

II-46

蛇行河川の流路変動に関する研究・その2

北海道大学工学部 学生員 大川 秀典
 北海道大学工学部 正 員 清水 康行
 北海道大学工学部 正 員 長谷川 和義
 北海道開発局 正 員 鳥谷部 寿人

1、はじめに

蛇行河川は、時と共に蛇行が発達してから自然短絡に至り、また蛇行を繰り返す。ここで蛇行の発達について注目すると様々な疑問が現れる。そこで本研究では、実験で蛇行の発達過程を再現し、いくつかの条件を変化させ、種々の現象を観測、解析することを目的とする。

2、実験の概要

2-1、実験の目的

本実験は蛇行の発達過程に着目して行われたものである。自由蛇行の発達に関する研究は他にも行われており、このうち平成6年度には高沢ら¹⁾によって均一粒径の河床材料を用いて行われた。高沢ら¹⁾の実験では時間と共に河幅が広がり、河幅水深比が一方向的に増加するという報告がされている。今回は高沢らによる2ケースの実験のうち、初期条件に砂州が発生するような水理条件を選んだ実験を参考にして、河床材料を混合粒径とした場合の実験を行った。この結果、均一粒径の実験のように河幅水深比が一方向的に増加する現象は見られずより実河川に近い状況を再現することができた。また、均一粒径による実験と比較することにより河床材料の分布特性の変化が蛇行の発達、および他の現象にどのような影響を及ぼすかを調べた。

2-2、実験条件及び実験材料

a) 実験条件は昨年の高沢らが行った実験と同じとし、あらかじめ行った側岸を固定した条件での実験(河幅: $2B = 30\text{ cm}$ 、水深: $D_0 = 1.5\text{ cm}$)において河幅水深比($\beta = B/D_0$)が1.0、フルード数(F_r)が0.927となり、砂州が発生するような条件とした。

実験条件を以下に示す

流量: $Q = 1.5\text{ (l/s)}$ 初期蛇行水路の勾配: $I = 1/161$

b) 蛇行河川の平面形状はSine-generated Curveによって近似的に表現できることがLangbein-leopoldによって示されている。本実験では、次式のSine-generated Curveにより表される平面形状を実験初期平面形状とした。

$$\theta = \theta_0 \sin\left(\frac{2\pi s}{L}\right) \dots \text{式(1)}$$

蛇行波長: $L = 471.00\text{ cm}$ 、水路中心線に沿った距離: s

初期蛇行水路における最大蛇行角: $\theta_0 = 28.662\text{ (deg)}$

Study on the Channel Variation in Meandering River

by Hidenori. OOKAWA, Yasuyuki. SHIMIZU, Kazuyosi. HASEGAWA and Toshihito. TOYABE

c) 実験架台に敷き詰める砂の配合については石狩川、雨竜川のいくつかの地点の河床材料の粒度分布データを参考にして決定した。以下に配合割合、及び本実験に先だて行われた側岸固定蛇行実験において得られた無次元掃流力 τ_* について示す。

表-1 河床材料配合条件

試料名	配合割合 (%)	河床材料粒径 (cm)		無次元掃流力	
		d_{10}	d_{50}	τ_{10}	τ_{50}
東北硅砂3号	57	0.096	0.135	0.059	0.042
東北硅砂5号	27	0.039	0.054	0.144	0.105
東北硅砂特8号	16	0.003	0.005	2.024	1.063

平均粒径 (D_{50}) は 0.952 mm (均一粒径での実験では $D_{50} = 0.54$ mm) である。なお、表-1 中の τ_{10} 、 τ_{50} はそれぞれ d_{10} 、 d_{50} を用いて計算した τ_* である。

