

論文

1901年以降の降水量 記録から見た1999年 6月29日広島豪雨の 特徴

牛山 素行*

Characteristics of heavy rainfall in Hiroshima City on June 29,
1999, based on precipitation data since 1901

Motoyuki USHIYAMA*

Abstract

A disaster due to heavy rainfall occurred mainly in Hiroshima Prefecture, in west Japan, on June 29, 1999. Due to this rainfall, 32 people died, about 530 houses were destroyed and about 4210 houses were flooded. In this study, the characteristics of this heavy rainfall were investigated by using long term precipitation and disaster data (1901-1998) in the area around Hiroshima City. The total precipitation of this single-day event was about 270 mm, which is about the same as normal wet season monthly precipitation in this area. In the long-term precipitation data, a long term trend of warm season (Jun.-Nov.) total precipitation for this area was not detected. Trends of the annual maximum daily precipitation show a small increase (3.9 mm/10year). In the long-term precipitation data, there were 6 instances in which daily or total precipitation was greater than this case. However, all of these instances were recorded more than 30 years ago. It is clear that this event was one of the heaviest examples of single-day rainfalls around Hiroshima City. However, it is not largest or most extreme rainfall event.

キーワード：豪雨災害，降水量長期記録，広島市

Key words : heavy rainfall disaster, long term precipitation data, Hiroshima City

* 京都大学防災研究所
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto Univ.

本報告に対する討論は平成13年11月末日まで受け付ける。

1. はじめに

1.1 近年の自然災害と情報に関する問題

近年我が国でも地球環境問題に対する関心が高まりつつある。地球環境問題への関心と不安感の存在は、自然災害を伴う激しい現象が発生した際に、それらの現象が地球環境問題と直結してとらえられやすい状況を作り出すことが懸念される。さらに、近年の Internet の発達は、従来存在しなかった種類のデマを生じやすくなっていることも懸念される。

このような現代において、自然災害に取り組む研究者が、社会に向けて発信すべき情報としてはいくつかの種類が考えられるが、個々の災害事例について、その事例が激しいものなのか、そうではないのかといった、事例の規模を、広い視野から客観的に評価することも重要な取り組みだと思われる。このような情報を蓄積することによって、よく聞かれる「最近災害が立て続けに起こっているようだが、これは大変なことなのではないのか」といった素朴な疑問に答える事が出来るようになることが期待される。本研究では、1999年6月末の広島市を中心とした豪雨災害を例として、このような問題意識にもとづいた検討を試みる。

1.2 本研究の検討内容

1999年6月29日、梅雨前線の活動により西日本一帯で豪雨が記録され、広島県広島市・呉市を中心に、人的被害を伴う大きな災害が発生した(以下、本論文では本災害事例を「1999年広島豪雨」と呼ぶ)。本災害に関しては、福岡編(2000)、海堀ら(1999)などすでにいくつかの報告が為されており、被害状況、土石流発生状況、降雨状況などについての整理、解明が進みつつある。

本研究では、まず1999年広島豪雨の概要について、既報(牛山ら, 1999)以後に入手した資料を踏まえてあらためて整理する。次に、1901~1998年の各種降水量資料を利用して、暖候期降水量や記録的豪雨の日数などを調査し、広島市周辺における最近約100年間の降水量変動傾向の特徴を明らかにする。その上で、豪雨記録および災害記録にもとづいて、広島市周辺における最

近約100年間に現れた豪雨災害事例を抽出し、1999年広島豪雨との比較を行い、同事例が広島市周辺地域において極めてまれな現象であったのか、しばしば見られる現象であるのかを検討する。

最後に、これらの検討結果を踏まえ、将来の同地域における豪雨災害の危険性についての指摘を試みたい。

なお、本研究で言う「広島市周辺地域」とは、現在の広島市役所を中心として、約30kmの円内に含まれる地域のこととする。これは広島市域全域及び広島市域に隣接する市町村の大半の地域が含まれる範囲に相当する。

2. 1999年広島豪雨の概要

2.1 概況

1999年広島豪雨による災害は、広島市周辺地域で1999年6月29日未明から降り始めた降雨が、同日正午頃から激しくなり、この降雨が誘因となって、同日夕刻までの間に広島市、呉市およびその周辺地域において発生したものである。

自治省消防庁(1999)によれば、1999年広島豪雨による広島県内の被害は、死者・行方不明者32名、住家全半壊526棟、浸水家屋4210棟などとなっている。死者・行方不明者のうち20名が広島市、8名が呉市における被害者であり、特に広島市北西部・西部に集中している(牛山ら, 1999)。住家全半壊、浸水家屋などの被害も同地域が中心である。



図1 1999年広島豪雨の死者・行方不明者発生箇所
牛山ら(1999)より。●は被害者1名、■は複数
(数字が被害者数)

2.2 降水量の特徴

2.2.1 利用資料

降水量資料としては、気象庁所管の AMeDAS 観測所（広島県・島根県・山口県の 80 ヶ所）の観測値のほか、砂防学会広島土砂災害緊急調査団（海堀ら、1999）および筆者自身によって収集された広島市周辺の、建設省、広島県、広島市、日本道路公団所管の観測所（計 42 ヶ所）の観測値を利用した。

2.2.2 先行降水の状況

広島（地方気象台、広島市中区）の 1999 年 1～6 月の日降水量と、半旬（5 日）降水量の平年値に対する比を図 2 に示す。なお、ここで用いている平年値は気象庁旧広島地方気象台（中区江波南）における 1961～1987 年の各半旬ごとの平均値であり、後述するように現在の広島地方気象台の観測値とは断絶したものであるが、広島市周辺地域におけるひとつの代表値としてここでは利用している。

1999 年 4 月以降の降水状況を見ると、4 月下旬から 5 月中旬までは雨がほとんど降らず、少雨傾向が続いていたが、5 月下旬以降は断続的に降水が記録されていた。6 月下旬は、23 日から始まった一連の降水イベントが、27 日未明までで終了し、その後ほぼ丸 2 日の無降水期間を経て、29 日未明より降水が始まり、29 日午後の豪雨へと続いている。これらの降水イベントにより、6 月下旬は 5 日降水量が平年より多い状態が続いているが、6 月中旬以前の状況を見てもわかるように、平年値に対してこの程度上回ることは特殊なことではない。したがって、今回の豪雨発生前の時点で、先行降水が特に多い状況であったとは言えない。

2.2.3 6 月 29 日の降水状況

6 月 29 日の最多雨域における降水状況の一例として魚切ダム（広島県所管、広島市佐伯区）を図 3 に示す。本図に見るように、今回の降水イベントは、29 日未明にはじまり、29 日正午過ぎから夕方にかけて集中的な降水が記録され、夜半には終了している。広島市周辺地域では、時間帯に

1～2 時間程度の差はあるが、おおむね同様な降水状況が記録されている。29 日の降水量が多かったいくつかの地点について、主要な降水量記録をまとめると表 1 のようになる。複数機関のデータを集めたものなので、観測手法の差による影響など、種々の誤差が考えられるが、今回の豪雨は少なくとも最大日降水量（今回の場合 24 時間降水量とほぼ同義）250～270 mm 程度、最大 1 時間

