

# 河口閉塞に関する二、三の実験

野 田 英 明

## SOME EXPERIMENTS ON CLOSING OF MODEL RIVER MOUTH DUE TO WAVE ACTION

By *Hideaki* NODA

### Synopsis

When the tractive force of incident waves predominates over that of river flow, the river mouth is often closed by drifting sand. In order to solve such a problem at the river mouth, two dimensional tests were performed by using a simple model of the river mouth.

In this paper, as an approach to discover the main factors which influence closing of the river mouth by drifting sand, the effects of wave characteristics, sediment characteristics and the river depth on the deposition height and profile of the bar formed at the river mouth due to wave action are discussed on the basis of some experimental results.

It was found that the criterion for generation of the bar formed at the river mouth is determined by the deep water wave steepness, the ratio of the sediment diameter to the wave height and the ratio of the river depth to the wave height, and that especially, the ratio of the river depth to the wave height is a very significant factor in determining the final height of the bar.

### 1. 緒 言

河口が閉塞する原因には、洪水によって上流から多量の土砂を運び、これが河口に堆積するために起こる河川だけに起因するものと、波浪のエネルギーが河川流のそれよりも大きい場合に、漂砂が卓越して河口が埋没するために起こるものがある。しかし、近年のように、河川の上流に多くのダムが建設されて、河口に排出される土砂が減少し、かつ流域変更などによって、河川の流量も減少する傾向にあるときは、前者による閉塞よりもむしろ後者による閉塞が助長されるものと考えられる。

さらに、後者による閉塞は波浪と河川流のもつ掃流力の相対関係によって定まるのはもちろんであるが、海岸の漂砂の移動方向にも関係しよう。漂砂の移動方向は海岸線に直角な成分と平行な成分とに分けられる。これに対応して、海岸の変形も海岸に平行方向に地形変化が起こる場合と、海岸に直角方向の海底断面の変形が起こる場合とに分けられる。海岸線に直角な方向に波が卓越し、海岸に平行方向の地形変化がないような地点に河口がある場合とか、導流堤によって海岸線に平行方向の漂砂が遮断されるような場合に、河口が埋没するのは、波によって、漂砂が河口付近に打上げられて生ずる堆砂が原因と思われる。

以上述べたように、河口の閉塞原因はきわめて多様であって、さらに河口の水理現象も風浪、潮汐その他の河水と海水の密度差などの影響をうけるため、それら相互の間にきわめて複雑な関係があり、現状では未解決の課題も多い。

そこで、著者は、こうした複雑な河口閉塞現象を解明するために、その第一段階として、きわめて単純な

河口模型を考え、海岸線に直角な方向に波が卓越する場合の、河口の閉塞現象を実験的に解明しようと試みた。したがって、ここでの取り扱い、当然、河水の掃流力を無視して、波浪の掃流力のみによって河口が埋没する現象を検討することになる。

## 2. 河口閉塞に関する実験

河口の埋没は河口における波浪、河川流、潮流や密度流などに支配されることはいうまでもないが、こうした河口の水理現象は非常に複雑であって、そのため、現象の本質を適確に把握することがきわめて困難である。したがって、このような場合に取られる一つの方法は、できるだけ単純化したモデルを設定して系統的に実験を行ない、現象を支配する要因が何であるかを、実験によって適確に把握し、現象の本質を見出すことであろう。そこで、著者は河口閉塞現象を解明する第一歩として、以下に述べる簡単な2次元河口模型を考え、河川流がないという条件のもとで、波浪によって河口が閉塞する現象を解明するための二・三の実験を試みた。

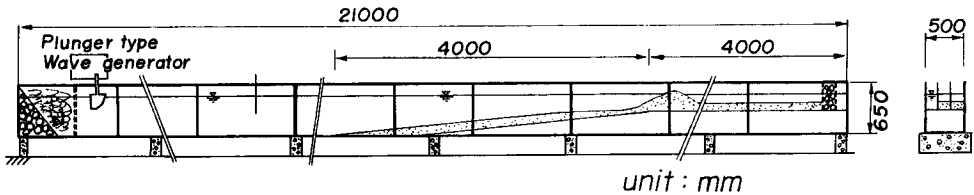
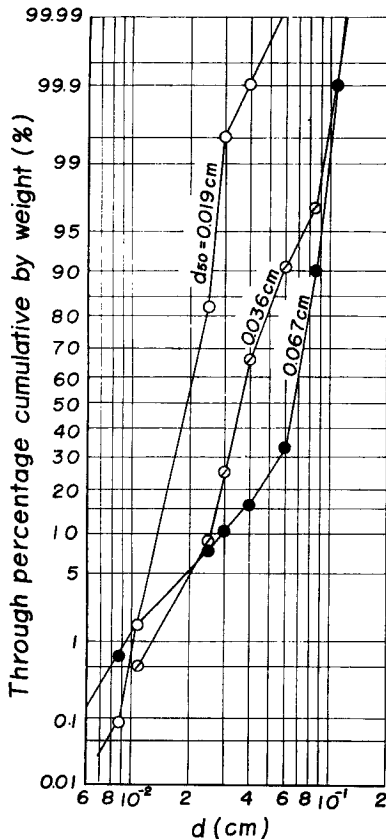


