

巨椋低平流域の都市化と内水(3)

—水害危険度の変化—

角 屋 睦・早 瀬 吉 雄

URBANIZATION EFFECTS ON FLOOD RUNOFF AND INUNDATION CHARACTERISTICS IN OGURA BASIN(3)

—Changes in Flood Risk—

By *Mutsumi KADOYA* and *Yoshio HAYASE*

Synopsis

This paper discusses the changes of flood risk due to urbanization by the form of flood frequency in the Ogura basin of 52km² situated in south of Kyoto City. The urban area of the basin was under 8% in 1965. But the urbanization is now rapidly going on mainly in hill and high land of the watershed of the River Furu. The urban area has been extended to 35% in these ten years and anticipated to exceed 50% in the near future. To cope with this tendency, the improvement of the River Furu was began in 1971 and the Kumiyama Pump Station with a pump of 30m³/sec was built at the end of the River Furu in 1973.

The characteristics of flood runoff and inundation for the past, present and future urban states are analyzed by applying the kinematic surface runoff model and the dynamic tank model under the several rainfall conditions satisfied the given return periods in one-day depth and under the given drainage facilities.

Noticeable results obtained are as follows:

- 1) The flood risk is increased by the urbanization. For example, the flood risk in the future becomes 50 times at a point of the middle reach and 4 times in the lowest paddy field in the downstream of the River Furu compared with the one in the past, respectively.
- 2) At the present before finishing the river improvement, the flood risk is decreased slightly in the downstream compared with the one in the past, but increased 30 times in the middle reach.
- 3) In the future after finishing the river improvement, the flood risk is decreased largely in the middle reach compared with the one in the past, but increased 3 times in the downstream and a new counter-plan is demanded.

1. ま え が き

近年、都市周辺の丘陵地、低平農地等の宅地開発が急速に進展している。中上流域の丘陵地等の都市化は、雨水保留能の減少によって流出量とピーク流量の増大をもたらし、下流域の低平地農地のそれは、農地固有の流出抑制機能と遊水効果を減殺させることとなり、その結果として中下流域の水害危険度は著しく増加することになる。一方において、こうした都市化現象に対処するためにいくつかの治水方策が講じられるが、これは当然都市化に伴う水害危険度の変化を十分吸収改善するものでなければならない。

しかしながら、これまでしばしば用いられてきている水害危険度という表現は、きわめて概念的なものであって、量的には必ずしも明確なものとはいえず、これについての研究も十分とはいえない。

われわれはこれまでの前2報^{1),2)}において、昭和41年以来観測網を逐次強化しつつ調査研究を続けている

巨椋低平主体流域を対象として、都市化に伴い流出特性、内水氾濫の状況がどのように変化するかについて検討した結果を報告してきた。今回は水害危険度として定量的に表現しやすく、また直感的に理解しやすい水害発生頻度による表現法を定義した上で、水害危険度が都市化に伴ってどの程度増加し、また今日まで行なわれている対策によってどの程度軽減されているかを検討した結果について述べる。

2. 巨椋低平流域の概要

2.1 流域の概要

巨椋流域は、京都市南部に位置する低平地主体流域(52km²)で、排水区は上段地区(27.4 km², 古川), 中段地区(6.3km², 中段承水路), 下段地区(18.7km², 幹線排水路)に分けられ、洪水時にはすべて宇治川へ機械排水されている²⁾(Fig.1)。古川下流部、古川の支川井川の下流部および中段承水路には破堤防止の余水吐がある。上段地区の山地は良透水性の砂土で覆れた洪積層である。

巨椋流域下流端に位置する巨椋排水機場は昭和9年に設置された古い機場であるが、その後下段用ポンプの増設、一部更新があつて、現在では合計48.9m³/sの公称能力を持っている。さらに昭和48年には都市化の進展に伴う流出量増加に対処するため久御山排水機場(30m³/s)が古川下流端に設置された。

2.2 都市化の進展

都市化の進展状況を地形図および航空写真より調べると、昭和40年以降上段、中段を中心に急速に宅地化が進み、昭和53年には流域の33%を占めている。現在の都市計画では、将来流域の50%が宅地商工業地域になると予想されている。土地利用の地目別変化をTable 1に示す。なお本論文では、過去とは昭和34年時

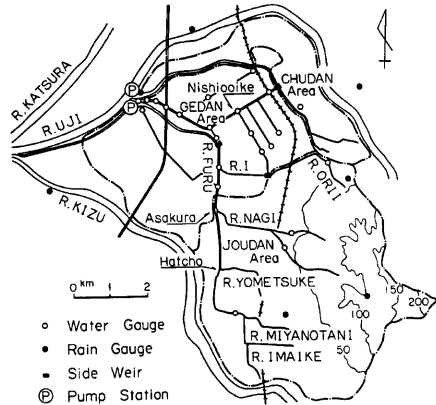


Fig. 1. Physiographical map of the Ogura basin.

Table 1. The land classification in the Ogura basin.

