

瀬戸内沿岸地域における台風豪雨による土砂災害の実態

— 香川県大野原町における平成16年の台風災害調査より —

海堀 正博*

1. はじめに

平成16年は自然災害の多い年となったが、台風についても発生数が平年をやや上まわる29個であったのに対し、本土に上陸した数は平年値の3倍以上にあたる10個となり、これまでの最高だった6個（平成2年と平成5年）を大幅に更新した^{1)、2)}。これにともない、台風の暴風雨や高潮等による災害も各地でくり返し発生した。特に、四国においては、台風10号によって徳島県那賀川上流域にそれまでの日雨量の日本記録を上まわる豪雨がもたらされ、100万 m^3 規模の大崩壊や土石流が発生したが、むしろ雨量が600~800mm程度まででは災害になるような土砂移動が起きていない地域であったことが特筆された³⁾。一方で、日頃あまり降雨の多くない瀬戸内沿岸地域でも大雨がもたらされたため、同じ地域がくり返し土砂災害に見舞われる事態となった。ここでは、瀬戸内海沿いの地域の香川県大野原町での土砂災害に焦

点を絞り、その発生原因や特徴を考えていくことにする。

2. 台風15号豪雨による香川県大野原町周辺での土砂災害の特徴

青森県に上陸するまでの台風15号の進路は、東シナ海から韓国の東端をかすめるような日本海側を通過するものであった^{2)、4)} ので、中国四国地



写真1 台風15号豪雨の土石流と濁流で犠牲者の出た香川県大野原町の現場

写真中央奥から土石流が流下。右が犠牲者の出た撤去中の集会所。避難所にもなっていた。



写真2 台風15号豪雨によって犠牲者の出た土石流と周辺の状況(香川県大野原町)

多発というような土砂移動発生状況ではないことがわかる。(中日本航空機)8月24日撮影)

*広島大学総合科学部自然環境科学講座

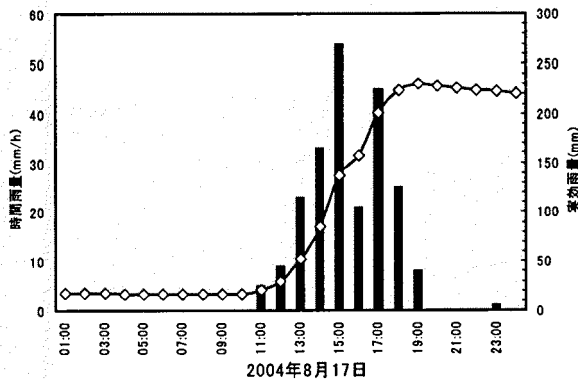


図1 大野原町にある五郷ダム(香川県管轄)での観測雨量(2004年8月17日)

棒グラフは1時間雨量、折れ線は72時間半減実効雨量を示す。観測点の北800mの位置で犠牲者を出した土石流災害が17時30分頃に発生している。

方は台風の進行方向の右側にあたるものとなった。8月17～18日には四国・九州地方を中心に非常に激しい雨が降り、香川県大野原町では避難先の集会所が土石流と濁流に襲われ2名が犠牲になった(写真1)。

写真には右側に撤去中の集会所が写っているが、中央奥からの支流がほぼまともにあたる位置にあったことや中央下部を右から左に流れる本川前田川に近い位置にあったことがわかる。谷の出口は自然林で覆われている。また、途中の流路沿いには一部人工林地帯があるものの、土砂移動の発生開始地点の周辺でもむしろ自然林地帯が多く分布している。土石流などの土砂移動の発生箇所は他にも数箇所で見られるが、いずれも規模は大きいものではなく、また、総じて箇所数も多い方ではない(写真2)。同じ台風豪雨によってもたらされた愛媛県新居浜市周辺(写真3)や後述する台風21号豪雨による大野原町周辺での土砂移動発生状況と比べると対照的である。これらが単に雨量の違いに起因するのか、地質・地形・植生などの自然的素因の違いに起因するのかを明らかにすることが必要である。

