

河口の平衡断面積について

宮崎大学 工学部 正員 ○吉 高 益 男
宮崎大学 工学部 正員 島 田 米 夫

はじめに

筆者らは宮崎港の航路問題（大淀川河口の安定）を模型実験および調査により検討してきた。そして河口の平衡断面積に対する河川流量と入退潮流量の影響がわかったのでここに報告する。筆者はさきに河口安定論（1968年度水工学に関する夏期研修会講義集：吉高）で河口の平衡断面積についても述べておいたが、その後の資料により計算法についても述べる。

1、大淀河口の調査

宮崎港のため大淀川河口に導流堤（中導流堤延長530m：汀線より約300m沖まで）が設置され、昭和39年9月20日人工的に一部が掘さく通水され、新河口が開いていった。その後、調査が一定期間毎に連続して行なわれてきた。

平均潮位（+1.0m）以下の河口断面積を調べると図-1のようになる。図には最深点の位置（流路）も示す。流路は季節によって違う傾向を示し、それにともない断面積も位置により差がある。漂

砂の影響で海側が大体小さい。主として影響する出水（支配流量）が少ないと導流堤内部まで漂砂が進入するようである（昭42.6）。それで今回は平衡断面積を求めるのに河側から中央部までとしたこの各点の断面積とその他の結果を整理したものが図-2である。

河口断面積は図-1の河側、中央部、海側の位置の値を示す。河床変動量として河川部は上流1.7Kmまで、導流堤内は先端より450m区間（巾170m）、導流堤端海域は200m×350mの範囲で各側定期間毎に堆積、洗堀が計算された。導流堤内平均河床勾配は図-1の50m～500m間で、河口外海勾配は導流堤端から300m点までで求められた。河川流量は上流10.7Kmの柏田流量であるが、河口での増加分は少ない。月平均風力は6m/s以上の風（宮崎気象

