

宮崎海岸侵食対策検討委員会 第 2 回技術分科会 宮崎海岸の沿岸漂砂の方向に関わる論文

- (1)吉高（1971）：大淀河口付近の海底変化について，第 18 回海岸工学講演会論文集
- (2)吉高・島田・高野（1974）：河口導流堤付近の海浜地形変化と底質粒径分布変化，第 21 回海岸工学講演会論文集
- (3)吉高（1978）：日向灘海岸の漂砂について，第 25 回海岸工学講演会論文集
- (4)岸（1979）：宮崎海岸における漂砂の現地観測について，第 26 回海岸工学講演会論文集
- (5)内田・長友・鶴谷・佐藤（1979）：宮崎海岸移動床模型実験，第 26 回海岸工学講演会論文集

平成 21 年 3 月 10 日

国土交通省・宮崎県

注) 「」は、論文中の文章の抜粋、図番号は論文中的図番号、->論文文章からの推定

論文	沿岸漂砂に関する情報	河川からの流出土砂に関する情報	参考文献
吉高（1971）： 大淀河口付近 の海底変化に ついて、第 18 回海岸工学講 演会論文集	[深浅測量成果の解析，1959-1970] ・大淀川導流堤を挟んで河口より南北 500m 地点の 6m 水深位置は前進・ 後退を繰り返すのみで一方向の変化なし（図-6） ・「河口より南側は早めに安定した状態になったが、北側は一時欠潰 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 卓越するということ（※1）資料を引用）を裏付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、一時の欠潰がおこった 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。」 ->河口付近の地形は河川からの流出土砂の影響を受けることから、河 口付近の地形変化から沿岸漂砂を特定することは難しいことを示唆し ている。		1) 宮崎港調査報告書 (1962), 運輸省第四港 湾建設局
吉高・島田・高 野（1974）： 河口導流堤付 近の海浜地形 変化と底質粒 径分布変化, 第 21 回海岸工学 講演会論文集	[深浅データ解析] ・「（大淀川）河口導流堤より離れた場所では導流堤建設中も完了後 も前進している様子は見受けられない。（図-4）」 ・「河口からの流出土砂は数ヶ月かかって北側の-10m~-12m 水深付近 に一時拡がって堆積し、その一部が河口導流堤付近岸側に徐々に集 まってくるといえそうである。」 [蛍光砂調査, 1970. 7-11 月] ・一時的に北方にも拡がるが、その後は南に移動 （投入地点は大淀川河口沖・河口北）		

吉高（1978）： 日向灘海岸の 漂砂について、 第 25 回海岸工 学講演会論文 集	[汀線変化（深淺測量成果より※2）] ・「一ツ瀬河口は 1966 年ころまでは北上していたが、その付近の汀線は北が後退、南が前進している。しかし、その後、河口が南下し始めるとそれは逆転してくる。すなわち、一ツ瀬と小丸川とからその中間に向かう漂砂が卓越する時と、その逆の時もある。（図-9）」 [河口閉塞速度から沿岸漂砂量を試算] ・南方向に年間平均 23 万 m³、北方向に年間 11 万 m³ （昭和 44 年 7 月～10 月の測量データより解析）	一ツ瀬川流出土砂量を 4 ～17 万 m ³ /年と推定	2)一ツ瀬川河口の深淺 測量が実施されている 模様
岸（1979）： 宮崎海岸にお ける漂砂の現 地観測につい て、第 26 回海 岸工学講演会 論文集	[流れ、昭和 52 年度調査] ○潮流 ・半日周潮流系と日周潮流系の混合潮型で最大流速は 20cm/s 程度 ○恒流（大淀川河口中心に北側 6km，南側 10km，沖合 6km の範囲） ・夏期は全海域とも南流で、北側海域沖で 20cm/s、大淀川河口沖で 25～30cm/s、南側海域沖で 30cm/s 程度 ・冬期は流速が 2～4cm/s で非常に弱く、地域的特長はない ○恒流が早い南流となる夏期は潮流と重なって 30～60cm/s の強い南流が発生 [蛍光砂調査，1978.9 実施] ・汀線付近投入砂は南北に約 600m 拡がっている ・水深 5, 11m 付近投入砂はほとんど拡がりはなく、わずかに南および汀線方向に移動 [浮標による沿岸流調査，1977 年 9 月, 10 月, 1978 年 2 月実施] ・ほとんど南流		

内田・長友・鶴 谷 ・ 佐 藤 (1979) : 宮崎海岸移動 床模型実験, 第 26 回海岸工学 講演会論文集	[沿岸漂砂量] ・ 目視による波浪観測から佐藤・田中式で沿岸漂砂量を試算 (波向は 16 方位で整理されている) 北向き漂砂量 : 871,450m ³ /年 南向き漂砂量 : 499,580m ³ /年 正味漂砂量 : 371,870m ³ /年 (北向き)	[大淀川の年間流下土砂 量] ※3) S46 : 57,700 m ³ S47 : 53,900 m ³ S48 : 13,522 m ³ S49 : 16,517 m ³ S50 : 32,900 m ³ 平均: 34,900 m ³	3) 建設省宮崎工事事務 所 : 大淀川下流地区流 砂量検討報告書, 昭和 52 年 6 月)

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。

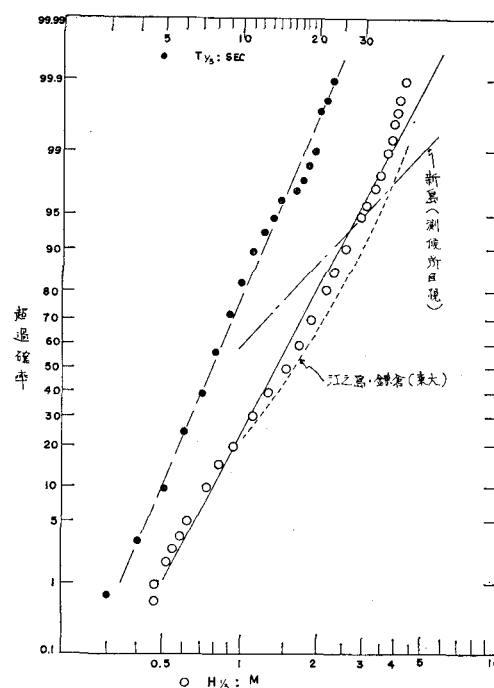


図-2 波高、周期確率分布(昭和45年度)

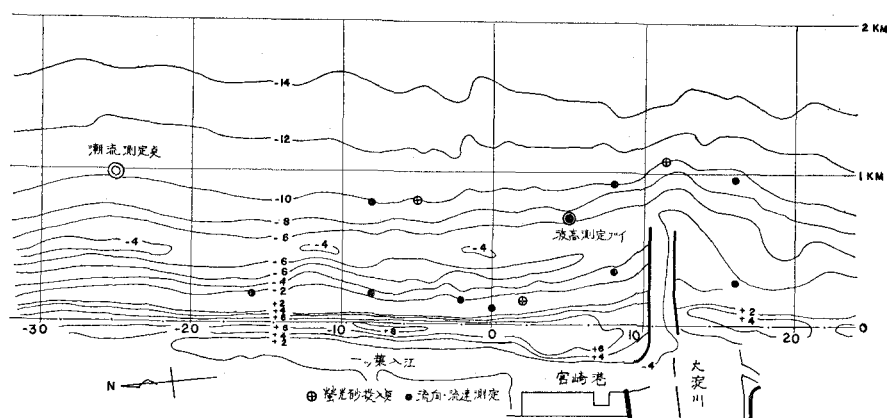


図-1 調査地域
(昭和46年1月地形)

* 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、鉱物分析も行なった。粒径などは値で整理している。

3. 海底地形変遷

昭和34年から旧河口を中心とした深浅測量が実施され、昭和39年9月に現地点に新河口が開削してからは、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、新河口開削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、後退を繰り返していたが、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、一時洗掘を受けたが、だんだん復原し、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 水深は新河口開削後、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) に復原しようである。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) は一時欠潰し、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ことり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、一時の欠潰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。

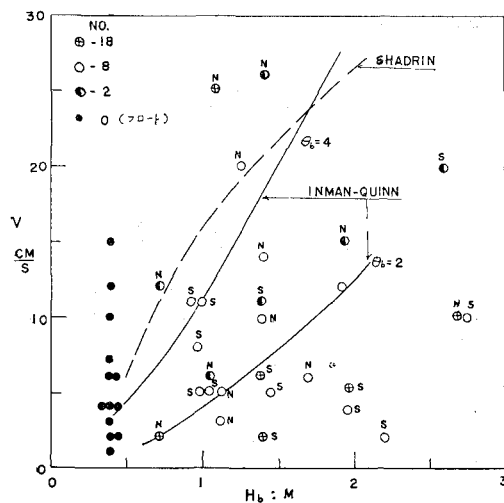


図-3 沿岸流速

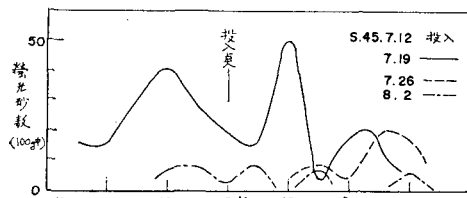


図-4 蛍光砂調査 (No. 0)

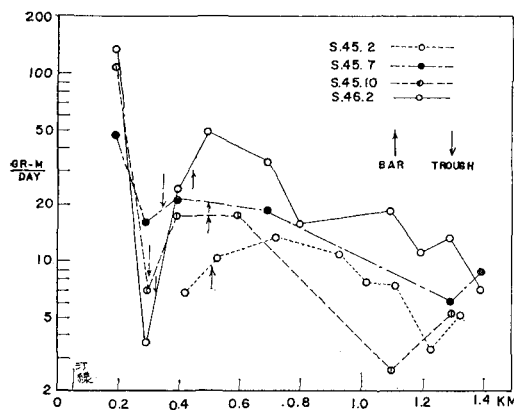


図-5 浮遊砂の鉛直積分値 (1日当り)

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おこりうる。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,増減量は比較的少ない。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。

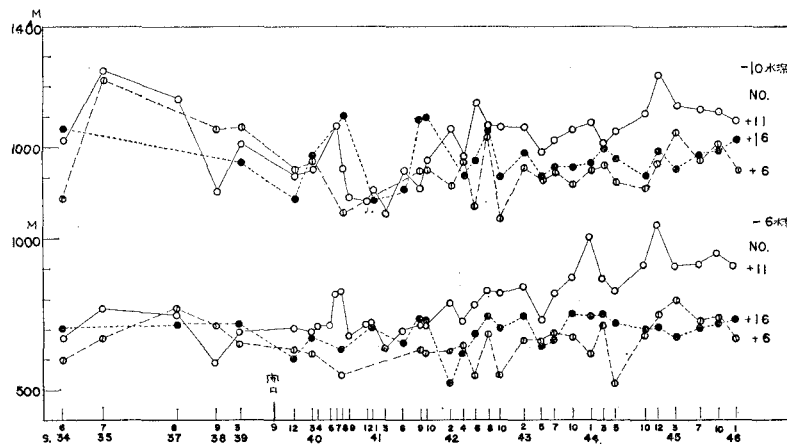
よって,前浜,外浜,沖浜の勾配変化域,定勾配域の平均増減量を求め,昭和44年10月を基準にして図—11に示す。前浜の変化を除いて,各領域の増減は同じ傾向を示している。また,一時は堆積するが,欠潰して昭和44年10月地形に近づいていく。昭和46年1月は外浜に堆積が残り,沿岸を南下する漂砂が現在あることを示す。

5. bar と汀線の変化

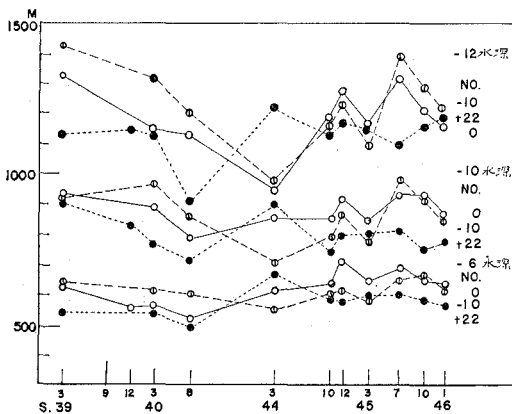
以上より海底の変化は-6 m 水深でわけて考えられる。-6 m 水深より前浜にかけては砂の動きは激しい。

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)。

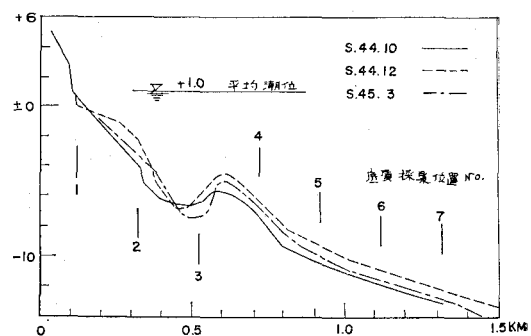
bar の最高点, trough の最低点の変動状況は図—12, bar の位置,汀線(+1.0 m)位置,および汀線底質の標準偏差(σ_p)の一部が図—13, 図—14, 図—15に示されている。



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 の谷からも流れ出しているようである。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

