

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 ○井山 聡

1. 本研究の概要

戦後、わが国の経済成長は著しいものがあり、都市域への人口の集中や資産の集積は急速に進行してきている。このような傾向は、首都圏や近畿圏といった大都市圏だけでなく、地方都市域でも表れるようになってきているが、このような市街化の進行に対応する都市基盤施設の建設・整備が追いつかないのが実情である。都市の防災施設の一つである治水施設の建設・整備の遅れも、近年の都市河川水害の多発傾向に見られるように、防災上の大きな課題となっている。元来、洪水による被害は、流域への降雨に始まって河道へ流出した水による河川流量が、河道の疎通能をうわまわるときに発生するという一連の連続した水理現象としてとらえることができる。現在の流域の市街化が進んだ結果、その開発による流出機構の変化や資産・人口の集中によるダメージポテンシャルの増大等、一連の被害発生プロセスに社会的な要因が大きなかかわりを持つようになってきている。このような現状からは、洪水防御施設の建設・整備は急務であるが、地方都市域では、これに加えて強く望まれている地域の発展のための都市基盤施設の整備との調整も考慮しなければならない。従って、地方都市域では、このような視点から降雨・流出現象・流量状態という一連のプロセスに加わる社会的、人為的な変化の影響を的確に把握するとともに、都市基盤施設の整備を含む上位計画としての都市・地域計画との関連関係をその目的に沿ったかたちで調整することによって、河川水系全体の洪水防御に対する安全性の向上を図るということは、防災計画上の重要な課題であると言える。本研究では、地方都市域を流れる主要河川水系における治水施設の規模ならびに位置を計画するにあたり、流域内の自然的、社会的、経済的条件や関連する都市・地域計画を考慮に入れた治水施設計画モデルを多目的数理計画法を用いて定式化するとともに、W川水系を対象に実証的分析を行い、治水施設の建設・整備計画情報としてとりまとめた。

2. 計画モデルの定式化

(1) モデルの概要

W県の都市河川であるW川水系の治水計画上の特徴をふまえ、表-1に示すように、現在計画されたりまたは実行に移されようとしている治水施設の規模を計画変数として、計画モデルを定式化することとした。まず、治水計画作成の出発となる計画降雨を想定し、図-1に示したW川水系の流域分割モデル図を用いて、等価粗度法により流出計算を行った。ついで、降雨による流出現象をはん濫という現象に対応してとらえていく場合には、ピーク流量とはん濫流量が適切であると考えて、次のような方法を適用した。すなわち、流出シミュレーションの実施を通じて、治水施設の規模つまり計画変数をそれらに変換することとしたのである。そして、都市・地域計画的な観点より、水系全体から見て整合性がとれ、かつ一貫性のある治水計画の評価を行っていくために、本川の治水上の安全度や下水道の整備状態、それらに加えて上・中流域や支川も含めた治水上の安全度という側面を考えた。各側面から見ての評価尺度として、想定した評価地点の余裕流量（疎通能ピーク流量）、排水区間の下水道整備率、浸水区域のはん濫流量より求まる総想定被害額を用いることとした。これらの3つの治水上の安全度の評価要素は、それぞれを向上させようとする、互いに競合関係に陥るので、これら異質の目標をあるバランスを維持しながら望ましい方向へ達成させていくモデルとして、L字型効用関数を用いた目標計画モデルを定式化した。

(2) モデルの定式化

計画モデルの定式化の内容を以下に示すこととする。

a) 技術上・費用上の制約条件

[評価地点のピーク流量と関連する治水施設の規模の関係]

$$P_i = \sum_j a_{ij} x_j + a_{i0} \quad (i = 1, 2, 3) \quad (1)$$

[治水施設の規模の上限]

$x_i \leq X_i$ ($i = 1, 2, \dots, 12$) (2) λ の疎通能, $r_0 (=x_0)$ は排水区の整備率をバランスよく向上させるための操作変数, S_0 は浸水区域の総想定被害額の規模の関係]

$S_0 = \sum_{l=1}^5 a_l x_l + b_0$ ($l = 1, 2, \dots, 5$) (3) (c) 目標計画法の適用に伴う制約式

[排水区の下水道整備率と中継ポンプ場または終末処理場の施設規模の関係]

$r_i = f_i x_i$ ($i = 1, 2, 3, 4, 5, 7$) (4) $S_n + d_n - e_n = G_n^s$ ($n = 1, 2, \dots, 5$) (12)

[総事業費の制約]

$\sum_{i=1}^7 c_i x_i \leq C$ (5) $S_n \geq g_n^s$ ($n = 1, 2, \dots, 5$) (13)

ここで, P_i は評価地点 i のピーク流量, X_i は治水施設 i の規模の上限値, S_0 は浸水区域 λ の総想定被害額, a_l, b_0, c_l は流出シミュレーションを通じて定められる定数, f_i は第 i 排水区の下水道整備率, λ は排水区 λ によって定まる定数, c_i は治水施設 i の費用関数の係数, C は水系に投資される総事業費を表す。

(d) 目的関数

以上の制約式のもとで補助変数 d_n のうち任意の n とつを最小化することにより, 目標全体の不達成度の最小化を図る。

$d_n \rightarrow \min$ ($n = 1, 2, \dots, 5$) (16)

3. 実証的な分析

以上を示したモデルを W 川水系の治水計画問題の分析

(6) に適用して有効な計画情報を得るために, 土地利用状態

(7) については現状と将来 (市街化区域内の農地が宅地化し

(8) た場合を想定), D 川放水路については建設しない場合

と建設する場合の組み合わせ 4 ケースを対象とすると

(9) もに, 総事業費をパラメータとするパラメトリック分析

(10) を実施した。紙面の関係上, 以上の分析結果については

講演時に述べることにし, ここでは省略する。

(11) 最後に, 本研究を遂行するにあたり御助力を賜った

西植博氏 (現在建設省) に心から感謝の意を表する。

ここで, S_0, S_1, S_2 は評価地点の余裕流量, P_i は評価地点

表-1 計画変数と治水施設の対応

計画変数	治水施設
x_1	H 中継ポンプ場
x_2	S 中継ポンプ場
x_3	C 終末処理場
x_4	A 中継ポンプ場
x_5	W 川終末処理場
x_6	W 川ポンプ場
x_7	M ポンプ場
x_8	K ポンプ場
x_9	A ポンプ場
x_{10}	O ポンプ場
x_{11}	I 川ポンプ場
x_{12}	D 川下流部の河川改修

