

洪水時の河口砂州崩壊とその回復過程

渡辺一也*・Nguyen Trong Tu**・田中 仁***

河口部では様々な外力が作用するため地形変化が著しく変化することがある。そのような理由から河口部の地形を把握しておくことは重要である。その中でも、特に砂州周辺で発達する砂州は河口管理に対して与える影響が大きいものとなる。河口部における砂州は平常時においては波浪・塩水の河道内遡上を妨げることから、その存在が全面的に否定されるものではない。ただし、砂州の存在を河川計画において合理的に位置づけるためには、その特性について定量的に評価する必要がある。本研究では、一級河川名取川における左岸砂州のフラッシュに注目しその特性について検討した。

1. はじめに

我が国と海外の河川との相違を示すとき、前者における河状係数の大きさを示すことがある。河口維持を考える際、我が国の河川における河状係数の高さは平常時における河口維持の困難さを物語っている。このため、河口砂州の存在を容認し、河口導流堤を中導流堤として設置することにより、洪水時における河口砂州フラッシュを前提とした河口維持がなされることがある。宇多・松田 (1995) はそれ以外の河口維持法も含めて、全国規模で河口維持の課題・問題点を報告している。平常時の河口砂州は波浪・塩水の河道内遡上を妨げることから、その存在が全面的に否定されるものではない。ただし、その存在を河道計画において合理的に位置づけるためには、①洪水時のせき上げ水位の高さ、②フラッシュ開始のタイミング、③フラッシュ完了に要する時間、④その後の砂州回復過程、⑤平衡砂州高さ、などが定量的に評価されなければならない。このうち、①、②、③に関して著者の一人は、一級河川・名取川を対象として平面二次元モデルによる詳細な検討を行っている (桑原ら, 1995; 桑原・田中, 1996)。また、⑤に関しても室内実験と現地調査をもとに簡便な評価手法を提案した (和田・田中, 1997; 和田ら, 1998)。したがって、上記 5つのプロセスのうち、④に関する知見がこれまでに十分には蓄積されていない。

そこで、本研究においては名取川を対象として、洪水後の河口砂州の回復過程について現地における調査結果について検討した。

2. 名取川の概要と現地資料

写真-1 に本研究の調査対象である名取川の概要を示す。名取川は宮城県のほぼ中央に位置し、水源を宮城・

山形県境に発し、広瀬川等の支川と合流して名取市閤上において太平洋に注ぐ一級河川である。流域面積は 938.9 km²、幹川流路延長は 55.0 km である。

名取川においては 1986 年、1989 年および 2002 年の三度の洪水時に砂州フラッシュに関して詳細な現地資料が得られている。このうち、1986 年および 1989 年については空中写真の撮影が行われている。2002 年のフラッシュについては、洪水後、写真-1 に示す四角の領域において詳細な地形測量が行われた。

ここではこれら三つの出水イベントについて示すとともに、この時の河口地形の変化、その後の回復過程に関する現地資料を紹介する。また、他の河川におけるフラッシュ現象との比較により、名取川における河口砂州回復過程の特徴を明らかにする。



写真-1 実測領域

3. 1986 年 8 月の河口砂州フラッシュとその回復過程

1986 年 8 月の台風 10 号による出水は名取川河口砂州崩壊をもたらし、左岸砂州が約 100 m にわたってフラッシュされた。そのときの河口水位・ハイドログラフを、潮

* 学生会員 修(工) 東北大学大学院 工学研究科土木工学専攻
** 学生会員 M.Eng 東北大学大学院 工学研究科土木工学専攻
*** フェロー 工博 東北大学教授 工学研究科土木工学専攻

