

論文

1901年以降の豪雨記録から見た 2000年東海豪雨の特徴

牛山 素行*・寶 馨**

Characteristics of Heavy Rainfall in Tokai District in September 2000, Based on Precipitation Data since 1901

Motoyuki USHIYAMA* and Kaoru TAKARA**

Abstract

Heavy rainfall disaster occurred in the Tokai district around Nagoya City on 11 and 12 September 2000. According to Fire and Disaster Management Agency, 10 people died, about 310 houses were destroyed and about 71,300 houses inundated all over Japan. The number of inundated buildings was the biggest after 1982, and the ratio of the over floor inundation was high. In the heaviest rainfall area, two-day precipitation was about 600 mm, 24-hour precipitation was about 550 mm, and maximum hourly precipitation was about 110 mm. The 24-hour precipitation was the highest in the past about 100 years in the Tokai district plain area, while the entire hourly precipitation was comparative with the historical maximum records, which had been recorded several times in the past about 100 years. One- to five-hour precipitations in the present case were record-breaking, compared with the heavy rainfall case in the Tokai district in September 1965, July 1972, and September 1976. Using GMT (Generic Mapping Tools) and raingauge data, the paper compared the area and volume of heavy precipitation. The area with more than 400 mm two-day precipitation was remarkably greater at the present case than that in other three events. Two-day precipitation volume over the Tokai district was about 800 million m³, which is greater than the three events.

キーワード：2000年9月東海豪雨災害，長期降水量記録，降水総量，愛知県

Key words: heavy rainfall disaster in Tokai district in Sep. 2000, long-term precipitation data, precipitation volume, Aichi Prefecture.

* 東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター
Disaster Control Research Center, Graduate School of
Engineering, Tohoku University
** 京都市防災研究所
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

本論文に対する討論は平成15年2月末日まで受け付ける。

1. はじめに

大規模な豪雨災害事例は、発生後将来にわたって当該地域の地域防災計画等における「過去の最大規模事例」の見本として扱われることがしばしばある。しかし、個々の災害事例はそれぞれ異なった特徴があり、同一地域で発生したものであっても、その特徴が大きく異なることも少なくない。したがって、単一の豪雨災害事例の諸様相（被害規模、降水量記録など）を単純に「最大規模事例」と位置付けることは、当該地域の将来の防災を考える上で、重要な局所的現象を見逃すなどの問題を生じる可能性もある。したがって、大規模な豪雨災害事例に関しては、その事例がどのような特徴を持ったものであるのかを明示しておくことが、将来の防災対策上重要である。

また最近では、災害発生後に生じる行政機関の防災対応についての不信感に対して、発生した状況を具体的に説明することも求められている（たとえば四俣，2001）。また、ハザードマップ作成・活用の際などに、過去の豪雨事例に関して住民に対してよりわかりやすい情報提示をおこなうことも求められつつある。これらの意味からも、個々の豪雨災害事例の特徴明示手法を検討しておくことは意義のあることである。

豪雨災害事例の特徴を示す最も基本的な方法は、過去の豪雨災害事例との比較を行うことであり、災害調査法の教科書にも過去の資料の収集方法がよく言及されている（たとえば水谷，1993）。多くの災害関係の調査報告書等でも、過去の災害事例についての記述があるが、ごく最近の事例のみしか言及されていないなど、限定的な内容であることが少なくない。また、比較の方法、利用データなどはさまざまである。

このような問題意識から、筆者は近年、豪雨災害事例の特徴を、なるべく共通の観点・手法で表現することを試みている（牛山，2001など）。過去の事例についても共通の手法で特徴を表現できることを念頭においており、利用資料としては、基本的な災害統計、降水量データが中心である。

本研究では、2000年東海豪雨災害を事例として、牛山（2001）で用いた方法を利用しつつ、①

災害統計による過去の主要豪雨災害の被害との比較、②過去の降水量記録との比較、の2点から、同豪雨災害の特徴を明らかにすることを目的とする。解析対象期間は、近代気象観測資料が比較的多く得られるようになった1901年以降の約100年間を中心とし、一部それ以前の資料も利用する。

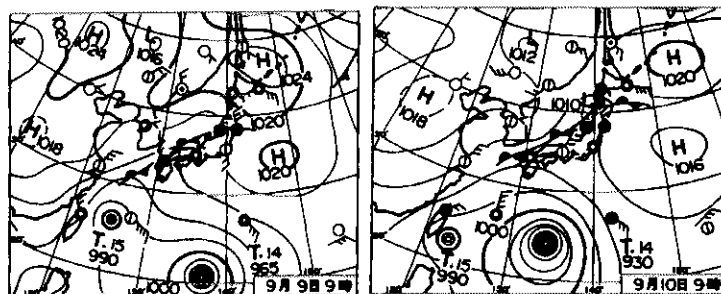
なお、本研究中でいうところの「東海地方」とは、愛知県全域と、2000年時点における天気予報区分の「三重県北中部」、「岐阜県美濃地方」を合わせた地域としており、静岡県は含まない。

2. 被害の特徴

2.1 概要

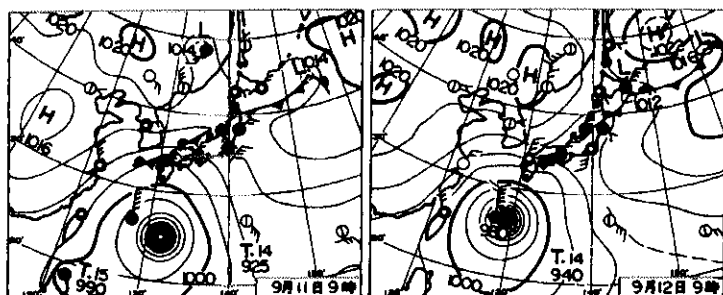
いわゆる2000年東海豪雨は、2000年9月11日夕方から、9月12日朝にかけて、愛知県を中心とした東海地方で発生した。台風0014号とその北方に停滞した秋雨前線の活動によってもたらされた豪雨と考えてよい（図1）。台風によって供給された下層の南東からの湿潤空気と、前線に向かって吹く上層の南西風の間強い鉛直シアが存在したこと、下層の南東風が数時間以上持続したことによって生じたものと考えられている（坪木ら，2001）。

この期間には、東北から九州にかけての各地で豪雨が発生した。気象庁資料によれば、9月10日～12日の間の豪雨による各都府県の被害は、表1のようになっている。なお、以下で挙げる災害の被害資料は、すべて気象庁資料を用いており、過去の災害資料についても、気象庁（1999）をもとにしている。今回の災害では、特に愛知県での被害が目立ち、床上・床下浸水では、愛知県の被害が全国の92%を占めた。名古屋市西区の庄内川水系新川で長さ約100mの破堤が生じたのはじめ、愛知県内の少なくとも10ヶ所以上で破堤、各地で越流や内水氾濫が発生し、名古屋市周辺から知多半島北部を中心に多数の浸水被害が生じた。また、矢作川上流域の、岐阜・愛知・長野県境付近の山間部でも、河川の氾濫や土石流などにより、多数の家屋被害や道路損壊などが発生し、孤立状態となる自治体（愛知県稲武町、岐阜県上矢作町など）や集落が続出した。これらの災害により、



9日(土)関越道 通行止め
群馬北部で未明に強●. 土砂崩れあり上越道と関越自動車道が通行止め. 水上や月夜野で17棟が床上浸水. 台15号は夜には西表島を通過. 西表島の最大瞬間風速36.6m/s.

10日(日)近畿東海で大雨
大気の状態が不安定になり, 近畿や東海で時間60mm超の非常に激しい●. 兵庫県香住で18時69mm, 三重県尾鷲23時63mm. 大阪34.7℃, 熊谷34.2℃, 太平洋側激しい残雪.



