

1. はじめに 上流に活発な土砂生産源をもつ河川がダム湖に流入する領域では、複数の水みちが分裂・合流を繰り返しながら横断方向に激しく変動する、いわゆる網状流路が形成されている場合が多く見られる。このような領域を何らかの目的で活用しようとする場合には、ある程度、流路変動をコントロールする必要が生じる。そこで本研究では、網状流路の発生・変動を再現可能な2次元数値シミュレーションモデル¹⁾を用いて、ダム水位の調節や水みちの人為的な固定化といった対策が、流路の安定化に対してどの程度有効であるのかを調べている。

2. シミュレーションモデルの概要 流れの計算には一般的な2次元浅水流モデルを用い、流砂形態としては掃流砂を考えている。芦田・道上の式²⁾を用いて平衡流砂量を算定し、これと流量とによって平衡土砂濃度 C_{∞} を算出する。平衡土砂濃度 C_{∞} と各地点の土砂濃度 C を用いると、侵食・堆積速度 i が次のように求められる。

$$i = \begin{cases} \delta_e \frac{C_{\infty} - C}{C_*} |u_* - u_{*c}| & (u_* > u_{*c}) \\ 0 & (u_* \leq u_{*c}) \end{cases} \quad (C_{\infty} - C > 0 \text{ のとき})$$

$$i = \begin{cases} \delta_d \frac{C_{\infty} - C}{C_*} |u_* - u_{*c}| & (u_* < u_{*c}) \\ 0 & (u_* \geq u_{*c}) \end{cases} \quad (C_{\infty} - C \leq 0 \text{ のとき}) \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここに、 u_* : 摩擦速度、 u_{*c} : 限界摩擦速度である。河床の連続式と流砂の連続式はそれぞれ以下のように表される。

$$\frac{\partial z}{\partial t} + i = 0 \quad \dots\dots\dots(2),$$

$$\frac{\partial Ch}{\partial t} + \frac{\partial Chu'}{\partial x} + \frac{\partial Chv'}{\partial y} - iC_* = 0 \quad \dots\dots\dots(3)$$

ここに、 z : 河床位、 h : 水深、 u', v' : x, y 方向の流砂の輸送速度であり、流速と局所的な河床勾配から求めている。

3. 計算条件 計算は図1に示すように幅100mの領域を対象としている。 $x=0m \sim 425m$ の区間が河道部分、 $x=425m \sim 750m$ の区間が堆砂デルタ、 $x=750m \sim 1000m$ の区間が貯水池となっている。河道部分と堆砂デルタとの接続地点である $x=425m$ において $z=1280m$ であり、この高さをHWLと考えている。なお、上流端付近の $x=0m$

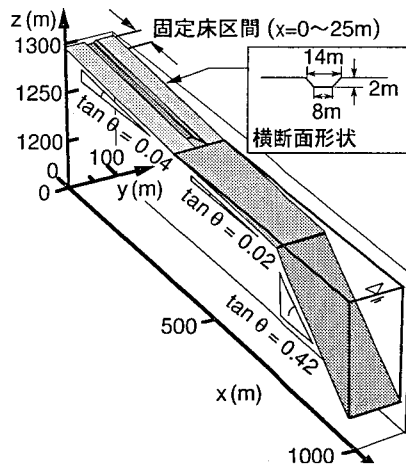


図1 計算区間

$\sim 25m$ の区間は固定床とし、 $x=0m$ において流量を与え、 $x=25m$ において平衡土砂濃度を供給土砂濃度として与えている。 Δx は5m、 Δy は1m、 Δt は0.02秒とし、一定の給水条件($Q=10m^3/s$)で10時間分の計算を行った。砂礫の粒径は一様で($d=2.2cm$)あるとし、(1)式の係数は $\delta_e = \delta_d = 0.6$ としている。計算は5ケース行

い、CASE 1, 2, 5は図1に示された初期河床形状を用いて、貯水池の水位 H をそれぞれ1280m, 1278m, 1270mに設定したケース、CASE 3は図2に示すように河道部の流路内部を固定床としたケース($H=1280m$)、CASE 4は河道部流路の両岸に堤防を設けたケース($H=1280m$)である。

