

水理量の違いによる流路網形成過程の変化

北見工業大学大学院 学生員 ○島絵梨子
 北見工業大学 正会員 渡邊康玄
 北見工業大学大学院 学生員 佐野賢司

1. はじめに

一般の河川には、平常時に流水が存在する流路が形成される。流路形状は流れに基づいて決定されているため、近年の局所的豪雨やダムなどによる流量の変動により、流路形状が大きく変化することが推察される。特に流路が分岐、合流するような網状となっている場合には、その挙動は複雑であり、流路網形成過程の把握は災害時の対策という観点からも、必要不可欠な課題である。

河川の分岐現象や川幅の決定機構に関しては、渡邊ら¹⁾により、河道の横断的な形状の安定という視点から線形安定理論を適用した川幅の自立形成機構に関する研究が進められている。しかし、流路網の形成過程や川幅の決定機構に関する研究は実験例も少なく、実現象では十分に解明されていないのが現状である。安定的に河道を維持するためには、川幅や蛇行形状と水理量との因果関係を解明することが非常に重要となる。

本研究では水理実験を行い、水理条件による流路網形成機構の違いを把握することを目的としている。

2. 実験方法および実験条件

流路網形成に対して水路側壁の影響ができる限り小さくなるように、水深に対して川幅が十分に広い水路を用いて、流量 Q を一定に保ち、長時間通水した場合に、流路形状がどのように変遷していくのかを把握することが本実験の目的である。実験に使用した水路は長さ 14m、幅 1.6m の直線水路である。使用した河床材料は平均粒径 d_m が 0.765mm の均一な 4 号硅砂である。この河床材料を水路上流端から下流 12m まで、水路に平ら敷き詰めて、河床勾配が 1/100、移動床厚が 10cm の初期河床を形成した。水路の上下流端には初期河床と同じ高さの固定堰を設置している。実験条件は表-1 に示すように、初期の τ_* が τ_{*c} をわずかに上回るような流量の場合と、初期の無次元掃流力 τ_* が限界掃流力 τ_{*c} の 1.5 倍程度になる流量の場合の 2 ケースを行なうこととした。なお、各ケースで一定の流量を所定の時間通水している。通水中に流路形状を測定するには、一旦通水を停止させる必要がある。本実験では、河床の変化過程の把握のため、河床計測毎に通水を一旦停止しているが、所定の時間まで通水を再開させ、流路網形成を継続させた。合計の通水時間は両ケースともに 16 時間である。

表-1 実験条件

実験番号	水深 (cm)	流量 (cm ³ /s)	無次元掃流力
Case1	0.50	1770	0.040
Case2	0.72	3300	0.058

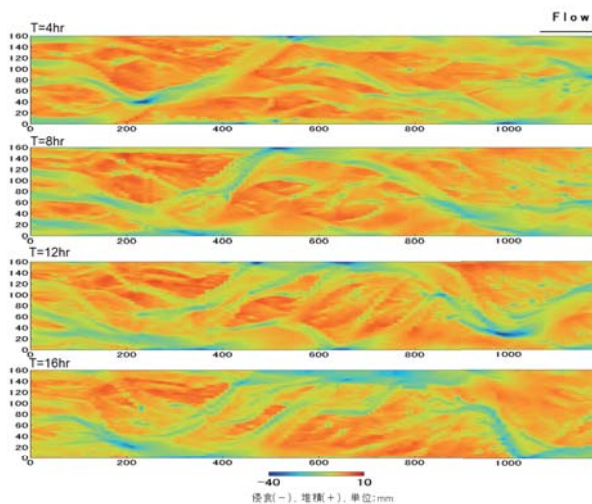


図-1 Case1 流路形状時間変化

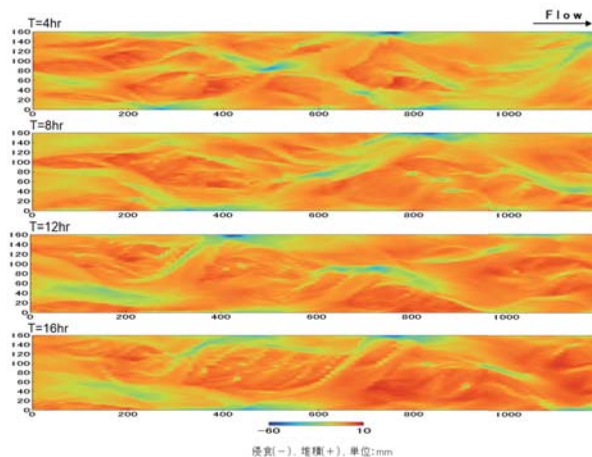


図-2 Case2 流路形状時間変化

3. 実験結果および考察

(1) 河床形状の時間変化

河床形状の変遷過程を Case1, Case2 それぞれについてコンター図の変化で図-1, 図-2 に示した。Case1 においては通水初期に多モードの砂州が形成されたが、時間経過とともに浮洲が多数存在するようになり、