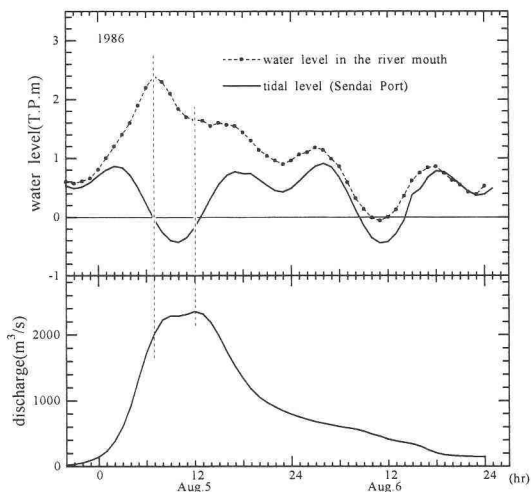


図-1 実測水位と河川流量との関係 (1986年8月5-6日)

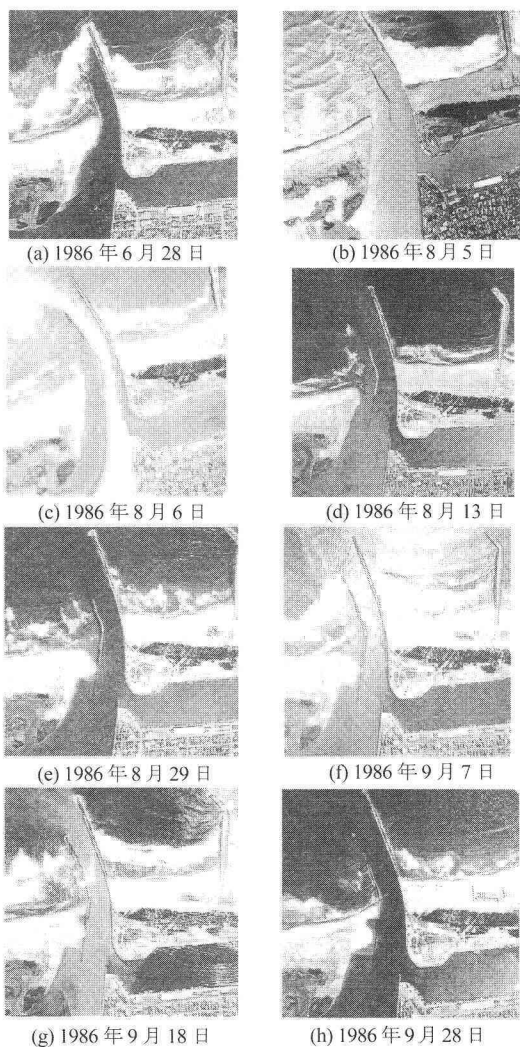


写真-2 砂州フラッシュと回復過程 (1986年)

位変動とともに図-1に示す。

図-1より、流量ピークに先行して5時間前に河口水位のピークが見られ、この時点ですでに河口砂州のフラッシュが始まっていたことが分かる。現地調査によれば、名取川河口砂州の高さはほぼ2.5 m程度(和田・田中, 1997)であり、河口部の最高水位もほぼこれに等しい値となっている。なお、この時の出水を対象とした河口砂州フラッシュの平面二次元計算が桑原ら(1995)により行われている。写真-2にこの洪水前後の河口地形を示した。写真-2(a)は6月28日に撮影された洪水前の地形である。ここに見られるように、通常は左岸砂州が伸長して左岸導流堤に接しており、流れは導流堤間を通じて海に注いでいる。8月5日の出水により左岸側の砂州がフラッシュされ、新たな水路が形成されている写真-2(b)。写真-2(c)は写真-2(b)の翌日であり、地形に変化は見られない。右岸からは広浦を通じて支川増田川が注ぎ、左岸からは井戸浦を通じて貞山運河からの排水が流入している。これら支川からの流れの色は本川のそれと異なり、それぞれの流れの境界が明瞭である。写真-2(d)では左岸側海浜から河道内への砂の押し込みが見られる。ただ、かつての砂州をフラッシュして形成された水路は依然存在している。写真-2(e)で砂州はさらに河口内へ押し込まれる。その先端はほぼ導流堤に達しているものの、海側の水際線は写真-2(a)のフラッシュ前ほどは回復していない。写真-2(f)も写真-2(e)から大きくは変わっていない。写真-2(g)に到って、汀線はフラッシュの形状まで回復し、写真-2(h)においてもほぼ同様な地形を示している。

