

宇治川流域の都市化と内水

角屋 睦・永井 明博・中村 敬二

URBANIZATION EFFECTS ON FLOOD RUNOFF AND INUNDATION CHARACTERISTICS IN UJI RIVER BASIN

By *Mutsumi KADOYA, Akihiro NAGAI and Keiji NAKAMURA*

Synopsis

The Uji river basin, part of Ino Town adjoining Kochi City, is 13.9 km² in area and is composed mainly of mountains. The narrow and lower plain of 2.2 km² extending along the Uji river is used mostly as paddy fields and partly as urban areas. But the urbanization is recently advancing mainly along the Uji river in spite of the dangerous topographical condition from flood. Several flood prevention works such as an increase of pump, the creation of a flood way of a tributary and the improvement of river channel, have been hurriedly carried out after severe disasters in 1975 and 1976.

This paper examines the changes of flood risk due to the flood prevention works and the urbanization in future on the basis of the results of flood analysis by the kinematic runoff and diffusive tank models. The results show that the effect of the flood prevention works is so great that the flood risk is reduced to one-tenth and/or one-fifth, and that the urbanization is undesirable because the flood risk is increased by a factor of two.

1. ま え が き

高知県仁淀川下流部には、宇治川・日下川・波介川流域など、内水災害常襲地帯と目されるいくつかの支流流域がある。これらの地域が、昭和50年8月台風5号、51年9月台風17号に伴う豪雨によって被った被害はとりわけ激しいものであって^{1,2)}、これらを機に、激甚災害対策特別緊急事業ないしその関連事業として、いくつかの治水事業が実施された。ところが、これらの地域では、大都市周辺ほどではないが、近年都市化がかなり進行してきている。流域の都市化がいろいろと災害問題を引起すことは、これまでのいくつかの事例で明らかである。したがって、都市化があまり進まない前に、将来を見越した対策を講じておくことが望まれる。とくに上記地域では、緊急に実施された治水事業の効果が大きいと思われるだけに、災害に対する危険感が薄らぎ、都市化の進行が促進される可能性も懸念される。

われわれは、50年・51年両災害時とも、直後に災害の実態・発生過程を詳細に検討したこともあって^{3,4)}、これら地域の内水問題に深い関心を持っていた。そこで今回は、宇治川流域を対象として、治水事業ならびに都市化に伴う内水災害危険度の変化を検討してみた結果を報告する。

2. 流 域 概 要

2.1 地 形

宇治川流域は、Fig. 1 に示すように、高知市に西接する伊野町に所在し、仁淀川河口より 9.8 km 地点で仁淀川に合流する宇治川を排水河川とする、流域面積 13.9 km² の山地主体流域である。宇治川沿いに開けた平坦地は、ほぼ標高 20~25 m を境として、かなり急勾配の山地に接している。標高 20 m 以下の低平

地は、わずか 2.2 km^2 (16%) であって、この地方特有の地質構造から、ほぼ東西方向に細長く伸び、その幅は $500 \sim 400 \text{ m}$ と狭い。この低平地には、伊野町の中心市街地の一部が広がってきているが、大部分は水田として利用されている。伊野町の古くからの中心市街地 (0.3 km^2) は、宇治川支流早稲川の下流部両岸に広がっている。

宇治川は、主河道長 6.1 km の小河川である。下流端より 1.2 km 地点で早稲川を合流し、河床勾配は、早稲川合流点より下流で $1/2000$ 、上流で $1/4000$ と緩勾配である。河道断面は、下流部で川幅 30 m ・深さ 3.5 m 前後の台形、早稲川合流点より上流では、**Fig. 2** に例示するように、川幅 $20 \sim 10 \text{ m}$ ・深さ $3 \sim 2 \text{ m}$ の台形状の、いわば農地排水路であった。また宇治川左右岸の地盤標高は、**Fig. 2** にもみられるように、下流より中流部の方が低い中凹み状を呈している。これは、日下川・波介川などでもみられる³⁾ 仁淀川下流部の低平地特有の様相であり、昭和21年南海地震による地盤沈下が主因と考えられている。

