

大淀河口付近の海底変化について

吉 高 益 男*

1. ま え が き

大淀河口付近の海岸調査は、宮崎港建設のため昭和34年より実施されているが、昭和44年度からは底質の採集、浮遊砂調査、漂砂追跡調査、流況調査などが実施され、資料が充実してきた。これらの調査結果のうち、河口の安定に関してはさきに発表した^{1), 2)}、今回は河口付近の海底変化について報告する。

外浜の海底は常に変化しているが、ある領域を考えれば、その区域内では砂収支はバランスすること、沖浜の海浜形状は Eagleson, Glenne, Dracup³⁾ の平衡形状に近いことなど、海底変化に一定の傾向があることが推定された。

2. 調査の概要

大淀河口付近の海岸線はほぼ直線であり、構造物としては河川導流堤が設置されているのみである(図-1)。調査区域は南北約5 km、沖方向約1.5 kmである。

波高・周期は昭和45年度にはじめて長期連続観測によってえられた。その結果は図-2に示される。波高・周期とも対数正規分布に近い。江之島(東大)⁴⁾の観測値によく似ている。新島⁵⁾の値は太平洋の深海波を示すものとみると、日向灘沿岸では大きな波高が少なくなっている。常時の波は $H=0.5\sim 2.0$ m (77%), $T=6\sim 10$ sec (74%) とみてよい。入射角は $N3^{\circ}\sim S10^{\circ}$ (基準線) であった。

風は陸風が卓越するが、強風は少ない。海風は北よりが多いが、最大風速などの強風は ESE $\sim$ S の間にある。

流向・流速は発電型流速計とフロート追跡により求めた。測定値の汀線方向の成分を求めると図-3となる。

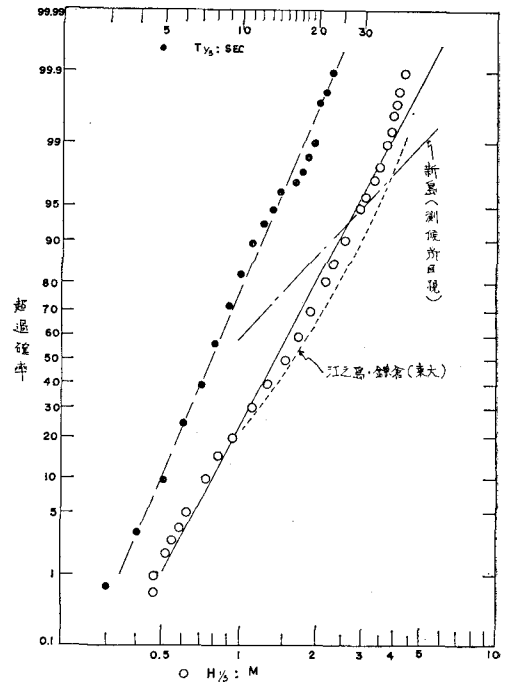


図-2 波高、周期確率分布(昭和45年度)

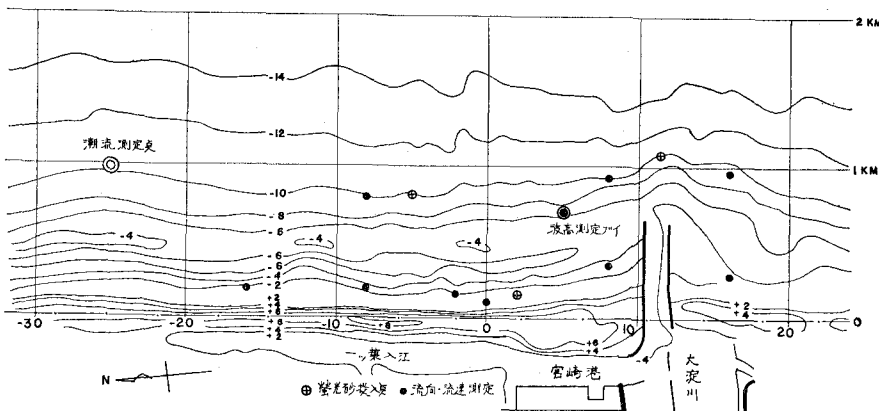


図-1 調査地域
(昭和46年1月地形)

