

1990年19号台風による洪水災害

—兵庫・滋賀県下を中心として—

村本 嘉雄

THE FLOOD DISASTER DUE TO THE THYPHOON NO.19 IN 1990 — CENTERING AROUND THE FLOOD DISASTERS IN HYOGO AND SHIGA PREFECTURES —

By *Yoshio* MURAMOTO

Synopsis

On September 18 through 20 of 1990, a heavy rainfall associated with an autumn rain front and the Typhoon No.19 caused substantial damages throughout Japan, actually involving 40 out of 47 prefectures. Forty-one people were killed. About 41,000 houses were inundated, 520 being fully and partially destroyed. The amount of damaged public construction works were estimated about 335 billion yen.

The number of damaged construction works in the prefectures was compared with total and hourly maximum rainfalls, and, similarly, the number of inundated houses with these rainfall data. Being in excess of 300 mm for a total and 40 mm for an hourly rainfall, the number of damaged construction works are preciously increased. On the other hand, the critical values of total and hourly rain-falls for the inundated houses are a little less than those for the construction works, and show the regional characteristics of climate and vulnerability for floodings.

In respect to Hyogo and Shiga prefectures, rainfall distributions in time and space were discussed, comparing with damages to river structures and houses in their administrative districts. The serious inundation in Toyooka city of Hyogo due to stagnation of rainwater was described in comparison with records of the past major floods in the Maruyama river, referring to the drainage system. The flooding and sedimentation in Notogawa town of Shiga due to levee failures in the Echi river were examined based on estimation of the flood discharge and the conveyance capacity of the river channel with luxuriant coppices.

1. 全国的概況

1.1 総雨量分布と被害概況

1990年9月18日から20日にかけて、秋雨前線と台風19号に伴う大雨によって、全国40都道府県の広域にわたる水害が発生した。気象庁の総雨量分布¹⁾(9月11日～20日)によると、Fig. 1に示すように北海道南部から奄美大島にかけて全国的に100 mmを越える降雨が発生し、300 mm以上の多雨域(陰影部)は近畿圏を中心として広がっており、その他東北、九州東部などに点在している。総降水量は740億 m^3 (年間総降水量の約1/10)であって、広域の大雨台風としては、1976年の17号台風(総降水量800

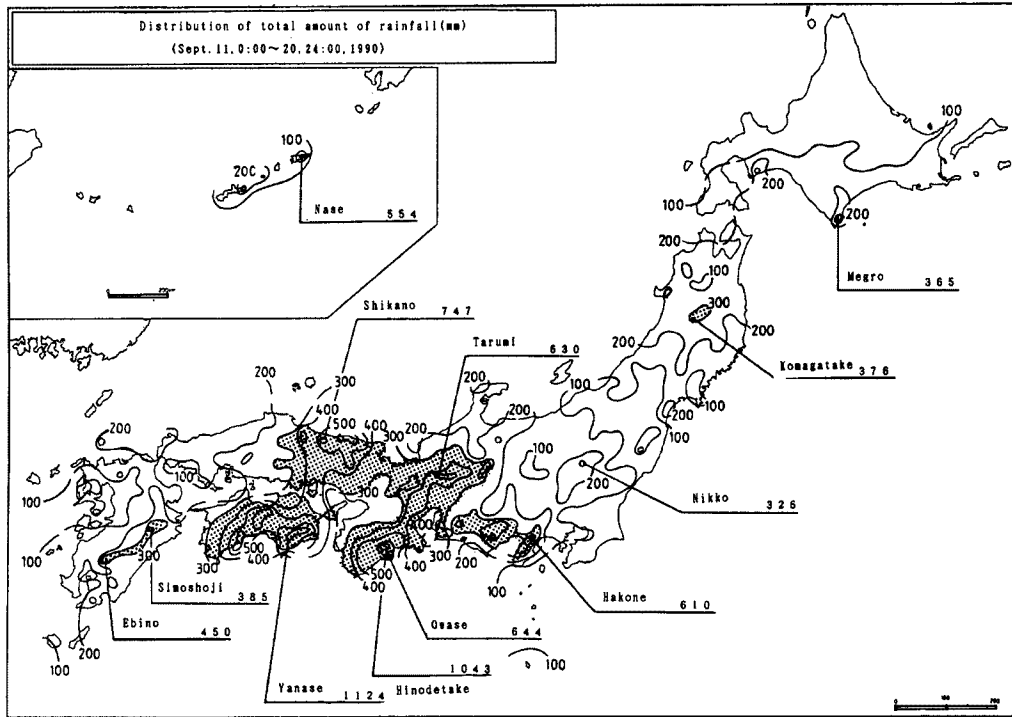


Fig. 1. Distribution of total amount of rainfall. (Sept. 11~20, 1990)¹⁾

億 m^3)以来14年ぶりと言われている¹⁾。

秋雨前線および台風19号による主要な一般被害¹⁾は、

- ・人的被害: 死者41人(鹿児島13人, 岡山10人, 愛媛4人), 負傷者114人(鹿児島29人, 愛知18人)
- ・建物被害: 全壊155棟(鹿児島91, 栃木33), 半壊364棟(鹿児島258, 三重39), 床上浸水7,195棟(岡山2,810, 兵庫県1,644), 床下浸水33,822棟(兵庫9,069, 岡山4,675)
- ・災害救助法適用市町村数: 宮城2, 兵庫6, 岡山5, 鹿児島5

であって、鹿児島・岡山の両県で斜面崩壊、土石流等による人的被害、岡山・兵庫では洪水氾濫や浸水による建物・資産の被害が甚大であった。

一方、公共土木施設被害²⁾は、

- ・被災箇所数 32,861箇所, 被害申請額334,855百万円(直轄災害: 613箇所, 75,582百万円, 補助災害: 32,248箇所, 259,273百万円)

であって、補助災害の箇所数が直轄災害のそれの約50倍にもなっている。直轄区間でも、60水系100河川で警戒水位を突破したが、北上川(一ノ関で約1,300ha浸水)と揖斐川(背割り堤4ヵ所決壊)を除いて、比較的軽微な河道災害にとどまった。

なお、1990年は台風が6回も本土に上陸するなど風水害の多発年であって、1月~9月における公共土木関係の被害総額は、793,212百万円(台風19号の他に、7月梅雨前線豪雨: 234,907百万円, 台風20号: 53,991百万円, 台風21号: 9,023百万円など)と推算されている²⁾。一方、水害統計³⁾によると、1969~1988の20年間における公共土木施設の年平均被害額(1985年価格)は445,175百万円、この期間の最大値は1982年(長崎豪雨災害など)の842,568百万円、第2位は1972年(島根・広島の水害など)の838,228百万円であって、1990年の被害額はそれらの大水害年に匹敵するものと言え、しかも今回の19号台風災害の比重が大きいことが分かる。

1.2 浸水家屋および公共土木被害の全国分布と降雨量との対応

浸水（床上+床下）家屋数¹⁾と公共土木施設被災箇所数・被害額²⁾の全国分布を都道府県別に示すと、Fig. 2 のようである。被災地は40 都道府県に及んでおり、北海道南部から九州までほぼ全国的に被災し

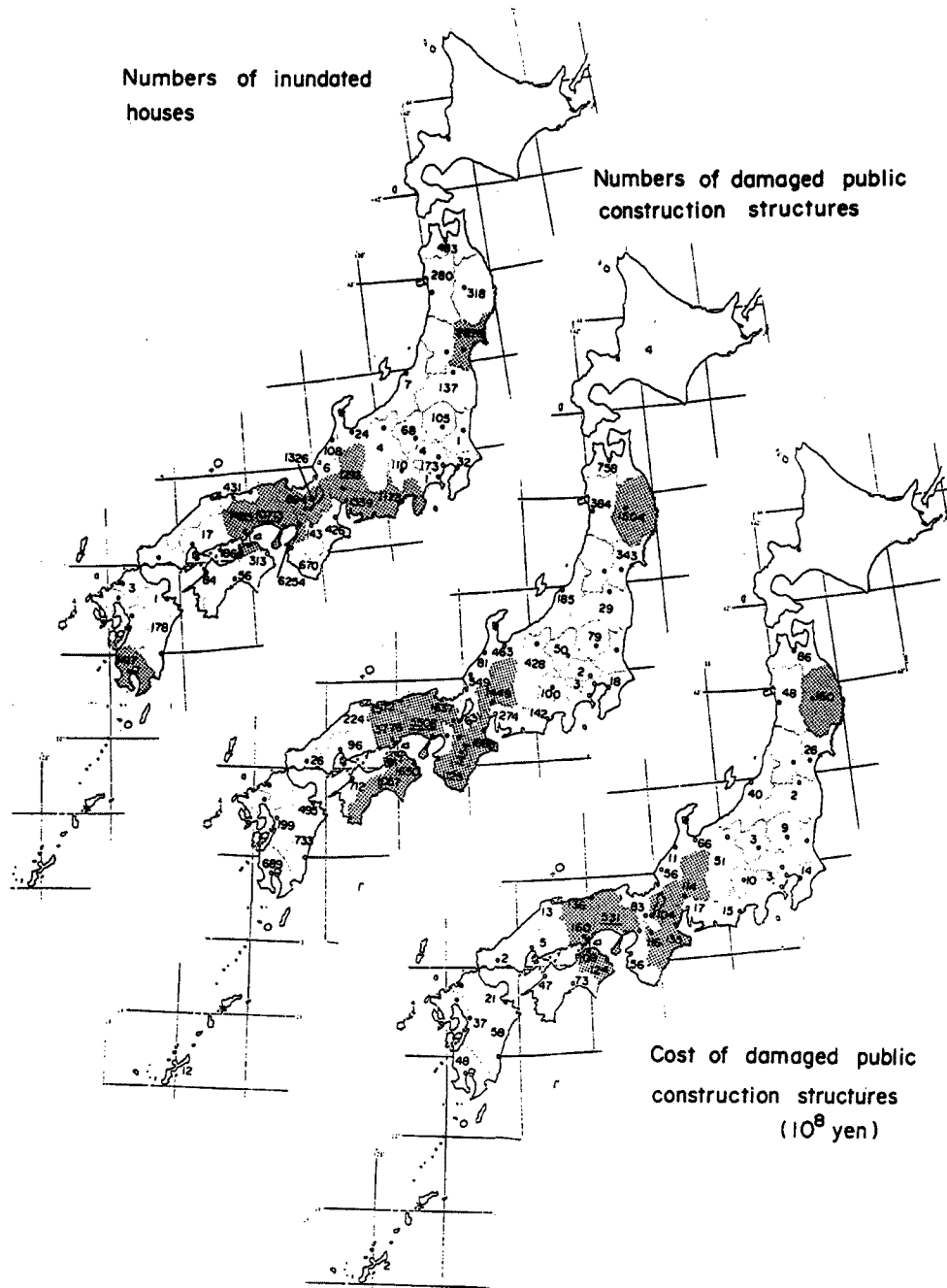


Fig. 2. Distributions of the number of inundated houses, and the number and cost of damaged public construction works in prefectures.

