

七北田川河口の完全閉塞条件に関する研究

稲村 武彦*・田中 仁**

1. はじめに

一般に, 我国の河川の流量は夏季に比較して冬季に激減するため, この時期に河口の完全閉塞が生じることがある。河口閉塞は治水上の大きな問題となることは当然のこと, 塩分濃度の低下により河口近辺に広がる干潟に生息する底生生物に悪影響を与えたり, また, 鮭をはじめ各種魚類の遡上を妨げるなど, 生物環境面への影響も無視できない。

現地における河口閉塞の発生条件については, 流域面積と粒径の関係で表した山本 (1978) による検討結果があるものの, 閉塞現象の詳細な知見は得られていない。これは, 閉塞発生時期を予見することが困難であり, そのために事前・事後の詳細な現地情報を得ることが難しいことによる。また, 完全閉塞が生じやすい中小河川において, 定期的な現地資料の蓄積が稀少であることも一因である。

著者らはここ 10 年間にわたり, 宮城県仙台市を流れる二級河川・七北田川河口の調査を継続し, これまでに 6 度の閉塞データを得ることが出来た。ここでは, これらと開口時資料とを併せて河口閉塞条件の定式化を試みた。

2. 七北田川の概要

本研究の対象となる七北田川は, 奥羽山脈の支岳ヶ岳 (標高 1172 m) に発し, 仙台市北部を流れ, 河口より約 4 km 上流にて梅田川と合流し, 仙台市蒲生において仙台湾に注ぐ。総流域面積は 233 km², 幹川流路長は 45 km の二級河川である。河口部より上流約 200 m の位置に蒲生干潟が広がる。蒲生干潟は全国でも有数の渡り鳥の飛来地であり, 多様な生物の生息空間であるとともに, 市民の憩いの場でもある (栗原, 1980)。七北田川河口より上流 500 m の位置には, 貞山堀と呼ばれる人工水路があり, 約 9 キロ南方の一級河川・名取川とつながっている。図-1 に本研究の対象となる七北田川の位置とその周辺図を示す。七北田川ではこの 10 年の間に 6 回にわた

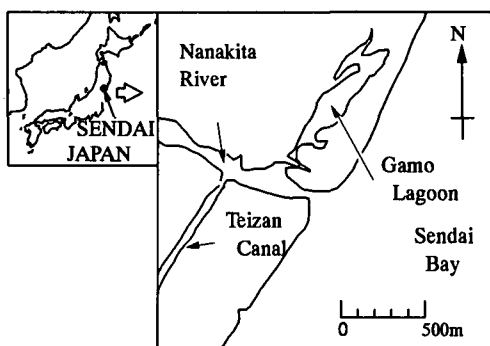


図-1 七北田川の位置とその周辺図

り河口完全閉塞が確認されている。この河口閉塞現象に関しては, 田中 (1991, 1995) や高橋ら (1995) によって閉塞に至った実態把握および閉塞をもたらす外力条件に関する検討が行われてきたが, 閉塞の要因を統一的に解釈することは出来ていない。

3. 現地調査と外力データ

七北田川河口部の現地調査は, 汀線測量と横断測量とからなる。汀線測量は 1988 年 6 月より, 2 週間に 1 度定期的に継続して行われている。光波測距儀を用い, 潮位補正を施した上で汀線形状を得る。これより, 河口最狭幅 B が得られる。一方, 最狭部横断測量は平均して 1 ヶ月に一度程度の割合で実施されている。これより, 河口幅, 河口最狭部横断面積 A を求めることが出来る。また, 河口部の地形変化に影響を及ぼす外力データとして, 河川流量データ, 波浪データおよび潮位データを入手し, これらから波浪エネルギーや潮汐振幅を求めた。

4. 河口閉塞条件に関する考察

前述の様に, 七北田川ではこの 10 年間に 6 回の河口完全閉塞が確認され, その度に堤内地への氾濫や河口周辺の生態系への影響が懸念された。平常時の開口状態の七北田川の様子を写真-1 に示す。一方, 写真-2, 写真-3 は完全閉塞時の河口地形を示したものである。写真-3 に示した 1994 年は異常渇水の年であり, これにより, 河

