

都市化と内水

角 屋 睦

1. ま え が き

私は、この3月で防災研究所における33年間の勤務を終え、京都大学を定年退職した。この33年間は長いようでもあり、短かったような気もする。しかし、京都大学独得の自由な雰囲気研究環境のお蔭で、好きなことをやらせて頂いたことに衷心感謝している。この33年間の研究を私なりに整理すると、次のようになる。

- (1) 水文統計学
- (2) 土地利用変化都市化と水害ポテンシャル変化
- (3) ダム管理の水文学

このうち第3の課題は、私が所属していた内水災害部門の研究としてはやや異質に見える。これは、本来内水施設管理の研究の一貫として始めたものであるが、社会の要請に応じて急ぐ仕事をしているうちにやや方向がそれ、当初の計画は具体化できなかった。残された課題はいずれ若い諸君がやってくれるものと信じている。

以上の研究のうち、当然のことながら私どもが最も心血を傾注したのは第2の課題であり、部門創設の昭和38年以来、研究室の総力を上げて取り組んできた。幸いにして京都南部地方には内水研究の対象になりうる候補地がいくつもあった。山科川流域、大谷川流域、巨椋古川流域、横大路流域などである。これらの流域に逐次観測網を整備して調査を進めたが、このうち最も力を入れ、かつ長期にわたって観測研究を続けてきたのは巨椋流域である。ここではこの巨椋流域における成果¹⁾⁻¹⁰⁾について述べる。

2. 巨椋流域の変遷

京都南部地方には内水研究の対象になりうる候補地がいくつもあると述べたが、これは何も京都南部地方に限ったことではない。人間が居住地としている地域の大部分は水の便と無関係な所はなく、昔から内水災害の危険性の高い地域から開発が進み、人口が集中してきた。巨椋流域もそういう地域であったことは、その歴史を見れば歴然としている。

Fig. 1は、400年前頃（秀吉伏見城構築前）までの京都南部の絵地図である。河川や池沼の沿岸地帯は毎年のように洪水に悩まされていたが、その様相は、伏見城の築城に関連して行われた大閘堤（横島堤・小倉堤・淀堤など）の

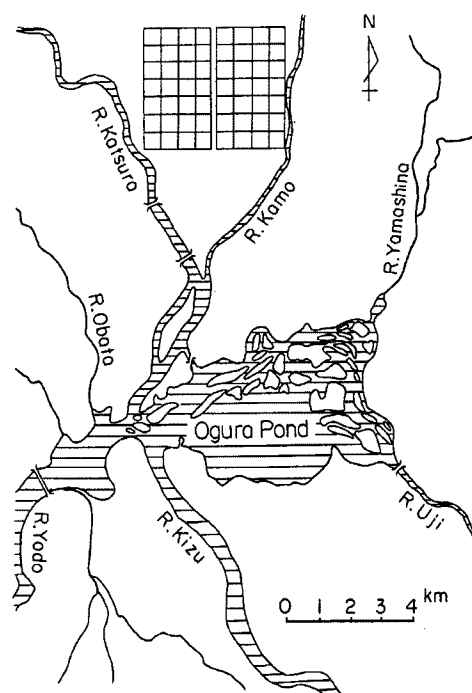


Fig. 1. Outline of the south area of Kyoto about 1600.

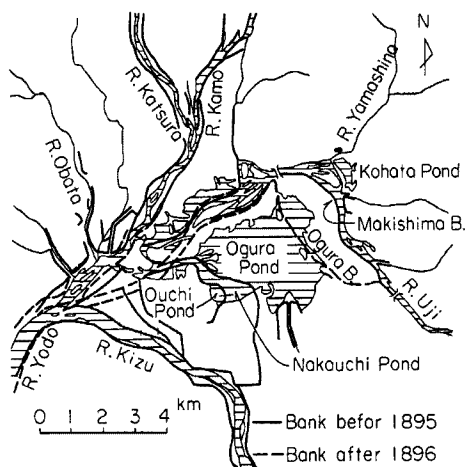


Fig. 2. Outline of the Ogura Area about 1930.