11日(月)名古屋 記録的豪雨
東海は朝から●. 日中一旦弱まるものの, 夕方から再び強雨. 19時愛知県東海114mm, 名古屋93mmと東海地方で記録的な豪雨. 日降水量は三重県宮川505mm, 東海492mm.

12日(火)100年に1度の雨
秋雨Fが本州付近に停滞. これに向かって南から暖湿流. 東海では前日からの総雨量600mm近く. 名古屋市新川の堤防決壊. 台14号のため名護で最大瞬間風速42.6m/s.

図1 東海豪雨時の地上天気図(雑誌「気象」2000年11月号より)

愛知県名古屋市, 西枇杷島町, 岐阜県上矢作町など17市町に災害救助法が適用された。

今回の災害は, 被害額も大きく, 愛知県だけでも7790億円と試算された(建設省河川局, 2000)。このうち, 公共土木施設被害額は277億円であり, 浸水家屋数や浸水域内の事業所数が多かったことから, 公共施設被害額に対して, 家屋(3400億円)や事業所関係(3300億円)の被害額が大きかったことも今回の特徴である。

2.2 過去の豪雨災害との比較

(1) 最近30年間の全国の主要豪雨災害

1971年以降に, 2000年東海豪雨と匹敵するような大きな浸水被害を生じた豪雨災害事例を整理したものが表2である。これは, 気象庁(1999)をもとにしてまず雨による災害を抽出し, その中から1都府県における死者・不明者が30名以上もしくは浸水家屋数が床上・床下浸水家屋数が50,000棟以上の事例を抽出したものである。なお, 今回の愛知県における死者は7名であるが, 死者・

表1 2000年9月10～12日の豪雨による都道府県別被害

| 都府県名 | 死者・不明者 | 全壊 | 半壊・一部破損 | 住家の浸水 | | 道路損壊箇所 | 橋梁流失箇所 | 山崖崩れ箇所 |
|------|--------|----|---------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | | | | 床上 | 床下 | | | |
| 茨城 | | | | | 22 | 20 | | |
| 栃木 | | | | | 40 | | | |
| 群馬 | | | | 15 | 61 | 10 | | 9 |
| 埼玉 | | | | 36 | 183 | 2 | | |
| 東京 | | | 14 | 57 | 96 | | | 3 |
| 神奈川 | | | | 10 | 50 | | | |
| 山梨 | | 1 | 11 | 102 | 525 | 101 | | 68 |
| 長野 | | | 3 | 56 | 148 | 51 | 2 | 44 |
| 岐阜 | 1 | 11 | 16 | 108 | 390 | 5 | 1 | 34 |
| 静岡 | 1 | | | 1 | 19 | 44 | | 13 |
| 愛知 | 7 | 18 | 483 | 23896 | 39544 | 1980 | 18 | 310 |
| 三重 | 1 | | 2 | 283 | 2819 | 18 | 2 | 66 |
| 新潟 | | | | | 24 | | | |
| 和歌山 | | | 31 | 57 | 1024 | 124 | | 5 |
| 大阪 | 1 | | | | 12 | | | 3 |
| 兵庫 | | | | | 15 | | | 3 |
| 岡山 | | | | | 36 | 1 | | |
| 鳥取 | | | | | 19 | 6 | | |
| 徳島 | | | 2 | 3 | 28 | 102 | | 6 |
| 高知 | | | | | | 261 | 3 | 34 |
| 計 | 11 | 30 | 562 | 24624 | 45055 | 2725 | 26 | 598 |

・気象庁資料による。浸水家屋数10棟以上の都府県を収録。

不明者7名以上の事例は1971年以降100事例以上に上ってしまうため、ここではここ数年で最も人的被害の大きかった1999年広島豪雨を目安として、30名以上の事例を抽出した。また、表2の備考欄の記事は、各月の気象庁気象要覧、各県の気象月報などを参考にして筆者が整理したものである。

今回の災害では、愛知県だけでも浸水家屋が65,000棟以上に達した。1971年以降の豪雨災害で、1府県で60,000棟以上の浸水被害を生じたのは7事例ほどであり、1982年9月8日～14日にかけて、台風18号及び前線の活動による豪雨災害時において、埼玉県で記録された60,100棟（うち床上11,700）の記録以来18年ぶりのことである（表2）。特に、床上浸水家屋数が多く、1974年7月の静岡市付近で発生した「七夕豪雨」による浸水被害、1976年9月の台風による岐阜・愛知県境付近での長良川決壊による浸水被害に匹敵する規模であった。

また、道路損壊箇所数も多く、愛知県の1980ヶ所（表1）は、1府県の被害としては1971年以

降の上位10位程度に相当する数であった。

一方、人的被害や、家屋の全壊・半壊などの被害は表2に挙げた各事例と比べて多くなかった。近年の顕著な豪雨災害事例と比べても、1998年8月那須豪雨災害時の福島県は死者・行方不明者11名（栃木県は7名）、住家全半壊・一部破損274棟、1999年6月の西日本豪雨災害時の広島県では同32名、512棟などとなっており、人的被害がこれらの事例より少なかった。

（2）愛知県における過去の主要豪雨災害

愛知県における1901年以降の主要豪雨災害のうち、今回の災害と同程度の事例を整理すると、表3のようになる。これは、1970年以前については愛知県防災会議（1998）を、1971年以降については気象庁（1999）をもとに、死者10名以上もしくは浸水家屋数50,000棟以上の事例を抽出したものである。また、備考の記事は、各月の気象庁気象要覧、愛知県気象月報などを参考に、筆者が整理したものである。これらのうち、主な事例の特徴を挙げると以下のとおりである。