Fig. 1 Experimental apparatus



### (1) 実験装置と方法

実験は Fig. 1 に示すように、長さ 21m、幅 50cm、深さ 65cm の鋼製 2 次元水槽を用いて行なった。水槽の一端には長さ 4 m の水平な河床部を設け（最初 3 m であったが、後に 4 m に延長した）、これに勾配 1/10 の傾斜部を接続して海浜部とした。さらに水槽には隔壁を設けて断面を三部分に分け、その中の二部分に粒径の異なる砂を、10 cm の厚さに敷いて模型河口とした。また水槽の他端には 0.5 HP のプランジャー型造波機が取り付けられており、波高は造波体に接続したアームの長さを変えることによって、また周期は無段変速機によって変えうるようになっている。

実験に用いた砂の特性は中央粒径  $d_{50}$  がそれぞれ 0.19, 0.36 および 0.67 mm の 3 種類であって、それぞれの比重は 2.70, 2.70 および 2.67 である。これらの砂の粒度分布は Fig. 2 に示すようであって、ほぼ均一な粒径の砂である。

実験に用いた波の特性は、周期が 0.70~2.82sec、沖波波高は 2.40~8.45 cm である。波高は水深一定の水平部に電気抵抗式波高計を一台設置し、これを用いて測定し、

Fig. 2 Sieve analysis of sands used in experiments

沖波に換算した。なお実験に用いた河床水深は 1.4~10.0 cm の範囲である。

実験はこれら種々の条件に対して、さきに述べた 3 種類の砂を用いて進め、それぞれの底質に対する河口付近の断面形状を実験開始後適当な時間間隔ごとにポイントゲージで測定し、平衡形状に達したとみられるまで実験を続けた。

## (2) 実験結果と考察

以上のような単純化した河口模型でさえ、波による河口の閉塞現象はきわめて複雑であって、波の作用によって河口付近の断面形状が変化する過程を適確に論じることが容易でない。したがって、ここでは、まず次元解析の方法によって実験結果を整理し、河口の閉塞現象を吟味していこう。

いま、2 次元水槽において、波の作用による河口の断面形状の変化は、河床水深  $h_r$ 、沖波波高  $H_0$ 、沖波波長  $L_0$ 、周期  $T$ 、底質の大きさ  $d$  (中央粒径)、底質の密度  $\sigma$ 、水の密度  $\rho$ 、水の動粘性係数  $\nu$ 、重力の加速度  $g$  および海浜の初期勾配  $i_0$  などの諸量に影響されるものと考えられる。

したがって、Fig. 3 に示すように、 $z$  を静水面からの深さ (鉛直下向きを正) とし、 $x$  を静水面に沿う水平距離 (沖向きを正) とし、波の作用時間を  $t$  で表わせば、 $L_0 = gT^2/2\pi$  の関係があるから、次元解析により

$$f(z/L_0, x/L_0, h_r/H_0, H_0/L_0, H_0/d, d\sqrt{gH_0}/\nu, \sigma/\rho, i_0, t/T) = 0 \quad (1)$$

なる関係がえられる。したがって、上式中に示される各無次元量は、河口における流砂現象を支配する要素であると考えられる。以後、実験結果から、これらの諸要素が及ぼす効果を順次明らかにしていこう。

a) 河口の平衡断面形状：実験によると、河口の初期形状は波の作用をうけて漸次変形するが、実験開始後、数時間ないし 10 数時間経過すると、それ以上形状が変化しないという平衡状態に達する。このように、平衡状態に達した後の議論では (1) 式において  $t/T$  を落すことができ、さらに砂の比重を一定とすれば  $\sigma/\rho$  も、また著者の実験では海浜の初期勾配も 1/10 と一定であるのでとることができる。したがって、(1) 式はつぎのように書きかえられる。

$$f_1(z/L_0, x/L_0, h_r/H_0, H_0/L_0, H_0/d, d\sqrt{gH_0}/\nu) = 0 \quad (2)$$

実験によって得られた平衡断面形はきわめて複雑であるが、多くの実験結果からこれらを分類すると、ほぼ 3 種類に分けられる。Fig. 4 は平衡断面形状を  $x/L_0$  および  $z/L_0$  で無次元化して表わしたものであって、さきに述べた 3 種類の代表的な形状が示されている。いま、I を浸食型、II を遷移型、III を堆積型と呼ぶことにして、それぞれの特徴を示すとつぎのようである。

