

報告

2004 年台風 21 号と前線による豪雨災害

葛葉 泰久*・沼本 晋也*・サンガ ンゴイ カザディ*・福山 薫*

Heavy storm due to the Typhoon T200421 and a stationary front over Mie Prefecture

Yasuhisa KUZUHA*, Shin'ya NUMAMOTO*, Sanga-Ngoie KAZADI* and Kaoru FUKUYAMA*

Abstract

Mie Prefecture suffered from water-related disasters due to the Typhoon T200421 on September 29, 2004. Nine persons died, about 70 houses were destroyed by debris flows, slope failures or landslides, and more than 5,000 households were inundated. In this work, first, we analyze meteorological data and conclude that the heavy rainfall were caused by the existence of a stationary front into which the typhoon supplied warm humid air masses, and the orographic conditions over Mie. Secondly, we estimate the return period of t -hour ($t=1, 2, 3, 6, 12, 24$ hours) precipitation at four locations in the prefecture. Finally, disasters due to landslides or debris flows in Miyagawa Village are overviewed and discussed. The above-mentioned meteorological analysis shows a very close relationship between the locations of heavy precipitations during relatively long terms (say 24 hours) and the occurrence of debris flows or landslides.

キーワード：台風 21 号，停滞前線，地形性降雨，氾濫，土石流

Key words：Typhoon 200421, Stationary front, Orographic precipitation, inundation, debris flow

1. 序論

後に述べるように、「平成 16 年 9 月 29 日に三重県を襲った台風 21 号に関わる豪雨」は、そのメカニズムから考えて、気象庁が使っているよ

うな「平成 16 年台風第 21 号及び前線による 9 月 25 日から 30 日にかけての大雨と暴風」(気象庁 web page, 2004) というような用語のほうが正確であろう。しかし、本稿では、簡単のため、

* 三重大学生物資源学部
Faculty of Bioresources, Mie University

本報告に対する討論は平成 18 年 8 月末日まで受け付ける。

この9月28、29日の豪雨を、たびたび「台風21号による豪雨」などと称すことにする。

ここで、前述の気象庁 web page の記述を引用する。「9月12日03時にグアム島の西南海西海上で発生した台風第21号は、発達しながら北西に進み、26日に強い勢力で沖縄本島と宮古島の間を通過した。(中略)29日08時頃、暴風域を伴って鹿児島県串木野市付近に上陸した。15時過ぎ、高知県宿毛市付近に再上陸した後、20時半頃、大阪市付近に再上陸し、(中略)29日07時50分までの1時間に三重県尾鷲市で133 mm、09時40分までの1時間に三重県宮川村で139 mmの猛烈な雨を観測するなどし、台風と前線の影響による総雨量は、尾鷲市で900 mmを超えたほか(以下略)」

同じ web page には、AMeDAS 観測点で観測された降水量に関し、「期間合計降水量」「日降水量」「最大1時間降水量」のランキングが掲載されている。これによると、三重県内に限れば、最大1時間降水量(後に著者らが使う最大1時間降水量は、必ず正時を基点とするものであるが、気象庁のものは、0分、10分、20分、30分、40分、50分のうちの任意の時間を基点としている)が大きい観測点として、宮川(139 mm)、尾鷲(133 mm)、御浜町(107 mm)、津(98 mm)、粥見(飯南町、79 mm)などが挙げられている。しかし、「期間合計降水量」のランキングでは、尾鷲(904 mm)、粥見(785 mm)、津(456 mm)が上位に挙げられているものの、宮川の名前がない。これは、9月29日に、紀伊長島と共に、宮川の観測網がダウンしたからであるが、これは、今回の豪雨の解析をする際に、海山町に AMeDAS 観測ステーションがないのと並んで、大きな障害となった。

レーダーアメダス解析雨量は、近辺の AMeDAS 観測点が正常に機能してこそ、信頼性のあるデータを提供するものであるが、ここでは、(上記のように宮川と紀伊長島のデータが不完全なので)、レーダーアメダス解析雨量を用いて、最大1時間降水量と、最大24時間降水量の空間分布を概観してみよう。図1(2)は、最大

1時間降水量の分布を示した図である。前述の通り、毎正時を基点とした1時間降水量で、約2.5 km × 2.5 km の大きさのグリッドごとに、「最大」を示す時間は異なっても良い。図1(2)中には、上位10個のグリッドの中心を+印で示したが、10個の中心のうち、5個が海山町内にある。また、図1(3)は、同じく最大24時間降水量を示した図であるが、上位10個のグリッド中心のうち、7個が宮川村内にあり、残り3個もほぼ宮川村と他の町村との境界上である。降水量としては、第1位のグリッドの降水量が892 mmで、第10位でも743 mmである。

以上のように、台風21号は、宮川村近辺に異常な量の雨を降らせ、それ故、宮川村を中心に、人的、物的被害をもたらした。本報告では、この豪雨被害について、いくつかの側面から考察を加えたいと思う。まず2章では、被害を総括する。次に3章では、気象学的見地から、この豪雨の構造を調べる。第4章では、この豪雨の規模を、確率統計的に評価し、第5章では、土砂災害に焦点をあてる。

本報告では、論文や図書の外に多くの web page を参考にした。参考文献では、それらのうち、本稿の最終改稿時(H17年10月)に有効なものについて URL を示す。

2. 被害状況の概観

台風21号による被害は、三重県(2004a, b)をはじめ、いくつかの web page、その他資料にまとめられている。本章では、三重県における被害について述べる。