●伊勢湾台風

表2 1971年以降の主要な豪雨災害

| 県名 | 発生日月 | 死者 (人) | 家屋 被害 (棟) | 床上 (棟) | 浸水家屋 床下 (棟) | 計 (棟) | 備考 |
|-----|------------------|-----------|-----------------|-----------|-------------------|----------|---|
| 鹿児島 | 1971/08/01-08/05 | 47 | 416 | 4,840 | 5,900 | 10,740 | 台風7119号 |
| 愛知 | 1971/08/30-08/31 | 4 | 67 | | | 56,100 | 台風7123号 |
| 千葉 | 1971/09/06-09/07 | 55 | 133 | 710 | 5,880 | 6,590 | 前線, 台風7125号 |
| 三重 | 1971/09/09-09/10 | 42 | 103 | | | 1,290 | 前線 |
| 熊本 | 1972/07/03-07/06 | 122 | 1,976 | 4,550 | 11,600 | 16,150 | 梅雨前線, 昭和47年7月豪雨。「天草豪雨」 |
| 高知 | 1972/07/04-07/06 | 61 | 12 | | | 0 | 同上, 土佐山田町紫藤土砂崩壊災害 |
| 愛知 | 1972/07/09-07/13 | 66 | 528 | | | 5,280 | 同上, 小原村土石流災害 |
| 広島 | 1972/07/09-07/13 | 39 | 818 | | | 17,200 | 同上, 三次市付近の災害 |
| 大阪 | 1972/09/16-09/17 | 3 | 452 | | | 69,500 | 台風7220号, 大東市水害(同年7月事例との総称) |
| 静岡 | 1974/07/07-07/08 | 44 | 652 | 25,400 | 48,300 | 73,700 | 台風7408号, 梅雨前線, 静岡, 清水「七夕豪雨」 |
| 愛知 | 1974/07/24-07/25 | 0 | 38 | 5,120 | 52,500 | 57,620 | 低気圧 |
| 高知 | 1975/08/16-08/17 | 72 | 1,716 | 12,900 | 17,200 | 30,100 | 台風7505号, 仁淀川流域の水害 |
| 鹿児島 | 1976/06/22-06/26 | 32 | 140 | 286 | 1,090 | 1,376 | 梅雨前線 |
| 愛知 | 1976/09/08-09-14 | 1 | 972 | 14,000 | 87,100 | 101,100 | 台風7617号, 前線南知多で日374mm, 1時間90mm. |
| 岐阜 | 1976/09/08-09/14 | 9 | 204 | 24,200 | 51,300 | 75,500 | 同上, 長良川決壊八幡で日397mm, 1時間51mm. |
| 兵庫 | 1976/09/08-09/13 | 16 | 307 | 14,300 | 62,400 | 76,700 | 同上, 赤穂市水害, 淡路島一宮町土石流上郡で日284mm, 1時間34mm. |
| 香川 | 1976/09/08-09/13 | 50 | 961 | 4,900 | 14,200 | 19,100 | 同上, 小豆島土石流災害小豆島の内海で日790mm, 1時間95mm. |
| 長崎 | 1982/07/23-07/25 | 299 | 523 | 14,700 | 13,500 | 28,200 | 「長崎豪雨」, 長崎で日448mm, 1時間128mm, 長与町で1時間187mm. |
| 大阪 | 1982/08/02-08/03 | 1 | 45 | 12,500 | 50,500 | 63,000 | 低気圧堺市で日163mm. |
| 埼玉 | 1982/09/10-09/12 | 1 | 12 | 11,700 | 48,400 | 60,100 | 台風8212号, 前線秩父で日317mm, 熊谷で1時間74mm |
| 鳥取 | 1983/07/20-07/23 | 107 | 3,600 | 6,950 | 7,040 | 13,990 | 梅雨前線, 昭和58年7月豪雨(山陰豪雨), 浜田で日351mm, 1時間91mm. |
| 鹿児島 | 1993/08/06-08/06 | 49 | 479 | 8,535 | 2,516 | 11,051 | 梅雨前線, 平成5年8月豪雨, 川内で日369mm, 鹿児島で1時間64mm. |
| 鹿児島 | 1993/09/02-09/03 | 33 | 835 | 1,376 | 3,645 | 5,021 | 台風9313号高嶺で日324mm, 枕崎で1時間86mm. |
| 広島 | 1999/06/29 | 32 | 512 | 1,258 | 2,569 | 3,827 | 梅雨前線広島市戸山で日271mm, 1時間63mm. 同八幡川橋で日229mm, 1時間81mm. |
| 愛知 | 2000/09/11-09/12 | 7 | 501 | 23,896 | 39,544 | 63,440 | 台風・前線愛知県東海市で日492mm, 1時間114mm. |

気象庁(1999)に筆者が備考を加筆.

1都府県で死者・不明者30名以上, もしくは浸水家屋5万棟以上の事例.

「家屋被害」は, 全壊, 半壊, 一部破損の合計.

備考欄の降水量記録は, 筆者が入手した主なものであり, 必ずしもその事例の最大値を示すものではない.

1959年9月25日~27日。愛知県周辺における気象災害として最もよく知られている事例。全国の被害は死者・行方不明者5,098名, 住家全壊・半壊・一部破損約83万棟, 浸水家屋約36万棟など。被害の多くは高潮に起因するものであり, 豪雨そのものは極端には激しくなかった。たとえば, 愛知県稲武町で日降水量274mm, 2日間降水量306mm, 名古屋で同100mm, 164mm, 岐阜県川上村で同313mm, 432mmなど。

●昭和36年梅雨前線豪雨

1961年6月23日~29日。愛知県西部を中心に, 河川の氾濫などによる被害が発生。愛知県津島市で日降水量300mmなど。

●1965年の台風24号による豪雨

1965年9月13日~17日。愛知県東部の豊川

が破堤するなどし, 名古屋市・豊橋市などで多くの浸水被害。最多雨域は岐阜県・福井県の県境付近で, 東海地方における1901年以降最大日降水量(徳山, 711mm)を記録。岐阜県権現山で日降水量708mm, 2日降水量869mm, 最大1時間降水量88mm。愛知県内では東部の茶臼山で日207mm, 2日326mmなど。

●昭和47年7月豪雨

1972年7月9日~13日。特に12日夜から13日朝にかけての降雨が激しく, 愛知県東部の小原村, 藤岡町, 足助町付近で多数のがけ崩れ, 土石流が発生し, 伊勢湾台風以後で最大の人的被害(死者・行方不明者66人)を記録。小原村大草で日降水量281mm, 2日降水量300mm, 最大1時間降水量76mmなど。

●1976年の台風17号・停滞前線による豪雨

1976年9月8日～14日。愛知県西部から岐阜県南部にかけて強雨が断続的に長時間続く。長良川をはじめ多くの川で破堤が生じ、愛知・岐阜・三重県の浸水家屋数の総数は約19万棟。愛知県南知多で日降水量374mm、2日384mm、最大1時間90mm。岐阜県葛原で同430mm、605mmなど。

愛知県および岐阜県南部付近は、比較的豪雨災害の多いところであり、人的被害、住家の損壊、浸水などで、今回と同等もしくは上回るような事例として、死者10名以上もしくは浸水家屋数50,000棟以上の事例を抽出すると、1901年以降で少なくとも17事例、最近30年間でも3事例確認できる。しかし、1976年以降は大きな豪雨災害にみまわれておらず、表3に示した事例の間隔としては、1976年の事例と今回事例の間の24年間は最長の間隔であった。

浸水家屋数で見ると、今回と同程度の被害は、災害統計の性質上10%単位の誤差があること(牛山, 1999)を考慮すれば表3中では6～7事

例があるが、床上浸水で見ると、今回の被害は伊勢湾台風の被害に次ぎ、昭和47年7月豪雨と同程度に相当するものであったと言える。

3. 降水量の特徴

3.1 先行降雨状況

2000年春季～夏季の日本列島は全般に降水量が少な目であった。名古屋付近の東海地方では、4月～5月は平年に比べて70～100%のところが多く、6月は100～120%程度であったが、7月～8月は40%以下の状態が続き(気象庁犬気相談所, 2000a～2000e)、濁水が心配される状況であった。愛知県周辺の主要AMeDAS観測所(図2)の、豪雨発生前1ヶ月間の降水量と、準平年値(1979～1990年の平均値)を比較すると図3のようになる。この間の降水量は、比較的多かった稲武でも82mmで、これは同期間の準平年値の35%に過ぎず、名古屋付近では準平年値の十数%程度の降水量しか記録されていなかった。すなわち、東海地方全域で、先行降雨はほとんどない状況であった。

