本庄江川の水理特性および塩分の拡散、浮泥の輸送について

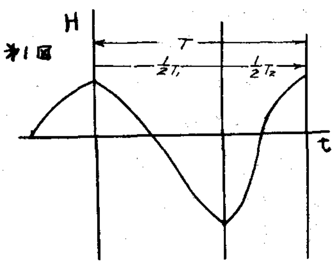
佐賀大学　高田京一　農業土木試験場 佐賀支場　高山正熙

本庄江川は佐賀市西部を流れ有明海にそそぐ河川であり、ほとんど全域にわたって感潮し排水、漁船の船着場に多くの困難をかかえている。一般に有明海にそそぐ河川は塩分、浮泥にいろいろの問題があるので根本的な研究がのぞまれているので本庄江川をモデルにえらび 1961年 10月18、19 の小潮日と 24、25の大潮日において 水位、流量、塩分、浮泥の同時観測を行った。水位は 湾口、丸目、今津、相応、厘外、河口の5ケ所、流速 浮泥、塩分は湾口をのぞく4ケ所について行った。流速計はプライス式流速計を用いたので 20 cm/sec 以下の流速は測定にかからない。浮泥と塩分は 500 cc の採集瓶により水深の8割、5割の深さから採水し、浮泥は乾燥重より、塩分は $AgNO_3$ $\frac{1}{10}N$, $\frac{1}{50}N$ で定量した。実験結果は頁数の都合上・河口のみ示してある。

I. 水位について　河川流は潮汐流と異り河川固有の流量、河床の凹凸、両岸の形状によって水位が規則的に Sin 曲線を画かないで下表のように 上げ潮の周期と下げ潮の周期はことなるのが普通である。

	小潮		大潮	
	$\frac{1}{2}T_1$	$\frac{1}{2}T_2$	$\frac{1}{2}T_1$	$\frac{1}{2}T_2$
河口	6^h15^m	6^h00^m	7^h30^m	4^h45^m
丸目	6 39	6 05	8 10	4 05
相応	7 30	6 00	8 20	4 00
今津	7 30	5 30	8 50	3 20

第1図



II 流量について。流量は筆者の経験によると、低勾配感潮河川では河川固有の流量が潮の流入出量に比して小さいので、河川の貯水容量が河川の幾何学的形状により水位のみの関数として与えられることを利用し、次のようにして求めるのが実験値と一致する。

貯水容量を V とすると　$V = \int_0^x A\,dx = f(H)$

連続条件は
$$Q = -\frac{\partial}{\partial t}\int A\,dx = -\partial V/\partial t = -\frac{\partial V}{\partial H}\frac{\partial H}{\partial t} \quad \text{......} \quad (2-1)$$
となる

III 流速について。水位を　$h = h_0(x) + a\cos 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$ ...... (3-1)

として連続条件　$-\frac{\partial h}{\partial t} = u\frac{\partial h}{\partial x}$ ...... (3-2)

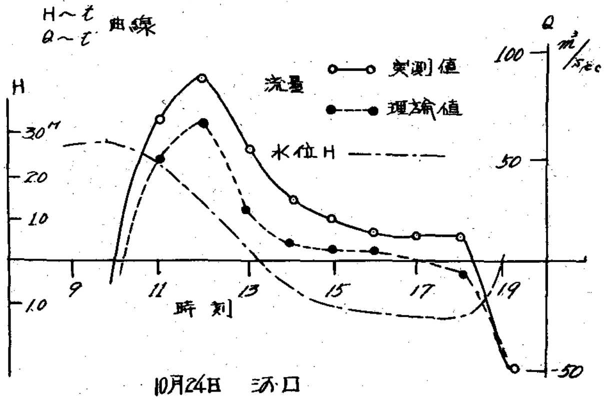
に代入すると　水位と流速の関係は

$$\frac{u^2}{\left(\frac{2\pi}{T}\cdot\frac{a}{I_0}\right)^2} + \frac{(h-h_0)^2}{a^2} = 1 \quad \text{......} \quad (3-3)$$
で表わされる。