総務省消防庁の被害状況のまとめ(2004)や国土交通省中部地方整備局(2004)によると、三重県では、死者9名、行方不明者1名ということになっている。住宅被害も多く、全壊46棟、半壊23棟、床上浸水が2,532棟で、床下浸水が3,316棟であった。全壊家屋のほとんどが宮川村内にあり、半壊、一部損壊、床上浸水家屋のほとんどが海山町内にあるのは、後で述べる土砂災害の状況や、前述の降水量分布を反映したものであるが、床下浸水家屋3,316棟のうち、1,475

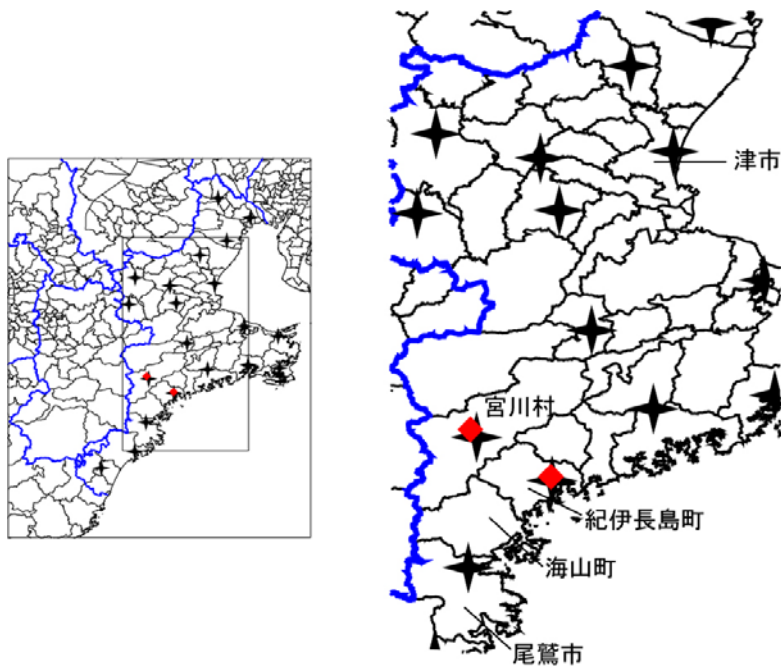


図1 (1) 三重県の地図, AMeDAS ステーションの位置 (+印), 解析で使った県のステーションの位置 (◆)。レーダアメダス解析雨量から計算した

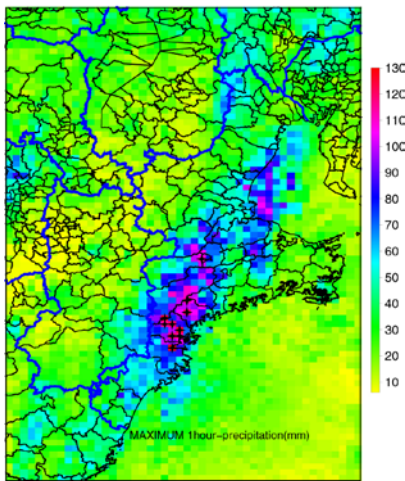


図1 (2) 最大1時間降水量

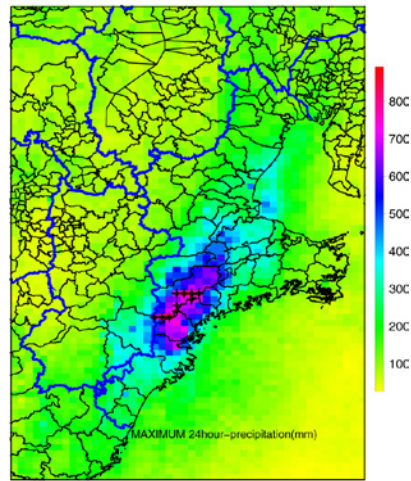


図1 (3) 最大24時間降水量の分布

棟が津市内(写真1), 300棟が鈴鹿市内のものであった。そして, 三重県防災危機管理局によると, 16年11月2日現在判明している被害総額は, 約690億円ということである。

国土交通省中部地方整備局三重河川国道事務

所(2004)が, 三重県内主要4河川の出水状況をまとめているが, 宮川, 雲出川で計画高水位を超える箇所があり, また, 雲出川, 櫛田川, 宮川で堤体漏水などの河川被害があり, 多くの県管理河川でも被害があったようである(気象



写真1 津市（三重大学近辺）の浸水害。下段の写真は、対応する上段の写真（三重大学小林康之氏撮影）の、平常時の姿

庁津地方気象台，2004）。三重県県土整備部河川室の話では，被害が全部（行政官署に）上がってきている訳ではないが，概して，三重県南部で外水氾濫が多く，中部以北では，ほとんどが内水氾濫だった模様である。

インターネットで最新の情報が入手できる今，細かい被害状況は，本報告で挙げないが，上で挙げた web page はいずれも良くできた情報源であり，ここでそれらの（本報告執筆時の）URL を挙げておく。読者の益を考えるなら，沢山の情報が得られるサイトが良いサイトであり，どこが情報のオリジナルかということとは関係ないと考えたが，もちろん，参考文献に挙げたサイトで得られる情報は，互いに情報を提供しあっているものである。

3. 降水現象の時系列変化

本章では，三重県において，台風21号が誘因となった降水現象が，どのように変化していったのかを見てみよう。データとしては，9/29 1:00 JST から 9/29 21:00 JST の間の AMeDAS データをおもに，レーダーアメダス解析雨量を，補助的に用いる。図2は，その時間帯の三重県内のいくつかのアメダスステーションでの降水量の値を示したものである。負値の降水量は，欠測値であることを示す。

