

京都大学工学部 正員 吉川和広

京都大学工学部 正員 春名 攻

京都大学大学院 学生員 ○松原 裕

1. 本研究のねらいと概要

近年、急速に進展した都市化に伴う流出状況の変化による水害の多発化・深刻化が大きな社会問題としてとりあげられてきているが、この原因の1つとして都市・地域計画と治水計画とがあらかじめ十分に調整されてこなかったことがあげられる。本研究では都市河川がかかえるこのような問題に対し、都市・地域計画から見ても合理的な治水計画の策定方法と計画立案のために必要な情報を有効にまとめる方法を提案する。そして、地方中核都市の中小河川を対象に実証的なシステム分析を実施し本アプローチの有効性を確認するものである。

本稿では治水計画レベルと都市・地域計画レベルとの整合性を考えて検討をすすめる方法として、①都市域の発展動向を踏まえて土地利用も含めた総合的な治水計画を基本計画～整備計画レベルで策定していく方法（アプローチⅠ）と、②治水のみならず河川整備の問題さらには望ましい都市活動や土地利用をも同時に考慮に入れた構想計画レベルでの総合的な治水計画の策定法（アプローチⅡ）という2種類の分析・検討のプロセスを提案した。

2. アプローチの概要

(1) 基本計画～整備計画レベルでの検討（アプローチⅠ）

都市化傾向が今後も続く予想される流域、あるいは計画的に開発が推進されていく流域においては計画目標年次における流域を的確に想定しておく必要がある。ここでは概ね10年先の流域を対象とした基本計画レベルあるいは整備計画レベルでの計画策定のための情報を有効にとりまとめるためのプロセスを図-1に示す。

まず対象流域での自然的、社会・経済的、物的諸現象を十分な精度で分析プロセスに反映しうるように治水面と強く関連すると思われる基礎的情報を整理してまとめるステージ1を考える。ついで、ステージ2ではそれらの基礎的情報に基づいて計画目標年次における対象流域の将来像を合理的に概数案想定し、水害発生プロセスにかかわる人口や産業活動の分布状況、土地利用状況を推定するとともに、当流域において治水安全度を確保・向上する際の基本的方針について考察を加え治水計画の目標とする。さらに、ステージ3においては計画目標を達成すべく現場の技術者や計画者の経験や意向を十分配慮しながら、流域の都市化に備えての治水手段を構想する。そして、水害発生現象のメカニズムを十分反映させたシミュレーション実験による分析を通じて、種々の治水手段（種類・位置・規模）の中から治水上有効なものをいくつか選び出して次のステージでの治水対策案とする。最後に、ステージ4では前ステージまでの分析で選ばれた治水対策案をここで定式化する治水計画モデルによって評価する。すなわち、分析を通して有効な治水手段の種類・位置・規模を明らかにするとともに、対象流域の将来像に適応する治水計画策定のための情報としてとりまとめる。また、概数案想定した流域の将来像のそれぞれに対しての有効な治水手段の内容の相違をとらえることによって、治水面から見ても望ましい都市計画・地域計画を策定してい

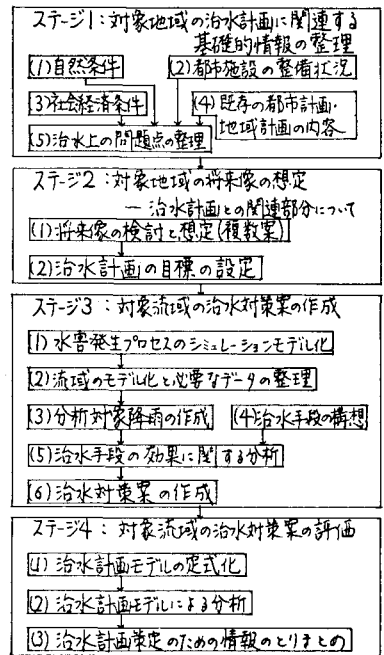


図1 アプローチⅠの流れ

表1 治水計画モデルの定式化の内容

(1) 評価関数	$S \rightarrow \min$
(2) 制約条件	
a 現象の記述	$S_i = \sum_{j=1}^m a_{ij}x_j + q_{i0}$
b 総想定被害額の制約	$S = \sum_{i=1}^n S_i$
c 治水施設の規模の制約	$p_i \leq x_i \leq p_j, i=1,2,\dots,n$
d 総事業費の制約	$\sum_{i=1}^n C_i x_i \leq C$

