

第2章 集中豪雨事例の客観的な抽出と

その特徴・環境場に関する統計解析*

2.1 はじめに

日本では、しばしば集中豪雨が発生する。ひとたび集中豪雨が発生すると、土砂崩れ、河川のはん濫、家屋の浸水などの甚大な災害がもたらされることがあり、最悪の場合には死者が出ることもある。ここ数年でも、「平成24年7月九州北部豪雨」（気象庁報道発表資料2012）、「平成23年7月新潟・福島豪雨」（気象庁2012）といった集中豪雨が発生し、大きな災害がもたらされた。このような災害を少しでも軽減し防ぐためには、集中豪雨の発生と盛衰を正確に予測する必要があるが、まだまだ難しい課題であるのが現状である。集中豪雨の正確な予測のためには、実況監視ツールや数値予報モデル等の開発を進めることはもちろん必要であるが、集中豪雨が発生する様々なスケールの環境場や集中豪雨をもたらす降水系の発生・発達メカニズムに関する理解をより深めることも重要である。

これまで、集中豪雨に関する数多くの研究（たとえば、Kato and Goda 2001；津口・榊原 2005；Kato 2006；瀬古 2010；Hirockawa and Kato 2012 など）が行われており、集中豪雨が発生する場合の様々な特徴（下層の高相当温位気塊の流入、中層の低温状態の形成と維持、鉛直シアの役割、メソスケール渦の存在、地形効果 など）が明らかになっている。また、研究者による成果のみならず、気象庁の地方官署等で精力的に取り組まれている調査・研究の蓄積により、集中豪雨に関する理解は着実に進んできている。ただ、これまでの調査・研究の多くは事例解析であり、集中豪雨を統計的に扱うということはあまり行われてこなかった。通常、事例解析は集中豪雨が発生したときにのみ、その事例を対象にして行われるので、個々の事例解析の比較を行ったり、集中豪雨が発生するための環境場を統計的に調べたりということはあまり行われなない。このため、集中豪雨が発生する場合の特徴がその事例特有のものなのか、それともより一般的なものなのかは、よくわかっていないという問題がある。

以上のような問題意識から、気象研究所予報研究部では複数の集中豪雨事例を統計的に解析することで、その発生に共通な必要条件を抽出する研究を進めている。具体的には、平成21年度から重点研究「顕著現象の機構解明に関する解析的・統計的研究」のサブ課題2「顕著現象の要因に関する解説資料の作成」の中で取り組んでおり、過去の集中豪雨事例を客観的に抽出し、様々なスケールの環境場と集中豪雨事例との関連性について統計的な調査を行っている。さらに、予報作業での利用を念頭に置いて、この調査結果から集中豪雨が発生するための必要条件を定量的（例えば、「下層の高相当温位気塊の流入」ではなく、「500 m 高度の相当温位 355 K 以上の気塊の流入」）に決定することも目指している。また、気象庁では、平成22年3月に気象庁技術開発推進本部傘下の豪雨監視・予報技術開発部会に『診断的予測グループ』が設置された。この診断的予測グループでは、上記の気象研究所予報研究部の研究課題を発展させ、気象庁での課題として実施している（加藤 2010）。グループの活動は、集中豪雨の包括的な理解を目指すという科学的な側面と気象庁の大きな役割である「防災」の担い手である予報官の技術向上を目的とした業務的な側面の両方を備えていることから、予報部、観測部に気象研究所も加わり、気象庁内横断的な取り組みとして行われている。

本章では、気象研究所予報研究部を中心に診断的予測グループで取り組んでいる集中豪雨の統計的な研

*津口 裕茂（気象研究所予報研究部）

究について、現在まで得られている成果について報告する。第2.2節では集中豪雨事例の客観的な抽出について述べ、第2.3節では抽出された集中豪雨事例を統計解析することで得られた特徴について述べる。第2.4節では、集中豪雨が発生する総観～メソ スケール環境場に関する統計解析の結果を述べる。

2.2 集中豪雨事例の客観的な抽出

集中豪雨事例の統計的な解析を行うためには事例を多数抽出する必要があるが、その抽出には複数の方法が考えられる。その一つとして、甚大な災害をもたらした集中豪雨事例を抽出する方法がある。しかし、災害の発生はその地域のインフラ整備の状況などと大きく関係しており、必ずしも災害発生と降水量が関係しているわけではない（少ない降水量で災害が発生することもある）。このため、災害発生のみを条件とするのは適当ではない。ここでは、特定の気象学的な条件を用いるのが適当であるが、集中豪雨には気象学的に厳密な定義が存在しない。つまり、どれだけの時間に、どれだけの面積に、どれだけの降水量があれば集中豪雨となるのかという定量的な基準が存在しないのである。ただ、多くの人々が“集中豪雨”という言葉から連想する雨の降り方は、大きく違わないと想像される。そこで本研究では、日本国内で発生し、大きな災害をもたらした集中豪雨事例（「平成24年7月九州北部豪雨」や「平成23年7月新潟・福島豪雨」など）を想定し、そのような集中豪雨での雨の降り方を客観化して集中豪雨事例の抽出条件とする。イメージとしては、「短時間（3時間程度）に集中して降水が生じるとともに、総降水量（24時間程度）でもかなりの降水量になる」ものを集中豪雨とし、そのイメージを具体的に客観化（数値化）することで抽出条件を設定する。

まず、集中豪雨事例の抽出に用いたデータについて説明する。データは、1995年～2009年の15年間の解析雨量を用いた。解析雨量は期間によってデータの水平格子間隔が異なるため、データができるだけ均質になるようにすべて水平格子間隔5kmに統一した。5km格子への変換は、以下の方法で行った。

