

七北田川河口における現地観測

田中 仁*・伊藤秋彦**・首藤伸夫***

1. はじめに

著者らは1988年より二級河川・七北田川（宮城県仙台市）を対象にして詳細な調査を行い、大河川とは大きく異なる河口地形の変化特性（Tanaka・Shuto, 1989, 田中ら, 1990）、河口閉塞発生の要因・河口砂州フラッシュ過程の観測結果（田中, 1991）等について既に報告を行ってきた。その後、1990年から1991年にかけてさらに継続して定期的な汀線測量及び横断測量を行うとともに、1990年夏期には2度にわたり河口付近において25時間連続の水利観測をおこなったので、ここに報告する。

2. 調査内容

七北田川河口付近の地形の概要を図-1に示す。七北田川の詳細については既報（田中ら, 1990）に述べた。

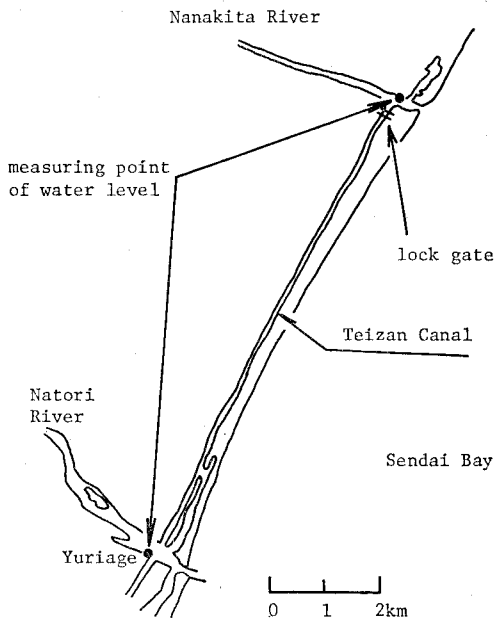


図-1 七北田川河口近傍の地形

七北田川河口より上流 500 m の位置に 貞山運河と呼ばれる運河が海浜と平行に存在し、その約 9 km 先の南端は一級河川・名取川の河口とつながっている。運河はさらに阿武隈川河口まで続いている。「貞山」とは伊達政宗の諡であり、その名の通り運河の一部は政宗の創建によるが、名取川・七北田川間は幕末から明治の初めにかけて開削されたと推測されている（遠藤, 1989）。同運河は当初、舟の運行を目的として建設されたが、舟運の衰退に伴い現在では内水排除・舟の係留・しじみ漁等に利用されているに過ぎない。貞山運河が七北田川とつながる位置には閘門があるが、現在では舟運には用いず、内水排除を目的としている。閘門の開閉は人力によらず、水位差により自動的に開閉するように設計されているが、ゲートが完全に閉じることはなく、両河川間で水の行き来が見られる。後に述べる2回にわたる25時間連続観測の際には閘門の動きは全く見られなかった。

平常時は汀線測量および横断測量を行っており、ほぼ1～2週間に1回程度の頻度である。河口より上流 500 m の地点には自記式水位計が設置されており（図-1 参照）、連続的な水位観測を行っている。

25時間観測は2回実施し、平成2年8月20日から21日、および同27日から28日に行われた。それぞれ、大潮および小潮にあたる。観測位置は七北田川・河口最狭部および七北田川・貞山運河合流部であり、流速・塩分濃度の連続観測を行った。流速測定はプロペラ流速計 CM-2 および小野式流速計によった。この他にも、観測開始時および終了時に汀線形状測量・最狭部横断測量を行った。

3. 調査結果

3.1 25時間連続観測結果

観測時の汀線と横断形状を図-2に示す。大潮から小潮にいたる1週間という短い期間で、河口部最狭断面の大幅な断面積減少が見られ、きわめて興味深い。この点については後に詳述する。

