

II-65

河口の閉塞・フラッシュに関する研究

北海道大学工学部

木村顕一郎

北海道大学工学部

正 員 黒木 幹男

北海道大学工学部

正 員 板倉 忠興

1.はじめに

河口部においては、波、潮位変化などの海側の要因や、河川流量などの河川側の要因によって、種々の河口地形がみられる。河口の閉塞やフラッシュは、川の流れの掃流力と河口を埋没させる力との大小関係によって発生する現象である。

本研究では、北海道内の外海に流出する河川について、河口閉塞のみられるものと、その周辺の河川との簡単な比較を行った。また簡単な砂州を仮定して、それが崩壊する過程を河床変動計算（MacCormack法）によって調べてみた。

2.河口閉塞について

河口閉塞は、主として波浪によって生じる漂砂が河口付近に堆積することによって生じる。都築等¹⁾は北海道の河口形状特性についての研究において、北海道周辺の海域を太平洋、オホーツク、日本海の3つに分割し、各海域における波高、波の向きについて調査し、その結果各海域内においてはそれらがほぼ同一の傾向を示しているとしている。波高に関してみると、日本海海域においては積丹半島北側の海域で0.4-0.5mである他は、0.8-1.3mと比較的高い波高であり、オホーツク海域においては0.7m-0.8mである。また、太平洋海域においては、釧路より東の海域においては0.2m-0.3mと低い値になっており、それ以外の海域では、内浦湾内、津軽海峡以外において0.7m-0.9mと比較的高い値になっている。北海道周辺の海域においては、一部を除けば波が河口内に漂砂を運び込むのに十分な波高を有しているといえる。本研究では、3つの海域に流出する河川で、河口閉塞が生じる

ときの簡単な条件について考察してみることにした。研究対象とした河川は、道内20河川で、それらの

位置と河口閉塞の有無、及び単位幅洪水流量を3つに区分した記号を図-1に示す²⁾。

	単位幅流量 (m ² /s)			不明
	0.05以下	0.05-0.20	0.20以上	
閉塞あり	●	●	●	▲
閉塞なし	○	○	○	△

2-1.流れと河口閉塞との関係

河口部の単位幅で砂の移動を考える場合、流れの掃流力と限界掃流力との間において、

$$u_s < u_{sc} \quad \dots (1)$$

なる関係式が成り立てば、川の流れによって河床砂は移動して

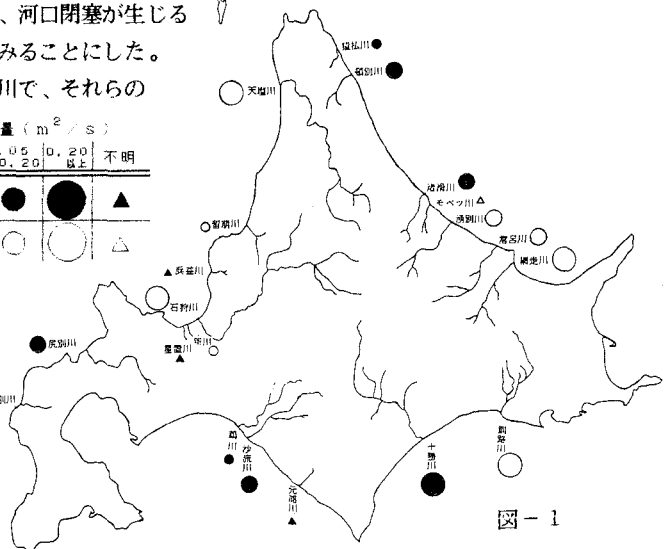


図-1

Study on River Mouth Closure and Flashing

by Kenichiro KIMURA, Mikio KUROKI, Tadaoki ITAKURA

いないことになる。 u_{*c} に関しては、岩垣公式により平均粒径を用いて計算することが可能である。波高が十分に大きければ、河口部に漂砂が流入する。(1)式の関係が成り立つとすれば、河口部分に砂が堆積すると考えられる。(1)式より河口付近の河床勾配 I 、平均粒径 d_m (cm)、粗度係数 n を知ることができれば、河床砂が動き出す限界の流量（これを q_c とする）が求められる。 q_c と単位幅河水流量 q の大小関係を比較することは、ある河川において河口閉塞が起こり得ることがあるかどうかの判断の材料になると思われる。各河川における I 、 d_m 、 n の値と、 q_c の計算値を表-1に示す。