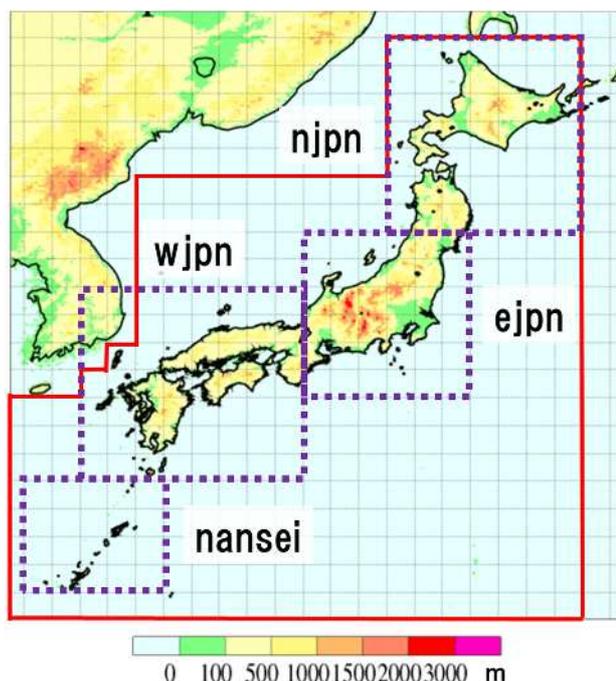
(ア)1995年1月～2001年3月：5km格子データのまま利用

(イ)2001年4月～2006年2月：2.5km格子データ 5km格子最大値

(ウ)2006年3月～：1km格子データ 2.5km格子平均値 5km格子最大値

また、全期間中で25%以上のデータが欠損している格子については除外した。

次に、集中豪雨事例の具体的な抽出条件について説明する。期間は雪による事例を抽出しないように冬季を除いた4月～11月とし、領域は日本の陸地のみ（第2.1図の赤色実線枠内の陸地）とした。短時間降水量としては3時間積算降水量を、総降水量としては24時間積算降水量を用い、積算時間の違いで降水量に差が出ることを防ぐためにそれぞれ1時間間隔のデータを作成した。第2.2図に示した集中豪雨事例抽出



第2.1図 集中豪雨事例を抽出した領域(赤色実線枠内の陸地)。集中豪雨事例の特徴と環境場の統計解析を行った各領域(日本全域を4地域に区分した紫色点線枠内)

“njpn”は北日本、“ejpn”は東日本、“wjpn”は西日本、“nansei”は南西諸島。

のフローチャートにしたがい、以下に抽出条件を説明する。

5 km 格子ごとに、24 時間積算降水量の全期間中の上位 50 位かつ、年平均期間降水量（4 月～11 月の総降水量の年平均値）の 12 % を超える事例を抽出する。ただし、周囲 8 格子の平均値と比較して 10 倍以上大きな値の場合は異常値として除外する。

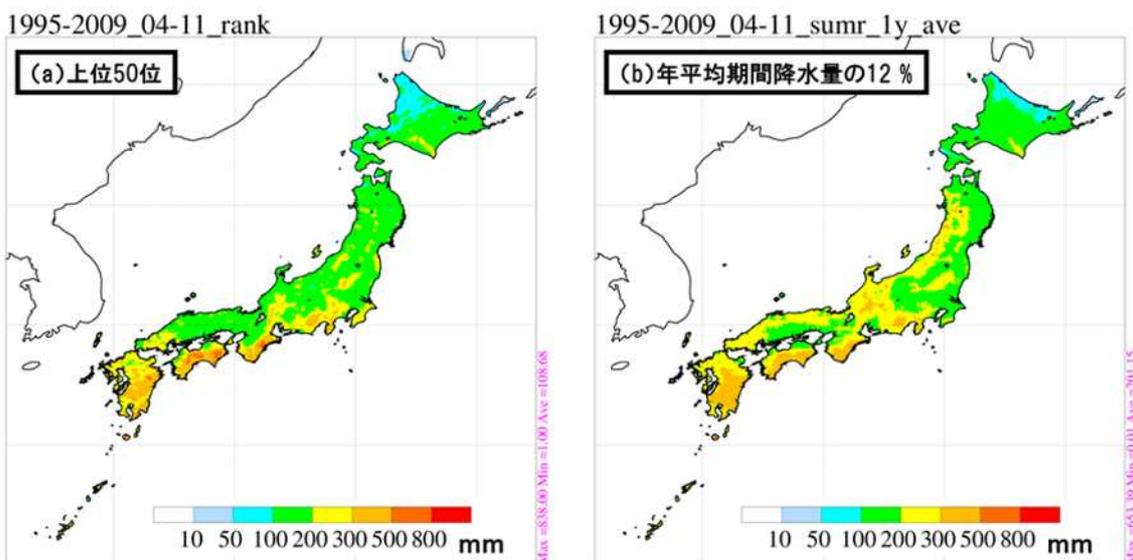
の中で、最大 3 時間積算降水量が 130 mm を超える事例を抽出する。

の中で、時間間隔が 24 時間以内、格子の直線距離が 150 km 以内のものを同一事例と判定する。

それぞれの条件の閾値については、統計解析を行うのに十分な事例数が抽出されるように、目安として 1 年間で約 20 事例、統計期間 15 年間で 300 事例程度になるように調整した上で決定した。ここで、～ の条件設定について補足説明する。条件 は、24 時間積算降水量の分布に大きな地域差があることを考慮して設定した。たとえば、閾値を 500 mm/24h 以上のように全国同一にすると九州地方や四国地方では多くの事例が抽出されるが、北海道や東北地方ではほとんど事例が抽出されないことになってしまう。このようなことを防ぐために、それぞれの地域で発生頻度がまれであり、降水量が期間（4 月～11 月）降水量のある程度の割合以上を占めるものを集中豪雨と定義し、各地域（各格子）で異なる閾値（第 2.3 図）を用いて集中豪雨事例を抽出した。条件 は、3 時間積算降水量は 24 時間積算降水量ほど地域差が大きいことから閾値は全国（全格子点）で同一とし、事例数が適当になるように閾値を決定した。条件 は、集中豪雨事例の特徴や環境場の統計解析

