

東北大学 大学院 学生員・田村 廣丈
東北大学 工学部 正 員 首藤 伸夫

1. はじめに

北上川上流部では、以前より旧松尾鉾山から高濃度の濁質物が流出し、下流の四十四田ダムに堆積している。この濁質物が出水時に再浮上を起こし、ダム下流へ流出する可能性がある。本研究では、ダムに流入する濁質の挙動をマクロにとらえ、ダムから放出される濁質物の経時変化を予測することを目的とする。

2. 対象流域と現地資料

対象流域は図-1に示すように、盛岡市の北方約5kmに位置する四十四田ダム上流の約1196km²にわたる流域である。解析には、浮遊物量SSのかわりに濁度Cと流量Qの積である汚濁負荷量 Q_s を用いる。貯水池から放出される汚濁負荷量を予測するには、図-2に示すような4種すなわち流入、沈降、滞留、再浮上の汚濁負荷量を明らかにする必要がある。ただし、利用できる資料としては、船田橋地点での流入流量および濁度（昭和47年6月、56年、57年）および四十四田ダムより流出する同様の資料（昭和47年6月、56年8月）しかない。

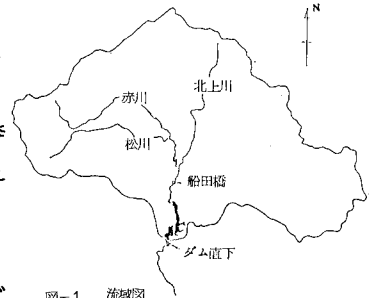


図-1 流域図

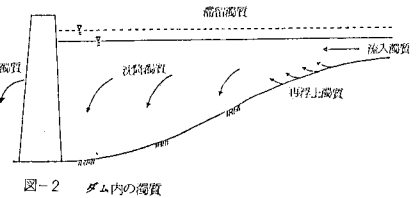


図-2 ダム内の濁質

3. 流入汚濁負荷量の解析

流入汚濁負荷量の解析には、貯水池上流部の船田橋地点を用いて行、た。図-3は流入流量が100m³/sを越えない場合、図-4は流入流量が100m³/sを越える場合の流入汚濁負荷量と流入流量の関係の例を示したものである。流入流量が100m³/s以下の場合には、ほぼ $Q_s = 2.64 \times Q^{1.94}$ の関係があり、同時刻の流入流量からの流入汚濁負荷量の予測が可能である。しかし、流入流量が100m³/s以上の場合には、流量増加時と流量減少時で汚濁負荷量が異なるループをなす。この原因としては、i)流域表面に存在する、雨に洗われて流出する物質の移動しやすさの場所的相違、ii)流水セシ断力の大きい場所を構成する土壌の深さ方向の不均一性、iii)濁質物が削られてから観測点に到達するまでの時間遅れなどが考えられる。主な原因はi)、ii)によるものであると見なし、簡単のためにiii)が卓越すると仮定して、流域全体を1つの水路でおきかえ、流れは等流状態としてモデル化する。

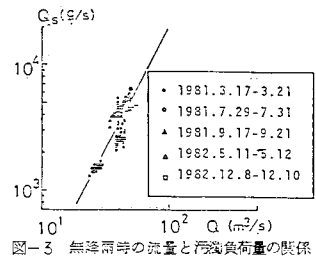


図-3 無降雨時の流量と汚濁負荷量の関係

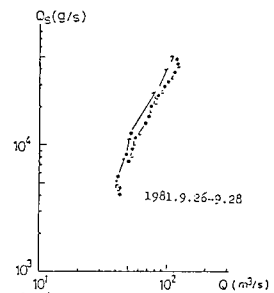


図-4 大出水時の流量と汚濁負荷量の関係

このとき、濁質物質の連続の式は

$$\sigma \cdot A \cdot \frac{dR}{dt} = Q_s \quad (1) \quad \sigma: \text{土の密度}, A: \text{流域面積}, R: \text{土壌の削れ深さ}, Q_s: \text{汚濁負荷量}$$

と表わされる。濁質物質の運動の式はパワーモデルを用い、土壌に働くセシ断力は流量の関数であると考えると

$$Q_s = \frac{e}{C(R)} \cdot [F(Q) - F(Q_0)] \cdot Q \quad (2) \quad e: \text{係数}, C(R): \text{土壌の粘着力}, F(Q): \text{土壌に働くセシ断力}$$

と表わされる。ループ下降期にはすでに、表面の動きやすい土壌はすべて流されてしま、たとえ、土壌の粘着力を次のように仮定する。

$$C(R) = \begin{cases} a \cdot R + b & (11-17^\circ \text{上昇期}) \\ \text{const} & (11-17^\circ \text{下降期}) \end{cases} \quad (3)$$