ここで S は総想定被害額、 S_i は流域 i で想定される直接被害額、 x_j は治水施設 j の規模、 q_{i0}, a_{ij} は(2)回帰分析による推定値、 p_i, p_j は治水施設 j の規模の下限値(現況値)と上限値、 C_j は治水施設 j の単価、 C は総事業費の上限値、 m は流域の総数、 n は治水施設の総数である。

くうえで必要な情報としてとりまとめることとする。

分析の過程で当該流域では治水手段の施設規模と想定被害額の間に強い線形性が認められたが、この特徴、分析精度、分析効率に関する検討を加えた結果、治水計画モデルとして表-1に示す数理計画モデルを定式化した。

(2) 構想計画レベルでの検討(アプローチⅡ)

都市と河川にかかわる種々の問題が複雑にからみあっている都市河川流域では、より長期的な視点から都市整備と河川整備と十分に整合のとれた内容となるように事前に検討しておく必要がある。ここでは都市整備と河川整備と統合的な事業として構想計画化するという立場に立って、計画策定のために必要な情報も分析し、効率的にとりまとめるためのプロセスを図-2に示すように提案する。

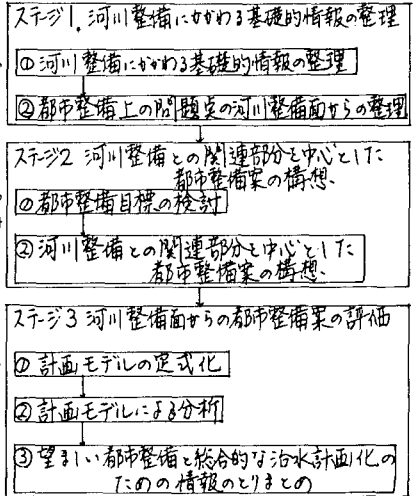
まず、ステージ1では対象地域を流れる河川に関する基礎的情報を治水・利水・環境の3側面より収集する。そして、河川整備という側面から対象地域の都市整備上の問題点を、河川整備と都市整備の一体化を目指して整備するとともに、問題を構成する要因間の関連関係を把握する。ついで、ステージ2では前ステージで整理した都市整備上の問題点に対応して河川整備とかわる部分に限定はされるが都市整備の目標を明らかにしておくことにする。また、目標を達成するための都市整備案として人口や産業活動の分布状況や河川整備対策をも構想する。さらに、ステージ3では前ステージで構想した都市整備案を河川整備面から評価するために計画モデルを定式化する。そして、この計画モデルを用いて多面的、多角的に分析を行うことにより、構想される都市整備案に効果的に対応した内容をもつ総合的な治水計画の策定のための情報としてとりまとめることとする。

表-2 計画モデルの定式化の内容

以上の分析プロセスを和歌山市中心部地域における整備問題の事例に適用して定証的なシステム分析を行った。その結果、都市整備の目標として土地利用の合理化、河川環境の改善、治水安全度の向上という3つの整備目標があげられ、これらの目標を達成するような望ましい都市整備案をシステム的に求めていくために表-2に示すような計画モデルを定式化した。

なお、アプローチⅠ、Ⅱの分析結果については講演時に発表する予定である。

最後に本研究も遂行するにあたり多大な御助力を賜った和歌山県土木部河川課、計画課、農林部耕農課の方々や共同研究を行った建設省の井山聡氏(当時大学院修士)に心からの感謝の意を表する。