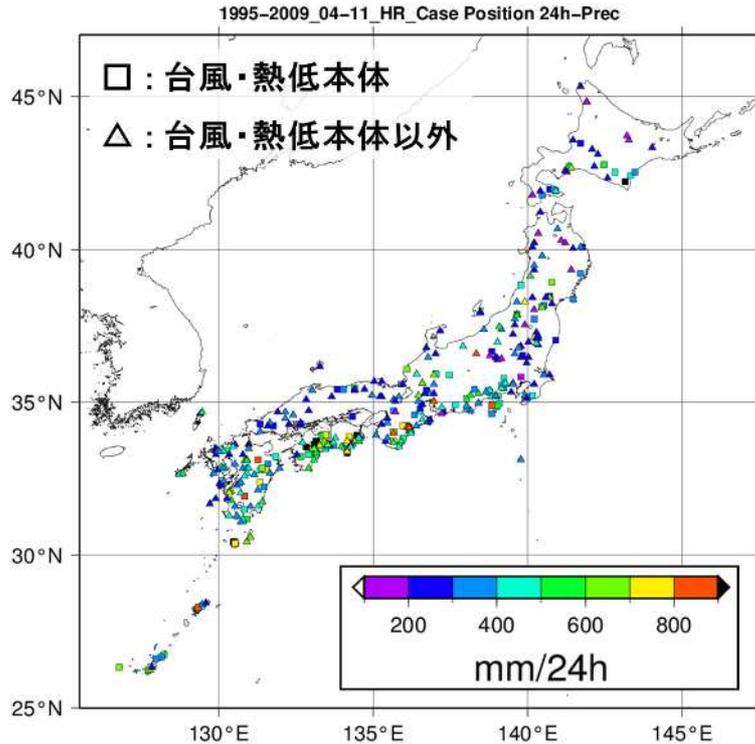


第 2.2 図 集中豪雨事例抽出のフローチャート



第 2.3 図 集中豪雨事例抽出の 24 時間積算降水量の閾値の水平分布

(a) 全期間（1995 年～2009 年；4 月～11 月）の上位 50 位、(b) 年平均期間（4 月～11 月）降水量の 12 %



第 2.4 図 抽出された集中豪雨事例の分布

□ は台風・熱低本体による集中豪雨事例、△ は台風・熱低本体以外による集中豪雨事例。色は 24 時間積算降水量を表す。

を行うのにある程度の時間・空間的な広がりを持った事例を一つにまとめる方が処理しやすいことから設定した。ただし、この方法では一つの長続きする擾乱（たとえば、台風）による集中豪雨事例が複数個抽出されることに留意しておく必要がある。

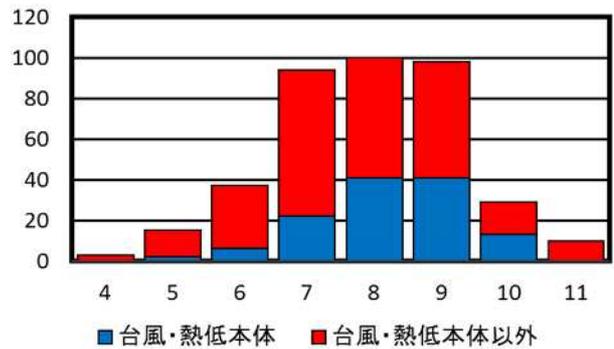
上記の条件で抽出された 386 の集中豪雨事例の分布を第 2.4 図に示す。参考までに、それぞれの条件で抽出された格子ごとの事例の総数を示すと、条件 ①の内、上位 50 位の条件で 562788、年平均期間降水量 12 % の条件で 507763、両者とも満たす条件によって 330892 に絞られた。さらに、条件 ②で 68674 となり、条件 ③で最終的に 386 事例が抽出された。抽出された集中豪雨事例の分布をみると、一般的に集中豪雨の多発地域と言われている九州地方、四国地方、近畿地方、東海地方の太平洋側で事例数が多くなっており、24 時間積算降水量が 1000 mm を超える事例もあることがわかる。一方で、北海道や東北地方でもある程度の数の事例が抽出されているが、24 時間積算降水量は相対的に少なく、200 mm 以下の事例もみられる。

抽出された集中豪雨事例に対して、その集中豪雨をもたらした擾乱を台風・熱低本体（台風・熱低の中心から 500 km 以内）とそれ以外に分類した。擾乱の分類は、各集中豪雨事例において最大 3 時間積算降水量の最大値を記録した時刻の直前の地上天気図から主観的に行った。第 2.4 図をみると、台風・熱低本体による集中豪雨事例は、九州山地の東側斜面、四国山地の南側斜面、紀伊半島の南東斜面で特に多くなっている。詳細に擾乱を分類した結果については、第 2.3.2 項で述べる。

2.3 集中豪雨事例の統計的な特徴

2.3.1 集中豪雨事例の月別の発生数

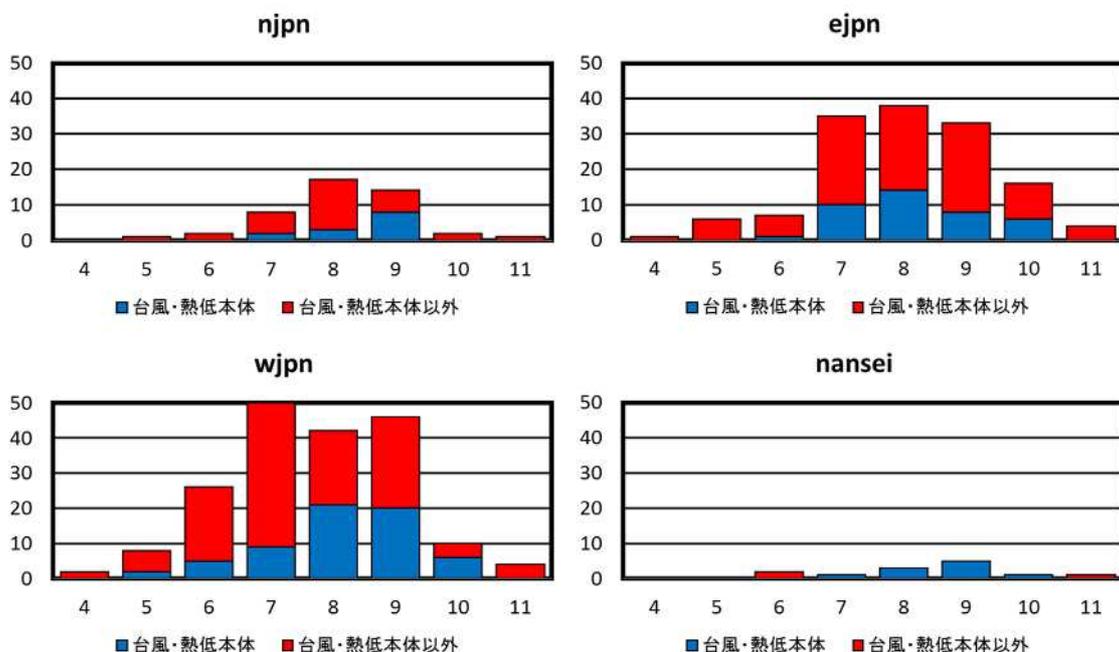
第 2.5 図に月別の集中豪雨事例の発生数を示す。集中豪雨は 8 月が最多となる 100 事例であり、次いで 9 月が 98 事例、7 月が 94 事例となっており、7 月～9 月の 3 か月で全体の 75 % 以上（全 386 事例中の 292 事例）を占めている。その中で、台風・熱低本体による集中豪雨事例の発生数をみると、8・9 月がともに 41 事例でもっとも多く、次いで 7 月が 22 事例である。



