

「心に響く防災・減災教育」の研究(1)

—西日本豪雨災害時の降雨と想定外の土石流災害の怖さ—

A Study of "the Appealing Disaster Reduction Education" (1)

越智 秀二

Shuji OCHI

岡田 大爾

Daiji OKADA

『広島国際大学 教職教室 教育論叢』

“*Hiroshima International University Journal of Educational Research*”

ISSN:1884-9482

第10号 抜刷

Off Print of the 10th Edition

広島国際大学 教職教室

Issued by Hiroshima International University Teacher Education Unit

2018年12月

December, 2018

「心に響く防災・減災教育」の研究(1)

—西日本豪雨災害時の降雨と想定外の土石流災害の怖さ—

比治山女子中学・高等学校 越智 秀二
広島国際大学 教職教室 岡田 大爾

要旨：2018年7月6日から7日にかけて、西日本各地で期間降水量400mmを超える豪雨災害(西日本豪雨(注1))に見舞われ、広島県は他県に比べて特に降水量が多いわけではなかったにもかかわらず、土砂崩れや土石流、河川の氾濫が相次ぎ、全国の死者数224人の半数を上回る114人の犠牲者が出た。この災害の直接の要因は3日間で400mmを超える大量の降水であったが、犠牲者の大半(87人)は土砂崩れや土石流などの土砂災害が原因であった。その中で、特に安芸郡熊野町川角地区の大原ハイツは、土石流によって甚大な被害を受け、生き埋めになった方々を救出するための活動の様子を報道各社が他地域より多く報道したにもかかわらず、学校関係者に対しても、どのような仕組みで、どのような危険性があり、どのような対策を立てるべきかについて判断しようにも、十分な情報がもたらされていなかった。そこで、本研究では、なぜ、このようなことが起こったのかを究明するために広島県安芸郡熊野町川角地区の大原ハイツ付近の災害の状況の詳細な調査を行った。その結果、過去にも大規模土石流が発生した危険地域であったこと、土石流で流された岩塊が大変巨大であること、今回は膨大な降水量と流路の特性によって尾根を越えるという「想定外」の土石流災害が発生したこと等が明らかとなった。地球温暖化による集中豪雨の規模の増大化が心配される中、想定外の事例は教訓として今後の防災教育に確実に活かす必要があると考えられる。

1. はじめに

2018年6月末頃より、日本各地を襲った豪雨は沖縄から北海道まで全国に被害をもたらし、10月9日現在、全国で死者224人(広島県109人)、行方不明8人(同5人)となり(表1)、その中でも広島県の犠牲者は群を抜いている。この大半は土石流災害による犠牲者で、4年前の2014年に広島市で起きた土石流災害の教訓が活かされなかったことが何よりも悔やまれる。ここでは、広島県で今回の災害で最も犠牲の多かった土石流問題について、想定外の大規模な破壊的土石流が出た広島県南部にある熊野町の事例を報告する。

表1 2018年10月9日現在の人的・物的被害の状況 内閣府(2018)¹⁾

区分	人的被害					住家被害					他
	死者	行方不明者	負傷者			全壊	半壊	一部損壊	床上浸水	床下浸水	
			重傷	軽傷	不明						
全国	224	8	109	315	3	6,695	10,719	3,707	8,640	21,576	268
広島	109	5	49	89	0	1,085	3,258	1,996	3,234	5,603	

2. 降雨の特徴

今回は、期間降水量が400mmを超える大量の降雨が特徴といえるが、たとえば高知県では1800mmを超えており、全国的に見るとそれほど多いわけでもない(表2、図1)。降雨の強度は1時間あたり50~70mm程度と4年前の8.20広島豪雨災害に比べるとそれほど強くなかった(図2)。今回の豪雨のピークは2回あり、1回目は7月6日18時頃から20時頃、2回目は午前5時頃であった。1回目は、北東-南西方向に伸びる明瞭な線状降水帯を形成し(図3)、2時間程度かけて広島市付近から徐々に南東方向へ移動した。

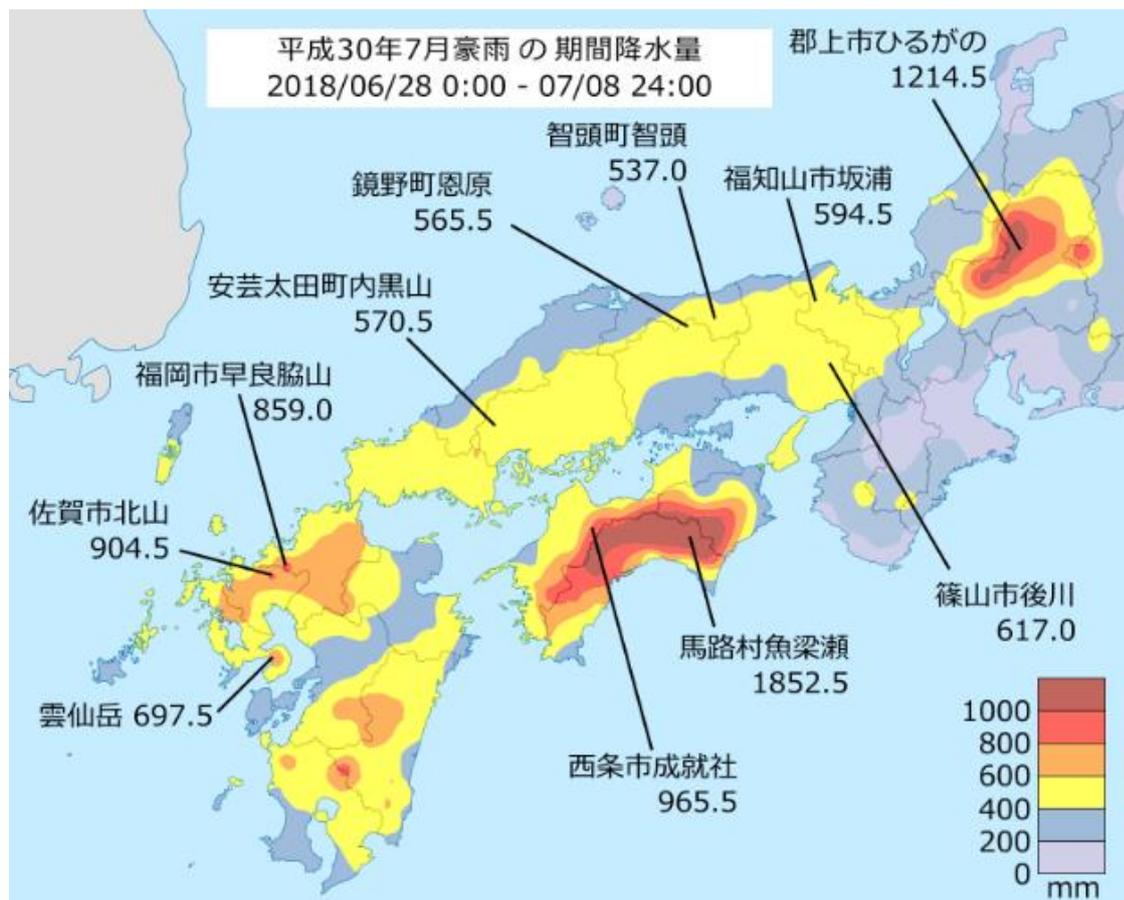


図1 西日本豪雨での各地の期間降水量²⁾

表2 広島市、東広島市、呉市の日別降水量 気象庁(2018)³⁾より作成

	広島市	東広島市	呉市
7月3日	13.5	15.5	14.0
7月4日	2.5	2.0	0.0
7月5日	87.0	72.5	67.5
7月6日	229.0	196.5	190.5
7月7日	101.0	117.5	178.0
合計	433.0	404.0	450.0

