

II - 6

オホーツク海沿岸における中小河川の河口閉塞防止工について

(株) アルファ水工コンサルタンツ 正員 林 克 恭
 (株) アルファ水工コンサルタンツ 正員 川 森 晃
 (株) アルファ水工コンサルタンツ 正員 角 木 修 一
 (株) アルファ水工コンサルタンツ 正員 中 島 等

1. はじめに

オホーツク海沿岸は、能取湖、サロマ湖、コムケ湖などの鹹水湖沼が多く存在する。これらの湖沼のうちサロマ湖を除く各湖沼は、従来秋季から冬季にかけて漂砂のため湖口が閉塞し、湖沼の周辺に居住する人々にとっては常に冠水の心配がつきまっていた。しかしながら、1970年代から1980年代にかけて、能取湖口、サロマ第2湖口、コムケ湖口を人工的に開削するとともに導流堤を設け外海と湖内の水位差によって常に海水が入り出す感潮狭水路が完成してからは、これら湖口は一年を通し湖口閉塞から開放され良好な状態を保っている。

一方、鹹水湖沼が点在する平野部を流下し直接オホーツク海へ流入する中小河川は、年降水量が800mm以下という日本最小雨の地域で流量が少ないことや、地形勾配が比較的緩やかであることなどから流勢が弱く、自然状態では秋季から冬季にかけて従前の湖沼と同様に河口の完全閉塞を起こすことが常である。このため、これら中小河川の流域に点在する住居、耕地などにとっては河口閉塞に伴う河川水位上昇のため冠水が懸念される状況も少なくない。

このように、自流による河口維持が困難である極めて緩勾配な中小河川について、オホーツク海のように潮位差が1.2mと大きな外海にその河口が面している場合、その外海潮位や水面積を利用した感潮狭水路の導入により河口の維持が可能であれば、これら河口閉塞の問題を有する中小河川にとって極めて有効な河口閉塞防止工となり得ることが考えられる。このため、オホーツク海に直接流入するある小河川をモデルに机上検討を行ない、感潮狭水路工法を採用した場合の河口維持の可能性を述べるものである。

2. 検討対象河川の概要

ここで、検討対象とする小河川は、中湧別東方の丘陵地帯を源に湧別町東方を北流し、沼地を経て西方へ流れを変え、一級河川湧別川の東方約1.5kmの位置で再び北流しオホーツク海へと注ぐ流域面積19.8km²、流路延長6.5kmの小河川である。現況のこの小河川は、川幅15mで河口部に異形ブロックによる導流堤にて河口処理を行なっているが、再々河口の完全閉塞に見舞われ人工開削により河口維持が計られる状況下にある。この小河川の特徴は、河口より約1.2km上流の沼地まで極めて河床勾配が緩やかな点であり、河床勾配は概ね3千分の1程度となっている。また、河床高については、河口部の計画河床高は $E L = T.P. - 0.6$ mに設定されており、この標高は外海の期望平均干潮面 $L.W.L.$ と一致しているため、この小河川は外海潮位の影響を常に受ける感潮河川となっている。

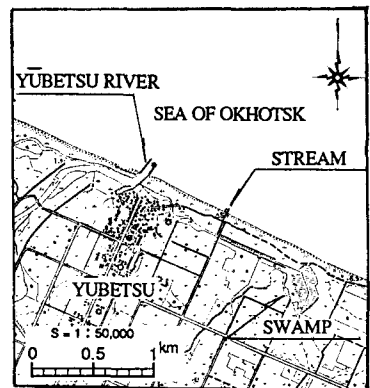


図-1 対象河川位置図

Preventive method of closed stream mouthe in the small streams at the Okhotsk coast by Katsuyasu HAYASHI,
 Akira KAWAMORI, Shuichi KAKUKI, Hitoshi NAKAJIMA

3. 感潮狭水路の水理

感潮狭水路における狭口水路潮流ならびに内水域潮位を求める簡略解、また、それをもとにして水路の最大流速水深を直接求める方法については近藤の研究^{1)~3)}によるものがあり、今回はこの方法を用い検討を行なうこととした。よって、以下に近藤の方法を述べる。

3. 1 水路流速 u と内水域潮位 η_b の解

図-2のように、表面積 S の内水域が長さ l 、水深 h の水平底の一樣断面水路で海と接続する場合を考えると、海の潮位が次式で与えられるとき

$$\eta_s = a_s \cos \sigma t \quad \dots\dots\dots (1)$$

水路の潮流流速並びに内水域の水位は次のようになる。

$$u = -U \sin(\sigma t - \gamma) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\eta_b = a_b \cos(\sigma t - \gamma) \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 U 、 a_b はそれぞれ水路流速と内水域潮位の振幅（時間的最大値）であり、 γ は位相角（ラジアン）である。それらは、

