

第II部門

SS 負荷流出モデルの構築に関する研究

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○ 辰巳恵子 京都大学防災研究所 正員 佐山敬洋
 京都大学防災研究所 正員 立川康人 京都大学防災研究所 正員 寶 馨

1 研究の目的 富栄養化を引き起こす河川汚濁負荷のうち、現在問題となっているのは水田や畑から排出する汚濁負荷や、雨天時に市街地の路面から流出し直接河川に入り込む汚濁負荷など、面的な広がりを持つ面源から流出するノンポイント負荷である。本研究では、河川汚濁負荷物質の一つであるリンについて、面源からの流出を定量化することを最終的な目標とする。そのためにまず今回は、リンの流出と関係の深いSSに着目してモデルの構築を目指す。図1に平成14年に滋賀県野洲川流域の各観測地点で観測されたデータ[1]をまとめ、SSとリンの相関関係を示した。SSの増加に伴い、TPも増加する傾向が見られ、正の相関を示すことがいえる。

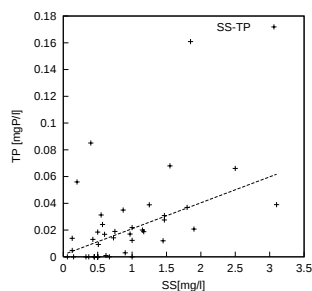


図1 SSとTPの相関関係

この理由としては、次のような報告がある。リンは土壌成分と反応して不溶性の化合物をつくる。その多くがSSの主な構成成分である土壌微粒子に吸着されたまま河川水中に流出する[2]。

本モデルを構築することで、将来的にはSSとともに流出するリンを定量化し、水質負荷が河川水質に与える影響を把握する。

2 降雨時におけるSS負荷流出モデル構築 激しい降雨が生じたとき、SSによる負荷流出が顕著なことが報告されている。特に降雨初期に多量の負荷が流出するファーストフラッシュ現象は、下流域に急性のインパクトを与えることになる。よって今回の研究では、降雨時におけるSS流出に注目してモデルを構築する。降雨時において、表面流出は地表面に存在する汚濁負荷の流出をもたらす。また、浸透水の浅い表土層からも負荷流出が生じる。さらに流量増加

した河川では、流出水によって水路や河道内に貯留・堆積した物質が運搬される[3]。これらから、流域からの負荷流出量計算は以下のようにまとめられる。

(降雨時の流出負荷)

$$= (\text{間接流出による自然負荷}) \\ + (\text{点源負荷}) \\ + (\text{降雨時に流域から流出した面源負荷}) \\ + (\text{河道内に貯留・沈殿していた負荷の一部})$$

単位流域でのSSによる負荷の移動は、集水域から河道までの流出と、河川中での流出の二つを考える。前者の流出過程を流達、後者の流出過程を流下として、それぞれで計算を行う。上式においては第三項までが流達過程での流出によるもの、第四項が流下過程での流出によるものである。自然負荷、点源負荷の定量には原単位法を用いる。

2.1 雨水流出計算モデル 雨水流出モデルとして参考文献[4]で述べられている分型流出モデルを用いる。このモデルでは、地層を三層に分割し、図2に示すように低水部から高水部まで各層で流出量を求めることができる。

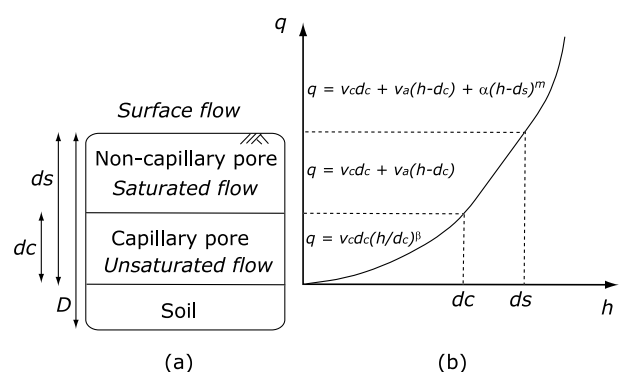


図2 土層構造と流量計算

2.2 流達過程におけるSS負荷流出計算 流出経路としては、表面流出と速い中間流出(浸透水の浅い表土層)を考えるが、今回は表面からの負荷流出のみを考えた。流達過程における流出計算は、以下に示す連続式と運動式を用いて計算する。連続式は、単

