

波による海浜変形に関する一考察

堀川 清司*・砂村 継夫**・鬼頭 平三***

1. はじめに

本稿で「海浜」とは、浅海底から遡上波の作用が及ぶ陸上の地点までの領域をいう。図-1 は、2次元造波水路（長さ 25 m, 幅 0.6 m, 高さ 0.9 m）の一端に中央粒径 0.20 mm の砂（Trask の淘汰係数 1.1, 比重 2.65）で 1/24 の斜面を作り、それに種々の規則波を長時間にわたり作用させた場合の海浜変形の状態を示す。

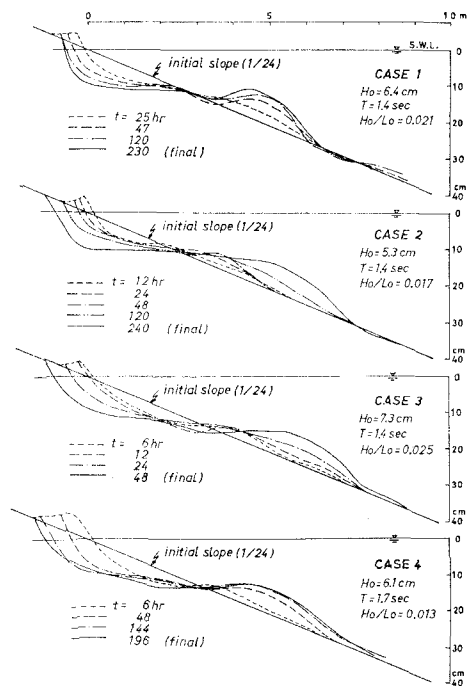


図-1 プロファイルの時間的変化

この図より次の2つのことがわかる。(1)かなり長時間波を作用させても、海浜形状に変化がみられる。(2)ケース 2, 3, 4 においては、波の作用時間が少ないとき、汀線は前進しているが、さらに波を作用させると後退しはじめ、初期汀線位置（初期斜面と静水面との交点）よりもはるかに後退している、すなわち波の作用時間が少ないときの汀線変化と十分に波を作用させたときのそれと

は、逆になっている。

そこで、本稿では(1)この実験結果および既往の実験資料に基づき、海浜変形が平衡状態に達するのに必要な波の作用時間について考察し、(2)準平衡および平衡状態における海浜形状について検討を加え、(3)多くの実験資料を用いて準平衡および平衡状態における汀線変化を調べ、さらに現地資料による汀線変化の考察を試みた。

なお、ここで用いた既往の実験資料は、すべて砂〜細礫（比重 2.6~2.7）を底質材料とした2次元実験の結果である。

2. 平衡状態に達するまでの波の作用時間について

ある一定の特性を持つ沖波を長時間海浜に作用させると、海浜形状はしだいに変化し、最終的にはその波の特性と底質の性質に対応した断面形が得られる。そして、この断面形はその波によってはこれ以上変化しないという定常状態を示す。このような状態を平衡状態とよぶ。

従来、海浜の平衡勾配に関して多数の実験が行なわれているが、これらの実験の中には、現象が平衡状態に達したと判断して、数時間波を作用させただけで実験を終了しているケースもみられる。そこで、平衡状態に達するまでに必要な波の作用時間について若干の考察を加えた。

一様な初期勾配 i_0 が $1/30 \leq i_0 \leq 1/20$ 、底質粒径（中央粒径あるいは平均粒径） d (mm) が $0.2 \leq d \leq 0.3$ という条件下で行なわれた、波の作用時間の異なる実験の結果のうち、海浜変形のプロファイルが与えられている資料^{1)~5)}のみを対象とした。波の作用時間が 1~240 時間の範囲にあるプロファイルが用いられた。なお、実験波の周期は 0.77~3.3 sec の範囲内にある。

