

名取川における河口処理と地形変化

渡 辺 一 也*・田 中 仁**・槻 山 敏 昭***

一級河川・名取川河口付近の閑上地区においては過去 15 年間で 4 回の浸水被害を被っている。そこで、浸水による被害を解消するために、河口で合流する増田川の河口を本川から分離する工事が行われた。このような河口処理が河口地形に対して影響を与えていることが予想される。本研究では工事前後の河口横断面図を解析することによって河口地形への影響を検討した。また、入退潮量の視点から河口地形変化の機構を定量的に評価した。これによれば、感潮面積の減少により、河口断面積が減少するとの結果を得た。現在のところ名取川河口部において幾分河積が減少傾向であることが示された。

1. はじめに

河口部に発達する砂州周辺では、河川からの流れや波浪、潮汐などの影響を受け地形が変化している。特に卓越する波浪により河口部が閉塞気味になる河川においては、治水や航路維持にとって大きな障害となることがある。

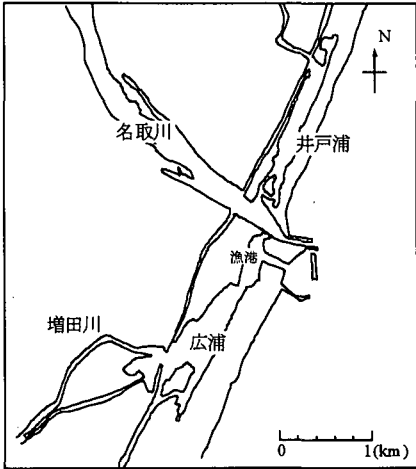
そのため河口維持を目的として、河口部に各種構造物を築造することがある。このような河口構造物が河口地形に与える影響についてはすでにいくつかの報告がある。清水ら (1985) は鮫川河口において行われた河口処理に関する報告を行っており、河口通過流量の減少が河口地形変化過程に重大な役割を果たしていることを示している。また、田中ら (2002) は尻別川における研究を行い、河口部に設置された導流堤により河道位置が安定し、また、河口内の水位上昇現象に変化がもたらされたことを確認している。また、宇多ら (1994) は全国的視点で河口処理が行われた河川の実態を報告している。

本研究の対象である名取川においては、河口で合流する増田川の河口分離工事が行なわれた (図一 1 参照)。そこで、ここでは工事前後の名取川河口横断地形の比較により、河口処理の地形への影響を検討する。また、地形変化の発生機構を入退潮量の変化の視点から定量的に検討するものである。

2. 研究対象地域の概要

図一 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、広瀬川等の中小支川と合流して名取市閑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 となっている。

図に示されたとおり、名取川は河口部に 2 本の導流堤を有しており、その流路は北へ向かって幾分湾曲している。このために、導流堤内断面の右岸寄りにはらせん流



図一 1 名取川河口概要

による深掘れが見られる。また、河口北部には井土浦、南部には広浦が広がっており、過去に河口開口位置が大きく変動していたことを物語っている。

3. 名取川河口処理の概要

名取川の流下能力は、広瀬川合流点上流及び広瀬川については、ほぼ計画規模を確保している。しかし、広瀬川合流点下流の、特に河口部の無堤地区においては流下能力が不足し、閑上地区においては過去 15 年間で 4 回の浸水被害を被っている。また、広浦に流入する支川・増田川では、本川のせき上げの影響を受けて排水が困難となることが多く見られた。このため、名取川と増田川の河口を分離することによって浸水被害の解消を図ることを目的として築堤工事が行われた。

また、この工事は漁港への航路を確保することも目的の一つとしている。河口分離工事以前には、図一 1 に示されるような漁港への水路はなく、導流堤側から名取川本川を通して漁港への出入りを行っていた。しかし、河口砂州の形成などの原因によって航路の維持が困難になることがあり、そのために本川導流堤間を通らずに漁港へ入るための新たな水路が掘削された。

* 学生会員 東北大学大学院 工学研究科土木工学専攻
** 正 会 員 工 博 東北大学大学院教授 工学研究科土木工学専攻
*** 正 会 員 国土交通省東北地方整備局仙台台工事事務所 調査第一課長

