

巨椋低平流域の都市化と内水（8）

—幹線道路群の集中とその波及効果—

角屋 睦・増本 隆夫

URBANIZATION EFFECTS ON FLOOD RUNOFF AND INUNDATION CHARACTERISTICS IN OGURA BASIN (8)

—Effects of Arterial Roads Concentration
and Related Urbanization—

By *Mutsumi KADOYA* and *Takao MASUMOTO*

Synopsis

A peculiar type of urbanization due to the plan of arterial road networks is forecasted in the Ogura basin located in the south of Kyoto.

Several countermeasures against changes of flood runoff due to the urbanization in recent years have been completed or are continuing in this area, such as the construction of the Kumiya Pump Station with a pump of 30 m³/s in 1973 and the channel improvements to the River Furu since 1971. In addition, as a momentum with the flood disaster caused by record heavy rainfall in July, 1986, a pump of 30 m³/s was added in the Kumiya Pump Station in 1987 and the construction of a new pump station is being planned at the upper stream of the River Furu. These measures, however, are derived on the basis of the present urbanization of the area.

This paper discusses the influence of this peculiar urbanization on flood risk by setting several urbanization stages such as Future I~IV, on the basis of flood simulation by the kinematic runoff model and the diffusive tank model. Furthermore, several countermeasures for every stage of the urbanization are examined by the simulation model.

1. ま え が き

丘陵地の開発・低平農地の埋立てなどによる都市域の急激な拡大は、今や全国各地の都市周辺で数多く見られ、都市化という言葉は今日ではもはや目新しいものではなくなっている。都市化現象は、いうまでもなく雨水流出形態を大きく変化し、ひいては水害危険度の増大を招くことになる。こうした状況に対処するには、その影響を慎重に解析評価し、それぞれの地域に適した合理的な方策を講じる必要がある。われわれは、このような都市化に伴う内水対策の一般的な方法論を展開したいと考え、これまで、巨椋低平地流域を事例研究流域として都市化に対する洪水対策試案^{1)~6)}をいくつか提示してきた。

今回は、近年この地域に展開されつつある新しいタイプの都市化、すなわち幹線道路の新設計画の集中交錯に伴い、低平農地がいくつかのブロックに寸断されて土地利用や農耕形態に大きな変化を余儀なくされ、あるいは沿道施設の群集もまた必然と見られる、将来の状態に対処するための方策を検討した結果に

ついて報告する。

2. 対象流域の概要

巨椋流域は、京都南部の宇治川・木津川合流点直上流に位置し、京都市・宇治市・城陽市および久御山町にまたがる流域面積 51.6 km²の低平地主体流域であって、上段 (26.6 km²)・中段 (6.3 km²)・下段 (18.7 km²) の3排水区よりなっている (Fig. 1)。

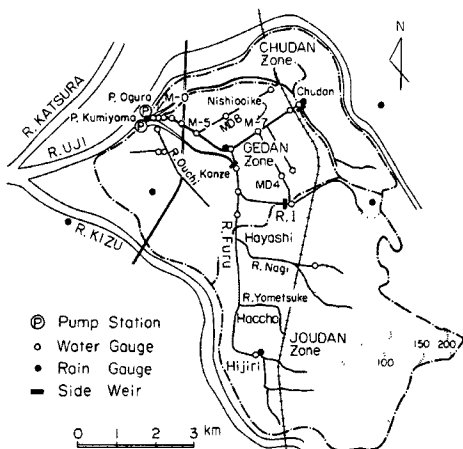


Fig. 1. Drainage system in the Ogura basin.

上流域に位置し、丘陵林地、市街地、畑地、水田等からなる上段からの雨水は、古川を経て下流に流れ、宇治川水位の低い時は自然排水、高い時は下流端久御山排水機場と巨椋排水機場のポンプで宇治川へ機械排水される。また、古川が下段幹線排水路に近接する観世地点および支流井川下流には洪水吐が設けられており、計画以上の流水は下段幹線排水路に越流するようになっている。流域の都市化はかなり進んでおり、現在古川の暫定改修が進められている。

中段地区は、宇治川沿いに開けた干拓前からの既耕地が中心で、近年、かなり都市化が進んでいる。雨水は承水路によって巨椋排水機場へ導かれ、宇治川水位が低いときは、幹線排水路を跨ぐ掛樋を経て古川に流下し、自然排水される。

また宇治川水位が高いときは、中段排水機によって排水されるのが原則とされてきたが、現在は下段の水と一緒に排水されることが多いようである。中段承水路が下段幹線排水路と交差する地点に洪水吐が設けられている。

下段地区は、往古巨椋池と呼ばれた干拓田地区 (10.3 km²) と、古川西部部に位置し近年とくに工場等の進出が目だつ大内川流域 (8.4 km²) より構成されている。下段の雨水は幹線排水路によって巨椋排水機場へ導かれ、宇治川水位が低いときは1号水門、古川を経て自然排水、宇治川水位が高くなると巨椋排水機場から機械排水される。また出水時、1号水門の操作により、久御山排水機場との連繋運転も可能となっている。

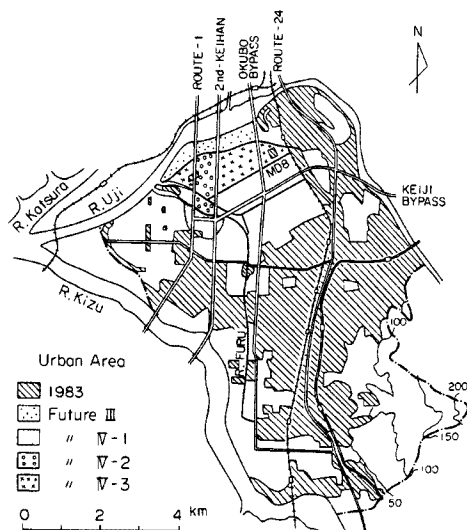


Fig. 2. Land use forecasted in the Ogura basin.

