

日本における短時間強雨の発現について

田 坂 郁 夫*

The Occurrence of Hourly Heavy Rainfall in Japan

Ikuo TASAKA

キーワード：短時間強雨，擾乱，天気図判別，経年変化，日本

I はじめに

2011年は3月11日に発生した東日本大震災によって記憶される年になったが、この年はまた7月下旬に「平成23年7月新潟・福島豪雨」が、9月初旬には和歌山県・奈良県で大雨に伴う山崩れにより河道閉塞（天然ダム）を引き起こした台風12号による大雨災害が、中旬には沖縄地方から北海道地方の広い範囲に被害をもたらした台風15号の大雨災害が発生した年でもあった。これらの気象災害は文字通り記録的な災害であって、「気象年鑑2012年版」に掲載されている降水量に関する記録をみると、台風12号の際には和歌山県新宮で1時間降水量記録の歴代16位に相当する132.5mmの降水が観測されている。2011年にはこれ以外にも、新潟県室谷で7月26日に最大10分間降水量で歴代1位となる50.0mmの猛烈な雨が、高知県魚梁瀬では7月19日に日降水量の歴代1位である851.5mmの大雨が観測されている。また、最大1時間降水量においても鹿児島県古仁屋で11月2日に歴代9位となる143.5mmの強雨が記録されている。

日本ではこのような大雨・強雨が気候特性の1つとしてくり返され、気象災害が引き起こされてきた。これに対し、気象学・気候学の立場から防災・減災を目指して数多くの研究が行われてきた。そのうち、多数の事例を統計的に処理し、地域的特性を明らかにしようとする気候学の立場から行われた近年の研究をあげれば、夏季の首都圏における時間10mm以上の強い雨の発生頻度の経年変化を調査した佐藤・高橋（2000）の研究、熊谷における日雨量100mm以上日数の変化を調べた福眞（2001）の研究、北海道から九州までにある18カ所の気象官署を対象とし、1時間から1日の時間スケールにおける大雨出現頻度の経年変化を調べた鈴木（2004）の研究、台風の通過パターンを明らかにした上で、各経路通過時における日本列島の大雨分布を分析した片岡（2007）の研究、夏季の東京において強い対流性降水が発生したときの気温場・風系場を明らかにした澤田・高橋（2007）の研究などがあげられる。また、気象学的な事例研究では、東京で発生した大雨を対象とする論文に限っても神田ほか（2000）、中西・原（2003）、上

*島根大学法文学部社会文化学科

杉・田中 (2008), 日下ほか (2010), 石原 (2012a,b) などの研究が行われ, 多くの知見が積み上げられてきた。

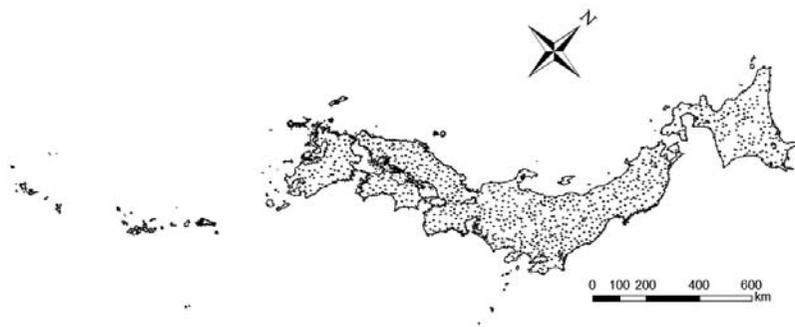
筆者も1時間降水量を資料として, 短時間強雨に関する気候学的な検討を行い, その成果を拙論 (田坂 2006, 2007, 2011) としてまとめてきた。その中で, 時間降水量 80mm 以上の強雨 (気象庁の表現では“猛烈な雨”) は9月を中心として, 梅雨期・台風期である5~10月に多く発生すること, その発生が地球温暖化の影響を受けているとしても気温のように一義的な発生頻度の増加は認められず, 10年程度の周期的な変動をしていること, 猛烈な雨は紀伊半島から九州の太平洋沿岸地域に多く発生する一方, 中部地方内陸部や瀬戸内海周辺のように周囲を山地で囲まれた地域, 日本海側地域には少ないことを指摘した。また, 中国・四国地方, 九州地方を対象とした分析では上記の事柄に加え, 短時間強雨の原因としては台風と (梅雨) 前線によるものが多いこと, 短時間強雨の多発地域は擾乱通過時における卓越風向と山地, 海岸線の方向に対応して明瞭に変わることなどを指摘した。

本論はこれらに引き続いて進めてきたもので, 近畿以東の地域を対象として分析を進め, 日本列島全域における短時間強雨の発現特性

をまとめたものである。対象とした短時間強雨や分析手法は中四国地方, あるいは九州地方を対象とした前報と同じであるが, 気候統計的な意味づけを考えて対象期間を現在の平年値統計期間である1981年から2010年の30年間とした。これに伴い, 中四国, 九州地域についても発生頻度の再集計を行った。

対象とした地点は田坂 (2007) で述べたような理由から, 全国の AMeDAS 観測点のうち, 対象30年の80%となる24年以上通年観測を行ってきた地点, または改廃・移設が行われた地点のうち, 移動前後の水平距離が概ね5km以下で標高差が50m以内の地点とした。今回24年以上の観測データを有する地点を対象としたので, 現在は廃止された地点であっても, 1981年から2004年の間観測を行っていた地点は対象としている。

第1図は本論で対象とした全国1114カ所の AMeDAS 観測点の分布を示したものである。また, 第1表は短時間強雨をもたらした擾乱を天気図により判別した際に用いた8つの地域における観測地点数や観測密度を示したものである。これらを見ると, 北海道や本州中部の山岳地域に観測密度の低い地域が散見されるものの, 観測点はほぼ全国に万遍なく分布しているといえる。その地点間の距離は全