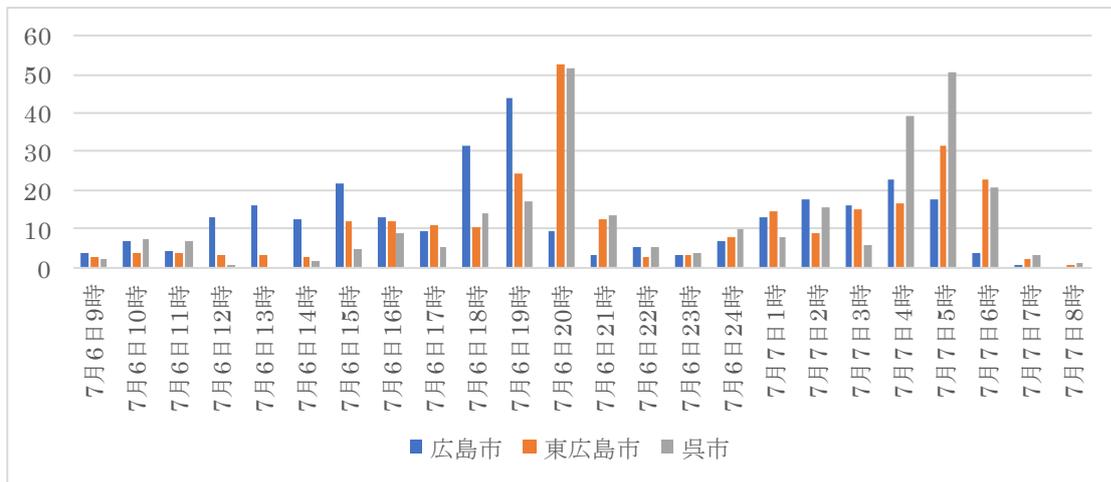


図2 広島市、東広島市、呉市の時間降水量の推移 気象庁(2018)³⁾より作成

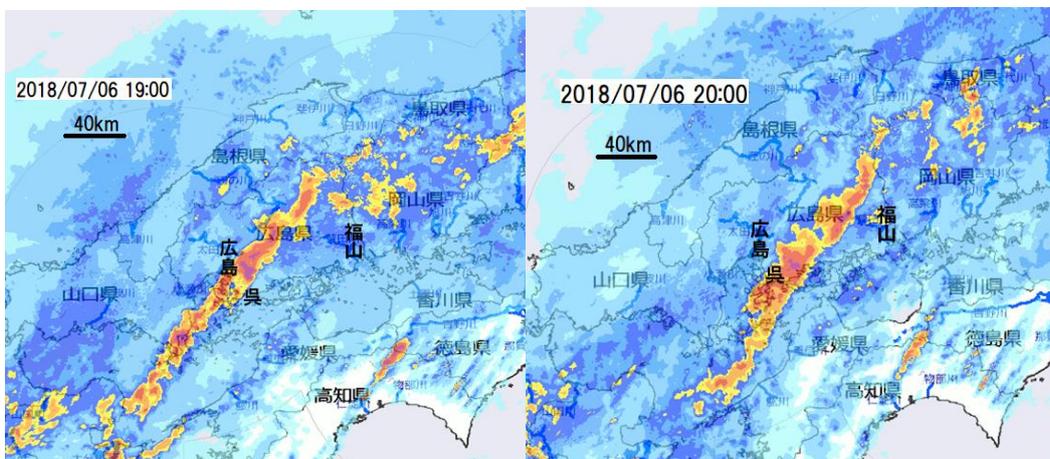


図3 雨雲レーダー画像⁴⁾ (左:7月6日19時、7月6日20時)

3. 広島県での災害の概要と本報告の概要について

広島県では、7月5日から7日の3日間で400mmに達する降水量が観測され、土石流など土砂災害が8000ヶ所以上で発生（図4）し、そのほとんどが、風化のすすんだ花崗岩類や流紋岩類の地域であった（図5）。これに加えて、洪水による破堤や溢水による浸水被害が加わり、鉄道や道路をはじめとする交通網、水道設備が寸断され、食糧、水を含めたライフラインが長期間にわたって麻痺する大災害となった。ここでは、膨大な降水量を記録しつつも周辺の他県に比べるとそれほど多くなかった地域でも、広島県内の地質学的特性によって、尾根を越えて想定外の土石流が流れた事例を報告し、今後の土石流災害に対する防災上の教訓として子供たちを含む、多くの市民にもその自然の猛威について怖さを正しく理解し、予測して、それらに基づいて積極的に防災・減災の取り組みを行う。