浸食型は砕波点付近から岸側が波の作用で洗掘され、その部分の砂礫が砕波点より沖側に堆積する。篠原ら<sup>1)</sup>は沖波波形勾配の値が大きい場合およびその値が小さくても河川流量が多い場合に、この型になることを指摘している。しかし Fig. 4 から明らかなように、 $H_0/L_0$  の値が 0.025 とそれほど大きくない場合でも、この型は存在する。この事実は河川流量や沖波波形勾配のみでなく、他の要素もこの型の形成に関与することを示すものであろう。しかしいづれにしても、この型では、河口に砂堆が発生しないから、河口閉塞は起らない。一方、遷移型および堆積型も浸食型と同様に砕波点付近から岸側が洗掘される。しかしこの部分の砂礫は岸向きに輸送され、河床部に堆積して砂堆を形成する。これは河口閉塞の一原因をなすものと考えられ、波による河口砂堆の発生限界を検討するためには、浸食型と遷移型、堆積型とを分ける限界を見い出すことが重要であると考えられる。

b) 河口砂堆の発生限界：以上述べたことから明らかなように、河口砂堆の発生限界は、河口付近の平衡形状が堆積型、遷移型に属するか、あるいは浸食型に属するかを判別することによって示されよう。著者は、以前、海浜の平衡形状に関する実験<sup>2)</sup>を行なって、これに影響を与える要素として、沖波波形勾配

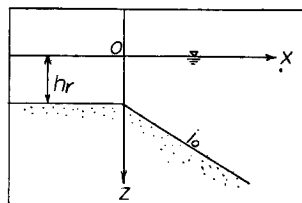


Fig. 3 Illustrating diagram of notation.

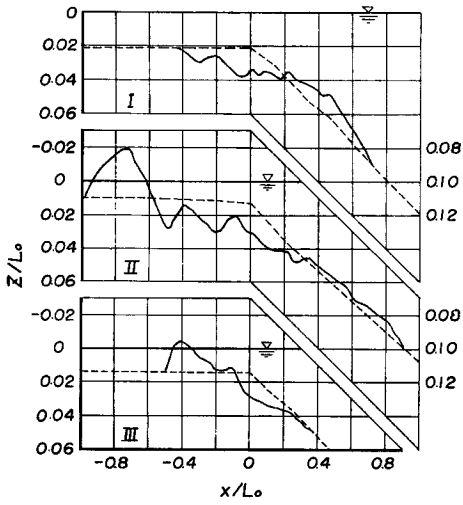


Fig. 4 Typical profiles in equilibrium state.

	$H_0/L_0$	$H_0/d$	$hr/H_0$	$d\sqrt{gH_0}/\nu$
I	0.025	321	0.82	94
II	0.020	238	0.60	127
III	0.024	126	0.58	61

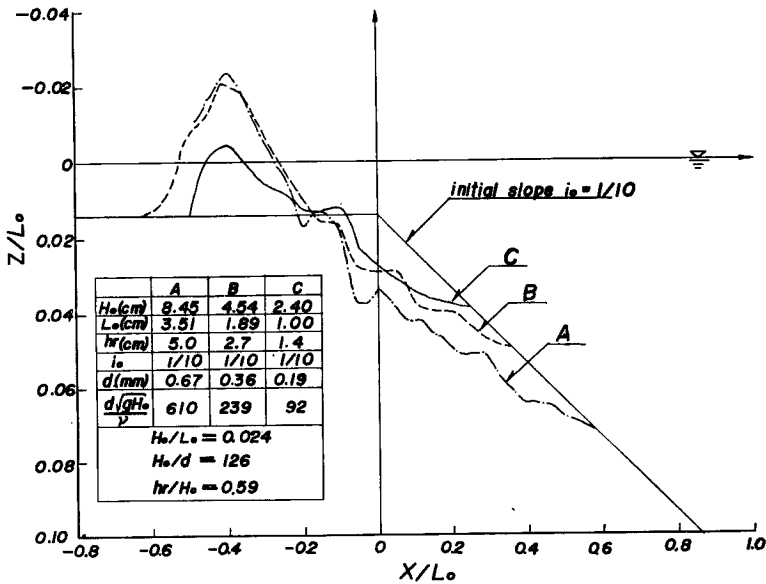


Fig. 5 Effect of  $d\sqrt{gH_0}/\nu$  with equilibrium profiles.

$H_0/L_0$  と相対粒径  $H_0/d$  が重要であることを指摘した。ここで取り扱われる河口付近の海岸形状についても、これらの無次元量が重要な役割を果すものと考えられるが、さらに (2) 式中に示される無次元量  $h_r/H_0$  および  $d\sqrt{gH_0}/\nu$  も何らかの効果を与えるものと思われる。したがって、河口砂堆の発生・発達の原因はこれら4つの無次元量によって支配されるものと推定され、それぞれの効果を明らかにする必要がある。Fig. 5 は  $d\sqrt{gH_0}/\nu$  の効果を明らかにするために実験値をプロットした一例であって、 $H_0/L_0$ 、 $H_0/d$  および  $h_r/H_0$  の値を一定にして、 $d\sqrt{gH_0}/\nu$  の値を 92, 239 および 610 と変えたときの平衡形状を示している。この図から、 $d\sqrt{gH_0}/\nu$  の値が大きくなると、それとともに漂砂の移動量が増加し、砂堆の堆積高も大きくなる傾向がみえる。しかし、いずれの断面形状も河口に砂堆が発達している堆積型であって、著者の実験範囲では、これに対する  $d\sqrt{gH_0}/\nu$  の効果はほとんど無視できるようである。ただし、砂堆の規模は  $d\sqrt{gH_0}/\nu$  の値によって左右されると考えられ、その移動限界水深は  $d\sqrt{gH_0}/\nu$  の値によって異なることがわかる。

