

II-146 流域の開発が進行している大都市郊外中規模河川における流出解析

東京工業大学大学院 学生員 入江 光輝
 東京工業大学大学院 学生員 鈴木 伴征
 東京工業大学総理工 正 員 石川 忠晴

1. はじめに

都市郊外の田園地帯を流れる河川では、都市化に伴う流出特性の変化が問題となっている。こうした自然排水系と人工排水系が混在する河川の流出解析を行うには、各流出成分について個別にモデル化を行う必要がある。本研究では、横浜市西部を流れる和泉川を対象とし、1)自然流出系、2)都市域雨水排水系、3)都市域人工排水系の各排水系に関するモデル化を、流域情報をもとにして個別に行い、流量観測結果と比較した。

表1 小排水区の面積と土地利用別面積

排水区	面積 km ²	森林	田畑	裸地	住宅・道路
A	1.041	0.328	0.186	0.076	0.450
B	1.066	0.091	0.032	0.018	0.925
C1	0.392	0.065	0.031	0.007	0.289
C2	0.203	0.042	0.080	0.000	0.081
D	0.468	0.111	0.031	0.019	0.307
E1	0.589	0.066	0.230	0.026	0.268
E2	0.530	0.091	0.129	0.046	0.263
F	0.915	0.049	0.279	0.100	0.486
G	0.426	0.082	0.262	0.004	0.078
H	0.784	0.028	0.059	0.042	0.655

2. 観測の概要とモデル化の概略

図-1に和泉川の流域図と観測地点を示す。流域面積は11.46km²である。市街地化率は52%で、主に上流域が都市化されている。中流域では田園地帯の中に随所に住宅街が分布し、それぞれに大規模な防災調整池が備えられている。流量観測点には広頂堰があり、高水から低水まで高い精度で流量を観測している。また、観測は1996年9月より開始し、現在も継続している。

本研究では、流域の土地利用の変化に追従して更新できるモデルを構築する。そこで、まず流量観測点までの流域を、雨水管網を基準として10の小排水区に分割した(図-1)。各小流域の面積と土地利用別面積を表-1に示す。モデルの概略は、各小排水区ごとに上記三成分について個別にモデル化を行い、各小排水区からの流出は不定流モデルによって合成した。次に各成分のモデル化について個別に述べていく。

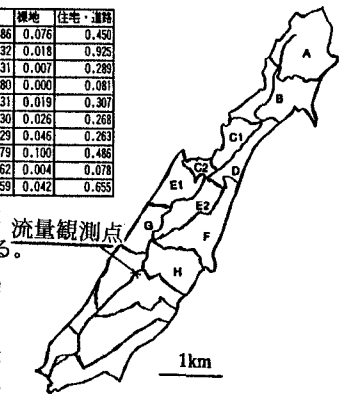


図1 和泉川流域図

3. 自然流出系

流域の沿川には、和泉川の開析作用によってできた台地地形が発達しており、地下水流動は台地地形に沿った流域横断方向に卓越していると考えられる。そこで、各排水区は河道に沿った矩形で地下水流動は河道に直角方向に一次元的であるとして飽和浸透流計算を行った。支配方程式はDarcyの式と連続式で、両式を一次元有限要素法により離散化し、完全陰形式で計算した。図2に浸透流計算の詳細のイメージを示す。ここに台地の上下とは、等高線と土地利用状況をもとに設定した崖線によって各排水区を分割したもので、浸透面積率の違いによって台地上下の浸透能の分布が表現される。また、要素長は台地上下の各面積をもとに与えた。

土壌パラメータとして飽和透水係数0.016cm/s、空隙率0.045を与えて流出計算を行った。計算結果を図3に示す。図中点線で示したのは実測流量をフィルター分離¹⁾して得た地下水流出成分である。両者はよく一致しており、一次元浸透流計算によるモデル化によって和泉川の自然流出系排水成分は良好に再現された。

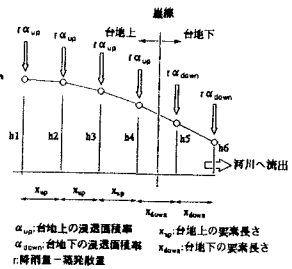


図2 浸透流計算のイメージ

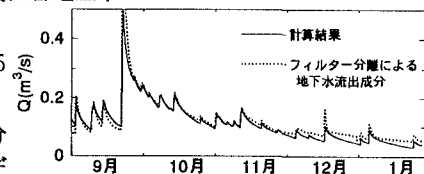


図3 自然流出系計算結果

キーワード：河川流況、都市化、現地観測、流出モデル

〒226 横浜市長津田町4259

TEL 045-924-5515 FAX 045-924-5519

4. 都市域雨水排水系

都市化流域からの流出を合理式を用いてモデル化する。諸定数は小排水区ごとに以下の様に決定した。

(1)流域面積：各小流域の住宅・道路と裸地の面積を用いた。

(2)洪水到達時間 T_p ：既往の研究成果²⁾をもとに、次式を用いることとした。

$$T_p = 7.20 \times 10^{-4} (L/S^{0.5})^{0.7} \quad (L: \text{流路長 } S: \text{平均流路勾配})$$