Fig.1 河口断面積と最深点変化

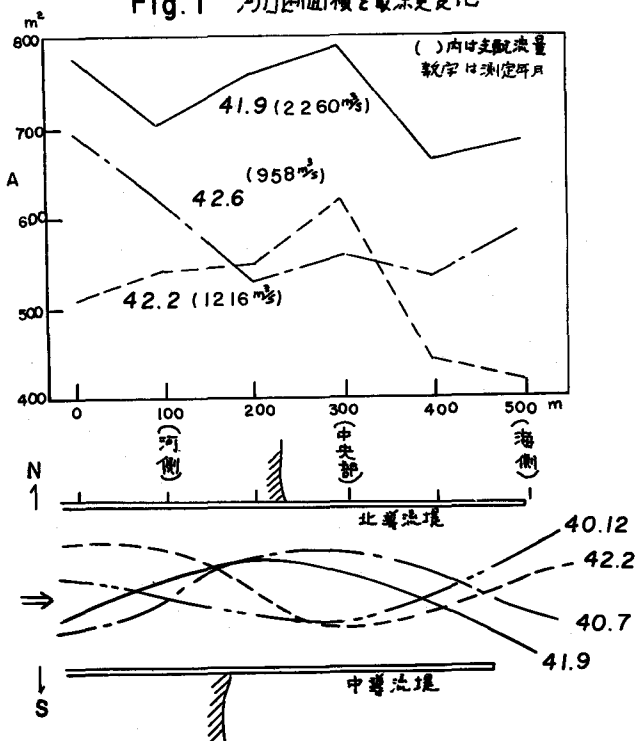
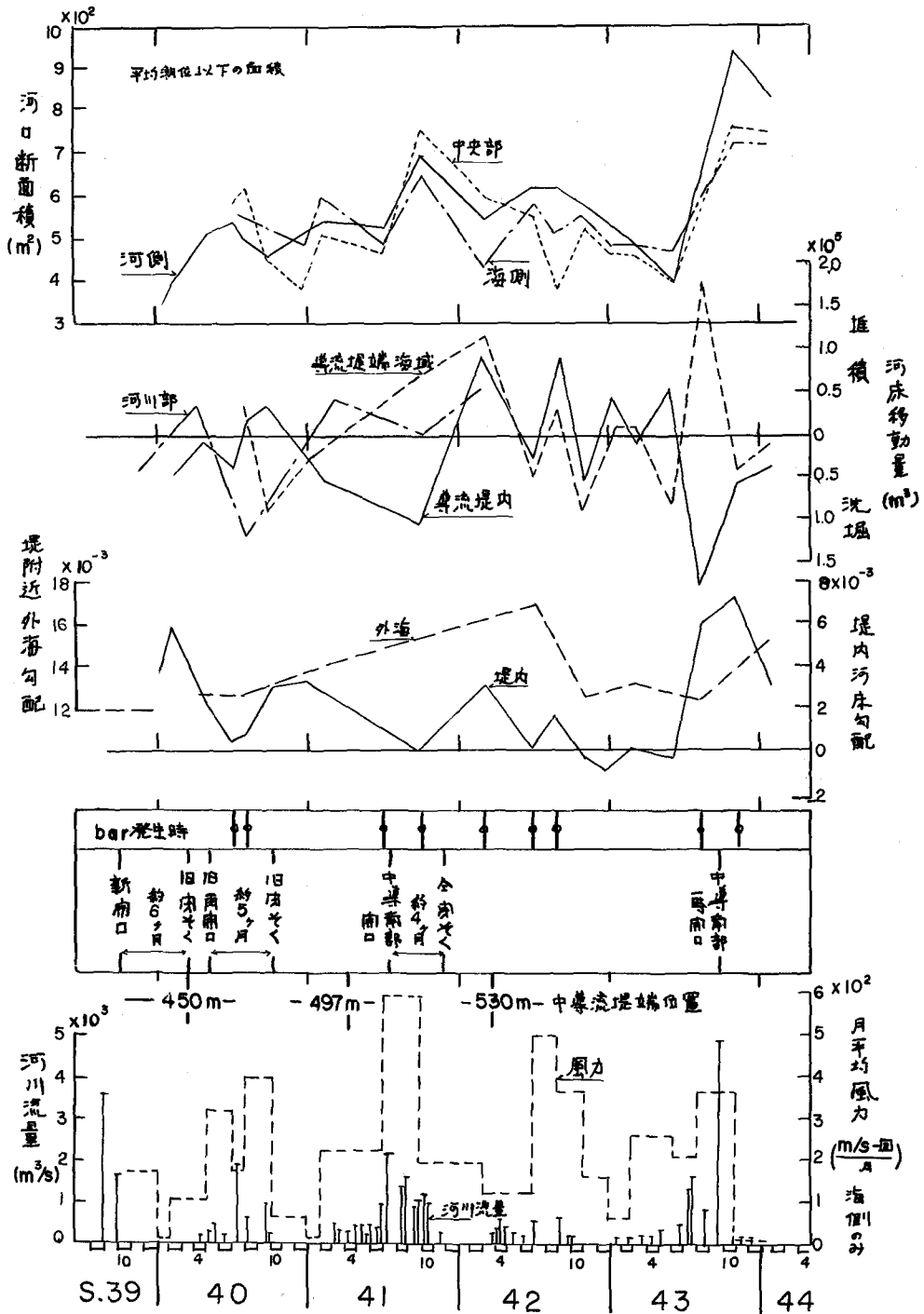


