

北広島町出原地区における地域貢献研究 —土砂災害の調査と自主防災のための雨量観測の試み—

海堀 正博

広島大学大学院総合科学研究科環境自然科学講座

Community contribution research in Idebara area in Kita-Hiroshima Town, Hiroshima Prefecture: Field investigation of sediment-related disaster and trial rainfall-observation for disaster prevention by residents themselves

Masahiro KAIBORI

Division of Environmental and Physical Sciences,
Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University

Abstract

Sediment-related disasters occurred two times in Idebara area in Kita-Hiroshima Town, Hiroshima Prefecture. This area is covered by weathered granite and rhyolite, and located around the watershed of Idebara-river, which is one tributary of the most upper region of Gonokawa-river. Since the disaster in 2006, some investigation were executed to become clear a danger degree of sediment-related disasters, and to make up some countermeasures for disaster prevention and mitigation. According to this investigation, debris-flows occurred repeatedly in a few sub-watersheds and a very dangerous sub-watershed, where a new debris-flow would occur in near future, was detected. There are a lot of debris-materials in the area, which were composed of some sediment transported by past slope-failures and debris-flows. The surface-soil is very wet and trees on it are disorderly inclined. These conditions of the investigated area and the importance of rainfall information were explained to the residents in Idebara. After the explanation meeting, a trial rainfall observation by residents themselves was started. It was verified that this system was very functional and useful for people there through the torrential rainfall in July, 2010.

1. はじめに

北広島町出原地区は旧千代田町に属し、島根県江津で日本海に注ぐ一級河川江の川の源流のひと

つである出原川流域の最上流地域にあたる。図1に調査対象地付近の地図を示す。周辺の山々の標高は600～750m、人々の暮らしは出原川沿いの標高350～370m付近に営まれている。本地域は

世帯数22軒，耕地面積約12.9ha，高齢化に加え，後継者不在の世帯が多く，10年後には3割が空き家になってしまうのではないかとおそれている住民もいる。しかし，出原川の源流域には数多くの樹種からなる豊かな森があり，ふだんから清流が流れていて，中下流においてはその水を使った水田耕作地が広がっている。

しかし，この地域では近年，土石流の発生を伴う土砂災害に見舞われ，あらためて土砂災害の危険性に関心を寄せる住民が増加した。同時期に，山間地を使った新たな建設残土処分地計画や産業廃棄物処理場計画も出ており，土砂災害の観点からの危険性の現状を把握しておきたいとする住民が増えてきた。

そこで，筆者は，平成18年9月16日夜に発生し

た台風13号豪雨による土砂災害の調査を契機に，当該地域における土砂災害の危険性を調べ，適切な対処手法を検討するため，住民の協力を得ながら調査・研究を始めることにした。平成20年度以降は，広島大学地域貢献研究のひとつとしても採択され，現在に至っている。

2. 当地域における近年の土石流の発生状況

平成18年9月16日22時ごろ，広島県は安芸太田町，広島市佐伯区湯来町，北広島町，安芸高田市にかけて大雨となり，それに伴い各地で崩壊や土石流が起きていた¹⁾(図2)。その同じ豪雨で，北広島町出原地区の出原川上流域においても数箇所