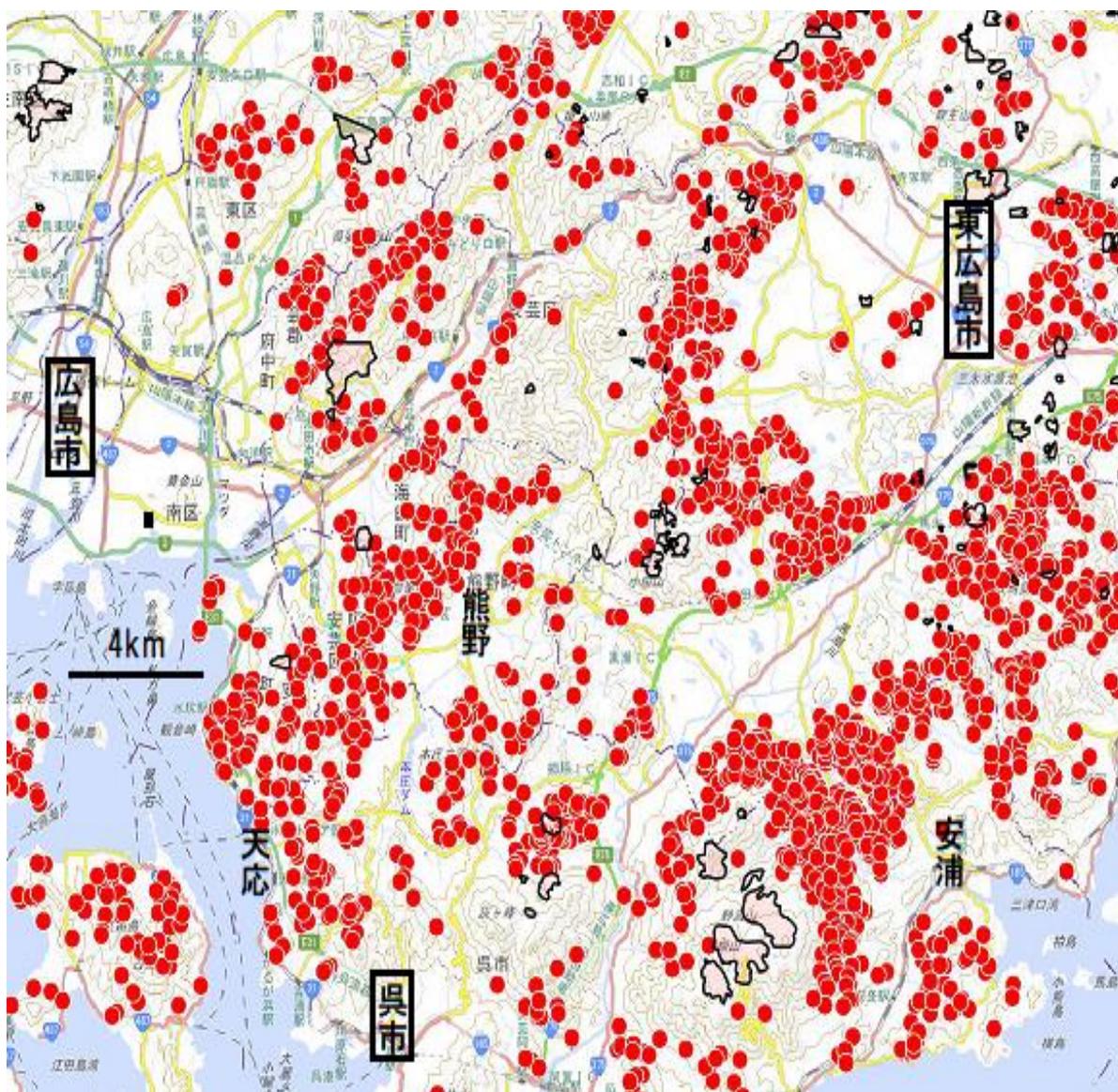


図4 広島県南部の土砂災害箇所（赤点） 国土地理院(2018)⁵⁾ を加筆修正

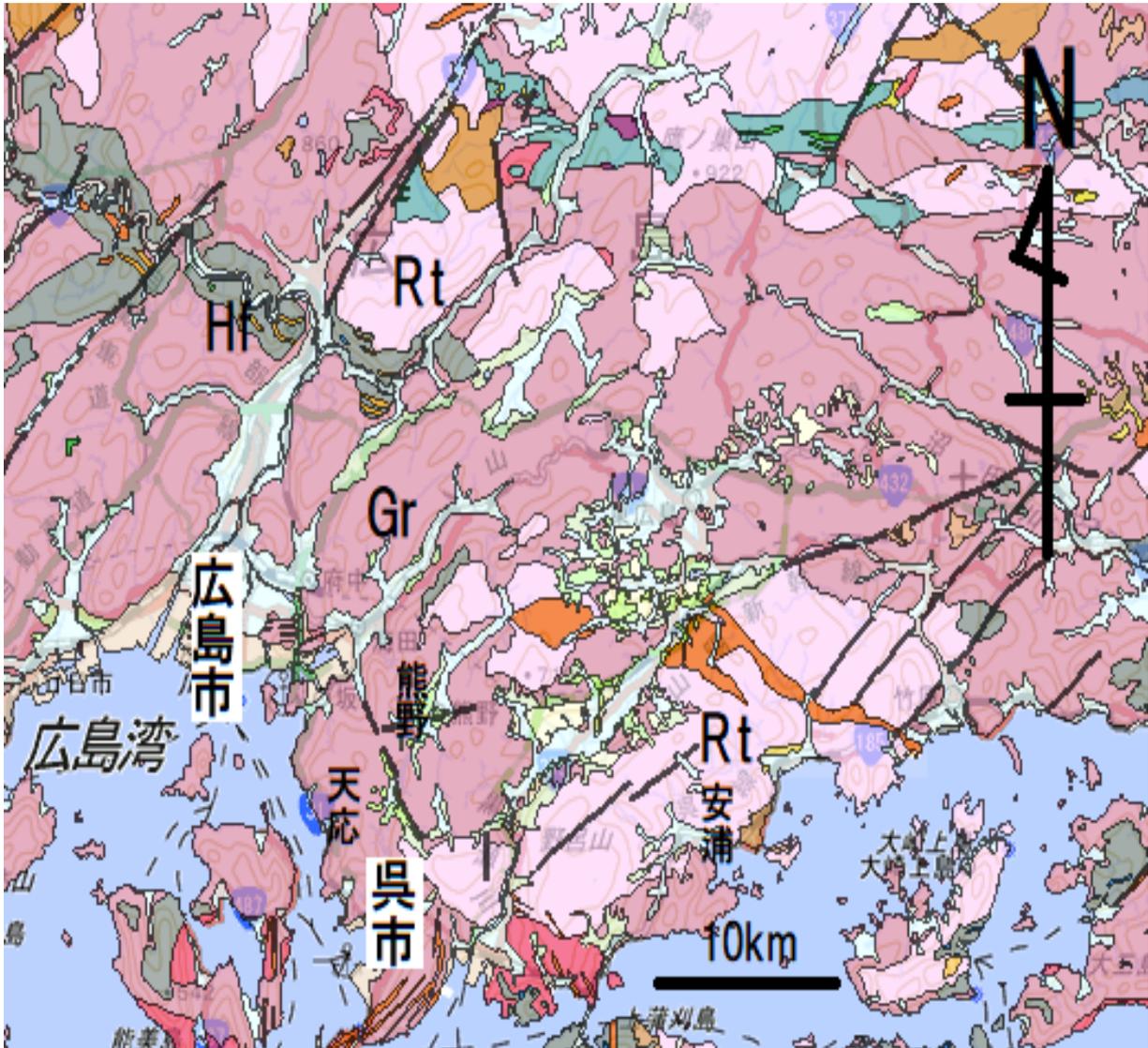


図5 広島県南部の地質 産業技術総合研究所(2018)⁶⁾を加筆修正

〔土砂災害は主に白亜系の流紋岩類 (Rt) と花崗岩類 (Gr) で発生。ホルンフェルス (Hf) での発生は皆無。流紋岩類は流紋岩質凝灰岩で風化すると粘土質の土壌を形成。〕

