





川でも平水時に十分に大きな河口流水断面積を有する河川では砂州形成に伴う流水断面積の減少が問題にならない場合もあることが考えられる。

図-2は河状係数と平水時の河口流水断面積の関係を示す。図-2より、河状係数が700以下の手取川、阿武隈川、雄物川、天竜川、最上川、北上川、阿賀野川では砂州が形成されているが、これらの河川は手取川を除くと平水時の河口流水断面積が100m<sup>2</sup>以上と比較的大きい。また、河状係数が700以上の河川のうち、安倍川、富士川、大井川、黒部川、天神川では砂州が形成されているが、これらの河川の河床勾配は急である。いずれも治水上大きな問題は生じていないものと考えられる。

3. 河口砂州の崩壊形態に関わる要因について

(1) 河口処理工の設置状況

表-3は、河口砂州を有する河川で、出水によって砂州の崩壊が生ずる場合の主な崩壊形態を示した。ただし、これらの情報は、1995年時点におけるものである。

まず、対象42河川の中で、砂州地形が洪水によってフラッシュされる時、その崩壊過程が河口処理工によってどのように影響されるかを調べた。河口砂州の崩壊形態には主に側岸侵食、越流崩壊、河床洗掘がある。

ここで、側岸侵食とは流量の増加に伴って河積の側岸が徐々に侵食され河積が拡大する変形であり、越流崩壊とは河積拡大が流量増加に追いつかず砂州上を越流すると同時にその流れにともなって砂州がフラッシュされる変形である。また、河床洗掘とは河川流により底面が侵食され、流水断面積が増加する形態である。同じ河川においても、当然河口砂州形状、洪水流量、ハイドログラフの時間スケールによって異なった形態の砂州崩壊が生じ、時としてこの3つが、あるいは2つが重合して生じ

ていることが現地河口の調査から得られた知見である。表-3の崩壊形態は、それぞれの河川で頻繁に発生する砂州の崩壊形態を示した。

中導流堤は通水能の確保や河口水深の確保といった目的で設置される。中導流堤が設置されている鳴瀬川、名取川、相模川、手取川、渡川、大淀川では越流崩壊形態を有する。

(2) 砂州高と洪水流量増加率

つぎに、河口砂州の崩壊形態と砂州の諸元(砂州高)、断面積、洪水流量との関係を検討した。砂州が形成されている場合は砂州地形が洪水流の通水能に対する抵抗力となり、洪水に伴う河川流量の増加分を通水するために変形する。したがって、砂州形状と洪水流量増加率によって洪水時の砂州崩壊形態が大きく異なることが予想される。そこで、河川流量のデータが整備されている1級河川のうち、洪水時の流量データと砂州フラッシュ状況のデータが取得されている河川を対象とし、洪水時の流量増加率と最大砂州高が河口砂州の崩壊形態とどのような関係にあるかを調べた。対象とした流量増加率は1986年-1995年の間に生じた比較的顕著な洪水を選び、その平均値とした。

図-3は砂州崩壊形態と最大砂州高と流量増加率の関係を示したものである。

越流崩壊を呈する河川では流量増加率が400-4,000(m<sup>3</sup>/s/day)、砂州高が1-5mを有し、側岸侵食を呈する河川では流量増加率が100-2,000(m<sup>3</sup>/s/day)、砂州高が1-4mの範囲である。渡川では砂州高が5mと高いが、流量増加率が3,000(m<sup>3</sup>/s/day)と大きいことから越流崩壊が起こる出現率が高いと思われる。大淀川では砂州高が1m前後とやや低いとともに流量増加率が1,300(m<sup>3</sup>/s/day)と高いことから越流崩壊が典型的に生じる。

表-3 河口処理工と主な砂州崩壊形態

河口処理工	主な砂州崩壊形態	河川
片側導流堤	側岸侵食	仁淀川
	河床洗掘	鈴鹿川、五ヶ瀬川
両岸導流堤	側岸侵食	天神川、日野川
	河床洗掘	最上川、江の川
片側導流堤+中導流堤	越流崩壊	鳴瀬川、名取川、相模川、手取川、渡川、大淀川
	河床洗掘	橋本川
防波堤が導流堤の役割	越流崩壊	米代川
周辺地形が導流堤の役割	側岸侵食	北上川
水制	越流崩壊	阿武隈川
片側導流堤+片側防波堤	河床洗掘	関川
支川導流堤	側岸侵食	荒川
なし	側岸侵食	雄物川、富士川、阿賀野川、黒部川、安倍川、大井川、天竜川、熊野川、男里川、肱川、物部川
	越流崩壊	由良川