図-3 は第1回観測での七北田川河口水位、名取川河口閉上（図-1 参照）での水位、および仙台港での潮位である。ほぼ常に七北田川河口水位が名取川河口水位よ

* 正会員 工博 東北大学助教授 工学部土木工学科

** 岩手県 釜石土木事務所

*** 正会員 工博 東北大学教授 工学部災害制御研究センター

り高い。これは、七北田川河口において、満潮時には河口前面での碎波による wave set-up のため、また干潮時には河口断面積（特に水深）が十分でないことにより、外海への流出が抑制されるために考えられる。これに対し、導流堤により十分な河積が維持されている名取川河口内水位は潮位とほぼ一致した変動を示している。過去に撮影された航空写真によると、七北田川河口前面では常時碎波が観察されるのに対して、名取川河口ではそのような状況は見られない。このことから、名取川河口 wave set-up はの影響を受けておらず、また干潮時に十分に水位が低下できる程の河積が維持されていることがわかる。

図-4 は七北田川と貞山運河での流速変化であり、七北田川へ流入する流れを正としている。先に述べた水位の上下関係から、ほぼ常時七北田川から名取川に向かう流れが見られる。

図-5, 6 は第2回観測について同様な図を描いたものである。第1回観測と同様に常時七北田川河口水位が名取川河口水位より高く、貞山運河を南下する流れが見られる。河口内水位上昇量は図-3 に示した第1回観測の方が顕著である。これは、観測時に来襲した波浪の波高に依存しており、第1回および第2回の平均波高はそれぞれ 1.4m および 0.9m であった。

2回の観測で河口最狭部断面形状は大きく変化しているにもかかわらず、最大流速は共通して約 1m/sec であることがわかる。この値は河口部での動的平衡状態を表わす指標であると考えられる。図-1 に示したように七北田川では地形の応答がきわめて早く、このため2回の観測時にはそれぞれの外力（今回の実測では主に潮汐流量）に対応した平衡状態が実現されていたと考えられる。このように、七北田川では外力変化に対する地形変化の応答が数週間程度で生じており、大河川と大きく異なる。

図-3, 4, 5, 6 には一次元モデルによる計算結果も示した。良好な値が得られている。計算法は前報（田中ら, 1990）とほぼ同様である。ただし、前報では貞山運

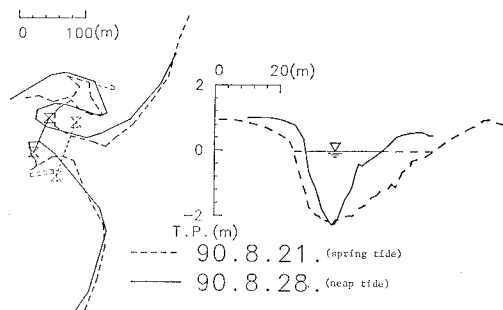


図-2 河口の地形変化

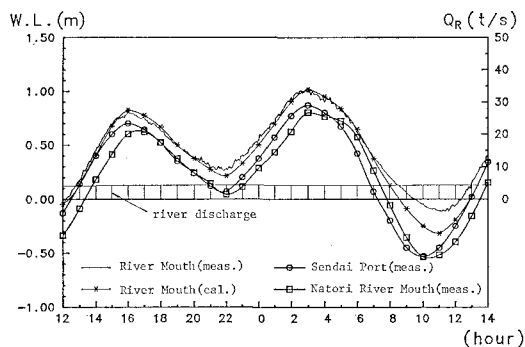


図-3 水位変化 (第1回観測)

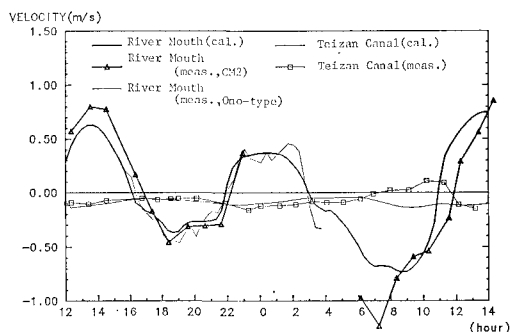


図-4 流速変化 (第1回観測)

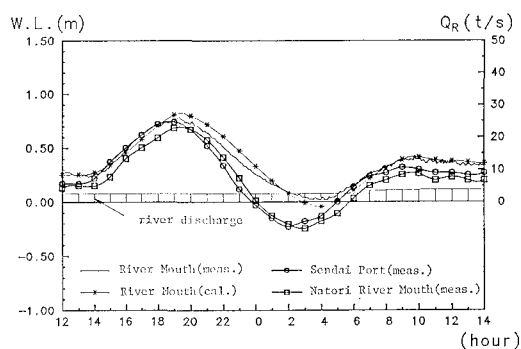


図-5 水位変化 (第2回観測)

