

Ⅱ-6 河床形態に着目した河道内物理環境の再生方法

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 日本の多くの河川は、土砂生産量の多い沖積河川であるため、河道内に砂州が形成され、流路が網状化しやすい。しかし、近年、これらの河川では、砂州が安定化するとともに流路本数が減少している¹⁾。砂州の安定化は、河道内で最も動植物の生産量が大きい陸水の遷移域を減少させるとともに、砂州域が陸域の動植物の生息空間となるため、水辺の物理環境が単調化する。このような、砂州の安定化及び流路本数減少は、河床掘削及び供給土砂の減少とともに、ダム貯水池による洪水調節による影響も大きいと考えられる。一方、網状化した流路網は、self-affinityなど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。本研究では、網状流路の時空間的な変動特性を利用して、河道内の物理環境を多様化する一方法を数値解析による結果をもとに示す。

2. 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 1.1mm、標準偏差 1.93 の混合砂である。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する²⁾。流砂量は、芦田ら³⁾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た式を用いている。粒度分布の計算は、交換層の下に遷移層を導入した芦田ら³⁾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、流体抵抗としてのみ考慮されている⁴⁾。ただし、植生群落の成長を考え、植生の密生度を 1 時間で 0.05 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。Case 1 は、植生の繁茂を考慮していない場合であり、Case 2 と Case 3 の初期条件となる。Case 2 は、ダムによる流量コントロールが無い状態を、Case 3 は、洪水時のピーク流量を減少させた状態を、Case 4 は、減少させた流量で河道内の物理環境を再生させた状態をそれぞれ想定している。これらの水理条件は、網状流路の形成水理条件にある⁵⁾。

3. 結果と考察 洪水ピーク流量の減少は、砂州の冠水率を低下させ、植生を流送されにくくするため、植生の繁茂を促進する。さらに、植生は土砂を捕捉するため、砂州上の流路の形成を抑制するとともに、砂州の河床位を高めるため、砂州の冠水率をさらに低下させる。これらのメカニズムについては、現地調査により、既に多くの知見が得られている⁶⁾。ここでは、これらの現象を数値シミュレーションにより再現するとともに、河道内の物理環境の多様性を創生させる一つの方法を提案する。図 1 は Case 2 と Case 3 の水深平均流速ベクトル及び植生密生度の空間分布を示している。これによると、流量を減少させていない Case 2 では、流路が時空間的に変動するとともに、植生が成長・消滅を繰り返しており、過剰な植生繁茂及び流路本数の減少は見られない。一方、流量を減少させた Case 3 では、砂州上の植生が発達するとともに、流路本数が減少して比較的空間スケールの大きい流路に統合されていることがわかる。さらに、空間スケールの大きい流路は、初期状態からほとんど位置を変化させていないことがわかる。また、流れが流路内へ集中し、陸水の遷移域（大まかに、流速の小さい領域）が減少していることがわかる。現在の日本の多くの河川は、ダムによる洪水調節により、Case 3 のような状態となっていると考えられる。このような河川に河道内の物理環境

表 1 数値解析に用いた条件

	流量 (m ³ /s)	水路幅 (m)	水深(mm)	河床勾配	無次元掃流力	川幅/水深 (B/h)	植生
Case 1	0.00380	2.0	65	1/100	0.041	310	無し
Case 2	0.00380	2.0	65	1/100	0.041	310	有り
Case 3	0.00253	2.0	58	1/100	0.032	342	有り
Case 4	0.00253	1.33	65	1/100	0.041	179	有り

