

都市河川における渇水時流量を考慮した水環境管理システム

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 大学院 フェロー 楠田 哲也 電願開発(株) 正会員 石川 和也

1. はじめ

河川の水量・水質などの水環境は、流域の水循環条件、すなわち、自然的水循環及び都市活動を維持するための取排水といった人工的水循環に依存する。都市化流域を有する河川においては、都市化の進展に伴う低水流量の減少、流出汚濁負荷量の増加などが生じている。環境質の向上のために、このような問題を解消することが強く求められている。そこで本研究では博多湾流域を対象とし、水環境管理システムを構築することを最終目標とし、第一段階として、地理情報システム (GIS; Geographical Information System) を用いて、基本データである水量・水質について定量化した。そして、これらの結果を用いて渇水年の水賦存状態や水循環状態について考察を加えた。

2. 研究内容

2.1 流域分割

・市町村の分割

流域の6市6町(福岡市、春日市、大野城市、太宰府市、筑紫野市、前原市、那珂川町、粕屋町、志免町、宇美町、須恵町、久山町)を行政区界別に分割した。

・小流域分割

博多湾流域に位置している2級河川(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)とそれ以外の唐の原川、香椎川等を中心にして博多湾流域を10の小流域に分割した。そして、さらに各水質基準点や測定点、取水点を基準とする39のブロックに分割した。結果を図1に示す。

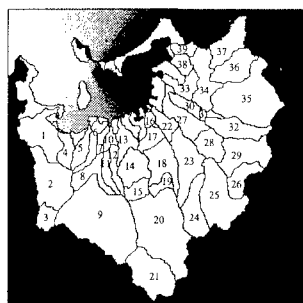


図1 流域分割図

2.2 現況汚濁負荷量

(1)汚濁フレームの設定

各市町村や小流域の地域的な特性、汚濁源の状況を把握するため、まず汚濁負荷を発生源別に生活系、工場系、家畜系、各用途別土地利用面積に4分類し、市町村別にデータを収集した。これらを用いて各メッシュ単位での汚濁負荷を算出し、小流域の汚濁フレームを作成した。

(2)排出負荷量

汚濁物質は工場・下水処理場・家庭・畜産などのような特定発生源と山林・農地・市街地などの非特定発生源から排出される。汚濁負荷は、発生源毎に発生量も発生の様態も異なっているので実測しなければならないが、実際には詳細に実測することは不可能である。従って、小流域の汚濁負荷発生量は原単位法により求めた。しかし、非特定発生源は地域特性や時間に依存するし、特に農耕地は栽培作物、作付回数、施肥量、降水量などの影響を強く受けるため、原単位を利用せずに対象流域における実態を把握し、負荷量を算出した。

(3)流達負荷量を算定

流域内に排出された汚濁負荷のうち、本川まで到達する負荷量が流路の途中で吸着、沈殿、堆積、有機物の分解などの作用を受けて減少する。したがって流達負荷量は排出負荷量に流達率を乗じることによって算定する。

2.3 博多湾流域における水量解析モデルの構築

(1)モデルの概要

水の賦存状態を解明するために河川水と地下水の流出、流下過程のシミュレーションを行うためにモデルを構築した。水の流出には、降水や融雪後の速やかな直接流出(表面流出と中間流出)と流出流量は小さいが長期間に河川水を涵養し、河川環境を維持し水資源計画でも重要な位置を占めている間接流出(地下水流出)があるが、それぞれの物理的・力学的機構によって時間的・空間的に水の挙動が変わるため、地表水系、すなわち直接流出する場合にはタンクモデル、地下水系には新たに構築した地下水モデルを用いることにした。図2に示すように、タンクモデルは1~2個の横孔と1つの底孔を持つタンクを4段を重ね、横孔は流出、底孔は浸透になぞらえて、流域からの流出を表現した。続いて地下水系では、不透水層となる基盤、不圧滞水層となる沖積層、被圧滞水層となるその他の地層が存在すると仮定し、博多湾流域を約100m×100m

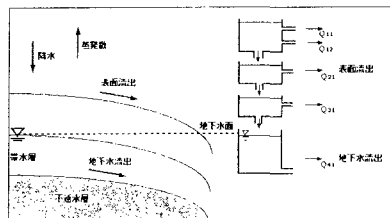


図2 水量解析モデルの概念図

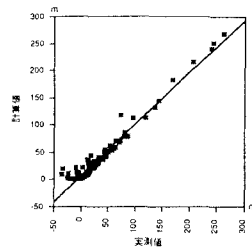
メッシュで区切った不透水層の高度と地下水面の高度によって地下水の水量を算定した。