第1図 対象とした AMeDAS 観測点の分布

第1表 地域ごとの観測地点数、観測密度ならびに30mm強雨の発生頻度

地域	面積 (km ²)	地点数	地点あたり 面積 (km ²)	地点間距離 (km)	発生 回数	地点 発生 頻度
北海道	78,419	196	400.1	20.0	1229	6.3
東北	66,890	186	359.6	19.0	2568	13.8
関東	32,424	113	286.9	16.9	4921	43.5
中部	66,795	199	335.7	18.3	7111	35.7
近畿	33,112	100	331.1	18.2	5247	52.5
中四国	50,719	171	296.6	17.2	9210	53.9
九州	40,969	118	347.2	18.6	12607	106.8
南西諸島	3,483	31	112.4	10.6	4227	136.4
全国	372,811	1114	334.7	18.3	47120	42.3

国平均で約18kmとなっている。この値は強雨に対応する基本単位の降水セルが直径数km～10km(新田 2012)であることを考えると、個々の大雨を事例的に扱う際には不十分といわざるを得ない。しかし、本研究は1時間降水量をもとに抽出された短時間強雨を統計的に処理して発現特性をみようとする立場であり、その要因考察においても総観規模スケールの擾乱を対象としているので、今回使用したAMeDAS観測点網は十分な密度と判断した。

II 短時間強雨の発現にみられる地域性

はじめに短時間強雨の発現頻度にみられる地域性についてみていこう。第2図は対象とした1981年から2010年の30年間における短時間強雨の発生頻度を降水強度別に示したものである。ここで、多発地点、準多発地点、寡発地点の区分は以下のように行った。

時間降水量30m以上の強雨について年平均の発生頻度による度数分布図を作成すると、発生回数の少ない地点が多い一方、回数の多い地点は急激に減少する(第3図)。このため正規分布を前提とする階級区分は分布特性を把握する上で有効な方法ではないし、階級数

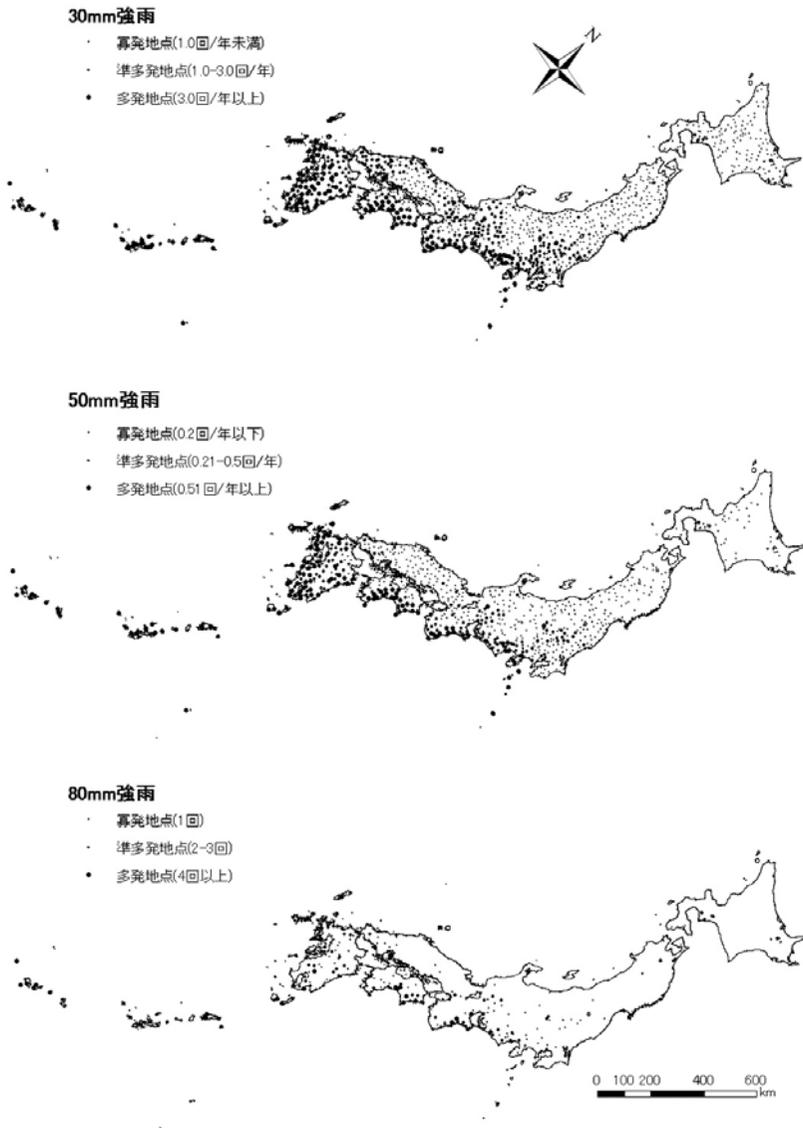
を多くすることもまた有効ではない。そこで本研究では発生回数の極めて多い地点(多発地点)、極めて少ない地点(寡発地点)、その中間(準多発地点)の3区分とした。境界値の決定に際しては本来対数変換などを施す必要があるが、ここでは発生頻度0の地点も含めた単純平均と標準偏差を求め、単純平均および単純平均+標準偏差の値にそれぞれ近く、区切りの良い発現頻度¹⁾を降水強度ごとに定め、それを下回る地点を寡発地点、上回る地点を多発地点と定義し、その中間を準多発地点とした。なお、時間降水量30mm以上の強雨(以下、30mm強雨と記す)と時間降水量50mm以上の強雨(同じく50mm強雨)については年平均の発生回数を、時間降水量80mm以上(80mm強雨)については対象期間における発生総数について上記の作業を行った。

30mm強雨は対象30年間に全国で47120回発生している。すなわち、単純平均では1地点あたり1.41回/年となり、全国どこでも毎年1回以上発生していることになる。しかしながら、第3図にも示したように、実際には全体の約60%に相当する地点が年間1回未満である一方、3回以上発生する地点は全体の15%に過ぎず、多発する地点は少数に限られる。

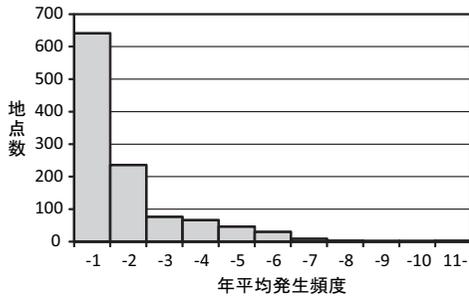
最も多く発生したのは宮崎県えびので30年間に391回、年平均13.0回で、これに三重県尾鷲の359回(12.0回/年)、鹿児島県屋久島の330回(11.0回/年)が続き、この3地点が年平均発生頻度で10回を超えている。そして、これらの地点を中心として、九州の中南部から南西諸島にかけての地域、四国の太平洋側