3. 都市化の進展

巨椋流域は京都・大阪・奈良を結ぶ幹線道路沿いに位置しているため、昭和40年頃から都市化の進展が目立ち始め、昭和30年頃までは全体の3%程度に過ぎなかった都市域面積は、すでに46% (昭和58年時点、昭和60年国土地理院発行地形図上で計測) に達している (Fig. 2, Table 1)¹⁰⁾。この都市化面積は、都市計画上の市街化区域のほぼ全域 (52%) に近いが、さらにこの地域を縦横断するいくつかの幹線道路新設計画がある。Fig. 2にはすでに着工している京滋バイパス、大久保バイパスおよび現在調査中の第2京阪の3幹線道路が示

Table 1. Watershed area by land category in the Ogura basin (km²)

Zone	Category Stage		Urban Area (Pavement, %)*		Paddy Field	Dry Field	Forest	Others	Total
Joudan	1959		1.24	(46)	8.00	1.45	8.48	8.18	27.35
	1983		14.13	(47)	3.81	1.36	4.59	2.66	26.55
	Future	I	15.85	(69)	3.57	1.33	4.44	1.46	26.61
Chudan	1959		0.44	(40)	6.29				6.73
	1983		3.28	(49)	2.37	0.06		0.60	6.31
	Future	I	4.01	(70)	2.29			0.01	"
	"	II-1	4.08	"	2.22			"	"
	"	II-2	4.23	"	2.07			"	"
	"	III	5.35	"	0.95			"	"
Cedan	1959		0.30	(40)	18.40				18.70
	1983		6.41	(51)	10.44	1.03		0.82	18.70
	Future	I	7.02	(68)	10.38	"		0.21	18.64
	"	II-1	7.39	"	10.01	"		"	"
	"	II-2	8.27	"	9.13	"		"	"
	"	IV-1	8.75	"	8.65	"		"	"
	"	IV-2	9.32	"	8.08	"		"	"
	"	IV-3	10.87	"	6.53	"		"	"

* Pavement (%) means the average impermeable coverage in urban area.

** Future I : Completion of urbanization in urban planning zone.
(Impermeable coverage 70%).

Future II-1 : Completion of three arterial road works.

II-2 : Completion of roadside facilities (50 m width to both sides of roads).

Future III : Completion of "Science Town" in the Chudan Zone.

Future IV-1 : Urbanization of the south to the Furu River surrounded by the Route 1 and "2 nd-Keihan" Road (especially, Nakauchi sub-basin).

IV-2 : Urbanization of the north to the Furu River surrounded by the Route 1 and "2 nd-Keihan" Road, in addition to IV-1.

IV-3 : Urbanization of the north to the Main Drainage Channel No. 8 (MD 8) of the Gedan Zone, in addition to IV-2.

されているが、このほか東西方向に走る２本の幹線道路の計画もある。いずれも下段・中段地区に集中しており、今後これらの地区でも都市化の急激な進行が懸念されている。そこで、本研究では、将来の都市化を次のように想定して、それぞれの段階の都市化の影響を吟味し、その対策を検討することにした。

(１) 将来Ⅰ

現在指定されている市街化区域（52%）がすべて都市化し、現在 30～70% の間に分布している舗装率は 70% に達するものと想定する¹¹⁾。

(２) 将来Ⅱ

将来Ⅰの状態に加え、現在工事中・調査中の大久保バイパス、京滋バイパス、第２京阪の３幹線道路がすべて開通した状態（将来Ⅱ-１）、さらにその沿道施設も完成した状態（将来Ⅱ-２）を想定する。

３本の新設道路の面積は 0.44 km²で、下段流域の 2%、中段流域の 1% を占めている。新設の幹線道路に付随して進出が予想されるレストラン・ガソリンスタンド等の沿道施設については、流域を縦断している国道 1 号線の沿道施設の現状の計測結果（片幅 10～50 m 程度）より判断して、道路両側に 50 m ずつ計

100 m幅を想定することにした。これら沿道施設を含めた都市化面積は、1.47 km²（下段の 6.7%、中段の 3.4%、ただしサイエスタウンの予定地にもとりあえず沿道施設を仮定する）にも及ぶことになる。当然、低平地の道路および沿道施設は、浸水しない高さまで盛土されるものとする。

（3） 将来Ⅲ

現在、中段承水路の向島下流右岸側の京都市域において、サイエスタウン建設（1.3 km²）の構想がある。時期的には、将来Ⅱの事業と一部重なるかも知れないが、ここではその影響を明らかにするため、将来Ⅱの事業が完了した後にサイエスタウンが建設されると仮定する。開発域の舗装率の予想は難しいが、一応 50% を目標とし、参考のため 70% の場合も検討する。

（4） 将来Ⅳ

国道 1 号線と新しく建設予定の第 2 京阪道路に挟まれ、京滋バイパスが貫入する地帯は、交通の要地となるから一層の都市化が予想される。現に、久御山町内の中内サイフォン流域には、スーパーマーケット進出の計画もあるようである。ここではこのような情勢を考慮して、3 段階の都市化を想定する（Ⅳ-1、Ⅳ-2、Ⅳ-3）。

将来Ⅳ-1 は、国道 1 号線と第 2 京阪道路の間、古川以南の地域が都市化した状態、特に中内サイフォン流域が全面都市化した状態とする。なお、この地域のかなりの部分はすでに市街化区域に編入されているから、実質的には中内サイフォン流域に残存する若干の水田地帯の都市化を想定することになる。

将来Ⅳ-2 は、将来Ⅳ-1 に加え、古川以北の両幹線道路に挟まれた、標高の比較的高い地帯が都市化する状態である。

さらに終局的な都市化として将来Ⅳ-3 を考える。これは、将来Ⅳ-2 に加え、下段流域で、大部分の地域が京都市に含まれている主排 8 号水路（Fig. 1, 2 の MD 8）以北の地域が都市化する状態である。

4. 検討の方針

4.1 排水施設とその操作条件

（1） 排水機

巨椋流域には、現在、巨椋排水機場（土地改良区）・久御山排水機場（建設省）の 2 機場がある。巨椋機場のポンプは、上段用 4 台延 13.4 m³/s、中段用 2 台 5.0 m³/s および下段用 7 台 30.5 m³/s の計 13 台、公称能力 48.9 m³/s となっているが、昭和 46 年、53 年に更新された下段用ポンプ 6 台（27.5 m³/s）以外は建設当時のままである。一方、久御山機場では、昭和 48 年に 30 m³/s のポンプ 1 台が設置されたが、昭和 61 年 7 月の災害¹⁰を機に昭和 62 年末にさらに 1 台追加され、現在 2 台計 60 m³/s のポンプ容量となっている。

以下の検討にはすべて公称能力を用いることとし、その操作条件は Table 2 に示す通りとする。

（2） 河川・排水路改修

昭和 48 年以来古川の暫定改修事業が進められ、昭和 62 年度末には、名木川合流点直下流まではほぼ概成した形になっている。また、昭和 61 年 7 月災害¹⁰の後、幹線排水路で、下流排水機場から主排 8 号水路の合流点までの 800 m 区間の河床浚渫が行われ、また大内川下流、中段洪水吐直上流のそれぞれ 200 m 区間が改修された。

（3） 1 号水門

巨椋排水機場と久御山排水機場とは、現在 1 号水門でつながっている。昭和 54 年に改修されたこの 1 号水門は、幅 10 m、高さ 4 m のゲート 2 門よりなり、閉鎖時の天端標高は 12.0 m である。この水門の出水時の操作は、久御山排水機場水位が巨椋排水機場下段水位よりも低くなると開き、久御山排水機場の水位が低下してポンプ停止水位の 9.80 m 以下になると閉じられる。なお、両排水機場の間の流れは幅 21 m、