Fig. 2 大淀川河口の変化



台)により求めたが、面積が風力(m/s -回)となる。その他にも河口の状況を示しておいた。

2、河口形成過程

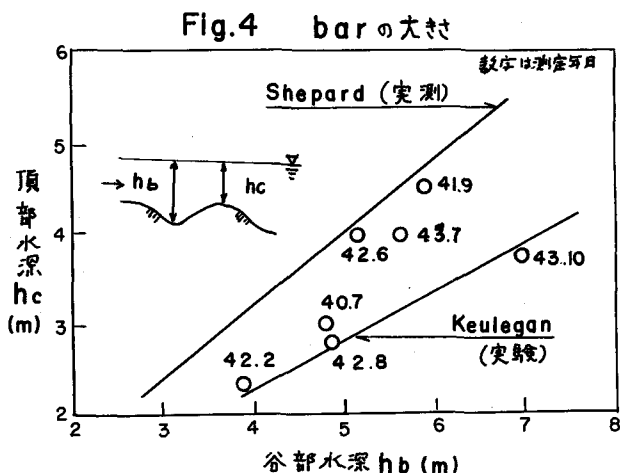
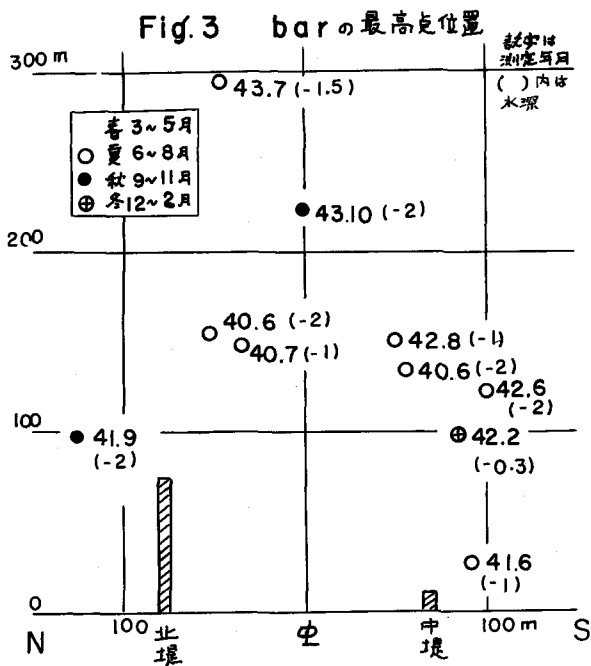
開通直後に出水($1824 m^3/s$)があり約 $300 m^2$ になった。その後、旧河口が閉そくしはじめたので入退潮による増加とみなされる。すなわち、旧河口断面積の減少分が新河口の増加分になっている。昭和40年4月出水($1788 m^3/s$)のため、完全閉そくしていなかった旧河口は再び開き新河口は減少したが、約5ヶ月後には旧河口は閉そくし、新河口は昭和41年9月まで増加していった。この間、昭和41年7月出水($2260 m^3/s$)のため大きな断面積になったと思える。このとき中導流堤南側も欠かいした。約4ヶ月後にこの欠かい部も閉そくし、出水がないのである断面積の上下に変動しながら昭和43年5月頃最小断面積となった。その後昭和43年7月出水($1303 m^3/s$ 、 $1613 m^3/s$)でだんだん大きくなった河口は9月出水($4940 m^3/s$)で一挙に最大断面積になり、その後出水はないが減少は少ない。

河床移動量をみると、河川の土砂が導流堤内に送りこまれ、それが順次外海に押し出される様子がみられる。大出水があると導流堤内の洗掘量と導流堤端海域の堆積量が大体等しく、砂はあまり遠くまで運ばれないようだ。

導流堤内河床勾配は出水とは関係ない。常時は水平になろうとする傾向はある。外海ではbarが発生するとき急になるが大体 $1/80$ で落着こうとしている。

風力(波の影響)が大きいときbarは発生し、そして河口断面積に影響している。barを調べてみると、その位置と大きさは図-3、図-4となる。barの最高点は馬蹄型上に散在するが河口正面には少ない。また南側に発生しやすい。そして殆ど夏、秋の出水期に発生するのみで冬、春は消える。+2 m水位からの水深は図-4のようにShepardの実測と、

Keuleganの実験の間にある。これよりbarの大体の高さは予測しうる。



3、実験による平衡断面積

大淀川河口の平衡断面積を検討するために模型実験を行なった。実験砂は平均粒径 (d) 0.076 cm、水中比重 (s) 1.44 、均等係数 (M) : 0.321 の氈さいである。現状に近い地形にて通水し河床が変化しなくなるときを平衡状態として、断面積 A 、水面巾 B 、最大水深 H を図-5 に示す。水面巾を 0.75 m に固定したときの値も示されている。

いま Manning 式において p 、 n を①、②式で表現し、掃流力の無次元表示 Q を用いると、平衡断面積 A は③式で示される。

$$p = \beta Q^{1/2} \dots\dots\dots ① \quad n = m d^{1/6} \dots\dots\dots ②$$

$$A = \frac{\beta^{0.14} m^{0.86}}{(\psi s)^{0.43} d^{0.29}} Q^{0.93} \dots\dots\dots ③$$

図-5 において $B = 7.4 Q^{0.5}$ であるから①式は妥当である。②式は Strickler の表現であり $m = 0.042$ (m-sec) としている。

また沖積河川における杉尾博士の平均流速公式 (杉尾、築田：沖積河床上の平均流速公式：第24回年次学術講演会：昭和44年9月) $V = K R^{0.54} I^{0.27}$ において p は①式を用うると

$$A = \frac{\beta^{0.21}}{K (\psi s d)^{0.21}} Q^{0.9} \dots\dots\dots ④$$

K は Ripple, Dune, Transition で夫々 4.1 、 6.0 、 7.6 (m-sec) となる。

また図-5 より $A \propto H^{2.5}$ とみられる。しかし水面巾 B が固定されると係数の誤差は大きい $A \propto H^2$ に近くなる。よって Manning 式を用いると

$$A \propto H^2 = \frac{2 m^{0.93} B^{1.07}}{3 \alpha^{0.5} (\psi s)^{0.21} d^{0.14}} Q^{0.43} \dots\dots\dots ⑤$$

