

2004年新潟・福島、福井豪雨と”豪雨空白域”

A heavy rainfall in Niigata, Fukushima and Fukui on July 2004 and “heavy rainfall blank area”

牛山素行¹

USHIYAMA Motoyuki

¹正会員 博(農) 東北大学大学院講師 工学研究科附属災害制御研究センター (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-06)

This paper examines the relationship between the warm season precipitation and the historical highest hourly and daily precipitations based on AMeDAS data during 25 years (1979 - 2003, 1088 observatories) for simple estimation method of heavy rainfall. The linear regression equation is obtained for the historical highest (25-year highest) precipitation and the warm season precipitation from April to October, which indicates highest correlation. The equation is used for mapping of 25-year precipitation estimates. The equation is also used to define the “heavy rainfall blank areas”, in which some AMeDAS observatories have the historical highest precipitation smaller than one estimated by the equation. Defined “heavy rainfall blank areas” are especially Akita, Toyama, Ishikawa and Fukui prefectures and the neighborhood. This result is similar to our past research based on the data from 1979 to 1998. In future, there is a possibility of occurrence of heavy rainfall over past 25-year record in these areas. Actually, heavy rainfall events occurred on Niigata and Fukui prefectures in 2004. These areas were “heavy rainfall blank area” though the present precipitation amounts at several observatories were exceeded the estimated 25-year highest precipitation amounts.

Key Words: warm season precipitation, historical highest precipitation, heavy rainfall blank area.

1. はじめに

2004年7月13日に新潟県中越地方、福島県会津西部地方を中心とした豪雨(「平成16年7月新潟・福島豪雨」, 以下では新潟豪雨)が発生し, 同18日には福井県嶺北地方でも豪雨(「平成16年7月福井豪雨」, 以下では福井豪雨)が発生した。これらの豪雨により特に都市部での浸水災害が発生した。新潟豪雨では死者・行方不明者16名(うち新潟県15名), 住家の全壊・半壊476棟, 床上浸水6,930棟(うち新潟県6,902), 床下浸水6,556棟などの被害を生じた(8月27日現在の総務省消防庁資料による)。また, 福井豪雨では死者・行方不明者5名, 住家の全壊・半壊126棟, 床上浸水4219棟, 床下浸水9671棟などの被害を生じた(8月12日現在の総務省消防庁資料による)。これらの被害は, 新潟県, 福井県における豪雨災害としては, 人的被害, 家屋損壊, 浸水, いずれの被害要素で見ても, 1971年以降最大の被害となった。¹²⁾

新潟, 福井を含む北陸地方は近年比較的豪雨災害の経験を受けていなかった地域である。災害に対する関心は, 大規模な災害の発生によって高まるが, その後急速に風化しやすいものであることがよく言われている。たとえば, 杉森ら³⁾による1982年長崎豪雨に関する調査では, 5年で10分の1に, 10年で100分の1に低下するという結果が示されている。また, 阪神大震災前後の調査では, 地震直後に高まった, 自分の居住地が「危険」だと認識する回答や, 家庭での地震への備えに対する回答が, 地震1

年後にはほぼ地震前の水準に戻ってしまったとの指摘⁴⁾もある。すなわち, 近年豪雨(あるいは豪雨災害)が生じていない地域では, 豪雨災害に対する関心が低下していることが懸念され, 豪雨災害に対する被災ポテンシャルが増加している地域と見なすこともできる。このような地域を抽出することにより, 地域特性に応じた豪雨災害に対する危険性の警告情報の一つとして活用することが期待される。しかし, 「近年豪雨が発生していない地域」の抽出法は, まだほとんど議論がなされていない。筆者は以前, このような地域を簡易に抽出する方法として, 以下の検討・提案を行った⁵⁾。

- (1) 1979年から1998年の全国AMeDAS観測所の記録から, 暖候期降水量と, 1時間・日降水量最大値(以下では「極値」)に有意な相関が認められる。
- (2) 暖候期降水量と極値降水量から求めた線形回帰式により, 暖候期降水量から, 平均的な1時間・日降水量の20年間極値を計算することが期待される。
- (3) この予測極値より, 実際の観測極値が小さい場合, その観測所では検討期間中にあまり大きな降水量が記録されていない可能性がある。このような観測所が集積している地域が, 「近年豪雨が発生していない地域」であり, 「豪雨空白域」と呼ぶことができるのではないか。

