

タンクモデルによる博多湾流域の水循環に関する研究

九州大学大学院 学生員 ○金 銀娥
九州大学大学院 学生員 巖 斗鎔
九州大学工学部 フェロー 楠田 哲也

1. はじめに

日本の都市で急激な都市化が進行し、水環境に関しても多くの深刻な問題点を抱えており、河川流域についてのより精密な解析が必要である。そこで本研究では博多湾流域を対象として、入手した河川・水文情報を利用し、流域における汚濁フレームを作成して、水質汚濁の発生源の評価と流達過程の解明などを行い、流域の現状を把握し、これらを基にして湾内河川を中心とした小流域への流出・水質過程を解明できる流域水量・水質システムを構築した。この結果、博多湾内における水系の小流域までの汚染状況を把握・評価することが可能になった。このシステムを基にして「博多湾水環境解析のためのデータベース」の開発について考察する。

2. 研究内容

2-1 使用データ

本研究の分析対象地域は博多湾流域とする。その面積は約690km²、流域人口は約170万人、対象期間は平成2年(1990)である。流域全体を3次メッシュデータ(約1km×1km)から10分の1メッシュデータ(約100×100m)に分割し、解析した。

対象地域における自然環境情報として、降水量は平成2年度のメッシュデータがないため、国土数値情報の20年間におけるメッシュごとの月別平均降水量を利用し、平成2年の5つの観測点データを基に降水比率分布に合わせて求めた。流域メッシュごとの平均高度、河川と水域まで流れ出る経路は高度データによって作成した。このとき河川と雨水管は一体として処理し、湖沼、ダム、井戸等は面積によって1メッシュ、3/4メッシュ、1/2メッシュ、1/4以上のメッシュの大きさ別に決定した水域データを用いた。もう一つは社会環境情報として流域範囲と行政人口を利用した。また、下水処理場別処理区域メッシュと行政人口密度と下水道普及率を合わせて計算したメッシュ別下水道人口を算定した。

2-2 計算の流れと方法

計算の流れは図2-1、2-2に示したとおりである

(1) 流域分割

博多湾流域は主要8河川(多々良川・須恵川・宇美川・御笠川・那珂川・室見川・樋井川・瑞梅寺川)以外に唐の原川・香椎川等の小河川が位置している。この各河川の水質基準点、測定点を基礎に、流域分割を行った。博多湾流域を分割したものを図2-3に示す。また、それぞれの流域に流域名を付けて流域面積を算出し、土地利用の現況をまとめた。

(2) 汚濁フレームの設定

汚濁負荷を基本発生源から生活系(行政人口、下水道人口、浄化槽人口、し尿汲み取り人口)、工場系(産業系排水量)、家畜系(乳用牛、肉用牛、豚の頭数)、各用途別土地利用面積(水田・畑・山林・市街地)の4つに分類して市町村別のデータを集計し、フレームを作成した。これらのデータのうち、生活系と各用途別土

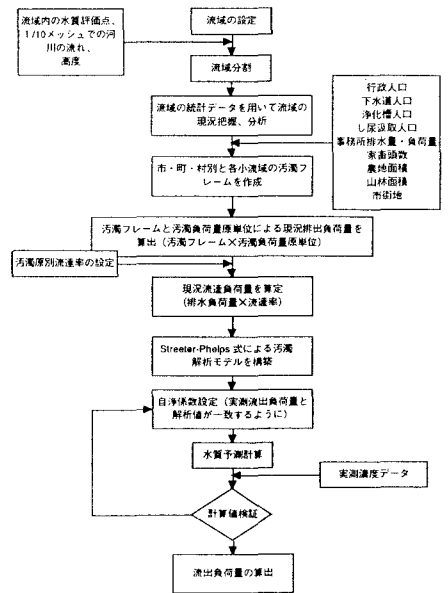


図2-1 流域の水質解析システム

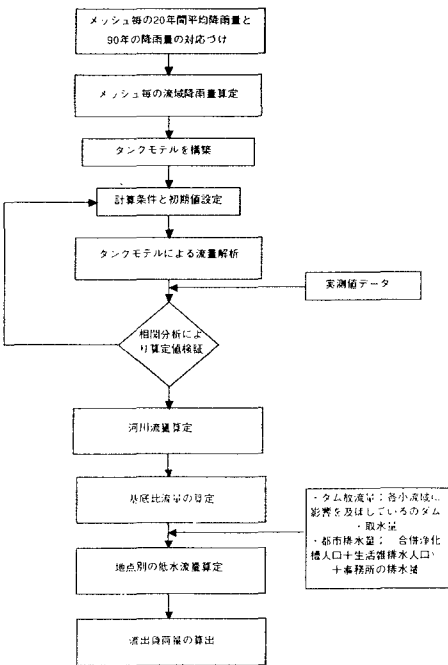


図2-2 流域の水量解析システム

地利用面積は市町村毎のデータを利用して1/10メッシュ毎に算定し、特に農地については水田・畑にわけ、それぞれについて放肥量と、畑については主な作物の面積を調査した。そして各種データを小流域毎に分割し、小流域毎のフレームを作成した。

(3) 現況排出負荷量と流達負荷量を算定

各小流域の基数と原単位から排水負荷量を算出し、この値に流達率を乗じて流達負荷量をまとめた。

(4) 河川流量の算定

流量の算定のためのタンクモデル構築には直列貯留型を基本モデルとした。図4-1に示すように、流域を側面にいくつかの流出孔を持つ容器で置き換えて考える計算モデルで、雨は最上段の容器に主入され、2段目以下の容器は1段目の容器の底面の孔から外部に流出し、一部は底面の孔から1段下の容器に移行していく。各容器の側面の孔からの流出の和を求めて河川流出となる。1段目は洪水流出で半減期1～2日程度、2段目は表層浸透時間程度、3段目は地下水流出で1カ月程度、4段目は地下水で1年程度の特徴がある。図4-2の基礎式を用いて算定した。