Zone	Joudan, Area (km ²)			Chudan, Area (km ²)			Gedan, Area (km ²)		
	1959	1978	Future	1959	1978	Future	1959	1978	Future
Urban Area, Total	1.24	10.85	15.64	0.44	2.30	3.95	0.30	3.95	6.84
(Pavement 70%)		(0.44)	(14.88)			(3.95)		(0.66)	(6.25)
" 60%	(0.39)	3.56	0.48					0.10	0.10
" 50%		1.89	0.20		2.08			2.26	0.17
" 40%	0.85	4.17		0.44	0.22		0.30	0.93	0.32
" 30%		0.79	0.08						
Paddy Field	8.00	4.42	3.57	6.29	2.74	2.26	18.40	11.42	10.38
Farm	1.45	2.43	1.57		0.55	0.09		1.63	1.21
Miscellaneous Land (Bare Land, Bamboo)	8.18	4.14	1.46		0.72	0.01		1.70	0.21
Forest	8.48	5.51	5.18						
Total	27.35	27.35	27.42	6.73	6.31	6.31	18.70	18.70	18.64

点、現状とは昭和53年時点、また将来とは都市計画で定められた市街化区域が全部市街地になる時点の土地利用形態を表わすこととする。

3. 解析の方針

3.1 水害危険度の定義

水害危険度という表現は、概念上便利であるためこれまでもしばしば用いられてきているが、定量的定義は明確ではない。水害そのものが、自然条件や社会条件によって異なり、時代によって変質するから、これにはいろいろな考え方があってもよいが、客観的理解の容易なものであることが望まれる。従来用いられた、あるいは現在考えうる代表的な評価法を二、三掲げると、

- i) 人身被害数、またはその人口比率法
- ii) 経済的被害額、またはその流域内資産比率法
- iii) 発生頻度法
- iv) 被害可能性(額)の相対評点法
- v) 外力抵抗力被害額などの列記表現法

このうち i) の方法は、今日の情報化社会では、とくに内水災害の場合は適切とは思えず、ii) の方法は、水害危険度の大小比較と直接結びつけてよいかどうか疑問が残る。また iv) の方法は対策順位の設定にはよいが、危険度の大小関係、弱点の程度をあいまいにする可能性を秘めている。結局 iii) または iv) の方法が紛れがなく、また直感的な判断にも役立つように思われる。

そこで本論文では、ii)、iv)、v) の評価法の基礎ともなりうる iii) の発生頻度法によって、過去と現状、将来の比較、治水方策の効果判定を行うことにする。ただしこの場合に発生頻度算定対象として何を選ぶかが問題になる。下流背水の影響を受けない中小河川ではピーク流量が基本となるから、短時間降雨強度と洪水到達時間の組合せを議論の対象とすればよいが、ここで扱う内水問題では、むしろ24時間雨量など特定時間内の降雨波形と総量を考える必要がある。しかし今回はこれについての議論は行わず、とりあえずこれまでこの地域での治水計画の基準となっている降雨を対象として吟味を進めることにする。

3.2 解析対象降雨

現在治水計画で採用されている降雨は、京都气象台で観測された昭和34年8月豪雨である。この降雨は、Fig.2 に示すように総雨量 333mm、日雨量 287mm であって、日雨量で100年確率に相当している。ここでは、この降雨をもとに、波形を変えないで縮少し日雨量が50年、30年、10年、5年確率に相当する降雨を作り、これらの降雨を対象に以下の解析を行うことにする。

3.3 数理モデルと適用条件

前報²⁾と同様、山地、丘陵地、市街地及び高位部水田などの解析上非氾濫域とみなしうる領域には、kinematic wave 法³⁾を適用し、水田などの氾濫域、古川など河川、排水路の流れには、著者らの提案による低平地タンクモデル⁴⁾を用いて解析する。

地目ごとの雨水保留特性は次のように推定した。山地には $\phi=30\text{mm/hr}$ とした ϕ -Index 法を用い、裸

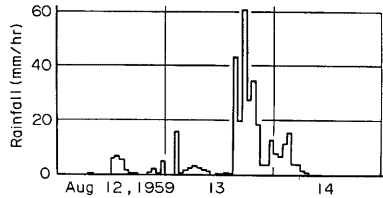


Fig. 2. Hyetograph used as the one of 100 years return period, in this study. This hyetograph was observed at Kyoto Meteorological Observatory in 1959.

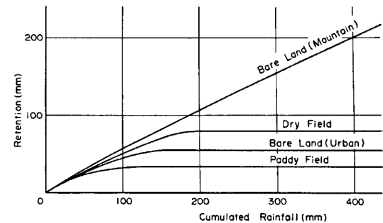


Fig. 3. Retention curves for direct runoff.