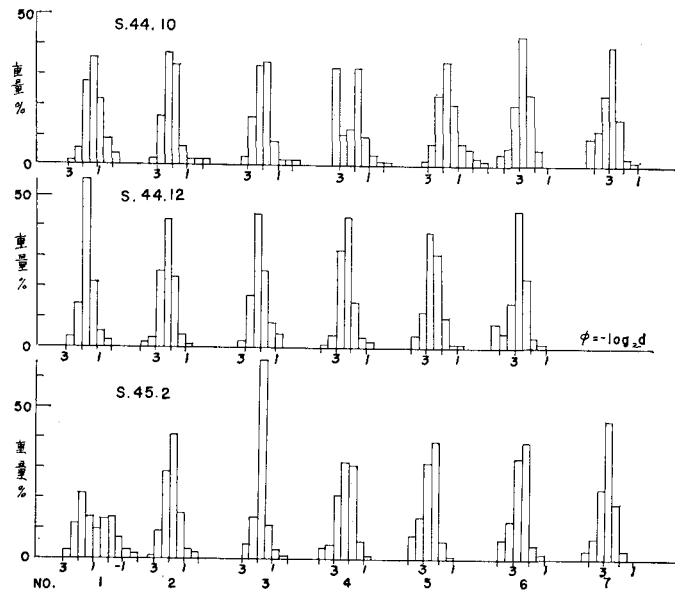


図-9 海浜底質粒径分布 (ϕ 値)

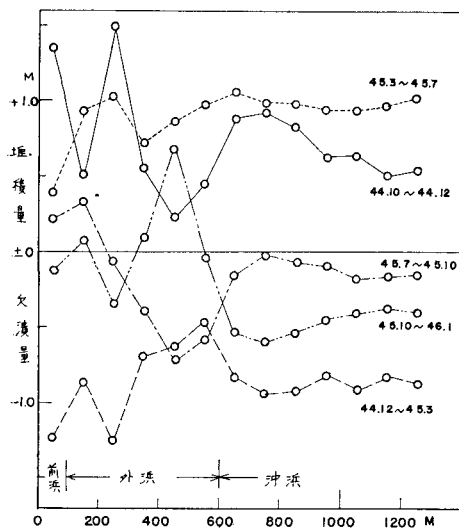


図-10 海底地形の増減量 (No. +5~No. -20の平均)

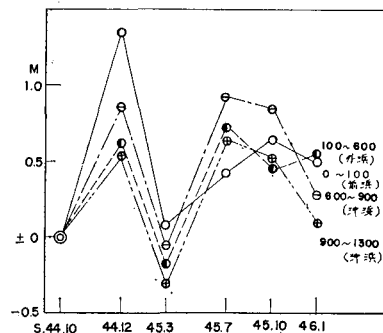


図-11 平均海底の増減量 (昭和44年10月に対して)

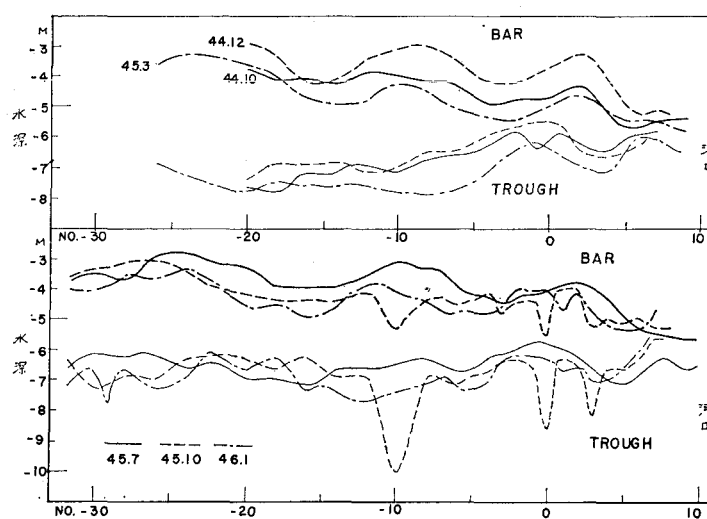


図-12 bar の最高点と trough の最低点の変化

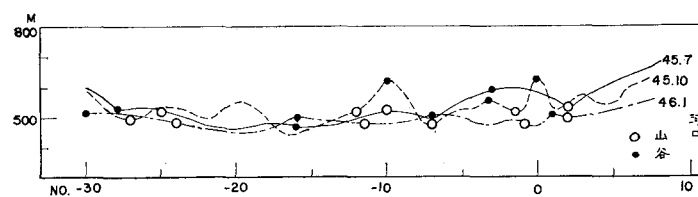


図-13 bar の位置の変化

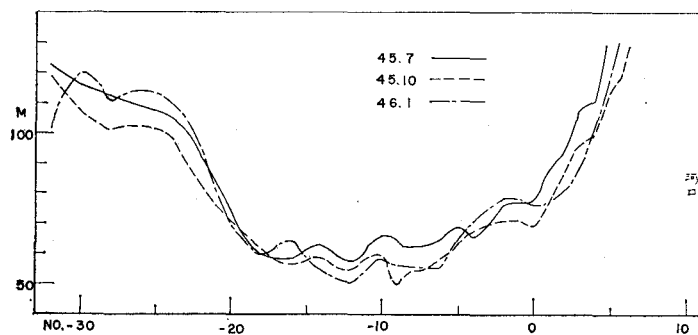
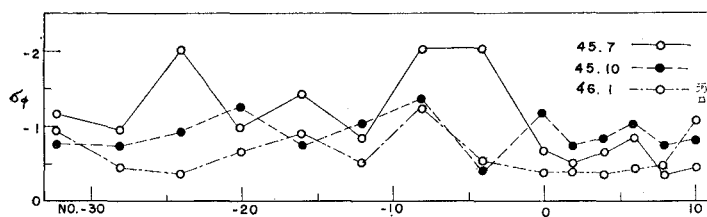


図-14 汀線 (+1.0 m) の変化

図-15 汀線底質の標準偏差 ($\sigma\phi$) の変化

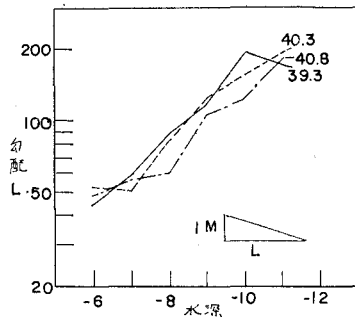


図-16 旧調査の海底勾配

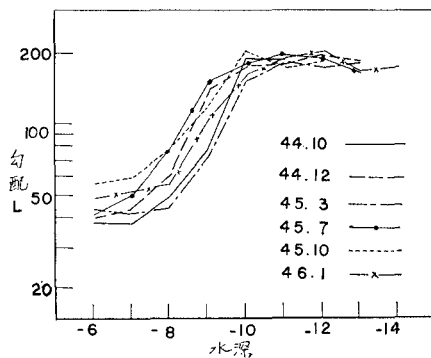


図-17 新調査の海底勾配

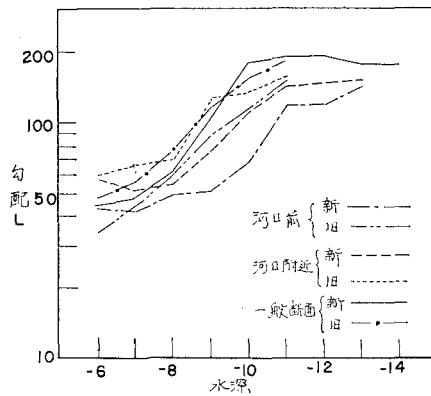


図-18 新, 旧調査の比較

る。すなわち、図-12～図-15において、barの谷と汀線の cusp と $|a_0|$ 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 1 km 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 1 km 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、Eagleson, Glenn, 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。

$$\sin \alpha = -\frac{dh}{dx} = \frac{0.345 N \pi^2}{(\beta d)^{6/7}} \frac{\rho}{\sigma - \rho} \left(\frac{H_0}{L_0} \right)^2 f_1 \left(\frac{h}{L_0} \right)$$

$$\beta = \left(\frac{\pi}{\nu T} \right)^{1/2}, \quad C_D = \frac{N \nu}{(\bar{u}_f - \bar{u}_s) d},$$

$$f_1 \left(\frac{h}{L_0} \right) = \frac{\coth^2 kh}{\sin h^2 kh + k_0 h}$$

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。Eagleson らは

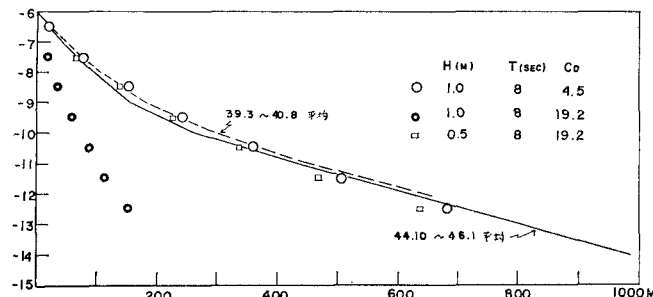


図-19 海浜形状の平均と理論値

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可能性があることがわかった。

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. Glenne 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.

河口導流堤付近の海浜地形変化と底質粒径分布変化

吉 高 益 男*・島 田 米 夫**・高 野 重 利***

1. はじめに

河口に導流堤が建設されれば、漂砂の移動はより阻害され、その付近は堆積・欠損が著しくなる。しかし、河口は河川流による漂砂阻害の機能と流出土砂による漂砂供給源である性質をもっている。そのため、構造物としての河口導流堤そのものの機能は、防砂堤などの構造物の場合より明確にすることは困難である。それで、その付近の海浜地形変化と底質粒径分布変化をあわせ検討することにより、河口導流堤の影響を考えようとした。

まず、五ヶ瀬河口付近(延岡海岸)と大淀河口付近(宮崎海岸)の海浜地形の変遷を調べ、河口導流堤延長に伴う影響の様子を検討した。また、筆者らは先に、一対一で対応した底質粒径分布変化を検討し、一般海浜の場合の結果を報告したが、その後、より多くの現地資料が得られたので、底質粒径分布変化の平面的分布を求めることができた。それと、海浜地形変化の平面分布との関連性を検討したので報告する。

2. 海浜地形の変遷

(1) 延岡海岸の海浜地形

五ヶ瀬河口導流堤は昭和39年に400~600m間(基準線より)建設され、昭和44年まで陸と沖方向に延長されてきた。図-1は等深線(-10m, -5m)の変遷図で、図-2は昭和41年2月~昭和43年1月間の深浅変化図である。導流堤建設前、河口付近の変化は著しい。導流堤延長に伴い、-5m水深が前進するのはNo.12, No.15であり、No.5は複雑な地形変化は残るが-5m水深はあまり変化しない。導流堤建設初期では-10m水深は影響をうけないが、導流堤先端が-5mより深くなった建設後期には影響がでてくる。建設完了後は-5m水深は後退きみであるが、-10m水深には若干の変動が表われてくる。深浅変化の一例(図-2)によると汀線付近の堆積地帯はNo.8付近であり、河口導流堤付近は欠損している。河口前面には大きな堆積が残っている。大瀬川開口予定地は時々開口されることがあり、前面にその様子が残っている。

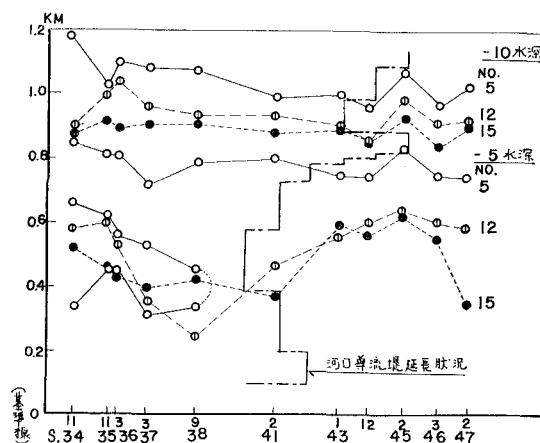


図-1 延岡海岸の等深線変遷

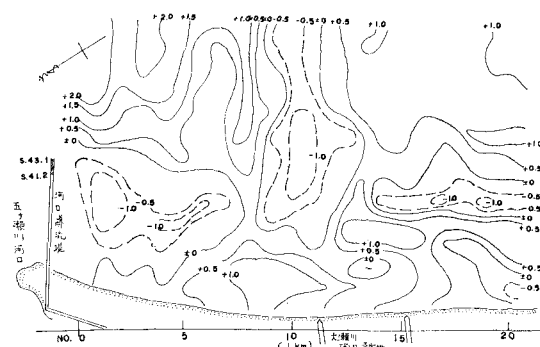


図-2 延岡海岸の深浅変化

(昭和41年2月~昭和43年1月)

五ヶ瀬河口は延岡海岸の砂浜の北端にあり、大きな漂砂源である。そして、漂砂は南下しているとみられるから、導流堤建設により漂砂の通路は沖よりになり、-10m水深の変動がおこりはじめ、汀線付近では導流堤より離れた場所に一時堆積する。導流堤付近には漂砂はあまりつかないようにみられる。これは一方砂浜で、固定されていた河口で一般的にいえることであろう。

(2) 宮崎海岸の海浜地形

大淀河口は昭和39年9月に人工的に開口され、導流堤建設が始まり、昭和44年に基準線より660m(北導流堤), 615m(南導流堤)まで延長された。図-3(河口付近), 図-4(一般海浜)は等深線(-12m, -10m,

* 正会員 宮崎大学助教授 工学部土木工学科

** 正会員 宮崎大学助手 工学部土木工学科

*** 正会員 宮崎大学技官 工学部土木工学科

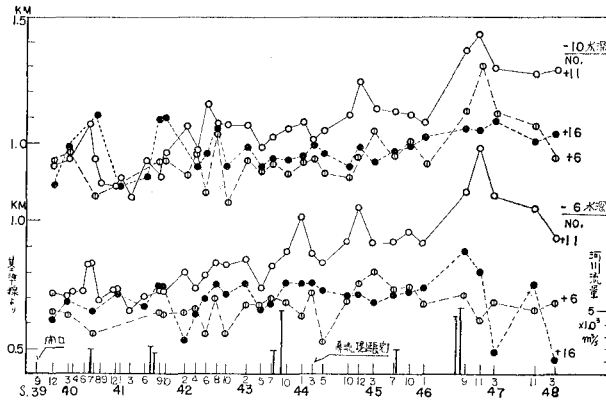


図-3 宮崎海岸の等深線変遷 (河口付近)

