

HSPF を利用した野洲川流域における水文循環と SS 挙動のシミュレーション

佐藤圭輔¹、池田智美¹、高松正嗣¹、曾我部浩¹、金秀眞¹、清水芳久¹

¹ 京都大学大学院工学研究科 附属環境質制御研究センター

概要: 本研究では、野洲川流域における水文循環と有機汚染物質のキャリアとなる懸濁物質(SS)の挙動の再現を目的とした。流域解析モデルには、米国 EPA によって開発された Hydrological Simulation Program Fortran を利用した。本モデルは、流域水文及び水質をシミュレートする物理モデルであり、降雨量等を入力して、流量や SS による汚濁負荷を任意地点で推測する事ができる。降水量や標高などの環境情報は電子公開情報を基に加工し、また蒸発散量はペンマン式を用いて推算した。その他、粗度係数、沈降・巻上げに関する各パラメータは文献値を参照し、貯留や侵食、収着など推定の難しいパラメータの設定には感度分析を利用した。98年のランを行った結果、流量に関しては野洲川の各地点において良い再現性を、SSについてはある程度の精度で推定できる可能性を確認した。

キーワード: HSPF(Hydrological Simulation Program Fortran)、GIS、野洲川流域、水文循環、SS(Suspended Solids)

1. 序論

琵琶湖は、我が国最大の湖というだけでなく近畿 1400 万人の水瓶として重要な役割を担っている。この湖水を口にして私たちが琵琶湖・淀川水系住民にとって、その水質が自身の健康に関わる深刻な要素であることは言うまでもない。琵琶湖の環境基準には、水道水源として利用するための湖沼 AA 類型が設定されているが、流域人口の少ない琵琶湖北湖で一部の項目が達成されている他は、各項目とも基準を満たすにはほど遠い値を示している^{*)}。特に COD については、近年北湖などで漸増傾向を示しているなど化学物質による汚染が改善されておらず、汚染源の調査と共に対策が急務となってきている。このような問題に対し、国は平成 10 年に発表した第五次全国総合開発計画の中の「国土の保全と管理に関する施策」で「21 世紀において、国土の持続的な利用と健全な水循環系の回復を可能とするため、流域及び関連する水利用地域や氾濫原を流域圏としてとらえ、～(中略)～、総合的に施策を展開する」と述べているように、水量及び水質の循環を流域圏という視点でとらえることの重要性をうたっている。

一方、最近では環境ホルモンに代表されるような微量でも毒性を発現する微量有機汚染毒性物質(以下、微量汚染物質)が話題を集めている。一口に微量汚染物質と言っても、その種類や毒性は様々であるが、これらの多くの物質は疎水性・難分解性といった特徴を併せもち、汚染源が特定しにくいだけでなく、その輸送経路や環境中での反応・与える影響、毒性発現のメカニズムに至るまで未知なる課題が山積みである。特に、環境中での挙動に関しては物理・化学的な要素が複雑に絡み合っているため、再現と予測が難しいと言われている。

そこで本研究では、流域圏を単位として微量汚染物質の挙動解明及び予測を可能とするモデルの構想を提案すると共に、そのベースとなる流域内水文循環と懸濁物質(SS)挙動の再現を試みた。

2. 水文・水質解析モデルについて

2.1 微量汚染物質の環境中での挙動再現と予測

ダイオキシン類や多環芳香族炭化水素類などの微量汚染物質は、強い疎水性を持っていることから SS に吸着した状態で水系を移動することが報告されている^{*)}。また、特に環境中の表層土壌や河川底質中のダイオキシン類濃度は、人為的な起源からの負荷(農薬散布など)が無い場合、有機炭素含有率に強い相関がある^{*)}。これらの成果は、全国各地の河川で観測され続けている河川水中の SS や TOC(全有機炭素)などの情報と汚染源の調査を行うことによって、最終的に微量汚染物質の挙動が予測できることを示唆している。一方、微量汚染物質の環境中での輸送を考える上で重要な要素は、特定し難い汚染源からの面源負荷を考慮するとともに、汚染濃度の分布・挙動を晴天時も含めてリアルタイムで予測することである。従って、これらのシミュレーションモデルには、流域内の各情報を分布で捉え、かつ時々刻々と変化する水文循環を精緻に再現できることが要求される。微量汚染物質の環境中での挙動再現と予測は、健全な自然環境を再考する一助となるとともに、事故などの非定常的な災害時において速やかな行動を促すための貴重な情報となるだろう。