限界掃流力より $\psi = 0.06$ 、図-5 より $\beta = 7.4$ 、③式の m は実験値より 0.072 、④式の K は Ripple 発生として 4.1 、⑤式の α は実験値平均より 8.0 とすると夫々図-5 に示す式になる。④式より Ripple が発達していたことがわかる。流量が大きくなると、③、⑤式より小さな値となる。これは外海に堆積が進行して水面勾配がゆるやかになりなかなか平衡するにいたらなかったからであろう。また③、⑤式の交点は固定水面巾 B に近い。

4、現地の河川流による断面積

河口より上流にて行なわれた流量測定時の断面積と河口部 (導流堤工事前) の資料を図示すると図-6 となる。河口部は小流量では潮汐の影響があるので大流量のみ示した。河床砂の比重は 2.55 、平均粒径は上流部が 0.25 cm、河口部は 0.09 cm である。現地では Dune も発生するとみられるので④式の K は 6.0 をとるとともに ψ も 0.2 とする。上流部は堤防があり水面巾の変化は少ないが河口の値より $\beta = 7.0$ とする。③式の m は Strickler により 0.042 とする。夫々の計算式は図-6 のようになる ($d = 0.25$ cm のみ)。

これらは平衡断面積とはいえないが、流速は測定されており式の検討には用いる。流量が大きい場合は計算式はよくあっているが、小流量では計算式は上になる。これは β を一定としたからで、堤防があるような場合は全体が一様な傾向を示すことはない。現地も Dune が発生するとみられるから

杉尾式より求めた④

式の K は妥当であつたし、 ψ の値も 0.2 が妥当であるとみてよい。

5、入退潮による平衡断面積

潮ブリズム $\Omega = S_0$

h_0 (S_0 : 平均潮位時の感潮面積、 h_0 : 大潮差)、潮汐の周期

T ($\omega = 2\pi/T$),

河口の損失係数を C_l

とすると、入退潮による河口流速は

Keulegan の表示法により⑥式で示されることがなる。

$$V = \frac{C_l \pi \Omega}{T A} \cos \omega t \dots\dots ⑥$$

河口で生じうる最大流速を⑥式より求め Chézy 式を用いると、入退潮による平衡断面積 A は⑦式で示される。

$$\frac{\Omega}{A_t} = \frac{C T}{C_l \pi} (\psi s d)^{1/2} \dots\dots ⑦$$

$C = 30$ 、 $C_l = 0.8$ 、 $T = 4.4 \times 10^4$
 $\psi = 0.2$ とし、大淀河口での砂 ($s = 1.55$ 、 $d = 0.09$ cm) で計算すると $\Omega = 390$ ha-m として $A_t = 444$ m² となる。これは平均潮位以下の面積となっている。宮崎県の実瀬川、耳川、一ツ瀬川も測量して求めた。仁淀川、川内川は入退潮量の記録があったので、それより逆算し推定によって Ω を求めた。これらの資料は⑧式、Obrien 式とともに図-7 に示す。

耳川は粒径分布が複雑であり、砂利もあるが砂としての平衡断面積が形成されるのであろう。一ツ瀬川は感潮域が導流堤によって分けられるので、一部分の潮ブリズムを計算すると⑧式に近い。その

ABH
cm² cm cm

Fig. 5 河口平衡断面 (実験)

