

# 平坦な海岸にある中小河川の河口変動特性

長林久夫\*・安田禎輔\*・寺中啓一郎\*\*

## 1. 緒言

中小河川の河口特性は状況によりさまざまであり、また小流域の河川をも網羅した水文資料等の基本的資料の収集が困難な場合が多く、一級河川に比較して設計指針等の整備も遅れている現状にある。しかし、河口状態のなかには幾つかの類似点も見られ、多くの事例について長期にわたる調査検討を必要としている。本研究は河口への土砂堆積状況を多くの河川について調査し、中小河川の河口状態の平均的特性を抽出・分類することを目的としている。本論文では平坦な海岸にある河口の変動特性を中心に検討した。

## 2. 調査概要及び気象状況

対象は平坦な海岸地形を有する福島県の河川とした。河川数は36河川であり、すべて2級河川である。河川規模は流域面積50 km<sup>2</sup>以下のものが60%、流路延長20 km以下のものが70%と中小河川の割合が高い。そのうち外海に面しているものが29河川、湾奥部や港湾内にあるものが7河川である。外海に面しているもので自然状態に近いものが20河川、河口周辺部に港湾防波堤もしくは波消ブロック等の人工構造物があり、これらの影響を受けるものが9河川(寺中・安田・長林・濱田・松村, 1990)である。

調査は外海に面し、河口部に砂州堆積のみられる河川を対象としており、砂州がみられない宮田川、真野川は除いている。平成元年よりほぼ2カ月に1度の割合で調査を行っており、平成5年度までに22回実施された。調査時の気象、海象条件は特に選択してはいない。調査項目は河口状況のスケッチと平面形状の簡易測量、それに河口土砂のフルイ分け試験である。

海岸線の総延長は155 kmで、起伏の少ない平坦な海岸が続く。小名浜港及び相馬港における季節別波向きの出現数を図-1に示す。小名浜港は年間を通じてSSE方向の波向きが卓越しており、相馬港ではEからESE方向となっている。この波向きはいずれも平均的な海岸線

の方向にほぼ直交している。

1989年から1993年までの月間累積降水量の変化を図-2に示す。冬季の平均的降水量はほぼ20 mm程度、夏季は250 mm程度となっている。特に冬季以外では、1990年3月と8月、1991年5月、1992年7月と8月の降水量が少ないのが特徴である。

## 3. 河口状況

### (1) 河口状況

河口砂州の堆積形状をL:左岸堆積, R:右岸堆積, M:蛇行形状, C:完全閉塞, S:中央流出に区分(長林・安田・寺中, 1993)した。調査結果を表-1に示す。堆積状況の中で河川番号3, 7, 26のように左岸堆積が卓越する河川や、番号5, 6, 27のように右岸堆積のみの河川がある。また、番号12, 13のように右岸堆積と左

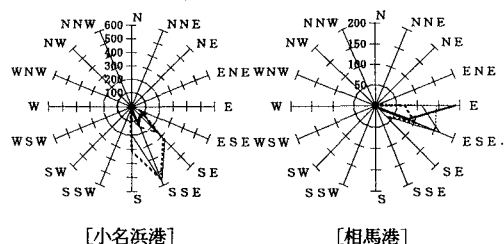
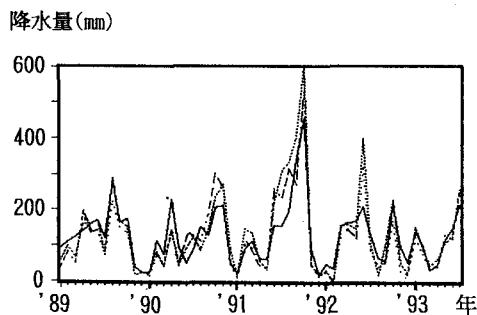


図-1 波高1m以上の波の季節別波向出現数 (—1月~3月 —4月~6月 ---7~9月 --10月~12月)



(—小名浜, ...浪江, --相馬)