第 2.5 図 月別の集中豪雨事例の発生数

横軸は月、縦軸は発生数。青色は台風・熱低本体による集中豪雨事例、赤色はそれ以外の集中豪雨事例。

第 2.6 図に地域別（地域区分は第 2.1 図参照）に分けた月別の集中豪雨事例の発生数を示す。北日本（njpn）をみると、全事例数は 45 であり、8 月が最多となる 17 事例、次いで 9 月が 14 事例、7 月が 8 事例という順である。台風・熱低本体による事例は 9 月がもっとも多く、8 事例である。東日本（ejpn）をみると、全事例数は 140 であり、6 月までは 10 事例未満と少ないが、7 月以降に事例数が急増している。8 月が最多となる 38 事例であり、次いで 7 月が 35 事例、9 月が 33 事例という順である。台風・熱低本体による事例は 8 月がもっとも多く、14 事例である。西日本（wjpn）をみると、全事例数は 188 であり、東日本よりも早く 6 月以降に事例数が急増している。7 月が最多となる 50 事例であり、次いで 9 月が 46 事例、8 月が 42 事例、6 月が 26 事例の順である。他の地域と比較して、6 月に事例数が多いことが特徴である。台風・熱低本体による事例は 8 月がもっとも多く 21 事例である。南西諸島（nansei）をみると、全事例数は 4 つの地域の中でもっとも少ない 13 であり、9 月



第 2.6 図 地域別に分けた月別の集中豪雨事例の発生数

横軸は月、縦軸は発生数。青色は台風・熱低本体による集中豪雨事例、赤色はそれ以外の集中豪雨事例。

“njpn”は北日本、“ejpn”は東日本、“wjpn”は西日本、“nansei”は南西諸島。

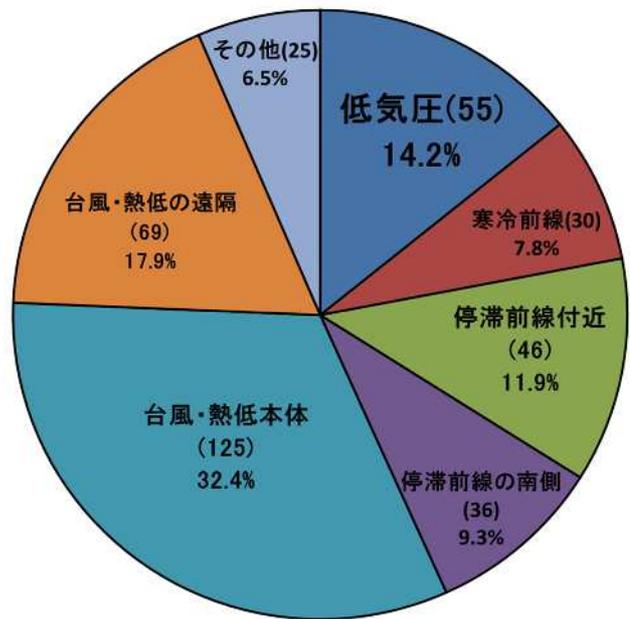
が最多となる5事例である。また、7月～10月のすべてが台風・熱低本体による事例である。

2.3.2 集中豪雨事例の擾乱別の発生数

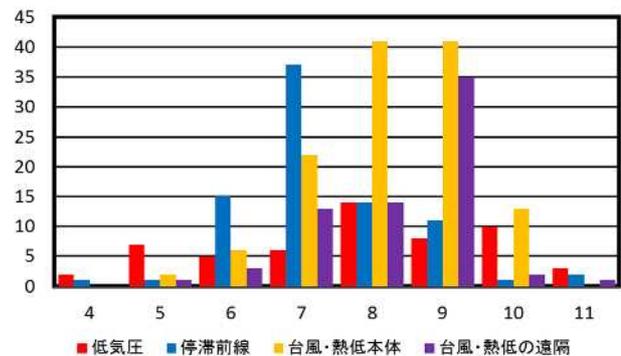
第2.2節および前項では、抽出された集中豪雨事例に対して、集中豪雨をもたらした擾乱について台風・熱低本体とそれ以外の分類を行った。本項では、台風・熱低本体以外の擾乱について、さらに分類した結果を述べる。

集中豪雨をもたらした擾乱は、(a)低気圧(温暖前線を含む)、(b)寒冷前線、(c)停滞前線付近(停滞前線から100km以内)、(d)停滞前線の南側(停滞前線から100km以上)、(e)台風・熱低の本体(中心から500km以内)、(f)台風・熱低の遠隔(中心から500km以上1500km以内)、(g)その他に分類した。地上天気図上に複数の擾乱がある場合は、台風・熱低に関連するものをもっとも優先的に扱い、それ以外の擾乱についてはもっとも影響が大きいと考えられる擾乱に分類し、擾乱の重複は無いようにした。第2.7図に擾乱別に分類した集中豪雨事例の発生数を示す。台風・熱低本体がもっとも多く、全386事例中125事例の32.4%を占めている。次いで、停滞前線付近とその南側の合計が82事例(21.2%)、台風・熱低の遠隔が69事例(17.9%)、低気圧が55事例(14.2%)、寒冷前線が30事例(7.8%)である。第2.8図に月別に分けた擾乱別の集中豪雨の発生数を示す。台風・熱低本体は8・9月に多く、停滞前線付近とその南側は6・7月に多く、台風・熱低の遠隔は9月に多いことがわかる。