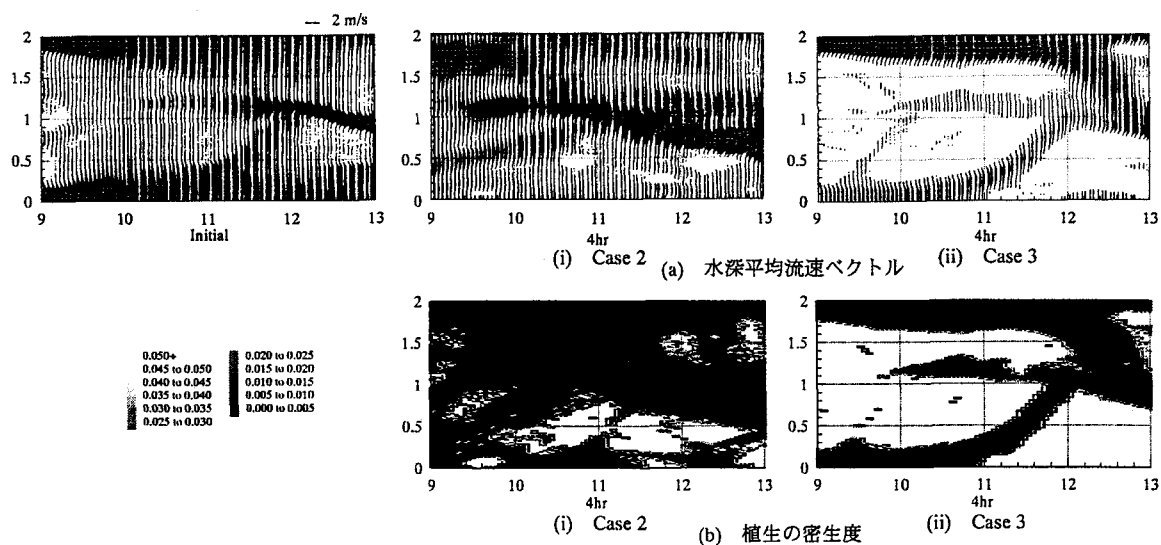


図1 水深平均流速と植生密生度の時間的な変化 (Case 2, Case 3)

の多様性を創生させる一つの方法としては、川幅・水深比を適当に調節するということが考えられる。図2はCase 3に対して、流量をそのままとし、水路幅を狭めたCase 4の水深平均流速ベクトルの空間分布の時間変化を示している。これによると、

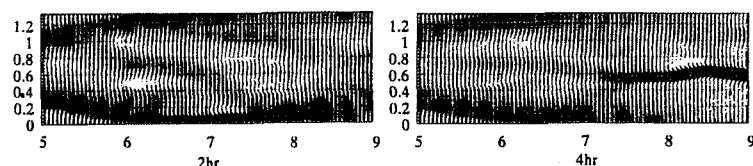


図2 水深平均流速ベクトルの空間分布の時間変化 (Case 4)

流路の時空間的な変化が復活していることがわかる。図3は浮州の面積と浮州の存在率との関係を示したものである。これによると、Case 4では、流量の減少により最大スケールの浮州が大きくなるとともに、面積の大きい浮州の数が増え、逆に面積の小さい浮州が減少したため、分布の勾配が緩やかとなり、場の多様性が失われていることがわかる。また、面積が 0.5m^2 付近で分布が不連続となっているのは、流路統合の結果、 0.5m^2 程度の浮州のみが残されたためであり、これも場の多様性が失われたことを示すものである。しかし、Case 3を見ると、水路幅を狭めることにより、Case 2の分布と同一の勾配に戻り、河道内の物理環境の多様性が創生されていることがわかる。これらの結果は、ダムによる洪水調節及び土地利用形態などの水と土砂の流出特性が変化しても、川幅・水深比を適切に設定すれば多様な水辺空間を創生できることを示す。ただし、川幅を狭めたため、浮州の最大スケールは小さくなり、このスケールの物理環境を利用していた動植物は生息できなくなると考えられる。ここで川幅とは、網流させる領域の幅であり、必ずしも堤防間距離ではなく、低水路幅を想定できる場もある。

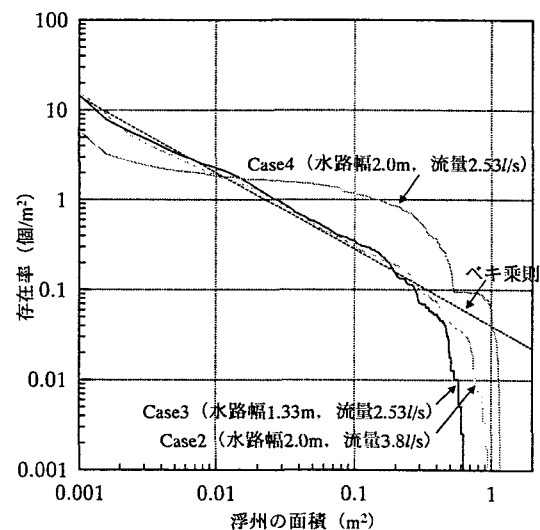


図3 浮州の面積と存在率の関係 (Case 2, Case 3, Case 4)

4. おわりに 本研究では、網状流路の時空間的な変動特性を利用して、河道内の物理環境を多様化する方法を数値解析による結果をもとに示した。これにより、洪水ピーク流量の減少は、砂州の冠水率を低下させ植生の成長を促進するため、流路の固定化及び流路本数の減少に寄与することを示すとともに、川幅を適切に設定することにより物理環境の多様性を創生することが可能であることを示した。

参考文献 1) 須賀：第37回土木学会年次学術講演会講演概要集，II-292，pp. 583-584，1982. 2) Engelund, F.: Jour. of Hy. Div. ASCE, Vol. 100, No. HY11 1974. 3) 芦田ら：水工学論文集第35巻，pp.383-390，1991. 4) 清水ら：水工学論文集，第39巻，pp.513-518，1995. 5) 竹林ら：土木学会論文集，Vol. 677 No.II-55，pp. 75-86，2001. 6) 清水ら：水工学論文集，第45巻，pp.1099-1104，2001.