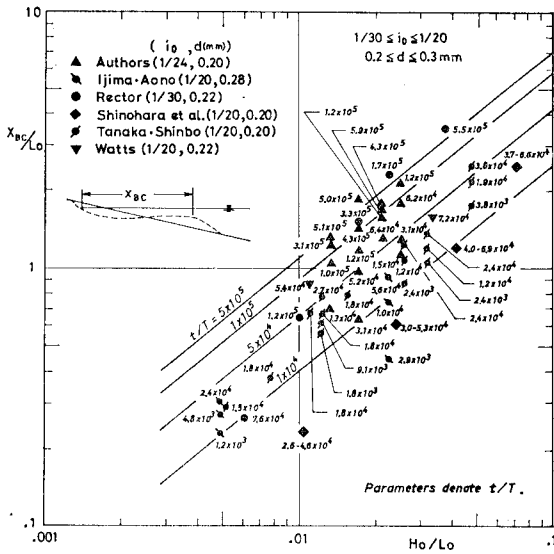
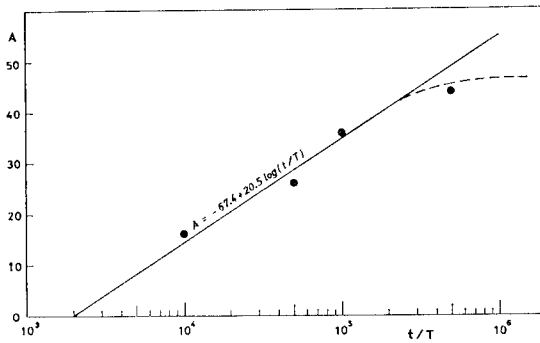
これらのプロファイル（smoothing されていないものは smoothing を行なった）において、 t 時間波を作用させたのちの汀線位置からそのときの海底断面形上の沖側の傾斜変換点までの距離 X_{BC} を測定し、これを沖波波長 L_0 で割った無次元量 X_{BC}/L_0 を縦軸に、沖波波形勾配 H_0/L_0 を横軸に、さらに波の作用時間 t と周期 T の無次元量 t/T をパラメーターにとって、結果をプロットしたものが図-2である。

図中の直線群が示しているように、 t/T の値が大きい

* 正会員 工博 東京大学教授 工学部土木工学科

** 正会員 工博 東京大学助手 工学部土木工学科

*** 正会員 工修 運輸省港湾局建設課

図—2 X_{BC}/L_0 と H_0/L_0 の関係図—3 A と t/T の関係

データほど、データ群の上方に位置しているという傾向が認められる。もし数時間の波の作用で平衡状態が得られるならば、このような傾向は認められないであろう。

図中の直線群は次式で表わされる。

$$X_{BC}/L_0 = A(H_0/L_0)^{0.8} \quad (1)$$

ここに、 A は t/T の関数である。次に A と t/T との関係を図示すると 図—3 の直線のようにになる。しかし大きな t/T に対しては、図中の点線のように、 A はある一定値に漸近するものと思われる。ここで、この直線の方程式を求めてみると、

$$A = -67.4 + 20.5 \log(t/T) \quad (2)$$

となる。これを式 (1) へ代入すると、

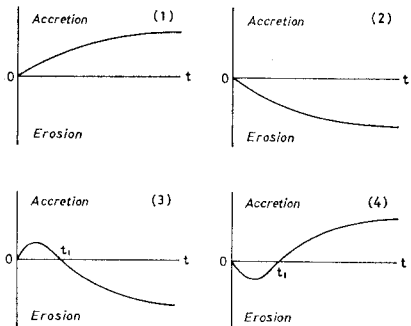
$$X_{BC}/L_0 = \{-67.4 + 20.5 \log(t/T)\}(H_0/L_0)^{0.8} \quad (3)$$

$0.8 \approx 1$ と考えると、同一周期の波に対して、 X_{BC} は沖波波高および波の作用時間が大きくなるとともに増大する。しかし実際には、作用時間が長くなると A は定常状態に達すると考えられるので、一定の沖波波高に対し

ては、 X_{BC} は一定値をとり海浜形状は平衡状態に達する。

上述したような範囲の実験条件に対しては、 t/T が 5×10^5 以上であれば、平衡状態が得られているといえよう。たとえば波の周期が 1 sec ならば 140 時間、2 sec ならば 280 時間程度波を作用させることが必要である。

実験条件のいかにかわからず、汀線付近を除いた水面下の領域では、波を作用しはじめてから数時間以内に起こった変化が、その後の波の作用で発達してゆくが、初期の状態に戻るいわゆる可逆的な現象は決してみられない。一方、汀線の変化状態をみると、図—4 (1)



