

高瀬川河口の堆砂について

東北大学

正員 坂本 龍雄

学生員 ○ 中村 隆幸

学生員 神田 健

I まえがき

むつ小川原地域の大規模開発計画に基づいて小川原湖の淡水化が計画されている。その計画によれば、塩水の流入源である高瀬川と小川原湖と遮断することが必要となる。しかし、そのために高瀬川の流量が減少し、河口閉塞の危険性が增大することが予想される。本研究は、流量の減少が河口地形にどのように影響するかを考える手段として、河口漂砂量の時間的・場所的変動に着目して河口変形機構の解明を試み、その結果を高瀬川河口に適用して堆砂の状況を求めたものである。

II 河口漂砂量の算定式

河口漂砂は流れと波の相互作用によって起こる。定常流と波が共存する場合の底面付近の流速 $V(t)$ を定常流速 U と波による非定常流速 $U_0(t)$ の和で表わす。 U の底面付近の鉛直分布は一般に対数分布式で表わされるが、波による非定常流速分布もこれと同様に対数分布で近似できると仮定する¹⁾。したがって、流れと波による合成流の底面付近における流速分布は、 x 軸を河床より上方にとれば、
$$V(t) = U + U_0(t) = \left\{ \frac{U_*}{\kappa} + \eta U_0(t) \right\} \ln z + C \quad \text{----- (1)}$$
 で表わされる。ここに、 U_* は定常流の底面摩擦速度、 κ はカルマン定数、 $U_0(t)$ は波による水粒子速度、 η は波による底面付近の非定常流速の鉛直分布と規定する定数、 C はある定数である。乱流境界層の摩擦応力を求める Prandtl の式に (1) 式を代入して次式を得る。ただし、混合距離 $l = \kappa z$ とした。

$$\tau_0(t) = \rho l^2 \frac{\partial V}{\partial z} \frac{\partial V}{\partial z} = \rho \left\{ U_* + \eta \kappa U_0(t) \right\} \left\{ U_* + \eta \kappa U_0(t) \right\} \quad \text{----- (2)}$$

U_* は、平均流速 U_m を Manning 公式に適用して次式で表わす。

$$U_* = \eta g^{1/2} R^{2/3} U_m = \xi U_m \quad \text{----- (3)}$$

ここに、 η は粗度係数、 g は重力加速度、 R は径深、 ρ は水の密度である。単位時間あたりの平均底面摩擦応力と $\bar{\tau}_0$ とすれば、(2)、(3) 式より

$$\bar{\tau}_0 = \frac{1}{T} \int_0^T \tau_0(t) dt = \frac{\rho \xi^2}{T} \int_0^T \left\{ U_m + \xi U_0(t) \right\} \left\{ U_m + \xi U_0(t) \right\} dt \quad \text{----- (4)}$$

と作る。ただし、 $\xi = \eta \kappa / 5$ であり、 T は波の周期を表わす。境界層外側の波による水粒子速度として、微小振幅波理論によるものに Stokes 波の質量輸送速度を加えたものを用いる。すなわち、境界層外縁の水粒子速度 $U_0(t)$ は、流れを考慮して次のように定める。

$$U_0(t) = \frac{\pi H}{L} \left(\frac{1}{2} - U_m \right) \frac{\cos(2\pi x/L - T)}{\sinh(\pi h/L)} + \frac{1}{2} \left(\frac{\pi H}{L} \right)^2 \left(\frac{1}{2} - U_m \right) \frac{1}{\sinh^2(\pi h/L)} \quad \text{----- (5)}$$

ここに、 H 、 L 、 T は、それぞれ水深 h 、平均流速 U_m の地点を通過する波の波高、波長、周期を表わす。ここで、流れと波が共存する場合の底質移動量と平均掃流力の関係は、定常流の場合とほぼ同様で、河口漂砂量を求める場合においても河川で用いられている流砂量公式が適用できると仮定する。本研究では、流砂量公式として Einstein-Brown の式

$$\frac{q_s}{F_0 \left\{ g \left(\frac{\rho}{\rho_s} - 1 \right) d \right\}^{1/2}} = 40 \left\{ \frac{\bar{\tau}_0}{\rho g \left(\frac{\rho}{\rho_s} - 1 \right) d} \right\}^3, \quad F_0 = \left\{ \frac{2}{3} + \frac{36 \nu^3}{g d^3 \left(\frac{\rho}{\rho_s} - 1 \right)} \right\}^{1/2} - \left\{ \frac{36 \nu^3}{g d^3 \left(\frac{\rho}{\rho_s} - 1 \right)} \right\}^{1/2} \quad \text{----- (6)}$$

