

京都大学防災研究所 正員 小尻利治
京都大学防災研究所 正員 友杉邦雄
京都大学大学院 学生員 ○木内陽一

1 緒言 近年、水環境問題に対する人々の関心が高まってきた。また、地理情報システム (Geographic Information System) の発達により水文情報の充実、計算機の性能の向上によってきめの細かい流出モデルが提案されるようになってきた。

こうした背景のもと、本研究は、流域全体の健全性を評価するために、流域内流量および水質のシミュレーションモデルを構築し、短期、長期流出、及び、流量、水質を時系列的、空間的に捉え、流域の環境評価を行おうとするものである。

2 流域水循環モデル (Hydro-BEAM) の構成

平面分布型としてメッシュ型モデルを、鉛直分布型として多層モデルを用いて、流域特性を3次元的に表現したメッシュ型多層流出モデルを適用する。鉛直構造はA～Dの4層を配置しており、層厚は、A層を0.3m、B層を1.0m、C層を3.5m、D層を10.0mと想定し、A～C層の水平流出量は河川に流入し、D層は河川流量には影響を及ぼさない地下水層とする。また、都市からの排水は、分流式下水道を想定し、汚水を下水道普及率に応じて下水処理場に、下水処理場で処理されない汚水はそれぞれ浄化槽を経て、雨水と共に落水線に沿った下水道に流出させる。水田では河川からの灌漑用水の取水が、必要な維持湛水深を満たすように行われるという農業従事者の操作方策を組み込み、地下浸透、用水路流出、畦畔越流として流出する。さらに、大気-土壌間の水移動として蒸発散を考える。河川では、下水処理場からの放水や、工業用水、上水道用水のための取水を導入する。

本研究で提案する流域水循環モデルを、Hydro-BEAM (Hydrological Basin Environment Assessment with Multi-mesh and multi-layer) モデルと名づける。

3 水量流出過程 水量流出過程として、蒸発散過程、水田流出過程、取水放水過程、表面流、土壌浸透、河川流下過程からなるものとする。

3.1 蒸発散過程 入力する観測量として、土地利用、標高、緯度、風速、気温、大気圧、水蒸気圧、日照時間を与え、各メッシュごとの気圧・空気密度は、測高公式を用いて算定する。算定方法として、熱収支法を用いる。熱収支法とは、地表面温度を仮定し、熱収支式の各フラックスを求め、この収支式に代入し成り立つような地表面温度を推定していくものである。

3.2 水田流出過程 各グリッドごと1つのタンク状の水田があるとする。各水田タンクには側方流出孔を2つ設置し、上方を畦畔越流、下方を用水路への落水孔とし、地下浸透を表すために下方に流出孔を設けることとした。ただし、水田は灌漑期 (5月15日～10月10日) のみ設置することとした。

3.3 取水放水過程 取水要素として、水田への灌漑用水、上水道、工業用水を、放水要素として、下水処理場、用水路、下水道 (雨水管) を取り上げ、モデルに組み込む。

3.4 表面流、土壌浸透、河川流下過程 地表面流はKinematic Wave法、A～D層は、線形貯留法で水量を追跡し、各層の貯留水量が層厚に達し飽和状態になると、上層に復帰流として流入する。河川流、下水道と用水路はそれぞれKinematic Wave法を用いる。

