

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：15501

研究種目：特別研究促進費

研究期間：2014～2014

課題番号：26900001

研究課題名(和文) 2014年8月豪雨により広島市で発生した土石流災害の実態解明と防災対策に関する研究

研究課題名(英文) Study of Disaster Prevention and Characteristic Elucidation of Heavy Rainfall and Debris Flow Disaster in Hiroshima City, 20 August 2014

研究代表者

山本 晴彦 (YAMAMOTO, HARUHIKO)

山口大学・農学部・教授

研究者番号：40263800

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 30,300,000円

研究成果の概要(和文)：2014年8月20日に広島市で発生した豪雨の特徴について、1999年6月29日の広島・呉豪雨との比較検討を行った。また、2014年8月20日に集中豪雨により多くの犠牲者が発生した広島市安佐南区の緑井地区および安佐北区の可部東地区を対象に、土石流災害の特徴と土地利用の変遷について、災害直後の現地調査、国土地理院が公開している空中写真等に基づいて報告し、今後の土地利用の在り方について考察した。

研究成果の概要(英文)：A heavy rainstorm caused by Akisame-front attacked Asa-minami ward and Asakita ward of Hiroshima City in August 20, 2014. In Miiri weather station of JMA, the maximum 3 hour precipitation (1:30-4:30) and the maximum 1 hour precipitation (3:00-4:00) recorded 217.5mm and 101.0mm, respectively. Many disasters involving flowing debris were also caused in Yagi and Midorii areas of Asa-minami ward and in Kabe higashi area of Asa-kita ward. That damage area in Hiroshima city, resulted 74 dead, 8 missing, and 133 buildings destroyed.

研究分野：自然災害科学

キーワード：豪雨 土石流 防災 広島市 2014年 秋雨前線

## 1. 研究開始当初の背景

秋雨前線により、2014年8月20日未明に広島市北部で発生した短時間豪雨により、土石流災害が多発し、甚大な人的被害が生じた。安佐北区から南区にかけての北東-南西方向の長さ約10km、幅数kmというきわめて狭い範囲で豪雨域を形成し、人的・物的被害はこの豪雨域とほぼ一致している。

広島市は太田川の三角州や扇状地に住宅地が開発され、1960年後半からは里山を切り開き住宅地が形成された。全国の土砂災害の危険箇所約52万ヶ所の内、警戒区域への指定は約7割の約35万ヶ所に達しているが、広島県内の危険箇所は全国最多の約3万2千ヶ所を抱えるにも関わらず、指定率は約37%にとどまっている。

このため、土砂災害の危険箇所の指定を受けない地域が数多く存在し、地域住民の防災・減災意識が十分に向上していない状況で、今回の災害に遭遇した。2014年は、西日本をはじめ全国各地で豪雨による土砂・洪水災害が頻発しており、今後もさらなる極端気象の増加が警告されている。

## 2. 研究の目的

本研究「2014年8月豪雨により広島市で発生した土石流災害の実態解明と防災対策に関する研究」は、研究代表者、研究分担者22名、および連携研究者6名の計29名を組織し、「①短時間豪雨を発生させたバックビルディング現象の解明(気象グループ)、②土石流源頭部の地形・地質特性および崩壊メカニズムの解明(地形・地質グループ)、③堆積土の力学特性および流動メカニズムの解明(地盤・流動グループ)、④時系列的事象変化に着目した災害情報ならびに避難の実態検証と短期間大雨時における夜間の避難行動のあり方に係る提案(災害予測グループ)、⑤土地開発規制等に関する検討(防災情報グループ)」の5つの課題を設定している。本研究組織の構成員は、土木学会、砂防

学会、地盤工学会、日本応用地質学会、日本気象学会、日本自然災害学会、日本災害情報学会などの学会会員が中心で、自然災害研究協議会の中国地区部会(2014年4月設立)が中核となり、学会間・文理研究者の連携・融合を図りながら、研究調査を展開する。