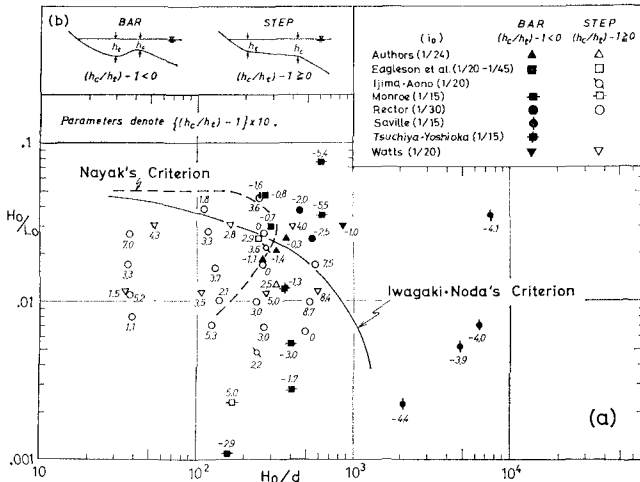
図—4 汀線位置の時間的変化を示す模式図

および (2) のような非可逆的变化を示す場合のみでなく、波の作用時間が少ないときには 図—4(3) あるいは (4) のような可逆的現象がみられる場合がある。図—1の実験結果および中村・大西・宮村²⁾、田中・新保³⁾の結果の中にもこのような可逆的变化の存在を示しているものがある。しかし、この変化もある時間 t_1 (図—4(3)および (4) 参照) を越すと、非可逆的となる。可逆変化を伴う実験の結果をみると、そのほとんどが波の作用時間20時間以内で生じており、20時間以降の汀線変化は非可逆の状態になっていると考えてよい。汀線の移動が最初から非可逆的变化を示すケースにおいても、このような可逆的現象を伴うケースにおいても、波の作用時間が20時間以上の状態で平衡状態に達していないものを、ここで「準平衡状態」とよぶことにする。

以下の実験結果に関する議論においては、波の作用時間が20時間以上に及ぶ実験の最終結果のみを対象にした。したがって、準平衡状態に達している結果のみならず、平衡状態あるいはそれに近い状態に達している結果も含まれている。

3. 海浜形状

岩垣・野田⁴⁾は、 H_0/d と H_0/L_0 という2つの無次元量を用いて実験結果を整理し、沿岸砂州の発生限界を明らかにしている。一方、Nayak⁵⁾は底質の比重 s の効果を考慮した無次元量 $H_0/(s-1)d$ と H_0/L_0 とでその発



図—5 沿岸砂洲の発生限界

生限界を論じている。前者の研究で用いられた実験結果は、波の作用時間が数〜200 時間の範囲のものであり、後者においては2〜3 時間のものである。

図—1 の実験結果が示すように、波の作用時間が長くなるにつれて step 型の海浜から bar 型へと変化する場合もあるし、この逆のケースもみられる。中村・大西・宮村¹⁰⁾は、bar あるいは step 型への移行過程において、sand wave 型の地形が出現したケースがあることを報告している。このように、平衡状態に達する以前においては海底地形のタイプは時間の関数である。

そこで前述の基準に従い、波の作用時間が20時間以上に及ぶ実験のうち最終結果のプロファイルが利用できる資料^{11)~17)}を用い、岩垣・野田の無次元量で整理し、沿岸砂洲の発生限界を検討した。結果を図—5(a) に示す。なお、ここでは海底地形の定量的表現を試みた。図—5(b) に示すように沖側の傾斜変換点における水深を h_c 、岸側のものを h_t とし、 $\{(h_c/h_t)-1\}$ を計算し、この値が負でしかも絶対値が大きいほど顕著な bar 地形、正またはゼロならば step 地形であることを示している。図—5(a) 中のパラメーターは $\{(h_c/h_t)-1\} \times 10$ を示し、黒および白の記号はそれぞれ bar および step 地形を表わしている。図中の実線および点線はそれぞれ岩垣・野田および $s=2.65$ とした Nayak の発生限界を示す。ともに十分に満足できる結果を与えているとはいえない。

海底地形に関するこのような

議論において、まず問題となるのが bar・step 地形の判定であろう。田中・新保¹⁸⁾も述べているように、その判定が非常に困難な場合があり、判定にかなりの主観が入るケースが多い。

そこで、bar・step という地形に着目せずに、図—6 の挿入図に示すような3つの地形に分類して海浜変形を再考察した。以下に汀線の「前進」・「後退」は4. の現地資料の解析の場合を除き、すべて初期汀線位置 ($t=0$ における汀線位置) を基準として表わす。