Table 2. Criteria of pumping operation

Pump Station		Existing Pump			Hypothetical Pump		
		Pump Capacity (m ³ /s)	Water Level (m, OP)		Pump Capacity (m ³ /s)	Water Level (m, OP)	
			Active	Stop		Active	Stop
Ogura	Joudan	3.15	11.80	11.40			
		12.35	12.00	11.40			
	Chudan	2.10	11.00	10.50			
		4.10	11.20	10.50			
	Gedan	4.70	9.50	9.30	45.11	10.10	9.70
		9.40	9.70	9.50	50.11	10.20	9.70
		14.26	9.90	9.70	55.11	10.20	9.70
		18.91	10.00	9.90			
		30.11	10.10	9.70			
Kumiyama	Gate No. 1 Closed	5	11.00	9.80	90	11.80	9.80
		10	11.10	9.80			
		15	11.20	11.00			
		20	11.30	11.10			
		25	11.40	11.20			
		30	11.60	9.80			
		60	11.80	9.80			
	Gate No. 1 Open	5	10.00		90	10.60	9.80
		30	10.20	9.80			
		60	10.40				
Ouchi					5	9.50	9.30
					10	9.70	9.50
					15	9.90	9.70
					20	10.10	9.90

The Gate No. 1 is opened for $H_0 \geq H_K$ and closed for $H_0 < H_K$ in which H_0 and H_K are the water levels at the Ogura and the Kumiyama Pump Stations, respectively.

長さ 140 m の河道流れとして扱う。

（４） 洪水吐

古川改修前に古川下流観世に設置されていた洪水吐（堰頂標高 11.83 m・堰幅 24.3 m）は昭和 59 年に標高 12.73 m・堰幅 25 m に改修された。また井川支流折居川の上流には、この流域の都市化に対応して、昭和 58 年に洪水吐（幅 13.3 m）が新設され、計画以上の水は、分水路で宇治川へ直接排除されている。

（５） 暗渠

古川の下を通り、下段幹線排水路に導水される旧巨椋池の一部の地区の排水用暗渠（大内、中内および観世サイフォン）は、すべて古川改修に伴い改修された。

これら主要排水施設の諸元は前報¹⁰⁾に示してある。

4.2 計画降雨・有効降雨

解析には、これまで通り⁵⁾⁶⁾、京都気象台のデータにより定めた確率 24 時間雨量（Table 3）を、

Table 3. Design rainfall

Return Period (Year)	24 Hour Maximum Rainfall (mm)
100	288.8
50	250.0
30	225.0
10	176.3
5	145.4

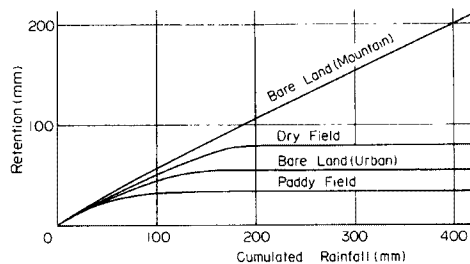


Fig. 3. Retention curves for direct runoff.

Talbot 型降雨強度式を利用して作成した 30 分単位の後方 80% 主山型ハイトグラフに配列して用いる。なお、古川流域の治水施設容量の決定には 100 年確率降雨を、その他の内水対策のためには 10 年確率降雨を使用する。

また有効降雨は、浸透性のよい丘陵地には ϕ -index 法 ($\phi = 20 \text{ mm/h}$) を適用し、その他の地目には、Fig. 3 の雨水保留能曲線より算出することとする。また都市域については、舗装面の保留量は 0、裸地面の保留量は Fig. 3 の値として、それぞれの舗装率に応じて算定する。

4.3 数値モデルとその適用条件

出水氾濫解析のための数値モデルとしては、これまでの報告と同様、丘陵地・市街地その他非氾濫域にはキネマティック流出モデルを、低平地の氾濫域、すなわち水田や排水路には、低平地タンクモデルを適用する^{8),9)}。

斜面等価粗度 N (m-sec 単位) は、次項に述べる流域モデルを採用することとして、都市斜面域に 0.007、裸地・雑種地・畑地に 0.25、丘陵山地に 0.8 を与えた。

河道の粗度係数 n は、前報¹⁰⁾の氾濫災害解析の際に同定された値を採用する。すなわち、下段幹線排水路では、下流側で 0.025 ~ 0.035、農業用水用掛樋等の横断により潜り状態になるところで 0.040、上流側の排水路では 0.030 ~ 0.050、上段古川ではライニング、草生の状態に応じて 0.025 ~ 0.035 を与える。さらに、将来河道改修を行う場合には、その都度状況に応じて変更する。

計算単位時間 Δt は、キネマティック流出モデルで 10 分、低平地タンクモデルで 30 分とする。

4.4 流域モデル

前述の将来 I および II における非氾濫域の流域モデルを Figs. 4 ~ 6 に示す。これら非氾濫域からの流出量が、低平地タンクモデルへの境界流入量となる。

氾濫域に適用する低平地タンクモデルの将来 II・将来 III におけるブロック図は、Fig. 7 のようである。同図中の $\square 180 \sim \square 199$ は後述の道路・沿道施設を示す。また、河道タンク $\bigcirc 63 \sim \bigcirc 69$ は後に示す京滋バイパス高架下のバイパス水路を、 $\bigcirc 70$ は中段承水路に洪水吐を新設

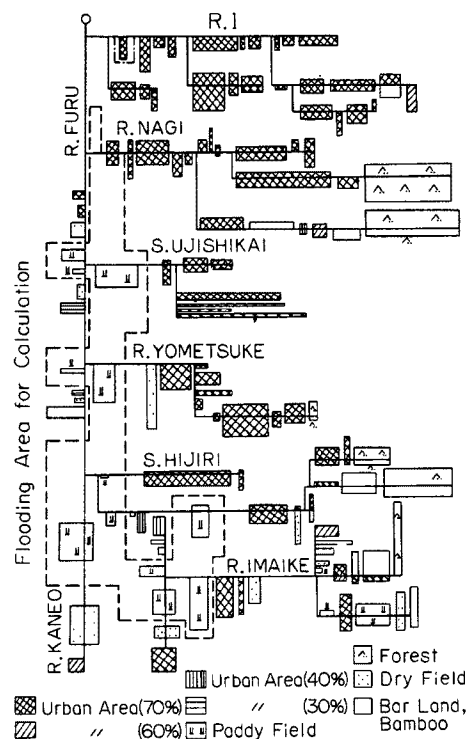


Fig. 4. Model of the Joudan zone (Future I).