## 3. 研究の方法

### (1) 短時間豪雨を発生させたバックビルディング現象の解明

今回、広島市の安佐北区・安佐南区で発生した土石流災害は、死者・行方不明者が70名以上にも及び、住家被害は全壊だけでも約30棟にも達している。雨量強度は15mm/10分間で、最大3時間降水量も217.5mmに達しており、積乱雲が風上で繰り返し発生して風下では雨が降り続ける「バックビルディング現象」によることが指摘されている。本研究では、安佐北区から南区にかけての北東-南西方向の長さ約10km、幅数kmという狭い範囲に短時間豪雨を発生させたバックビルディング現象を、広島市の東西に設置されたXバンドMPレーダ等を用いて解明する。その際、DEM情報を用いた地形状態と豪雨域との関係についても検討する。

### (2) 土石流源頭部の地形・地質特性および崩壊メカニズムの解明

発災から時間が経過すると土石流による堆積状況は行方不明者の捜索や復旧の過程で発災状況は大きく変貌し、発災時の土砂移動・堆積、住家被害等の現地調査がきわめて困難となる。このため、航空機によるレーザー測量を早急に行い、土石流発生地における地形解析を実施する。また、地質分布・構造、風化状況、新旧の崩壊地の分布、源頭部のパイピングホールの状況を、航空測量、UAV、現地踏査等を通じて明らかにする。さらに、崩壊の発生場を規制した地質と降雨との関連を、①の気象グループと連携して解明する。

### (3) 堆積土の力学特性および流動メカニズムの解明

申請者らの現地調査によれば、崩壊土砂には普通に見かける砂質土としてのまさ土や風化した花崗岩とともに、わずかな粘性を有すまさ土や粘板岩などが確認された。これらが用水路や排水溝に詰まり、排水不良を生じさせているので、次の降雨によって再浸水被害を生じる可能性がある。調査では、これらの試料を現地で採取し、物理試験、透水試験及びせん断試験を実施し、崩壊土砂の土質工学的性質を明らかにする。また、データは申請者が保有する1999年6月29日の広島災害や2009年7月21日の防府災害のまさ土データと対比して、今回の崩壊・土石流を起こしたまさ土の力学特性の差異を明らかにする。また、今回のような極端な短期間集中豪雨下のまさ土の浸透特性やその時々あるいは定常状態に達した際の表層崩壊安定性を数値解析的に検討する。さらに、崩壊土砂の流動特性に関しては、実験的あるいは解析的アプローチによって、土砂移動や堆積状況について検討する。

### (4) 時系列的な事象変化に着目した災害情報

ならびに避難の実態検証と短期間大雨時における夜間の避難行動のあり方に係る提案

大規模災害の発災前から地方自治体や住民等が迅速で的確な対応をとるためには、「いつ、だれが、どのように、何をするか」を、平時に明確に決定しておくとともに、それぞれ他の主体がどのような対応をとり、連携するのかを把握しておくことが必要となる。ここでは、広島市や広島県の防災所管部署が当日に実施した防災情報の収集、避難勧告・指示の判断、地域住民への伝達、避難支援などについて、時系列的な調査を実施する。

また、今回の災害では甚大な犠牲者を生じたが、今後の犠牲者の軽減のためには、犠牲者の発生状況についての詳細な解析が必要である。そこで、過去10年間に実施した豪雨災害犠牲者に関する情報蓄積を元に、今回の犠牲者の特徴を明らかにする。

### (5) 土地開発規制等に関する検討

1999年6月の広島豪雨災害を契機に、ハード面の対策の進捗よりも危険箇所の増加が早く進んでいる現実に対して、土砂災害の危険性がある区域に新たな住宅等の立地を抑制し、既存住宅の移転促進等のソフト面の対策を推進する法律の必要性が認識され、2001年に土砂災害防止法が制定された。本法の施行を受けて、2003年には広島県内13ヶ所で初の警戒区域の指定が行われた。全国の土砂災害の危険箇所約52万ヶ所のうち、約7割の約35万ヶ所が警戒区域に指定されたが、広島県内の危険箇所は全国最多の約3万2千ヶ所を抱え、指定率も約37%にとどまっている。ここでは、今回の土石流被災地および周辺地域を対象に、警戒区域の指定状況調査等を行い、指定が遅れている個々の課題を分析し、早急に警戒区域の設定が進められるための方策を検討する。