(2)計算方法

地表水系は、3つのタンクの直列貯留型を基本モデルとし、100m×100mメッシュ毎の日単位の降水量、蒸発量データと基礎式を用いて算定した。地下水系は福岡市の井戸の静水面のデータから重回帰分析によって求めた地下水面を20年間の降水量の平均値の雨を降らせて計算を行った後の状態を初期水位として地下水面を安定化させた上に、平成6年の降水量をもとにタンクモデルによる地下浸透量を加えて水面の変化を求めた。そして、ダルシー則を用いて各メッシュの地下水貯存量や河川に流出する水量を算定した。また、ガイベン・ヘルツベルグ(Ghyben-Herzberg)の法則をもとに塩水浸入量を求めた。得られた河川流量に取水量、排水量を加えて、小流域毎の基底比流量を算出した。

(3)解析結果

地下水面の実測値と計算値の比較を図3に示す。これを見ると、初期水位の相関が高く、計算値が実測値にかなり近いことが分かる。また、平成6年度を実行させた後の水位との相関関係でも初期水位とあまり差がないことが明らかとなった。地下水貯存量は、図4に示すように、少しの時間のずれがあるものの降水量が多い時期に増加していることが分かる。貯存量は降水量が少ない年初に激しく減少するが、その後降水にしたがって増え、6月と9月中旬の大雨で最大となる。そして、その後減少する。貯存量は約3億m³である。ここで、図5に示す塩水が浸入する地区は貯存量に含めなかった。また、河川流量はタンクモデルの表面流出量と河川への地下水流出量の和として、実測値と比較した。図6では、降水量が多い時期よりも、晴天時によく合っているので、このモデルは渇水時には充分適用できると思われる。



$$y = 0.955x + 6.796 \quad r = 0.977$$

図3 実測値と計算値の比較

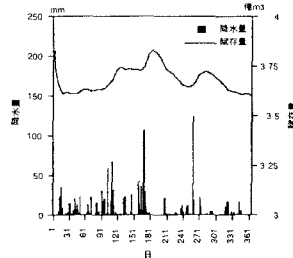


図4 降水量と貯存量の関係

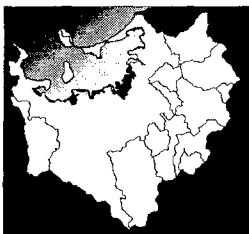


図5 塩水の浸入地域

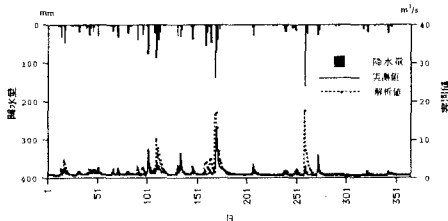


図6 南畑・背振ダムのハイレート・ハイドログラフ

(4)実測流出負荷量の計算

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

2.4 博多湾流域における水質解析モデルの構築

河川の流下過程の汚濁解析に一般化されているStreeter-Phelps式を用いてモデルを構築した。

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

K=自浄係数、L=流出負荷量、l=流達負荷量、T=流下時間、m=ブロック数

流下時間は河川断面、水路勾配、水位によって変わるため、各河川の500m,1kmずつの横断面図でこの値の変化を把握し、ブロック毎に異なる流下時間を算出した。また、流達負荷量は汚濁フレームから得られた結果を用いることにした。このようにして自浄係数を実測値と比較しながら見直して流出負荷量を算出した。結果を表1に示す。

3. あとがき

博多湾流域における水質・水量のシミュレーションを行ったが、これらの結果を用い、渇水状況に対して対応できるように水資源開発計画、流域における施設整備と安全度評価による検討などに関する最適化水供給システムを考察する予定である。

表1 自浄係数と流出負荷量

河川名	地点名	自浄係数	流出負荷量 (mg/l)
福岡市川	池田川橋	2.2	157.875
	昭代橋	0.51	655.726
	七瀬川	0.0	68.538
	十瀬川	2.7	33.577
	名瀬川	2.8	58.043
安曇川	安曇橋	0.0	287.917
	橋本橋	0.5	286.897
	笠巻橋	0.4	206.234
	市原橋	3.1	56.028
金澤川	市原橋	5.3	33.584
	船石橋	3.0	95.759
	友寄車橋	4.0	109.611
	田名川橋	2.0	134.043
熊川	宇光橋	5.9	82.952
	雲谷橋	1.0	112.677
	塩津橋	4.5	86.276
	佐治橋	13.1	1.592
	那岐平太橋	2.0	23.985
鶴見川	雲谷大橋	3.0	69.522
	山研橋	7.5	296.156
	金澤橋	0.0	766.678
	土庫橋	2.9	510.770
宇美川	龜山新橋	0.0	490.356
	堤の本橋	1.0	389.931
	酒粕橋	5.7	164.944
	石倉橋	9.8	173.909
多々良川	波平橋	0.0	60.793
	大瀬橋	0.0	210.550
	瀬水橋	0.0	463.141
	安島橋	0.6	1019.898
豊前川	倉津橋	4.5	466.629
	赤田橋	0.3	40.281