タイプ I : 汀線が後退し、沖において砂が堆積するタイプ

タイプ II : 汀線が前進し、沖において砂が堆積するタイプ

タイプ III : 汀線が前進し、沖において砂が堆積しないタイプ

すべての海浜変形は、かなり客観的に上述のいずれかのタイプに分類できる。図—5(a) を描くときに用いた資料をもとにして、縦軸に H_0/L_0 、横軸に d/L_0 をとって、プロットしたものが図—6 である。

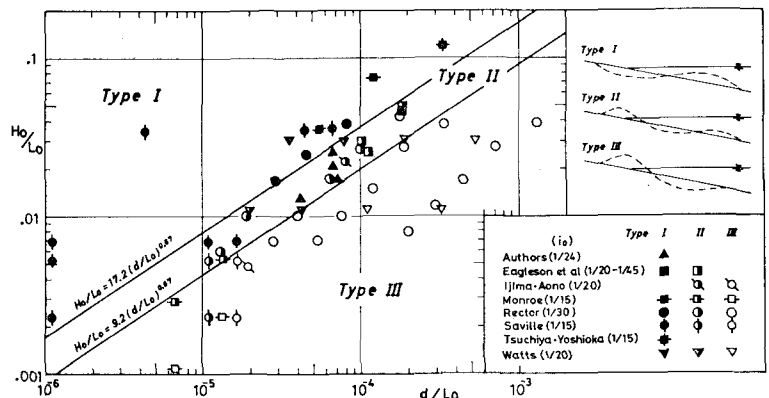
$$H_0/L_0 \geq 17.2(d/L_0)^{0.67} \dots\dots\dots (4)$$

の領域に入るものはタイプ I、

$$H_0/L_0 \leq 9.2(d/L_0)^{0.67} \dots\dots\dots (5)$$

の領域に入るものはタイプ III である。一方、タイプ II は $9.2(d/L_0)^{0.67} \leq H_0/L_0 \leq 17.2(d/L_0)^{0.67} \dots\dots\dots (6)$ の領域に入るが、必ずしもタイプ II のみがこの領域に入るのではなく、タイプ I および III もこの領域に入る。

底質粒径の異なる海浜に、同じ沖波特性をもつ波が作用した場合、粒径の小さい所ではタイプ I、粒径の大きい所ではタイプ III の海浜変形が生ずる。なお、この中間の粒径の所ではタイプ II の変形が現われる場合がある。また、同じ粒径の底質で構成される海浜に、周期は同じ



図—6 海浜変形のタイプ分け

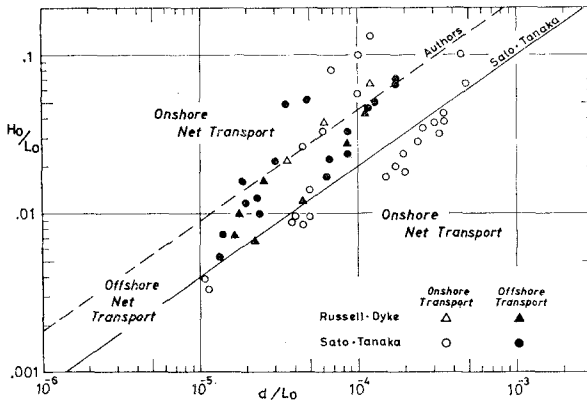


図-7 沖浜帯における砂の移動方向

であるが、沖波波高が異なる波が作用すると、波高の大きい所ではタイプⅠ、小さい所ではタイプⅢの変形が現われ、これらの中間の波高の所ではタイプⅡの変形が生ずることがある。

図-7は沖浜帯（沿岸砂州の沖側）での砂の移動方向を明らかにするため、佐藤・田中¹⁹⁾が2次元造波水路を用いて水平床で行った実験の結果に、Russell・Dyke²⁰⁾の実験結果を書き加えたものである。一定の d/L_0 に対して、 H_0/L_0 が小さいときには岸向きの移動が生じ、 H_0/L_0 が増大するにつれて、沖向きとなり、さらに H_0/L_0 が大きくなると岸向きになる傾向が認められる。図中の実線は岸向きと沖向きの領域を区別する佐藤・田中の限界を示す。一方、もう1つの限界について佐藤・田中は区別できないと述べているが、Russell・Dykeの結果を合わせ考えると、図中の点線で示した限界が存在するように思われる。