表3 愛知県における1901年以降の主要豪雨災害

| 発生年月日 | 死者・不明者(人) | 全・半壊一部破損(棟) | 床上浸水(棟) | 床下浸水(棟) | 原因気象・備考 |
|------------------|-----------|-------------|---------|----------|---|
| 1912/09/22-09/23 | 140 | 6,000 | 不明 | | |
| 1921/09/25-09/26 | 27 | 不明 | 不明 | | |
| 1925/09/11 | 12 | # 52 | | 0 20,000 | #は全壊のみ。0は床上・床下浸水の合計、以下同じ。 |
| 1926/09/04 | 23 | # 166 | | 0 1,400 | |
| 1930/07/19 | 13 | # 13 | | 0 2,000 | |
| 1932/07/01-07/02 | 26 | # 30 | | 0 2,700 | 愛知県怒田澤(現・足助町)で日398mm、愛知県内の2位記録。 |
| 1952/07/10-07/11 | 0 | # 5 | | 0 52,000 | 愛知県春日井市で日211mm。 |
| 1963/09/25 | 75 | # 6,769 | | 0 90,000 | 台風5313。高潮の被害も大。名古屋で日132mm。 |
| 1957/08/07 | 33 | 177 | 3,547 | 13,961 | 「多治見豪雨」。春日井市で日333mm、岐阜県多治見で日295mm。 |
| 1959/08/14 | 0 | 23 | 14 | 80,826 | 津で日288mm*。 |
| 1959/09/26 | 3,260 | 410,636 | 53,560 | 62,831 | 伊勢湾台風。高潮被害大。愛知県稲武で日274mm。 |
| 1961/06/23-06/29 | 6 | 103 | 7,969 | 66,664 | 昭和36年梅雨前線豪雨。愛知県津島で日300mm、岐阜日260mm*。 |
| 1965/09/17 | 1 | 74 | 1,728 | 49,622 | 台風6524。岐阜県徳山で日711mm*(東海地方の極値)。 |
| 1966/10/12 | 10 | 29 | 11 | 20,747 | 「東三河集中豪雨」。豊橋で日262mm。 |
| 1972/07/09-07/13 | 66 | 528 | 20,075 | 12,077 | 停滞前線。昭和47年7月豪雨。愛知県小原村で土石流により死者多。大草(小原村)で日281mm、1時間76mm、愛知県猿投で日309mm |
| 1974/07/24-07/25 | | 38 | 5,120 | 52,500 | 南岸低気圧。愛知県津島で日252mm、四日市で日271mm*。 |
| 1976/09/08-09/14 | 1 | 972 | 14,000 | 87,100 | 台風7617・停滞前線。岐阜県安八町で長良川が破堤。岐阜県葛原で日430mm*。愛知県南知多で日374mm*。 |
| 2000/09/11-09/12 | 7 | 501 | 23,896 | 39,544 | 台風・前線。愛知県東海市で日492mm、1時間114mm。 |

死者10名以上、もしくは浸水家屋数50,000棟以上の事例を抽出。

1970年以前は愛知県防災会議(1998)に加筆。1971年以降は気象庁(1999)に加筆。

「mm」は降水量記録。「*」は当該観測所の観測開始～現在までの最大値。

備考欄の降水量記録は、筆者が入手した主なものであり、必ずしもその事例の最大値を示すものではない。

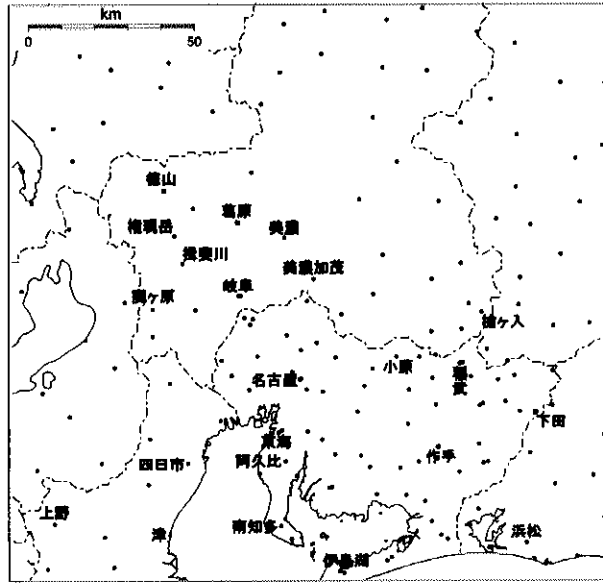


図2 東海地方の主要降水量観測所位置図
 点は気象庁 AMeDAS 観測所位置。愛知県、岐阜県内は国土交通省、
 県所管観測所も一部含む。

3.2 9月11日～12日の降雨状況

2000年東海豪雨時には、名古屋周辺、愛知県東部（矢作川上流域）、三重県南部などに多雨域が生じた。代表例として、名古屋地方気象台、槍ヶ入（岐阜県上矢作町、矢作川上流域）の降水量の推移を見ると、図4のようになる。今回の豪雨は、ほぼ24時間程度の間には発生したものだ。名古屋では11日18時～21時頃に1時間降水量50mm以上が連続する最初のピークがあり、その後やや雨足が弱まった後、11日23時頃から12日04時頃にかけて、1時間降水量30～40mmが連続する2度目のピークを迎え、08時頃までにほぼ降雨が終了する。槍ヶ入では、11日22時頃から12日06時頃まで1時間降水量30mm以上の状態が継続した。

主要観測所における降水量記録を見ると表4のようになる。地上気象観測所データから見る限りでは、今回事例における最大1時間降水量は100mm前後、最大日降水量は11日で500mm弱、最大24時間降水量は550mm前後、総降水量（2日降水量）は最多雨域で600mm前後であったと

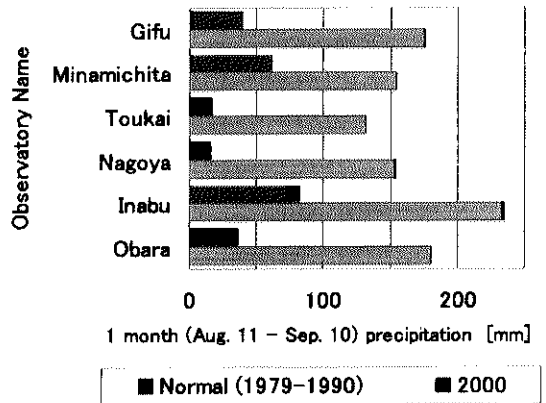


図3 主要観測所の8月11日～9月10日の降水量と準年平均値（1979～1990年の平均値）

考えてよい。また、名古屋周辺では複数の観測所で1時間降水量100mm前後が記録されたが、矢作川上流域ではそれよりやや弱く、最も強かった槍ヶ入でも80mm程度であった。

3.3 過去の豪雨記録との比較

名古屋周辺の気象官署における観測開始以来の

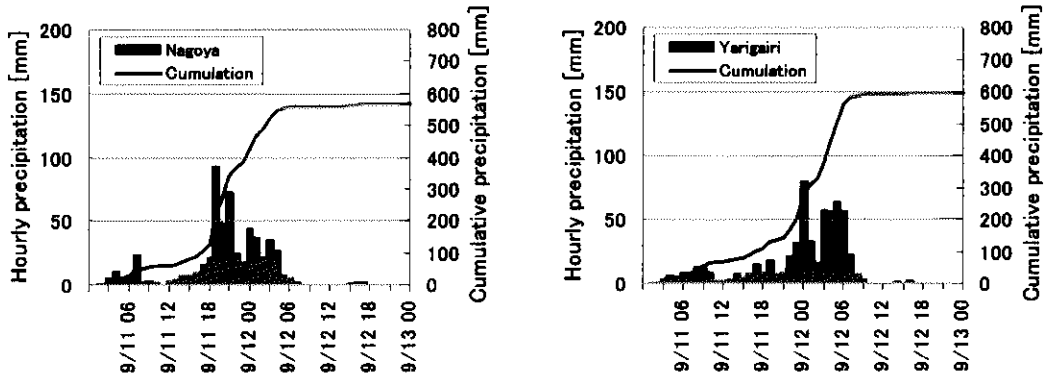


図4 名古屋・槍ヶ人の降水量の推移 (2000年9月11~12日)

