

熊本大学工学部 正員 ○松並 裕子  
 学生員 古田 秀雄  
 正員 中島 重旗

1. はじめに 河川は自然的に絶えず変化していくが、その変化は、上流のダム建設により大きく影響をうける。自然河川水域(以下 川辺)とダム下流水域(以下 多良木)について、河床材料の変化調査、SSによる水質シミュレーション、水生生物調査を行ない、川辺川上流にダムが建設された後の河川環境変化予測の定量化を試みた。

2. ダム下流水域河床材料の変化調査 ダム下流水域の流量は、ダム放流水により、晴天時においても一日中変化している。ダム下流水域の平常時の流量で、河床材料がいかに変化していくか確認するため、多良木で螢光染料着色砂礫流下テストを行った。上方から着色砂礫の移動が確認でき、かつ流れ方向垂直に条件が等しい瀬を選び、粒径で5段階にグループ分けした着色砂礫を、流れ方向垂直に設置した。設置直後、1日、2日、3ヶ月、6ヶ月の間隔で観測を行なった。結果を図2に示す。2mmの砂は、1日で1.5m、10mmの礫は2日で1.5m移動しており、3ヶ月後は相方とも設置場所より確認不可能な下流へ移動していた。30mm以上の礫も、半年後にはすべて下流12m以上移動していた。

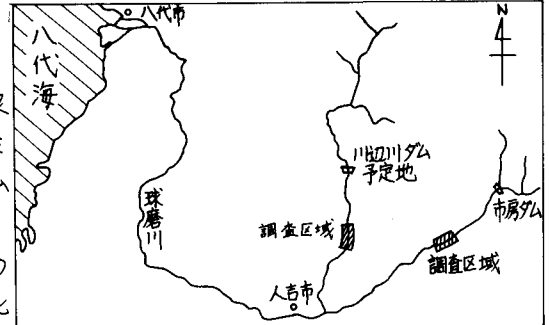


図-1 調査水域  $S=1/500,000$

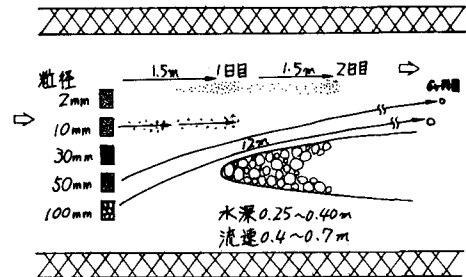


図2. 砂礫の流下図

3. ダム下流水域の水質シミュレーション 流体における移流拡散の1次元連続モデルは次式で表わされる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{A(x,t)} \frac{\partial}{\partial x} \left[ D(x,t) A(x,t) \frac{\partial C}{\partial x} \right] = \frac{1}{A(x,t)} \frac{\partial}{\partial x} [Q(x,t) C] = S(C, x, t) \quad (1)$$

ここで流れ方向の拡散係数  $D$  ( $m^2/hr$ )、流れ方向に垂直な断面積  $A$  ( $m^2$ )、流量  $Q$  ( $m^3/hr$ ) は、それぞれ流下距離  $x$  ( $m$ ) と時間  $t$  ( $hr$ ) の関数である。水質指標には魚の生息に最も大きな影響をもつSSを用いた。また発生消滅の項  $S$  は  $x$ ,  $t$  と輸送されるSS濃度  $C$  ( $g/m^3$ ) の関数なので、次式のように考えた。

$$-S(C, x, t) = -k_3 C(x, t) \quad (2) \quad k_3: \text{沈降による自浄係数}$$

式(1)の解析解を得ることは困難であるから、各区間で断面積・流量を一定、定常状態( $\partial C / \partial t = 0$ )と仮定する

$$D \frac{d^2 C}{dx^2} - v \frac{dC}{dx} - k_3 C = 0 \quad (3)$$

これをラプラス変換で解析すると

$$C = \frac{C_0}{\alpha - \beta} \left\{ (\alpha + \frac{v}{D}) e^{\alpha x} - (\beta + \frac{v}{D}) e^{\beta x} \right\} \quad (4)$$

ここで

$$\alpha = \frac{1}{2} \left( -\frac{v}{D} \pm \sqrt{\left( \frac{v}{D} \right)^2 - \frac{4k_3}{D}} \right)$$

表-1 河川形態別自浄係数 ( $k_3$ )

| 河川形態   | $k_3$ ( $1/hr$ ) |
|--------|------------------|
| 早瀬     | 1.92350          |
| 平瀬     | -0.35403         |
| 流れの速い淵 | 2.69515          |
| 流れの遅い淵 | -1.15481         |

多良木の調査区域で、同一水塊の各区間における流速、拡散係数、SS変化を浮子を用いて確認し測定した。河川の形態を、早瀬、平瀬、流れの速い瀬、流れの遅い瀬に分類し、形態ごとの平均値を算出する。それを式(4)に代入して $\alpha_3$ を求めた。結果を表1に示す。