## 4. 研究成果

### 1. 短時間豪雨を発生させたバックビルディング現象の解明 (全4件)

#### ○2014年8月20日に広島市で発生した豪雨の特徴 (山本晴彦)

三入アメダスにおける10分間の解析結果では、1時50分には14.5 mm/10分間の猛烈な雨を観測し、4時までの約2時間にわたり平均15 mm/10分間の豪雨が継続した。この間、最大1時間降水量は3~4時で101.0 mm、最大3時間降水量は1時30分~4時30分で217.5 mmを観測する猛烈な集中豪雨となった。市が防災情報メールと防災行政無線で大雨の注意喚起したのは2時41分と50分で、大雨が降り始めてからすでに1時間が経

過していた。3時には累積雨量が150mmとなり、避難勧告の基準となる「避難基準雨量」を越えており、市役所が災害警戒本部を災害対策本部に格上げしたのが3時30分で、49分には気象台から安佐北区で3時30分までの1時間雨量が約120mmに達したとして、記録的短時間大雨情報が発令されている。4時に入り、1分には安佐南区八木で民家が倒壊して女性が生き埋めとなり、土石流災害が発生して住宅を直撃する被害が発生し始めている。広島市における避難勧告に発令は、安佐北区可部などの5地区が4時15分、安佐南区の八木・緑井・梅林・山本地区には30分であり、雨量強度も5mm/10分間と弱まってからの発令であった。このように、時系列的に降水量と大雨洪水警報、広島市の災害警戒本部・対策本部の設置、被害の通報等の状況を見ると、短時間豪雨の予測精度が十分ではなかったため、避難勧告の発令が遅れたことが示唆された。

## 2. 土石流源頭部の地形・地質特性および崩壊メカニズムの解明（全7件）

### ○平成26年8月広島豪雨災害時の斜面崩壊地の地質（千木良雅弘 他）

この災害による崩壊・土石流は、花崗岩地域とそれに貫入されてホルンフェルス化した堆積岩地域とで生じたが、相対的に花崗岩地域での災害が甚大であった。このことの一つの理由は、花崗岩地域での崩壊が流路にあった大岩塊を巻き込んで破壊力を増大させたことにあると推定された。そして、これらの大岩塊は、中粒花崗岩がシーティングと高角節理に分離されて緩んだ岩塊であり、シーティングの作る「すべり台」の上を滑り落ちるように土石流に押し流されたものであると考えられる。1999年の広島豪雨災害の時には、崩壊・土石流ともに主にマイクロシーティングの発達した領域にあったために、大岩塊の巻き込み量が少なかったものと考えられる。さらに、2014年7月の南木曾の土石流災害では、崩壊・土石流共にシーティン

グ領域にあったものと推定され、大岩塊の相対的な量が多かったようである。このように、同じ花崗岩地域に降雨で発生する崩壊・土石流は岩石の風化状態によってかなり異なることに注意が必要である。また、細粒花崗岩は一般的に風化に対する抵抗力が強く、八木3丁目の場合のような数mにわたる大岩塊を作らないにしても、岩塊の量が多いことにも注意が必要である。