以下ではこの検討結果を「1998年の結果」と呼ぶ。1998年の結果によると, 今回豪雨の発生した新潟県中越地方, 福井県嶺北地方は, いずれも「豪雨空白域」と見なしうる地域であった。

本研究では、1998年の結果に対して、

- (1) 利用するAMeDASデータを1979年から2003年の25年間に延長する。
- (2) 日界の影響を受けやすい日降水量をもとにした検討をやめ、24時間降水量、48時間降水量の統計値を採用する。

の2点を改良して、暖候期降水量と短時間降水量最大値の関係を再集計し、1998年の結果の妥当性を検証することを目的とする。

2. 利用資料

検討に用いた基礎資料は、気象庁AMeDAS観測所の降水量観測値である。AMeDAS観測所のうち、降水量を観測している観測所は約1300ヶ所ある。AMeDAS観測網がほぼ完成したのは1978年末だが、観測所の移動がしばしば行われるのでこれらすべての観測所データを利用することはできない。本研究では、1979～2003年の25年間の検討対象期間とし、この全期間について観測値が得られる1088ヶ所の観測所データを用いることとした。

検討に用いた統計値は、各観測所における、a. 1時間降水量の1979～2003年の間の極値、b. 24時間降水量の同期間の極値、c. 48時間降水量の同期間の極値、d. 各月降水量の平年値である。a, b, cについては、毎時観測値を基に筆者が独自に集計した。dについては、気象庁が公表している平年値(統計期間は1979年から2000年)⁶⁾を用いた。

3. 調査結果

(1) 暖候期降水量と降水量極値の基礎的關係

本研究の着眼点は、「雨が多く降る地域では、短時間の雨も強く降ると思われる」という仮説の妥当性を検討す

ることにある。日本の気候の特性上、冬季の方が降水量が多い地域が少なからずあるので、「雨が多く降る地域」の指標として年降水量を使うことは妥当でなく、冬季以外の期間の降水量、すなわち暖候期降水量を指標とすることが妥当だと思われる。暖候期という言葉は、気候学分野などで使用されている言葉である。朝倉⁷⁾によれば日本では4～9月を指すとされるが、冬季を除く期間を指す言葉として使用される場合もあり、厳密に用いられているわけではない。そこで、本研究ではまず、極値降水量と最も相関のある暖候期の期間設定について検討した。

12月～3月以外の複数月の月降水量平年値を積算した値と極値降水量の相関を計算した結果が表－1である。24時間降水量極値、48時間降水量極値はいずれのケースでも相関係数0.7以上であるが、1時間降水量極値との相関係数は0.6前後である。二宮⁸⁾によれば、日本においては1時間降水量など短時間降水量の極値は、地域差が少なく、日降水量などの極値は局地性が現れやすいとされている。暖候期降水量と1時間降水量極値の相関係数が24時間・48時間降水量極値との相関にくらべ全般に低いのは、この指摘を裏付けていると思われる。1998年の結果と比較すると、24時間降水量極値(1998年は日降水量極値)との相関係数がやや高くなり、1時間降水量極値との相関係数はやや低下した。

これらの相関係数を検定によって検定したところ、すべて、有意水準1%で有意な相関が認められた。また、ノンパラメトリック検定手法として、ケンドールの順位相関係数を算出し、相関係数の有意性を検定したところ、やはりいずれも有意水準1%で有意な相関が認められた。この結果は、1998年の結果と同じであった。すなわち、暖候期降水量の期間をどのようにとっても、暖候期降水量と極値降水量の間には、統計的に有意な相関があるものと考えてよいことが、あらためて確認された。

最も相関係数が大きい積算期間は、1時間降水量極値は4月～9月(0.617)、24時間降水量極値は4月～10月(0.749)、

表－1 集計期間別暖候期降水量平年値と観測極値の相関

積算期間	1979年～2003年の観測値による集計				1979年～1998年の観測値による集計 ⁹⁾			
	観測所数	相関係数			観測所数	相関係数		
		1時間	24時間	48時間		1時間	24時間	48時間
4～9月	964	0.617	0.747	0.770	983	0.618	0.736	—
5～9月	993	0.597	0.741	0.770	1013	0.605	0.731	—
6～9月	1058	0.556	0.734	0.761	1086	0.570	0.723	—
7～9月	1084	0.490	0.733	0.761	1124	0.521	0.719	—
4～10月	964	0.617	0.747	0.770	983	0.616	0.740	—
5～10月	992	0.598	0.745	0.773	1012	0.609	0.738	—
6～10月	1019	0.572	0.739	0.768	1043	0.587	0.731	—
4～11月	963	0.601	0.726	0.749	982	0.603	0.718	—
年降水量	917	0.522	0.585	0.604	956	0.524	0.581	—