地域、紀伊半島南東部の地域、および南アルプス南側から伊豆諸島にかけて多発地点が分布している。

一方、帯広をはじめ北海道・青森の8地点²⁾では対象30年間に時間降水量30mm以上の降雨は1度も観測されていない。そして、北海道から瀬戸内海沿岸にかけて発生頻度1回/年



第2図 降水強度別の短時間強雨発生頻度



第3図 30mm強雨の年平均発生頻度の度数分布

未滿の寡発地点が分布し、準多発地点が九州北部から中国地方の西部、山陰から近畿西部、濃尾平野および関東平野の西部地域に分布している。

以上、30mm 強雨の発現傾向を多発地点、準多発地点、寡発地点に分けてまとめたが、このうち九州以東の多発地点分布域は鈴木(1962)がその気候区分において多雨区と指摘した地域にほぼ一致していて、太平洋に面していること、その背後に高い山地が控えていることなどが共通の特徴である。このことから短時間強雨の発生には多量の水蒸気が流入しやすいこと、流入した水蒸気を効率よく降水に変えるシステムとして上昇気流が発生し、さらにその条件として適切な地形配列が必要であることを示している。また南西諸島もそのほとんどが多発地点であることから、上記の条件とは別に気温が高く、空気中の水蒸気量が多いことも短時間強雨が発生するための必要条件であることが分かる。

これら短時間強雨発現のための必要条件は準多発地点の分布からも確認できる。すなわち、先にあげた準多発地点域は海峡(水道)を通じて太平洋とつながった地域か、その南に平野があって水蒸気が内陸まで流入することが可能となっている。一方、寡発地点の分

布域は瀬戸内海地域や中部地方内陸部など山地に囲まれて水蒸気の流入しにくい地域や北海道・東北のように気温が低く大気中の水蒸気量が少ない地域となっている。

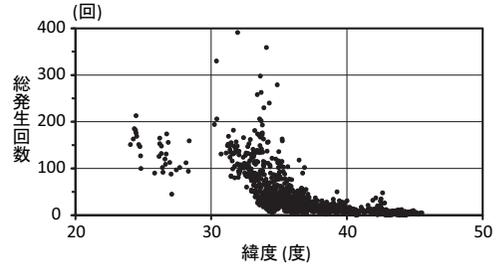
短時間強雨の発現傾向を別の視点から示したのが第1表の地域ごとの総発生回数と発生頻度である。これをみると、発生頻度が最も高い南西諸島は最も少ない北海道の20倍以上の頻度で発生していることがわかる。南で多く北で少ない傾向は他の地域を含め確認できる。このことは短時間強雨の発生に緯度、これに伴う気温の変化、さらにはその結果としての空気中の水蒸気量の多少が関わることを示している。関東、中部についても、そこに位置するAMeDAS観測点の平均緯度を求めると、伊豆諸島を含む前者が35.9度であるのに対し、北信越を含む後者は36.1度となっている。また、関東地域はその大部分が低平な平野であり、水蒸気が内陸まで到達することが可能であるのに対し、中部地方の多くは南北アルプスや関東山地によって太平洋や日本海と隔たれた環境にあることも関係していると考えられる。

短時間強雨の発現に影響する因子の1つが緯度であることを確かめるため作成したのが第4図である。これをみると、北海道から東北北部に相当する北緯40度以北では緯度に伴う発生回数の変化は小さいが、それ以南では緯度が低くなるに伴い発生頻度が増加する傾向が明瞭に認められる。この傾向を北緯40度付近から南西諸島にあたる北緯25度付近まで1つの関係式で表現するのか、あるいは九州南端にあたる北緯30度付近までを1つの直線関係とし、南西諸島を別なものと理解するのかは結論を得ていないが、いずれであってもその直線的な関係から外れる地点がみられる。すなわち、北緯43度付近、北緯39度付近、北

緯 35～30 度のうち発生回数が 200 回を超える地点である。このうち、北緯 43 度付近の多発地点は北海道・登別周辺で、ここでは 1983 年 9 月に発生した「登別集中豪雨」（「気象年鑑 1984 年版」）をはじめ、しばしば大雨災害が発生している。また、北緯 39 度付近の地点は三陸沿岸地域であり、北緯 35～30 度の地点は第 3 図の 30mm 強雨にみられた多発地点である。これら 3 地域はいずれも背後に山地が迫るなどの特徴があり、何らかの地形的な条件が関与していると考えられるが、その詳細については今後の検討課題としたい。

次に、気象庁の大雨基準で「非常に激しい雨」と表現される 50mm 強雨の発現傾向をみると、概略的な特徴は上述した 30mm 強雨のそれと類似している。50mm 強雨の総発生回数は 6437 回であるが、最も多く発生したのは三重県尾鷲の 94 回（3.1 回/年）で、次いで宮崎県えびのが 79 回（2.6 回/年）、鹿児島県屋久島が 65 回（2.2 回/年）で、上位 3 地点は先の 30mm 強雨と変わらない。また、多発地点も関東から九州、南西諸島の太平洋沿岸地域にみられるなど、30mm 強雨と同じような地域に現れている。一方、寡発地点の分布域も 30mm 強雨と似ているが、50mm 強雨では 30 年間に一度も発生していない地点がより多くの地域に広がっている。すなわち、北海道から中部の内陸地域を中心として、全体のほぼ 4 分の 1 に相当する 269 カ所の観測点で 50mm 強雨は観測されていない。

ところで、無発生地点と寡発地点の関係を詳細に検討すると次のような特徴に気づく。すなわち、本州の中部以南の地域では無発生地点は内陸部に多く分布する一方、沿岸域には強雨の発生地点が点在している。これに対し、三陸沿岸や北海道の東部地域では海岸近くに無発生地点が分布し、内陸部では強雨が