2.2 水文・水質挙動解析モデル HSPF の概説

本研究で利用した水文・水質挙動解析モデル Hydrological Simulation Program Fortran (HSPF) は、アメリカ合衆国 EPA(環境保護局)によって開発された流域水文及び水質をシミュレートする分布型の物理モデルである。降雨量や土地被覆特性を入力して、流出流量をはじめ SS 濃度や有機・無機物質による汚濁負荷を任意地点で推測する事ができる。流域環境を大きく浸透性土壌域と河川などの水域に分類し、それぞれの場において水文現象が計算される(図 1)。HSPF はマニュアルやコードが無償公開されており、各種のパラメータを任意に設定できるなど汎用性も高いと言われている。

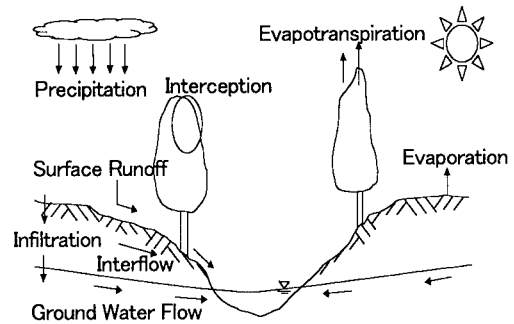


図 1 水文現象の概念図 (HSPF)

3. 野洲川の特徴と環境情報の整備

3.1 野洲川流域の特徴

琵琶湖の南東部に位置する野洲川流域は、琵琶湖流域の中で最も広い面積(387km²)を占める(図 2)とともに、ゴルフ場や水田地帯を含んでいるなど土地利用も多彩である(図 3)。近年、野洲川の下流部では市街化とともに水田地帯の開発が進み、渇水期には琵琶湖からの逆水灌漑によって増加する水需要を補っている。

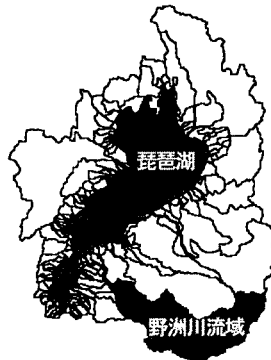


図 2 琵琶湖と野洲川流域

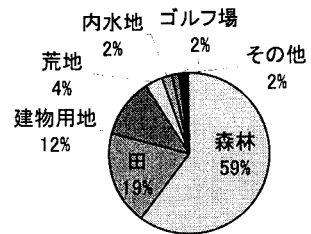


図 3 野洲川流域の土地利用(平成 3 年)

3.2 環境情報の整備と加工

HSPF を利用するには水の流下方向、土地利用の分布情報、河川の位置と横断面形状などの幾何学的、面的情報を整備しなければならない。その他に、降水量や河川流量・水質、可能蒸発散量などの情報が必要である。本研究では、全てのデータを UTM 図法で表記し、ベッセル楕円体に準拠させた。また、ラスタ型のデータに関しては計算量を考慮して 500m メッシュに統一した。気象データは全て 1998 年のものを用い、その他のデータは入手可能な最新の情報を利用した。以下にこれらの加工・整備方法を説明する。

3.2.1 幾何学的・面的情報について

水の流下方向は、国土地理院が発行する数値地図-標高50mメッシュをもとに算定した。基基データを500mメッシュに間引きし、周囲8方向の標高を比較して最も低い方向を流下方向とした。なお、くぼ地など不適切な流入・流下方向が予測される地点については、予め標高を調整するなどの作業を行った。

