

# 実河川における複列砂州のモード減少に関する考察

新潟大学大学院自然科学研究科 学生員○高橋 玄  
 新潟大学災害・復興科学研究所 正員 安田 浩保  
 寒地土木研究所寒地河川チーム 正会員 永多朋紀

## 1. はじめに

中規模河床波の形成や変形に関する研究成果が数多く示されているものの、複列砂州のモード減少をはじめとして未解明な点が未だに多く、実河川の砂州動態は十分に理解されていない。著者ら<sup>1)</sup>は、その主因として、既往の研究の数多くが直線かつ固定壁の流路を用い、実河川が持つ流路の平面形状を考慮していないことを指摘するとともに、実河川で見られるような川幅が拡縮する流路においては、複列砂州はモード減少せずに維持されることを明らかにした。

本研究では、理想地形を用いて行われた上記の研究を踏まえ、実河川の平面形状における河床変動の数値実験を行い、実河川での砂州のモード減少を調べた。

## 2. 河床変動計算の概要

### (1) 対象とした実河川

本研究では、北海道十勝川水系の一級河川である札内川を解析対象とした。この河川は1980年代には、単列砂州に比べて複列砂州が卓越していたのに対し、現在では単列砂州が卓越して、低水路内の樹林化が問題となっている。

図-1に1987年と2007年の対象区間の川幅の流下方向の分布を示した。実線が1987年、破線が2007年の川幅を表している。これらを比較すると、実線(1987年)に比べ、破線(2007年)は高周波の成分が消去して低周波成分で構成されていることがわかる。このことは、1987年にはこの区間は低水路幅が拡縮を繰り返す流路形状を成していたのに対し、2007年には平面形状が単調化して、直線流路に近い形状へ変貌したことを意味する。以上のことから、札内川のKP0/32からKP0/36の区間では1987年と2007年の間に流路の平面形状と卓越河床形態がどちらも変化したことがわかる。本研究では、流路の平面形状が変化し、かつその間に卓越砂州形態が移行した実河川の一例として、以上に述べた札内川のKP0/32からKP0/36の約4kmを河床変動計算の解析対象とした。

### (2) 計算条件

河床変動計算に用いた計算条件を表-1に示した。与えた流量 $Q$ は等流計算より逆算した低水路満杯流量である $1800(\text{m}^3/\text{sec})$ および $900, 450(\text{m}^3/\text{sec})$ の3パターンに設定した。これを1987年、2007年の各地形に上流端境界条件として与えることで計6パターンの河床変動計算を実施した。1987年、2007年の各平面形状を用いた場合の平均川幅 $B$ はそれぞれ $220\text{m}, 270\text{m}$ である。平均河床勾配 $i_b$ と河床材料粒径 $d_s$ はこの区間の代表値を用い、一定とした。初期河床については、全体を平坦床にした後、河床全体に乱数により河床材料粒径程度の擾乱を与えた。

これらの条件から、中規模河床形態を規定するとされる<sup>2)</sup>川幅水深比 $Bi^{0.2}/h$ と無次元掃流力 $\tau_*$ を求めると表-1後半に示したような値が得られた。これを中規模河床波の領域区分図に適用すると図-2のようになり、それぞれ相違はあるものの6つすべての条件で複列砂州の卓越領域となる水理条件であることがわかる。

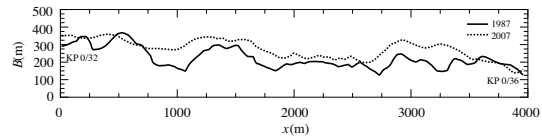


図-1 札内川 (KP0/32-KP0/36) の低水路幅

表-1 河床変動計算に用いた計算条件

	$Q(\text{m}^3/\text{sec})$	$B(\text{m})$	$i_b$	$d_s(\text{mm})$	$Bi^{0.2}/h$	$\tau_*$
1987	a) 1800	220	1/135	34	41.2	0.26
	b) 900				63.4	0.17
	c) 450				95.0	0.11
2007	d) 1800	270			61.3	0.22
	e) 900				92.9	0.14
	f) 450				140.0	0.09

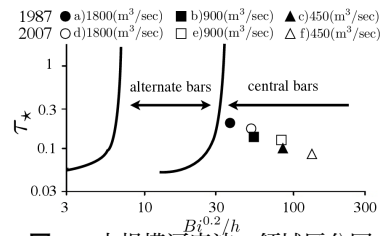


図-2 中規模河床波の領域区分図

### (3) 数値解析モデル<sup>3)</sup>

以下で実施した河床変動計算はiRICと同梱される平面2次元河床変動計算のソルバーであるNays-2Dを用いた。流れの支配方程式は2次元浅水流方程式、河床変動量は流砂の連続式によって計算される。

