

白丸調整池ダムのフラッシング排砂に関する研究

前橋工科大学大学院工学研究科 学生会員 ○河合真由美
前橋工科大学工学部建設工学科 正会員 土屋十園

1.研究の背景と目的

多摩川上流部に位置する白丸調整池ダムは、3年に1度、施設の点検等のためゲートを全開にして放水を行っている。2002年12月～2003年2月には、ダム内に堆積した土砂が例年に比べ多く、上流域の小河内ダムからの放水流量が増加し、白丸ダム下流域において濁りが長期化して問題となった。この要因は、2002年から実施してきた現地調査によって放水時のダム湖底に堆積した細粒分の流出であることが明らかになった。そこで、河川の連続性を維持させ、下流域の生態系への影響を軽減させるためにダムの堆砂を適切に管理することは重要な課題である。

本研究では、白丸ダムを対象に濁水の要因である土砂流出が影響を与える濁質負荷量の変動について明らかにする。また、土砂の影響を受けやすい底生動物に着目し、濁度と底生動物の多様性との関係を確率統計的手法で明らかにすることを目的とする。

2.対象河川流域の概要

対象河川流域に存在する東京都交通局の白丸ダムは、1963年に建設された発電専用ダムで総貯水容量893,000m³、有効貯水容量300,000m³、最大出力16,400KWのダムである。ダム上流部には国内最大の水道専用ダムと呼ばれる小河内ダムが存在し、下流域の市民に良質な水を供給している。白丸ダムと小河内ダムの間には日原川が存在し、多摩川に流入し、事実上本川化している。図-1にSt.1～St.5の調査地点を示す。

3.調査方法

各調査地点で河床変動、浮遊土砂量、河床影響調査を行っている。本研究では東京都交通局、東京都水道局、東京都環境局によりデータを収集して解析を行った。各データの採取地点と使用期間を表-1に示す。

4.濁質負荷量の算定

4-1 SS流出負荷量の算定

観測データを使用して沢井地点の濁質負荷量について解析を行った。その際、濁質として濁度とSSに着目した。近接した沢井地点(濁度)と和田橋(SS)の換算式は、1981年、1983年、1993年～1996年の濁度データとSSデータで、サンプル数は76個使用し、SSと濁度の関係式を推定した。その結果は(1)式として

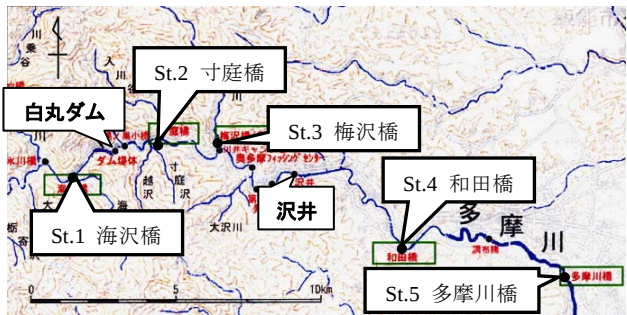


図-1 多摩川の調査地点

表-1 解析データの詳細

データ	堆砂測量	流量、濁度	SS	底生動物
地点	白丸ダム	沢井	和田橋	
期間(年)	1963～2005	1996～2005	1981,1983,1993～1996	2002～2005
管理者	東京都交通局	東京都水道局	東京都環境局	

得られた。

$$SS=0.674Turb-0.711 \quad (1)$$

ただし、SS：懸濁物質(mg/l)、Turb：濁度(mg/l)、相関係数は0.962と非常に高い値を示した。しかし、濁度のレンジが低いため(濁度の最大値約40mg/l)、(1)式の妥当性の検討として、濁度とSSの高い範囲で作成した梅田ら¹⁾の既往研究(濁度の最大値約400mg/l)で示されている相関式(2)と比較した。

$$SS=0.64Turb-0.86 \quad (2)$$

年間SS流出負荷量の算定の結果、(1)式の(2)式に対する誤差は平均約10%であり、信頼性が高い関係式であると推察できる。したがって、沢井地点の濁度を(1)式よりSSに換算し、流量との関係を調べた。流量、濁度データは、放水期間以外の際立ったゲート放流量が3回程度存在する期間、2002年7月8日～10月13日を対象とした。現在、流量(Q)と負荷量(L)の関係を $L=\alpha Q^\beta$ の経験式で算定する手法が広く用いられている²⁾。本研究でも、同様の手法を用いてサンプル数98個で(3)式が得られた。

$$L_{SS}=6.0 \times 10^{-17} Q^{3.257} \quad (3)$$

ここで、 L_{SS} ：SS負荷量(kg/d)、Q：流量(m³/d)である。その相関係数は0.911と非常に高い値になり、妥当性がある関係式になったと考えられる。