図-2 地域別月間累積降水量

\* 正会員 工修 日本大学助教授 工学部土木工学科

\*\* 正会員 工博 日本大学教授 工学部土木工学科

表-1 河口砂州堆積状況

河川 番号	89	90	90	90	91	91	91	91	92	92	92	92	92	92	93	93	93	93	93	93	94	
	8	1	8	12	3	6	7	9	5	6	8	9	10	12	2	5	6	7	9	10	12	2
1	S	M	C	R	C	C	R	R	R	R	R	R	R	R	L	C	R	R	R	R	L	L
2	S	R	C	L	S	C	L	L	L	R	C	L	R	S	S	C	C	S	L	C	L	L
3			L	S	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
4	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
5	R	R	R	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
6	R	R	R	S	L	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
7	L	L	L	S	L	L	L	L	L	L	L	L	S	L	L	L	L	L	L	L	L	L
8	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	S	R	L	R	L	L	L	L	L	L	L	L
9		S			S		S	R	S	S	L	L	L	R	R	R	R	L	L	L	L	L
10		R	L	S	R	R	L	R	L	L	L	R	R	L	L	L	L	S	R	L	R	L
11	L	L	L	L	L	L	S	L	L	L	L	R	L	S	S	L	L	L	L	L	L	S
12		R	L	R	R	S	L	L	R	L	R	R	R	R	L	R	L	R	R	R	L	R
13		R	R	L	R	C	L	L	L	L	R	R	L	L	L	R	R	L	L	R	C	
14	R	R	R	S	L	R	R	S	R	R	R	L	R	R	R	S	L	L	L	R	L	L
15	R	L	L	S	R	L	R	R	R	R	R	R	L	L	L	L	L	L	R	L	L	L
16		R	R	S	M	M	R	R	R	R	R	L	R	R	M	R	R	R	R	R	R	R
17	R	L	L	S	L	M	R	R	L	R	R	R	R	R	L	R	L	R	R	R	R	L
18		R	L	S	R	L	R	M	L	R	R	L	L	L	R	R	R	R	L	R	R	R
19		L	L		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	M	R	L	L	R	R	L
20	R	R	C		R	C	L	L	R	R	R	L	R	L	L	L	L	R	R	L	R	R
21	C				R	L	C	S	R	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	R
22	S	L	L		L	C	L	C	R	R	R	R	S	S	C	R	R	R	R	R	L	C
23		L	L		L	M	R	M	L	L	L	L	L	L	L	R	R	R	R	R	L	L
24		M	R		L	M	M	L	L	L	R	L	L	S	L	L	L	L	L	L	L	L
25			C		L	C	L	L	L	L	L	C	R	R	R	L	L	L	R	R	L	L
26	L	L	L		L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
27	R	R	R		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
28	R	R	R		L	L	L	L	L	L	R	R	R	L	L	R	R	R	R	R	L	R

L: 左岸堆積 R: 右岸堆積 M: 蛇行形状 C: 完全閉塞 S: 中央流出

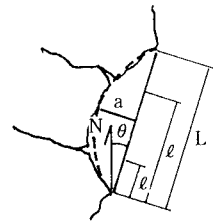
岸堆積が混在する河川がみられその傾向は多様である。完全閉塞は1990年8月には4河川、1991年6月には6河川、1993年5月には3河川で見られ、いずれも月間累積降水量は50mm以下であった。河川番号1と2は河口部に農業用水用の水門があり閉塞傾向を強めている。また河川番号21と22はふたつの河川が河口部で横川にて連結されており、そのためにいずれか一方の河川が閉塞傾向となっている。

(2) 河川位置と堆積方向

河口砂州の堆積傾向と海岸における河川位置との関係を検討するために、以下のような単位海岸への分割を行った。豊島・奥田・武藤(1973)は海岸特性と浸食との関係を検討する目的で福島県の海岸線を44の単位円弧の海岸に区分した。これに従い図-3に示すように、単位海岸の分割を行い円弧の開始点からの河川位置 $\ell$ 、海岸線長 $L$ 、相対河川位置 $\ell/L$ そしてN方向からの海岸線方向 $\theta$ を求めた。その結果を表-2に示す。単位海岸への分割はその後の港湾等の建設により、豊島等のものを修正(長林・安田・寺中, 1991)している。また、相馬港の北岸壁の背面に位置している地蔵川は単位円弧の海岸に含

めていない。

表-1の河口砂州の堆積方向で、左岸堆積を-1、右岸堆積を+1そして閉塞や蛇行形状を含むその他を0点として数量化し全調査数に対する割合を求めた。この割合と相対河川位置 $\ell/L$ との関係を図-4に示す。このとき河川位置は南方から北方に向かって計る。これより、単位海岸の始点近くにある河川では左岸堆積が多く、終点に向かうに従って右岸堆積が強くなる傾向が認められ



$\theta$ : 海岸線方位角(deg) L: 海岸線長(m)  
 $a$ : 弦高(m)  $\ell$ : 始点からの河川位置(m)  
 $\alpha$ : E方向からの偏き割合(=  $(90-\theta)/90$ )