29日の1:00 - 11:00 JSTの間に，尾鷲近くに中心を持った，時間降水量30 - 40 mm/h以上，時として，最強雨域では120 mm/hを超えることもあった強雨域があった。この強雨域の性質こそが，今回の台風21号（図3）の三重県における気象（降水）の特徴だったということも，最初に，述べておきたい。これらの降水は，三重

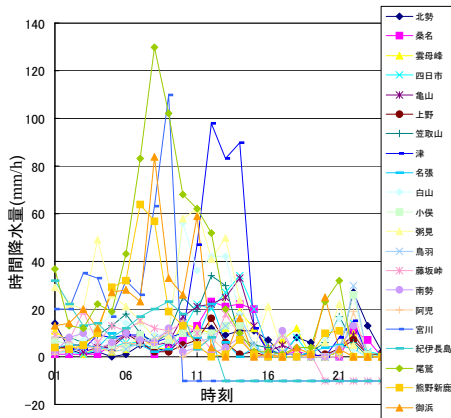


図2 三重県内 AMeDAS 降水量の9月29日の時系列変化

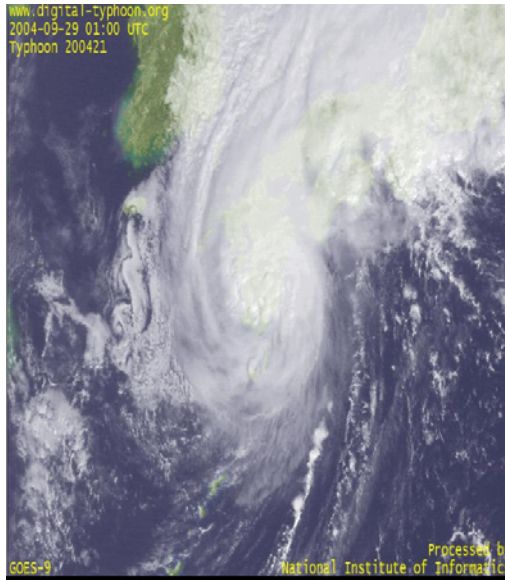


図3 9/29 10:00 JST の GOES-9 可視画像。北本朝展氏(国立情報学研究所)が気象庁の衛星データを用いられて作成された図を、許可を得て掲載している(北本, 2004)

県の山地の特徴に加え、接近する台風の影響で南から吹き込む非常に湿った空気と、東の高気圧からの湿った東風が三重県上空で収束したことによって生じた上昇流が原因と考えられる。

図4は、気象庁作成の天気図で、28日9:00 JST(左)、29日9:00 JST(右)のものである。気象

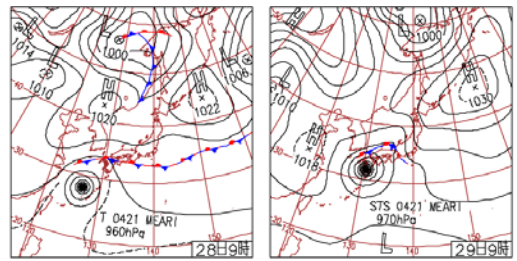


図4 気象庁の天気図。28日9:00 JST(左)と、29日9:00 JST(右)

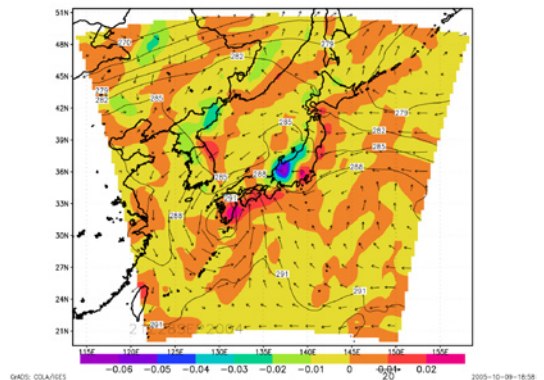


図5 29日6:00 JSTの地上付近の風向風速(矢印)、コンターは850 hPa面の温度、カラー陰影図は地表面付近の鉛直風速(w成分)を表している。ただし、著者らの再現計算結果である

庁の解説によると、台風が前線を活発化したことにより、豪雨が生じたとある。また図5は、著者らが PSU/NCAR MM5 を用いて解析した結果を表した図で、矢印は地表面付近の風向風速、コンターは850 hPa面の温度、カラーの陰影図は、鉛直方向の風速(w成分)を表している。東からの縁辺流と太平洋からの南風の様子がよくわかる。

以下、降水の主な特徴の時系列的变化を追ってみよう。

●9月29日1:00 JST

時間降水量が20 mm/hを超える強雨域が、宮川流域(北方)～熊野川流域(南方)を覆っていた。40 mm/hを超える豪雨域は、紀伊長島、尾鷲、宮川あたりに中心を置いていた(図6(1))。

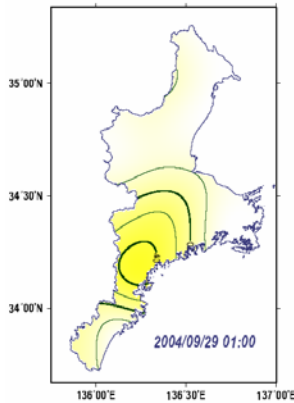


図 6 (1)

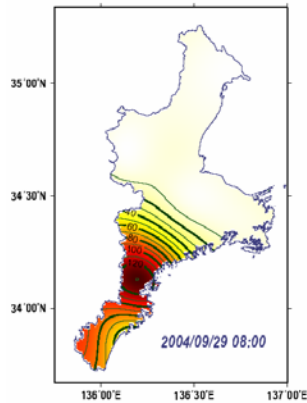


図 6 (2)