4. 尾根を越え、レッドゾーンをはるかに超えた熊野町の想定外の土石流災害

4. 1. 1. 災害の概況

安芸郡熊野町大原ハイツは広島市の南東約 15km 付近にあり (図 6)、三石山 (みついわやま 標高 449m、花崗岩) のふもとに造成された新しい住宅地で、土石流扇状地の地形を利用して造成されている。三石山はその名が示すとおり、山の各所に大きな岩塊が露出した山塊で、山頂付近には 10m を超える大きな花崗岩の岩 (コアストーン) が見られるほか、大規模な露岩や岩塊が山麓に分布している。花崗岩は産総研 20 万分の 1 シームレス地質図によれば、中生代白亜紀後期の花崗岩

で、中～粗粒塊状黒雲母花崗岩である。

「土石流災害ポータルひろしま」によれば、この団地の上流には一部にレッドゾーンがあり、団地のほとんどがイエローゾーンに指定されていた（図 7）。大原ハイツの土石流はこの広島県の想定を大きく上回り、巨レキを含む破壊的な土石流がレッドゾーンを大きく超えて流出したほか、想定されていなかった谷にも尾根を越えて土石流が流出した（図 8、図 9）。発生時間帯は地元住民の方の証言によれば、7月6日の午後8時10分頃と午後8時25分頃と考えられる。

4. 1. 2. 災害当時の降雨の状況

広島県防災 web の雨量データ¹⁰⁾では、豪雨災害当時、熊野町のデータは7月6日19時までしかデータがなく、それ以降は欠測している。このため、よく似た傾向のデータを示している南隣の呉市焼山のデータをもとに検討した（第10図）。焼山地区での7月6日20時までの24時間降水量は215mm、48時間降水量は295mmで、7月6日の発災直前の1時間あたりの降水量は18時～19時が43mm、19時～20時が57mm、発災時の20時～21時は8mmであった。つまり、今回の土石流は、発災前の2日間で200mm近い降雨があったところに2時間で約100mmという豪雨が襲ったことが直接の原因となって発生したといえる。

4. 1. 3. 土石流発生当時の状況について

大原ハイツの土石流は、2回に分けて発生している。地元住民の串山直樹氏の証言では、「7月6日夜8時10分頃、大きな岩を含んだ土石流が流れるのが見えた（図8の④のあたり）ので、家族や近所の人たちと団地の下へ避難した直後の午後8時30分少し前に、2回目の土石流が襲ってきた（⑤から）」とのことであった。住民の方たちは間一髪で土石流を避けることができたそうだが、多くの住宅が破壊され、12人の犠牲者が出た。この発生時間帯は、2時間で100mm程度の豪雨がこの辺りに降った直後であった（図10）。この証言と現地での土石流の観察から、土石流の発生順序は、以下のように考えられる。

三石山の土石流のうち、大原ハイツを襲った土石流の源頭部は図8の①、②、③である。これらが④と⑤に流下した。そのうち、③の土石流は巨礫Aで二手に分かれ、⑤に流下する一方、尾根7を越えて④にも流下するという想定外の巨大な破壊的土石流であった。

1回目（午後8時10分頃）の土石流は、三石山の西方の①で発生したもので（図12、13）、①から④へと流下。図8の源頭部付近の1では、表土が1m以内で、ほぼ平面状にDH級の花崗岩の岩盤が広く露出し、表層の土砂が崩落している。源頭部から約20m下の地点2には、岩盤の上に残存している土砂にパイピング孔が見られた（図14）。大量の雨が地下に浸透し、DH級の風化花崗岩が不透水層となり、その上の表土をパイピング崩壊させながら崩落したと考えられる。

2回目の土石流は②で発生、そのすぐ後に③が発生し、これらが巨礫A付近で合流している（図11）。この流下の順序については、地点6付近の堆積物から推定できる（図15、16）。以下説明する。