位グリッド内に存在する総負荷量の時間的変化を考えた式である。運動式は、雨水流出量の項を考慮することで降雨強度と負荷流出量との関係を反映させた式である。

< 連続式 >

$$S_1(t) = S_1(t-1) + DET(t) - \int Q_{s1}(t)dt$$

< 運動式 >

$$Q_{s1}(t) = K_1 S_1(t)^m q_1(t)^n \frac{q_1(t)}{dt}$$

ここで S_1 、 DET 、 Q_{s1} 、 q_1 はそれぞれ各グリッド内において、面源に存在する負荷量、降雨による地表面からの剥離量、地表面からの負荷流出量、地表面からの雨水流出量を示している。 K_1 、 m 、 n はそれぞれ負荷流出係数、流出係数、運動係数を表す。

2.3 流下過程におけるSS負荷流出計算 降雨により増水した時の河川のSS濃度は、晴天時に河床に堆積した微小物質の巻上げによる影響が大きい。簡易化のため、降雨時に流域から河道に流入した負荷も、流達後は河床に堆積すると仮定する。流達率を考慮して流域から河道への流達負荷量を $\sum_{area} a \times Q_{s1}(t)$ とする。 a は流達率である。河道における流下過程においても流達過程と同様、連続式と運動式を用いる。

< 連続式 >

$$S_R(t) = S_R(t-1) + \sum_{area} a \times Q_{s1}(t) - Q_{sRIVER}(t)$$

< 運動式 >

$$Q_{sRIVER}(t) = K_R(t) S_R(t) Q(t-1)^m (Q(t) - Q_c)^n \frac{Q(t)}{dt}$$

ここで S_R 、 Q_{sRIVER} 、 Q 、 Q_c はそれぞれ、河道区間に存在する総負荷量、河道を流下する負荷量、河川の流出量、限界流量を表す。 K_R 、 m 、 n はそれぞれ負荷流出係数、流出係数、運動係数を表す。

降雨初期に河床に堆積していた負荷量 $S_R(0)$ は、無降雨時に水中に浮遊していた微小物質が一定割合 b で河床へと沈殿・堆積すると仮定し、計算式 $S_R(0) = b \times T$ で決定する。ここで T は先行晴天日数、 b は沈殿する割合である。しかし、微小物質は無限に堆積するわけではないので、平衡状態と比較するため、平衡値 S_{RCAP} を導入する。つまり $S_R(0) > S_{RCAP}$ の場合は $S_R(0) = S_{RCAP}$ であり、 $S_R(0) < S_{RCAP}$ の場合は $S_R(0) = S_{RCAP}$ とする。

2.4 単位流域におけるSS負荷流出の計算例 運動式と連続式を用いての流出計算が妥当であることを確認するため、単位流域を想定して計算を行った。パ

ラメタはそれぞれ文献 [5]、[6] を参考にし、また流域内の土地利用を考慮して設定した。1999年の降雨データを用いて行った計算結果の一例を図3に示す。SSの流出量変化は降雨初期に激しいことがわかる。ファーストフラッシュ減少を表現できていると思われる。

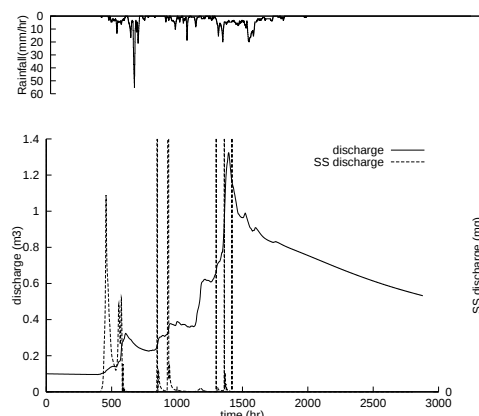


図3 計算結果一例

3 考察 より適切にファーストフラッシュ現象を表現するために、初期堆積負荷量の設定が重要になると考えられる。同時にパラメタの同定も進める必要がある。

4 今後の課題 SS負荷とともに流出するリンの動向をつかみ、面源から流出する水質負荷を定量化できるモデルの構築を目指す。そのためには、粒度分布、降水強度と負荷との関係、また、河床からの巻上げ効果についても詳しく考察する必要がある。

参考文献

- [1] 京都大学 環境質制御研究センター
- [2] 仲宗根一哉, 比嘉栄三郎, 大見謝辰男, 安村茂樹, 灘岡和夫: 石垣島轟川のSSと栄養塩濃度, 沖縄県衛生環境研究所報, 第35号, pp.93-102, 2001.
- [3] 國松孝男, 村岡浩爾: 河川汚濁のモデル解析, 技報堂出版, 1989.
- [4] 立川康人, 永谷言, 實馨: 飽和・不飽和流れの機構を導入した流量流積関係式の開発, 水工学論文集, 第48巻, pp7-12, 2004.
- [5] 武田育郎: 水と水質環境の基礎知識, オーム社出版局, 2001.
- [6] Hydrological Simulation Program Fortran.
<http://water.usgs.gov/software/hspf.html>