地、雑種地には、上段地区名木川流域の観測資料から求めた Fig. 3 に示す裸地（山地）の保留量曲線を用いる。市街地では、建物、道路などの舗装域の雨水保留を0とし、非舗装域のそれには Fig. 3 の裸地（市街地）の曲線に用いる。水田、畑地にはそれぞれ Fig. 3 に示す曲線を用いる。また中段、下段地区の裸地、雑種地の大部分は、水田を埋立てた粗造成地であるので、Fig. 3 の裸地（市街地）の曲線を用いる。なお市街地裸地の保留量曲線は、京都市天神川排水区の観測値⁹⁾に基づいて代数的に算出したもので、前報²⁾のそれより多少低目に修正した。また畑地のそれは、久御山町畑地におけるわれわれの観測値を外挿して描いた。水田のそれは下段地区の実測値（7月）¹⁾より求めたものである。

3.4 土地利用と流域モデル

(1) 土地利用の変化

巨椋流域の各排水区ごとの地目別面積の変化状況を示すと、Table 1 のようになって、同表よりたとえば上段地区の土地利用変化をみると次のようになる。市街地面積は、昔に比べて現状で9倍、将来で13倍に急増し、地区舗装率も昔の40%から現状で50~60%、将来では70%になるとしている。これを地目別にみると、たとえば将来では過去の水田の46%、雑種地の78%、山林の33%が宅地化され、とくに雨水保留量の大きい山林地、雑種地の宅地化が大きい。なおここで将来の市街地舗装率は、現在空地となっている宅地区画も制限建蔽率が建てられるものとして推定した値である。

(2) 流域モデル

過去、現状、将来の土地利用状況を示す流域モデルを、前報²⁾で検討した流域モデル構成法に従って作成した。このため過去の流域モデルは前々報¹⁾と若干異なっているが、現状および将来のそれらは前報²⁾と同じである。たとえば現状の上段、下段の流域モデルは Figs. 4, 5 となり、氾濫域に適用する低平地タンクモデルのブロック図は、Fig. 6 となる。同図では古川下流部における堤防越水を考慮するため、たとえば河道タンク⑩と下段水田タンク⑭を結び、堰頂標高として堤防天端標高を与えている。また古川と名木川合流点の市街地での浸水を考慮するため、市街地タンクとして、現状では⑬を、将来では⑬、⑭を、それぞれ設定した。

3.5 排水施設と対応策

巨椋流域の内水を宇治川へ排除するための巨

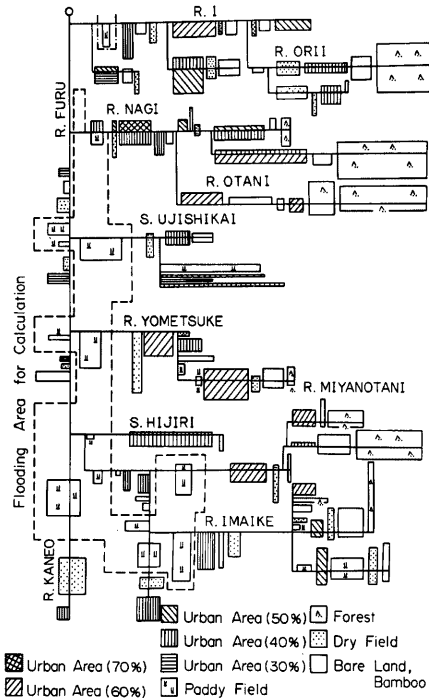


Fig. 4. Model of the Joudan zone in 1978.

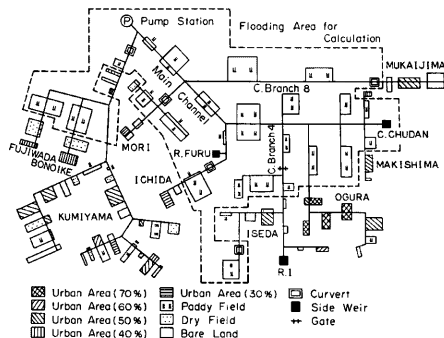


Fig. 5. Model of the Gedan zone in 1978.

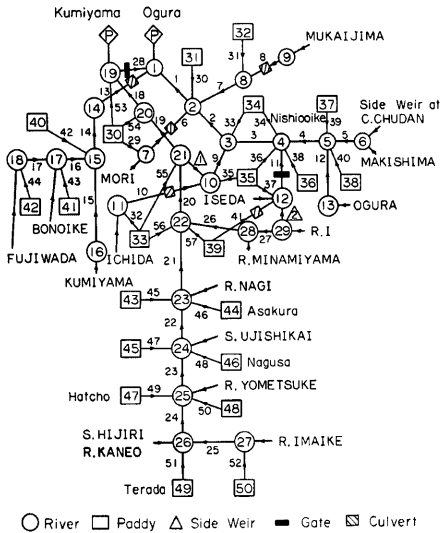


Fig. 6. Schematic diagram of inundated watershed of the Gedan and Joudan zones in 1978.

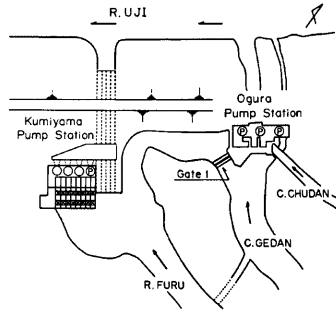


Fig. 7. Physiographical map of the Ogura and Kumiyama pump stations.

