

# 大樹附近の波浪特性と海岸

正員 戸 卷 昭 三\*

## 1. ま え が き

太平洋十勝沿岸に位置する大樹は、十勝港、音調津漁港より、各々北東23 km, 30 km, また厚内漁港の南西48 kmに位置し、地元沿岸漁業を主とする第1種漁港が、その中心となっている天然のしかも単調な砂浜海岸である。

大樹漁港を建設するにあたり、沿岸波浪の実体を明らかにするため、昭和35年より波高、風向、風速等の観測を行っているが、40年1月の波浪により汀線が約25 m欠壊流出する災害を受け、現在これに対する災害復旧工事を実施中であるが、ここに40年1月～12月まで得られた波浪観測の成果より、波浪特性と海岸に関する若干の問題点について考察を試みたものである。

## 2. 地 形

日高山脈を境とし、北東に位置する十勝海岸の内陸部には広大な十勝平野を有し、また海岸線は内側に凹の弧状をなし、襟裳岬より十勝港まで95 kmは岩礁及び玉石砂利質の海岸であり、それより北東に行くに従い砂浜で一部砂利も見受けられるが、厚内、白糠附近は全くの砂浜を形成している。そのやや中心に位置する大樹は、南西歴舟川から北東ホロカヤード沼まで、海岸延長約12 kmに至る比較的平坦で単調な海岸であり、しかも外海に開放された位置に立地している。このため季節的に来襲するうねりおよび高

波がこの海岸に対しては直接作用して、波浪により時には侵食、堆積を受ける海岸でもある。また海底勾配は1/150の緩勾配で、その深浅も汀線に対しほぼ平行をなしている。

## 3. 風

十勝海岸は太平洋に面しているが、波浪は日本海のように風浪に限られることがなく、また台風も、この海域附近では勢力を失っているので、台風中心域が特に近づいた短時間だけの影響である。即ち台風の減衰域に入ることが多いといえることができる。

大樹漁港の標高11.4 mの個所で35～39年間で5カ年間1日2回(9, 15 h)の風の観測結果は、図-1より風向はWNW～NNWが特に卓越するほか、多回数を占めるものではなく、また平均風速は2.4～3.9 m/secの範囲にとどまっている。さらに表-1より、5.5 m/sec以上の風は3～5月で52.9%、9～11月で24.5%と春、秋にその割合が強く現われており、風向ではS～WSWが全体の39.8%で、それが5月には特に現われ26%も占めているのに対し、NNE～ENEは全体の21.5%で3～4月にはそのうち67%も占めている。また10 m/sec以上の風は、年4回記録されただけである。