2-3、実験装置及び実験方法

- 長さ 2.5 m、幅 3 m の実験架台を使用し、表-1 に示した割合で混合した砂を 1.5 cm の厚さで敷き詰め、底辺 200 mm、高さ 100 mm の逆三角形型の水路を式 (1) の平面形状で掘る。なお、初期断面形状を三角形とした理由は、昨年同様に、通水後に矩形断面が形成されるためである。
- 流量、勾配を所定の値に設定し通水する。
- 30、60、90、120、180、240、300、360 分後に写真撮影、水位高の測定を行い平面変動の状況を観察する。
- 30、60、120、240 分後および氾濫が起こった 366 分後に通水を中止し河床高の測定を行う。
- 通水終了後にいくつかの地点の河床の砂を採り粒度試験を行う。

なお上記の観測時間は予備実験を前もって行い、蛇行水路の状況変化を観察した上で決定をした。

3、実験結果、考察

- 実験終了後に河床材料の採取を行った。実験初期及び、実験終了後の図-1 の場所における粒度試験結果を表-2 に示す。

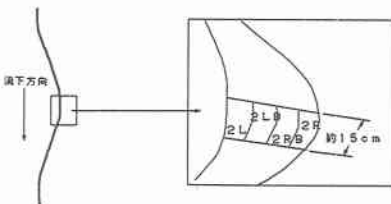


図-1 試料採集位置

表-2 試験結果

試料番号	初期	2L	2LB	2RB	2R
シルト分 (%)	11	10	7	6	7
D_{50} (mm)	0.952	0.784	0.844	1.11	1.15

図-1 および表-2 より河床材料の構成が変化していることが分かる。特に内岸側の 2 L 地点は他の 3 点に比べて違いが顕著である。内岸側は外岸側より流速が遅く細かい流砂が堆積し砂州が形成されているためである。逆に外岸側の 2 R は実験前と比べて若干粗くなっているのが分かる。これは、側岸が侵食されて細かいものは流され、粗いものは残るためである。

b) 河床材料の違いによる水路断面の比較をするため、以下にほぼ同一地点（初期平面で曲頂部の部分）での河床横断形状の時間変化を示す（実線：河床高、点線：水面高）。また、混合粒径での実験中の各種の水理パラメータの変化を表-3 に示す。

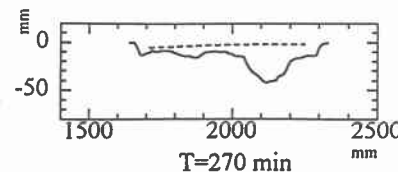
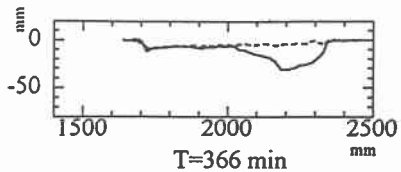
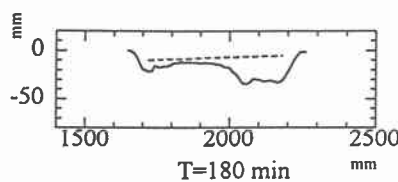
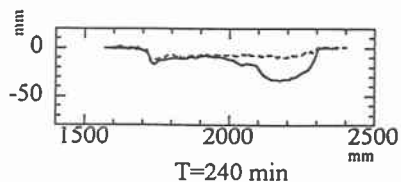
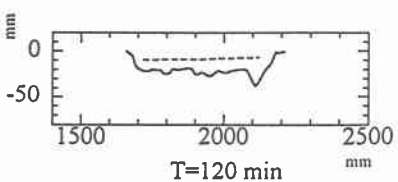
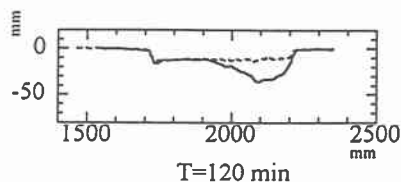
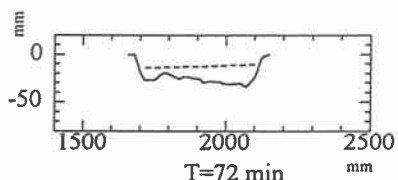
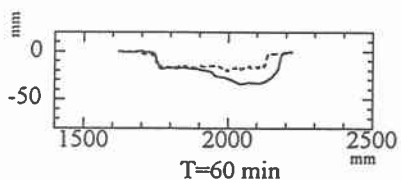
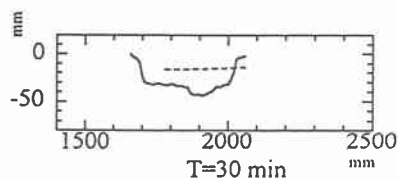
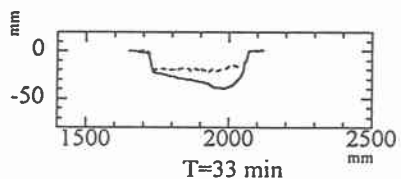