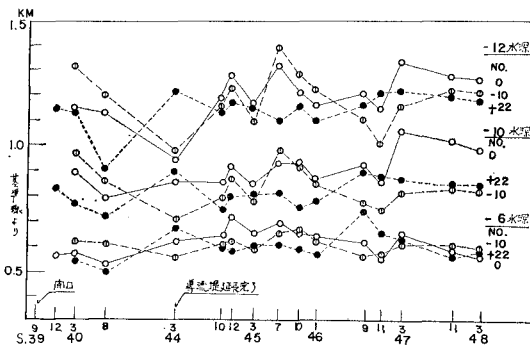


図-4 宮崎海岸の等深線変遷 (一般海浜)

-6m) の変遷図である。

導流堤延長に伴い河口前面 (No.+11) は浅くなっていく。建設完了後も前進し、大出水によって前進は加速されている。河口付近 (No.+6, +16) の -10m 水深は建設完了後もやや前進するが、-6m 水深は前進していない。導流堤より離れた場所 (図-4) では導流堤建設中も完了後も前進している様子はみうけられない。ただ、No.+11 の水深が大出水により大きく浅くなり (44.12, 46.11 など) また深くなった後に、No. 0, No.-10 の -10m, -12m 水深が一時前進する (45.7, 47.3)。これは -6m 水深や、No.+22 (河口より南) にはない現象である。河口からの流出土砂は数か月かかって北側の -10m~-12m 水深付近に一時拡がって堆積し、その一部が河口導流堤付近岸側に徐々に集まってくるといえる。

両側砂浜の河口を固定した導流堤の影響は、一時的にはその付近の狭い範囲にかぎられているが、長期間にわたっては漸次拡がっていくといえる。

3. 海底底質調査

宮崎海岸では底質調査が昭和 44 年度から 3 年間、年 3 回実施された。調査時は図-8、調査地点は図-10 に

示されている。

底質粒径は ϕ 値 ($= -\log_2 d$: d mm) で整理し、平均粒径、標準偏差は $M_\phi = (\phi_{84} + \phi_{16})/2$, $\sigma_\phi = |\phi_{84} - \phi_{16}|/2$ で計算した。また、各調査期間の M_ϕ , σ_ϕ の差をそれぞれ ΔM , $\Delta \sigma$ で示す。 $\Delta M > 0$ は粒径増大, $\Delta M < 0$ は粒径減小となる。 $\Delta M = \pm 1$ は粒径が 2 倍または 1/2 となることである。 $\Delta \sigma > 0$ は粒径分布が均一化し、 $\Delta \sigma < 0$ は多粒径化していることになる。

(1) 河口前面の底質

図-5 は河口前面 (No.+11) の地形と底質平均粒径の一例である。海底地形は河口導流堤先端より 200~400m から海浜の沖浜地形に近い曲線となる。底質平均粒径は導流堤付近では

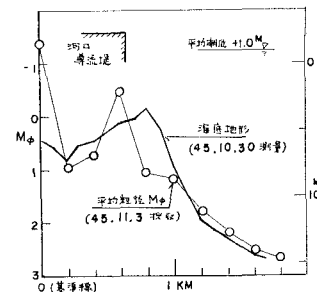


図-5 河口前面の地形と底質粒径

一定の傾向はみられないが、沖浜地形の形状になって減小していく。よって、平均粒径 M_ϕ と水深 h (平均潮位からとる) および海浜勾配 i との関係をプロットすると図-6, 7 となる。

これらの関係はばらつきが大きい、一定の傾向はみられる。また、図-6 では調査時前に出水があったときの平均粒径 (白丸印) は出水がなかったときの平均粒径

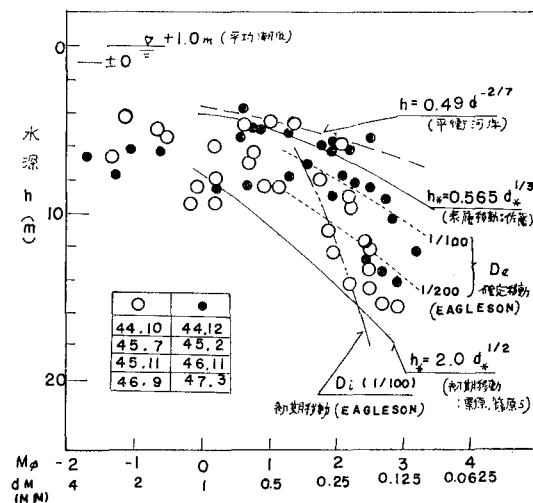
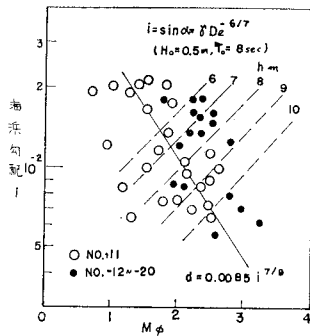


図-6 平均粒径と水深 (河口前面)



図—7 平均粒径と海浜勾配

(黒丸印)より同じ水深で大きくなっていることがみられる。図—7 では河口前面 (No.+11, 白丸印) はやや傾いている傾向がみえるが、導流堤より離れた断面 (No.-12~No.-20, 黒丸印) は無関係であるようにみえる。

移動限界水深 h_i は平均粒径を d_m とすると、簡単には次式で示される。

$$h_* = A d_*^{1/2} \quad h_* = H_0 / L_0 (\sinh k h_i)^{-1} (H_0 / H)^{-1} \\ d_* = d_m / L_0 \dots \dots \dots (1)$$

また, Eagleson, Glenne, Dracup は海底勾配 $i = \sin \alpha$ も考えて確定移動, 初期移動の粒径 D_e, D_i を求める次式を示している²⁾。

$$(\beta D_e)^{6/7} = (65.4 / s i) (H_0 / L_0)^2 f_1(h / L_0) \\ \beta = (\pi / \nu T)^{1/2} \dots \dots \dots (2)$$

$$\beta D_i = [72.6 / s (i + 1.3)] (H_0 / L_0) f_2(h / L_0) \dots \dots \dots (3)$$

宮崎海岸で普通時に最もよく出現する $H_0 = 0.5$ m, $T = 8$ sec の波を用い, 底質水中比重 $s = 1.63$ とした結果が図—6, 7 に示されている。式 (1) では初期移動として栗原・篠原・椿・吉高³⁾の $A = 2.0$, $n = 1/2$, 表層移動として佐藤・田中⁴⁾の $A = 0.565$, $n = 1/3$ を用いた。

Manning・Strickler の流速式を用いると河川の静的平衡河床は次式で示される。

$$h = (Q^2 / 58.7 \Psi s g B^2)^{3/7} d^{-2/7} \dots \dots \dots (4)$$

式 (4) を動水勾配 I_e で書きなおし, 河床勾配 $i \doteq I_e$ とみなすと, 河床勾配式は次のようになる。

$$i = p d^{9/7} \dots \dots \dots (5)$$

式 (4) に $Q = 500$ m³/s (大淀川最大入退潮量), $B = 150$ m (導流堤幅), 限界無次元掃流力 $\Psi = 0.06$ を代入して図—6 に平衡河床として示した。

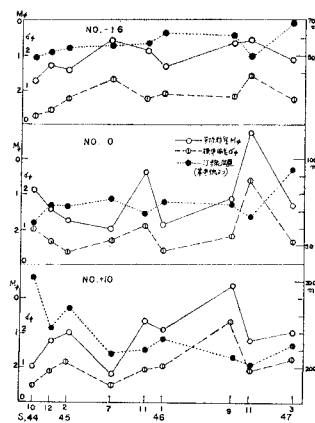
平均粒径と水深との関係 (図—6) は平衡河床式と栗原らの初期移動式との間にある。ある粒径は平衡河床に相当する水深より浅い所にはない。また, 初期移動する水深より深くには移動しない。佐藤らの表層移動水深は大淀河口では平衡河床水深に近く, 流れと波がバランスしている状況であった。Eagleson らの確定移動式 (2) は,

これらの中間にあり, ある粒径はそれに適応した海底勾配にて着くとみえる。その勾配は $1/100 \sim 1/200$ である。初期移動式 (3) は水深 10 m より深くでよく適合していた ($i = 1/100$)。

平均粒径と海底勾配との関係 (図—7) は河口前面では式 (5) の表現で示されるが, 波の影響もあり明確でない。一般断面では水深の影響が強い。これらより, 出水後の河口前面の水深と底質粒径の変化は検討できる。

(2) 汀線の底質

図—8 は汀線位置 (基準線より) と底質の変遷である。No.+10 (河口導流堤) では変化は著しく, また周期的でもない。No. 0 になると11月に平均粒径は大きくなり, また汀線も後退している周期がみられる。No.-16 は同じような傾向は残っているが



図—8 汀線位置と底質 (平均粒径・標準偏差) の変遷

なっている。汀線では平均粒径と標準偏差とは同じように増減している。汀線では粒径の増大と減小の場所が交互に存在し, 次の期間ではそれが交替していく。すなわち, 部分的な漂砂移動が行われ, カスプも生ずる。それらの変動がまだあまり変っていないのは, 河口導流堤の汀線への影響範囲がまだ狭いためであろう。

4. 昭和45年7月~11月の変化

昭和45年7月の調査は底質調査とともに, 螢光砂追跡調査も実施しているので, 昭和45年11月調査と比較してみると, 各種の変化は図—9 のようになる。

河口前面に投下された螢光砂は短期間では流れの方向に拡がっている。そしてやや北よりに移動している。その後, 8月に9号と11号台風で $1380, 2045$ m³/s (上流柏田流量) の出水があり, 調査終期では螢光砂は見つけられなかった。河口前面は北よりの堆積状態であり, 地形と底質粒径は図—5 であった。それは, 図—6 で Eagleson の D_i に近かった。河川流出土砂の粒径は比較的大きいので, 河口前方は北にむけて粒径が増大しており, 流れの傾向と一致する。そして, 標準偏差変化では河口前方は多粒径化している。

宮崎海岸では $400 \sim 500$ m の付近に -6 m 以上の深さの trough が続き, 河口導流堤付近で沖方向に向いて

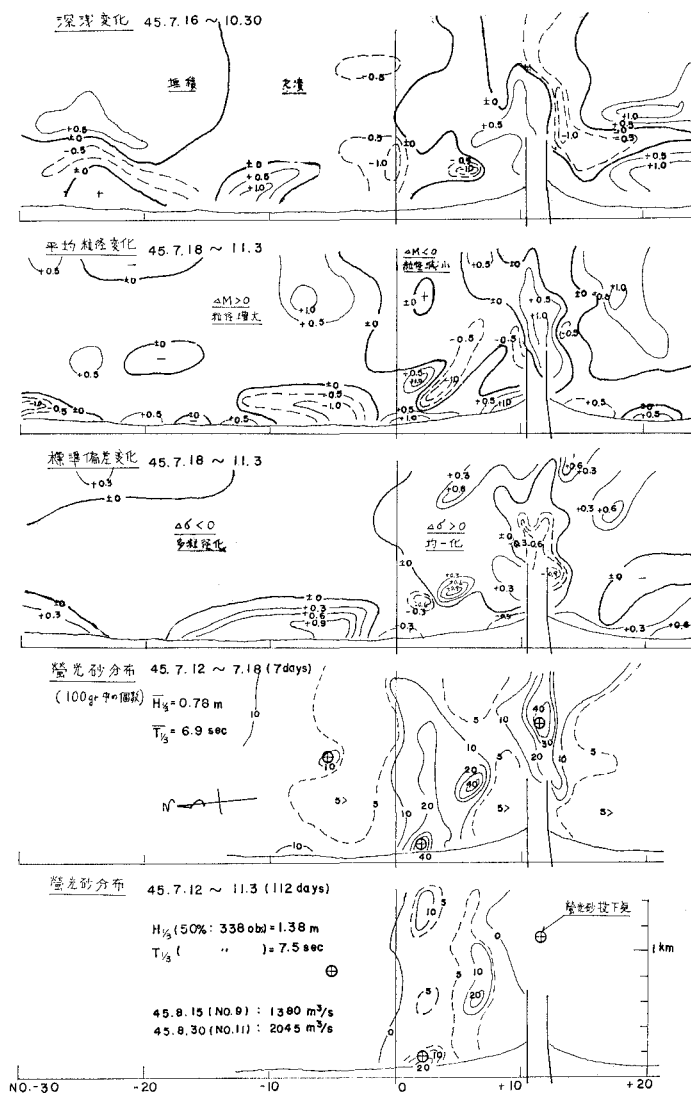


図-9 昭和45年7月～昭和45年11月間の諸量の変化

いる。ここに流れがあることは確かで、5~10 cm/s で南流している。碎波帯に投下された螢光砂は trough にそって南下し、途中 bar 先端に多く残っている。そして汀線にも打上げられ、また、No.-10 付近の汀線にも移動している。調査終期でも、この汀線には多く残り、bar 先端にも残っていた。螢光砂が多少残っている範囲は、堆積地帯であるが、粒径は減小し、かつ均一化している。この堆積は下層浮遊砂の沈降によったようで、この螢光砂は他区域には移動していない。

-10 m 水深 (No.-5) に投下された螢光砂は短期間で広い範囲に散っているが、調査終期ではこの範囲では見出されない。この範囲は欠損地帯であるが、粒径は増大し、多粒径化している。しかし、これらの変化はあまり大きくない。移動はげしいが、表層が移動したとみ

られる。これらから、調査期中の出水が海浜地形に及ぼした影響は狭かったといえる。

5. 深淺変化と底質変化の pattern

海浜地形、平均粒径、標準偏差のそれぞれの変化の組合せで、前歴を考えなければ 8 の pattern がある。また、底質変化はその程度に差があるから、その程度を 3 段階に分けると 18 の pattern にわけられる。