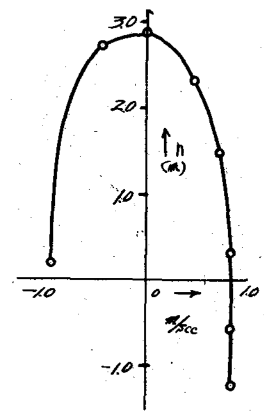
ただし　h_0は平均水深、aは振幅、$I_0 = \frac{\partial h_0}{\partial x}$

(3-3)式は 平均水深h_0が振幅aに比べて大きい河口附近では実際とよく一致するが上流では 河川固有の流量が大きく影響するために 水位が(3-1)式からはずれ、楕円の式から次第にくずれてくる。

オ2図



オ3図



Ⅳ 塩分と浮泥について

塩分と浮泥のdata を整理している中に 塩分の大きい時は浮泥が少く、塩分の少い時は逆に多くなることがわかった。これを説明するためには次のように考えるのがよい

塩分の拡散と、浮泥の輸送は いずれも一次元流とすれば

$$\frac{\partial \sigma}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(u\sigma) = \frac{\partial}{\partial x}\left(\varepsilon_x \frac{\partial \sigma}{\partial x}\right) \quad \text{------} \quad (4-1)$$

で与えられる。したがってこの解の R.P. と I.P. がそれぞれ浮泥と塩分に対応し、かつ上流と下流の変化は ε_x が異ることで説明できる。ε_xを直接 xの関数として表わすよりも

$$\varepsilon_x = f(u)$$
$$= \alpha\, u(x, t) \quad \text{------} \quad (4-2) \qquad \alpha：比例常数$$

とする方が実験結果をうまく説明できるようである。

(4-1), (4-2) より $\partial u/\partial x$ を小さいとして無視すれば 拡散及び輸送の式は

$$\frac{\partial \sigma}{\partial t} + u\frac{\partial \sigma}{\partial x} = \alpha\, u \frac{\partial^2 \sigma}{\partial x^2} \quad \text{-----} \quad (4-3)$$

となる。 (4-3) 式をとくために

$$h = h_0 + a e^{j\omega t} \quad \text{-----} \quad (4-4)$$
$$u = j u_0 e^{j\omega t} \quad \text{------} \quad (4-5)$$
$$\sigma = T(t) e^{-\mu x} \quad \text{-------} \quad (4-6)$$

また $T = \Sigma A_m e^{jm\omega t}$ ------ (4-7)

とおけば

$$A_m = \left(\frac{\beta}{\omega}\right)^m \frac{1}{m!} A_0 \quad \text{-----} \quad (4-8)$$

となる。

ただし $\beta = u_0\,(\mu + \alpha\mu^2)$

この解の I.P. は

$$I(T) = A_0 \Sigma \left(\frac{\beta}{\omega}\right)^n \frac{1}{n!} \sin \omega t \qquad \text{----} \quad (4-9)$$

R. P. は

$$R(T) = A_0 \left[1 + \Sigma \left(\frac{\beta}{\omega}\right)^n \frac{1}{n!} \cos \omega t \right] \qquad \text{------} (4-10)$$

ただし　$\beta/\omega = \frac{\mu u_0}{\omega}(1 + \alpha \mu) = 0.79 < 1$

近似的に第1項をとれば

塩分濃度　S,　浮泥量 C　は

$$S = S_0 e^{-\mu_1 x} \left(1 + \frac{\beta}{\omega} \cos \omega t\right) \qquad \text{----} \ (4-11)$$