この図と図-6とを比較してみると、タイプⅠおよびⅢの海浜変形を起こすような領域が岸向きの砂移動の領域と、タイプⅡの領域が沖向きの領域とほぼ一致することは興味のあることである。これらの関係をもとに、おのおのの海浜変形のタイプにおける沖浜帯での砂移動の

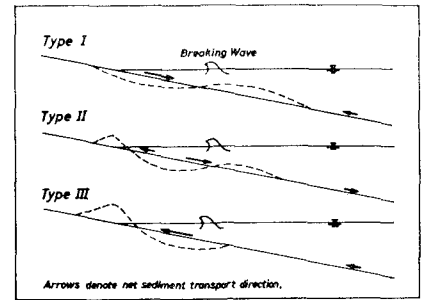


図-8 海浜変形のタイプと砂の移動方向を示す模式図

方向を図示してみると、図-8 のようになる。図中、砕波帯内での砂移動の方向は地形変化より判断して描いたものである。移動方向から推定して、顕著な bar 地形はタイプⅠの領域に、step 地形はタイプⅢの領域に、その中間型の地形はタイプⅡの領域に生じやすいといえよう。

4. 汀線変化

既往の資料の中には、海浜変形のプロファイルは示されていないが、汀線の前退・後退に関する記録が記載されている資料がある。これらの資料^{21)~23)}ならびに図-6を作るときに用いた資料を上記の無次元量 H_0/L_0 と d/L_0 とで整理したものが図-9である。なお、前述したように、これらの資料はすべて、波の作用時間が20時間以上に及ぶ実験の最終結果である。

$$H_0/L_0 \geq 17.2(d/L_0)^{0.67} \dots\dots\dots (7)$$

の条件を満足する場合は、汀線が後退し、

$$H_0/L_0 \leq 9.2(d/L_0)^{0.67} \dots\dots\dots (8)$$

の場合は前進する。そして、この中間の条件、すなわち

$$9.2(d/L_0)^{0.67} \leq H_0/L_0 \leq 17.2(d/L_0)^{0.67} \dots\dots\dots (9)$$

のときには、前進する場合も後退する場合もある。

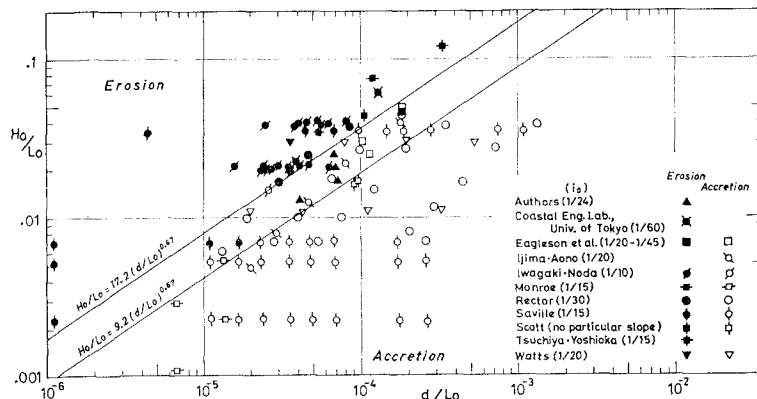


図-9 実験資料による汀線の前退・後退の限界

これらの結果は、図-6において汀線変化のみに着目した場合と全く同じであるが、データ数の多い図-9のほうが信頼度が高いといえる。

同じ沖波特性をもつ波が海岸に作用した場合、底質の粒径が小さい所では汀線は後退し、大きい所では前進する。また、底質の粒径が同じで、襲来する波の周期が同じであるならば、沖波波高が大きいときは汀線は後退し、小さいときは前進する。これは、波の荒いときは侵蝕、