* 正会員 宮崎大学助教授 工学部土木工学科

これには昭和39年調査⁵⁾も示した。測定値は Inman-Quinn⁶⁾ ($\theta_b=2^\circ, 4^\circ, T=8 \text{ sec}$) の計算値よりかなり遅い。また Shadrin⁶⁾ ($l_1=450 \text{ m}, l_2=480 \text{ m}$) の勾配流れの値よりも小さい。測定値が局所流速であったかもしれないが、bar と汀線の距離が長い所では違った考えを用いなければならぬと考える。

蛍光砂の中央粒径 d_{50} は 0.57 mm 、比重 2.59 である。これを約 20 kg 投入し、1, 2, 3 週間目に採集した。採集した試料中の蛍光砂個数を計測し、 100 g 当りに換算した。その一例の図-4をみると、一時は北方にも拡が

るが、その後は南に移動している。沿岸流は遅いが、底質は移動していることがわかる。

外径約 5 cm 、節間約 30 cm の均一な竹を投入して浮遊砂を採集した。捕砂量の鉛直積分値の一例を図-5に示す。浮遊砂は汀線付近が多く、trough で減少するが、bar 付近に極大値があり、それから沖に向かって減少していく。しかし、沖浜でも急に減少はしない。浮遊砂は沖でも比較的が多い。

底質は $200 \sim 400 \text{ m}$ 方眼で採取し、フルイ分け、比重試験とともに、鉋物分析も行なった。粒径などは ϕ 値で整理している。

3. 海底地形変遷

昭和34年から旧河口を中心とした深淺測量が実施され、昭和39年9月に現地地点に新河口が開いてからは、新河口を中心とした測量が続けられてきた。その間、河川導流堤も延長され、現在約 600 m (基準線より) になっている。図-6、図-7は河口付近 (No. +6, +11, +16) と河口より離れた位置 (No. -10, 0, +22) における等深線 ($-6, -10, -12 \text{ m}$) の変遷図である。

河口付近の -6 m 水深は、新河口開口前は大体一定の位置にあった。その後、河口前 (No. +11) は沖に押し出され、堆積していったが、現在約 900 m 地点に固定している。河口より南 500 m (No. +16) は前進、後退を繰返していたが、昭和44年からは旧位置 (700 m) に固定された。北 500 m (No. +6) は岸に近より、一時洗掘をうけたが、だんだん復元し、これも旧位置 (700 m) にもどっている。それに対し、河口より離れた位置、特に No. -10 は 600 m の距離を動いていなかった (図-7)。

-10 m 水深は新河口開口後、一時大きな変化が生じている。堆積がおこるのは、大体夏の洪水期である。この間の洪水は $2000 \text{ m}^3/\text{sec}$ が年1, 2回あった程度である。最大の洪水は昭和43年9月の $4930 \text{ m}^3/\text{sec}$ であるが、このときは -6 m 水深に影響があっただけである。 -10 m 水深も河口前ではやや沖 (1100 m) に固定されてきているし、河口付近も旧位置 (1000 m) に復元しそうである。河口より離れると、河口付近とは違っており周期的な変化を示している。これは河川流出土砂の影響ではなく、漂砂現象による変化とみられる。 -12 m 水深は変化は大きい、 -10 m 水深と同じ傾向である。

河口より南側 (No. +16, +22) は早めに安定した状態になったが、北側 (No. +6, 0, -10) は一時欠漬し、その後、堆積の傾向を続けている。これは日向灘の漂砂は南下が卓越するというところを裏づけるものでもあるが、北上する漂砂が河川導流堤によりさえぎられ、一時の欠漬がおこったとみなされる時もある。漂砂は河川流による循環のなかに、まだあるとみるべきであろう。