図-2 河床横断面（混合粒径）

図-3 河床横断面（均一粒径）

表-3 混合粒径での実験での水理量時間変化について（曲頂部・砂州を除いて求めたもの）

通水時間 (分)	河床勾配	蛇行波長 (cm)	平均水深 (cm)	平均河幅 (砂州含む)	平均河幅 (砂州除く)	河幅水深比 β	摩擦係数 c
33	1/163	476.09	11.86	32.0 (cm)	32.0 (cm)	13.49	0.00456
120	1/178	521.92	12.74	30.5	50.0	11.97	0.00463
240	1/191	557.56	14.15	35.1	60.5	12.37	0.00783
366	1/201	588.11	15.65	31.5	62.2	10.06	0.00813

河床横断形状については、均一粒径による実験結果（図-3）では河幅がどんどん広がるのに対して、混合粒径の実験（図-2）では砂州が発達して水深が非常に浅くなった部分を除けば河幅は通水後33分から下流部で氾濫を起こす366分後まで約30数cmほどでほとんど一定になっている。これについては表-3を見ても分かる。ただ測定器械が真横方向の測定しかできず、水路の蛇行が少しずつ下流方向へ移動するため水路中心線に直角には計れなくなるためズレがでてくるがこれは誤差の範囲と言っていいだろう。

図-4および、図-5はそれぞれ通水時間Tと河幅水深比(β)および河幅の変化量(dB)の関係を均一粒径実験、混合粒径実験(砂州の部分を含めたもの、除いたものがある)で比較して、表したものである。河幅水深比 β は従来の研究より、砂州の発生を支配していると言われている。均一粒径の実験では β は時間と共に増加し砂州上にもリップルが発生し、その確認が難しくなった。これに対して混合粒径の実験ではほとんど水深の無い砂州の部分を除いて求めた β は1.2~1.3でほぼ一定でありこの値は砂州が発生する条件である。

実際に水路を観察していると200分頃には砂州上の水深は僅かであり、300分頃には一部が水面より出て陸地化していた。陸地化については上流より運ばれてきた細かい砂が堆積したためであるがこの陸地化した部分が現れたところは側岸