椋排水機場は、農業用排水施設として昭和9年に設置され、その後の土地利用変化に伴って幾度かポンプの増設、更新が行われ、現在13台 (48.9m³/s) となっている。また上段地区の都市化に対処するため、昭和48年に古川下流端に久御山排水機場が設置され、現在は 30m³/s のポンプ1台であるが、将来増設も予定されている。

昭和54年には Fig. 7 に示すように、下段の幹線排水路下流端と古川下流端との間に1号水門が設けられ、これを開ければ久御山排水機場のポンプで下段の排水も行えるようになっている。

古川の現状の通水能はかなり小さく、井川合流点下流で最大限見積っても 54m³/s 程度である。そこでこれを 160m³/s の暫定能力を持つ河道に改修するための工事が現在進められている。

上述のように都市化の進展に伴って各種の対策がとられている。ここでは過去、現状および将来の各時点での排水施設を Table 2 のように想定して検討を進める。

なお巨椋流域にとって外水である宇治川の水位は、過去の昭和34年時点では、天ヶ瀬ダムがないため非常に高い値を示している。したがってこの値をダム完成後の現状および将来の外水位として用いるのは適当で

Table 2. Drainage facilities for the past, present and future urban states.

	Past	Present	Future
Ogura Pump Station	○	○	○
Kumiyama Pump Station	△	○	○
Gate No. 1	△	○	○
River Furu Improvement	△	△	○

Table 3. The pump operation criteria in the Ogura pump station.

Zone	Working Pump		Water Level (m, in O. P.)	
	Total Capacity (m ³ /s)	Number	Active	Stop
Joudan	3.15	1	11.80	11.40
	12.35	4	12.00	〃
Chudan	2.10	1	11.30	10.80
	4.10	2	11.40	〃
Gedan	4.70	1	9.50	9.30
	9.40	2	9.70	9.50
	14.26	3	9.90	9.70
	18.91	4	10.00	9.90
	30.11	7	10.30	10.00

ない。また外水位ハイドログラフを確率的に定めるには資料が少なく、かつダム操作の問題もあって困難である。そこでここでは、排水ポンプは外水位と無関係に公称能力を発揮できるものとして扱う。

(1) 巨椋排水機場の施設条件

前にも述べたように巨椋排水機場のポンプは、時代とともに更新されているが、ここでは過去、現状および将来とも昭和53年時点の排水能力を持ち、Table 3 に示す操作ルールで稼動するものとする。

(2) 久御山排水機場の施設条件

久御山排水機場には、現在 30m³/s の能力を持つポンプが1台設置されているが、ここでは効率的な運転を期待してそれぞれ5, 10, 15m³/s の能力を持つポンプが3台設置されているものと読替える。現状および将来において久御山排水機場と巨椋排水機場を統一操作する場合、上段排水は、Table 4 に示すように久御山排水機場が優先するものとする。

(3) 1号水門の施設条件

1号水門は、現状でも操作可能とし、その操作ルールは次のとおりとする。Table 4 に示すように、古川下流端水位が低下して O. P. 11.40m 以下になると、巨椋排水機場の上段ポンプが停止するが、久御山排水機場の3台計 30m³/s のポンプは、O. P. 9.80m になるまで稼動する。この間に、久御山排水機場の水位が巨椋排水機場の下段水位より低くなると1号水門が開き、久御山排水機場の水位が 9.80m 以下になる

Table 4. The pump operation criteria for drainage of Joudan zone in the Kumiya and Ogura pump stations.

Pump Station	Working Pump		Water Level (m, in O. P.)	
	Total Capacity (m ³ /s)	Number	Active	Stop
Kumiya	5.0	1	11.00	9.80
	10.0	1	11.10	〃
	15.0	1	11.20	11.00
	20.0	2	11.30	11.10
	25.0	2	11.40	11.20
	30.0	3	11.60	11.30
Kumiya +Ogura	33.15	4	11.80	11.40
	42.35	7	12.00	〃

と閉じるものとする。

(4) 古川の改修条件

現在進行中の河川改修計画では、たとえば下流端より 3 km 地点の河床は、現行河床より 1.4 m 下げられ、河道幅は現行河道幅をほぼ 2 倍に広げて、通水能を 160m³/s とすることになっている。ただしこれは将来の場合であり、現状では未改修として扱う。

4. 都市化による水害危険度の変化

ここでは都市化によって流出量、内水氾濫状態がどの程度変化するかを吟味し、水害危険度の評価とその変化について検討する。ただしこの検討は都市化に伴う影響を評価するため、排水施設条件は過去のそれに固定する、すなわち排水ポンプは、巨椋排水機場のみが Table 3 の基準で稼動するものとし、古川河道も未改修のままとする。

4.1 現状の都市化による内水変化

(1) 過去の出水氾濫

3.2 の確率降雨を対象に、都市化前の過去の土地利用状況における流出計算を行い、流出量、内水氾濫状況について検討する。計算結果の一例として確率降雨が100年の場合を Fig. 8 に実線で示す。同図には、上段地区として古川と名木川の合流点巨椋の水位、古川と嫁付川合流点八丁の水位、中段地区として中段余水吐地点の水位および下段地区として下段干拓田の最低位部西大池の水位がそれぞれ示されている。同図の八丁、巨椋の水田では最大湛水深がそれぞれ 27.7cm、25.2cm と小さいが、宇治市界下水道と古川の合流点長筏 (Fig. 6 の現状の流域モデルでは水田タンク圏に相当) では 64.6cm と相当大きく湛水している。一方下段西大池では最低田面標高が O. P. 9.90m であるので約 1.0m 湛水していることになる。