第 4 図 AMeDAS 観測点の緯度と 30mm 強雨の発生回数の関係

発生している。先に述べたように、短時間強雨は水蒸気供給源である海洋に面するか、平野が広がり水蒸気が流入しやすい条件下で発生し、これが遮られる内海や内陸部では発生しにくい傾向があり、中部地方にみられる特徴はこれと一致する。一方、東北や北海道にみられる傾向はこれに反するものであるが、その原因として沖合の海水温が低いことが考えられる。すなわち、海水温が低いところでは、その冷却作用によって大気は安定成層を作りやすく、降水の発生に必要な上昇気流が生じにくい一方、内陸部は日射による加熱作用で不安定な大気状態になる可能性が高いためであろう。

最後に、80mm 強雨の発現傾向をみてみよう。80mm 強雨は 30 年間に 439 回発生しているが、図にも明らかなように、その発現地点は極めて限られていて、全体の 80% の観測点では一度も観測されていない。そのような中であって最も多く発生したのは三重県尾鷲で 13 回、次いで高知県佐喜浜が 11 回、鹿児島県屋久島が 9 回、徳島県日和佐と沖縄県多良間が 8 回となっている。そして多発地点も紀伊半島南東部、四国の南東部、九州南部および先島諸島に集中している。このうち前 3 地域は背後に山地があり、時間降水量 80mm といったレベルの降水が数年～十数年に一度の割合

で発生するためには、一定の地形条件が必要であることがわかるが、先島諸島には高い山地などは存在していない。したがって、これ地域ではいわゆる地形性降水とは異なるシステムが働いていると考えられるが、その解明は今後の大きな課題である。

以上、短時間強雨の発現にみられる地域特性を検討したが、強雨の発生と地理的条件の関係をより詳しく検討するため、短時間強雨の原因となった総観規模擾乱を天気図判別によって特定し、その擾乱ごとに発現傾向を考察した。分析方法、使用した資料はこれまで(田坂 2007, 2011)と同じであるが、天気図判別は第1表に示す8つの地域ごとに行った。分析は前報と同じく、発生回数が多い30mm強雨だけを対象としている。

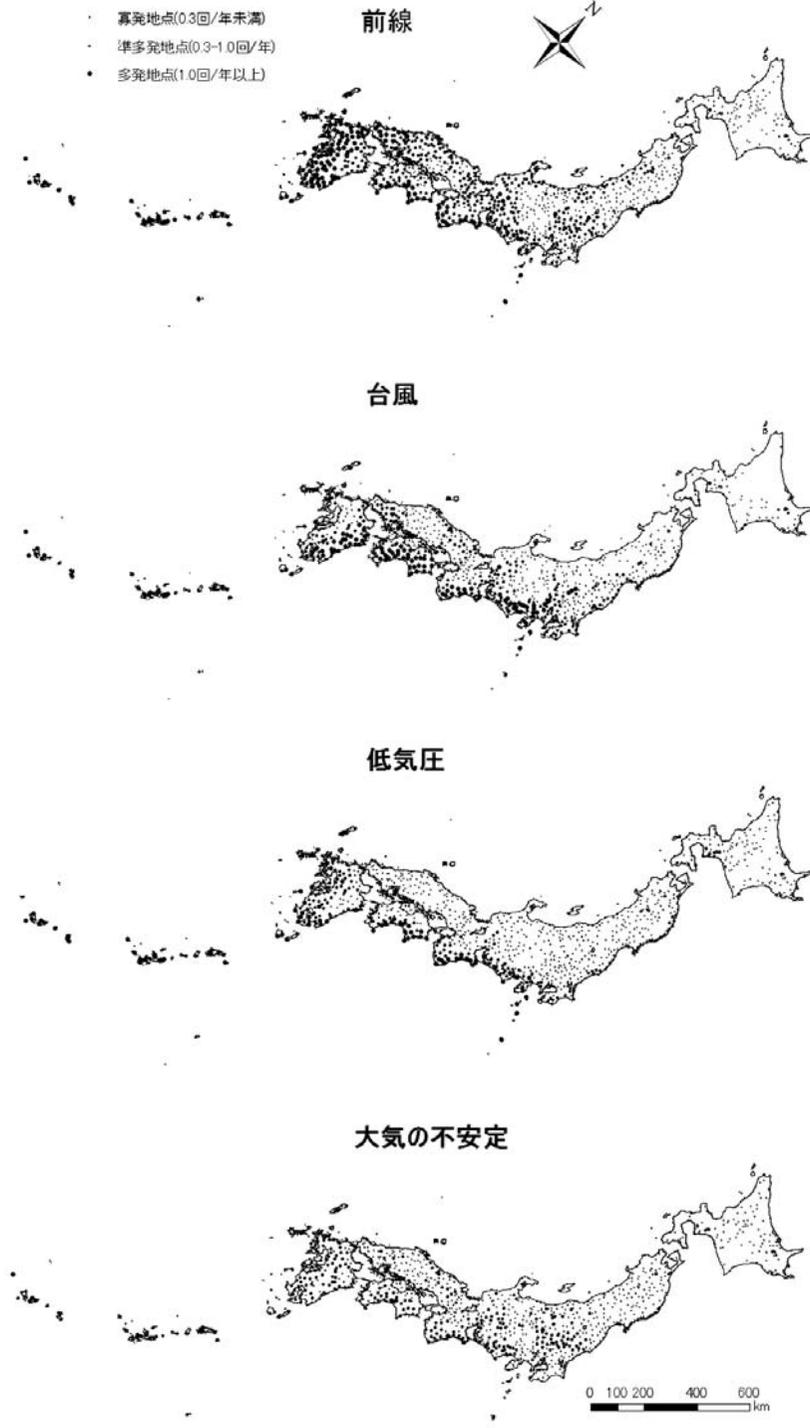
4つの降水原因(擾乱)ごとに発現頻度の分布を示した第5図をみると、擾乱の種類によって多発(寡発)地点数やその分布域が異なることがわかる。発現回数がもっとも多いのは前線を原因とする強雨で30年間に18201回発生している。次いで、台風が13007回、低気圧が9215回で、最も少ない大気不安定は前線によるものの約3分の1である6697回となっている。各原因において最も多く発生した地点は前線による強雨が宮崎県えびので158回、台風の場合は徳島県福原旭で157回、低気圧は鹿児島県屋久島180回で、九州、四国の大雨地域に位置する観測点となっているが、大気不安定を原因とする強雨は群馬県榛名山が52回で最も多く発生している。