以上の結果から、河口付近の海岸形状に及ぼす  $d\sqrt{gH_0}/\nu$  の効果は一応無視してよいものと考えられる。ただし、河口砂堆の規模や移動限界水深付近の現象を取り扱う場合には、 $d\sqrt{gH_0}/\nu$  の効果は無視できないようである。

Fig. 6 は  $h_r/H_0=0.60$  の場合の平衡形状を  $H_0/L_0$  と  $H_0/d$  との関係で分類したものであって、図中の実線は Rector<sup>9)</sup> が海浜の平衡形状から求めた堆積型と浸食型の境界を示すもので、その関係は

$$H_0/d = 68.5(H_0/L_0)^{-1/4} \dots\dots\dots (3)$$

で表わされる。 $h_r/H_0=0.60$  の場合の河口付近の海岸形状は Rector の結果とやや相違するが、その傾向はよく一致し、 $H_0/L_0$  の値あるいは  $H_0/d$  の値が大きくなれば、河口に砂堆を形成しない浸食型になるのがわかる。

つぎに、河床水深  $h_r$  が平衡形状に及ぼす効果について検討しよう。河口にやってくる波の特性が一定であっても、河床水深が大きくなれば、碎波の位置が河口に近づき、波によって打上げられる漂砂量も変化することが予想される。さらに河床水深が大きくなって、移動限界水深以上になれば、河口付近の底質はもはや波によって移動することはなく、その形状は初期の状態を維持するであろう。したがって、河口砂堆の発生限界もこの移動限界水深によって規定されるものと考えられる。

この移動限界水深については従来から多くの研究<sup>4), 5), 6)</sup> がなされているが、著者<sup>7)</sup> も水平床における波による底質の移動限界について考察し、波による底質の移動限界が、

$$u_{*c}^2 \{ (\sigma/\rho) - 1 \} g d \tan \phi = f(u_{*c} d/\nu, u_0 \delta/\nu) \dots\dots\dots (4)$$

と表わせることを示すとともに、実験によって Fig. 7 の結果をえた。ここに、 $u_{*c}$  は波による限界摩擦速度であり、 $u_0$  は波による水粒子の最大水平速度であって、波の特性値で示すと、

$$\left. \begin{aligned} u_{*c} &= \sqrt{\frac{\pi H}{T} / \sinh \frac{2\pi h}{L}} \times \left( \frac{2\pi \nu}{T} \right)^{1/4} \\ u_0 &= \frac{\pi H}{T} / \sinh \frac{2\pi h}{L} \\ \delta &= (\nu T/\pi)^{1/2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

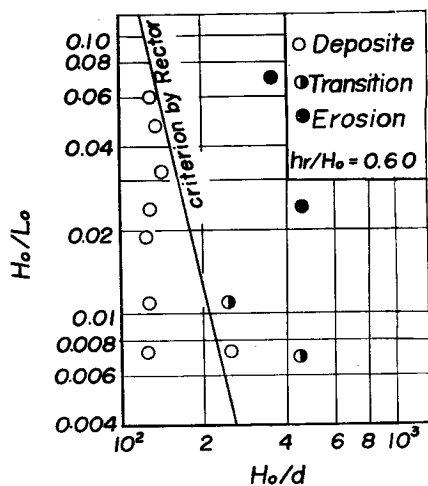


Fig. 6 Classification of equilibrium profile

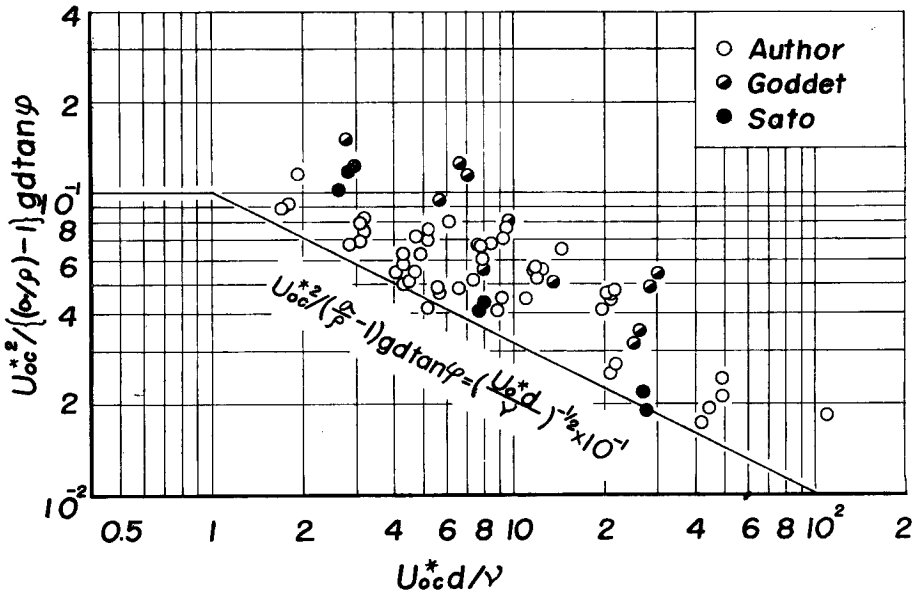


Fig. 7 Initial movement of sediment due to wave action.