8月12日から18日までの水収支を検討してみると、100年確率降雨の場合、上段地区の総流出量 505万m³ の内 253万m³ と50%が古川、井川の各余水吐などから下段地区に流出し、中段地区の総流出量 281万m³ の 183万m³ と65%が中段余水吐などから下段地区に流出している。結局下段地区では下段用ポンプの総排水量 1067万m³ の内 436万m³ と41%が上段、中段地区からの流入量ということになり、これらが下段地区の氾濫湛水を一層大きくしていることになる。

(2) 現状の出水氾濫

現状の土地利用状況における流出計算を行い、流出量、内水氾濫状況について検討する。計算結果の一例として、100年確率降雨の場合を Fig. 8 に点線で示す。同図の八丁、巨椋の水田では最大湛水深がそれぞれ 79.2cm、61.7cm と大きく氾濫湛水していることが分る。また下段地区の西大池では、約 1.26m も湛水することになる。

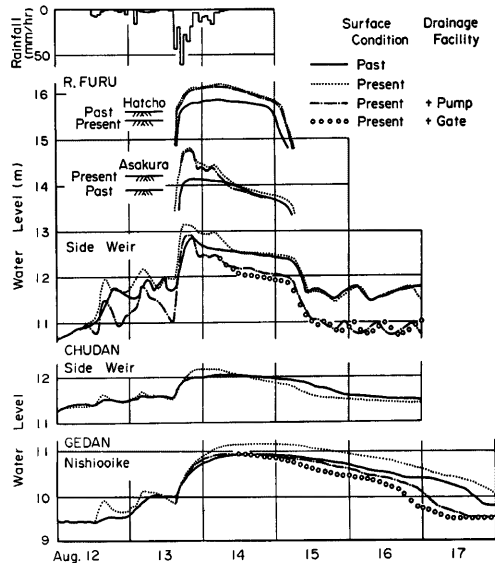


Fig. 8. Comparison of stage hydrographs at several points for the present and past urban states and rainfall whose return period is 100 years.

この場合の上段地区の総流出量 674万 m^3 の内 384万 m^3 と57%が、中段地区の総流出量 268万 m^3 の内 179万 m^3 と67%がそれぞれ下段地区に流出している。下段用ポンプの総排水量 1161万 m^3 の内 563万 m^3 と48%が上段、中段地区からの流入量ということになる。また古川では、巨椋排水機場の上段用ポンプのみで排水することになっているため、井川合流点、下流端付近で堤防越水が生じ、59万 m^3 が下段水田に流出していること、さらに名木川合流点の現状の市街地も約 30cm 程度浸水被害を受けることが分る。

(3) 過去と現状の比較

現状の都市化に伴って流出量がどの程度増加しているかを、100年確率降雨の場合を例に比較検討する。**Table 1** からも分るように上段地区の良透水性の山林、雑種地の30~40%が宅地化され、上段の39%が市街地になっている。このため上段地区の雨水流出量は、過去に比べて615万 m^3 と28%増加し、都市下水水量も4万 m^3 から37万 m^3 に急増している。また上段地区から古川、井川の余水吐越流量、堤防越水量、堤防浸透量など下段地区への流出量は、384万 m^3 と過去の253万 m^3 に比べ52%増加している。**Fig. 8** に示すように古川の八丁、且椋、古川余水吐地点のピーク水位は、それぞれ31.5cm, 66.5cm, 28.4cm 高くなっている。

一方、中段、下段地区では、水田の一部が市街化されているものの流域に占める割合は小さい(**Table 1**)。また**Fig. 3** からも分るように、水田が市街化されても舗装率が40%以上にならないと雨水保留量は減少しない。水田では畦畔浸透量(下段水田で10mm/day)を考慮しなければならないが、宅地化されると都市下水水量に変る。これらのことから中段、下段地区の雨水流出量は、過去と変わっていないが、総流出量(雨水流出量、水田畦畔浸透量、都市下水水量の合計)は、若干減少することになる。しかし上段地区の都市化に伴って下段地区への流出量は、上述のように31万 m^3 増加しているので、**Fig. 8** の下段西大池の最高水位は、過去に比べて22.7cm 高く、過去の最高水位以上の状態が39時間も長く続くことになる。

4.2 将来の都市化による内水変化

(1) 将来の出水氾濫

将来の土地利用状況における流出計算を行った結果の一例として100年確率降雨の場合を**Fig. 9** に、二点鎖線で示す。同図より古川の八丁の水田では、最高91.8cm 湛水し、且椋の市街地でも57.2cm の浸水被害を受けることになる。また下段西大池では、1.35m も氾濫湛水する。上段地区の総流出量 788万 m^3 の内 455万 m^3 と58%が、中段地区の総流出量 277万 m^3 の内 186万 m^3 と67%がそれぞれ下段地区に流出する。下段用ポンプの総排水量 1271万 m^3 の内 641万 m^3 と、50%が上段、中段地区からの流入量