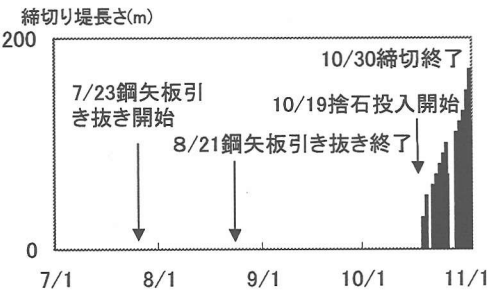


図-2 工事の進捗状況

図-2 に 2001 年の名取川河口分離工事の進行状況を示す。2001 年 7 月 23 日から 8 月 21 日にかけての工事において、図-3 の B-B' 区間の流れをせき止めていた鋼矢板を引き抜き、広浦からの流れが水路を通じて海域に流れるようになった。しかし、この段階ではまだ、A-A' 区間が締め切られていないために河口の分離はされておらず、海水は両水路を通じて感潮域に流れ込む状況にあった。その後、2001 年 10 月 19 日から A-A' 区間を締め切るための捨石の投入が始まり築堤が行われた。10 月 30 日には締切りが終了し、これによって名取川河口と広浦・増田川河口の分離が完全になされた。

4. 河口処理とその後の地形変化

まず、名取川河口部での地形の変化を詳しく見るために河口部の訂線図を示す。ここでは河口分離工事前、工事中、工事後の 3 つの状況について注目し、その変化について検討した。

図-3 に名取川河口地形の変化の様子を示した。河口砂州周辺の地形変化に注目すると、1999 年 11 月 3 日と 2001 年 7 月 2 日のものでは導流堤内に砂の堆積は見られず、ブロック積みの導流堤間の流路全幅が維持されていることがわかる。しかし、2001 年 11 月 1 日の地形からは導流堤内に大規模な砂州を確認することができる。図-2 に示したようにこの時点ではすでに名取川本川・増田川の河口分離が完全に終了している。

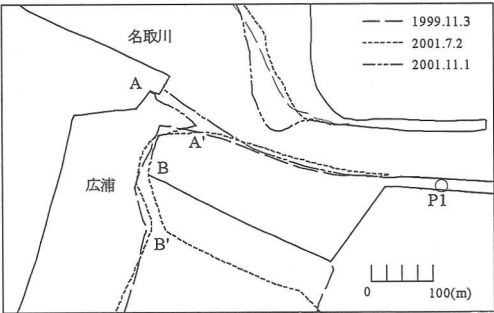


図-3 名取川河口地形の変化

河口分離後の砂州の状態を写真-1 に示した。撮影地点は図-3 の P1 であり、同点から上流側へ向かって撮影したものである。やはり、導流堤間において砂の堆積を認めることができる。

写真-1 から分かるように、左岸導流堤の基部は砂に埋もれており、導流堤北側の海浜に襲撃する遡上波の越波を阻止するほどの高さでは無いことが認められる。実際、現地において導流堤北側の砂州部を越波する様子が確認されており、図-3、写真-1 の堆積地形はこのような機構により形成されたと結論づけられる。

5. 名取川河口部における断面形状の変化

次に、名取川河口における断面形状の変化を検討する。各断面の測線位置を図-4 に示した。

名取川において図-4 の 0.0 km 地点を基準として、これより上流および下流側での断面計測が行われている。ここでは特に河口部での断面形状の変化に注目し、下流

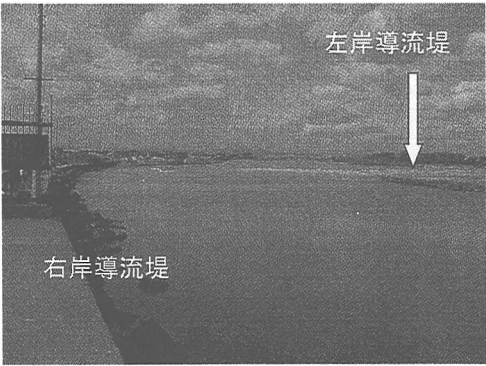


写真-1 名取川河口の堆積地形 (2001 年 11 月 18 日)

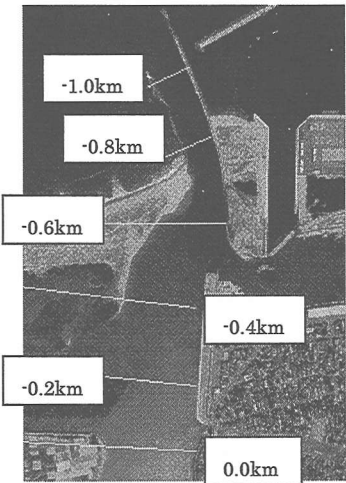
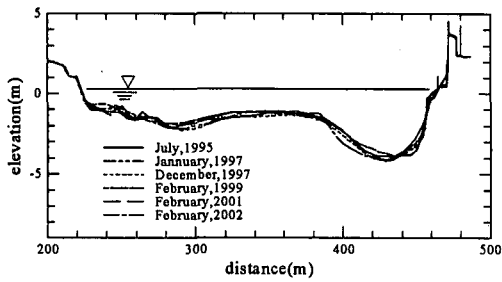
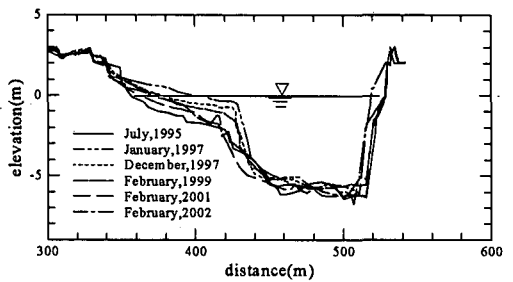