(3)流出係数：屋根・道路・庭の工種別流出係数³⁾を、道路面積率と建ぺい率を重みとして重み付き平均して求めた

また、大規模調整池は流出特性を大きく変化させるので、そのシステムをサブモデルとして組み込んだ。9月22日の出水時の流出計算結果を図4に示す。実線が計算結果、点線は観測値フィルター分離¹⁾して得た直接流出成分で、両者は良く一致していることがわかる。

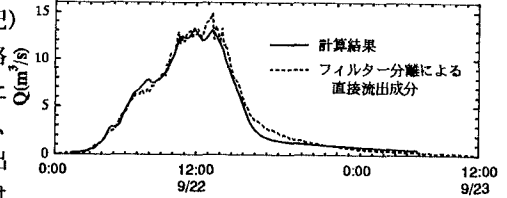


図4 都市域雨水排水系計算結果

5. 都市域人工排水系

解析の対象とした1996年9月～1997年1月では水田灌漑期が終了しており、人工排水の大部分は生活排水であると考えられた。そこで、生活排水についてのみ考慮して推算を行う。

まず一人一日あたりの水使用原単位の日周変動を既往の研究成果⁴⁾と統計量^{5) 6)}をもとに推測する。原単位の日周変動の予測値を図5に示す。次に町丁目別に整理された下水道料金未徴収世帯数のデータをもとに、各小排水区の下水道未整備人口を推定した。

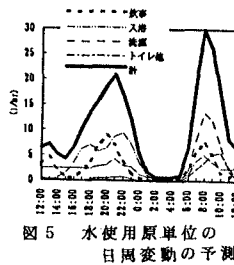


図5 水使用原単位の日周変動の予測

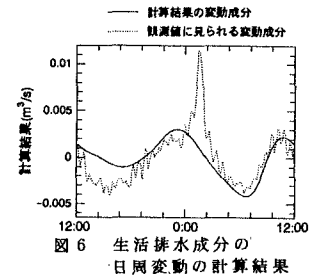


図6 生活排水成分の日周変動の計算結果

それらをもとに排水区ごとの時間流出量を求め、不定流計算を行った。計算結果を図6に実線で示す。

点線で示したのは低水時の観測結果をアンサンブル平均して得た日周変動成分である。ただし、観測値の日平均流量は季節によって異なるのでここでは平均値を同一にして比較している。実測流量は深夜にパルス的な流出を見せているが、現地踏査の結果、この流出の原因は畜産排水であると思われた。それを除けば両者の位相と振幅は良く一致している。

6. 全成分の合成

本研究では流出成分ごとにモデル化とその再現性の検証を行ってきたが、最後に三成分を合計して全流量の流出計算を行った。計算例として10月の計算結果と実測値との比較を図7に示す。計算結果は実測値を良く再現している。

以上のように、複数の排水系が混在する流域について、土地利用をパラメータとする流出モデルを構築することができた。また、このモデルは、開発以前の河川流況や、今後さらに都市化が進行した場合の河川流況の予測が土地利用に関するパラメータを変更するだけで容易にできるものである。

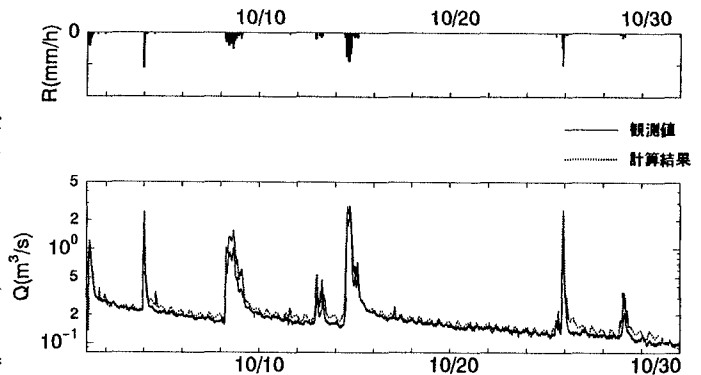


図7 全流量の再現計算結果と実測値との比較（縦軸は対数軸）

- 【参考文献】 1) 日野・長谷部：水文流出解析，森北出版 2) 吉野ら：合理式の洪水到達時間と流出係数，土木資料，第15巻，第8号，pp. 3～6，1973 3) ASCE：Manual No. 37 Design and Construction of Sanitary and Storm Sewers，pp. 43～49，1960 4) 木内 豪：中小都市河川における日周変動と流域状況の対応について，東京工業大学修士論文1989 5) 横浜統計書 6) 横浜市の水道：横浜市 水道局編