表4 主要観測所の降水量の記録

| 所管 | 地点 | 所在地 | 最大1時間降水量 mm | 日降水量 | | 総降水量 mm | 最大24時間 | |
|-----|-----|--------------|----------------|------|------|------------|--------|----|
| | | | | 9/11 | 9/12 | | mm | mm |
| 気象庁 | 稲武 | 愛知県北設楽郡稲武町稲橋 | 70 | 222 | 245 | 467 | 438 | |
| 気象庁 | 名古屋 | 名古屋市千種区日和町 | 93 | 428 | 139 | 567 | 535 | |
| 気象庁 | 東海 | 愛知県東海市中央町 | 114 | 492 | 97 | 589 | 557 | |
| 気象庁 | 岐阜 | 岐阜市加納 | 34 | 204 | 38 | 242 | 224 | |
| 建設省 | 槍ヶ入 | 岐阜県恵那郡上矢作町上村 | 80 | 278 | 317 | 595 | 552 | |
| 愛知県 | 阿久比 | 愛知県知多郡阿久比町卯坂 | 80 | 498 | 124 | 622 | 588 | |

最大日降水量、最大1時間降水量を整理すると表5のようになる。また、愛知県および岐阜県美濃地方(南部)の気象官署以外の気象庁所管観測所の最大日降水量記録(最長過去100年、のべ174ヶ所)のうち、今回の記録に匹敵する記録として、日降水量400mm以上の記録を整理すると表6のようになる。このほか、日降水量350mm以上の記録は、少なくとも22観測所(16降雨イベント)で確認された。

日降水量~2日降水量程度の継続時間の降水量としては、1965年9月15日の徳山、権現岳(いずれも岐阜県美濃地方、図2)における記録が今回の記録を明らかに上回っている事例と確認できる。また、1923年の愛知県下田における記録、1972年9月16日の岐阜県揖斐川における記録、1976年9月10日の岐阜県葛原における記録などは、今回の記録と同程度の事例と評していい。ただし、これら観測所は、どちらかといえば山間部や、山麓部に位置しており、名古屋市など濃尾

平野の平地部での大きな記録は、今のところ確認できていない。すなわち、今回の記録は、東海地方の平地部における日降水量~2日降水量程度の継続時間の降水量記録としては、過去100年間で最大規模の記録と言っていだろう。

1時間降水量については、名古屋では既往最大値をわずかに上回ったが、表5に見るように、今回の記録と同程度の記録は気象官署の記録のみから見ても各観測所で記録されている。短時間降水量に関しては、過去100年間でいくつか記録された事例の一つとは言えるが、既往記録を大きく上回った事例とは言えない。

3.4 DD関係に見られる特徴

今回事例と、過去の顕著な豪雨事例のうち資料が詳しく残っている、1965年9月、1972年7月の豪雨時の降水時間-降水量関係、すなわちDD(Duration-Depth)関係を見ると図5のようになった。今回の記録は、すべての降雨継続時間におい

表 5 東海地方の気象官署の 1999 年までの豪雨 (最大値) 記録

| 気象官署 (最大記録) | 日降水量最大値 (mm) | | | 1時間降水量最大値 (mm) | | |
|-------------|--------------|------------|-----------|----------------|------------|-----------|
| | 記録 | 発生日 | 統計期間 | 記録 | 発生日 | 統計期間 |
| 岐阜 | 260.2 | 1961/06/26 | 1883-1999 | 99.6 | 1914/07/02 | 1903-1999 |
| 名古屋 | 240.1 | 1896/09/09 | 1891-1999 | 92.0 | 1919/07/18 | 1891-1999 |
| 津 | 288.2 | 1959/08/13 | 1889-1999 | 118.0 | 1999/09/04 | 1916-1999 |
| 伊良湖 | 337.1 | 1962/07/02 | 1947-1999 | 81.8 | 1962/07/02 | 1950-1999 |
| 四日市 | 271.0 | 1974/07/25 | 1966-1999 | 82.5 | 1971/07/07 | 1966-1999 |

表 6 東海地方の各種観測所の 1999 年までの豪雨 (日降水量 400 mm 以上) 記録

| 標高 (m) | 日降水量最大値 | | 2日降水量* | 備考 | |
|----------|---------|-----|------------|-----|-------------------|
| | 記録 (mm) | 発生日 | | | |
| 徳山 (岐阜) | 330 | 711 | 1965/09/15 | 890 | 2日降水量はグラフからの読み取り値 |
| 権現岳 (岐阜) | 956 | 708 | 1965/09/15 | 869 | |
| 携葉川 (岐阜) | 65 | 502 | 1972/09/16 | 526 | |
| 西横山 (岐阜) | 不明 | 439 | 1907 | 不明 | 発生日不明 |
| 葛原 (岐阜) | 170 | 430 | 1976/09/10 | 605 | |
| 美濃 (岐阜) | 80 | 420 | 1954/09/01 | 不明 | |
| 下田 (愛知) | 264 | 542 | 1923 | 不明 | 発生日不明 |

* 「2日降水量」は日降水量最大値記録日の前後それぞれ2日間のうち大きな値を表記。

て、日本記録には及ぶほどではない。東海地方における過去の顕著豪雨事例と比較すると、6時間より長い時間の降水量では1965年9月の事例の方が上回っている。しかし、1～5時間降水量では、今回の事例が1965年9月、1972年7月の降雨強度を上回っている。今回の事例は、短時間降雨強度が特に激しい事例であったと言っている。

3.5 確率雨量

名古屋地方気象台の年最大日降水量データ (1901～1999) を用いて、一般化極値 (GEV) 分布 (寶, 1998) にあてはめて確率雨量を計算すると、1/100 確率で 229 mm, 1/500 確率で 334 mm となる。また、今回記録された 11 日の日降水量 428 mm の再現期間は 40137 年となる。愛知県水防計画書 (愛知県, 2000) によれば、名古屋地区の 100 年確率 1 時間降水量は 98 mm, 同日降水量は 330 mm となっている。今回は、名古屋の既往資料を元にした計画雨量を大きく上回る降雨が発生したことは確かである。

3.6 降雨総量・降雨面積の比較

(1) 調査手法

降雨の面的な特徴を知る簡単な方法としては、

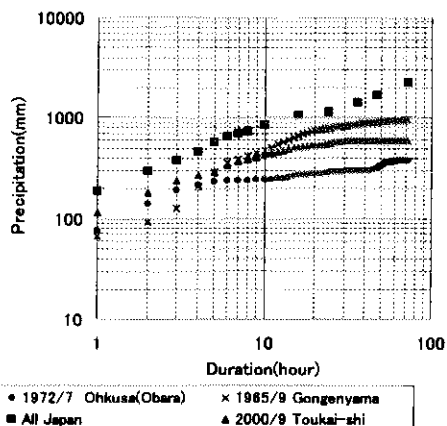


図 5 東海地方の主要豪雨における DD 関係
日本記録は寶 (1997) による。

単純平均,あるいはティーセン法や等雨量線法による流域平均雨量の算出などがよく知られている (たとえば川畑, 1961)。流域平均雨量は、豪雨の規模を示す概念としては一般にはわかりにくいかもしれないが、流域平均雨量に面積を乗じた量、すなわち水資源の表現などで使われる降水総量 (precipitation volume) ならば、降雨が体積で示されるため、たとえば「東京ドーム〇個分の雨が

降った」などという表現もでき、一般にも受け入れやすいのではないかと考えられる。また、「○mm以上の雨が降った面積」などの表現で、豪雨域の面積を示すことも、過去の事例との比較の際には効果的である。

現代はGIS技術の進歩により、不規則な位置にある地上雨量観測所データから内挿したグリッドデータを作成することが容易であり、このデータをもとに、降雨の面積、体積を計算することも容易である。地上雨量観測所データならば、数十年前の事例でも、日降水量などは現代と極端に異ならない観測所密度でデータ入手が期待できるので、過去の事例と最新の事例を比較することも容易である。そこで、ここでは、東海地方の過去3豪雨事例と、本事例について、降水総量と、一定以上の豪雨面積の算出を試みた。