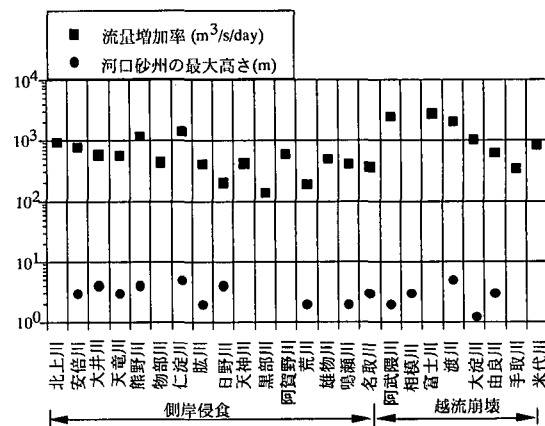


図-3 砂州崩壊形態と最大砂州高・流量増加率の関係

また、熊野川では流量増加率が1,200 (m<sup>3</sup>/s/day) と大きい砂州高が4 mと高いことから側岸侵食が主たる崩壊形態となる。荒川、天竜川、日野川では流量増加率が1,000 (m<sup>3</sup>/s/day) 以下であり、砂州高が2-4 mと高いため側岸侵食が典型的な崩壊形態である。

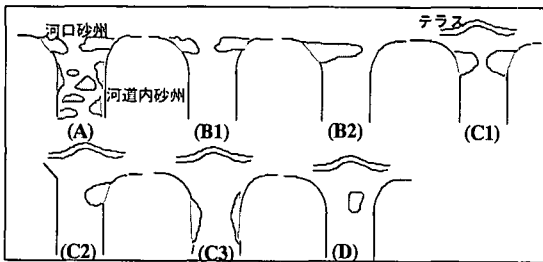
#### 4. 河口地形のタイプ分けと各タイプの出現領域

##### (1) 自然状態の河口について

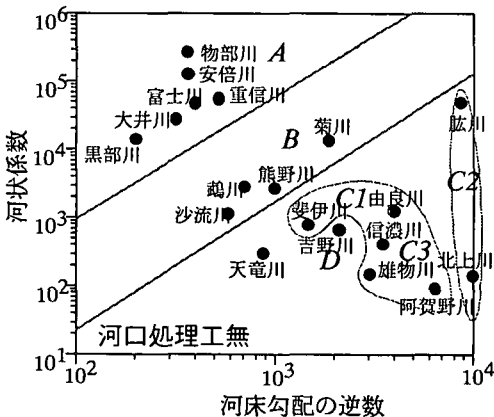
図-4(a) は調査対象 42 河川のうち、河口処理工が設置されていない自然状態の河口において河道内、河口地形、河口前面テラス地形の平均的な様子を模式的にタイプ分けを行ったもので、(b) は河状係数と河床勾配によってその出現領域を示す。

タイプ A は河口部付近の河道内に多列砂州が形成され、河口にも砂州が存在するが河口テラスは明確ではない河川である。これらの河川の河状係数は10<sup>4</sup>以上のオーダーを持ち、河床勾配も1/600以上の急流河川である。ただし、天竜川では河状係数が小さいにもかかわらずタイプ A に分類されるが、その原因は平水時の流水断面積が大きいことによるものと考えられる (図-2)。

タイプ B は河口付近の河道内には砂州が存在せず河



(a) 河口地形の分類



(b) 河口地形出現領域

図-4 自然河口地形の分類と出現領域

口にのみ砂州が存在し、河口テラスは明確ではない河川で、入射波の波向により両岸に砂州が存在する場合と片岸のみに砂州が存在する場合に分かれる。これらの河川の河状係数は10<sup>2</sup>以上で、河床勾配は1/800-1/2,000の間にある。

タイプ C は河口テラスと河口砂州が存在する河川で、河口の条件と入射波特性により両岸砂州 (C1)、片岸砂州 (C2)、河道内砂州 (C3) に細分される。これらの河川は河状係数が小さいかあるいは河床勾配が緩勾配かのいずれかである。タイプ D は河口テラスが存在し、単列の河道内砂州が水面上に露出している河川である。

自然状態の河口におけるそれぞれの地形の出現領域は図-4(b) に示すように河状係数と河床勾配によって区分できた。すなわち、土砂生産量が多く、河状係数が大きいにもかかわらず河床勾配が急で、大きな河口問題は発生していないグループ A、河状係数と河床勾配が中程度で時として河口問題が発生するグループ B および河床勾配が緩やかで、河口問題が顕著に現れているグループ C、D である。

##### (2) 河口処理工既設置の河口について

調査対象 42 河川のうち、河口処理工などの構造物が設置されている河口周辺地形は、中導流堤および導流堤の有無により図-5 に示す E~G に大別される。

タイプ E1-E4 は河口片岸の導流堤と中導流堤が設置され、河口砂州の発達を許しながら、河積確保、河口水深の維持、河口閉塞の防止をはかろうとする河川である。鳴瀬川 (E1)、名取川、手取川、最上川、荒川 (E2)、相模川 (E3)、天神川、日野川 (E4) がこのグループに属する。

タイプ F1-F4 は河口両岸導流堤、あるいは防波堤が導流堤の役割をし、河口砂州の発達が大规模ではない河川である。渡川、大淀川、橋本川 (F1)、江の川 (F2)、那賀川 (F3)、関川、五ヶ瀬川 (F4) が分類される。