まず、台風15号豪雨がこの地域にはどのような雨量をもたらしたかをみる。写真2の下部に写っている五郷ダム(香川県管轄)の雨量観測値を使って、降雨の推移を示す(図1)。住民からの情報によると災害の発生時刻は17時30分頃である。15時までの1時間に54mm/hもの強雨がもたらさ

れているが、この時点ではまだこの観測点より北側へ約800mの位置での土石流災害には至っていない。しかし、16時時点での実効雨量値が約160mmのところその後2時間で約70mm/2hもの強雨が加わったことがここでの土石流発生につながったことがわかる。ただし、周辺一帯での多発が見られないことから、この降雨条件は土石流発生条件の下限値に近い値であると推測される。一方、同じ台風15号豪雨で土砂移動の多発した愛媛県新居浜市周辺地域では地上雨量観測点が少なく、また、このときの豪雨がきわめて局地的であったために必ずしもこの豪雨をとらえきれていなかったが、国土交通省レーダによる解析雨量からは72時間半減実効雨量値で240mmを超える豪雨であったと推定されている⁵⁾。香川県大野原町のこの流域でも周辺に比べて雨量がより多かったのかも知れないが、土石流の発生に至りやすかった何らかのその他の要因を調べるために、現地調査を行った。

土石流の流下した河床は傾斜した層理面が顕著であるが、比較的硬い砂岩や泥岩の互層が露出していた(写真4、写真5)。地質図およびその解説⁶⁾によると、このあたりは白亜紀後期の和泉層群の砂岩・泥岩の互層が分布しているが、当該地域はちょうど北西側の砂岩勝ち互層と南東側の



写真3 台風15号豪雨によって愛媛県新居浜市周辺で発生した土砂移動

香川県大野原町に比べてはるかに多くの土砂移動が見られる。(中日本航空(株)8月24日撮影)

泥岩勝ち互層の境界付近にあたる。流路は、幅約8m、深さ3～8mで連続した小滝が形成されており、勾配が10～22°の範囲で変化する。流路の周辺には広葉樹を主とした自然林が多いが、中流部の左岸側には一部スギ・ヒノキの人工林も分布していた。しかし、土砂移動の開始地点の崩壊地周辺は自然林の分布地帯であった(写真6)。崩壊地の傾斜は約34°、幅5～8m、深さ2m程度である。特に、周辺と比べてこの溪流の表層土の強度が低下していた様子も見られず、また、いわゆる人工林地帯というものでもなかった。

大野原町のこの溪流が周辺の他の溪流に比べて土石流が発生しやすい素因を有しているといえるかどうかは現地調査からは必ずしも明瞭にはならなかった。すなわち、事前にこの溪流を土石流発生の危険度のより高いものであると選別することが容易にできるとは思えない。結果として、土石流の発生やその後の河川の閉塞、濁流の発生を予測することができず、また、避難所となった集会所が川沿いの低い位置にあったことにより、早くから避難をしていた住民の中から尊い犠牲者を出してしまったといえる。

3. 台風21号豪雨による大野原町周辺地域の場合

台風21号は9月29日朝に鹿児島県串木野市付近に上陸した後、17時頃に高知市付近に再上陸し、20時頃に洲本市付近に達するが、この間の中心気圧は985hPa、最大風速は30m/s、強風域の半径は260km²⁾、勢力、大きさとも特別なものではなかった。しかし、台風に刺激された前線の活動が活発で、三重県で記録的な豪雨になった⁷⁾ほか、四国、近畿でも400mmを超える大雨になり、愛媛県西条市、新居浜市、四国中央市などでは7名の犠牲者をとともう土砂災害を引きおこした⁸⁾。台風21号の豪雨をもたらした範囲は愛媛県では東西約50kmに及ぶがこれは台風15号の時の東西約10kmよりも広く、また、その量も多かった⁵⁾。この雨域は西から東へと移り変わっていき、香川県西南部県境近くに位置する大野原町でも、愛媛