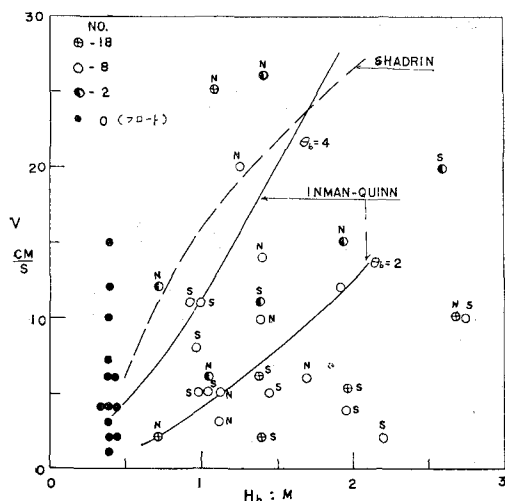


図-3 沿岸流速

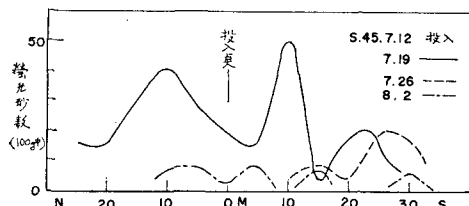


図-4 蛍光砂調査 (No. 0)

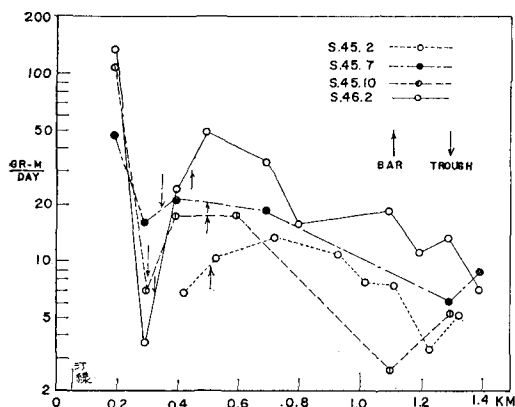


図-5 浮遊砂の鉛直積分値 (1日当り)

4. 海浜形状の変化

河口より離れた所の海浜形状は図-8のように変化する。前浜や外浜は変化が複雑である。沖浜では急な勾配からゆるやかになり(勾配変化域),一定の勾配に近づいている(定勾配域)。

図-8の各点における底質は図-9のようであった。汀線の粒径は多様であり,平均粒径は大きい。2次元でみると44.10~44.12の堆積時にtroughの2~1.5粒径(0.25~0.35 mm)は汀線に移動し,44.12~45.3の欠潰時に,それはtroughに転落している。しかし,沖浜では堆積時に2~3粒径(0.25~0.125 mm)のような小粒径が増加している。これは沖より移動しただけでなく,浮遊して移動してきたとみなければならない。そして,欠潰時に小粒径が減少しているのは,浮遊して移動したとみる。このため,沖浜は全体的な増減も起こりうる。別の資料では隣接する断面間での砂の収支がみられる。

調査区域(No. -32~+24)のうち河口の影響が小さい区域の(No. +5~+20)海底地形の増減量の平均を求めると図-10となる。300~600 m 区域は地形変化は

複雑であったが,増減量は比較的小さい。沖浜は堆積か欠潰か明確である。そして,勾配変化域(600~900 m)が増減量は多く,定勾配域(900 m~)はやや少ない。

よって,前浜,外浜,沖浜の勾配変化域,定勾配域の平均増減量を求め,昭和44年10月を基準にして図-11に示す。前浜の変化を除いて,各領域の増減は同じ傾向を示している。また,一時は堆積するが,欠潰して昭和44年10月地形に近づいていく。昭和46年1月は外浜に堆積が残り,沿岸を南下する漂砂が現在あることを示す。

5. bar と汀線の変化

以上より海底の変化は-6 m 水深でわけて考えられる。-6 m 水深より前浜にかけては砂の動きは激しい。

平均潮位 +1.0 m 以上の前浜勾配は1/10~1/20であるが変化は少ない。+1.0 m 以下の勾配はゆるやかであるが変化は大きい(図-8)。

bar の最高点, trough の最低点の変動状況は図-12, bar の位置,汀線(+1.0 m)位置,および汀線底質の標準偏差(σ_p)の一部が図-13, 図-14, 図-15に示されている。