表-1 現地資料の整理結果

場 所	汀線変化	波浪特性〔波高 H (m), 沖波波高 H_0 (m), 沖波波長 L_0 (m), 周期 T (sec)〕 および 底質粒径 d (mm)	期 間	備 考	
日高海岸厚賀 ²⁴⁾	前 進	$H_0=2.5\sim3.0$ $d=0.6\sim1.0$	$H_0/L_0=0.015\sim0.02$ $d/L_0=3.0\sim8.0\times10^{-6}$		夏から秋にかけての台風期の波浪による
高知海岸久枝 ²⁵⁾	前 進	$H=2.5\sim5$ $T=11\sim14$ $d=2\sim5$	$H/L_0=0.008\sim0.026$ $d/L_0=6.54\times10^{-6}\sim2.86\times10^{-5}$	1960.8.20~29	
鹿島海岸 ²⁶⁾	後 退	$H^*=3.36$ $T^*=8.2, 10.4$ $d=0.2\sim0.3^{27)}$	$H_0/L_0=0.020$ $d/L_0=1.18\sim2.86\times10^{-6}$	1962.6~8	* 1962.8.20 20~22時の資料 波高計設置水深をもとに沖波波高に換算
Mission Beach ²⁸⁾	後 退	$T=10$ $d=0.2^*$	$H_0/L_0=0.008$ $d/L_0=1.2\times10^{-6}$		* 隣接地域の値より推定
Nags Head ²⁹⁾	後 退	$H_0=1.7$ $T=4.4$ $d=0.25^{30)}$	$H_0/L_0=0.055$ $d/L_0=8.3\times10^{-6}$	1964.2.27~28	波高設置水深をもとに沖波波高に換算
	後 退	$H_0=2.3$ $T=5.0$ $d=0.25^{30)}$	$H_0/L_0=0.059$ $d/L_0=6.4\times10^{-6}$	1964.2.28~29	
	後 退	$H_0=2.2$ $T=6.6$ $d=0.25^{30)}$	$H_0/L_0=0.033$ $d/L_0=3.7\times10^{-6}$	1964.2.29~3.1	
	前 進	$H_0=0.9$ $T=13.2$ $d=0.25^{30)}$	$H_0/L_0=0.0032$ $d/L_0=9.2\times10^{-7}$	1964.3.1 0418~1623	
North Atlantic Coast ³¹⁾	後 退	$H=3.1\sim3.7$ $T=8\sim10$ $d=0.2^{32)}$	$H/L_0=0.020\sim0.037$ $d/L_0=1.3\sim2.0\times10^{-6}$	1962.10~1963.1	
	前 進	$H=2.4\sim3.1$ $T=6\sim8$ $d=0.2^{32)}$	$H/L_0=0.024\sim0.054$ $d/L_0=2.0\sim3.6\times10^{-5}$	1963.1~8	
	後 退	$H=4.9\sim5.5$ $T=6\sim8$ $d=0.2^{32)}$	$H/L_0=0.049\sim0.097$ $d/L_0=2.0\sim3.6\times10^{-5}$	1963.8~1964.1	
	後 退	$H=4.3\sim4.9$ $T=6\sim8$ $d=0.2^{32)}$	$H/L_0=0.043\sim0.087$ $d/L_0=2.0\sim3.6\times10^{-5}$	1963.10~11	
Santa Margarita River Beach ³³⁾	前 進	$H_0=0.92$ $T=15.3$ $d=0.2$	$H_0/L_0=0.0038$ $d/L_0=8.5\times10^{-7}$	1949.6.27~7.12	
Surathkal Beach ³⁴⁾	前 進	H_0 (or H)=1 $d=0.2\sim0.4$	H_0/L_0 (or H/L_0)=0.002 $d/L_0=4.0\sim8.0\times10^{-7}$	1969 春期	
	後 退	H_0 (or H)=1.75 $d=0.2\sim0.4$	H_0/L_0 (or H/L_0)=0.003 $d/L_0=3.4\sim6.8\times10^{-7}$	1969.5.20~28	
東海村海岸 ³⁵⁾	後 退	$H_0=4.7\sim5.7$ $T=11.6$ $d=0.25\sim1^{36)}$	$H_0/L_0=0.022\sim0.027$ $d/L_0=1.19\sim4.76\times10^{-6}$		台風 5821 号による 波高計設置水深をもとに沖波波高に換算
Western Coast of Taiwan ³⁷⁾	後 退	H_0 (or H)=2~3 $T=6\sim8$ $d=0.2$	H_0/L_0 (or H/L_0)=0.02~0.03 $d/L_0=2.0\sim3.6\times10^{-6}$		冬期波浪による
	後 退	H_0 (or H)=7 $T=12$ $d=0.2$	H_0/L_0 (or H/L_0)=0.03 $d/L_0=8.9\times10^{-7}$		夏期台風時の波浪による