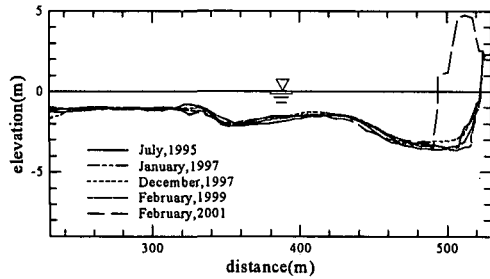
図-4 横断測量測線位置



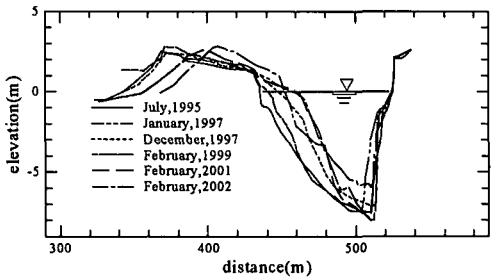
(a) 0.0 km 断面



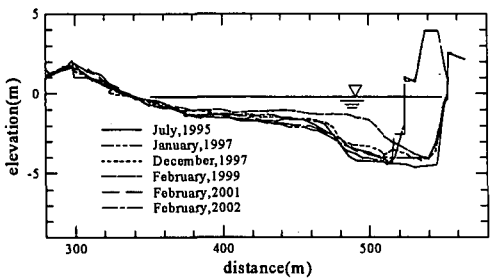
(e) -0.6 km 断面



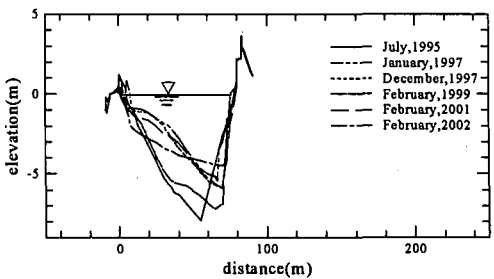
(b) -0.2 km 断面



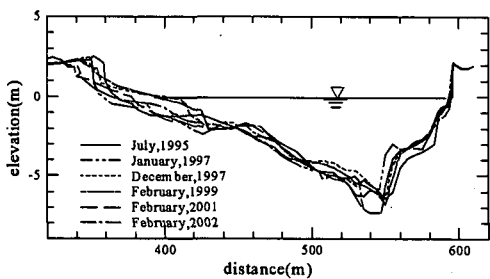
(f) -0.7 km 断面



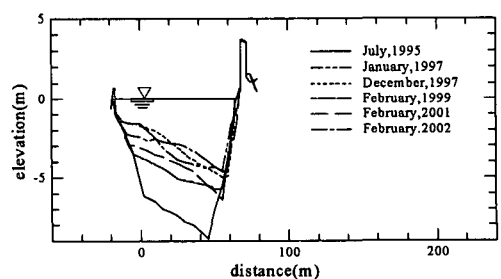
(c) -0.4 km 断面



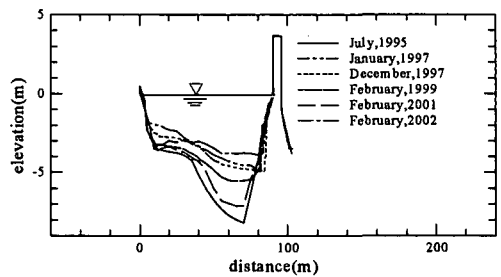
(g) -0.8 km 断面



(d) -0.5 km 断面



(h) -0.9 km 断面



(i) -1.0 km

図-5 各測線における横断形状

側の導流堤内の砂州を含んだ1 kmにおける各断面の様子を比較し、河床の変動を検討した。なお、河口分離のための築堤工事が行なわれた地点は、-0.4 kmから-0.6 kmの200 mの区間である。

