

岩手県内中小河川の河口変動特性と河口変動指標

堺 茂樹* ・高橋 徹**・浜崎 直行**
笹本 誠***・平山 健一****

1. 緒 言

東北地方太平洋沿岸の多くの中小河川では、鮭・鱒の増殖事業が行われているが、これらの地域では放流した鮭・鱒が母川に回帰する初冬には降雪期となり、河川流量が減少し、河口幅や河口部の水深が著しく減少する。このため、回帰魚の母川遡上が阻害され、これに対処するための河道掘削が頻繁に行われている河川も多い。水産利用上での障害の他にも、河川の疎通能力の低下による内水排除障害やこれに伴う水質の悪化などの問題も生じる場合もあり、多くの河川で抜本的な河口対策が必要とされているにも関わらず、掘削工事など、いわば応急措置で対処しているのが実状である。

河口対策を講ずる上で、河口変動の特性を把握し、それに応じた対策工を検討すべきであることは言うまでもないが、中小河川を管理する地方自治体にあつては、その財政的制約のため、対策を立案する際に必要となる河川流量あるいは来襲波浪などの観測はもとより、管理する多数の河川の河口変動の実態を十分に調査することすら容易ではない。また、従来の海岸工学に於ける河口変動の研究は主に大河川を対象としており、中小河川の、しかも水産上問題となるような規模の河口変動はあまり取り上げられてこなかった。

著者らは1989年より5年間にわたり、岩手県内の全二級河川(41河川)を対象に現地観測を実施し、中小河川の河口変動の特性を検討してきた。本研究では、現地観測結果に基づき、中小河川の河口変動の頻度と海岸地形あるいは流域特性との関連を検討する。また、現地観測には多大な費用と労力を要するため、既存資料のみで河口変動の概略を把握できる方法の開発が望まれる。そこで、地形図と海岸構造物の設計のために設定されている激浪波高のみを用いた“河口変動指標”を提案し、現地観測結果との比較によりその有効性を検討した。

2. 対象河川の概況

岩手県は北上高地によって内陸部と沿岸部に分けられ、内陸部では一級河川である馬淵川、米代川、北上川の源泉が奥羽山脈沿いにあるが、いずれも北上高地を横断することなく、青森、秋田、宮城県へと流下している。北上川は内陸部を縦断しており、奥羽山脈の東斜面及び北上高地の西斜面からの中小河川は全て北上川に合流する。従って、県内の沿岸に河口を有する河川はいずれも北上高地の東斜面に源を發し、その多くは北上高地と太平洋との狭い区間を流下する比較的急峻な中小河川である。

図-1に調査対象河川の河道の概略を示したが、河川の規模は、5万分の1地形図に記載されていない極めて小さいものから、流域面積が約1000km²の中規模のものまでである。また、河口の位置も様々であり、隆起海岸である北部の河口は外海に面しており、一方沈降海岸である南部には大小の湾が多数存在し、河口は湾内にある。

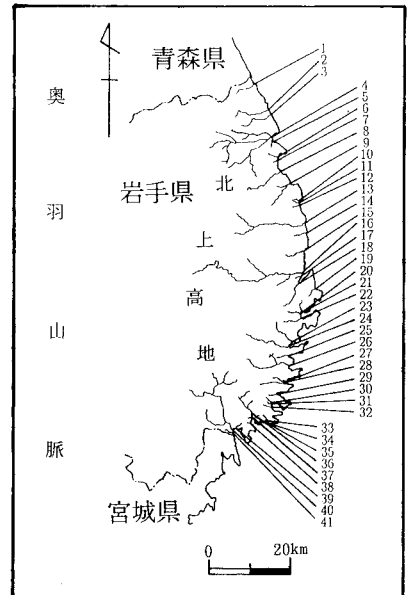


図-1 調査対象河川

* 正 会 員 工博 岩手大学助教授 工学部建設環境工学科
** 学生会員 岩手大学大学院 工学研究科土木工学専攻
*** 正 会 員 岩手大学技官 工学部建設環境工学科
**** 正 会 員 Ph.D. 岩手大学教授 工学部建設環境工学科