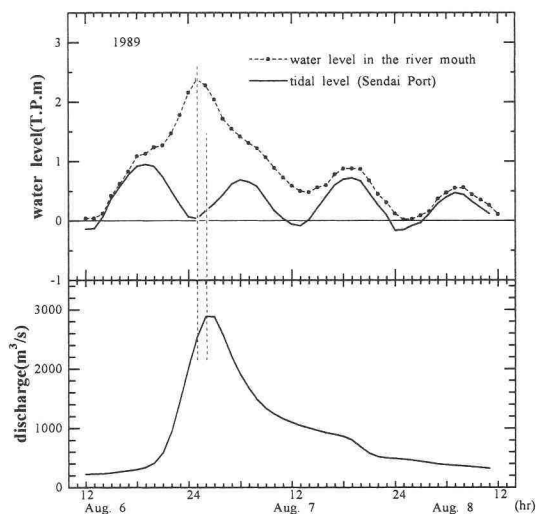
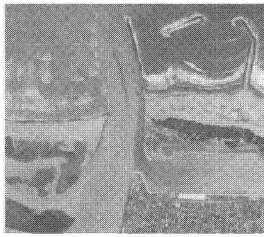


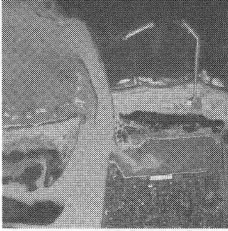
図-2 実測水位と河川流量との関係 (1989年8月6-8日)



(a) 1989年7月5日



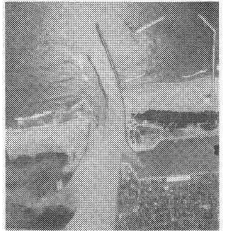
(b) 1989年8月7日



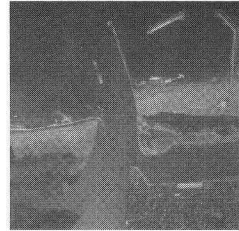
(c) 1989年8月9日



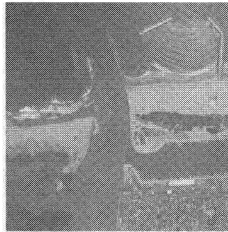
(d) 1989年8月11日



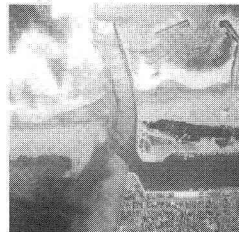
(e) 1989年8月12日



(f) 1989年8月13日



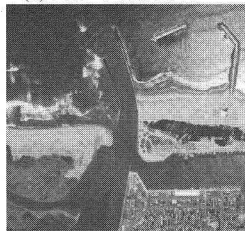
(g) 1989年8月14日



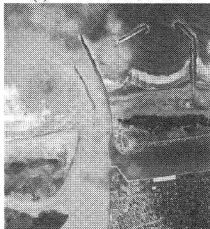
(h) 1989年8月16日



(i) 1989年8月17日



(j) 1989年8月18日



(k) 1989年8月28日

写真-3 砂州フラッシュと回復過程 (1989年)

4. 1989年8月の河口砂州フラッシュとその回復過程

1989年8月にも名取川河口において砂州フラッシュが観察された。そのときの河口水位・ハイドログラフを、潮位変動とともに図-2に示す。

先に示した1986年の時と同様に、図-2では流量ピークに先行して河口水位のピークが発現している。なお、桑原・田中(1996)により、この洪水時の河口砂州フラッシュの数値計算が行われている。