構築によって大きく変貌する。その後、巨椋池周辺の河道は若干の曲折はあったが大変化はなく、250年あまり経過したが、明治元年の大出水によって木津川堤が破堤し、西方に大きく流路を変えてほぼ現在の河道になった。また明治29年から43年にかけての淀川改良工事によって、宇治・木津・桂三川合流点付近が現河道に付け替えられた (Fig. 2)。さらに、昭和8年から16年にかけて実施された干拓事業によって、巨椋池は完全に消滅し、昔とは比較にならないほど水害の危険性の少ない土地に変わった。

旧巨椋池の集水面積は52 km²であるが、このうち宅地・商業地域の占める割合は、昭和30年頃までは干拓完成当時と大差なく4%以下、40年当時でも7%程度であった。これが昭和50年になると35%に急増し、昭和60年にはほぼ50%に達している (Figs. 3, 4)。巨椋池が陸地化するのに350年もの年月が必要であった。それと対比すると、今日の都市化現象はほとんど瞬間的といつてよいほど、急テンポに進んでいる。さらに、昭和63年に開通した京滋バイパスを手始めとしていくつかの幹線道路計画もあって、将来の土地利用変化が大きく懸念されている。こうした問題をいま少し詳しく見てみたい。

3. 巨椋流域の概要

これまで、巨椋流域は低平地主体流域といわれてきた。これはかつて下流に10 km²もの巨大な巨椋池があったために感覚的にもそう見られてきたのであるが、たしかに標高20 m以下の低位部が2/3程度となっている。排水区は上段地区 (27.4 km²)、中段地区 (6.3 km²)、下段地区 (18.7 km²) 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。古川下流部、古川の支流井川の下流部および中段承水路には

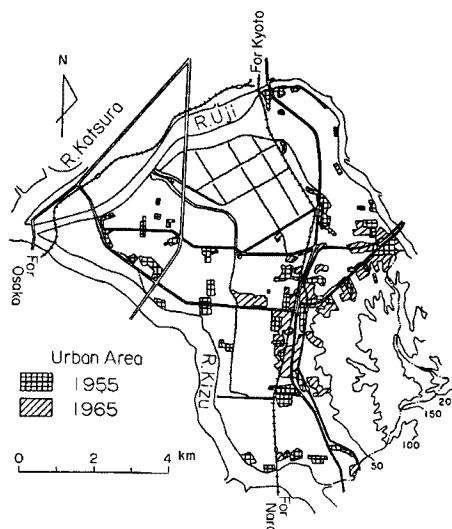


Fig. 3. Urban area in the Ogura basin before 1965.

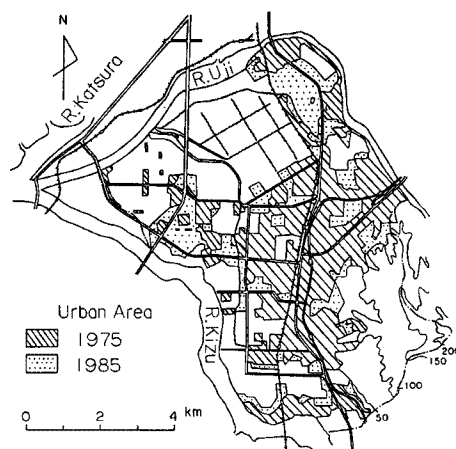


Fig. 4. Progress of urbanization in the Ogura basin after 1965.

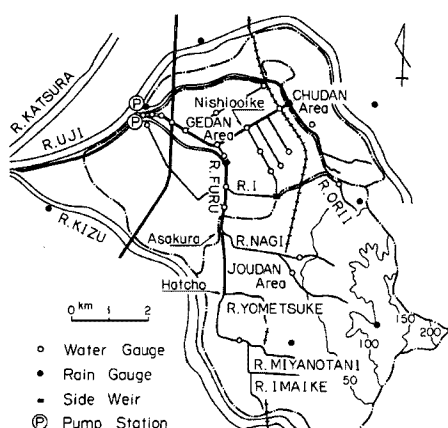


Fig. 5. Drainage system in the Ogura basin.