穏かなときは堆積と一般に言われていることを示すものである。

なお、初期汀線からの変位 X_s と沖波の特性とで作った無次元パラメータ X_s/H_0 あるいは X_s/L_0 を用い、図-9において、汀線変化の規模を定量的に表わすことを試みたが、系統的な結果を得ることはできなかった。これは、ここで用いた資料が平衡状態に達しているもののみではないことに起因すると考えられる。

次に、上述の無次元量 H_0/L_0 (あるいは H/L_0) と d/L_0 とを用いて、現地資料の解析を試みた。ここに汀線の「前進」・「後退」は、対象とする期間の始めにおける汀線位置を基準として表わす。汀線変化を惹起したときの波の資料が記載されている場合は、その波の記録を用いた。一方、ある期間の汀線変化を示す資料とともに、その期間の波浪記録が時系列あるいは出現頻度として表わされている資料においては、波高はその期間中最大のものを、周期はその最大の波高に対応するものを選んだ。なお、汀線変化および波浪に関する資料はあるが、底質粒径の資料に欠ける場合は、他の資料で補った。

表-1 に示す結果を図示したものが 図-10 である。データ数が不足しているが、

$$H_0/L_0 \text{ (or } H/L_0) \geq 83.5(d/L_0)^{0.67} \dots\dots\dots(10)$$

という条件下では汀線が後退し、

$$H_0/L_0 \text{ (or } H/L_0) \leq 42.9(d/L_0)^{0.67} \dots\dots\dots(11)$$

という領域では前進する傾向が認められる。現地資料による汀線の前退の限界と先に実験資料から求めた限界(図-10中の点線)とを比較すると、現地の結果が全体に左へ one order 移動している。

現地資料をこのような無次元量で整理する場合、(1)実験水路でみられるような海浜変形現象の2次元性がどの程度保たれているのか、(2)高さ・周期が時間的に変化する波浪条件のもとにあって、海浜変形が平衡状態に達するまでの時間はどのくらいであるのか、(3)一般に底質粒径は、場所および時間の関数であるので、どこで、いつ採取された底質の値を用いるのが妥当であるのか、(4)海浜変形に及ぼす潮位の影響はどの程度であるのか、などの諸問題を今後解決してゆかねばならないであろう。

参 考 文 献

- 1) 井島武士・青野 尚: 海岸汀線物質の砂堆積におよぼす影響 (第1報), 第6回海岸工学講演会講

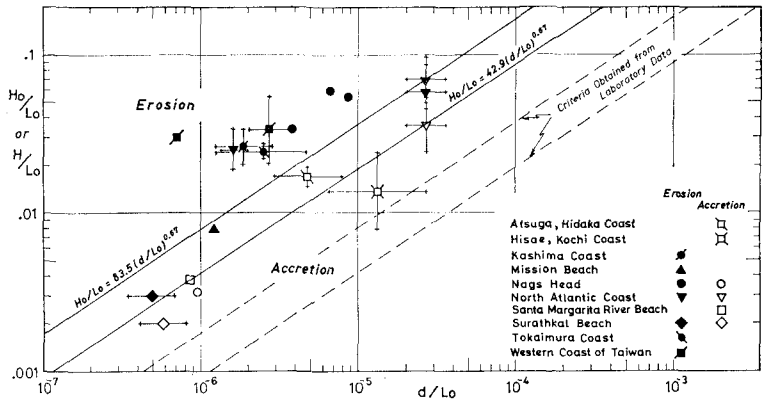


図-10 現地資料による汀線の前退・後退の限界

演集, pp. 49~56, 1959.