前線による強雨は総発生回数が多いこともあり、階級区分を同じにした今回の分析では多発地点も188地点で最も多くなっている。その分布域は南西諸島から九州南部・西部、中国地方西部、四国南部から紀伊半島南西部に及び、濃尾平野北部や東海地域にも集中域

がみられる。また、近畿以西の地域は瀬戸内海東部域を除くほぼ全域が準多発地点で前線活動が活発であることが分かる。中部以東では濃尾平野から東海地域、関東平野に準多発地点が多く分布するが、北陸から東北の日本海沿岸地域に準多発地点が連続することも特徴的である。

今回、前線による強雨と判断した事例は天気図判別の基準(田坂 2007)からその多くが梅雨前線活動に伴う強雨であるが、梅雨期に日本海沿岸地域で大雨が発生することはこれまでも報告されていて、鈴木(1962)も日本海側に何か所かの多雨区を指摘している。また、はじめにも述べた「平成23年7月新潟・福島豪雨」に加え「平成16年7月新潟・福島豪雨」、「平成16年7月福井豪雨」、「昭和58年7月豪雨」など(「気象年鑑2012年版」)日本海側では度々大雨災害が発生している。これらはいずれも梅雨末期の集中豪雨と呼ばれるもので、天気図スケールでは梅雨前線が日本海中部から日本列島にかかり、太平洋高気圧の縁辺を回って湿潤な南西気流が日本海に流入する(新田 2012)条件下で発生することが多く、この気流と背後にある山地との関係で強雨がもたらされるのであろう。

次に、台風に伴う短時間強雨の発現をみると、太平洋岸における多発地点の集中に気づく。すなわち、九州山地東部地域、四国、紀伊半島南東海岸、および東海地方から関東山地に沿った多発地点である。このうち、九州、四国については以前の報告で指摘したことであるが、紀伊半島以東の地域についてもその分布特性から、台風の東側に吹走する南東ないし東風による地形性降水の強化作用が短時間強雨が多発する主要因であることが分かる。また、準多発地点が中国地方西部、中国地方東部から近畿西部、両白山地の東側斜面など



第5図 原因別に見た30mm強雨の発生頻度

に点在していることは、太平洋に直接面していなくても南東から湿潤な気流が進入し、かつ背後にある山地の地形効果が働くような地域では短時間強雨が多く発生することを示している。

台風による短時間強雨は東北から北海道にかけても太平洋側地域を中心に認められるが、北海道の中北部では観測されていない。台風が非台風化するの、衰弱して弱い熱帯低気圧になる場合と、北側の寒気団との間に前線が発生し温帯低気圧になる場合があるが、いずれにせよ今回の結果から、台風による短時間強雨は北海道南部地域が北限であることが明らかとなった。

低気圧による強雨は総発生回数が前線の半分程度であり、多発地点も79カ所に過ぎない。したがって、その分布域は前線や台風に比べ限られているが、地域的には非常に特徴あるものとなっている。すなわち、多発地点は南西諸島から九州、四国、紀伊半島、伊豆地域の太平洋沿岸に限られ、内陸ないし北側への広がりには台風に伴うものに比べると弱い。これは台風が日本列島を縦断するように進むことがあることに加え、強い風に伴う地形の降水強化作用が働き、台風から遠い地域においても強雨が発生する可能性があるのに対し、低気圧の場合は風が弱いので、地形性降水の効果もまた弱く、強雨は低気圧の経路に近い海岸沿いに限られるためと考えられる。

日本付近を通過する低気圧はその経路から南岸低気圧と日本海低気圧に大別されるが、第5図では多発地点、準多発地点は九州西部を除くと太平洋側地域に限られていて、日本海低気圧の通過に伴う短時間強雨の発生は少ないことが分かる。日本海低気圧に伴う本州以南の降水は主に寒冷前線によるものである。寒冷前線は一般に温暖前線より活動が活発で、

降水強度も強いといわれている。しかし、時間降水量30mm以上といった降水が寒冷前線だけでもたらされることは少なく、地形性降水などの強化作用がより重要であるといえる。

大気的不安定による強雨は総発生頻度が少ないため、多発地点は極めて少数に限られている。しかしながら、寡発地点も含む強雨発生域は、台風や低気圧に伴う強雨が北海道北部や内陸部に空白域を持つのに対し、大気的不安定に伴う強雨は日本のほぼすべてに及んでいる。また、準多発地点数も低気圧のそれを上回っている。これらのことから、大気的不安定に伴う強雨は地域的に最も普遍的な現象であることが分かる。

以上、擾乱の種類ごとに短時間強雨の発現傾向を検討してきたが、最後に各地点における短時間強雨の主要原因をみてみよう。第6図は4つの中で発生頻度が最も多かった擾乱を地点ごとに示したものである。なお、総発生回数が10回未満の地点については特定の事例の影響が大きくなると考え、最大要因を図示していない。また、2つ以上の擾乱が同じ頻度であった地点も省略している。

これをみると、前線が短時間強雨の主要因である地点が南西諸島、九州西部から中国地方、近畿から中部の西部地域および北陸から東北の日本海側に分布する一方、台風が主要因である地点が九州山地の東側、四国、紀伊半島南東地域、東海から関東南部の地域および東北の太平洋側地域に多く分布している。極めて概略的にみれば、太平洋側地域では台風による短時間強雨が卓越し、日本海側では前線による強雨が卓越するといえる。このように山地を挟む対称性は九州において最も顕著であるが、紀伊半島でも東側は台風、西側は前線の傾向がみられるし、東北地方でも太平洋側には台風を主要因とする地点が分布す