従って、当海岸に来襲する波浪については、風の継続時間、平均風速等の観測された資料だけから簡単に沖波を推算することはかなり困難であるといえる。

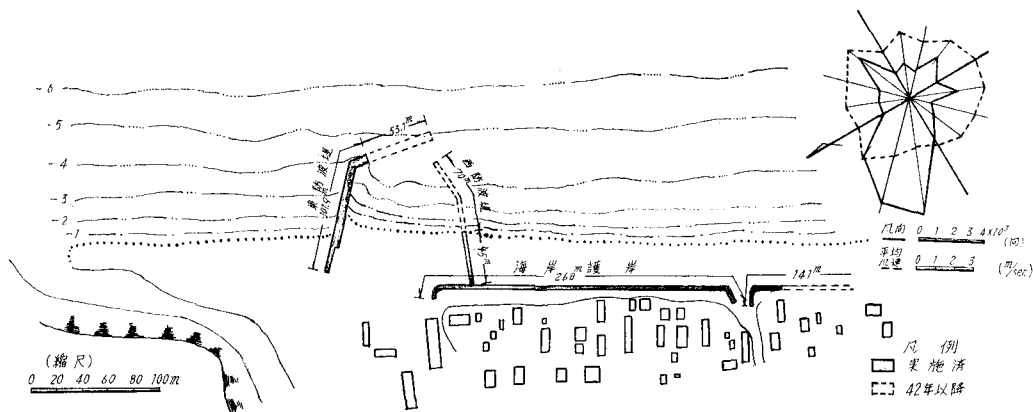


図-1 大樹漁港平面図

\* 北海道土木部港湾課

表—1 風速 5.5 m/sec 以上の月別方向別調

| 月  | 風 向      |      |          |          |     |     |    |     |     |      |     |      |     |     |      |     | 計         | %    |
|----|----------|------|----------|----------|-----|-----|----|-----|-----|------|-----|------|-----|-----|------|-----|-----------|------|
|    | N        | NNE  | NE       | ENE      | E   | ESE | SE | SSE | S   | SSW  | SW  | WSW  | W   | WNW | NW   | NNW |           |      |
| 1  | 1        |      | (1)      |          |     |     |    |     |     |      |     |      |     |     | 3    |     | 4<br>(1)  | 4.1  |
| 2  |          | 1    |          |          |     |     |    |     |     |      |     | 2    |     | 1   | 2    |     | 6         | 6.1  |
| 3  | 1<br>(1) | 9    | 1        | 1        |     |     |    |     | 1   | 1    | 1   | 2    | 1   |     | 1    |     | 19<br>(1) | 19.3 |
| 4  | 1<br>(1) | 5    |          |          |     |     |    |     | 2   |      |     | 2    | 3   |     | 1    |     | 14<br>(1) | 14.3 |
| 5  | 1        | 1    |          | 1        |     | 2   |    | 3   | 1   | 4    |     | 5    |     |     |      | 1   | 19        | 19.3 |
| 6  |          |      |          |          |     |     |    |     |     | 1    |     | 1    |     |     |      |     | 2         | 2.1  |
| 7  |          |      |          | 1        |     | 1   |    |     |     |      |     |      |     |     |      |     | 2         | 2.1  |
| 8  |          |      |          |          |     |     |    |     | 1   | 1    | 1   | 1    |     |     |      |     | 4         | 4.1  |
| 9  |          |      |          | 1<br>(1) | 1   | 1   |    |     |     |      | 1   | 1    | 2   |     | 2    |     | 9<br>(1)  | 9.2  |
| 10 |          |      |          |          |     |     |    |     |     | 1    | 1   | 1    |     | 1   |      |     | 4         | 4.1  |
| 11 |          |      |          |          |     |     |    |     | 1   | 3    | 1   | 1    | 1   | 2   | 1    | 1   | 11        | 11.2 |
| 12 |          |      |          |          |     |     |    | 1   | 1   |      |     |      |     | 1   |      | 1   | 4         | 4.1  |
| 計  | 4<br>(2) | 16   | 1<br>(1) | 4<br>(1) | 1   | 4   | 0  | 4   | 7   | 11   | 5   | 16   | 7   | 5   | 10   | 3   | 98<br>(4) |      |
| %  | 4.1      | 16.4 | 1.0      | 4.1      | 1.0 | 4.1 | 0  | 4.1 | 7.1 | 11.2 | 5.1 | 16.4 | 7.1 | 5.1 | 10.2 | 3.0 |           | 100  |

1. 本表は、40年1月～12月までの観測結果である。 2. 観測は、1日2回(9, 15h)。

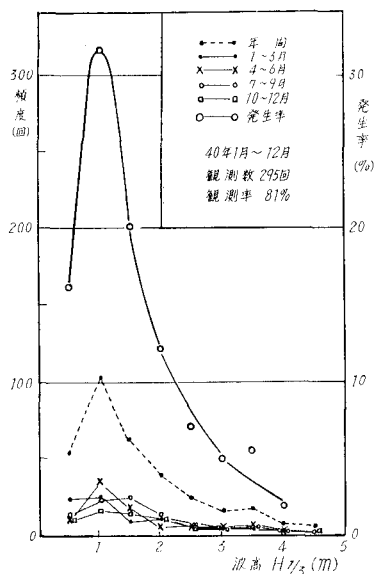
#### 4. 波 浪

現地の波浪観測は、汀線より760m沖合、水深-10mの位置に浮標を設置しスタヂヤ式波高計により1日2回(9, 15h)10分間観測としているが、波浪観測資料より波高、周期、波形勾配、波向等の頻度分布、さらに波形勾配

