

## 2009年7月21日山口豪雨における気象状況 —局地前線と地形効果—

三隅良平\*

### Meteorological Situations of the Yamaguchi Heavy Rainfall on 21 July 2009 — Local Front and Orographic Effects —

Ryohei MISUMI

*\*Storm, Flood and Landslide Research Department,  
National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan  
misumi@bosai.go.jp*

#### Abstract

On 21 July 2009, heavy rainfall was observed in the south part of Yamaguchi Prefecture, Japan. Daily precipitation reached 275 mm at Houfu City, where 13 people were lost due to landslides and debris flows. The strong rainfall was concentrated in a band-shaped zone in 90-km length along the coast of Suo-Nada Bay, where was located to the south of the synoptic-scale stationary front (Baiu front). Aside from the Baiu front, a local front was maintained over Suo-Nada Bay during the rainfall. A group of convective radar echoes traveled from the west to the east, and strong echoes successively formed just upwind of Houfu City, probably due to orographic effects. The process of the heavy rainfall is still unclear, but the existence of the local front and the orographic effects for triggering convective clouds would be key factors for the formation of the torrential rain.

**Key words** : Heavy rainfall, Houfu city, Local front, Baiu, Orographic rainfall

#### 1. はじめに

2009年6月～8月にかけて、日本列島は各地で大雨が降り、西日本を中心に甚大な被害が生じた。政府はこれらのうち6月9日～8月2日の豪雨災害を激甚災害に指定し、気象庁は特に7月19日～26日の一連の大雨を「平成21年7月中国・九州北部豪雨」と命名した。本報告は一連の豪雨災害のうち、7月21日に山口県南部で発生したものに的を絞ってその気象状況を報告する。

一般に梅雨前線は長さ数千 km に及ぶが、梅雨前線に伴う集中豪雨の範囲はそれよりもはるかに小さく、通常は数十 km のごく狭いエリアに起こる。今回の豪雨においても、総雨量が 200 mm を超えたのは山口県美弥市～柳井市に至る長さ約 90 km の帯状の領域であった（下関地方気象台、2009）。このように梅雨前線性の豪雨において、強い雨が狭い範囲に集中するメカニズムはこれまでのところ

必ずしも明らかではなく、おそらく事例により様々な異なったプロセスが関与しているものと思われる。狭い範囲に降雨が集中する機構を解明し、豪雨の事前予測の精度をより高めていくことが、防災上重要であると考えられる。

本報告は、2009年7月21日に山口県南部に発生した豪雨を、気象庁より気象業務支援センターを通じて公表されているデータを用いて解析する。本報告は速報であり、豪雨発生機構を十分に解明するものではないが、当日の気象状況を記述しながら、降雨の集中機構に関係していると考えられるいくつかの要因を考察する。

#### 2. 被害の状況

まず始めにこの豪雨による被害の状況を簡単に記述する。消防庁(2009)および山口新聞(2009)によると、山口

\* 独立行政法人 防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部

県内では以下のような死者を伴う災害が発生している。

- ・ 下関市内日上で畑を見に行った74歳男性が行方不明となり、22日9時35分に水死体で発見された。
- ・ 21日12時すぎ、防府市大字真尾の特別養護老人ホーム「ライフケア高砂」に土石流が流れ込み、入居者7名が死亡した(写真1)。
- ・ 防府市大字真尾大歳神社付近で、山崩れにより77歳男性および71歳女性が死亡した。
- ・ 防府市大字下右田の国道262号付近で、土石流により85歳女性、72歳男性、83歳女性、66歳女性が死亡。救助に向かった消防車両4台、隊員16名も土石流に巻き込まれたが、救出された。
- ・ 防府市大字奈美で、土石流により66歳男性が死亡した。
- ・ 岩国市本郷町で77歳男性が川で死亡した。
- ・ 美弥市伊佐町で田の見回りを行った72歳女性が死亡した。

他にも周南市湯野ではがけ崩れによって住宅が全壊し88歳の女性が重傷を負い、山口市下小鯖の検畑地区では地区の入り口となる道路が寸断されて孤立、さらに山口市の朝田浄水場が冠水して35,700戸が断水し、復旧に一週間以上を要した。これらの被害箇所を図1に略図で示す。被害箇所は強い雨域に対応して、東西に帯状に広がり、特に防府市に被害が集中している。

表1は気象庁アメダス防府観測所における日雨量の歴代記録を示している。今回の豪雨による日雨量は275mmに達し、1976年の観測開始以来歴代1位の記録を更新した。なお歴代5位までの記録のうち、2005年9月6日の台風による大雨を除く4事例は梅雨前線またはそれに付随する低気圧による大雨であり、防府市周辺は梅雨期にしばしば豪雨に見舞われていることがわかる。特に1993年8月2日の大雨では、防府市佐野で民家の裏山が崩れ、生き埋めになった2名が死亡、1名が重傷を負っている(南日本新聞、1993)。



写真1 特別養護老人ホームと、土石流により堆積した土砂(平成21年8月2日撮影)

Photo 1 Rocks and sands accumulated near the elderly nursing home attacked by the debris flow (taken on 2 August 2009).

表1 アメダス防府における日雨量の歴代記録(気象庁、2009a)

Table 1 Historical records of the highest daily precipitation at Houfu City.