* 正会員 宮城県仙台市土木事務所 建設第一課
** 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



写真-1 開口時の七北田川河口 (1998年3月2日)

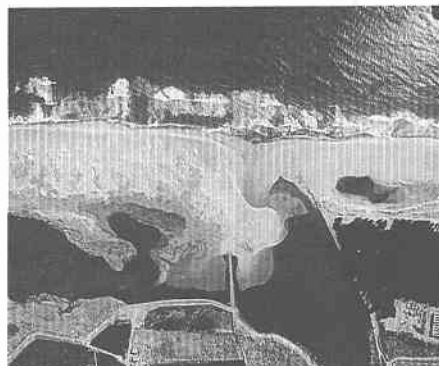


写真-2 七北田川の河口閉塞 (1988年12月7日)

Sea

Nanakita River



写真-3 七北田川の河口閉塞 (1994年11月7日)

口閉塞が頻発した。すでに記した様に、七北田川河口と名取川河口は貞山堀によりつながっているため、完全閉塞時の河川流量はこの運河を通じて名取川河口から仙台湾に注いだ。

4.1 閉塞と波向きとの関連

図-2 は1988年と1989年に閉塞が確認された時期、図-3 は1994年に閉塞が確認された時期の波浪条件、河川流量を示す。なお、図-2の二つ目の閉塞は現地を確認されたものではなく、河口水位波形から推測された事象である。田中(1991)によれば、同河口では汀線に直交する波向きの時に閉塞が生じやすく、すなわち、岸向き漂砂が直接河口に持ち込まれることにより閉塞するとの報告がある(図-2)。図-2によれば、二つの閉塞の直前に他に比べて波向き角の小さい波浪が来襲しており、この角度はほぼ汀線に対して直角方向となっている。一方、すでに高橋ら(1995)に報告されているように、1994年の閉塞時(図-3)ではこのような傾向が見られない。よって、波向きと波高の組み合わせだけでは閉塞現象を説明仕切れない。そこで、本研究では、河口最狭部特性と各種外力に対して重回帰分析を適用することにより閉塞条件を求めることとする。

4.2 重回帰分析

ここでは、まず、非閉塞時の汀線測量及び横断測量が

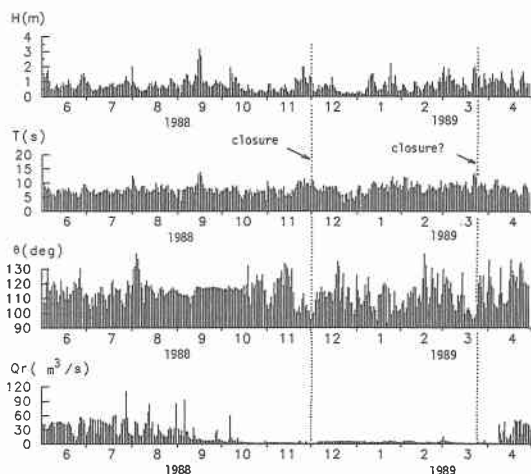


図-2 1988年、1989年閉塞時の外力条件 (田中, 1991)

ら得られた最狭部での河口幅 B や断面積 A に対して重回帰分析を適用し、 B や A を目的変数、各種外力を説明変数として定式化する。これらの得られた式で $B=0$ 、 $A=0$ などを代入して閉塞状態へと外挿し、得られた閉塞条件式が実測された6つの閉塞イベントの発生を説明できるかを検討する。非閉塞時の実測データとしては、上述の様に、①約2週間に一度行われている汀線測量と、②