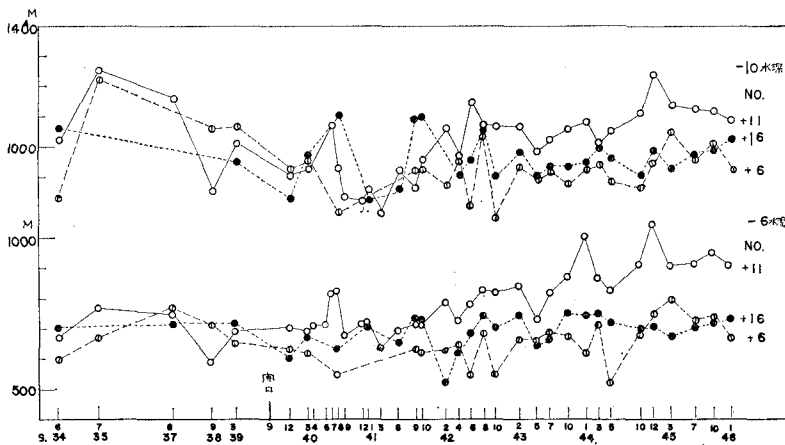


図-6 河口付近の等深線変遷

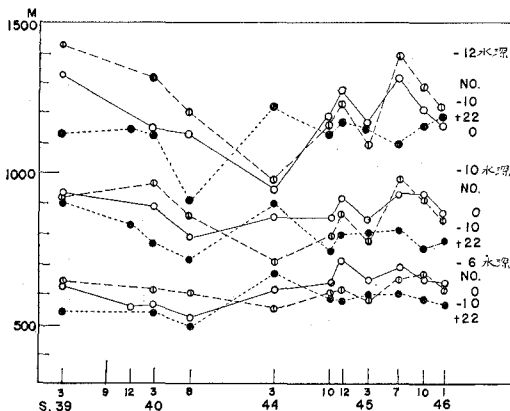


図-7 一般断面の等深線の変遷

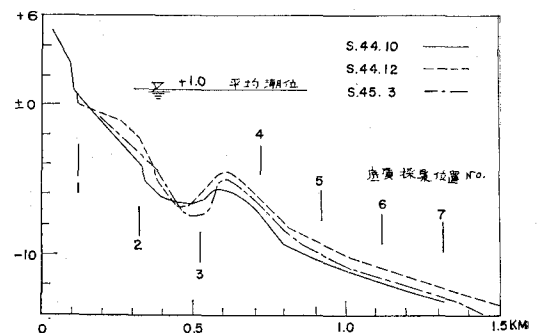


図-8 海浜形状 (No. +4)

bar は河口に近づくにつれ低くなり、海浜は step 型になる。bar の変化に応じて trough も変化している。すなわち、trough 底からの bar 高はある位置では変化が小さい、bar 頂部水深は大体一様に増減し、浅い所と深い所の位置は大きく変化しない。ただ、昭和45年10月に深い洗掘が生じているが、そのため bar の傾向が全体的に変わっている。その後、前の状態に復原しようとする傾向がみられる。

bar の位置も変化するが、平均的には 500 m 線にある。それに対し、汀線は No. +10 付近を中心にして弓状の形状をもち、局部的には cusp の存在がみられる。汀線の底質はよく淘汰された ($|\sigma_\phi| < 1$) 場所と、淘汰が

普通 ($1 < |\sigma_\phi| < 2$) の場所とがある。およそ 800~1200 m のピッチをもっている。

bar と汀線の間の沿岸流は、波高が小さいときは打寄せられた水のための勾配流れで、波高が 1 m を越えるとエネルギー流れが卓越すること、結局はそれらが混在することを Shadrin は提案した⁶⁾。しかし、bar が大きく発達し、汀線との距離も長いと、その間の流れは決めるににくい(図-3)。宮崎海岸では打寄せられた水は主として河川導流堤近くで沖に流れ、また途中の bar の谷からも流れ出ているようである。そして2次碎波による汀線付近の流れもそれに影響され、cusp が局部的に存在するし、その部分の底質の淘汰度はやや悪くなってい