順位	雨量 (mm)	年月日
1	275	2009/7/21
2	221	1990/6/15
3	214	2005/9/6
4	203	1993/8/2
5	179	1980/7/1

### 3. 総観場の状況

2009年7月は梅雨前線が本州付近におおむね停滞し、北日本ではでは気圧の谷の影響を受けやすかったため、北日本から西日本にかけては曇りや雨の日が多かった(気象庁、2009b)。7月12日には九州南部で、14日には関東甲信越で梅雨明けが発表されたが、7月下旬には梅雨前線に暖かく湿った空気が流れ込み、北九州～中国～北陸地方では断続的に大雨が降った。その結果、九州北部(山口県を含む)における梅雨明けは8月4日となった。図2は気象庁メソ数値予報モデル(MSM)GPVの初期値に基づく、2009年7月21日09時(日本時間、以下同様)の等圧面における高度場、気温場および風ベクトルの分布を示している。1,000 hPa面(図2a)では、朝鮮半島付近に低い高度場(低気圧)、台湾の東側に高い高度場(高気圧)が存在し、高気圧の縁を周るように南西風が梅雨前線に吹き込んでいる。西日本では南西風が東西に延びる等温線を横切り、暖気が移流している。一方東日本～北日本では比較的冷たい東風が吹き込んでいて、両者の間に梅雨前線(破線)が形成されている。豪雨の起こった山口県は前線の暖域側にあり、南西風が卓越している。なお梅雨前線は豪雨域から100 km近く離れており、前線に伴う空気の収束が豪雨の直接の原因であるとは言えない。一方

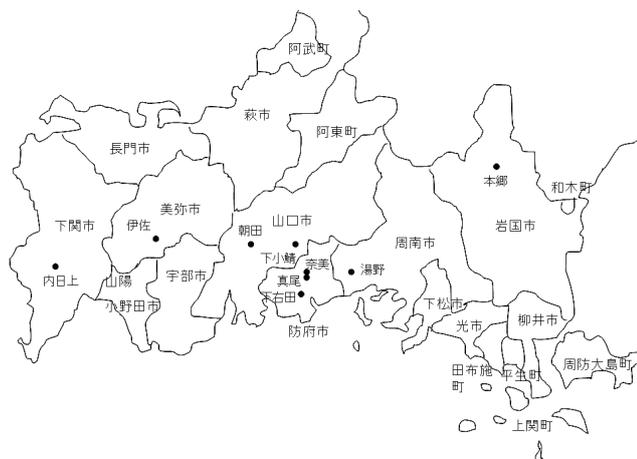


図1 山口県の略図と主な被害箇所  
Fig. 1 A schematic map of Yamaguchi Prefecture and the places where the disasters occurred.

500 hPa 面では、朝鮮半島の北側からトラフ(低い高度場)が延びており、西日本では北西風が流れ込んでいる。この北西風は等温線を横切り、西日本の上空に寒気が移流している。このような下層の暖気移流と上層の寒気移流の組み合わせは、大気を不安定化させる。全般に日本の上空では500 hPa の等高度線が混み合っており、強い西風が吹いている。

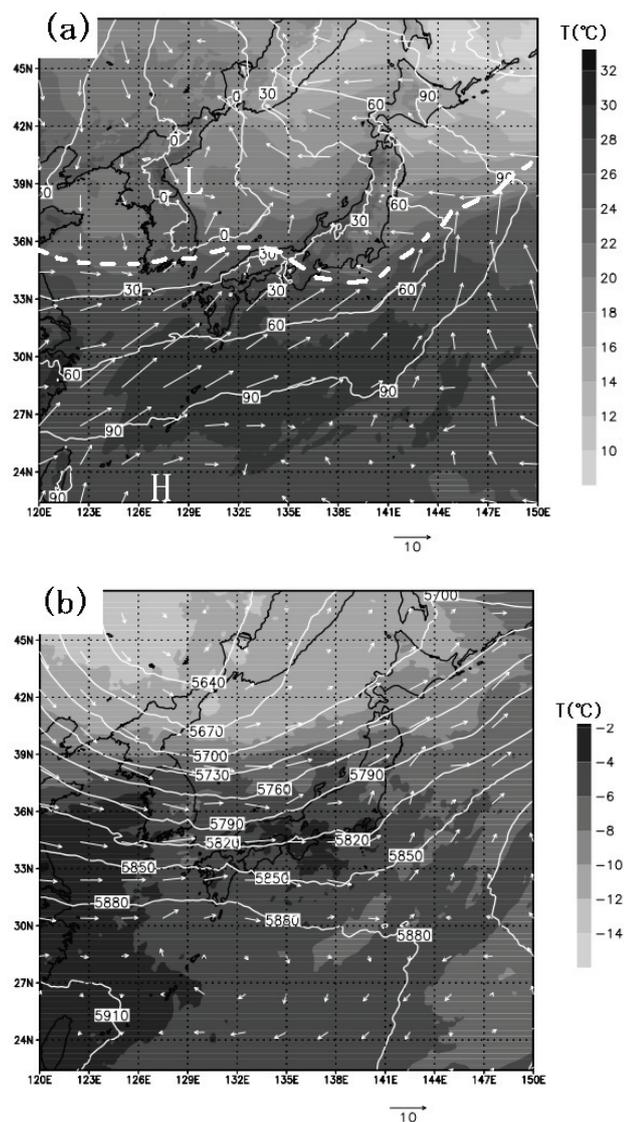


図2 気象庁メソ数値予報モデル (MSM) GPV の初期値に基づく、2009年7月21日09時の(a)1,000 hPa等圧面および(b)500 hPa等圧面の、高度場(等値線;単位はm)、気温場(陰影;単位は°C)および風ベクトル(矢印)の分布。破線は地上天気図における前線の位置を表す。  
 Fig. 2 Distributions of geopotential height (contours; units are m), temperature (shadings; units are °C) and wind vectors (a) at the 1,000 hPa- and (b) at the 500-hPa level, based on the initial data of the Japan Meteorological Agency Mesoscale Model at 09 JST on 21 July 2009. The broken line indicates a front in the surface weather chart.