図-5に各年における各断面形状の変化を示した。過去における名取川の河口断面形状の特徴を見ると、(a)～(e)の導流堤部に入る前の区間では、流れが緩やかであり、流速もあまり大きくないことから各年での比較でも、ほとんど変化は見られない。しかし、(f)～(i)の導流堤部に入るとそれより上流の区間とは一変して、断面の変化は著しいものとなる。この部分においては、河川流や潮汐、波浪などの外力の影響を大きく受けているために地形変化が大きくなるものと考えられる。

河口分離後におけるデータはまだ十分に蓄積されていないが、特に導流堤区間において全体的に河床が上昇気味であることが確認される。なお、このような堆積による河積減少の対策として、導流堤内の疎通能力を高めるために、左岸導流堤を構成するブロックの積み直しや左岸導流堤の50 m延伸が行われている。

これらの図からそれぞれの測線における断面積 A を求めた結果を図-6に示す。これより、ほぼいずれの年においても他の区間に比べ導流堤区間において断面積が減少する様子が読みとれる。これによれば、締め切り後に最狭部断面積は 239 m^2 である。

6. 入退潮量の変化と河口地形との関係

前々節および前節に示した検討結果から、河口処理後には河口部の断面積が減少したと考えられる。そこで、締め切り後に河口に見られた地形変動の発生要因について考察する。

まず、潮汐が卓越する河口部においては、流速 u の最大値 u_{max} がほぼ 1 m/s になるような断面が作り出されることが多い (Bruun, 1978)。一方、河川の固有流量を無視すれば、感潮域の連続式は次式で表される。

$$u = \frac{A_B}{A_C} \frac{d\eta}{dt} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 A_B : 感潮面積、 A_C : 河口断面積、 η : 潮位、 t : 時間である。ここで、簡単のために潮位変動を、 $\eta = a \sin \sigma t$ (a : 潮位振幅、 σ : 角振動数) と仮定すれば、式 (1) から次式が得られる。

$$u_{\text{max}} = \frac{A_B}{A_C} a \sigma \dots\dots\dots (2)$$

これに前述の $u_{\text{max}} = 1 \text{ m/s}$ を代入し、さらに P (タイダルプリズム) $= A_B \times 2a$ であることを考慮すれば、次式を得る。

$$A_C = 6.98 \times 10^{-5} P \dots\dots\dots (3)$$

ここで、潮汐周期としては半日周期とした。図-7に式

(3) から得られる A_C と P との関係を示した。また、図中には米国の感潮狭水路に対する関係式として Jarret (1976) により得られた次式も示した。

$$A_C = 1.60 \times 10^{-4} P^{0.95} \dots\dots\dots (4)$$

なお、上式の原型はフィート単位で示されているが、ここではメートル単位に変換した式を示した。図-7によれば、式 (3) と式 (4) はきわめて類似した関係式となっていることが分かる。

さて、先に式 (1) においては河川の固有流量を無視したが、その理由は以下のとおりである。

式 (2) から、潮汐による流量の最大値 $Q_{\text{TIDE(max)}}$ を求めれば次のようになる。

$$Q_{\text{TIDE(max)}} = u_{\text{max}} A_C \dots\dots\dots (5)$$

ここで、感潮面積として表-1の合計値を用い、また、潮位振幅としては望望平均満潮位・干潮位から 1.47 m とする。潮汐周期としては、やはり半日周期のそれを用いる。これらの値から、