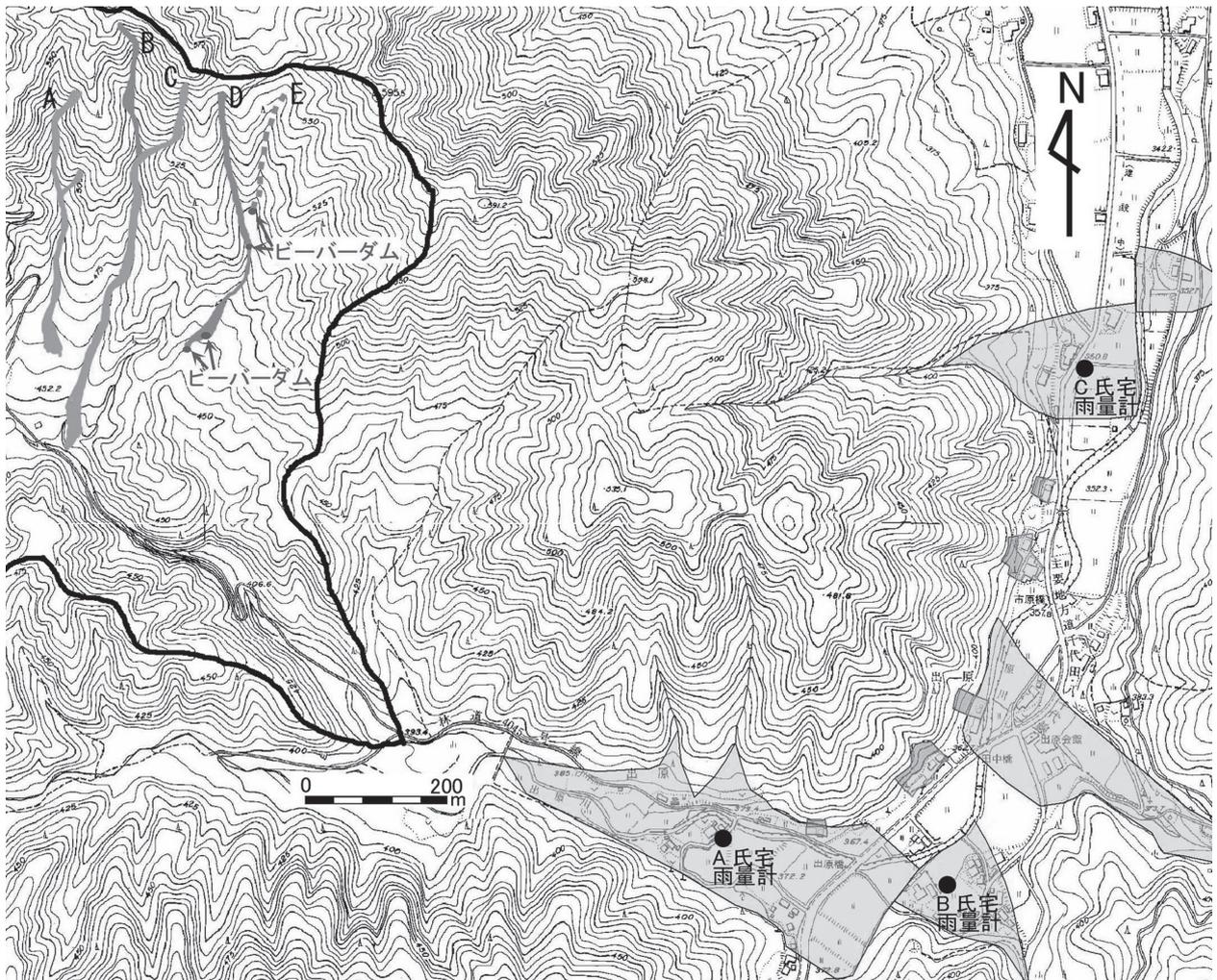


図1 調査研究の対象とした出原川上流地域

広島県防災情報Web(<http://www.bousai.pref.hiroshima.jp/hdis/index.jsp>)の土砂災害ハザードマップから引用した図面上に，A～Dの土石流発生位置と近い将来土砂移動の発生が予想される位置(E)，および，後述する雨量観測点の位置を示したもの。