図3は7月21日09時の、福岡における高層気象観測に基づく温位( $\theta$ )、相当温位( $\theta_e$ )、飽和を仮定したときの相当温位( $\theta_e^*$ )の鉛直プロファイルを示す。 $\theta$ は上空ほど値が大きく、水の相変化を伴わない鉛直運動に対して大気は安定であることを示している。高度1 kmから7 kmにかけて $\theta_e$ と $\theta_e^*$ が近接しており、この層が非常に湿っていることを示している。特に高度1,000~5,000 mでは、上空ほど $\theta_e$ の値が小さくなっていて、対流不安定の状態にあったことを示している。すなわちこの層に何かのきっかけが与えられれば、凝結によって潜熱が解放され、対流が起こって積乱雲が発生し得る状況にあった。一方高度1 kmよりも下層は $\theta_e$ と $\theta_e^*$ が離れていて、大気は比較的乾いていた。ただし $\theta_e^*$ は上空ほど値が小さく、地上付近の空気が持ち上げられて飽和に達すると不安定となる。このプロファイルに対するショワルターの安定指数(500 hPa高度の気温と、850 hPaから500 hPaまで持ち上げた空気塊の気温との差)は-4.2 Kであり、積乱雲の発生しやすい状況にあった。

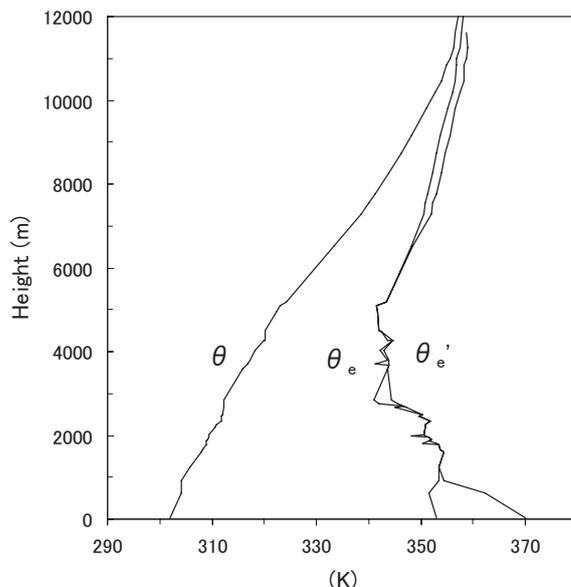


図3 2009年7月21日9時における福岡上空の温位( $\theta$ )、相当温位( $\theta_e$ )、および飽和を仮定したときの相当温位( $\theta_e^*$ )の鉛直プロファイル  
 Fig. 3 Vertical profiles of the potential temperature ( $\theta$ ), the equivalent potential temperature ( $\theta_e$ ) and the equivalent potential temperature of a hypothetically saturated atmosphere ( $\theta_e^*$ ) at Fukuoka city at 09 JST on 21 July 2009.

#### 4. 降雨の状況

次に気象庁解析雨量およびアメダス10分値に基づき、地上の降雨の状況について記述する。図4は気象庁解析雨量に基づく、7月21日5時~15時における10時間の総雨量分布である。降雨そのものは九州北部~中国・四国の広範囲に観測されているが、250 mmを超える激しい雨が観測されたのは、山口県南部の幅約10 km、長さ約

90 km の帯状の領域である。下層の暖かい空気は西日本の広範囲に流れ込んでいたにもかかわらず、このようなごく狭い範囲に雨が集中する現象は、大変興味深い。解析された11時間雨量の最大値は325.7 mmであり、防府市で観測された日雨量(275 mm)よりもかなり大きい。

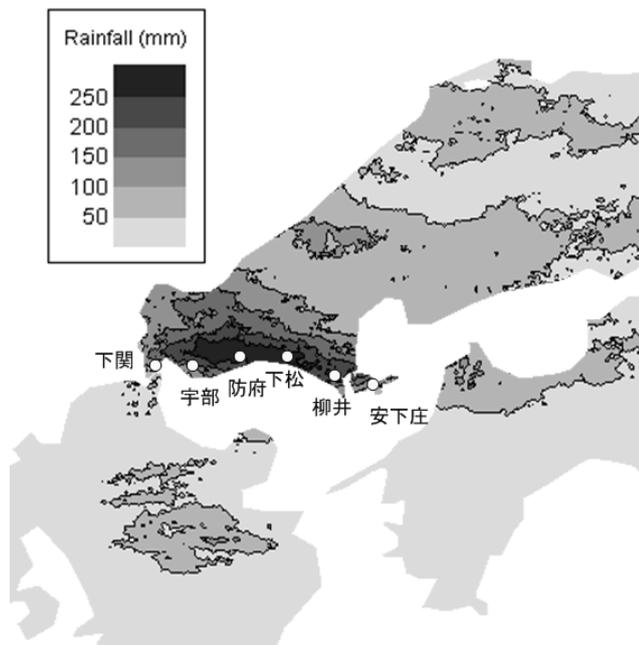


図4 気象庁解析雨量に基づく2009年7月21日5時～15時における、10時間雨量の分布  
 Fig. 4 Distribution of rainfall accumulated from 05 to 15 JST on 21 July 2009 based on the analysis of radars by the Japan Meteorological Agency.

次に帯状の豪雨域に沿ったアメダス観測点(図4に位置を示す)について、雨量の時間変動を検討する。図5は6地点のアメダス観測所の10分雨量の時系列を示している。まず日雨量(括弧内の数値)に注目すると、下関で67 mm、宇部で111.5 mmであるが、防府では275 mmに値が急激に増加し、それ以後では東に行くほど値が緩やかに減じている。10分雨量の変動に着目すると、防府で6:20 (A)、8:00 (B)、8:40 (C)および11:30 (D)に15 mm (90 mm/hに相当)を超える強い降雨ピークが見られ、これらにより大きな日雨量が形成されている。なお15:00以降にも強い雨が観測されているが、災害発生後の雨なのでここでは取り上げない。これらの降雨ピークは、それぞれが発達した積乱雲の通過によってもたらされたと考えられる。一方、防府の風上側にある下関と宇部では、AとBに対応する降雨ピークが見られない。このことは、強雨AとBは宇部-防府間で形成されたことを示唆している。降雨ピークCとDは、それぞれ下関から西へ移動し、Bは宇部で最大値25.5 mm、Cは防府で最大値18 mmを示した後、徐々に値が小さくなっている。ただし柳井では4つの降雨のピークがはっきりせず、細かい変動に埋もれている。比較的統計期間の長い下関地方気象台の記録によると、

