

七北田川の河口閉塞と河口砂州フラッシュ

Field Measurements of Topography Change
at The Nanakita River Mouth

田 中 仁*

By Hitoshi TANAKA

Field measurements have been carried out at the mouth of the Nanakita River which flows into the Pacific Ocean. Since 1988, the river mouth was closed twice, owing to high seas. The wave incident direction was important as well as the wave height and period. The onshore sediment transport was more effective than the longshore sediment transport. The sand spit at the mouth was also flushed twice by floods. At the initial stage of floods, river water overflows with a depth of several ten centimeters, and the flushing was completed within 3 to 4 hours.

Key words: river mouth closure, sand transport by waves, flushing of sand spit

1. はじめに

河口閉塞や河口砂州崩壊のような河口地形の急激的な変化は、高波浪・大出水等の突発的な外力の来襲によって生じる。このため、その発生のプロセスを現地において観測することは困難であり、報告例も少ない。このうち、砂州崩壊現象については澤本・首藤・谷口¹⁾が阿武隈川を対象とした継続的な観測結果をもとに、砂の回帰過程をも含めた実測結果を報告している。一方、河口完全閉塞についてはそのプロセスの詳細を観測した例は見あたらないようである。

著者はこの2年間にわたり仙台市近郊を流れる二級河川・七北田川を対象として、河口平面地形・最狭部横断形状・各種水理特性について詳細な調査を継続的に行ってきた²⁾。この調査期間中、河口閉塞現象および河口砂州のフラッシュ現象をそれぞれ二度観測することができたので、ここに報告する。

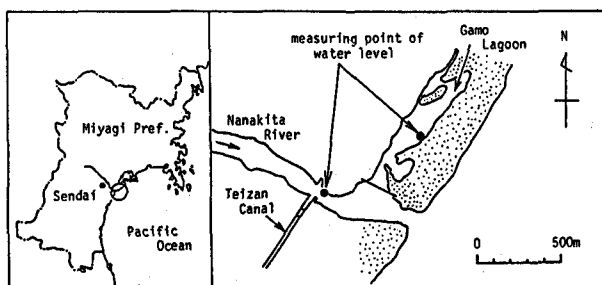


図-1 七北田川の位置と河口地形。

2. 実測対象河川の概要と実測内容

* 正会員 工博 東北大学工学部助教授 土木工学科
(〒980 仙台市青葉区荒巻字青葉)

観測対象の七北田川は、流域面積229.1km²、幹川流路延長45kmの二級河川であり、計画高水流量は1,650 m³/secである。河口地形の概要を図-1に示す。

仙台湾においては通常北上する漂砂が卓越し、このため七北田川河口においても右岸砂州の伸長が顕著であった。その後、昭和40年代に河口の北2kmの位置に仙台新港南防波堤が建設され、その後は反射波の影響で河口近辺での漂砂の移動パターンが変化した。近年では左岸砂州の発達も見られる。河口部の北側には蒲生干潟がある。ここはかつての河口部の名残りであり、仙台新港の建設に伴い旧河口が締め切られてできたものである。冬季には多くの渡り鳥が訪れ、市民の憩いの場となっている。このため、干潟の水質環境に着目した調査・研究が行われてきた^{3), 4)}。

河口より500m地点には貞山堀と呼ばれる運河があり、約9km南方の一級河川名取川とつながっている。七北田川出口には閘門が設けられているが、通常はわずかに開放されており、名取川と七北田川の間で水の行き来がある。

現地調査は1988年6月より現在まで継続して行われている。測量項目は、汀線形状、最狭部横断形状である。大河川で横断測量を自力で行うことは困難であるが、七北田川程度の河川では比較的容易にこれを行うことが可能であり、河口地形変化について詳細な観測データを得ることができる。また、適宜、河口地形の空中写真撮影も行われた。さらに、河口部およびその周辺に自記式水位計を設置し、5分毎のデータを継続的に取得している。

3. 観測結果

3.1 河口閉塞

図-2は1988年11月、12月に観測された閉塞前後の汀線である。閉塞直前にはS字形の河道を形成し、河口部はE方向を向いている。12月1日には現地において完全閉塞を確認している。