である。この図は縦軸に  $u_{*c}^2 / [(\sigma/\rho) - 1] g d \tan \phi$  を、横軸に  $u_{*cd} / \nu$  をとって実験結果を示したものであるが、この実験範囲では  $u_0 \delta / \nu$  の効果が明瞭でなく、一応、実験結果から移動限界を求めると、

$u_{*cd} / \nu < 1.0$  に対して

$$u_{*c}^2 / [(\sigma/\rho) - 1] g d \tan \phi = 0.1 \dots\dots\dots (6)$$

および

$1.0 \leq u_{*cd} / \nu \leq 100$  に対して

$$u_{*c}^2 / [(\sigma/\rho) - 1] g d \tan \phi = 0.1 (u_{*cd} / \nu)^{-0.5} \dots\dots\dots (7)$$

なる関係がえられる。いま (6) および (7) 式を (5) 式の関係によって書きかえ、また  $\tan \phi = 1.0$ ,  $(\sigma/\rho) - 1 = 1.65$  とすると、移動限界水深  $h_i$  に対する表示はつぎのようになる。すなわち、

$f(h_i/L_0) > 2 \times (d\sqrt{gH_0}/\nu)^{1.5} (H_0/d)^{-0.5} (H_0/L_0)^{0.75}$  に対して、

$$f(h_i/L_0) = 12 \times (d\sqrt{gH_0}/\nu)^{-0.5} (H_0/d)^{-0.5} (H_0/L_0)^{0.75} \dots\dots\dots (8)$$

および

$2 \times 10^{-4} \leq f(h_i/L_0) (d\sqrt{gH_0}/\nu)^{-1.5} (H_0/d)^{0.5} (H_0/L_0)^{-0.75} \leq 2$  に対して

$$f(h_i/L_0) = 8.40 \times (d\sqrt{gH_0}/\nu)^{-0.1} (H_0/d)^{0.3} (H_0/L_0)^{0.75} \dots\dots\dots (9)$$

ここに、 $f(h_i/L_0) = \sinh(2\pi h_i/L) / (H/H_0)$  であって、 $H/H_0$  および  $\sinh(2\pi h_i/L)$  は  $h_i/L_0$  のみの関数であるから、結局  $f(h_i/L_0)$  は  $h_i/L_0$  のみの関数となる。

Fig. 8 は、従来の海浜変形に関する実験および今回の実験から、海浜の変形が明らかに観測される点の最大水深を求めて、これを移動限界水深とみなし、 $h_i/L_0$  と  $8.40 \times (H_0/L_0)^{0.75} (H_0/d)^{0.3} (d\sqrt{gH_0}/\nu)^{-0.1}$  との関係を示したものである。図中の実線は (9) 式にもとづいて計算した理論曲線で、図から明らかなように、一般に  $h_i/L_0$  に対する実験値は理論値より小さいが、その傾向はほぼ一致することがわかる。Fig. 9 は  $H_0/L_0 = 0.022$  の場合の  $h_i/L_0$  と  $H_0/d$  との関係を示すもので、 $h_i/L_0$  の実験値は Fig. 8 と同様に理論値より小さく、かつ実験値にはかなりのばらつきがみられる。しかしその傾向は理論曲線とよく一致している。なお実験値に対する  $d\sqrt{gH_0}/\nu$  の効果は明確でない。いま Fig. 9 より  $H_0/L_0 = 0.022$  の場合の海

Fig. 8 Comparison of theoretical result with experimental one of initial movement.

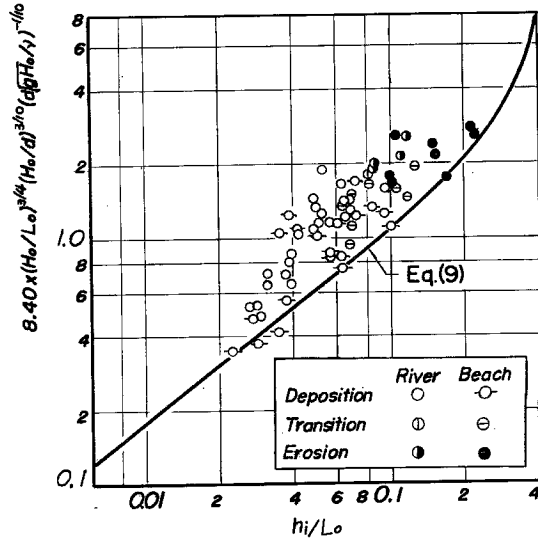
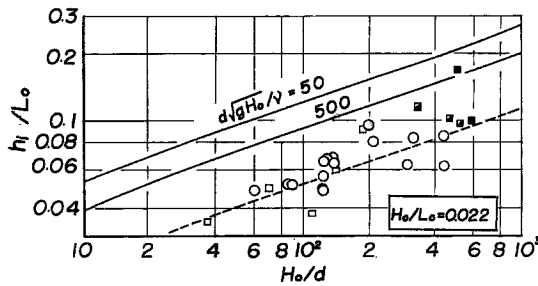


Fig. 9 Relationship between  $h_i/L_0$  and  $H_0/d$ .