2.2 治水事業

従来、排水河川宇治川の下流端に集った雨水は、一部が、地盤沈下対策事業によって昭和28年着工・38年竣工の、径 2.2 m 標準馬蹄形・勾配 $1/400$ ・延長 107 m ・最大疎通能力 $10 \text{ m}^3/\text{s}$ の放水トンネルによって、仁淀川八田堰下流に排除されるほかは、排水樋門による自然排水方式によっており、小容量の農業用排水機はあったが、ほとんど効用はなかった。そこで、昭和47年以来、内水対策事業が建設省によって進められ、50年8月災害直前に公称能力 $10 \text{ m}^3/\text{s}$ のポンプ1号機が設置され、次いで51年7月2号機が完工して51年9月災害時に効果を発揮した。さらに3号機が52年8月に増設され、排水機能力は現在 $30 \text{ m}^3/\text{s}$ になっている。

また、前記災害を機に、支流早稲川の放水トンネル工事が実施され、57年に竣工した。これは、宇治川山地流域面積の $1/3$ 、全流域面積の $1/4$ に相等する山地流域 3.7 km^2 の出水量をカットする、画期的な事業であった。さらに宇治川本流についても、従来狹窄部を形成して上流域浸水の一要因と目されていた鉄道および国道33号線横断地点の改良を含め、**Fig. 3** に例示するように、川幅を $30 \sim 37 \text{ m}$ に拡幅する河道改修工事も積極的に推進されており、現在、国道横断地点より下流の断面が概成している。

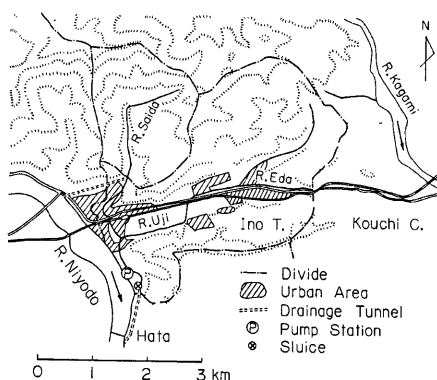


Fig. 1 Physiographical map of the Uji river basin

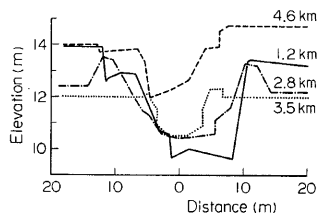


Fig. 2 Cross sections of the Uji river

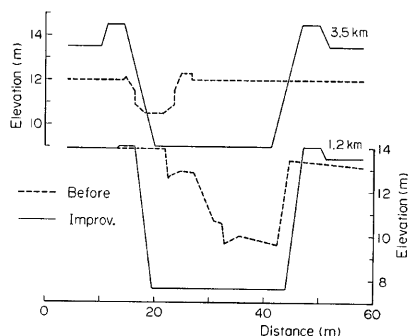


Fig. 3 Examples of the improved cross section of the Uji river

3.3 都市化

この流域は、低い峠を経て高知市に隣接し、かつ国道33号線・国鉄土讃本線や土佐電鉄などが通って交通の便に恵まれていることもあって、昭和46年の都市計画決定以降、高知市に近い枝川合流点付近より都市化が進行し始め、昭和46年頃600戸程度であった伊野町宇治地区世帯数が、昭和50年には1400戸、55年には1500戸と、2.5倍に増加している⁵⁾。

地形図や住宅地図上で計測した昭和55年時点の都市化域は、区画整理のみの地区を含めて、 1.28 km^2 であるが、都市計画上の市街化区域がすべて市街地になったとすると、 2.28 km^2 と約2倍に膨れ上がることになる。本研究では、昭和55年時点の土地利用を現状、都市計画上のそれを将来Ⅰとする。さらに遠い将来においては、国道沿いの低平地 0.61 km^2 も都市化しないとは限らない。よってこれを極限状態とみなし、将来Ⅱとして、その影響を調べておくことにする。