平均粒径変化 ΔM 、標準偏差変化 $\Delta \sigma$ はその絶対値を 0.6 より大、0.6~0.3、0.3 より小に分けた。 $|\Delta M| = 0.6, 0.3$ は平均粒径が約 50%, 20% 増減したことに相当する。また、それぞれ 0.3 より小さいことは底質の変化はほとんどなかったことになる。

各期間の各点の変化を、これらの pattern によって図

示したものが 図-10 である。特に、0.6 より大なる地点を選んで検討してみると次のようなことがいえる。

河口付近の粒径増大・多粒径化で堆積している地点は河川流出土砂が堆積したらしい (A, C)。汀線付近の粒径増大・多粒径化している地点は欠潰地帯に主として存在する。これは小粒径が移動したとみられる (C)。粒径増大・均一化している地点は沖浜に多い。これは前期に小さな粒径であった場合が多い (D)。

粒径減小・均一化の地点は多く、汀線付近の場合は大体堆積し、漂砂が集中した傾向がある (E)。粒径減小、多粒径化は河口導流堤南側に多く、欠潰した後に、比較的粒径の小さい浮遊砂が沈殿したため、出水後におこっている。

河口付近と汀線・外浜は当然変化が大きい地点が多

い。粒径増大・多粒径化と粒径減小・均一化は相互に変換することがあるが、汀線では、この変換が時期ごとと共に場所的にもおこることが多く、部分的な汀線漂砂の移動を示すものと考ええる。

沖浜の変化は比較的小さいか、あまり変化しない場合が多い。しかし、No.-6, -8, -24 の海浜縦断では各期間とも変化が目立つ。ここに離岸流（地方語でみごという）がある可能性がある。特に No.-24 の 1.4 km 地点は離岸流頭の発達が想像される。

堆積・欠潰が数 m にもなると、以上のような説明では無理かもしれないが、各地点の漂砂の意味を知るには役立つものと考ええる。

調査期間中、海象調査も実施されたが、強風時などは観測されなかったので、主要因の波の諸元を述べずに説

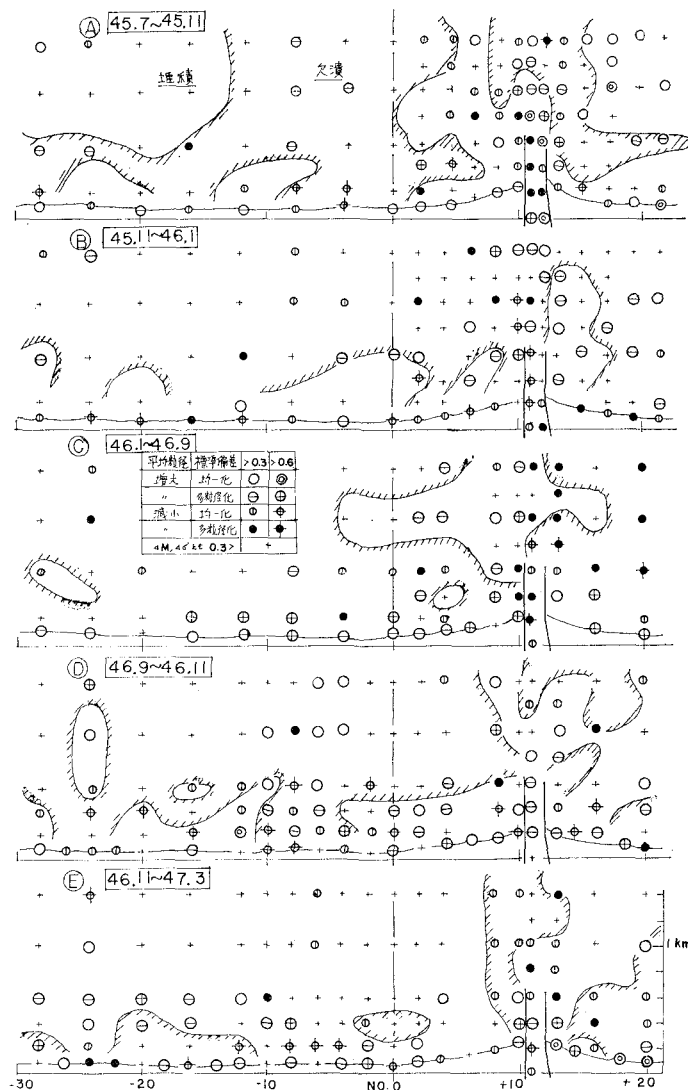


図-10 深浅変化と底質変化の pattern 図

明したが、常時の波は各期間とも大きな差はない。しかし、A (45.7~45.11) で $H_{1/3}$ (50% 波高)=1.38 m が得られており (図-9)、波の諸元によって再検討したいと考えている。

6. む す び

海底地形の変遷により、1) 河川流出土砂の移動通路が推定される。2) 河口前面の地形と底質との関係は数値的に示すことが可能である。3) 汀線の底質の変遷には周期性があるが、導流堤はそれを乱す範囲がある。などの結果をえた。この結果より海浜地形変化と底質粒径分布変化の組合せからえられる pattern によって各地点の漂砂の意味を検討したが、主観的な結果が多いので、今後は海象なども検討して客観性をもたせたい。

最後に、資料を提供された宮崎港湾事務所、建設省延岡工事事務所、ならびに資料解析に協力された国土開発コンサルタントの諸氏に深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 吉高益男：海浜における底質粒径分布の変化について，第19回海岸工学講演会論文集，1972.
- 2) Eagleson, P.S., B. Glennie and J.A. Dracup: Equilibrium characteristics of sand beaches, Proc. A.S.C.E., Vol. 89, No. HY1, 1963.
- 3) 栗原道徳・篠原謹爾・椿東一郎・吉高益男：波による海浜の砂移動，第3回海岸工学講演会講演集，1956.
- 4) 佐藤昭二・田中則男：水平床における波による砂移動について，第9回海岸工学講演会講演集，1962.

日向灘海岸の漂砂について

吉 高 益 男*

1. ま え が き

日向灘に面する宮崎県中央部の海岸線（耳川河口～青島；日向灘海岸と仮称）は比較的単調な形状とみられているが、時には急激な局地的侵食が発生したり、漁港の埋没が問題になるなど、複雑な漂砂現象をもっている。現在まで美々津海岸（耳川河口）など各地の問題について調査を行い、その対策工法などが検討されてきた。しかし、いまだ問題の全面的な解決に至らない場合もあった。これは長い期間でみれば、かなり広い範囲の漂砂の影響も受けると思われるためである。そのため、日向灘海岸の全体的な実態を把握する必要があると考えられてきた。この海岸の調査は第四港湾建設局により昭和34年に実施されたが、その後中断した。昭和50年に調査が再開されたのを機会に、四建宮崎港工事事務所・宮崎県港湾課の調査資料の一部を用いて、日向灘海岸の変遷について若干の考察を行ってみたので、ここに報告する。

2. 漂砂源の性格

流域図（図-1）をみると、耳川・小丸川（火成岩源）、一ツ瀬川・大淀川（堆積岩源）が主な漂砂源である。ダムの堆砂量からみると一ツ瀬川・小丸川の順に土砂生産が活発である。しかし、各河川ともダムで分離された山間地流域が広く、海岸への土砂量はかなり少なくなっているだろう。一ツ瀬川調査で4つのダムが建設完了した昭和41年以後流出土砂量は急激に減少しつつあるとみられた。河川の底質は図-2のように耳川の粒径が大きく南になるほど小さい。また、標準偏差は各河川とも同じ程度である。重鉱物は、大淀川で多いが、他の各河川は少ない

（図-5）。しかし、耳川・小丸川はジルコンなど、一ツ瀬川は鉄鉱物が多い特色がある（図-6）。珪長比（長石と石英の比：図-5）では大淀川に長石が多く、風化等の破壊作用が弱いことを示す。また、尾鈴山系より流下する急な小河川群の流域があり、風化等の破壊作用が強く、長石の割合は少ない。

流出土砂量の試算は一ツ瀬川・清武川で行った。まず昭和51年の河床変化を検討し、その時の出水（台風17号）の水位記録より洪水量を追算した。そして、流砂量と河床変化を比較して、適合する流砂量式を決め、それ

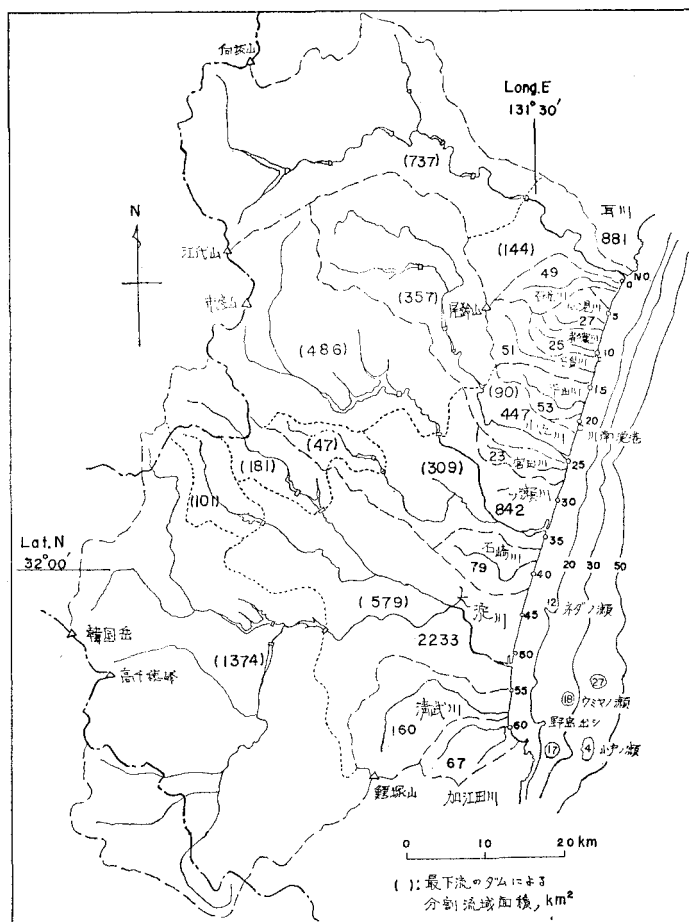


図-1 河川流域と日向灘海図

* 正会員 宮崎大学助教授 工学部土木工学科

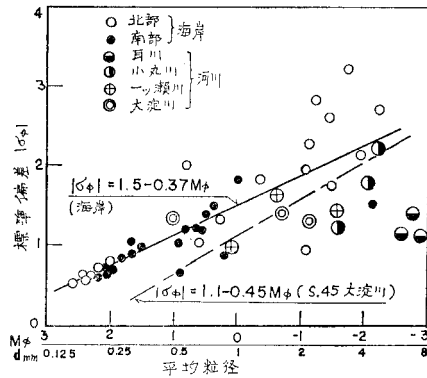


図-2 底質の平均粒径と標準偏差との関係

より任意流量時の流砂量を求め Q_B/Q (Q_B : 流砂量, Q : 流量) を決定した. Q_B/Q は加重平均で一ッ瀬川 7.0×10^{-5} , 清武川で 1.7×10^{-4} であった. 各河川の年間流出総量を求め, 大河川には一ッ瀬川の値, 小河川には清武川の値を準用した結果が, 図-9 の河川流出土砂量の最大・最小値である. ダム堆砂量などで補正した値を常時可能としている. 日向灘海岸には年間 $23 \text{ 万 m}^3 \sim 120 \text{ 万 m}^3$ の土砂が供給され, 常時流出可能な量は約 50 万 m^3 である.

3. 日向灘の概要

海岸前面の北部海底は比較的単調であるが (図-1), 南部海底は勾配はゆるやかになり瀬が点在し, 波はかなり屈折する.

内海港・油津港の波高記録の一部が 図-3 である. どちらも波高 0.75 m, 周期 7 秒の頻度が最も高い. そして, 波高 1 m 前後では長い周期の分布があることがわかる. よって, 周期は 10, 14 秒として, 波向 SE, E, NE の屈折図 (5 万分の 1 漁業用海底図で H.W.L. 1.5 m) を書き, 水深 10 m の屈折係数 K_r を求めた結果が 図-9 に示される. 40~45 km で収斂するのはネダノ瀬のためで, 他の瀬の影響もある. SE 波の収斂域は他の波向より

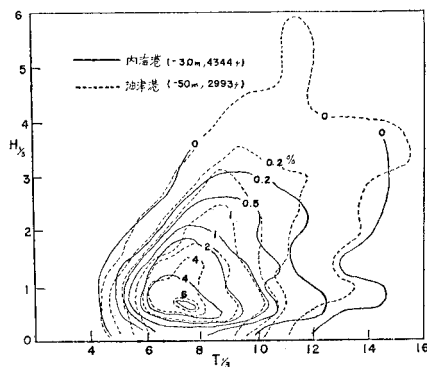


図-3 内海港・油津港の波高と周期

り北よりにってくる.

4. 汀線底質

まず, 汀線底質の大きい美々津海岸 (昭 50. 7) の調査例を 図-4 に示す. 前浜と後浜での平均粒径は全く違う. そして, 後浜 (後浜) では大体ユニモードであるが, 前浜は同じ平均粒径でもモードが違い, かつ 2~3 のモードがある. これはある粒径の底質の通路がそれぞれ違うことを示す. 漂砂方向を底質粒径で検討するときヒストグラフの変化がより重要であることを示す. それは小粒径のふるい分け試験でより分割する必要がある.

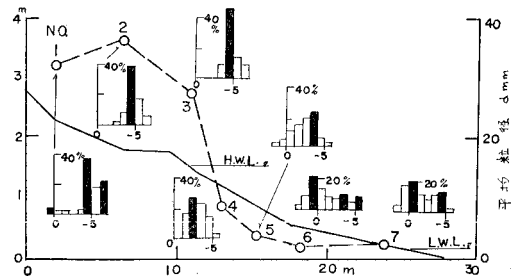


図-4 美々津海岸形状と底質粒径ヒストグラフ

汀線底質の平均粒径と標準偏差および全重鉱物含有率と珪長比を 図-5 に, 重鉱物組成を 図-6 に示す. また小丸川で南北に分けて平均粒径と標準偏差との関係を 図-2 に示す.