図6 被災地の位置 (☆は大原ハイツ)
土砂災害ポータルひろしま⁷⁾に加筆

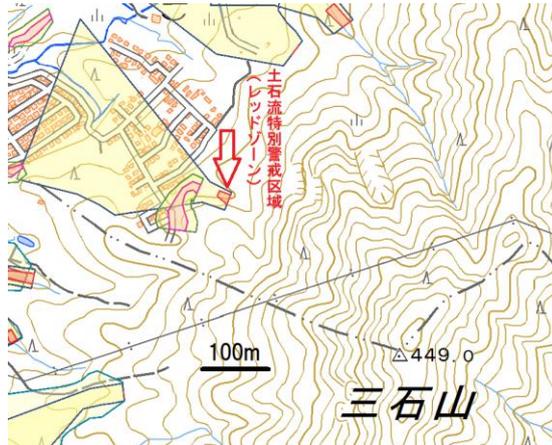


図7 土石流特別警戒区域の位置
土砂災害ポータルひろしま⁷⁾に加筆

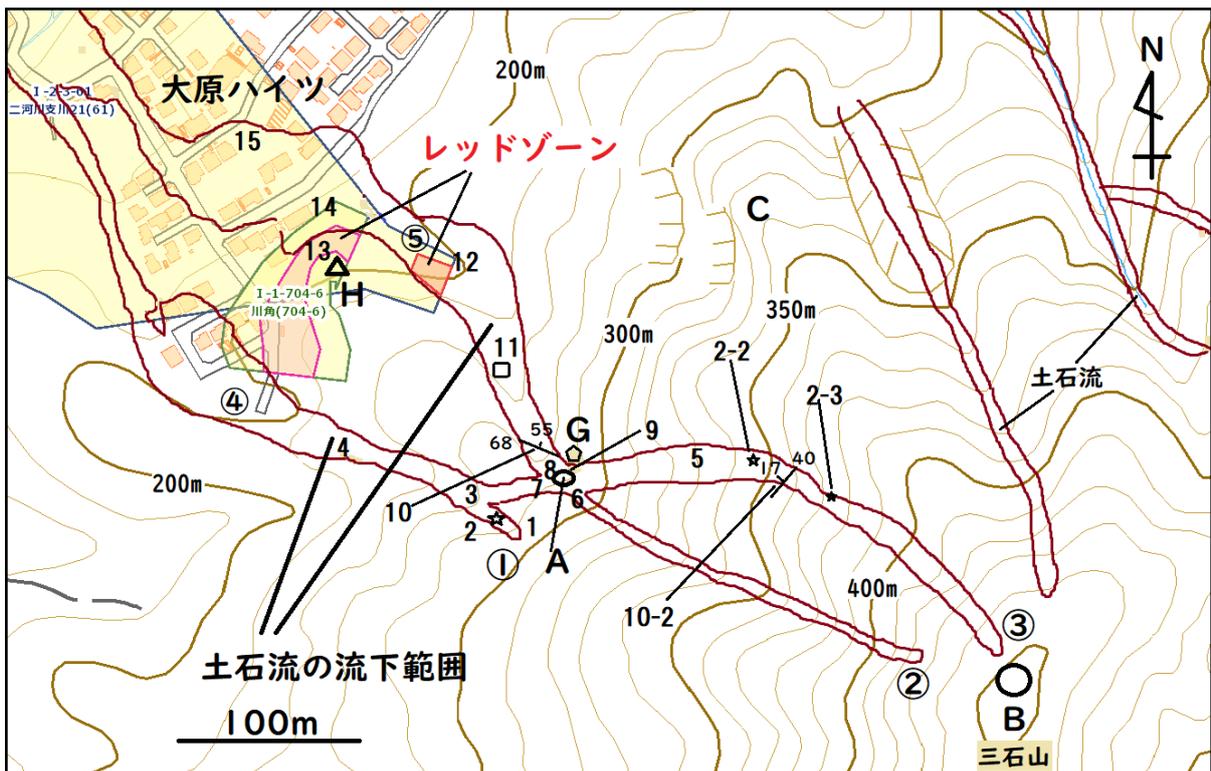


図8 三石山の土石流分布 A: 巨礫の位置 B: 山頂のコアストーン C: 露岩とコアストーン
G: 花崗斑岩の露岩 H: 尾根にある巨礫 (過去の土石流堆積物) ☆: パイピング跡
[图中1~15は露頭等の写真位置 ①~③: 大原ハイツを襲った土石流の源頭部 ④, ⑤: 土石流の流下位置 (図9参照) 土砂災害ポータルひろしま⁷⁾に国土地理院⁸⁾と現地調査をもとに加筆]

地点 6 には、③からの土石流に由来すると考えられる土砂と流木の堆積物が土手状に形成され、②からの土石流の流路を遮断している（図 15 の 6）。もし②からの土石流が③からの土石流のあとから流下したとすれば、この土手を形成する流木や土砂には破壊や損傷が残っているはずであるが、ここでは②からの流水やパイピングによると考えられる土手のくぼみや空洞は見られるが、流木には傷などはほとんど見られない。したがって、②からの土石流の前にこの 6 の土手が形成されていたとは考えにくく、この土手 6 は②からの土石流が流れたあと、③からの土石流が流れた際に大量の流木が土砂とともにここに堆積し、その後、②や③からの表流水により侵食されたほか、②からの流水が土手の地下に浸透してパイピングを起こしたと考えられる。

③からの土石流が尾根 7 を越えた原因については、巨礫 A（コアストーン）の存在も見落とせない（図 11、図 17）。巨礫 A は長径が 13m（推計約 700 トン）のやや丸みを帯びた黒雲母花崗岩で、この巨礫の表面の 3 か所に植物の生育痕があること（図 18）や表面の上側にあたる部分にコケがつき、土砂は上から下へ流れた跡があること、基盤側には淘汰の悪い角礫層があること（図 19）などから、この巨礫が露頭ではないこと、また今回の土石流で流下してきたものでなく、今回の土石流ではここに留まっていたと判定できる。この巨礫がこの場所に移動してきた原因としては、過去の地震による斜面崩壊または土石流によると考えられるが、この巨礫がこの場所で止まった原因としては、巨礫の右岸側（地点 9）に花崗斑岩の露頭（図 18 の 9、図 20）と巨大な露岩（G）がそばにあることから（図 17）、かつてこの場所に移動してきた巨礫がこの花崗斑岩の岩体に阻まれたと考えられる。

巨礫 A の上側（図 17 の右側 D、E）に今回の土石流で流下してきた土砂とともに流木 E が巨礫 D の下側に埋まっている状態が観察される。土石流は先頭に流木、その後に巨礫という構造を呈することから、ここに見られる状況からみて、この部分に土石流が乗り上げたと考えられる。しかも、この部分の流木の倒れている方向は、西側の尾根の方向であることから（図 18）、③からの土石流が流下し、ここで巨礫 A に乗り上げ、そのまま尾根に向かって直進し、尾根を乗り越えたと考えられる（図 11、図 15）。④に流下した土石流は巨礫を含む破壊的な土石流であったが（図 12）、犠牲者はなかった。しかし、「午後 8 時 30 分少し前頃」に③から流下した土石流は A のあたりで⑤の方の谷に向けて流下したもので（図 9、11、15）、②からの土石流堆積物も巻き込みながら流下し、谷にあった過去の土石流堆積物と風化花崗岩の岩盤の表面を侵食し（図 21、図 22）、地点 12 では尾根に駆け上がり、⑤の下流側にあった住宅に大きな被害を与えた（図 9、図 23、図 24）。

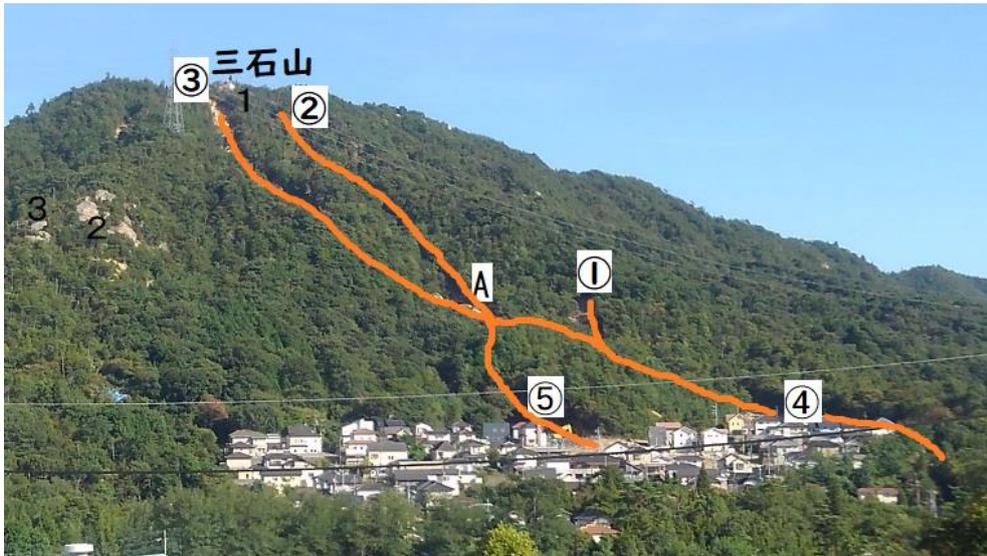


図9 土石流の直撃を受けた大原ハイツと三石山 団地は土石流扇状地に造成されている。山頂から山麓にかけての至る所に巨大なコラストーン（1, 2, 3, A）で、3は浮石状態。Aには巨大なコラストーン（図13：今回は動いていない）。土石流は最初に①から④に流れ、その次に②から⑤、最後に③から④と⑤に分かれて流れた。