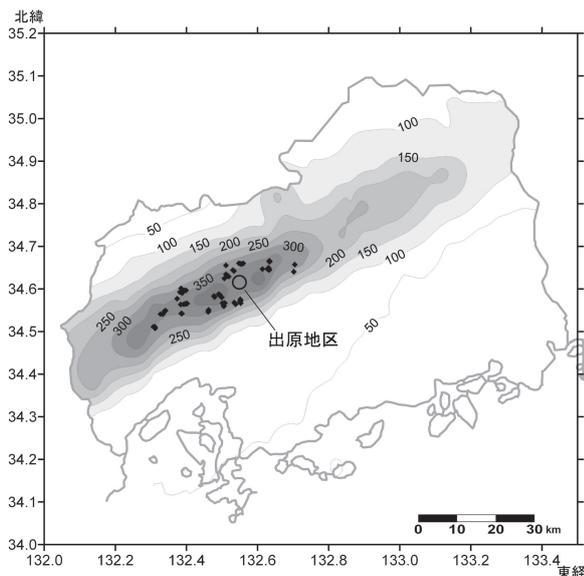


図2 平成18年9月16日台風13号豪雨による
土石流発生開始位置と出原地区の位置

グラデーションは中井ら(2007)による R'_{max} 値で表現した雨量分布を示す。濃くなるほど過去の雨量や強雨の程度が大きかったことを示している。

崩壊や土石流が発生していた(写真1)。

このときの土石流災害は、出原川沿いの居住エリアに細粒のマサ土が混入した濁流として流れ込み出原川の護岸の一部に損傷を与えたものの、家屋の全壊・半壊等の大きな被害を出さずに済んでいる。小被害で済んだ大きな要因は、上流に砂防堰堤が設置されていて、これより上流側で大被害につながりうる多くの土砂や流木等がせき止められたことであり、被害の減少に貢献していたといえる。また、後述するように、流下途中の自然的な立地条件により部分的に堰き止められていることも大きく影響している。

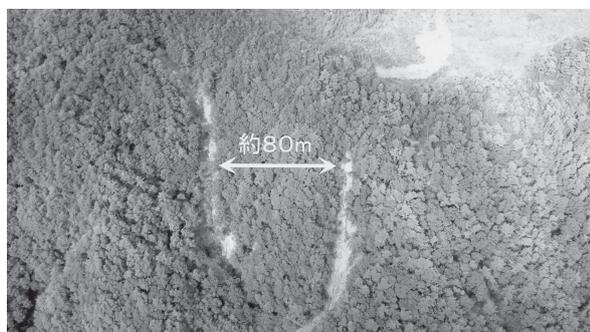


写真1 出原川源流域の南向き林内に発生した土石流開始地点の崩壊(平成18年9月18日撮影)
左端のものが平成18年に発生(図1のB)、右側のものは平成11年に発生(図1のC)、上のものは稜線を越えた別流域の幼齢林地で平成18年に発生したもの。

この堰堤より上流域において、このときに発生した土石流の状況について現地調査を行った。その結果、(1)出原地区には花崗岩類と流紋岩類の分布が見られるが、調査した源流域は風化した花崗岩類の多く分布する地域であること、(2)流路周辺の堆積物とその状況から判断すると、近年にも、また、かなり以前にも土石流が起きていた地盤構造であること、(3)近い将来、土石流の起きやすくなっている地盤の不安定域が認められること、等の状況がわかった。

このとき発生した土石流の開始点は流域の最上流部の稜線近くで、標高約550m付近である。周囲の植生はアカマツ混じりの広葉樹林で、樹種や大きさは多種多様である。株立ちをしているものが多いことから、人々の生活と一体となって形成された里山林として位置づけられる(写真2)。

源頭部の崩壊は大きなものではなく、幅約12m、長さ約15m、深さ約0.6mで、勾配約25°の決して急ではない表層崩壊である。この崩壊土砂は動き始めは大きな流速や侵食力を持っていなかったと思われ、崩壊の下40m程度の流下区間は崩壊土砂が一部堆積しながら表層部を通過した痕跡はあるものの、中央部の約1m幅のガリー状の部分以外はあまり大きく侵食されていない状況であった。しかし、それより下流に行くにしたがって、しだいに周囲の斜面からの崩壊土砂等も入り込み、土石流としての規模が増大し、侵食力も大きくなったと思われ、流下幅約6～8m、深さ約3～4mの明瞭な流路を形成している。



写真2 株立ちする樹木が目立つ出原の森
(図1の土石流Dの下流で平成21年3月27日撮影)

この土石流の最大の特徴は、広葉樹林地で起きたものであるため、流木となった広葉樹は互いに絡み合いやすい、ということである。そのため、流下の過程で、峡谷部の入口の直上流部や峡谷部の出口で流路の幅が広くなり勾配がやや緩くなる部分などではそれらが兩岸の岩盤や立ち木等に引っかかるように、いわゆるビーバーダムのような構造を形成して停止しており、これに土石流の石レキ部分や大きな流木など破壊力の大きなものの多くがせき止められたような状態になっていた(写真3)。そのような部分が4カ所程度形成された(図1参照)ことによって、土石流は主に細粒土砂だけが水と混じったいわゆる土砂流の形態に変わり、その後、下流の居住エリアに入り込んだものであることがわかった。これまで述べてきた土石流は平成18年にこの溪流で発生したものである。