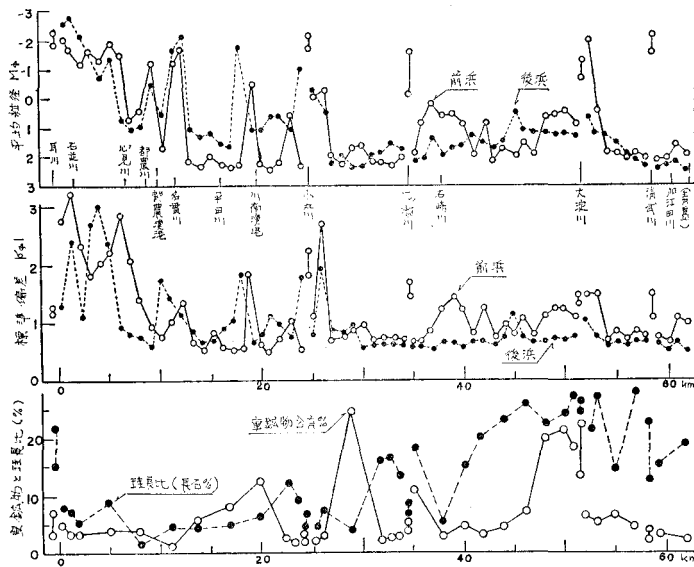
北部では粒径が大きくまだ淘汰されていないが, 南部では均一化した小粒径が主である. 図-5 からみると今まで考えられていたように, 漂砂は全体に南下の傾向にあるともいえるが, 小丸川・大淀川など部分的に北上の傾向もみえる. また, 40~50 km では前浜と後浜の様子が逆になり, 漂砂の循環を暗示する. この前浜と後浜の循環の傾向は北部では平均粒径より標準偏差によくみえると思える.

重鉱物含有率と珪長比では大淀川流出土砂の動きをよく示すが, 珪長比のほうが明らかである. 耳川・小丸川の影響はその他の透明重鉱物 (ジルコンなど) によってみられ, 耳川では南に小丸川では北に向っている. 尾鈴の小河川では名貫川が河口まで急勾配で玉石も流下し, かつシソ輝石が多く影響は強いと思える.

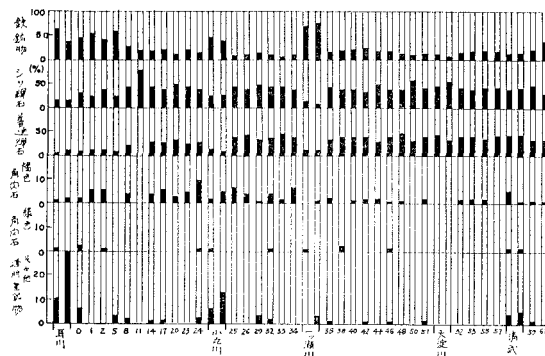
5. 海浜形状の変遷

(1) 海浜勾配

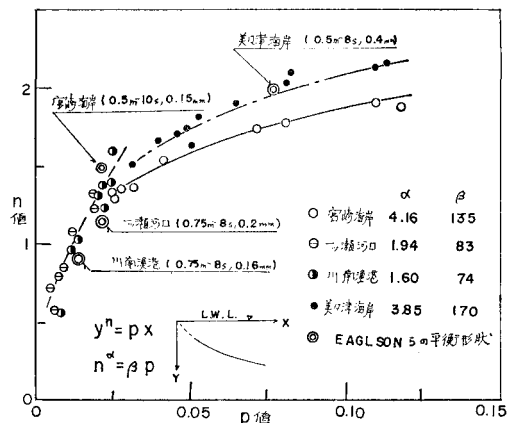
宮崎海岸 (大淀川付近) の bar はよく発達しているが, 川南, 美々津海岸には bar はない. 一ッ瀬河口では bar の発生, 消滅が繰返えされる. よって, bar より沖の形状を比較するため 図-7 に示す指数型 $y^n = px$ で整理した. 一般に $n=3/2$ (水深 < 12 m) といわれるが, 日向



図—5 汀線底質の平均粒径、標準偏差および重鉱物含有率と珪長比(長石率)

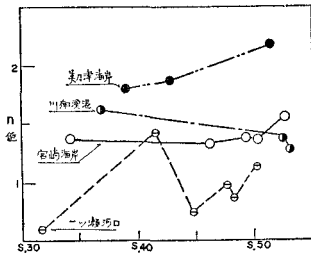


図—6 汀線底質の重鉱物頻度グラフ



図—7 海浜形状勾配係数

灘海岸では $n=3/2$ でないほうが精度がよい。 n と p との間には 図—7 のように一定の関係があり、それぞれの



図—8 海浜形状勾配係数 n 値の変遷

海岸で 図—7 の α, β が求められる。宮崎海岸と美津海岸とは後者がより遠浅となるが α 値は近い。一ッ瀬河口と川南漁港はほぼ同じ係数であり、ある時期では上に凸 ($n < 1.0$) になることもあった。Eagleson らの平衡形状計算結果を指数型にして 図—7 にプロットしてみたがある程度適合することもある。

n と p には相関があるので、 n 値の各断面平均の変遷をみると 図—8 になる。宮崎海岸はほぼ一定を保ち、全形状の平行移動によって汀線が変化することになる。このような汀線の変化は起こりにくい、汀線付近は浜がけの欠損などによって変化していることになる。一ッ瀬河口の n 値は 1.0 前後に変動している。 $n < 1.0$ のときは流出土砂量が海岸前面にまだ堆積し、 $n > 1.0$ のときはその土砂が移動し去り、普通の手洗過程になったといえる。川南漁港付近は汀線付近がややゆるやかになってきたことを示す。逆に美津海岸は汀線付近が急になり、侵食が生じたかどうかとなる。現に侵食問題が昭和47年ごろから起こっているが、汀線の工法だけでは無理ではなかろうか。

(2) 汀線の変化

全体の汀線変化は主として港湾技術資料 No. 192 (田中則男・小笹博昭: 海浜変形調査資料第2報, p. 101~p. 104; June, 1974) を使用して 図—9 のように整理した。上段図は昭和22年を基準とした15~20年間の変化であり、中段図は約5年間の変化である。下段図は2.の河川流出土砂量, 3.の屈折係数および沿岸流速(昭和52年8月)を示した。

昭和37年~昭和41年まで全体に後退が卓越しているが、一ッ瀬川付近は前進している。そして、一ッ瀬ダム(高さ130m, 昭和38年完成)建設後、南北両側に後退がみられる。しかし、昭和46年には後退地点は前進、またその逆の平衡作用がなされている。また、河口や港湾構造物付近は前進後退の逆転が明らかである。例えば、一ッ瀬河口は昭和41年ごろまで北上していたが、その

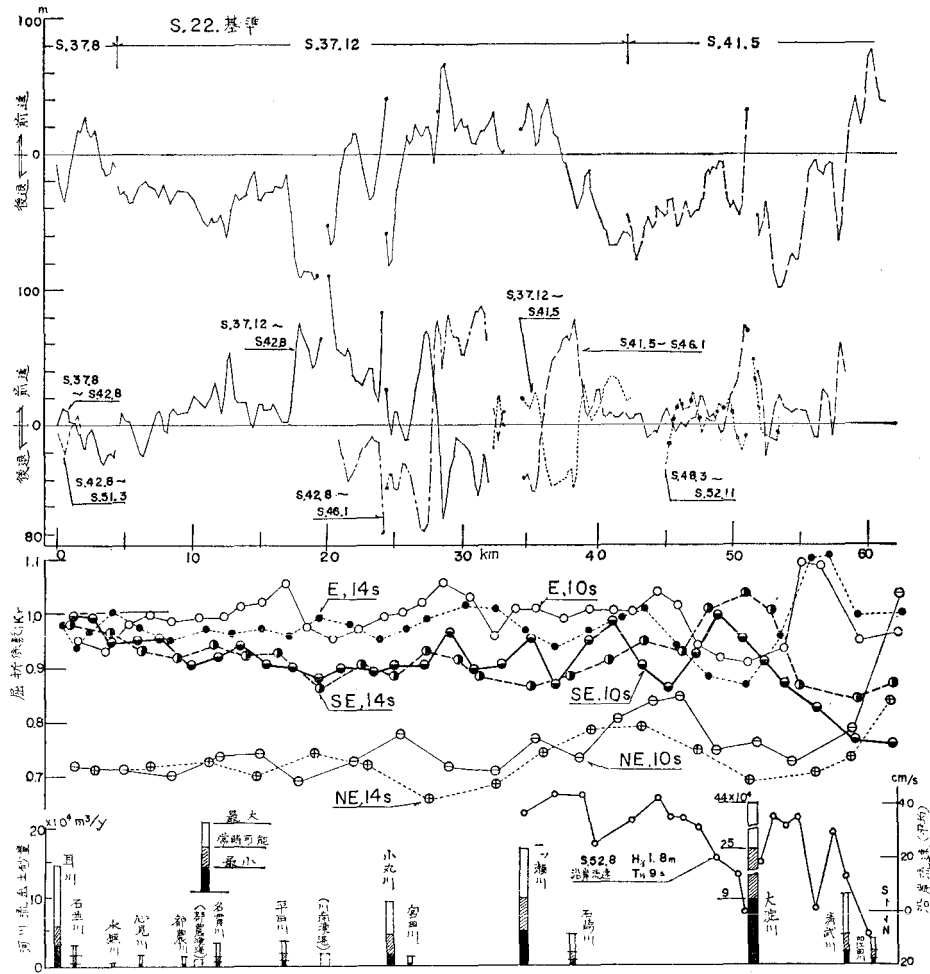


図-9 日向灘の汀線変化, 屈折係数, 試算河川流出土砂量および沿岸流速 (平均値)

付近の汀線は北が後退, 南が前進している。しかしその後, 河口が南下しはじめるとそれは逆転してくる。すなわち一ッ瀬川と小丸川とからその中間に向う漂砂が卓越する時と, その逆の時もある。この付近の屈折係数をみると収斂, 発散の場所の差がある。それは波向に関係はなく周期で変わることがわかる。波が収斂する面では波高はより高く, 発散する面に向うエネルギー流れが存在する可能性があり, それが漂砂 (沖浜など) の移動方向に影響するとも考えられる。このことが一ッ瀬川・小丸川間の汀線変化の説明にもなる。この点では大淀川付近の屈折は複雑であり, 汀線との対応は不明だが, 沿岸流速値と波の屈折係数とは若干の対応がみうけられる。

(3) 沿岸漂砂量試算

一ッ瀬川河口の深浅図は平水時にかなり測量されている。よって河口状態を検討, かつ支配流量 Q_0 と河口平衡断面積 A_m との関係 $A_m = 1.035 Q_0^{0.89}$ を求めた。一方, 上流ダム放流量から洪水時の Q_0 を追算し, その時の河口断面積を推定した。この結果と平常の測量結果を合成

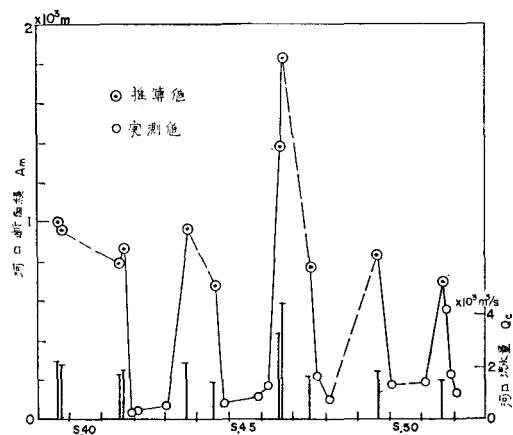


図-10 一ッ瀬川河口断面積の変遷

したものが 図-10 である。洪水後の河口閉塞が一方的である場合 (昭和 44 年 7 月 ~ 10 月など) を用い, 河口閉塞速さ (面積) と 図-7 を用いて求めた沖方向形状変

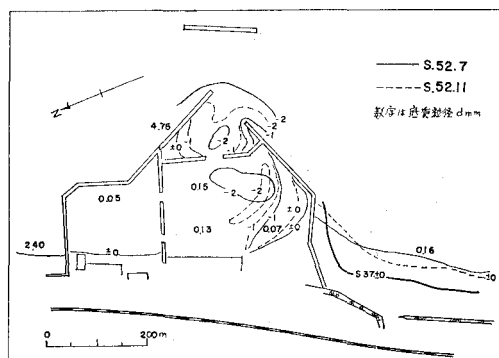


図-11 川南漁港の深浅図と底質粒径

化とにより容積を出し、それがすべて沿岸漂砂とみなすと年間南方向に平均 23 万 m^3 、北方向に平均 11 万 m^3 移動することになる。一ッ瀬川の流出土砂量 $4 \text{ 万 m}^3 \sim 17 \text{ 万 m}^3$ は安定して移動され、一ッ瀬河口付近は定常海浜形状に近づいていくだろう。

川南漁港は 図-11 のように港口埋没をおこしている

が、港内砂は非常に小さい。昭和 52 年 7 月～11 月では約 5200 m^3 堆積したが、その後の 2 カ月で約 3900 m^3 流出している。この漂砂は浮遊して進入していると思える。南防波堤の汀線は昭和 37 年より約 60m 前進している。この 2 資料から漂砂量は年間数万 m^3 を越えない程度と推定した。このため人工的な港口埋没対策工法も考えられる。

6. むすび

以上のように日向灘海岸の漂砂は移動方向も一定ではなく、またその量も場所では変化しているようだ。よって今後もまだ予測出来ない状況が発生する可能性もあるが、今回の検討を基礎にしてより正しい見解に近づいていきたい。今回出した各数値もあくまで試算であり、この精度を高めることも今後の課題である。