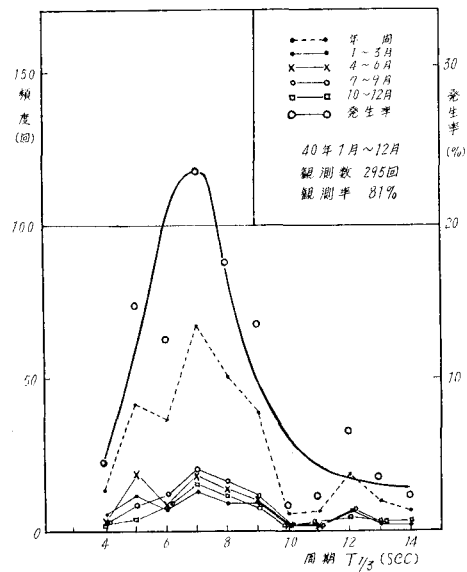
と波高の相関関係を示したのが図-2～7である。以下これにもとづいて波浪を考察してみる。

##### (1) 波 高

波高の頻度分布を対数正規分布とみなすと、1.5m未満の波が全体の70%もあり、1.0～2.5mまでの出現率は7～9月に多く、また平均波高は約1.25mである。即ち冬



図—2 ( $H_{1/3}$ ) 波高の頻度分布

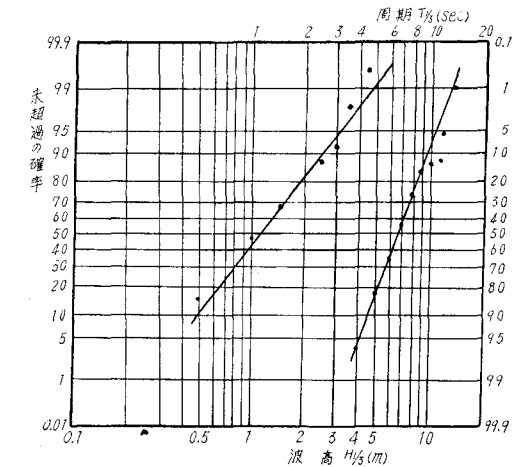


図—3 周期 ( $T_{1/3}$ ) 頻度分布

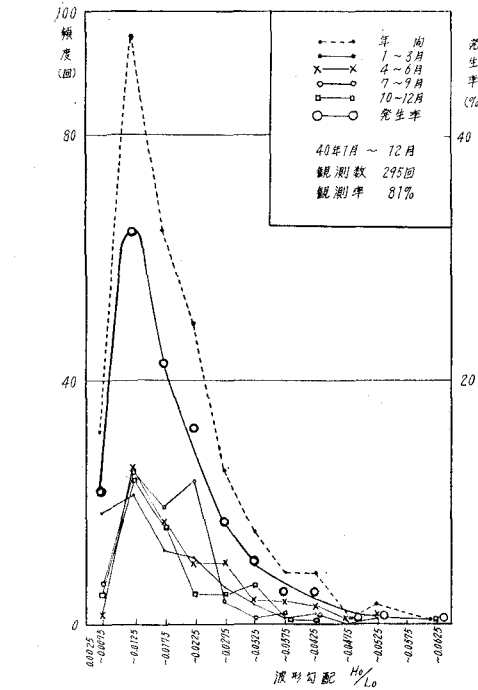
季節の波浪は比較的平穏であるにもかかわらず、夏季は低気圧によるうねりの状態が長時間継続するのが当海岸の波浪の特色であり、いままでは観測した最大波高は40年1月9日の冬季風浪で、波高観測浮標点では既に碎波して5.96 mに達し、浮標より汀線までの波長は22 cm ぐらいと観測された。

### (2) 周 期

10 sec 未満の周期が全体の92%を示しており、また平均周期が8~9 secであることは、比較的周期の大きいことを意味し、7~9月には7~9 secのピークが現われ、次いで



図一4 波高周期出現率



図一5 波型勾配頻度分布

4~6月、10~12月、1~3月の順に小さくなっている。

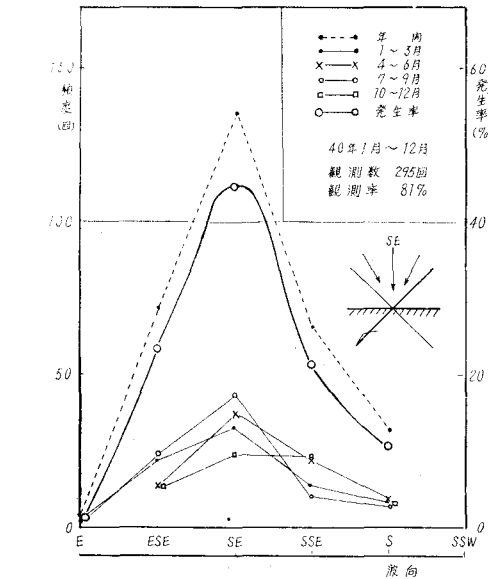
### (3) 波形勾配

当海岸の周期が波高に比して大きいので波形勾配は小さく、図-5に示したように0.0075~0.0125が最大値で全体の32%、平均波形勾配は0.0125~0.0175であり、また0.030までが全体の92.9%も占めている。