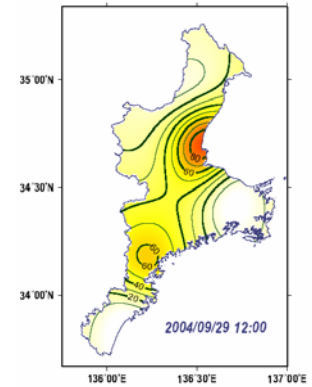


図 6 (3)

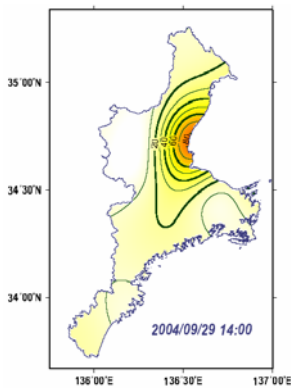


図 6 (4)

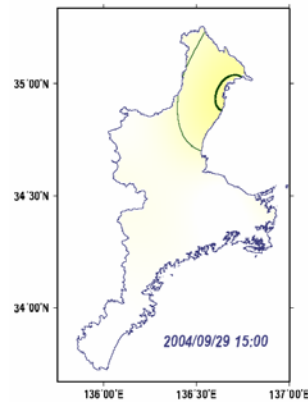


図 6 (5)

図 6 三重県内の等雨量線図。時間は、図中に示してある

● 9月29日 4:00 JST

時間降水量 40 mm/h を超える地域が急に広がった（レーダーアメダス解析雨量によれば、この前後においては、3:00 - 4:00 JST の間に、40 mm/h 以上の地域が最も広がっていた。図 2 も参照されたい）。その後、急に宮川村北東以外で強雨域がなくなった。この頃まで、尾鷲の南部、橿田川北部、伊勢市の東部の降水量は、10 mm/h 以下の比較的少ないものであった。

● 9月29日 5:00 - 9:00 JST (図 6 (2))

尾鷲 - 海山 - 紀伊長島 - 宮川地域で、降水量が 40 mm/h (5:00 - 6:00 JST) から 80 mm/h (6:00 - 7:00 JST) に増加し、8:00 - 9:00 JST に 100 mm/h

h を超えるなど、三重県南部で突然降水量が大きくなった。美杉村 - 南島町を結ぶ線より北側では、8:00 - 9:00 の 1 時間まで、降水量は、10 - 15 mm/h 以下の比較的小さなものであった。

● 9月29日 10:00 JST

20 mm/h 以上の強雨地域が、今までの三重県南部を中心とする地域から三重県中北部まで伸び、志摩半島を除く、雲出川より南の地域を覆った。11:00 JST までに、この強雨域は四日市にまで達した。

● 9月29日 12:00 JST (図 6 (3))

20 mm/h 以上の強雨域が二つに分かれた。一つは宮川に中心を置き、60 - 80 mm/h 以上の降水

量を、もう一方は、津近辺で 80 mm/h 以上の降水量を示した。この時、志摩地方と熊野南部では、降水量が 10 mm/h 以下の比較的小さい値となっていた。

● 9月29日 13:00-14:00 JST (図6 (4))

80 mm/h 以上の、最も降水量の大きな強雨域は 14:00 JST までに宮川から津近辺に移った。津では、13:00-14:00 JST に、90.5 mm/h を記録している。三重県内の他の地域では、降水がなかったか、あってもごくわずかの降水量を示しているに過ぎなかった。

● 9月29日 15:00 JST (図6 (5))

四日市を中心とし、伊勢湾西部を含む地域 (10 mm/h 以下の比較的小きな降水があった) 以外は、(三重県内は) ごくわずかの降水量を記録する程度か、雨が上がった状態になり、(三重県にとって) この年最悪の台風による強雨帯 (後に述べる、外側降雨帯) は三重県を通り過ぎた。

気象学的要因と地形学的要因に注目し、三重県を襲ったこの台風による降水現象の特徴をまとめると、以下のようなになる (Moran and Morgan, 1994; Church et al., 1990 など)。

(1) 台風 21 号による降水イベントは、台風の接近時に日本を横断していた前線、台風自体の存在と東からの湿った風が相俟って起こったものである。三重県は、山地山脈が南北に走り、伊勢湾に面しており、元々南東の斜面では降水量が大きい。この地形的特徴に加え、この時は、東の高気圧から流れ込む湿った空気と、台風起因する、南からの暖かく非常に湿った空気が、三重県上空で収束したことによる上昇気流によって形成された雲が、大きな降水量を生じさせた。三重県は、台風が九州近辺にいる間 (三重県が台風の東側に位置する間)、ずっと、上述の、太平洋からの湿った空気が流れ込む条件下にあり (最初は東風、上陸後は南東風)、非常に湿った空気が、三重県上空に供給し続けられた。

(2) 図7は、台風 21 号が鹿児島に上陸する少し前の、8:00 JST の、レーダーアメダス解析雨量を示した図である。接近する台風の、内側か

ら 2 番目の外側降雨帯が、三重県近辺にあることがわかる。(また、この図では、台風の目の壁による強雨域が鹿児島近辺に位置するのが見える。) この外側降雨帯の影響で活発化した前線の効果で、6:00 JST から 10:00 JST に、三重県の多くの地域、特に三重県南部 (大台ヶ原、尾鷲、紀伊長島、海山、宮川) の、山地・山間部で大きな降水をもたらした (Hewitt et al., 2003; 気象庁津地方気象台 web page, 2004)。