写真-3にこの洪水前後の河口地形を示した。写真-3(a)は7月5日に撮影された洪水前の地形である。ハレーションにより一部不鮮明な部分もあるが、写真-2(a)と同様に左岸砂州は左岸導流堤に接していることが確認される。8月6日から7日にかけての出水により砂州がフラッシュされ、写真-3(b)に見られるように砂州上に新たな水路が形成された。写真-3(c)は写真-3(b)からわずか2日後であるが、すでに左岸からの砂州の成長が見られる。写真-3(d)、写真-3(e)において砂州はさらに成長し河口内へ押し込まれている。写真-3(f)、写真-3(g)の状態は、1986年の出水の際に見られた写真-2(d)の地形にほぼ対応している。その後、写真-3(h)で砂州は沿岸方向への成長に転じ、写真-3(i)において砂州の先端は左岸導流堤に達している。この地形は写真-2(e)、写真-2(f)に相当する段階と判断される。写真-3(j)の地形は写真-3(i)から大きな変化は無い。その後、砂州地形が洪水前の地形に回復する前に、再びフラッシュが生じた(写真-3(k))

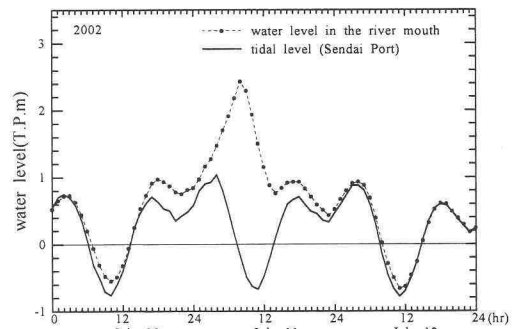


図-3 実測水位と潮位 (2002年)

5. 2002年7月の河口砂州フラッシュとその回復過程

2002年7月の河口砂州フラッシュは台風6号による出水によりもたらされた。この台風では、7月10、11日の2日間で231.5 mmの降水(仙台観測所)があり、左岸

導流堤に沿う形で河口砂州フラッシュが発生した。名取川河口水位・仙台港潮位変動を図-3に示す。

図-4に地形測量から得られた等高線図を示す。洪水後初期の段階においては砂州先端部で、海側へ突起した土砂の堆積が認められる。これは、図-6に見られる宇多・松田(1995)によって報告されているように、沖の河口テラスの前縁に沿って戻った土砂堆積によるものと考えられる。時間の経過と共に波浪の影響によって、砂州先端部の海側で堆積した土砂が川側へと押し込まれる形で砂州が発達していく様子が分かる。図-4(e)では砂州の先端が導流堤に達し、その後、越波により砂はさらに両導流堤間の河道内にまで押し込まれ、ほぼ出水前の地形に戻ったものと判断される。

