

II-158

濁質生産量の推定方法

東京工業大学大学院 学生員 横山勝英
 東京工業大学大学院 学生員 梅田 信
 東京工業大学大学院 正 員 石川忠晴

1.はじめに

洪水時に流域で発生する微細懸濁土砂(濁質)の生産量を推定する方法としては、従来の研究では、洪水時濁度波形を推定する手法と年間堆砂量を推定する手法の2つのタイプが主に検討されてきた。しかし、前者は必ずしもモデル化が成功しているとは言えない。濁質の流出機構はほとんど未知であり、さらに濁質は流域ごとの違いが大きいため、力学的に定式化することが困難なためである。また、後者は年最大降雨などから年堆砂量を推定するものであるが、一年の間には大小様々な洪水が生じているので、それらをひとまとめにして評価するのは大雑把すぎると言える。

本研究では、両者の中間的な時間単位をとり、一回の洪水で発生する濁質総量を降雨時系列から推定する方法を検討する。

2.現地観測

観測対象地は阿武隈川水系白石川の七ヶ宿ダム上流域である。図1に観測流域の平面図と観測地点を示す。流域面積は130km²であり、流域の93%が森林で覆われている。観測内容は、河川における濁度の長期連続モニター(1時間毎)と洪水時採水観測であり、1994年より毎年実施している。採水観測では濁度計測とSS分析を実施した。その結果、「SS=濁度」の相関関係が認められた。雨量、流量資料は建設省と東北電力から提供を受けた。

図2に1998年夏期の濁度観測結果及び雨量、流量を示す。この年は、東北地方に水害の多かった年であり、白石川の濁度計測でも、大小各種の出水に応じて濁度が連続的に観測されている。濁度は光学的な濁りの指標であるため、前述の回帰式を用いて重量濃度(SS)に換算すると濁質輸送量が求まる。換算結果を観測開始から累積すると図3が得られた。このように、濁質輸送量は濁度計測によって手軽に時系列的の把握が出来ると言える。

3.計算方法

本研究では一洪水で生産される濁質フラックスを降雨から推定するモデルを構築する。このモデルでは、次の二つの機構を考える。第一番目は濁質生産を引き起こす降雨の形態についてであり、第二番目は降雨が濁質を生産する機構についてである。

まず第一番目については、全降雨が流出に直接寄与する「有効降雨」に分離された後に、ある「時間スケールの変換」を受けて濁質流出を引き起こすと考える。有効降雨の算出方法は厳らが提案した方法¹⁾を用いる。

キーワード：濁度、SS、濁質輸送量、有効降雨

連絡先：横浜市緑区長津田町 4259 Tel:045-924-5504 Fax:045-924-5549

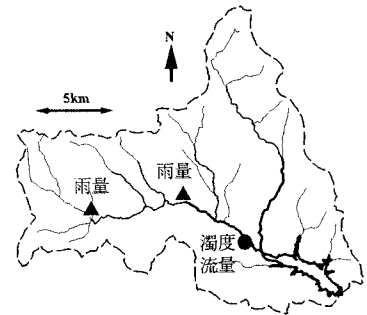


図1 流域平面図と観測点

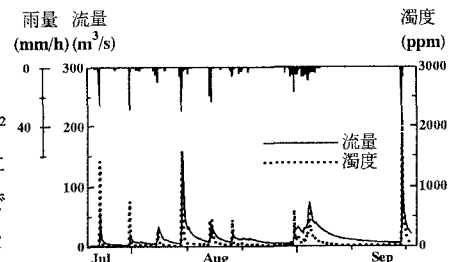


図2 1998年夏期の流量・濁度・雨量

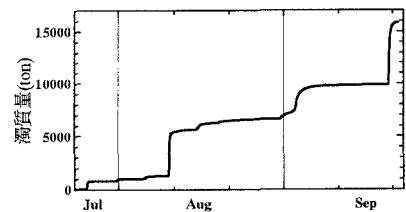


図3 累積濁質輸送量

$$L = (S_{\max} - a q_A)(1 - e^{-bR}) \quad (1)$$

ここに、 L は累加損失雨量、 R は総雨量、 q_A は洪水直前流量、 a, b は係数、 $S_{\max}$ は流域土壌が全く乾燥している場合の初期損失である。また、変換のハイドログラフは表のような1～3時間のものを用いた。