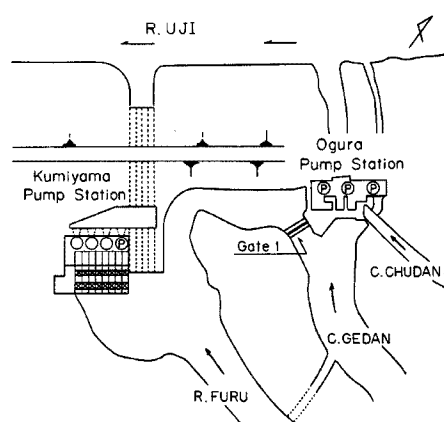


Fig. 6. Outline near the Ogura and Kumiyama Pump Stations.

破堤防止の洪水吐がある。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や一部の更新もあって、現在では合計49 m^3/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、建設省によって古川下流端に久御山排水機場が建設され、とりあえず30 m^3/s のポンプが1台設置された（Fig. 5）。

その後、昭和54年に、下段幹線排水路下流端と古川下流端との間の船通水門跡に1号水門が設けられた。これによって久御山排水機場と巨椋排水機場の連携操作が可能になり、かつまた古川の改修と相まって、下段の自然排水が可能になったことが大きい（Fig. 6）。

かつての古川の通水能はかなり小さく、井川合流点下流で最大限54 m^3/s 程度であったが、現在160 m^3/s の暫定能力を持つ河道に改修されている。

こうした状況であったところに、昭和61年7月に50～100年に1度級の豪雨があり、大水害となった。これによって古川改修事業は激特事業に採択され、久御山排水機場に30 m^3/s のポンプが増設されるとともに、暫定10 m^3/s の能力を持つ城陽排水機場（八丁）が新設された。

4. 都市化と水害危険度

4.1 対象降雨

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。しかしその定量的定義は明確ではない。ここでは客観的に理解しやすいよう、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「発生頻度」の形で吟味を進めることにする。

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。このときの日雨量287 mmが100年確率に相当している。ここでは、過去の状態との比較を主とするときは、波形を変えないで雨量のみを変え、日雨量が50, 30, 10ないし5年確率に相当する降雨を対象として解析する。また計画外の将来の議論をするときは、ピーク位置80%のTalbot式を利用した30分配列のハイエトグラフを用いる。

4.2 数値モデルと適用条件

山地、丘陵地、市街地及び高位部の水田など、解析上非氾濫域とみなしうる領域には、kinematic wave法を、水田などの氾濫域、古川など河川、排水路の流れには、われわれが提案している低平地タンクモデルを適用する。Fig. 7は低平地タンクモデルのための流域モデルで、□印が水田、○印が河道部を表現している。

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 $\phi = 30 \text{ mm/h}$ とした ϕ -Index法を用い、裸地、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京都市天神川排水区の観測値に基づいて代数的に算出した曲線を用いる。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、水田のそれは下段地区の実測値（7月）より求めたものを用いた（Fig. 8）。

4.3 都市化による水害危険度の変化³⁾

Fig. 9は、日雨量ではぼ100年確率相当といわれる昭和34年8月の豪雨を想定して都市化の影響を調べた例である。古川上流八丁の水田地帯では、過去の土地利用時の水位と都市化後の水位を比べると45 cmの湛水位増加となる。また、1 m前後の盛土をして水田から住宅地に変化した旦棕住宅地（地盤高14～15 m、平均14.5 m）では、この地域一帯がすべて住宅地になったものとする、過去の最高水位より80 cm高くなり、1 m程度の盛土では不十分で、かなりの床上浸水家屋が出ることになる。