た。なお、台風20号、21号による被災県数はそれぞれ15県、9県である。図中の陰影部は、浸水家屋数1,000棟以上(10府県)、公共土木施設被害1,000個所以上(12県)、被害額100億以上(10県)をそれぞれ示している。被害額の多かった府県は兵庫(531億円)、ついで岩手および岡山(160億円)である。被害の多かった地域はFig. 1の多雨域にほぼ対応しているが、四国南部と紀伊半島では400~500mmの雨量があったにもかかわらず、浸水家屋数が他の多雨域に較べて少ない。

このように19号台風による洪水災害がほぼ全国に及んだことから、降雨量と被害との対応を府県単位で検討した。Fig. 3およびFig. 4は、公共土木施設被災個所数について、それぞれ連続雨量(R)および時間雨量(r)との関係を示したものである。また、Fig. 5は、各雨量の最大値とランク分けした被災個所数との関係を示している。なお、雨量は建設省によって収集された県別降雨資料⁴⁾を用いている。これらの図より、施設被災は連続雨量300mm、時間雨量40mmを越えると急増する傾向がみられる。一方、浸水家屋数について連続雨量および時間雨量との関係を示すと、Fig. 6のようである。浸水家屋数が急増する雨量は、施設被災の場合に較べてやや小さい値を示すようであるが、地域差が大きい。とくに、高知と愛媛は $R_{max} > 500$ mm, $r_{max} > 40$ mmであっても、浸水家屋数が100棟以下にとどまっており、青森と秋田は $R_{max} < 200$ mm, $r_{max} < 40$ mmの雨量で300~500棟、大阪では6,000棟余の浸水を被っている点が注目される。この地域差は、被災率(浸水家屋数/世帯数)で比較してもほぼ同様の結果であったが、今後、被災地域の立地条件、雨量の代表性等について検討し、各種被害の発生限界雨量の地域性を明らかにする必要がある。

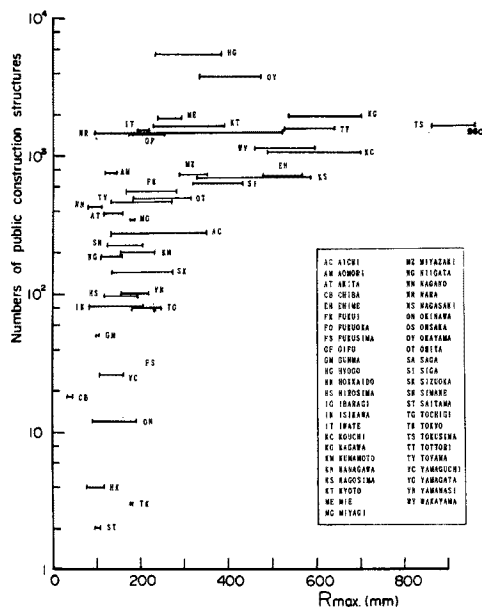


Fig. 3. Comparison of total amount of rainfall and the number of damaged public construction works in prefectures.

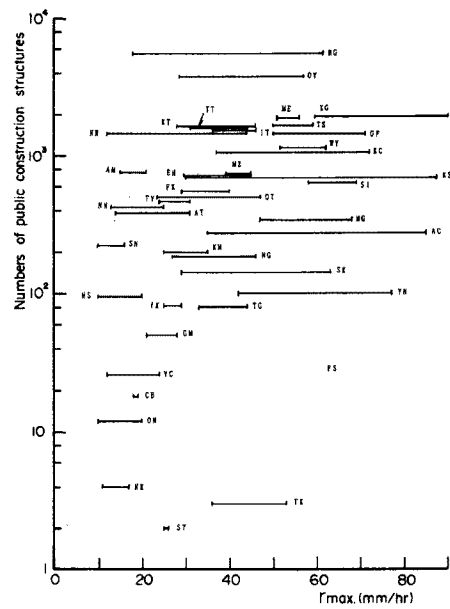


Fig. 4. Comparison of hourly rainfall and the number of damaged public construction works in prefectures.

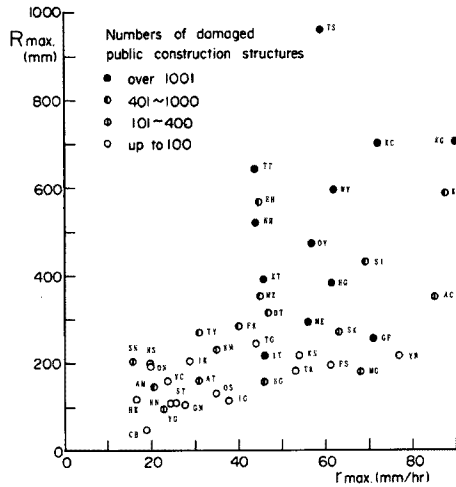


Fig. 5. Comparison of the number of damaged public construction works and both of total and hourly maximum values of rainfall in prefectures.

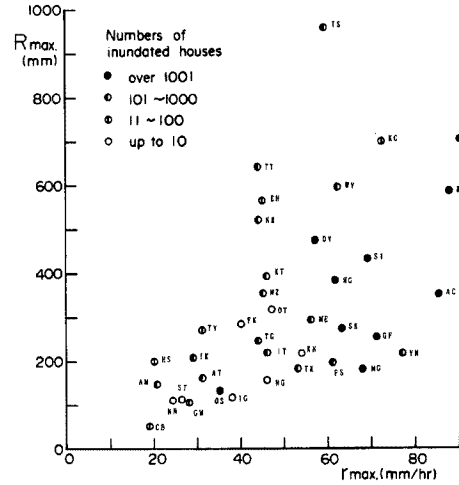


Fig. 6. Comparison of the number of inundated houses and both of total and hourly maximum values of rainfall in prefectures.

2. 兵庫県下の洪水災害

2.1 雨量分布

兵庫県下各地における9月17日～20日の時間雨量分布を示すと、Fig. 7のようである。なお、各地点の図には累加雨量曲線と総雨量の値も示されている。兵庫県下での強い雨の時間帯は、18日の未明から昼にかけてと、19日の昼から20日にかけての二つがあって、前者は台風がまだ奄美大島付近にあって、秋雨前線を刺激して発生した強雨帯であり、後者は台風が室戸岬付近に接近して発生したものである。前者を前線性豪雨、後者を台風性豪雨と呼ぶと、県南部では前線性、東部（大阪府との県境付近）では台風性の降雨が卓越しており、北部の日本海沿岸地域では両者が存在するが台風性のものが強い。また、県中央部では両者の強雨帯が同程度に卓越して存在している。

つぎに、1, 3, 24の各時間最大雨量および総雨量の分布を示すと、Fig. 8のようである。いずれの雨量分布も但馬（浜坂、香住）から播磨（姫路、加古川）にかけての、県下を南北に縦断する地域で大きい値を示している。時間雨量の最大値（64 mm/hr：稲美）は県南部にあるが、3時間以上の雨量の最大値（3時間最大雨量128 mm：八鹿、24時間最大374 mm：三川山、総雨量522 mm：三川山）はいずれも北部地域にあって、長時間の豪雨域が北方に偏っているのが分かる。これは、上述のように北部地域で前線性豪雨と台風性豪雨が相次いで発生したことによっている。

2.2 被害の概要

兵庫県下の主な一般被害⁵⁾は、

- ・人的被害：死者2人（浜坂、姫路各1人）、負傷者12人（但馬8人）
- ・建物被害：全壊4棟（但馬3棟）、半壊10棟（但馬6棟）、床上浸水2,814棟（姫路1,146、豊岡473、竜野368）、床下浸水19,358棟（姫路7,667、加西2,276、香寺2,116）
- ・田畑被害：流失・埋没389ha（但馬315ha）、冠水6,828ha（但馬2,470ha、西播磨2,081ha）

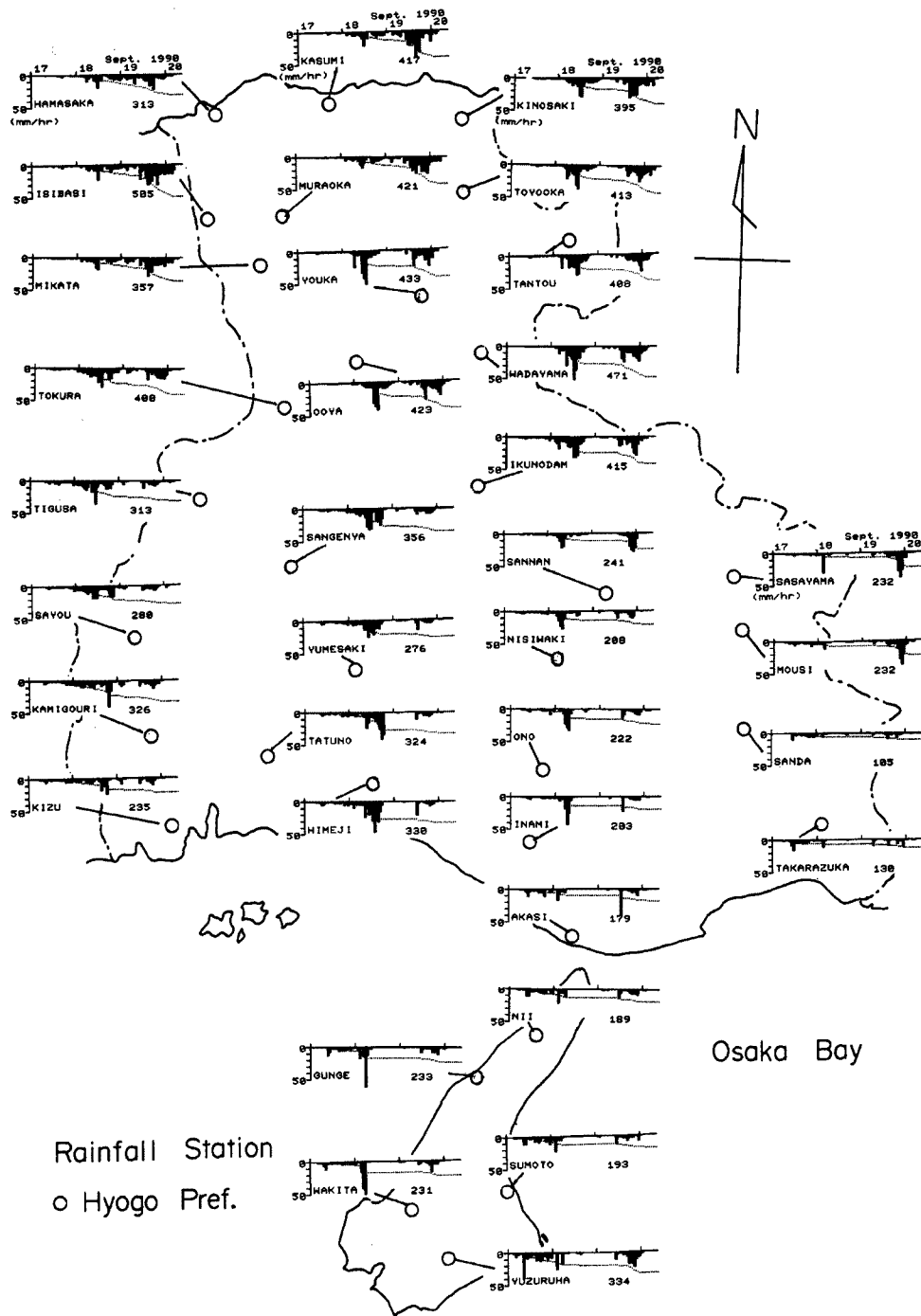


Fig. 7. Distributions of hourly rainfall at the typical stations of Hyogo prefecture.