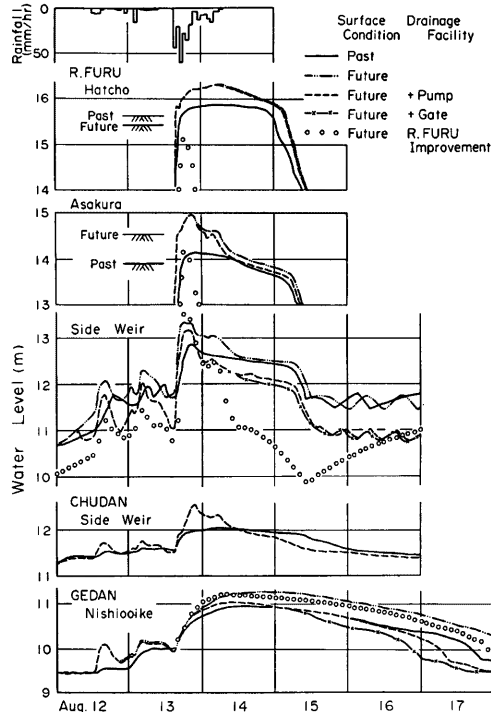


Fig. 9. Comparison of stage hydrographs at several points for the future and past urban states and rainfall whose return period is 100 years.

分を受持ったことになる。なお古川の堤防越水量は、93万 m^3 に上る。

(2) 過去と将来の比較

将来の都市化に伴って流出量がどの程度増加するかを100年確率の場合を例に、比較検討を行った。上段地区の市街地は上段の56%を占め、地区舗装率も70%となるので (Table 1), 上段の雨水流出量は、692万 m^3 と過去に比べて44%増加し、都市下水量も75万 m^3 になる。上段、中段地区から下段地区への流出量も上述のように47%増加し、古川の堤防越水も大きくなっている。Fig.9より古川八丁、且椋、古川余水吐地点では、最高水位が過去に比べて44.1cm, 82.0cm, 48.7cmそれぞれ増加している。中段では、雨水流出量は195万 m^3 と若干増加し、都市化に伴い洪水到達時間が短くなるため、中段余水吐地点の最高水位は51.3cm増加している。下段では、将来の都市化に伴って下段固有の流出量が若干増加するが、上段、中段から流入量が急増しているため、西大池の最高水位は、過去より31.5cm増加し、過去の最高水位以上の状態が23時間も続くことになる。

4.3 都市化に伴う水害危険度の変化

3.2に示した各確率年の降雨を対象に、過去、現状および将来の土地利用の条件下で流出計算を行い、古川と嫁付川合流点八丁、名木川合流点且椋、古川余水吐地点および下段西大池の各地点の最高水位を確率年に対しプロットすると Figs.10~13の実線のようになる。下流端ポンプの影響の少ない古川八丁、且椋および氾濫湛水の大きい下段西大池では、最高水位と生起確率はほぼ指数関数的になっていることが分る。古川八丁 (Fig.10) では過去の100年確率に相当する最高水位は、現状で10年確率に、将来では6年確率に相当し、都市化に伴って水害危険度が、現状で10倍、将来で16倍に急増していくことが分る。古川且椋 (Fig.11) では、過去の100年確率の水位は現状で3年確率、将来で2年確率以下となり、危険度が30~50倍に増加したことになる。古川余水吐地点 (Fig.12) では、過去の100年確率の水位は現状で3年確率、将来で2

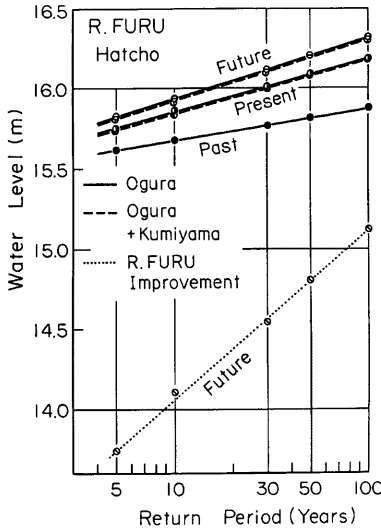


Fig. 10. The relation between the return period and the highest water levels for the past, present and future urban states, at HATCHO, the River Furu.

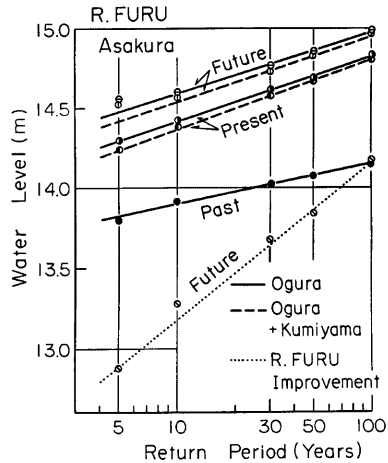


Fig. 11. The relation between the return period and the highest water levels for the past, present and future urban states, at ASAKURA, the River Furu.

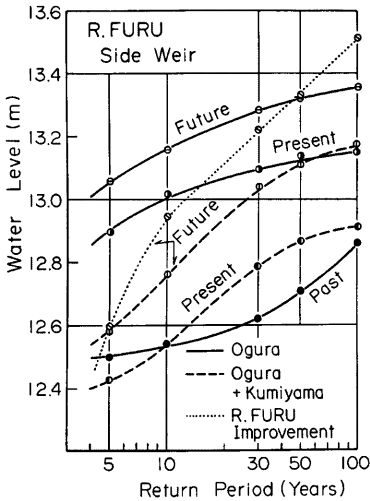


Fig. 12. The relation between the return period and the highest water levels for the past, present and future urban states at the side weir of the River Furu.