4. 計算結果と考察 図3はCASE 1における河床コンター図であり、図4は流速分布図である。これを見ると、貯水池に流入する地点付近から土砂の堆積が生じ、それが時間の経過と共に上流へと遡上してゆくことが分かる。また、河道流路が堆積土砂によって埋められると、流れが堆砂面上に溢れ出し、新たな水みちを形成していることも確認される。上流の流路内の水深は34cm程度となっており、深さ2mの初期流路は設定流量を流すためには十分なサイズであると考えられるが、下流

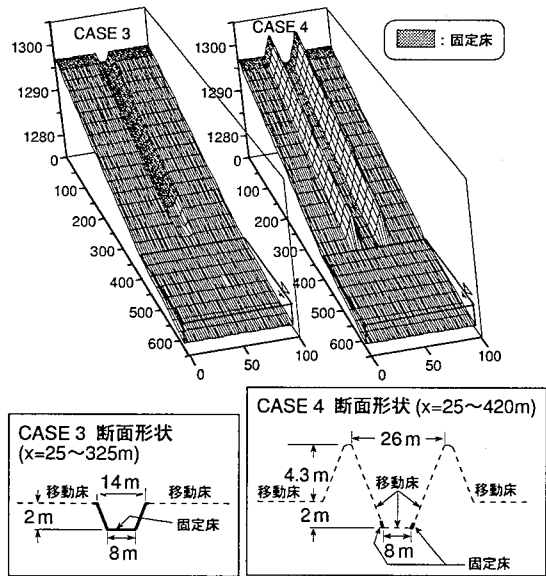


図2 河道部の初期河床形状

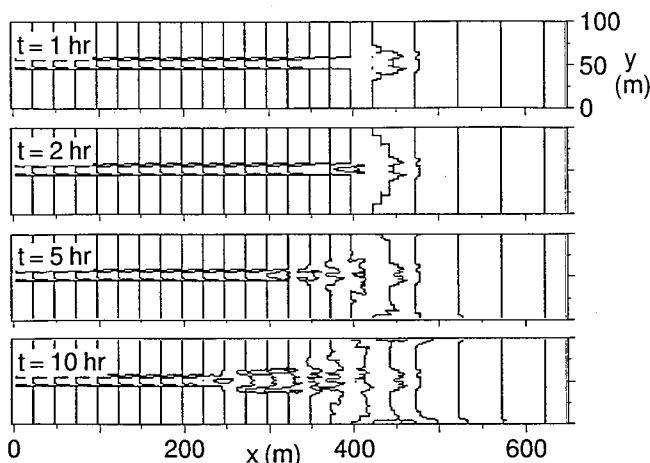


図3 CASE 1における河床コンターの時間的变化

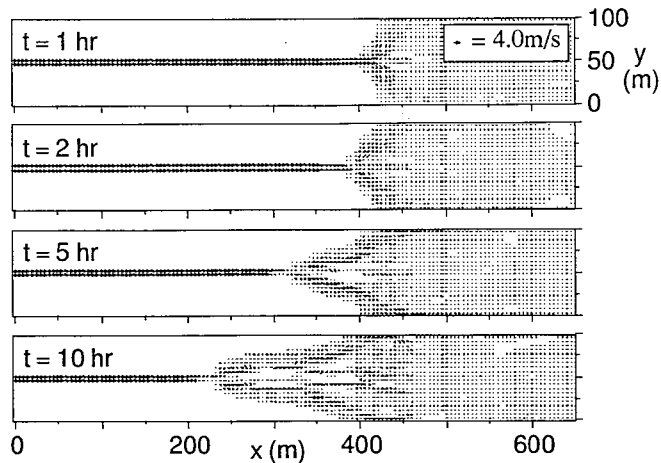


図4 CASE 1における流速分布の時間的变化

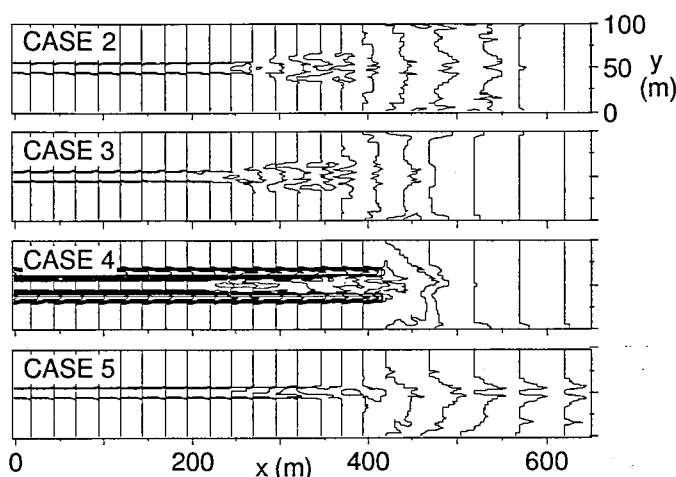


図5 各ケースの $t=10\text{hr}$ における河床コンター

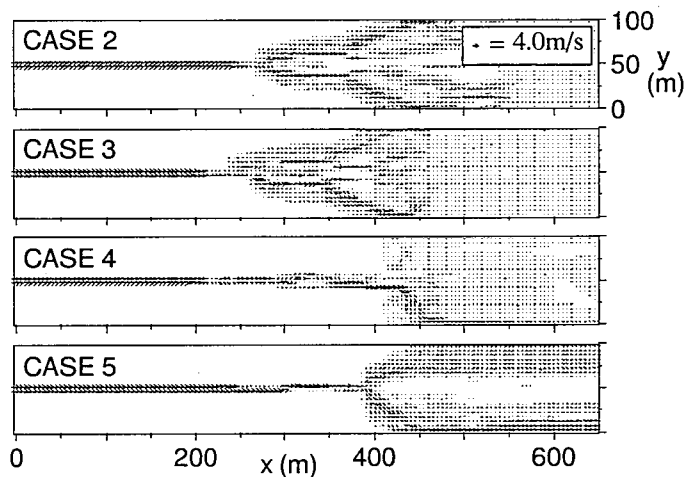


図6 各ケースの $t=10\text{hr}$ における流速分布

に十分な土砂の輸送能力がないために、安定した流路を維持できなかったと言えよう。各ケースの10時間後の河床のコンターを図5に、10時間後の流速分布を図6に示している。これらを見ると、CASE 1に対して下流端水位を2m下げたCASE 2では若干堆砂の遡上が遅くなるものの、やはり $x=300\text{m}$ 付近まで流路が埋め戻されていることがわかる。