まず、それぞれの観測所の観測値をもとに、等間隔のグリッドデータを生成した。グリッドデータの生成には、Hawaii大学が開発しているGISソフトの一種であるGMT (Generic Mapping Tools) を利用した。GMTでは複数の内挿手法が利用できるが、本研究では、スプライン補間の手法を用いて等値線を作成するsurfaceというコマンドを利用し、渡邊(2000)を参考にし、最も自然なデータ補間がなされるようテンションレベル(曲線の曲率を調整する定数。0~1の値をとる)を0.2として計算した。

グリッドデータの計算は、東海地方を中心とした、東経136度~138度、北緯34.6度~36.2度の範囲内とした。グリッドデータの最小単位は0.01度とした。これは、東経137度、北緯35度付近(愛知県刈谷市付近)において1.013 km²(南北1.11 km×東西0.913 km)にあたる。この距離は計算範囲内で多少異なるが、その差は1ピクセルあたり10⁻² km² オーダーに過ぎないため、面積の計算にはすべてを1ピクセル=1.013 km²をもちいた。

(2) 9月11日~12日の状況

気象庁、建設省(現・国土交通省)、愛知県所管観測所の観測値をもとに、グリッドデータを生成し作成した2000年東海豪雨の際の総降水量

(2000年9月11日~12日)分布が図6のD)である。このときのグリッドデータ計算範囲内の降水総量は7.78×10⁹ m³、2日間降水量400 mm以上の面積は2,011 km²、200 mm以上の面積は19,721 km²であった。

(3) 既往豪雨事例との比較

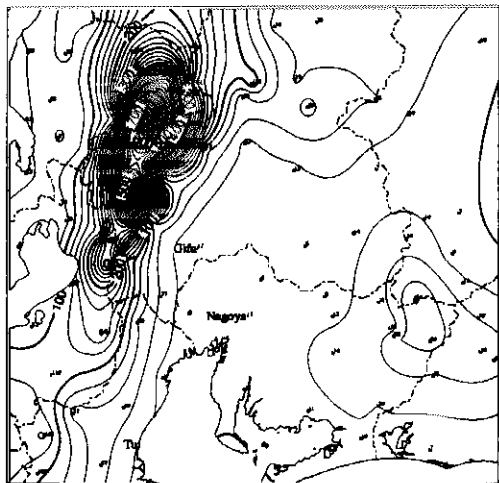
過去の豪雨事例として、A) 東海地方の1901年以降の豪雨事例で最も激しい日降水量を記録したことが確認された1965年9月の事例、B) 愛知県において伊勢湾台風以後で最大の土砂災害による被害を生じた1972年7月の事例、C) 伊勢湾台風以後で最大の浸水被害を生じた1976年9月の事例、の3事例について、降雨期間中の最大2日降水量を記録した2日間の3事例A), B), C)を対象に、2000年東海豪雨と同様な検討を行った。降水量データは、気象庁(1966)、気象庁(1973)、および各月の愛知県気象月報、岐阜県気象月報などから入手した。

作成されたグリッドデータによる、各事例時の雨量分布図を図6に示す。1965年9月の事例は、最多雨域の2日間降水量は極めて多かったが、その範囲は岐阜・福井県境の狭い範囲に集中していた。1972年7月の事例は、雨域は広がったが、特に集中した範囲がなかった。1976年9月の事例では多雨域の中心は岐阜県の長良川流域となっている。

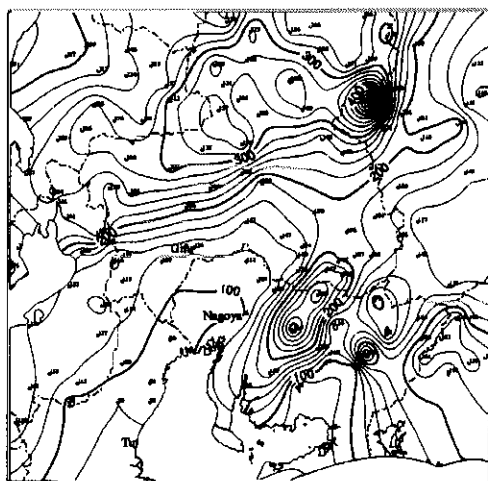
各事例を相互比較するために、まず2日間降水量400 mm以上の地域を豪雨域と考えて、その面積を比較した(図7)。これに見るように、2000年東海豪雨の豪雨域の面積は約2000 km²と、他の3事例がいずれも数百km²であるのと比べて特に大きく、広い範囲で豪雨が記録された事例であったことがわかる。これは、豪雨域の定義を300 mm以上、あるいは200 mm以上とした場合でも同様である。

次に、各豪雨事例中の最多2日間の降水総量を見ると(図8)、やはり今回の事例が約80億m³で最も大きかったことがわかる。ただし、より長い期間として、たとえば最多5日間の降水総量を見ると、今回の事例は4事例中最小となり、今回の事例が1日程度の間集中的に降った事例であ

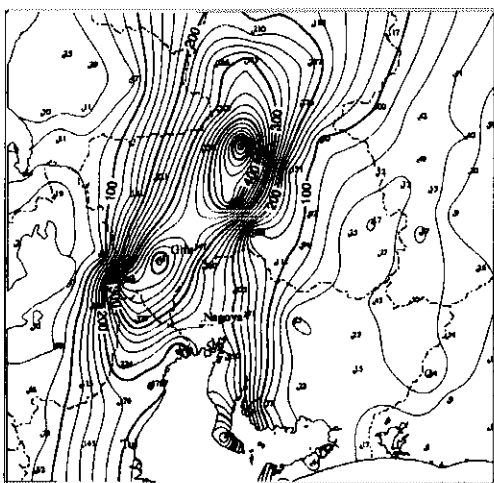
A)1965/9/14-15



B)1972/7/11-12



C)1976/9/11-12



D)2000/9/11-12

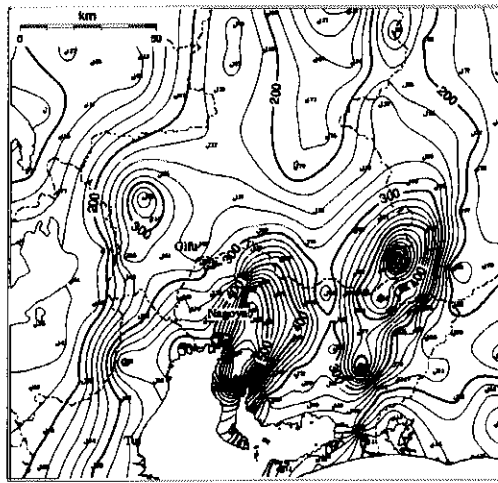


図6 GMTを用いて求めた東海地方の主要豪雨時の降水量分布

ることがわかる。

3.7 年最大日降水量の傾向

最後に、東海地方の豪雨の経年的な傾向について検討した。降水量の長期的な傾向を検討するには、観測所が移動せず、継続的なデータが得られることが必要である。観測所の移動があった場合のデータの接続については、気象庁の「地上気象

観測統計指針」(1990刊, 1993, 1995, 1997 追録)では水平距離で500 m, または標高差で5 mを超えない移動の場合は接続することとし, それ以上の移動があった場合は, この指針に示された方法(牛山, 2001でも解説)で接続となっている。東海地方では, 岐阜地方気象台, 名古屋地方気象台は観測開始以来のデータが接続されていることが気象庁によって確認されている。これ以外