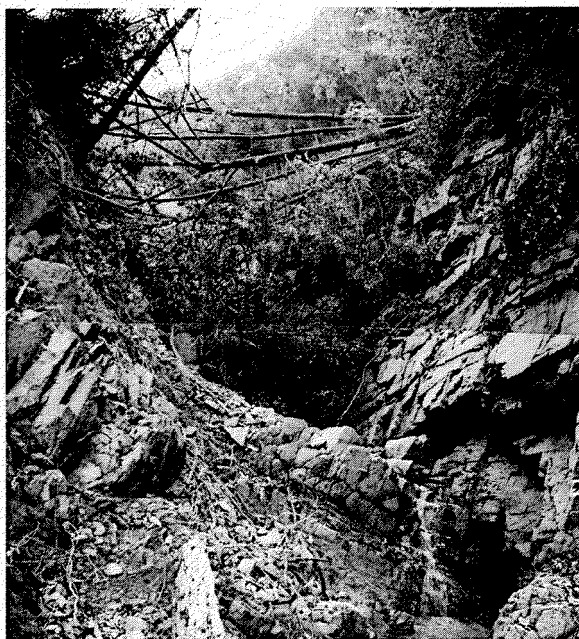


写真4 大野原町の土石流流路の状況

谷出口のすぐ上流。傾斜した層理が明瞭な堅い岩盤の露出した溪床である。周辺植生は広葉樹が主の自然林。台風15号の豪雨(2004年8月17日)かその後の豪雨により溪岸から根こそぎ崩れて流路に入りこんでいる。調査日は2004年9月18日。



写真5 大野原町の土石流流路の状況

中流部。傾斜・褶曲した層理が明瞭な堅い岩盤の露出した溪床である。部分的に人工林の分布した場にあたる。調査日は2004年9月18日。



写真6 大野原町の土石流源頭部崩壊地の直下部
 溪床にはいぜんとして部分的だが岩盤の露出が見られる。礫質土壌である。崩壊地勾配は34°、広葉樹を主とした自然林地帯での崩壊である。

県で強雨域が終盤になった2004年9月29日17時ごろから1時間雨量が40~60mm/hを超えるような猛烈な降り方となった。たとえば、香川県管轄の五郷ダム雨量観測点では、18時までの1時間雨量値が63mm/h、この時点での72時間半減実効雨量値が157mmとなっていたが、19時までにさらに65mm/hの強雨が加わり、実効雨量値は221mmとなる。さらに、20時までに24mm/hの強雨が加わり、土石流の発生につながったものと思われる。結果的には、この豪雨による土砂移動の発生箇所数は、香川県大野原町周辺地域においても台風15号の時に比べてはるかに多かったが、幸いにも犠牲者を出さずにすんでいる。

台風21号の襲来後にあたる2004年10月6日に撮影された空中写真(株四航コンサルタント撮影)から土砂移動発生場の判読を行ったものが図2である。この図の中で、特に土砂移動が集中発生しているAの地域は、人工的な土地改変(おそらく農地や果樹園などの利用のための造成途上にある土地であると思われる。たくさんの小道がつくられていた)の影響があった場所である(写真7の一部)。

Bの地域は稜線部などを除く多くのところが人工林地帯であるのだが土砂移動の発生は非常に少ない。特に、Aの地域やその北側と比べたときに、

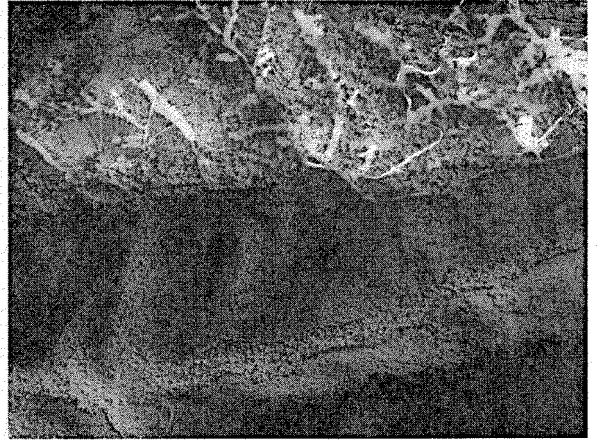


写真7 香川県大野原町周辺での台風21号豪雨による土砂移動(2004年10月6日(株)四航コンサルタント撮影空中写真より)

