2.5 奈良県北部における大雨発生の必要条件の抽出・妥当性の確認と十分条件の抽出

奈良地方気象台

要旨

奈良県北部での大雨発生の十分条件を抽出するために、2012年7月7日の大雨事例と2012年6月16~17日の 非大雨事例の事例解析を行った.両事例を比較した結果、大雨の発生要因で十分条件となるものとして、先行降 水により冷気層が形成されたこと、冷気層に瀬戸内海からの暖湿気が乗り上げたこと、梅雨前線がアナフロント 型の構造で南下して瀬戸内海から流入する暖湿気に潜り込んで持ち上げたことの3つが挙げられる.また、これ までの調査で作成されていた必要条件に8月の事例の条件を求めて、追加を行った.

1. はじめに

本研究では、奈良県北部での大雨事例と非大雨事例の事例解析を行った.両事例の環境場を比較することから 得られた知見と、これまでに蓄積された事例解析の知見から、下層大気を持ち上げるメカニズムとしての大雨発 生の十分条件を抽出することを目的とした.また、これまでに作成されていた必要条件は6月と7月を対象にし ており、8月が含まれていなかったので、新たに8月の大雨事例の環境場を調査し、条件を求めた.

2. これまでの調査内容

2.1 平成 23~24 年度の地方共同研究

メソ解析値を使用して,大雨発生時の大阪湾付近を4つに分けた小領域における相当温位などの要素を抽出し, 必要条件を定めた.また,事例解析では,大雨が発生する条件として暖湿気の流入及び奈良県付近での暖湿気の 合流,冷気層の形成,中層の周辺に乾燥気塊が存在することが挙げられた.

2.2 平成25年度の地方共同研究

平成23~24年度で定めた必要条件の検証を行い、概ね妥当性があることを確認した.事例解析では、大雨の原因として瀬戸内海から流入した暖湿気が冷気塊に乗り上げたことが挙げられた.

3. 平成26年度の事例解析

大雨事例は,奈良県北部で解析雨量の最大が3時間62mmとなった2012年7月7日,非大雨事例は事例日が近く,総観場が類似する2012年6月16~17日(3時間43mm)とした.

なお、これまでの地方共同研究の事例では解析雨量が3時間≧70mmを大雨事例としていたが、適切な事例が少なかったことから、今回は3時間62mmとなった2012年7月7日の事例を大雨事例とした.

4. 2012 年7月7日の大雨事例

4.1 レーダー及びアメダス観測値

第1図に6日20時から7日8時までの30分毎のレーダー合成図,第2図に奈良県北部に位置するアメダス五 係の降水量時系列,第3図に五條と奈良の位置図及び7日4時のレーダー合成図の平面図と平面図上の赤線に沿 った断面図を示す.レーダーによると,6日20時に近畿北部から瀬戸内海にかけて広がる降水帯は23時頃にか けて東進して奈良県を通過し,その後は衰弱した.一方,山陰沖西部にある東西方向に伸びる降水帯は南東進し, 7日明け方に奈良県を通過した.

アメダス五條では21時30分過ぎに先行する降水帯により雨が降り、その後、1時30分から2時30分にかけ てまとまった降水となり、4時から5時頃にかけて降水のピークになった、7日4時の断面図によると、降水強度 が強いのは8km付近までとなっている.

4.2 総観場

第4回に6日21時の500hPa高層天気図と7日3時の地上天気図を示す.高層天気図では朝鮮半島と日本の東海上にトラフがあるが,朝鮮半島のトラフは深まりがなく,日本付近は東西流場となっている.500hPaの気温は松江と潮岬で共に-4.9℃,850hPaの気温(図略)は,松江が16.6℃,潮岬が19.0℃になっている.850hPaと500hPa との気温差は,松江が21.5℃,潮岬が23.9℃となり,特に大きくはない.

また,地上天気図では梅雨前線が関東地方から近畿中部,瀬戸内海を経て九州北部に位置しており,日本海に 低気圧が解析されている.