水文・水質解析では、流出や浸透、貯留などの現象が各土地の土壌特性に大きく左右されるため、土地利用を分類した面的情報を整備しておく必要がある。本研究では、土地利用100mメッシュ(L03-03M、国土庁)をもとに、500mメッシュに間引きを行って整備した。なお、土地利用は建物・交通、農用地・ゴルフ場、森林、水田、水域の5つに大別した。

河川の位置、流路については河川ライン(W02-07L、国土庁)をもとに、現在の流路と一致するよう修正を加えて利用した。また、河川の横断面形状については国土交通省と滋賀県が整備した観測情報を入手した。

3.2.2 気象・流量関連の情報について

降水量は、野洲川流域に関係する観測所(大津、信楽、土山、蒲生、近江八幡)のアメダス観測データをティーセン法により内挿して利用した。また、河川流量データは国土交通省が管理する2地点(中流部および下流部)の観測値を、河川水質データは国土交通省が管理する1地点(下流部)と滋賀県が管理する1地点(中流部)のデータを入手して利用した。なお、これらの情報は全て、1時間単位の観測情報である。

可能蒸発量は、水面蒸発量に土地利用毎の蒸発比を掛け合わせることで算定した。ここで、水面蒸発量は彦根地方気象台の観測データをもとにペンマン式を用いて算定し、蒸発散比は文献値⁴⁾を参照して設定した。図4に本手法によって算定された1998年6月上旬の野洲川流域における平均可能蒸発散量の経時変化を示した。他の文献⁵⁾の推定値と比較して総蒸発量はやや過大評価であったが、日中の高い蒸発散量や降雨時に蒸発散量が減少する傾向が表現されるなど、ある程度の精度が確認された。

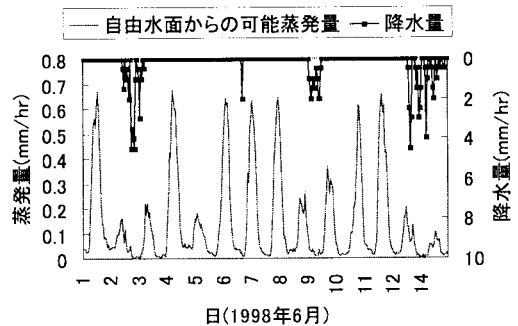


図4 水面蒸発量算定結果(1998年6月)

3.2.3 取水データなど

河川水量に影響を及ぼす人為的な要素として、生活用水、工業用水及び農業用水の取水が挙げられる。野洲川流域では、生活用水および工業用水の主要な取水源は琵琶湖と地下水に依存し、一方、農業用水は全灌漑用水の約半分を河川水に依存している。そのため本研究では、野洲川からの全取水量の約40%を占める思川頭首工、約50%を占める石部頭首工の2取水施設の取水水量データ(図5)を入手して、各取水位置の河川水量より差し引くこととした。また、既往の研究⁶⁾を参考に還元率を設定し、算定された水量を取水地点に還元するものとした。

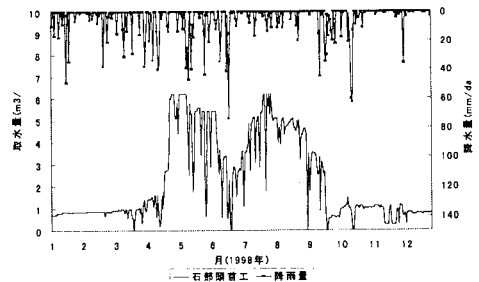


図5 石部頭首工取水状況

4. 解析方法と結果

4.1 河川流量

遮断容量や等価粗度などのパラメータは各セルの土地利用に応じて与え、未知のパラメータは適切な推定値の範囲で感度分析を行い、最適なパラメータセットを設定した。

野洲川中流部において得られたハイドログラフを図6に示した。その結果、降雨流出時の流出流量にはやや課題が残るものの、定常時の基底流を精度良く再現することができた。年間の流出総量に関しても、やや過小評価ではあるものの下流部も含めて両地点とも 90% 以上の再現性が得られている。

