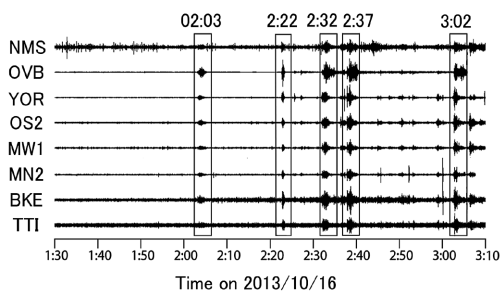


図12 土層崩壊とその後の土砂流出による地震計の記録(土井・他(2014)を修正)。図中左端のNMSなどは地震計の名称で、位置は図13に示す。

よる累積雨量(石川・他, 2014)を改めてみると、海岸部のアメダス大島を挟んで北側の東京都大島支庁雨量と南側の同野増雨量が少ないことが認められ、アメダス大島から北東に延びる降水帯がみられる。一方、図11の大金沢流域をみるとアメダス大島のメッシュが800 mm以上の値を示しているのに対し、図中の大金沢上流および源流部は600~700 mmの範囲にある。そこで、降雨量に大金沢源流部境界に位置する東京都建設局の御神火茶屋雨量計(標高563 m, 図11)を使うことにし、流出・排水係数  $b$  の値を求めた結果が図14(b)の「茶屋」のデータである。ただし、御神火茶屋雨

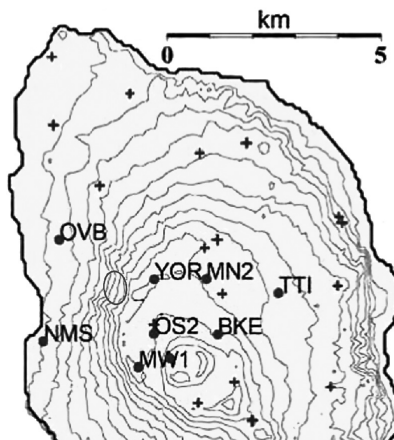
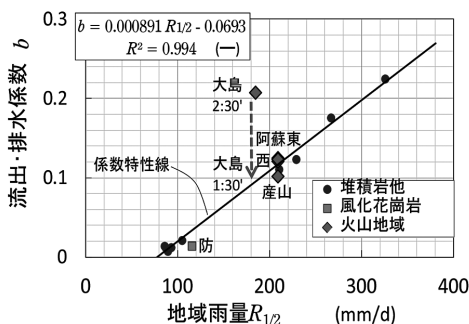
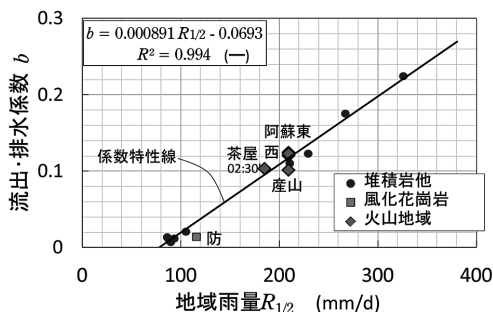


図13 地震計●と主要土層崩壊○の位置(東京大学地震研究所(2014)を追加修正)



(a) 「アメダス大島」雨量を用いた係数特性値「大島」を追加。これを用いた災害発生時刻は破線矢印で示す線上添近にて1:30'となる。



(b) (a)の「アメダス大島」雨量の代わりに「都御神火茶屋」雨量(「茶屋」)を使用して係数特性値を算出。

図14 火山地域における実効雨量の係数特性(図8に伊豆大島土砂災害のデータを追加)



量計のデータは、10月16日02時過ぎから周辺の他の雨量計と比較すると器機的な異常性を示しているとみられるので、02時までの降雨データを周辺の他の雨量計と比較し、適合性の一番よい野増雨量計（標高20 m、図11）の降雨量を用いて02時過ぎからの時間雨量を推定したデータである。こうして求めた実効雨量の係数特性値は、図15のように筆者らがこれまで求めた係数特性線にはほぼ一致している。

このことは、阿蘇地域の場合も含めて火山地域においても、実効雨量の係数特性値は、表層を中心とする土層崩壊の発生場を対象とする限り、堆積岩他の地質区域の係数特性値とほとんど異なることはなく、降雨の地域特性に大きく影響を受けることが推定される。

こうして求めた伊豆大島の土砂災害における時間雨量と実効雨量の経過などを図15に示す。実効雨量の最大値は404 mm まで達し、被害の大きさが実感される。また、土砂災害発生の予備的目安である実効雨量100 mm に対して、御神火茶屋雨量計で予備的目安に達する時刻は15日18時過ぎであり、降雨量の多いアメダス大島でもほぼ同時刻である。本降雨形態の場合は、台風の接近に続く降雨状況を考えて発生日前日の夕刻に避難準備の段階に到達していたと理解することができる。

#### 4. 結語

本研究は、これまで堆積岩を中心に求められて

いた実効雨量の係数特性値が火山地域の土砂災害に対して、これまでと同様時間雨量を用いて求めるとどのような傾向を示すかを明らかにしたものである。火山地域の土砂災害として2012年7月発生の阿蘇地域と2013年10月発生の伊豆大島の土砂災害を代表事例として採り上げ、実効雨量の係数特性値を算出した。以下に主な結論を述べる。

(1) 検討結果は、堆積岩他を中心として筆者らが求めた従来の係数特性線と今回の火山地域の係数特性値とを区別する必要はなさそうであり、これらの堆積岩他のデータと今回の火山地域2地区のデータとを含めて実効雨量の係数特性線を設定することが可能と考えられる。