※1998年の結果では48時間降水量との相関は未検討のため空欄とした。

48時間降水量極値は5～10月(0.773)となった。1998年の結果と比較すると、1時間降水量、日降水量(24時間降水量)の積算期間は同じである。ただし、積算期間4～9月、5～10月、4～10月と各極値降水量との相関係数はほとんど差がなく、このいずれを暖候期と見なしても結果に大きな影響はないものと思われる。ここでは、今回検討した3種の降水量の中では24時間降水量がもっとも豪雨災害と関わりが深いと思われること、1998年の結果との比較、という意味から、4～10月積算降水量を一律に暖候期降水量とみなすこととした。

4～10月積算降水量平年値を暖候期降水量平年値とし、1979～2003年の1時間・24時間・48時間降水量極値との関係を散布図にしたものが図-1である。1979～2003年の極値は、すなわち25年間の最大値であり、これは25年確率雨量に相当するものと言ってもいい。すでに示したように、暖候期降水量と1時間・日降水量極値の間には、有意な相関があり、かつ散布図から一見して、暖候期降水量が増えるに従って極値降水量も大きくなっていることがわかる。そこで、暖候期降水量を説明変数として線形回帰して関係式をもとめたところ以下のようになった。

$$E_1 = 0.0264 * P_w + 30 \quad (1)$$

$$E_{24} = 0.1838 * P_w + 42 \quad (2)$$

$$E_{48} = 0.2380 * P_w + 28 \quad (3)$$

両式において P_w が暖候期降水量[mm]であり、 P_w に応じた25年間の極値が、 E_1 (1時間降水量極値)、 E_{24} (24時間同)、 E_{48} (48時間同)として予測されることになる。両式とも、分散分析表からF値を求め、回帰係数の有意性を検定したところ、有意水準1%で有意であった。すなわち、暖候期降水量から降水量極値を予測することは、統計的には不適切ではないと考えてよさそうである。寄与率は E_1 について0.214、 E_{24} は0.561、 E_{48} は0.595であり、特に E_1 の寄与率は低い。1998年の結果と比較すると、 E_1 の寄与率が下がり(1998年の結果は0.384)、 E_{24} の寄与率はやや上がっている(同0.548)。統計期間を長くすることにより、24時間降水量極値の予測は改善されるが、1時間降水量極値については改善されなかったことになり、暖候期降水量を用いた極値の予測手法を、短時間降水量の予測に適用することは問題があることが示唆されたと思われる。残差標準偏差は、 E_1 23.2mm、 E_{24} 75.7mm、 E_{48} 91.5mmであった。これらの統計量が正規分布しているとみなせば、この推定値は数十mmオーダーのばらつきを持っていると考えられる。

(2) 豪雨空白域の検討

(1),(2),(3)式は、日本付近における暖候期降水量に対す

る平均的な25年間極値降水量の推定値を与えていると考えられる。この推定値から大きく上回っている観測所では、最近25年間に比較的大きな豪雨が発生し、大きく下回っている観測所では大きな豪雨が発生していないと考えられる。

