

地形・地質からみた紀伊半島大水害

和歌山大学防災研究教育センター客員教授 後 誠 介

はじめに

2011(平成23)年台風12号(Talas)は、紀伊半島に甚大な水害をもたらした。大型でゆっくりと北上したため、紀伊半島では広範囲にわたって、河川の氾濫、山地の斜面崩壊などが多発し、土砂災害が引き金となって河川氾濫が起こるなどの複合災害となった地域もみられた。

この大災害をうけて、地盤工学会・日本地質学会・日本応用地質学会・関西地質調査業協会・中部地質調査業協会は、「平成23年台風12号による地盤災害合同調査団」(团长：深川良一立命館大学教授)を直ちに編成し、上記5者の共催事業として現地調査を行った。調査団員は78名(和歌山班：33名、奈良班：30名、三重班：15名)であった。この調査団は、2011(平成23)年11月に『平成23年台風12号による紀伊半島における地盤災害調査報告書』(注1)を発行して解散したが、これを機会にしてより詳細なデータを集め、地盤災害の特性やメカニズムについて調査研究を行い、設計の想定を超えるような豪雨に対する地盤災害の減災に向けた提言を行うことをめざして、「[「想定外」豪雨による地盤災害への対応を考える調査研究委員会」(委員長：深川良一)が、公募された委員(設立時：63名)により設立された。あわせて平成24-26年度和歌山大学独創的研究支援プロジェクト：地域の特質を生かした防災型「地域イノベーション」創造プログラムの支援により調査研究が行われた。紀伊半島の地盤災害の広域的な調査研究は継続されている。

ここでは、これらの調査研究をもとにして、大水害の素因となったとみられる熊野の地形・地質の特性について報告するとともに、自然を地形・地質の視点から理解することの防災上の重要性について触れる。

1 2011(平成23)年台風12号の降雨

台風の進行方向の東側となった紀伊半島には、非常に湿った大気が長時間連続して流れ込み、海岸からさほど遠くない位置にある1,000m級の山地のために、積乱雲が連続して発達する状態が長く続いたとみられる。降雨が長時間連続しただけでなく、短時間に大量の雨が降る集中豪雨が反復したところもあり、全体として記録的(注2)な積算雨量(総雨量)となった。

(1) 降雨の特徴

台風12号の影響を受けた降雨は、熊野の沿岸地域(尾鷲市尾鷲、十津川村玉置山、新宮市新宮、那智勝浦町色川など)では8月30日から観測されている。それから日を追って雨量は増加し、9月2日には日降水量が100mmを超える観測点が多くなり、9月3日には日降水量が500mmを超える観測点(上北山村上北山、大台町宮川、古座川町西川、十津川村風屋、田辺市本宮、那智勝浦町色川)が現れた(気象庁, 2011)。降雨は長時間にわたって連続しただけでなく、9月2日深夜か

らは短時間に大量の降雨がある集中豪雨のみられる観測点が現れ始め、9月3日深夜から4日早朝にかけて集中豪雨が多発した(気象庁, 2011; 和歌山地方気象台, 2011; 奈良地方気象台, 2011; 津地方気象台, 2011)。

こうしてみると降雨の特徴は、2つの要素に分けて考えることができる。まずひとつは長時間にわたって降雨が継続したことであり、このために積算雨量(総雨量)が増大したことである。次には短時間に大量の降雨がある集中豪雨がくり返し、このために時間雨量についても記録的な降雨となったことである。降雨が長時間継続したことは、地盤や河川に対して継続して負荷がかかり続けたことであり、これに対して短時間に大量の降雨が集中したことは、地盤や河川に対して急激に強い負荷がかかったことを意味している。

このような降雨をもたらした台風12号は、1889(明治22)年8月の紀伊半島大水害(注3)をもたらした台風とその進路・速度が非常に良く似ており(奈良県, 2013)、紀伊半島を東側にしたまま『四国・中国地方をゆっくりと北上する台風』は、紀伊半島に記録的豪雨をもたらす可能性の高い最重要警戒台風のひとつといえる(後誠介, 2013 a)。

なお、この台風12号による降雨については、新宮での再現期間は300年程度とする推計値が得られている(平井孝治・他, 2013)。

(2) 熊野の降雨の特異性

台風12号に伴う降水量分布をみると、山間地域である紀伊半島中央部よりも南東側の海岸寄りで降水量の多かったことが分かる(図1)。この降水量分布は年降水量分布とも良く重なるが、これらは紀伊半島南東部の海岸寄りに連なる1,000m級の山地の影響をよく反映するものである。