- 2) Rector, R. L.: Laboratory Study of Equilibrium Profiles of Beaches, B. E. B., Tech. Memo. No. 41, 38 pp., 1954.
- 3) 篠原謹爾・椿東一郎・斎藤 隆: 漂砂と波の特性に関する研究, 第5回海岸工学講演会講演集, pp. 61~64, 1958.
- 4) 田中則男・新保 修: 移動床模型実験用底質材料としての石炭粉の特性について, 港湾技術研究所報告, 第12巻第1号, pp. 3~57, 1973.
- 5) Watts, G. M.: Laboratory Study of Effect of Varying Wave Periods on Beach Profiles, B. E. B., Tech. Memo. No. 53, 19 pp., 1954.
- 6) 中村 充・大西亮一・宮村長生: 離岸堤による海岸変形について——二次元の場合——, 第19回海岸工学講演会論文集, pp. 65~70, 1972.
- 7) 前出 4).
- 8) Iwagaki, Y. and H. Noda: Laboratory Study of Scale Effects in Two-Dimensional Beach Processes, Proc. 8th Conf. Coastal Eng., pp. 194~210, 1962.
- 9) Nayak, I. V.: Equilibrium Profiles of Model Beaches, Proc. 12th Conf. Coastal Eng., pp. 1321~1340, 1970.
- 10) 前出 6).
- 11) Eagleson, P. S., B. Glenne and J. A. Dracup: Equilibrium Characteristics of Sand Beaches in the Offshore Zone, B. E. B. Tech. Memo. No. 126, 66 pp., 1961.
- 12) 前出 1).
- 13) Monroe, F. F.: Oolitic Aragonite and Quartz Sand: Laboratory Comparison under Wave Action, C. E. R. C. Misc. Paper No. 1-69, 29 pp., 1969.
- 14) 前出 2).
- 15) Saville, T., Jr.: Scale Effects in Two Dimensional Beach Studies, Proc. 7th General Meeting, I. A. H. R. pp. A3-1~8, 1957.
- 16) 土屋義人・吉岡 茂: 風波による海浜変形に関する実験的研究 (1), 第25回年次学術講演会講演集, 第2部, pp. 97~98, 1970.

- 17) 前出 5).
 - 18) 前出 4).
 - 19) 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, pp. 95~100, 1962.
 - 20) Russell, R. C. H. and J. R. J. Dyke: The Direction of Net Sediment Transport Caused by Waves Passing over a Horizontal Bed, Proc. 10th. Congress, I. A. H. R., pp. 41~46, 1963.
 - 21) 東京大学工学部土木工学科港湾研究室: 新潟海岸養浜模型実験報告書, 172 pp., 1970.
 - 22) 前出 8).
 - 23) Scott, T.: Sand Movement by Waves, B. E. B., Tech. Memo. No. 48, 37 pp., 1954.
 - 24) 尾崎 晃: 漂砂による小港湾埋没防止対策に関する一考察, 第19回海岸工学講演会論文集, pp. 47~51, 1972.
 - 25) 上森千秋: 高知海岸の漂砂浜について, 第14回海岸工学講演会講演集, pp. 280~285, 1967.
 - 26) 運輸省第二港湾建設局・港湾技術研究所・茨城県: 鹿島工業港の自然条件について (第2報), 294 pp., 1962.
 - 27) 井島武士・佐藤昭二・田中則男: 鹿島港湾海岸の漂砂について, 第11回海岸工学講演会講演集, pp. 175~183, 1964.
 - 28) 前出 15).
 - 29) Sonu, C. J.: Collective Movement of Sediment in Littoral Environment, Proc. 11th. Conf. Coastal Eng., pp. 373~400, 1968.
 - 30) Sonu, C. J. and J. L. Van Beek: Systematic Beach Changes on the Outer Banks, North Carolina, J. Geol., Vol. 79, pp. 416~425, 1971.
 - 31) Darling, J. M.: Seasonal Changes in Beaches of the North Atlantic Coast of the United States, Proc. 7th. Conf. Coastal Eng., pp. 236~248, 1960.
 - 32) MacCarthy, G. R.: Coastal Sands of the Eastern United States, Am. J. of Sci., Vol. 22, pp. 35~50, 1931.
 - 33) Wiegel, R. L., D. A. Patrick and H. L. Kimberley: Wave, Longshore Current and Beach Profile Records for Santa Margarita River Beach, IER., Univ. of Calif., Ser. 3, Issue 357, 6 pp., 1953.
 - 34) Suryaprakasa Rao, P. and P. Kassim: Field Study of Surathkal Beach, Proc. 12th. Conf. Coastal Eng., pp. 1365~1381, 1970.
 - 35) 日本原子力発電株式会社: 東海村海岸調査報告書 (第2報), 77 pp., 1960.
 - 36) 日本原子力発電株式会社: 東海村海岸調査報告, 原電資料, 第1号, 83 pp., 1962.
 - 37) Chang, K. S. T. and F. L. W. Tang: Studies on the Shore Process and Wave Features of the Western Coast of Taiwan, Proc. 12th. Conf. Coastal Eng., pp. 729~737, 1970.
-