2-2. 考察

q_c と q との比較の結果、2つの流量の大小関係と河口閉塞との間にはほとんどの河川において関連がみられた。すなわち、河口閉塞がみられる河川においては $q_c > q$ なる関係が、そうでない河川においては $q_c < q$ なる関係がみられる。 q_c が計算できた河川においてこの関係にはずれたものは、湧別・十勝の2河川であった。この関係は波浪が卓越している河口において、(1)式が成り立つという条件のもとに河口閉塞が起こるか否かを考えている。北海道周辺の海域においてこの関係は、河口閉塞が発生するか否かを明確に判断することはできないであろうが、その目安になるといってよい。

表-1

		I	d	n	q_c	q
オホ	湧別川	1/9200	0.20	0.030	0.453	0.043
	釧路川	1/2300	0.20	0.030	0.090	0.057
ト	清瀬川	1/1425	0.38	0.035	0.199	0.051
	モベツ川	1/1000	0.20	0.035	0.029	----
ク	湧別川	1/800	0.40	0.026	0.148	0.057
	常呂川	1/3000	0.04	0.037	0.008	0.094
海	網走川	----	0.20	0.030	----	----
	釧路川	1/3300	0.09	0.030	0.030	0.417
平	十勝川	1/4500	0.12	0.035	0.058	0.627
	元浦川	1/480	0.15	0.030	0.009	----
海	汐路川	1/637	0.58	0.025	0.219	0.088
	釧路川	1/670	0.30	0.025	0.120	0.033
日	後志利別川	1/1780	0.10	0.028	0.018	0.123
	釧路川	1/4600	0.34	0.035	0.644	0.182
本	星置川	1/1000	30.00	0.035	*1	----
	新川	1/3800	0.03	0.035	0.010	0.024
海	石狩川	1/4000	0.03	0.026	0.014	0.599
	浜益川	1/1100	----	0.030	----	----
海	留萌川	1/2760	0.01	0.030	0.028	0.041
	天塩川	1/3700	0.61	0.028	0.026	0.388

*1: 粒径が大きいため省略

-----: 河口閉塞がみられる河川を示す

3. 砂州の崩壊

3-1. 河床変動計算

河口部において河幅に変化のないときは、河床の洗掘によって河口部の断面積が増大する。首藤等³⁾は一定幅の水路において越流による砂州崩壊の実験を行っている。本研究では、MacCormack法を用いて河床変動計算を行い実験値との比較を行った。

3-2. 計算条件

計算を行った河道断面は、実験において設定された断面と同様のものとし、その断面を図-2に示す。但し、砂州下流端より下流側では、河道の下流において等流水深を与えるために若干の勾配を与え、砂州

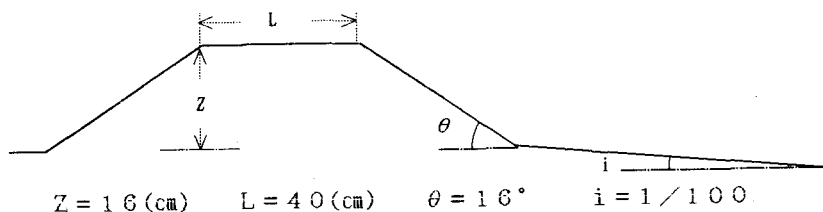


図-2

上流面の初期勾配は砂州下流面のそれと同一にした。また、砂州幅15cm、河床砂の比重 2.65、その平均粒径0.51mmである。単位幅流量は 238.7 cm²/Sとした。以上の条件により、河床を固定した状態において MacCormack法により水面形計算を行い、その結果を河床変動計算を行う際の初期条件として与えた。

3-3. 支配方程式

一次元開水路における流れの連続式、運動方程式、及び流砂の連続式は、次の式により表される。

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \dots(2)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \left(\frac{P}{\rho} + \frac{Q^2}{A} \right) = g A (i - i_f) \quad \dots(3)$$

$$\frac{\partial z}{\partial t} = - \frac{1}{B(1-\lambda)} \frac{\partial (q_B B)}{\partial x} \quad \dots(4)$$

但し A:流積 P:全水圧 ρ :流水の密度

i:河床勾配 i_f :エネルギー勾配 Z:河床高

q_B :単位幅当たりの流砂量 λ :砂の空隙率

またこの流れでは、静水圧分布が成り立つと仮定して

$$\frac{P}{\rho} = \frac{1}{2} g B H^2 \quad \dots(5)$$

とした。

流砂量式は、Meyer-Peter and Millerの式を用いた。

$$q_B = (\tau_{*e} - 0.047)^{1.5} \sqrt{g s d} \quad \dots(6)$$

但し S:河床砂の水中比重 d:河床砂の平均粒径

τ_{*e} は以下の式により求められる。

$$\tau_{*e} = \frac{u_{*e}^2}{s g d} = \left(\frac{n_b}{n} \right)^2 \frac{u_i^2}{s g d} \quad \dots(7)$$

$$n_b = 0.00192 d_{90}^{\frac{1}{6}} \quad \dots(8)$$

但し n_b :砂流抵抗を表すStilicier型の粗度係数

d_{90} :ここでは河床砂の平均粒径に等しい

3-4. 計算結果

以上の条件・支配方程式により、実際に計算を行った結果が次の図-3・4・5である。計算の時間間隔は、0.02 secとし、 $t=8, 15, 30$ (sec)における河床変動計算の結果である。