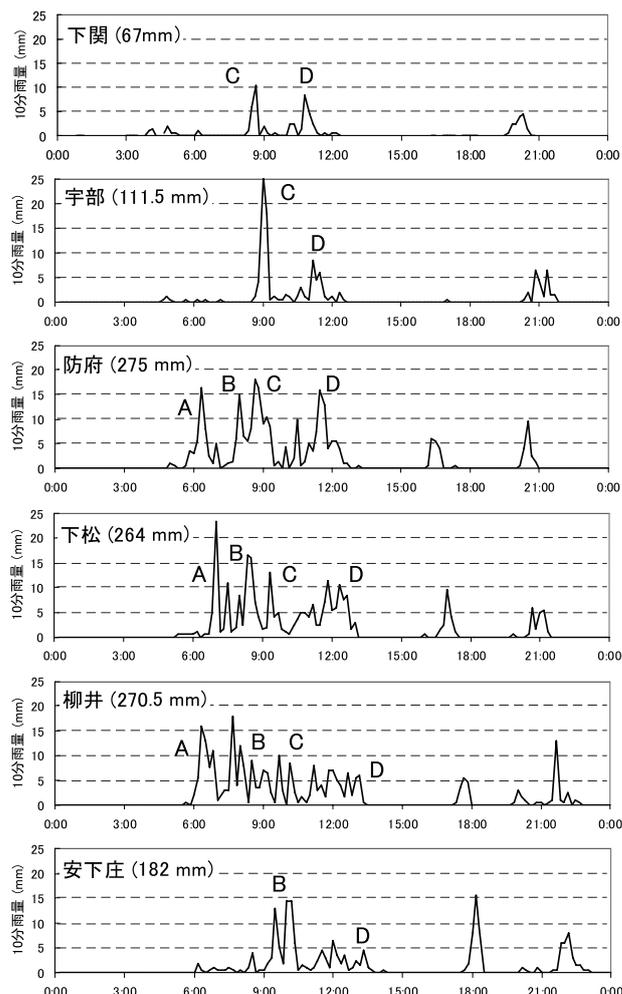


図5 下関地方気象台、アメダス宇部、防府、下松、柳井、安下庄における2009年7月21日の10分雨量の変動。括弧内の数値は日雨量(mm)を示している。  
 Fig. 5 Time variation of 10-minute rainfall on 21 July 2009 observed by raingauges of the Japan Meteorological Agency at Shimonoseki, Ube, Houfu, Kudamatsu, Yanai and Agenosho. Numerals in the parentheses indicate the amounts of daily rainfall.

過去最大の10分間降水量は32.5 mm、2位記録は23.0 mmであり、宇部で記録された25.5 mmはこの地域では記録的な10分間雨量であったといえる。

### 5. 周防灘に形成された局地前線について

アメダスデータを利用して、豪雨域周辺の地上の風や気温の分布を検討する。図6は気温および風の分布を3時間ごとに示している。なお気温は観測された値をそのままプロットしており、高度補正は行っていない。0時には、北九州に暖域(Wで表記)、周防灘に冷域(Cで表記)が見られ、両者の間に緩やかな気温勾配が生じている。ただしこの段階では、気温勾配は風の収束を伴わない。3時には九州北部で南西風が強まる。おそらくこの風は、09時のMSM初期値(図2)に見られた下層の南西風に対応

するものと思われる。しかし南西風は山口県には流入せず、周防灘沿岸ではむしろ逆の北東風が形成され、関門海峡付近で風が収束している。同時に26℃の等温線が西に移動して気温勾配が強められている。形成された収束線はその後維持され続け、9時には長さ約50 kmに及ぶ局地前線を形成する。豪雨はこの局地前線の冷域側で発生した。北九州～周防灘間の温度勾配はその後維持されるが、北九州に卓越していた南西風は徐々に弱まり、収束線は15時には九州の内陸に移動し、気温勾配から離れていく。

瀬戸内海が周囲よりも低温であるとき、「周防灘気塊」

と呼ばれる低温の小気団が出現して局地的な天候に影響することは、過去にも笠村(1960)が指摘している。今回の事例でも、北九州～周防灘間の気温勾配が長時間にわたって維持されていることから、おそらく海陸の表面温度の違いによってこの気温勾配が形成されているものと考えられる。豪雨が起こっていた6時～12時には、北九州側で南西風、山口側で北東風が強まり、気温勾配に沿って風の収束が起こっている。この周防灘における局地前線が、南西風に対する地形的な応答によって生じるのか、あるいは豪雨が起きた結果として生じたのかは興味深い問題である。