3. 中小河川の河口変動特性

3.1 現地調査項目及び方法

現地調査では、河口閉塞の有無及び堆積土砂量、河口の位置、河口幅、砂州の有無及びその規模を観測し、スケッチ及び写真撮影により記録した。また、河口部先端に於いて、表層から約20 cmまでの砂を採取し、粒径分布及び密度を測定した。岩手県の各土木事務所、市町村役場及び漁業協同組合から資料及び情報を収集し、検討の際の参考とした。

河口状況の季節的な変化を観測するため、現地観測は年間4回実施した。鮭・鱒の遡上時期には河口の状況に応じて適宜掘削工事を行う河川が多く、この間の変化は人工的なものとなる。そこで、観測時期は原則として、掘削工事が行われる可能性がある遡上時期の前後、つまり9月と1月、自然な変化が進行する3月、融雪出水後の7月とした。また、河口部の地形が観測の都度変化しているような河川では、河口変動の頻度は年間4回の観測では把握しきれない。そこで、このような河川に対しては、1週間に1度程度の定期的な写真撮影を行った。

観測結果を表-1にまとめた。なお、他の図面等の配置の都合により末尾に置いてある。

3.2 河口変動の頻度

対象とした41河川の内、河口閉塞の危険性が全く無い河川は6河川であった。その内3河川は写真-1に示すような礫浜海岸に河口を有するもので、他の3河川の河口は構造物によって完全に固定されており、自然の河口が存在しない場合である。これとは逆に、写真-2に示すような常時完全閉塞している河川が3河川あった。

上記以外の河口では、河口幅や水深の減少、河口の移動あるいは完全閉塞などが生じているが、その規模及び頻度には河川毎に大きな違いがある。例えば、時化の度に閉塞に近い状態になるものから、5年間の観測期間中に河口部の砂州が僅かに成長したものであり、その違いは大きい。頻度を定量的に表現することはむずかしく、ここでは定性的な表現を用いる。つまり、完全閉塞、河口砂州の消長、堆砂量の増減、河口の移動の頻度を“数年に一度”、“一年に数度”、“時化の都度”の3種類に大別し、以下では各々I型、II型、III型と呼ぶ。

I型に分類されたのは14河川あり、その典型的な例を写真-3(1)と(2)に示す。両者には約2年半の隔たりのあるが、この間の変化は右岸の砂州が僅かに成長した程度であり、河口部の地形変化の時間的スケールが長い。この河口は開放型湾の湾奥に位置し、さらに岬の背後にあるため、外海からの波浪が直接来襲することが少なく、河口部周辺での漂砂量も少ないと考えられる。I型に分類された河川は全て湾内に河口を有している。

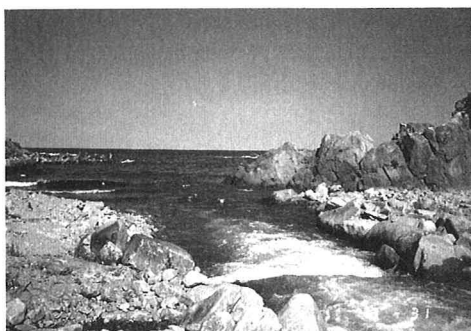
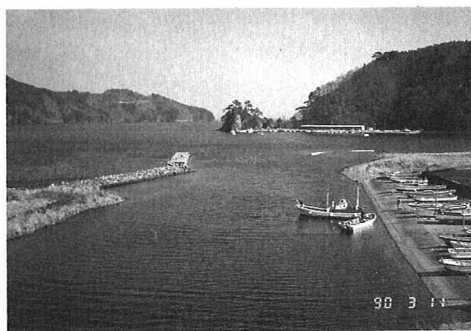