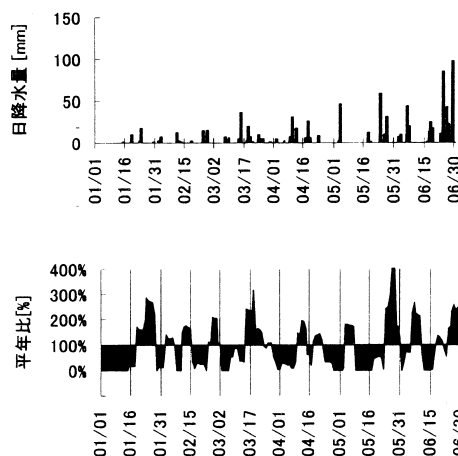


図 2 広島の 1999 年 1～6 月の日降水量（上）と 5 日降水量の平年値に対する比（下）

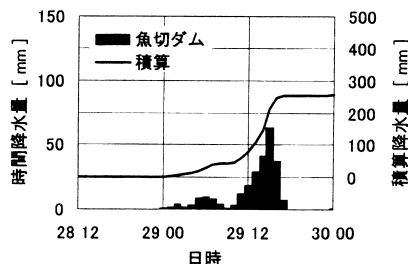


図 3 最多雨域（魚切ダム）の降水状況

表 1 1999 年広島豪雨の主要降水量記録

| 観測所名 | 所管 | 29日 | | 最大降水量 | |
|------|------|-----|-----|-------|--|
| | | 降水量 | 1時間 | 2時間 | |
| 戸山 | 建設省 | 271 | 63 | 111 | |
| 魚切ダム | 広島県 | 253 | 63 | 104 | |
| 八幡川橋 | 道路公団 | 229 | 81 | 113 | |
| 呉 | 気象庁 | 185 | 70 | 133 | |
| 可部 | 気象庁 | 137 | 44 | 62 | |
| 広島 | 気象庁 | 97 | 15 | 25 | |

降水量 70~80 mm 程度，最大 2 時間降水量 110~130 mm 程度の事例であったと考えてよいであろう。

6月29日の広島市周辺における降水量分布を図4に示す。本図は，気象庁，建設省，広島県，広島市，日本道路公団所管の観測所（図中の点）観測値をもとに，曲率最小化アルゴリズムによって作成したものである（以下の等値線図はすべて同様な手法で作成）.これに見るように，雨域の中心

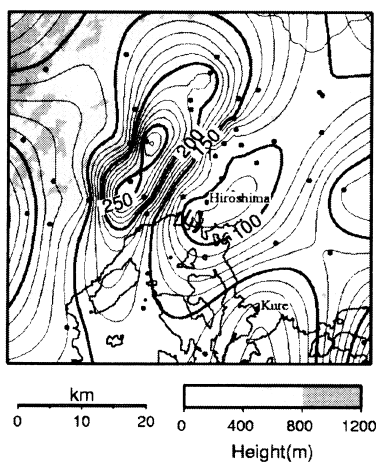


図4 広島市周辺の6月29日降水量分布
点は観測所位置，等降水量線間隔は10 mm

は広島市西部であるが，その範囲は北東~南西方向に細長く広がっている。

6月29日の中国地方西部（ここでは広島県・島根県・山口県付近のこととする）の降水量分布を図5に示す。ここからも，豪雨が広島市西部の狭い範囲で，山塊の東側に沿うような形で，局所的に発生したことがうかがえる。なお，この図は，広島市周辺では密に収集した観測値を利用しているがその他の地域では，AMeDAS 観測所の観測値のみを使用しているため，広島市周辺とその他の地域では観測所密度が異なっている。

中国地方西部では，6~7月が年間の最多降水量を記録する季節であり，特に瀬戸内海側の平地にある山口，広島などでは6・7月共に，日本海側の浜田や萩でも7月には月降水量平年値が250~300 mm 程度になっている（図6）。したがって，1999年広島豪雨では，最多雨域において，中国地方西部における最多雨季の月降水量平年値程度の降水が，1日で記録されたものであると言ってよい。

3. 広島市周辺における降水量の経年変動

3.1 本検討の意味

近年の気候変動や都市化などにより，気温が大きく変化しつつあることはよく知られており，こ

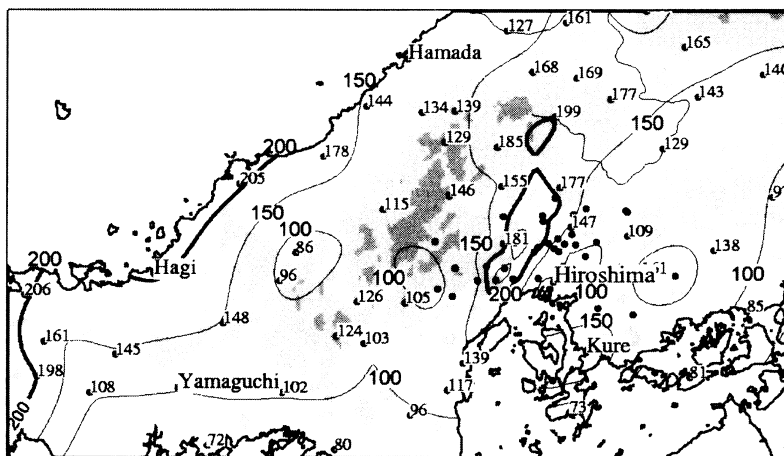


図5 中国地方の6月29日降水量分布
数字は降水量 (mm)，等降水量線間隔は50 mm，広島市周辺以外は AMeDAS データのみを使用

れに伴って降水量にも影響が出ているであろう事が指摘されている。日本付近の年降水量は最近100年間は減少傾向にあり、月降水量の異常多雨(平年値との差が標準偏差の2倍以上を記録した場合)の記録回数も減少傾向にある(気象庁, 1999など)。しかし, 例えば Iwashima and Yamamoto (1993) は, 最近百年間について日降水量の上位1~4位が発生した時期を見ると, 1935年頃以降大きく増加し, 現在まで続いていると指摘しており, これは, 近年記録的豪雨が増加している可能性を示唆するものでもある。

近年の気候変動は全球規模で見られるものがあるが, その変化は一様ではなく地域特性があり, 例えば日本の都道府県程度の広がりを持つ個々の地域についての変動傾向は十分明らかにはされていない。近年の豪雨事例を扱う場合には, 当該地域の降水量の変動特性を検討した上で, 個々の豪雨事例の特徴について論ずる事が重要であろう。

そこで, ここではまず広島市周辺地域における, 最近約100年間の降水量変動傾向について検討を試みる。

なお, 本研究では, より長期の記録が得られることから, 日降水量および月降水量データを主体に検討を行った。最近約20年間の1時間降水量に関する検討は, 既に報告した通りである(牛山ら, 1999)。

3.2 利用資料についての検討

3.2.1 利用観測所

検討には, 気象官署(気象台, 測候所等)及び気象庁所管の各種観測所のうち, 広島市周辺で1901~1998年の98年間で, 90年以上の観測値が得られ, かつ観測所の移動が比較的少ない観測所の観測値を用いた。各観測所の位置および参考のために, AMeDAS 観測値による夏季(6~8月)降水量準平年値(1979~1990年の平均)を図7に示す。また, 各観測所で得られる観測値の年数及び位置の変遷を表2に示す。これに見られるように, ここで用いた観測所は, 広島地方気象台が1988年に4.4kmという大きな移動をしているのを別にすると, 各観測所とも移動距離はお

