

徳島大学工学部 正員○竹林洋史*
徳島大学工学部 正員 岡部健士*

1. はじめに 網状化した流路網は、self-similar や self-affinity の特性を有しており、様々な時空間スケールを有する物理環境を創生するため、動植物が生息し易い環境を形成すると考えられる。これまでの、網状流路の動態に関する研究の多くは、河床材料を一様砂として取り扱っている。しかし、芦田ら¹⁾の水路実験結果によると、河床材料の粒度によって流路の時空間的な変動特性は大きく異なることがわかる。本研究では、数値解析により、河床材料の粒度が網状流路の動態に与える影響を砂礫の分級現象に着目して検討を行うとともに、植生の成長・消滅が流路の動態に与える影響を検討する。

2. 実験方法と数値解析法 長さ 15 m の直線矩形水路を想定した計算区間に、初期河床を平坦河床として上流からの給水と給砂を定常的に与え、網状流路を形成させた。河床および給砂に用いた砂は、平均粒径 $d_m=1.1\text{mm}$ 、標準偏差 $\sqrt{d_{84}/d_{16}}=1.93$ の混合砂と平均粒径 $d_m=1.1\text{mm}$ の一様砂である。流れの計算は、水深平均された平面二次元流れの支配方程式を用いる。河床近傍の流速は、水深平均流速の流線の曲率より予測した²⁾。流砂量は芦田・道上式³⁾により算出し、芦田ら⁴⁾と同様に、河床の局所的な勾配が流砂ベクトルに及ぼす影響を考慮している。粒度分布の計算は交換層の概念による平野⁵⁾の方法を発展させ、交換層の下に遷移層を導入した芦田ら⁴⁾による方法を用いた。交換層の厚さは最大粒径と等しくしている。植生の影響は、清水・辻本の研究⁶⁾を参考に流体抵抗としてのみ考慮されている。ただし、植生群落の成長を考え、植生の密生度を1時間で0.02となるように、線形的に成長させた。また、浮州となると植生は成長を始めるとし、植生進入時の河床位より河床位が下がると植生は消滅するとした。解析に用いた水理条件を表1に示す。これらの水理条件は、河床勾配と無次元掃流力を一定に保ち、水路幅/水深を大きく変化させたものである。Case 1 と Case 4, Case 2 と Case 5, Case 3 と Case 6 がそれぞれ同一の水理量となっており、河床材料のみが異なる。Case 7 は Case 6 と同一の水理条件であり、植生の有無のみが異なる。これらの水理条件は、村本・藤田⁷⁾の砂州の形成領域区分図によると、複列砂州の形成水理条件にある。

3. 浮州面積の自己相似性 図1は、Case 1, Case 3, Case 4, Case 6 の浮州の面積とその面積以上の大きさを有する浮州の単位面積当たりの存在率との関係を示す。図中には、ベキ乗則により得られる分布も示している。これによると、混

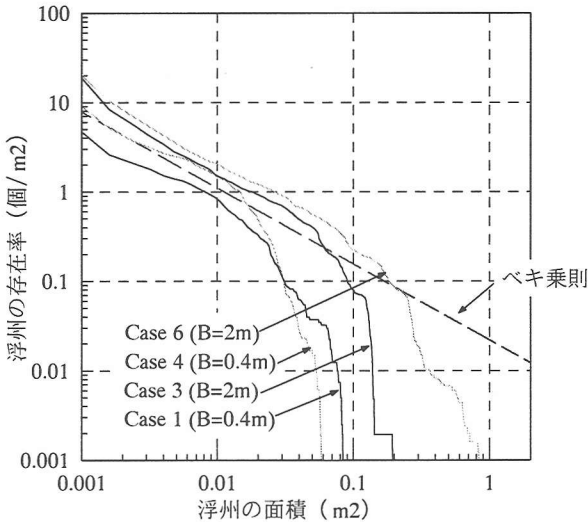


図1 浮州の面積とその面積以上の大きさを有する浮州の存在率との関係

表1 水路実験と数値解析に用いた条件

	河床材料	流量 (m³/s)	水路幅 (m)	河床勾配	無次元掃流力	川幅/水深 (B/h)	植生
Case 1	混合砂	0.00076	0.4	1/100	0.041	62	無し
Case 2	混合砂	0.00190	1.0	1/100	0.041	155	無し
Case 3	混合砂	0.00380	2.0	1/100	0.041	310	無し
Case 4	一様砂	0.00076	0.4	1/100	0.041	62	無し
Case 5	一様砂	0.00190	1.0	1/100	0.041	155	無し
Case 6	一様砂	0.00380	2.0	1/100	0.041	310	無し
Case 7	混合砂	0.00380	2.0	1/100	0.041	310	有り