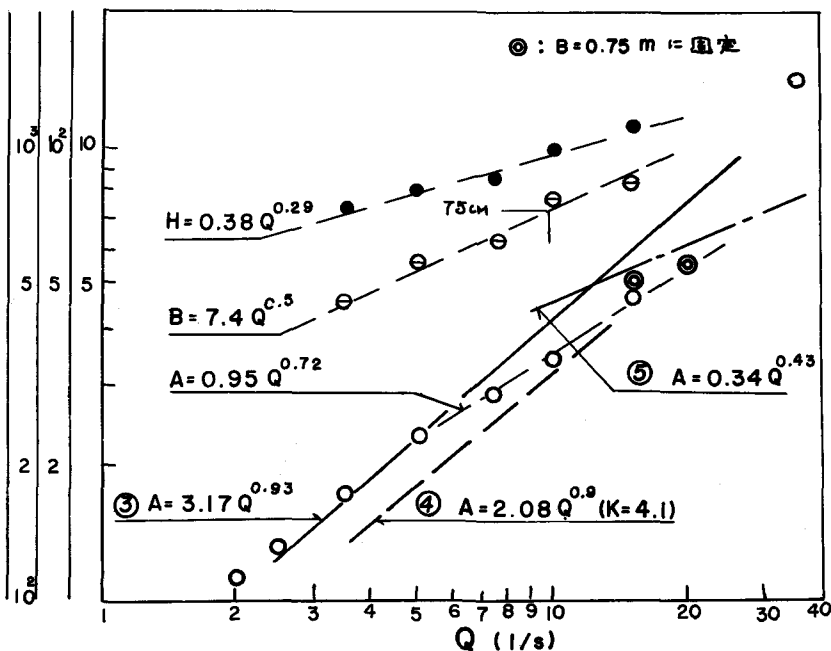
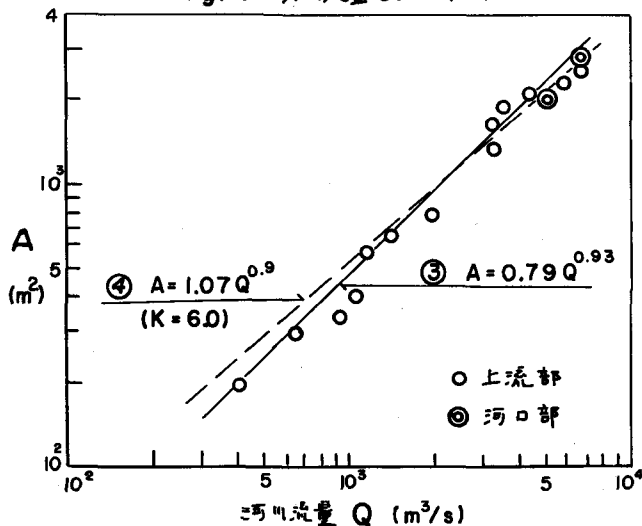


Fig. 6 河川流量による断面積



他は大体の式で示されている。

6、河口の平衡断面積

一般の河口には入退潮流量により形成される基礎断面積があり、それはまた漂砂などにより常に変化している。それに大きな河川固有流量が加わると断面積は増加する。河川固有流量のうち測定期間内の最大のものを支配流量 Q_m とし、それに対する平衡断面積は河側から中央部までの平均値をとり、図-2より整理すると図-8がえられる。図-2の断面積は平均潮位以下であるから推定水位から求めればより大きくなる。 $m = 0.042$ 、 $\varphi = 0.2$ 、 $\beta = 7.0$ 、 $B = 1.70$ 、 α は1.5と2.5をとると③、⑤式は図-8のようになる。

$Q_m \div 500 \text{ m}^3/\text{s}$ 以下では入退潮による平衡断面積の上下にあり、 $Q_m \div 800 \text{ m}^3/\text{s}$ までは入退潮の影響がある。それ以上では⑤式($\alpha = 1.5$)に近い。 α は常数ではないから明確に出来ないが、適当にとる($\alpha = 2.5$)ことによって平均潮位以下の平衡断面積を表現することができる。

むすび

風力図からみて海側の断面積には風力が影響しているが、波の資料がないので明らかでなかった。また前測定期にできた断面の経歴効果も今後検討してみたい。資料は宮崎港修築事務所よりお借りした。ここに感謝する。

- 以上 -

Fig. 7 入退潮による河口平衡断面積

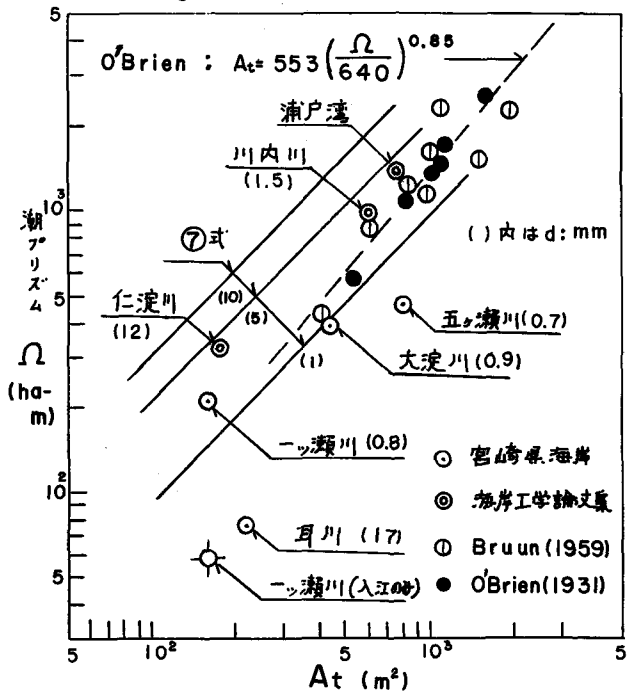


Fig. 8 支配流量と河口断面積

