

京都大学農学研究科 正 員 藤田 正治
 国際協力事業団 佐藤 一郎
 京都大学農学研究科 正 員 水山 高久

1. はじめに

平坦河床では限界掃流力付近の条件であっても、水路の縦断方向に溝を切ると流砂が生じ、溝は蛇行しながら拡幅する。十分拡幅すると平均的には移動限界状態に近づくが、その過程を通して水深オーダーの深い洗掘孔が流路に形成される。本報ではこのような河床形態の発生条件について検討した。

2. 実験の概要

実験に用いた水路は幅30cm、長さ10mで、そこに粒径0.5mmの一樣砂を8cmの厚さで敷き、水路中央部に上底9cm、下底5cm、深さ2cmの台形断面の溝を切った。流量と水路勾配を表1に示すように変えて、水面形状と河床形状の変化を測定し、Run 2, 6, 7ではトレーサーによる表面流速の測定を下流端から5.4~6.7mの区間で行った。また、同一条件で溝なしの実験も行った。給砂は行っていないので、実験結果の解析において上流の河床低下部のデータは除いた。なお、通水初期には流水が溝から溢れるようなことはない。

3. 実験結果

図1にRun 7の0, 75, 480分（流砂が無くなった時点）後とRun 4の150分（流砂が無くなった時点）後の砂の堆積厚さのコンターを示す。濃い部分が洗掘された部分を表わす。図2にはRun 7の洗掘孔の形状の一例を示す。Run 7の480分には洗掘孔が多数発生しているが、Run 4には発生していない。このような洗掘孔の発生条件について本研究では検討する。実験結果の概要を以下にまとめて示す。

Run 2, 7は溝なしでは砂の移動はない条件であるが、溝は蛇行しながら拡幅し、最終的には水路幅まで拡がった。その過程で大小さまざまな深掘れが発生・消滅を繰り返し、最終的に深い洗掘孔が流路内のあちこちに発達した。Run 1, 6はRun 2, 7と同様であったが、水路幅までは拡幅せず、流路の側岸付近に洗掘孔が形成された。Run 5では溝は最上流域を除きほとんど拡幅せず、洗掘孔も見られなかった。Run 3, 4は溝なしでも流砂がある条件のため、溝が水路幅まで拡幅した後も河床の砂は活発に移動し、洗掘孔が形成されても砂の移動に

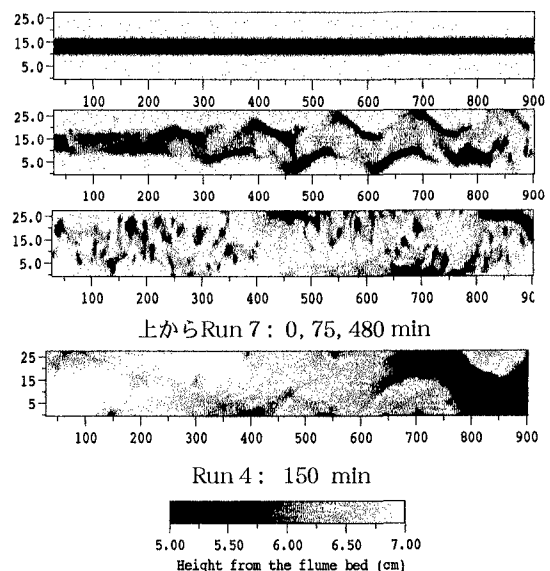


図1 河床形状の変化

表1 実験条件

Run No.	流量(ml/s)	水路勾配	洗掘孔	溝なしの場合
1	30.8	1/50	側岸のみ	流砂なし
2	75.0	1/50	流路全体に有	流砂なし
3	153.3	1/50	無し	流砂あり
4	314.7	1/50	無し	流砂あり
5	31.2	1/100	無し	流砂なし
6	65.3	1/100	側岸のみ	流砂なし
7	152.3	1/100	流路全体に有	流砂なし

