

導流堤方式の河口処理の現状と問題点

宇 多 高 明*・松 田 英 明**

1. ま え が き

外洋に面した海岸に流入する河川の河口では、高波浪時にはかなり強い波の作用を受けて河口砂州が発達する。この河口砂州は河道への波浪や塩水の遡上を防止する上では非常に効果的であるが、洪水時には洪水流の流下を阻害し、上流部の水位を上昇させて河口周辺部での水害の原因となる。一方、河口砂州の上流側では砂州が波浪に対するバリアーとなって静穏となるために漁港等に利用されてきている例も多く、この場合航路の安全確保が重要となる。このように河口部では各種様々な問題が発生する状況にある。

上述の種々の問題の解決の方策として広く使われてきたのは、導流堤と河道掘削である。舟運維持のためにはしばしば中導流堤と掘削が、そして治水問題の処理では兩岸導流堤と河道掘削の手法が用いられる。これらの方式は全国各地で行われているが、それぞれ利点と欠点を有しており、場合によってはある直面した問題の解決が、新たな問題をひき起こすこともある。そこで、本研究では波浪の作用が著しく、流量規模が大きく、さらに河口処理工の行われている11河川(表-1参照)を選んで、それらの実態を明らかにするとともに、それぞれを要約することにより各方式の利点・欠点について考察するものである。

2. 全国11河川の河口処理の実態

2.1 東北地方の河川(鳴瀬川、名取川、岩木川、最上川)

明治時代に野蒜築港が計画された鳴瀬川河口の深淺図を図-1に示す。右岸導流堤と中導流堤により河口が維持され、波浪侵入がうまく防止されている。左岸側から張り出している河口砂州は、河道内への後退も見られずほぼ安定しており、左岸側の砂丘背後にある北上運河も維持されている。鳴瀬川の流入する仙台湾北部沿岸では、全体として南西向きの沿岸漂砂が発達している(望月ほか, 1990)が、現況導流堤は河口で縮流した上、沿岸漂

砂の下手側へ向いて伸びていること、また沖合の岩礁背後で波がやや静穏な場所より流出していることが注目される。また、左岸導流堤隣接部の砂州高は1~2mであって、洪水時に砂州フラッシュが生じ易い条件になっている。しかし、砂州のフラッシュが生じるとしても、河口出発水位は砂州高(約2m)より約0.5mほど上昇することは避けられない。中導流堤と右岸導流堤は共に沿岸漂砂の卓越方向に対し下手側へと伸びているだけでなく、漂砂の上手側に位置する中導流堤の方が約140m長い。このため右岸導流堤の先端付近は卓越入射波に対してやや遮蔽された条件となっている。このことは舟運上はよい条件になっている。

図-2には名取川の深淺図を示す。河口の右岸側海浜(南側)では閑上漁港の新港が建設中である。現在では右岸導流堤と中導流堤(導流堤間幅約80m)があり、洪水時には中導流堤の左岸側の砂州がフラッシュされる。中導流堤は河口位置の固定と河口水深の維持の上で役立っているが、この場合も、洪水の流下能力の不足が問題となる。閑上漁港の防波堤の建設に伴う北向きの沿岸漂砂の阻止(宇多ほか, 1990)と河川からの流出土砂量の減少によって、左岸側の汀線は後退傾向にある。図-2に示すように砂州高は中導流堤より左岸側で1~3mと次第に高くなるため、小規模の洪水では砂州の全てがフラッシュされることはない。図-2に示す深淺図によると、河口の左岸側では-4mに非常に広い平坦面が広がっており、閑上漁港の南防波堤の南側での狭い等深線間隔と

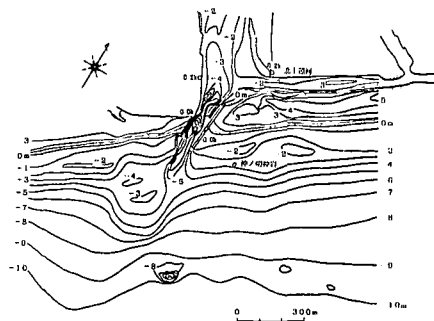


図-1 鳴瀬川河口部の深淺図(1989年11月25日)