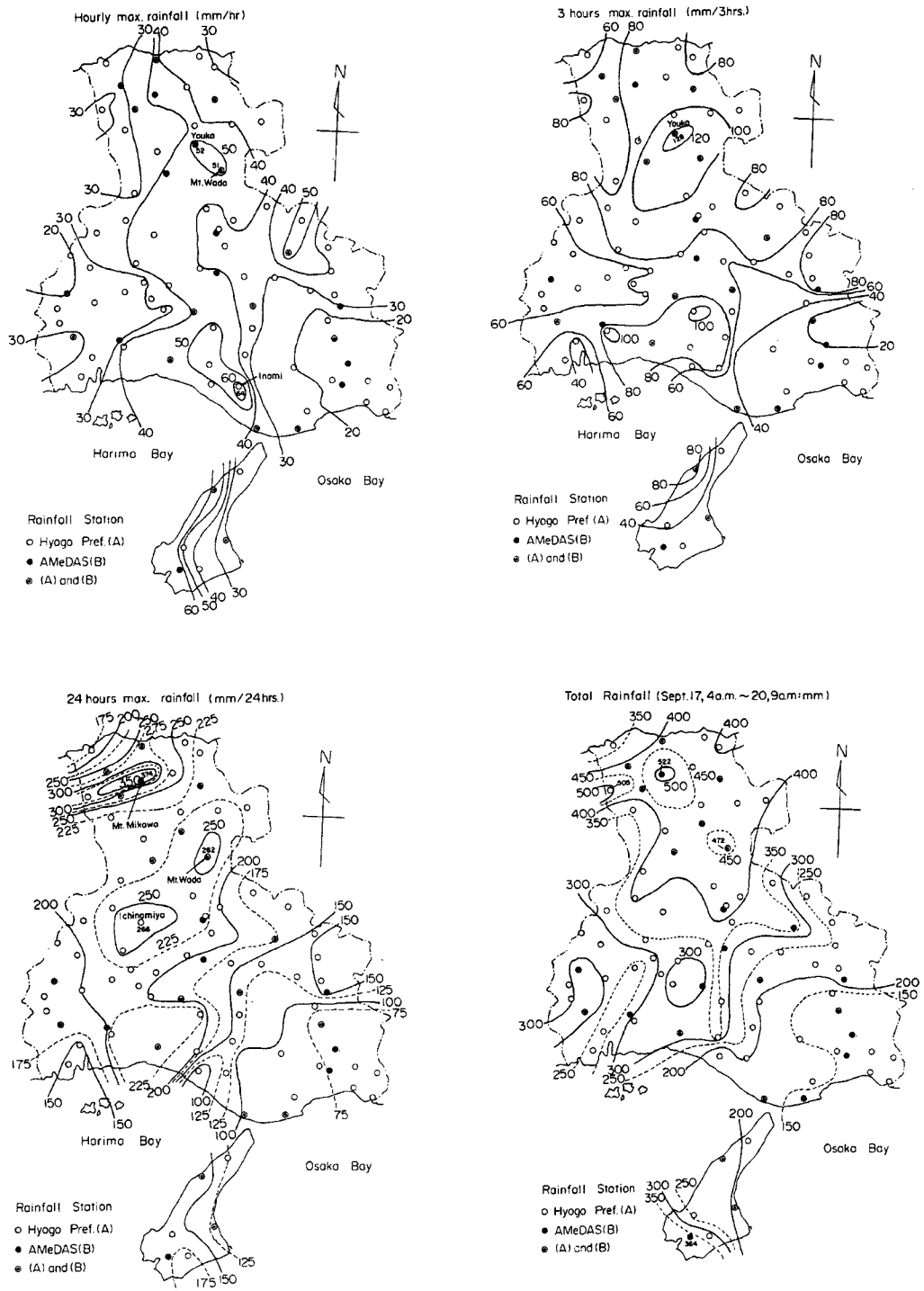


Fig. 8. Areal distributions of maximum values of rainfall in terms of 1, 3 and 24 hours and total.

であって、崖崩れも758ヵ所(大屋157, 和田山102)発生しており、浸水災害は播磨と但馬地域で、土砂災害は但馬地域で甚大であった。

県下の被害総額は83,563百万円であって、その内訳は公共土木施設53,543百万円、農林水産業施設15,647百万円、農産被害3,471百万円、商工被害2,699百万円等となっており、公共土木施設の被害額が総額の64%を占めている。

2.3 洪水災害の地域分布と主要被災河川

洪水災害の地域分布をみるために、浸水家屋数と河川施設被災個所数の市町村別分布を示すと、それぞれFig. 9およびFig. 10のようである。各図の陰影部はそれぞれ浸水家屋約200棟以上、河川施設被災約80個所以上の市町村を示している。浸水家屋数は県北部と南部の沿岸地区で多く、河川施設被災は約4,000個所にのぼるが、県北部一帯と中央部数町村(揖保川と市川上流域)に点在している。これらの被災件数の多い地区を、Fig. 8の各時間単位の最大雨量分布と比較すると、24時間最大雨量200mm以上の豪雨域にほぼ含まれていることが分かる。また、県南部では、主要河川の上流域における1時間、3時間最大雨量の値が下流域に較べて相対的に少なく、このために加古川、揖保川、市川などの本川で異常洪水が発生せず、中小河川の氾濫や内水災害の形態が主になったと考えられる。

つぎに、兵庫県資料^{6),7)}から、警戒水位を越えた諸河川の最高水位(H_M)と警戒水位(H_W)および既往最高水位(H_R)の比較を示すと、それぞれFig. 11およびFig. 12のようである。なお、これらの図に示した河川は、由良川と武庫川の数地点を除いて、すべて但馬および東・西播磨地域の河川である。記

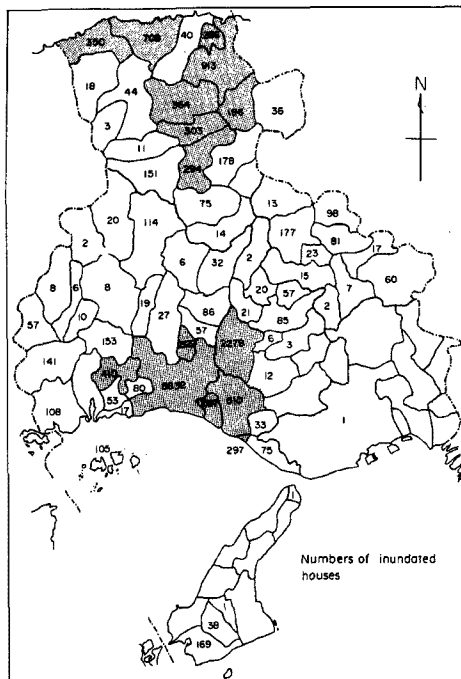


Fig. 9. Distribution of the number of inundated houses in administrative districts of Hyogo prefecture.

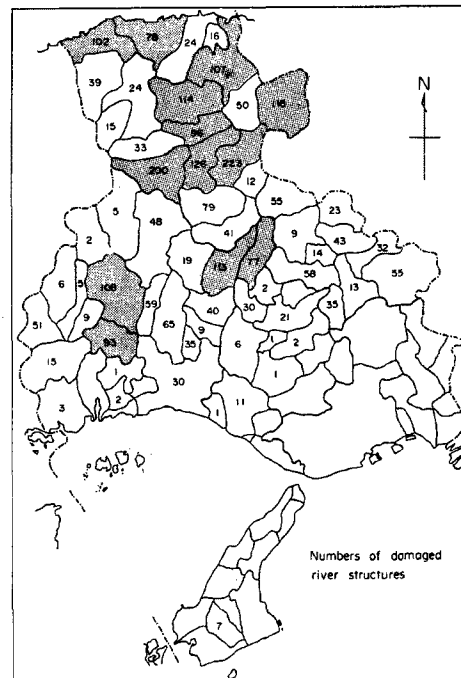


Fig. 10. Distribution of the number of damaged river structures in administrative districts of Hyogo prefecture.

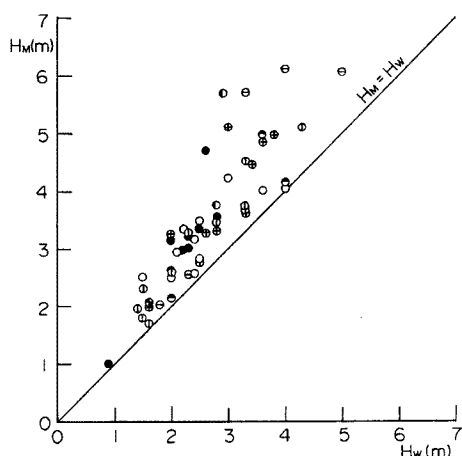


Fig. 11. Comparison of the maximum water level of the present flood and the warning water level in rivers of Hyogo prefecture.

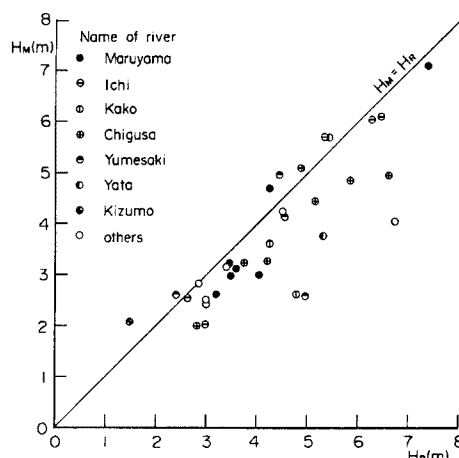


Fig. 12. Comparison of the maximum water level of the present flood and the recorded maximum water level in rivers of Hyogo prefecture.

録されている河川だけでも、14水系32河川の54地点で警戒水位を突破しており、その半数が $H_M - H_W = 1 \sim 3$ mに及んでいる。一方、既往最高水位の記録のある34地点についてみると、今回の洪水でそれを上回った河川は7地点であるが、 $H_M > H_R - 1$ mに大部分の河川が入っており、既往最大に近い洪水であったことが分かる。

Fig. 13は、主要浸水地域と主要被災河川（区間）を示したものである。主要浸水地域は姫路市周辺（市川、夢前川）と豊岡市（円山川）である。また、激甚災害特別事業として採択された河川が3河川、災害復旧助成事業および関連事業として採択された河川がそれぞれ9河川、13河川であり、その約半数は円山川流域に集中している。

災害現地の調査では、久斗川（浜坂町）、西川・長谷川・佐津川・安木川・相谷川（香住町）および円山川本川とその支川の六方川・小佐川・建屋川などを踏査した。これらの諸河川は、円山川本川を除いていずれも河道疎通能力を上回る洪水に見舞われており、破堤氾濫による市街地の被害（久斗川）、河道の線形から逸脱した洪水・土砂の全面的越流氾濫（安木川：Photo. 1, 建屋川）、河岸の侵食・崩落（小佐川）、土石流・土砂流の流出・堆積（安木川および建屋川の支谷、西川）など各種の甚大な災害形態がみられた。また、護岸・根固め等の河川構造物の被害が無数にあって、越水規模・河道線形・河床変動・構造物の様式によって被災形態は異なるが、石積み（天然石や間知石）の旧式護岸に較べてコンクリートブロックの擁壁護岸の破損や倒壊が目だった（Photo. 2, Photo. 3）。同程度の河床洗掘区間において、前者では法面にほとんど損傷がなく根固め付近の破損に留まっているのに対して、後者では法面全体の破壊・滑動・倒壊などが生じていた。こうした護岸被災については既往の調査研究⁸⁾でも指摘されており、被災件数が多いだけに検討すべき重要な課題であろう。一方、内水による浸水災害は、六方川など円山川下流域で甚大であったが、これについては次節で述べる。