この地域の都市化対策として、現在古川下流端に久御山排水機場があり、昭和48年に排水能力 $30 \text{ m}^3/\text{s}$ のポンプが新設され、また61年の豪雨災害対策としてさらに $30 \text{ m}^3/\text{s}$ のポンプが増設された。しかし古川の改修の進行状況が遅いため、下流部はかなり恩恵を受けているが、その効果は上流旦棕や八丁まで及んでいない。城陽排水機場ができたことの効果は書き込んでいないが、将来の $15 \text{ m}^3/\text{s}$ になってもなお十分とはいえない。

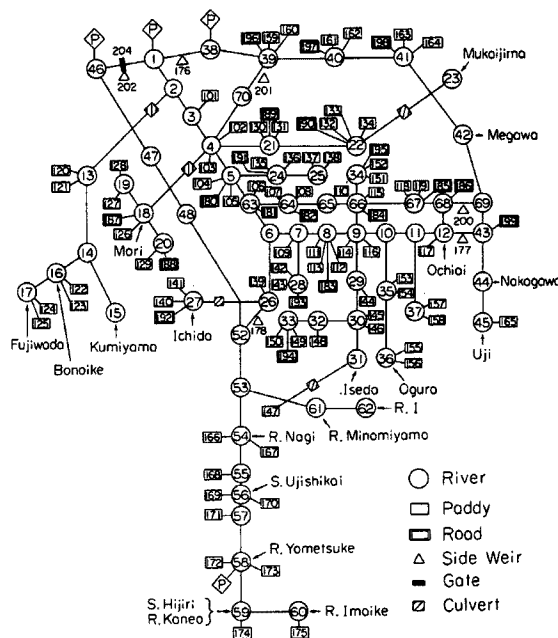


Fig. 7. Watershed model for applying the diffusive tank model.

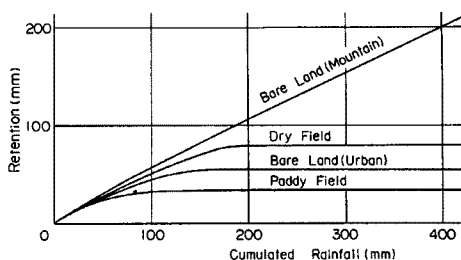


Fig. 8. Retention curves for direct runoff.

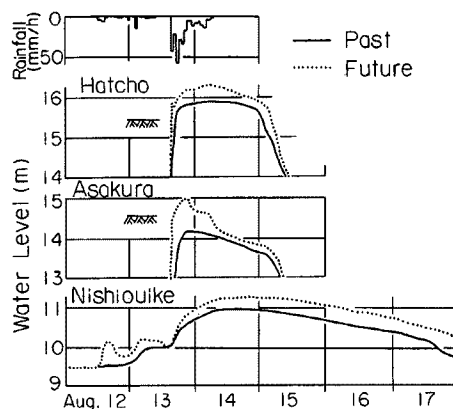


Fig. 9. Comparison of stage hydrographs at several points along the river Furu and Nishiouike located in the lowest area in the Gedan zone.

Fig. 10 は、この種の解析をいろいろな確率降雨について行い、水害危険度の変化を調べた結果を旦稜住宅地について例示したものである。ここでは、過去 100 年に 1 度程度であった水位は現在（昭和 55 年）ほとんど毎年出現しており、古川改修が未完の近い将来には年に 1, 2 度となって、危険度は 100 倍以上になることを示している。

5. 幹線道路群の集中とその波及効果

5.1 将来の都市化状況の予想

次に、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の影響について考える。すなわち、Fig. 11 に見られるように、幹線道路の新設計画が交錯して低平農地がいくつかのブロックに寸断され、土地利用や農耕形態に大きな変化を余儀なくされようとしている。さらに、これに関連して沿道施設の集中もまた必然と予想される。

現在の都市化面積は、昭和 62 年時点ですでに 50% と、都市計画上の市街化区域のほぼ全域（52%）に近い。

Fig. 11 には、ほぼ完成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、ここでは、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する。