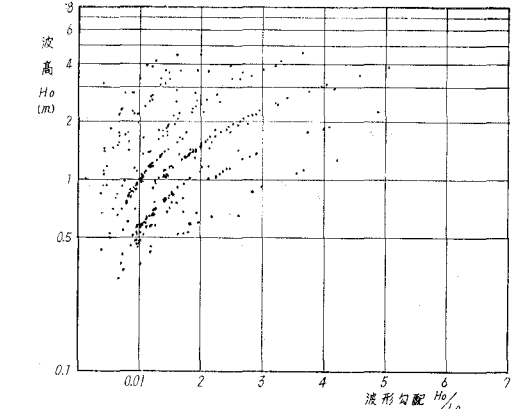
J. W. Johnson が海浜を分つ限界条件として  $H_0/L_0$  が0.025~0.030の時であると指適しているが、当海岸はその点からいえば一応正常と考えられる。

### (4) 波 向

波向は波高観測の際、目視観測によったものであるが、図-6の頻度分布より汀線に対し直角、即ちSE方向が全体の51%、ESE、SSE方向は各々同数の22%で、ほとんどの波浪は季節的に関係なく汀線にはほぼ直角に来襲すると考えてよいようである。



図一6 波向頻度分布



図一7 波型勾配と波高の相関



写真—1 大 樹

## (5) 波形勾配と波高

当海岸は波形勾配が小さく、低気圧性の波浪であることが特徴で、海岸の漂砂の問題を考察するにあたって波形勾配に対する波高の範囲を求めたのが 図-7 である。これより 0.025 の波形勾配に対し波高は 0.8~4.0 m (平均 2.4 m) のバラツキがあり、全体的に波形勾配が大きくなるにつれて波高の範囲が大きくなる傾向を示している。

## 5. 海 岸

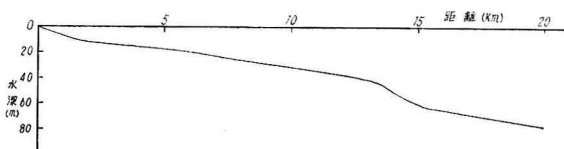
当海岸は、漁港修築工事着工にあたり、地形並びに深浅測量を 25 年に初めて行ない、さらに修築状況に応じ、その都度部分的に実施しているが、27 年 3 月の十勝沖地震の結果、十勝海岸の広尾から厚内迄の約 76 km は平均 55 cm、大樹附近では 0.16~1.56 m の沈下があったことが、27~29 年まで地理調査所で調査した道内一等水準点標高改測値より判明し、現地においても海岸汀線が 10 m 程度後退し漁港を中心とし汀線 450 m に T 型石砕突堤 8 基を設置し、その海岸線の後退を防いでいた。しかるに昭和 40 年 1 月 9 日の冬季風浪により 図-10 のように海浜土砂 1 m 当り約 100 m<sup>3</sup> 欠壊流出し、汀線が大きく後退したが、現在は汀線が前進し 25 年当時とやや同一の状態を呈するようになった。大樹は十勝海岸の一部であるため、この海岸の漂砂現象と関連するものと考えられる。



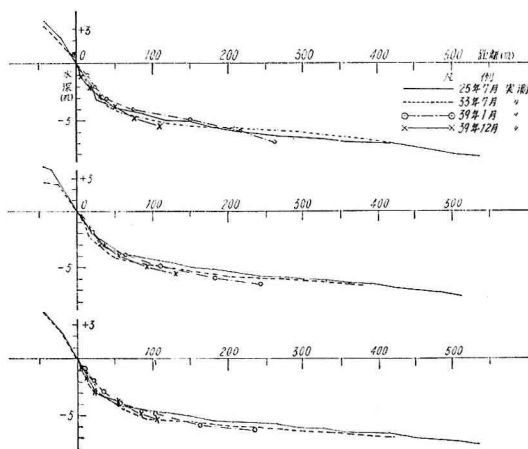
写真—2 40 年 1 月 9 日被災状況

## (1) 海岸の形状

海岸の海底勾配については 25~39 年迄 4 回にわたって深浅測量をし、図-8~9 に海図と漁港附近の一部の 3 断面について示したがこれによれば海岸は汀線より 50 m (水深 -4 m) までは 1/12 の急勾配で、さらに 1/150 の緩勾配