### 3. 計算結果の各流量での比較

前項で示した全6パターンの河床変動計算を行うことによって得られた河床形状を図-3a)~f)に示した。これらはすべて各条件下にて最終的に得られた河床形状である。ここでは1987年と2007年の計算結果を比較する。

#### (1) $Q = 1800(\text{m}^3/\text{sec})$

図-3a),d)は実施した解析の中では最も交互砂州領域に近い複列砂州領域の水理条件が与えられている。両地形とも最終的に得られる平衡河床形態としてはどちらも区間内全域で単列砂州に近い形状となる。掲載は省くが、形成過程では複列砂州が卓越する時間帯が見られた。これはいわゆる複列砂州のモード減少であり、札内川において低水路満杯流量程度の水理条件では、1987年と2007年のいずれの地形でも最終的に単列砂州が形成されるようである。

#### (2) $Q = 900(\text{m}^3/\text{sec})$

図-3b)を見ると、区間下流部のKP0/32からKP0/34では $Q = 1800(\text{m}^3/\text{sec})$ のa)と同じく、単列砂州が形成されている。一方で、区間上流部のKP0/34からKP0/36では、下流部と異なりモード減少をすることなく少モードの複列砂州が形成されていることが確認できる。同流路内でこのように異なる河床形状が得られることの要因としては平面形状の影響が考えられる。1987年の札内川のKP0/32からKP0/36の平面形状は、KP0/34の地点を境として明らかに異なる。流路の拡縮形状が卓越するKP0/34より上流では、平面形状の拡縮の影響により