おむね1km前後に収まっている。

3.2.2 統計の接続の検討

長期的な降水量の検討を行う際には, 観測所の移動による観測値接続の可否が重要な問題となる。気象官署については, 接続の検討が行われており, その結果はいくつかの方法で刊行されている(気象庁, 1990)。まず, 呉では観測開始以来現在まで各観測要素とも接続と判定されている。広島については1988年の移転の弊害で, 日降水量の極値順位については接続と判定されているが, 累年平均値や, 月降水量の極値順位を求める場合は, 1988年で統計が切断と判定されている。広島の1988年以降の観測値については, 十分な注意が必要であろう。

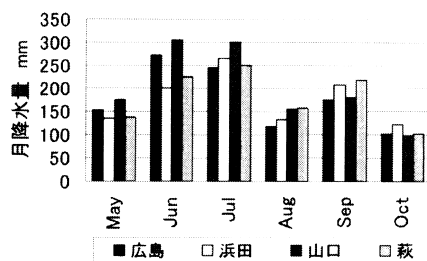


図6 中国地方西部の月降水量平年値
広島は1961-1988年, 他は1961-1990年

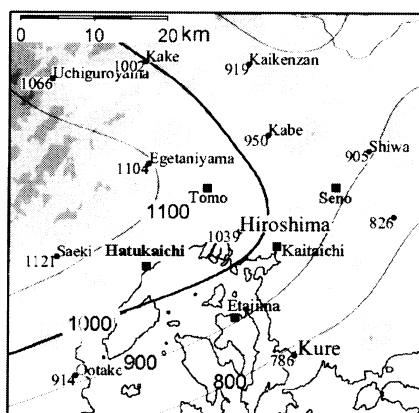


図7 広島市周辺の観測所位置と6~8月降水量準平年値(mm)
●は AMeDAS 観測所, ■は本文中で用いるその他の観測所

表2 降水量経年変動の検討に用いた観測所の諸元

| 観測所名 | 年数 | 期間 | 所在地 | 移動距離 |
|---------------|----|-----------|---------------|---------------------|
| 気象官署 | | | | |
| 広島 | 98 | 1892~1934 | 広島市千田町1-599 | |
| | | 1935~1987 | 広島市江波南1-40-1 | 2.7km |
| | | 1988~ | 広島市中区上八丁堀6-30 | 4.4km |
| 呉 | 99 | 1894~1945 | 海軍省呉鎮守府構内 | |
| | | 1946~1956 | 呉市大和通(城山) | ?.?km ^{*1} |
| | | 1957~1967 | 呉市築地町1 | ?.?km |
| | | 1967~ | 呉市宝町9-25 | 0.2km |
| 気象官署以外 | | | | |
| 佐伯 | 92 | 1896~1977 | 津田村役場(現佐伯町役場) | |
| | | 1978~ | ▲佐伯中学校 | 1.3km |
| 可部 | 93 | 1888~1925 | 郡役所 | |
| | | 1926~1955 | 可部町役場 | ?.?km ^{*2} |
| | | 1956~1977 | 広島県農業試験場園芸支場 | 0.9km |
| | | 1975~ | ▲(現)広島市安佐北区役所 | 0.5km |
| 廿日市 | 93 | 1888~1925 | 郡役所 | |
| | | 1926~1977 | 廿日市町役場 | 0.0km ^{*3} |
| | | 1981~ | 広島県廿日市土木建築事務所 | 0.7km |

※1 呉の1946~1956年については位置が明確に限定できないため移動距離不詳とした。また、鎮守府構内時代にも2回移動が記録されているがやはり位置が限定できない。ただし、いずれの移動も半径0.5kmの円にほぼ収まる範囲内と考えられる。

※2 可部については、郡役所の位置が明確に限定できないため移動距離不詳とした。ただし、地形図で見える限りでは、郡役所→町役場の距離は長く見積もっても1km以内である。

※3 廿日市の郡役所と町役場はほぼ同地点。

※4 ▲はAMeDAS観測所。

気象官署以外の観測所については、このような判定資料が整備されていないため、気象庁の「地上気象観測統計指針」(1990刊, 1993, 1995, 1997追録)を参考にして判定した。これによると、まず観測所の移動が水平距離で500m、または標高差で5mを超えない場合は接続するものとなっている。従って、可部の1926年及び1978年の移動、廿日市の1926年の移動については接続と判定してよいことになる。

水平移動距離が500mを超える場合の判定方法としては、降水量の場合、まず年降水量を用いて、移転前の適当なm年間について、各年毎に

$$X_i = D_i - d_i \quad (1)$$

を求める。ここで D_i はi年における判定対象観測所の年降水量、 d_i はi年における近接観測所の観測値の年降水量平均値である。次に、m年間の X_i について累年平均値 x_m および標準偏差 σ を求める。最後に、移転後の3年間について(1)式と同様にして、 Y_1, Y_2, Y_3 を求め、 $Y_1 \sim Y_3$ のうち2つ以上が、 $x_m \pm \sigma$ の範囲内であれば、年降水量

の累年平均値及び他の統計値についても接続と判定される。接続と判定されなかった場合は、年降水量以外のデータについて同様に検討し、各要素について個別に接続性の判定を行うこととなっている。

本研究で用いた観測所では、特に寒候期に欠測がしばしば見られているため、年降水量の代わりに暖候期降水量として、6~11月の降水量積算値を用いることとした。また、近接する観測所の観測値は、いずれも広島及び呉の2地点を用いた。判定に用いたのは、佐伯が1948~1977年と1979~1981年、可部が1927~1950年と1956~1958年、廿日市が1948~1977年と1981~1983年である。廿日市の移転後の期間がやや遅くなっているのは、この間に更に観測所の移転や欠測などがあり、安定したデータが得られなかったためである。

判定の結果、いずれの移動においても接続と判定されたため、これらのデータを用いて広島市周辺における降水量の長期傾向を論じて差し支えないものと考えられる。

なお、広島市周辺地域にはこれらの他にも多く

の観測所が存在しているが、いずれも以上の検討の結果、長期的な降水量の検討には利用できないと判断された。

3.2.3 観測手法の変化

長期的な降水量資料を扱う際には、観測所の移動のほか、測器の変更、観測時間（日界）の変更などが影響する。本研究では、既往のいくつかの知見から、ここで行うような検討に際してはこれらの影響は少ないものと判断し、今回は特に補正等は行わないこととした。

3.3 暖候期降水量の経年変動

3.3.1 西日本全体の傾向

まず、降水量の経年変動について検討する。本研究では、通常は暖候期に見られる豪雨現象を対象としていること、および前述のように寒候期は欠測が目立つことから、利用資料は暖候期（ここでは6～11月）を対象とした。

気象庁（1994）によれば、1898～1992年の資料を元にした西日本（彦根、境、浜田、多度津、宮崎の平均）の降水量の傾向として、以下のような特徴が見られている。