しかし、すぐとなりの溪流で発生した土石流は平成11年に発生した土石流流路を通して再度土砂移動があった点が異なっている。おそらく平成11年の土石流発生時には先に説明したような溪流の荒廃状況だったと思われるが、平成18年には豪雨によってそれまで未崩壊であった支流の源頭部でやや大きめの崩壊、すなわち、幅約16m、長さ約35m、深さ約1.5m、勾配約32°の規模で発生した崩壊の土砂が最初から大きな侵食力で流下したと思われる。崩壊の下部の流路は幅8m、深さ約3～4mでほぼ連続して本流の出原川との合流点の手前120mのところまでつながっていた。合流点付近にかけての120m程度のエリアは勾配が10°未満



写真3 流木が樹林に引っかかって形成されたビーバーダム
(図1の土石流Dの最下流のもの。平成20年7月15日撮影)

でやや緩くなることから、溪床や溪岸があまり侵食を受けておらず、崩壊土砂は主に通過しただけの様相を呈していた。源頭部の崩壊土砂が途中で堆積していないことから、今回の崩壊土砂が土石流化して流下したことは間違いないのだが、流路の侵食状況については、平成11年の発生時に形成されていた可能性もあり、今回の流出土砂量が大きかったかどうかについては不明である。

平成11年の土石流や崩壊の痕跡は、現時点(平成22年9月時点)でもグーグル・マップの写真画像で確認することができる(<http://maps.google.co.jp/>)。ここには引用できないが、グーグル・マップの画像は平成11年6月29日の土石流や崩壊と、その後の尾根すじを越えた北向き流域での伐採の後に、撮影されたものであると思われ、平成18年9月16日に発生した土石流等は表現されていない。しかし、緑で覆われた植生の状況の中にはすでに平成18年に崩壊や土石流等が起きて荒廃するルート周辺が肉眼でおぼろげながら識別できることは非常に興味深い。

以上のように、この山体の南向き斜面では、西側の2つの溪流で平成11年に土石流が発生し(図1のAとC)、平成18年には、平成11年に起きなかった支流部分(同B)と、さらに東隣の溪流での崩壊・土石流が発生した(同D)。しかし、調査の過程で、さらに平成18年の土石流が起きた溪流の最上流の未崩壊の支流部(同E)にも、近い将来、崩壊・土石流の発生場となるであろうエリアが見つかった。(株) ECRから提供を受けた、平成21年1月に出原上空から撮影した写真(写真4)を見ると、雪景色の中に、平成18年に発生した崩壊・土石流(B

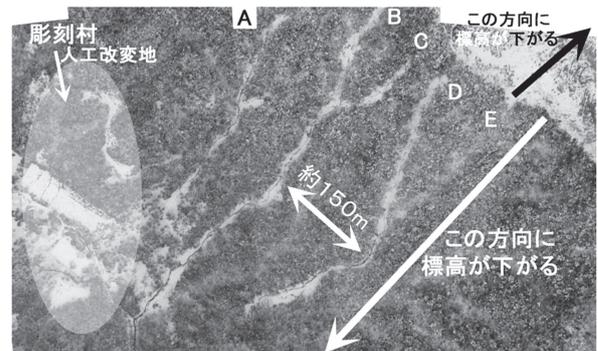


写真4 出原川源流部上空から見た様子
(平成21年1月16日 (株) ECR撮影)

とD)とともに、平成11年に起きていたもの(AとC)、また、近い将来、起きると思われたところ(E)などが写っている。そして、このエリアもまた、写真4では森林の植生状況の異質なところとして肉眼で識別することができる。