4.3 メソ解析とアメダス平面図

4.3.1 先行降雨期

第5図に、6日から7日にかけてのメソ解析による500m高度の相当温位の平面図と断面図、及びアメダス気温の平面図(塗りつぶし図)を示す。

18 時の東西及び南北の断面図では、地上から 700hPa 付近まで 345K 以上の暖湿気があり、700hPa から 400hPa は 340K 以下になっている. 近畿地方の中層は相対的に相当温位が低くなっている.

21時の断面図では、下層と上層の高相当温位の領域が一部で繋がった状態になっている.これは、先行する降水帯による対流活動で下層暖湿気が持ち上げられたためと考えられる.500m高度の相当温位は350K以上のものが近畿地方に分布している.また、アメダス気温の平面図では奈良県南部が低温領域の中心になっていて、和歌山県との温度差は2℃程度になっている.

4.3.2 前線降雨期

先行した降水帯は概ね23時30分頃に奈良県を抜けて,西から梅雨前線対応の降水帯が奈良県にかかり始めている(第1図).7日0時(第5図3段目)の東西断面図を見ると,瀬戸内海から東進してきた高相当温位の気塊が 近畿地方で低相当温位の気塊に乗り上げている様子が見える.この低相当温位の気塊は,アメダス気温分布から 先行降雨によって形成された冷気層と推定できる.

第6図のアメダス奈良の気温時系列によると、22時過ぎと1時過ぎに気温の低下が大きく、レーダーによる降水がかかり始めた時間と一致している.このことからも、奈良県付近の冷気層の形成には先行した降雨の影響が考えられる.一方、7日0時の南北断面図では、梅雨前線北側の低相当温位の気塊が紀伊山地付近まで進んできている.

3時(第5図4段目)になると南北断面図で梅雨前線北側の低相当温位の気塊が奈良盆地に達し,下層に領域を 広げている.一方,東西断面図では,瀬戸内海から進んできた高相当温位の気塊が低相当温位の気塊に乗り上げ ている状態が継続している.アメダス気温分布図から,近畿地方の低温領域の中心は奈良県北部になり,和歌山 県とは3~4℃の気温差になっている.これらのことから,今回の雨のピークは瀬戸内海から東進してきた高相当 温位の気塊が先行降雨によって奈良県に形成された冷気層に乗り上げ,さらに北からは中・下層に低相当温位の 気塊が進入したことによって対流活動が強められたためと考える.3時は梅雨前線が奈良県を南下し始めるタイ ミングとなっており,梅雨前線がアナ型の構造で奈良付近を南下したと推定できる.

4.3.3 降水終期

6時(第5図5段目)には強い降水帯は奈良県と和歌山県の県境付近まで南下し、東西断面図では高相当温位の 気塊が低相当温位の気塊に乗り上げている状況は見られなくなり、南北断面図でも相当温位の高い領域は紀伊山 地の南側のみで、低相当温位の気塊が奈良県付近の下層から中層に広がっている.

5. 2012 年6月 16-17日の非大雨事例

5.1 レーダー及びアメダス観測値

第7図に16日18時から17日3時30分までの30分毎のレーダー合成図,第8図にアメダス奈良の降水量時系 列を示す.レーダーによると、近畿地方から四国地方に広がっている降水帯は東に移動し、22時頃から瀬戸内海 付近で消散しながら、2時過ぎには奈良県を通過した.アメダス奈良では17日0時まで1時間2~3mmの雨が続 き、その後、0時を過ぎてから降水量が多くなり、ピークになっている.断面図(図略)では、強い降水エコーは 大雨事例よりやや低く、7km程度となっている.

5.2 総観場

第9図に16日21時の500hPa高層天気図と地上天気図を示す.高層天気図では中国東北区に寒気核を持つトラフが朝鮮半島にあり,東日本太平洋側にリッジがあることで,日本付近は南西流になっている.500hPaの気温は, 松江が-5.1℃,潮岬が-5.5℃,850hPaの気温(図略)は,松江が15.8℃,潮岬が17.0℃になっている.850hPaと 500hPaとの気温差は,松江が20.9℃,潮岬が22.5℃であり,大雨事例と同じく特に大きくはない.