夏（6～8月）

- 期間を通じてのトレンドは増加だが、危険率5%で有意ではない。
- 1910～1950年頃が少雨傾向、1950～1970年頃が多雨傾向で、その後は不明瞭。

秋（9～11月）

- 期間を通じてのトレンドは減少だが、危険率5%で有意ではない。
- 1940～1950年頃がやや多雨傾向、1980～1985年頃が少雨傾向。

3.3.2 広島市周辺地域の降水量経年変動

本研究では気象庁（1994）に従い、広島市周辺観測所における1901～1998年の夏季降水量（6～8月）、秋季降水量（9～11月）の平年値（1961～1990年）に対する比を計算した。ただし、

廿日市については一部資料が得られなかったため、本節の集計からは除外した。なお、広島以外の観測所では欠測があるが（表3）、欠測の場合は次式によって推測値を得た上でトレンドを計算している。欠測年の前後の年の値から内挿した推定値によるトレンドの計算も試みたが、計算結果に大きな差は生じなかった。

$$\text{推測値} = \text{広島観測値} \times \frac{\text{欠測観測所平年値}}{\text{広島平年値}} \quad (2)$$

経年変化を図8に、同期間の降水量の直線回帰式の傾きを表3に示す。また、図表は示さないが、各観測所について、10年毎の夏季降水量、秋季降水量の標準偏差も求めた。これらから広島市周辺における1901～1998年の暖候期降水量の傾向を整理すると以下ようになる。

夏（6～8月）

- 期間を通じてのトレンドは全地点で増加だが、可部以外は危険率5%で有意ではない。
- 各観測所とも1910年代、1940年代に少雨、1950年代が多雨で、西日本全体の傾向と共通点はあるが、1950年頃をはさんだ前後の少雨・多雨傾向は明瞭ではない。
- 10年毎の降水量標準偏差のトレンドは全地点増加だが危険率5%で有意ではない。ただし、全地点とも1990年代の標準偏差が全期間の最大値である。

秋（9～11月）

- 期間を通じてのトレンドは可部以外減少だが、危険率5%で有意ではない。
- 広島は1940～1950年頃が多雨傾向であるが、他の観測所では多雨・少雨の傾向は明瞭ではない。
- 10年毎の降水量標準偏差のトレンドは広島・佐伯が減少、呉・可部が増加だが危険率5%で有意ではない。最大値の出現時期は一定ではない。

すなわち、広島市周辺地域においては、夏季、

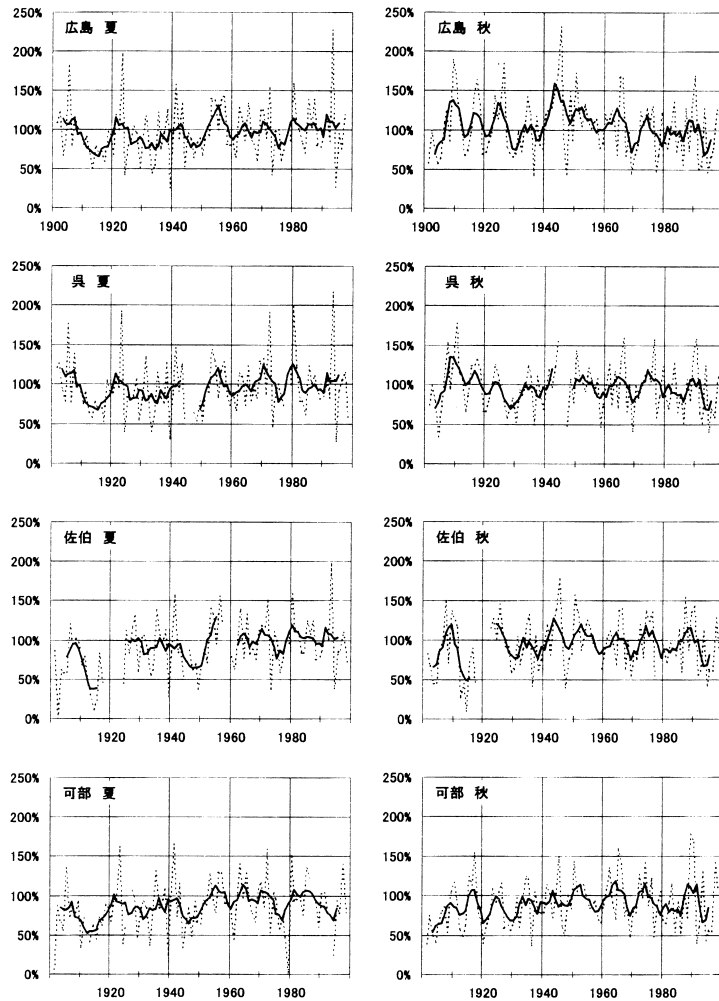


図 8 広島市周辺における 1901～1998 年の降水量年平均比の経年変化
夏（6～8月）、秋（9～11月）。1961～1990年（広島は1987年）の平均を
平年としてこれに対する比率で示す。点線は各年の値、実線は5年移動平均値

表 3 広島市周辺における降水量年平均比の 1901～1998 年の長期トレンド（%/10年）

| | 長期トレンド | | 欠測数 | |
|----|--------|--------|------|-------|
| | 6～8月 | 9～11月 | 6～8月 | 9～11月 |
| 広島 | 1.004 | -0.900 | 0 | 0 |
| 呉 | 0.676 | -0.699 | 3 | 2 |
| 佐伯 | 2.324 | -0.209 | 10 | 6 |
| 可部 | 3.166* | 2.031 | 6 | 2 |

*は危険率 5%で有意

秋季ともに、降水量の増減傾向は明瞭でない。夏季については一部で漸増傾向が見られるが、近年

特に夏季あるいは秋季の総降水量の多い状況が頻発・継続してはいない。ただし、1990年代の夏季降水量標準偏差が全地点で最大であったことから、夏季降水量の年毎の変動は、最近約100年間でもっとも大きかったと言っていい。

3.4 豪雨の発生傾向

3.4.1 日降水量上位記録による検討

次に、広島市周辺における記録的豪雨の経年傾向について検討した。記録的豪雨発生の経年傾向

の検討方法についてはいくつか手法がある。例えば、Iwashima and Yamamoto (1993) は、年最大日降水量資料を用いて、上位 4 位程度までについて、各記録の発生年を調べ、一定期間毎に集計する方法を提案している。集計結果はいくつか示されているが、例えば、山元 (1999) によれば、本研究とほぼ同じ期間である 1896~1995 年について、全国 18 ケ所を対象に年最大日降水量記録の発生年を 20 年毎に集計すると、1935 年頃にジャンプがあり、それ以後記録的豪雨の多い状態が続いていると指摘している。

Iwashima and Yamamoto (1993) の方法を参考に、3.2 で挙げた、広島、呉、佐伯、可部、廿日市の各観測所における 1901~1998 年の年最大日降水量資料をもとに、各観測所毎にソートし、上位 4 位および 10 位までを対象に、その発生年を 20 年毎に集計すると、図 9 のようになる。なお、同一日に複数観測所での記録がある場合は 1 回として集計している。