* 正会員 工博 建設省土木研究所河川研究室長

** 日本建設コンサルタント株式会社

表-1 河口処理工を有する大河川の一覧

河 川 名		流 域 面 積 km ²	計 画 流 量 m ³ /s	平 均 年 最 大 流 量		朔望平均 満 潮 位 T.P. m	潮 差 m	低 水 路 河床勾配	河床材料 平均粒径 mm	低 水 路 粗度係数 現 況	現況河口形状		
				年数	T.P. m						河口幅 m	平均河床高 T.P. m	位置
東北	1: 鳴瀬川	7,130	5,100	683	10	0.930	1.100	1/3,000	0.5	0.028	80	(S.P.) -3.6	0.0
	2: 名取川	939	6,200	757	10	0.682	1.556	1/2,217	0.5	0.040	107	-4.6	-0.6
	3: 岩木川	2,540	3,900	555	5	0.452	0.468	1/12,109	15.0	0.035	165	-3.1	水戸口
	4: 最上川	7,040	8,000	3,460	7	0.610		1/3,395	0.5~1.0	0.025	400	-3.0	CS. 1
北陸	5: 手取川	809	5,000	1,035	16	0.410	0.420	1/700	5.0~6.0	0.033	60	-2.0	0.0
	6: 那珂川	3,270	6,700	1,918	10	0.580	1.400	1/3,300	0.2	0.020	204	-3.6	0.0
関東	7: 利根川	16,840	8,000	3,088	10	0.632	1.517	1/10,000	0.3	0.012	380	(Y. P.) -3.7	0.0
	8: 相模川	1,680	7,800	827	3	0.610		1/2,000	0.6	0.030	70	-6.7	0.0
近畿	9: 九頭竜川	2,930	9,200	1,620	27	0.450	0.510	1/2,200	0.8	0.025	240	-5.0	0.0
中国	10: 江の川	3,870	10,600	4,041	3	0.411		1/625	0.8	0.035	496	-3.0	0.0
四国	11: 渡川	2,270	16,400	4,240	10	0.755	1.935	1/1,800	9.5	0.030	130	-10.0	-0.5

よい対照をなす。この海岸では北向きの沿岸漂砂が卓越しており、そこに防波堤や導流堤などの不透過構造物が伸びていることを考慮すると、導流堤の北側の-4 mの平坦面は侵食されてきた侵食緩斜面と考えられる。また、右岸導流堤と中導流堤は海岸線と直角方向ではなく、約15°反時計回りの方向に傾いており、鳴瀬川河口と同様、導流堤の方向が卓越波の入射方向と逆側に傾いていることが特徴である。

図-3には岩木川の深浅図を示す。両岸に導流堤(導流堤の先端水深約4 m, 河口幅約165 m)が建設され、河口

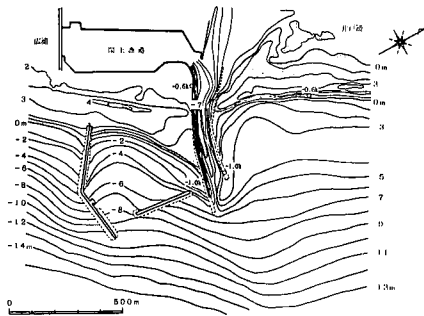


図-2 名取川河口部の深浅図 (1993年11月)

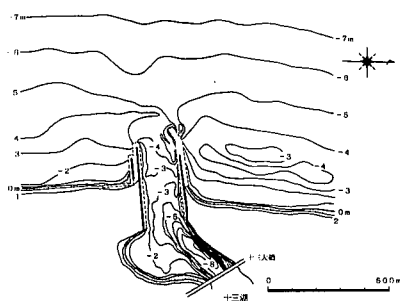


図-3 岩木川河口部の深浅図 (1992年9月)

る。また、北側海浜では沖合に-4 mの等深線で囲まれた深みがあるのに対し、南側海浜では同じ離岸距離の海底はずっと浅い。このことは少なくともこの測量時には北向きの沿岸漂砂が卓越していたことを明瞭に示している。岩木川の河口部は、潮位変動が小さい日本海側に位置するものの、湖面積20.6 km²を有する十三湖に続いており、入退潮時のフラッシュ効果は平水時においてもかなり大きい。河口はかなりうまく維持されている。