この山地は、熊野の気候・風土と密接につながる地形であり、かつては熊野海岸山地(小川琢治・本間不二男, 1931)(注4)と呼ばれていた。尾鷲市北方の紀北町海山付近から熊野市・新宮市を経て那智勝浦町色川付近に到る、紀伊半島南東部の海岸に沿って連なる山地である(図2)。熊野の内陸部から最短距離で海岸部に出るには、この熊野海岸山地を越えなければならない位置にある。

南東方向から供給された湿潤な大気は、熊野海岸山地に直ぐに突き当たる。湿潤な大気はこの山地に沿って上昇気流となり、雨雲を連続して形成しながら多量の雨を降らせることになる(後誠介, 2013 b)。海岸地域であっても、降雨は山間地域型になりやすいという熊野の特異性が、この台風12号に伴う降雨でも現れている。

なお、熊野海岸山地は、マグマからできた熊野酸性火成岩類で形成されている。

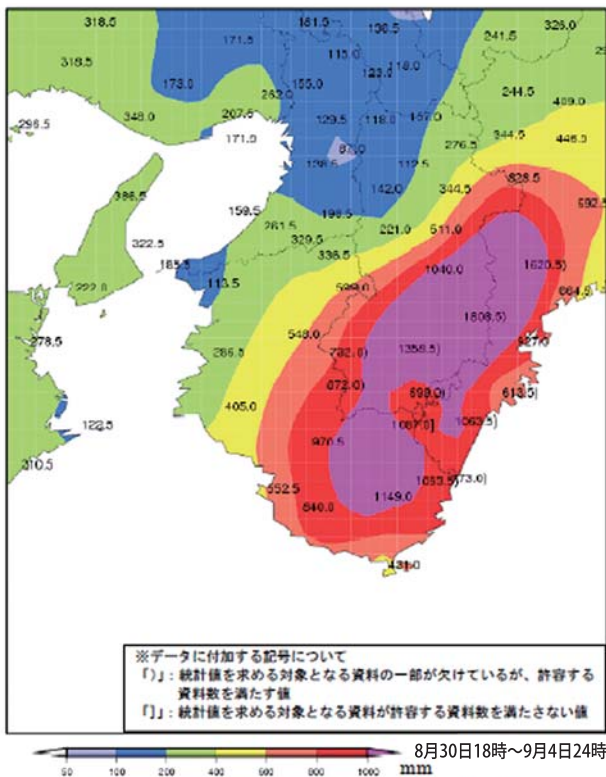


図1 平成23年台風12号に伴うアメダス期間降水量 (和歌山地方気象台, 2011)

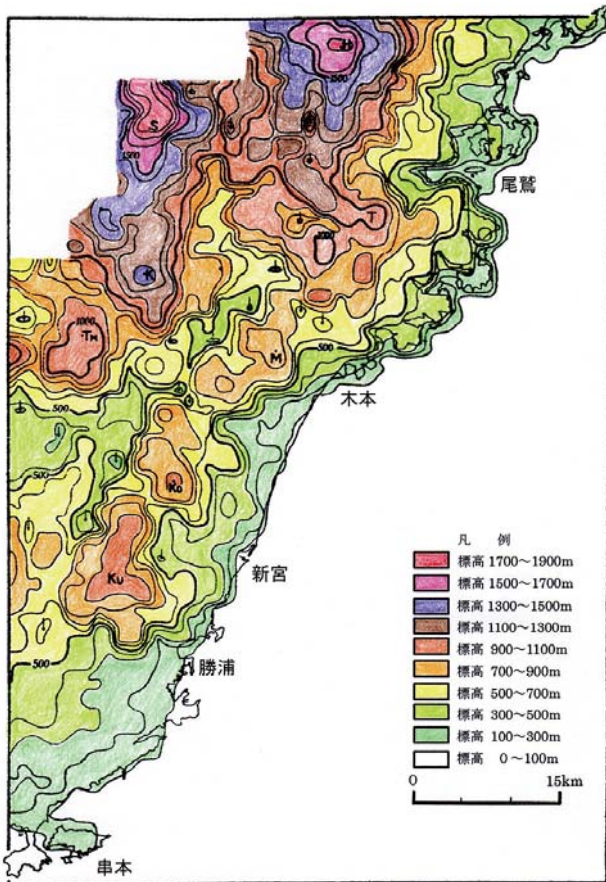


図2 熊野海岸山地の地形概略 (鈴木好一・稲垣誠二, 1933を参考に作図)