上位 4 位までの記録に関しては、その経年傾向は明瞭でないが、上位 10 位までについてみると、年々増加しているようにも見える。また、上位 10 位までの記録回数は、1981~1998 年が 9 回 (1999 年を含むと 10 回) となり、1901 年以降で最大である。

なお、上位 4 位記録のうち最も新しいものは、1983 年 9 月 28 日における可部及び廿日市での記録 (いずれも第 4 位) であり、その後 1999 年 6 月の今回事例に至るまでの 16 年間、上位 4 位ま

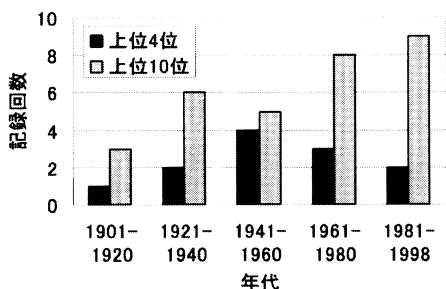


図 9 広島・呉・可部・廿日市・佐伯における年最大日降水量上位 10 位までの発生回数

での記録が更新されることはなかった。これは、結果的には 1901 年以降でもっとも記録更新間隔が開いた期間に当たることとなった。このことから、広島市周辺地域が、近年特に顕著な豪雨を経験しておらず、豪雨に対する関心が低下していた可能性も考えられる。

3.4.2 年最大日降水量の経年変化

3.4.1 における検討で用いられた日降水量の上位記録は、上位 10 位まででも計 31 回 (複数観測所で記録されている日を 1 回と数える) に過ぎず、経年傾向を論ずる資料としては十分ではない。そこで、次に 1901~1998 年について、各観測所の年最大日降水量の変化を検討した。なお、年最大日降水量についても広島以外の観測所では欠測があるが、欠測の場合は 3.3 の (2) 式に従って推定値を得た上でトレンドを計算している。

各観測所毎の経年変化を図 10 に、同期間のトレンドを表 4 に示す。これら図表では、特定の観測所だけでなく、広島市周辺地域という広がりの中での特徴を見るために、検討に用いた 5 観測所中の年最大日降水量も利用している。これらから、1901~1998 年の広島市周辺地域における年最大日降水量の経年変化の特徴を整理すると以下のようなになる。

- 年最大日降水量のトレンドは全地点で増加であり、特に可部、佐伯、廿日市では危険率 5% で有意となっている。
- 5 観測所中の最大値のトレンドも増加であり、かつ危険率 5% で有意であった。
- 増加の傾向はおおむねコンスタントであり、近年になって急激に増加しているわけではない。
- 5 観測所中の最大記録は 1926 年 9 月 10 日広島の 357 mm であり、これを含めて 1920 年代に 300 mm 以上の大きな記録が 2 回ある。

このように、広島市周辺地域においては、最近約 100 年間で見ると年最大日降水量が増加傾向にあり、すなわち豪雨が次第に激しくなりつつあると見てよさそうである。仮に 5 観測所のトレ

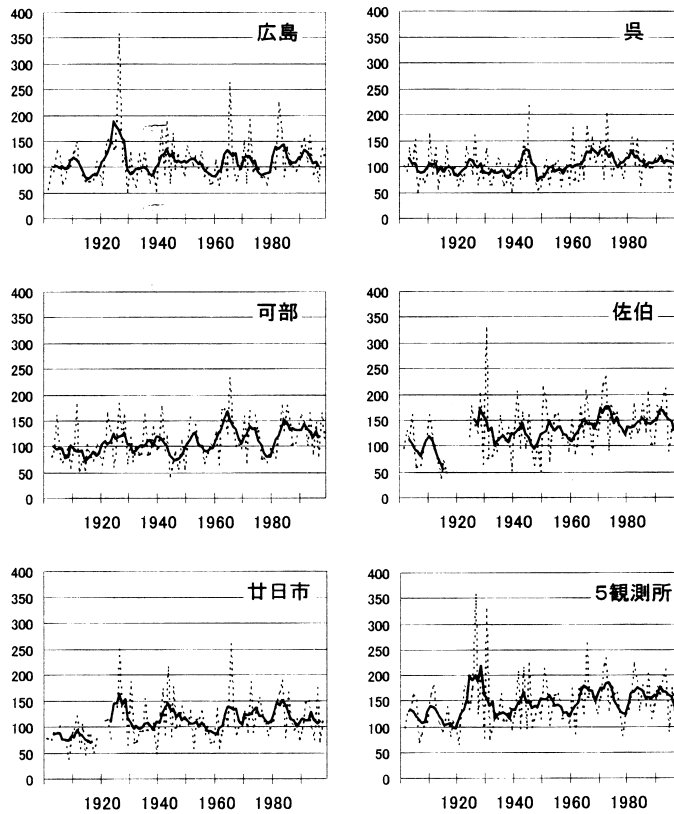


図10 広島市周辺における1901～1998年の年最大日降水量(単位: mm)の経年変化
「5観測所」は広島・呉・可部・佐伯・廿日市における各年毎の最大値。
点線は各年の値、実太線は5年移動平均値

表4 広島市周辺における年最大日降水量の
1901～1998年の長期トレンド(mm/10年)

| | 長期トレンド | 欠測 |
|-----|--------|----|
| 広島 | 1.051 | 0 |
| 呉 | 2.209 | 2 |
| 佐伯 | 5.224* | 6 |
| 可部 | 4.274* | 3 |
| 廿日市 | 3.783* | 5 |
| 5地点 | 3.894* | 0 |

*は危険率5%で有意

「5地点」は5観測所中の年最大値系列

ンドを適用すると、1901年頃と比較して現在は40 mm程度強い年最大日降水量が記録され得ることになる。

ただし、この増加傾向がコンスタントであること、極めて大きな記録が60～70年ほど以前に記録されていることも注目される。ごく近年になっ

て急速な変化が生じ、従来記録されなかったような豪雨が次々に発生しているという状況ではないことに注意が必要である。

3.4.3 統計期間の短い観測所を含めた検討

更に、統計期間がやや短い観測所も含めて、広島市周辺観測所における、1901年以降の年最大日降水量記録の上位5位をまとめると表5のようになる。これに見るように、日降水量に関しては、過去98年間を対象としてみれば、1999年広島豪雨と同等もしくは上回る程度の記録が散見される。また、これら記録は特定の日に集中して記録されているものではない。例えば明らかに今回の事例を上回るとされる事例に限っても、広島：357 mm (1926/9/10)、伴：380 mm (1928/6

／24), 佐伯: 328 mm (1930／8／12), 江田島: 320 mm (1942／8／27) などと, まったくばらついている。

すなわち, 各種降水量記録から見ると, 1999年広島豪雨と同程度もしくは上回る程度の豪雨事例が, 広島市周辺地域において過去約100年間に, 少なくとも4回以上は記録されていることになる。