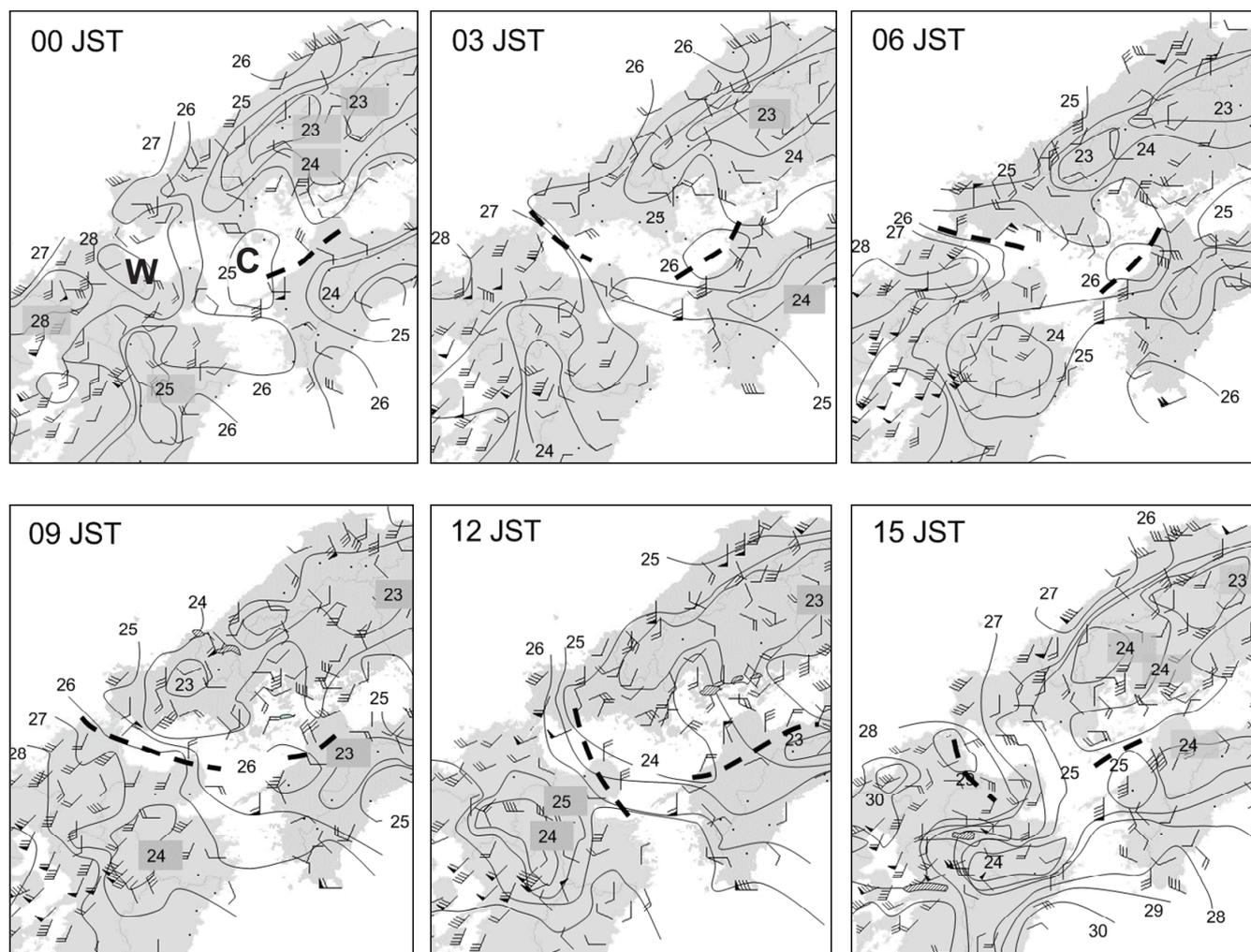


図6 アメダスデータに基づく2009年7月21日0時～15時の地上気温(等値線; 単位は℃)と風の分布(矢羽根1本が1 m/s、旗が5 m/sを表す)。破線は風の収束線である。

Fig. 6 Distributions of surface temperature (contours; °C) and wind (a barb and a flag indicate 1 m/s and 5 m/s, respectively) from 00 JST to 15 JST on 21 July 2009 based on the Automated Meteorological Data Acquisition System of the Japan Meteorological Agency. Broken lines indicate convergence of winds.

