

流路の形状特性と変動特性に及ぼす川幅水深比の影響

立命館大学大学院 学生員 ○松葉 信征*
徳島大学工学部 正会員 竹林 洋史**

立命館大学理工学部 正会員 江頭 進治*

1. はじめに 河道の治水機能を保持し、多様な生態系を保全・創生するための河川整備が強く望まれている。このような川づくりを推進するためには、流路の変動特性に関する知見が必要である。ところで、流路の変動特性については、多くの研究者によって検討が進められている。その中で、非侵食性河岸を有する直線水路に形成される自己形成流路の形成水理条件や変動機構など明らかにされつつある¹⁾。本研究は、これに続くものであり、ここでは無次元掃流力および川幅水深比の異なる水理条件における流路の形状特性および変動特性について実験的に検討する。

2. 実験方法 実験には長さ14m、両岸固定壁の直線矩形断面水路を用いた。河床材料および給砂に用いた砂は、平均粒径1.1mmのほぼ一様砂である。初期河床形状を平坦河床として、上流から定常的に給水し、給砂は上流域の初期河床位を保つように行った。実験中は、流況を把握するため写真撮影とスケッチを行った。また、通水を一旦停止し、河床形状の測定も併せて行った。実験に用いた水理条件を表1に示す。case1, case2は無次元掃流力を一定にし、川幅水深比を変化させている。また、case2, case3は川幅水深比をほぼ等しくし、無次元掃流力を大きく変化させている。これらの水理条件は、竹林ら²⁾による自己形成流路の形成水理条件に含まれる。

表1 実験条件

	流量 (l/s)	水路幅 (m)	水路勾配	無次元掃流力	川幅水深比
case1	1.0	0.4	1/50	0.078	58
case2	2.5	1.0	1/50	0.078	146
case3	1.9	1.0	1/100	0.041	140

3. 結果と考察 流路の形状特性を波長および波高に着目して検討する。図1はcase1の流路形態の時間変化である。実線で囲まれた領域は浮州を表している。通水後5分で複列砂州が形成され、時間とともに横断方向のモードが減少し、通水後15分で交互砂州へと変化した。その後、浮州が形成され、通水後1時間30分でほぼ1本の蛇行した流路が形成された。通水後5時間で、左岸7m付近から側壁沿いに分岐した流れが生じたが、この流れは徐々に弱まり、通水後7時間で再び1本の蛇行した流れとなった。このような変動は、通水7~10時間においても発生した。図2はcase2の流路形態の時間変化である。実線で囲まれた領域は浮州を表している。通水後5分で3列の多列砂州が形成された後、複列砂州へと変化した。浮州が形成された。そして、通水後2時間でほぼ一本の蛇行した流路が形成された。形成された流路の水路を斜めに横断する流れが不安定で、浮州の形成・消滅が激しく、流路の分裂・統合が繰り返し起こっていた。図3はcase3の流路形態の時間変化である。実線で囲まれた領域は浮州を表している。case3は無次元掃流力が小さいため河床変動が遅いが、case2と同様に、多列砂州から複列砂州に変化し浮州が形成された。また、水路を斜めに横断する流路内で浮州の形成・消滅が繰り返し起こっていた。このように、浮州を有した流路の水衝部は、流路の分裂・統合により、時空

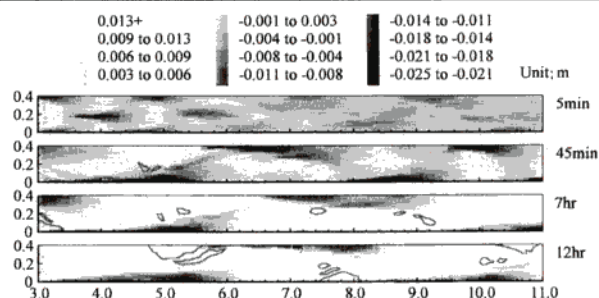


図1 流路形態の時間変化 (case1)

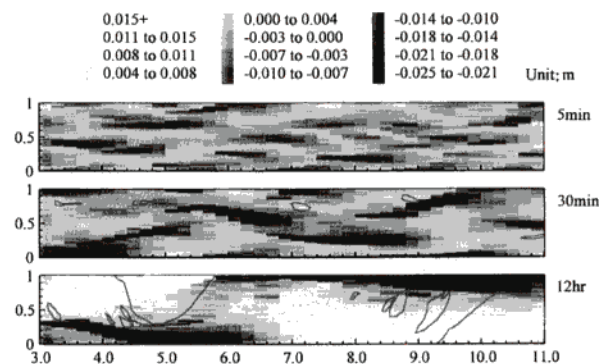


図2 流路形態の時間変化 (case2)

Key words 自己形成流路、形状特性、変動特性、川幅水深比、自己相似性

* 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 TEL 077-561-2732 FAX 077-561-2667

** 〒770-8506 徳島県徳島市南常三島 2-1 TEL 088-656-7331 FAX 088-656-9042

間的に変動している。特に、川幅水深比が大きくなると流路は網状化し、正確な水衝部の特定が困難である。これらのことは、水衝部間の距離を流路の波長とした場合に、その正確な予測が困難であることを示している。