A区域(写真の上部)では土砂移動が集中発生しているが、B区域(写真の下部)ではほとんど健全なままであることがわかる。

その差が明瞭となる(写真7の一部)。地質図⁶⁾からはAの地区とBの地区では同じ砂岩勝ちの砂岩泥岩の互層であり、両者に差を見出すことはできない。現地調査からは、土砂移動の多発したA地区において土石流によって削られた流路の側面に表層断面が見られ、崩積土層のように見えた。また、植生にも差が認められ、Bの地区では人工林地帯であっても樹冠がほぼ鬱閉した壮齢林であるのに対し、Aの地区では植生がまばらで背丈も低く貧弱な状態であった。しかし、B地区はほぼ健全な状態であるため、現時点で地表面下の状況は不明であるが、樹木の根系の及ぶ表層だけが強度の高められた状態となっているだけではないかとも思われる。このあたりのことは今後の詳細な調査によって明らかにしていきたい。

一方、図2のCおよびDの地域では人工林地帯と自然林地帯とが谷や沢筋をはさんで双方見られたが、自然林の分布しているところでの崩壊(土砂移動の開始)の方が多いたことがはっきりと読みとれた。ただし、現地調査の結果、たとえば、D地域の最下流部の豊稔池沿い道路付近には人工林の流木が多数堆積しており、流路となった谷沿いの人工林が土石流に巻き込まれたものと思われる。

ここでは詳細な記述は避けたが、人工林地帯で

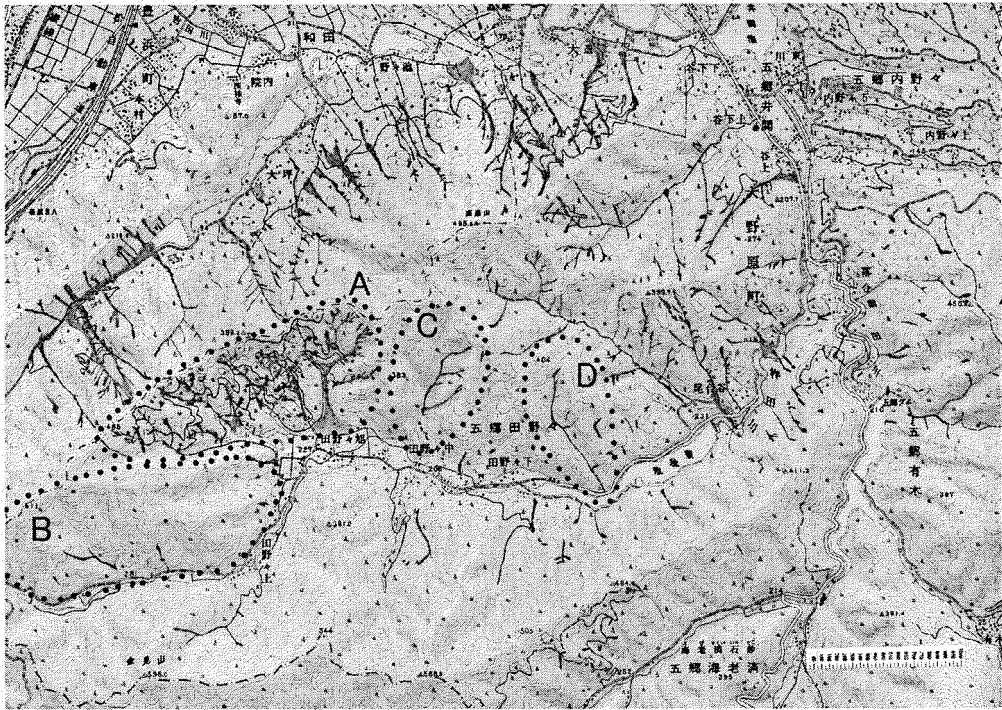


図2 香川県大野原町周辺の土砂移動分布図(2004年10月6日撮影空中写真より)