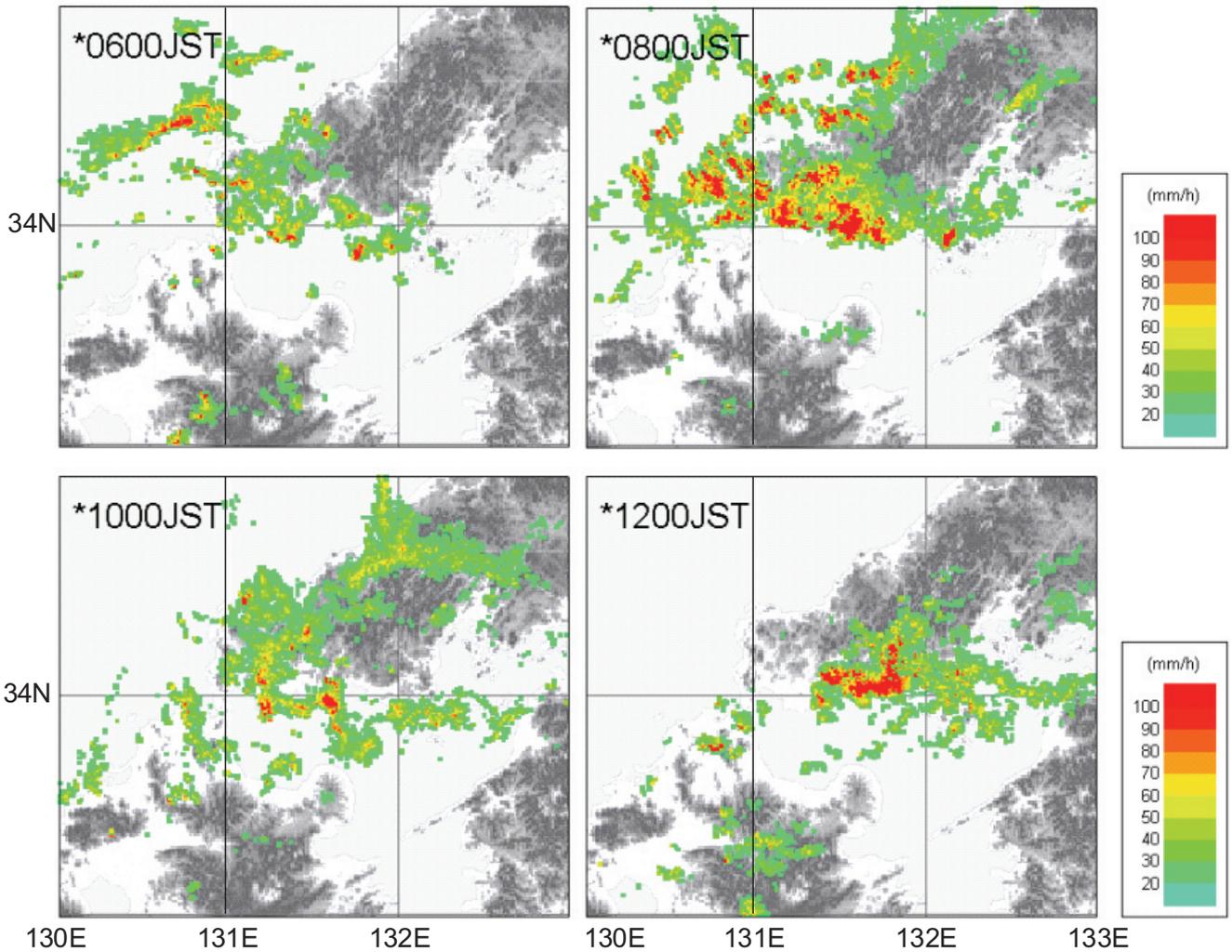


図7 気象庁1 km メッシュ全国合成レーダー GPV に基づく、2009年7月21日のレーダエコーの分布  
**Fig. 7** Distributions of radar echoes on 21 July 2009 based on the 1-km composite radar data of the Japan Meteorological Agency.

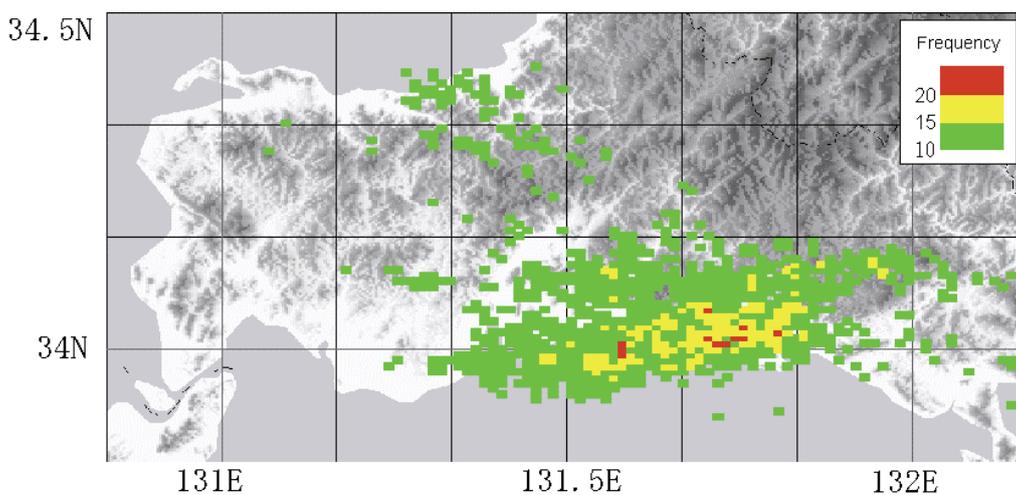


図8 気象庁1 km メッシュ全国合成レーダー GPV (5分間隔)に基づく、50 mm/h以上のレーダエコーの出現回数. 期間は2009年7月21日05:00～15:00  
**Fig. 8** Frequency of radar echoes greater than 50 mm/h based on the 1-km 5-minute radar composite data of the Japan Meteorological Agency.

## 6. レーダエコーの挙動

5分間隔の気象庁1 km メッシュ全国合成レーダ GPV に基づき、豪雨時のレーダエコーの挙動を記述する。図7は2009年7月21日における2時間おきのレーダエコーの分布を示す。6時から8時にかけて最大降雨強度が100 mm/hに達するような、200 km程度の大きさをもつエコー集団が山口県に上陸している。エコー集団は全体として西へ移動し、午後には安芸灘の方向へ抜けていった。ここで注目すべきことは、豪雨をもたらしたエコー群は規則的な形態を示しておらず、むしろランダムに広い範囲に散在していることである。集中豪雨はしばしばバンド状に組織化されたエコー群によってもたらされるが（例えば平成16年新潟・福島豪雨；三隅，2006），この事例では明確な対流性エコーの組織化が見られない。図8は同じデータを用いて作成した、05:00～15:00における50 mm/h以上の強いレーダエコーの出現頻度である。レーダエコーそのものは散在して出現したにもかかわらず、強いレーダエコーが頻繁に出現した場所は、明らかに豪雨の起こった山口県南部に集中している。このことは、何らかの地形的な効果が働いて山口県南部で降雨が強められたことを示唆している。図9は34.0°Nに沿ったレーダエコーの強度の経度・時間断面図である。全般に等値線は左上から右下に傾いており、個々のエコーは時間とともに西から東へ移動していることがわかる。注目すべきことは、強いレーダエコーが131°Eと132°Eの間で頻繁に出現していることである。この場所は図8に示した強いエコーの出現域に対応している。強いエコーには、131°Eの西側から移動してきたものと、131°Eよりも東側で新たにエコーが形成されている場合の2通りがあるが、後者の方がより多いようである。

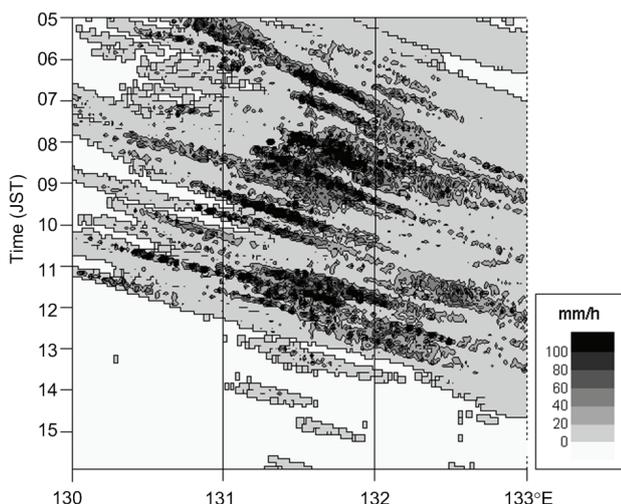


図9 34.0°Nに沿うレーダエコーの経度・時間断面図  
Fig. 9 Time variation of radar echoes along 34.0°N.