最後に、資料の使用を許可された、第四港湾建設局宮崎工事事務所、宮崎県港湾課、漁港課と運輸省港湾技術研究所の田中則男、小笹博昭両氏に深く謝意を表す。

宮崎海岸における漂砂の現地観測について

岸 正 平*

1. はし が き

宮崎海岸は、太平洋に直接面し、波浪、漂砂現象等の激しい直線海岸で従来からその海浜部はあまり利用されていなかった。しかし、近年地域社会の発展に伴い、その有効利用の必要性が高まり、波浪、漂砂現象等の海象条件を解明し、その条件に適応した利用を考えて行かねばならなくなって来た。特に地域の中心である宮崎市の周辺海域は、その必要性からいくつかの利用計画が策定され、調査研究が進められている。

まず、宮崎県における重要な基地である宮崎港は、港口が大淀河口に位置し、航路の幅及び水深に限界があるとともに、波浪の影響をともに受ける等の制約を受けているのが現状であり、今後予想される出入船舶の大型化等に対応するため、昭和 48 年に宮崎新港計画が策定されている。

また、宮崎県の空の玄関口である宮崎空港についても、滑走路を海側に延長する計画が検討されている。

これらの計画を策定し、周辺への影響を把握するため、対象海域で従来から継続的に深淺測量を実施しており、また、昭和 52 年度には潮流、波浪流の調査、昭和 53 年度に螢光砂調査も実施している。

本研究は、これらの調査をとりまとめ、宮崎海岸の地形変化の特性等を把握し、検討を加えたものである。

2. 宮崎海岸の自然条件

(1) 地 形

宮崎海岸は、日向灘に面した宮崎平野の一面に位置し、海岸は比較的発達した砂浜で、ほぼ一直線をなし単調に南北にのびている。当海岸には、一級河川が流入し、河口の周辺には、海岸線に沿って細長い砂嘴が形成され、その内側は背後湿地帯となっている。海岸地形は、勾配が大きいため前浜と後浜の境界点が不明であるが、両者を一緒にした浜の勾配は、 $1/8 \sim 1/30$ でそのまま海底へつながる。海底は、沖合 50 m $\sim$ 100 m (水深 ± 0 m $\sim$ -1 m) と 250 m $\sim$ 400 m (水深 -4 m $\sim$ -5 m) にサンドバーやトラフがあり、前者の規模は小さく、後者の規

模は大きい。水深 5 m 以浅は等深線がみだれているが、海底勾配は平均すると $1/40 \sim 1/80$ 程度である。

水深 5 m 以深では、等深線は、海岸線に平行で割合単調な地形となっており、海底勾配は $1/180 \sim 1/250$ 程度である。

(2) 風

当海岸にあたる宮崎港において観測した資料の結果から、風向、風速はともに西方向が卓越しており、10 m 以上の風向、風速についても西方向となっている。

(3) 波 浪

当該海域の波浪は、昭和 48 年 9 月から昭和 52 年 5 月までの波浪資料によると、全年で最も発生頻度の高い波高階級は、有義波で 0.5 $\sim$ 1.0 m であり、その発生率は、全体の 47% となっている。次いで発生頻度の高い階級は、1.0 $\sim$ 1.5 m の 22%、1.5 $\sim$ 2.0 m の 12%、0 $\sim$ 0.5 m の 10% の順となる。

波向は、年間を通して E 方向の発生頻度が約 62% と高く、次に ESE が 26%、SE が 7%、ENE 4% と続いている。

周期は、年間で 8 秒の頻度が高く 32%、次に 9 秒が 20%、7 秒が 19%、10 秒が 13%、6 秒が 9% となっている。

(4) 流 れ

当該海域の流れは、恒流の季節変化に伴う流況の季節変化が最も特徴的である。

潮流は半日周潮流系と日周潮流系が卓越するが、両者の分潮流速比が前者が後者の 1.5 倍程度となっており、全体的には混合潮型を示す。

これら卓越潮流系による流速の最大は 20 cm/sec 程度で、季節変化や地域差は比較的少ない。

一方恒流は季節によっても、地域によっても流況が異なる。大淀川河口を中心にして、北側 6 km、南側 10 km、沖合 6 km の範囲についてみると、夏期は全海域とも南流であり、流速は北側海域の沖合で 20 cm/sec 程度、大淀川河口付近とその沖合で 25 $\sim$ 30 cm/sec、南側海域の沖合で 30 cm/sec 程度となっている。特に青島沖合では 33 cm/sec が観測されている。冬期は流速が 2 $\sim$ 4 cm/sec で非常に弱く、地域の特徴は認められない。

* 正会員 運輸省第四港湾建設局宮崎港工事事務所長

以上のように恒流が夏期には速い南流を示すため、潮流の南流時には流れが加勢されて、30~60 cm/secの強い流れが発生する。

(5) 潮位

本港の潮位観測は、宮崎港において昭和47年度より実施している。しかし、検潮所が大淀川より一ツ葉入江の中間に入った所にあり、地形的な影響をかなり受けているものと考えられるので別途前面海域で観測を行なう予定である。宮崎港潮位の諸元は、さく望平均満潮面、+2.329 m、平均潮位、+1.15 m、さく望平均低潮面、-0.16 m である。

3. 調査の内容

(1) 深浅測量

深浅測量については、昭和30年代に導流堤計画が提起され、そのため昭和34年から継続的に宮崎県で調査が実施されて来た。昭和41年導流堤が建設されその後更に船舶の大型化に対応して新港計画の必要が叫ばれ、昭和44年から再び測量が実施され、昭和48年に新港の計画が決定された。それに伴って直轄の工事事務所が設置されるに至り、調査を更に実施することになった。またそのころから宮崎空港の滑走路を延長する計画が固まり、それ以後は、空港の拡張部分に必要な海域も含めて継続的に深浅測量を実施することになった。昭和49年以降の深浅測量の範囲は南北約8 km、沖合約2 kmであり、併せて、海岸線約7 kmについても汀線測量を実施した。

(2) 螢光砂調査

本調査は、螢光塗料を付着した螢光砂を所定の海底に投入し、その拡がり具合から、その海域の砂の移動状況

を把握するものである。昭和53年9月及び昭和54年2月の2回にわたり実施したもので、螢光砂の採取は1回の投入について2回採取した。

(3) 沿岸流調査

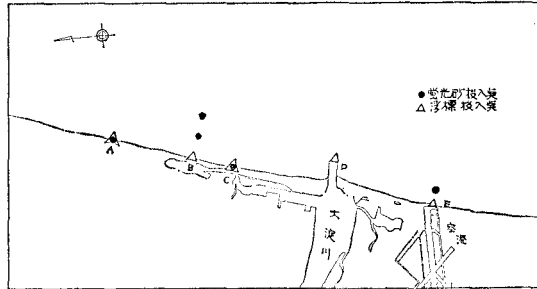


図-1 宮崎港・宮崎空港周辺海域調査、位置図

本調査は、対象海域について、ゴムボール式の浮標を用いて、追跡することにより実施した。今回の調査では、小潮、中潮、大潮の3時間、砕波帯内部において波高が1 m以上のときに実施するようつとめた。また、大淀川河口の個所については、下げ潮時に実施した。なお浮標の投入は、1地点1回あたり5個とし、1個の追跡時間は、可能な範囲、もしくは45分間を原則とした。沿岸流調査については昭和52年9月の調査と合せて3回目である。

4. 調査の結果

(1) 深浅測量、汀線測量

既存の深浅測量の成果をもとに、統計処理したものを図-2に示す。図中のTは堆積、Sは侵食を表す。

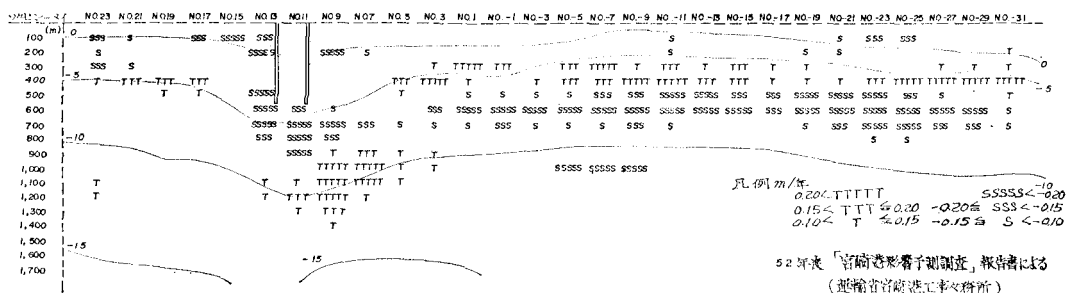


図-2 土量変化図

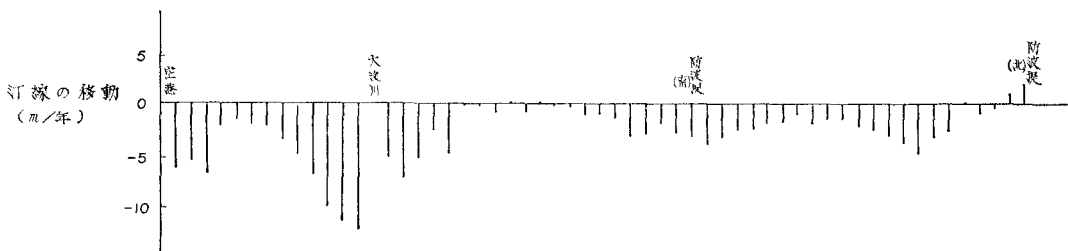


図-3 汀線変化図

当海域の地形変化の特性として、全体的に水深 3~6 m 地帯と大淀川前面の水深 10 m 付近は堆積となっており、他については侵食傾向にある。

昭和 39 年大淀川開さくから、5 年後の昭和 44 年 12 月以降も河口洲は更に拡大している。

汀線については、過去の統計処理の結果を図-3 に示す。図からもわかるように全体的に侵食傾向にあり、夏期は冬期に比し、汀線付近の侵食傾向が強い。地形の経年変化は、各地点で侵食や堆積傾向に色分けできるが、実際の過程は場所により異なる。

(2) 螢光砂調査

昭和 53 年実施した結果は図-4 のようである。汀線付近については、南北対象に約 600 m 程度広がっているが、水深 5 及び 11 m 付近ではほとんど拡がりはなく、わずかに南及び汀線方向に分布している。

(3) 沿岸流調査

図-5 が調査結果である。波高が高ければ沿岸流流速は大きくなる。全調査を通じて南流がほとんどであった。同じ波高に対して、汀線に斜めに入射した場合が、沿岸流の流速は大きく、直角方向からの入射の場合は、

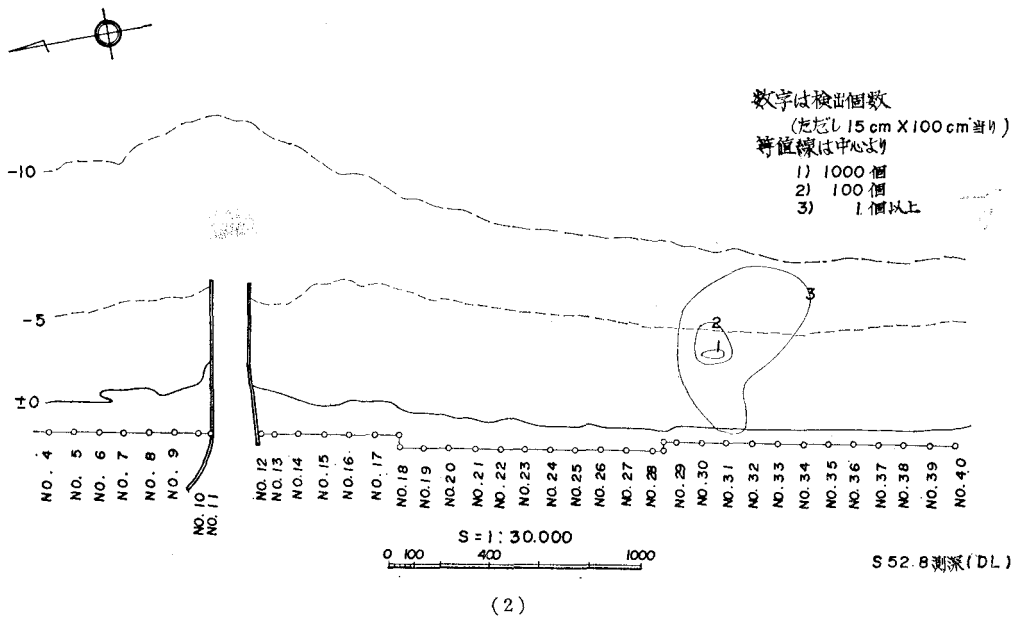
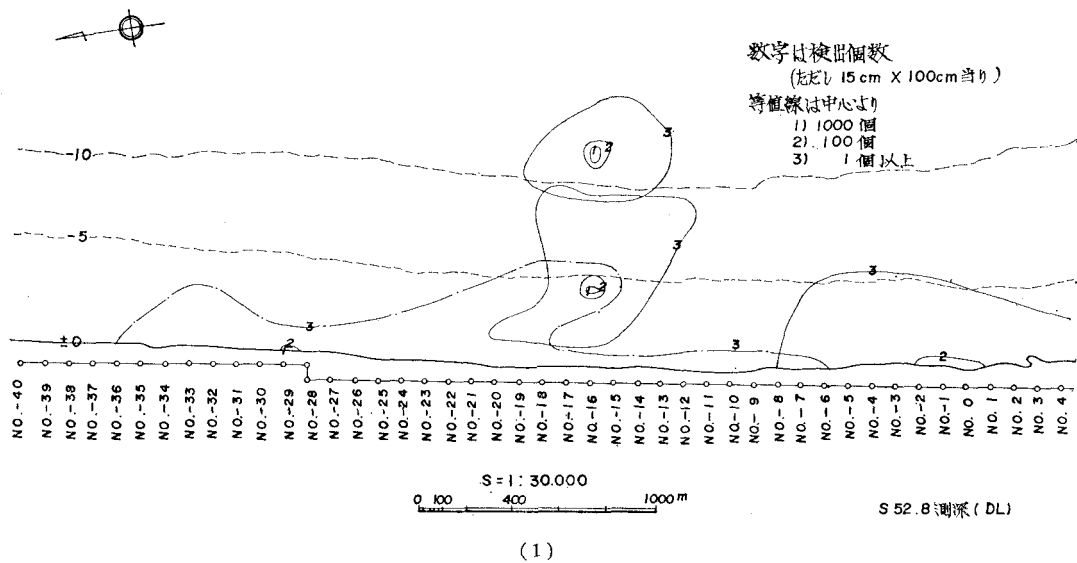