これに対し、下流端水位を10m下げたCASE 5では流路の埋め戻しは下流のごく一部に限られており、これは下流端水位 ($H=1270\text{m}$) が堆砂デルタの末端 ($x=1273.5\text{m}$) よりも低く設定されたことにより、デルタ上での土砂の堆積が抑制されたためであると考えられる。CASE 1の初期流路を固定床としたCASE 3においては、CASE 1とほとんど同様の河床変動となっており、本計算の結果を見る限り、流路のコントロールに対して有効な方法とはいえない。初期流路の両岸に堤防を設けたCASE 5では、流路内に土砂の堆積は見られるものの、流水が堤防をオーバーフローすることはなく、流路の変動がコントロールできていると言えよう。このケースで堤防と流路とが接する部分の河床を固定床としているのは、この部分に巨石を縦断的に配置することにより、急激な堤防の横侵食の発生を抑えることを狙ったからである。なぜなら、盛土状の堤防では、供給土砂濃度が小さい場合などに、大幅に堤防が侵食されることが懸念されるからである。この点に関しては今後より一層の検討が必要であろう。

5. おわりに 網状流路の変動を再現できる2次元数値シミュレーションモデルを用いて、下流にデルタが形成されるような条件下での流路変動についてシミュレーションを行った。その結果、デルタの肩よりも低い位置に下流端水位を設定することや、流路の両岸に堤防を設けることにより、流路変動をある程度コントロールできることが分かった。今後、流入土砂濃度や流入流量が時間的に変化する場合について、より詳細な検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 高橋 保・里深好文：網状流路の流路変動に関する数値シミュレーション、京都大学防災研究所年報、第42号B-2、平成11年、pp.189-200。
- 2) 芦田和男・道上正規：移動床流れの抵抗と掃流砂量に関する基礎的研究、土木学会論文集、206号、1972年、pp.59-69。