閉塞前後における河口内水位計データと、外洋の潮位変動との対応を図-3に示す。図中には、河口より4.1km地点で本川に合流する梅田川における水位データ（合流点か

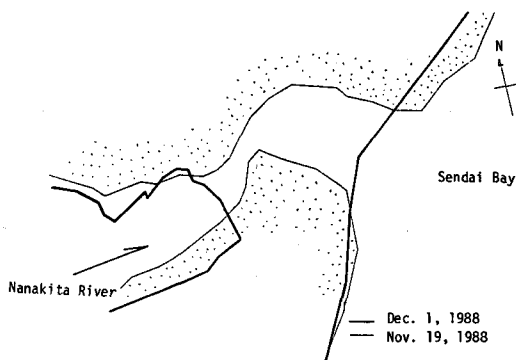


図-2 閉塞前後の汀線変化。

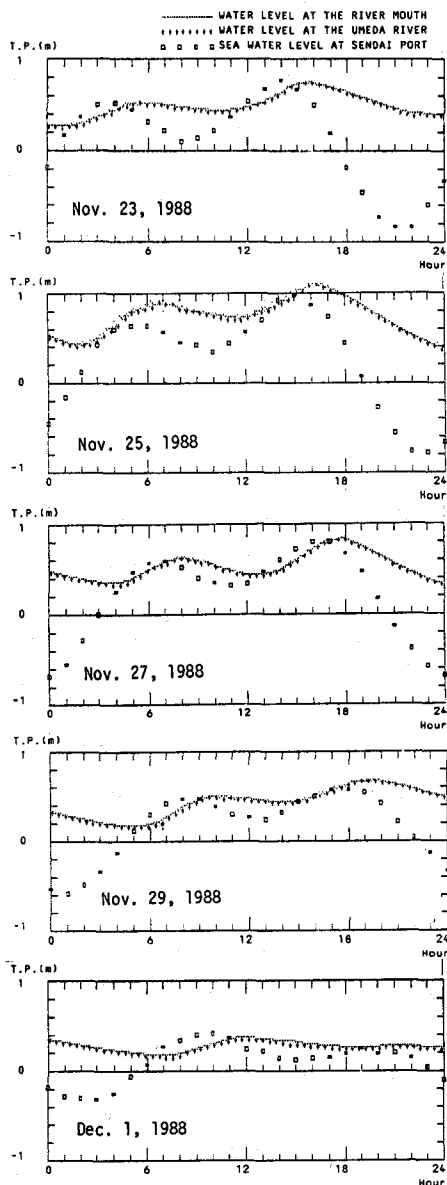


図-3 閉塞前後の水位変動。

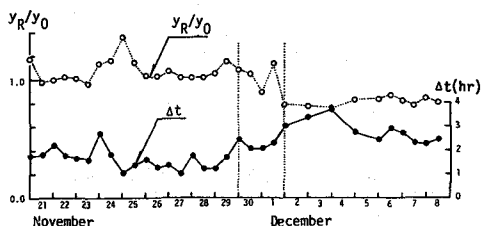


図-4 満潮水位比と位相差(1989年11月, 12月).

ら0.6km地点で測定)も示した。河口水位と梅田川水位はほぼ等しく、河川流の少ないこの時期には、感潮区間内で様な水位の昇降が生じていることを示している。河口水位はT.P.+20cm程度までしか下がらない。これは河口流水断面積の減少を反映したものである。一方、この時期、名取川河口水位はほぼ外洋の潮位に対応したものであった。このように、大河川と中小河川とでは水位の応答特性に大きな違いがある。

12月1日の河口水位には顕著な振幅低減・位相差の増大がみられる。そこで、閉塞前後の水位変動パターンの変化を定量的に把握するために、河口内水位の満潮時ピーク y_R と外洋潮位のピーク水位 y_0 との比およびその位相差 Δt を求めた。結果を図-4に示す。11月30日、12月1日をはさんで、 y_R/y_0 は約1.0から0.8に低減している。また、 Δt については30~60分程度の増加が見られる。同図より、完全閉塞は12月1日に完了したものと判断される。なお、前述のように河口より500mの位置には貞山堀があり、その一端は名取川と通じている。閉塞後、河川流はここを通じて海に注いだ。河口にみられる水位変動は運河を通じて名取川河口のそれが伝播したものである。