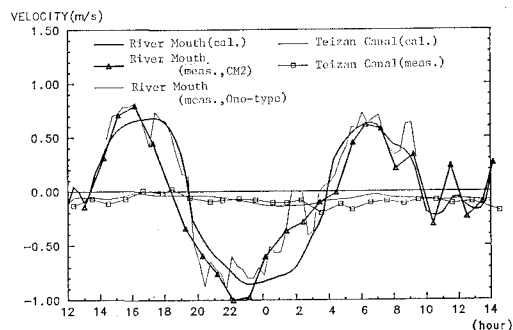


図-6 流速変化 (第2回観測)

河の存在を考慮していない。今回の計算では貞山運河を、河口内と外海とを結ぶもう一つの水路と考え、新たに運動方程式を設けた。この際、Chow (1959) の研究成果をもとに閘門でのエネルギー損失も考慮した。

3.2 河口内水位の上昇量

前節に示したように、七北田川においては wave set-up による河口内水位の上昇が顕著であり、河口地形変化にも大きな影響を与えているものと考えられる。波により生じる河口内の水位上昇に関しては、山本 (1978) により実験的な検討がなされているが、現地での報告例は見られない様である。これは、過去に多くの調査がなされた大河川では河積が大きいので、このような現象がみられないためであると考えられる。以下では、七北田川河口部での wave set-up 量の定量的評価を行う。

ここでは、仙台港で観測された潮位からの差を河口内水位上昇量とする。仙台港潮位にはすでに高潮等の気象潮の影響が含まれているので、この水位上昇量は wave set-up によるものと考えてよい。ただし、図-3, 5 に示した様に、干潮時にはたとえ wave set-up が無くても地野的な影響で水位が下がりにくい。これに対して、波浪が小さい場合には満潮時河口内水位は外洋の満潮ピーク水位にほとんど一致していた。そこで、両水位の満潮時ピークの差を wave set-up による水位上昇量とした。

図-7 は過去3年間の観測中で最大の河口内水位上昇量 66cm を記録した際の水位変動を示したものである。河口沖合い 4km 水深 20m の地点で観測された、この日の有義波の波高は 2.7m、周期は 12.5 秒であった。図中には名取川河口関上での観測水位も示した。関上水位は仙台港潮位にほぼ一致しており、七北田川河口内に見られた水位上昇が全く見られない。

図-8 は set-up 量 $\bar{\eta}$ とその時刻の沖波波高 H_0 との関係を示したものであり、水位上昇量が 10cm 以上程度のもので選んでプロットした。図より両者の間には明瞭な関係がみられる。図-9 は合田 (1975) にならい $\bar{\eta}/H_0$ と沖波波形勾配 H_0/L_0 との関係を示したものである。図中には合田により得られた海滨勾配 1/20 および

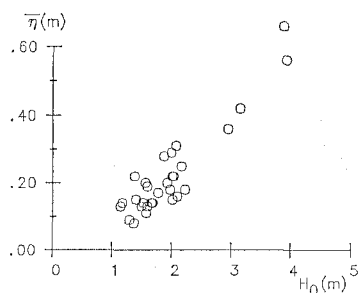


図-8 水位上昇量と沖波波高との関係

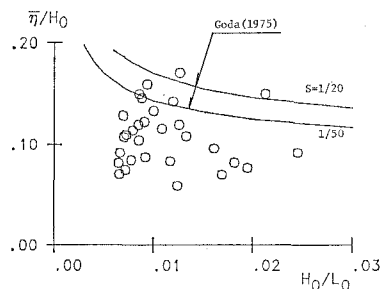


図-9 水位上昇量と沖波波形勾配との関係

1/50 の理論曲線も描いた。七北田川河口前面海滨の平均勾配は 1/30 から 1/40 程度である。全般的に観測結果は曲線より小さい傾向を示し、平均で沖波波高の 1 割程度、最大で 2 割程度であることがわかる。柳島ら (1988) は鹿島灘に面する海滨で実測を行い、汀線付近での wave set-up 量は合田の理論とほぼ一致することを報告している。七北田川河口での wave set-up がこのような海滨での観測値と比べて小さいのは、河口前面を浅くしている河口テラス地形が沿岸方向に有限な拡がりしかもっていないこと、河道内へ自由に水が侵入し、しかもそれが広い面積に拡がり得ること、といった境界条件の違いが影響しているのであろう。航空写真では河口前面およびその周辺で碎波状態に大きな違いのあることが認められないので、前者よりも後者の効果が大きいものと考えられる。なお、西村ら (1971) による海滨における実測結果によれば、波による水位上昇量は沖波波高の 1 割程度である。ただし、波形勾配に対する検討はなされておらず、今回の実測結果との詳細な比較は困難である。