約1ヶ月に一度行われている横断測量データを用いる。

河口地形を決定する外力条件としては、河川流量 Q 、波浪エネルギーフラックス E および仙台港での実測潮汐の振幅 $\Delta\eta$ を用いた。ただし、実測日における河口最狭部形状は、その日以前に外力が作用し形成されたものであるから、 Q と E については実測日前5日間の平均を求めた。また、重回帰分析を行うにあたり、 E が $1.0\text{ t}\cdot\text{m}/\text{s}\cdot\text{m}$ より大きい値を示すデータを用いた。これは、閉塞条件を求めることが目的であり、これに近い高波浪時のデータのみを用いることにより精度が高まると考えたからである。

(a) 汀線測量による最狭幅データから得られる閉塞条件

目的変数を汀線測量から求めた河口最狭幅 B (m) とし、説明変数を河川流量 Q (m^3/s)、波浪エネルギー E (t

$\text{m}/\text{s}\cdot\text{m}$)、潮汐振幅 $\Delta\eta$ (m) の3つとして重回帰分析を適用し、以下の様に定式化した。

$$B=40.7+1.05Q-0.788E-14.9\Delta\eta \quad \cdots\cdots (1)$$

ここで、右辺の Q の係数は正、 E 、 $\Delta\eta$ の係数は負であり、 $\Delta\eta$ のみ物理的過程から予想される符号に反する。実測値と上式による計算値との比較を図-4に示す。ややばらつきはあるものの良好な結果といえる。

得られた回帰式(1)に $B=0$ を代入して閉塞条件とし、これに $\Delta\eta$ として1.515 m (朔望満潮位と朔望干潮位の差)、1.00 m、0.80 mとすることによって得られる式を図-5に示す。直線より上では、相対的に波浪が卓越し、河川流量が小の状態にあり、閉塞が発生する領域に対応する。図中には、閉塞データ($\times$)と非閉塞時データ($\bullet$)も示した。しかし、ここで得られた式では実際の閉塞現象を説明できていないことが分かる。

(b) 横断測量による最狭幅データから得られる閉塞条件

次に、川幅に関して、より精度良く最狭部特性が測定されていると考えられる横断測量による最狭幅 B について同様な解析を行った。得られた式は次の通りである。

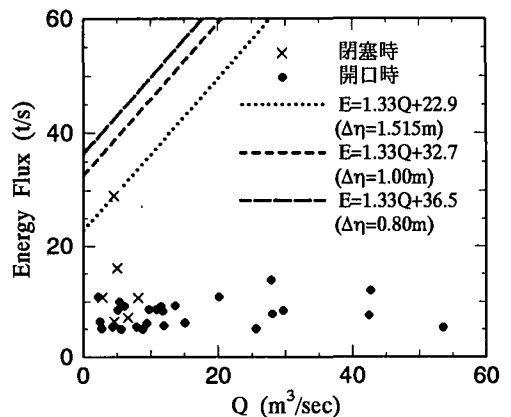


図-5 汀線測量による河口幅から得た閉塞条件と実測値との比較

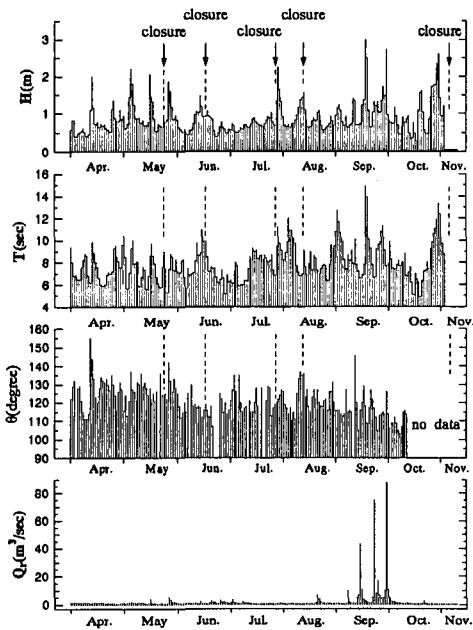


図-3 1994年閉塞時の外力条件 (高橋ら, 1995)