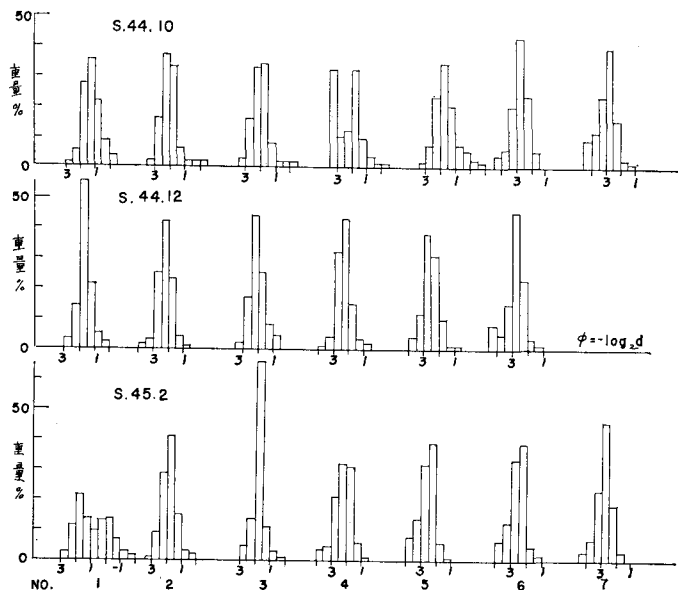


図-9 海浜底質粒径分布 (ϕ 値)

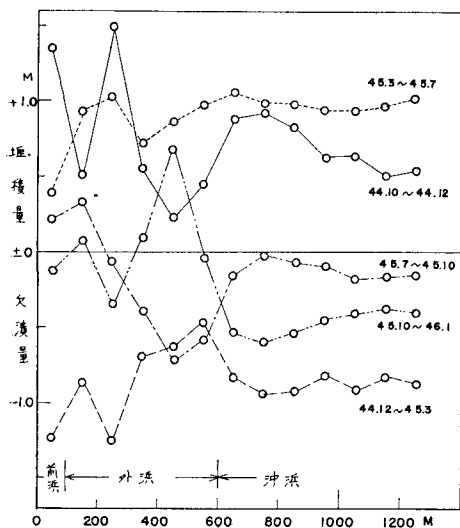


図-10 海底地形の増減量 (No. +5~No. -20の平均)

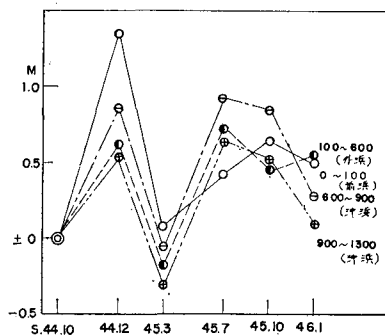


図-11 平均海底の増減量 (昭和44年10月に対して)