$$U = \sqrt{\frac{1}{2p^2} \left[-\left(\frac{\alpha}{\sigma^2} - 1\right)^2 + \sqrt{\left(\frac{\alpha}{\sigma^2} - 1\right)^4 + 4\left(\frac{\beta p}{\sigma^2}\right)^2} \right]} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$a_b = a_s / \sqrt{\frac{1}{2} \left[\left(\frac{\alpha}{\sigma^2} - 1\right)^2 + \sqrt{\left(\frac{\alpha}{\sigma^2} - 1\right)^4 + 4\left(\frac{\beta p}{\sigma^2}\right)^2} \right]} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\gamma = \tan^{-1} \left[\sqrt{-\frac{1}{2} \left\{ -\left(\frac{\alpha}{\sigma^2} - 1\right)^2 + \sqrt{\left(\frac{\alpha}{\sigma^2} - 1\right)^4 + 4\left(\frac{\beta p}{\sigma^2}\right)^2} \right\}} / \left(\frac{\alpha}{\sigma^2} - 1\right) \right] \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここで、

$$\alpha = (Ag/lS) \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\beta = (a_s g \sigma / l) \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$p = (8 g n_r^2 / 3 \pi \sigma R^{4/3}) \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\sigma = (2\pi/T) \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$n_r = n \sqrt{1 + (fc R^{4/3} / 2 g n^2 l)} \quad \dots\dots\dots (11)$$

また、 A 、 l 、 R 、 n はそれぞれ水路の流積、長さ、径深、マンニングの粗度係数であり、 fc は水路への流出入による損失係数で n_r は等価粗度係数である。 T と a_s は海の潮位の周期と振幅であり、 g は重力加速度である。

3. 2 最大流速 U_{max} と最大流速水深 h_o

感潮狭水路の流速は、海と内水位の水位差によって主に支配され、このため水路の流積が大きいと潮波の伝播が速やかで水位差が小さくなり、また流積が小さ過ぎると摩擦損失が大となり、流速は減少する。したがってある流積のところで流速が最大になることが推測でき、このことは既に1940年にEscoffierがBrown式に基づいて検討し、また、小規模な水理実験などにおいても研究されている。

U_{max} は、式(4)を多項式に直し、 h で微分した後 $(\partial U / \partial h) = 0$ とおくと、 p 、 α が h の関数であることを考慮し以下のように得られる。

$$U_{max} = \sqrt{\frac{(\alpha/\sigma^2 - 1) \left(\frac{\partial \alpha}{\partial h}\right)}{\sigma^2 p \left(\frac{\partial p}{\partial h}\right)}} = \sqrt{\frac{3}{4} \left(\frac{n_r}{n}\right)^2 \frac{\alpha (\alpha/\sigma^2 - 1)}{\sigma^2 p^2} \frac{\left(\frac{\partial A}{\partial h} / A\right)}{\left(\frac{\partial R}{\partial h} / R\right)}} \quad \dots\dots\dots (12)$$

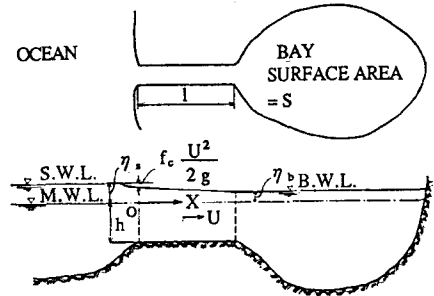


図-2 感潮狭水路の略図

また、 h_0 あるいはその場合の流積は式(4)と(12)を等しいとおいた下式を満足する値として求められる。

$$-\left(\frac{\alpha}{\sigma^2}-1\right)^2 + \sqrt{\left(\frac{\alpha}{\sigma^2}-1\right)^4 + 4\left(\frac{\beta P}{\sigma^2}\right)^2} = \frac{3}{2}\left(\frac{n_f}{n}\right)^2 \frac{\alpha(\frac{\alpha}{\sigma^2}-1)}{\sigma^2} \cdot \frac{\left(\frac{\partial A}{\partial h}/A\right)}{\left(\frac{\partial R}{\partial h}/R\right)} \quad (13)$$

なお、狭水路が長方形断面ならびに台形断面の場合、

$$W = \left[\frac{\left(\frac{\partial A}{\partial h}/A\right)}{\left(\frac{\partial R}{\partial h}/R\right)} \right] \quad (14)$$

とおくと、それぞれの断面のA、RおよびWは表-1のとおり整理される。

3.3 最小流積とタイダルプリズム

感潮狭口における平衡状態の最小流積 A_e は、タイダルプリズムPとの関係でこれまで調べられてきており、近藤は、既往のデータをもとに新たに北海道の狭口データを加え、次式に示す平衡状態におけるP/A_eの条件式を導いた。

$$(P/A_e) \leq 0.22 \sqrt{g a_s} T \quad (15)$$

また、外海潮汐を単調和潮と仮定して、

$$P = AU \int_0^{T/2} \sin \sigma t dt = \frac{AUT}{\pi} = \frac{QT}{\pi} \quad (16)$$