その後、河口は閉塞状態を維持したため、翌年1989年2月6日に入口開削が行われた。開削後は閉塞前と同様な水位変動が見られるようになった。

他の期間について河口水位波形を調べた結果、1989年3月下旬にも閉塞時特有の水位変動パターンを示す時期が存在した。図-5に水位波形を示す。3月23日以降、河口内水位の変動がきわめて緩慢になっている。満潮時ピーク水位の比および位相のずれを図-6に示す。

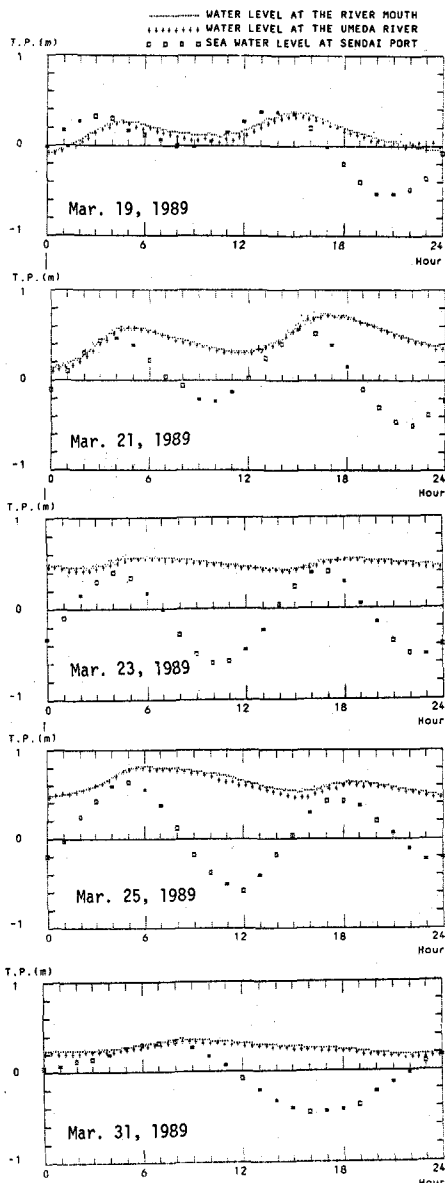


図-5 水位変化.

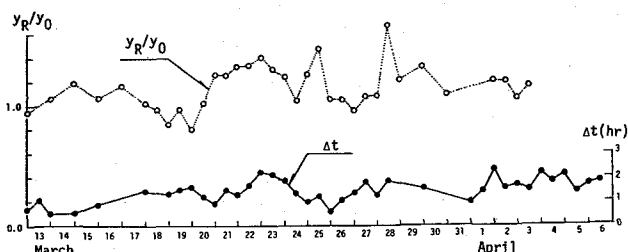


図-6 満潮水位比と位相差(1989年3月, 4月).

22日, 23日付近に位相差の増大がみられるが, y_R/y_0 , Δt ともに図-4ほどの極端な変化は認められない。これより, この時期には完全閉塞には至らなかったものの, 水位波形から判断して, 閉塞に近い状態であったと考えられる。その後, 4月上旬の小出水後, 水位変動パターンは通常の状態に戻った。

次に, 上記二つの時期の外力を調べることにより, 閉塞発生の要因について検討を行う。実測期間内の波浪・河川流の変化を図-7に示す。上から順に, H : 有義波波高, T : 有義波周期, θ : 波向き角(方位角), Q_r : 河川流量である。波浪データは七北田川河口沖合い4km, 水深20mの地点で観測されたものである。図より, 二度の閉塞に先立ち, いずれの時期にも 100° 程度の波向きを有する高波浪が来襲していることがわかる。同図の1988年9月から1989年4月までのデータ