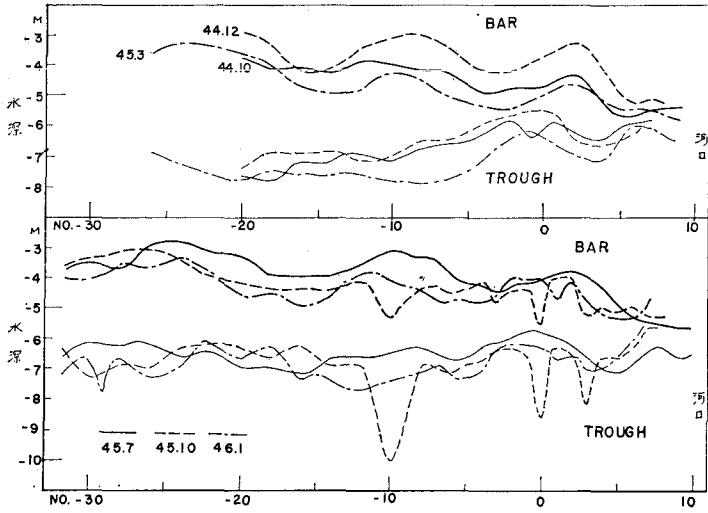


図-12 bar の最高点と trough の最低点の変化

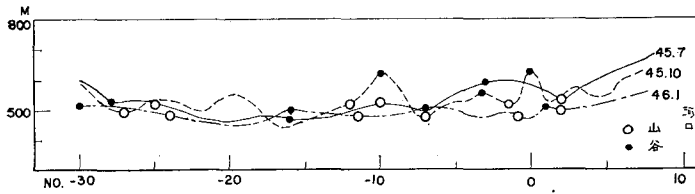


図-13 bar の位置の変化

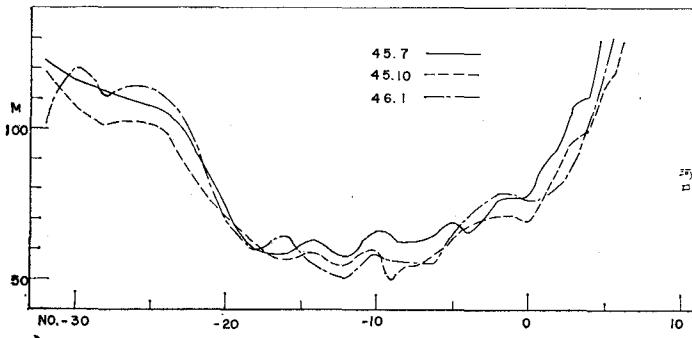


図-14 汀線 (+1.0m) の変化

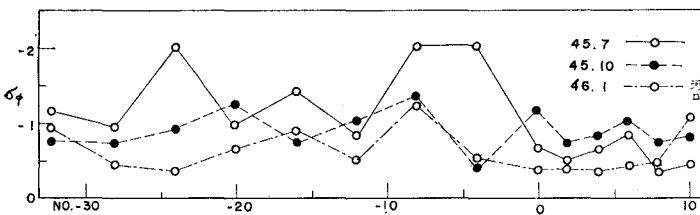


図-15 汀線底質の標準偏差 ($\sigma\phi$) の変化

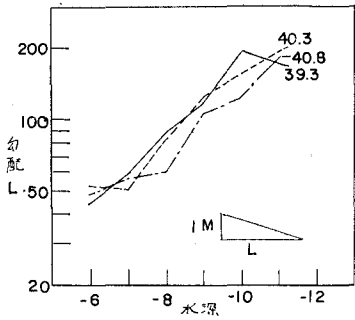


図-16 旧調査の海底勾配

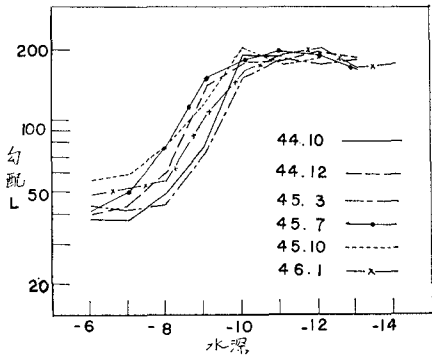


図-17 新調査の海底勾配

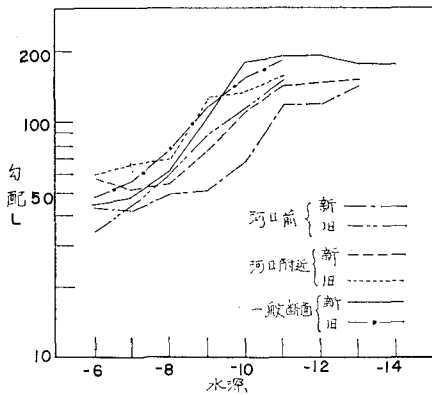


図-18 新, 旧調査の比較

る。すなわち、図-12～図-15において、barの谷と汀線の cusp と $|\sigma_\theta|$ の大きい場所などは同じような位置にあることが多い。それらの位置は大きく変わることはなく、平均的に 1km ピッチで存在している。

大淀河口付近では、固定された河口が強い流れを常に持っており、それが海浜流に影響し、bar の配置がなされ、それにより外浜の流れが形成され、海底変化が行なわれる。その変化は約 1km の区域の範囲内でなされている。その区域をこえて移動する漂砂は短期では少ない。

6. 沖浜の海浜形状

No. +4 より北側の断面の各水深の勾配の平均値を求めると図-16 (旧調査), 図-17 (新調査) となる。また全調査の平均値を求めると図-18となる。これには河口前と河口付近も示しておいた。

旧調査ではほぼ直線変化であるが、新調査では浅い所と深い所が定勾配に近い。各調査時の傾きは同じようである。旧調査と新調査では新河口のため、後者が急な勾配を示している。しかし河口より離れた断面では平均的には同じものといえる。すなわち、沖浜では昔からある形状が、平衡したものとして存在するようである。

