第Ⅱ部門

網状流路河川の生息場の物理環境に及ぼす洪水履歴の影響

京都大学工学部地球工学科　学生員　○上戸　亮典
京都大学防災研究所　正会員　竹林　洋史
京都大学防災研究所　正会員　藤田　正治

1.はじめに

近年,多くの国の河川事業の重要テーマとして河川環境の保存,生物にとっては生息場を保全することが重要になっている.しかし,砂州や流路に関する既存の研究は,定常場で平衡状態の砂州や流路に関するものがほとんどであり,流量や給砂量の変動に対する生息場の応答に関して十分な知見が得られていない状態である.本研究では,川幅・水深比が大きい場の網状流路の動態を明らかにするとともに,非定常給水条件で,網状流路に形成される動植物の生息場の物理環境が時間的にどのように変化していくのかを数値解析によって明らかにするのを目的としている.

2.数値解析の概要

本研究では,従来,数値解析により再現された例がない川幅・水深比が 1000～2000 程度の非常に大きい場を対象として平面二次元河床変動解析を行った.流れの連続式と運動方程式は以下のようである

$$\Lambda\frac{\partial z}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}(uh)+\frac{\partial}{\partial y}(vh)+\frac{\partial}{\partial x}(u_g h_g)+\frac{\partial}{\partial y}(v_g h_g)=0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(hu)+\frac{\partial}{\partial x}(huu)+\frac{\partial}{\partial y}(huv)=-gh\frac{\partial}{\partial x}(h+z_b)-\frac{\tau_x}{\rho g}+\frac{\partial}{\partial x}(h\sigma_{xx})+\frac{\partial}{\partial y}(h\tau_{yx}) \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(hv)+\frac{\partial}{\partial x}(huv)+\frac{\partial}{\partial y}(hvv)=-gh\frac{\partial}{\partial y}(h+z_b)-\frac{\tau_y}{\rho g}+\frac{\partial}{\partial x}(h\tau_{xy})+\frac{\partial}{\partial y}(h\sigma_{yy}) \quad (3)$$

連続式には既住の河床変動解析ではあまり考慮されていなかった浸透流を計算する項が入っている.浸透流は二次元飽和流として扱っている.浸透流の運動方程式は以下のダルシー則を用いた.

$$u_g=-k_{gx}\frac{\partial z_b}{\partial x}\quad v_g=-k_{gy}\frac{\partial z_b}{\partial y} \quad (4)$$

対象とする河道の川幅は 1000m,流路長は約 15000m,河床勾配は 0.0032,河床材料は平均粒径 20mm の混合砂である.これらの水理条件はイタリア・タリアメント川の水理条件を参考にしている.[1)]

解析に用いた給水条件を表 1 に示す.Case1 から 4 までが定常の流れの場での計算で,Case5 が非定常の流れの場での計算である.本研究では,定常のケースを用いて初期平坦河床から形成される網状流路の動態を観察し,非定常のケースを用いて止水域の生息場の物理環境の評価を行った.

3.結果および考察

3.1 幅・水深比が大きい場の網状流路の動態

図 1 は Case1 から 4 までの動的な平衡状態に達した河床のコンター図である.従来の複列砂州に関する研究からは,川幅水深比 B/h が大きいほど横断方向のモード（流路本数）が増えるとされているが,図 1 では B/h が最も小さい Case1 が最も流路本数が多くなっており,従来の研究とは逆の結果が現れた.これは,従来の知見は河道全体が水で覆われた複列砂州に対して得られた知見であり,陸域が現れる網状流路ではそのまま適用できないためと思われる.つまり,流路本数が増えるには流路が分岐する必要がある.流路が分岐するには,分岐点付近の河床位の上昇とともに水が氾濫し,氾濫域で流砂が流れる必要がある.しかし,B/h が大きくなると側岸の影響が小さくなり,氾濫しても氾濫域の水深が浅くなり,新規に流路を形成するほどの土砂が流れない.そのため,幅・水深比の増加とともに流路本数が減少したものと考えられる.

表 1　解析条件（単位：m^3/s）

	0～500h	500～1000h	1000～1500h
Case1	1800	1800	1800
Case2	1200	1200	1200
Case3	900	900	900
Case4	600	600	600
Case5	1800	600	1800