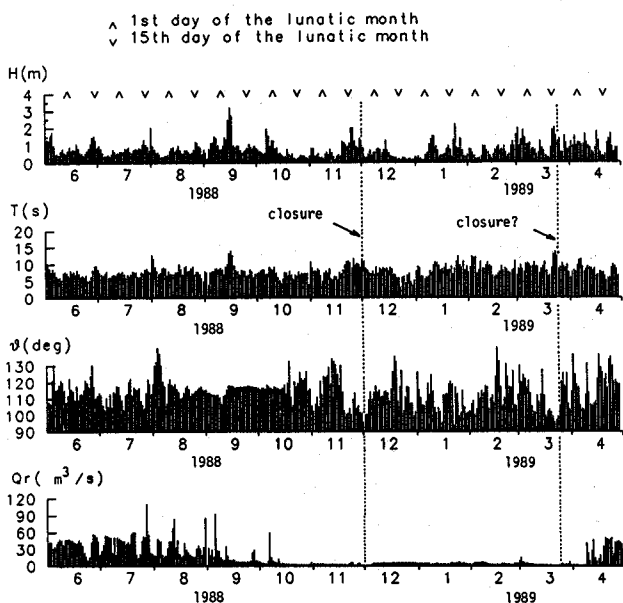


図-7 波高, 周期, 波向き, 河川流量の変化。

について, 波向きと波浪エネルギーの対応関係を示したものが図-8である。縦軸は波のエネルギーに対応する H^2T , 横軸は波向きを表わす。それぞれの月の上旬, 中旬, 下旬の順番により太い線で表示し, 5の倍数の日を数字で示した。これより, 11月下旬および3月下旬の波浪は波向き角が小さく, 河口前面から直接河口内に侵入する高波浪が閉塞をもたらしたことがうかがえる。過去の波浪データ(1979年から1983年)より得られている波高・波向きの結合頻度分布⁵⁾

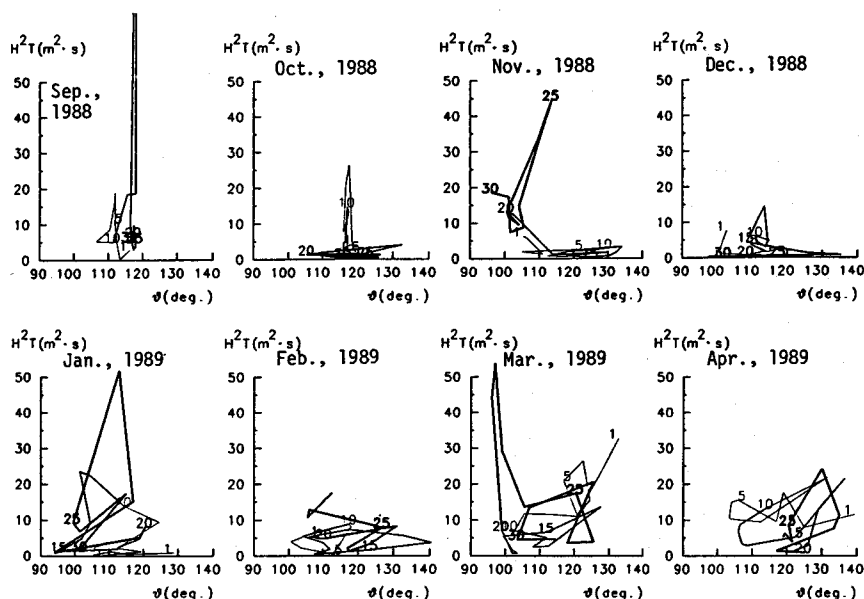


図-8 H^2T と波向きとの関係。

を図-9に示す。これより、波向き角約 100° 以下、有義波高1m以上の波浪の発生頻度はきわめて低いことがわかる。 100° 以下の波向き角を有する波の襲来頻度が低いのは、河口の東方に位置する牡鹿半島による遮蔽のためである。

閉塞をもたらした波向きがE方向であることから、閉塞に寄与する砂移動形態は、岸向きのそれであることが予想される。そこで、この点を定量的に評価することを試みる。まず、11月19日と12月1日の横断測量結果の差より、河口内に堆積した砂の体積はほぼ $7,000\text{m}^3$ と見積られた。次に、図-7より、11月19日から11月