第2.9図に地域別(地域区分は第2.1図参照)に分けた擾乱別の集中豪雨事例の月別発生数を示す。北日本(njpn)でもっとも集中豪雨事例が多い8月では、低気圧が最多となる6事例、次いで停滞前線付近とその南側が4事例である。9月では台風・熱低本体が多く、8事例である。東日本(ejpn)でもっとも集中豪雨事例が多い8月では、台風・熱低本体が最多となる14事例、次いで停滞前線付近とその南側と台風・熱低の遠隔が同数で7事例である。7月では停滞前線付近とその南側が11事例であり、台風・熱低本体が10事例である。9月では台風・熱低の遠隔が多く、17事例である。全体をみると、9月に台風・熱低の遠隔が多いのが特徴である。西日本(wjpn)で集中豪雨がもっとも多い7月では、停滞前線付近とその南側が格段に多く24事例であり、台風・熱低本体が9事例である。9月では、台風・熱低本体が最多となる20事例であるが、台風・熱低の遠隔がそれに近い16事例となっている。全体をみると、6・7月に停滞

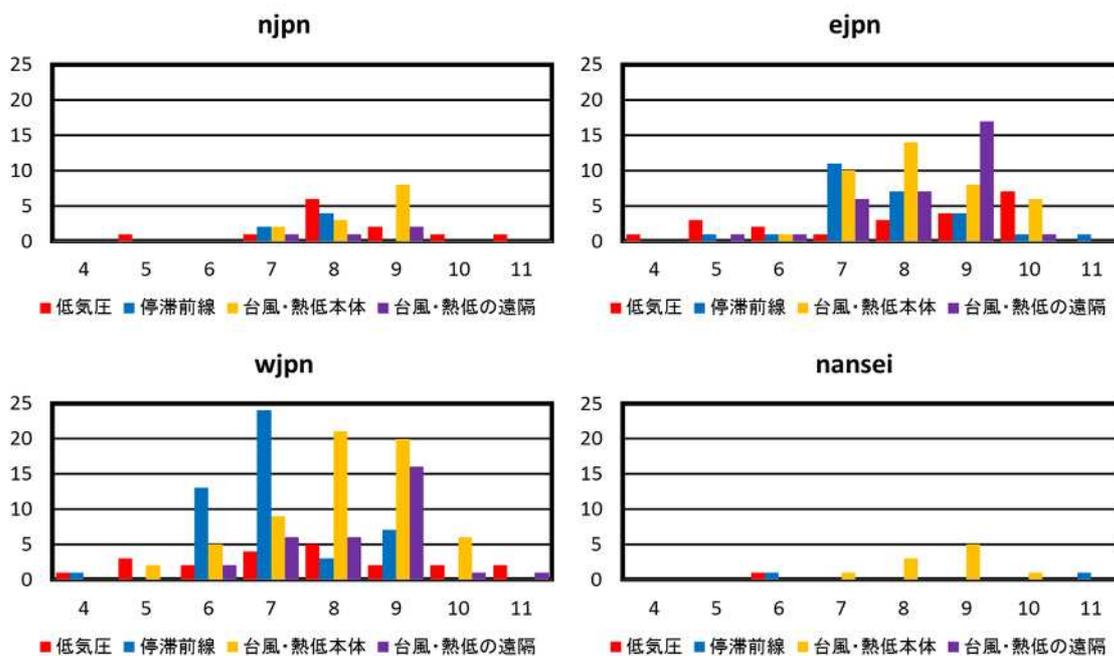


第2.7図 擾乱別に分類した集中豪雨事例の発生数



第2.8図 擾乱別に分類した集中豪雨事例の月別発生数

横軸は月、縦軸は発生数。赤色は低気圧、青色は停滞前線付近とその南側、黄色は台風・熱低の本体、紫色は台風・熱低の遠隔。



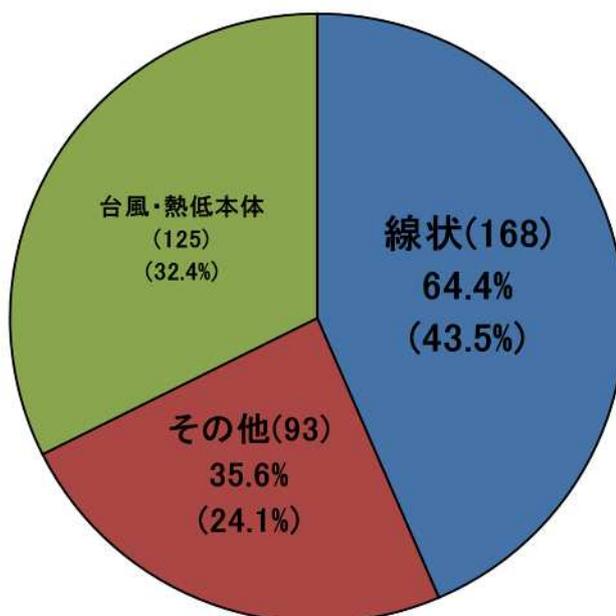
第 2.9 図 地域別に分けた擾乱別の集中豪雨事例の月別発生数

横軸は月、縦軸は発生数。赤色は低気圧、青色は停滞前線付近とその南側、黄色は台風・熱低の本体、紫色は台風・熱低の遠隔。“njpn”は北日本、“ejpn”は東日本、“wjpn”は西日本、“nansei”は南西諸島。

前線付近とその南側が多く、8・9月に台風・熱低本体が多く、9月に台風・熱低の遠隔が多いのが特徴である。南西諸島(nansei)では、前項でも述べているが、7月～10月における10事例すべてが台風・熱低本体である。

2.3.3 集中豪雨事例の降水系の形状別の発生数

集中豪雨をもたらす降水系の形状としては、線状構造を持つものが圧倒的に多いと報告されている(小倉 1991; 吉崎・加藤 2007)が、これまで統計的に調べられたことはない。本項では、抽出した集中豪雨事例について、集中豪雨をもたらした降水系の形状の分類を行った結果について述べる。ここでは、台風・熱低本体以外に分類された集中事例について、最大3時間積算降水量を記録した時刻の解析雨量の水平分布図をもとに、50 mm/3h以上の領域の長軸と短軸の比が3対1以上のものを(a)線状に、それに該当しないものを(b)その他に分類した。第2.10図にその結果を示す。線状は台風・熱低本体による事例を除いた261事例中168事例であり、その内の64.4%を占めている。この結果は先行研究を裏づけるものである。第2.11図に月別に分けた降水系の形状別の発生数を示す。線状の集中