## 3. 堆積土の力学特性および流動メカニズムの解明（全7件）

### ○土石流が発生した溪流の状況と被害に関する調査と考察（土田 孝）

(1) 土石流の源頭部の破壊形式は、いずれの溪流においても薄い平面的な表層崩壊だけでなく、被圧地下水によって谷部がV字形やU字形に押し出されたような形状となり、崩壊深が数m以上の箇所も多数見られた。(2) 八木地区と緑井地区の土石流の発生地である阿武山には断層・破碎帯・節理などの透水性の高い部分が散見されており、この部分に常時存在していた地下水が上方に降った多量の降雨によって被圧水となって斜面の表層土を押し出すように作用して斜面を急激かつ大規模に不安定化させた可能性が考えられる。(3) 被害が最も大きかった八木三丁目の県営緑丘住宅上の溪流では、少なくとも土石流は3回発生し、後発の土石流ほど氾濫開始点が下流に下がり、住宅密集地の直上に至ったと考えられる。阿武の里団地の溪流においても土石流は複数回発生し、後発の土石流が先行する土石流の影響で流路を変え住宅密集地を直撃したと考えられる。(4) 土砂災害特別警戒区域と警戒区域の指定を行うための基礎調査において想定された各溪流の発生土砂量と実際に発生した土砂量を比較すると、16の溪流のうち12の溪流で調査時の想定土砂量を上まわる土砂が発生していた。このうち5つの溪流が想定量

の2倍以上であり、被害がもっとも大きかった県営緑丘住宅上の溪流では発生土砂量は想定の4.6倍であった。(5)本災害で大きな被害が発生した八木・緑井地区における特別警戒区域と警戒区域の指定予定箇所と実際の被害との関係を調べると、レッドゾーンを大幅に超えて建築物に著しい被害が発生しており、区域指定の前提となる被害の想定が正確でなかったことが判明した。この原因は、想定した発生土量が過小であったこと、さらには土石流が直進すると想定されていたが実際には隣接した方向に大きくずれたり、別れて進行した場合があったことである。

#### 4. 時系列的事象変化に着目した災害情報 ならびに避難の実態検証と短期間大 雨時における夜間の避難行動のあり 方に係る提案 (全2件)

##### ○2004年以降の豪雨災害事例との比較による 2014年8月広島豪雨災害犠牲者の特徴 (牛山素行・横幕早季)

2004～2013年の豪雨災害による犠牲者と比較し、2014年広島豪雨による犠牲者に見られる特徴としては以下が挙げられる。(1)死者が74人に上り、1つの市町村で発生した犠牲者数としては、1982年7月の長崎市での262人以来最大となった。(2)犠牲者の99%が「土砂」による犠牲者である。(3)犠牲者の92%が「屋内」での遭難者である。(4)犠牲者のうち65歳以上の高齢者は5割未満(41%)で、2004-2013に比べると低い。(5)犠牲者の男女比は同数で、人口構成比と同様である。(6)全員が夜間の犠牲者である。(7)避難行動が確認された犠牲者がごく少数である。これらの特徴のうち、(3)、(7)はいずれも土砂災害時の特徴として2004-2013の集計結果から確認されている事項であり、(2)に挙げたように本事例の犠牲者はほぼ土砂災害犠牲者のみであることから、近年の豪雨災害時の土砂災害犠牲者に見られる傾向と

共通する特徴が現れたものと考えられる。(6)は豪雨発生時刻と一致していることから当然の結果と言え、本災害に固有の特徴は(1)、(4)、(5)となる。本災害は、犠牲者数が非常に多く、若年の犠牲者がやや多かったが、遭難場所や避難行動については、近年の土砂災害時の特徴と共通しており、土砂災害として何か特殊な事態が発生したわけではないと考えられる。非高齢者の犠牲者がやや多く、男女比が人口構成比と同様だった背景としては、激しい外力が作用した時間が深夜であり、一般的な傾向として年齢、性別を問わず家族全員が自宅に所在している事が多い状況下で、事態が急速に進展し、積極的な安全確保行動をとることも難しかったことなどが可能性として考えられる。