図-3 単位円弧海岸概略図

表-2 単位円弧海岸の区分

河川名	海岸線長 $L$ (km)	海岸方向 $\theta^\circ$	弦高 $a$ (m)	曲率半径 $R$ (m)	河川位置 $\ell$ (m)	$\ell/L$	$a/L$	$\alpha$	$\alpha(\ell/L)$
三滝川	3.00	-13.0	300	3900	2100	0.700	0.100	1.140	0.798
砂子田川	3.00	-13.0	300	3900	800	0.267	0.100	1.140	0.305
真野川	7.20	-8.0	400	16400	4500	0.625	0.056	1.090	0.681
新田川	4.10	-4.0	270	7920	3970	0.970	0.066	1.040	1.010
太田川	11.05	-5.0	400	38400	9640	0.872	0.036	1.060	0.924
小高川	11.05	-5.0	400	38400	7500	0.679	0.036	1.060	0.720
宮田川	11.05	-5.0	400	38400	3700	0.335	0.036	1.060	0.355
請戸川	22.40	-12.0	160	4000	100	0.045	0.007	1.130	0.051
前田川	3.94	7.0	370	5430	1000	0.254	0.094	0.922	0.234
夫沢川	7.30	2.0	260	25800	2600	0.356	0.036	0.978	0.348
小入野川	7.30	2.0	260	25800	800	0.110	0.036	0.978	0.108
熊川	7.30	2.0	260	25800	200	0.027	0.036	0.978	0.026
富岡川	4.20	8.0	300	7500	3700	0.881	0.071	0.911	0.803
紅葉川	4.20	8.0	300	7500	2000	0.476	0.071	0.911	0.434
井出川	6.20	10.0	220	22000	3800	0.613	0.035	0.889	0.545
木戸川	6.20	10.0	220	22000	2500	0.403	0.035	0.889	0.358
北迫川	6.56	7.0	500	11000	5800	0.884	0.076	0.922	0.815
浅見川	6.56	7.0	500	11000	5000	0.762	0.076	0.922	0.703
折木川	6.56	7.0	500	11000	4000	0.610	0.076	0.922	0.562
末続川	6.56	7.0	500	11000	880	0.134	0.076	0.922	0.124
大久川	3.00	10.0	400	3010	2800	0.933	0.133	0.889	0.829
夏井川	10.60	7.0	1600	9580	5120	0.483	0.151	0.922	0.445
滑津川	10.60	7.0	1600	9580	940	0.087	0.151	0.922	0.080
弁天川	10.60	7.0	1600	9580	520	0.049	0.151	0.922	0.045
諏訪川	2.70	25.0	620	1780	900	0.333	0.230	0.722	0.240
神白川	2.51	47.0	380	2260	300	0.120	0.151	0.478	0.058
鮫川	6.58	32.0	1000	5910	5000	0.760	0.152	0.644	0.489
蛭田川	6.58	32.0	1000	5910	3500	0.532	0.152	0.644	0.343

堆積方向

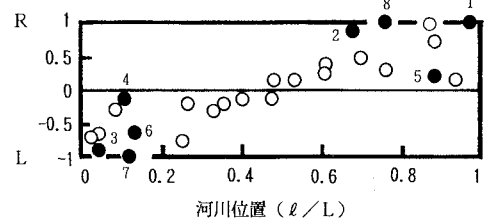


図-4 単位円弧海岸における河川位置と堆積方向比 (○自然状態の河川 ●構造物等のある河川 1.新田川 2.小高川 3.請戸川 4.小入野川 5.富岡川 6.末続川 7.神白川 8.鮫川)

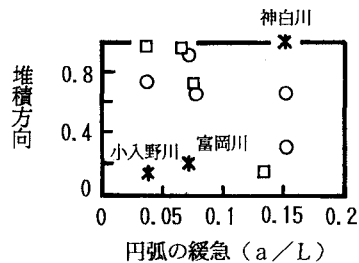


図-5 単位円弧海岸の緩急と堆積方向比 (□河川位置:0.8~1 ○河川位置:0~0.2 \* :構造物等のある河川)