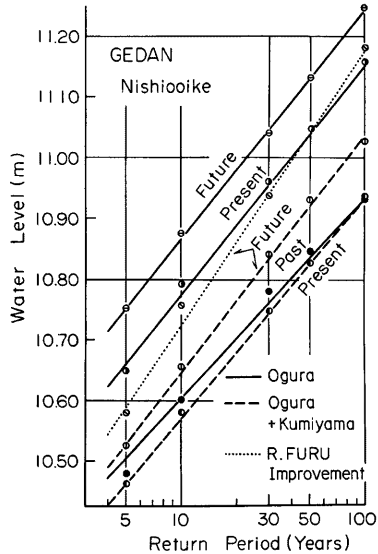


Fig. 13. The relation between the return period and the highest water levels for the past, present and future urban states, at Nishiooike.

年確率以下に相当している。一方下段西大池 (Fig. 13) では、過去の100年確率の水位は、現状で30年確率に、将来では15年確率に相当することになり、危険度は、現状で3倍、将来で4倍に増加したことになる。また西大池の湛水時間をみてみると、Fig. 14 の実線となり、過去の100年確率の湛水時間は、現状で50年確率に、将来で30年確率に相当していることが分る。

5. 治水事業による水害危険度の変化

現状および将来において Table 2 に示す対策が完成しているとすると、この対策によって水害危険度がどの程度軽減されているかについて検討する。

5.1 久御山排水機場

3.2 に示す確率降雨を対象に、現状および将来の土地利用条件の下で、Table 4 に示す基準で久御山機場と巨椋機場を統一操作した場合の流出計算を行った。

(1) 出水氾濫特性の変化

100年確率降雨の場合を例にとって検討する。現

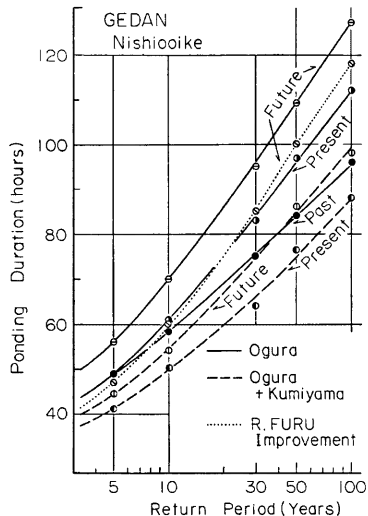


Fig. 14. The relation between the return period and ponding durations for the past, present and future urban states, at Nishiooike.

状では Fig. 8 に一点鎖線で示すように古川八丁、且棕の水位は、巨椋機場のみの場合（同図の点線）に比べて若干低くなっている。古川余水吐地点の水位は、全般的にそれより低く、さらに過去の水位（同図の実線）と同じかそれ以下になっている。巨椋機場のみの場合には、4.1、(2) に示したように古川の堤防越水がかなり起きていたが、久御山ポンプによって下流端の越水は解消し、井川合流点のそれも半減している。また上段地区から下段地区への流出量は 140万 m^3 で、巨椋機場のみの 384万 m^3 はいうまでもなく、過去の 253万 m^3 よりも大きく減少している。このため下段西大池の最高水位だけは、過去のそれに等しいが、全般的に過去の水位より低下していることが分る (Fig. 8)。

将来では、Fig. 9 に破線で示すように古川八丁、且棕の水位は巨椋機場のみの場合（同図の二点鎖線）と変わらない。余水吐地点では、全般的に過去（同図の実線）の水位より低いが、最高水位は 31.0cm 高い。上段地区から下段地区の流出量も 176万 m^3 と、過去の 253万 m^3 より少ないが、下段西大池では、下段固有の流出量が増加しているため最高水位は、過去より 9.5cm 高くなっている。

(2) 水害危険度の変化

巨椋機場と久御山機場を統一操作した場合の、各確率年の最高水位を、Figs. 10～13 に破線で示す。古川八丁では (Fig. 10) では、現状、将来とも巨椋機場のみの場合（同図の実線）とはほぼ同じであるが、且棕 (Fig. 11) では、現状、将来とも巨椋機場のみの 10年確率水位が 13年確率に相当し、若干の改善がみられる。古川余水吐地点 (Fig. 12) では、過去の 100年確率水位は、現状で巨椋機場のみの場合 3年確率になるが、久御山機場の設置によって 40年確率となり、危険度の増加が 30倍から 2.5倍に軽減されることになる。しかし将来では、危険度が 7倍に増大することが同図より分る。下段西大池 (Fig. 13) では、現状の場合、久御山機場の設置によってどの確率年も過去の値より低くなって、過去より危険度が小さくなっている。しかし将来の場合、過去の 100年確率水位が巨椋機場のみで 15年に、久御山機場の設置によって 50年と、危険度の増加を 7倍から 2倍におさえることができる。下段西大池の湛水時間 (Fig. 14) をみると、久御山機場の設置によって、どの確率年も現状および将来とも過去の値に等しいかそれ以下となっている。