- (1) 将来Ⅰ：現在指定の市街化区域がすべて都市化し、舗装率は 70% に達した状態。
- (2) 将来Ⅱ：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（将来Ⅱ-1）、幅 50 m にわたり沿道施設も完成した状態（将来Ⅱ-2）。
- (3) 将来Ⅲ：中段承水路の向島下流右岸側の京都市域にサイエスタウン（1 km²）が完成。
- (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、古川を横断する中内サイフォンの流域（久御山町）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。

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。

将来Ⅳ-2 は、さらに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。

将来Ⅳ-3 は、主排 8 号水路以北の地域が都市化する状態、である。

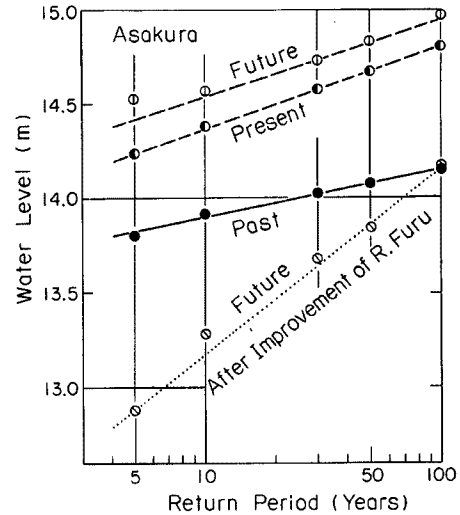


Fig. 10. Comparison of the highest water levels at Asakura which is a new residential area along the river Furu.

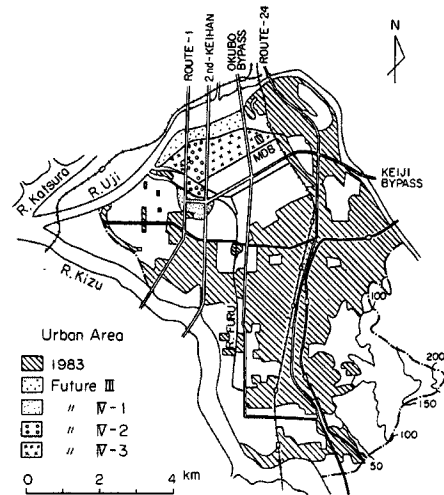


Fig. 11. Land use condition forecasted in the Ogura basin.

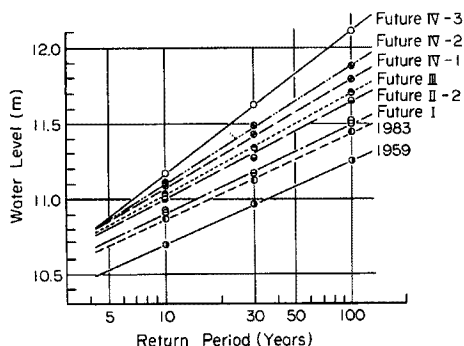


Fig. 12. Comparison of the highest water levels at Nishiouike.

5.2 将来の都市化に伴う水害危険度の変化⁸⁾

Fig. 12 は、将来の各都市化段階における最高水位を流域最低部の西大池地点で示したものである。

ここで注意したいのは、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ことである。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。

5.3 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。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、いま一度計画の再検討が望まれることを再三私は強調してきた。この主張をあらためてここで繰り返したい。Fig. 13 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、例えば下流ポンプ 30 m³/s 増設・洪水吐 6 倍拡幅の必要なことが分かる。ここでは、この案が実行されるものとして、以後の検討を進めることとする。

5.4 都市化段階Ⅱ～Ⅳに対する治水対策

都市化段階Ⅱ、すなわち幹線道路新設の影響は、ほとんど沿道施設によるものである。影響の大きい下段についていえば、これをポンプ増設のみで吸収することは不可能である。幹線排水路の整形改修を前提としても、15 m³/s のポンプ増設が必要になる。

都市化段階Ⅲ、すなわちサイエスタウン建設に対する対策は、バイパス水路を建設して、下段に 5 m³/s のポンプを増設するか、または新規に 5 m³/s のサイエスタウン用排水機場を建設するかのいずれかとなる。ここでは後者を想定する。