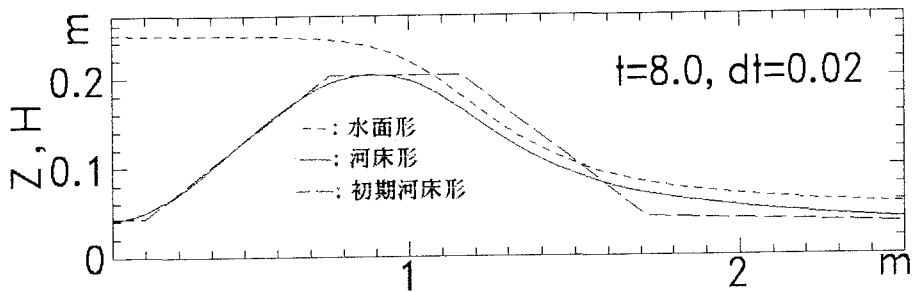
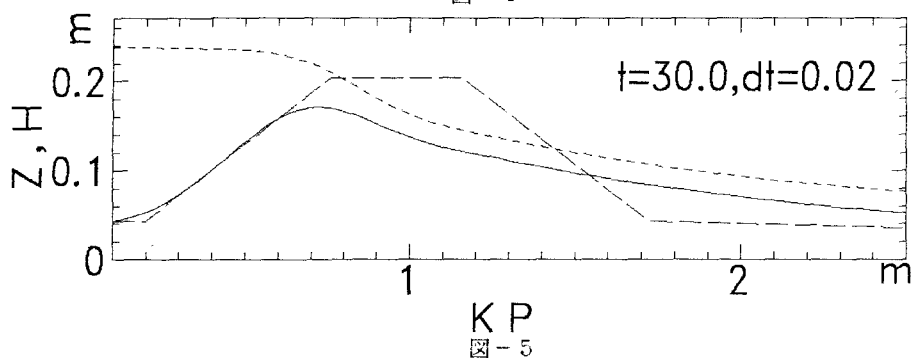
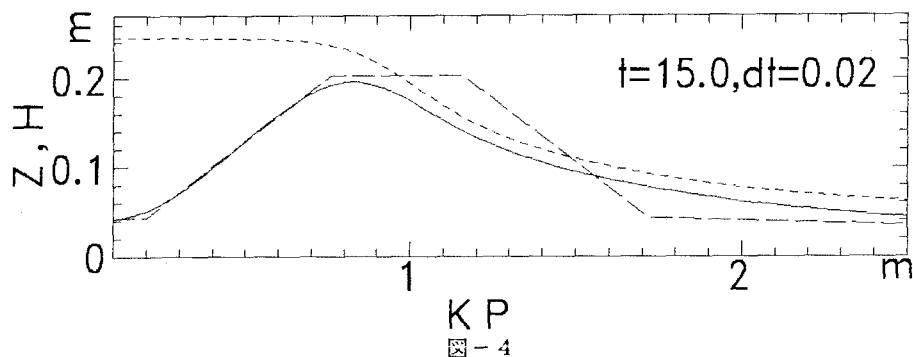


図-3



3-5. 計算結果の考察

実験の結果と、今回行った河床変動計算の結果との間には、何点かの違いがみられた。まず、砂州下流端における実験において砂州頂部高さが低下するまでの時間と、計算によってでてきた低下までの時間との間に、多少の開きがある点、砂州下流側、例えば初期の砂州下流端の位置においての河床高の違いなどがある。その理由としては、砂州越流量の経時変化を計算において特に考慮しなかったこと、河床せん断力の取扱い方において違いがあることがあげられる。これらのことを考慮において計算の初期条件を考えるとさらに違う結果が得られそうである。

4. 終わりに

本研究では、河口閉塞を川の掃流力の観点から考えてみたが、波浪との関連についても調べてみる必要がある。また、河床変動計算で河口砂州の崩壊を調べるときに、計算条件をどのように適用させればよいか検討することが必要である。今後はこれらのことを調べていきたい。

参考資料

- 1) 都築、黒木、板倉：北海道の河口形状特性について、土木学会北海道支部論文集 平成4年度
- 2) 建設省土木研究所鹿島試験所：全国河川河口資料集
- 3) 部、田中、首藤：越流による砂州崩壊に関する研究、水工学論文集 平成5年