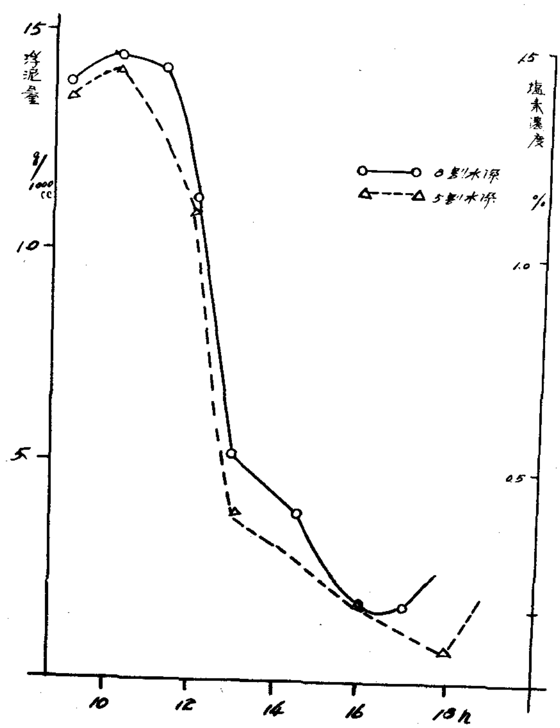
$$C = C_0 e^{-\mu_2 x} \sin \omega t \qquad \text{---} \ (4-12)$$

(4-11), (4-12) で　$\omega t = \pi/2$,　$x = L$　における濃度　S_L, C_L を実験値で与えると　μ_1, μ_2　を求められる。

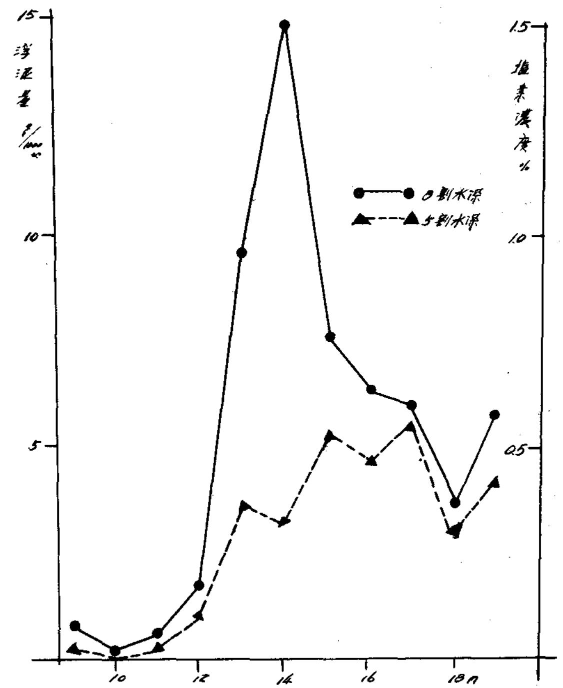
本庄江川では　$\mu_1 = \frac{1}{8500}\left(\frac{1}{m}\right)$

$$S_0 = 0.814 + 0.644 \cos \omega t$$

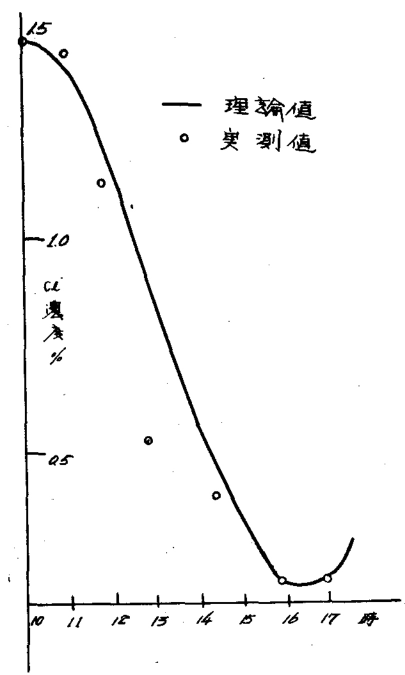
第4図



才5図


15
10
5
浮泥量
1.5
1.0
0.5
塩素濃度 %
8割水深
5割水深
10
12
14
16
18 h

才6図


1.5
1.0
0.5
Cl 濃度 %
理論値
実測値
10
11
12
13
14
15
16
17
時