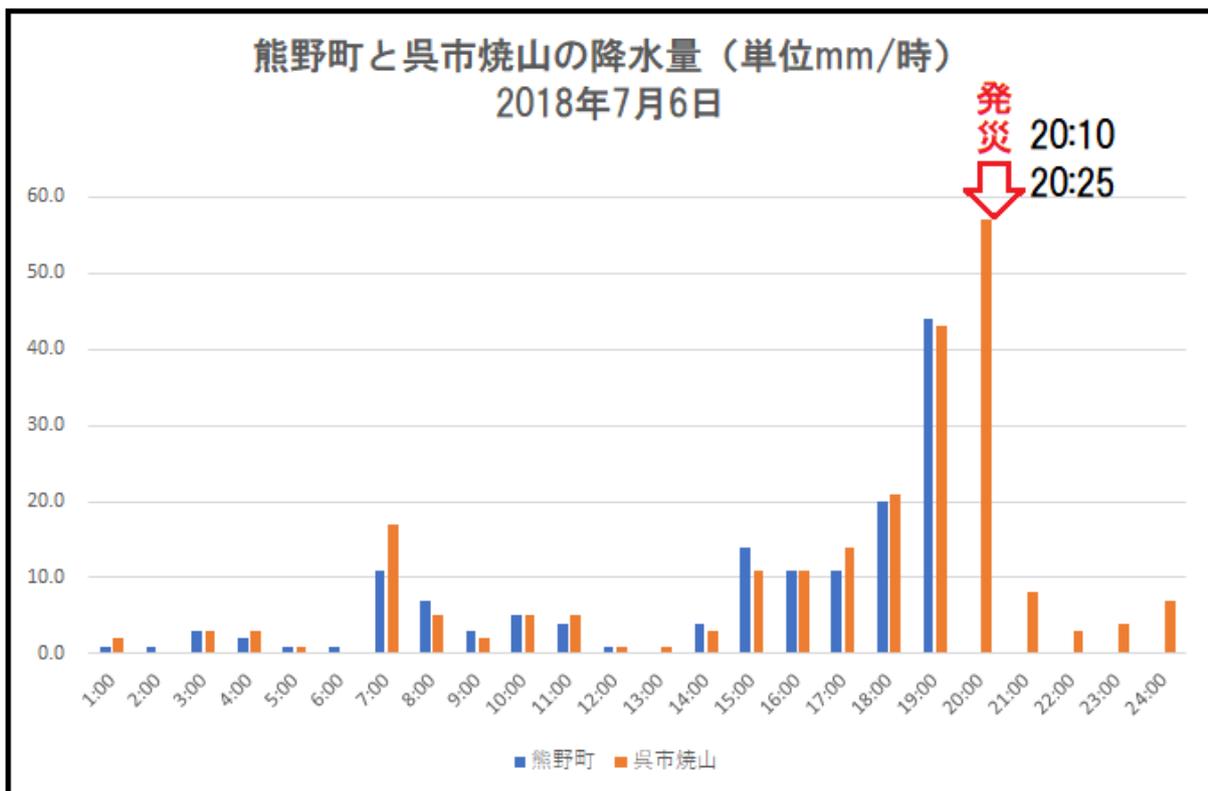


図10 7月6日の熊野町と呉市焼山の1時間あたりの降水量の変化と発災時刻との関係

(広島県防災 web⁹⁾ より)

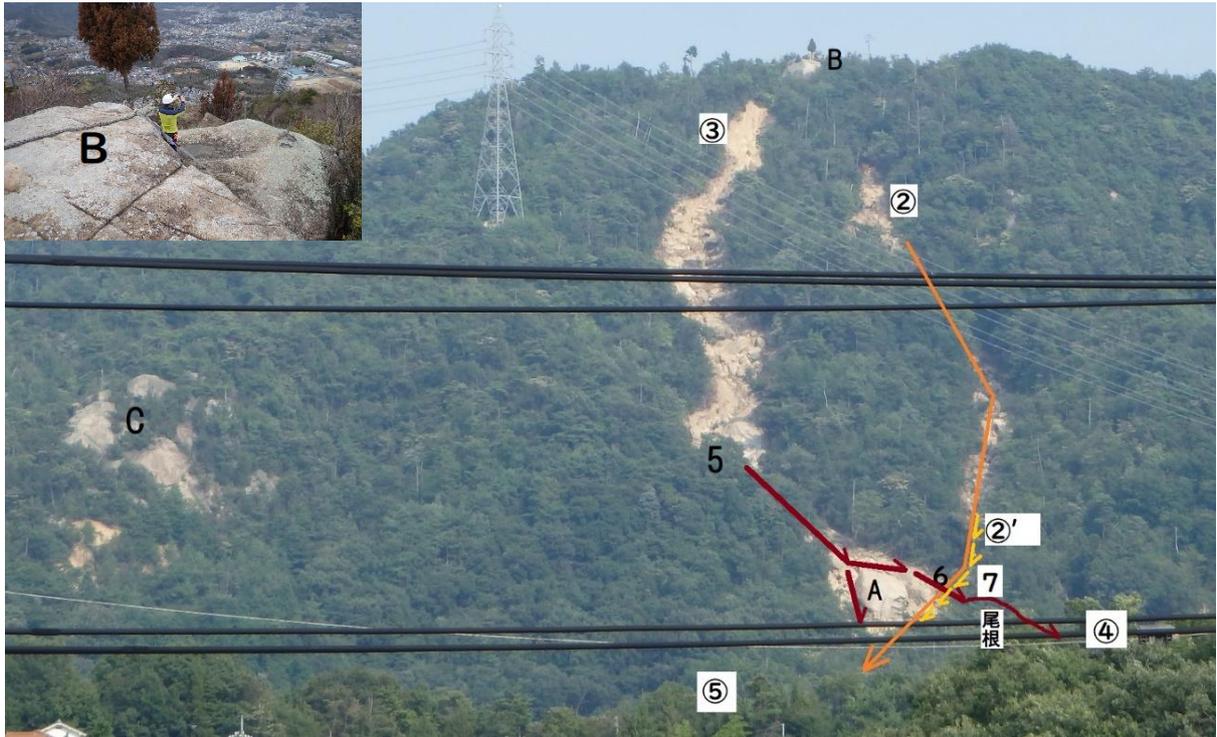


図 11 三石山頂付近の巨岩と崩壊地（図中の番号は第 8 図より）

〔山頂の巨岩 B は花崗岩のコアストーンで 10~15m の巨大な岩体が 3 個ある。（左上に拡大写真）。②，③は土石流の源頭部で傾斜は約 40 度。矢印は土石流の流路を示す。C には花崗岩の風化残留岩塊の露岩が分布している。源頭部②や③の周囲には白くなったアカマツの立ち枯れが見られる。②が流れた後③が 5→6→7 と流れ、その際に 6 に流木が堤防のように堆積して②からの流路を遮断。その後②からの流水（②'）が流れた。〕



図 12 ④に流れた土石流
1m を越える角ばった巨礫が多い。上流右に源頭部①。
図 8 の 4 付近から上流を見る。



図 13 源頭部①に見られたパイピング孔
幅 50cm、長さ 60cm、深さ 40cm くらい
断面に淘汰の悪い角礫が見える。侵食され
残った表土層の下部と思われる。



図14 源頭部① 上から1/3のところのパイピング孔がある。上部は露岩(DH級)。①の下部、尾根7からの土石流③との合流部には、③の流向に沿って流木が配列している。