$$Q_{\text{TIDE(max)}} = 250 \text{ m}^3/\text{s} \dots\dots\dots (6)$$

と見積もられる。

表-1 名取川の感潮面積

区域	感潮面積 (km ²)	割合 (%)
本川	1.34	55
井戸浦	0.39	16
広浦	0.70	29
合計	2.43	100

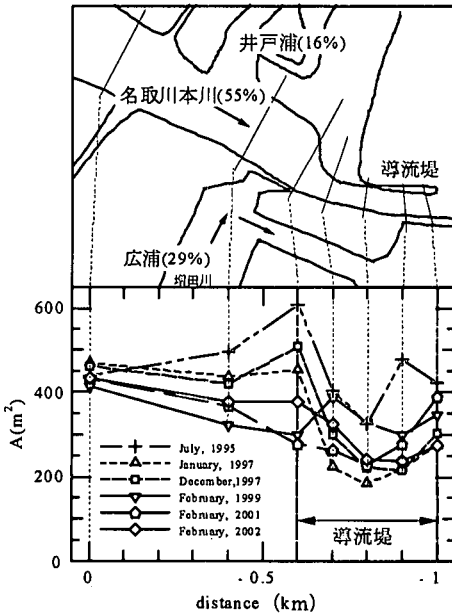
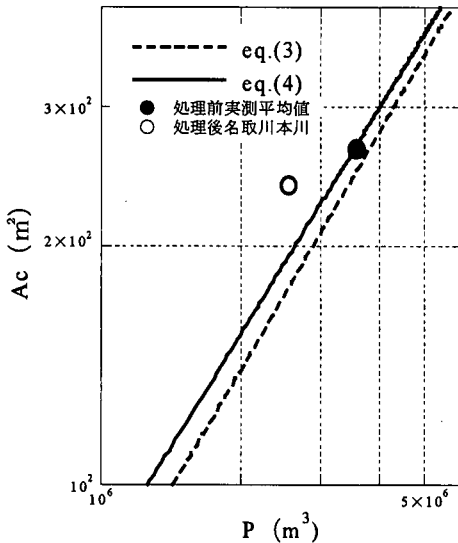


図-6 各断面における断面積の変化



図一七 最狭部断面積とタイダルプリズムの関係

名取川において、特に閉塞が問題となる渇水期においては固有流量が $Q=10 \text{ m}^3/\text{s}$ 程度まで低減する。これに比べて式 (6) の値はきわめて大きく、河川固有流量の効果は潮汐流量に比べてきわめて微弱であることが確認された。

さて、ここで、式 (3)、(4) の河口処理前の名取川への適応性を検討する。

感潮面積は表一1の合計値を用い、さらに $2a=1.47 \text{ m}$ として計算を行うと、 $P=3.57 \times 10^6 \text{ m}^3$ が得られる。一方、河口断面積は図一6より、 $A_c=266 \text{ m}^2$ となる。名取川において潮汐が卓越するのは冬季においてである。そのため、 A_c の算定には図一6に示したデータのうち、冬季の値の平均を取った。ただし、1997年1月のデータは他のものと比べて極端にずれているため特異であると考え、平均する際にこれは除いた。

以上のように評価された P と A_c を図一7に黒丸で示した。名取川の現況はこれらの式をほぼ満足している。

次に、広浦締め切り後の断面変化について考察を行う。まず、表一1の感潮面積の値から、締め切り後は $P=2.54 \times 10^6 \text{ m}^3$ を得る。ここで、この感潮面積減少後に、名取川河口が式 (4) に従って断面積を変化させるとすると、同式から $A_c=177 \text{ m}^2$ を得る。ただし、河口処理後の

実測断面積のうち最小値は図一7白丸に示すとおりであり、推定された値ほどは減少していない。この原因としては、断面の変化がなお遷移過程にあること、測線位置が必ずしも最狭位置にあるとは限らないことなどが考えられる。

河口分離後には、広浦の面積分に対応する感潮面積の減少が生じており、これは全感潮面積の30%にも及ぶ。したがって、図の様に A と P との間に線形関係を仮定すれば、本川河口断面積は締め切り前より30%減少すると推定される。前述の締め切り後の導流堤内における堆積地形の発達、この様な機構により生じたものと考えられる。ただし、図一6に見られる締め切り後の断面積は、それほどまでは減少してはいない。今後、さらに長期的に地形変動現象のモニターを進める必要がある。

7. おわりに

本研究では、名取川河口において見られた河口地形変化について考察を行い、名取川・広浦の締め切り後には入退潮量の減少により本川河口断面積が30%減少すると推定した。しかし、河口処理後の測線断面積は現在のところ推定値ほどは減少していない。入退潮量の変化は、同時に河口感潮域における塩分濃度の変化ももたらす。これによって感潮域の生物環境への影響も考えられる。このような観点からも地形変化による影響について、今後長期的な観測が必要である。

最後に、本研究に対して科学研究費補助金基盤研究 (B) (1) (代表者：東北大学・田中 仁、課題番号：14350262) の補助を受けたことを付記する。

参 考 文 献

- 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.
- 清水琢三・横山博史・近藤浩右・鎗木 宏・松原良夫 (1985): 仕切堤建設に伴う鮫川河口周辺の地形変化, 第32回海岸工学講演会論文集, pp. 395-399.
- 田中 仁・李 炫錫・古路一哉 (2002): 尻別川河口導流堤建設による砂州地形・河口水位変動特性の変化, 海洋開発論文集, 第18巻, pp. 461-466.
- Bruun, P. (1978): Stability of Tidal Inlets, Elsevier Scientific Company, pp. 83-108.
- Jarret, J. T. (1976): Tidal prism-inlet area relationship, GITI Report, Vol. 3.