写真-1 安定した河口（礫浜海岸）



写真-2 常時完全閉鎖している河口



(1) 1990年3月11日



(2) 1992年10月15日

写真-3 河口変動が“数年に一度”の河口

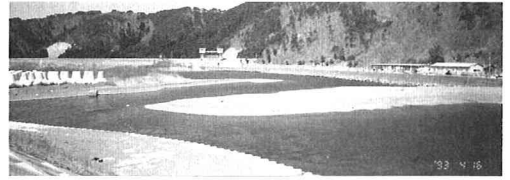
II型に分類される河川の内、湾内に河口を有するものが3河川、外海に面するものが3河川である。これらの河川では大きな時化によって河口変動が生じており、従ってその変動頻度は大時化の発生頻度にほぼ比例していると考えられる。写真-4(1)と(2)はII型の特異な例である。写真右下が海域であるが、(1)では上流に右岸からの砂州と下流に左岸からの砂州があるが、2ヶ月後の(2)ではさらに下流に右岸からの砂州が発達している。この砂州は夏期にのみ発生し、その後次第に減少し、数カ月後には完全に消滅する。1年周期で変動しているが、このような周期性を有するのは希である。

III型には河口が外海に面する7河川と湾内にある5河川、計12河川が分類される。写真-5(1)の時点では、右岸からの砂州が見られ、左岸導流堤沿いに流れているが、1週間後の(2)では河口前面に左岸からの砂州が発達しており、河道が大きく変化している。これは1週間内に来襲した1度の時化で生じた変化である。また、写真では急激な地形変化を例示したが、この河口では砂州の位置が同一であっても、時化の都度大量の堆砂が生じている。河口部周辺はポケットビーチであり、沿岸漂砂は考えられず、河口に直接来襲する波浪による岸沖漂砂が原因である。図-2はIII型に分類された他の河川での河口砂州の発達方向を示したものである。この河川は河口位置が大きく移動するため、左岸は擁壁により、また右岸はコンクリートブロックによって河口位置を固定したが、その後はこの間での堆砂が顕著となり、連続写真撮影を開始した1992年秋以降に見られるように、河口砂州の変化が極めて頻繁である。

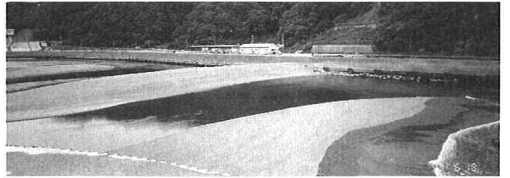
以上のように、中小河川の河口変動の頻度は河川毎に大きく異なり、全体的な傾向としては河口付近の海岸形状に大きく依存していると言える。つまり、河口が外海に面している場合に最も頻度が高く、ついで開放型湾の湾奥、閉鎖型湾の湾奥、開放型湾の側面、閉鎖型湾の側面の順に低くなり、岬の背後あるいは港内にある場合にはさらに低くなる。従って、変動頻度は来襲波浪の直接的な作用をどの程度受けるかに依存している。しかし、類似の海岸形状であっても必ずしも変動頻度は同一とはならず、これは河口変動に対するもう一つの支配的な要素である河川掃流力の影響である。

4. 河口変動指標

河口変動特性を検討するには、来襲波浪及び河川流量等の観測資料が不可欠であるが、中小河川ではこの種の観測は皆無に近い状態である。そこで、流域特性量として、地形図から求めることのできる流域面積、幹線流路延長、平均河床勾配、流域の形状係数、流域平均幅を、また波浪特性としては河口付近の海岸地形と周辺海域で