図-4 螢光砂分布図

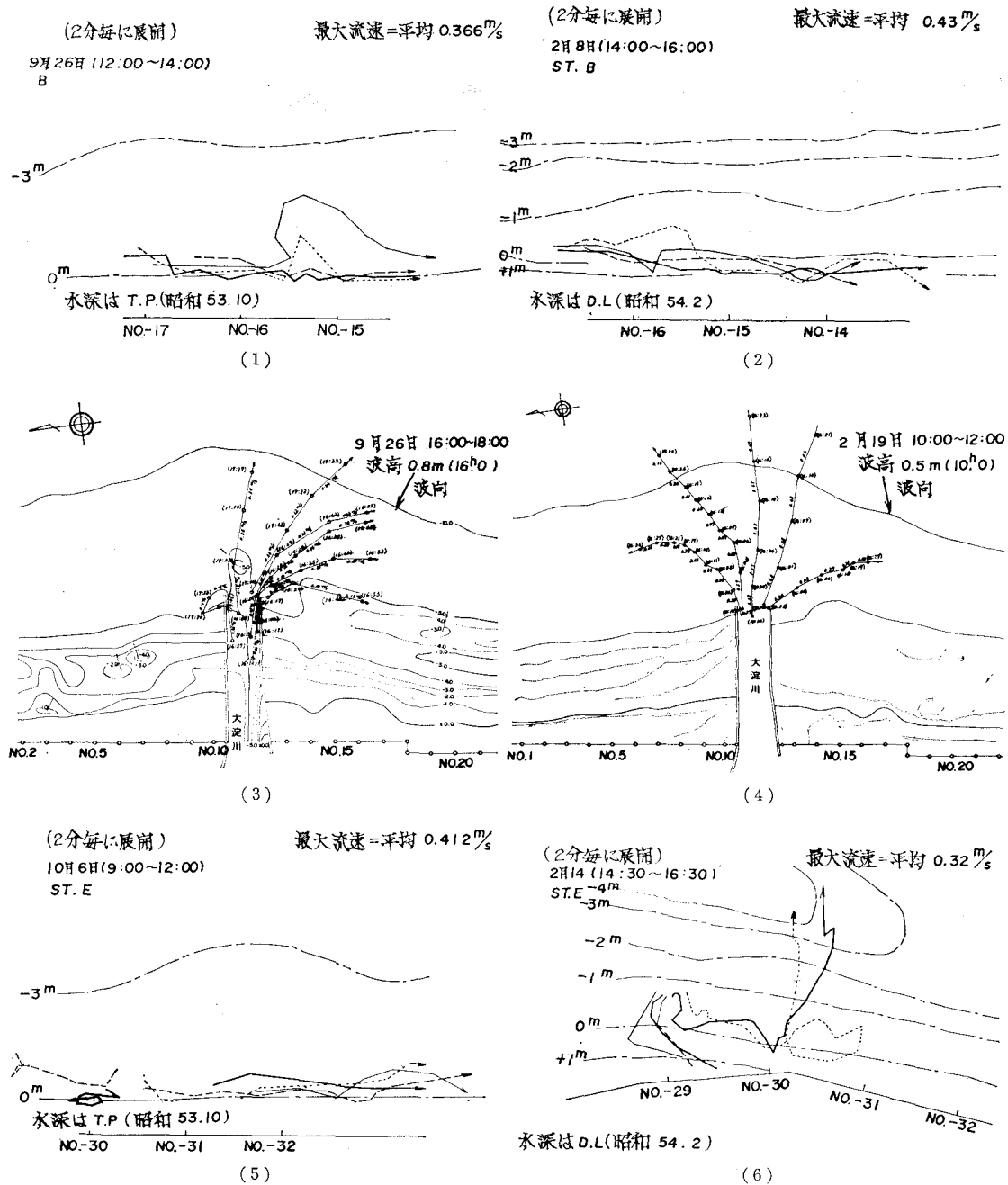


図-5 浮標追跡図

環流や流れの停滞を生じた。

5. あとがき

以上、宮崎海岸における海浜特性について、調査結果より概要を述べたが、まだ、充分なるものとはいえない。今後は更に、① 深浅測量、汀線測量等の継続 ② 施工に関するモニターリング調査等を進め、これらの特性を

踏まえて、港湾、空港等の構造物の設計と影響の予測に関する調査研究を深めることとしたい。

最後に、本調査研究を実施するにあたり、九州大学井島教授、港湾技術研究所佐藤次長に多大の御指導をいただいたことに深く謝意を表するとともに、そのほかいろいろと御協力をいただいた関係各位に深く御礼を申し上げたい。

宮崎海岸移動床模型実験

内田哲郎*・長友文昭**・鶴谷広一***・佐藤昭二****

1. まえがき

日向灘に面する広大な海岸線は日向灘海岸と呼称されている。一方、大淀川河口周辺の海岸は宮崎海岸とも呼ばれ、海岸線はほぼ一直線をなし、単調にほぼ南北に延びている（図-1）。大淀川導流堤の北側には将来の出入船舶の増大に対応するため宮崎新港を建設する計画がある。一方、導流堤の南側には現在宮崎空港の滑走路が海岸線まで延びており、急増する観光客の輸送に対応する

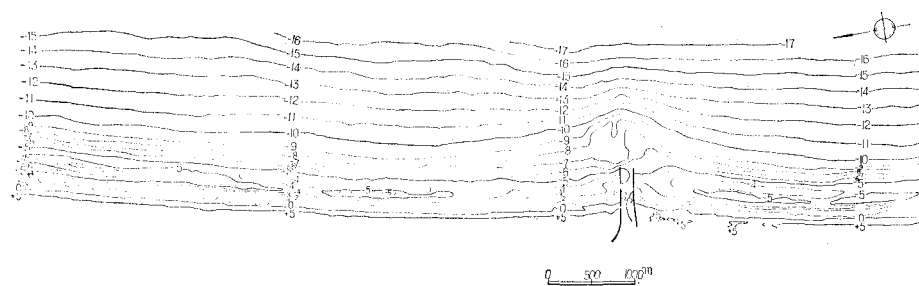


図-1 宮崎海岸深浅図

ため、将来滑走路を海側へ埋立延長する計画がある。

防波堤や埋立地を計画する場合、それらが周辺海域に及ぼす影響をあらかじめ予測しておくことが必要である。特に潮流、波浪等の変化と、それらに伴う漂砂及び水質拡散等の予測は環境問題との関連から近年ますます重要となっている。ここでは漂砂に着目し、構造物が付近海浜に与える影響を調べる目的で行った移動床模型実験について、特に実験手法に重点をおいて述べたものである。

2. 宮崎海岸の自然条件

2.1 波

宮崎港では目視により波向、周期、波高観測が行なわれ、昭和48年4月からミリ波レーダーによる波向観測も行なわれている。昭和48年11月から昭和52年5月まで波向の出現頻度を表-1に示す。さらに、この目視の観

* 正会員 運輸省第一港湾建設局長
 ** 正会員 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所長
 *** 正会員 工修 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所調査課長
 **** 正会員 工博 運輸省港湾技術研究所次長

表-1 波向別出現頻度（宮崎港目視）

S. 48.11~S. 52.5

波向	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S
春（3～5月）	1	34 (5)	465 (111)	195 (40)	40 (5)		
夏（6～8月）		7	233 (33)	230 (45)	82 (25)	1	1
秋（9～11月）	6	18 (2)	396 (95)	155 (46)	30 (9)	1	
冬（12～2月）	15	53 (15)	536 (58)	97 (12)	20 (9)		
計	22	112 (23)	1630 (297)	677 (143)	172 (48)	2	1

（ ）内は宮崎港ミリ波レーダー観測

測結果を用いて、波向、季節ごとの波の沿岸方向の輸送エネルギーの算定結果を表-2に示す。表中では、沿岸方向北から南への輸送エネルギーを正としている。

表-2 波向別季節別波の沿岸方向輸送エネルギー

単位: t・m/m

波向	春 (3～5月)	夏 (6～8月)	秋 (9～11月)	冬 (12～2月)	計
NE	70 052.2	0	37 440.1	58 878.2	166 370.5
ENE	44 329.3	18 309.9	34 876.1	82 972.9	180 488.2
E	316 872.4	211 414.1	481 630.8	308 494.2	1 318 411.5
ESE	-448 511.0	-573 198.3	-384 959.4	-155 763.1	-1 562 431.8
SE	-382 843.0	-299 368.6	-548 394.9	-111 799.6	-1 342 406.1
計	-400 100.1	-642 842.9	-379 407.3	182 782.6	-1 239 567.7

2.2 沿岸漂砂量及び流下土砂量

沿岸漂砂量の算定には次に示す佐藤・田中の式を用いた。

$$Q_i = 0.3 E_i \quad Q_i: \text{m}^3 \quad E_i: \text{t} \cdot \text{m} / \text{m}$$

表-1の波の輸送エネルギーから沿岸漂砂量を求めると

北向きの漂砂量は、 $Q_N = 871\,450 \text{ m}^3/\text{年}$

南向きの漂砂量は、 $Q_S = 499\,580 \text{ m}^3/\text{年}$

となり、一年間の漂砂量は、差引き北向きに

$$Q = 371\,870 \text{ m}^3/\text{年}$$

となる。

大淀川の昭和46年から昭和50年の5年間の年間流下土砂量を、表—3に示す²⁾。

表—3 大淀川年間流下土砂量

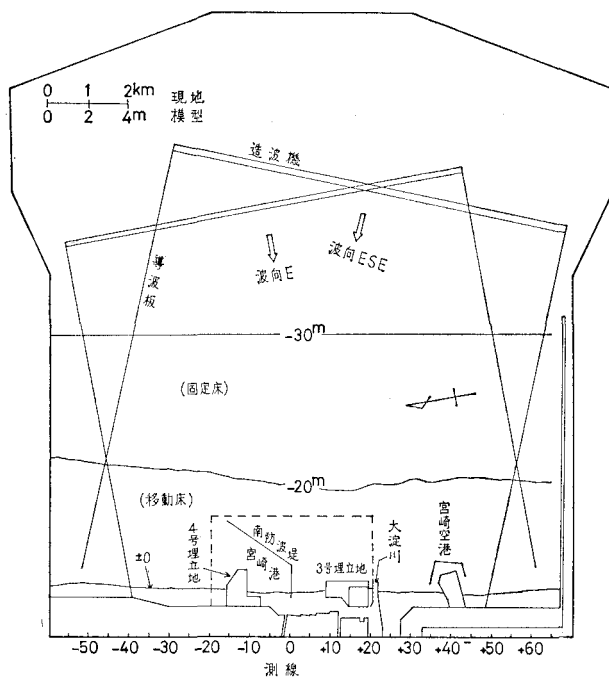
年	46	47	48	49	50	平均
流砂量 (m ³)	57 700	53 900	13 522	16 517	32 860	34 900

3. 実験方法

実験には第四港湾建設局下関調査設計事務所内の屋内平面水槽を使用した。模型縮尺は水平縮尺を1/500とし、鉛直縮尺は後述するように、二次元の予備実験より1/150に定めた。模型の配置を図—2に示す。波向は南寄りの

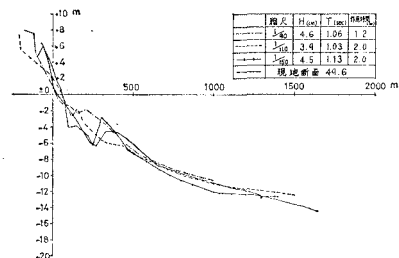
4. 予備実験

移動床模型実験では、底質の幾何学的相似が成立しないため、一般には現地における漂砂現象を再現するような波浪諸元を実験的に定めている。また、模型の水平縮尺は実験対象区域と水槽の規模からおのずと定まるものであるが、鉛直縮尺については今だに定められた決定方法はない様である。ここでは、鉛直縮尺を決定するために二次元の断面予備実験を行ない、鉛直縮尺の相違による海底地形の変化を調べて決定する方法を用いた。すなわち、断面実験によって図—1に示したような-4m~-5m付近に存在するバー、トラフが波作用によっても保存されるような鉛直縮尺を求めた。図—3はこの断面



図—2 模型配置図

代表波向としてESE、北寄りの代表波向としてEを採用した。D.L. -20m以浅の範囲は中央粒径が0.2mmの細砂による移動床とし、-20m以深はモルタル仕上げの固定床（勾配約1/100）とし、-30mまで海底地形を模型内に再現した。海底地形は、レベルと標尺を用いて約3700点について測定した。実験水位はM.W.L.をとり、D.L. +1.15mの一定とした。大淀川の流下土砂量は、表—3に示したように年間約4万m³程度であり、今回の実験では波の作用中に大淀川導流堤の沖側に、後述するように体積縮尺及び時間縮尺を考慮して、波向Eでは55分、波向ESEでは100分につき1067cm³（乾燥時）の砂を15分ごとに分割して投入した。