2.4 円山川の内水災害

(1) 流域概要と出水状況

円山川は、流域面積1,300 km²（1市12町、人口15.5万人）、幹線河道長68 km、基本高水6,400 m³/s

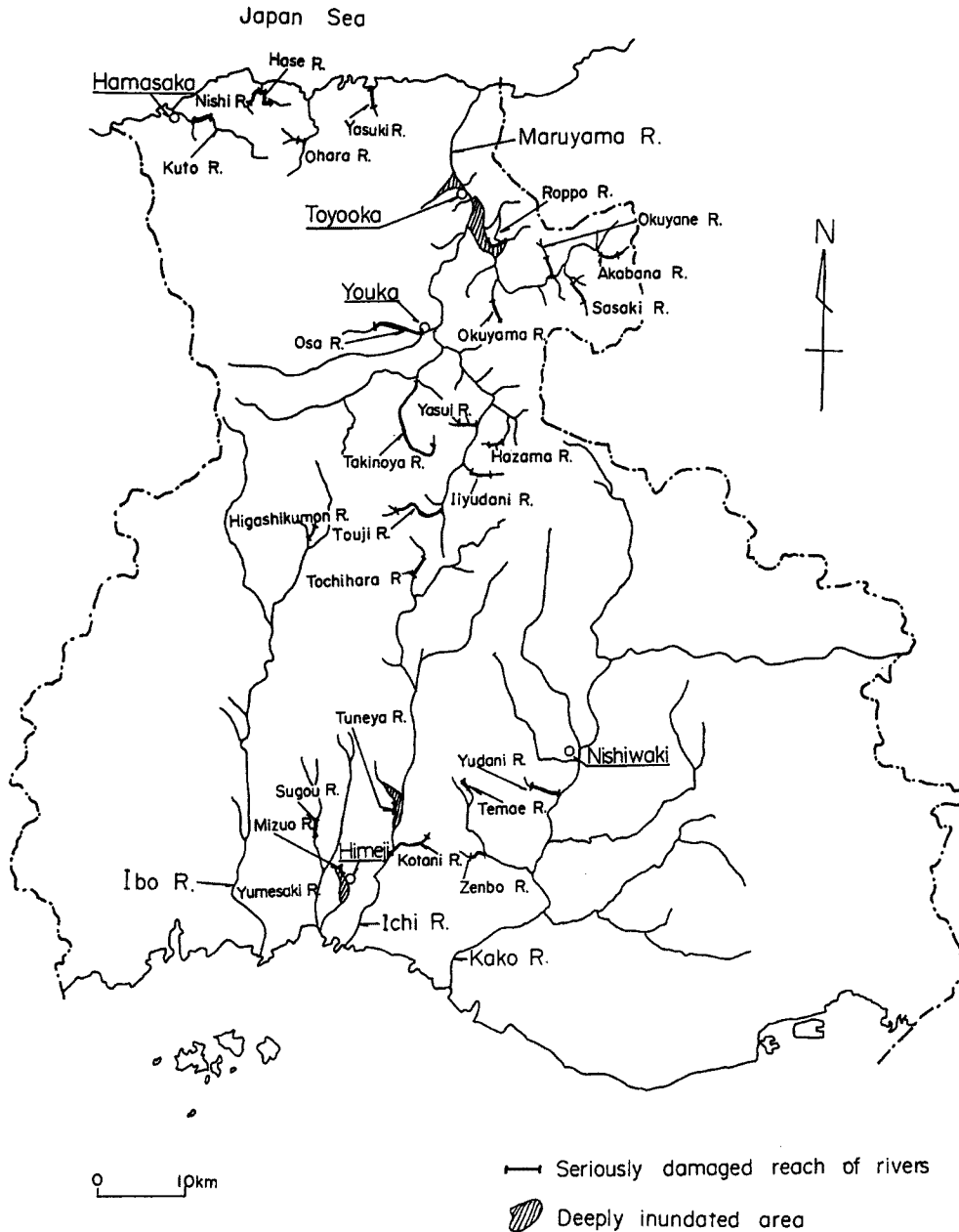


Fig. 13. Seriously damaged reaches of rivers and deeply inundated areas in Hyogo prefecture.

(1/100年), 計画高水流量(立野地点) 5,400 m³/s の一級河川であり, 下流部(豊岡市付近)の河床勾配は 1/8,300 の緩流河川である⁹⁾. 流域の年降水量は約 2,000 mm で, 立野地点上流の計画降雨は 2 日雨量 327 mm とされている¹⁰⁾.

今回の降雨と出水状況を, 円山川下流域 (Fig. 14) について示すと Fig. 15 のようである。前線性豪雨の後, 台風性の豪雨がほぼ同程度の規模で発生した。流域平均降雨量¹¹⁾は, 前者が 214 mm (八鹿 248 mm,

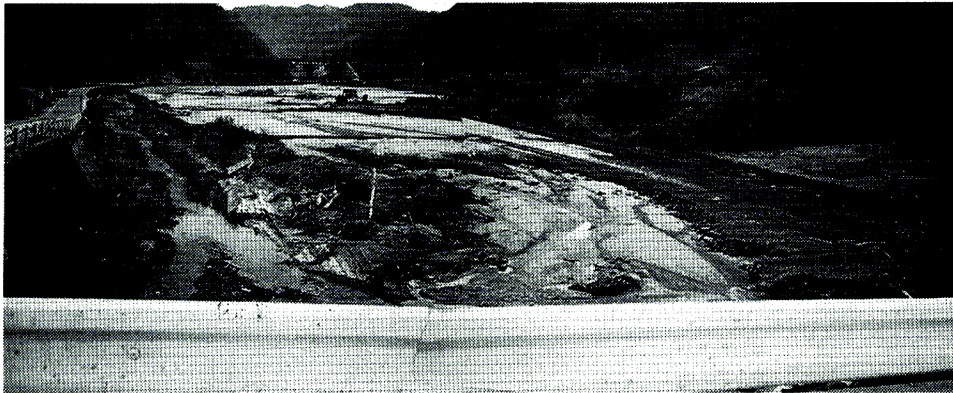


Photo. 1. Situation of overland flooding in the downstream reach of the Yasuki river.

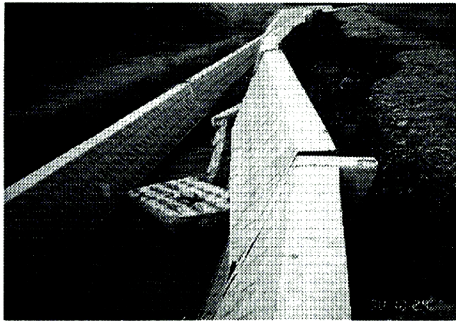


Photo. 2. Failure of revetments in the Ainoya river.



Photo. 3. Failure of revetments in the Satu river.



Photo. 4. Temporary levees in the downstream reach, about 10 km from the river mouth, of the Maruyama river. (Notice white garbages on the bank slope indicating the highest flood level mark)

平田 233 mm, 豊岡 145 mm), 後者が 181 mm (八鹿 218 mm, 平田 206 mm, 豊岡 148 mm) であって, 本川と支川出石川の雨量時系列も類似している。立野地点のピーク水位は, 計画高水位 (H.W.L.) 8.16 m に対して, 第一波 6.99 m (18 日, 18:10), 第二波 7.13 m (20 日, 3:20) に達した。18 日の 15 時頃に, 本川右岸 14.5 km (円山川大橋) 付近で表法面崩壊が発生し, 第二波では堤高の低い個所 (豊橋市域の有堤区間 32 km のうち 6 箇所, 延長 2.5 km) で越水する危険性があったが, 必死の水防活動 (延 35.5 時間, 1,060 人, 土のう 43,400 袋) によって堤防越水と決壊を食い止めた。また, 左岸側の暫定堤防 (Photo. 4.) によって豊岡市街地への全面越水を免れた。

(2) 内水災害

このように本川の越水・破堤は免れたが, 豊岡市では六方地区を中心に深刻な内水災害を被った (Photo. 5)。比較のため 1959 年以降の洪水の水文諸

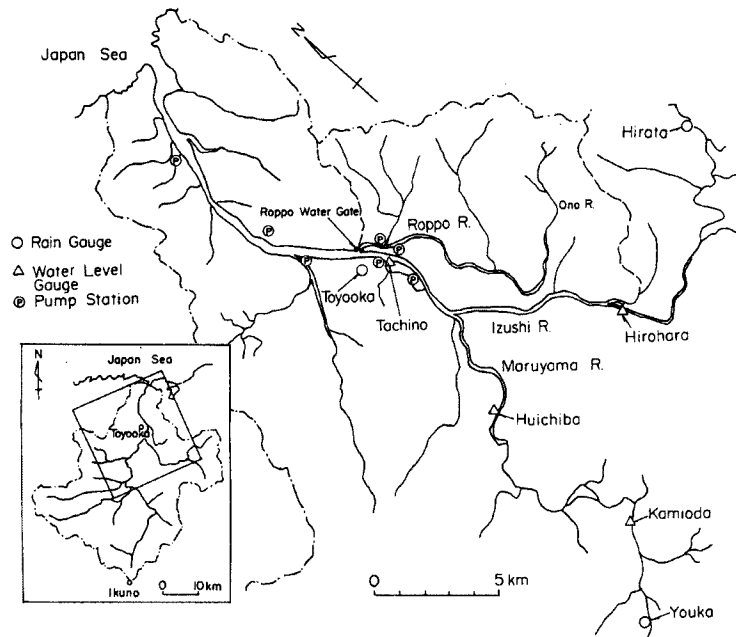


Fig. 14. Map of the downstream catchment area in the Maruyama river, and its rainfall and water level gaging stations.

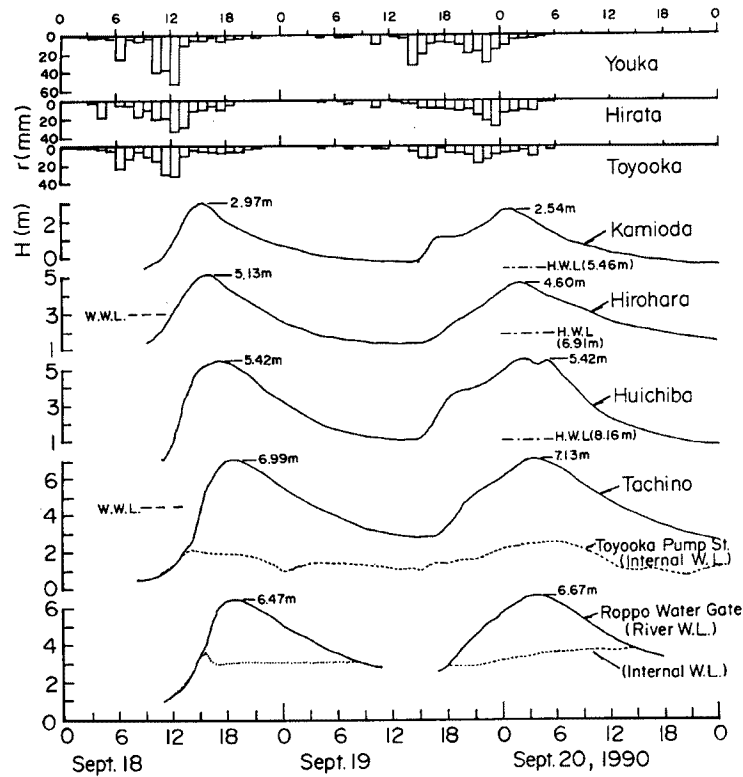


Fig. 15. Distributions of hourly rainfall and water level hydrographs in the downstream reach of the Maruyama river.



Photo. 5. Inundation in the Maruyama river; the inundated area at the left is Roppo district. (Photo by Toyooka Construction Office in the Ministry of Construction)



Photo. 6. The Ono River diversion channel under construction.