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がある、治水面からみて最終ないし最悪の状態である。ここでは、Table 1 に示すように、現行の排水組織案と、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案を検討したが、どうやら後者を採択せざるを得ないのでないかと見ている。

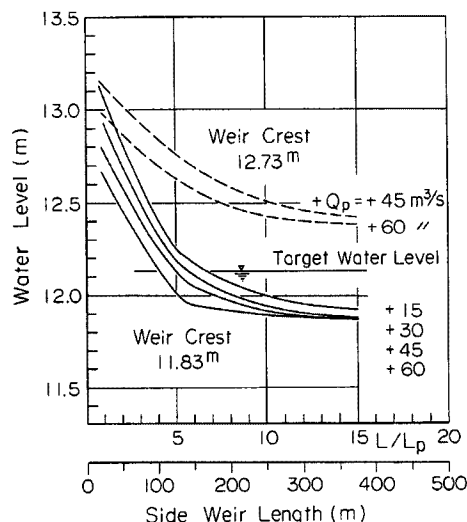


Fig. 13. Changes of the highest water level at the Kumiya Pump Station due to several countermeasures in the river Furu.

Table 1. Comparison of highest water levels for several measures against Future IV.

Urbanization	Plan-A**				Plan-B**					Target (m)
	Pump (m ³ /s)	Retard Pond	Chann. Impro.	Highest WL(m)*	Pp St	Pump (m ³ /s)	Retard Pond	Chann. Impro.	Highest WL(m)*	
Future IV-1	—	×	×	10.83	Og	-20	×	×	10.78	9.78 11.49*
	+5	×	×	10.78		-10	×	×	10.70	
	—	○	×	10.81		—	×	×	10.66	
					Uc	+15	○	○	11.67 [#]	
						+20	○	○	11.39 [#]	
						+25	○	○	11.22 [#]	
Future IV-2	—	×	×	10.81	Og	—	×	×	10.78	
	—	○	×	10.80		+5	×	×	10.75	
	+5	○	×	10.79		+10	×	×	10.73	
Future IV-3	—	×	×	10.82	Og	—	×	×	10.81	
	+12	×	○	10.78		+7.5	×	○	10.78	
	+15	×	○	10.76		+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 only the Ogura Pump Station as present, and Plan-B the separated drainage system with the both Ogura (Og) and (hypothetical) Ouchi (Uc) Pump Stations.

6. 内水施設の最適配置

これまでの、過去のあるいは現在の治水条件を念頭に置きつつ、災害の危険度の変化を議論し、氾濫状況を悪くしないための方策を考えてきたが、そのための経済的側面にはあまり言及しなかった。内水施設の最適規模配置問題についての研究は必ずしも十分とはいえないが、ここでは巨視的に把握しようと考え、Fig. 14 に示すような施設を想定して、DP手法を用いて調べてみた。この図で、P1が昭和48年にできた久御山排水機場、P5が平成2年8月に完成した城陽排水機場である。P2、P4は仮想の排水機場、R3も仮想の遊水池である。得られた結果を要約すると、次のようなことがいえそうである⁹⁾⁻¹⁰⁾。

- 1) 都市化前の土地利用状況では、下流端の久御山排水機場の建設による集中排水案が最適解であったが、都市化の進んだ将来の土地利用状況では、久御山(P1)、宇治市界(P4)、八丁(P5)の各排水機場の建設による分散排水案が最適解となる。
- 2) 用地取得費が高くて大規模な河道改修が困難な場合は、上流側に複数の排水機場を建設する分散排水によって、できるだけ河道の拡幅規模を抑える方が得策となる。

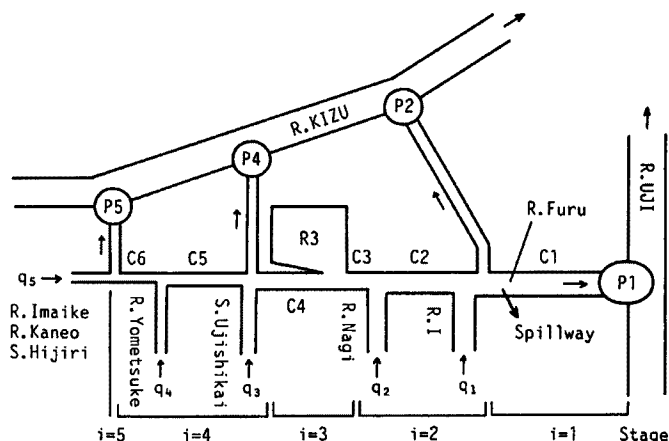


Fig. 14. Drainage system along the river Furu for DP calculation.