図—3 鉛直縮尺の違いによる地形変化

実験の結果を示す。これによれば縮尺1/150の場合にバーがほぼ現地断面と同じ位置に現われている。

実験波の諸元を定めるには、平面予備実験により現地の海底地形を模型上で再現できる波高、周期を調べた。表—1からもわかるように、夏期には南寄りの波、冬期には北寄りの波が卓越している。従って、南寄りの波としては波向ESEを用いて昭和45年7月の海底地形に波を作用させ、北寄りの波としては波向Eの波をとり昭和46年9月の海底地形に波を作用させた。波の条件を決めるために、波高は3~5cm、周期は0.84~1.30 secの波をかけ、図—2に示す大淀川の北側の点線でかこまれた範囲について海底地形の変化を測定した。そうして各波作用時間に対する海底地形について、南寄りの波の場合は、昭和45年10月、北寄りの波の場合は、昭和47年3月の現地地形との比較を行った。図—4は、汀線±0m線と、-4m線の現地等深線に対する模型等深線の位置の標準偏差の時間変化を示す。波向ESEについて見ると、汀線の差は各ケースでそれ程の違いはないが、D.L. -4mで差をみるとケース2及び4が小さい値を示している。宮崎港の防波堤は完成時で水深-15m付近まで延長され、その影響を調べるためには十分沖まで砂が移動する波が望ましい。従って、ケース2、4の

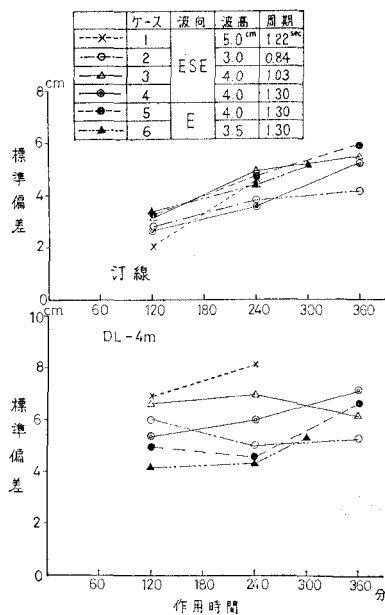


図-4 現地と模型の等深線の位置に関する標準偏差の時間変化

うちより波高の大きいケース4の波を実験波として採用した。一方波向Eでは、ケース5,6による違いは余りなく、汀線及び水深-4mの位置での標準偏差の値も波向ESEで採用したケースと同程度である。

波向ESEと比較する意味から波向Eの実験波として

ケース5の波すなわち波向ESEと同じ波を採用した。

5. 本実験

本実験は防波堤及び埋立地の各施工段階における侵食状況を調べ、さらにその対策工法について検討するため、11ケースについてそれぞれESEとE方向の波向をかけ、さらに2ケースについてはESEとEの波を交互にかける合計22ケースについて行なった。ここでは、昭和52年12月の海底地形を現況とし、ESEの波を作用させたケースと港湾と空港の完成した場合についてその影響を波向ESEについて調べたケースについて述べる。さらに、サンドトラップで測定した沿岸漂砂量と2.2で求めた現地の沿岸漂砂量とを比較し、各波向の1年間に相当する作用時間を求め、4年分の波をESEとEを交互に作用させたケース（港湾と空港が完成し、さらに対策工法として離岸堤と突堤を考えた場合）について述べる。

5.1 波向一定の場合の実験

図-5は波向ESEで、現況の海底地形に4時間波を作用させた変化を波作用前と比較したものである。これによれば、測線No.+10~+15及び-5~-10付近で侵食されているのがわかる。また、大淀川河口付近が大きく侵食されている。導流堤の南側は測線+25~+35にかけて堆積傾向を示している。また、測線+40付近で全般的に侵食傾向となっている。図-6は港湾と空港

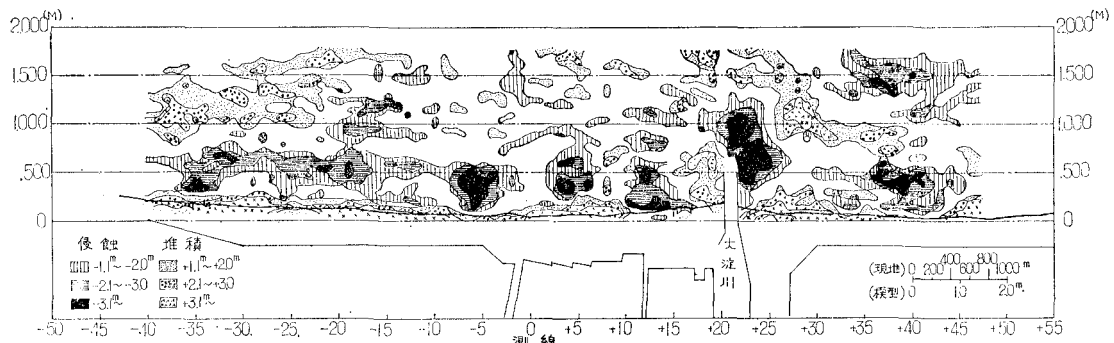


図-5 深浅差分図(現況)0-4時間 波向ESE

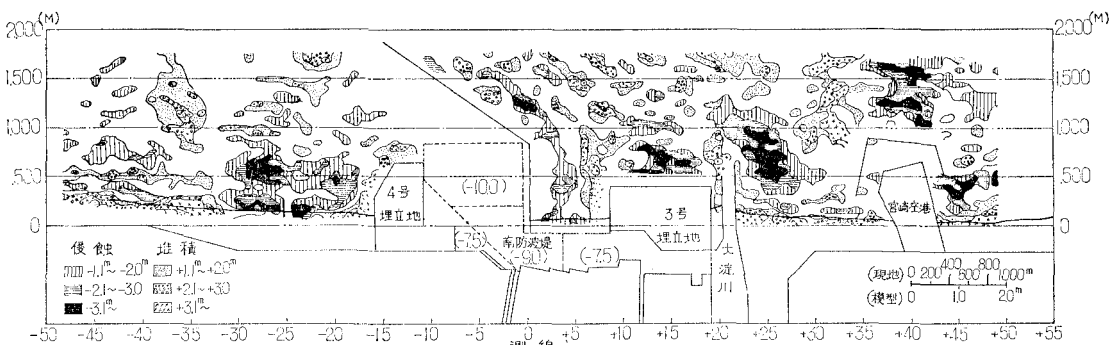


図-6 深浅差分図(港湾と空港が完成)0-4時間 波向ESE

が完成した場合の同じ波浪条件に対する海底地形変化を波作用前と比較したものである。図-6を図-5と比較して異なる点は、大淀川と宮崎空港の間で汀線付近が堆積から欠陥に変化したこと、港湾の北側すなわち測線-25付近で汀線は堆積から欠陥に変わると共に、その沖では欠陥がより著しく広範囲となったことである。また、図-6において図-5より欠陥が著しい所は、3号埋立地直前と、南防波堤に沿う部分および3号埋立地とこの防波堤の間の汀線を含めた部分である。

5.2 沿岸漂砂量に関する時間縮尺の実験

昭和52年12月の海底地形に、波を1時間作用させた後に、図-7に示すように、木製のトラップを波向Eで

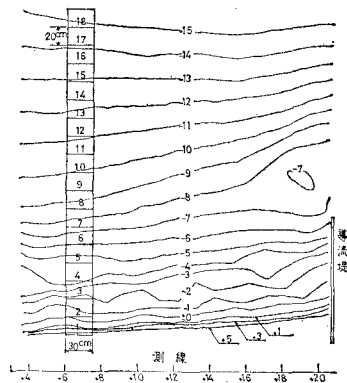


図-7 トラップ配置図(波向E)

は測線+6、波向ESEでは測線-18の位置に、海底地形に合わせて設置した。そうして波向ESEで20分間、波向Eで60分間更に波を作用させて、その間にトラップにたまった砂の量を測定した。波向Eについての捕砂量の測定結果を図-8に示す。この結果にもとづきそれぞれの波向に対する時間縮尺を求める。すなわち南から北へ向かう波のエネルギーの代表波向である波向ESEの場合のトラップ捕砂量を q_{nm} とすると $q_{nm} = 4567 \text{ cm}^3$ であり、体積縮尺比を $500^2 \times 150$ とし、作用時間20分を考慮すると、トラップ捕砂量の現地換算値 Q_{nm} は $Q_{nm} = 4567 \times 500^2 \times 150 \text{ cm}^3 / 20 \text{ 分} = 8563 \text{ m}^3 / \text{分}$

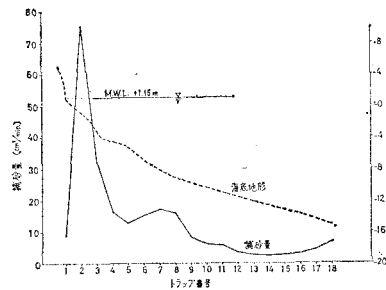


図-8 沿岸漂砂量の分布(波向E)

となる。そこで、波向ESEの1年分の波の作用時間 t_n は、2.2で求めた現地沿岸漂砂量 Q_{ns} とトラップ捕砂量の現地換算値とが等しくなる時間であり、トラップ捕砂量は作用時間に比例すると考えると、

$$t_n = \frac{Q_n}{Q_{nm}} = 102 \text{ 分}$$

となる。

同様に、波向Eのトラップ捕砂量 $q_{sm} = 14391 \text{ cm}^3$ と作用時間60分を考慮すると、波向Eの1年分の作用時間 t_s は、

$$t_s = \frac{Q_s}{Q_{sn}} = 55 \text{ 分}$$

となる。

5.3 交互に波を作用させた場合の実験

5.2で求めた沿岸漂砂量より決めた波の作用時間で、波向EとESEを交互にかけたものを1年分とし、合計4年分の波をかけた場合の海底地形変化を波作用前と比較したのが図-9である。このケースでは、図-6と同じ法線に加えて、5.1の結果にもとづき侵食対策工として突堤と離岸堤を組み合わせた場合である。離岸堤の距岸は約200m(現地)とし、突堤は離岸堤の中央部に離岸堤中心線から100m岸側に先端がくるようにした。各離岸堤の背後は、図-6と比較して、堆積を示しており、この侵食対策工法の有効なことがわかる。また、図示してないけれども、この図-9と同じ構造物の配置に対して、ESE方向の波を4時間作用させた場合と比較する

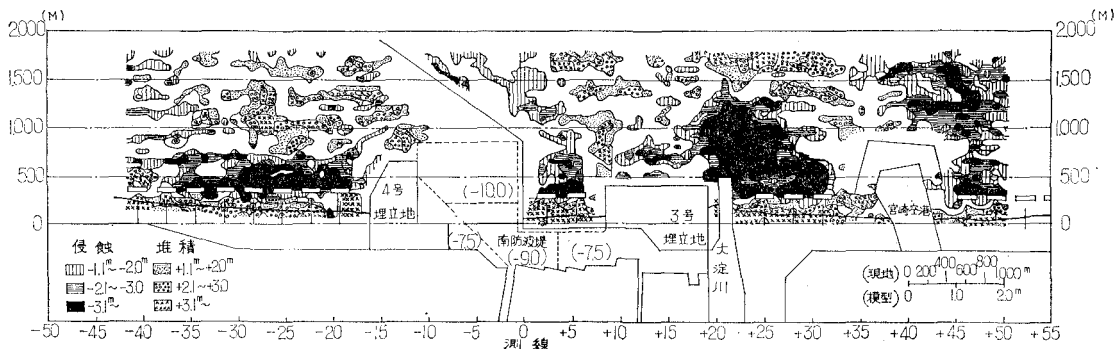


図-9 深浅差分図(港湾と空港が完成)波向ESEとEを交互に4年分かけた場合

と、4号埋立地前面の堆積量が多くなった以外はあまり大きい変化はなかった。これは、本海岸では南寄りの波のエネルギーが北寄りよりも大きいためと思われる。しかし4号埋立地前面の堆積はE方向の波によって増加したものと考えられる。

4. あとがき

今回の実験では、対象域が約 10 km と広範囲であったため、縮尺を小さくせざるを得なかったが、鉛直縮尺の選定及び波浪諸元の決定に際しては予備実験を十分行なうことにより、再現性の良い条件を見いだすよう努力した。波のエネルギーの算定に用いた波浪データは、一日2回の観測値を用いているため、計算された波のエネルギー及び沿岸漂砂量の定量的議論には精度的にやや疑問が残るが、平行海岸における漂砂実験の一例として、考え方の指標を示せたものと思う。侵食対策工法としては離岸堤、突堤、離岸堤+突堤及びサンドバイパス工法について検討したが、いずれの工法も侵食箇所に対して効果を発揮した。しかし、今回の実験においては、突堤

のみの場合が他と比較して砂の堆積は少なかった。

なお、貴重な御意見をしてくださった九州大学井島武士教授、宮崎大学吉高益男助教授、港湾技術研究所田中則男漂砂研究室長、実験計画段階で御尽力頂いた副島毅第一港湾建設局秋田港工事事務所次長に対し深く感謝致します。また、第四港湾建設局宮崎港工事事務所の各位には、現地資料の提供と種々の御協力を賜わり、下関調査設計事務所垣本建設専門官には実験全般にわたり、多大の御協力を頂いた。さらに、実験の実施は(株)日本港湾コンサルタント田川昌宏氏、織田昭人氏が熱意をもってあたられた。ここに併せて感謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) 運輸省第四港湾建設局宮崎港工事事務所：宮崎港影響予測調査報告書，pp. 85-97, 1978.
- 2) 建設省宮崎工事事務所：大淀川下流地区流砂量検討報告書，昭和 52 年 6 月.
- 3) 佐藤昭二・小笹博昭・永井紀彦：移動床模型実験による海浜変形予測の一例，第 25 回海講論文集，1978.
- 4) 吉高益男：日向灘海岸の漂砂について，第 25 回海講論文集，1978.