2 土砂災害と洪水災害の複合災害

台風12号による紀伊半島大水害の特徴は、被災範囲が極めて広範囲であったこと、被害の程度が極めて大きかったことに加えて、同一の地域で土砂災害と洪水災害が相次いで発生した複合災害がみられることである。発生した土砂災害が、洪水災害を引き起こしたところもある。

(1) 那智地域の複合災害

和歌山県内の死者・行方不明者57名（気象庁, 2011）の4割弱の犠牲者が集中した那智地域では、土石流による犠牲者とともに、那智川の氾濫による洪水の犠牲者も生じている。那智川の水位上昇に伴って堤防の一部決壊が起っていたが、那智川支流の溪流で発生した土石流が本流に流入したことにより、本流沿いの広い範囲で一気に氾濫・浸水が発生し、甚大な被害が生じるようになった（那智勝浦町総務課編, 2013）。

那智川右岸の4溪流と左岸の5溪流から大規模な土石流が流下するとともに、那智川本流沿いでは河岸の旧土石流堆積物が洗掘されて流下しており、これらが合流して八反田付近まで到達している。この途中にある魚の首付近では、直線状の那智川を流下した土石流が、右側に緩く曲がる河川に沿って流下せずに直進し、大きな被害を発生させた要因となった（平成23年台風12号による地盤災害調査団編, 2011）。発生した土石流は、いずれの箇所でも巨大な巨礫（岩塊）を主体とするものであった（写真1）。

那智川本流で氾濫を起こした地点は、大門坂の北東側地点、蛇ノ谷川合流部、魚の首付近の3地点とみられるが（那智勝浦町総務課編, 2013）、いずれの地点も那智川の水位上昇に加えて、土石流で流下した巨礫主体の堆積物により河道が狭まるとともに浅くなったほか、土石流により護岸が破壊されたり本流が堰き止められたりしたためであり、洪水は長時間にわたって続いた。

このように山地災害である土砂災害と河川災害である洪水災害とが、複合して発生したものであった。



写真1 土石流によって流出した巨礫 (那智勝浦町井関, 2011年10月2日撮影)

(2) 那智地域の地形・地質の特性

那智川は、那智山系を源流域として那智湾に注ぐ延長7km、流域面積24.8km²の二級河川である(那智勝浦町総務課編, 2013)。源流域は熊野海岸山地の一部であり、烏帽子山(標高909.2m)をはじめとする標高800m~900mの急峻な山々からなり、那智大滝を経てわずか7kmの距離で那智湾に到る急流である。

このため河川の水位は、降雨の変動を鋭敏に反映する。台風12号の際には、川関水位観測所の水位は、市野々雨量観測所の時間雨量の変動と極めてよく連動して変化している(図3)。例えば、9月3日午後3時から降雨が急に増大したのを反映して、午後4時10分には水位が氾濫注意水位を超える3.14mに達し、その後4日午前1時から時間雨量60mmの集中豪雨になると、午前1時~2時頃に大門坂北東部で浸水が発生している(那智勝浦町総務課編, 2013)。したがって那智地域は、降水量の変動が短時間のうちに河川の水位変動となって現れる地域であり、その背景には上記のような地形的要因がある。

那智地域に甚大な被害をもたらしたのは、すでに述べたように多発した土石流であった。土石流は極めて特徴的であり、角のとれた花崗斑岩(熊野酸性火成岩類のひとつ)の巨礫を主とする多量の土石が流出した。このような特徴的な土石流を発生させる花崗斑岩の存在が、多量の巨礫からなる土石流が多発した地質的要因である(那智勝浦町総務課編, 2013)。

那智地域は、源流部から河口までの距離が短く急峻であるという地形的要因に加えて、巨礫を主とする土石流を発生させやすい花崗斑岩の岩体が存在するという地質的要因があり、土砂災害と洪水災害の複合災害に到ったものとみることができる。

3 河川地形と洪水災害

台風12号の影響を受けた降雨は、多くの地点で記録的な雨量となった。そのため紀伊半島の広範囲で、洪

水災害が発生した。ここでは発生した洪水災害のうちで、特に地形との関連性が認められる事例について述べる。地形の特徴を踏まえることによって、地域の特性に即した防災対策につながるものと考えられる。