量（2日雨量：豊岡，最高水位・最大流量：立野）と浸水被害（浸水家屋数，浸水耕地面積）の推移⁹⁾を棒グラフで表すと Fig. 16 のようである。また，主要な洪水の諸元を Table 1. に，浸水域の分布を Fig. 17 に示す。

1965年以前に較べると，同程度の雨量・出水に対して浸水被害はかなり軽減されているが，依然として浸水面積 2,000 ha，浸水家屋 1,000～3,000 棟に及ぶ内水災害が 1970 年以降も頻発している。Fig. 17 の浸水域は，本川の左岸側（とくに豊岡市街地周辺）で縮小しているが，六方川周辺では 3 主要洪水の浸水範囲はほぼ同じである。今回の洪水における豊岡排水機場と六方水門での

内水位の推移は，Fig. 15 にみられるように後半の洪水での水位が高く，前者の最高水位は 2.53 m（初期水位の 1.60 m 高），後者のそれは 3.74 m（2.84 m 高）であった。また，六方地区の浸水面積は 978 ha であって，豊岡市・出石町の浸水面積の 56% を占めている。全浸水家屋数の内訳は，床上浸水 812 棟・床下浸水 2,049 棟であるが，六方地区では床上 429 棟・床下 246 棟と逆転しており，浸水被害の割合も極めて高い。

こうした内水災害の対策として，次のような排水機場の設置と放水路の開削事業が進められている。

1) 排水機場の現状 (Fig. 14 参照)

右岸側 24.3 m³/s: 赤石 (1976 年) 2.8 m³/s, 六方 (1958 年) 18 m³/s, 新田 (1965 年) 3.45 m³/s

左岸側 22.2 m³/s: 一日市 (1969 年) 5.2 m³/s, 豊岡 (1967 年, 1971 年) 12 m³/s, 八条 (1987 年) 5 m³/s

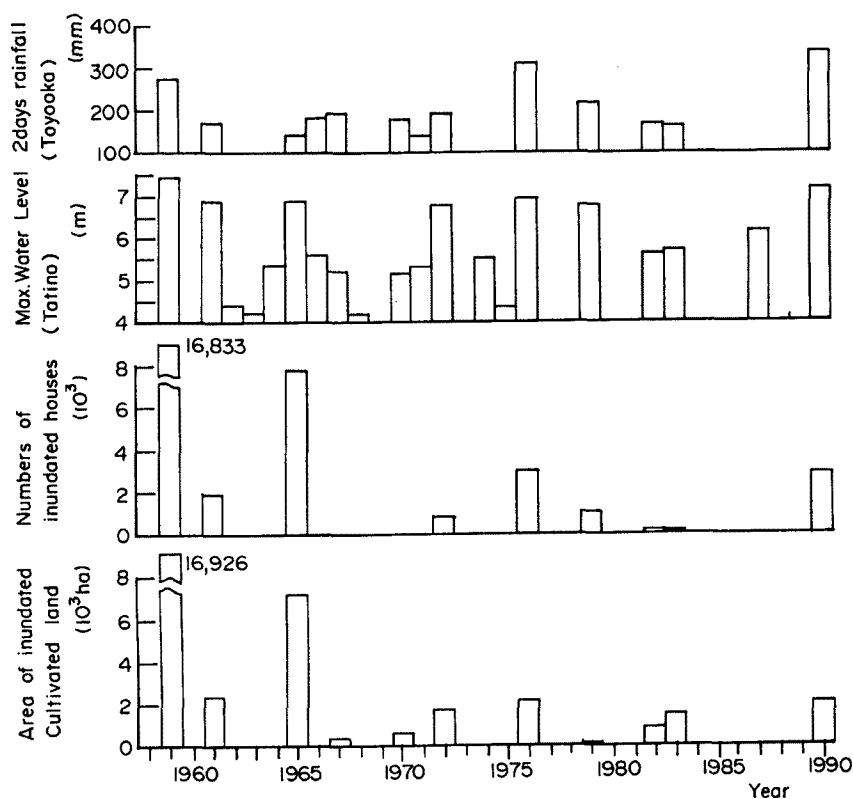


Fig. 16. Rainfall and water level records, and damages to houses and the cultivated land in the past floods of the Maruyama river.

Table 1. Hydrologic records, and damages to houses and the cultivated land in the major floods of the Maruyama river

Year	Name of Typhoon	2 days rainfall (mm)	Max. Water Level (m)	Max. Discharge (m ³ /s)	Numbers of inundated houses	Area of inundated cultivated land (ha)
1959.9	Ise Bay	253.4	7.42	3,043(4,435)	16,833	16,926
1965.9	No. 23	190.8	6.86	2,617	7,788	7,208
1976.9	No. 17	321.7	6.92	2,595	3,022	2,153
1990.9	No. 19	395	7.11	3,030	2,861	2,140

2) 小野川放水路(施工中: Photo. 6)

六方川流域 72.6 km²のうち、小野川等の流域 18.2 km² (計画高水流量 270 m³/s) の出水を出石川へ放流する工事が進行中である。しかし、小野川放水路が完成しても六方地区の内水排除にはなお不十分で、さらに 100 m³/s 程度のポンプが必要と考えられており¹²⁾、抜本的対策には多大な費用と期間を要するであろう。

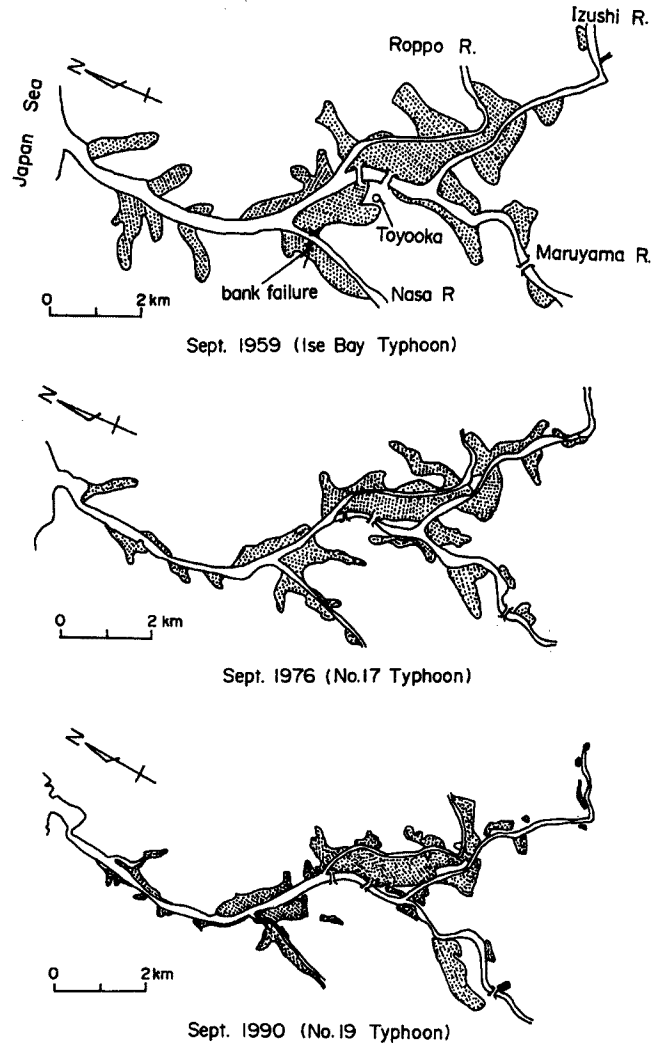


Fig. 17. Comparison of inundated areas in the downstream reach due to three major floods of the Maruyama river.

3. 滋賀県下の洪水災害

3.1 雨量分布と被災概況

滋賀県下における9月16日～20日の時間雨量の推移を示すと、Fig. 18 のようである。いずれの地点も、秋雨前線による降雨量は少なく、19日から20日にかけての台風性降雨が卓越している。Fig. 19 および Fig. 20 に、それぞれ時間最大および24時間最大雨量を示す。多雨域は東・西の山地部に分かれており、とくに湖東地域の山間部（土山町・永源寺町）に時間雨量60 mm、24時間最大雨量400 mmを越える豪雨域が存在する。湖西地域の一部（朽木村）で、24時間最大雨量が350 mm以上を記録しているが、時間最大雨量は30 mm程度で湖東に較べて雨量強度は小さい。

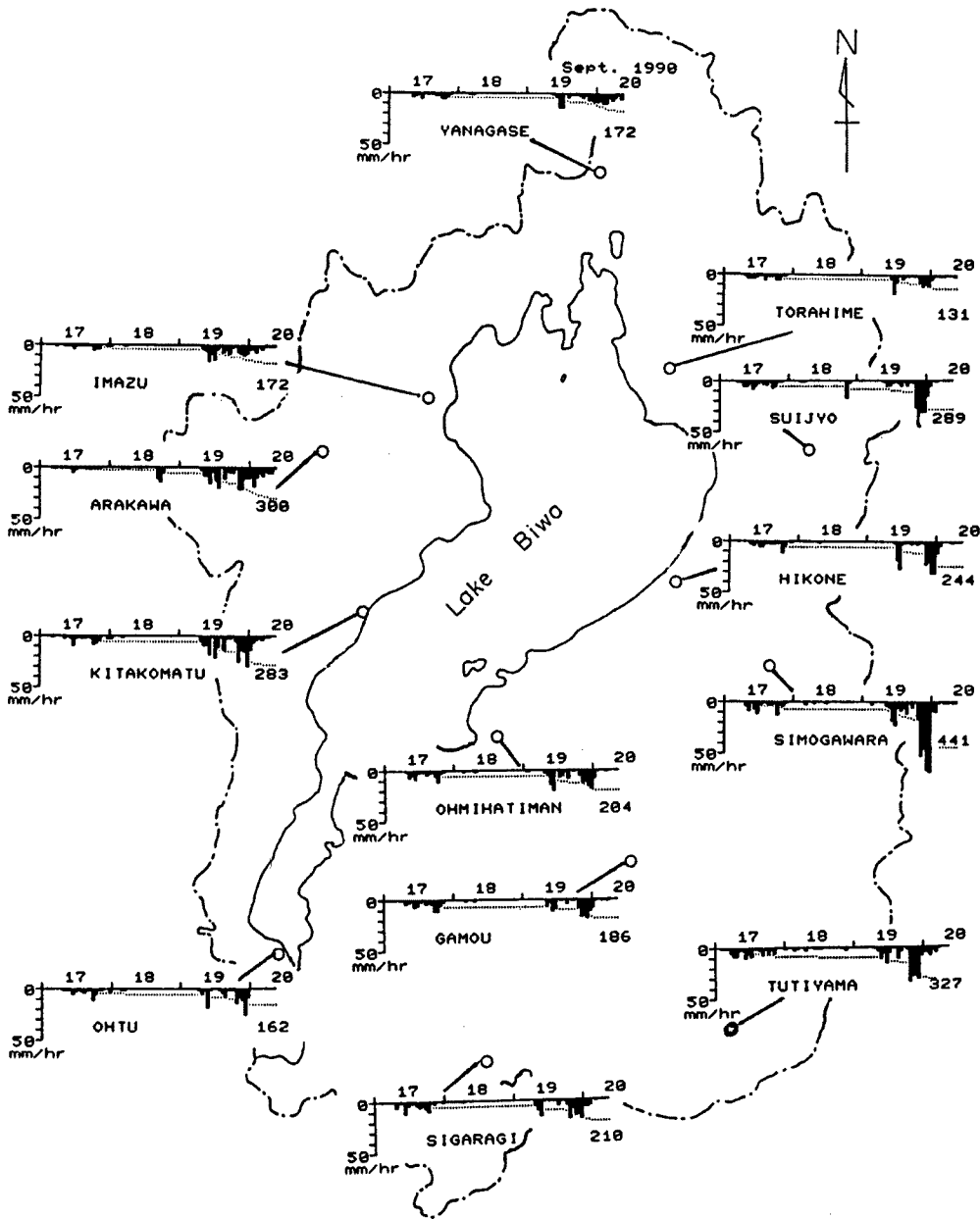


Fig. 18. Distributions of hourly rainfall at the typical stations of Shiga prefecture.

台風19号の豪雨による主要な被害¹³⁾は、死者1人(能登川町)、重傷者1人(湖東町)、半壊家屋1棟(土山町)、一部破損家屋147棟、浸水家屋1,187棟(床上浸水170棟・床下浸水1,017棟)、冠水田畑956ha、河川施設被害380箇所であって、被害総額164億円(うち公共施設被害120億円)とされている。

Fig. 21およびFig. 22は、それぞれ市町村別の浸水家屋数と河川施設被災額を示したもので、陰影部は浸水家屋150棟以上、被害額2億円以上の地区を表している。家屋の浸水被害は彦根周辺部に集中して

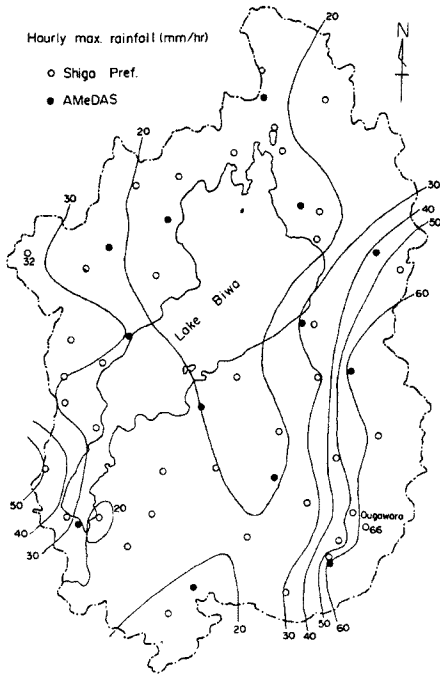


Fig. 19. Areal distribution of hourly maximum rainfall.