岸のどちらかへの堆積傾向が強い場合には、砂州の伸長する対岸側への導流堤等の構造物の建設は河口形状の安定化に効果的であることが認められる。

図-4で  $\ell/L$  が 0.1 と 0.9 付近における堆積方向の値の減少傾向を単位円弧の緩急  $a/L$  との関係から図-5に検討した。対象は単位円弧海岸の両端から  $0.2\ell/L$  以内の河川である。堆積方向は絶対値で示している。これより\*印の構造物等のある河川を除くと、右岸と左岸では傾向に差はあるものの  $a/L$  が 0.07 以上の河川では堆積方向の値は小さくなり、時として蛇行形状や閉塞をも示す河川であることが分かる。

(3) 河口変動の時間スケールの検討

河口変動の時間スケールを図-4の堆積方向でその絶対値が 0.6 未満の河川は砂州形状が時化の度に変動すると思われる時化の度の河川、0.6 以上では砂州形状が安定しており年間に数回程度季節的に変動する年に数回の河川として区分した。河口変動の時間スケールと流路延長および流域面積との関係を図-6に示す。

流路延長では 20 km を境に両スケールが良く区分されている。20 km 未満の河川で、変動スケールが年に数回に分類された■印の河川ではいずれも導流堤や海崖、ブロック等、河口部に何らかの構造物等の影響があり、このことにより変動時間スケールを延ばしているものである。北迫川は単位円弧海岸の終点近くであり、小流域の

た。また海岸の中央部に位置する河川では堆積方向の変化が激しく、蛇行形状も多く見られている。

図中に河川名を付した富岡川の  $\ell/L$  は 0.9 程度で本来は右岸堆積の強い傾向であるが、右岸に富岡漁港の防波堤が建設されたため単位円弧海岸の始点に近い状況になり、その傾向が低下している。そして神白川は  $\ell/L$  が 0.12 で左岸堆積の傾向が強いのに加えて、河川の流心方向が右岸の海崖に接している。このため一層左岸堆積の傾向を強めるとともに、流路延長が 3.5 km の小河川にもかかわらず、河川流量の少ない場合でも閉塞に至ることはない。同様に右岸堆積の傾向が強い鮫川と新田川でも左岸側にそれぞれ小規模の導流堤と海崖があり、これにより砂州形状が安定している。このように右岸あるいは左

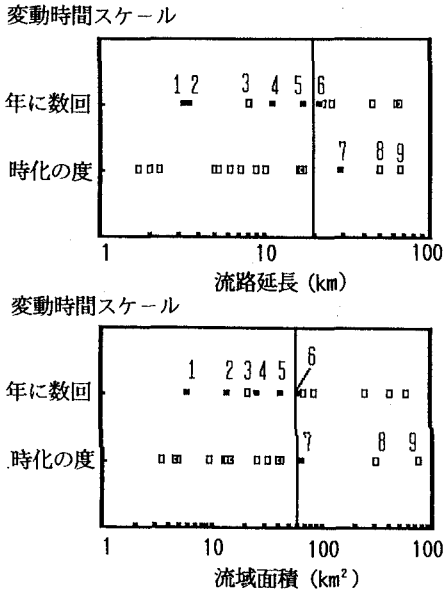


図-6 河口変動の時間スケールの検討 (□自然状態の河川 ■構造物のある河川 1.末続川 2.神白川 3.北迫川 4.地蔵川 5.前田川 6.小高川 7.富岡川 8.木戸川 9.夏井川)

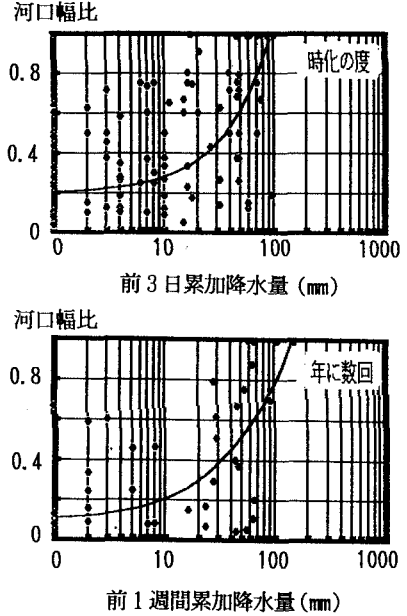


図-7 河口幅比と累加降水量

河川であるが年に数回に区分されている。また流路延長 20 km 以上で時化の度に分類された 3 河川は富岡川と木戸川、夏井川である。後の 2 河川は  $l/L$  が 0.5 付近であり河川規模が大ききとも、堆積傾向の変化し易い河川であることを示している。また図-6 には流域面積によるものも示しており、50 km<sup>2</sup> 程度で両スケールは良好に区分される。これより、変動時間スケールは河川規模によっても区分されるが、区分された中には構造物等の影響のない河川があることから、単位円弧海岸における河川位置が堆積方向を決める主要な因子であることが示される。