8月17日に豪雨をもたらした台風15号の時に比べて、9月29日の台風21号豪雨による土砂移動の発生箇所数も分布範囲もはるかに大きいものとなっている。

崩壊や土石流などの土砂移動現象が目立つといわれるのは単に植生が人工の杉やヒノキであったことが原因ではなく、地表部の攪乱要因や地質・地形などその他の要因の影響があったためであると思われる、この点をさらに調査・検討して議論すべきであることがわかる。

4. 考 察

従来、降雨の少ない瀬戸内沿岸地域では土砂災害も起きないように思われがちであるが、それはたまたま誘因となる降雨の条件が満たされないことが多かっただけである。すなわち、素因の面からは土石流の発生に必要な風化した土層やばらばらになりやすいレキ質土層は斜面の中に存在しており、誘因を待つだけの状態である。

2004年のように、台風に伴って強雨や大雨が加えられると、たとえば、徳島県那賀川上流域のように、日頃、多くの降雨を経験している地域ではまだ災害につながらないような降雨量でも、瀬戸内沿岸地域ではかたんに土砂災害が発生してしまうことがわかる。したがって、豪雨などの異常

気象が予想される場合の備えはやはり必要である。

今回見たように、瀬戸内沿岸地域の和泉層群の地質地帯では、約160mm以上の実効雨量のあるところに2時間で70mm以上の強雨が加わるような降雨パターンで、土石流が発生しうることがわかった。このように、比較的少なめの降雨量でも土石流の発生につながる特性は、堆積岩類分布地帯よりも風化の進んだ花崗岩類分布地帯ではもっと顕著であろう。

土石流災害の多発する条件は、単に強雨に見舞われるだけでは成立せず、その前に十分に地盤が大量の雨によって緩んでいることが必要であるといわれており⁹⁾、そのためにもたとえば72時間半減の実効雨量値や降り始めからの総雨量、あるいは、気象庁が提唱している土壌雨量指数¹⁰⁾など、過去の雨の影響度がどれくらいであることを示すデータを、住民が知ることができるような体制が必要である。国や各自治体が主体となって防災情報の整備がずいぶんと進められてきてはいるが、昨年台風時、あるいは、今回の災害の解析のための降雨情報の収集作業にあたって、まだそ

のような体制にはほど遠い状態であることを実感している。今後とも、警戒避難の理解と実践のための情報提供に関して検討と工夫が必要である。

ま と め

2004年の台風にともない香川県大野原町を対象地として降雨と土砂移動、および、植生の関係を見てきた。その結果、以下のようなことがわかった。

- (1) 台風15号のもたらした豪雨により香川県大野原町でも犠牲者をともなう土石流が発生した。しかし、このときの豪雨はようやく土石流の発生条件を満たし始める、いわば下限値となるような雨量を供給するものであった。
- (2) 当地域は和泉層群の堆積岩分布地帯であったが、72時間半減実効雨量値で160mm程度以上のところに2時間で70mm程度以上の強雨が加わる条件で土石流の発生に至っていた。台風10号豪雨による徳島県那賀川上流域の土石流発生条件と比べてはるかに小さな雨量である。
- (3) 犠牲者を出した土石流は広葉樹を主とした自然林地帯の崩壊土砂が流動して流下したものであり、溪流途中で溪岸・溪床を侵食し、あるいは、支流からの土砂を得て拡大したものである。流路の途中に人工林地帯もあったが、おおむね自然林地帯での土砂移動といえる。
- (4) 台風21号のもたらした豪雨は台風15号豪雨よりも激しいものであり、大野原町周辺地域においても結果としてより多くの箇所土砂移動現象を引き起こした。しかし、早くからの警戒と適切な避難により犠牲者を出さずにすんだ。
- (5) 土砂移動の集中的に起きている場所として目立ったところは人工改変地（農地、または、その他の何らかの目的での人工改変地）で、小道が多数つくられていたところであった。
- (6) それに隣り合う位置にある大規模な人工林地帯では特に土砂移動現象が発生していなかった。
- (7) 土石流の発生した溪流流域で、人工林地帯と自然林地帯が谷または沢筋をはさんで分布している2つのケースを見たが、人工林地帯からの土砂移動よりも自然林地帯からの土砂移動の方が目立つ