図-4は最上川河口部の深浅図である。河口北側には酒田港の防波堤が導流堤との兼用として大きく伸びている。河口部では、冬季風浪により閉塞、変動ともに著しかったが、右岸に酒田港の防波堤が建設されたあと河口位置はかなり安定した。しかし、その後も左岸側からの砂州の伸長が著しかったため、左岸側にも導流堤が施工された。これにより左岸方向からの砂州の伸長は抑制されたものの、砂州が河道内へ後退し、左岸導流堤末端の河岸侵食が顕著となった(西川ほか, 1990)。現在では左岸に沿って護岸が設置され、河口の維持が図られている。また、左岸導流堤の先端より約800 m上流には砂嘴が発達している。この砂嘴はもともとは左岸導流堤の上流側に隣接する河岸部分が削られ、その土砂が上流方向へ移

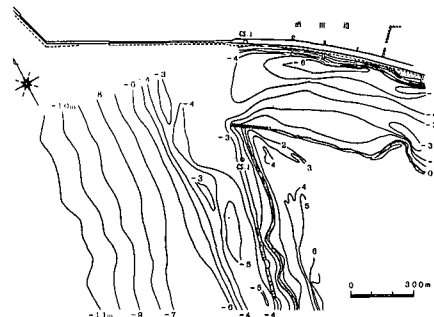


図-4 最上川河口部の深浅図 (1992年11月14日~15日)

閉塞の問題は解消されている。しかし、河口部は流下能力が不足している。左右岸の汀線は季節的に変動するものの、年間を通してほぼ安定している。図-3の深浅図によると、導流堤を挟んで南側の汀線が突出し、北側の汀線は凹状となっている。

動・堆積して形成されたものである。また、河口付近の河道は左に湾曲しており、右岸側に流れが集中するために、河岸に沿って-6mとかなりの局所洗掘が見られる。

宇多・山本(1994)によると、もともと最上川河口部付近では北向きの沿岸漂砂が卓越していた。したがって最上川の河口では北上する沿岸漂砂が堆積する条件にあり、また最上川の流出土砂も堆積しうる条件にある。それにもかかわらず河口部等深線の著しい突出が見られない点は、河川の流出土砂量が大きく減少していると同時に、海岸では離岸堤が建設されているため河口部まで到達しうる沿岸漂砂が減少していることを示している。

以上のように、左岸導流堤の施工によって河口維持が図られた反面、河道内への塩水の遡上の増大、波浪侵入による河口右岸側の河川護岸や河岸への影響が懸念される。また、最上川の河口部では全体に深くなったため、洪水疎通能力は向上したものの、河川堤防に沿って消波ブロックが並べられ、景観や環境条件が低下している。そして過去には最上川の流出土砂は周辺海浜を養ってきたが、近年ではそのような条件が失われたと考えられる。

2.2 北陸地方の河川(手取川)

手取川流域の上流部は、急峻な地形のため山地崩壊が著しく、かつては多量の土砂流出があった。しかし、近年においては砂利採取、砂防工事の進捗および本川上流の手取川ダムの完成(1980年)等により土砂流出量が減少し、河口砂州の河道内への後退が生じている。河口の右岸側のつけ根には美川漁港が位置する。この航路維持のため図-5の深浅図に示すように河道の一部(右岸寄り)が掘削されて深くなっている。また、右岸導流堤と中導流堤が建設され、航路維持が図られている。

2.3 関東地方の河川(那珂川, 利根川, 相模川)

那珂川の河口部は河口港として利用が盛んであったが、漁船の大型化に伴う航路水深の維持が困難となり、1971年に河口北側に外港が建設され、那珂川と那珂湊漁港は導流堤(防波堤)により分離され、図-6に示す現在の河口形状となった。航路維持のために設置されたカギ型の中導流堤は、航路維持自体の役目は終えているが、現在でも波浪侵入防止の上では役立っている。河口部には低地が広がっており、堤防高も高くないことから、洪水疎通の障害となるカギ型の中導流堤の撤去は、侵入波浪に対する堤防の安全度を下げってしまうことになる。洪水時は導流堤先端で流路幅が約100mに急縮されているため、流量規模が大きい場合には河積が不足し、河道内水位は著しく上昇する。洪水時の河積確保のためには、カギ型の中導流堤の撤去が考えられるが、当地区での卓越波向が東南東であり、波浪侵入に伴う河川構造物や河岸への影響が懸念される。また、洪水疎通を図るための

