河口断面積の経時変化を考慮した解析

東北大学工学部 ○学生員 藤田義治
東北大学工学部 正会員 首藤伸夫

1. はじめに

河口部は、様々な外力の影響を受ける水理現象の複雑な場である。その結果、河口部流水断面積は時間的に刻々と変化し、一時として同じ形状を保つことはない。本論文では、タイダルプリズムと流水断面積の間に成立するJarrett[1]の回帰式及び青田・首藤[2]が提案した河口部の動的モデルを用いて、実測された非平衡状態にある断面積から出水時の断面積に換算し、出水時の水理条件下においても、Jarrettの式で断面積が換算できることを示した。

2. 対象河口の状況

対象とする河口の位置及び概略を図－1に示す。阿武隈河口は、潮流と河川固有流量によって維持され後者の比重が大きい。鮫川は、潮流の影響が大きく、河川固有流量は比較的少ないが発電所からの放水量が大きな河口維持要素となっている。鳥の海は、潮流のみによって流水断面を維持する狭口をもち、外洋に向って導流堤が築造されている。十三潮は、岩木川下流に広がる感潮域で狭い河口を通じて外洋と通じている。この河口も、導流堤を有し、河川固有流量・潮流とともに河口の維持に役立っている。

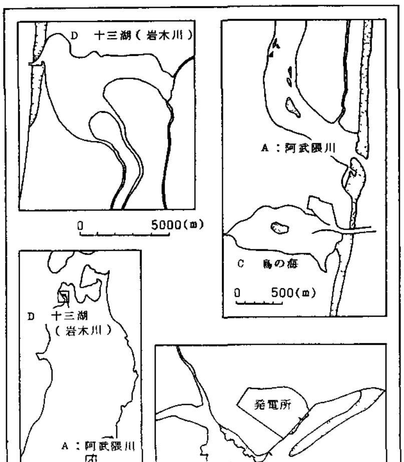
3. 動的平衡にある河口断面積

1)Jarrettの回帰式

タイダルプリズムと湾・入り江等の感潮狭口の間における関係は経験的に知られていた。Jarrettは合衆国における感潮狭口について回帰分析を行ない定量的にこの関係を示した。タイダルプリズムを潮汐の半周期で除することにより潮汐流量Q_Tとして表現すれば、流水断面積Aは

導流堤0,1：$A=1.15Q^{1.03}$ …(1)　導流堤2：$A=4.11Q^{0.86}$ …(2)

である。

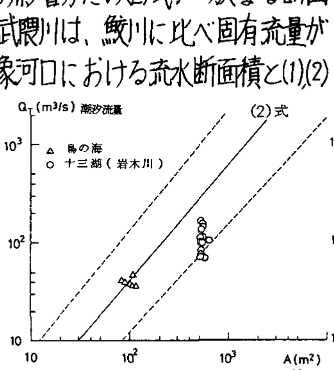


図－1 対象河口の状況

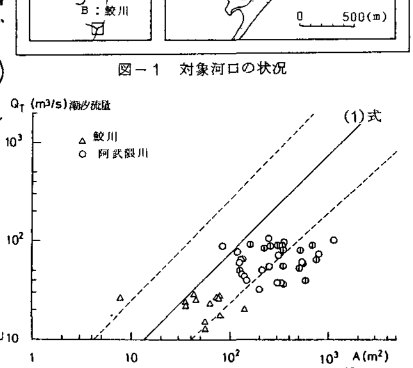
2)河川固有流量の影響

一般感潮河川の河口を広義での感潮狭口と想定し、以下の手順で河川固有流量の効果を見積ることとしよう。まず最初に潮汐流量Q_Tのみをとった場合について鳥の海と十三湖（岩木川）の例を図－2に、一般感潮河川である阿武隈川と鮫川の例を図－3に示す。鳥の海はよく(2)式を満足しているが、十三潮は河川固有流量の影響分だけ(2)式から決まる断面より大きな断面が維持されている。阿武隈川は、鮫川に比べ固有流量が大きく(1)式との差異が大きい。次に対象河口における流水断面積と(1),(2)式から決まる流水断面積の差が河川固有流量の影響に起因するものとして、固有流量をタイダルプリズムに換算することを考えよう。潮流は正弦的に変化し、河川流は定常的であるとして後者の効果を入れるには、次の式で換算すれば良い。

$$Q=Q_T+\frac{2}{\pi}Q_R \qquad (3)$$



図－2 潮汐流量と流水断面積の関係



図－3 潮汐流量と流水断面積の関係

Q：換算流量, Q_T：潮汐流量, Q_R：河川固有流量

(3)式を用いて換算流量を算出し、流水断面積との対応を示したのが図-4, 5である。尚、ここで用いた流量は全て断面の測定日を含めて以前3日間の平均値を使ったが、この流量に対応する平衡断面積が測定されていたという保障はない。