3.3 貞山運河と河口水利との関連

3.1 に示した様に、貞山運河の存在が七北田川河口水利特性に大きな影響を及ぼしている。そこで、先に 3.1 節でその妥当性が示された数値解析手法を用い、貞山運河閘門の開度の変化に伴う七北田川河口・貞山運河の水利特性の変化を検討した。

ここでは、次の 3 つのケースについて検討を行った。

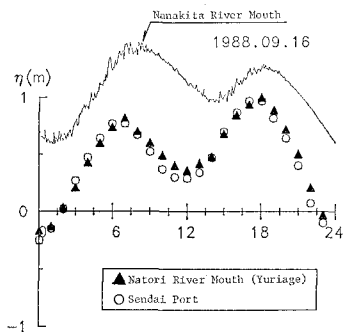


図-7 水位変化 (1988 年 9 月 16 日)

すなわち, Case 1: 閘門全開, Case 2: 現況, Case 3: 閘門全閉である. 計算対象期間としては25時間観測の行われた1990年8月20日~21日および1990年8月27日~28日とした.

計算の結果, 水位に関してはそれぞれのケースでほとんど差が見られなかった. 流速に関しては, 河口について見ていると, 閘門開度が大きいほど, 上げ潮流速が大きく, 下げ潮流速は逆に小さくなる. 七北田川の感潮区間に貯留された水の一部は名取川に抜けているので, 閘門開度が大きいほど上げ潮時に多量の海水が河口を通過することになる. 一方, 下げ潮時には, 閘門開度が大きいほど七北田川感潮区間に貯留されている海水量が少ないので沖向き流速は Case 1 で最小となる.

表一1 は上げ潮時・下げ潮時に分けて, 河口および貞山運河を通過する水の総体積を求めた結果である. 値は $1,000 \text{ m}^3$ を単位にして示した体積であり, 分子が貞山運河通過体積, 分母が七北田川河口通過体積である. 符号については, 流速と同様に七北田川に流入するものをプラスとした. 括弧内の数字は現況に対する比率である. 閘門開度が大きいほど, 河口内に向かう流れが卓越し, 閉塞を助長する傾向になる. 全閉の場合には流入する流れが現況より2割ほど低減し, 逆に流出する流れは最大で16%ほど増加する.

七北田川においては渇水期には一般的に河口内に浅瀬が見られる. 今年度も冬季に横断測量の際に, 舟の底が砂面に付き, 移動が困難な場合さえ見られた. 出水直後の河口前面にはしばしば「河口テラス」の形成が見られる(須賀ら, 1987)が, 七北田川河口内には「河口内テラス」とも呼ぶべき地形が見られた. 一例を写真一1に示した. 点線はフロント部の位置を表わす. この地形は



写真一1 河口の空中写真 (1991年2月1日)

中小河川に特有であり, 大河川では見られないものと考えられる. 中小河川においては渇水期自己の固有流量がきわめて少ないため, 河口より流入する流れは海へ流出するそれにほぼ匹敵する. このため, 上げ潮時に上流へ向かうジェットにより砂が運ばれ, 最狭部を過ぎたあたりに「河口内テラス」を形成するものと考えられる. 上記のように七北田川河口内に流入した潮汐流の一部は貞山運河を通じて名取川に抜けている. このために, 差し引きすると河口では上げ潮時の流れが卓越し, その結果このような地形が顕著に現れたものと考えられる.

4. ま と め

仙台市・七北田川河口において継続的な観測を行い, 次の結果を得た.