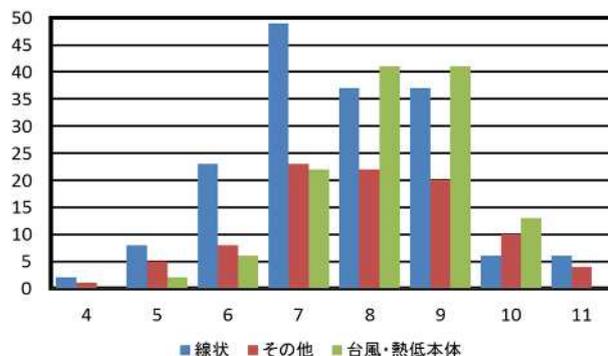


第 2.10 図 降水系の形状別に分類した集中豪雨事例の発生数

第 2.1 表 擾乱別-降水系の形状別に分類した集中豪雨事例の発生数

擾乱の分類			降水系の形状の分類		
			線状	その他	台風・熱低
低気圧		55	33	22	
寒冷前線		30	18	12	
停滞前線	前線付近	46	37	9	
	前線の南側	36	25	11	
台風・熱低	本体	125			125
	遠隔	69	45	24	
その他		25	10	15	
		386	168	93	125

豪雨事例は特に 7 月に多いことがわかる。第 2.12 図に地域別（地域区分は第 2.1 図参照）に分けた降水系の形状別の集中豪雨事例の月別発生数を示す。北日本（njpn）、東日本（ejpn）、南西諸島（nansei）では目立った特徴はみられないが、西日本（wjpn）では全 188 事例中 103 事例が線状であり、特に 7 月で多くなっている（103 事例中の 37 事例）。第 2.1 表に集中豪雨事例を擾乱別-降水系の形状別に分類した結果を示す。線状の集中豪雨事例は、停滞前線付近とその南側が最多となる 62 事例であり、次いで台風・熱低の遠隔が 45 事例、低気圧が 33 事例である。前述のことと合わせてまとめると、台風・熱低本体によらない集中豪雨は線状構造を持つ降水系によってもたらされることが多く、その降水系は停滞前線に伴って発生することが多い。また、このような特徴は西日本の 7 月（梅雨末期）に顕著にみられる。



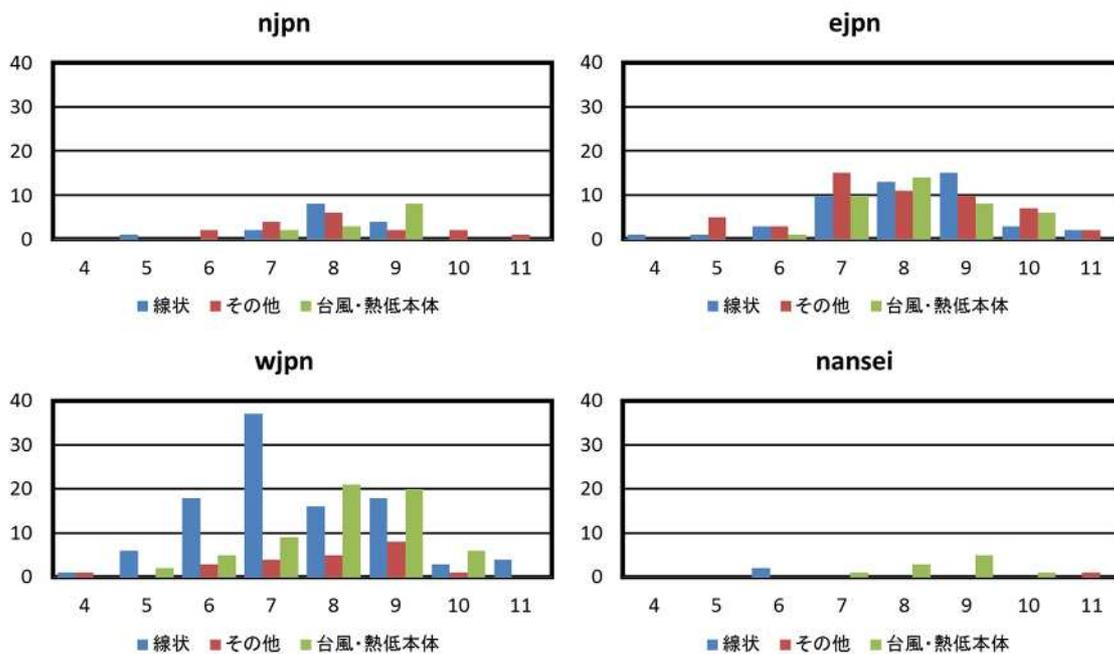
第 2.11 図 降水系の形状別に分類した集中豪雨事例の月別発生数

横軸は月、縦軸は発生数。青色は線状、赤色はその他、緑色は台風・熱低本体。

2.4 集中豪雨が発生する総観～メソ スケール環境場に関する統計解析

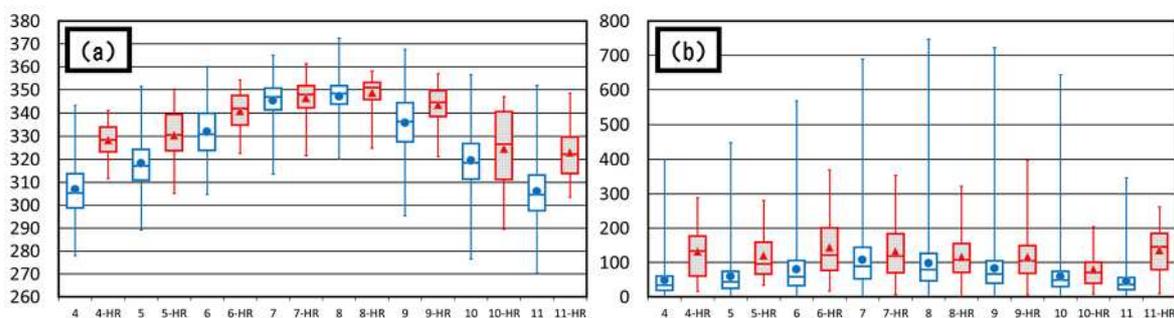
本節では、気候場と集中豪雨発生時の環境場を比較することで、集中豪雨が発生する場合の環境場の特徴をとらえることを目的に行った統計解析の結果について述べる。