河川全域を地図上でS字分割し、形態ごとのそれぞれの平均値と求めた $\alpha_3$ を式(4)に代入してSS変化のシミュレーションを試みた。川辺川ダム建設後の、合流地点までのSS変化を予測すると図3になる。ダム放流水SSは、20、50、80、120 $\text{mg/l}$ と仮定する。グラフの傾きはSS減少率を表わし、自浄効果は、川辺川の方が小さいことが示される。

4. ダム下流水域の水生生物調査 昭和57年7月中旬及び後期にいずれも300ミリ以上の降雨があり、洪水が生じている。これにより、多良木・川辺両水域の生物相は著しく破壊された。昭和57年9月、11月、12月、昭和58年3月に生物相の調査を行ない、ダム建設が生物相に与える影響を検討すると同時に、洪水からの回復状態を観察し、考察を行った。生物相は、底生生物と付着生物に分けて調査し、それぞれB.I.およびP.I.により水質判定を行なった。また河床礫の付着物中の無機物、有機物の重量を測定し比較を行なった。結果を表2、図4に示す。

表2 生物による水質判定

|      |      | 多良木     |         | 川 辺     |         |
|------|------|---------|---------|---------|---------|
|      |      | S57.9   | S57.11  | S57.9A  | S57.11A |
| 底生生物 | 調査月  | 3月      | 3月      | 3月      | 3月      |
|      | 優先種  | 3月      | 3月      | 3月      | 3月      |
|      | 種名   | 3月      | 3月      | 3月      | 3月      |
| 付着生物 | B.I. | 10~12   | 30~40   | 27~38   | 31~36   |
|      | P.I. | 1.39    | 1.27    | 1.17    | 1.18    |
|      | 調査日  | S57.12月 | S57.12月 | S57.12月 | S57.12月 |
| 付着生物 | 優先種  | —       | —       | —       | —       |
|      | B.I. | 17      | 20      | 20      | 20      |
|      | P.I. | 2.0     | 1.5     | 1.5     | 1.5     |

優先種: その水域を代表する生物  
B.I.: 値が大きいほどきれいな水域  
P.I.: 値が小さいほどきれいな水域

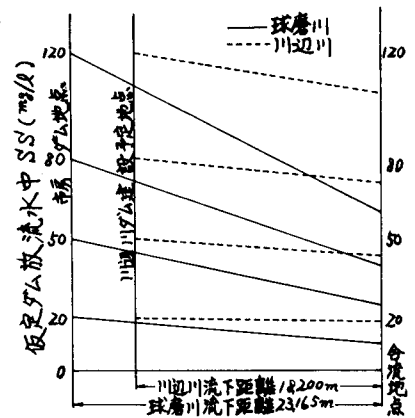


図3. ダム下流水域のSS予測

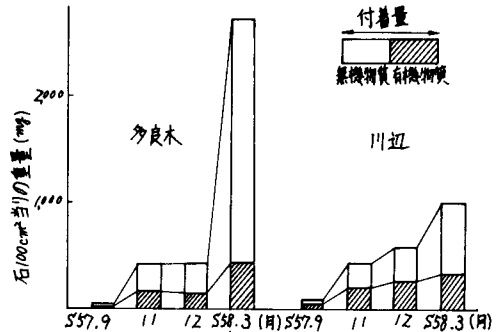


図4 河床礫の付着物成分比

5. まとめと今後の課題 ダム建設による河川環境変化を予測すると次のようになる。

1) ダムにより上流で流出砂礫がカットされると、1日に0.75~1.5mずつ、10mm以下の砂礫がとぼしい河床へと変化していき、後には大きな礫と玉石が浮き石状態で残される。ダム建設予定地から合流地点まで(距離18200m)30数年で一様に上記の状態となる。残された浮き石がしだいに瀬を埋め、瀬は早瀬平瀬へと姿を変える様子が観察されるが、この現象を確認するには、さらに長期の縦断方向河床調査が必要である。

2) 自浄係数は、平瀬より早瀬が、流れの遅い瀬より流れの早い瀬が大きい。これは沉澱効率モデルと一致している。多良木で求めた $\alpha_3$ を川辺川に適用すると、合流地点は現在の約2.3倍のSS値を示すことになる。しかし、この適用は、川辺川の現在の地形を基準としたもので、ダム建設後は瀬が平瀬へと変化していくことが考えられるので、現在の川辺川の $\alpha_3$ を求め、多良木の $\alpha_3$ と比較してみる必要があり、今後の課題である。

3) ダム建設後は、ダム放流による河床状態とSSの不安定さのため、多良木で観察されるように生物相は貧弱になり、水質判定も悪化の傾向を示す。きれいな水質を示すカワゲラが姿を消し、きたない水に生育するユスリカがふえてくる。現在の多良木のように石の表面にヌルヌルした付着物が付き、都市内小河川の様相を呈してくる。洪水からの回復状態も、付着物から見るとSSの沈降付着が藻類の付着を上まわる。従って、ダム河川では、正常な生物相の回復は望めず、洪水により生育環境は悪化する。