

河川下流域水制が河口デルタの形成過程に与える影響

名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 ○溝口裕太
 名古屋大学大学院工学研究科 正会員 戸田祐嗣
 名古屋大学大学院工学研究科 フェロー 辻本哲郎

1. はじめに

河川汽水域は人間生活の中心地であることから、これまで大きな水域環境の改変を行ってきた。今日では、これまで破壊してきた生息場を復元する事業が行われており、浚渫土砂等を利用した人為的な地形形成によって干潟、海浜が造成されている。しかしながら、河川は本来、集水域内の土砂を生産地から海域へと流下させる能力を持っている。本研究では、水・物質循環を駆動力とした河床材料の移動による河口デルタの形成に着目し地形形成過程を評価する。また、河道には河岸浸食・洗掘を防止するために水制が設置されるケースがあり、この水制が下流の河口デルタの形成過程に与える影響を評価することを目的とする。

2. モデルの概要

デルタ・河道地形の変化は、流水とそれに伴う土砂輸送の結果生じている。従って、式(1)の浅水流方程式、式(2)の土砂連続式によりデルタ区間の地形変化について数値計算を行った。また、図-1に示すように、このモデルでは x 座標で表わす河道区間と、 r 座標で表すデルタ区間に分割して、それぞれの解析を行っており、式(1)、(2)の r 座標を x 、堆積幅を B_f とすることで、デルタ区間同様に河道区間の計算を行った。

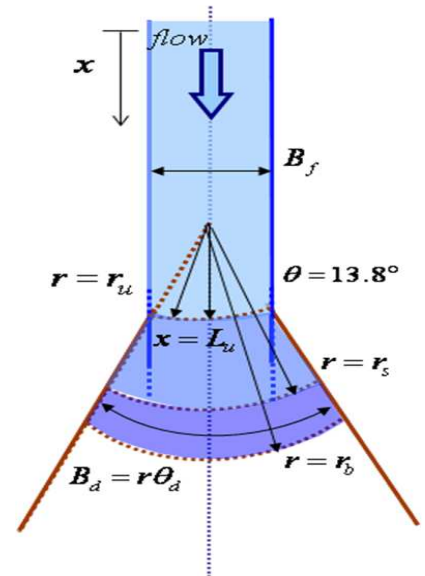


図-1 モデル地形の概要

$$\frac{\partial h}{\partial r} = -\frac{\partial Z_b}{\partial r} - \frac{\tau_b}{\rho g h} - \frac{U}{g} \frac{\partial U}{\partial r} \quad (1)$$

$$(1 - \lambda_p) \frac{\partial Z_b}{\partial t} = -\Omega \frac{I_f (1 + \Lambda)}{B_d} \frac{\partial Q_{bf}}{\partial r} \quad (2)$$

ここに、 h :水深、 Z_b :地形高、 τ_b :底面せん断力、 U :流速、 λ_p :空隙率、 Ω :曲り度、 I_f :河床材料活性時間率、 B_d :堆積幅、 Λ :ウォッシュロード割合、 Q_{bf} :流砂量とする。また、流砂量式として Engelund & Hansen 式を用いた。地形上昇の解析については上述した通りであるが、この他にも、デルタ前縁に土砂が堆積することで、デルタが海域へと前進し地形は形成される。このデルタ前縁の前進速度については式(3)を用いた。

$$\dot{r}_s = \frac{1}{S_a} \left[\frac{1}{\frac{1}{2} \theta_d (r_b(t)^2 - r_s(t)^2)} \frac{\Omega I_f (1 + \Lambda) Q_{bf} [r_s(t), t]}{(1 - \lambda_p)} \right] \quad (3)$$

ここに、 S_a :デルタ前縁部勾配、 θ_d :デルタ角、 r_b :デルタ前縁上部距離、 r_s :デルタ前縁下部距離とする。また、解析に必要な諸条件は、表-1に示すように一級河川木曾川を参考に設定した。はじめに、水制が設置されていない流路幅 600m のケースについて解析を行った。次に、水制設置による死水域の増加から流路幅が減少したと仮定した水制設置モデルにおいて解析を行った。

表-1 解析条件

河道特性	流量	6800m ³ /s
	河道区間長	26000.0m
	デルタ区間長	5000.0m
	デルタ前縁長	2000.0m
	川幅	600.0m
	河床勾配・デルタ勾配	1.0/5000.0
	デルタ前縁勾配	1.0/213.0
	デルタ角	13.8°
堆積特性	曲がり度	1.0
	空隙率	0.3
	ウォッシュロード割合	1.2
	河床材料活性時間率	1/365day/year
	河床材料の粒径	1.0mm
	河床材料の密度	2.65g/cm ³

3. 結果と考察

1) 水制非設置条件における地形変遷

水制非設置ケースにおける 800 年間の長期解析の結果を図-2 に示す. ここでは, 0m よりも上流側を河道区間, それより下流側をデルタ区間として数値計算を行っている. デルタ区間上流端である 0m 地点の地形上昇に着目すると, 800 年間の地形上昇の平均は 0.37m/100 年となった. しかしながら, 地形上昇率が最も大きい 400 年からの 100 年間平均は 0.65m/100 年, また, 最も小さい 700 年からの 100 年間平均は 0.18m/100 年となった. このように地形の上昇率が異なるのは, 地形上昇は河道上流から起こり, これが下流へと徐々に進行する結果であると考えられる.