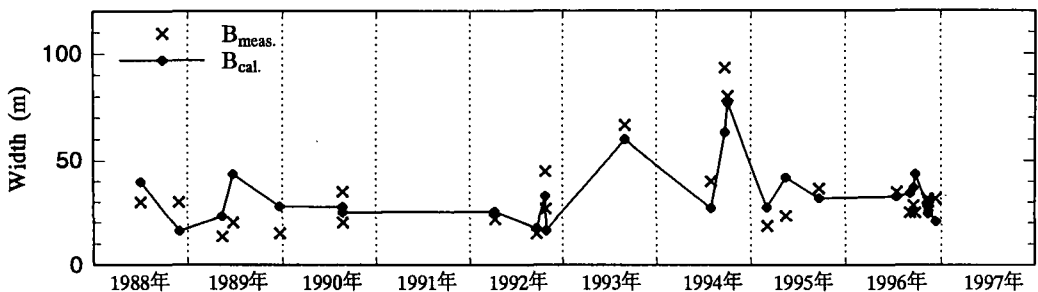


図-4 汀線測量による河口幅実測値と回帰式の比較

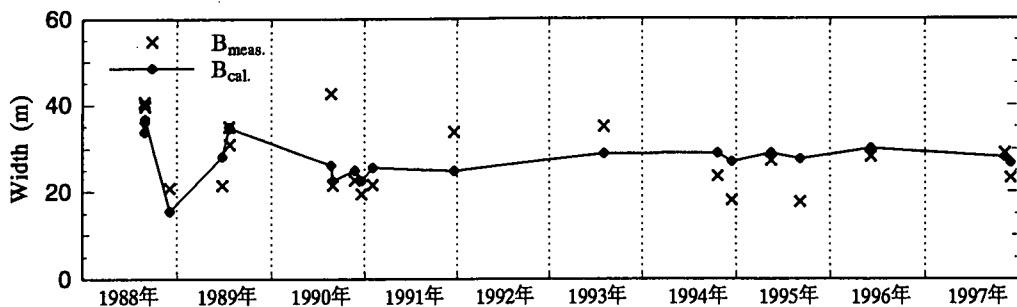


図-6 横断測量による河口幅実測値と回帰式との比較

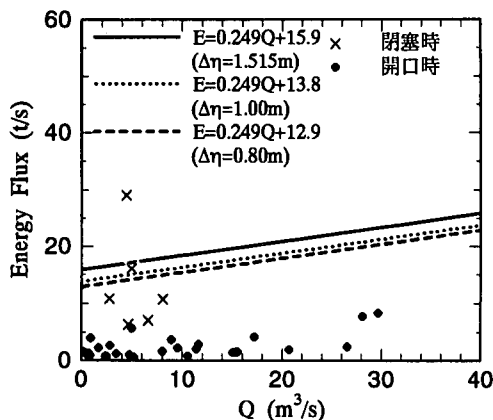


図-7 横断測量による河口幅から得た閉塞条件と実測値との比較

$$B = 18.3 + 0.477Q - 1.92E + 8.10\Delta\eta \quad \dots\dots (2)$$

前節の結果と異なり、上式右辺の符号は全ての項について合理的な結果が得られている。実測値との比較図を図-6に示す。精度としては、先のケースと同程度の結果となっている。

得られた回帰式に $B=0$ を代入することによって得られる式(直線)、閉塞データ($\times$)、非閉塞時データ($\cdot$)を図-7に示す。ここで得られた閉塞条件式もやはり6つの閉塞発生を説明できてはいない。

(c) 横断測量による最狭部断面積データから得られる閉塞条件

以上のように、河口最狭川幅より求められた閉塞条件式はいずれも6つの閉塞発生を説明することが出来なかった。そこで、横断測量の結果より求められた河口最狭部の横断面積 A (m^2) について同様な解析を行い、回帰式

$$A = -9.25 + 1.60Q - 5.15E + 0.319\Delta\eta \quad \dots\dots (3)$$

を得た。ここで、右辺の符号はやはり物理的過程から予想されるものと合致している。実測値との関係を図-8に示す。ばらつきがあまりなく、実測値と良好な対応をしており、精度が十分であるといえる。得られた回帰式に $A=0$ を代入することにより得られる式を直線で、また、実測データを記号で図-9中に示した。先の二つのケースと異なり、ここで得られた式は6つの閉塞データと開口時データの境界に位置しており、閉塞の発生をうまく説明している。