タンクモデルに関する水収支は平成2年度の1/10メッシュ毎の日単位降水量を、蒸発量は管区気象台の観測値とダム流域を除いた流域面積を基に降雨流出量を算定し、算定された流量と実測値をハイドロハイトグラフを作成してこのグラフの変化の様子から比較検討し、整合するようにモデル定数を設定した。ここで得られた流量に取水量、排水量を加えて、小流域毎の基底比流量を算定した。(図4-3を参照)

(5) 実測流出負荷量の計算

前回求めた低水流量と「博多湾水質測定結果」から環境濃度の75%値から小流域別の現況流出負荷量を算出した。

(6) 汚濁解析モデル構築

汚濁質は、河川の本川に到達するとき、生物による分解、沈殿、吸着等の作用を受けて、その量が減っていく。このような現象は一次反応式で表され、ここでは下に示す Streeter-Phelps 式を用いてモデルを構築した。

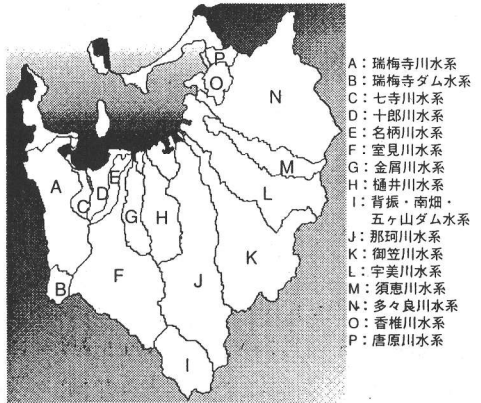


図 2-3 流域分割図

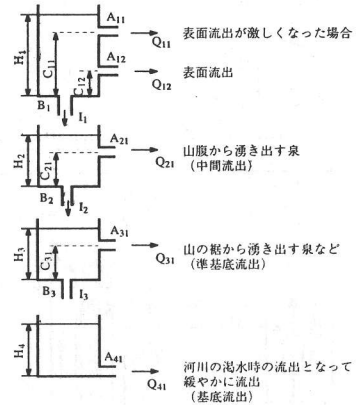


図 4-1 タンクモデルの模型図

$$L_n = L_{n-1} \times e^{-K_n \cdot T_n} + \sum_{i=1}^2 L_{ni} \times e^{-K_n \cdot t_{ni}}$$

K= 自浄係数、 L= 流出負荷量、
I= 流達負荷量、 T_t= 流下時間

この基礎式を用いて流達負荷量、流下時間及び自浄係数を設定し、水質測定点での到達負荷量を算出して、実測値と比較した。モデルの定数を見直して流出負荷量を算出した。

3. あとがき

本研究では博多湾流域の水質水量システムを構築して、自然環境、社会環境の情報を体系的に整備し、小流域別の環境状況の把握・解析・評価ができた。これをもとにして、博多湾水環境解析のためのデータベース構築について考察した構想を具体化しているところである。

参考文献

福岡県保健環境部環境整備局：水質環境基準類型指定見直し調査業務報告書、1997

$$\begin{aligned} Q_{i,k} &= A_{i,k} (H_i - C_{i,k}) U(H_i - C_{i,k}) \\ U(H_i - C_{i,k}) &= 1 \quad H_i > C_{i,k} \\ U(H_i - C_{i,k}) &= 0 \quad H_i < C_{i,k} \\ I_i &= B_i H_i \\ \frac{\partial H_i}{\partial t} &= \left(\text{Rain}(t) - \text{Ev}(t) - \sum_{k=1}^K Q_{i,k} - I_i \right) / \Delta t \\ \frac{\partial H_i}{\partial t} &= \left(I_i - \sum_{k=1}^K Q_{i,k} - I_i \right) / \Delta t \\ QT &= \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K Q_{i,k} \\ H &= \left(\text{Rain}(t) - \frac{\partial H_i}{\partial t} \right) / I_{n2.5\mu} \\ H &= \left(I_i + \frac{\partial H_i}{\partial t} \right) / I_{n2.5\mu} \end{aligned}$$

$Q_{i,k}$ = タンク i、流出孔 k の流出高 (mm/日)
 $A_{i,k}$ = タンク i、流出孔 k の流出係数
 $C_{i,k}$ = タンク i、流出孔 k の高さ (mm)
 I_i = タンク i の浸透高 (mm)
 B_i = タンク i の貯留係数
 H_i = タンク i の貯留高 (mm)
 $\text{Rain}(t)$ = 降雨量 (mm/日)
 $\text{Ev}(t)$ = 蒸発量 (mm/日)
 $\frac{\partial H_i}{\partial t}$ = 残高 (mm)
 QT = 総流出高 (mm)
 i (i=1, 2, ..., N)
 k (k=1, 2, ..., K)

図 4-2 タンクモデルの基礎式

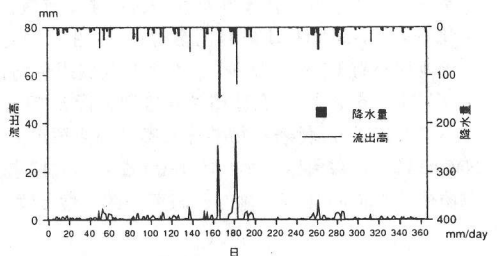


図 4-3 ハイドロハイトグラフ