図—8 海底勾配 (海図)



図—9 海 底 勾 配

の遠浅に続いているのが沖合 600 m (水深 -7 m) まで実測した結果より得られた。さらに海図によれば、汀線から 2,000 m 附近まで 1/160 程度の勾配で、これから沖合は 1/560 の緩やかな勾配で傾斜しているのがみられる。一方等深浅は実測の場合も海図でも汀線に平行しており、また何れの時期においても砕波帯における変化即ち沿岸砂州の形成は見られなかった。このことは、不規則波の発生を海底勾配のゆるやかなことなどに起因するものと思われる。この沿岸砂州の発生限界に関しては沖波波形勾配のみに規定されず、底質粒径と波の大きさの比も重要な要素とすべきことを R. L. Rector によってみだされ、さらに京大の岩崎・野田博士等の沿岸砂州発生限界よりみても明白である<sup>1)</sup>。

図-5 より当海岸に通常来襲する波浪の波形勾配は 0.0125~0.0175 であり、さらに 図-7 よりそれに対応する波高は 0.5~4.0 m (平均 2.2 m) であることが求められるが、汀線附近で採取した砂の中央粒径  $d_{50} = 2 \text{ mm}$  と水深 -4.5 m の所で採取した砂の中央粒径  $d_{50} = 0.18 \text{ mm}$  に対する波の大きさの比と波形勾配の関係より沿岸砂州発生限界を求め



海岸現況

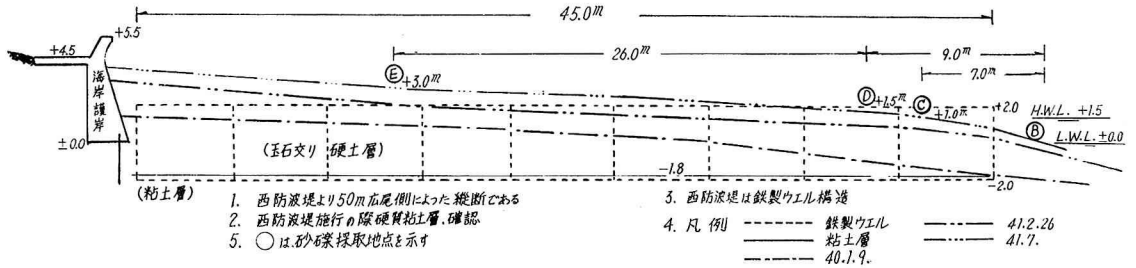


図-10 海岸勾配

てみると、 $d_{50}=2\text{ mm}$  に対しては沿岸砂州が発生するはずであり、またその波形勾配で底質粒径の小さい  $d_{50}=0.18\text{ mm}$  でも同様な結果が推定されるが、しかし前述のように波浪の不規則性と底質粒径の変化等によって、沿岸砂州が発生しないものと考えられる。さらに、40年1月9日の冬季風浪により一時に図-10に掲げたように、1m当り100 $\text{m}^3$ の侵食をみたが、その後海岸の侵食、堆積を繰返し41年2月には殆んど海浜が回復されており、波浪の変動がいちじるしく大きく、侵食と堆積とが重合して沿岸砂州発生のいとまがなかったものと考えてよいであろう。

## (2) 波による砂礫の移動

海浜の砂礫の移動には汀線に直角或いは平行方向の移動があり、これの起因するものは、波のエネルギー波の入射角、底質、海底勾配および沖波特性などの諸要素に支配されるが、一方海浜に堆積される砂礫の粒径によって前浜勾配に変化がみられ、大樹海岸では東防波堤を基準にすれば表-2のようである。これより東防波堤附近では、比較的急勾配をなしているが150m程度よりほぼ同一勾配となり、また汀線で採取した砂の中央粒径も150m附近からは2mmで一定であった。このことを Beach Erosion Board に示されている中央粒径と前浜勾配との関係図<sup>1)</sup>にプロットしてみると、大樹海岸は粒径に比して勾配がやや緩やかであることから本海岸は、堆積現象が侵食よりやや卓越し