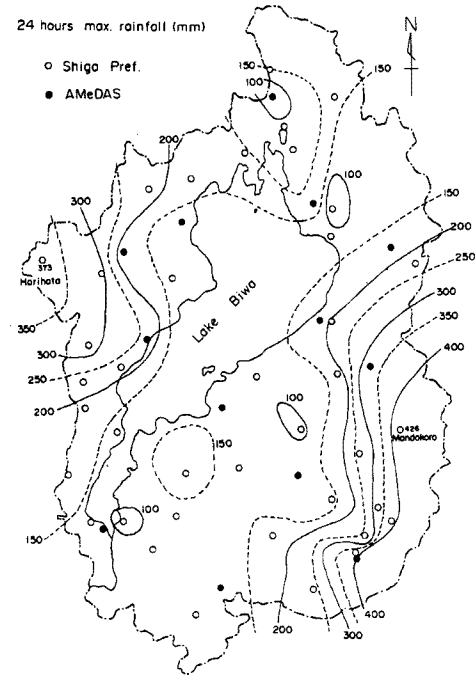


Fig. 20. Areal distribution of 24 hours maximum rainfall.

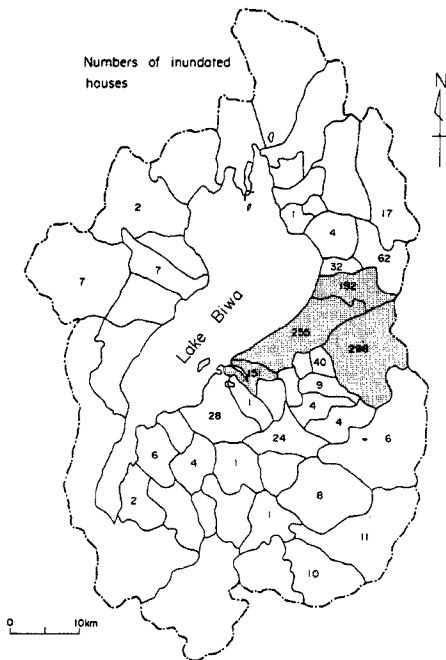


Fig. 21. Distribution of the number of inundated houses in administrative districts of Shiga prefecture.

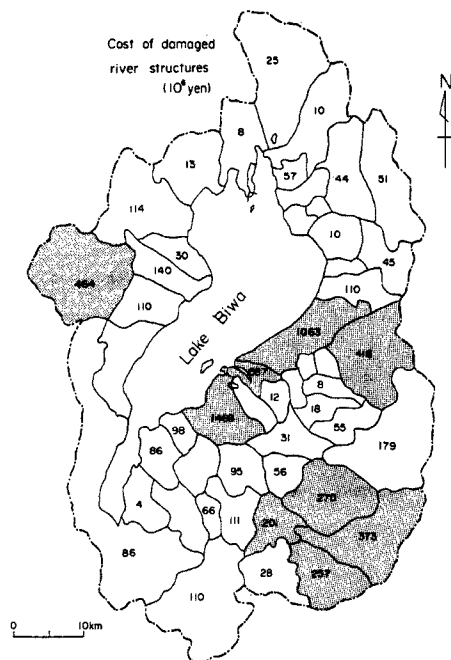


Fig. 22. Distribution of the amount of damaged river structures in administrative districts of Shiga prefecture.

おり、河川被害は山地部の多雨域と下流部で多く、中流部では比較的少ない。なお、災害復旧助成事業に2河川、災害関連事業に5河川が採択されており、それらの河川は何れも湖東地域 (Fig. 22 の陰影部) である。

3.2 愛知川の破堤災害

(1) 流域概要と被災状況

愛知川は、Fig. 23 に示すように琵琶湖に流入する一級河川であって、流域面積 203.5 km²、幹線河道長 41.0 km である。上流部には 1972 年に完成した農業用水専用の永源寺ダムがある。このダム¹⁴⁾の有効貯水容量は 2,198.4 万 m³、集水面積は 131.5 km² であって全流域面積の 65% を占めている。また、設計洪水流量は重力部 1,530 m³/s、フィル部 1,840 m³/s であり、流入量 300 m³/s 以上の出水に対しては自然放流することになっている。

9月20日の午前1時半、八幡橋下流 (6.6 km 付近) 今地区の左岸堤防が約 30 m (決壊口: Photo. 7) にわたって破堤し、つづいて 20 日午前 2 時に、愛知川橋上流 (1.0 km 付近) 栗見新田地区の左岸が延長約 230 m にわたって破堤した。そのほか、14 ヶ所で河岸欠壊等の河道災害を被ったが、それらの位置と被災 (修復) 延長を Fig. 24 に示す。

能登川町の被害¹⁵⁾は、死者 1 人、浸水家屋 154 棟 (床上浸水 72 棟、床下浸水 82 棟)、一部破損家屋 5 棟、流失・

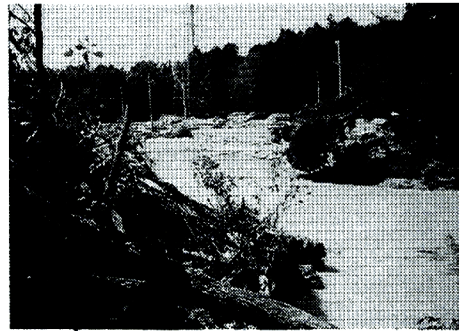


Photo. 7. Breach of levee failure near the point of Yawata bridge.

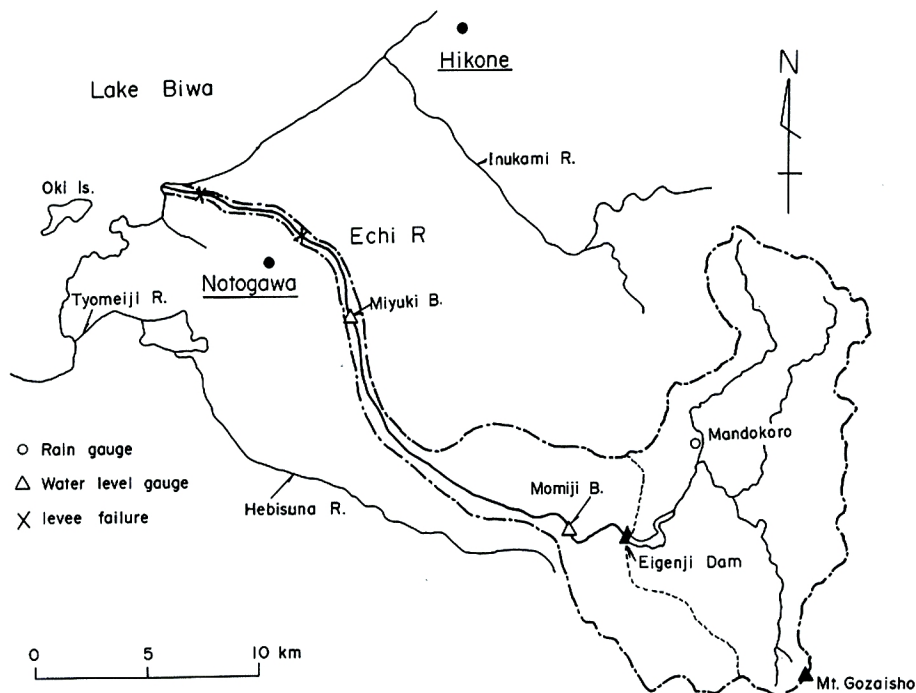


Fig. 23. Map of the Echi river, and its rainfall and water stage gaging stations.

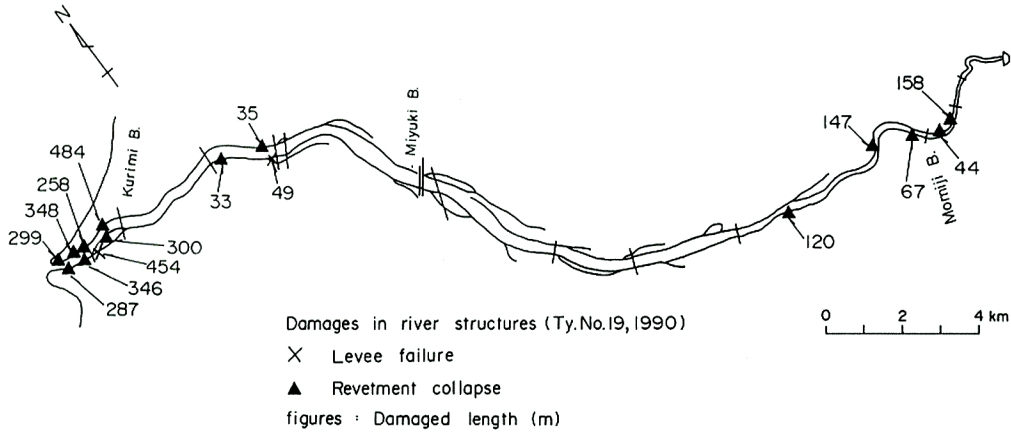


Fig. 24. Damages to river structures in the Echi river due to the flood of the Typhoon No. 19 in 1990.



Photo. 8. Damaged cars due to the flooding caused by levee failure near Yawata bridge (far left: the parking area, and far right: Yawata bridge).

埋没田畑 13.8 ha, 浸水・冠水田畑 426.7 ha, 被害総額 37 億円 (商工被害 27 億円, 公共施設被害 5.2 億円, 農産被害 1.3 億円) であって, 罹災者数 3,900 人 (町人口の約 2 割) に及んだ。破堤氾濫による犠牲者 (1 人) は, 八幡橋下流の破堤地点に隣接している駐車場を見回っていた際に被災したと言われており, 車の流出被害も約 250 台にのぼった (Photo. 8, Photo. 9)。

(2) 出水状況

Fig. 25 に, 上流域 (政所) の時間雨量, 永源寺ダムの貯水位・流入量・放流量およびダム下流 2 地点の水位ハイドログラフが示されている (観測地点は Fig. 23 参照)。政所では, 時間雨量 40 ~ 60 mm/hr の豪雨が 19 日の 20 時



Photo. 9. Situation of the parking area destroyed.

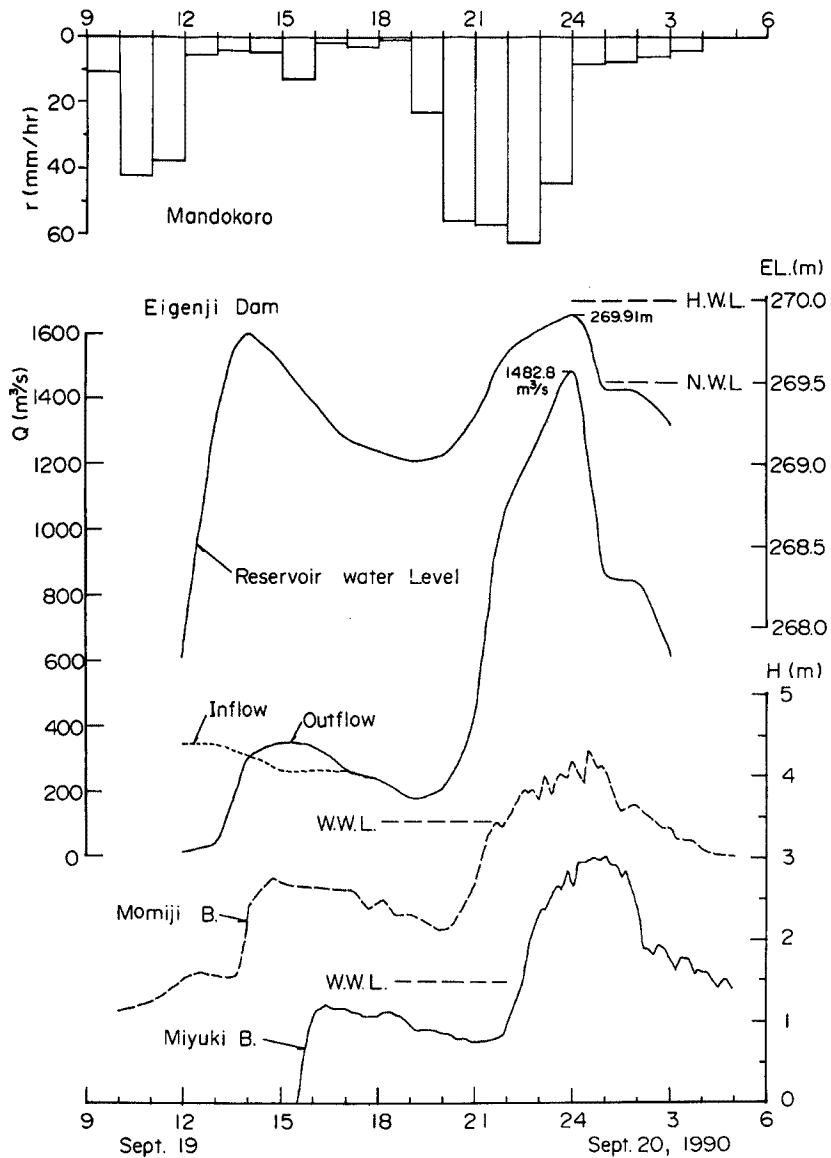


Fig. 25. Hourly distribution of rainfall, changes in water level and inflow and outflow rates at the Eigenji dam, and in water levels of the Echi river.