##### 5. 土地開発規制等に関する検討 (全4件)

##### ○2014年8月20日の集中豪雨により広島市 で発生した土石流災害の特徴と土地利用 の変遷 (山本晴彦)

2014年8月20日に集中豪雨により多くの犠牲者が発生した広島市安佐南区の緑井地区および安佐北区の可部東地区を対象に、土石流災害の特徴と土地利用の変遷について、災害直後の現地調査、国土地理院が公開している空中写真等に基づいて解析を行った。今回の豪雨により土石流被害に見舞われている安佐南区八木地区は、終戦直後の1947年～1948年に米軍が撮影した空中写真から、人口が増加する戦後までは自然堤防に集落が存在するのみでリスク回避から住宅は建設されていない。1962年の写真では、今回の豪雨により土石流被害(土砂が流入したが人的被害はなし、集会所に土石流が直撃)に見舞われている県営緑丘住宅はすでに建てられているが、土石流が発生した後背地の山里は、この時点では開発がまだ進んでいない。しかし、県営緑丘住宅に挟まれた扇状地の地形を有する土石流危険溪流(小原山川)には前後の2ヶ所ですでに住家が建てられている。1969年の写真では、県

菅緑丘住宅に隣接する北東の山を切り開いて梅林台団地が開発されており、住宅が立ち始めている。1974年には、開発された住宅地にさらに住宅が建設され増加している。1988年には、開発された住宅地ではほぼ住家の建設が終わっている。このように、里山を切り開いて土石流危険渓流での宅地開発が進み、土石流災害の発生リスクが増大することとなった。安佐北区可部東地区においても、同時期に宅地開発が進められており、可部東六丁目の新建団地では大規模な土石流災害に見舞われている。地区住民の平野孝太郎氏によると、「昔は蛇が降るような水害が多かったので、悪い谷・悪谷と名がついていた。八木蛇落地悪谷が八木上楽地芦谷と改名され、さらにいまは八木だけが残ったようだ」と語られた。このような伝承は災害発生後に浮かび上がることが多いことから、平時に記憶に残る伝承（口述）を文章として記録する「オーラルヒストリー」として残し、伝えていくことが重要な防災・減災資料となる。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 38 件）

①田中健路，平成 26 年 8 月広島豪雨で複数のレーダーによって観測された線状降水系について，自然災害研究協議会中国地区部会研究論文集，1，6-9，2015，査読無，DOI・オープンアクセス：無

②山本晴彦・小林北斗，2014 年 8 月 20 日に広島市で発生した豪雨と土石流災害の特徴，自然災害科学，33-3，293-312，2014，査読無，DOI・オープンアクセス：無

他 36 件

〔学会発表〕（計 63 件）

①山本晴彦・小林北斗，2014 年 8 月 20 日に広島市で発生した豪雨の特徴と土石流災害の概要，自然災害研究協議会中国地区部会研究発表会，2015 年 3 月 21 日，山口大学工学部（山口県宇部市）

②土田 孝，平成 26 年広島豪雨土石流災害報告 ―緊急調査団報告の概要―，地盤工学

会 土石流災害シンポジウム，2014 年 10 月 30 日，東京大学工学部 1 号館（東京都文京区）

他 61 件

〔図書〕（計 2 件）

①於保幸正・海堀正博 他，広島大学出版会，地表の変化―風化・侵食・地形・土石流災害―，2015，100

②海堀正博 他，(株)インパルスコーポレーション，平成 26 年 8 月 20 日広島豪雨災害体験談集，2015，194

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

ホームページ等

<http://yamaharu.agr.yamaguchi-u.ac.jp/>

（山口大学農学部 生物資源環境科学科 環境情報学教育研究分野）

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

山本 晴彦 (YAMAMOTO, Haruhiko)

山口大学・農学部・教授

研究者番号：40263800

##### (2) 研究分担者（計 22 名）

土田 孝 (TSUCHIDA, Takashi)

広島大学・工学研究科・教授

研究者番号：10344318

(他 21 名)

##### (3) 連携研究者（計 6 名）

高橋 和雄 (TAKAHASHI, Kazuo)

長崎大学・名誉教授

研究者番号：30039680

(他 5 名)