変数および定数の定義	
(1) 評価関数	1) 計画変数
$y = \sum_{i=1}^n H_i(a_i x_i + b_i z_i + c_i w_i) \rightarrow \min$	P_i, R_i : 地区iの人口、商品販売客数、工業出荷額、 e_k : 汚水処理施設iの規模、 z_i : 地区iの内外排水用ポンプの規模($i=1, 2, \dots, m$)、 X_{mer} : 河川水と外海へ排除するポンプの規模
(2) 制約条件	2) その他の変数
a) 人口の制約 $dR_i = P_i/A_i$ $dR_i \geq dR_{\text{pre}}$ $P_i = P$ $P_i = \sum_{j=1}^n \delta_{ij} P_j$	Y : 総想定被害額(家屋・事業所関係の直接被害額の総和)、 H_i : 地区iの浸水深(内水深)、 Z_{ij}, Z_{ij}, Z_{ij} : 地区iの家屋・家財、商業関係事業所、工業関係事業所の各資産額、 dP_i, dR_i, dR_i : c地区の人口密度、単位面積あたりの商品販売額、工業出荷額、 $P_{\text{pre}}, R_{\text{pre}}, R_{\text{pre}}$: 汚水処理施設iの処理区域の人口、商品販売額、工業出荷額、 g_k : 汚水処理施設i付近の河川のBOD値、 H_0 : 外水位(河川水位)
b) 商業活動の制約 $dR_i = R_i/A_i$ $dR_i \geq dR_{\text{pre}}$ $\sum_{j=1}^n P_j = Q$ $R_k = \sum_{j=1}^n \delta_{kj} R_j$	3) 定数
c) 工業活動の制約 $dR_i = R_i/A_i$ $dR_i \geq dR_{\text{pre}}$ $\sum_{j=1}^n P_j = R$ $R_k = \sum_{j=1}^n \delta_{kj} R_j$	a, b, c : 家屋・家財、商業関係事業所、工業関係事業所の各資産の単位浸水深あたりの被害率、 $dP_{\text{pre}}, dR_{\text{pre}}, dR_{\text{pre}}$: 地区iの人口密度、単位面積あたりの商品販売額、工業出荷額の下限値、 P, Q, R : 対象地域全体の人口、商品販売額、工業出荷額、 δ_{ij} : 地区iが汚水処理施設iの処理区域に属する場合に1、属さない場合に0となる定数、 A_i : 地区iの面積、 Q_e : 汚水処理施設i付近の河川の平均流量、 α, β, γ : 人口、商品販売客数、工業出荷額あたりのBOD排水係数、 g_{ku} : 汚水処理施設i付近の河川のBODの上限值、 τ, t : 対象とする降雨の最大降雨強度、降雨単位時間、 S : 洪水時の河川上流からの流入量、 S : 河川の水面積、 H_B : 河川の水路底の標高、 H_{0u} : 河川水位(外水位)の上限值、 u, v, w : 人口、商品販売客数、工業出荷客数単位あたりの家屋・家財、商業関係事業所、工業関係事業所の各資産額、 $X_{\text{le}}, X_{\text{lu}}$: 治水施設iの規模の下限値、上限値、 $E_{\text{le}}, E_{\text{lu}}$: 汚水処理施設iの規模の下限値、上限値、 m : 地区の総数、 n : 汚水処理施設の総数
d) 河川水質の制約 $g_k \leq g_{ku}$ $g_k = (\alpha P_i + \beta R_i + \gamma W_i) / V_{0k}$	
e) 治水施設の規模の制約 $H_i = (P_i - X_i) / A_i$	
f) 外水位の制約 $H_0 \leq H_{0u}$ $H_0 = (S - X_{\text{mer}} + \sum_{i=1}^n Z_i) / L + H_B$	
g) 商業活動の制約 $Z_{ij} = P_j$ $Z_{ij} = R_j$ $Z_{ij} = W_j$	
h) 治水施設の規模の制約 $X_{ij} \leq X_i \leq X_{iu}$	
i) 汚水処理施設の規模の制約 $E_{\text{le}} \leq E_k \leq E_{\text{lu}}$	