河積確保とその維持は、今後の懸案事項とされている。

図-7には利根川河口部の深浅図を示す。河口部は河床勾配が緩く、かつ大河川であるために潮位変動の影響が著しく、感潮区間は河口より70kmにまで及ぶ。そのため入退潮流量が大きく、河口堰建設以前の資料ではあるが、河川の固有流量 $50\text{ m}^3/\text{s}$ に対し河口部での入退潮流量が約 $1,500\text{ m}^3/\text{s}$ にも及ぶと言われている。また当地区は上流部(3.0~12.0km)の川幅約1kmに対し、下流部(0.0km)では約400mと著しい急縮形状を呈している。そのため河口部では縮流状態となり、入退潮流量によって平水時においてもかなりの流速が生じている。また、河口部直上流の河床材料は細砂およびシルトである

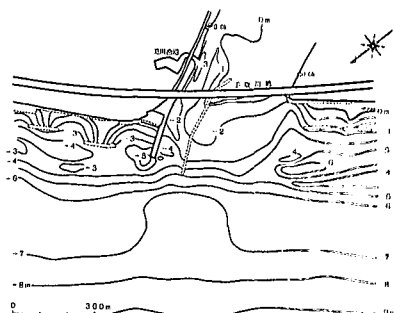


図-5 手取川河口部の深浅図(1993年3月5日~10日)

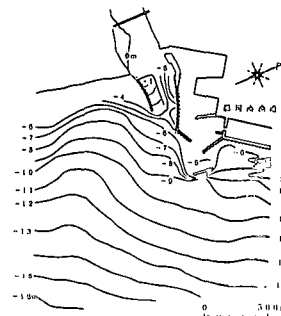


図-6 那珂川河口部の深浅図(1990年3月)

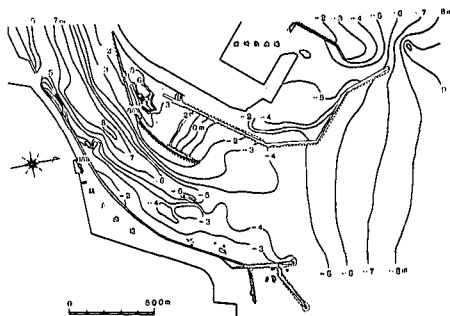


図-7 利根川河口部の深浅図(1993年3月)

のに対し、この河口狭窄部付近では分級作用により 10 mm 以上の砂利が存在する（須賀・浜谷，1971）。

図-8 には相模川河口部の深淺図を示す。砂州が東（左岸）側から西側に向かって延び、河口が閉塞された状態となっている。河口の右岸側には平塚漁港があり、航路維持のための中導流堤によって約 90 m の流路幅が維持されている。しかし、この中導流堤の基部は透過性であって、その部分を漂砂が通過して河道内方向へ砂州が伸長して航路をふさぐため、浚渫も行われている。特に近年は、浚渫により掘削された部分に砂州材料が落ち込み、砂州の規模が縮小し、かつ河口部付近の汀線が後退するとともに河口砂州が河道内に入り込む傾向となっている。砂州高は、T. P. +2~3 m 程度で左岸側から中導流堤に向かうにつれなだらかな勾配で低くなっている。洪水時には、流量の増加に伴う砂州開口部の断面積の拡大が追いつかないため、河道内水位は急激に上昇する。このため洪水疎通能力が低いという問題点がある。

2.4 近畿地方の河川（九頭竜川）

図-9 には九頭竜川河口部の深淺図を示す。かつて河口部の三国港は、多量の流出土砂により船舶の出入りに支障をきたしていた。そのため 1875 年にオランダ人のエッセル氏により改修計画を兼ねた河口口計画が樹立され、延長約 500 m に及ぶ捨石防波堤が施工された。現在の河口は、図-9 に示すように両岸に施工された導流堤により河口は維持されている。1967 年測量と測量時期が古いものの、右岸沿いにある三国港への航路維持を図るため最深で -12 m までの掘削が行われ、深部が右岸に沿って伸びていたことがわかる。