図15 巨礫Aの西側の尾根7を越えた土石流③と土石流②の交差点 土石流の通過順序は②が流れたあと③が流れ、その後、表流水②'や③'により侵食された。②'は一部パイピングの可能性はある。



図 16 6の「土手」拡大写真 流木はほとんどが③からの流向に沿っている。②からの土石流による損傷の形跡がない。6の右下の空洞は、パイピング孔の可能性はある。

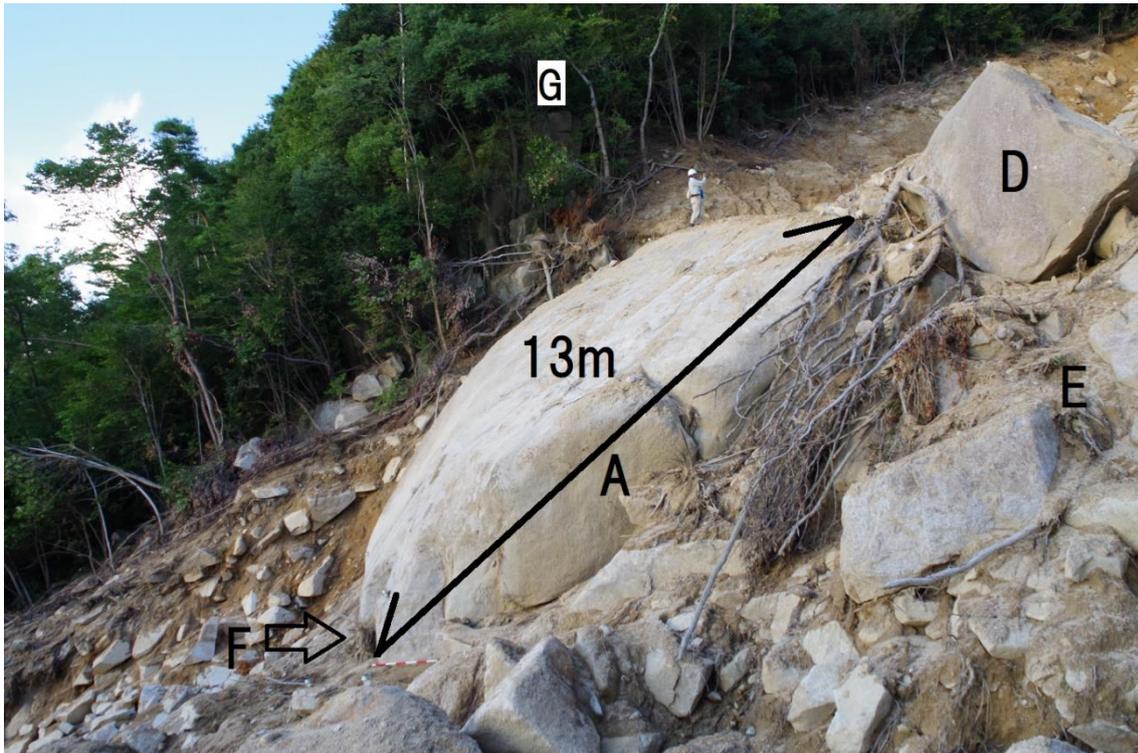


図 17 尾根 7 から見た土石流跡にある巨礫 A（黒雲母花崗岩のコアストーン）
長さ 13m の巨礫 A の上側に巨礫 D が載っており、D の下に流木 E が挟まっている（馬場洋太氏提供、岩上の人物が筆者、左下に測量用杖）。F には植物の生育痕（図 16）が見られる。G には数 m の花崗斑岩の露岩、その下には露頭（図 16,18）。巨礫 A は今回の土石流では動いておらず、過去の土石流か地震で崩落したもの。この場所に留まったのは風化されずに残っていた花崗斑岩の露岩（G が手前にも分布していた）にここで阻まれたためと考えられる。

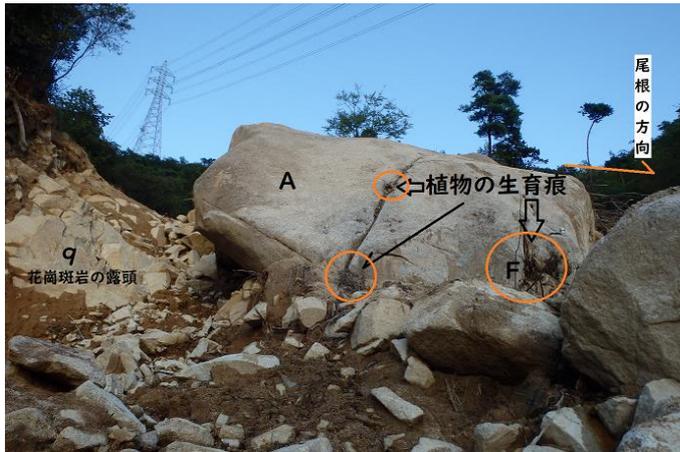


図18 下側から見た巨礫A F：植物の生育痕
左下は淘汰の悪い角礫層。右上の流木が尾根の方向
に向いている。9は花崗斑岩の露頭でもとはAのあ
たりまでであったがAにより破壊されたと考えられる。



図19 巨礫Aの右岸側の基盤は
侵食されて淘汰の悪い角礫が堆積
しているの見える。
(高橋由佳氏提供)



図20 花崗斑岩(図16-9) 花崗岩中の岩
脈で風化されにくく岩体が突出しやすい。



図21 巨礫A(矢印)の下流側は、土石流
にほとんど侵食されて風化した花崗岩の
岩盤(岩級区分CL級~DH級)が全面露
出している。図中の破線から上には1m



図22 谷の出口付近(地点11の北側から
12)を見る。左岸にはマイクロシーティ
ングの発達した花崗岩の岩盤が続き、右
岸には侵食され残った過去の土石流堆積

を超える巨礫を含む土石流堆積物が堆積していたと考えられる。矢印は巨礫 A。



図 23 地点 14 付近の土石流被害
右側に 3.5×3.5×1.5m の巨礫がある。

土田孝ほか(2018)¹⁰⁾より

物が続く。土石流は過去の土石流堆積物と風化した花崗岩の岩盤を侵食しながら流下したと考えられる。



図 24 地点 15 付近の土石流被害

1～2m の巨礫が散在。総務省消防庁(2018)¹¹⁾より



図 25 露頭 13 大原ハイツ南側の緩傾斜の尾根の上に堆積している過去の土石流による巨礫。この地域が破壊的な土石流災害に遭いやすいことを示している。



図26 地点7 過去の土石流堆積層のすぐ下には、マイクロシーティングの発達した粗粒黒雲母花崗岩（DH～CL級）が分布している。マイクロシーティングの走向傾斜はN63W,47N～N71W,45Nで、この谷の左岸の斜面の方向と調和的な値を示している。