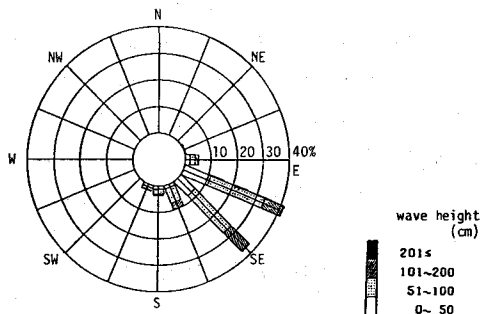


図-9 波高・波向きの結合分布(1979年～1983年)。

30日にかけての高波浪によって砂が押し込まれたと考え、この期間の沿岸漂砂量および岸向き漂砂量の概算を試みる。沿岸漂砂量の算出にはSavage型の式を用い、係数は0.05とする。この値は別途行われた仙台湾岸北端4kmを対象としたone-line modelによる検証計算より得られた値である。なお、建設省仙台工事事務所⁶⁾により行われた仙台湾全体を対象とする計算において、係数値0.0385が得られており、上記の値と比較的近いものとなっている。実測波浪条件を沖側条件として与え、河口前面の砕波点まで波向き線法による計算を行った。この結果をもとに沿岸漂砂量の総計 Q_L を求めた。また、砕波点での諸元と平均的な河口幅の値を用いて、岸向き漂砂量の合計 Q_0 を計算した。算定に際しては、現地への適応性も検討されている渡辺らの式⁷⁾を用い、式中の係数 A_w は0.2とした⁸⁾。計算の結果、 $Q_L=5,000\text{m}^3$ 、 $Q_0=22,000\text{m}^3$ を得た。これより、実際に河口を埋めた砂量は両者の中間の値を持つ。予測的に誤差を伴う点、また海域で移動する砂がすべて河口内に運ばれるわけではない点を考慮すれば、計算結果はオーダーの目安と理解すべきであろう。計算によれば、岸向き漂砂の卓越がうかがえる。

なお、図-7の上段には朔・望の時期を記号で示した。閉塞が進行したと考えられる両期間中に大潮の日が存在する。小潮時には砂をフラッシュする潮汐流量が減少して閉塞し易くなるとの見解もあるが、むしろ大潮時には満潮時の砕波点が岸に近づくため、高い波が河口内に入り易くなり、閉塞を助長する効果があるとも考えられる。

3. 2 河口砂州フラッシュ

洪水による河口砂州フラッシュが観察されたのは、1989年8月6日から7日にかけておよび1990年9月19日から20日にかけてである。この他にも1989年8月末にも河口砂州がフラッシュされたが、河口水位が欠測であったので、ここでは触れない。

フラッシュ時の河口水位記録を図-10および11に示した。図中には河口から約5kmの福田大橋地点での水位、仙台新港での潮位、および河口より約10kmの岩切地点でのハイドログラフ