第6図 各地における短時間強雨の主要原因

る一方、日本海側は前線を主要因とする地点にほぼ限られている。

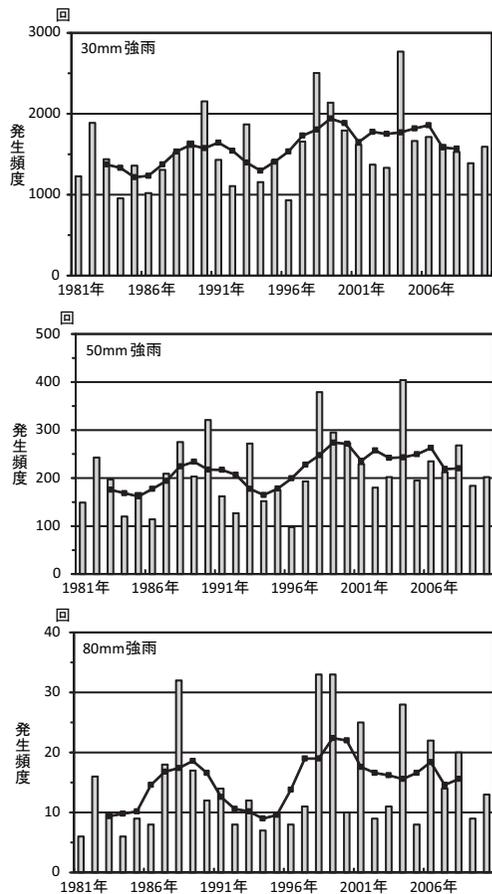
低気圧を主要因とする地点は数は少ないものの、屋久島、四国や紀伊半島また東海、関東の海岸に点在していて、先に述べたように、低気圧の経路に近いところでは強雨が発生しやすいことが分かる。大気的不安定を主要因とする地点も低気圧同様少ないが、関東や中部をはじめとする内陸域にはこれを主要因とする地点が分布していて、地面の加熱による熱雷的な強雨が多いことを推測させる。

以上、短時間強雨の発現傾向を降水強度別、降水原因別に検討してきたが、短時間降雨の発現には山地の配列などの地形条件や緯度など地理的因子が関係することが示された。

Ⅲ 短時間強雨の発現にみられる経年変化，年変化

次に、短時間強雨の発現頻度の経年変化についてみてみよう。第7図は対象とした1981年から2010年における短時間強雨の発現頻度ならびにその5年移動平均を示したものである。

30mm 強雨は前述のように30年間に47120

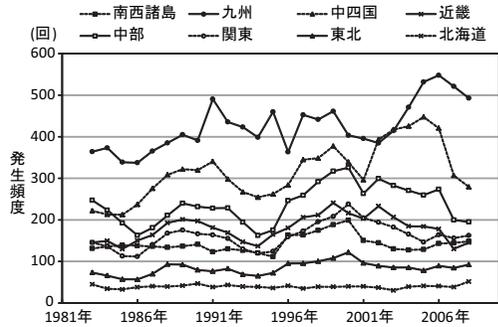


第7図 短時間強雨発生頻度の経年変化

回、1年平均1570回発生している。対象期間中最も多く発生したのは2004年で、年間約2770回発生した。この年は日本に上陸した台風が1950年の統計開始以来最多となる10個で、南西諸島を含む接近数も1960年、1966年と並び最多であった（「気象年鑑2005年版」）が、このことも短時間強雨が多く発生した原因の1つと考えられる。これに対し、最も少なかった1996年には最多年の約3分の1にあたる930回しか発生せず、短時間強雨の発現頻度は年々の変動が大きいといえる。次に、5年の移動平均をみると、中四国や九州地方の経年変化にみられた（田坂 2007,2011）のと同様に、周期的変動と長期的な増加傾向が認められる。すなわち、1990年頃、2000年頃を極大とし、1980年代半ば、90年代半ばを極小とする約10年周期の変動と、1982年、1990年、1998年、2004年の極大年の発現頻度に特徴的な長期的な増加傾向である。

ところで、第2表や第4図でみたように短時間強雨は南ほど発現頻度が高く、全体の約4分の1が九州で発生し、これに中四国と南西諸島を加えると全体の半数以上に達する。ことことから、経年変化にみられる周期的変動や長期傾向も西南日本の特徴であって、他の地域はそれとは異なる傾向を持っている可能性もある。第8図はこのことを確認するために、対象8地域における30mm強雨発現頻度の5年移動平均を示したものである。これをみると、発生頻度が少ない北海道では周期的変動、長期傾向ともに認められないが、それ以外では周期的変動、長期傾向にいくつかの特徴が認められる。

はじめに周期的変動についてみると、南西諸島および近畿から東北は1990年頃と2000年頃に極大、1980年代半ばと1990年代半ばに極小を示す点で共通している。発生回数



第8図 地域ごとにみた30mm強雨発現頻度の推移

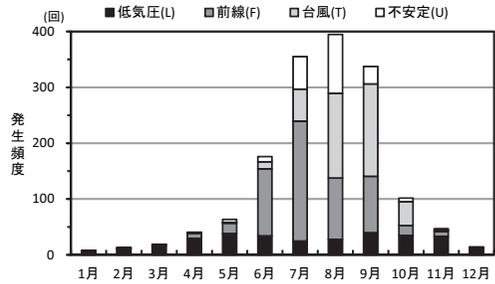
の多い中四国、九州はこれらと若干異なり、前者では上記の極大期に加え2000年代半ばにも極大がみられ、九州では1990年代半ばの極小が不明瞭である一方、2000年代半ばの極大が顕著になっている。このように九州、中四国では2000年代半ばにも極大があるため、長期的な増加傾向も顕著で、中四国地方ではこの30年間の増加率が80%を超え、九州でも50%増加している。これに対し、近畿以東や南西諸島では2000年代に増加傾向が認められない結果、長期的な増加傾向も弱く、近畿地方では対象期間を通してみると減少傾向にある。

以上、日本全体としてみられた周期的変動と長期傾向を地域ごとに検討した結果、周期的変動は極大・極小期の出現に若干の差異はあるものの、東北以南の地域に共通して認められたが、長期的な増加傾向は九州、中四国に特徴的な傾向で、近畿以東や南西諸島では認められなかった。すなわち、日本全体の増加傾向は多発地域である九州、中四国の変動に引きずられたものであって、日本全体として増加しているとは必ずしもいえない。