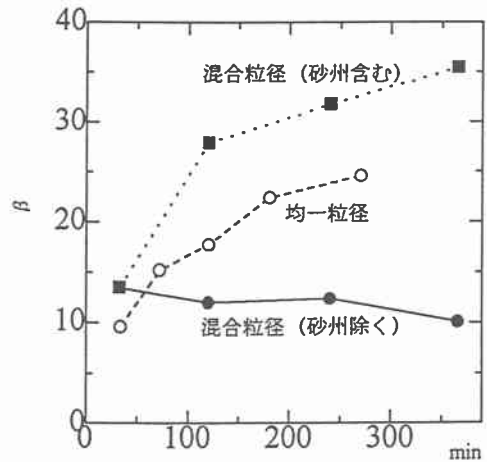


図-4 河幅水深比(β)の時間変化

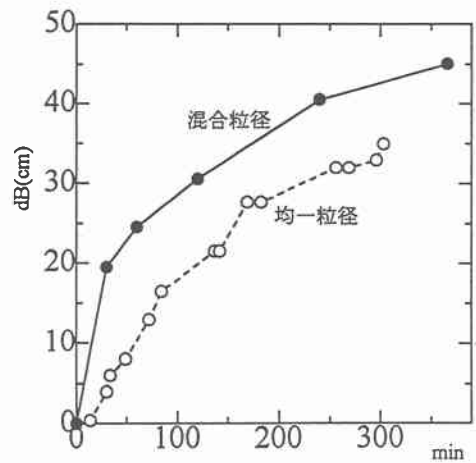


図-5 蛇行振幅(dB)の時間変化

側からではなくおよそ砂州の中央部分であり、時間と共に少しずつ広がっていった。

図-2及び図-3を比較して見ると氾濫時の河床の形状は似ているが河床高と水面高が一致している部分については違っており混合粒径での河床の方が速い段階で安定した状態となった。これに関し均一粒径での実験では水路の横断形状は一波長違うと相当変わってしまう。混合粒径での実験では下流側の方がやや河幅が大きくなる程度でほとんど形は同じであった。

図-6、7に摩擦係数 c 、水深 D_0 と時間 T との関係図を示す。この2つの図を比較すると混合粒径での実験では摩擦係数 c がさほど変化しない。これは均一粒径での実験では河床にリップルが発生し、実験水路が小規模のため、それが大きく影響したためであろう。そのため混合粒径の実験では勾配が時間と共に緩くなっていくとそのまま水深の増加につながっているためである。

図-8、9はそれぞれ均一粒径実験および混合粒径実験の平面形状概略図である。図-9の点線は初期形状を示しているが366分通水後でも多くの部分が一致していることが分かり、最大深掘れの位置と蛇行振幅の最も発達している部分とは一致していない。これは均一粒径での実験でも確認されている。この2つの図を比較すると、均一粒径実験で270分、混合粒径実験で360分の図は時間は異なるが共に最終形状であり、混合粒径実験の方がより蛇行が進んでいる。また、河道が細くなりくびれの様になっている部分は両側岸共に変曲点に当たる地点であった。

