

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

CHANGE IN TOPOGRAPHY AND WATER LEVEL FLUCTUATION
CAUSED BY CONSTRUCTION OF JETTY AT THE SHIRIBETSU RIVER MOUTH

田中 仁¹・李 炫錫²・古路一哉³

Hitoshi TANAKA, Hyun-seok LEE and Kazuya FURUMICHI

¹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(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉06)

²学生員 工修 東北大学大学院博士課程 工学研究科土木工学専攻(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉06)

³正会員 国土交通省北海道開発局 小樽開発建設部 (〒047-8555 北海道小樽市潮見台1丁目15-5)

At the Shiribetsu River mouth located in Hokkaido, Japan, water level rise due to wave set-up has frequently been observed every year from October to March, and it is reported that the magnitude of water level rise shows very close correlation with sand spit length at the river mouth. A river mouth jetty has been constructed at the right hand side of the river mouth during the period from July 1999 to October 1999. In this study, the effectiveness of the jetty construction is studied from a viewpoint of river mouth morphology and water level variation. It is confirmed that the prevention of longshore sediment movement caused by construction of the jetty led to stability of the river mouth topography. Furthermore, the water depth at the river entrance has increased, resulted in the reduction of water level rise in the river mouth caused by wave breaking.

Key Words : Shiribetsu River, river mouth jetties, topography change, wave set-up, littoral drift

1. はじめに

河口部は河口港として利用されることも多く、航路維持を目的として導流堤などの構造物を築造することがある。本研究で対象とした尻別川河口においては、1999年7月から1999年10月までに河口部の右岸に長さ約90mの導流堤が建設され、その後、河口砂州地形の変動パターンが大きく変化した。また、著者らのこれまでの研究によれば、同河口部においては顕著な wave set-up が観測されている (Tanaka and Lee¹⁾, Lee and Tanaka²⁾)。導流堤建設は河口地形のみならず、wave set-upによる河口水位上昇に対しても変化を及ぼしているものと考えられる。

そこで、本研究では、まず、河口近傍で撮影されている斜め写真を用いて導流堤建設前後での河口地形変化の実態を示した。さらに、河口処理の前後の時期を対象として wave set-up 高さと沖波との関係を調べ、これにより導流堤建設が河口水位上昇に与えた影響を検討した。以上から、河口構造物が河口地形・河口水位上昇量に及ぼす効果に関して定量的検討を行い、構造物の効果に関する評価を行った。

2. 研究対象と現地資料

研究対象は北海道西部で日本海に注ぐ尻別川であり、流域面積1,636km²、幹川流路延長111kmの一級河川である。その河口地形の概要を図-1に示した。河口左岸は岩礁であり、図のように既設の導流堤がある。一方、右岸は全長約2.1kmの砂浜海岸につながっているため、冬季風浪の卓越する時期には右岸砂州が成長し、河口が閉塞気味となる。このため、図中に見られる右岸導流堤が1999年7月に着工され、1999年10月に竣工した。計画では総延長170mまで延伸する予定であるが、現在は暫定87mまで施工されている。

河口地形の変動を把握するために、河口左岸の高所から約1～2週間に一度ずつ河口地形の斜め写真が継続的に得られている。次節ではこの写真を用いて、導流堤建設前後の地形変動特性の検討を行う。

さらに、1991年から2000年まで取得された1時間間隔の河口水位と潮位の差をとることにより、河口水位の上昇量を求めた。また、河川流量・河口部近接地の波浪データを入手し、水位上昇を洪水起源・波浪起源のものに分類した。その結果、波高が2m以上、河川流量が200m³/s以下で明らか