3.4.5 1999年広島豪雨の再現期間

ここで用いた5観測所の年最大日降水量データを一般化極値分布(寶, 1998)にあてはめることによって, 1999年広島豪雨時の日降水量の再現期間を検討した。

既に指摘したように, 広島市周辺地域における記録的豪雨は, 特定の観測所のみで記録されているわけではない。ちなみに, 1901~1998年について, 各年の5観測所中の最大値を記録した回数は, 広島11回, 呉19回, 可部17回, 佐伯43回, 廿日市9回(うち1904年は可部・佐伯が同値)である。したがって, 広島市周辺地域における豪雨の特徴を考えるためには, 特定の観測所の記録に注目するだけでなくこれら観測所のデータ全体にも着目する必要があると思われる。そこで, ここでは再現期間の計算を, 各観測所ごとの年最大降水量データ系列のほか, 各年における5観測所中の最大降水量のデータ系列についても行った。

計算結果を表6に示す。表中のSLSCは, 一般化極値分布の適合度を評価する基準で, この値がおおむね0.04以下であれば適合度に問題はないということを示す(寶, 1998)。今回利用した5観測所の中では, 可部の適合度がややよくないので, 他の地点については全く問題がないと考えてよい。

1999年広島豪雨時の降水量は, この5観測所中ではあまり大きな値が観測されていない。呉, 廿日市がやや多かったものの, 再現期間はそれぞれ32年, 16年であり, 他の観測所は数年程度に過ぎない。確認されている観測所中の日降水量最大値は, 戸山(建設省, 安佐南区沼田町阿戸)の271mmである。各観測所の式を用いてこの記録の再現期間を計算すると54~424年程度となる。しかし, 5観測所中の最大値のデータ系列をもとにして計算すると38年である。すなわち, 広島市周辺地域内のどこかで今回程度の豪雨が発生する再現期間は38年程度であると言っていい。

4. 既往豪雨災害記録からの豪雨事例の抽出

ここまでは, 年最大日降水量記録を中心に広島市周辺の豪雨について調べてきた。しかし, 例えば3.4で抽出した, 各観測所の年最大日降水量の上位4位の中には, 枕崎台風(1945年9月)や

表5 統計期間の短い観測所も含めた広島市周辺観測所の年最大日降水量上位記録(mm)

| 地点名 | 加計 | 可部 | 佐伯 | 広島 | 呉 | 伴 | 廿日市 | 大竹 | 江田島 | 海田市 | 瀬野 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| データ数 | 77 | 93 | 92 | 98 | 86 | 15 | 93 | 82 | 37 | 35 | 65 |
| 開始年 | 1911 | 1902 | 1901 | 1901 | 1901 | 1923 | 1901 | 1901 | 1932 | 1908 | 1901 |
| 最終年 | 1998 | 1998 | 1998 | 1998 | 1998 | 1939 | 1998 | 1998 | 1977 | 1944 | 1972 |
| 1位 | 242 | 232 | 328 | 357 | 199 | 380 | 260 | 266 | 320 | 281 | 258 |
| 2位 | 226 | 182 | 233 | 262 | 176 | 185 | 248 | 208 | 243 | 180 | 192 |
| 3位 | 197 | 180 | 220 | 223 | 173 | 147 | 214 | 200 | 178 | 176 | 170 |

表6 一般化極値分布による1999年広島豪雨日降水量の再現期間

| | 広島 | 呉 | 可部 | 佐伯 | 廿日市 | 5観測所 |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 標準最小二乗規準(SLSC) | 0.0379 | 0.0229 | 0.0468 | 0.0338 | 0.0165 | 0.0218 |
| 1999/6/29の日降水量(mm) | 97 | 185 | 147 | 117 | 181 | |
| 再現期間(年) | 2 | 32 | 7 | 2 | 16 | |
| 271mmの再現期間(年) | 117 | 424 | 165 | 54 | 170 | 38 |

「5観測所」は広島・呉・可部・佐伯・廿日市の5観測所中の年最大降水量271mmは, 1999年6月29日に観測された最大日降水量(建設省戸山観測所)

昭和42年7月豪雨などの記録が含まれていない。これらは、「広島県砂防災害史」（広島県土木建築部，1997）、「広島新史」（広島市，1983）などの地誌等に大きく掲載されており，広島市周辺でよく知られている既往豪雨災害事例である，日降水量記録をもとにした検討では，日界にまたがって発生した豪雨が見逃されてしまうこともありうる。また，顕著な災害は必ずしも顕著な豪雨記録と一致しないこともあるので，ここでは，災害記録も合わせて，広島市周辺における1901年以降の豪雨事例を抽出することとした。

まず，広島県地域防災計画付属資料（広島県防災会議，1969）に収録されている1884～1967年の災害一覧，及びその後の各年の広島県統計年鑑（広島県企画振興部統計課）収録の災害一覧から，広島県において記録されている豪雨による災害事例のうち，死者・行方不明者が10名以上記録されている事例を，主要な災害事例とみなして抽出した。次に，先に用いた広島市周辺観測所における1901年以降の年最大日降水量のデータを元に，今回の豪雨と同程度（ここでは1999年豪雨におけるAMeDASの最大観測値である約180mm/日を基準とする）の記録を強雨事例として抽出した。こうして抽出された各事例について，発生時の中国新聞の記事，および広島県森林協会（1996）を参照し，各事例がどのような種類の災害であるか，また広島市周辺地域で発生した災害事例であるかを確認した。

調査結果を整理したのが，表7である。これによると，広島県において，人的被害が10名以上の事例は，かつては5年に1回程度は発生していたが，1977年以後は，1988年7月20日の事例のみであったことがわかる。広島市周辺において，人的被害が今回事例を明らかに上回る事例としては，次の5事例が確認できる。

- ① 1926/9/10～11
- ② 1942/8/27
- ③ 1945/9/16～18（枕崎台風）
- ④ 1951/10/13～15（ルース台風）
- ⑤ 1967/7/8～9（昭和42年7月豪雨）

これらのうち，まず②については，高潮による被害が中心で，今回の事例とはかなり性質が異なるほか，戦争中のため資料がほとんど残されておらず，実態がよく分からない。①，③，④，⑤は今回と同様な洪水・土砂災害である。ただし，発生域が④はより西側であり，③，⑤はより東側である。ただし，③については，原爆被害との分離が困難で，広島市の被害が寡少に記録されている可能性が指摘されており（河田ら，1992），注意が必要である。

日降水量記録から見て，今回事例を明らかに上回る事例としては，上記①，②のほか，以下が挙げられる。

- ⑥1928/6/24～27
- ⑦1930/8/12
- ⑧1965/6/19

⑥，⑦の事例では，日降水量300mm以上が記録され，⑧では，3.4で検討したように，1901～1998年中の年最大日降水量の上位4位以内が，検討に用いた5観測所中4ヶ所（広島，呉，可部，廿日市）で記録されている。

資料が得られた①，③，⑤，⑥，⑦，⑧の各事例について，気象庁所管観測所の観測値をもとに積算降水量分布図を作成すると，図11（図中の点は観測所位置）のようになる。特に，①1926/9/10，⑥1928/6/23～27の2事例では，広島市中心部あるいはそのやや西側に最多雨域があること，北東～南西方向に雨域の中心軸があることなど，今回の事例の雨域と類似性が見られる。

以上の検討から，本研究で対象とした広島市周辺地域において，今回と同程度もしくはそれ以上の規模の豪雨事例としてはっきりしている事例は，少なくとも①，④，⑤，⑥，⑦，⑧の6事例があるということになる。