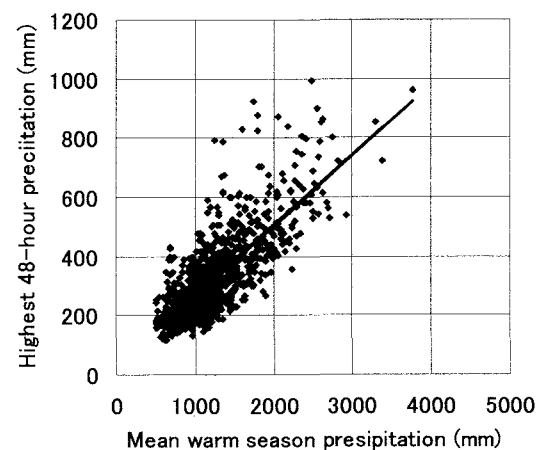
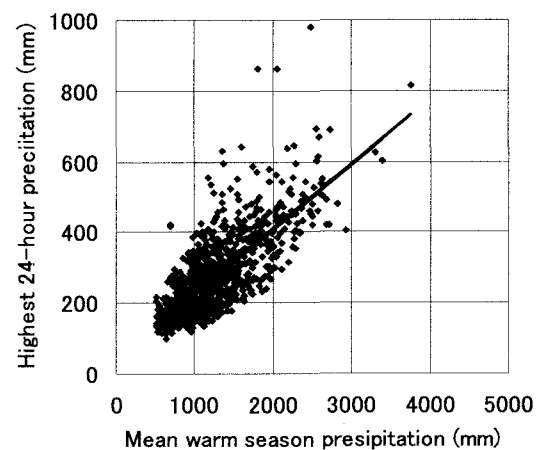
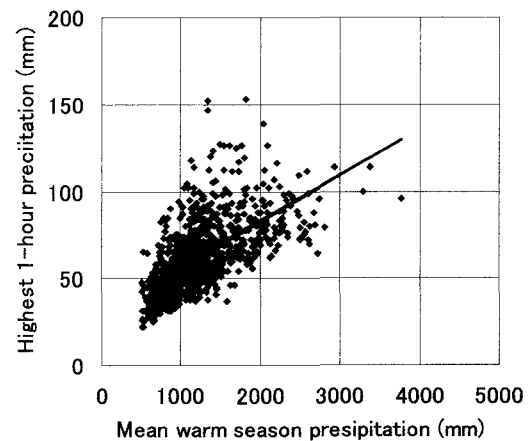
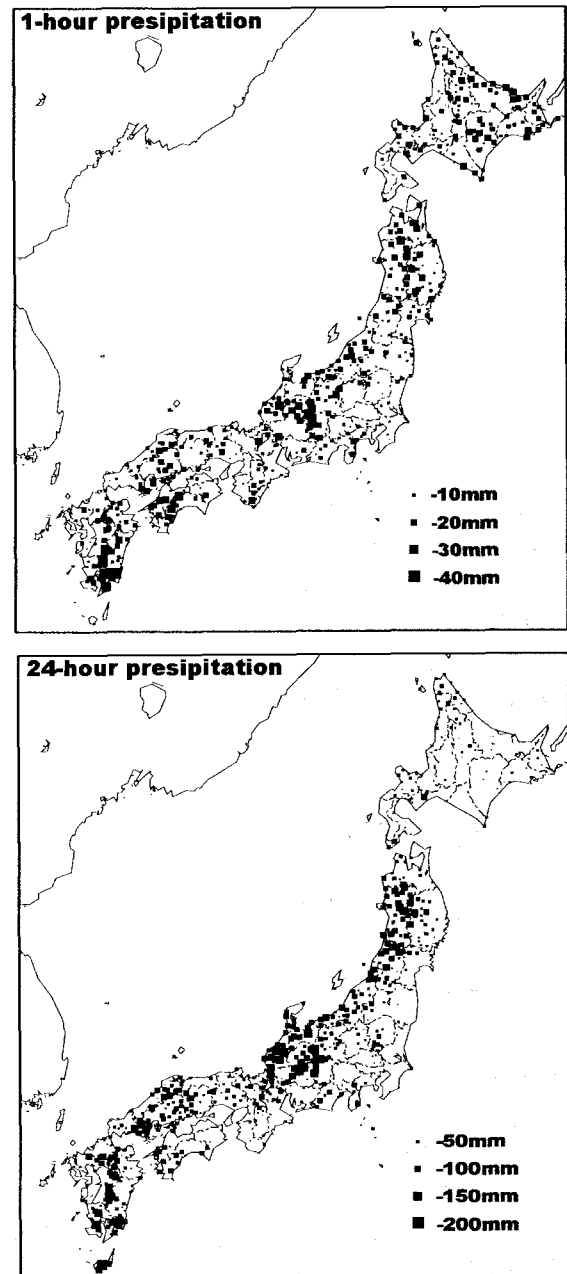