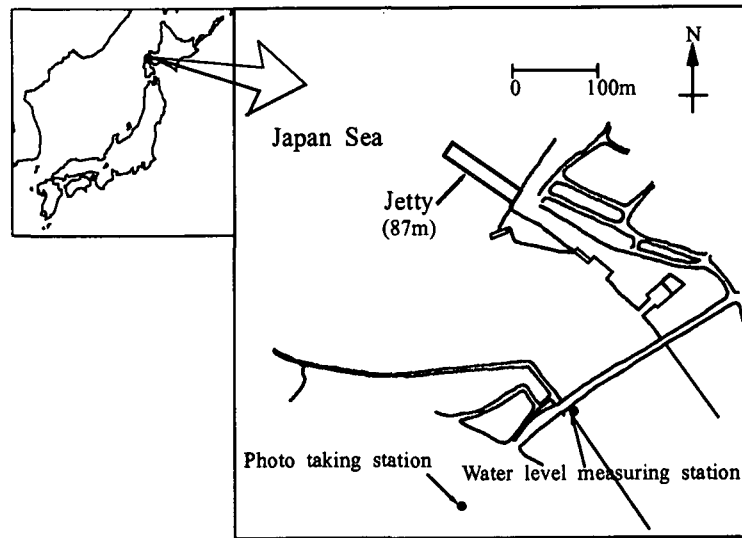


図-1 尻別川河口地形の概要.

に河川流量の影響を受けていないデータをwave set-upによるものと判断した。また、得られたwave set-up高さと沖波高さとの関係を求め、河口構造物による河口地形の変化がwave set-up高さに与えた影響を検討した。

なお、同河口を対象とする調査・研究としては、八鍬ら³⁾による塩水遡上に関する検討、山下ら⁴⁾による河口沿岸域での土砂収支に関する検討などが挙げられる。

3. 結果と考察

(1) 導流堤建設による河口地形の変化

写真-1、写真-2および写真-3は、それぞれ1998年、1999年および2000年の河口砂州地形の変動を斜め写真により示したものである。

写真-1は導流堤工事前の河口砂州地形の変化である。写真-1(a)は冬季に河口砂州が十分に発達した状態である。右岸砂州が伸張し、左岸導流堤沿いにわずかな開口部が維持されている。写真-1(b)においても依然大規模な砂州が見られる。その後、春季には融雪出水により河川流量が増加し、これに伴い砂州のフラッシュが生じる。写真-1(c)はフラッシュ後の状態に対応している。夏季には一般に波浪が小さいため、フラッシュ後の砂州の発達は見られず、開口部が大きく維持されている(写真-1(c))。その後、秋季から冬季にかけて、河川流量に比べて波浪が卓越するようになる。これに伴い、左岸砂州が成長し始める(写真-1(d))。以上のような地形変化はここに示した1998年に限定されたものではなく、これ以前に毎年ほぼ同様な変動が周期的に観測されている(Tanaka and Lee¹⁾)。これは、上記のような外力の周期性を反映したものである。

次に、10月に導流堤工事が終了した1999年の斜め

写真を写真-2に示す。1999年においても、(a)、(b)、(c)までの変化に関しては前年の写真-1の同月とほぼ類似したものになっている。その後、(d)の時期に導流堤工事が竣工したため、10月にも係わらず河口砂州の発達は見られない。

写真-3の2000年の地形変動において、河口右岸に関しては写真-2(d)と同様に砂州の発達は見られない。写真-3(a)では、逆に左岸に堆積地形が認められる。その後、写真-3(b)に見られるようにこの土砂が河口内に押し込まれ、開口部が右岸寄りに位置するようになった。この点がこれ以前の地形と著しく異なる特徴である。その後の融雪出水により開口部が幾分拡幅する様子が写真-3(d)、写真-3(e)に見られるが、基本的な河口地形に大きな変化は無い。写真-3(f)では写真-3(e)に比べ、最狭幅が幾分減少している。

なお、写真-3を見ると、導流堤の背後には砂の堆積が認められ、構造物によりこれより北側の漂砂系から河口部が切り離され、安定した河口地形がもたらされたと判断される。

以上のように、導流堤建設後の河口地形は比較的安定したものになっており、建設前にダイナミックな砂州地形変動が見られたのと比べ、きわめて対照的である。この様に、導流堤の建設は河口地形の変動パターンを大きく変化させた。

次に、導流堤前後における河口内の深淺測量結果を図-2と図-3に示した。導流堤建設前には右岸砂州が大きく伸張し、開口部がきわめて狭窄している。一方、建設後は河口開口部がより上流側に押し込まれてはいるが、河口幅は図-2に比べ大きく維持されている様である。