(1) 1993年4月16日



(2) 1993年6月18日

写真-4 河口変動が“一年に数度”の河口

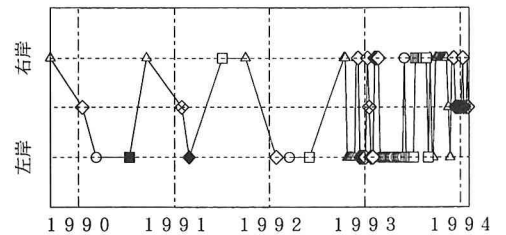


(1) 1993年4月30日



(2) 1993年5月7日

写真-5 河口変動が時化の都度の河口



○ 3月~5月 □ 6月~8月 △ 9月~11月 ◇ 12月~2月
黒塗は人工閉塞 × 完全閉塞

図-2 河口砂州の発達方向の変化

の激浪波高を用い、これらと河口変動の頻度との関係を検討する。なお、上記の特性量は全て5万分の1地形図から求めることとする。また、以下の検討では、I, II, III型の河川の内、河口直前で複数の河川が合流している2河川を除く30河川を対象とする。

岩手県林業水産部漁港課では、海岸構造物の設計波浪を設定するため、波浪推算に関する種々の検討を行った結果、岩手県沿岸を5つの海域に分け、各海域毎に激浪の波向・波高分布を定めている。本研究では海域毎の激浪波高を河口周辺部に来襲する波浪の代表値とする。

海岸地形の定量的評価には図-3(1)に示すように波浪が河口に直接来襲し得る角度(θ_d)を用い、河口より半径1 km 以内の構造物及び海岸地形の影響を考慮するものとする。湾内の河口では(2)のように、湾が外海に対してどの程度開かれているか(θ_o)と湾内での位置(θ_r)の両者を用いる。これらの角度を求めるには、まず湾の中心を通る代表的な“波の進入方向”を定める。ついで、湾口部の短い方の先端(図中では右側)から“波の進入方向”へ垂線を引き、さらにその交点から他方の先端との接線を求め、両接線のなす角度を θ_o とする。 θ_r は“波の進入方向”から見て河口がどの程度開かれているかを示すものであり、河口から引いた垂線より湾奥方向からの波浪は存在しないとして、垂線からの角度とする。湾奥に河口がある場合は、 θ_o と全く同様に定める。また、湾内に狭窄部がある場合は、(3)のように狭窄部から見た湾口の開度を θ_o とする。

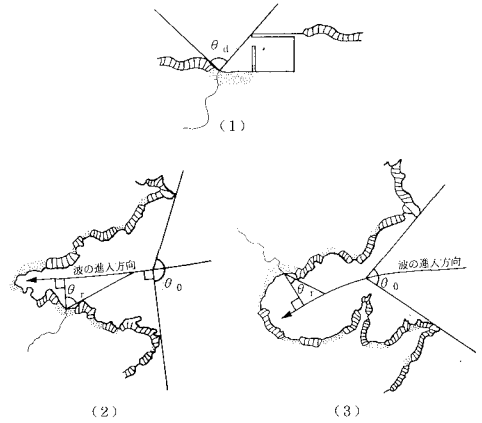


図-3 海岸形状の定量的評価

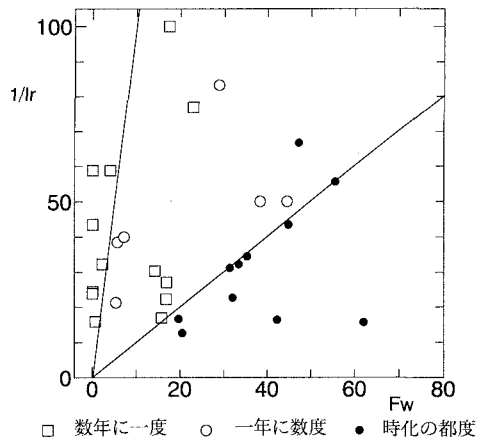


図-4 F_w と平均河床勾配による河口変動頻度の分類

$$\left. \begin{aligned} \text{外海に面する河口} &: F_w = H^2 \theta_d / \pi \\ \text{湾内にある河口} &: F_w = H^2 \theta_o \theta_r / \pi^2 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