2) 水制設置と非設置条件における地形変遷

水制設置ケースと, 水制非設置ケースとの比較を行う. 図-3 では 50, 100, 150 年の解析結果の検討を行っており, 150 年間で最もデルタ前縁が前進したのは, S150 の水制設置ケースであった. また, 前進距離は 13.0m に達し, 非設置ケース N150 の前進距離 2.1m と比較すると非常に大きいことがわかる. デルタ区間上流端 (0m) における地形上昇では, S150 は 1.35m, N150 は 0.87m の上昇となり, 水制を設置し流路幅が小さくなった結果, デルタ区間の地形上昇, 前進速度が大きくなった. また, 図-4 にはデルタ区間の流砂量を示しており, 水制非設置ケースにおける流砂量は, 設置ケースと比較して非常に小さい. これは, 上述したように地形変化は河道上流部より起こるため, 非設置ケースでは 150 年が経過しても河道の地形上昇に流砂が利用されていると考えられる. しかし, 水制設置ケースについてはデルタ区間の流砂量が大きいことから, 河道区間は平衡状態に達していると考えられる.

4. まとめ

地形変化は河道区間上流部から起こり, これが徐々に下流へと進行することがわかった. デルタ前縁上流区間の流砂量が平衡状態に達すると, デルタ前縁に供給される流砂量が大きくなり, デルタ前縁の進行速度が大きくなるという結果が得られた. 水制設置ケースはデルタ前縁上流区間の流砂量が, 非設置ケースと比較して, 早期に平衡状態に達したため, デルタ前縁の前進速度が大きくなったと考えられる.

5. 参考文献

- 1) 椿涼太・古畑寿・辻本哲郎: 水制群を含む木曾川下流域の出水時の流れ構造とワンド地形の変遷, 水工学論文集, 第 52 巻, pp691-696, 2008
- 2) Engelund, F. & Hansen, E.: A Monograph on Sediment Transport in Alluvial Streams, Technisk Vorlag, Copenhagen Denmark, 1967
- 3) G. Parker・O. Sequierios: Large scale morphodynamics -Application to the Mississippi Delta, River Flow 2006, pp.3-11, 2006
- 4) Svetlana Kostic・Gary Parker: Progradational sand-mud deltas in lakes and reservoirs. Part1. Theory and numerical modeling, Journal of Hydraulic Research, Vol.41, No.2, pp.127-140, 2003

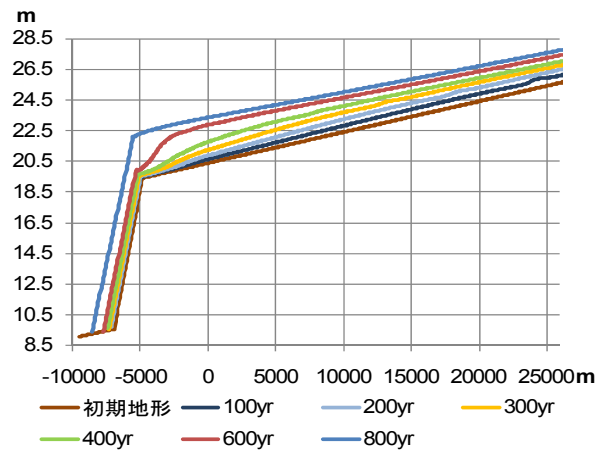


図-2 水制非設置条件における地形変遷

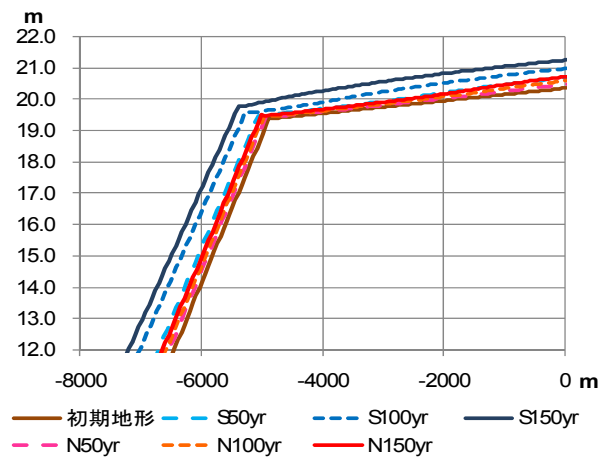


図-3 デルタ前縁の前進距離

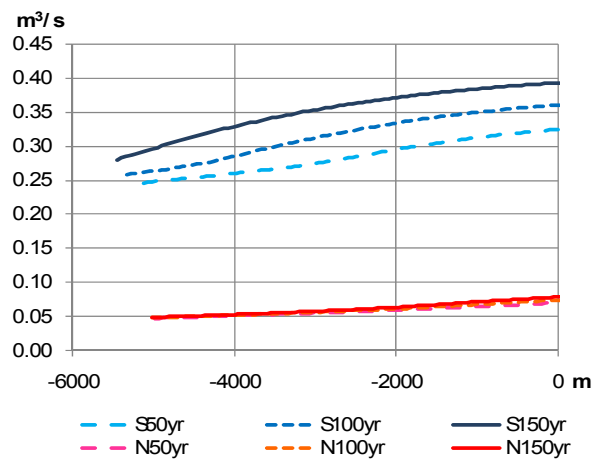


図-4 デルタ区間の流砂量