(4) 降水量と河口幅比

調査された最大河口幅に対する、ある河川の調査時の河口幅との比を河口幅比と定義して、調査日までの降水量との関係を検討したものを図-7 に示す。時化の度に分類された河川は 3 日前までの累加降水量を、年に数回は 1 週間前までの累加降水量を用いている。図中の曲線は最小自乗法により求めている。これより時化の度の河川は 20 mm 以上、年に数回の河川では 30 mm 以上の降雨で河口幅比が 0.4 程度までに増大する傾向が認められた。しかし、測点の分布幅は大きく、河川ごとの降水量の見積り及び関係因子等の検討が必要である。

(5) 河口土砂粒径の経時変化

採取した河口土砂を 2 mm 未満の砂と 2 mm 以上の砂利に区分してフルイ分けを行い、平均粒径  $d_{50}$  と均等係

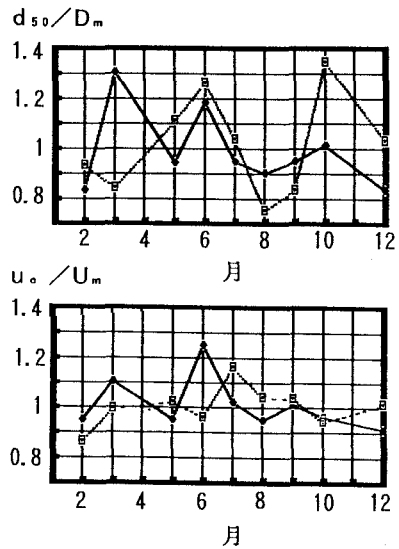


図-8 河口土砂粒径の経時変化特性(上段：粒径比，下段：均等係数比 ●砂，□砂利)

数  $u_c$  を求めた。河川ごとに  $d_{50}$  と  $u_c$  の平均値  $D_m$  と  $U_m$  を求め粒径比  $d_{50}/D_m$  と均等係数比  $u_c/U_m$  を計算した。これを調査日に近い月ごとに全河川平均したものを図-8 に示す。7 月から 9 月の出水期には平均粒径比は比較的小きくかつ均等係数比の大きな幅広い粒度分布が得られている。10 月になると特に砂利分の粒径比が増加し、均等係数比が低下することより小粒径の砂が掃流されて粗

粒化する傾向が見られる。また1月は高波浪の出現率が少なく比較的細かい砂の移動が予想され、ついで春の高波浪の出現による粒径の粗粒化の傾向が理解される。

#### 4. 結 言

平坦な海岸にある河口の変動特性を検討した。その要約を以下に示す。

(1)河口砂州の堆積状況は単位円弧海岸における河川位置との関係が強く、単位海岸の始点近くの河川では左岸堆積、終点では右岸堆積が強く、中間に砂州堆積の方向が変化し易い河川が多い。(2)砂州の堆積方向が一方の河川では砂州の対岸への構造物の建設は河道の安定に寄与する割合が高い。(3)本手法の河口変動の時間スケールの評価によって河口の安定に寄与する河口周辺の構造物の効果が検討された。(4)河口土砂粒径と均等係数の経時変化特性から河口砂への河川流と漂砂の効果が検討された。

本研究を進めるにあたり、福島県港湾課及び土木部な

らびに関係官庁の協力を頂き、また資料収集にご尽力された卒業研究生の皆様にご礼申し上げます。

本研究は文部省科学研究費補助金総合研究(A)東北大学澤本正樹教授「東北地方の主要河川の比較河口学」の援助を受けた。また本論文の公表にあたり小川基金の援助を受けた。記して謝意を表します。

#### 参 考 文 献

- 寺中啓一郎・安田禎輔・長林久夫・濱田好洋・松村憲佳(1990): 福島県河川の河口現地調査, 海岸工学論文集, 第37巻, pp. 349-353.
- 豊島 修・奥田光男・武藤徳一(1973): 福島県海岸の浸食と海岸特性について, 第20回海岸工学講演会論文集, pp. 507-511.
- 長林久夫・安田禎輔・寺中啓一郎(1991): 福島県河川の河口特性について, 東北地域災害研究, 第27巻, pp. 67-70.
- 長林久夫・安田禎輔・寺中啓一郎(1993): 福島県河川の河口変動特性に関する検討, 東北地域災害研究, 第29巻, pp. 33-36.