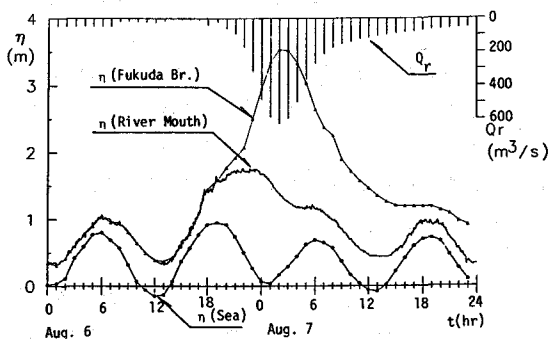


図-10 洪水時の水位波形(1989年8月6日, 7日)。

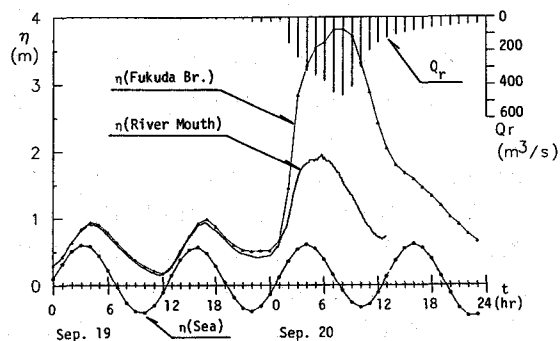


図-11 洪水時の水位波形(1990年9月19日, 20日)。

も示した。ただし、図-11の潮位についてはデータが未入手であるため、鮎川港での推算潮位を図示した。これらの図を見ると、福田大橋地点での水位ピークは流量のそれとほぼ同位相で発生しているのに対し、河口水位のピークはこれより3~4時間前に生じている。河口水位変動は潮位変動に近いものではあるものの、潮位に対しても遅れを持っている。二つの出水時で、河口ピーク水位はほぼ等しい値を有し、ピークで一定水位が継続する点に特徴がある。一定の水位を保持した後、河口水位は急激に減少する。これは、砂州上の越流と、砂州崩壊に伴う急激な水位低下に対応するものと考えられる。七北田川河口に形成される河口砂州の頂部の高さはほぼT.P.+1.5m程度であることを確認しているの、洪水初期には砂州上に水深数十cm程度の越流が生じ、3~4時間程度で砂州のフラッシュが完了したのと考えられる。

4. 結 論

七北田川河口での現地調査より、以下のことが明かとなった。

(1) 河口水位観測結果より、1988年の完全閉塞が完了した時期を特定することが出来た。また、閉塞時に特有の水位変化パターンが現れることを利用して、ほぼ閉塞状態にあったと考えられるもうひとつの期間を見いだすことが出来た。

(2) 閉塞前の外力には共通する特性が見られた。すなわち、河口に直接侵入する方向からの高波浪の来襲である。よって、閉塞に対しては、来襲する波の波高・周期のみならず、波向きが大きな影響を持っていると考えられる。

(3) 二度の砂州フラッシュ時の水位観測結果は、ほぼ同様なパターンを示した。すなわち、洪水ピークの到達以前に河口水位にピークが現れ、一定の水位を保った後、急激な水位低下がみられる。これは、砂州上での越流、砂州の崩壊に対応したものであると考えられる。平均的な砂州の高さから判断して、洪水時の砂州上には水深数十cm程度の越流が生じていると考えられる。

謝辞： 本研究を行うに際し、東北大学工学部首藤伸夫教授から有益な御助言を頂いた。ここに記して深甚なる謝意を表する。また、貴重な資料を提供して頂いた運輸省塩釜港工事事務所、宮城県仙台東土木事務所、ならびに実測に協力頂いた東北大学工学部 山路弘人技官、同卒研究生諸君に対し謝意を表する。最後に、本研究に対し文部省科学研究費（一般研究(C)、代表：首藤伸夫、総合研究(A)、代表：澤本正樹）の補助を受けたことを付記する。

参 考 文 献

- 1) 澤本正樹・首藤伸夫・谷口哲也：阿武隈川河口砂州の変形過程，土木学会論文集，第387号／Ⅱ-8，1987，pp.179-188.
- 2) 田中 仁・伊藤俊夫・首藤伸夫：七北田川における河口地形変化と水理特性，海岸工学論文集，第37巻，1990，pp.334-338.
- 3) 栗原 康：干潟は生きている，岩波新書，1980，219p.
- 4) 上原忠保：蒲生干潟における塩分の侵入と交換に関する研究，第28回水理講演会論文集，1984，pp.67-73.
- 5) 運輸省塩釜港工事事務所：塩釜港（仙台港区）の波と風（その3），1974，283P.
- 6) 建設省仙台工事事務所：仙台湾海岸整備計画調査概要，1990，10p.
- 7) 渡辺 晃・丸山康樹・清水隆夫・榊山 勉：構造物設置に伴う三次元海浜変形の数値予測モデル，第31回海岸工学講演会論文集，1984，pp.406-410.
- 8) 清水琢三・近藤浩右・渡辺 晃：局所漂砂量算定式の現地適用性に関する研究，海岸工学論文集，第37巻，1990，pp.274-278.