3. 近い将来土石流の発生が予想されるエリアの状況

現地調査の過程で見つかったこのエリアの特徴を列記すると次のようになる。

- (1)樹林で覆われており現時点で崩壊や土石流が起きてはいないエリアである。
- (2)にもかかわらず、樹林は無秩序に傾いたり、中には根こそぎ倒れたりしているものがある(写真5)。
- (3)小流域の最上流部で稜線のすぐ近くであるにもかかわらず、水が豊富でじめじめしており、黒色の田んぼの土のような粘質土が表面を覆っている。
- (4)倒れている木の根は、アカマツの場合も広葉樹の場合も、鳥のあしのように浅く横に広がった水平根が形成されているだけに見える(写真6)。
- (5)降雨後には地中を水が音を立てて流れている。
- (6)ところどころに陥没した部分があり、その部分では降雨後に発生する水流を目視することができる(写真7)。

このようなことから、このエリアの地盤の強度はかなり低下していて、近い将来、豪雨によって

崩壊や土石流の発生開始場となる可能性が高いものと考えられた。

そこで、比較的深い陥没の見られるところについてこの部分を利用して、地中の構造を調べることにした。

非攪乱試料の採取を行いつつ、約80cm付近までトレンチを掘った(写真8)。全体的に黒っぽい土壌層が分布していたが、表面から約10～70cm付近は黒灰～暗褐色の土壌層で数cm径のレキが混じっている。その下には数十cm径の石レキも混じっていて、水が流れている空洞があり、その付近には再び黒色土壌層が表れた。わずかながら、炭化木片が含まれていたため、これを採取し、年代推定のための試料とした。

非攪乱試料の採取に用いたサンプラーは、塩ビ製で、肉厚10mm、内径100mmの円筒管を6.0cm長さで切り、一方の端部にテーパを付けて尖らせ



写真6 薄く広がっていただけに見える倒木の根
(出原川源流域にて平成20年5月16日撮影)



写真5 出原川源流域で無秩序に傾く木々
(平成20年7月15日撮影)



写真7 降雨後に確認できた陥没部の流水
(出原川源流域にて平成20年5月16日撮影)

た構造のものである。これを土層の上に置き、周囲を包丁で削りながら、少しずつサンプラーの位置を下げていくことにより、攪乱の度合いの少ない試料が採取できる(写真9)。

採取した非攪乱試料のいくつかを用いて、室内実験により飽和透水係数を求めた。実験前には2日間以上にわたり水槽に沈めて十分に飽和状態にした。その供試体を透水試験装置にセットし、定水位透水試験方式で実験を行い、約400～500分の間の透水性変化の傾向から1,000分後の透水性を計算した。その結果、深さ20～60cmの範囲の試料については $1.5 \times 10^{-3} \sim 2.5 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ という透水係数が得られた。これは花崗岩質のマサ土の一般的な数値とほぼ同等の透水係数である。なお、これより深い部分には水流をとまなう空洞が空いていたため、試料の採取も、透水試験も行っていない。



写真8 トレンチを切って現れた土層構造
水みちとなるような空洞をとまなっている
(出原川源流域にて平成21年12月12日撮影)



写真9 非攪乱試料のサンプリングの様子
(出原川源流域にて平成21年12月13日撮影)

一方、採取した炭化木片試料については、放射性炭素年代測定を行った。測定作業は、(株)地球科学研究所(名古屋市)に依頼した。その結果、この試料からは西暦1660年～1960年のいずれの年代もあり得るといったものとなった。このことは、この周辺で過去に何度も人の利用があった可能性を示唆しているとも解釈できる。

4. 地域住民自身による雨量観測の試み

従来、土砂災害の発生が懸念されるような気象条件となっても、それに対する住民の自主的な警戒も、避難も、また、行政や周囲からの警戒・避難の呼びかけに応じることも、ほとんどなされないことが多かった。そのため避難のタイミングを逃し、深刻な被害の発生につながるものが繰り返されてきた¹⁾。近年、広島県をはじめ多くの自治体が、防災に関する情報をインターネットを使って公表し、住民がこれを利用することでいち早く情報を得て、防災・減災に備えられる体制が作られている²⁾。

広島県の防災Webには現在294の雨量観測所のデータがいつでも利用できる体制が作られているが、豪雨による土砂災害を想定したとき、適切な降雨の情報を的確に入手できる環境が必ずしもどこにでも整っていると考えることはできない。