河床形態, 洗掘孔, 砂州, 蛇行, 移動限界

〒606-01 京都市左京区北白川追分町 京都大学農学研究科森林科学専攻

Tel 075-753-6092 Fax 075-753-6088

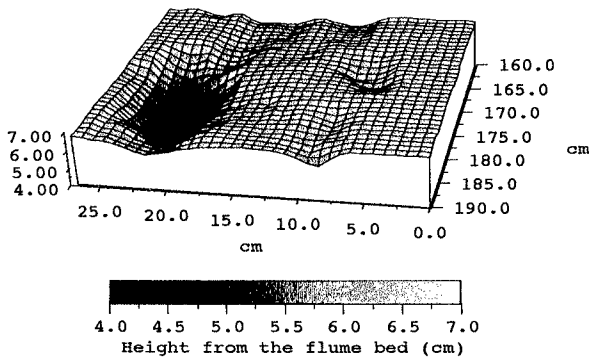


図2 洗掘孔の形状

よって直ぐに消滅した。この条件では溝の有無によらず最終的には同じような河床形態に変化した。

4. 水理量の変化

図3は流路幅と水深の平均値を使って、Run 4と7の水理量の変化を村本・藤田¹⁾の砂州の領域区分図にプロットしたものである。図中には水路勾配を用いて計算した無次元掃流力を表す線も引かれている。図中の○は洗掘孔が発生したことを意味する。どちらの場合も流路の拡幅とともに掃流力が減少し、河床形態は平坦→単列砂州→複列砂州へと移行している。Run 7では流路が拡幅しきった状態で移動限界状態に近くなり洗掘孔が形成されているが、Run 4では十分流砂があり、洗掘孔は形成されていない。

図4、5は、表面流速の分布から対数則を使ってフルード数と無次元掃流力の分布を求め、その平均値と変動係数の変化を示したものである。図中には上下10%を除いた各々の範囲も示されている。拡幅に伴って平均的には常流に移行しているが、部分的に射流になっている。また、無次元掃流力は平均的には移動限界値より小さくなっているが、そのばらつきは大きく部分的には流砂が存在する。

5. 洗掘孔の形成条件

洗掘孔の形成過程を注意して観察すると、射流部に形成された反砂堆が変形して一つの窪みを作り、全体としての流砂量がほとんど無い状態で流水の集中によりその箇所が洗掘され洗掘孔へと発達することがわかった。以上の結果から、洗掘孔の形成条件は、①流路の拡幅につれてモードの高い砂州の形成が生じ、より複雑な凸凹の形成と流水の集中が発生すること、②流路の拡幅により平均的には移動限界になるが、掃流力の場所的な変動が大きいこと、③部分的に射流になり反砂堆が形成されることである。

参考文献

- 1) 村本・藤田: 中規模河床形態の分類と形成条件, 第22回水理講演会論文集, pp.275-282.

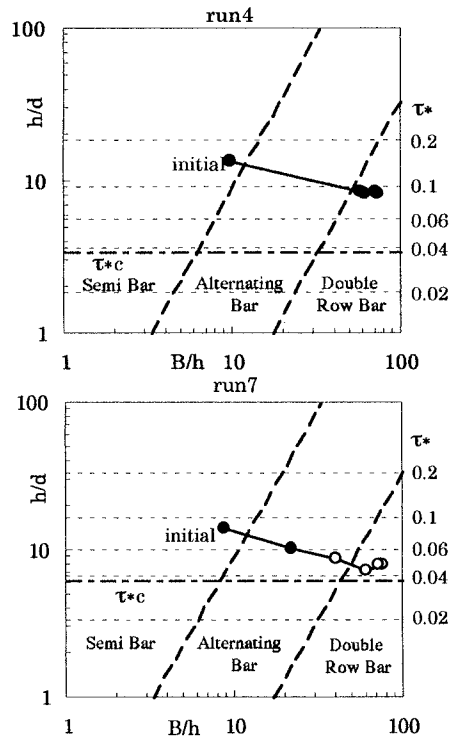


図3 水理量の変化

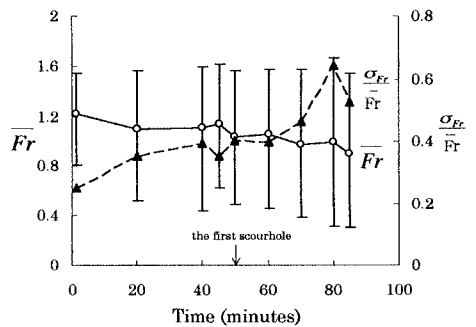


図4 フルード数の平均値と変動係数の変化

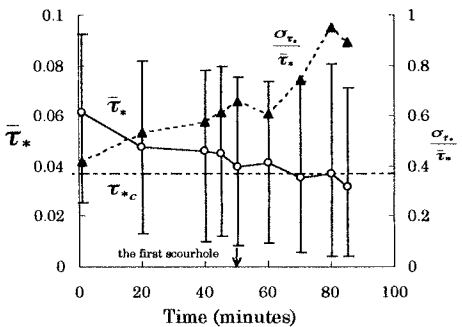


図5 無次元掃流力の平均値と変動係数の変化