

地方都市における治水計画問題に関する実証的モデル分析

京都大学工学部 正 員 吉川和広

京都大学工学部 正 員 春名 政

京都大学大学院 学生員 ○井山 聡

1. 本研究の概要

近年、わが国の社会・経済的發展は目ざましいものがあり、都市域への人口の集中、資産の集積は急速な勢いで進みつつある。このような傾向は、首都圏や近畿圏のような大都市圏のみならず、地方都市域においても見ら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。都市の防災施設のひとつである洪水防御施設の建設・整備の遅れも、最近の都市河川における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。本研究では、地方都市を流れる主要河川水系における治水施設の規模や位置を計画するにあたって、流域内の自然的・社会的・経済的条件や関連する都市・地域計画を考慮した治水施設計画モデルを多目的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. モデルの定式化

(1) モデルの概要

W川水系の治水計画上の諸要因をふまえ、表-1に示すように、現在計画されたり実行され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選定し、等価粗度法を用いて流出計算を行った。その際用いたW川水系の流域分割モデルを図-1に示す。ここでは、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、ピーク流量とは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して、それらと治水施設の規模つまり計画変数を結びつけることとした。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、それに上・中流域や支

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

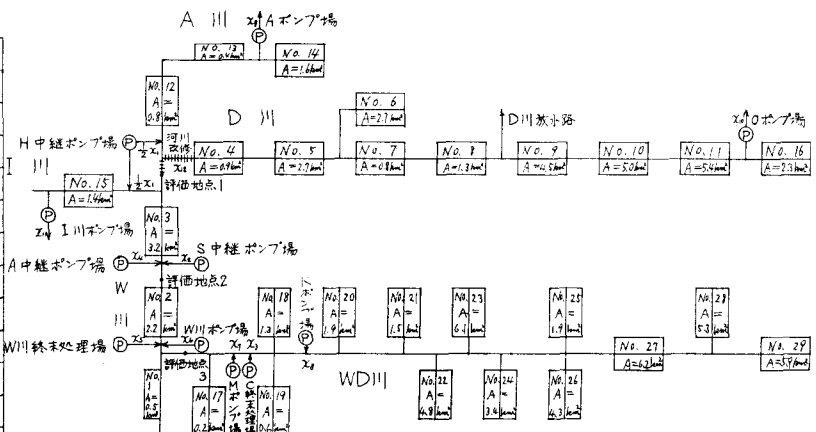


図-1 W川水系の流域分割モデル図

Kazuhiro YOSHIKAWA, Mamoru HARUNA, Satoshi IYAMA

川も含めた治水上の安全度という3側面から見ての評価尺度として、選定した評価地点の余裕流量（疎通能－ピーク流量）、排水区の下水道整備率、はん濫流量より求まる想定被害額を用いることとした。これら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

モデルの定式化の内容を以下に示す。

(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〕

$$P_i = \sum_{j=1}^3 a_{ij} X_j + a_{i0} \quad (i=1,2,3) \quad (1)$$

〔治水施設の規模の上限〕

$$X_j \leq X_j^0 \quad (j=1,2,\dots,12) \quad (2)$$

〔浸水区域の想定被害額とその軽減に寄与する治水施設の規模の関係〕

$$S_k = \sum_{j=1}^{12} b_{kj} X_j + b_{k0} \quad (k=1,2,\dots,5) \quad (3)$$

〔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〕

$$Y_j = f_j X_j \quad (j=1,2,3,4,5,7) \quad (4)$$

〔総事業費の制約〕

$$\sum_{j=1}^{12} C_j X_j \leq C$$

ここで、 P_i は評価地点 i のピーク流量、 X_j は治水施設 j の規模、 X_j^0 は治水施設 j の規模の上限値、 S_k は浸水区域 k の想定被害額、 a_{ij} 、 b_{kj} は流出シミュレーションを通じて定められる定数、 f_j は第 j 排水区の下水道整備率、 f_j は排水区 j によって定まる定数、 C_j は治水施設 j 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。

(b) 評価尺度の構造式

〔評価地点の余裕流量〕

$$Z_1 = P_i + x_1 + x_2 - P_i \quad (6)$$

$$Z_2 = P_i - P_i \quad (7) \quad Z_3 = P_i - P_i \quad (8)$$

〔排水区の下水道整備率〕

$$Y_i \leq Y_i^0 \quad (i=1,2,3,4,5,7) \quad (9)$$

$$Z_4 = Y_i \quad (10)$$

〔浸水区域の総想定被害額〕

$$Z_5 = -\sum_{k=1}^5 S_k \quad (11)$$

ここで、 Z_1, Z_2, Z_3 は評価地点の余裕流量、 P_i は評価地点 i の疎通能、 $Y_i (= Z_4)$ は排水区 i の整備率をバランスよく向上させるための操作変数、 Z_5 は浸水区域の総想定被害額である。

(c) 目標計画法の適用に伴う制約式

$$Z_n + d_n - e_n = G_n^s \quad (n=1,2,\dots,5) \quad (12)$$

$$Z_n \geq g_n^0 \quad (n=1,2,\dots,5) \quad (13)$$

$$\lambda_n = G_n^s - g_n^0 \quad (n=1,2,\dots,5) \quad (14)$$

$$d_i/\lambda_i = d_n/\lambda_n \quad (n=2,3,\dots,5) \quad (15)$$

ここで、 G_n^s, g_n^0 は目標 n の満足水準・許容水準、 d_n, e_n は満足水準からの隔たりを表す補助変数である。

(d) 目的関数

以上の制約式のもとで補助変数 d_n のうち任意のひ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。

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

3. W川水系における実証的な分析

以上にしたモデルを実際に適用して有効

(5) な計画情報を求めるために、土地利用状態については現況と将来、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ケースを対象にするとともに、総事業費をパラメータとするパラメトリック分析を行った。紙面の都合上、以上の分析結果については講演時に詳述することとし、ここでは省略する。

最後に、本研究を行う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。