久御山機場は、古川上流域の水害危険度を軽減し得ないが、下流域のそれをかなりよく改善し、また下段地区では、現状の都市化の影響を完全に吸収しているといえる。

5.2 1号水門

1号水門は、3.5、(3) で述べたように古川の下流端水位が、下段水位より低くなる時点で開かれる。このため下段の最高水位は 5.1 と同じであるが、湛水時間の短縮が期待されることになる。

(1) 出水氾濫特性の変化

100年確率降雨の場合、現状では Fig. 8 の丸印となる。同図では、14日13時に1号水門が開き、15日13時に閉じている。このため下段西大池の湛水時間は、1号水門を開けない場合（同図の一点鎖線）の88時間に比べて81時間となる。将来では Fig. 9 の×印となり、下段西大池の湛水時間は、98時間から90時間になる。

(2) 水害危険度の変化

現状、将来とも1号水門の操作によって、100年確率で7～8時間、50年確率で5～6時間、30年確率で3時間、10年確率で2時間、5年確率で1時間それぞれ湛水時間が短くなっている。危険度は、現状で 1.2～1.4倍、将来で 1.2～1.5倍軽減されるが、確率年が大きい程軽減率が大きい。

5.3 古川の河道改修

現在進行中の改修計画では、暫定河道の能力として 160 m^3/s が予定されている。将来において、古川が改修された場合について検討した。このとき1号水門は操作しないものとする。

(1) 出水氾濫特性の変化

100年確率の場合、古川の通水能が大幅に増加するので、Fig. 9 に丸印で示すように古川八丁、且棕の水位は、大幅に低下し、上流域の水田の氾濫湛水がなくなる。改修前では、上流域の水田に湛水している雨水が（同図の破線）、改修によって水田に湛水することなく下流に流下するため、古川余水吐地点では、改修

して河床を低下させているにもかかわらず、最高水位は、過去のそれより 64.6cm 高くなっている。また古川下流部での堤防越水、1号水門上の越水など、下段地区への流入量は 356万 m^3 と過去に比べ 41%増加している。このため下段の西大池では、最高水位が過去に比べ 25.1cm 高く、過去の最高水位以上の状態が約 2.5日も続くことになる。

(2) 水害危険度の変化

将来において、古川改修後の各確率年の最高水位を、Figs.10~13 に点線で示す。古川八丁および巨椋では、水害危険度は、過去のそれ以下にすることができるが、古川余水吐地点 (Fig.12) では、過去の100年確率水位は改修前で12年に、改修後で7年に相当し、危険度が改修前で8倍、改修後で14倍、また改修前の100年確率水位は、改修後25年に相当し、危険度が4倍に増加することが分る。下段西大池では、過去の100年確率水位は、改修前で50年に、改修後で30年に相当し、危険度が改修前で2倍、改修後で3倍に増加することになる。下段西大池の湛水時間 (Fig.14) も、過去の100年確率が改修後40年に相当し、危険度は2.5倍に増加している。

結局、古川の改修は、上段の上、中流域の氾濫湛水を解消させることになるが、古川下流部、下段干拓田に被害を集中させることになる。

6. あとがき

本報では、巨椋低平流域を対象に、過去、現状および将来の都市化の進展に伴い、水害危険度がどの程度増加し、各時点で実施されている対策によってどの程度変化しているかについて検討した。

その結果、都市化に伴って水害危険度は確実に増加し、将来では、古川中流域で50倍、下段干拓田で4倍に増加していることが分った。一方対策についてみると、久御山排水機場の効果は大きく、少なくとも現状ではこれまでの都市化の影響を十分吸収してなお余力があることが明らかにできた。しかし古川の暫定改修が完了すると、上流域の氾濫がほぼ解消できるのに対し、その影響が下流部へ大きくしわよせされ、古川下流部及び下段干拓田の水害危険度が大きく増加することが明らかになった。この場合にはさらに対策が必要となるが、これについては次報で検討する。

本研究に際し、巨椋池土地改良区、建設省淀川工事事務所の協力を頂いたこと、本研究所岡太郎助教授、永井明博助手、角田吉弘技官、永田敏治技官および学生諸子の援助を受けたことを付記し、深謝の意を表す。なお本研究は昭和54、55年度科学研究費 (自然災害) による研究成果の一部であり、計算には京都大学化学研究所の FACOM M-160 AD を使用したことを付記する。

参 考 文 献

- 1) 角屋睦・早瀬吉雄：巨椋低平流域の都市化と内水，京都大学防災研究所年報，第22号B-2，1979，pp. 237-256.
- 2) 角屋睦・早瀬吉雄・西村昌之：巨椋低平流域の都市化と内水 (2)，京都大学防災研究所年報，第23号B-2，1980，pp. 263-277.
- 3) 末石富太郎：特性曲線法による出水解析について，土木学会論文集，第29号，1955，pp. 74-87.
- 4) 早瀬吉雄・角屋睦：低平地のタンクモデルについて，第32回土木学会講演集，2，1978，pp. 211-212.
- 5) 角屋睦・岡太郎：市街地域の雨水流出特性，京都大学防災研究所年報，第14号B，1971，pp. 143-155.