以上のように、尻別川河口導流堤の建設は河口開口部の安定と開口部の維持に対し効果を発揮したと判断される。



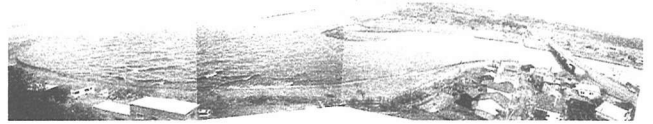
(a) 1998年1月20日



(b) 1998年3月20日



(c) 1998年7月21日

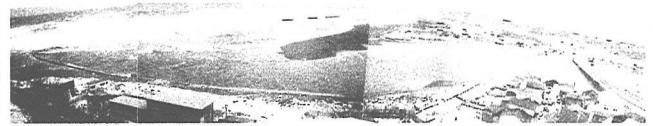


(d) 1998年10月10日

写真-1 尻別川河口地形の斜め写真(1998年).



(a) 1999年1月6日



(b) 1999年3月6日



(c) 1999年7月15日



(d) 1999年10月12日

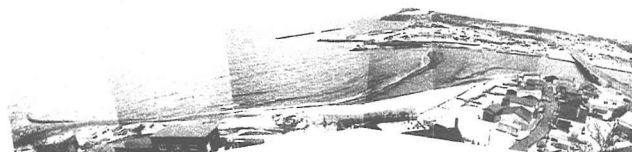
写真-2 尻別川河口地形の斜め写真(1999年).



(a) 2000年1月15日



(b) 2000年2月14日



(c) 2000年3月19日



(d) 2000年5月18日



(e) 2000年7月14日



(f) 2000年10月13日

写真-3 尻別川河口地形の斜め写真(2000年).