(3) 台風は 15:00 に高知に再上陸 (図8) したが、その頃には三重県内の豪雨は沈静化していた (図2参照)。これは、長く三重県内に居座った強雨域が、北東方向に移動したためである。四国南部に内側降雨帯、兵庫県近辺に (内側の) 外側降雨帯による強雨域が見えるが、三重県にあった強雨域は、愛知県沖に移動している。

(4) 台風が大阪に再上陸した 20:30 JST を中心とする 1 時間の降水量を見ると (図2, 図9)、先程とは異なり、内側の外側降雨帯が三重県に位置し、局地的に 20 mm/h を超える降水量を記録したが、それは、29日午前のものと比較して、かなり小さいものであった。

4. 降水の規模 (確率統計的評価)

今まで見てきたように、台風 21 号は、非常に激しい豪雨を伴い、大きな被害をもたらした。そこで、本章では、台風 21 号による降水の規模を、リターンピリオドにより、確率統計的に評価してみようと思う。ここで用いた降水データは、以下のようなものである。

●過去の降水量データ：津、尾鷲、宮川、紀伊長島における時間降水量時系列データ。津、尾鷲は 1961 年～2003 年のデータを用い、宮川は、1978 年～2003 年、紀伊長島は 1979 年～2003 年のデータを用いた。

●今回の降水量データ：津、尾鷲については、AMeDAS 時間データを用いた。宮川、紀伊長島に関しては、AMeDAS データが欠測となっているので、近隣の三重県の降水量観測点 (宮川：宮川ダム、紀伊長島：出垣内) のデータを用いた。いずれも、位置的に近いことはもちろん、

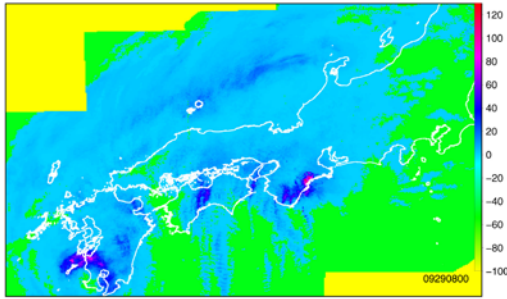


図7 7:00 - 8:00 JSTの1時間降水量。レーダアメダス解析雨量を用いている。緑の地域は無降雨，黄色の地域は、データの無いところである

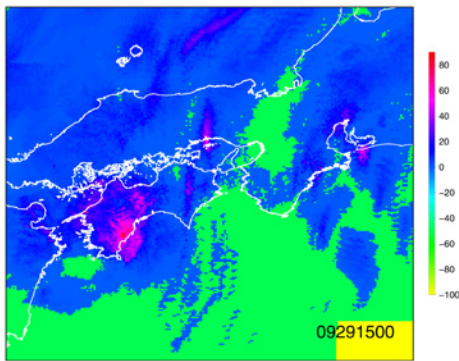


図8 図7と同じ図。ただし、14:00 - 15:00 JSTの図である

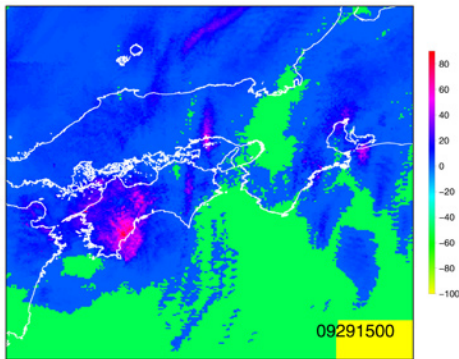


図9 図7と同じ図。ただし、20:00 - 21:00 JSTの図である

AMeDAS観測点が欠測となる前の、AMeDAS降水量データとの適合度が良いことを確認していることである。

まず、台風21号による降水量の大きさを、上

記4観測点で、 t 時間降水量の今までの記録をどの程度更新したかを見てみよう(表1)。なお、本研究では、各地点の「正時を起点とする(すなわち、 x 時0分から $x+1$ 時0分までの)1時間降水量」を資料として用いているので、気象庁をはじめとする、他の研究資料で、「正時以外の毎10分(x 時0, 10, 20, 30, 40, 50分)をすべて起点と考える1時間降水量」を用いた記録資料とは値が異なることに注意されたい。1, 2時間降水量のような、短時間降水量も大きいですが、いずれも今までの記録の1.3倍の値である。津と宮川の24時間降水量の大きさが目立つ。

リターンピリオドを算定する手順は以下の通りである。

- (1) 過去の降水量データの t 時間降水量データの年最大値資料(神田・藤田, 1982)を作る。ここで、 $t = 1, 2, 3, 6, 12, 24$ とする。
- (2) (1)の順序統計量を、いくつかの確率分布の確率紙上にプロットし、SLSC(高棹・他1986)によって適合度を評価する。
- (3) 確率分布、プロットングポジション公式としては、表2のようなものを用いた。

以下、観測地点ごとに、評価結果を示す。

4.1 津

表3に、SLSCが小さい(確率分布、プロットングポジション公式の)組み合わせについて、SLSCと、台風21号による t 時間降水量の最大値のリターンピリオドを、いくつか示す。ここに記載した組み合わせ以外を含めて総合的に結果を見、津市では、1時間降水量が、40～80年の規模(リターンピリオドが40年～80年であることを、こう表現する。以下同様である)で、2時間降水量が100～150年規模、3時間降水量が200～400年規模、6時間、12時間降水量が、300年規模であったと考えられる。24時間降水量については、SLSCが多少大きくなるが、180年～400年程度の規模であったと考えられる。以上より、1時間程度の短時間降水量としては、それほど降水量の大きいものではなかったが、ある程度まとめた積算降水量としては、かなり

