川幅の急拡急縮を伴う河道における流れの特徴と拡幅部での土砂堆積，流木の通過特性に関する基礎実験

名城大学　正会員　溝口敦子
名城大学　非会員　吉江海斗，清水峡太，青木七海
名城大学　学生会員　○中根蒼斗

1. はじめに

山間部の河道では，岩盤などによって川幅が規定された狭窄部が存在し，川幅の急拡，急縮を繰り返している場所が多くみられる．このように急拡急縮を繰り返す河道では，急縮部の上流区間で水位が堰上がるため，想定以上の出水があれば越流現象を起こす可能性が高くなるし様々なリスクが存在する（田端ら，2019）．加えて，縦断方向の水位の堰上げは土砂の堆積を引き起こす要因となりうる．例えば，大井川中流域にある狭窄区間の上流部では土砂堆積が進みやすいため，砂利採取を行うことによって河積を確保している．ただし，水位上昇による堆積土砂の除去は，必ずしも水位上昇を低減しないため，堆積状況と水位上昇の関係を踏まえて対策を検討する必要がある．

上記を背景に，本研究では，急拡急縮河道の水位上昇の特徴と土砂堆積および浮遊物流下現象の特徴を調べる．そのために，急拡急縮を伴う盆地的な河道モデルを設定し実験を行い，勾配，流量の違いが及ぼす水位および流速分布などの水理特性を調べた．あわせて，拡幅部の土砂堆積の特徴や流木や浮遊物に見立てた竹串の挙動を調べることで，土砂堆積や浮遊物の拡幅への捕捉現象に関する基本的検討を行った．

2. 実験概要

実験は，図-1 のように名城大学にある幅 60cm 長さ 17m の水路に，幅 20cm の狭窄区間に見立てた水路と水路幅が 3 倍となる幅 60cm 長さ 2m の拡幅部を設置し，実施する．実験区間には，平均粒径 0.88mm 程度の三河珪砂 4 号を張り付けた固定床を設置し，水路勾配を 1/50，1/100，1/200 に変化させて実験を行った．なお，実験時の水深-流量の関係から，水路のマニングの粗度係数は，約 0.017 であることを確認した．

実験は，水路勾配 1/50，1/100，1/200 に変化させて実施し，縦断方向の水位変化と，三次元電磁流速計を用いて拡幅部の平面流速分布を計測した．また，水面形が特徴的な水路勾配 1/50 と 1/200，流量 0.005 m^3/s のケースに限定し，水路上部から水路を撮影し，トレーサー粒子としておがくずを入れて流れの様子を可視化させ，PIV を用いて水表面の流速分布を計測し特徴を捉えた．その後，5 章で示す条件で平衡流砂量を投入する土砂供給実験を行い，拡幅部における土砂堆積の変化を調べた．なお，実験における水位は，ポイントゲージでの計測や水路壁面にスケールを張り付けて動画や静止画を撮影し，実験後に水面位置を読み取り，土砂供給実験では，壁面での堆砂の進行を把握した．また，最終堆積形状の計測は，３D スキャナを用いた．

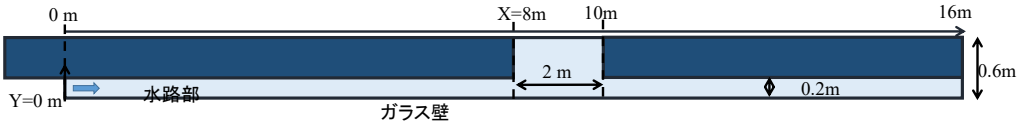

図-1　実験水路平面図

3. 縦断方向の水位変化

実験で計測された特徴的な水位変化を図-2 に示す．勾配 1/50 の際は，定常状態の流れの状態が全体で射流，勾配 1/200 は，全体で常流，勾配 1/100 では狭窄部が射流，拡幅部が常流の条件となるため，勾配 1/50 や 1/100 の一部のケースでは，急拡時に一部で残っている射流から急拡部の水位上昇で現れる常流への遷移があり，跳水現象が起こる結果となった．なお，1/100 で流量が大きいケースではもともと水路全体が常流の 1/200 のケースと同様に，上流の狭窄区間まで急縮部上流で起こるせきあげの影響を受けていた．