図-1 暖候期降水量平年値と極値降水量の散布図

表－ 2 観測極値が予測極値より小さくかつその差が標準偏差より大きい観測所の数

県名	観測所数	1時間	24時間	48時間
青森	26	5(19%)	1(4%)	0(0%)
秋田	32	6(19%)	15(47%)	17(53%)
岩手	44	6(14%)	3(7%)	3(7%)
宮城	20	0(0%)	0(0%)	1(5%)
山形	23	4(17%)	8(35%)	11(48%)
福島	43	0(0%)	1(2%)	2(5%)
茨城	18	0(0%)	0(0%)	0(0%)
栃木	21	1(5%)	0(0%)	1(5%)
群馬	20	2(10%)	0(0%)	0(0%)
埼玉	13	0(0%)	0(0%)	0(0%)
東京	11	0(0%)	0(0%)	1(9%)
千葉	13	0(0%)	0(0%)	0(0%)
神奈川	10	1(10%)	0(0%)	0(0%)
長野	40	10(25%)	8(20%)	9(23%)
山梨	14	0(0%)	0(0%)	0(0%)
静岡	26	1(4%)	4(15%)	0(0%)
愛知	18	0(0%)	0(0%)	0(0%)
岐阜	28	6(21%)	8(29%)	9(32%)
三重	13	0(0%)	0(0%)	0(0%)
新潟	33	4(12%)	7(21%)	12(36%)
富山	9	2(22%)	7(78%)	6(67%)
石川	10	1(10%)	6(60%)	7(70%)
福井	9	1(11%)	5(56%)	5(56%)
滋賀	12	2(17%)	3(25%)	2(17%)
京都	13	0(0%)	1(8%)	1(8%)
大阪	8	0(0%)	0(0%)	0(0%)
兵庫	24	1(4%)	0(0%)	0(0%)
奈良	12	1(8%)	0(0%)	0(0%)
和歌山	15	1(7%)	0(0%)	1(7%)
岡山	21	1(5%)	2(10%)	2(10%)
広島	29	4(14%)	4(14%)	1(3%)
島根	25	1(4%)	4(16%)	6(24%)
鳥取	11	0(0%)	0(0%)	2(18%)
徳島	12	1(8%)	0(0%)	0(0%)
香川	7	0(0%)	0(0%)	0(0%)
愛媛	18	5(28%)	2(11%)	0(0%)
高知	26	4(15%)	2(8%)	1(4%)
山口	20	2(10%)	5(25%)	3(15%)
福岡	17	0(0%)	2(12%)	1(6%)
大分	23	2(9%)	3(13%)	4(17%)
長崎	12	0(0%)	0(0%)	1(8%)
佐賀	8	0(0%)	1(13%)	0(0%)
熊本	26	6(23%)	7(27%)	4(15%)
宮崎	24	5(21%)	2(8%)	3(13%)
鹿児島	38	6(16%)	9(24%)	9(24%)

全観測所のうち、(1)、(2)、(3)式で予測された値と実際に記録されている極値の差が負である観測所を分布図にしたのが図－ 2である。この図で記号□の大きい観測所が、極値の小さい観測所であり、これを「最近25年間の最大規模豪雨が比較的弱い観測所」とした。また、このような観測所が集中している地域を、定性的に「豪雨空白域」



図－ 2 観測極値が予測極値より少である観測所の分布図

とみなした。24時間降水量で見ると、秋田～福井の日本海沿岸一帯、長野県西部・岐阜県中部、島根県東部・岡山県西部、広島県・山口県境付近、熊本県東部、大分・福岡県境付近、鹿児島県東部などを豪雨空白域とみなしてよさそうである。予測極値に対する観測極値の「差が大きい(＝特に豪雨が発生していない)」と見なすための閾値の設定法はいろいろ考えられるが、もっとも単純に予測極値と観測極値の差が、両者の標準偏差より大きい観測所を、「差が大きい観測所」と見なすこととすると、各県ごとの「差が大きい観測所」の出現率は表－ 2のようになる。1時間降水量については全般に「差が大きい観測所」の出現率は高くはないが、24時間降水量、48時間降水量については県ごとの差が明瞭である。分布図から定性的に抽出された「空白域」の見られる県では、出現率

がおおむね2割を越えており、特に、秋田、富山、石川、福井の各県は出現率が5割以上である。これら4県は、1979年から2002年までの豪雨災害による家屋全半壊数、浸水家屋数などの府県別集計で見ても、全国の下位10位以内に入っている。目立った豪雨が発生しておらず、被害も発生していない地域であると見なすことができよう。

1998年の結果と比較すると、空白域とみなせる地域分布はほとんど変わっていない。1999～2003年の間には、これらの空白域で目立った豪雨が発生していない。したがって、日降水量を24時間降水量に変更したこと、統計期間を25年に変更したことは、豪雨空白域の抽出に大きな影響は与えなかったと考えられる。