次に50mm強雨、80mm強雨の経年変化をみると、前者は年々の変動およびその結果である周期的変動、長期傾向とも30mm

強雨と類似しているが、80mm 強雨は異なった特徴を示している。その1つは多発年，寡発年の発生回数であって、30mm 強雨では年平均値である1570回を超える年が14年，下回る年が16回でほぼ等しいのに対し、80mm 強雨では平均の15回を超える年が10年であるのに対し、下回る年が20年となっている。すなわち、80mm 強雨は平均的な年には発生することが希な現象である一方、1888年，1998年，1999年など特定の年に集中して発生する傾向があるといえる。その原因を総観規模現象の多発に求め、気象庁がまとめた気象災害年表でこれら3カ年の状況を調べてみると（「気象年鑑1989年版，1999年版，2000年版」），1998年は「平成10年8月上旬豪雨」，「平成10年8月末豪雨」（いずれも前線活動による）をはじめ9回の大雨災害が、1999年には台風16号，18号など6回の大雨災害が記録されているが、1988年は冷害・長雨はあったものの大雨災害は梅雨前線活動による1回だけで、80mm 強雨の多発を総観規模擾乱の多発に短絡することはできない。

最後に、発生頻度の年変化をみてみよう。第9図は30mm 強雨について発生頻度の年変化を降水原因別に示したものである。これをみると、短時間強雨は6～9月に多く発生することが分かる。特に7～9月の夏季3ヶ月間は月間の発生頻度が300回を超えている。この時期は日本の気候に特徴的な梅雨期，台風期であることから予想されるように、6・7月は前線を原因する短時間強雨が多く発生し、8・9月は台風による短時間強雨の発生頻度が多くなっている。また、夕立に代表される大気的不安定による強雨は夏季3ヶ月、特に8月に集中している。このように前線や台風，大気的不安定を原因とする強雨は発現時期が限られているのに対し、低気圧を原因とするものは



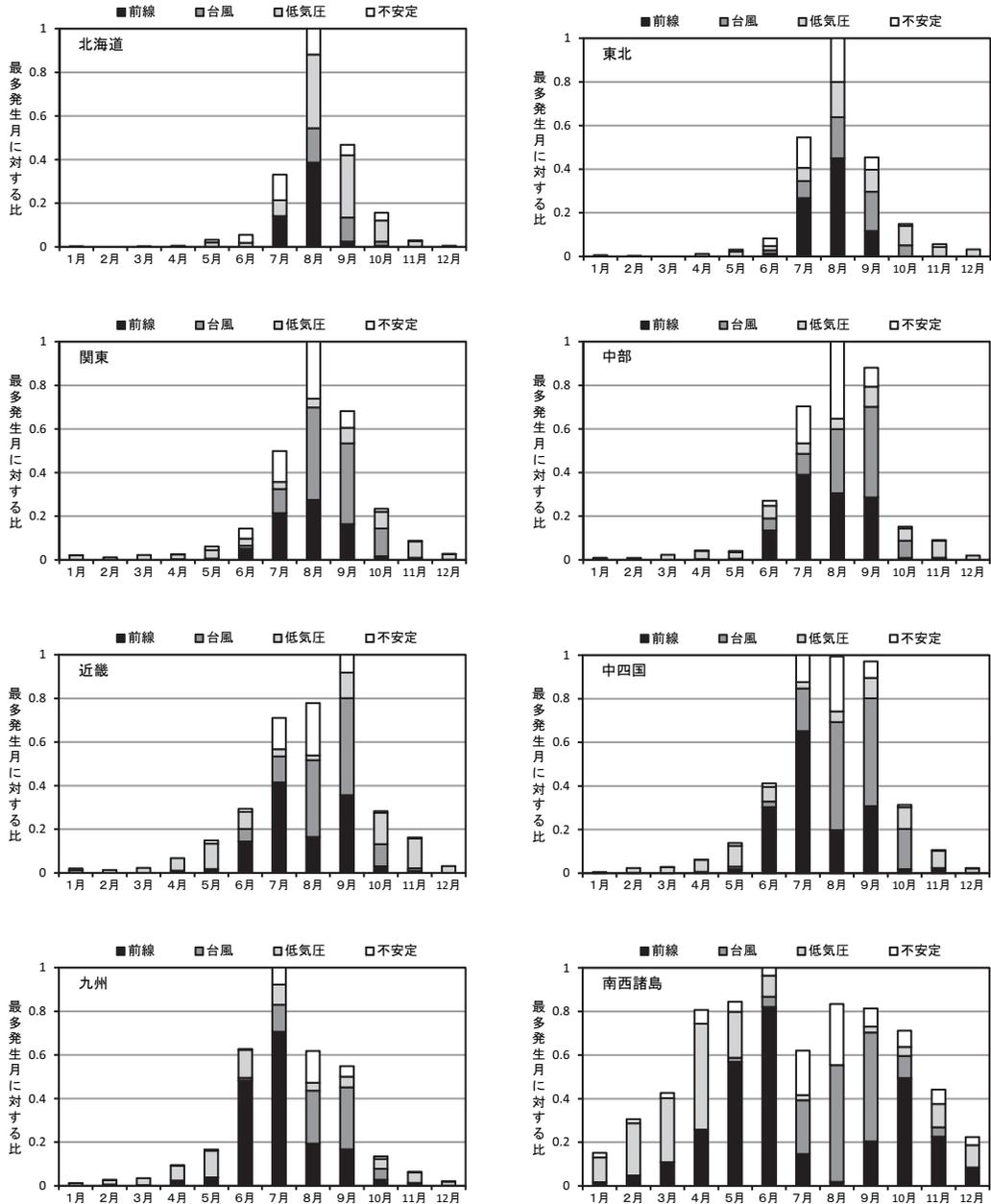
第9図 30mm強雨発現頻度の年変化とその原因

その頻度は少ないものの1年を通じてみられる。

以上は全国をまとめたときの特徴であるが、第10図は年変化を地域ごとに示したものである。前述のように短時間強雨の発生頻度は南ほど多く、またそれぞれの地域における観測点数も異なっている。したがって、絶対数で比較すると、観測点数の多い地域、あるいは九州など多発地域の特徴が強調されることになる。そこで前者については1地点あたりの頻度として、後者の地域差については各地域の最多発生月の頻度を1.00としたときの相対的な頻度として示した。

これをみると、各地域における発生頻度の年変化、またその原因は異なっている。例えば、九州～北海道では短時間強雨の発生は6～9月に限られるが、年中温暖な南西諸島では寒候期の12～2月を除いてほぼ通年発生している。また、関東以西の地域ではその頻度は極めて小さいものの寒候期にも短時間強雨が発生するのに対し、東北や北海道では冬期間には全く発生していない。最多発生月も地域ごとに異なり、中部以東では8月、近畿は9月、中四国・九州は7月、南西諸島は6月となっている。