2.5 中国地方の河川（江の川）

図-10 には江の川の深淺図を示す。河口砂州は左右岸交互に発達していたが、1955 年~1968 年に左岸側に導流堤が施工され、砂州の形成は右岸側に固定された。さらにその後、右岸にも導流堤が施工され、河口閉塞はほぼ防止された。しかし侵入波浪が減衰する河道内上流の右岸側に小規模な砂州が形成されている。

江の川でも古くは図-10 で -2 m の等深線が張り出している部分で河口砂州が発達していたが、河道内での砂利採取と左岸側にある江津港への航路維持のための浚渫が広範に行われ、その結果河口砂州は上流側へ大きく移動した。また、河口導流堤の先端付近の水深は約 7 m と非常に深いから、導流堤の先端を回り込む漂砂移動はかなり難しくなっている。このことは波による導流堤内への堆砂が生じにくいと同時に、河川の流下土砂の周辺海岸への供給も難しくなっていることを意味する。

2.6 四国地方の河川（渡川）

渡川河口部の深淺図を図-11 に示す。河口部は閉塞が著しく、航路維持や浸水被害など様々な問題を抱えてい

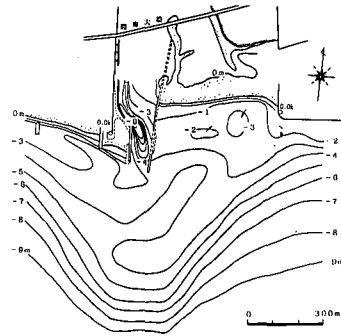


図-8 相模川河口部の深淺図（1991 年 8 月 26 日）

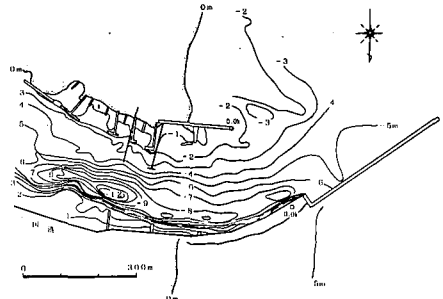


図-9 九頭竜川河口部の深淺図（1967 年 11 月）

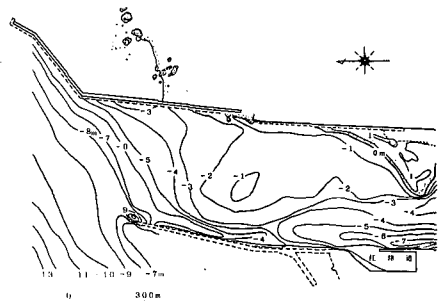


図-10 江の川河口部の深淺図（1993 年 6 月 16 日~17 日）

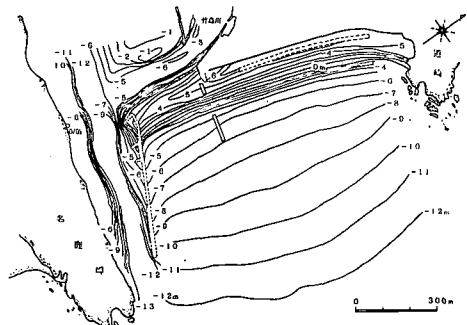


図-11 渡川河口部の深淺図（1987 年 2 月）

た。1964年に左岸に中導流堤が施工されて以来、右岸の自然導流堤の役目を果たす名鹿岬とともにその効果を発揮し、航路維持の面では良好な結果が得られている。しかし、治水上からは河積不足となっており、洪水時には本川に左岸側より流入する竹島川の流域で水害がくり返されてきた。現在、左岸側に河口港と分離するための導流堤兼用の防波堤の建設が始まっている。渡川の中導流堤も先端が絞られているため、河道は-10m以深と非常に深くなっている。このことから高波浪が作用する土佐湾に流入する河川でありながら河口維持の点から見るとこの中導流堤は非常に高い効果を有している。逆に言えば、防波堤の建設により河口幅が広げられても、河口砂州の発達を防ぐことは非常に困難であろう。