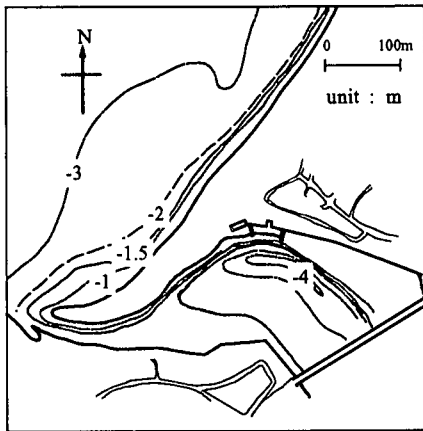


図-2 河口処理前の河口域等深線図
(1978年3月)。

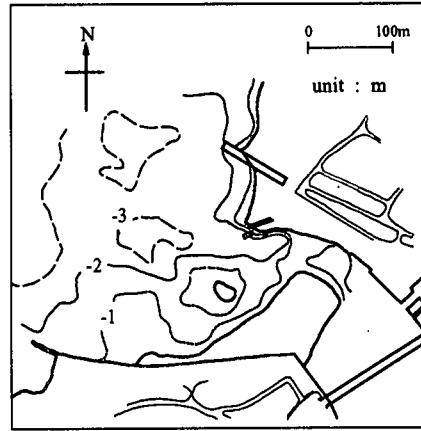


図-3 河口処理前の河口域等深線図
(2000年3月)。

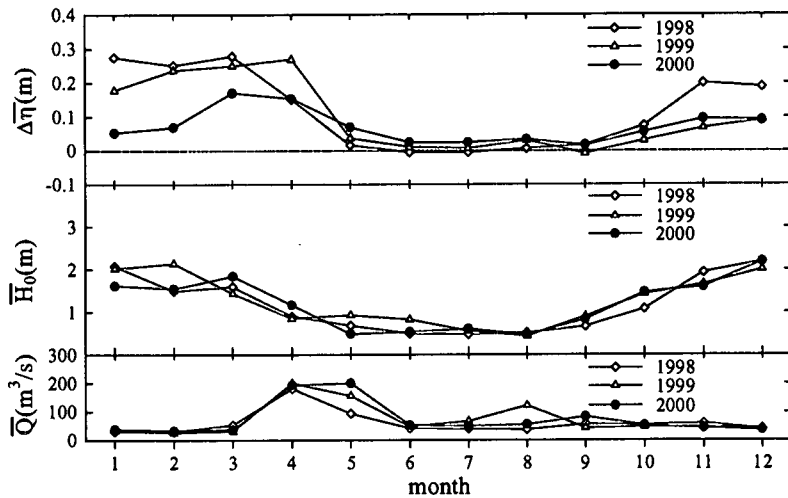


図-4 月平均の水位上昇量・波高・流量。

(2). 河口部での水位変動特性

図-4は、河口内水位上昇量 $\Delta\eta$ 、波高 H_0 、流量 Q の月平均値である。導流堤建設前後をはさむように、1998年から2000年までのデータを示した。まず、この3つのうち、波高、流量についてはこの3年で大きな違いは見られない。4月、5月には融雪出水による流量の増加が見られるが、これに対する平均水位の変化はほとんど見られない。むしろ、1月から3月と10月から12月の高波浪が河口水位上昇量と明瞭な相関を持っていることが分かる。このことから、同図の平均水位の上昇はwave set-upによるものと判断される。ここで注目すべき点は、導流堤が竣工した1999年10月以降、水位上昇量が低減した点である。特に1月から3月の期間を見ると、2000年における平均水位の低減が著しい。導流堤建設前後について、水位変動に関するより詳細な差を調べるために、1999年1月と2000年1月の河口部での水位上昇量、波高と流量の変動特性を図-5、図-6に示した。図中で、水位 η の添え字RMおよびTは、それぞれ河口内水位および潮位を表す。まず、いずれについても流量の

変動は見られず、水位上昇の変動は波高の変化と強い相関を有していることが分かる。また、図-5、図-6を比べると、後者の水位上昇量がより小さな値で推移していることが認められる。

そこで、水位上昇量と波高との間のより直接的な関係を見るために、図-5、図-6に示された期間(A)、(B)について $\Delta\eta$ と H_0 との関係を、それぞれ図-7、図-8に示した。図中の直線はここに示したデータに対して最小自乗法を当てはめることにより得られたものである。回帰式の比例定数を見ると、後者は前者の半分以下になっている。これからも、導流堤建設後にwave set-upによる水位上昇量が低減していることが分かる。

図-7、図-8に示したこの期間は河口部の砂州が十分に成長した時期であり、これに伴い河口開口部ももっとも浅くなる時期であると考えられる。図-5と図-6、あるいは図-7と図-8に示された導流堤建設後のwave set-up特性の変化は、導流堤建設によりもたらされた河口部地形変化を反映していると考えられる。