から式(15)は次の式に書き改められる。

$$U \leq 0.22 \sqrt{g a_s} = 2.16 \sqrt{a_s} \text{ (m/sec)} \quad (17)$$

式(15)、式(17)は、安定な状態下にある狭口水路にあてはまる関係であるが、その場合の水深は h_0 よりも大きいことは当然である。

4. 対象河川の河口に対する感潮狭水路の有効性について

3.で示した方法に従い、この小河川の河口閉塞防止工として、感潮狭水路を用いた場合の断面について検討を行なった。ここで、外海潮汐の仮定について、周期Tは日潮周期(24h 50m)をとり、振幅 a_s は一般的に用いられているH.W.L.=T.P.+0.6mとL.W.L.=T.P.-0.6mから0.6mとした。また、内水域の水面積については、図-3に示す $S=68,300\text{m}^2$ とした。これらの条件に対し、法勾配 $m=1:2$ の台形断面の狭水路について h_0 を求めるため試算を行なった。試算について水路幅は現況河川の $b=15\text{m}$ から1mごとに水路幅を設定し、水深は、L.W.L.から0.01mごとに深く設定し、また、水路延長については50mから250mまで50m刻みで各水路幅における最大流速を得る水深 h_0 、またその場合のUを求めそれらの関係を図-4および図-5に整理した。

試算の条件範囲の中では、式(17)における

$$U = 2.16 \sqrt{a_s} = 1.67 \text{ (m/sec)} \quad (18)$$

を満足する流速は得られなかったが、現況ではほとんど潮汐による流速が期待できない小河川において、図-5に示すとおり潮汐による流速が得られる断面が想定され、河口閉塞防止と

表-1 各種断面のA、RおよびW

	Rectangular	Trapezoidal
A	bh	$h(b+mh)$
R	$\frac{bh}{b+2h}$	$\frac{h(b+mh)}{b+2h\sqrt{1+m^2}}$
$\frac{\partial A}{\partial h}$	b	$b+2mh$
$\frac{\partial R}{\partial h}$	$\frac{b^2}{(b+2h)^2}$	$\frac{b(b+2mh)+2mh^2\sqrt{1+m^2}}{(b+2h\sqrt{1+m^2})^2}$
$W = \left[\frac{\frac{\partial A}{\partial h}/A}{\frac{\partial R}{\partial h}/R} \right]$	$1 + \frac{2h}{b}$	$\frac{(1+2m\frac{h}{b})(1+\frac{h}{b}\sqrt{1+m^2})}{1+2m\frac{h}{b}+2m\left(\frac{h}{b}\right)^2\sqrt{1+m^2}}$

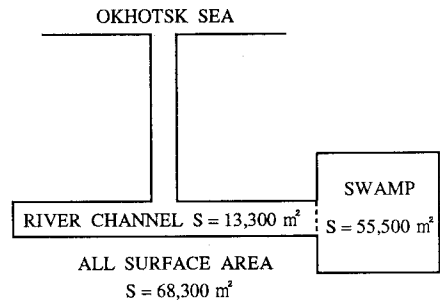


図-3 小河川の水面積の略図

いう意味からは極めて有意義なことが示された。また、Bruunら²⁾によれば、朔望潮位時の最大流速を0.8～1.2 (m/sec)とする設計法の提案もあり、本検討においてはこの流速の範囲に位置する断面および水路長の感潮狭水路のパターンが図-5をみてもかなり出現しており、その有用性は高いものと判断できる。

5. むすび

本文において、オホーツク海沿岸の一中小河川を対象に、外海潮位と内水位差によって生ずる流速を利用した感潮狭水路を河口閉塞防止工とした場合の有効性を考えた。ここで、さらに波浪による岸沖漂砂によって形成される二次元砂州と流砂の関係を研究することが重要と考えられるがこれについては今後の課題としたい。

終りに、本文の作成にあたって有益な御助言を戴いた室蘭工業大学の近藤俊郎教授に感謝の意を表わします。

参考文献

- 1) 近藤俊郎：感潮狭口の最大流速水深と最小流積，第21回海岸工学講演会論文集，1974
- 2) 近藤俊郎：人工感潮狭水路の設計法について，第24回海岸工学講演会論文集，1977
- 3) 近藤俊郎：感潮狭水路の水利，1979年度（第15回）水工学に関する夏期研修会講義集，1979

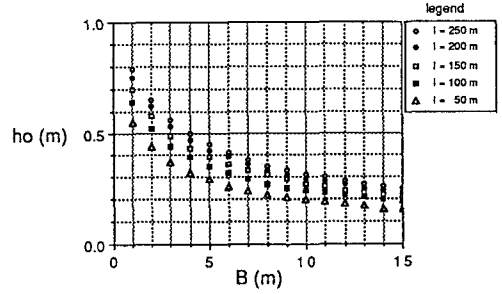


図-4 水路幅と最大流速水深の関係

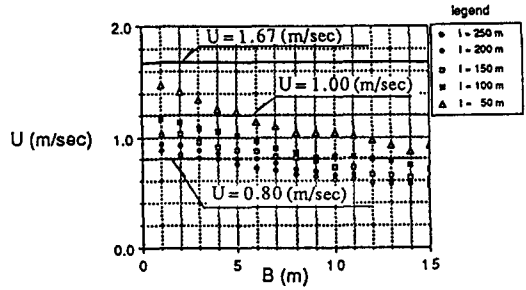


図-5 水路幅と最大流速の関係