表1 津, 尾鷲, 宮川, 紀伊長島における, 今回の t 時間降水量の最大値 ($t = 1, 2, 3, 6, 12, 24$), 今までの記録 (mm), 従来記録の起点を示す。例えば「起点が1999年9月4日5時」というのは, 1999年9月4日4時~5時の時間降水量を起点とするという意味である

	今回記録 (mm)	従来記録 (mm)	従来記録の起点
津			
1 時間	98.0	107.0	1999 年 09 月 04 日 05 時
2 時間	181.0	162.0	1999 年 09 月 04 日 04 時
3 時間	271.0	196.0	1999 年 09 月 04 日 04 時
6 時間	340.0	233.0	1974 年 07 月 25 日 02 時
12 時間	389.0	319.0	1974 年 07 月 24 日 21 時
24 時間	437.0	330.0	1974 年 07 月 24 日 10 時
尾鷲			
1 時間	130.0	128.0	1979 年 09 月 21 日 14 時
2 時間	232.0	198.0	1979 年 09 月 21 日 13 時
3 時間	315.0	263.0	2001 年 10 月 10 日 06 時
6 時間	497.0	452.0	2001 年 10 月 10 日 03 時
12 時間	643.0	602.0	1971 年 09 月 10 日 14 時
24 時間	800.0	806.0	1968 年 09 月 26 日 01 時
宮川			
1 時間	114.0	99.0	1979 年 09 月 01 日 22 時
2 時間	206.0	153.0	1990 年 09 月 30 日 08 時
3 時間	283.0	203.0	1990 年 09 月 19 日 20 時
6 時間	458.0	324.0	1997 年 07 月 26 日 14 時
12 時間	597.0	456.0	1997 年 07 月 26 日 09 時
24 時間	892.0	668.0	1997 年 07 月 26 日 08 時
紀伊長島			
1 時間	60.0	83.0	1984 年 07 月 24 日 09 時
2 時間	73.0	164.0	1984 年 07 月 24 日 09 時
3 時間	92.0	236.0	1984 年 07 月 24 日 09 時
6 時間	168.0	279.0	1984 年 07 月 24 日 06 時
12 時間	266.0	326.0	1984 年 07 月 24 日 06 時
24 時間	461.0	431.0	1984 年 07 月 24 日 04 時

表2 解析で用いた, 確率分布とプロットングポジション公式

確率分布
ゲンベル分布 (GMBL), GEV 分布 (GEV), 3パラメータ対数正規分布 (LGN3), 2パラメータ対数正規分布 (LGN2), ピアソンⅢ分布 (P3), 対数ピアソンⅢ分布 (LP3M)
プロットングポジション公式
Cunnane, Gringorten, Hazen, Adamowski, Blom, Weibull

大きなものであったと評価できる。図1を見ても, 従来から降水量の大きな尾鷲から今回被害の大きかった宮川あたりの地域と並んで, 津近辺でまとまった降水量が記録されたことがわかる。

4.2 尾鷲

津と同様に評価を行った結果, 以下のような結果が得られた。

- (1) 1時間降水量の規模は70~100年である。
- (2) 3, 6時間降水量の規模は100~200年規模

表3 リターンピリオドの評価値の例。表で用いる確率分布の略称については、表2を参照されたい

	確率分布	プロットイング ポジション公式	SLSC	リターンピリオド(年)
津				
1時間	LP3M	Hazen	0.0219	57.3
3時間	GEV	Cunnane	0.0198	252.7
6時間	LP3M	Adamowski	0.0191	335.9
12時間	GEV	Blom	0.0238	321.5
24時間	GMBL	Weibull	0.0250	294.9
尾鷲				
1時間	GMBL	Blom	0.0247	83.3
3時間	LGN2	Weibull	0.0275	114.1
6時間	LP3M	Blom	0.0250	132.5
12時間	LGN3	Blom	0.0226	60.4
24時間	GEVx	Blom	0.0293	55.4
宮川				
1時間	P3	Gringorten	0.0277	315.5
6時間	LP3M	Blom	0.0318	941.8(参考値)
紀伊長島				
2時間	LGN2	Weibull	0.0207	1.5
6時間	GMBL	Weibull	0.0249	2.6
24時間	GMBL	Weibull	0.0223	34.4

である。

(3) 12時間降水量は50～100年規模、24時間降水量は50年程度の規模である。

以上より、尾鷲では、津とは異なり、長時間の積算降水量としては、さほど大きな規模ではなかったが、3、6時間程度の累積降水量の規模が大きかったと評価できる。

4.3 宮川及び紀伊長島

紀伊長島町の中でも、AMeDAS観測点のある場所、三重県の出垣内観測点のある場所が、強い降雨域から少しはずれている(図1(1)と(2)、(3)を比較されたい)。それを反映し、紀伊長島では、24時間降水量以外は、1～数年に一回程度の規模であるという結果を得た。ただし、24時間降水量だけは、30～100年規模の降水であった。

宮川の評価は非常に難しい。SLSCが0.025以下の(確率分布とプロットイングポジションの)組み合わせはなく、SLSCの基準を0.03程度にまで緩めることにより、1時間降水量の規模が

300～500年という結果を得た。24時間降水量などの長時間降水量は適合度の高い組み合わせを得ることができなかった。しかし、前述のように、宮川での24時間降水量が、今までの記録の1.3倍にもなっていることから、かなりの規模の降水であると推定できる。それは、参考値ながらも、表3中の6時間降水量の1000年近いリターンピリオドからも推定できる。