なお、ここで想定する将来の都市化状況は、現状解析のために後示する Fig. 5 において、将来Ⅰでは、ブロック3, 5, 9, 14および16の農地が、将来Ⅱでは、さらにブロック26を残したすべての農地が、それぞれ市街地に変ることになる。将来Ⅱの残存農地はわずか 0.28 km^2 となる。

3. 検討方針

3.1 数理モデル

洪水流出氾濫解析には、周知の kinematic 流出モデル⁶⁾と低平地タンクモデル⁷⁾を併用する。ただし、本来両モデルは、それぞれ非氾濫域と氾濫域に分けて適用すべきであるが、10年確率以上の豪雨を対象とすると、地形条件からみて、この地域ではほとんどの農地がすぐ氾濫状態になってしまうので、水田ブロックからの流出も、畦畔流出を考慮することなく、kinematic 状流出として扱うこととし、低平地タンクモデルは、氾濫域を含む河道流れに適用する。このようにした場合の、kinematic 流出モデル用の流域区分を Fig. 4 に、同現状流域モデルを Fig. 5 に、また低平地タンクモデル用の河道分割を Fig. 6 に、同ブロック図を Fig. 7 に示す。

これらの数理モデルの適用に際して、定めるべきモデル定数は、地形および河道特性によって必然的に定まるものの以外は、昭和50年8月出水時の内水位ハイドログラフが再現できるよう、試算的に推定した。ただ

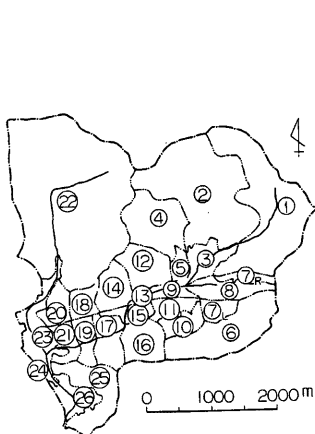


Fig. 4 Watershed division for applying the kinematic runoff model

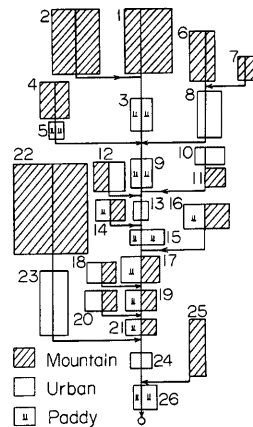


Fig. 5 Watershed model for applying the kinematic runoff model

し、この時点の土地利用は、55年時点のそれと大差がないので、**Fig. 5**の流域モデルをそのまま利用した。また、排水計算に必要な排水樋門・八田堰下流の仁淀川水位は、50年8月出水時にも実測されていないので、建設省によって作或されている伊野地点仁淀川水位に基づく推定式を利用した。これは次節以下の議論でも同様である。

さて、昭和50年8月出水時の再現計算の結果を**Fig. 8**に示すが、実用上はほぼ満足できる結果と判断されよう。この計算に利用した有効降雨推定のための雨水保留量曲線を**Fig. 9**に、氾濫地の水位-容量曲線を**Fig. 10**に示す。**Fig. 9**において、市街地・水田の保留量曲線は、われわれが他地域で検証しているもの⁸⁾を利用し、山地域のそれは、**Fig. 10**を利用して検討した水収支の結果から、市街地・水田の保留

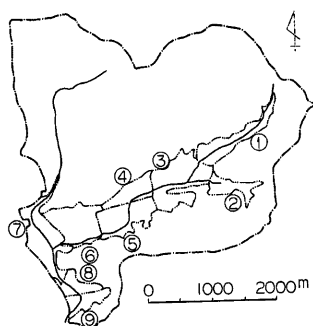


Fig. 6 Channel reaches for applying the diffusive tank model

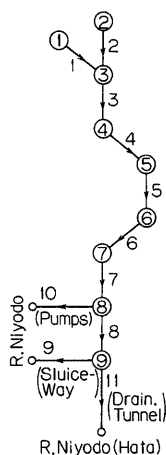


Fig. 7 Block diagram for applying the diffusive tank model

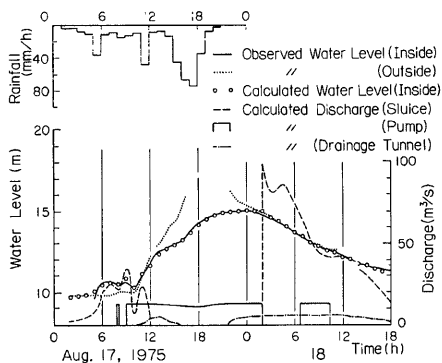


Fig. 8 Observed and calculated hydrographs at the downstream reach, for flood of August, 1975