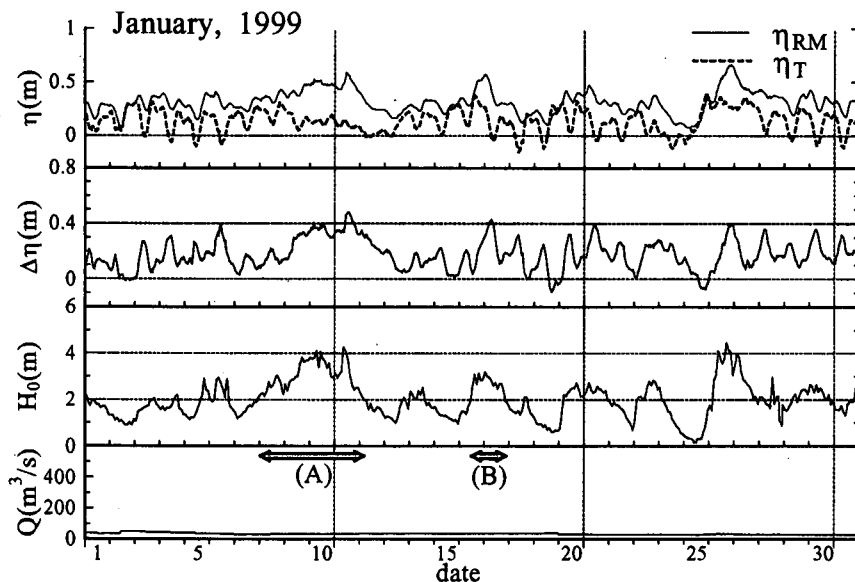


図-5 河口内水位・潮位・水位上昇量・波高・流量の変化（導流堤建設前，1999年1月）。

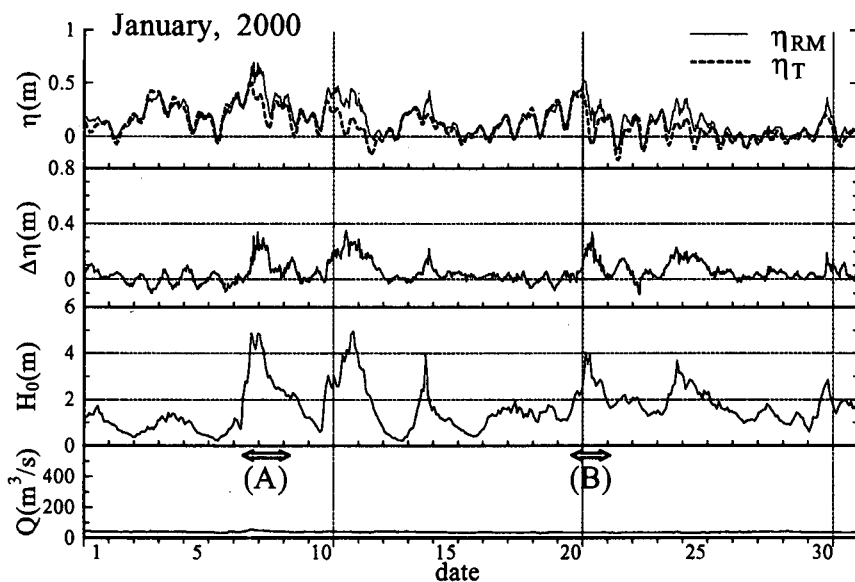


図-6 河口内水位・潮位・水位上昇量・波高・流量の変化（導流堤建設後，2000年1月）。

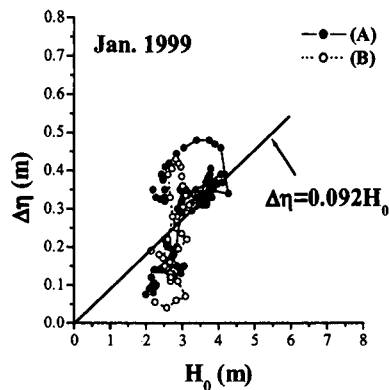


図-7 水位上昇量と波高との関係（導流堤建設前，1999年1月）。

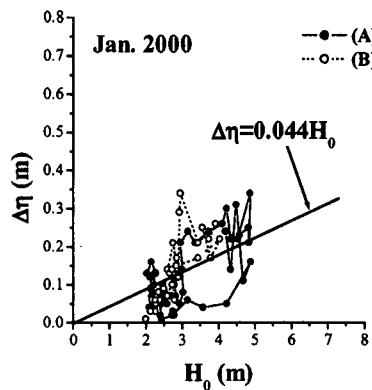


図-8 水位上昇量と波高との関係（導流堤建設後，2000年1月）。

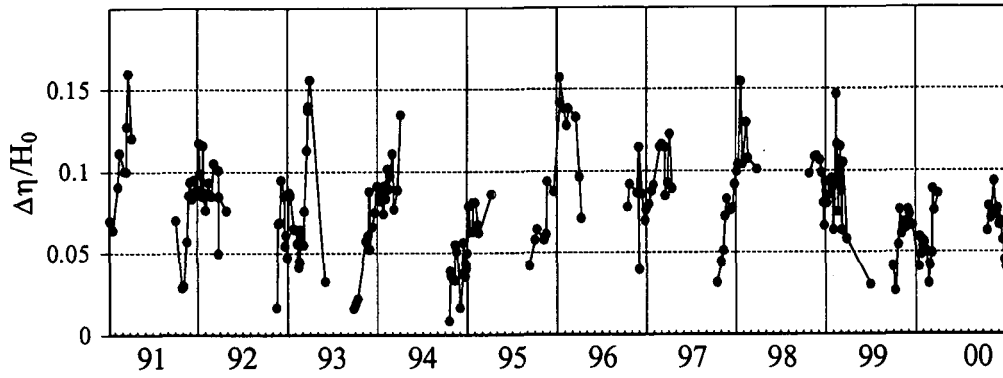


図-9 $\Delta\eta/H_0$ の変化.