5. 土砂災害と被害形態の特徴

前述のように、台風21号通過に伴った雨域は、太平洋岸の尾鷲市・海山町・紀伊長島町、標高800～1000m前後の尾根を越えた宮川村内の宮川上流域、さらに標高1100～1300m前後の尾根を越えた飯高町内の櫛田川流域に集中的な豪雨をもたらした。特に、海山町・紀伊長島町の間山部と宮川村内では極めて激しい雨が継続的に記録されており、この結果、海山町では洪水災害が、宮川村では各所で斜面崩壊・土石流等の土砂災害が発生した。この豪雨によって三重県内で発生した人的被害(死者・行方不明者)

10名のうち7名が宮川村における土砂災害による被害(死者6名, 行方不明者1名)であった。なお, 宮川村では, 伊勢湾台風被害以来, 大きな土砂災害は発生していなかった。以下, 宮川村内で発生した土砂災害被害について整理する。

土砂災害の発生した宮川上流域の地形は, 大台ヶ原山域から東北東方向に流れる宮川本川の谷とこれに合流する支流河川の谷で構成され, 全域に急峻な斜面をもつ。地質は黒色片岩を主体とした三波川変成岩と, 砂岩・頁岩・チャート・輝緑岩・輝緑凝灰岩から構成される秩父層群で, 全般に風化が著しい。土砂災害は主に宮川ダム下流から宮川村役場手前までの宮川本川沿い, 上流より, 久豆, 三軒家(松原), 岩井, 滝谷, 小滝, 唐櫃の各地区で発生した(林・他, 2004; 近藤・他, 2004)。

小滝地区では, 宮川本川の新領内橋左岸側の斜面で表層崩壊が発生し, 多量のスギ倒流木を含む崩壊土砂は傾斜約32°の斜面を流下して宮川本流に流入し, 一部は新領内橋のほぼ中央まで達した。この流下土砂は, 直下の国道422号沿いの家屋1戸を全壊し, 死者1名の被害に至った(写真2)。崩壊幅は約20m, 水平長約170m, 最大崩壊深約2mで, 聞き取り調査によると, 最初に上部が崩れてから全体に崩落したとのことであった。源頭部では, 崩壊直後から数日間

湧水が見られ, 崩壊に大量の湧水が関与したことが伺える。

小滝地区の対岸(宮川右岸側)の唐櫃地区では, 新領内橋の上流側と下流側で宮川に注ぐ2つの溪流で土石流が発生し, これらの溪流から発生した土石流は, あわせて道路沿いの家屋3戸を全壊, 工場を半壊させ宮川本流に流入し, 重傷者1名の被害を出した。土石流流下跡の溪床には新鮮な三波川帯の結晶片岩が露出しており, 崩壊発生後も大量の流水があったものと考えられる。

宮川左岸側に位置する滝谷地区では, 深い崩壊により家屋3戸が全壊し, 死者4名, 行方不



写真2 小滝地区の表層崩壊と土砂流下跡(以下, 場所については, 図10参照)

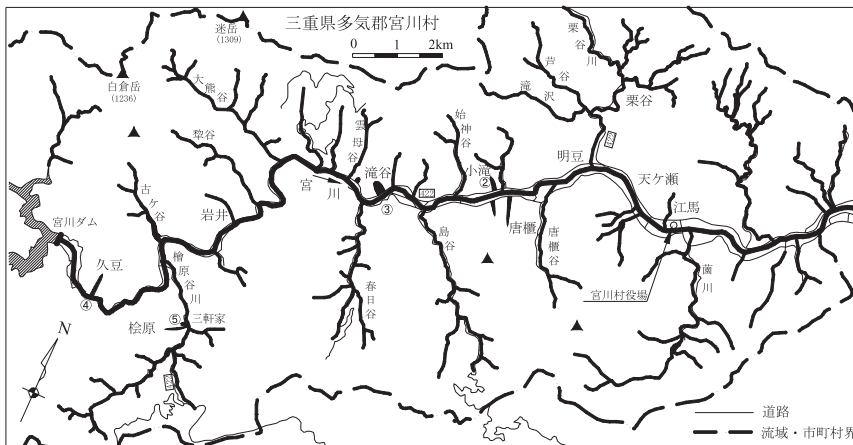


図10 宮川村内の土砂災害発生場所。網掛け部分が, 災害が顕在化した道路沿いの場所, 丸数字は写真番号に対応している(林ら, 2004に加筆修正)



写真3 滝谷地区の斜面崩壊と堆積土砂



写真4 久豆地区の土砂流出と集落被害

明者1名の被害となった(写真3)。また、この崩壊から数百m上流側でも小規模な斜面崩壊が発生し、斜面直下の家屋1戸を全壊し、1名の死者を出した。前者は、左岸山腹斜面の崩壊によるもので、崩壊規模は、幅約40m、水平長さ約70m、最大深さ約8mであった。崩壊土砂は家屋を全壊して道路面に堆積し、一部はさらに流下して宮川本川まで達した。勾配45°の崩壊源頭部直下には残土が確認されたが、崩壊斜面中腹では土砂が残存せず、強風化して粘土化が著しい基岩層が露出していた。また、崩壊より上部には集水区域がほとんど無いことから、当該斜面上に極めて大きな降水量が発生したことが崩壊発生につながったものと推察される。