Key Words: 流路網, 水理実験, 砂州形成

〒090-8507 北海道北見市公園町 165 番地 国立大学法人 北見工業大学 TEL 0157-26-9521

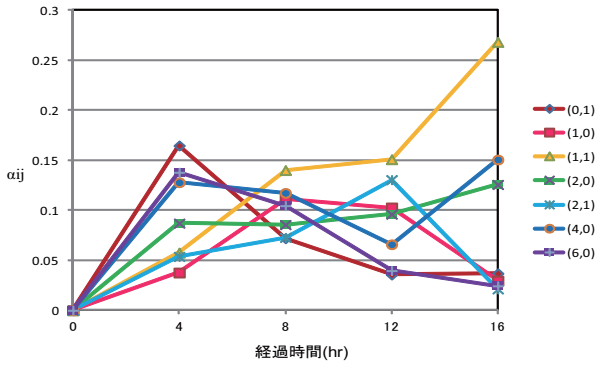


図-3 Case1 主要成分時間変化

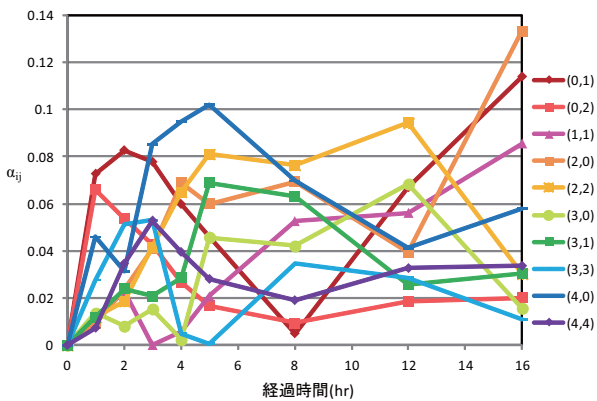


図-4 Case2 主要成分時間変化

上流からおよそ 250cm の地点から一波長がおよそ 6m の蛇行した、比較的明瞭な流路を確認することができた。その他にも小さな流路が形成されている。なお、通水 12 時間ほどで蛇行流路の曲頂部が側壁に到達し、左岸側 400cm~1000cm の区間において他の部分と比較すると大きく洗掘している。この箇所は、蛇行した流路の横断方向への移動が側壁により制約を受けたため、その分の力が鉛直方向に作用し、大きく洗掘したと考えられる。水路幅が広ければ、より明確な蛇行形状をした流路が形成されると推察される。

Case2 においては、Case1 に見られるような明瞭な浮洲の存在や蛇行形状の流路は確認できないが、多列砂州が形成され、経過時間するに従って多モードの砂州から少モードの砂州へと変遷していく様子を見て取ることができる。また、Case1 と比較すると明確な流路網は形成されていないことがわかる。

4. 河床の形状特性

(1) 主要成分による比較

河床の形状特性を把握するため、2重フーリエ解析²⁾を行った。初期平均水深で無次元化された初期河床からの変動量 η_{ij} を式 (1) で表わし、各波の振幅 α_{ij} の大きさを比較することにした。

$$\eta = \sum \sum \alpha_{ij} \sin \left(i \frac{2\pi}{2B} \tilde{y} - \frac{\pi}{2} \delta_{ie} \right) \cos \left[j \frac{2\pi}{L_b} (\tilde{x} - \tilde{\delta}_{ij}) \right] \tag{1}$$

ここで、 i, j はそれぞれ横断方向 \tilde{y} および縦断方向 \tilde{x} の波、 δ_{ij} は波数 i, j の位相であり、 δ_{ie} は式 (2) で表わされる。

$$\delta_{ie} = \frac{|1 + (-1)^i|}{2} \tag{2}$$

経過時間ごとに河床波の成分を解析した結果を図-3、図-4 に示す。図-3 に示される Case1 においては、主に $\alpha_{01}, \alpha_{10}, \alpha_{11}, \alpha_{20}, \alpha_{21}, \alpha_{40}, \alpha_{60}$ の 7 個の成分が卓越しており、経過時間によって卓越している河床波の成分が異なる結果を得た。その中でも、横断方向にかまぼこ型の形状を示す α_{20} は一定の値を持ち、交互砂州あるいは蛇行流路形状を示す α_{11} は 8 時間目以降から卓越し、最大値を持つ成分となっている。

図-4 に示す Case2 においては主に $\alpha_{01}, \alpha_{02}, \alpha_{11}, \alpha_{20}, \alpha_{22}, \alpha_{30}, \alpha_{31}, \alpha_{33}, \alpha_{40}, \alpha_{44}$ の 10 個の成分が主に卓越しており、Case1 と同様に経過時間によって卓越している成分が異なる結果を得た。2 時間目以降 α_{22} が α_{33} の値を上回っていることが読み取れる。このことは 3 列砂州から 2 列砂州への移行があったことを示している。また、交互砂州あるいは蛇行形状を示す α_{11}, α_{20} の値が 4 時間目以降大きくなっており、16 時間目には α_{20} が最大値を持つ成分となっている。

5. まとめ

本研究では、流路網と流量の因果関係について明らかにすることを目的に水理実験を行った。実験の結果、Case1 においては時間変化とともに一波長がおよそ 6m の蛇行した、比較的明瞭な流路が形成された。Case2 においては多列砂州が形成され、時間が経過するに従い、モードが減少する現象を確認した。今回は、2 ケースのみの実験結果による考察であるため、今後は様々なケースの実験を重ね、流路網と流量の因果関係について、さらに検討していく必要がある。流路網と流量の因果関係が明らかになれば、今後の気候変動による流量変動を見越した河道管理に対して、維持管理が容易な川幅の設定が可能となる。そのため、本研究は河川維持管理の観点より、重要な位置づけになり得ると考えられる。

謝辞：本研究は、科研費基盤 (B)23360209(代表 泉典洋) の補助を受けた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 渡邊康玄, 早川博, 清治真人: 安定解析に基づく川幅の自立形成機構, 水工学論文集, 第 53 巻, 2009.
- 2) 長谷川和義: 沖積蛇行の平面および河床形状と流れに関する水理学的研究, 北海道大学博士論文, 1984.