たとえば、出原地域には広島県や北広島町の管轄する防災のための雨量計がひとつも存在しなかったのである。また、当初は携帯電話網も整備されておらず多くのところで「圏外」表示となる状況で、かつ、インターネットの利用はほとんどなされていない状況であった。平成22年9月現在、携帯電話網については改善されつつあるものの、なお、インターネットの普及は十分とは言い難く、広島県がインターネットを通じて配信する防災情報の利用について出原地域では今なお一般的ではない状況にある。

筆者は平成18年10月から19年度にかけて出原地域の現地調査をした上で、住民に対する土砂災害の危険性に関する説明会を行い、降雨情報を得ていざというときに備えることの重要性を伝えた。そのときには、平成18年9月の土石流による土砂

災害が、広島県管轄の最寄りの雨量観測所(北広島町の新都、安芸高田市の八千代支所、広島市安佐北区の綾が谷の3箇所)の雨量値でどのような状況であったかを説明し、出原地区の住民の持つ当時の状況認識との間でも大きな違いのないことを確認した。しかし、前述のような状況を踏まえ、住民自身に自主的に容器に溜まる雨水位による雨量観測を実施してもらうことにしたところ、降雨があると住民から雨量についての連絡が来るようになった。しかし、出原地区の雨量値と上述の3箇所の広島県管轄の観測所の雨量値とは必ずしも傾向が一致しないことがしばしば確認された。すなわち、仮にインターネット情報が得られる環境になったとしても、周辺観測点の情報だけでは出原地域の土砂災害の警戒等に効率よく活用できるとは思えないと判断された。

そこで、平成21年3月末からは出原川上流域に住むAさん宅、中流域に住むBさん宅、下流域に住むCさん宅(図1参照)の3軒の庭に、雨量計と観測値表示機能付きデータロガーを設置し(写真10)、住民には機器の使い方やデータの取り出し方、表計算ソフトの活用法などの説明を行った上で、それを使った雨量の監視といざというときの警戒への活用等を依頼し、現在に至っている。

図3に示したものは、住民にも使ってもらっているデータシートの一例である。データロガーからパソコンにダウンロードした毎時の時間雨量を、このデータシートの時間雨量の欄に流し込む(入力してもらう)だけである。半減期を72時間

とした実効雨量値、同1.5時間とした実効雨量値、雨量指標 R' 値、監視雨量強度 R_R 値など³⁾、⁴⁾、⁵⁾は自動的に計算され表示される。また、同時にグラフにも反映されるようにしている(図4)。

設置後1年半が経過したが、激しく降るときには住民からも雨量の状況について連絡が来ることもある。雨量計を設置して以降、出原地域では大きな規模の土砂災害の発生には至っていないものの、平成22年7月中旬の豪雨の時には、観測される豪雨の状況を地域内住民に連絡しあって、土砂災害等の発生の警戒に活用したということである。自分たちで管理する雨量計の設置を契機に、異常な降雨に対する関心は確実に高まり、もしものときの警戒・避難への対応も地域ぐるみで適切に行えるようになったのではないかと思われ、今後にも期待される。この取組から、行政側から与えられる情報の大切さももちろんだが、住民自らが計測データを注意して見ていくような体制づくりもあわせて実施していくことこそが、より防災意識を高めるのにつながる事がわかる。