以上のように汀線測量資料から良好な結果が得られなかった理由の一つは、まず、河口部で地形勾配が複雑に変化するために潮位補正が精度よく行えず、正確な河口幅評価がなされていないことによると考えられる。また、河口最狭部横断面積 A に関する検討から良好な結果が得られたことは、河口断面の変化は幅のみでなく、水深方向も含めて断面全体で生じることを物語っており、対象とすることがらによっては、水面上に現れる地形のみの

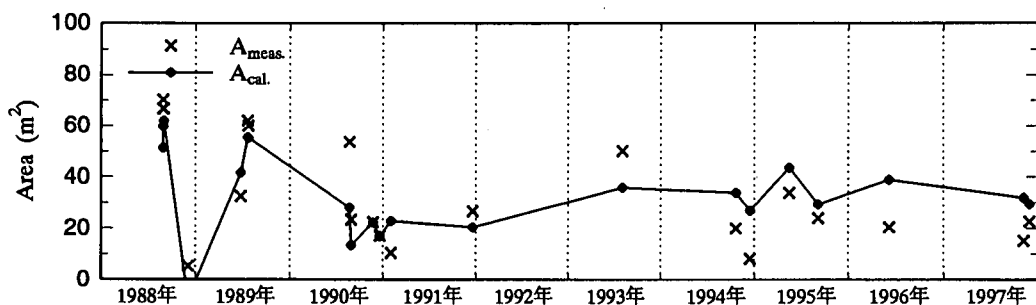
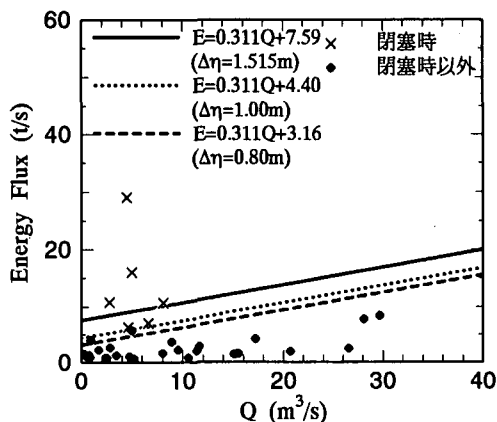


図-8 横断測量による河口断面積実測値と回帰式との比較



図一9 横断測量による河口断面積から得た閉塞条件と実測値との比較

観測では不十分であることが理解される。

5. おわりに

二級河川七北田川を対象として、河口閉塞をもたらす外力条件を求めることが出来た。より精度の高い条件を

求めるためには、説明変数についてさらなる検討が必要である。

謝辞：現地調査を実施するにあたり、東北大学大学院土木工学専攻環境水理学研究室諸兄の協力を得た。また、運輸省第二港湾建設局・塩釜港工事事務所ならびに宮城県仙台東土木事務所から貴重な資料を提供して頂いた。さらに、本研究に対して文部省科学研究費の補助を受けた。ここに記して厚く謝意を表する。

参 考 文 献

- 栗原 康 (1980): 干潟は生きている, 岩波新書, 219 pp.
- 高橋文彦・田中 仁・高橋 淳(1995): 1994年渇水期に発生した七北田川河口閉塞の調査とその解析, 海岸工学論文集, 第42巻, pp. 586-590.
- 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.
- 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, No. 509/II-30, pp. 169-181.
- 山本晃一(1978): 河口処理論 [I]—主に河口砂州を持つ河川の場合—, 土木研究所資料, 第1394号, 223 p.