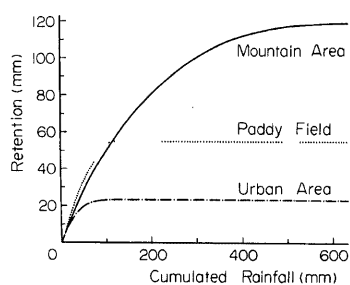


Fig. 9 Watershed retention of rainfall

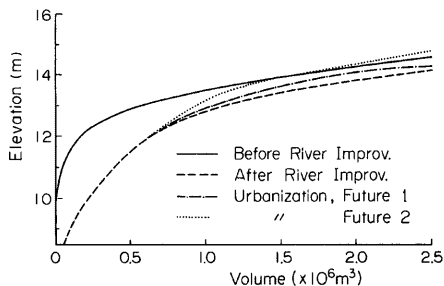


Fig. 10 H-V curves for inundation

量を差引いて推定したものである。また kinematic 流出モデルの等価粗度 $N(m^{-1/3}\cdot s)$ は、市街地0.01、山地2.0、水田3.0、計算単位時間は20分、低平地タンクモデルの計算単位時間は1時間を基本として十分であった。

後の議論に必要な、保留量曲線・等価粗度・計算単位時間は、検証計算に用いたものをそのまま利用する。ただし、樋門操作は、内外水位差が10 cm になった時点、ポンプ運転は樋門閉鎖時間内と約束する。

3.2 外力条件

外力条件として重要な降雨条件の設定は、伊野町の降雨観測期間が短いので、止むを得ず、高知気象台の昭和51年までの72年間の年最大24時間雨量資料によって、まず、確率24時間雨量を推定した。次に、昭和50年8月豪雨時の24時間最大雨量に対するハイトグラフを原型として、比例引伸法によって、確率24時間雨量に対するハイトグラフを作成し、その前後の時間帯には、50年8月豪雨の値をそのまま採用することにした。

いま一つの外力条件である外水位については、前述のように伊野地点に淀川水位から推定する。基本となる伊野地点の水位は、まず23年間の観測ピーク水位記録を水深に直して確率値を求めた後、昭和50年8月出水時の水位ハイドログラフを原型として、前述の確率24時間雨量に対するハイトグラフ引伸し開始時刻における水位 H_0 を超過する水位 $(H-H_0)$ に比例引伸法を適用して、推定することにした。

3.3 地盤標高

この地域の将来の都市化は、ほとんど低平農地の埋立盛土によって進行することになるから、新市街地の地盤標高の想定が重要になる。ここでは、後述の現状土地利用条件下の解析結果をも考慮して、宇治川の国鉄横断地点より下流側では、伊野町中心部旧来市街地の最低標高13.22 m までの盛土(1~2.4 m)を、また上流側は、横断地点付近の宇治川計画堤防高14.55 m までの盛土(2 m 以上)を想定することにした。これに伴い、上流枝川合流点付近の既成市街地の一部も2 m 前後の盛土再開発が必然となって多少問題ではあるが、止むを得ないと考えた。なお、将来の都市化域の平均地表面勾配は、1/200を想定する。

4. 現状土地利用条件下での治水事業効果

4.1 氾濫浸水

昭和50・51年災害を機に、ポンプ増設・早稲川放水トンネル・宇治川河道改修等の治水事業が急ピッチで実施されたことは前述したが、これらがどの程度の効果を発揮するかを調べてみる。なお、51年災害時には、ポンプが2台・公称能力20 m³/s になつてその効果を発揮していたこと、およびポンプ1台の効果を見やすくしたいこともあって、ポンプ2台既設を事業前の状態とする。