4.2 河川中の SS 濃度

微量汚染物質は主に細かい粒径の粒子によって輸送されるため、SS の解析対象粒径は $70 \mu\text{m}$ とした。河川流量の解析と同様に、感度分析を行うことによってパラメータを推定した。土壌剥離定数や沈降速度など一部のパラメータは、野洲川を幾つかの小流域に分割し、それぞれの流域特性に応じて最適値を推定した。

解析の結果、降雨流出時には SS 濃度の解析値が実測値を大きく上回っているが、これは実測値の測定限界が 200mg/L であるため検証が難しい(図 7)。しかしながら、定常時の SS 濃度や流出時のタイミングなどについては再現性が確認できた。今後は、定常時と降雨時の流出特性を考慮していくつかの SS 粒径を設定することや、他の対象流域で検証することによって、より普遍的で精度の高いパラメータの推定が望まれる。

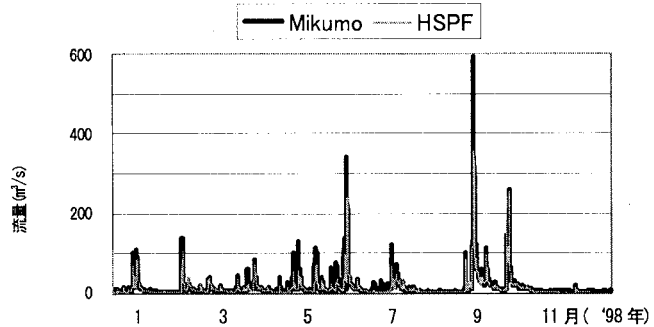


図6 野洲川中流部での流量解析結果

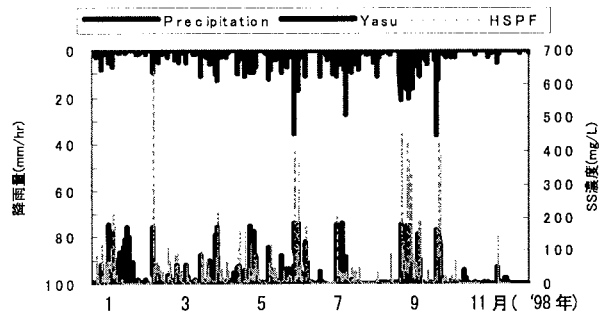


図7 野洲川中流部での SS 濃度解析結果

5. 結論

本研究では、流域圏を単位として微量汚染物質の挙動を解析するモデルを提案するとともに、そのベースとなる流域内水文循環と SS 挙動の再現を試みた。98 年のランを行った結果、流量に関しては野洲川の各地点において良い再現性を、SS についてはある程度の精度で推定できる可能性を示した。同時に、より再現性の高いパラメータの推定や他流域での検証の必要性が確認された。

参考文献

- 1) 滋賀県(1995-1998): 滋賀県環境白書 -資料編- (平成 7-10 年版).
- 2) 野馬幸生, 松藤康司, 八木美雄, 高田光康, 宮地和夫, 酒井伸一(2002): 浸出水処理施設におけるダイオキシン類の挙動, 廃棄物学会論文集, Vol. 13, No. 3, pp. 151-160.
- 3) K. Sato, *et al.* (2002): Distribution and Fate of Dioxins in Yasu River Basin, Proceedings of The 12th KAIST-KU-NTU-NUS Symposium on Environmental Engineering, pp. 337-354.
- 4) 大槻恭一, 三浦健志, 高瀬恵次(1989): 蒸発散(その 8)-広域の蒸発散-, 農業土木学会誌, 第 57 号, 第 11 巻, pp. 65-71.
- 5) 近藤純正(1994): 水環境の気象学 -地表面水の水収支・熱収支-, 朝倉書店, p. 81, pp. 132-133.
- 6) 渡辺裕紹, 丸山利輔, 小林慎太郎, 堀野治彦, 中島広志(1993): 水文水利総合モデルによる流域水環境の評価に関する研究, 平成 4 年度科学研究費研究成果報告書, p. 75.