4. 拡幅部における流れ特性

今回の幅の変化を有する流路は，急縮による水位上昇の影響を受けながらも，上流で川幅が急激に拡大する影響を受け，わんどなどでみられる組織渦が拡幅部にできることで浮遊物などを捕捉する可能性が高い．

そこで，電磁流速計や PIV を用いて流れの特性を調べたところ，図-3 の例に示すように，それぞれのケースで拡幅部に渦が確認された．また，渦は周期的に変動し，特に跳水が現れた 1/50 のケースなどで跳水位置の変化と合わせて周期的に移動するのが見られた．

5. 浮遊物の捕捉試行実験

試行的に，直径 3mm 程度の竹串を川幅の半分に相当する 10cm，3/4 倍に相当する長さの 15cm に切り，上流から投入し拡幅部への捕捉状況を把握した．今回は試行的に勾配 1/200，1/50，流量 0.006m^3/s のケースで竹串 10 本を一度に，または 1 秒に 1 本計 10 本投入する方法で拡幅部への捕捉状況を確認したところ表-1 の結果となった．これにより，比較的まとまっている際に捕捉されやすい，跳水を伴うケースでより渦に巻き込まれやすくなり捕捉されやすいことが分かった．

5. 拡幅部における土砂堆積の特徴

3，4 で検討した流れにおいて，勾配 1/200，流量 0.006m^3/s のケースで上流か平均粒径 2mm 程度の三河珪砂 3 号と 0.88mm 程度の 4 号と 0.22mm の 6 号砂の平衡流砂量での土砂供給実験を行い，拡幅部における土砂堆積の変化を調べた．その結果，狭窄区間では浮遊状態で流れる珪砂 6 号の結果と全区間，掃流状態で流下する 3 号珪砂の堆積位置が若干異なり，掃流砂として流れる場合は，堆積肩を徐々に進行させる形で拡幅部に堆積をするのに対し，浮遊状態でも流下する 6 号砂は堆積肩を形成しつつも，その他の部分に浮遊することで薄く広く堆積することなどが確認された．

6. おわりに

本研究では，急拡急縮を伴う河道の流れの特徴と土砂の堆積，浮遊物の捕捉状況を調べた．この結果，拡幅部の存在は上流の水位を上昇させ，かつ，土砂堆積や浮遊物の捕捉を促す．また流れの条件によって跳水の存在により浮遊物の捕捉が大きく変化することなどが分かった．こうした浮遊物の捕捉や土砂堆積の特徴を踏まえながら，それぞれの流下現象等について引き続き検討を行っていく予定である．