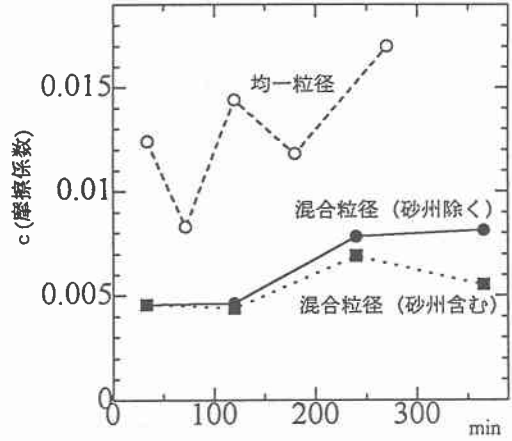


図-6 摩擦係数 (c) の時間変化

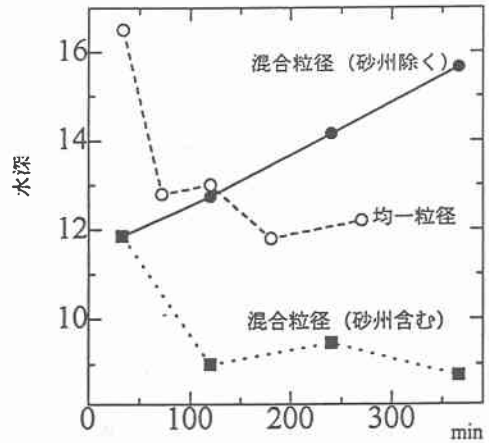


図-7 水深 (D_0) の時間変化

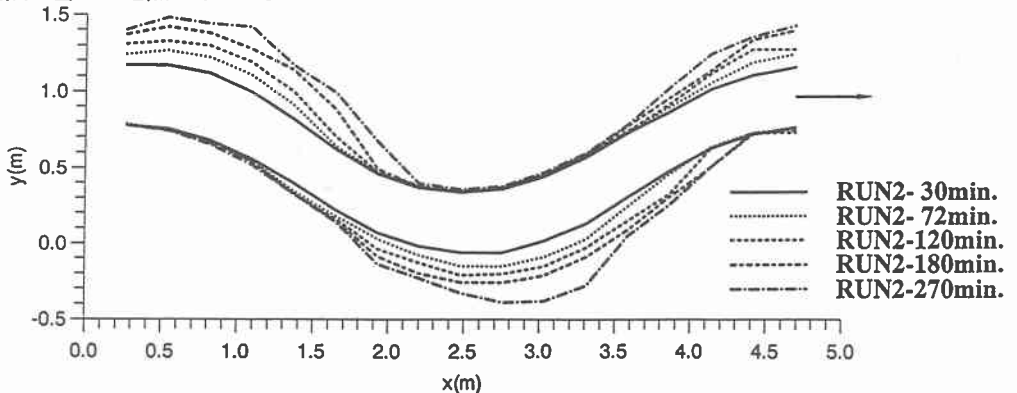


図-8 平面形状概略図 (均一粒径での実験)

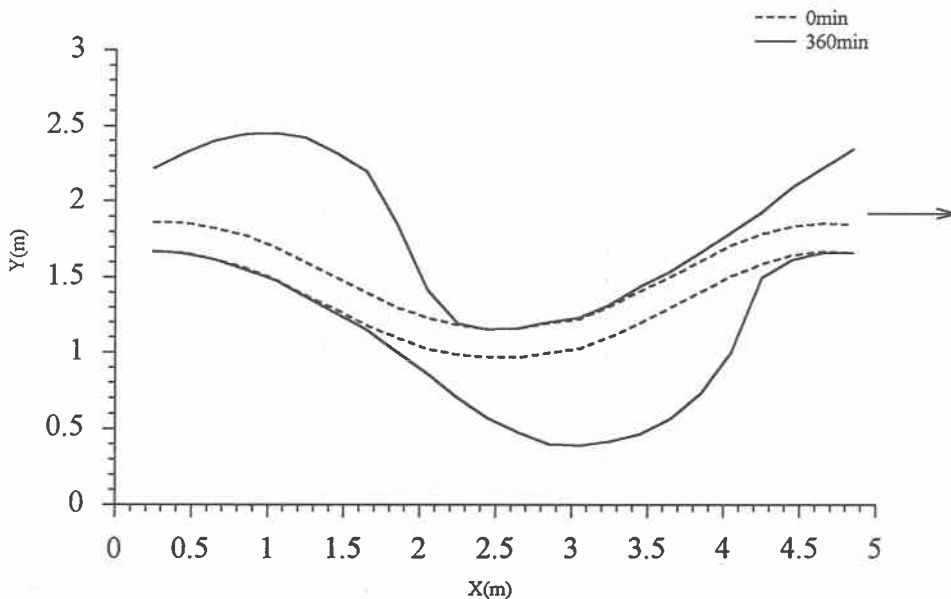


図-9 平面形状概略図(混合粒径での実験)

4、結論

最後に、今回行った実験の結果明らかになった諸点を以下に列記する。

- 1) 河床材料に幅をもたせることにより砂の堆積がうまくいき、河幅水深比は時間に依らず一定であった。また河幅水深比が一定なので砂州がきれいに発達した。
- 2) 2つの実験結果の大きな違いはリップルの発生であろう。河床材料の変更により今実験ではほとんど現れなかった。
- 3) 同じ水理条件で実験をおこなったのだが均一粒径では側岸固定実験と自由蛇行実験で河幅水深比は全く異なっていく混合粒径では共に近い値となった。
- 4) 蛇行の発達は必ずしも深掘れによるものばかりではなく、砂州や湾曲による効果など様々な要因が相互に絡み合って起こることが明かとなった。

今後は、実験結果を基にして蛇行現象の解析に取り組みたいと思います。

《参考文献》

- 1) 高沢寛、清水康行、長谷川和義、鳥谷部寿人：蛇行河川の流路変動に関する研究、土木学会北海道支部論文報告集 第51号、1995。
- 2) 小玉 敬、池田宏：自由蛇行河道の模擬実験、筑波大学水理実験センター報告 第8号、1984。