また,地上天気図によると,関東から近畿中部,四国,九州南部へ梅雨前線が延びていて,日本海に低気圧, 黄海に高気圧が解析されている.

5.3 メソ解析とアメダス平面図

第10回に,16日から17日にかけてのメソ解析による500m高度の相当温位の平面図と断面図,及びアメダス 気温の平面図(塗りつぶし図)を示す.

21時(第10図1段目)の相当温位の平面図では、南西風により暖湿気が紀伊山地の風上側にあるが、南北断面 図によると紀伊山地を越えていない.東西断面図では瀬戸内海から東進する暖湿気は見られず、地上付近に薄い 暖湿気が存在しているのみである.また、500hPa付近には西から移動してくる寒気の先端がある.アメダス気温 分布図では奈良県南部を中心にして気温は低いが、周辺との差は小さい.

0時から3時にかけて(第10図2・3段目),相当温位平面図からは500m高度の相当温位が低くなってきている. 東西断面図では中層を中心に、西から低相当温位の気塊が移動してきて、対流が抑制されることで西から雨雲が 消散したと考えられる.0時に奈良県南部にあった低温領域は、3時には周辺との差は小さくなっている.また、 この時間帯も瀬戸内海から東進してくる暖湿気はない.

6. その他の要素

第11図に7月7日の湿度,風の鉛直成分の断面図,6月17日の湿度の断面図,鉛直シアーの平面図を示す. 湿潤域と乾燥域の分布は、相当温位の高低分布と類似する時間帯が多かったが、それぞれの事例で降水のピーク 前後には、相当温位よりも明瞭に特徴が見えるものがあった.

大雨事例の7日3時の湿度の南北断面図では、北からの湿度60%以下の乾燥気塊に100%に近い湿潤気塊が乗り 上がっていて、アナフロント型の前線構造が明瞭になっている.7日3時の風の鉛直成分の東西断面図では、こ れから北からの低相当温位の気塊の先端部が入る領域(図中赤囲み)で上昇流になっている.この上昇流が、奈良 県に形成された冷気層に乗り上げた瀬戸内海から流入する暖湿気をさらに持ち上げたと考えられる. また,非大雨事例の17日3時の東西断面図(第10図3段目)では西から中層に乾燥気塊が移動してきて,600hPa 付近で湿潤気塊の対流活動を抑えている.乾燥域の先端部や奈良県の東ではまだ対流が活発と見られ,レーダー による雨雲の分布と一致している.大雨事例の鉛直シアーは7日3時が最も大きくなっていて,レーダーでは鉛 直シアーの大きいところに近づいたところで発達しているが,明瞭ではない.水蒸気フラックス(図略)の分布に 特徴となるものはなかった.

7. 事例解析の考察

大雨事例は22時頃までは降水帯が2つに分かれていて,先行した降水帯の対流活動で暖湿気が持ち上げられていた.また,その降水が蒸発することで下層の気温が下がり,冷気層を形成した.その冷気層に瀬戸内海からの高相当温位の気塊が乗り上げているところに,北から梅雨前線がアナフロント構造で南下し,暖湿気の下に潜り込んで暖湿気を持ち上げたと考えられる.

一方,非大雨事例は前線構造が明瞭ではなく,降水の範囲が広かったため,奈良県南部に温度差の小さい冷気 層が形成されただけで,高相当温位の気塊がその上に乗り上げるという構造にはならなかった.南西風からの暖 湿気も紀伊山地を越えて奈良盆地に入ることはなく,下層から中層まで湿度は高かったので広範囲に雨が降った が,西から中層に乾燥域が進入してきたところで発達を抑制されて衰弱した.

非大雨事例は大雨事例と比べて3時間解析雨量でおよそ20mmの違いしかないが,非大雨事例でも下層から中層 にかけての湿度は十分に湿潤であることから,冷気層の形成とそれに高相当温位の気塊が乗り上げる構造や,前 線などの下層大気を持ち上げるメカニズムがあれば降水量はさらに増えたものと考えられる.