Fig. 11 は、10年確率豪雨を想定したときの、各事業の単独および総合効果を、上流枝川合流点・下流早稲川合流点の水位ハイドログラフで例示したものである。ポンプ2台既設・他事業未完状態では、上下流最高水位はそれぞれ14.17 m、13.80 m となり、それぞれの市街地最低標高が12.50 m、13.22 m であるので、上流で1.7 m、下流で0.60 m も浸水する。また最低田面標高は10.80 m であるの

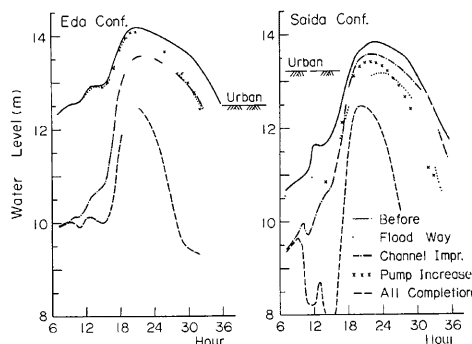


Fig. 11 Water level hydrographs due to flood prevention works, for 10-years return period

で 3 m 以上も湛水することになる。

これに対し、最も早く完成したポンプ 1 台の増設効果は、下流では 40 cm の水位低下をもたらすが、上流に対してはわずか 10 cm 程度の効果しかみられない。また早稲川放水トンネル効果も、下流では 65 cm も水位低下があって市街地浸水が免れることになるが、上流では 10 cm 程度の水位低下に止まっている。これらは宇治川の疎通能力が小さく、効果が上流に及ばないことを意味している。したがって上流に対しては河道改修が最良であり、Fig. 11 もそれを実証している。

すべての事業が完了すると、上下流とも

水位は 12.5 m まで低下し、市街地浸水は解消する。上下流水位にほとんど差がなくなるのは、河道改修断面が下流端排水能力に比べて十分すぎるほど大きく、ほぼ静止湛水状況に近くなるためで、Fig. 10 にもみられるように、湛水容量増加にも大きく貢献している。

これらの事業によって市街地浸水が免かれるのは、10年確率程度が限度であって、30年確率豪雨になると、上下流市街地でそれぞれ 80 cm, 10 cm 程度の浸水が生じる。さらに、100年確率級の豪雨になると、Fig. 12 に示すように、全事業が完了しておれば、最高水位は上流で 1.4 m, 下流で 1.1 m も低下して、たしかに事業効果は大きいのであるが、市街地最大浸水深は上流で 1.7 m, 下流で 1.0 m にもなり、市街地の浸水面積は 63 ha, 浸水時間は40時間に及ぶことになる。これらのことは、宇治川流域の地形条件が水害に対して脆弱であることを物語っている。

4.2 水害危険度

Fig. 13 は、治水事業に伴う上流枝川合流点・下流早稲川合流点の最高水位の変化、市街地の浸水面積・時間の変化を、豪雨の確率年との関連で示したものである。全治水事業の総合効果を最高水位についてみる

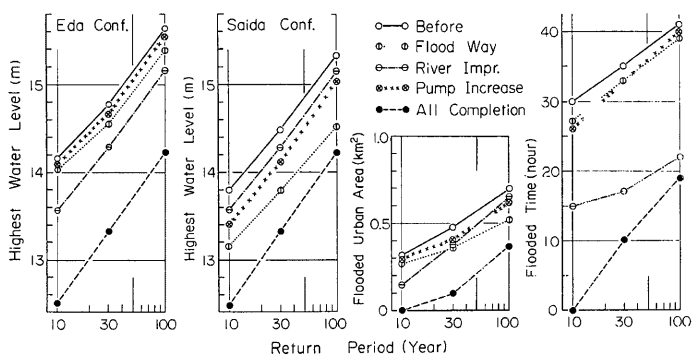


Fig. 13 Changes of the highest water level, flooded area and inundation time due to flood prevention works