ただし，災害という意味では，人的被害など，被害規模において今回事例を上回る事例は，1967年以降発生していない。また，降水量記録の顕著な事例は1960年代以前の古い記録が多く，こと

表7 1901年以降の広島県における主要豪雨災害

死者・行方不明者10名以上(抽出理由「死者」)もしくは広島市周辺で日降水量180mm以上(抽出理由「強雨」)が記録されている事例。
 死者数等は広島県全体の合計値。死者・行方不明者が広島市周辺地域で発生している場合は「●」、していない場合は「×」。
 最大降水量記録は、広島市周辺地域内におけるもの。
 積算降水量は、各事例時の最多降水域において、日降水量5mm以下となった場合に降水イベントが切断されたものとみなして、その間の降水量を積算した。

| No. | 起日 | 終日 | 抽出理由 | | 死者・不明者 | | 家屋被害 | | 最大降水量記録 mm | | | 備考 |
|-----|----------|-------|------|----|--------|------|------|-------|------------|-----|-----|---------------------------|
| | | | 死者 | 強雨 | 総数 | 広島周辺 | 全半壊 | 浸水 | 地点 | 最大日 | 積算 | |
| 1 | 20/08/15 | | ● | | 26 | × | 129 | 3320 | | | | |
| 2 | 26/07/06 | | | ● | 10 | ? | | 100 | 戸河内 | 195 | 212 | |
| 3 | 26/09/10 | 09/11 | ● | ● | 86 | ● | | 4656 | 広島 | 357 | 357 | 畑賀村で死66名。 |
| 4 | 28/06/24 | 06/27 | | ● | 10 | ● | 80 | 4401 | 伴 | 380 | 610 | |
| 5 | 30/08/12 | | | ● | 2 | ? | | 3630 | 佐伯 | 328 | 423 | |
| 6 | 34/09/20 | 09/21 | ● | | 14 | ● | 704 | 378 | 加計 | 116 | 226 | 安芸郡の死者は5 |
| 7 | 41/06/26 | | ● | ● | 12 | ● | 85 | 1935 | 可部 | 190 | 548 | 呉市で死者7 |
| 8 | 42/08/27 | | ● | ● | 179 | ● | 1377 | 43020 | 江田島 | 320 | 不明 | 被害は広島市内、原因は高潮。 |
| 9 | 43/07/24 | | ● | ● | 46 | ? | 332 | 1846 | 大竹 | 180 | 511 | 詳細不明 |
| 10 | 43/09/19 | 09/20 | ● | ● | 47 | ? | 1045 | 16128 | 加計 | 242 | 384 | 詳細不明 |
| 11 | 45/09/16 | 09/18 | ● | ● | 2012 | ● | 5502 | 52526 | 黒瀬 | 205 | 278 | 枕崎台風 |
| 12 | 45/10/10 | | ● | | 12 | ? | | | | | | 阿久根台風 |
| 13 | 51/07/07 | 07/15 | ● | | 18 | ● | 65 | 4723 | 可部 | 156 | 520 | 呉市で死者14 |
| 14 | 51/10/13 | 10/15 | ● | ● | 166 | ● | 1017 | 19163 | 吉和 | 214 | 294 | ルース台風、死者湯来町42、佐伯町22、広島市3 |
| 15 | 52/07/08 | 07/11 | ● | | 13 | × | 35 | 3036 | | | | |
| 16 | 52/07/29 | 07/30 | ● | | 11 | × | 10 | 331 | | | | |
| 17 | 54/09/26 | | ● | | 14 | × | 279 | 10091 | | | | 洞爺丸台風 |
| 18 | 60/07/07 | 07/08 | ● | | 18 | ● | 87 | 8844 | 吉和 | 259 | 404 | 呉市3、瀬野川町1、他は東部 |
| 19 | 62/07/01 | 07/06 | ● | | 13 | × | 19 | 4954 | | | | |
| 20 | 65/06/19 | | ● | ● | 17 | ● | 115 | 39094 | 矢口 | 256 | 321 | 広島市7、坂町2、呉市1、広島262mmで累年2位 |
| 21 | 65/07/22 | 07/23 | ● | ● | 14 | ● | 109 | 2304 | 加計 | 226 | 283 | 広島市3 |
| 22 | 67/07/08 | 07/09 | ● | | 159 | ● | 1233 | 37808 | 呉 | 155 | 349 | 昭和42年7月豪雨。呉市88、他は東部 |
| 23 | 71/08/05 | | | ● | 0 | - | | 840 | | | | 被害の多くは高潮による |
| 24 | 72/07/09 | 07/13 | ● | | 39 | × | 2519 | 16200 | | | | 昭和47年7月豪雨 |
| 25 | 72/08/20 | 08/21 | | ● | 2 | × | 75 | 5462 | | | | |
| 26 | 76/09/08 | 09/13 | ● | | 16 | × | 64 | 6674 | | | | |
| 27 | 82/07/13 | 07/17 | | ● | 6 | ● | 8 | 1746 | 広島 | 223 | 223 | |
| 28 | 87/09/11 | 09/11 | | ● | 0 | - | | | 佐伯 | 203 | 268 | |
| 29 | 88/07/20 | 07/21 | ● | | 14 | ● | 58 | 531 | 加計 | 190 | 270 | |
| 30 | 92/08/08 | 08/09 | | ● | 0 | - | | 453 | 佐伯 | 198 | 198 | |
| 31 | 93/07/26 | 07/28 | | ● | 0 | - | 19 | 767 | 佐伯 | 211 | 310 | |

に日降水量が今回を明らかに上回る事例は1942年以前に限られている。

5. まとめ

本研究において得られた知見を整理すると以下の通りである。

A) 1999年広島豪雨は、日降水量250~270

mm程度、最大1時間降水量70~80mm程度の豪雨事例であった。これは、中国地方西部における雨季の月降水量平年値程度の降水が、1日で記録されたものと言える。この豪雨によって広島県内で死者・行方不明者32名(うち広島市20名、呉市8名)などの被害を生じた。