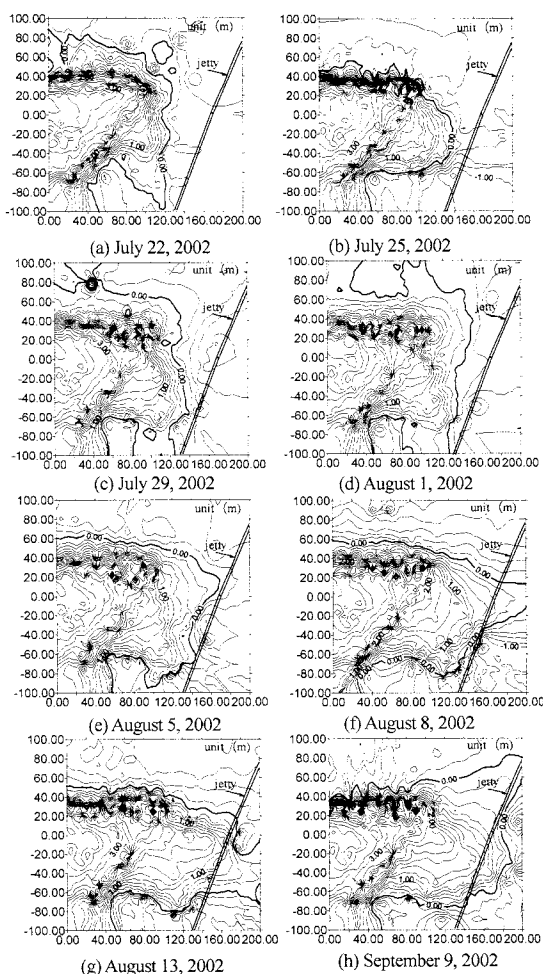


図-4 砂州フラッシュと回復過程 (2002年)

6. 砂州回復の所要時間

以上の三度の出水後に見られた回復途上の砂州形状に

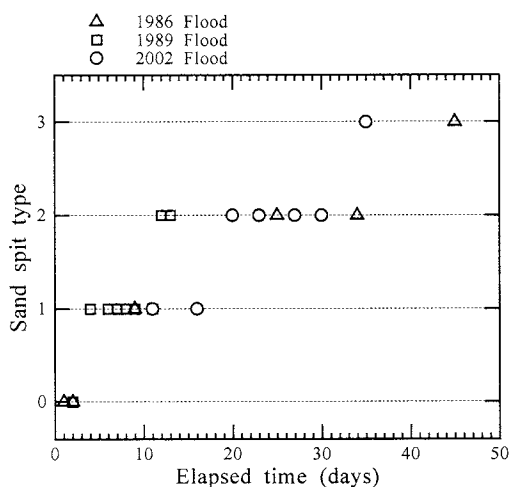


図-5 名取川河口における砂州回復過程の形状

は共通した形状が見られる。そこで、これらを次の4つに分類した。

- ・ Type 0 : 出水によりフラッシュされた直後で、砂州の回復が全く見られないもの (例: 写真-2(a)).
- ・ Type 1 : 砂州の回復が見られるものの、砂州先端が左岸導流堤に達していない状態 (例: 写真-2(d)).
- ・ Type 2 : 砂州先端が導流堤に達しているものの、海側汀線が岸側に湾曲し、完全には回復していない状態 (例: 写真-2(e)).
- ・ Type 3 : フラッシュ前と同様な砂州形状に回復した状態 (例: 写真-2(g)).

次に、上記の三つの出水イベントについて、すべての砂州地形を上記の分類し、経過日数に伴う Type の変化を調べた。その結果を図-5に示す。

1989年には、フラッシュ以前の状態までの回復が見ら

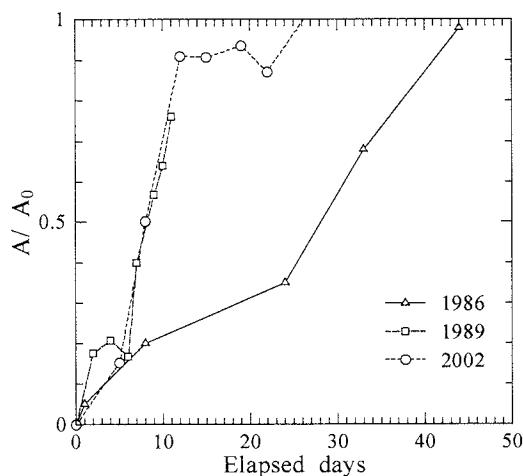


図-6 名取川河口における砂州回復過程

れないうちに次のフラッシュが生じたため、Type 3 に到っていない。1986年および2002年の資料より、名取川において河口砂州が回復するまでに約1ヶ月から1.5ヶ月を要していると判断することが出来る。