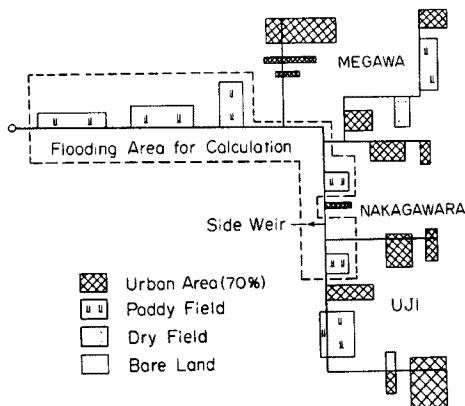


Fig. 5. Model of the Chudan zone (Future I).

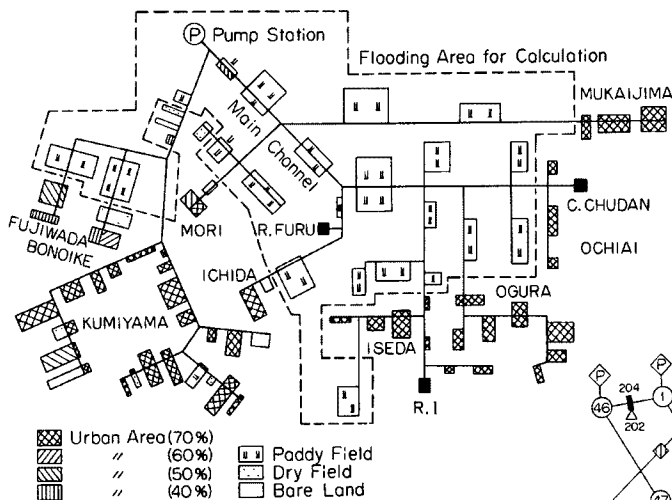


Fig. 6. Model of the Gedan zone (Future I).

判断される。そこで、道路施設に相当する道路タンクを新たに作成し、その雨水は直接河道に流入させることにした。

5. 将来の都市化に伴う水害危険度の変化

将来の各都市化段階について流出氾濫計算を行った、その結果得られた最高水位を古川下流（久御山排水機場）および流域最低部の西大池地点で示すと、Figs. 8, 9 のようである。ただし、ここでは過去の代表として昭

した場合の新規水路を示している。排水機場の No. 204 は 1 号水門を示し、 $\Delta 176$, $\Delta 202$ は、中段の掛樋や 1 号水門上の越流を考慮するためのものである。また、河道タンク $\bigcirc 58$ の直上流には、前報¹⁰⁾で検討した八丁排水機場を考えている。

なお、水田欠口幅は、この流域の標準とされる 1 m/ha を採用する。

4.5 道路施設からの雨水流出

道路が新設された場合、道路およびその沿道施設からの雨水流出の取扱いが問題になる。これらの雨水は、道路側溝で集められ主要排水路に流入することになる。いまだ道路・沿道施設として、舗装率 70% の斜面と側溝を想定し、試算を行ったところ、ハイトグラフに対するハイドログラフのピーク遅れは、いずれの確率年でも 10 分前後という結果が得られた。低平地タンクモデルでは単位時間を 30 分にしていることを考慮すると、道路施設からの流出は瞬時流出とみなして差支えないと

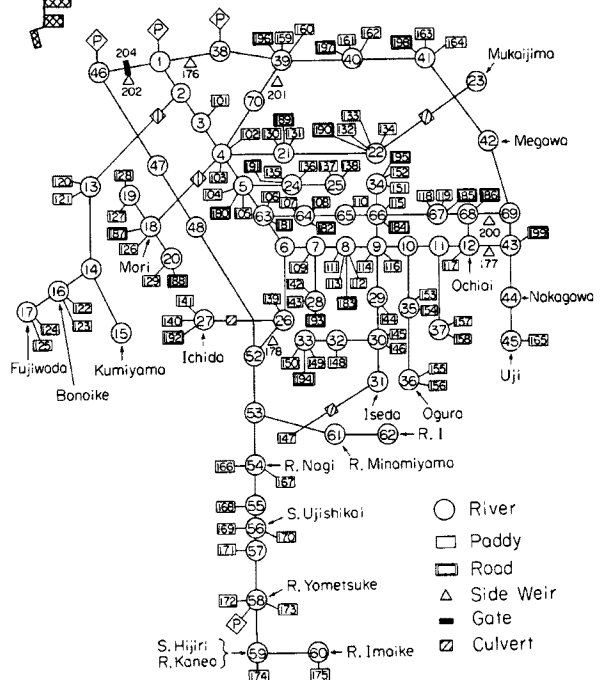


Fig. 7. Watershed diagram for applying the diffusive tank model.

和34年の土地利用および当時の排水能力を、また現状として、土地利用は昭和58年当時のものを、排水施設は昭和62年末のものを用いた。

なお、古川については、各都市化の影響を比較検討するため、支川の井川も含めて全計画区間の暫定改修が完了しているとした。

とくに将来の都市化に伴う水害様相の変化を特記すると以下のようなものである。

(1) 市街化地域増大(将来Ⅰ)の影響

将来Ⅰの都市化が終了した時点では、過去の100年確率に相当する最高水位は、久御山排水機場で4年確率、西大池では35年確率に低下する。すなわち、水害危険度の変化を最高水位の発生頻度の変化として表現すると、久御山排水機場で25倍、西大池で3倍に増大することになる。

ただし、将来Ⅰの最高水位を現状と比較すると、100年確率でも久御山排水機場で3cm、西大池で5cm程度の水位上昇になっている。この変化は、将来Ⅰと現状では都市化率にあまり大きな差異がないことを考慮すると、ほとんど都市化域の舗装率の変化によるものといえよう。

(2) 幹線道路網の新設および沿道開発(将来Ⅱ)の影響

現在工事中ないし計画中の京滋バイパス、大久保バイパス、第2京阪などの道路建設の影響を評価するため、これらの流域ブロックを、Fig. 7の□180～□199のように分割し、新設道路・沿道施設のルートと重なる水田面積(低平地タンクモデル)の変更を行う。

計算結果を最高水位についてみると、下段での現状の100年確率に相当する水位は、将来Ⅱでは50年確率に相当し、危険度は2倍に増加することになる。ただし、久御山排水機場の最高水位は将来Ⅰと同じである。これは上段地区には道路の影響がないことを考えればむしろ当然である。

ここで、道路新設だけのとき(将来Ⅱ-1)の水位変化を調べたところ、それは沿道施設を伴う場合(将来Ⅱ-2)の1/5(100年確率)～1/10(10年確率)に過ぎないことが分かった。すなわち将来Ⅱの都市化の影響は、実は道路の新設そのものではなく、それに付随する沿道施設の影響と極言できる。低平地域の水害危険度を軽減するためには、沿道施設の開発を極力押さえる処置の必要なことを強調しておきたい。