1	A	B	C	D	E	F	G
2	時刻	時間雨量 (mm)	実効雨量 72 (mm)	Aさん 実効雨量 1.5 (mm)	雨量指標 R' (mm)	備考	監視雨量強度 R_R (mm/h) 次の1時間雨量がこの数値を超えると 土砂災害の危険あり
2741	2009/7/21 3:00	0	59.7	0.0	41.2		84.3
2742	2009/7/21 4:00	0	59.2	0.0	40.8		84.5
2743	2009/7/21 5:00	5	63.6	5.0	54.9		80.9
2744	2009/7/21 6:00	3	66.0	6.2	59.0		79.7
2745	2009/7/21 7:00	0.5	65.9	4.4	55.0		80.5
2746	2009/7/21 8:00	23	88.2	25.8	117.0		64.5
2747	2009/7/21 9:00	10.5	97.9	26.7	125.8		61.3
2748	2009/7/21 10:00	25.5	122.4	42.3	176.4		47.3
2749	2009/7/21 11:00	23	144.3	49.7	207.4		38.2
2750	2009/7/21 12:00	3.5	146.4	34.8	176.7		44.6
2751	2009/7/21 13:00	2	147.0	23.9	152.6		49.5
2752	2009/7/21 14:00	0	145.6	15.1	131.4		54.1
2753	2009/7/21 15:00	0	144.2	9.5	117.5		57.1
2754	2009/7/21 16:00	0	142.8	6.0	106.4		59.1
2755	2009/7/21 17:00	0	141.4	3.8	102.3		60.5
2756	2009/7/21 18:00	0	140.1	2.4	98.2		61.4
2757	2009/7/21 19:00	0	138.7	1.5	95.3		62.2
2758	2009/7/21 20:00	0	137.4	0.9	93.1		62.8
2759	2009/7/21 21:00	0	136.1	0.6	91.5		63.3
2760	2009/7/21 22:00	0	134.8	0.4	90.2		63.7
2761	2009/7/21 23:00	0	133.5	0.2	89.1		64.1
2762	2009/7/22 0:00	0	132.2	0.1	88.1		64.4

図3 観測雨量値整理用のデータシートの一例



写真10 住民の庭に設置された転倒マス式雨量計とデータロガー(平成21年4月より観測開始)

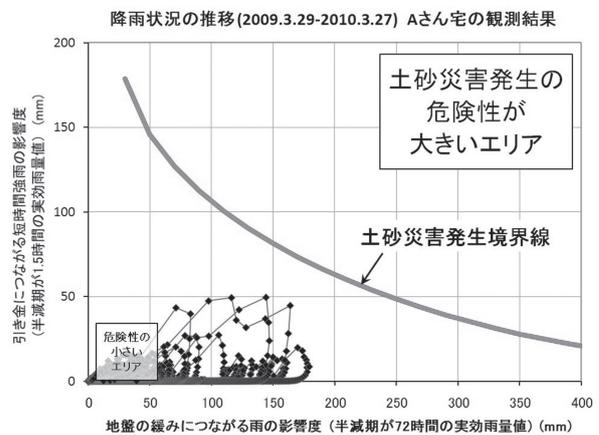


図4 自動的に描画された危険度判定用のグラフ

5. おわりに

出原地域の土砂災害危険性の調査のところで述べたが、出原川源流域においては、近年の豪雨によって繰り返し崩壊や土石流の発生が見られるとともに、近い将来、それらの発生開始場となるであろう斜面が見出されている。崩壊や土石流等の発生場がどのように準備されていくのか、そのプロセスについての研究はまだ不十分であり、この地域をそのためのモデル地域として位置づけ、調査を続けていくことは非常に重要である。

そこで、この土地の所有者の了解を得て、この源流域においても降雨の観測をするとともに、土

中の水分や水位の変化状況をあわせて観測することにした。まだ、計測機器等の設置段階にあるが、今後、どのようなプロセスで崩壊・土石流の発生開始場が変化していくかを明らかにしたいと考えている。

最後に、本研究は出原地域の住民の協力により、研究の場として山間の小流域を利用させてもらうことではじめて実施することができている。心から感謝したい。同時に、本研究は出原地域の人々のためにも、また、広島県の同様な地域の防災のためにも貢献するものになると思われる。広島大学地域貢献研究のひとつとして支援していただいていることにも感謝したい。

引用文献

- 1) 海堀正博(2006): 広島地域における土砂災害危険度の高い要因と警戒避難のための降雨情報伝達における課題。広島大学大学院総合科学研究科紀要Ⅱ, 『環境科学研究』, Vol.1, pp.55-69.
- 2) 本家正博・石山英治(2003): 住民へ向けた土砂災害情報の提供について。砂防学会誌, Vol.56, No.4, pp.46-54.
- 3) 海堀正博(2003): 土砂災害防止のための雨量観測情報の面的利用。地盤の架け橋, 中国地質調査業協会, Vol.8, pp.4-10.
- 4) 中井真司・海堀正博・佐々木康・森脇武夫(2007): 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, Vol.60, No.1, pp.37-42.
- 5) 中井真司・海堀正博・佐々木康・森脇武夫(2008): 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, Vol.60, No.6, pp.4-10.