(2) 今後は、さらにデータを集積した上で、慎重に係数特性線の設定を試みる必要があるが、実効雨量の係数特性値を求めるにあたり、降雨量データの取得先が重要である。係数特性線を設定する段階では、豪雨域にかかる被災地直近で、かつ崩壊現象に直接影響を及ぼす位置関係にある雨量計の降雨データの取得が重要であることが示された。

(3) これらの結果より、斜面表層の風化土層よりなる土層崩壊の発生因子に関する実効雨量の係数特性線は、図14の範囲において基盤を構成する地質的性状に大きく影響されず、降雨の地域特性に大きく関係することが示された。このことは、土層崩壊による土砂災害の発生が地盤工学的特性に影響されることを示唆している。

本研究を行うにあたり、熊本県土木部および東京都建設局の降雨データを提供頂いた。ここに記して関係者にお礼を申し上げる次第である。

#### 参考文献

阿蘇地域土砂災害対策検討委員会：阿蘇地域土砂災害対策検討委員会報告書，熊本県，74p.，2013 (<http://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/138/asokaigi-data.html>)。2014年11月10日閲覧。

阿蘇地域土砂災害対策検討委員会：阿蘇地域土砂災害対策検討委員会第1回委員会討議資料，熊本県，44p.，2013 (<http://www.pref.kumamoto.jp/soshiki/138/asokaigi-data.html>)。2014年11月10日閲覧。

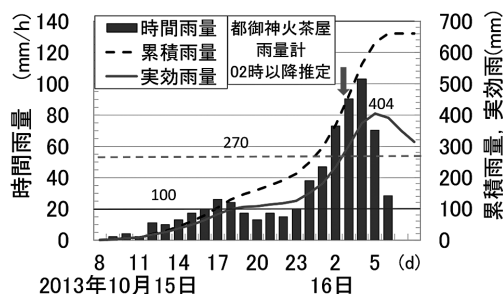


図15 伊豆大島の土砂災害における時間雨量と実効雨量の経過（都御神火茶屋雨量計を使用）。右縦軸100 mm に対し、予備情報を表す実線と限界実効雨量270 mm の破線を記入。

- 土井一生・釜井俊孝・王 功輝・森田裕一：地震波形記録から推定される2013年10月16日の伊豆大島における斜面崩壊・土砂流動の特徴・分布, 第53回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.129-130, 2014.
- 林 拙郎：崩壊面積率と水文データとの二, 三の関係, 日本林学会誌, Vol.67, No.6, pp.209-217, 1985.
- 林 拙郎：自然環境保全のための保全砂防学入門－土砂災害の予知と防災, 電気書院, pp.198-234, 2008.
- 林 拙郎・山田 孝：豪雨による斜面表層崩壊と実効雨量－斜面内土層の浸透流からの検討－地盤工学ジャーナル, Vol.10, No.1, pp.157-162, 2015.
- 林 拙郎・山田 孝：最近の豪雨の特徴と土砂災害の発生雨量, 平成23年度砂防学会研究発表会概要集, pp.140-141, 2011.
- 林 拙郎・山田 孝：最近の土砂災害における実効雨量の係数の特性について, 砂防学会誌, Vol.66, No.2, pp.31-39, 2013.
- 石川芳治・池田暁彦・柏原佳明・牛山素行・林真一郎・森田耕司・飛岡啓之・小野寺智久・宮田直樹・西尾陽介・小川 洋・鈴木 崇・岩佐直人・青木 規・池田武穂：2013年10月16日台風26号による伊豆大島土砂災害, 砂防学会誌, Vol.66, No.5, pp.61-72, 2014.
- 伊豆大島土砂災害対策検討委員会：伊豆大島土砂災害対策検討委員会報告書, 東京都建設局, 57p., 2014. (<http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/kasen/ooshima/>). 2014年11月10日閲覧.
- 海堀正博：瀬戸内の傾斜地における自然災害と人々の生活－特に呉周辺地域について－, 日本研究, 特集号2巻, pp.19-28, 2003.
- 岡田憲治・牧原康隆・新保明彦・永田和彦・国次雅司・齊藤 清：土壌雨量指数, 天気, Vol.48, No.5, pp.59-66, 2001.
- 産総研((国法人)産業技術研究所)：平成24年7月九州北部豪雨による熊本県, 阿蘇カルデラ北東部で発生した斜面崩壊の地質学的背景, 2012. (<https://www.gsj.jp/hazards/landslide/120712aso.html>), 2014年11月10日閲覧.
- 鈴木雅一：山地保全学, 文永堂, pp.64-84, 1993.
- 鈴木雅一・小橋澄治：がけ崩れ発生と降雨の関係について, 新砂防, Vol.34, No.2, pp.16-26, 1981.
- 東京大学地震研究所：第127回火山噴火予知連絡会(2013年10月22日)資料(その8)当日配布資料 pp.5-6, (<http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/CCPVE/CCPVE08.html>). 2014年11月10日閲覧.

(投稿受理：平成27年1月13日  
訂正稿受理：平成27年10月26日)

## 要 旨

火山地域における斜面の表層崩壊や土石流による土砂災害の発生に関係する実効雨量式の係数特性値を時間雨量を用いて検討した。今回、火山地域の土砂災害として、2012年7月発生の阿蘇地域の土砂災害と2013年10月発生の伊豆大島の土砂災害を採り上げた。この火山地域2地区における実効雨量式の係数特性値を求めたところ、係数特性値は従来の係数特性線に近い値として求められた。この解析結果から、火山地域の係数特性値に対しても、筆者らが求めたこれまでの堆積岩を中心とした係数特性線と特に区別する必要性はみられなかった。また、実効雨量式の係数特性値を求めるにあたり、土砂災害の発生場に最も近い雨量計のデータを利用する必要性が示された。