(1) 熊野川の河川狭窄部

新宮市熊野川町地域は、台風12号災害のみならずたびたび甚大な洪水被害を受けてきたが、その要因のひとつに熊野川の河川地形の特異性があげられる。

新宮川水系の熊野川は、河口に近い下流域に、長い河川狭窄部が存在する特異な河川である。熊野川は、兩岸に急崖が迫る河川狭窄部をへて熊野灘に注ぐ。河川狭窄部は、田長付近から相筋付近までの約18kmであり、ここを経るとわずか3kmで熊野灘である。

ここから上流の新宮市宮井で北山川と十津川という2つの大きな河川が合流し、新宮市日足では支流の赤木川が合流するので、上流域から流下してきた河川水はすべてここに集中する。いわば川幅がより広くなるはずの位置に河川狭窄部が存在し、しかも岩盤が突き出して流れが屈曲したところから狭窄部が始まる。このような熊野川の河川地形が、その上流側に洪水被害をもたらす素因となっている(後誠介, 2013 a)。

さらに加えて、河川狭窄部では流れが加速されるため、河川水は勢いと破壊力を増す。そのため多くの箇所では河岸や路肩が破壊されるとともに、地上の構造物の被害が大きくなった。国道168号は、この狭窄部に沿って走る区間の被害が大きく、長期間にわたって通行止めとせざるを得ない被害が発生し、それはまた災害復旧を妨げることにもつながった(後誠介, 2013 a)。

熊野川が下流域に河川狭窄部をもつのは、この流域で熊野海岸山地を横切っているためであり、堅硬な熊野酸性火成岩類の岩体をつっ切っ流れているからである(後誠介, 2013 b)。

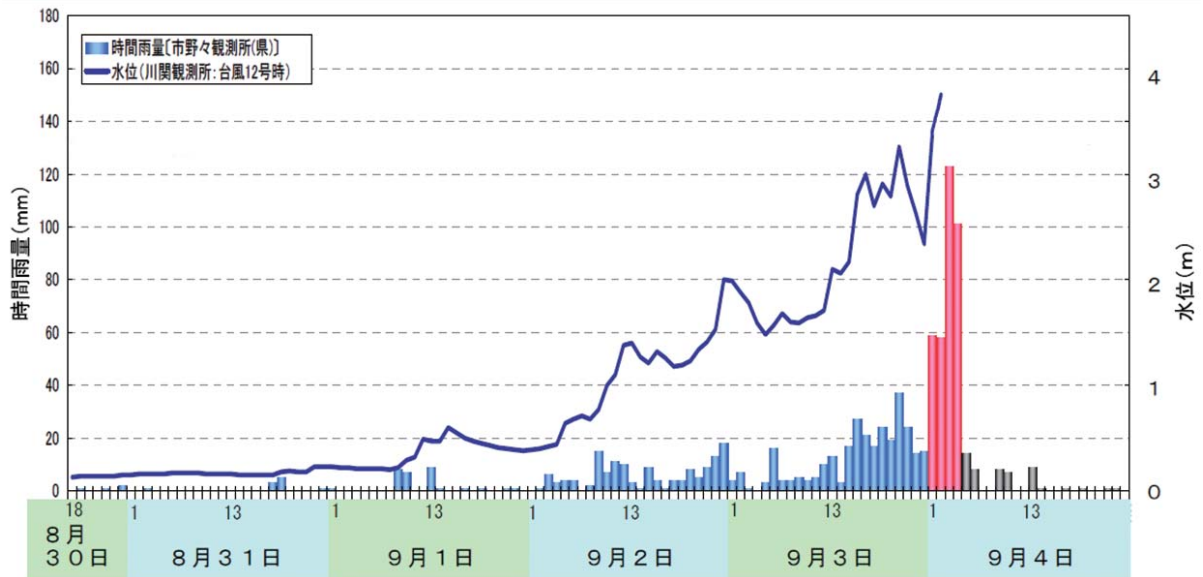


図3 那智川の水位変化と降水量の関係(那智勝浦町総務課編, 2013に加筆)
(水位は川関観測所、降水量は市野々観測所による観測値)

(2) 新宮市街地の氾濫

熊野川に架かる旧熊野大橋の上を、濁流が溢れた。9月4日夕刻にNHK・TVで放映されたこの映像（注5）は、極めて衝撃的であった。河口までの2.5kmの間に、熊野川の水位が10m前後も低下する激流であった。