また、第二番目の濁質生産機構については、濁質生産は降雨のベキ乗に比例する、という経験的な式を仮定する。この仮定は、久保田らが提案した濁度に関する貯留関数法²⁾をもとにしている。

$$\frac{dS_{s,i}}{dt} = f \cdot r^n - Q_{s,i} \quad (2)$$

$$Q_{s,i} = \alpha Q_i S_{s,i}^m = C_i Q_i \quad (3)$$

ここに、 $S_{s,i}$ は移動しやすい状態になった土砂貯留量、 f は流出係数、 r は時間降雨強度、 $Q_{s,i}$ は流出土砂量、 C_i は濁質重量濃度(SS)、 Q_i は流量、 α は貯留関数の係数、 n, m はベキ乗指数であり、添字 i は時間のずれを示す。

一洪水ごとの濁質生産量は(2),(3)式より次のようになる。

$$f \int r^n dt = \int C Q dt \quad (4)$$

これが様々な洪水に対して成立するためには、両辺の残差が最小となるような f, n の組み合わせを選ぶこととなる。

$$Z = \left(\sum_i f \int r^n dt - \sum_i \int C Q dt \right)^2 \rightarrow \min \quad (5)$$

4. 計算結果

有効降雨の分離則は、 $S_{\max} = 151.28, a = 4.5859, b = 0.00617$ となった。

濁質生産量の計算は、エットハイドログラフの各パターンに対して降雨のベキ乗指数 n を変化させて、最小二乗法で流出係数 f を求めた。白石川について、残差と降雨ベキ乗指数の関係を図4に、洪水ごとの累積降雨と濁質総量の関係の一例を図5に示す。これよりエットハイドログラフ(5),(6)の $n=2.0$ の時に残差が最小となることが分かる。また、(5),(6)のいずれも大差がないことから、降雨の変換は(6)でほぼ収束していると判断できる。

そこで、濁度データが長期間連続して得られている1998年について、エットハイドログラフ(6)を用い、 $n=2.0$ で濁質生産量を推定した。図6に累積濁質量の観測値と計算値を示す。多少の誤差はあるが、洪水ごとに累積されてゆく様子がよく再現されている。

5. まとめ

一回の洪水で生産される濁質総量を降雨時系列から推定する方法について検討した。その結果、連続した大小さまざまな出水に対して、濁質輸送量を良好に表現できた。

参考文献

- 1) 巖柄鉦, 小林慎太郎, 丸山利輔: 降雨前の低水流量を指標とした有効降雨分離, 農業土木論文集, NO.91, pp.26-33, 1981
- 2) 久保田稔, 高木不折, 河村三郎: 出水時における土砂の浮遊状態-長良川を例として, 土木学会論文集, 第357号II-3, pp.35~44, 1985

表：ユニットハイドログラフ

番号	係数
(1)	$a_0=1.0$
(2)	$a_0=0.8 \quad a_1=0.2$
(3)	$a_0=0.6 \quad a_1=0.4$
(4)	$a_0=0.5 \quad a_1=0.5$
(5)	$a_0=0.5 \quad a_1=0.3 \quad a_2=0.2$
(6)	$a_0=0.4 \quad a_1=0.3 \quad a_2=0.3$

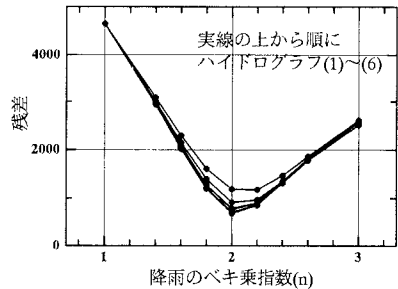


図4 残差と降雨ベキ乗指数の関係

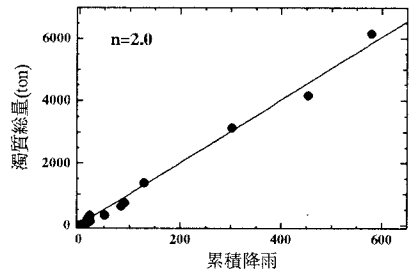


図5 累積降雨と濁質総量の関係

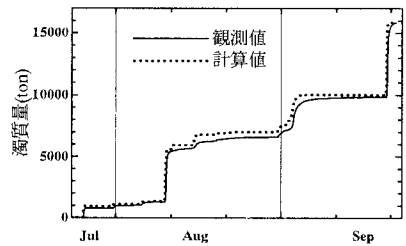


図6 濁質輸送量の計算結果