～24時の4時間継続しており、3時間最大雨量は176.5mmで既往最大値を記録した。なお、愛知川における既往災害時の3時間最大雨量は、1953年9月の13号台風時の171.6mm、1959年9月の伊勢湾台風時の154mmであって、それぞれ下流部2ヵ所で破堤災害が発生している。Fig. 26に1953年以降の破堤地点が示されているが、下流13km区間の左岸4ヵ所、右岸3ヵ所で、いずれも9月の台風時の洪水によって決壊している。

ダムの水位と放流量の時間的変化¹⁶⁾をみると、9月中旬は異常渇水が問題となっており(琵琶湖烏居川水位は9月12日-65cm、19日-38cm、20日+8cmと推移している)、ダム水位も19日12時ではまだ常時満水位より2m程度低かったが、14時には満水位に近く達している。ダム放流量は、19日17時以降

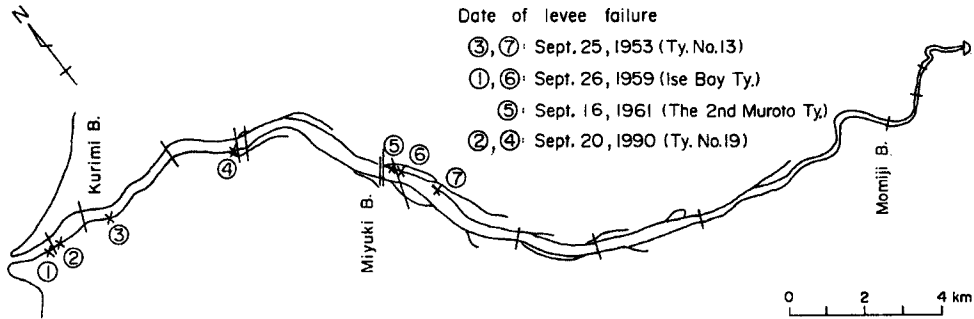


Fig. 26. Points of levee failure due to the recent floods in the Echi river.

ではば流入量に等しく、最大放流量（20日0時、1482.8 m³/s）は設計洪水流量をわずかに下回る値であった。一方、下流部における最大流量については、洪水痕跡が得られていないので詳細な検討はできないが、御幸橋地点の最高水位から概算（河道勾配 0.0035、川幅 250 m、平均水深 2.4 m、Manning の粗度係数 $n = 0.03$ を仮定）すると、2,120 m³/s である。また、ダム下流残流域 72 km² からの最大流出流量を、平均降雨強度 35 mm/hr（Fig. 19 の時間最大雨量の残流域平均）とピーク流出係数 0.8 を仮定して合理式から推定し、最大放流量に加算すると 2,140 m³/s となる。

(3) 河道の疎通能と氾濫状況

愛知川下流部の河道条件として、Fig. 27 に堤防高、低水路河床高（平均・最深）および堤内地盤高の縦断変化を、Fig. 28 に河道平面形状および川幅・低水路幅の変化を示す。また、Fig. 29 に、八幡橋、愛

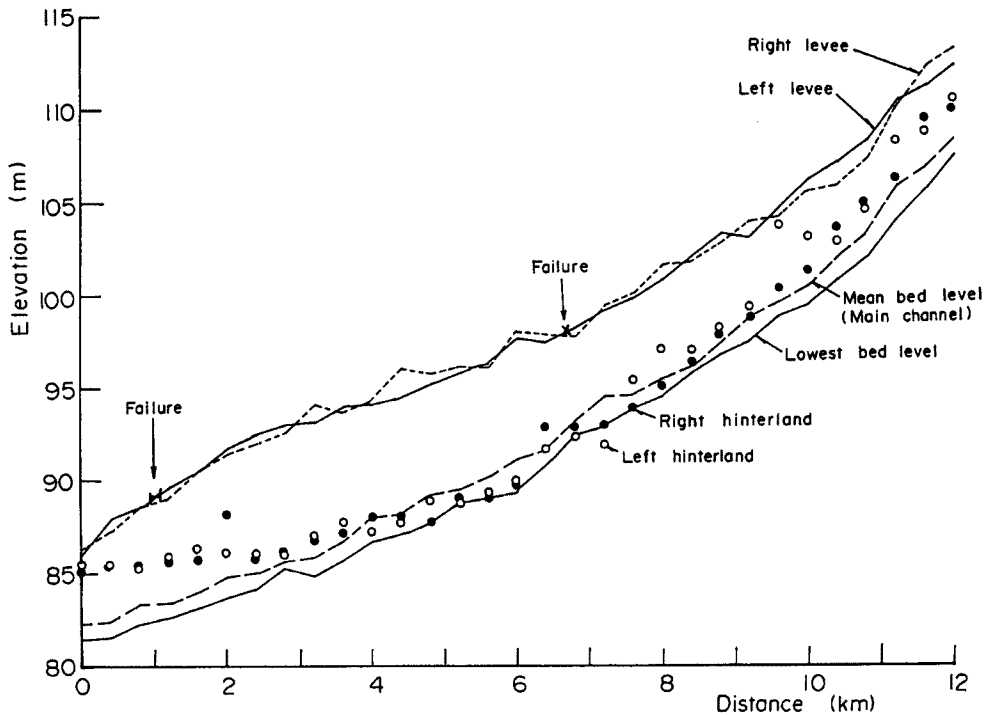


Fig. 27. Elevations of top of levee, river bed, and ground level of hinterland along the downstream reach of the Echi river.

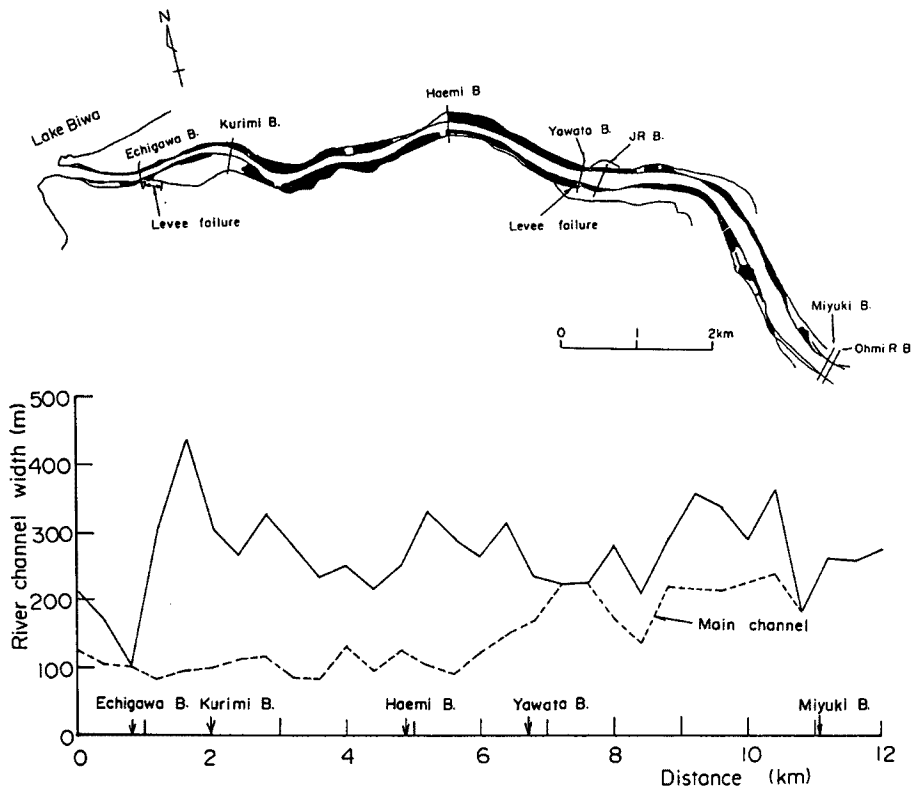


Fig. 28. Plane form and change in channel width of the downstream reach in the Echi river.

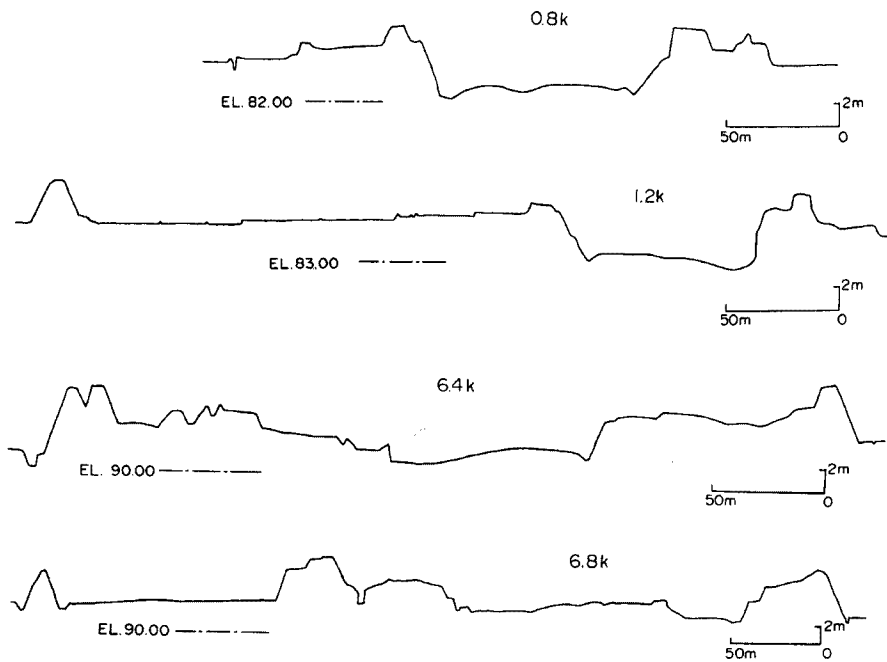


Fig. 29. Cross sectional profiles of river channel at the stations near Echigawa and Yawata bridges.



Photo. 10. Luxuriant coppices in the left bank of the Echi river at the point of Yawata bridge.