図27 露頭11 マイクロシーティング（ほぼ水平方向）が発達した粗粒黒雲母花崗岩の風化したコアストーン（DH～CL級）

4. 1. 4. 大原ハイツ南側の緩傾斜の尾根について

大原ハイツ南側の三石山の山裾には緩傾斜の尾根が発達している（例：図8の地点13）。ここでは緩傾斜の風化花崗岩の上に土石流堆積物が堆積している様子が観察され、ここが土石流の常襲地帯であることを示している（図21）。

事実、図21では、風化花崗岩の上にこの谷を埋めるように堆積していた過去の土石流堆積物が今回の土石流で侵食されたばかりか、その下側の風化花崗岩の岩盤も侵食された様子が観察される。この付近の基盤をなしている花崗岩の表面付近にはマイクロシーティングが発達しており（図26、岩級区分はDH～CL級）、ハンマーでたたくと鈍い音がして砕ける。しかもこの付近の谷の左岸側の基盤岩の表面はマイクロシーティングの走向方向と調和的で、今回の土石流は左岸側をこのマイクロシーティングに沿って侵食したと考えられる。下流部（図8の地点11）では、風化がすすんだコアストーンが見られ、ここではマイクロシーティングは水平方向となっている（図27、岩級区分はDH～CL級）。こうしたことから、この谷が、過去何度も土石流で埋まりながらも、一方で侵食されてきたことを示しており、土石流常襲地帯といえる。

4. 1. 5. 大原ハイツ南側のレッドゾーンの設定について

大原ハイツの土石流災害は、4年前の広島市の八木地区の土石流災害を思い起こさせるもので、1mを越える巨礫を含む破壊的な土石流が、谷の出口から200mにわたって流れ、その正面にあった住宅を破壊している（図19、図20）。しかしながら、広島県が作成した大原ハイツ南側の土砂災害警戒区域等図では、レッドゾーンは図8の地点4あたりの約30m四方ほどの狭い範囲にしか設定されていなかった。しかしながら、この三石山の山麓には至る所に巨大な岩塊が点在しており、4年前の八木の土石流災害の経験を活かせば、それらが土石流として流下するであろうことは予測で

きたはずである。事実、図 11 や図 13、図 23 を見れば、背景の山の斜面に、大量の巨岩が散在していることは一目瞭然である。この地域が破壊的な土石流に襲われる可能性が高いことは容易に想像されるはずである。ハザードマップ作成にあたっては、事前の現地調査が十分になされる必要があるといえる。さらに、レッドゾーンに関しては住民説明会を丁寧に行うとともに、住民とともに防災マップづくりを行いしっかりと周知することが必要といえる。

また、今回尾根を越えて土石流が隣の谷に流れたことも特筆すべき点である。今後のハザードマップ作成にあたって留意すべき課題であり、この大原ハイツの事例は教訓とすべき土石流災害といえる。さらに、これだけ岩塊が散在している山麓の直下に住宅団地の開発許可を下したことも疑問である。今後さまざまな分野からの検証が必要ではないかと思われる。

5. おわりに

広島県は、土砂災害危険箇所が全国一多い県であり、これまでも土石流など土砂災害により何度も災害が発生し、犠牲者も多数出ている。その背景には、地質の脆弱さとともに、多くの住宅が急斜面直下や土石流危険渓流の真正面に開発されている問題がある。今回取り上げた熊野町の例は、これまでの土砂災害の教訓の上に立てば、住宅地として開発されること自体、不相当と言わざるを得ない場所であった。あらためて広島県における土砂災害の危険性を感じた次第である。

広島県は瀬戸内海気候のため、普段は雨が少ない地域にもかかわらず、梅雨末期や台風時には大量の雨が降り、洪水や土砂災害が起きている地域でもある。こうした自然の特性をよく知り、危険地帯を避ける工夫とともに、危険地帯においては早めの避難行動や防災対策の整備が求められる。さらには、こうした災害に対する防災意識の向上が喫緊の課題であることも指摘しておきたい。なお、今回の豪雨災害は広域災害の様相を呈している。緊急支援や災害ボランティアなどが追いつかないという現状もあった。南海トラフ巨大地震の30年以内の発生確率が80%となっている昨今、今回の災害を教訓に、広域災害という視点からの防災教育も必要といえる。

注：

1) 正式名称は「平成30年7月豪雨」だが、マスコミ等でもこの用語が広く使われ、広島県の災害を中心に報告することから、「西日本豪雨」の用語を使用する。

引用文献・資料

1) 平成30年7月豪雨による被害状況等について（平成30年10月9日17:00 非常災害対策本部）内閣府HP 防災情報のページ

http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon7/pdf/301009_1700_h30typhoon7_01.pdf

2) ウィキペディア 平成30年7月豪雨の期間降水量

https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%B9%B3%E6%88%9030%E5%B9%B47%E6%9C%88%E8%B1%AA%E9%9B%A8#/media/File:2018_West_Japan_heavy_rain_precipitation_isogram.svg

- 3) 気象庁 HP 各種データ・資料気象観測データ 2018年7月
<https://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>
- 4) ウィキペディア 平成30年7月豪雨7月5日から7日までのレーダー画像
https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%B9%B3%E6%88%9030%E5%B9%B47%E6%9C%88%E8%B1%AA%E9%9B%A8#/media/File:Kawabou_XRAIN_Chugoku-Shikoku_2018-07-05to07.gif
- 5) 国土地理院 HP 平成30年7月豪雨災害に関する情報 崩壊地等分布図 (平成30年8月3日更新) <http://www.gsi.go.jp/common/000203233.pdf>
- 6) 国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センターHP 20万分の1日本シームレス地質図V2 (2018年1月26日更新) <https://gbank.gsj.jp/seamless/v2/api/1.2/>
- 7) 土砂災害ポータルひろしま 土砂災害警戒区域等 (2018年12月13日更新)
<http://www.sabo.pref.hiroshima.lg.jp/portal/map/keikai.aspx>
- 8) 国土地理院 HP 平成30年7月豪雨 崩壊地等に関する情報 崩壊地等分布図 (ライン)
https://maps.gsi.go.jp/#15/34.317335/132.563653/&base=std&ls=std%7C201807H3007gouu_hokaichiline_1&blend=0&disp=11&lcd=201807H3007gouu_hokaichiline_1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0f1&d=v1
- 9) 広島県防災web 雨量データ
<http://www.bousai.pref.hiroshima.jp/?p=observation%2Frainfall>
- 10) 土田孝、橋本涼太、森脇武夫、加納誠二(2018) 広島県における地盤災害の特徴と今後の課題 2018年西日本豪雨災害調査団報告会 (2018年8月31日)
http://committees.jsce.or.jp/report/system/files/tsuchida_0.pdf
- 11) 総務省消防庁 HP. 平成30年7月豪雨による被害に対する消防機関等の活動写真 (広島県※ 7/7~7/18) <http://www.fdma.go.jp/bn/159f2401373ba766fece93836be6a852f79f0c9d.pdf>