3)出水時における動的平衡断面

次の仮定を設ける。

仮定：流水断面積の実測値は、出水時の支配流量で決められるひとつの動的平衡断面から定常時に生ずるであろうもうひとつの動的平衡断面への変化する過程で測られるものである。

以下、任意の実測日における流水断面積Aから最寄の出水時へ時間をさかのぼって、初期の動的平衡断面積A_0を推定し、Jarrettの回帰式との対応を検討する。

青田・首藤の河口部動的モデルによれば、

$$A_0=\left[\left(A^{2m+1}-\frac{C_2}{C_1}\right)e^{C_1(2m+1)t}+\frac{C_2}{C_1}\right]^{\frac{1}{2m+1}} \qquad (4)$$

$$C_1=\frac{a_1}{h}\left|\overline{H_0^2T_0\sin 2\theta}\right|^{n},\quad C_2=\frac{b_1}{h^{\frac{2m+7}{6}}}\bar{Q}^{2m+1}$$

である。ここに、h：平均水深, H_0：沖波波高, T_0：沖波周期, θ：波向, $\bar{Q}$：換算流量の平均値, a_1, b_1, m, n：係数 である。

図-6に従い、出水時から実測日までの平均的な波エネルギー(但し、$H_0^2T_0$に対応する)，平均流量をそれぞれ$\bar{E}$, $\bar{Q}$とする。適当な係数を用いれば、(4)式よりA_0を算定できる。また、出水時における河川流量と潮汐流量から(3)式によって決まる流量をもって支配流量Q_0とする。この関係を示したのが図-7である。

更に、最大流量に対応する動的平衡断面について考察する。このとき、(1), (3)式は以下のように書き換えられる。

$$A=0.72Q^{1.03} \qquad (5)$$

$$Q=\frac{\pi}{2}Q_T+Q_R \qquad (6)$$

図-8に、この結果を示す。

4. おわりに

河川固有流量を適当に評価することにより、Jarrettの回帰式が一般河川の動的平衡にある河口についても適用できる。更に、その結果を用いて出水時における流水断面積及びそれ以降の短期的な変化が推定し得る。

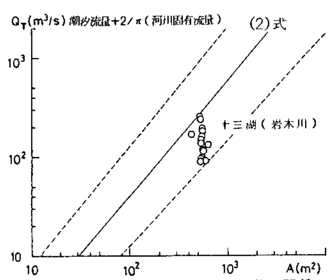


図-4　換算流量と流水断面積の関係

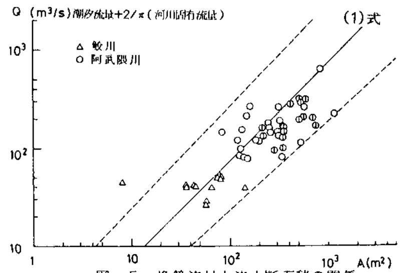


図-5　換算流量と流水断面積の関係

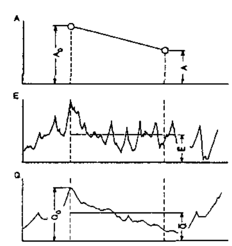


図-6　初期流水断面積の算定方法

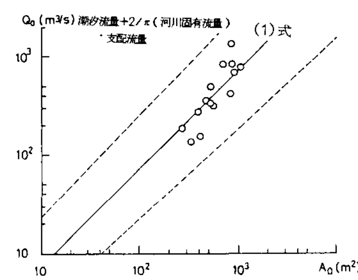


図-7　支配流量(平均流量)と初期流水断面積の関係

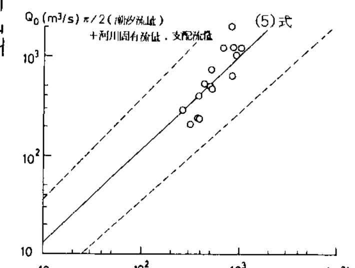


図-8　支配流量(最大流量)と初期流水断面積の関係

参考文献

1) Jarrett, J.T.：Tidal Prism-inlet area, relationship GITI, Rept 3. 1975

2) 青田茂雄・首藤伸夫：河口断面積変化過程の数値モデル, 水理講演会論文集, 1980