

河川濁質のモデル解析

熊本大学 正会員 中島重雄

熊本大学 正会員 松尾美奈子

○熊本大学 学生員 荒木慎二

熊本大学 学生員 古田秀雄

1. まえがき エ木構造物によって影響される環境の変化の中で、ダム建設によって河川の水質の悪化と河川濁質のモデル解析を用いて予測する。調査は図1に示す球磨川水系で行なった。球磨川は上流に市房ダム(昭和36年完成)をもち、中流付近ではほぼ同流量の川辺川と合流し、人吉市を経て八代海に注ぎ込む。その水質はダムの影響を受け悪化しているが、自然河川である川辺川で希釈され、人吉市を流れている。しかし、川辺川上流にダム建設が予定されており、川辺川の水質もやがて悪化することが予想される。今回の調査の目的は、その水質汚濁の程度を予測し、人吉市における球磨川の水質を知ることである。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。

2. 調査方法 調査区域は川辺川合流前の球磨川で、市房ダム下流約10km付近の約2kmとした。調査区域を瀬判ごとに8区間に分割し、各区間の拡散係数、平均流速、及び流下によるSSの変化を求めた。同時に、球磨川、川辺川、人吉の3地点に24時間採水器をセットし、3地点のSSの時間変化を測定した。表1に現在の球磨川水系の水質を示す。

表1 球磨川水系の水質の現状

	球磨川 調査地点	川辺川 調査地点	人吉市 調査地点
SS(mg/l) 9/3	12.0	9.1	6.7
SS(mg/l) 12/2	16.6	3.9	8.9
BOD(mg/l) 9/3	2.00	1.74	2.37
NO ₃ -N 9/3	0.08	0.06	0.14
PO ₄ -P 9/3	0.06	0.07	0.06

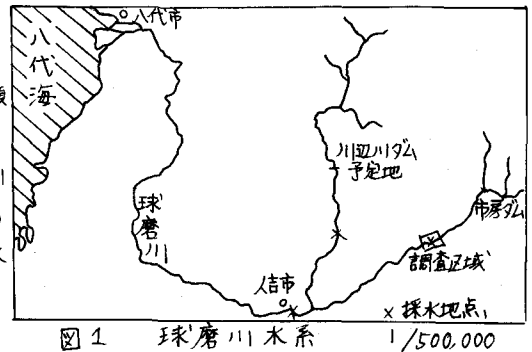


図1 球磨川水系 1/500,000

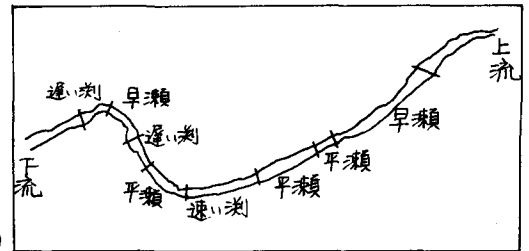


図2 調査区域 1/25,000

3. 河川の水質モデル 水環境システムのなかでの物質の3次元空間中の挙動を記述した基礎式として次の移流拡散方程式を用いた。

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \text{div}(D \text{ grad } c) - \text{div}(v, c) - R(c, t) \quad (1)$$

蓄積項 拡散項 移流項 発生・消滅項

簡単に1方向について考えると次の流れ方向1次元連続モデル式になる。

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{1}{A(x, t)} \frac{\partial}{\partial x} [D(x, t) A(x, t) \frac{\partial c}{\partial x}] - \frac{1}{A(x, t)} \frac{\partial}{\partial x} [Q(x, t) c] - S(c, x, t) \quad (2)$$

この式は保存性あるいは非保存性のどんな物質の輸送にも適用できる基礎式であり、ここに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。発生・消滅の項 S は、 x, t と輸送される物質の濃度 C (g/m^3) の関数であるが、成分の発生・

消滅を支配する性質はこの式が適用される特定のサブシステムに左右される。

SS のサブシステムを考えると、

$$-S(C, x, t) = -k_0 C(x, t) \quad (3) \quad k_0: \text{沈降による自浄係数}$$

基礎式は、二階偏微分方程式で解析解を得ることは困難であるから、各区間で断面積・流量を一定と仮定する

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \frac{Q}{A} \frac{\partial C}{\partial x} - k_0 C \quad (4)$$

河川は低水量時に比較的定常状態に近いと考えられるから、定常状態 ($\partial C / \partial t = 0$) と仮定すると、

$$D \frac{d^2 C}{dx^2} - v \frac{dC}{dx} - k_0 C = 0 \quad (5) \quad (\because v = Q/A \text{ より})$$

ここで、基礎式は二階偏微分方程式から二階常微分方程式に変換された。これをラプラス変換で解析した。

4. シミュレーション 調査区域を流速により、さらに早瀬、平瀬、流れの速い瀬、流れの遅い瀬の4つに分類して、それぞれの平均流速、平均拡散係数、平均自浄係数、流下時間を算出し、シミュレーションを行なった。つぎに、全体のシミュレーションは、河川はS字状に蛇行して流れていると仮定し、地図上でS字ごとに分割して、それぞれ大きいS字、中くらいのS字、小さいS字に分類した。川辺川合流前の球磨川で、大きいS字、中くらいのS字、小さいS字のそれぞれ1つを選び、早瀬、平瀬、流れの速い瀬、流れの遅い瀬を調査し、それぞれのS字の代表値とした。

5. 結果と考察 球磨川と川辺川との合流直後のSSを知るため市房ダムからのシミュレーションと川辺川ダム建設予定地からのシミュレーションを合流直前まで行なった。ダム放流時のSSをそれぞれ20 mg/l, 50 mg/l, 120 mg/l と仮定したときの、合流直前までのシミュレーションを行なった結果を図3に示す。図3に示すように、グラフの傾きは、流下距離によるSSの減少率を表す。ここで、グラフの傾きは、ダム放流時SSが高いほど大きく、ダム放流時SSが同じ場合には、ダム完成後の川辺川の方が球磨川より大きい。これよりダム放流時SSが高いほど、SS減少率は大きく、河川の自浄効果が発揮され、またダム完成後の川辺川の方が球磨川より、SS減少率が大きく、河川の自浄効率も高いということがわかる。

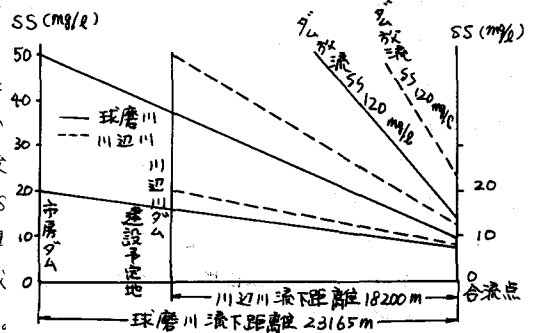


図3 SS シミュレーション

今後の課題としては、ダム貯水池の水深方向のSSの状態や球磨川と川辺川の将来の流量比などの研究により、シミュレーションで年間のSS変化を出すことである。また我々のシミュレーションは、河川を大きいS字、中くらいのS字、小さいS字に分類して行なったわけだが、それぞれ1区間しか調査していない。しかし実際には、合流前の球磨川は大部分が平野部を流れており、川辺川は山間部と平野部を流れている。したがって平野部のS字と山間部のS字では、瀬と判の形態が違ってくると思われるので、より精度の高いシミュレーションにするためには、1区域だけでなくさらに多くの区域で調査を行なう必要がある。

<参考文献>

1. L. G. リッチ著 「環境システム工学入門」
2. 市川新著 「都市河川の環境科学」 水質管理の考え方