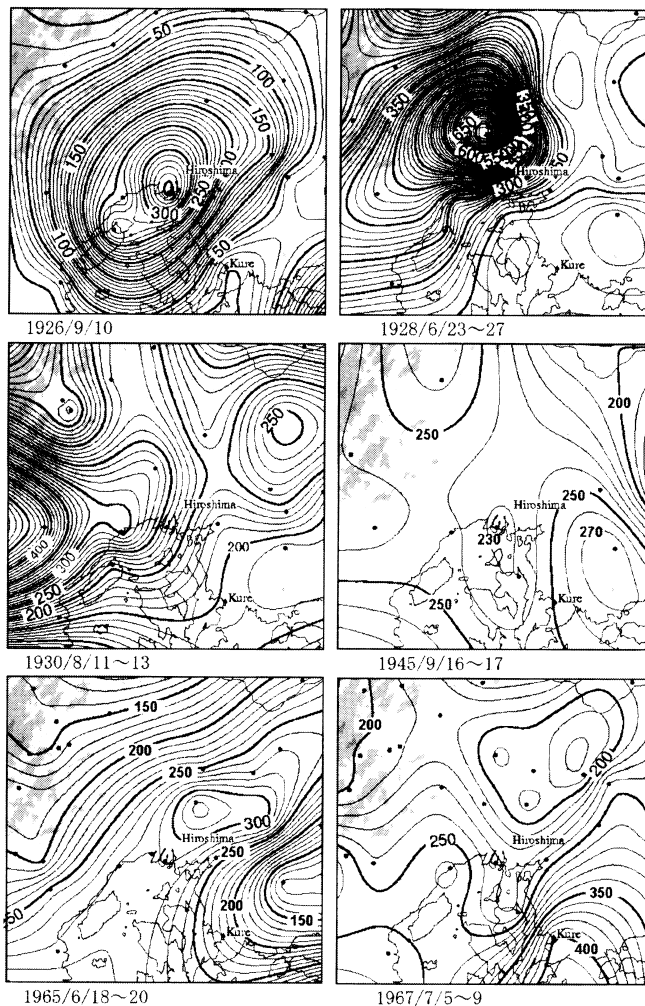


図11 過去の主要豪雨時の広島市周辺の降水量分布
 ・は観測所位置。数字は降水量 (mm) .等降水量線間隔は 10 mm

- B) 1901年以降の広島市周辺地域の降水量は、夏季の一部観測所で増加傾向が見られるが、秋季については増減傾向は明瞭でない。
- C) 1901年以降の広島市周辺地域では、検討に用いた5観測所中3観測所で、年最大日降水量に増加傾向が認められた。5観測所中の年最大値も増加傾向が認められた。豪雨の強さが経年的に強くなっていると言ってよさそうである。ただし、増加の仕方は一定であり、近年急激に増加しているわけではない。
- D) 日降水量、積算降水量、被害規模いずれの記

録から見ても、広島市周辺地域において1999年広島豪雨と同程度もしくは明らかに上回る規模の豪雨災害事例が、1901年以降少なくとも6回以上記録されている。ただし、これらの記録はいずれも1960年代以前のものであった。

- E) 1999年広島豪雨時に観測された日降水量最大値271mmの再現期間は、広島、呉、可部、佐伯、廿日市の1901年以降の記録をもとに一般化極値分布を適用して計算すると54~424年であった。ただし、これら5観測

所中の年最大値をもとに計算すると38年であった。

このように、1999年広島豪雨は、広島市周辺地域にとって、過去の豪雨に比べて特に顕著、あるいは特異な豪雨事例であったとは言えない。また、近年この地域で降水量あるいは豪雨が急増していたわけでもない。今回程度の豪雨事例の発生頻度は、広島市周辺地域のどこかで発生する可能性という観点からすれば、30~40年に1回程度の確率と言っていいであろう。さらに、今回を明らかに上回る規模の豪雨も少なくとも6回以上確認された。急増ではないが、年最大日降水量が増加していることを考えると、これらの既往記録を上回る事例が発生することも懸念される。

今後の防災対策を立てる上では、今回の事例程度の豪雨に対応できる体制を整えるのでは不十分であって、今回の事例を大きく上回る事例を想定することが必要である。その際、今回用いたような既往豪雨事例についての情報整備を、それぞれの立場から更に進めることがまず重要であろう。

広島市周辺地域において、今回事例を大きく上回る規模の豪雨事例が過去に何回か発生していたことが今回確認された。しかし、それらはいずれも30年以上前の古い記録であったため、住民らの記憶から消えてしまっていたことが考えられる。また、同地域において比較的良好に知られている災害事例とは別の時に、顕著な豪雨記録が発生していたことも注目される。このような、比較的古い時代に顕著な豪雨災害にみまわれ、その後顕著な災害が繰り返されていないような地域において、今後とくに重点的な情報の掘り起こし、及び情報整備が必要と思われる。

謝 辞

本研究の為の情報収集に当たっては、広島大学総合科学部の海堀正博助教授に多大なご助力を頂いた。また、京都大学防災研究所水災害研究部門洪水災害分野の宝馨教授および研究室関係者のみなさんからは論文執筆に際して多くのご教示をいただいた。心より感謝申し上げます。調査にあた

りご協力いただいた広島県土木建築部砂防課、広島市消防局、広島市環境局施設課の関係者の皆様にもあらためて謝意を表したい。

なお、本研究の一部は平成11年度科学研究費補助金(特別研究促進費(1))研究課題「1999年6月西日本の梅雨前線豪雨による災害に関する調査研究」(研究代表者福岡捷二)、および平成11年度科学研究費補助金(基盤研究(C))研究課題「中山間地域における自然・社会環境変化に伴う土砂生産能力の変化に関する研究」(研究代表者平松晋也)によるものである。

参 考 文 献

- 福岡捷二編：1999年6月西日本の梅雨前線豪雨による災害に関する調査研究、平成11年度科学研究費補助金(特別研究促進費(1))研究成果報告書、2000。
- 広島県防災会議：広島県地域防災計画付属資料、広島県、1969。
- 広島県土木建築部砂防課：広島県砂防災害史、広島県、1997。
- 広島県企画振興部統計課：広島県統計年鑑、広島県統計協会、(各年)。
- 広島県森林協会：昭和20年以降の大雨等による人的被害調査報告書、広島県森林協会、1996。
- 広島市：広島新史 地理編、広島市、1983。
- T.Iwashima and R.Yamamoto：A Statistical Analysis of Extreme Events：Long-Term Trend of Heavy Daily Precipitation, Journal of the Meteorological Society of Japan, 71, 637-640,1993。
- 自治省消防庁：平成11年6月23日から7月3日までの大雨による被害状況について(第47報)、自治省消防庁ホームページ(http://www.fdma.go.jp/html/infor/110627ooame_47.htm)、1999。
- 海堀正博・石川芳治・牛山素行・久保田哲也・平松晋也・藤田正治・三好岩生・山下祐一：1999年6月29日広島土砂災害に関する緊急調査報告、砂防学会誌、Vol.52, pp.34-43, 1999。
- 河田恵昭・御前雅嗣・岡 太郎・土屋義人：戦後の風水害の復元(1)－枕崎台風－、京都大学防災研究所年報、No.35 B-2, pp.403-432, 1992。
- 気象庁：地上気象観測統計指針、日本気象協会、1990(1993, 1995, 1997追録)。
- 気象庁：異常気象レポート'94、大蔵省印刷局、1994。

- 気象庁：気象庁観測平年値（1961-1990，CD-ROM），
気象業務支援センター，1996.
- 気象庁：気象庁年報 平成9年（CD-ROM），気象業
務支援センター，1998.
- 気象庁：異常気象レポート'99 総論，大蔵省印刷局，
1999.
- 松本久：転倒ます型雨量計について，研究時報，Vol.
26，pp.37-40，1974.
- 宝 馨：水文頻度解析の進歩と将来展望，水文・水
資源学会誌，Vol.11，No.7，pp.740-756.
- 牛山素行・里深好文・海堀正博：1999年6月29日
に広島市周辺で発生した豪雨災害の特徴，自然災害
科学，Vol.18，pp.165-175，1999.
- 山元龍三郎：集中豪雨の動向を探る，大雨と災害（日
本気象学会関西支部第21回夏季大学テキスト），pp.
3-21，1999.

（投稿受理：平成12年5月10日
訂正稿受理：平成12年12月6日）