と、事業前の10年確率相当水位が、上流100年・下流50年確率相当水位に対応しており、水害危険度をそれぞれ1/10、1/5に低下させたことになる。また事業前10年確率相当の市街地浸水面積が80年確率に変化し、浸水時間も大幅に軽減されたことが分る。すなわち緊急に実施された治水事業の効果がいかに大きいものであるかが丁察される。

5. 都市化に伴う内水の変化

5.1 氾濫浸水

この地域の都市化は、その地形的制約から、ほとんど低平農地への進出ないしは氾濫遊水容量の削減の形で進行せざるを得ない点が特徴的である。将来の市街地の地盤標高を3.3に述べたように想定したとき、水位一容量の関係をFig. 10に併示してあるが、河道改修によって大きく増加した遊水可能容量は、都市化に伴ってかなり減少する。とくに極限として想定した将来Ⅱの場合が著しく、水位が14m以上になると、河道改修前よりも小さくなる点が注目される。

将来の都市化に伴う内水位の変化を、Figs. 14, 15に例示する。同図において、現状とは、予定された全治水事業が完了し、土地利用が昭和55年時点の状態を意味している。

10年確率程度の雨では、Fig. 14にみられるように、将来Ⅰ、Ⅱのいずれの場合においても、市街地の浸水は生じない。これは、将来の市街地が盛土されて3.3に述べた標高になることを想定したためであって、たとえば上流枝川合流点付近の市街地の標高が従前どおりであり新市街化区域のみ盛土されたとすれば、将来Ⅰでも10cm程度の浸水を生じることになる。

30年確率程度の豪雨になると、地盤高を高くした上流では浸水しないが、地盤高を旧市街地のそれに制限した下流では、将来Ⅰで、最大浸水深30cm・浸水面積3ha、将来Ⅱで、同70cm・46haの浸水を見ることになる。

さらに100年確率の豪雨になると、氾濫浸水状況は急激に悪化し、Fig. 15にみられるように、地盤高を高くした上流市街地でも浸水し、下流早稲川合流点付近の市街地の最大浸水深は、将来Ⅰで1.4m、将来Ⅱで1.6mにも達する。

5.2 水害危険度

Fig. 16は、都市化に伴う最高水位、市街地の浸水面積・時間の変化を確率年との関連でみたものである。最高水位についてみると、現状で100年確率相当水位が、将来Ⅰで60年、将来Ⅱで45年確率

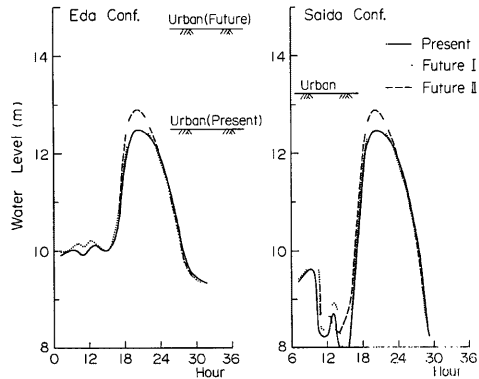


Fig. 14 Water level hydrographs due to urbanization, for 10-years return period

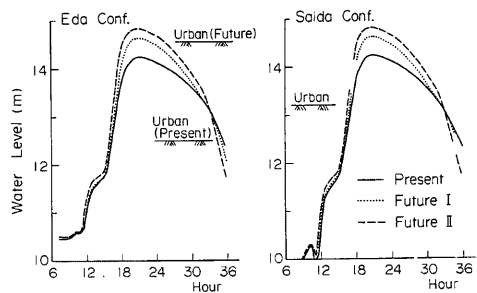


Fig. 15 Water level hydrographs due to urbanization, for 100-years return period

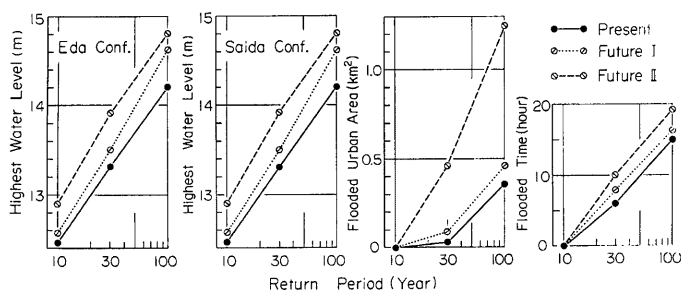


Fig. 16 Changes of the highest water level, flooded area and inundation time due to urbanization