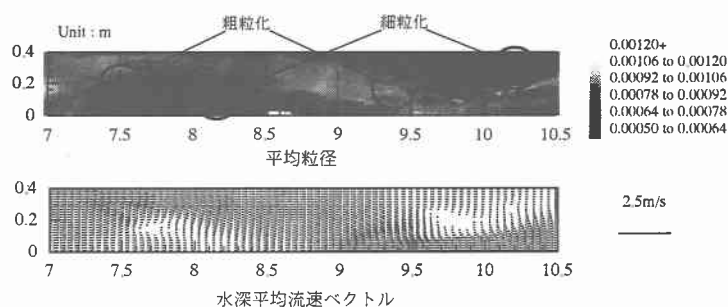


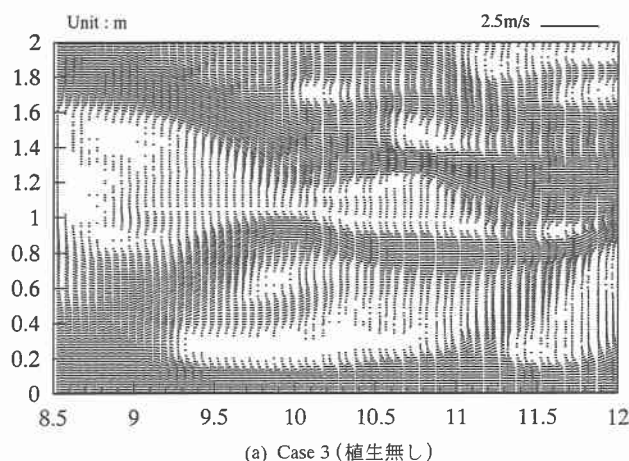
図2 平均粒径の空間分布 (Case 1)

合砂河床においても、広い領域に対してベキ乗則に従っており、形成された浮州の面積の分布が self-similar となっていることがわかる。また、混合砂である Case 1 と Case 3 においても、水路幅/水深の小さい Case 1 と Case 4 では、浮州の最大面積が、混合砂である Case 1 の方が大きくなっていることがわかる。これは、Case 1 のように、水路幅/水深が小さい条件では、新規に分岐流路が形成されるのは、砂州を直進するような流路であり、図2に示すような浮州上流域の粗粒化が浮州の分裂を防ぎ、最大浮州面積が一樣砂に比べ大きくなったものと考えられる。また、固定側岸を有した直線矩形水路に形成された交互砂州の波高は、砂礫の分級現象により低くなる⁸⁾。Case 1 のように水路幅/水深が小さい条件では、主流路は、片岸が固定側岸となっており、流路内の砂州の発達が抑制されたものと考えられる。一方、水路幅/水深の大きい Case 3 と Case 6 では、混合砂である Case 3 の浮州最大面積が小さくなっている。これは、Case 3 では、流路の多くが固定側岸を有していないため、細粒化している浮州下流域の側岸が浸食されるとともに流路内の砂州が十分に発達し、流路の分岐を促進したのと考えられる。さらに、流路内に形成される砂州の波長は、混合砂である Case 3 の方が Case 6 よりも短くなる⁸⁾ことも浮州の最大面積が小さくなることに寄与していると考えられる。

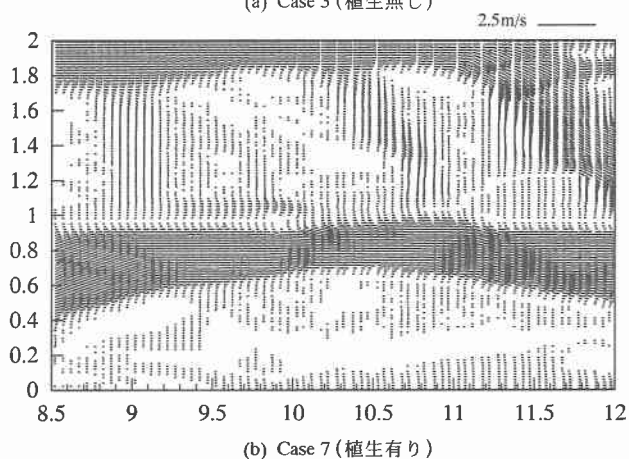
4. 植生の進入が網状流路の動態に与える影響 図4は、Case 3 と Case 7 の10時間後の水深平均流速ベクトルの空間分布を示す。これによると、Case 3 に比べ植生の進入を考慮した Case 7 において、流路本数が減少していることがわかる。これは、植生の進入により、小規模の流路の形成が抑制されたためである。さらに、多くの実河川の蛇行流路の周辺には植生がよく繁茂していることと、網状流路ではほとんど植生の繁茂が無いことを考えると、非粘着性河床材料で河道が形成されている河川では、植生の繁茂と植生を掃流する流体力とのバランスが河相の決定に強く影響を与えていると考えられる。

5. おわりに 河床材料の粒度が網状流路の動態に与える影響について検討を行うとともに、植生の消長が流路の動態に与える影響を検討した。本研究で得られた結果をまとめると以下のようになる。(1) 混合砂河床の網状流路に形成された浮州の面積の分布も一樣砂と同様に self-similar となっている。(2) 砂礫の分級現象により、一樣砂に比べ混合砂河床の浮州の最大面積は、水路幅/水深が小さい条件では大きくなり、水路幅/水深が大きい条件では小さくなる。(3) 植生の繁茂は、流路本数の減少に寄与している。

参考文献 1) 芦田ら：京大防災研究所年報，第34号，B-2，pp.247-260，1991. 2) Engelund, F. : Jour. of Hy. Div. ASCE, Vol. 100, No. HY11 1974. 3) 芦田・道上：土木学会論文報告集，第206号，pp.59-69，1972. 4) 芦田ら：水工学論文集第35巻，pp.383-390，1991. 5) 平野：土木学会論文集，207号，pp.51-60，1972. 6) 清水・辻本：水工学論文集，第39巻，pp.513-518，1995. 7) 村本・藤田：第22回水理講演会論文集，pp.275-282，1978. 8) 竹林・江頭：水工学論文集第45巻，pp.727-732，2001.



(a) Case 3 (植生無し)



(b) Case 7 (植生有り)

図3 水深平均流速の平面分布