浜変形限界水深を図中の破線で示すと

$$f(h_i/L_0) = 2.87 \times (H_0/d)^{0.3} (H_0/L_0)^{0.75} \dots\dots\dots (10)$$

となる。したがって、(10) 式の  $h_i$  を  $h_r$  とすれば、河口砂堆の発生限界に対応する関係がえられる。**Fig. 10** は  $H_0/L_0 = 0.022$  の場合の河口砂堆の発生限界を  $h_r/H_0$  と  $H_0/d$  との関係で示したもので、 $H_0/L_0$  の値が一定の場合、その発生限界は  $h_r/H_0$  と  $H_0/d$  によって規定されることがわかる。なお図中縦軸の  $h_r/H_0$  の値が  $-\infty$  とあるのは、初期勾配 1/10 の海浜変形に関する実験から得られた堆積型と遷移型、浸食型を示したもので、かつ×印は  $h_r/H_0 = 2.7$ 、 $H_0/d = 130$  に対する実験であって、河口付近の海岸形状は波の作用によって変形しないことが確かめられた。

以上の結果から、種々の  $H_0/L_0$  の値に対して、**Fig. 10** と同様の図を作成できれば、河口砂堆の発生限界を実験的に定めることができよう。しかし现阶段では実験結果が十分でなく、今後さらに検討していきたい。

c) 河口砂堆の最終堆積高：河口砂堆の発生限界が  $h_r/H_0$ 、 $H_0/d$  および  $H_0/L_0$  によって規定されることはさきに述べた。つぎに重要な問題は、河口閉塞に密接な関係をもつと考えられる河口砂堆の発生域内において、砂堆の規模が何によって定まるかを知ることである。**Fig. 11** は砂堆の最大堆積高  $z_m$  の時間的変化を  $z_m/H_0$  と  $t/T$  との関係で両対数紙上に図示したもので、その時間的変化はきわめて複雑であって、波の特性や底質の大きさによって相当ことなるが、いずれの実験でも、長時間経過すれば、それ以上変化しないという最終堆積高  $z_B$  が存在するようである。ここで、最大堆積高の時間的変化を検討するために

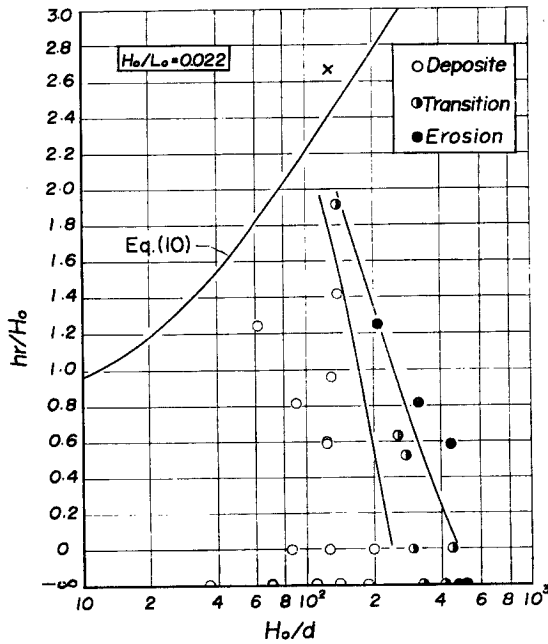


Fig. 10 Criterion for generation of bar formed at river mouth.

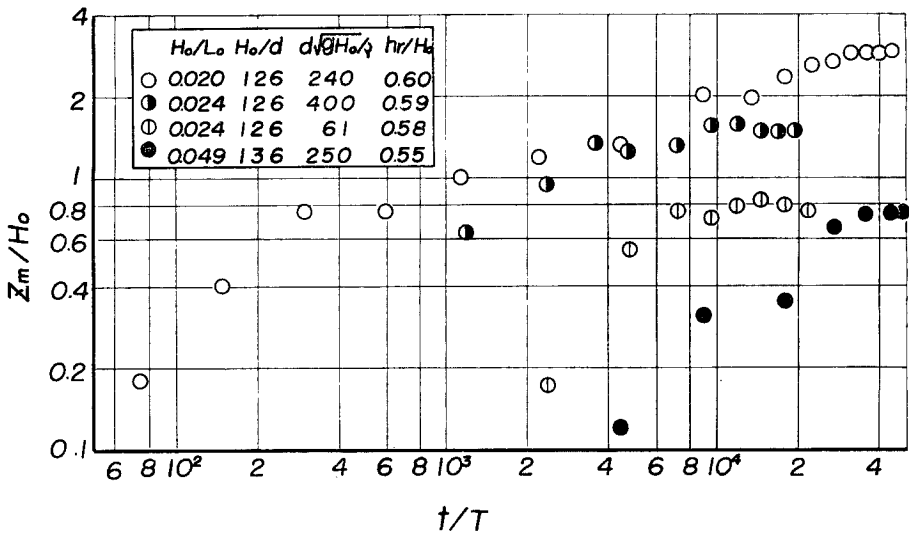
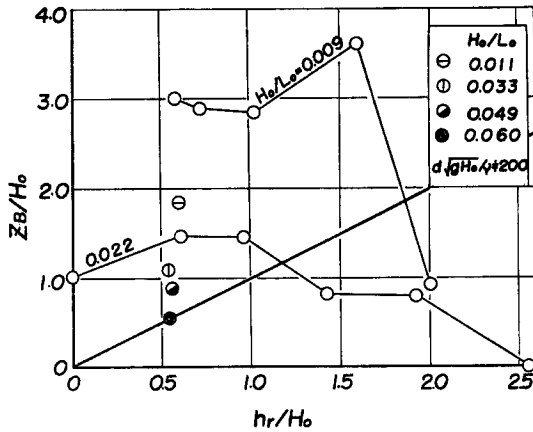