なお、この段階での影響を中段地域についてみると、中段承水路の通水断面が小さいため多量の水が越流し、10年確率降雨でも、標高の低い水田タンク□161、□164で0.2～0.4m、□165で0.4m近く浸水することになる。

(3) 洛南サイエンスタウン計画実現(将来Ⅲ)の影響

流域モデルの上では、中段承水路下流の水田タンク□159～□164のすべてが都市化するものとして、

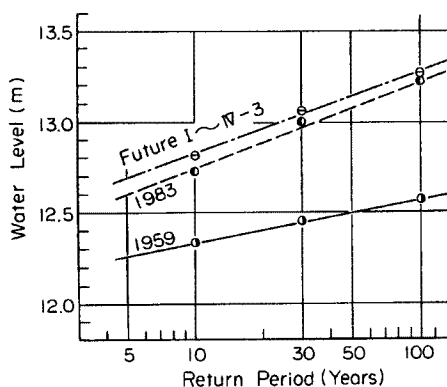


Fig. 8. Highest water level at the Kumiya Pump Station.

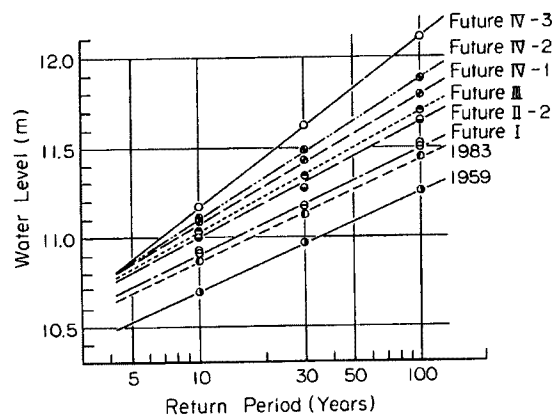


Fig. 9. Highest water level at Nishioike.

これらをキネマティック斜面に置変える。このとき、舗装率 50% と 70% の両者を検討したが、河道タンクへの流入量、ピーク水位等に大きな差異は見られなかった。よって、以下ではサイエンスタウンの舗装率は 50% の場合のみ考える。

西大池の最高水位は、将来Ⅱに比べて 100 年確率降雨で 6 cm、10 年確率でも 5 cm 上昇し、水害危険度は一層増加することになる。中段では、排水機場前の水路の水位変化が大きく、将来Ⅱに対して 100 年確率、10 年確率のそれぞれに対し 66 cm、46 cm の水位上昇になる。総じて、中段承水路は通水能力が小さく、出水の大半は河道タンク○43 につながる洪水吐から下段に越流してしまう。

（４）究極的な都市化（将来Ⅳ）の影響

将来Ⅳ-1 では、中内サイフォン流域の水田タンク□126～□129 を非氾濫都市域に変更し、流出水は各河道タンクに流入させる。また将来Ⅳ-2 では、下段幹線排水路の□101、□102 の一部、□103、□104 の全体、□130～□134 の一部を非氾濫斜面に置換える。さらに将来Ⅳ-3 では、これらの水田タンク 9 個を完全に都市化させる。

この都市化による影響は各段階とも下段に対してのみである。西大池の 100 年確率の最高水位で見ると、将来Ⅲに比べて、将来Ⅳ-1 で 10 cm、将来Ⅳ-2 でさらに 6 cm、将来Ⅳ-3 になるとさらに 24 cm の上昇となる。全体では計 40 cm もの水位上昇となり、その影響は大きい。

6. 将来の都市化に対する内水対策の検討

ここではそれぞれの都市化に対する対策を考える。この際、古川の暫定改修は完了し、井川の洪水吐は廃止されるものとする。また、昭和 61 年 7 月災害の対策の一環として、古川上流八丁地点に 15 m³/s の排水機場の新設計画¹⁰⁾があり、すでに事業に着手しているので、ここでは、この八丁機場も完成したものとしてその他の対策を考える。

6.1 都市化段階Ⅰに対する治水対策（上段対策）

古川の破堤を避けるための目標水位は、従来通り、最下流で天端高 12.73 m から余裕高 0.6 m を差引いた 12.13 m とする。

前報^{5), 6), 10)}で、干拓当時から設置されている古川下流部観世洪水吐は、この地域の治水計画上の要点であるので、すでに改修済になってしまった現時点においても、いまだ計画の再検討が望まれることを再三強調してきた。

Fig. 10 は、久御山排水機場のポンプが 60 m³/s になったという事実に着目して、さらに将来における久御山排水機場でのポンプ増設量と観世洪水吐改修規模との関係を示している。同図より、現在の観世洪水吐の標高のままでは、古川の目標水位の達成は不可能であること、目標水位達成のためには、観世洪水吐標高を古川改修前の 11.83 m に低下させた上で、下流ポンプ 30 m³/s 増設・洪水吐 6 倍拡幅、またはポンプ増設 15 m³/s・洪水吐 8 倍拡幅の必要ことが分かる。ここでは、諸般の情勢を勘考してポンプ 30 m³/s 増設、洪水吐拡幅 6 倍案を採用して、以後の検討を進めることとする。

将来Ⅰに対して上記の対策を採用するとき、10 年確率降雨時の氾濫最高水位は西大池で 10.78 m、久御山排水機場で 11.91 m となる。西大池で現在の土地利用での予測水位（Fig. 9 参照）より低くなるのは、現在の観世洪水吐の能力不足のために発生する 1 号水門上の越流が無くなるためと考えられる。上記対策が講じられたとき観世洪水吐からの越流は 28 万 m³、1 号水門の操作により下段から上段に移動する量は 31 万 m³（いずれも 48 時間の解析）と算出される。以下では、今後の都市化に対する対策のための西大池地点における目標水位は上記の 10.78 m とする。

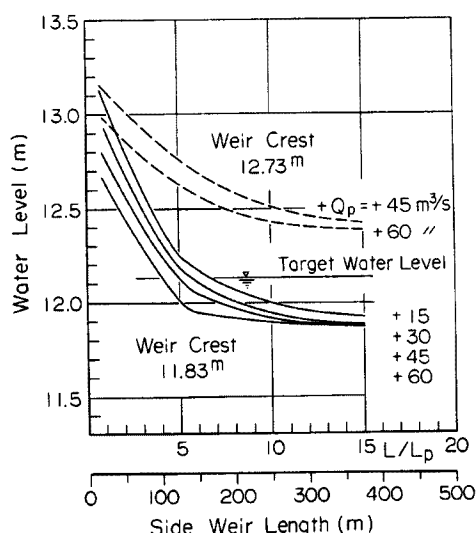


Fig. 10. Changes of highest water level by several countermeasures in the Joudan Zone, at the Kumiyama Pump Station.