と定義する。 F_w と流域特性量との組み合わせで、河口変動頻度を検討すると、図-4に示すように F_w と平均河床勾配(I_r)の逆数によって河口変動頻度が分類できる。河口変動頻度が平均河床勾配に逆比例するのは、平均河床勾配が大きい程、流出時のピーク流量は大きくなるが、その反面定常的な流れが得られにくく、また上流からの土砂輸送量も多くなり、河口変動が生じ易くなるためと考えられる。他の流域特性量についても同様なことが言えるが、うまく分類できるのは平均河床勾配だけであった。

図-4に示すように、河口変動頻度が原点を通る直線で分類できたことから、河口変動指標 R_i を、

$$R_i = F_w \times I_r \dots \dots \dots (2)$$

と定義する。河口変動指標と河口変動頻度との関係を求めたのが図-5であり、これにより河口変動の頻度は

$$\left. \begin{aligned} \text{数年に一度} &: R_i \leq 10^0 \\ \text{一年に数度} &: 10^{-1} < R_i \leq 10^0 \\ \text{時化の都度} &: 10^0 \leq R_i \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3)$$

となり、河口変動指標によって河口変動の頻度を知ることが出来る。

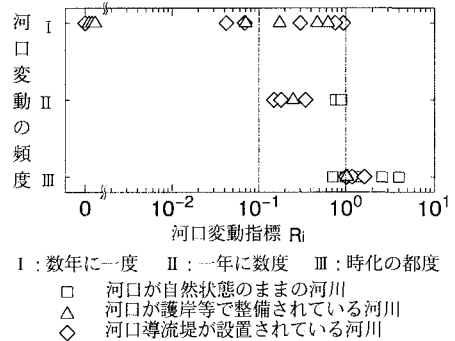


図-5 河口変動指標と河口変動頻度の関係

5. 結 語

本研究では、岩手県内の全2級河川を対象として5年

間継続された現地観測の結果に基づき、これまでその実態が明らかではなかった中小河川の河口変動の特性を検討し、河口変動の規模及び頻度が河川毎に大きく異なる

り、大河川に比べ河口変動が極めて頻繁である河川が多いことなどを示した。

河川流量あるいは来襲波浪などに関する観測資料が無い中小河川の河口変動の頻度を推定するために提案された河口変動指標は本研究で対象とした河川に対しては有効であることが確認できた。

河口変動指標は河口周辺の海岸地形と平均河床勾配から求められるが、岩手県沿岸にはリアス式海岸と平坦な海岸があり、河口周辺の海岸形状には極端な例が混在していることと、北上高地と太平洋の間の短い距離を流下する比較的急峻な河川であることを考えると、検証に用いた例が特殊であった可能性もある。従って、河口変動指標の一般性を確かめるためには、他の沿岸域での河川

に対する有効性を検討する必要がある。また、本論で述べた来襲波浪のエネルギーの推定方法は地形図上の幾何学的なものであるが、屈折及び回折を考慮した波浪場の計算結果との比較により、その妥当性あるいは精度を検証する必要がある。これらの点に関しては今後検討を進める予定である。

最後に、現地観測、資料収集に際して岩手県土木部河川課、林業水産部漁港課及び漁業振興課、各土木事務所並びに市町村役場、漁業協同組合のご協力を頂いたことを記し、ここに感謝申し上げます。また、現地観測を実施した5年間、多くの卒論生には現地観測とデータの整理に努力して頂いた。これらの諸氏にも謝意を表したい。