強雨の原因についてみると、九州では6・7月の梅雨前線活動による強雨の発生が顕著であるが、中四国から中部地域では7月の前



第 10 図 地域ごとにみた 30mm 強雨発現頻度の年変化とその原因

線，8・9月の台風がそれぞれ交代しながら同じように寄与しているのに対し，関東では前線による強雨が減少し台風による強雨が多くなっている。また，台風や前線活動の影響を受けにくい北海道では低気圧による強雨が8・

9月の最も多い原因となっている。

以上，短時間強雨の発現頻度の経年変化，変化を検討したところ，地域ごとにかなり異なった特徴を持っていることが明らかとなった。大雨・強雨の発現傾向について地球温暖

と関連して増加傾向にあるとの指摘もあるが、短時間強雨に限っていえば、日本のどの地域においても直線的に増加しているとは必ずしも言えない。

Ⅳ まとめ

短時間強雨の発現にみられる地理学的特性を検討した結果、以下のような特徴が明らかになった。

1. 短時間強雨の発現頻度は地域によって著しく異なる。最も多く発生するのは南西諸島から九州南部、四国南部、紀伊半島南東海岸、東海から伊豆諸島のいわゆる太平洋岸地域である。一方、北日本や中部地方内陸部、瀬戸内海地域など山地によって海洋から隔てられた地域では発生頻度が小さい。これらのことは、短時間強雨が発生するためには多量の水蒸気が流入し、それが地形の効果によって効率的に降雨に変わるシステムが必要なことを示している。
2. 短時間強雨の発現要因を総観規模擾乱の種類にみると、前線によるものが多く、台風による強雨がこれに続く。前線に伴う短時間強雨は日本海側地域で発生しやすく、台風に伴うものは太平洋側地域に発生する傾向がある。また、低気圧に伴う短時間強雨は九州から東海の太平洋沿岸域に多く発生し、大気的不安定に伴う強雨は内陸を中心に日本全域で発生する。
3. 短時間強雨の発生頻度には周期的な変動と、長期的な増加傾向が認められる。このうち、周期的な変動は日本のどの地域でも認められるが、長期的な増加傾向は東日本、北日本の地域では顕著ではない。
4. 短時間強雨は前線、台風を原因として発生することが多いので、その活動が活発な暖候期、6～9月に集中して発生する。

本論は全国を対象として、短時間強雨の発現にみられる地理的特性を検討したものであるが、東北、関東などの行政地域を単位とした分析が含まれるなど、残された検討課題もまた多い。今後は、より自然地理的な視点に立って地理情報システムを用いた空間分析も取り入れ、強雨の発生と地理的条件との関係を明らかにしていきたい。

【注】

- 1) 30mm強雨の場合、単純平均値は1.41回、標準偏差は1.62回なので、1回未満を寡発地点、1～3回を準多発地点、3回以上を多発地点とした。50mm強雨は0.19回、3.00回なので、境界値を0.2回、0.5回とした。また、80mm強雨は総発生回数で平均0.40回、標準偏差1.12回なので、1回の地点を寡発地点、2～3回の地点を準多発地点、4回以上を多発地点とした。
- 2) 北海道：下川、西興部、湧別、斜里、駒場、帯広、池田、青森県：黒石の8地点

【文献】

- 石原正仁 (2012a)：2008年雑司が谷大雨当日における積乱雲群の振舞いと局地的大雨の直前予測Ⅰ—3次元レーダーデータによる積乱雲群の統計解析—。天気，59，549-561。
- 石原正仁 (2012b)：2008年雑司が谷大雨当日における積乱雲群の振舞いと局地的大雨の直前予測Ⅱ—積乱雲に伴う局地的大雨の直前予測の試み—。天気，59，563-577。
- 上杉忠孝・田中恵信 (2008)：2000年7月4日に起きた東京都心における短時間強雨の発生機構。天気，55，23-36。
- 片岡久美 (2007)：台風通過時における日本列島の降水分布と大雨発生頻度に関する月別

- の特徴. 地理学評論, 80, 99-120.
- 神田学・石田知礼・鹿島正彦・大石哲 (2000): 首都圏における局地的対流性豪雨と GPS 可降水量の時空間変動—1997 年 8 月 23 日の集中豪雨の事例解析—. 天気, 47, 7-15.
- 気象庁監修: 気象年鑑 1984 年版, 1989 年版, 1999 年版, 2000 年版, 2005 年版, 2012 年版, 気象業務支援センター.
- 日下博幸・羽入拓朗・縄田恵子 (2010): GPS 可降水量に着目した局地豪雨の事例解析—2000 年 7 月 4 日に東京で観測された事例—. 地理学評論, 83, 479-492.
- 佐藤尚毅・高橋正明 (2000): 首都圏における夏期の降水特性の経年変化. 天気, 47, 643-648.
- 澤田康徳・高橋日出男 (2007): 夏季の東京都心部における対流性降水の降水強度と気温場および地上風系場. 地理学評論, 80, 70-86.
- 鈴木秀夫 (1962): 日本の気候区分. 地理学評論, 35, 205-211.
- 鈴木博人 (2004): 日本での最近の半世紀における大雨の出現頻度の経年変化. 天気, 51, 805-816.
- 田坂郁夫 (2006): 短時間強雨の発現に関する一考察. 島根地理学会誌, 40, 1-11.
- 田坂郁夫 (2007): 中国・四国地方における短時間強雨の発現について. 社会文化論集 (島根大学法文学部紀要), 第 4 号, 41-51.
- 田坂郁夫 (2011): 九州地方における短時間強雨の発現について. 社会文化論集 (島根大学法文学部紀要), 第 7 号, 121-132.
- 中西幹郎・原由紀雄 (2003): 東京都市部に短時間強雨をもたらした降水系の降雨強化に結びつく局地風の特徴. 天気, 50, 91-103.
- 新田尚 (2012): 激しい大気現象—シリーズ新しい気象技術と気象学 5—. 東京堂出版, 168 頁.
- 福眞吉美 (2001): 熊谷地方気象台が観測した極端な高・低温及び大雨の年間日数の変遷. 天気, 48, 75-80.