3. 考 察

前節で述べた11河川は、河川の規模は様々であるが、河口処理工は大きく2グループに分類される(表-2参照)。第1グループは中導流堤方式であり、対象11河川のうち6河川が属する。また第2グループは両岸導流堤方式であり、5河川が属する。表-1には各方式の利点、欠点も示しているが、中導流堤方式はもともと航路維持を目的として広く利用されてきている。河口砂州の存在を前提としているために、河道内への波浪や塩水侵入の防止を図る上でも有効であるが、洪水時には河口砂州がフラッシュされるまで河道内の水位が上昇することが問題となる。一方、河口砂州の背後には多くの場合干潟が形成されることから、河口部の生態環境の保護上も有効な方式である。砂州高は日本海側の河口では約2m、太平洋側では2~4mとなるので、これを上まわる河口出発水位を設定可能な場合には有効な方式である。

一方、両岸導流堤方式もかなり多くの河川で見られる。この方式の利点は、河口砂州がないことを前提としていることから、洪水疎通能力が高いことがあげられる。代りに、河道内が深くなることにより波浪侵入が著しくなることから、河岸からの越波やしぶきの発生がしばしば問題となり、これらの防止対策として例えば消波工の設置が必要となる。そしてこれらは景観の低下を招く。さらに塩水侵入も著しくなる点や、航路維持のために維持浚渫を常時行うことが必要とされることなども問題点として指摘される。

河口砂州が発達せず、河口部が深く掘削されている状況は、洪水対策上からは良好な条件と思われるが、河川からの流下土砂の周辺海岸への供給面、時に粗粒の土砂の供給面から見ると、土砂供給が非常に困難な状況にあることを意味している。したがってこのような条件をも

表-2 導流堤による河口処理方式の利点と欠点

河口処理の方式	具 体 例	利 点	欠 点
中導流堤	鳴瀬川、名取川、手取川、那珂川、相模川、渡川	航路維持の確保*、河口の固定、塩水遡上の防止、波浪侵入の防止、河口部干潟の保認	洪水疎通能力の低下
両岸導流堤	岩木川、最上川、利根川、九頭竜川、江の川	洪水疎通能力の向上、航路維持の確保**、河口部干潟の喪失	塩水遡上、波浪侵入、管官の低下、河川流出土砂の海岸への供給困難

*小流量でも水深の維持が可能 **維持浚渫が必要

つ河口の周辺海岸では侵食が進むことになる。このことから考えても砂州の存在を許した河道計画が望ましいと考える。従来の河川計画では洪水処理を優先させることから両岸導流堤がしばしば計画・実施されてきたが、実際には洪水処理のみを考えただけではかなり多くの別の問題点が残されてしまうことから、河口部河道で水位に余裕が取れる場合にはできうる限り河口砂州の存在を前提とした河川計画を立案し、計画水位をいかにしても低下させなければならない場合にのみ両岸導流堤方式とすることが望ましいと考える。その意味では河口処理においては従来のように洪水疎通能力のみではなく、他の幅広い視野に立った検討を行うべきであろう。

4. あとがき

外海に面し、高波浪の作用を受ける大河川の河口処理工を、中導流堤方式と両岸導流堤方式とに区別し、それぞれの方式の利点・欠点の比較研究を行った。前者の方式は舟運確保の上で、また後者は洪水疎通能力の確保の上で有効であるが、これらはいずれも船舶または洪水流が河口を安全に通過しうる断面形状を確保するという視点からの見方である。しかしながら、実際には河口を通じて土砂移動が行われていることから、河口の形態だけの議論だけでなくスムーズな土砂移動の確保という面からの最適形状についても十分な研究が必要と考える。

参 考 文 献

- 宇多高明・小俣 篤・峯松麻成 (1990): 仙台湾沿岸における砂浜消失の危機, 海岸工学論文集, 第37巻, pp. 479-483.
- 宇多高明・山本幸次 (1994): 山形県沿岸における大規模地形変化, 土木技術資料, Vol. 36, No. 5, pp. 54-59.
- 須賀寛三・浜谷武治 (1971): 利根川河口特性に関する二、三の考察, 第26回年譜講演集, pp. 119-122.
- 西川廣和・佐々木 充・前川勝郎・宇多高明・国松広司 (1990): 最上川河口砂州の変形機構について, 海岸工学論文集, 第37巻, pp. 374-378.
- 望月倫也・宇多高明・大類光男・大谷靖郎 (1990): 仙台湾北部沿岸の海浜変形の実態, 海岸工学論文集, 第37巻, pp. 364-368.