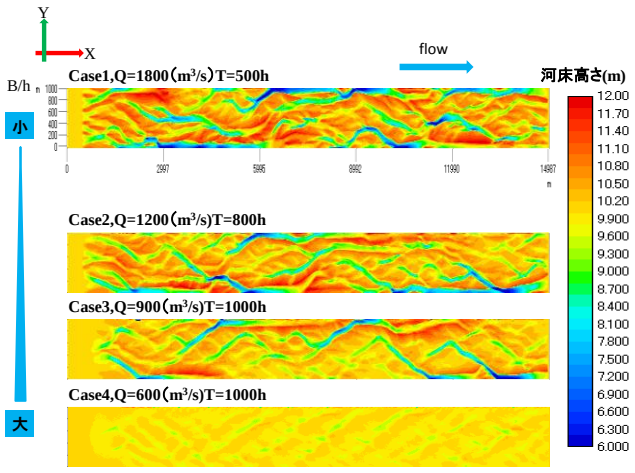

図 1　各ケースにおける動的平衡の河床

Ryousuke KAMITO,Hiroshi TAKEBAYASHI,Masaharu FUJITA　ryousuke.kamito@gmail.com

3.2 過去の流量変動が止水域の生息場の分布に与える影響について

図 2 は Case5 の T=500h,1000h の水深の平面分布の一部を拡大したもので,白の部分は陸地を表現している.増水時(T=500h)から減水時(T=1000h)には,水深の浅い水域が瀬切れを起こし,止水域が増大しているのが分かる.図 3 が T=500h,1000h,1500h での止水域の頻度分布である.図より,T=500h～T=1000h の変化よりも T=1000h～T=1500h の変化が小さい.これは増水時から一旦減水した時に水深の浅い部分から水が引くとともに,細かい粒径による河道の閉塞が発生して小流路に水が流れなくなったためと考えられる.

3.3 止水域の生息場の物理環境について

図 2 に見られるそれぞれの止水域,特に減水時に瀬切れによって出来た水たまりには,形状,面積,水深などの物理環境に様々な違いがみられる.本研究では数値解析で浸透流を考慮したことにより地下水面を描くことが可能になった.図 4 は流路部分から止水域への横断方向の河床高さと水面高さをプロットしたものである.ここで流路部分の水面は止水域の水面よりも高く,流路から止水域に向かって浸透流が発生していることが分かる.つまり,止水域（水たまり）には,同じように見えても浸透流の影響を受けて時間的に変化する不安定なものと浸透流が非常に少なくて安定なものがあり,動植物の生息場を評価する上ではこれらの区別が非常に重要であると考えられる [2].

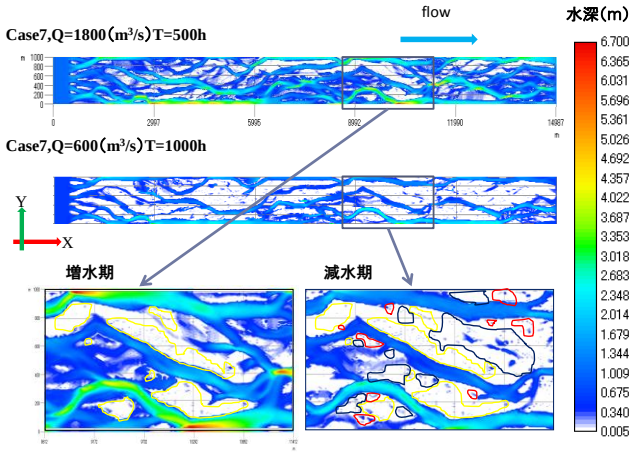

図 2　水深分布の変化

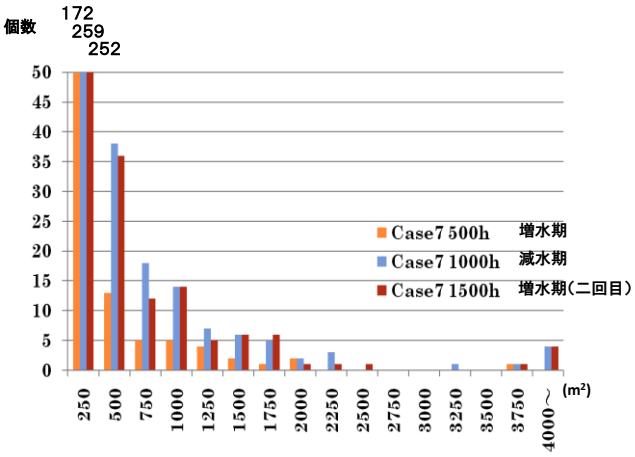

図 3　止水域の頻度分布

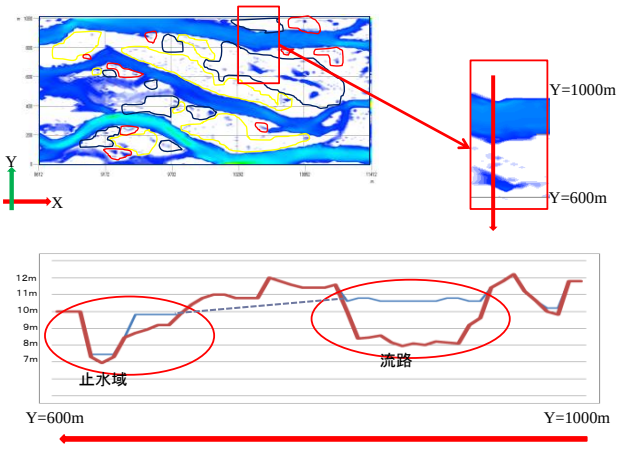

図 4　流路と止水域の横断図と地下水面

4.まとめ

本研究では幅・水深比が非常に大きい場を対象として平面二次元河床変動計算を行い,網状流路の動態を観察した後,動植物の生息場である止水域の物理環境に着目して,流量の変化が与える影響について考察を行った.

参考文献

1)　竹林洋史,藤田正治,玉置哲也:Effect of temporal change of sediment supply conditions on bed geometry of braided channels in Tagliamento River, International symposium of ecohydraulics(2010) Hydraulic conditions

2)　黒川マリア,片野修,東城幸治,北野聡:小河川におけるワンド・タマリの環境要因と水生無脊椎動物の分布　陸水学会誌(2009) pp81-84