## 7. まとめ

### 7.1 豪雨の発生要因について

本報告では平成21年7月21日山口豪雨について、気象データを用いて解析を行った。ここで示した結果は速報的なものであり、山口豪雨の発生機構そのものを解明するものではない。この章では得られた結果に基づき、豪雨発生に関係していると考えられる要因について議論するとともに、災害軽減に向けて必要な研究の方向性を考える。



図10 平成21年7月21日山口豪雨における気象状況の模式図

Fig. 10 Schematic illustration of the meteorological situation during the Yamaguchi heavy rainfall on 21 July 2009.

平成21年7月21日に山口県南部で発生した豪雨における気象状況の特徴は以下のようにまとめられる。

- 1) 西日本では、下層で暖気移流を伴う南西風が、上層(500 hPa面)で寒気移流を伴う北西風があり、大気が不安定化していた。
- 2) 地上では北九州に暖気、周防灘に冷氣があり、両者の間に風の収束を伴う局地前線が形成されていた。
- 3) 大きさ約200 kmの対流性エコー（積乱雲）の集団が、山口県を西から東に通過した。
- 4) 日雨量が200 mmを超える強い雨が観測されたのは、山口県南部の幅10 km、長さ約90 kmの帯状の領域であった。
- 5) 防府市の風上側で強い対流性エコーが次々と形成され、通過していた。

これらの状況を図10に模式的に示す。山口県周辺の降雨そのものは、大きさ約200 kmの積乱雲群の通過によってもたらされた。この積乱雲の集団は、梅雨前線帯に発達したメソスケールの擾乱によって形成、維持されたと考えられるが、今回の事例では梅雨前線に沿ったメソ低気圧は解析されていない。海上では気象データが不足し

ているため、メソスケール擾乱の全体像は残念ながら分らない。また興味深い点は、豪雨が山口県南部のごく狭い領域に集中したことである。このような降雨の集中に関係した要因として考えられるのは、1つは局地前線の存在、もう1つは地形効果である。

今回の豪雨で周防灘に形成された局地前線の成因は明らかではないが、比較的長時間にわたって気温勾配が維持されていたことから、おそらく地域固有の局地前線ではないかと思われる。笠村(1960)は「周防灘冷気塊」と呼ばれる冷たい空気の状態を指摘しており、周防灘にはしばしば冷気塊が形成されることがある。16年前に発生した1993年8月2日の豪雨時にも、やはり同じような位置に局地前線が形成されていた(図11)。おそらくある気象条件に対する地形による応答として、周防灘に局地前線が形成されるのではないかとと思われる。ただし局地前線の位置と、強い降雨が観測された位置とは重なっておらず、局地前線に伴う空気の収束が直接降雨を強めたとは考えられない。むしろ局地前線の役割は、暖かい南西風を持ち上げることにより、下層空気を飽和させて積乱雲を生成しやすくすることにあつたのではないかとと思われる。

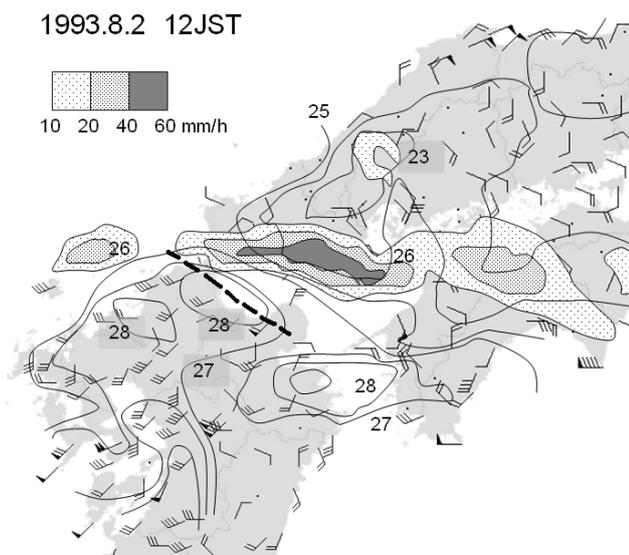


図11 1993年8月2日12時における気温(等値線)、風(矢羽根)、1時間降水量(陰影)の分布。破線は風の収束線を示す。

Fig. 11 Distributions of temperature (contours), wind (barbs), hourly precipitation (shadings) at 12 JST on 2 August 1993.

宇部市と防府市は約30 kmしか離れていないが、日雨量は前者が111.5 mm、後者が275 mmで2倍以上も異なっていた。その理由は、防府市の風上側(西側)で発達した積乱雲が形成され、次々と通過したためであることをレーダエコーが示した。対流不安定にある大気において、地形が引き金となって積乱雲が次々と形成されることはしばしば報告される。例えば1997年鹿児島県出水市の豪雨

を解析した田代(2004)は、標高604 mの甕島の風下で線状の対流系が形成されることを示した。防府市の西側にも標高数百 mの山がいくつかあり、積乱雲を発生させる引き金となった可能性がある。

以上をまとめると、総観規模で大気が不安定となっている梅雨前線付近に積乱雲の集団が発生し、さらに周防灘に局地前線が形成されたことで下層の対流不安定が局所的に強められ、防府市の西側にある地形(山口県西部の山岳)が引き金となって積乱雲がより強く発達した、というのが现阶段で考えられる仮説である。今後局地前線の役割や山岳による引き金作用など、数値モデルを用いた実験による検証が必要である。