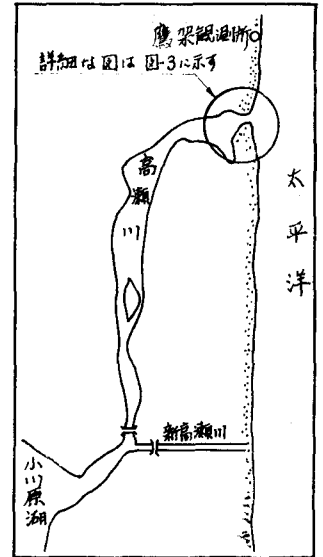


図-1 高瀬川概略図

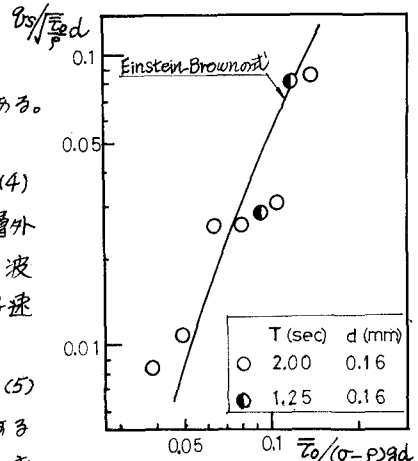


図-2 流れと波による砂移動

を用いた。ここに、 q_s は単位幅・単位時間当りの漂砂量、 ρ 、 d 、 β は底質の密度および平均粒径、 λ は水の動粘性係数を表わす。

(4)、(5)、(6)の3式より河口漂砂量を算定できるが、この計算には n と η の値を定める必要がある。 n については、底質の平均粒径を d mmとすると、 $n=0.028 d^{1/2}$ と与えられるとした。また η については、運輸政研で行われた田中らの実験結果²⁾と(4)、(5)、(6)の3式より求めた計算値との比較により、 $n=0.01$ に対して $\eta=0.26$ を得た。図-2は田中らの実験結果と(4)、(5)、(6)式より求めた計算値を無次元量を用いて整理したものである。

III 高瀬川河口の堆砂状況

河口内のある断面間の堆砂量 Δh は、時間間隔を Δt とすれば、

$$\Delta h = \frac{\Delta(q_s \cdot B)}{\Delta l} \Delta t \quad \text{----- (7)}$$

で求められる。ここに、 Δl は断面間の距離、 B は流路幅であり、 $\Delta(q_s \cdot B)$ は単位時間あたりの河口=断面間の漂砂量の差を表わす。

(7)式を用いるにあたって、各断面ごとの平均流速・水深・波高・波長などの量の時間的変動を求めなければならぬ。平均流速 U_m および河口水位 Z_i の変化については、小川原湖水位 Z_b 、海面の潮位 Z_s の変化に実験値から読み、次式に代入して U_m および Z_i を求めた。³⁾

$$U_m = C_1 \sqrt{Z_b - Z_s} \quad \text{for } Z_b \geq Z_s \quad \text{----- (8)}$$

$$U_m = -C_1 \sqrt{Z_s - Z_b} \quad \text{for } Z_s \geq Z_b$$

$$Z_i = C_2 (Z_s - Z_b) + Z_b \quad \text{----- (9)}$$

C_1 、 C_2 は定数であり、河口流速および河口水位の実験値との比較に

より、 $C_1=0.18$ 、 $C_2=0.74$ を得た。また、河口内を溯上する波については、沖波の資料として鹿洲観測所における有義波を用い、流れ・水深・屈折による波長・波高の変化や碎波を考慮して、河口内の各断面を通過する波の波長および波高を求めた。表-1はIIで述べた河口漂砂量の算定式の現場における適合性を調べる意味で実験値との比較をしたものである。なお、実験には土研型掃砂採取器を使用した。図-3は、堆砂量の変化と流路量の変化に換算して、高瀬川河口の平面形状の変形を求めたものである。

図-4は、高瀬川上流を締切った場合と現状の場合の堆砂量を比較したもので、 $\odot$ は現状の場合($Z_b = T.P. + 0.59$ m)を表わす。締切りを設ける場合

の計算は、完全に締切る場合($\circ$)と、上流より $30 \text{ m}^3/\text{sec}$ ずつ放流する場合($\bullet$)の2通りについて行った。その結果、完全に締切る場合は現状の約2倍の堆砂量が算出され、河口内陸の危険性が高まることが知れる。

IV あとがき

本報告では、河口漂砂量の算定式を誘導し、その式を高瀬川河口に適用することによって河口内の堆砂状況を求め、河口内陸の危険性に对する指標を得た。なお、本研究は文部省科学研究費「大規模開港地域における災害の予測と防止に関する研究」の援助を受けた。また、貴重な資料を提供して下さいた青森県むつ小川原南築室と運輸省中津港建設局の方々に深く感謝の意を表します。

《参考文献》1) Pang-Mou Lin "Modeling Sedimentation at Inlet and Coastal Region" Proc. of the 13th Coastal Engineering conf.

2) 田中、小椋、小笠原 "波と流れによる砂移動に関する実験" 港湾政研報告, 1973

3) Kreeke "Water-Level Fluctuations and Flow in Tidal Inlets" Journal of the Waterways and Harbors Division ASCE Vol. 93 1967

調査日時	S49.7.25 12AM~4PM	S49.11.11 9AM~11AM
有義波々高(m)	1.32	0.51
有義波周期(秒)	9.3	6.8
河口流速($\text{m}^3/\text{秒}$)	0.5~0.7	0.4~0.1
実験河口漂砂量(cm^3/m)	8050.	82.
計算河口漂砂量(cm^3/m)	8850.	31.

表-1 河口漂砂量

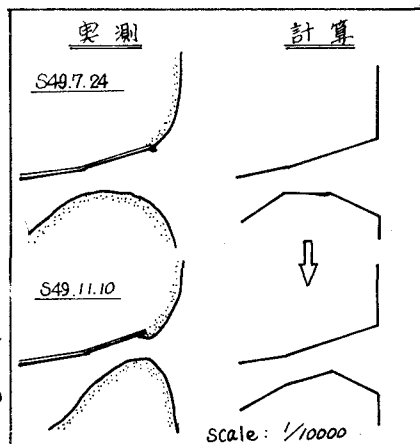


図-3 高瀬川河口の変形

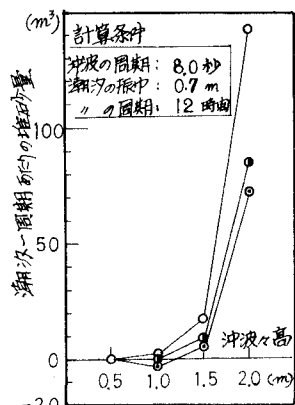


図-4 高瀬川河口の堆砂量比較