なお、これらの地域は、「暖候期降水量が多いが1～48時間程度の継続時間の豪雨が発生しにくい地域」である可能性もある。しかし、これらの豪雨空白域のなかでも、たとえば北陸地方は1964年7月(昭和39年山陰北陸豪雨)、1965年9月(台風24号)に、現在のAMeDAS観測所の近傍で、AMeDASの極値を大きく上回る降水量を記録している例が少なからず確認でき、これらの地域では豪雨が起らない地域であるとは一概には言えない。

(3) 2004年に発生した豪雨と豪雨空白域

2004年には、①6月30日静岡県中部、②7月13日新潟県中越地方、③7月18日福井県嶺北地方、④7月30日～8月1日徳島・高知県境付近、⑤8月17日～18日香川・愛媛・高知県境付近などで豪雨が発生した。このうち、②と③が、ここで抽出した豪雨空白域で発生した豪雨であった。2004年7月の新潟豪雨、福井豪雨で、統計が1979年から継続しており、1時間・24時間・48時間降水量のいずれかの観測値が、1979～2003年の観測極値を更新したAMeDAS観測所は、表-3に示す9カ所である。すべての観測所の24時間・48時間降水量観測極値が、予測極値を下回っており、特に福井県の3観測所は100mm以上下回っていた。今回の豪雨により、1時間降水量2カ所、24時間降水量4カ所、48時間降水量3カ所で、観測値が予測極値を上回り、他の観測所でも予測極値との差が縮まった。このように、本研究で抽出した豪雨空白域は、豪雨が発生しない地域ではなく、たまたま近年豪雨が発生していない地域にすぎず、本研究で予測した極値降水量を上回るような豪雨が発生しうることがあらためて確認された。しかし、いずれの豪雨も、豪雨域はごく狭い範囲であり、「最近25年間の最大規模豪雨が比較的弱い」状態が解消された観測所は数カ所にとどまったことになる。

表-3 新潟豪雨、福井豪雨で1979年～2003年の観測極値が更新された観測所

観測所	暖候期降水量からの予測極値			1979～2003年の観測極値			2004年の観測値		
	1時間	24時間	48時間	1時間	24時間	48時間	1時間	24時間	48時間
福島県 2004/7/13～14に1979～2003年の極値を更新した観測所									
金山	56	221	260	54▲	141▲	151▲	28	244●	276●
若松	51	185	213	51	156▲	160▲	21	162	173
只見	61	252	300	49▲	182▲	207▲	50	332●	369●
新潟県 2004/7/13～14に1979～2003年の極値を更新した観測所									
三条	58	231	273	42▲	155▲	251▲	43	208	216
津川	61	255	304	46▲	226▲	262▲	41	238	257
栃尾	63	265	317	42▲	216▲	216▲	58	422●	431●
福井県 2004/7/18に1979～2003年の極値を更新した観測所									
福井	61	257	306	43▲	151▲	175▲	75●	198	198
美山	63	267	319	57▲	148▲	177▲	87●	285●	285
板垣*	64	271	325	66	163▲	174▲	51	217	217

▲: 1979年～2003年の観測極値が予測極値より小さい。下線: 2004年の観測値が2003年までの観測極値より大きい。●: 2004年の観測値が予測極値より大きい。

*板垣は4～10月の降水量平年値が得られないため、6～10月の降水量をもとに予測極値を計算した。

4. まとめ

本研究によって得られた結果を整理すると以下のようになる。

- 1979～2003年のAMeDAS観測値をもとに、暖候期降水量と25年最大1時間・24時間・48時間降水量の相関を求めたところ、暖候期の期間の取り方にかかわら

ず統計的に有意な相関が認められた。1時間降水量との相関係数は0.6前後、24時間降水量とは0.7前後であった。1998年の結果と比較すると、1時間降水量との相関係数は低く、24時間降水量との相関は高くなった。