に相応するから、水害危険度はそれぞれ1.6倍、2倍に増大することになって、治水事業効果を著しく減少させることになる。また市街地浸水面積からみた水害危険度は、将来Ⅰ、Ⅱに対し、それぞれ1.5倍、5倍と変化した、とくに将来Ⅱの変化は極端である。

将来Ⅰの市街地拡大面積 1.0 km^2 に対し、将来Ⅱのそれは 0.6 km^2 と60%であるが、水害危険度の上昇率は著しく異なっている。これは、豪雨時の遊水機能が期待できる残存農地面積が、将来Ⅰで 0.89 km^2 であったものが、将来Ⅱで 0.28 km^2 と激減する点に、一つの鍵があるように思われる。

さて、治水規模の目標をどの程度に考えるは問題であるが、宇治川流域は、本来地形条件が劣悪であるだけに、都市化対策もむづかしい。都市化に伴う水害危険度の上昇を、たとえばポンプ増設によって吸収しようとする、 $10 \text{ m}^3/\text{s}$ のポンプ1台の水位低下は、30年確率級豪雨に対し20~25 cm程度で、100年確率級豪雨では10~15 cm程度にすぎないので、将来Ⅰで2台以上、将来Ⅱでは4台以上の増設が必要になるものと概算される。しかも、ポンプの耐用年数が短いのかかわらず、最大効果が期待できるのは30~100年に1度にすぎず、その効用はきわめて疑問と考えざるを得ない。もっと恒久的対策、たとえば、ピロティ形式の積極的導入も検討せざるを得ないように思われる。

基本的には、この地域の都市化は好ましいことではない。すでに都市計画決定・用途地域指定がなされている現在では、将来Ⅰの都市化は止むを得ないかも知れないが、それ自体が極限形態と考えるべきように思われる。

6. む す び

昭和50年・51年に激甚な災害に見舞われた宇治川流域を対象として、治水事業効果や都市化に伴う水害危険度の変化を検討した結果を述べた。治水事業の効果は著しく、水害危険度を大幅に減少させることになるが、この流域の都市化は、決して推奨されるべきではないことを強調したつもりである。

本研究に際し、建設省高知工事事務所、高知県土木部、伊野町役場から貴重な資料の提供を受け、また高知大学農学部松田誠祐助教授に種々援助を頂いたことを付記し、深謝の意を表する。なお本報告は、昭和57・58年度科学研究費による研究成果の一部であることを付記する。

参 考 文 献

- 1) 矢野勝正(代)：昭和50年8月風水害に関する調査研究，昭和50年度科研費（自然災害）報告書，1976，pp. 93~171.
- 2) 中島暢太郎(代)：昭和51年9月台風17号による災害の調査研究，昭和51年度科研費（自然災害）報告書，1977，pp. 61~87.

- 3) 角屋 睦・永井明博：昭和50年8月台風5号豪雨による日下川波介川流域の水害とその考察，京大防災研年報第19号B-2，1976，pp. 123-141.
- 4) 永井明博・角屋 睦・岡 太郎：7617号台風による日下川波介川流域の水害とその考察，京大防災研年報第20号B-2，1977，pp. 217-232.
- 5) 上森千秋：大河川における洪水災害危険度—仁淀川における事例研究，高橋 裕(代)洪水災害危険度の評価法に関する研究，自然災害特別研究成果A-57-2，1982，pp. 59-67.
- 6) 角屋 睦：流出解析手法（その6），農業土木学会誌48-6，1980，pp. 419-425.
- 7) 角屋 睦・早瀬吉雄：流出解析手法（その14），農業土木学会誌49-4，1981，pp. 321-332.
- 8) 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——，京大防災研年報第23号B-2，1980，pp. 263-277.