- 3) 観世洪水吐から下段への越流による湛水補償費を払うことを考えると、補償費が安いほうがよいが、ある値以上になるとこの案は成立しなくなる。

また現状を是認して将来の対策を考えると、

- 1) 現在の施設は 10 年確率出水に対応できているが、それ以上の出水に対しては、何等かの対策が必要である。
- 2) 将来の土地利用状況における 100 年確率出水に対して、下段農地への越水氾濫を許容しない場合は、久御山・城陽両排水機場におけるポンプ増設の組合せ案が得策となる。この結果は、流域全体の地価の変動には無関係であり、排水機場・遊水池の新設案は採用されない。

7. む す び

内水災害危険度の高いといわれた地域も、またその中の様相も時代とともに変貌する。しかし、都市化とは何なのか、自然に対してどういう働きかけをすることか、この働きかけにも許容限度があることを、常に考えておく必要がある。内水対策によって、災害状況は著しく改善されるであろう。しかし都市化がその限界を逸脱すると、思わぬ災害が出現する可能性のあることを忘れてはならない。治にいて乱を忘れずという言葉、噛みしめたいものである。

本稿は、長年巨椋流域で続けてきた観測調査研究の結果を要約したもので、その内容はかなり簡単なものとなっている。しかし、この研究は、詳細は省略するが、これまで研究室に関係してきた多くの方々の血のにじむような努力によって進められてきたことを付記して、心より謝意を表するものである。

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，京大防災研究所年報，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）—現状と将来—，京大防災研究所年報，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）—水害危険度の変化—，京大防災研究所年報，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—，京大防災研究所年報，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—，京大防災研究所年報，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—，京大防災研究所年報，第 26 号 B-2，1983，pp. 231-243.
- 7) 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—，京大防災研究所年報，第 30 号 B-2，1987，pp. 215-228.
- 8) 角屋 睦・増本隆夫：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—，京大防災研究所年報，第 31 号 B-2，1988，pp. 379-393.
- 9) 角屋 睦・田中丸治哉・熊谷幸樹：巨椋低平流域の都市化と内水（9）—内水排除施設の規模配置に関する一考察—，京大防災研究所年報，第 33 号 B-2，1990，pp. 403-413.
- 10) 角屋 睦・近森秀高：巨椋低平流域の都市化と内水（10）—古川を中心とした内水排除施設—，京大防災研究所年報，第 34 号 B-2，1991，pp. 177-188.

FLOOD PROBLEMS DUE TO URBANIZATION

By *Mutsumi KADOYA*

Synopsis

We have carried on the hydrological investigation since 1966 in the Ogura basin located in the south of Kyoto, in order to clarify the urbanization effects on flood runoff and flood disaster potentialities. This report is a summary of the research delivered as the last lecture at Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University.

This report is composed of the following contents.

1) Flood disaster potentialities increase with the progress of urbanization. To cope with the urbanization in the upper area of the river Furu, the improvement of the river Furu become urgent.

2) The impact of arterial roads concentration forecasted in the Ogura basin is caused by the construction of attached facilities such as gas stations, restaurants and so on. The construction of the attached facilities must be restricted severely in a low-lying basin.

3) Extreme urbanization of a low-lying area may be obliged to construct a new drainage system because of the limit of the improvement of existing system.

4) The result of DP calculation shows that the present drainage system is near to an optimal one, but that the system with several pump stations along the river Furu may become optimal if the land cost goes up and the channel improvement become expensive.