流から2.6km地点で水路幅23m, 底幅20mに改修され, 通水断面は1.3倍になる。また, 中段から流出水を受ける河道タンク○12は水路幅17.7m, 底幅14.3mになる。

6.3 都市化段階Ⅲに対する内水対策（サイエンスタウン建設前後の対策）

基本的には中段の対策を考える。これをサイエンスタウン建設前後の2段階に分けて考える。建設前とは、本来は将来Ⅰの対策として取り上げるべき性格のものであるが、それぞれの都市化の影響を明確にする目的もあって、都市化段階Ⅲで取り上げることにした。

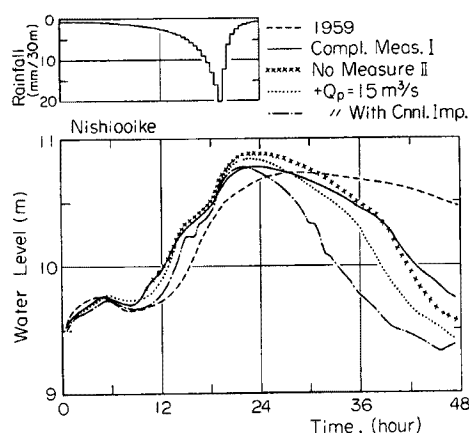


Fig. 11. Changes of stage hydrograph at Nishiooike due to the countermeasures against Future II.

6.2 都市化段階Ⅱに対する内水対策（幹線道路対策＝下段対策）

ここでは、前述の3幹線道路の整備が終り、沿道施設の群集もやむを得ないとした将来Ⅱの終了時点を対象として、その影響の甚大な下段の対策を考える。ただし、将来Ⅰに対する上段の対策は完了しているものとする。

1) 下段ポンプの増設

将来Ⅱの都市化による影響を西大池の水位でみると、Fig. 11にみられるように、上段対策完了時点に比べて10cmの水位上昇となる。これをポンプ増設のみで吸収しようとしても、ポンプ場に水が集まらず対策不能となるが、以下に述べる幹線排水路の整形改修を前提とすると、15 m³/sのポンプ増設で目標水位まで氾濫を抑えることが可能となる。Fig. 11にこの辺の状況を示す。

2) 幹線排水路の整形改修

幹線排水路は堀込み式の土水路であるが、土砂堆積等により不整形となっている上に、草が繁茂して通水能を減少させている。下流端から中段承水路より越流水を受ける河道タンク○12 (Fig. 7) まで全線にわたって、法面を1:0.5のブロック護岸水路に整形改修すると、下

(1) サイエンスタウン建設前の対策

a) 中段承水路整形改修と洪水吐改修

中段承水路は、干拓当初から下流への流量を押え、出水の大部分は河道タンク○43の洪水吐から下段に越水させてきた。このため昨今の都市化状況にそぐわない面が多分に見られるようになった。そこで、洪水吐近くの河道タンク○42、○43を底幅7m, 法面勾配1:0.5, 河床勾配1/6000の程度に整形改修し、洪水吐断面を、標高11.10m, 幅108mに改修する案⁶⁾を検討してみると、いずれのタンクでも、将来Ⅰに対しては、60cm以上の余裕があることが分かった。

しかし、都市化段階Ⅱの状態、すなわち新規の3幹線道路およびその沿道施設が完了した状態を検討すると、中段承水路を下流端より6km区間の全線にわたって可能な限りの整形改修を行っても、Table 4にみられるように、多くの地点で余裕がなくなり、水田タンク□159, □161で

Table 4. Comparison of highest water levels in the Chudan Catch Canal for several measures

Urbanization	Channel Improve	Spillway	Roadside Facilities	Highest Water Level (m)					
				Channel Tank Number					
				38	39	40	41	42	43
Future II	All		○	11.73	11.82	12.21	12.57	12.57	12.50
	All	Improved	○	11.29	11.66	12.07	12.30	12.54	11.34
	All	Improved	×	11.27	11.59	11.80	11.93	12.13	11.29
	Part	Improved	×	11.22	11.60	11.89	12.07	12.18	11.30
Future III	All	New ○39	×	11.29	11.69	12.32	12.33	12.35	11.40
	All	New ○40	×	11.40	11.93	11.93	12.03	12.16	11.37
Target				11.49	11.62	12.01	12.13	12.24	11.97

Channel improvement, All : ○38～○45 (Fig. 7)

Part: ○43～○44

20 cm, □ 164 では 40 cm も湛水することなどが分かった。すなわち、沿道施設の影響はあまりにも大きすぎるから、中段地区では沿道施設の開発は認められないことにする。

b) 下段ポンプ増設とバイパス水路の建設

当然のことながら、上記対策によるしわ寄せは下段に出てきて、西大池地点の最高水位は、上段対策終了時点より 6 cm の水位上昇となる。このときの中段洪水吐の排水量の増大分は 16 万 m^3 となり、これをポンプ増設のみで吸収しようとする、洪水吐地点での流入量が大きすぎるため、10 m^3/s のポンプ増設でも吸収できない（ピーク水位、10.81 m）ことが分かった。そこで、新設京滋バイパス高架下に排水路（バイパス水路）⁶⁾ を建設し、下段に 5 m^3/s のポンプを増設すると、中段の都市化 I、II の影響はすべて吸収でき、西大池最高水位は 10.78 m となる。よって、6.2 で必要となる容量と合わせて、下段に 20 m^3/s のポンプ増設が必要ことになる。

(2) サイエンスタウン建設後の内水対策

a) 中段下流洪水吐の新設・下段ポンプの増設（Ⅲ-a 案）

サイエンスタウン建設前の水路条件で建設後の解析を行うと、各河道タンクの最高水位は、いずれも天端より 0.5～0.7 m 高く、氾濫状態になる。また中段下流の遊水機能は完全に消滅してしまう。

そこで、まず河道タンク○39 に洪水吐を設置する案を検討すると、Fig. 12 に示すように、堰幅 30 m 以上、堰高 11.2 m の案が得られる。その時の中段各河道タンクの最高水位を Table 4 に示す。ただし、中段承水路は中流洪水吐より下流全線にわたって整形改修は必然とした。また、この下流洪水吐からの流出水は、現在の小排水路を改修し、それを経て河道タンク○4 に流すことにする。

同様のことを河道タンク○40 について検討したところ、堰標高 11.4 m、堰幅 30 m 以上を得た (Table 4)。このとき下段に落された水は、河道

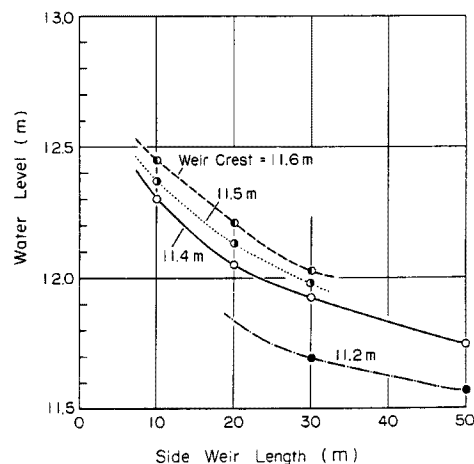


Fig. 12. Changes of highest water level at the channel tank No. 39 due to the newly constructed side weir (No. 201, Fig. 7).