気候場と集中豪雨発生時の環境場を作成するための客観解析データとして、6 時間ごとにある気象庁再解析データ JRA-25/JCDAS (Onogi et al. 2007) を使用した。期間は集中豪雨事例を抽出した期間と同じ 1995 年～2009 年の 15 年間で、冬季を除いた 4 月～11 月である。領域は前節で集中豪雨事例の特徴の統計解析を行ったものと同じで、日本全域を 4 つの領域に区分し（地域区分は第 2.1 図参照）、海上のデータのみを用いた。統計解析は様々な要素について行うべきであるが、本解析では加藤・廣川（2012）で主張されている集中豪雨が発生するためのもっとも基本的な必要条件である 500 m 高度での相当温位（500mEPT）と水蒸気フラックス量（500mFLWV）に着目した。各月の気候場は、各月における 1995 年～2009 年の全データを用いて計算した。一方、各月の集中豪雨発生時の環境場は、各月において集中豪雨事例の最大 3 時間積算降水量の直前の時刻の JRA-25/JCDAS のデータを集めて計算を行った。以下では、紙面の都合から西日本（wjpn）における環境場の統計解析の結果についてのみ述べる。



第 2.12 図 地域別に分けた降水系の形状別の集中豪雨事例の月別発生数

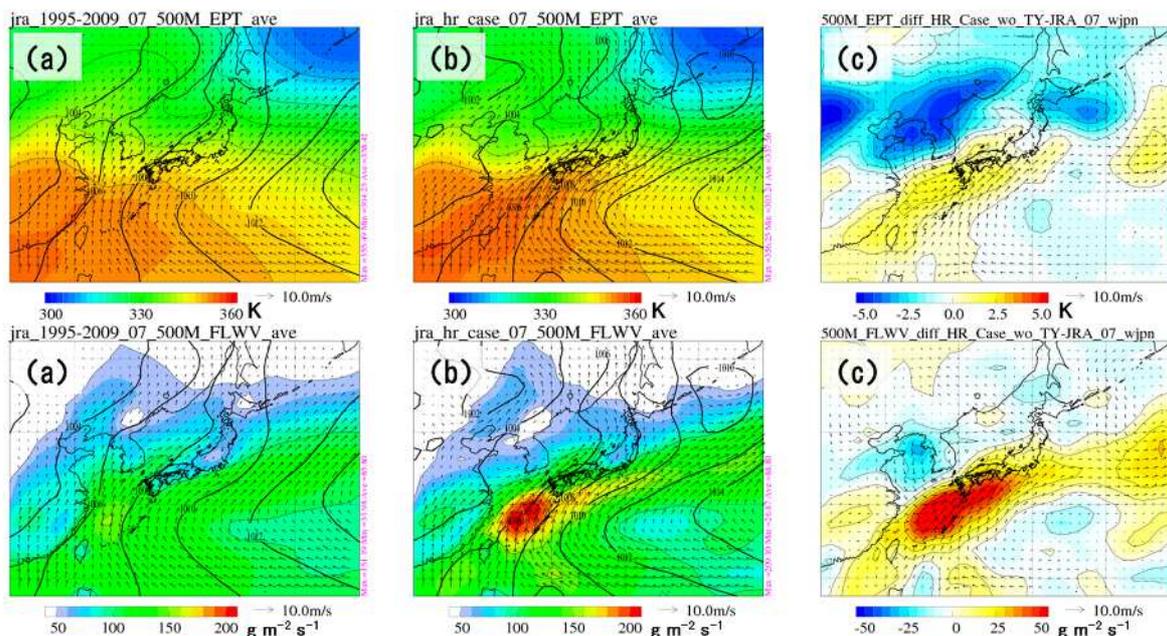
横軸は月、縦軸は発生数。青色は線状、赤色はその他、緑色は台風・熱低本体。“njpn”は北日本、“ejpn”は東日本、“wjpn”は西日本、“nansei”は南西諸島。



第 2.13 図 気候場と集中豪雨発生時の環境場の月別の平均値と箱ひげ図

と は平均値、箱ひげ図の箱は、上から 75 % 値、50 % 値、25 % 値，縦線の上端と下端はそれぞれ最大値と最小値を表す。青色が気候場、赤色が集中豪雨発生時の環境場。(a) 500 m 高度における相当温位と (b) 500 m 高度における水蒸気フラックス量。横軸は月（数値の末尾に“-HR”を付加したものは集中豪雨発生時の環境場を示す）、縦軸は (a) 相当温位 (K)、(b) 水蒸気フラックス量 ($\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$) をそれぞれ示す。

第 2.13 図(a)に、500mEPT の気候場と集中豪雨発生時の環境場の月別の平均値と箱ひげ図を示す。まず平均値をみると、両者とも 4 月からゆるやかに上昇し、8 月に最大値となった後、ゆるやかに下降していることがわかる。また、気候場では平均値の最大 (8 月) と最小 (11 月) の差が約 41 K であるが、集中豪雨発生時では平均値の最大 (8 月) と最小 (11 月) の差が約 26 K となっており、後者の差の方が小さくなっている。各月別に両者の平均値を比較すると、4・5・6・9・11 月は差が 7 K 以上となっているが、7・8 月は差が 2 K 以下となっており、差が小さくなっている。次に箱ひげ図の比較を行うと、4・5・6・9・11 月で



第 2.14 図 (a) 気候場と (b) 集中豪雨発生時の環境場と (c) 両者の差分 ((b)-(a))

(上) 500 m 高度における相当温位 (K) と (下) 500 m 高度における水蒸気フラックス量 ($\text{g m}^{-2} \text{s}^{-1}$)。太実線は海面更正気圧 (hPa)、矢印は 500 m 高度における風ベクトル (m s^{-1})。