(3). 地形変化がwave set-up高さにもたらす効果

図-7, 図-8と同様な解析を, wave set-upによる水位上昇と判断された他の期間に対しても行い, 高波浪イベント毎に無次元化したwave set-up高さ $\Delta\eta/H_0$ を求めた. 結果を図-9に示す. このうち, 1991年から1998年の変動に関してすでに報告しており, この期間において $\Delta\eta/H_0$ は河口砂州長さ L_s と正の相関を有している (Tanaka and Lee¹⁾). この既報論文においては砂州長さ L_s と河口水深 h_R が逆相関を有し, $\Delta\eta/H_0$ の増加は河口水深の減少によるものと推測した. その後, 河口砂州長さ L_s と河口水深 h_R の関係を示す資料が得られており, その結果を図-10に示した. 既報で推測した通り, 砂州長さ L_s と河口水深 h_R が逆相関を示している. これより, 図-9に示したデータのうち, 1991年から1998年の変動は河口水深の増減を反映したものであることが確認された.

なお, 河口部におけるwave set-up高さの河口水深依存性に関しては, 現地資料にもとづくHanslow et al.⁵⁾, 水理実験にもとづく李ら⁶⁾によっても検討されており, いずれも河口水深増加によりwave set-up高さが減少することを報告している.

図-9において, 導流堤が竣工した1999年10月以降は, 明らかに $\Delta\eta/H_0$ がこれ以前より小さな値を示す. これは, 導流堤の建設により, より深い水深が維持されるようになったためと推測される.

4. おわりに

本研究においては, 尻別川河口を対象として河口導流堤建設の効果に関する検討を行った. 主要な結論は以下のとおりである.

- (1) 尻別川河口導流堤の建設により, 河口開口位置が右岸に安定した.
- (2) 導流堤建設後のwave set-up高さは, 導流堤の建設後に低減した. これは, 河口水深の増加によると考えられる.
- (3) この様に, 同河口での導流堤建設は①河口維持, ②wave set-upによる水位上昇量低減の二点において効果的であった.

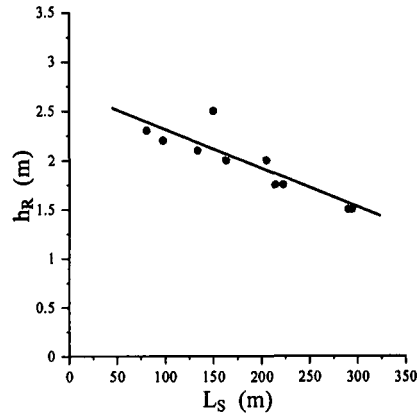


図-10 河口砂州長さ L_s と河口最大水深 h_R との関係.
(河口導流堤建設前)

謝辞: 本研究は土木学会水理委員会・河川懇談会による共同研究として実施された. ここに記して関係各位に謝意を表す.

参考文献

- 1) Tanaka, H. and Lee, H.S.: Relationship between river mouth morphology and wave set-up height at Shiribetsu River, Japan, Proceedings of 2nd Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics, pp.495-504, 2001.
- 2) Lee, H.S. and Tanaka, H.: Water level variation and sand spit development at the Shiribetsu River Mouth, Japan, Proceedings of 1st Asian and Pacific Coastal Engineering Conference, pp.818-827, 2001.
- 3) 八鍬 功・高橋 将・大谷守正: 河口閉塞が塩水遡上に及ぼす影響, 海岸工学講演会論文集, 第26巻・pp.559-562, 1979.
- 4) 山下俊彦・松本光矢・伊東祐一郎・清水康行・古路一哉: 尻別川の粒径別流出土砂特性と河口沿岸域での土砂収支の試み, 海岸工学論文集, 第48巻, pp.646-650, 2001.
- 5) Hanslow, D.J., Nielsen, P. and Hibbert, K.: Wave setup at river entrance. Proceedings of 25th International Conference on Coastal Engineering, pp.2244-2257, 1996.
- 6) 李 炫錫・田中 仁・山路弘人: 河口部のwave set-up高さに関する実験的研究, 土木学会東北支部技術研究発表会概要集, pp.254-255, 2002.