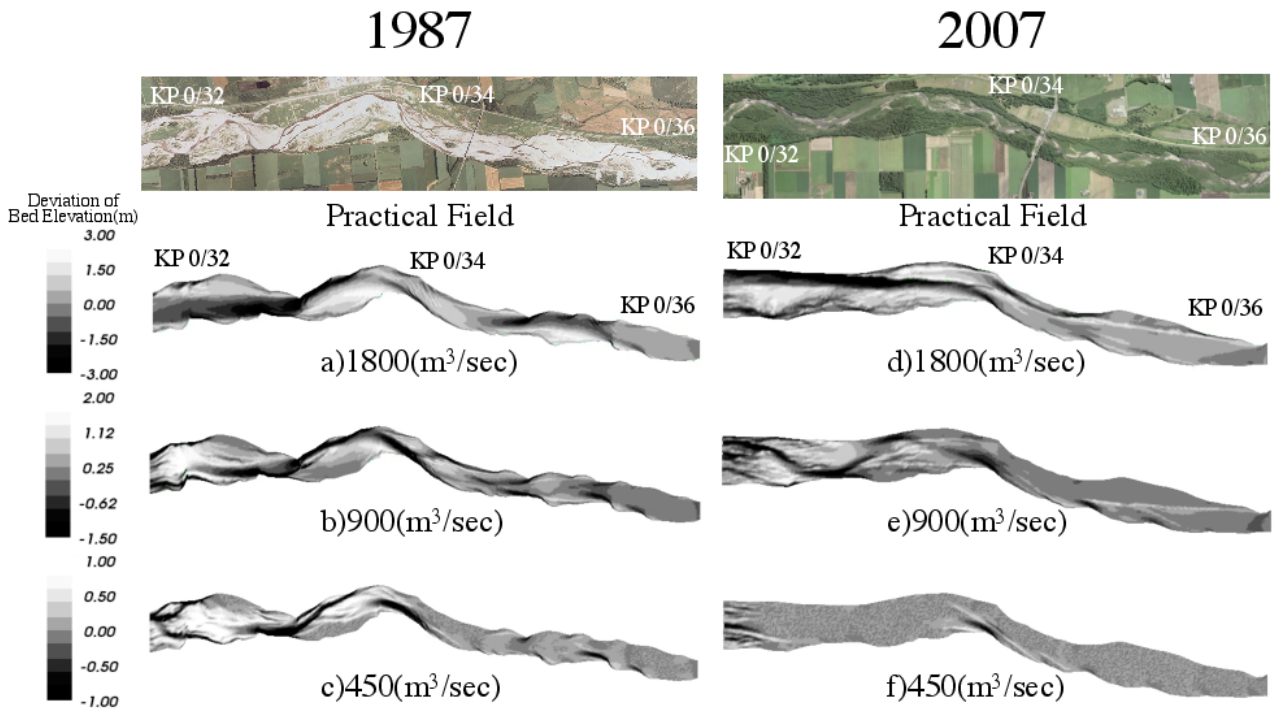


図-3 札内川 (KP0/32-KP0/36) の実地形と計算結果

複列砂州が形成され、KP0/34より下流では流路全体としての蛇行形状が卓越し、一般的に言われている蛇行部内岸の固定砂州が形成したと推測できる。

e)のKP0/32からKP0/34ではb)と同様に単列砂州が形成されたのに対し、KP0/34からKP0/36の上流部区間では初期形状として与えた擾乱が消え、砂州は発生しなかった。b)とe)を比較すると、b)は流路の拡縮形状の影響で兩岸の湾曲部に強制砂州が形成されるが、湾曲の影響が弱いe)は強制砂州が発生し難く、砂州の発生は自由砂州成分のみで規定される。つまり、流路の平面形状は形成される河床形態に影響を与えるのみならず、結果的に砂州の有無にも関与することが理解できる。

(3)  $Q = 450(m^3/sec)$

c)は $Q = 900(m^3/sec)$ を与えたb)ほど明瞭ではないものの、b)とほぼ同じくKP0/32からKP0/34では単列砂州が形成され、KP0/34からKP0/36では複列砂州に近い形状の砂州が形成された。一方で、f)は他の条件に比べ、河床変動を開始する時間が圧倒的に遅く、ほぼ初期形状のままだった。c)とf)の結果を踏まえると、平面形状は無次元掃流力と同等に砂州の発達時間に影響を与えることが推察される。

4. 実河川における河床波の動態把握

(1) 計算結果と実地形の比較

図-3の最上段に1987年と2007年の札内川のKP0/32からKP0/36の区間の航空写真を示した。図-3b)と1987年の実地形は酷似した河床形状であることがわかる。KP0/32からKP0/34では実地形と図-3b)どちらも流れが一本に集中している。河床変動計算で複列砂州が形成されたKP0/34より上流では、流れが集中している箇所と砂州形状が一致していることがわかる。

1987年の札内川のKP0/32からKP0/36の4km区間の河川地形の概形を形成したのは、低水路満杯流量の半分程度の洪水であったことが推測でき、また上流部の複列砂州形態の形成には流路兩岸の拡縮形状が極めて大きな影響を与えていたことがわかる。すなわち、上述の結果に基づくことで、実河川における河川地形を把握するためには、著者らが主張するように既往の川幅水深比に

基づく領域区分図の概念のみでは不十分であることが改めて確認された。

(2) 複列砂州の維持に関する考察

複列砂州のモード減少が確認された研究は、すべて直線かつ固定壁の流路を用いて行われてきた。直線流路で発生する砂州成分は流れの不安定性によって生じる自由砂州成分のみで、湾曲形状が要因で発生する強制砂州成分は生じない。つまり、複列砂州のモード減少は自由砂州特有の現象であり、自由砂州と強制砂州の影響どちらも含まれることで、複列砂州ははじめて維持されると言える。これは著者らが主張していることであり、本研究で計算結果と実河川に良好な一致が見られたことで、その主張の妥当性が示された。

5. おわりに

本研究は札内川を対象として、実河川において流路の平面形状が河床形態に及ぼす影響を検討した。これにより、実際の河川地形を把握するには、川幅水深比に基づく領域区分図の概念に加えて、その流路の平面形状の影響の考慮が不可欠であることが示された。

河床変動計算の結果と実地形を比較したことによって、札内川において1987年以前に見られた複列砂州形態は流路兩岸の拡縮形状の影響を強く受けて形成されていたこと、その概形は低水路満杯流量の半分程度の流量ステージの洪水によって形づくられた可能性があることがわかった。

謝辞

本研究を行うにあたり北海道開発局帯広開発建設部に札内川の河道データ提供をして頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 高橋玄, 安田浩保, 複列砂州の維持条件に関する一考察, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.68, No.4, I-961-I-966, 2012.
- 2) 黒木幹男, 岸力, 中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究, 土木学会論文報告集, Vol.342, pp.87-96, 1984.
- 3) 河川シミュレーションソフト iRIC : <http://i-ric.org/>