は気候場の 75 % 値よりも集中豪雨発生時の 50 % 値が大きくなっているが、7・8 月では、その逆となっている。

第 2.13 図(b)に、500mFLWV の気候場と集中豪雨発生時の環境場の月別の平均値と箱ひげ図を示す。平均値をみると、気候場については 500mEPT と同様な変化傾向がみられる。一方、集中豪雨発生時をみると、月ごとに大きな変化はみられず、10 月を除くすべての月で $115 \text{ g m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 以上となっている。各月別に両者の平均値を比較すると、4・5・6・11 月は $60 \text{ g m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 以上となっているが、7・8 月は $30 \text{ g m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 以下となっており、500mEPT と同様に両者の差が小さくなっていることがわかる。

以上のことから、4・5・6・9・11 月については集中豪雨発生時の環境場が気候場と比較して大きな差があるため、500mEPT と 500mFLWV の監視だけでもある程度は集中豪雨の発生を診断的に予測できると考えられる。しかし、7・8 月は両者の差が小さいために、これらの要素だけの監視では集中豪雨を正確に予測することは難しい。7・8 月については、気候場と集中豪雨発生時の環境場の平均値や箱ひげ図の差が小さいことから、普段からいつ集中豪雨が発生してもおかしくないような環境場となっている。しかし、7・8 月に常時集中豪雨が発生しているわけではない。このことは、500mEPT と 500mFLWV の高い値が集中豪雨発生のための必要条件であって十分条件でないことを示している。つまり、大気の下層に暖かく湿った気塊が流入するだけでは集中豪雨とはならず、その気塊を自由対流高度 (LFC) まで持ち上げるメカニズムや降水系を組織化するメカニズムの存在が必要である。

最後に、気候場と集中豪雨発生時の環境場の差が小さかった 7 月の 500mEPT と 500mFLWV の水平分布をみてもみる。500mEPT(第 2.14 図上段)をみると、気候場では九州南部付近より南側にのみ 350 K 以上の領域がみられるが、集中豪雨発生時の環境場では 350 K 以上の領域が九州北部や四国南部付近まで北上していることがわかる。両者の差分をみると、西日本からその西方の東シナ海上では集中豪雨発生時の値が最大で 2 K 以上高くなっている。逆に、西日本の北側では集中豪雨発生時の値の方が最大で 5 K 以上低くなってい

る。このことから、西日本領域では500mEPTの南北傾度が集中豪雨発生時に大きくなっていることがわかる。次に、500mFLWV(第2.14図下段)をみると、集中豪雨発生時の九州南部付近の西側では $200 \text{ g m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 以上となっている。両者の差分をみると500mEPTとほぼ同じく、東シナ海から四国の南岸にかけての領域で集中豪雨発生時の値の方が大きく、最大で $50 \text{ g m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 以上の差がある。両者の海面更正気圧の分布と風の分布を比較すると、集中豪雨発生時は気候場よりも太平洋高気圧が西に張り出し、中国東北区に低圧部があらわれ、東シナ海から四国の南岸にかけての領域で気圧傾度力が大きくなっている。このため、集中豪雨発生時には西日本領域に吹き込む南西風が強化されて最大で 10 m s^{-1} 以上大きくなっており、西日本領域には気候場よりも暖かく湿った空気が多量に流入することができている。このような集中豪雨発生時の状況は、平成24年7月九州北部豪雨発生時の気圧配置(気象庁報道発表資料2012)でもあらわれている。

2.5 おわりに

本章では、気象研究所予報研究部を中心に診断的予測グループが取り組んでいる『集中豪雨の統計的研究』のこれまでの成果について報告した。今後は、500 m 高度の相当温位と水蒸気フラックス量以外の集中豪雨発生の必要条件となりうる要素(たとえば安定度に関連する500 hPaの気温や700 hPaの湿度など)についても統計解析を行うとともに、集中豪雨発生の十分条件となる大気下層の持ち上げメカニズムや降水系の組織化に関連する要素(たとえば、500 m 高度の収束量や鉛直シアなど)についても調査する予定である。

参考文献

- Hirockawa, Y. and T. Kato(2012): Kinetic energy budget analysis on the development of a meso-scale vortex causing heavy rainfall observed over Aomori prefecture in northern Japan on 11 November 2007. *J. Meteor. Soc. Japan*, **90**, (in press).
- Kato, T. and H. Goda (2001): Formation and maintenance processes of a stationary band-shaped heavy rainfall observed in Niigata on 4 August 1998. *J. Meteor. Soc. Japan*, **79**, 899-924.
- Kato, T. (2006): Structure of the band-shaped precipitation system inducing the heavy rainfall observed over northern Kyushu, Japan on 29 June 1999. *J. Meteor. Soc. Japan*, **84**, 129-153.
- 加藤輝之(2010): 豪雨監視・予測技術の開発, 平成22年度数値予報研修テキスト, 71-88.
- 加藤輝之・廣川康隆(2012): 大雨を発生させやすい環境場について, 平成23年度予報技術研修テキスト, 86-100.
- 気象庁報道発表資料(2012): 「平成24年7月九州北部豪雨」の発生要因について,
(http://www.jma.go.jp/jma/press/1207/23a/20120723_kyushu_gouu_youin.pdf).
- 気象庁(2012): 平成23年7月新潟・福島豪雨と平成23年(2011年)台風第12号および台風第15号の調査報告. 気象庁技術報告, **134**, (印刷中).
- 小倉義光(1991): 集中豪雨の解析とメカニズム, 天気, **38**, 276-288.
- Onogi, K., J. Tsutsui, H. Koide, M. Sakamoto, S. Kobayashi, H. Hatsushika, T. Matsumoto, N. Yamazaki, H. Kamahori, K. Takahashi, S. Kadokura, K. Wada, K. Kato, R. Oyama, T. Ose, N. Mannoji, and R. Taira (2007): The JRA-25 reanalysis. *J. Meteor. Soc. Japan*, **85**, 369-432.
- 瀬古弘(2010): 中緯度のメソスケール線状降水系の形態と維持機構に関する研究, 気象庁研究時報, **62**, 1-74.
- 津口裕茂・榊原均(2005): 2001年10月10日佐原・鹿嶋に豪雨をもたらしたレインバンドの構造と維持

機構, 天気, 52, 25-39.

吉崎正憲・加藤輝之(2007): 豪雨・豪雪の気象学, 朝倉書店, 187pp.