新宮市街地では、相筋と池田で4日早朝にかけて堤防からの越流が発生し（注6）、熊野川から越流した濁水の大部分は南に向かって流下した。市街地の内部の方が、熊野川沿いに比べて標高が5m前後低い（注7）からである。国道や主要道の路面が宅地敷地よりも高いところでは、これらの道路によって水流が止まったとみられるが、市街地に濁水となって広がった。

一方、市街地が広く冠水したのは、4日午前3時50分頃とされる（新宮市協働推進課広報聴係編，2012）。これは、4日午前3時頃からの1時間降水量132.5mmという記録的集中豪雨（注8）に主に起因するとみられる。すなわち短時間の集中豪雨により地表に供給される水量が極めて多くなり、排水路・河川などから流出する排出量を大幅に上回ることによって、内水氾濫（注9）の状態が急激に進行したものとみられる。これに先行して3日午後6時頃から、市街地の一部では内水氾濫に陥っていたとみられる。内水氾濫の水は、濁り分の少ない水であった（注10）。

新宮市街地は、これまでも内水氾濫が頻発した地域であった。その浸水対策として、市街地を流れる市田川および浮島川に樋門を設置するとともに、市田川・浮島川の水を排水する揚水ポンプ施設が整備され（注11）、それ以降に内水氾濫は激減した。台風12号水害の際に、これらの樋門・揚水ポンプ設備が稼働していなければ、市街地の浸水被害はさらに大きくなっていたものとみられる。

熊野川河口付近には、熊野川沿いの自然堤防である地形的高まりとともに、海岸沿いには浜堤である地形的高まりがあり、市街地はこれらの高まりの背後にできた後背低地が大部分を占める。これまでに内水氾濫が頻発したのは、このような熊野川河口の市街地の地形（注12）を反映したものである。

(3) 河川の旧流路と洪水災害

多雨地域として知られる那智勝浦町色川を源流とする太田川は、台風12号の降雨に伴って広い範囲にわたって氾濫したが、那智勝浦町下和田の大泰寺の北側では、太田川の越流が原因となって堤防が決壊し、そのために家屋被害が大きくなった（那智勝浦町総務課編，2013）。この決壊箇所の下流側には、河川の旧流路地形が残っているほか、航空写真からこの地形とつながる旧流路が判読できる（写真2）（中西典明・他，2014）。つまりこの決壊箇所は河川の旧流路へとつながる位置にあり、河川の水位上昇に伴って旧流路に向かう河川水の流れが生じたとみられる。

熊野地域では、ほとんどの河川は谷底平野を流れる。このような河川では、河川の浸食作用が進むにつれて河川流路の位置が移り変わり、環流丘陵が形成されている地域がある。また耕作地を広げたり整理したりす



©2014 ZENRIN Image©2014 DigitalGlobe

写真2 太田川の決壊箇所と旧流路
(Google Earth, 2011に加筆)

るために、河川の流路が人工的に付け替えられている地域もある。このような地域では、河川の水位上昇に伴って、河川水の一部が旧流路に向かって流れ、堤防の越流や河川構造物の破壊につながる危険性が高い。

河川の旧流路域の被害が大きくなった例は、切目川流域（印南町古井）でも見られる（中西典明・他，2014）。

4 紀伊半島をつくる地質体

台風12号による土砂災害は、紀伊半島の広範囲にわたって多発した。この結果、地域の地質体の特性と土砂災害の崩壊のしくみが、密接に関連することが明瞭になった。

紀伊半島はおおまかには、付加体・前弧海盆堆積体・火成岩体（古い順）という3タイプの地質体からできている（注13）。これらの地質体は、それぞれに形成された状況が異なり、そのために地質体の特性もまた異なっている。そして大地はこれらの地質体がモザイク状に寄せ集まったり積み重なったりしてできており、異なるタイプの地質体が接する地質境界付近では、地質境界を挟んで地質の特性が大きく異なるところがある。

(1) 海洋プレートの沈み込みでできた付加体

海洋プレートの移動と沈み込みに伴って、海溝やトラフ（注14）付近での深海で形成された地質体が付加体であり、これが隆起をして紀伊半島大部分の大地となっている。古い順（注15）に奈良県川上村・奈良県から三重県に到る大台ヶ原付近の秩父帯、奈良県黒滝村・奈良県天川村付近の高野山帯、奈良県五條市大塔町・奈良県十津川村付近の日高川帯、和歌山県本宮～田辺付近の音無川帯、和歌山県大塔山付近から南側の