4 水質移流過程 水質評価指標に、水温と汚濁物質 (T-N、T-P、COD、BOD) 濃度をとり上げ、それらの流域内での時空間分布を解明する手法を提案する。

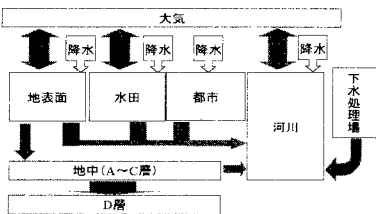


図 2：流域熱循環

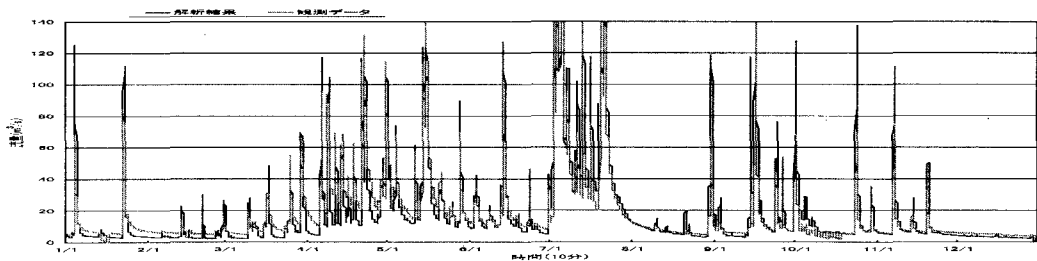


図 1：最下流地点の流量

4.1 水温移流過程 地中水温度は、蒸発散過程から求められた地表面温度を用いて、SIN カーブに近似し、深さによる時間遅れや、変動振幅の減少を考慮する⁽¹⁾。降水温度は、湿球温度と等しいものとし、水田、都市に供給されるとする。

最終的に、河川水温に影響を及ぼす要素として、水面熱収支、表面流、A～C層流、用水路流、下水道流、下水処理場からの排水を考えるものとする。(図 2 参照)

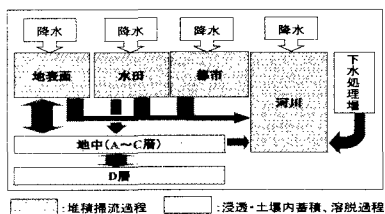


図 3：汚濁物質循環

4.2 汚濁物質移流過程 水量流出過程で得られた時系列的な水の分布、移動情報を用いて、汚濁負荷物質の挙動をその溶存態と堆積態を考慮した上で追跡する⁽²⁾。発生源としては、点源(点的発生源; point source)として、下水処理場、し尿処理場、工場、家庭を考える。処理場、し尿処理場に関しては、放流位置、放流量、放流水質に実測値を用いる。一方、面源(面的発生源; nonpoint source)としては、土地利用ごとに原単位を与え、その面積率で算定する。有機物質(COD、BODを指標とする)については、生物学的分解、沈殿、吸着作用などの河川の自浄作用も考慮する。汚濁物質の循環状況は図 3 に示す通りである。

5 適用と考察 愛知県、岐阜県を流れる庄内川の中、上流域を対象として、1994年1月1日から1996年12月31日までの3年間についてシミュレーションした。以下では、最下流地点について結果を示す。

5.1 水量流出過程 1995年におけるハイドログラフを観測データと比較したものを、図 1 に示す。ピークが観測データより少し大きくなっているものの、ピークから低減部まで精度の良い形状を示すことができた。

5.2 水質移流過程 1995年の流量データ、気象データを用いて、河川水温変化を水温移流過程で計算したものを図 4 に示す。水温の季節変化を捉えることができた。また、汚濁物質移流過程で算定した BOD

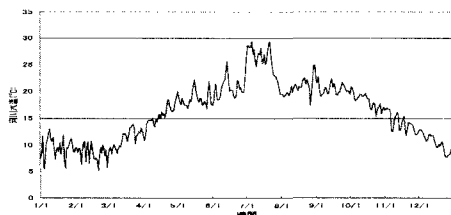


図 4：河川水温変化

濃度の変化を図 5 に示す。降雨初期における汚濁物質の掃流も表現でき、まずまずの結果が得られた。

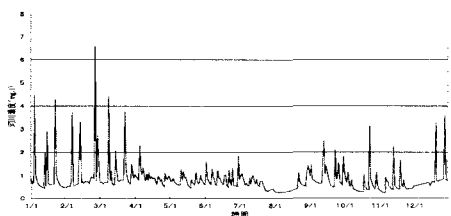


図 5：河川水 BOD 濃度の変化

6 結語 流域を量と質の両方の観点で流域状況を高精度で捉えることができた。さらに、流域を分布的に見ることを可能にしたことによって、流域全体を視野に入れた評価手法が確立できた。

参考文献

- (1) 新井正, 西沢利栄: 水文学講座 10 水温論, 共立出版
- (2) 国松孝男, 村岡浩爾: 河川汚濁のモデル解析, 技報堂出版, pp.166-171, 1990