8. 大雨発生の十分条件

今回行った大雨事例と非大雨事例の環境場の比較からは、次の3つが大雨発生の十分条件として挙げられる.

- ・先行降水により冷気層が形成されること
- ・瀬戸内海からの暖湿気が冷気層に乗り上げること
- ・アナフロント型前線が暖湿気をさらに持ち上げること

特に、冷気層の形成と冷気層への乗り上げが大雨の条件であることは、昨年度までの地方共同研究でも繰り返 し述べられていることである.

これまでの地方共同研究では、暖湿気の流入と中層の周辺に乾燥気塊が存在することも大雨の条件として挙げ られていた.暖湿気の流入は必要条件に500mEPTの要素があり、重複してしまうため十分条件にはしなかった. 中層の周辺に乾燥気塊が存在することについては、平成24~25年度の事例解析で乾燥気塊は確認できないこと、 今回の事例解析では中層に低相当温位の気塊はあるが、梅雨前線に対応しており、降水が強まるタイミングと合 っていないことから十分条件にしなかった.

9. 必要条件の妥当性の確認

9.1 必要条件の確認

これまでの調査で、6月と7月の必要条件の抽出が行われている.また、平成24~25年度の調査では1事例で はあるが、必要条件の検証を行い、概ね妥当性があることを確認している.

今回は、8月の対象事例を調査し、必要条件に含めることを試みた.8月を必要条件に追加するにあたり、相当 温位や水蒸気フラックスなどの要素と大阪湾付近に設定した小領域の対応関係は6月、7月と同一の領域で条件 の確認を行った.

9.2 必要条件の検証

2006 年から 2014 年までの 8 月で大雨(奈良県北部で R3 ≥ 70mm) となったのは 7 事例あった. それらの事例のメ ソ解析と平成 25 年度までに作成されている必要条件を比較した表を,第1表に示す. 4 つの要素のうち,相当温 位と温度減率は条件を満たしているが,水蒸気フラックスは 3 事例,シアーベクトル風向は 1 事例が条件を満た していなかった. 複数の要素で条件を満たさない事例はなかった.

9.3 必要条件の修正

相当温位は1事例を除き 350K以上となっており、本体事例の7月の条件である 344K を大きく上回っていることから、1事例が条件を満たさなくなるが、暖域事例、本体事例共に8月として新たに閾値を設定した.水蒸気フラックスは3事例が条件を満たしていないが、70g・m⁻²・s⁻¹という事例があるため、この事例を含めると条件が大きく変わりすぎてしまう.その他の2事例は110g・m⁻²・s⁻¹以上という条件に対して、103g・m⁻²・s⁻¹と107g・m⁻²・s⁻¹であり、その差はわずかであることから修正しなかった.シアーベクトル風向は条件が240度から360度の範囲になっているが、満たしていなかった1事例は160度で条件と大きく異なっているため、これは例外として見直しはしなかった.

気温減率はすべての事例が条件を満たしていたため、見直しの必要はなかった.

これらのことから、必要条件に8月の相当温位を追加し、条件を見直した部分をまとめると

(暖域事例)

・領域C 500mEPT 354K以上(8月)

(本体事例)

・領域C 500mEPT 351K以上(8月) となる.

10. 全体のまとめ

事例数が少ない中で必要条件を作成しているため、対象事例が増えることで必要条件を見直す必要がある.また、必要条件については、閾値から大きく離れている事例については条件を設定するにあたり例外とせざるを得なかった.それでも必要条件と十分条件の多くを満たす場合は奈良県北部でR3≧70mmの大雨になる可能性が高く、 大雨発生条件の基礎はできたと考えられる.

参考文献

長山泰淳,北野昌寛,岡田健一郎,井立田真吾,山下正晴,2013:梅雨期に奈良県北部で発生する集中豪雨・大雨の発生条件とその妥当性の検討. 平成 23-24 年度地方共同研究報告資料(大阪管区気象台).