の観測所について、気象月報などに記載されている情報をもとに筆者が判断したところ、上記の条件に適合する観測所は表7に示す5観測所が確認できた。

これらの観測所における年最大日降水量の経年変化を図9に示す。なお、これらのデータは、1952年までは日界10時、1953～1976年は日界9時、1977年以降は日界0時の日降水量である。また、小原、関ヶ原にはそれぞれ1年の欠測値があるが、これらについては、前後年の値を足して2で割った値で補間した。

本図において特徴的なのは、名古屋は1999年までは年最大日降水量が他地点より全般に小さく、データ系列の年々の変動も小さい、すなわち、突出した記録がないことである。比較的近い平野部にある岐阜や美濃加茂と比べても、今回の事例の記録ほどではないが、300mm前後の事例が複数記録されていることから、名古屋において突出した記録がないのは、地域特性かもしれないが、単なる偶然である可能性もある。名古屋という、地域を代表する主要な観測点が、過去に大きな観測値を記録していなかったことが、計画雨量などを決める際に、より小さな値を与えていた可能性もある。このような豪雨発生時の空白期間をおぎなう方法として、regionalization（地域総合化）という手法が提案されている（たとえば Hosking, J.R.M. and Wallis, J.R., 1997）。すなわち、データの不足や欠測を補うために同一の気候特性に属する他の地点のデータを援用する手法である。水工計画を立てる際、当該地域の水文データの周辺に対する特性を見て、必要に応じてこのような手

法の適用を考える必要もあろう。

なお、全観測所のデータのそろそろ1915年～1999年について、各観測所の年最大日降水量のトレンドを線形回帰し、回帰係数の有意性を検定したところ、全地点とも有意にはならなかった。また、同じデータについて、ケンドールの順位相関係数の検定（たとえば石村，1993）を行ったところ、

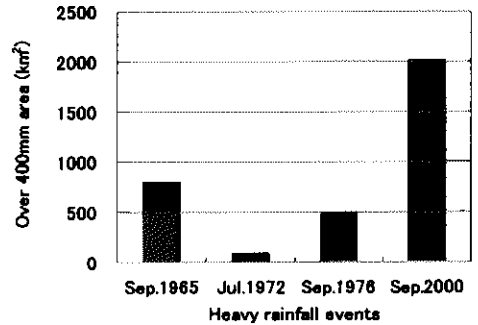


図7 主要豪雨時の2日降水量400mm以上の面積

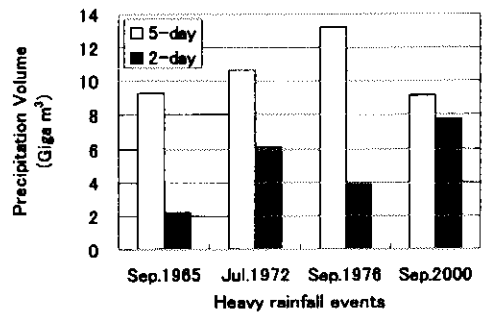


図8 主要豪雨時の降水総量

表7 東海地方で1901年以降の観測データが接続できる観測所（気象官署除く）

| 観測所名 | 期間 | 所在地 | 移動距離 |
|------|-----------|-----------------------|--------------------|
| 稲武 | 1915～1930 | 北設楽郡稲橋村 小学校 | 不詳 0.3km(小学校より) |
| | 1931～1935 | 北設楽郡稲橋村宇稲橋 個人 | |
| | 1936～ | 北設楽郡稲城町稲橋 県農業総合試験場(現) | |
| 作手 | 1901～ | 南設楽郡作手村高里 作手高校(現) | |
| 小原 | 1915～ | 西加茂郡小原村大字大草 小原村役場 | |
| 関ヶ原 | 1901～ | 不破郡関ヶ原町 関ヶ原南小学校(現) | |
| 美濃加茂 | 1901～1925 | 加茂郡太田町 郡役所 | 0.2km 0.5km |
| | 1926～1975 | 加茂郡太田町 警察署 | |
| | 1976～ | 美濃加茂市太田町 加茂西中学校 | |

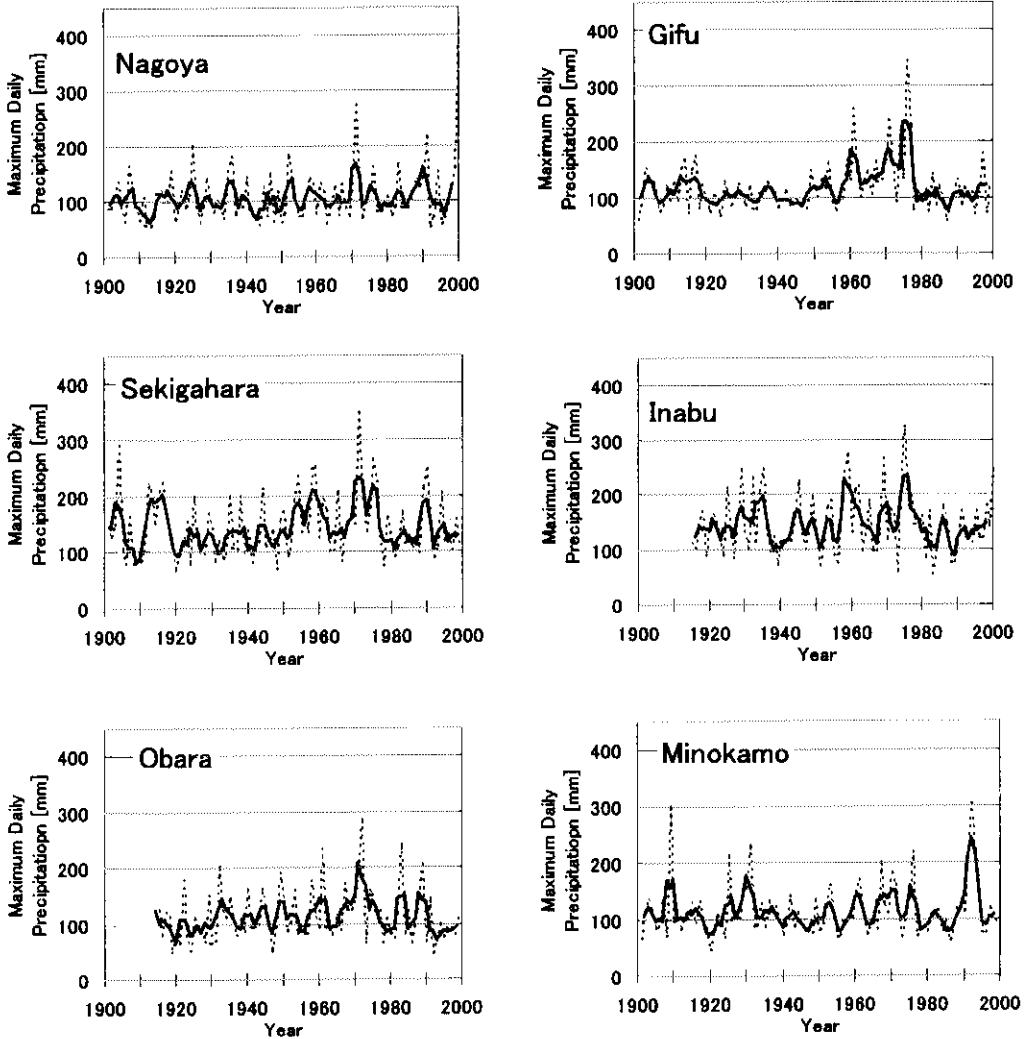


図9 東海地方の年最大日降水量の経年変化
点線が観測値、太実線は3年移動平均値。

やはりいずれの観測所でも有意とはならなかった。同期間の広島市周辺における検討では、年最大日降水量のトレンドが増加している結果が得られている(牛山, 2001)が、東海地方においては、年最大日降水量が年々大きく(あるいは小さく)なっている傾向は見られなかった。