Fig. 11 An example of variation of maximum deposition height with time.

は、河口近くにおける碎波を含んだ波や流れの知識のみならず、この波や流れによる砂礫の輸送量についてさらに多くの知識が要求される。現段階ではこうした変化の過程を解明できるほどには、波や流れの解析が進んでいないので、その取り扱いが困難である。したがって、ここでは、最終堆積高  $Z_B$  について検討する。次元解析により、最終堆積高は



Fig. 12 Variation of final deposition height by river depth.



$$z_B/H_0 = f_3(H_0/L_0, H_0/d, h_r/H_0, d\sqrt{gH_0}/\nu) \dots\dots\dots(11)$$

と表わすことができる。Fig. 12 は  $H_0/d=130$  および  $d\sqrt{gH_0}/\nu=200$  の場合の最終堆積高の河床水深による変化を  $H_0/L_0$  をパラメータとして、 $z_B/H_0$  と  $h_r/H_0$  との関係で示したもので、図中の実線は  $z_B/H_0 = h_r/H_0$ 、すなわち、砂堆頂部がちょうど静水面に達していることを表わしている。したがって、この線より上側では砂堆が静水面より以上に高くなっていることを示すものである。図から明らかなように、 $H_0/L_0$  の値が一定の場合、砂堆の高さが最大となる  $h_r/H_0$  のある値が存在するようで、さらに  $h_r/H_0$  の値が大きくなると、 $z_B/H_0$  の値は漸次減少し、ついには砂堆が発生しなくなる。また  $H_0/L_0$  の値が小さくなることもなって堆積高は大きくなる傾向がみえる。

以上、砂堆の堆積高と  $h_r/H_0$  および  $H_0/L_0$  との関係を明らかにしてきたが、実験数が少ないため、また実験の scale を変える必要があるため、 $d\sqrt{gH_0}/\nu$  および  $H_0/d$  が  $z_B/H_0$  におよぼす効果は明らかでない。これについては後に検討したい。

d) 漂砂の移動量から考察した砂堆の規模：Fig. 13 は、初期形状から平衡形状に達するまで、波によって輸送された単位幅あたりの全漂砂量すなわち砂堆の体積  $Q$  と最終堆積高  $z_B$  との関係を、堆積型に対する実験結果を用いて両対数紙上に図示したもので、 $Q$  と  $z_B$  との間には、ほぼ一定の関係が存在していることがわかる。したがって、いま、単位幅あたり、単位時間に波によって輸送される漂砂量を  $q_B$  として、

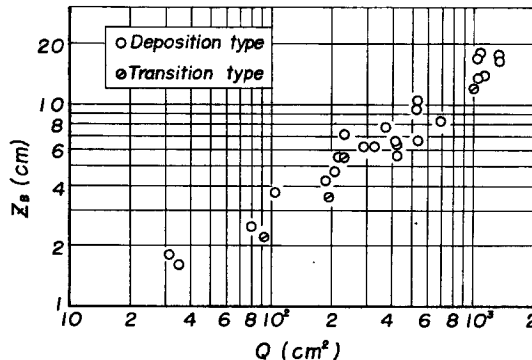


Fig. 13 Relationship between final deposition height and total quantity of sediment transport.

Kalinsko-Brown 型の流砂量公式を適用すると、

$$q_B/u_*d = K[u_*^2/\{\sigma/\rho\} - 1]gd^m \dots \dots \dots (12)$$

と表わせる。簡単のため、 $u_*$  は  $(H_0/T)(\nu/T)^{1/2}$  に、 $Q$  は  $q_B T$  に比例するものとし、さらに底質の比重は一定であるとすれば

$$(Q/d^2)(H_0/L_0)^{1/8}(d\sqrt{gH_0/\nu})^{1/4}(H_0/d)^{-3/4} = K_1[(d\sqrt{gH_0/\nu})^{-1/2}(H_0/d)^{1/2}(H_0/L_0)^{3/4}]^m \dots \dots \dots (13)$$

となる。ここに  $K_1$  は平衡形状に達するまでの時間や河床水深に關係する定数と考えられる。いま、平衡に

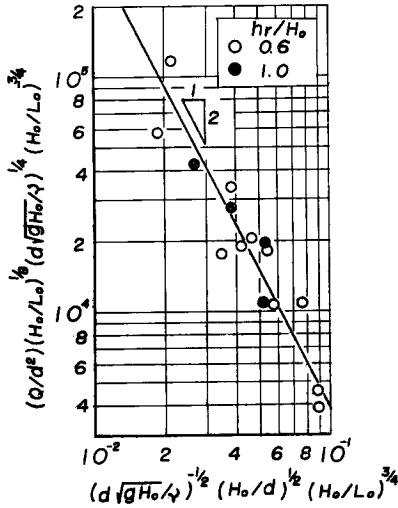


Fig. 14 Dimensionless plot of total quantity of sediment transport due to wave action.