図4は、波高の時間変化である。ここで、波高は、横断面の高低差の同一砂州における最大値としている。図に示すように、川幅水深比が大きい方が、波高が高いだけでなく、その変動幅が大きいことがわかる。これは、川幅水深比が大きい方が、水路を斜めに横断する流路内で浮州の形成・消滅によって流路が変動し、水衝部において洗掘と埋め戻しが起こっていたためである。このように、川幅水深比が大きくなると流路は網状化し、波高は時間的に変動する。しかし、この変動はある範囲内で起こる。つまり、流路形態は非常に複雑であり、その正確な予測は非常に困難であるが、このような物理量の変動範囲の情報を得ることが河道計画を立てる上で重要と考えられる。

以上のことから、浮州の形成・消滅により種々のスケールの流路が形成され、流路の波長や波高は変動するものの、流路は自己相似性を有しているものと推察される。そこで、流路の自己相似性を浮州の面積に着目し検討する。図5に、浮州の存在率と浮州の面積の関係を示す。ここで浮州の存在率とは、当該面積以上の面積を有する浮州の単位面積あたりの数である。図中にはベキ乗則も併記してある。図に示すように、川幅水深比や無次元掃流力の大小に関わらず、ベキ乗則に従った範囲が存在していることから、流路が自己相似性を有している。しかし、川幅水深比が小さくなるにつれ、その範囲は狭くなっていることが分かる。浮州の最大面積に着目すると、それは川幅水深比に依存していることが分かる。また、無次元掃流力の違いに着目すると、無次元掃流力の小さい case3 は浮州の最大面積が小さく、浮州の最小面積の存在率が大きくなっている。これは case3 の無次元掃流力が小さいため、河床変動が遅く、流路が統合過程であると考えられる。

4.おわりに 流路の形状特性および変動特性について実験的に検討を行った。本研究で得られた結果は次のようである。(1)浮州を有した流路の水衝部は時空間的に変動する。特に、川幅水深比が大きくなると種々のスケールを有した流路が形成されることから、その正確な位置の予測が困難である。(2)川幅水深比が大きくなると波高が高いだけでなく、その変動幅も大きくなるが、その変動はある範囲内で起こる。(3)浮州の最大面積は川幅水深比に依存し、無次元掃流力および川幅水深比の大小に関わらず、浮州の存在率はベキ乗則に従う範囲がある。これは、流路が自己相似性を有し、種々のスケールからなる水辺空間を形成することを示している。

参考文献 1) Takebayashi H., Egashira S. and Okabe T.: Stream formation process between confining banks of straight wide channels, 2nd IAHR Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics, pp.575-584, 2001.
2) 竹林・江頭・中川: 直線水路における自己形成流路の形成条件と形成機構, 水工学論文集, 第44巻, pp.771-776, 2000.

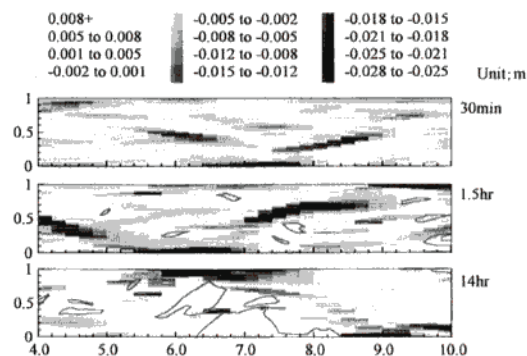


図3 流路形態の時間変化 (case3)

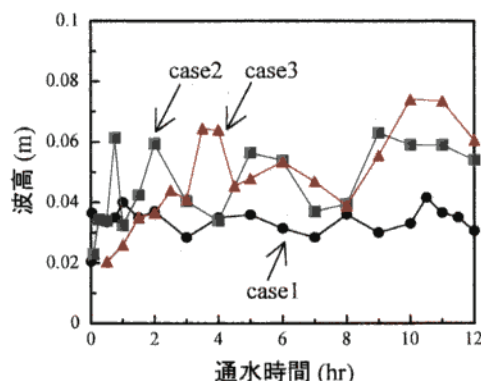


図4 波高の時間変化

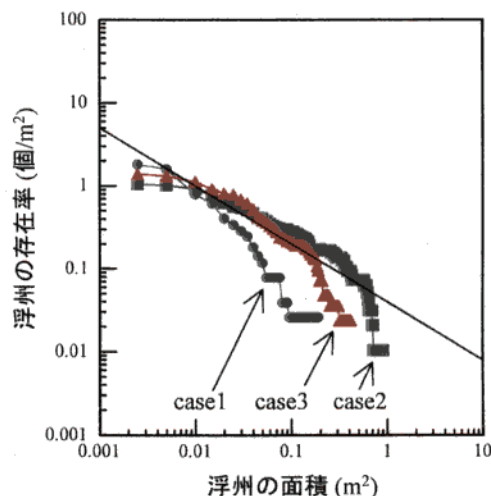


図5 浮州の面積とその面積以上の大きさを有する浮州の存在率との関係