大野久雄, 2001: 雷雨とメソ気象. 東京堂出版, 96-111.

鈴木竜馬,森本徹也,井立田真吾,谷條薫一,北野昌寛,岡田健一郎,2014:平成25年度地方共同研究中間報告. 平成25年度地方共同研究報告資料(大阪管区気象台).

	500mEPT	500mFLWV	700hPa-500m	925hPa-500hPa
			シアーベクトル風向	温度减率
前回の結果	346K 以上	96g/m²/s 以上	$240^{\circ} \sim 360^{\circ}$	0.5K/100m 以上
(暖域事例)	(領域C)	(領域 B)	(領域 B)	(領域 B)
前回の結果 (本体事例)	340K 以上(6月) 344K 以上(7月) (領域C)	110g/m²/s 以上 (領域 D)	180°~320° (領域 B)	0.51K/100m 以上 (領域B)
2013/8/25(本体)	351K	$176 \text{g/m}^2/\text{s}$	290°	0.53 K/100m
2012/8/23(暖域)	354K	107 g/m²/s	160°	0.62 K/100m
2012/8/14(暖域)	360K	210 g/m²/s	290°	0.55 K/100m
2008/8/30(本体)	344K	171 g/m²/s	220°	0.52 K/100m
2008/8/5(本体)	355K	70 g/m²/s	310°	0.56 K/100m
2007/8/29(本体)	351K	108 g/m²/s	270°	0.53 K/100m
2007/8/23(本体)	353K	103 g/m²/s	250°	0.53 K/100m

第1表:平成25年度までの調査による必要条件の閾値と検証事例の比較





第1図: 2012年7月6日20時から7日8時までの30分毎のレーダー合成図.



第2図:アメダス五條の降水量時系列(2012年7月6日21時から7日9時までの10分毎).



第3図: 五條と奈良の位置図(奈良が赤丸, 五條が青丸), 及び2012年7月7日4時の断面図.



第4図: 2012 年7月6日21 時の500hPa 高層天気図と2012 年7月7日3 時の地上天気図. 茶色線はトラフ, 黄色は湿数3℃以上の乾燥域,緑色は湿数3℃以下の湿潤域を示す.

気象研究所技術報告 第81号 2018



第5回: 左から,メソ解析による500m 高度相当温位の平面図,相当温位の東西断面図,相当温位の南北断面図,アメダス気温の平面 図.上段から,2012年7月6日18時,21時,7日0時,3時,6時の順に3時間毎.断面図の領域は,2012年7月6日18時のみ記 載(他の時間も同じ.矢印先端が北,あるいは東を示す.).



第6図: 2012年7月6日21時から7日9時までのアメダス奈良の気温時系列.



第7図: 2012年6月16日18時から17日3時30分までの30分毎のレーダー合成図.



第8回:アメダス奈良の降水量時系列(2012年6月16日18時から7日6時までの10分毎).



第9図: 2012年6月16日21時の500hPa高層天気図と地上天気図.

茶色線はトラフ,青色線はリッジ,黄色は湿数3℃以上の乾燥域,緑色は湿数3℃以下の湿潤域を示す.

気象研究所技術報告 第81号 2018



第 10 図: 左から, メソ解析による 500m 高度相当温位の平面図, 相当温位の東西断面図, 相当温位の南北断面図, アメダス気温の平 面図. 上段から, 2012 年 6 月 16 日 21 時, 17 日 0 時, 3 時の順に 3 時間毎. 断面図の領域は, 2012 年 6 月 16 日 21 時のみ記載(他の 時間も同じ. 矢印先端が北, あるいは東を示す.).



第11 図: メソ解析による(左)2012 年7月7日3時の湿度の南北断面図(領域は第10 図の南北断面図と同じ),(中左)2012 年7月7日 3時の風の鉛直成分の東西断面図(矢印先端が東を示す),(中右)2012 年6月17日3時の湿度の東西断面図(領域は第10 図の東西断面 図と同じ),(右)2012 年7月7日3時の500m 高度の鉛直シアー.