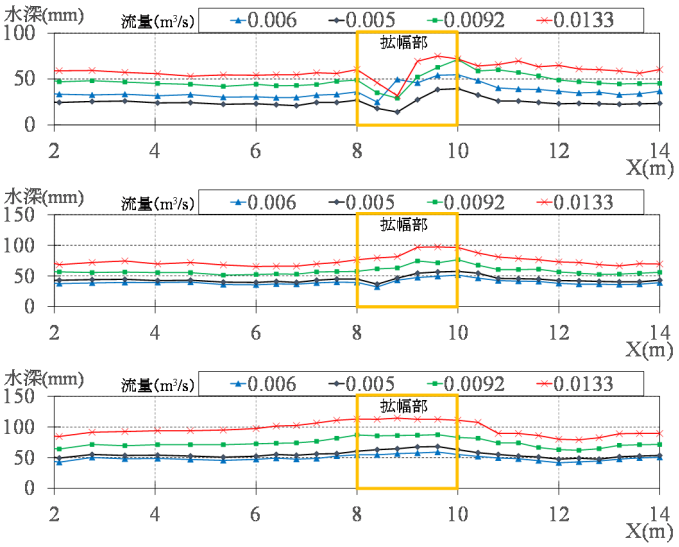

図-2 壁際沿い水深変化（上から勾配1/50，1/100，1/200）

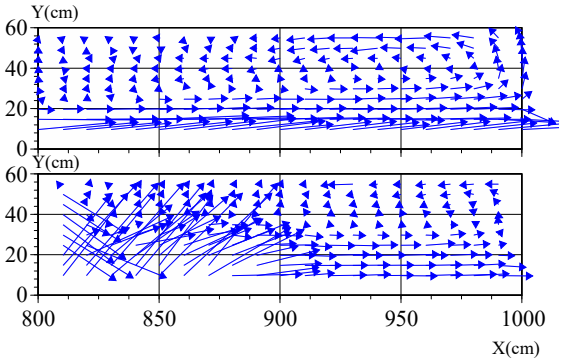

図-3 拡幅部における流速平面分布（60秒平均値）
（上図：勾配1/200，下図：1/50）

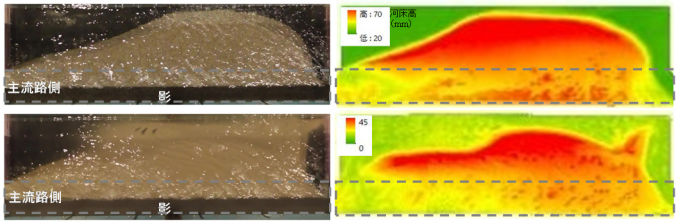

図-4 拡幅部における3号砂（上），6号砂（下）の堆積状況の写真と河床高コンター図

表-1 竹串の捕捉本数（10本あたりの捕捉本数）

勾配	長さ	投入方法	平均	標準偏差	分散	最大	最小
1 /200	10cm	一度に10本	0.5	1.08	1.17	3	0
		1本ずつ	0.3	0.48	0.23	1	0
	15cm	一度に10本	0.6	0.84	0.71	2	0
		1本ずつ	0.1	0.32	0.10	1	0
1/50	10cm	一度に10本	2.1	2.33	5.43	5	0
		1本ずつ	1.4	1.35	1.82	4	0
	15cm	一度に10本	2.4	2.72	7.38	7	0
		1本ずつ	2	1.05	1.11	4	1

謝辞：本研究の一部は JSPS 科研費（20H02254，代表：木村一郎），国土交通省河川砂防技術開発 地域課題研究「大井川流砂系土砂管理に向けた支川土砂流入量評価方法の提案」（代表：溝口敦子）の助成を受け実施された．ここに記して謝意を表す．

参考文献：田端幸輔，堀内崇志，福岡捷二：狭窄部と盆地部が連続する千曲川における大規模洪水流下時の河道貯留・堤防浸透破壊危険性の評価と今後の治水整備のあり方，河川技術論文集，第 25 巻，pp. 553-559，2019.
禰津家久，矢野勝士，光成洋二：浸透性ワンド流れにおける組織渦と物質輸送に関する PIV および LIF 計測，土木学会論文集，803 号/Ⅱ-73，pp. 45-55，2005.

II部門：水理
第 II部門-A

[II-05] 逢妻川におけるハイブリッド水制周辺の流れ構造と浮遊物質挙動に関する数値解析

*松岡 陽生[1]、田中 貴幸[1] （1. 豊田工業高等専門学校）
*Haruki Matsuoka[1], Takayuki Tanaka[1] （1. National Institute Technology of Toyota College）
キーワード：ハイブリッド水制、流体数値解析、浮遊物質挙動

愛知県を流れる逢妻川は，洪水時の河岸浸食防止等を目的として，合流部から約300m 下流右岸側に3 基の直角水制を設置している．この水制工は石造の不透過部分と杭出し水制という透過部分の特徴を併せ持つハイブリッド水制である．水制内および水制先端付近の河川流は，その影響を受け複雑に変化する．そこで本研究では，iRICソフトウェアの NaysCUBEソルバーによる数値解析を通して，様々な境界条件における不透過水制とハイブリッド水制周辺での河川流況及び浮遊物質挙動を明らかにした．

©土木学会中部支部