タイプ G1-G3 は片岸だけに導流堤、水制、防波堤など

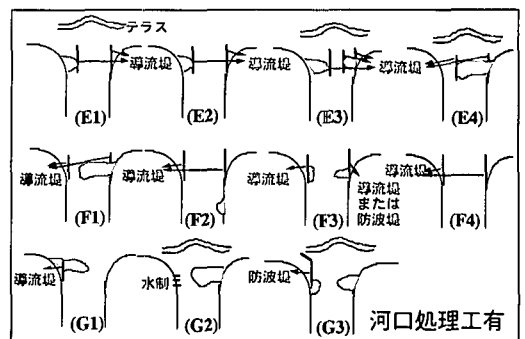


図-5 河口処理工のある河口周辺地形の分類

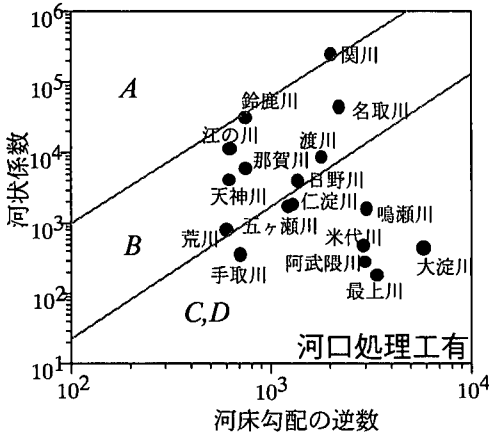


図-6 河口処理工を有する河口地形の出現領域

の構造物が設置され、河口砂州の発達が良いタイプである。仁淀川 (G1)、阿武隈川 (G2)、米代川、男里川、鈴鹿川 (G3) である。

図-6は、すでに何らかの河口処理工が施工されている河川の河床勾配と河状係数の関係を示したものである。図中の破線で区分された領域は、図-4に示した自然河口の地形分類に対応する。

河口処理工が設置されている河川は比較的緩勾配河川であり、そのほとんどが自然河口の分類でB、CおよびDに分類される領域にあることが分かる。

### 5. おわりに

本研究で得られた主な結果をまとめる。

1) 調査対象とした42河川の中で河状係数が算定できた37河川のうち、河状係数が1,000以上となる河川は24河川あり、そのほとんどに河道内砂州、あるいは河口砂州が形成されている。

2) 自然状態の河口地形タイプは4つに分類できた。また、それぞれの地形の出現領域は河状係数と河床勾配によって区分された。河状係数が大きいとともに土砂生産量も多いにもかかわらず河床勾配が急で、大きな河口問題は発生していないグループA、河状係数と河床勾配が中程度で、時として河口問題が発生するグループB、お

よび河床勾配が緩やかで、河口問題が顕著に現れているグループC、Dである。

3) 河口処理工が存在する河川について、自然河口と同様の河状係数と河床勾配の関係を調べた結果、河口処理工が施工されている河川は、比較的緩勾配河川で、そのほとんどが自然河口のグループB、CおよびDに分類される領域にある。

4) 自然河口の砂州の崩壊形態(越流崩壊、側岸侵食、河床洗掘)は、洪水時の流量増加率、出水前の砂州高に依存する。通常は側岸侵食が卓越するが、洪水時の流量増加率が大きい場合には、越流崩壊が生ずる場合もある。河口処理工が既設の河口で、河状係数1,000以下の河川では、濁水流量が波による砂州伸張を抑制する流量として作用することから、大きな問題は生じていない。河口処理工のうち、中導流堤は砂州の発達を許容しながら河積と河口水深の確保を目的としたもので、砂州のフラッシュに効果的に作用する。

### 参考文献

宇多高明・松田英明・山形 宙 (1996): 全国17河川のデータによる河口砂州形状のタイプ分類, 海岸工学論文集, 43巻, pp. 596-600.  
 宇多高明・高橋 晃・松田英明 (1994): 河口地形特性と河口処理の全国実態, 土研資料第3281号, 123p.  
 運輸省第三港湾建設局関西国際空港調査室 (1979): 大阪湾南部海岸性状調査報告書 (昭53年度報告書), p. 952.  
 建設省河川局編 (1986-1995): 流量年報.  
 建設省河川局編 (1986-1995): 海岸統計.  
 佐々木隆士・宇多高明・刀彌 賢・菅原信雄・海野 仁 (1987): 洪水流による河口砂州のフラッシュ観測, 第34回海岸工学講演会論文集, pp. 327-331.  
 千 受京 (1998): 沿岸域の土砂収支に着目した河口砂州の形成・崩壊機構に関する研究, 大阪大学博士学位論文, pp. 28-82.  
 出口一郎・千 受京・石川裕夏・小野正順 (1997): 由良川河口周辺地形の変動に及ぼす河川流量の影響について, 海岸工学論文集, 第44巻, pp. 561-565.  
 土木学会編 (1989): 土木工学ハンドブック, II巻, 34編(河川), 技報堂出版, pp. 1799-1804.  
 日本河川協会(社)編 (1986-1995): 河川便覧.  
 村田 守 (1990): 河川, 1990年4号, pp. 23-25.  
 室田明編著 (1991): 河川工学, 技報堂出版, p. 318.