## 7.2 豪雨災害の軽減に向けて

最後に現地調査の結果も踏まえ、総合的な観点から今後の豪雨災害の軽減に向けて必要な取り組みを考える。この日の大雨は、降り始め(早朝)から被害発生(昼過ぎ)まで比較的時間があつたため、災害発生前に警報が発令されていた。気象庁は朝6時28分に山口・防府を対象に大雨・洪水警報を発令し、また7時40分には土砂災害警戒情報を発表している。また今回土石流を発生させた溪流の多くは、山口県が土砂災害警戒区域に指定していた。このように事前の防災情報は、現行の法令に従って適切に提供されていたと考えられる。にもかかわらず甚大な被害が生じてしまったことは、更なる防災体制の整備が必要であることを示している。

福岡ら(2009)の聞き取り調査によると、7人の死者が生じた「ライフケア高砂」の職員は、極端な気象条件であることを認識しており、入居者の昼食を30分早くして避難する予定にしていたが、残念ながら間に合わなかったという。入居者が高齢者であることも、避難に時間がかかる要因の1つであった。一方救助にあたる消防にもアクシデントがあつた。山口新聞(2009)によると、12時15分にライフケア高砂の職員から「施設に水が入って人が流されている」との通報が消防に入ったため、消防が現地確認に向かったが、別の消防隊員16名が国道262号の災害現場で土石流に巻き込まれる2次災害が発生し、高砂に向かっていた消防はその救助のため途中で引き返さざるを得なくなった。

豪雨災害による人的な被害を軽減する有効な方法は、事前の避難であることは言を待たない。しかし災害に対する事前情報を避難行動に結びつけるためには、防災情報の発信側の努力と、受け手側の訓練など双方のより一層の努力が必要と考えられる。特に気象情報の観点からは、降雨の集中域を精度良く定量的に予測することが重要である。今回の大雨は大きさ約200 kmの積乱雲の集団が通過する中で、特定の場所(防府市の西側)で非常に発達した積乱雲が形成された結果、長さ約90 kmの帯状の領域に降雨が集中した。このような降雨の集中域が事前予測できれば、警報の範囲がより絞られ、より効果的な避難行動につながっていくと考えられる。加えてそこに何ミリ降るかという定量的な予測ができれば、土石流や浸水被害の予測も可能となっていこう。そのために

はまず、豪雨発生機構の解明が急務である。豪雨災害がしばしば起こる地域には、Xバンドマルチパラメータレーダなど、高分解能の雨・風データが得られる気象測器を配備すべきである。また海上で気象データが十分に得られないことが、小規模の気象擾乱を事前に捉えることを困難にしている。陸上のみならず日本海にも気象観測網を広げ、豪雨をもたらす気象擾乱を早い段階で監視するシステムの構築が必要である。

#### 謝辞

防府市消防本部警防課の皆様からは、災害時の状況および対応について貴重なお話を伺った。アメダスデータのプロットには渡辺保之氏製作のフリーソフトAMeMAPを利用した。防災科学技術研究所・防災情報研究センターの田口仁氏、水・土砂防災研究部の加藤敦、若月強、平野洪賓、川田真也、植竹政樹の各氏とは現地調査を共同で行った。以上記して感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 福岡浩, 山本晴彦, 宮田雄一郎, 汪発武, 王功輝 (2009): 平成 21 年 7 月中国・九州北部豪雨による山口県防府市土砂災害. 自然災害科学, **28**, 185-201.
- 2) 笠村幸男 (1960): 周防灘気塊について. 天気, **7**, 41-45.
- 3) 気象庁 (2009a): 過去の気象データ検索. <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, (参照 2009-10-1).
- 4) 気象庁 (2009b): 2009 年 7 月の日本の天候. 天気, **56**, 765.
- 5) 南日本新聞社 (1993): 南日本新聞, 平成 5 年 8 月 3 日朝刊.
- 6) 三隅良平 (2006): 平成 16 年 7 月新潟・福島豪雨および福井豪雨における気象擾乱と降雨変動. 主要災害調査, 防災科学技術研究所, **40**, 9-32.
- 7) 下関地方気象台 (2009): 平成 20 年 7 月 20 日から 21 日にかけての梅雨前線に伴う山口県の大雨について. 災害時気象資料, [http://www.fukuoka-jma.go.jp/fukuoka/chosa/saigai/H20090720-21\\_yamaguchi.pdf](http://www.fukuoka-jma.go.jp/fukuoka/chosa/saigai/H20090720-21_yamaguchi.pdf), (参照 2009-10-1).
- 8) 消防庁 (2009): 平成 21 年 7 月中国・九州北部豪雨について (第 27 報). <http://www.fdma.go.jp/data/010908171445297198.pdf>, (参照 2009-10-1).
- 9) 田代誠司 (2004): レーダーデータを用いた甕島風下側に形成される線状降水システムの解析. 天気, **51**, 163-167.
- 10) 山口新聞社 (2009): 山口新聞, 平成 21 年 7 月 22 日—28 日.

(原稿受理: 2010 年 5 月 7 日)

#### 要 旨

2009 年 7 月 21 日, 山口県南部が豪雨に見舞われた. 日雨量は防府市で 275 mm に達し, 土石流や鉄砲水により 16 名が亡くなった. 豪雨域は梅雨前線の南側にあり, 強い雨は周防灘に沿う長さ約 90 km の領域に集中した. 豪雨の間, 周防灘に梅雨前線とは別の局地前線が形成されていた. 一連の降雨は大きさ約 200 km の対流性エコーの集団が西から東に移動することによりもたらされていたが, 防府市の風上側 (西側) で特に強い対流エコーが繰り返し形成されていた. 豪雨の形成機構は現段階では明らかでないが, 周防灘の局地前線と, 防府市の西側で積乱雲を発生させた地形効果が重要な鍵であると考えられる.

キーワード: 豪雨, 防府市, 局地前線, 梅雨, 地形性降雨