11-17°下降期のデータから(2)式の
[J]・Qの関係形を求めると Q^m の形
となり、指数mは各ケースについて
2.28, 2.36, 2.18と求まり、ほぼ一定
とみなせる。次に11-17°上昇期につ
いては(1)~(3)式よりC, Rを消去して、

$$Q_s = \frac{K}{\int Q_s dt + b} Q^m \quad (4)$$

K, b: 係数
を得る。(4)式を用いて各ケースごとにK, bを最小
二乗法で求めた。求めた係数は、積算温度M(先行
無降雨日数×平均気温×24)との間に図-5の関係が
あり、予測式として次式を得る。

$$Q_s(t) = \begin{cases} \frac{6.65 M^{1.41}}{\int Q_s dt + 0.67 M^{1.63}} Q^{2.26}(t) \\ \frac{6.65 M^{1.41}}{\int Q_s dt + 0.67 M^{1.63}} Q^{2.26}(t) \end{cases} \quad (5)$$

以上の式による予測値と実測値を比較したのが図-6である。20%程度の
誤差と予測が可能となっている。

4. 放出汚濁負荷量の解析

ダム貯水池内の汚濁負荷量の連続の式は次のように書ける。

$$Q_{sc} = Q_{so} + Q_{sf} + \bar{C} \cdot A \frac{dR}{dt} - P \quad (6)$$

Q_{sc} : 流入汚濁負荷量, Q_{so} : 放出汚濁負荷量, Q_{sf} : 沈降汚濁負荷量, A: 湛水面積

$\bar{C}$: 貯水池濁度, R: 水位, P: 再浮上汚濁負荷量

予測式の完成のために Q_{sf} , $\bar{C}$, Pの3つを実測の Q_{so} , Q_{sc} から定める。

① Q_{sf} の決定: 水位変化が微小で($\frac{dR}{dt} \approx 0$), 流入流量が小さい場合にはダムの
効果は沈降のみと考えられる。(P=0) Q_{sf} は沈降距離Lまたは水深R
の関数となろう。図-7がそれぞれあり、

$$Q_{sf} = \left\{ 1 - \frac{0.056}{(L-9.4)^{1.4}} \right\} Q_{sc} = \left\{ 1 - \frac{0.194}{(R-15.8)^{1.4}} \right\} Q_{sc} \quad (7)$$

と与えられる。

② $\bar{C}$ の決定: 台風時は $\bar{C} = \frac{1}{2}(C_i + C_o)$, 平常時は $\bar{C} = C_o$ として良い近似
である。ここで, C_i : 流入濁度, C_o : 放出濁度

③ Pの決定: P=0および(7)式を(6)式に代入して得られる Q_{so} の計算値と実測値の差をPとみなす。Pは流入
流量 Q_i の関数となった。(図-8) 予測式として、

$$Q_{so} = \frac{0.194 Q_{sc}}{(R-15.8)^{1.4}} - \bar{C} \cdot A \frac{dR}{dt} + 145 \cdot (Q_i - 80) \quad (8)$$

を得る。この予測式を用いて求めたのが図-9, 10である。

5. 結論

四+田ダムへ流入する水の濁度, ダムより流出する水の濁度の予測式を得た。図-6, 9, 10に示すように
比較的実測値と一致するが, 資料をさらに増やし, 異なる条件下での検討を重ね, 実用となるものとして行く必
要がある。

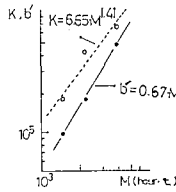


図-5 積算温度と予測式の係数の関係

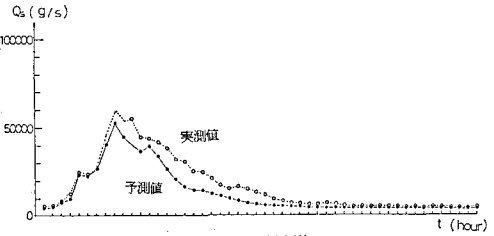


図-6 流入汚濁負荷量の予測値および実測値

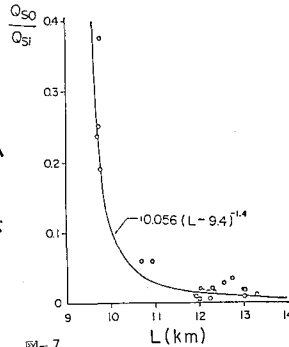


図-7 放出汚濁負荷比と沈下距離の関係

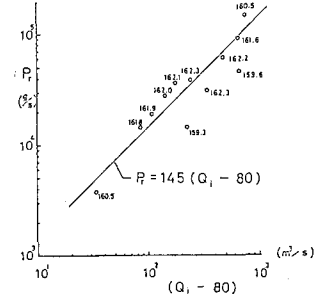


図-8 ダム内の再浮上汚濁負荷量と流量の関係

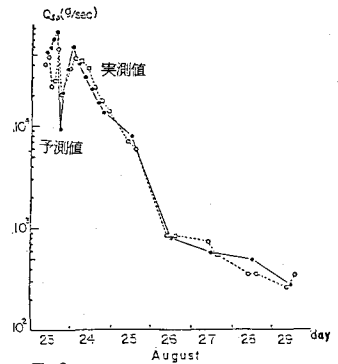


図-9 台風時の放出汚濁負荷量の予測値と実測値

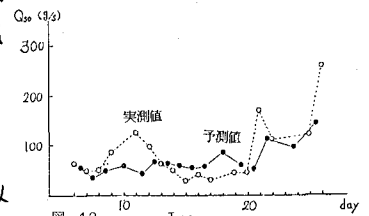


図-10 平常時の放出汚濁負荷量の予測値と実測値