達するまでの時間の影響は明らかでないため、 $h_r/H_0$  の値が一定である実験結果から、上式の関係を用いて  $K_1$  および  $m$  を定めることにする。Fig. 14 は  $h_r/H_0=0.6$  および  $1.0$  の場合の上式の関係を示すもので、 $h_r/H_0=0.60$  に対して、かなりばらつきはみられるが、ほぼ  $m = -2$  となることがわかる。したがって、(13) 式は

$$(Q/d^2) = K_2(d\sqrt{gH_0/\nu})^{3/4}(H_0/d)^{-1/4}(H_0/L_0)^{13/8} \dots \dots \dots (14)$$

となる。(14) 式から明らかなように、 $H_0/d$  の値が大きくなると  $Q/d^2$  が減少し、 $d\sqrt{gH_0/\nu}$  の値が増加するにつれて  $Q/d^2$  も増加することがわかる。とくに、 $H_0/L_0$  の値が増加するにもなると  $Q/d^2$  の値が減少するという傾向は Fig. 12 に示される傾向と同じであって、きわめて興味深い現象といえよう。

以上、きわめて粗雑な仮定によって砂堆の砂堆機構を考察し、その傾向を見出すことができた。しかし、(12) 式で表わされる流砂量公式は平衡状態の砂礫の移動問題に適用されるものであって、実験中においても観察されるように、非平衡状態における砂の移動問題にこうした公式を適用することには疑問点が多く、今後さらに詳しく検討していきたい。

### 3. 結 び

以上、河口の埋没に関する実験を行ない、二、三の興味ある結果をえた、ここで、その結果を要約するとつぎのようである。

- 1) 海岸線に直角な方向に波が卓越するような地点にある河口では、その海底断面形が波の特性や底質の特性によって 3 種類に分けられ、その中で、堆積型と遷移型は河口付近に砂堆を形成し、河口が埋没する。
- 2) この河口砂堆の発生限界は、河床水深に影響され、河床水深が移動限界水深以上になると河口に堆砂

を生じない。さらに、河口付近の底質が移動する場合には、堆積型であるか、浸食型であるかによって、その発生限界が定まる。

3) 堆積型と浸食型の判別は沖波波形勾配  $H_0/L_0$  と  $H_0/d$  によって規定されるようである。

4) 河口に堆砂が生じる領域内での砂堆の規模は、 $h_r/H_0$ ,  $H_0/L_0$ ,  $H_0/d$  および  $d\sqrt{gH_0}/\nu$  に支配され、とくに、 $h_r/H_0$  のある値で砂堆の高さが最大となる。

以上、河口閉塞現象の解明の第一歩として、簡単な河口モデルを用いて実験を続けて上に述べた結果をうることができた。しかしなお今後の研究に残された疑問は多く、さらに、実験結果を現地へ適用するにあっても、scale effect について、十分な検討がなされていないため、ただちにこの結果を応用することには多くの問題がある。こうした点については今後さらに研究を重ね、河口閉塞の機構を解明していきたい。

最後に、この研究を行なうにあたり、終始御指導を賜った岩垣雄一教授に感謝の意を表するとともに、実験に際しては東京都港湾局の増田忠亮君（元学部学生）の援助をうけた。ここに記して謝意を表する。

#### 参 考 文 献

- 1) 篠原謹爾・椿東一郎・吉岡益男・上森千秋：波による海浜の砂移動，九州大学応用力学研究所報，第10号，昭32.3，pp.63—83.
- 2) 岩垣雄一・野田英明：Laboratory study of scale effects in two dimensional beach processes, Proc. 8th. Conf. on Coastal Eng., 1963, pp.194—210.
- 3) Rector, R.L.: Laboratory study of equilibrium Profile of beaches, B.E.B. Tech. Memo. No.41, 1954, pp.1—38.
- 4) 佐藤清一・岸力：漂砂に関する研究（7），波動による海底剪断力と底質の移動，土木研究所報告，87号の6，昭.27.
- 5) 石原藤次郎・榎木享：漂の移動限界水深および移動量について，第7回海岸工学講演集，昭.35，pp.47—57.
- 6) 佐藤昭二・田中則男：水平床における波による砂の移動について，第9回海岩工学講演会講演集，昭37，pp.95—100.
- 7) 野田英明・井保武寿：波による海底砂の移動限界と砂れんの発生，第11回海岸工学講演会講演集，昭39，pp.153—158.