タンク○40付近にある小排水路を改修し、河道タンク○21に流入することになる。

以上の○39、○40の両案を比較すると、両者には大きな差異はないが、前者の方が改修河道長が短く、主排8号に及ぼす影響は小さいと考えられるので、ここでは、前者の対策を採用することとする。

中段下流洪水吐の新設に伴う下段へのしわ寄せを吸収するには、下段にさらに $5 \text{ m}^3/\text{s}$ のポンプ増設が必要になる。Fig. 13にこのときの水位ハイドログラフを示す。

b) 流域分割案(Ⅲ-b案)

サイエスタウン建設予定地内に新規の排水路を開削し、排水系統を中段とは別にすることを考えると、新規排水路下流のピーク流量は $10.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 、新設排水機場能力は、 $5 \text{ m}^3/\text{s}$ で十分と判断される。当然のことながら、下段に対するサイエスタウンの影響は解消され、西大池最高水位は 10.77 m となる。

a) 案、b) 案どちらも結果に大差はないが、将来Ⅳの対策との絡みを考慮すると、b) 案がよいかも知れない。ここでは、一応b) 案を採用する。

6.4 都市化段階Ⅳに対する内水対策

都市化段階Ⅳ、とくにⅣ-2、3は、この地域の現状の排水系統を根本的に検討し直す必要のある、治水面からみて最終ないし最悪の状態である。しかし無為無策のまま放置できないので、ここでは、現行の排水組織(Ⅳ-A)案と、中内・大内両サイフォンを閉鎖し、大内川下流に大内排水機場を新設する分離排水(Ⅳ-B)案を検討する。後者が採択されるときは、都市化Ⅳ-1は大内川流域の問題、Ⅳ-2、Ⅳ-3は幹線排水路流域のみの問題と認識できる。

(1) 将来Ⅳ-1に対する内水対策

a) 現行の統合排水案(Ⅳ-A案)

将来Ⅲに対する対策は完了しているものとする。現在の中内サイフォンの流下能力は $9.0 \text{ m}^3/\text{s}$ ($2.5 \text{ m} \times 3.2 \text{ m}$ 断面)であるが、下流水位に影響されないとしたときの将来Ⅳのピーク流量は $7.5 \text{ m}^3/\text{s}$ であるので、将来も十分に機能しうる。

ところで、将来Ⅳ-1に対する特別の下段対策を行わない場合には、西大池氾濫最高水位は 10.83 m に増加する(Table 5)。この流出量増加分を、中内サイフォン流域内に遊水池を設置して調節しようとする

と、その必要容量は 46000 m^3 以上と推定される。そこで、河道タンク○18の最高水位を考慮して、遊水池越流部諸元を、堰標高 10.59 m 、堰幅 100 m 、面積 10000 m^2 として氾濫計算を行うと、Table 5に示すように、西大池の最高水位は 2 cm しか低下しない。一方、下段でのポンプでこれを吸収しようとする、 $5 \text{ m}^3/\text{s}$ のポンプが必要となる。このときの西大池における氾濫水位をFig. 14に示してある。

これらより、中内サイフォン流域の対策としては、流域内に遊水池を設置するよりは、下段下流へのポンプ増設の方が効果的であるといえる。

b) 分離排水案(Ⅳ-B案)

将来Ⅳ-1で都市化される流域(中内サイフォン流域)からの雨水を、流域変更により大内川に流入させた上で、大内川下流端に排水機場を新設し、大内・中内両サイフォンを閉鎖する案を考える。

このときの下段ポンプ容量は、Table 5に示すように、将来Ⅲの対策完了時点より $20 \text{ m}^3/\text{s}$ を減じた能力、すなわち現在のポンプ容量でよいことになる。

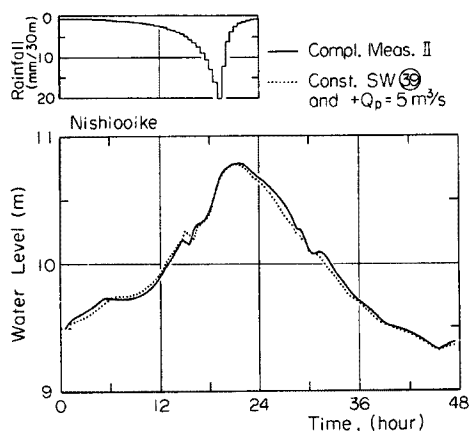


Fig. 13. Changes of stage hydrograph at Nishiooike due to the countermeasures against Future III.

Table 5. Comparison of highest water levels for several measures against Future IV

Urbanization	Plan—A**				Pp St	Plan—B**				Target (m)
	Pump (m ³ /s)	Retard. Pond	Chann. Impro.	Highest WL(m)*		Pump (m ³ /s)	Retard. Pond	Chann. Impro.	Highest WL(m)*	
Future IV-1	—	×	×	10.83	Og	-20	×	×	10.78	10.78
	+ 5	×	×	10.78		-10	×	×	10.70	
	—	○	×	10.81		—	×	×	10.66	
					Uc	+15	○	○	11.67 [#]	
Future IV-2	—	×	×	10.81						
	—	○	×	10.80		+20	○	○	11.39 [#]	
	+ 5	○	×	10.79		+25	○	○	11.22 [#]	
Future IV-3	—	×	×	10.82	Og	—	×	×	10.78	11.49 [#]
	+12	×	○	10.78		+ 5	×	×	10.75	
	+15	×	○	10.76		+10	×	×	10.73	
						—	×	×	10.81	
						+ 7.5	×	○	10.78	
						+15	×	○	10.74	

Note : * Highest water levels and target water level with # are the values at the hypothetical Ouchi Pump Station.

** Plan-A means the joint drainage system for the Gedan Zone with the Ogura Pump Station as present, and Plan-B the separated drainage system with the both Ogura (Og) and hypothetical Ouchi (Uc) Pump Stations.