4-2 SS流出負荷量と流砂量の関係

前述の(3)式を用いて、1996年～2005年の年間SS流

出負荷量の算定を行った。なお、流砂量とはダム内の1年間の土砂の流出量と流入量の和の総量と定義した。浮遊砂は洪水時等に土砂移動に伴う巻き上がり現象の結果発生する濁質である。流砂量は土砂の移動の結果を表し、ダム管理の重要な指標となるSS流出負荷量と関係づけることは重要であると考えられる。したがって、年間SS流出負荷量と流砂量の関係を検討した。サンプル数9個で得られた関係式を(4)式に示した。

$$V = 4946L^{0.242} \quad (4)$$

ここで、 V :流砂量(m^3)、 L :年間SS流出負荷量($kg/ha/y$)とする。その相関係数が0.733となった。

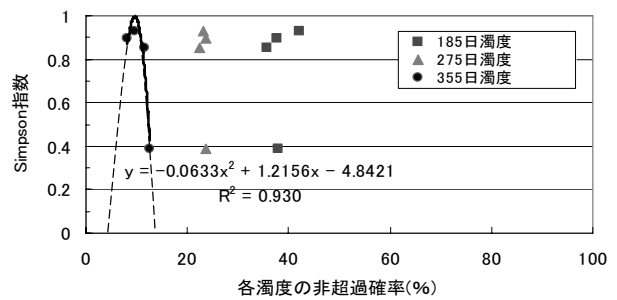
5.濁度と底生動物の確率統計的検討

沢井地点の2002年～2005年の計4年分のデータを使用し、流況曲線を作成した。流況曲線における185日目、275日目、355日目の日流量をそれぞれ平水流量、低水流量、渇水流量として指標化する。中規模攪乱説を基に、既往論文³⁾では豊水流量を洪水攪乱が起こりうる流量と仮定し、豊水流量の超過確率を攪乱規模に相当する値とした。その結果、自然度の高い河川では豊水流量の超過確率とSimpson指数によって適度な攪乱頻度が存在することが明らかになった。これを応用し、平水流量、低水流量、渇水流量を超えない確率、つまり非超過確率を攪乱頻度に相当する値と仮定した。攪乱規模として各流量の非超過確率、多様性として底生動物の多様度の指標となるSimpson指数の関係を検討した。横軸に各流量の非超過確率、縦軸にSimpson指数をとり、Simpson指数は(5)式により算定した。

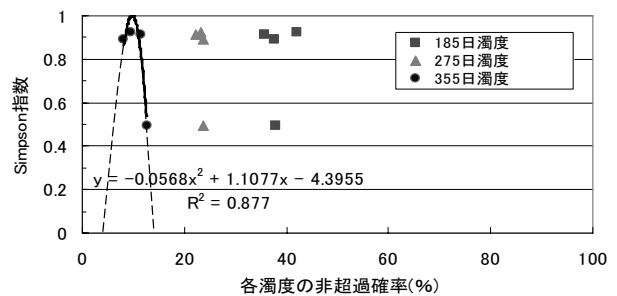
$$SI = 1 - \sum (n_i / N)^2 \quad (5)$$

ここで、 n_i :個々の種の湿重量、 N :湿重量の総和である。Simpson指数は2002年～2005年の底生動物データを使用した。流量の検討では、既往論文³⁾とは異なり平水流量の非超過確率とSimpson指数の間に二次曲線に近似する傾向が認められ、流量から底生動物の多様性を評価することができると推察される。流量と同様に、濁度状況曲線における185日濁度、275日濁度、355日濁度を超えない確率、つまり非超過確率を攪乱頻度に相当する値と仮定した。

図-2(a)(b)に攪乱規模として各濁度の非超過確率と多様性を表すSimpson指数の関係を示した。図-2(a)梅沢橋は、355日濁度のみ2次近似曲線との非常に高い相関が得られた。その相関係数は0.964、近似曲線の極値の非超過確率は52.4%と算出された。図-2(b)和田橋は、梅沢橋と同様に355日濁度のみ2次近似曲線に近似し、相関係数は0.936と非常に高い相関が得られた。その際の極値の非超過確率は50.2%となった。濁度の検討では355日濁度でSimpson指数との関



(a) St.3 梅沢橋



(b) St.4 和田橋

図-2 各濁度の非超過確率とSimpson指数の関係

係を示した。この355日濁度は、即ち、清水を意味する。ここで、流量と濁度の考察の違いは、流量では中規模の攪乱(185日流量を超えない流量)、濁度ではより濁りの少ない清水との関係を示したことである。したがって、平水流量を超えず、濁りが少ないことが底生動物の多様性の指標になると推察することができる。

6.結論

- 1) 白丸ダム下流の沢井地点の観測データをもとに、濁質負荷量の算定を行い、信頼性の高い濁度とSSの換算式が得られ、年間SS流出負荷量の経年変化を把握することができた。
- 2) 濁度と底生動物の確率統計的検討によって、355日濁度の非超過確率とSimpson指数の間に有意な関係が認められる。その関係は上に凸の二次曲線に適合し、底生動物の多様度に最大値を持つことである。また、このことは清水の状態であっても濁度の非超過確率が大きくても小さくても多様性が減少することを意味する。したがって、適度な非超過確率つまり適度な濁質が存在することが明らかになった。

参考文献

- 1) 梅田信, 富岡誠司: ダム貯水池における洪水時細土砂の流下過程について, 河川技術論文集, 第9巻, pp.359-364, 2003.
- 2) 國松孝男, 松岡浩爾: 河川汚濁のモデル解析, 技報堂出版, pp.48-49, 1989.
- 3) 土屋十圓, 諸田恵士: 底生動物群集の多様性に及ぼす流況の確率論的特性, 水文・水資源学会誌, 第18巻, pp.521-529, 2005.