4. まとめ

2000年9月11~12日の豪雨災害の特徴を整理すると以下ようになる。

- ①全国の主な被害は、愛知県を中心に死者11名(愛知県7名)、住家全・半壊・一部破損592棟(同501棟)、住家の床上・床下浸水約69,700棟(同63,400棟)などであった。気象庁資料をもとに1971年以降の豪雨災害事例と比較したところ、1都府県で浸水家屋数が6万棟を越えたのは18年ぶりであった。浸水の中でも、床上浸水の被害が多く、1971年以降の上位3位程度の被害であった。死者や住家の損壊は比較的少なかった。

- ②気象庁および愛知県の資料をもとに、1901年以降の愛知県の豪雨災害と今回の事例を比較すると、死者、家屋の損壊、浸水家屋数等いずれも過去最大ではなかった。しかし浸水家屋数で見ると1976年以来24年ぶりの大きな被害であり、床上浸水家屋数は資料の得られた1950年代後半以降の上位3位となる大きな被害であった。また、一般住家や事業所など民間における経済的被害が極めて大きかった。
- ③最多雨域の2日間降水量は約600mm、日降水量は約500mm、最大1時間降水量は110mm以上を記録したところがあった。日降水量は、名古屋や周辺気象官署の過去約110年間の記録を100~200mmほど上回った。愛知県、岐阜県内の174観測所の1901年以降の年最大日降水量記録などから判断すると、特に濃尾平野の平野部においては最近100年間の最大級豪雨と考えてよいが、山間部の記録には今回を上回るとされる事例が数事例確認された。1時間降水量は過去の最大値と同程度だった。
- ④過去の顕著な豪雨事例として、1965年9月、1972年7月、1976年9月の事例と今回の事例を比較すると、1~5時間降水量では、これらの事例の記録を上回ったが、日本最大記録を越えるほどではなかった。観測所データをもとに降水量のグリッドデータを生成し、豪雨域(2日間降水量400mm以上)の面積計算を試みたところ、過去の事例がいずれも数百km²であるのに対して、今回の事例は2000km²にも達した。生成したグリッドデータから、解析対象域内の最多2日間の降水総量を算出したところ、今回の事例は約80億m³で、過去の事例を上回った。すなわち、ほぼ1日程度の間と比較的広い範囲で豪雨もたらされたことが特徴である。
- ⑤名古屋の最近100年間の年最大日降水量は、周辺平野部の観測所と比べても大きな値が少なかった。このことにより、計画雨量がより小さく与えられていた可能性もある。特に地域の代表的な観測所の既往豪雨記録については、周囲の観測所の記録と対照するなど、その特性をよく吟

味する必要がある。

- ⑥東海地方のいくつかの地点における年最大日降水量のトレンドに有意な傾向は見られず、この地域において豪雨が経年的に激しくなっているような傾向は確認できなかった。

2000年東海豪雨は、「濃尾平野付近における24時間程度の継続時間の降水量」に限定すれば過去100年中の最大規模豪雨であるともみせるが、濃尾平野周辺部には今回の記録を上回る記録も確認されており、かつどの継続時間においても日本記録を更新するような豪雨ではない。すなわち、濃尾平野を含む日本の多くの地域でも、発生頻度は低いものの十分発生しうる豪雨であると言える。今回はそれがたまたま名古屋という日本有数の大都市で発生したことが大きな特徴であったと言える。

この豪雨によって生じた数万棟規模の床上浸水被害は、最近30年間で上位3位以内(それら3事例の被害に大きな差はない)の規模である。1970年代後半以降、全国的に浸水被害は大きく減少する傾向にある(牛山, 1997)。しかし、今回の事例のように大都市部が豪雨にみまわれた場合、現在でも1970年代前半以前にしばしば見られたような、数万棟単位の浸水被害が生じ得ることが確認されたことになる。被害が少ないことが、本当に防災対策の効果によるものなのか、あるいは被害を生じやすい地域(たとえば都市部)でたまたま記録的な豪雨が発生していない為に過ぎないのか、各地域ごとに今後検討する必要がある。

また、過去の豪雨について知ろうとする場合、単なる1地点の降水量記録にもとづくのみではなく、本研究で用いた「豪雨面積」や「降水総量」など、豪雨の規模を表す複数の方法を用いることも有効だと思われる。これらの手法を用いた過去の豪雨の規模評価については、今後事例研究を通じて示していくことを考えている。

謝辞

本稿の作成に当たっては、建設省中部地方建設局(現・国土交通省中部地方整備局)、同豊橋工事

事務所, 同庄内川工事事務所, 愛知県建設部河川課, 名古屋市緑政土木局から多大なご協力をいただいた。この場を借りて, お礼を申し上げたい。なお, 本研究の一部は平成 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

- 愛知県防災会議: 愛知県地域防災計画付属資料(平成 10 年修正), 愛知県, 1998.
- 愛知県: 愛知県水防計画書 平成 12 年度, 愛知県, 2000.
- 石村貞夫: すぐわかる統計解析, 東京書籍, 1993.
- Hosking, J.R.M and Wallis, J.R.: Regional Frequency Analysis, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1997.
- 川畑幸男編: 水文気象学, 地人書館, 1961.
- 気象庁: 1965 年第 23, 24, 25 号台風調査報告, 気象庁技術報告, No.53, 1966.
- 気象庁: 昭和 47 年 7 月豪雨調査報告, 気象庁技術報告, No.84, 1973.
- 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: 気象災害の統計 1971 年~1997 年(CD-ROM), 気象業務支援センター, 1999.
- 気象庁天気相談所: 2000 年 4 月の日本の天候, 気象, 44, 4, p.26, 2000 a.
- 気象庁天気相談所: 2000 年 5 月の日本の天候, 気象, 44, 5, p.26, 2000 b.
- 気象庁天気相談所: 2000 年 6 月の日本の天候, 気象, 44, 6, p.26, 2000 c.
- 気象庁天気相談所: 2000 年 7 月の日本の天候, 気象, 44, 7, p.26, 2000 d.
- 気象庁天気相談所: 2000 年 8 月の日本の天候, 気象, 44, 8, p.26, 2000 e.
- 建設省河川局: 9 月 10 日からの秋雨前線豪雨災害の被害額(試算額)を公表(記者発表資料), http://www.moc.go.jp/river/press/200007_12/001102index.html, 2000.
- 水谷武司: 自然災害調査の基礎, 古今書院, 1993.
- 四俣正俊: 2000 年 9 月出水時の矢作ダム操作と住民の認識, 河川技術論文集, No.7, pp.65-70, 2001.
- 實 馨: 水文水資源ハンドブック(水文水資源学会編), pp.228-234, 1997.
- 實 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, 1998.
- 坪木和久・金田幸恵・若月泰孝(水文・水資源学会東海豪雨災害調査委員会): 2000 年 9 月東海豪雨災害の実態と教訓, 水文・水資源学会誌, Vol.14, No.5, pp.412-415, 2001.
- 牛山素行: 近年の水害の特徴とその防災力向上に関する研究, 信州大学農学部演習林報告, No.33, pp.1-74, 1997.
- 牛山素行: 日本の各種災害統計(概要), 地形, Vol.20, pp.419-425, 1999.
- 牛山素行: 1901 年以降の降水量から見た 1999 年 6 月 29 日広島豪雨の特徴, 自然災害科学, Vol.20, No.1, pp.59-74, 2001.
- 渡邊基史: GMT の使い方, http://www-seis.planet.kobe-u.ac.jp/~kakehi/GMT/watanabe/watanabe_gmt.pdf, 2000.

(投稿受理: 平成13年12月18日
訂正稿受理: 平成14年3月22日)