一方、当然のことながら、大内川下流端には、新規に宇治川まで 250 m の排水路の開削と排水機場の設置が必要となる。このときの水路幅は、下段流域面積に対する幹線排水路幅を大内川流域面積に比例させて求め、排水機の実作条件は、巨椋排水機場を参考にして Table 2 のように定めると、必要とされるポンプ容量は 20 m³/s となる (Table 5)。ただしこのとき、最下流に位置する農地 (Fig. 7 で○120) を掘削水路に沿った湛水池として利用する必要がある。

将来Ⅳ-1 の段階でみると、B 案は、将来Ⅰ～Ⅲのため必要とされる巨椋排水機場でのポンプ増設分・下段の排水路改修を、大内川流域に移したこととほぼ同等の対策になっている。

(2) 将来Ⅳ-2 に対する内水対策

当然のことながら従来通り統合排水を行う A 案と、分離排水とする B 案とでは、将来Ⅳ-2 以降の対策 (必要ポンプ容量等) に違いがでてくる。

A 案では、巨椋排水機場に必要なポンプ増設量が大きくなるため、効果的な排水のためには幹線排水路の再改修等が必要となる。そこで、国道 1 号線・第 2 京阪道路・古川・幹線排水路で囲まれた水田タンク □ 103、□ 104 を洪水時の遊水池 (堰標高 10.6 m、堰幅 50 m、面積 68000 m²で底標高 10.00 m に掘削) に供用することになると、ポンプ増設量は 5 m³/s (Table 5) となる。

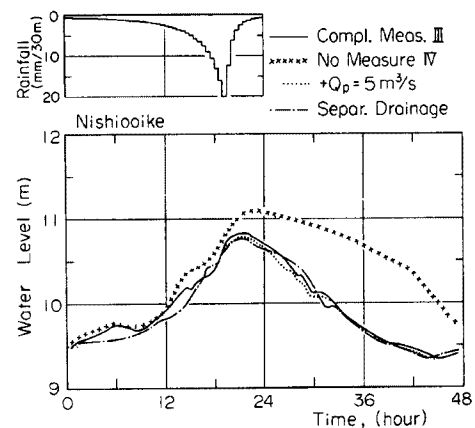


Fig. 14. Changes of stage hydrograph at Nishioike due to the countermeasures against Future IV-1.

一方、B案では現在の排水機が旨く稼働して増設を必要としない。この場合、大内排水機場でのポンプ増設の不要なことはいうまでもない。

(3) 将来IV-3に対する内水対策

A案では、主排8号水路を底幅10.6 m、上幅15.6 mの排水路に拡幅した上で、下段ポンプをさらに12 m^3/s 増設する必要を生じる。しかし、幹線排水路の通水能力は、全ポンプ排水能力に十分対応しきれず、根本的な改修が必要になる。すなわち、従来の排水方式では、この段階の都市化までになると、あまりにも多くの問題があるように思われる。

B案では、巨椋排水機場に7.5 m^3/s のポンプを増設することで、この段階の都市化に対応できる(Table 5)。むろん、大内排水機場は、無関係である。この段階の都市化は、本来許容されるべきものではないが、もし仮にそのような都市化が生じるとすれば、分散排水案のような抜本的な内水排除計画が必要となるといえそうである。

7. む す び

本報告では、さまざまな幹線道路が集中し、低平農地がいくつかのブロックに寸断されるという特異な都市化の予想される巨椋流域において、水害危険度の変化とその対策について、シミュレーション的に検討した結果を述べた。その結果を総括すると次のようである。

1) 都市化に伴い、水害危険度は確実に増加する。幹線道路と沿道開発に伴い西大池での水害危険度(最高水位の発生頻度の変化)は現在の2倍になる。また、サイエスタウン計画に至っては、さらに危険度を増大させる。

2) 干拓当時から設置されている古川下流観世洪水吐は、この流域の治水計画上の要点であるので、すでに改修済となっていた現時点においても、再改修が強く望まれる。そこで、久御山排水機場ポンプの30 m^3/s の増設に加えて、洪水吐堰頂低下(11.83 m)と6倍(150 m)の拡幅案を提示した。

3) 道路新設やサイエスタウン計画に対する対策として、前者に幹線排水路改修とポンプ20 m^3/s 増設(ただし、中段の内水対策も含む)、後者には中段洪水吐新設と下段ポンプ5 m^3/s 増設あるいはサイエスタウン流域の分離排水という案を示した。

4) 終局的な都市化を想定した将来IV-3の段階では、幹線道路・沿道施設の建設完了段階を基準にすれば、さらに3倍の水害危険度増加となる。この段階の都市化は、治水上、容認されるべきものでないが、これに対処せざるを得ない事態があるとすれば、下段流域の分離排水案等、抜本的な対策を検討する必要がある。

本研究に際し、巨椋土地改良区、建設省淀川工事事務所、京都府河川課・宇治土木事務所、宇治市役所、城陽市役所および(社)システム科学研究所から資料の提供その他の援助を受け、また本研究所角田吉弘・永田敏治両技官、丸尾博和氏(調査当時学生、現在、日本舗道(株))および学生諸子に、現地調査や資料整理など多大の協力を頂いたことを付記し、深謝の意を表する。なお、計算には京都大学大型計算機センターのFACOM M-382, M-780/10を使用した。

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，京大防災研年報，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)一現状と将来一，京大防災研年報，第23号 B-2，1980，pp. 263-277.
- 3) 角屋 睦・早瀬吉雄：巨椋低平流域の都市化と内水(3)一水害危険度の変化一，京大防災研年

- 報，第 24 号 B-2，1981，pp. 197-208.
- 4) 角屋 睦・早瀬吉雄：巨椋低平流域の都市化と内水（4）—将来の洪水対策試案—，京大防災研年報，第 24 号 B-2，1981，pp. 209-221.
 - 5) 角屋 睦・早瀬吉雄：巨椋低平流域の都市化と内水（5）—出水規模を考慮した洪水対策試案—，京大防災研年報，第 25 号 B-2，1982，pp. 269-285.
 - 6) 角屋 睦・早瀬吉雄：巨椋低平流域の都市化と内水（6）—農地のゾーニングと洪水対策試案—，京大防災研年報，第 26 号 B-2，1983，pp. 231-243.
 - 7) 巨椋池土地改良区：巨椋干拓誌，1981，pp. 415-481.
 - 8) 例えば，角屋 睦：流出解析手法（その 6），農業土木学会誌，第 48 巻 6 号，1980，pp. 419-425.
 - 9) 角屋 睦・早瀬吉雄：流出解析手法（その 14），農業土木学会誌，第 49 巻 4 号，1981，pp. 321-332.
 - 10) 角屋 睦・増本隆夫：巨椋低平流域の都市化と内水（7）—昭和 61 年 7 月豪雨による氾濫とその考察—，京大防災研年報，第 30 号 B-2，1987，pp. 215-228.
 - 11) 角屋 睦：新住宅地の不浸透面率，京大防災研年報，第 26 号 B-2，1983，pp. 225-230.