- 暖候期降水量の積算期間は、1時間降水量は4月～9月積算降水量、24時間降水量は4～10月、48時間降水量5月～10月との相関が最も高かったが、相関係数の

差はわずかであった。これらは、1998年の結果と同様であった。

- ・ 暖候期降水量を4月～10月積算降水量として、1979～2003年の25年最大1時間・24時間・48時間降水量を線形回帰したところ、統計的に有意な回帰式(1), (2), (3)が得られた。これは、1998年の結果と同様である。すなわち、統計的には、この回帰式から暖候期降水量に対応する25年最大1時間・24時間・48時間降水量を予測して差し支えない。
- ・ 式(1), (2), (3)による予測極値より実測極値が小さい観測所を、「最近25年間の最大規模豪雨が比較的弱い観測所」と考え、このような観測所が集中している地域を「豪雨空白域」として分布図から定性的に抽出をこころみたところ、24時間降水量では秋田～福井の日本海沿岸一帯、長野県西部・岐阜県中部、島根県東部・岡山県西部、広島県・山口県境付近、熊本県東部、大分・福岡県境付近、鹿児島県東部などが抽出され、これは1998年の結果とほぼ同様であった。県別の出現率で見ると、秋田、富山、石川、福井の各県が目立った。
- ・ 2004年の豪雨の内、新潟、福島、福井豪雨は「豪雨空白域」で発生した。これらの地域内の4観測所で、実測極値が予測極値を下回る状態が解消された。

豪雨の発生には、地形や風向も関与してくる⁸⁹⁾。また、高橋¹⁰⁾が指摘しているように、数ヶ月間など長時間降水量に、日降水量などの短時間降水量が関与する割合は地域差があることも知られている。本研究で行った、暖候期降水量だけで極値降水量を求める方法は、これらの諸要因を踏まえたものではないが、基本的な統計的検定の結果は、この方法が統計的にまったく不適切なものではないことを示している。また、今回基礎データの統計期間を延ばし、日降水量の代わりに24時間・48時間降水量を用いて検討したが、1998年の結果とほぼ同様な結果が得られたことから、本研究で示した極値推定方法は、防災情報として活用する簡易推定方法としては、十分実用的なものであることが確認されたと言っていいだろう。

2004年に「豪雨空白域」で予測極値を上回る豪雨が記録されたことも注目される。これらの地域における豪雨災害に対する関心がどのようになっていたか、現在調査を進めつつある。

謝辞: 本報告の一部は、平成15年度科学研究費補助金「インターネット時代の豪雨防災情報・防災教育による効果の定量的評価に関する研究」(研究代表者・牛山素行)、平成15年度科学研究費補助金「災害情報による認知・学習機能と避難行動に関する基礎研究」(研究代表者・今村文彦)、平成16年度科学研究費補助金「平成16年7月新潟・福島、福井豪雨災害に関する調査研究」(研究代表者・高浜信行)、平成14年度科学研究費補助金「土砂生産場であ

る山腹斜面の崩壊に対する免疫性に関する水文・地形学的研究」(代表者・平松晋也)、平成16年度科学研究費補助金「ITを利用した防災情報システムの構築に関する研究」(代表者・森山聡之)、および土木学会河川懇談会共同研究の研究助成によるものである。

参考文献

- 1) 牛山素行: 2004年7月12～13日の新潟県における豪雨災害の特徴, 自然災害科学, Vol.23, No.2, 2004(印刷中).
- 2) 牛山素行: 2004年7月18日の福井県における豪雨災害の特徴, 自然災害科学, (投稿中).
- 3) 杉森直樹・矢守克也・岡田憲夫: 防災意識の長期変動に関する基礎的考察, 京都大学防災研究所水資源センター研究報告, No.13, pp.67-78, 1994.
- 4) 田中重好: 大都市災害の無力感にどう対処するのか—後衛の災害研究—, 自然災害科学, Vol.18, No.1, pp.3-9.
- 5) 牛山素行・寶馨: AMcDASデータによる暖候期降水量と最大1時間・日降水量の関係, 水文・水資源学会誌, Vol.16, No.4, pp.368-374, 2003.
- 6) 気象庁: 平年値(統計期間1971～2000年), 気象業務支援センター, CD-ROM.
- 7) 朝倉正: 気象学・気候学辞典(吉野正敏ほか編), 二宮書店, p.333, 1985.
- 8) 二宮洸三: 雨とメソ・システム, 東京堂出版, 1981.
- 9) 二宮洸三: 豪雨と降水システム, 東京堂出版, 2000.
- 10) 高橋日出男: 梅雨期総降水量に対する日降水量の階級別寄与について, 地理学評論, Vol.74, No.4, pp.217-232, 2001.

(2004. 9. 30 受付)