表-1 観測結果の一覧

No.	海岸形状	河口変動の種類	河口変動の頻度	底質中央粒径 (mm)		流域特性					海岸地形特性 (°)		
				左岸	右岸	流域面積 (km ²)	本川流路延長 (km)	平均流域幅 (km)	流域の形状係数	平均河床勾配 (%)	θ_a	θ_b	θ_c
1	A	b, c	III	0.75	0.69	39.1	16.4	2.4	0.15	1.7	132		
2	A 礫浜海岸	o	0			91.7	26.3	3.5	0.13	1.1			
3	A 礫浜海岸	o	0			67.2	29.2	2.3	0.08	1.4			
4	B	b, c	III		2.49	515.3	40.3	12.8	0.32	2.0	100		
5	B 港内	o	0			5.3	1.6	3.3	2.03	2.5			
6	A	c	III	2.36	2.46	66.7	12.1	5.5	0.46	3.1	80		
7	A	a, c	III	1.62	1.60	5.5	2.9	1.9	0.65	6.2	148		
8	A 礫浜海岸	b	0			224.6	50.8	4.4	0.09	1.9			
9	A	b	II	0.65		88.2	22.0	4.0	0.18	2.1	96		
10	A	b	III	0.27	0.45	20.6	6.2	3.3	0.54	2.2	112		
11	A 港内	a	V		2.25	10.1	8.3	1.2	0.15	4.0	1		
12	A	b	III	3.32		22.3	13.6	1.6	0.12	3.1	78		
13	A	b	II	1.84	1.80	723.1	84.5	8.6	0.10	1.2	72		
14	A	a, b	III	5.60		65.6	25.8	2.5	0.10	2.9	88		
15	D 港内	b	I			109.7	28.0	3.9	0.14	3.0		152	6
16	D	b	I			941.1	89.4	10.5	0.12	1.0		128	53
17	D 港内	b	I			8.8	6.7	1.3	0.20	2.2		128	0
18	B	b	II	0.79	0.53	160.3	24.6	6.5	0.26	2.2		128	136
19	A	b	II		8.20	22.0	7.4	3.0	0.40	4.6	12		
20	E	b	I		1.00	8.7	5.6	1.6	0.28	6.1		24	11
21	C	b	II	0.31	0.77	24.4	11.6	2.1	0.18	2.6		24	93
22	C	b	I	0.80	0.40	45.4	10.5	4.3	0.41	1.7		24	66
23	D	b	I			117.4	30.8	3.8	0.12	2.5		39	84
24	B	b, c	II		0.54	156.3	30.5	5.1	0.17	2.5		39	73
25	B 岬の背後	o	0			16.0	7.9	2.0	0.26	6.3			
26	D	b	I			130.3	23.7	5.5	0.23	3.2		94	57
27	B 岬の背後	b	I		0.80	29.6	9.5	3.1	0.33	5.8		112	53
28	B	b, c	III	0.55	0.58	31.6	10.2	3.1	0.30	4.4		112	108
29	B	b	III	0.43	0.20	25.8	11.0	2.3	0.21	5.9		160	46
30	C	b	III	0.37	0.84	14.8	6.5	2.3	0.35	6.0		154	103
31	C 岬の背後	b	III	4.20	1.70	5.1	4.0	1.3	0.32	7.8		154	50
32	C	o	0		12.00	8.4	4.6	1.8	0.40	6.5			
33	B 港内	b	I			10.5	3.5	3.0	0.85	4.0		170	0
34	B	a	V	6.49		3.2	1.0	3.2	3.20	3.0		153	27
35	E	b	I			10.6	3.9	2.7	0.69	3.6		66	97
36	E	b	I			129.5	19.5	6.6	0.34	4.4		66	96
37	E	b	I			10.6	3.9	2.7	0.70	4.1		66	0
38	C	a	V		4.18								
39	B	b, c	III	0.28	0.22	9.0	3.4	2.6	0.78	1.5		121	150
40	B	b	I		0.90	517.0	47.4	10.9	0.23	1.3		121	73
41	D 港内	b	I			8.8	4.2	2.1	0.50	1.7		121	0

・河口付近の海岸地形
 A：外海
 B：開放型湾の湾奥
 C：閉鎖型湾の湾奥
 D：開放型湾の側面
 E：閉鎖型湾の側面

・河口変動の種類
 a：完全閉鎖
 b：河口幅減少、河床高上昇
 c：移動
 o：変化なし

・河口変動の頻度
 I：数年に一度
 II：一年に数度
 III：時化の都度
 V：常時完全閉鎖
 0：変化なし

・海岸地形特性
 θ_a ：外海での開口角
 θ_b ：湾の開口角
 θ_c ：湾内での開口角