(1) 1990年8月に2度にわたり行われた25時間連続観測によれば, ほぼ常に七北田川河口水位が名取川河口水位よりも高かった. 流速計による貞山運河での測定結果からも, ほぼ一様に南下する流れが観測された. このことから, 本来ならば七北田川河口の維持に役立つべき潮汐流量の一部が名取川へ抜けていることがわかった. 潮汐による流れは, むしろ河口内に向かう砂移動を助長するものとなっているようである. 冬季に見られる大規模な渇水. この地形は中小河川に特有であり, 大河川では見られない「河口内テラス」はこの様な流れによるものと推察される.

(2) 2度の25時間観測において最狭断面積は大きく変化したにもかかわらず, 最大流速は共通して, 約 1 m/sec であった. この値は河口の動的平衡状態を表わす指標であると考えられる. また, 数値シュミレーションにより, このような水理現象をほぼ再現することが出来た.

(3) 高波浪時の河口内水位上昇は名取川には見られず, 中小河川に特有な現象と言える. 観測結果より, 七北田川河口では沖波波高の1~2割程度の水位上昇が見られた.

(4) 数値計算によれば, 貞山運河の閘門を全閉にした

表一1 河口と貞山運河の通過水量

単位: 千 m^3

月 日	累積期間	Case 1 (全開)	Case 2 (現況)	Case 3 (全閉)
8.20 ~ 21	第1回 下げ潮	-92/-337 (1.80/0.85)	-51/-395 (1.00/1.00)	0/-436 (0.00/1.10)
	第1回 上げ潮	-116/ 473 (1.97/1.13)	-59/419 (1.00/1.00)	0/ 359 (0.00/0.86)
	第2回 下げ潮	-102/-799 (1.59/0.94)	-64/-848 (1.00/1.00)	0/-912 (0.00/1.08)
8.27 ~ 28	第1回 上げ潮	-77/-323 (1.75/1.08)	-44/ 300 (1.00/1.00)	0/ 262 (0.00/0.87)
	第1回 下げ潮	-135/-482 (1.00/1.00)	-94/-482 (1.00/1.00)	0/-560 (0.00/1.16)
	第2回 上げ潮	-57/ 247 (1.33/1.05)	-43/ 236 (1.00/1.00)	0/ 186 (0.00/0.79)

分子: 貞山運河通過水量

分母: 七北田川河口通過水量

括弧内: 現況との比

場合、下げ潮時に河口を通過する流量の増加が見込まれ、河口閉塞状況が改善されるものと考えられる。ただし、貞山運河の水環境に与える影響も無視できないので、十分な検討が必要である。

謝辞：最後に、貴重な資料を提供して頂いた建設省仙台工事事務所、運輸省塩釜港工事事務所、宮城県仙台東土木事務所、ならびに調査に協力された東北大学河川研究室の諸兄に謝意を表する。なお、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、また、本論文の公表に際して小川記念基金の補助を受けたことを付記する。

参 考 文 献

- 遠藤剛人 (1989)：貞山・北上運河沿革考，仙台月急山叢舎，263 p.
- 合田良美 (1975)：浅海における波浪の碎波変形，港研報告，第14巻，第3号，pp. 59-106.
- 須賀寛三・石川忠晴・瀧岡和夫・田中 仁 (1987)：河口前面テラスの形成とその消長，土木学会論文集，第381号/II-7，pp. 227-230.
- 田中 仁・伊藤俊夫・首藤伸夫 (1990)：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，pp. 334-338.
- 田中 仁 (1991)：七北田川の河口閉塞と河口砂州フラッシュ，水工学論文集，第35巻，pp. 275-280.
- 西村一夫・田中則男・竹内秀哲 (1971)：日本海北部沿岸の異常気象時における潮位特性について，第18回海岸工学講演会論文集，pp. 241-244.
- 柳島伸一・加藤一正・磯上知良・村上裕幸 (1988)：波による汀線付近の水位上昇に関する現地調査，第35回海岸工学講演会論文集，pp. 123-127.
- 山本晃一 (1978)：河口処理論〔I〕——主に河口砂州を持つ河口の場合——，土木研究所資料，第1394号，223 p.
- Chow, V. T. (1959)：Open Channel Hydraulics, McGraw-Hill Book Company, New York, 680 p.
- Tanaka, H. and Shuto, N. (1989)：Field measurement of topography at a river mouth, Proceedings of International Symposium on Sediment Transport Modeling, pp. 480-485.