状況であった。

- (8) 自然林地帯と人工林地帯を植生の違いからだけでは、土砂移動の発生に対して強い場所、弱い場所と区別することはできず、その他の要因とあわせて判断する必要があると思われた。
- (9) 土砂災害防止につながる警戒避難のための降雨情報について、特に、過去の雨の影響度を知ることが今なお簡単ではないことがわかった。

今後は、土砂移動の多発地帯とその他の地帯の差の原因について、自然的要因の詳細や人工的な要因をさらに調査・検討し、解明していきたい。

謝 辞

調査の実施にあたり、国土交通省四国山地砂防事務所調査課長の岩男忠明氏、愛媛県砂防課長の岡本敦氏、香川県大野原町に住む平野源嗣郎氏、および社砂防学会緊急調査団ほか多くの関係者のみなさまに大変お世話になった。また、中日本航空(株)からは空中写真の一部をそれぞれ提供していただき、本報告にも使わせていただいた。以上の方々には衷心より感謝の気持ちを伝えたい。また、広島大学総合科学部砂防学研究室専攻生諸君には資料収集や整理にあたり多くの助力を得ることができた。心から感謝の意を表したい。

引用文献

- 1) 国立天文台編 (2001) : 理科年表、平成14年版、丸善。
- 2) (財)日本気象協会提供による台風関係情報については、広島県防災情報システム (<http://www.bousai.pref.hiroshima.jp/hdis/index.html>) の中から引用した。
- 3) 日浦啓全・海堀正博・末峯 章・里深好文・堤 大三 (2004) : 2004年台風10号による徳島県木沢村と上那賀町における土砂災害緊急調査報告 (速報). 砂防学会誌、57(4)、39-47。
- 4) 内閣府 (2004) : 平成16年台風第15号と前線に伴う大雨による被害状況について (第12報)。

<http://www.bousai.go.jp/kinkyu/040818taifu15gou/040827taifu1200.pdf>より。

- 5) 加藤誠章・安田勇次・宮瀬尚幸・岡本 敦・西本晴男 (2005) : 平成16年愛媛県土砂流木災害における降雨状況について. 平成17年度砂防学会研究発表会概要集、412-413.
- 6) 四国地方土木地質図編纂委員会 (1998) : 「四国地方土木地質図」より
- 7) 林 拙郎・土屋 智・近藤観慈・芝野博文・沼本晋也・小杉賢一郎・山越隆雄・池田暁彦 (2004) : 2004年9月29日、台風21号に伴って発生した三重県宮川村の土砂災害 (速報). 砂防

学会誌、57(4)、48-55.

- 8) 矢田部龍一・長谷川修一 (2004) : 2004 (平成16) 年台風10、15、21号による四国の土砂災害. 日本地すべり学会誌、41(4)、94-96.
- 9) 海堀正博・石川芳治・牛山素行・久保田哲也・平松晋也・藤田正治・三好岩生・山下祐一 (1999) : 1999年6月29日広島土砂災害に関する緊急調査報告 (速報). 砂防学会誌、52(3)、34-43.
- 10) 岡田憲治 (2004) : 雨観測の不確実性と土壌雨量指数. 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、47-52.