さらに、3つの洪水後の地形変化データに関して、フラッシュ後の左岸砂州面積の変化過程を調べた。その結果を、図-6に示す。ここで A_0 はフラッシュ前の面積である。ここで、1989年と2002年の2つの出水に注目すると、ほぼ同様な過程を経てフラッシュ前の面積 A_0 に回復している。これに対して、1986年には砂州回復が遅く、一月以上の時間を要している。波浪データの解析の結果、1986年の波浪は汀線にほぼ直角に入射し、沿岸成分の波浪エネルギーが微弱であり、波浪特性に対応した回復過程であることが判明した。

さらに、他河川に注目すると、既往の研究において、田中(1995)は七北田川ではフラッシュ後、2週間で砂州が回復する事を確認している。阿武隈川では、佐藤ら(1990)により2ヶ月から1年で回復することが明らかになっている。本研究により名取川河口部では、およそ1ヶ月から1.5ヶ月でフラッシュした砂州が導流堤部まで回復することが確認された。この様に、河口砂州の回復時間は河川規模に依存した特性を示している。

7. おわりに

本研究においては、一級河川・名取川における河口砂州フラッシュに関する報告を行った。まず、1986年、1989年および2002年の三度にわたる河口砂州フラッシュの状況を空中写真や砂州地形測量結果に基づいて示し、その回復過程、回復に要する時間に関して、これら三つの出水イベントでの共通性を抽出した。また、河川規模の異なる河口でのフラッシュ現象とのタイムスケールの相違を示した。

河口砂州を有する河川において、砂州による波浪や塩水の遡上阻止効果を積極的に利用し、構造物によらない河口維持の事例が今後増加するものと予想される。その

ような河道計画においては、洪水後の速やかな河口砂州地形回復が担保されていることが求められる。現地における河口砂州の回復過程を詳細に調べた事例は稀であり、本研究に示された名取川および他の河川の報告は、河口砂州の存在を前提とした河道計画の立案に際して大いに参考になるものである。

謝辞：本研究を行うに際し、国土交通省東北地方整備局仙台河川国道事務所には貴重な現地資料の提供頂くとともに、現地調査に当たって便宜を図って頂いた。また、本研究に対して日本学術振興会科学研究費(基盤研究(B))、代表：東北大学大学院・真野明教授、No.17360230)の補助を得た。ここに記して心より謝意を表する。

参考文献

- 宇多高明・松田英明(1995)：雄物川河口に見る河口沖テラスと河口砂州の形成・消失の相互関係，海岸工学論文集，第42巻，pp. 566-570.
- 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，土木研究所資料，第3281号，p. 123.
- 桑原直樹・田中 仁・佐藤勝弘・首藤伸夫(1995)：洪水時における河口地形変化の数値計算－格子間隔，浮遊砂，二次流の効果について－，海岸工学論文集，第42巻，pp. 596-600.
- 桑原直樹・田中 仁・佐藤勝弘・首藤伸夫(1996)：洪水による河口堆積土砂侵食過程の数値シミュレーション，水工学論文集，第40巻，pp. 953-958.
- 桑原直樹・田中 仁(1996)：洪水時の河口砂州フラッシュ現象に対する砂州高さ・潮位変動の影響に関する研究，海岸工学論文集，第43巻，pp. 631-635.
- 佐藤道生・岩瀬 巧・長尾昌朋・沢本正樹(1990)：1989年8月出水による阿武隈川河口砂州変形調査，海岸工学論文集，第37巻，pp. 339-343.
- 田中 仁(1995)：七北田川において観測された中小河川特有の河口現象，土木学会論文集，第509号/II-30，pp. 169-181.
- 和田尚大・田中 仁(1997)：河口砂州の現地調査と平衡高さ算定式の提案，海岸工学論文集，第44巻，pp. 596-600.
- 和田尚大・田中 仁・山路弘人(1998)：河口砂州形状の算定式に関する研究，海岸工学論文集，第45巻，pp. 596-600.