宮川左支川の高ヶ谷では比較的規模の大きい土砂流出が発生し、高ヶ谷と宮川の合流点付近



写真5 三軒家地区の斜面崩壊

の岩井地区では土砂流入により家屋2戸が全壊した。また、同じく宮川左岸側の久豆地区でも土石流および土砂流出が発生し、家屋3戸が全壊、4戸が半壊する被害が発生している(写真4)。地元住民によると、9月29日午前8時頃から集落直上流の溪流からの流出土砂が方向を変えながら氾濫・堆積を継続しており、午前9時頃最も激しかった、とのことであり、集落に流入・堆積した土砂は、豪雨による大量の出水によるものであったことが分かる。なお、岩井・久豆の両地区では人的被害は発生しなかった。

三軒家地区は、宮川右支川の松原谷川沿いで宮川合流点から上流約1.5kmの左岸側に位置する。この集落では、国道422号沿いの斜面崩壊により家屋1戸が全壊、2戸が半壊する被害が発生した(写真5)。全壊した家屋住民によると、9月29日は朝から豪雨が降り続いており、裏山の流水が濁ってきたことに気付いて避難したところ、午前9時30分頃、続けて2カ所で崩壊し、家屋を押しつぶして道路を越えて堆積したとのことであった。崩壊源頭部は深さ1m程度だったが崩壊地内がガリー状に侵食されており、大量の湧水があったものと考えられる。また、松原谷川本川では大量の土砂流出により野又橋付近で河床上昇が発生し、家屋全壊1戸、半壊1戸、

ホテルの里公園施設がほぼ全壊するなどの被害が発生した。

以上のように、台風 21 号による豪雨の影響で、宮川村内各所の河川沿いで土砂災害が発生し、その被害形態は斜面崩壊、土石流、土砂流出など複数あったが、全体として、極めて激しい降雨が連続的に降り続けたことが、土砂災害発生に大きく影響したものと考えられる。

6. 結論

平成 16 年台風 21 号について、被害状況と、災害発生の特徴を速報的にまとめた。まず、降水の特徴としては、三重県内では、台風そのものより、東からと南からの湿った空気が収束したこと、三重県独特の地形による上昇流によって、同じ位置に、雲が継続的にできたことが挙げられる。

降水の規模を、リターンピリオドで評価した結果、津では、24 時間降水量が 300 年規模に達するものであることがわかった。

最後に、今回の災害の特徴である、宮川村での土砂災害について概観した。

謝 辞

本報告の一部は、(財)河川環境管理財団の助成(代表:辻本名古屋大学教授)をいただいで行われた、土木学会災害調査団による調査の成果である。また、気象庁津地方気象台にはデータ供与に関する特別のご配慮をいただいた。三重県県土整備部、紀北県民建設部からも、県のデータをいただいた。中部地方整備局、三重河川国道事務所、三重県のいくつかの機関には、調査に際すご協力をいただいた。関係者の方々に深謝いたします。

参考文献

Church, C., D. Buregs, C. Doswell and R. Davies-Jones, Eds.: The tornado: its structure, dynamics, prediction and hazards. Geographical Monograph 79. AGU Books Board. New York, 1990.

Hewitt, C. N. and A. Jackson, Eds.: Handbook of

atmospheric science. Blackwell Pub., Oxford, UK, 2003.

Moran, J. M. and D. M. Morgan: Meteorology: The atmosphere and the science of weather., Fourth Edition. Macmillan Pub., New York, 1994.

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 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, Vol.57, No. 4, pp.48-55, 2004.

神田徹・藤田睦博: 新体系土木工学 26 水文学, 技法堂出版, 269 p., 1982.

気象庁: 平成 16 年台風 21 号及び前線による 9 月 25 日から 30 日にかけての大雨と暴風, 日本語, http://www.data.kishou.go.jp/bosai/report/new/jyun_sokuji20040929.pdf, 2004.10.1.

気象庁津地方気象台: 平成 16 年 9 月 28 日から 29 日にかけての三重県内の大雨に関する気象資料, 日本語, <http://www.tokyo-jma.go.jp/home/tsu/041116.html>, 2004.11.16.

北本朝展: デジタル台風: 台風画像と台風情報, 日本語, <http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/>, 2004.9.30.

国土交通省中部地方整備局: 秋雨前線・台風 21 号による中部地方の被災状況速報, 日本語, http://www.saigai.cbr.mlit.go.jp/saigai/kisya_bacup/2004/20041006_t21.htm, 2004.10.6.

国交省中部地整三重河川国道事務所: 台風 21 号および前線による宮川・雲出川・櫛田川・鈴鹿川の出水状況平成 16 年 9 月 29 日出水, 2004.

三重県: 台風 21 号による被害状況, 日本語, http://www.bosaimie.jp/mie/01_kinkyu/05_shien/pdf/higai1105.pdf, 2004a.

三重県: ページタイトルなし, 日本語, http://www.bosaimie.jp/mie/01_kinkyu/05_shien/pdf/higai.pdf, 2004b.

近藤観慈・林拙郎・沼本晋也: 2004 (平成 16) 年台風 21 号による三重県宮川村の斜面災害, 地すべり学会誌, Vol.41, No.4, pp.97-100, 2004.

総務省消防庁: 平成 16 年台風第 21 号と秋雨前線に伴う大雨による被害状況(第 13 報), 日本語, <http://www.fdma.go.jp/detail/127.html>, 2004.10.15.

高埴琢馬・宝馨・清水章: 琵琶湖流域水文データの基礎的分析, 京都大学防災研究所年報, Vol.29, B-2, pp.157-160, 1986.

(投稿受理: 平成 17 年 5 月 25 日
訂正稿受理: 平成 17 年 11 月 29 日)