いま、No. +4 より北側の平均値を、Eaglsion, Glenne, Dracup の海浜平衡形状に関する次式³⁾と比較してみると 図-19 のようになる。

$$\sin \alpha = -\frac{dh}{dx} = \frac{0.345 N \pi^2}{(\beta d)^{6/7}} \frac{\rho}{\sigma - \rho} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^2 f_1 \left(\frac{h}{L_0} \right)$$
$$\beta = \left(\frac{\pi}{v T} \right)^{1/2}, \quad C_D = \frac{N \nu}{(\bar{u}_f - \bar{u}_s) d},$$
$$f_1 \left(\frac{h}{L_0} \right) = \frac{\coth^2 kh}{\sin^2 kh + k_2 h}$$

α は局所的な海浜勾配, $\bar{u}_f, \bar{u}_s$ は流体の平均質量輸送速度と底質の平均速度, C_D は底面の摩擦抵抗も含めた抗力係数である。

理論式には $\sigma = 2.70, \rho = 1.025, d = 0.15 \text{ mm}, H_0 = 1.0 \text{ m}, T = 8 \text{ sec}$ を代入した。水深は平均潮位 +1.0 m よりとる。問題は抗力係数 C_D である。Eaglsion らは

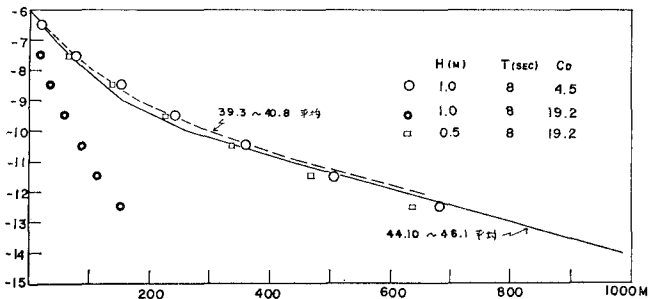


図-19 海浜形状の平均と理論値

1/15, 1/22 の実験水路での $d/k=1$ (k は底面の粒径) の実験から $N=19.2$ としている。この値を用いると急な勾配になる (図-19)。もし $N=4.5$ としてみると現地の平均値と一致する。もし沖波波高 H_0 を 0.5 m とすれば $N=19.2$ として平均形状に近い。現地のように砂れんがあるときは抗力は増すから、 N は小さくとるべきであろう。現地では高さ 30 cm ぐらいの砂れんが観察されている。

Eagleson らの理論式は砂粒は往復運動をするが、平均的には移動しないとして導かれたもので、自然の海浜でも適用しうることがわかった。

7. む す び

大淀河口前の海底地形は急な勾配をもつが、ある勾配になると落ち着く。その影響は両側それぞれ 500 m ぐらいで、それより遠い海浜は前からの形状を保っている。しかし、河口の流れの影響は海浜流におよび、前浜や外浜もその変化に影響をうけている。沖浜は半浮遊での変化をうけるが、平均的には一定の形状をもち、ある程度

理論的に取扱えることがわかった。

今後は、すべての資料を精しく検査し、あらためて量的な検討をしたいと考えている。

この調査を実施し、資料を提供された宮崎県港湾課、宮崎港事務所の諸氏、ならびに調査測量を施工された株式会社国土開発コンサルタントの諸氏に対し深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 吉高益男：河口安定論，1968年度水工学夏期研修会講義集，A. 海岸・港湾コース
- 2) 吉高益男・島田米夫：河口の平衡断面積について，第14回水理講演会，昭45. 2.
- 3) Eagleson, P.S., B. Glennie and J.A. Dracup: Equilibrium Characteristics of Sand Beaches, Proc. A.S.C.E., Vol. 89, No. HY 1, 1963.
- 4) 本間仁・堀川清司・鮮干澈：波浪・漂砂および海浜変形について，第6回海岸工学講演会講演集，昭34. 11.
- 5) 吉高益男：大淀河口付近の海岸変形について，土木学会西部支部研究発表会，昭40. 1.
- 6) 堀川清司・佐々木民雄：沿岸流速に関する二，三の考察，第15回海岸工学講演会講演集，昭43.
- 7) 宮崎港調査報告書：運輸省第四港湾建設局，昭37. 3.