知川橋破堤地点上下流の河道横断形状が示されている。下流 10 km 区間の河道勾配は、6 km 付近に遷緩点があって、約 $1/400$ から $1/700$ に変化している。堤内地盤高は、河口付近と御幸橋上流を除いて低水路の平均河床高に近く、滋賀県の諸河川にみられる天井川の傾向は著しくない。しかし、Fig. 29 の河道横断から分かるように、両岸あるいは片岸に河床が高く、幅の広い高水敷があって、しかも密生した河辺林（主に竹林）で覆われており（Fig. 28 上図の黒い部分および Photo. 10 参照）、洪水の疎通は低水路に限定されていると考えられる。

そこで、八幡橋および愛知川橋両地点の低水路について今回の洪水疎通能を検討する。まず、前者について、水路幅 150 m、堤防満水時の平均水深 5.5 m、河床勾配 $1/600$ を用い、上述の最大流量 $2,100 \text{ m}^3/\text{s}$ に対する粗度係数を逆算すると、 $n = 0.044$ となる。また、福岡・藤田の研究¹⁷⁾ にならって、低水路（河床の粗度係数は $n = 0.03$ を仮定）と高水敷の境界混合係数 f を求めると $f = 0.11$ となり、これは水没樹木群の下限値あるいは非水没の場合の 5 倍程度の値である。実際は水没していないので、実験と現地の条件の相違（強風や波浪による境界混合の増大など）を検討する必要があるが、河辺林の繁茂によって低水路の疎通能がかなり低下していることは確かであろう。一方、後者の地点について、水路幅 100 m、平均水深 5.5 m、河床勾配 $1/800$ の条件で、 $n = 0.03$ を仮定すると流下能力は $1,880 \text{ m}^3/\text{s}$ となり、最大流量をかなり下回る。実際は低水路河岸に樹木があるので、さらに洪水疎通能は小さかったと考えられる。

両地点の破堤原因については、滋賀県の河川防災技術研究会で検討が進められており、八幡橋地点では断面の急縮による背上げや水衝部の水位上昇、愛知川橋地点では高水敷の流路化と河辺林による阻害が挙げられ、また、



Photo. 11. Slip failure of the interior slope of levee near the station of Haemi bridge. (Photo by Notogawa Town Office)



Photo. 12. The downstream slope of the breach shown in Photo. 7.

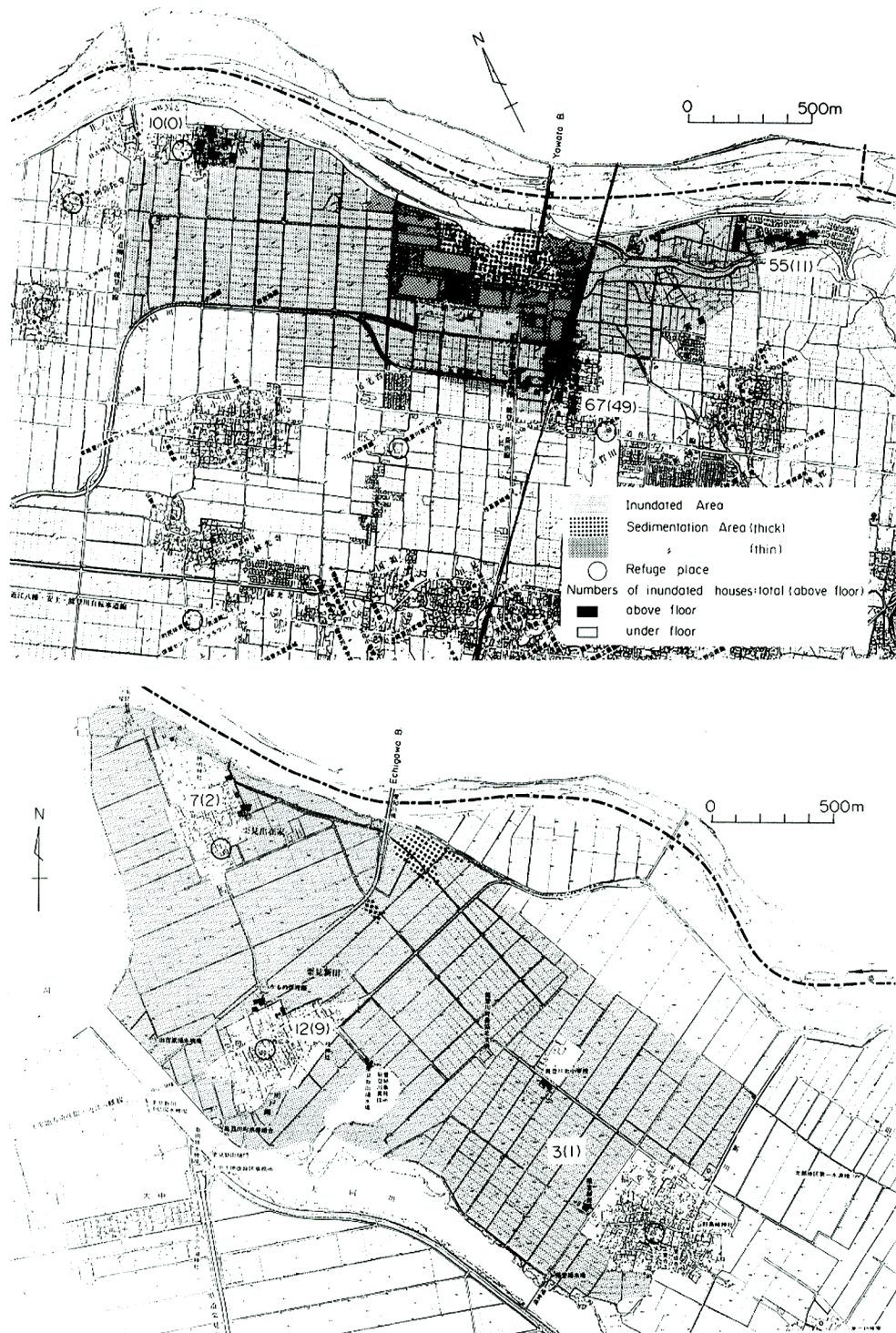


Fig. 30. Flooding and sedimentation around points of levee failure near Yawata and Echigawa bridges.

北西風（20日1時に最大風速14.7 m/s）による吹き寄せや波浪の影響も指摘されている。こうした複合要因の子細は不明であるが、いずれにしても両地点の流下能力が最大流量以下であって、越流による破堤であったと考えられる。とくに、愛知川橋地点では破堤部に隣接して延長約100 mの越流痕跡があり、八幡橋地点でも破堤部の直下流に越水防止の土嚢が積まれており、また、葉枝見橋（4.8 km）付近では越流によって堤防の裏法が欠壊する（Photo. 11）など、危険な状態の箇所も多かったと言える。なお、河川堤防の材料は、Photo. 11 および Photo. 12 から分かるように、川砂を主体としており、砂礫も混入しているので、浸透や越流に対する堤体の抵抗が弱いと考えられる。

つぎに、両破堤地点の浸水域、土砂堆積域、浸水家屋数および避難場所の分布を示すと、Fig. 30 のようである。愛知川橋地点の浸水面積は八幡橋地点のその約2倍であるが、浸水家屋数は前者が22棟（うち床上浸水12棟）、後者は132棟（床上60棟）で逆に6倍も多い。しかも、八幡橋付近の工場建物・住家が微細土砂の氾濫堆積によって甚大な被害を受けた。破堤による氾濫水は、堤防に隣接した駐車場の車を押し流し、二線堤（Fig. 29 参照：6.8 km横断図の左端の堤防）を破り、工場を中心とした一劃に大部分の土砂を堆積させ、小河川（五位田川・大同川）を通じて下流へ排出された。一方、愛知川橋地点の破堤延長は長かったが、土砂の異常堆積は決壊口付近に限られており、周辺には水田が多いので住家等に対する土砂害は軽微であった。なお、20日の0時半に能登川町の12地区の町民に対して避難命令が出され、図に示した指定の避難場所等に1,300～1,700世帯（町全体の約1/4）が避難したと言われている。

4. 結 語

以上、1990年の台風19号による洪水災害に関して全国的概況を述べた後、兵庫および滋賀県下の降雨と被害の概要ならびに円山川の内水災害と愛知川の破堤災害の実態について考察した。

今回の水害は、台風19号発生以前に日本列島を覆っていた秋雨前線の影響もあって、広域の大雨台風としては14年振りと言われ、全国40府県の中小河川を中心に多大な被害をもたらした。大河川についても、100河川で警戒水位を突破し、水防活動等で越水や破堤を辛うじて免れた河川も多く、本文では触れなかったが、河川改修の進捗とともに、近年における気象および河川情報収集・伝達システムの進歩と水防体制の維持・強化の重要性が指摘されよう。しかし、大河川の周辺で深刻な内水災害を受けた地域は多く、抜本的対策の困難さと小規模な地区単位での暫定的対策の必要性を改めて浮き彫りにした。

一方、中小河川の災害では、未改修河川で洪水疎通能を大きく上回った水害形態が目立ったが、改修河川においても新しいタイプの河川構造物が被災している事例が多く、その破壊形態によっては洪水流の障害となり、越水・破堤につながる拡大要因となることも考えられ、構造物の強度とともに、破壊時の状況に関する研究も重要であろう。また、愛知川の災害は、河辺林の利用度低下と維持管理の看過、安全度の低い堤防に隣接した大規模な宅地や工場の立地など、河川周辺的生活環境変化が洪水災害の潜在要因を増大させることを示唆しているように思われる。

大河川の安全度が高くなるにつれて、今回の災害のような中小河川における多種多様な洪水災害の比重が高くなり、しかも河川環境の変容に伴って損害が益々増大することが懸念される。今後、こうした中小河川の災害に関するデータを蓄積し、災害の発生限界、要因の類型化、改修の効果などを明らかにすることが重要であろう。

最後に、今回の災害の資料収集と現地調査に際して御協力戴いた、建設省河川局防災課および治水課、東北・関東・中部・近畿の各地建本局および豊岡工事事務所、兵庫県土木部河川課および浜坂・八鹿各土木事務所、滋賀県土木部河港課ならびに能登川町役場の方々に、深甚の謝意を表します。また、空中写真の入手に御助力戴いた横山康二技官、現地調査に同行された藤田裕一郎助教授および資料・図面の整理に協力された中村行雄技官に感謝致します。

なお、本調査研究は、文部省科学研究費・重点領域研究「自然災害」の突発災害調査、「1990年19号台風による風水害の調査研究」(研究代表者、岡山大学・名合宏之教授)の分担課題として行われたことを付記し、関係各位に謝意を表します。

参考文献・資料

- 1) 気象庁予報部：災害時気象速報—平成2年9月11日から9月20日にかけての台風第19号と前線による暴風と大雨，1990.10.
- 2) 建設省河川局防災課：平成2年災被害報告，1990.11.
- 3) 建設省河川局治水課：水害統計（昭和63年版），1990.2.
- 4) 建設省河川局防災課：台風19号による被害状況，1990.9.
- 5) 兵庫県消防交通安全課：秋雨前線と台風19号の大雨による被害状況について，1990.11.
- 6) 兵庫県土木部河川課：9月17日から9月20日までの秋雨前線と台風19号による大雨について，1990.9.
- 7) 兵庫県：平成2年発生災害気象状況調査，1990.
- 8) 藤田裕一郎・木下晴由：超過洪水による中小河川の河道災害，京都大学防災研究所年報，第32号B-2，1989.4，pp.571-593.
- 9) 建設省河川局：円山川流域の概要，1988.3.
- 10) 建設省河川局：円山川水系流量検討説明書，1988.3.
- 11) 建設省近畿地方建設局豊岡工事事務所：台風19号被災状況調査書，1990.9.
- 12) 建設省近畿地方建設局豊岡工事事務所：六方川内水排除計画調査報告書，1971.3.
- 13) 滋賀県：被害状況速報，1990.10.
- 14) 滋賀県永源寺ダム管理事務所：永源寺ダム概要書.
- 15) 滋賀県能登川町：災害報告，1990.11.
- 16) 京都新聞社：永源寺ダムの時間推移（県農林部調べ），京都新聞・朝夕刊，1990.9.28.
- 17) 福岡捷二・藤田光一：洪水流に及ぼす河道内樹木群の水理的影響，土木研究所報告，第180号，1990.1，pp.129-192.