ているのではないと思われる。

また前浜の回復、即ち前浜の堆積経過は図-10に掲げたが、汀線に直角方向の底質中央粒径は満潮汀線より前方のものは波浪の影響により随時変化するが、一応これも含めてその汀線より浜側の直角方向の底質粒径と分布より侵食

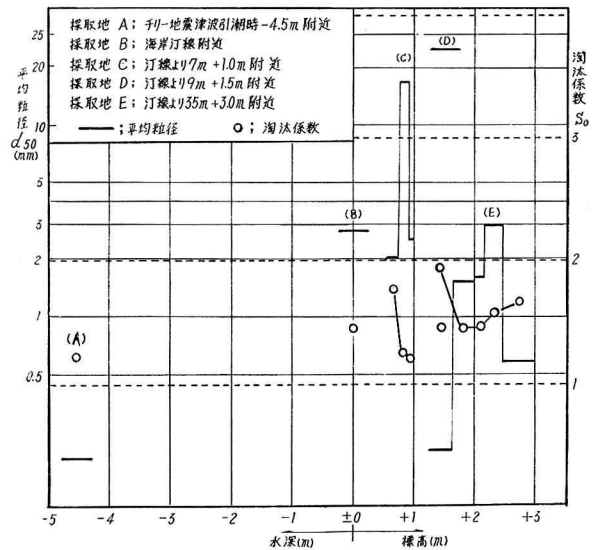


図-11 汀線と直角方向の底質粒径分布と淘汰係数

表-2 前浜勾配

| 大 津 側 |      |        | 距 離 (m)            | 広 尾 側  |      |      |
|-------|------|--------|--------------------|--------|------|------|
| 200   | 150  | 11     |                    | 7      | 60   | 300  |
| 1/25  | 1/23 | 1/13   | 前浜勾配 L.W.L.~H.W.L. | 1/12   | 1/20 | 1/23 |
| 1/27  | 1/27 | 1/24.2 | 前浜勾配 H.W.L. 以上     | 1/28.6 | 1/26 | 1/27 |

距離は、東防波堤を基準にして測ったものである。

堆積の作用について考察してみる。

図-11 より現在汀線より 35 m の採取地点 E の被災時の地盤は +1.1 m で、これより以上のものが新たに堆積されたものと思われ、今回は +1.25 m より以上の土質の垂直分布を調査してみた。まず E 地点の +1.25 ~ +3.0 m までの堆積分布は 5 層になっており、堆積状態は E 地点では一層 35 ~ 55 cm に対し C 地点では 10 ~ 20 cm の厚さである。また中央粒径も E 地点では、微粒砂 0.2 mm から 3 mm までなのに対し、C 地点では 2 ~ 6.7 mm と粒径が非常に大きくなっており、また底質の粒度に関する淘汰係数では、粒径が大きく変化があっても 2 以下で、下層になるに従い粒径は小さく不揃いとなるが淘汰係数はやや大きくなっている。さらに E 地点最下層部から +1.6 m までの淘汰係数が 1.97 で粒径が比較的不揃いになっており、しかも水深 -4.5 m の粒径と殆んど同一である

また C、D 地点で  $D_{50}=17, 23$  mm の砂利が採取されたが、これは季節的に関係なく、主として波浪の大きいときで、例えば  $H_0/L_0=0.014$ ,  $H_0=3.0\sim3.6$  m, 波向 SE の波浪が 3 日間継続した際に、 $D_{50}=31$  mm の砂利が前浜に堆積しているのがみられた。これらの結果から、C 地点では侵食と堆積とがほぼ平衡し、E 地点ではそのバランスがしばしばくずれ、C と D 地点は、特に侵食と堆積の交互作用がいちじるしいことが推定される。

(3) 沿岸流

波による砂礫の移動で、海浜における漂砂現象と密接な関係をもつ沿岸流と波高、および波向について考察してみる。沿岸流の観測にあたって、波高観測の際沿岸流による浮漂の向きを波高観測と同時観測をして求めた。その結果は表-3 に掲げた月別沿岸流方向であるが、35 ~ 38 年まで ENE、S 方向の回数はほぼ同一傾向で何れが卓越しているものとは判定されないが、39 年からはむしろ ENE の傾向がめだって現われてきたようにみえる。

海底の底質は粒径混合の状態によって変化はあるが、一

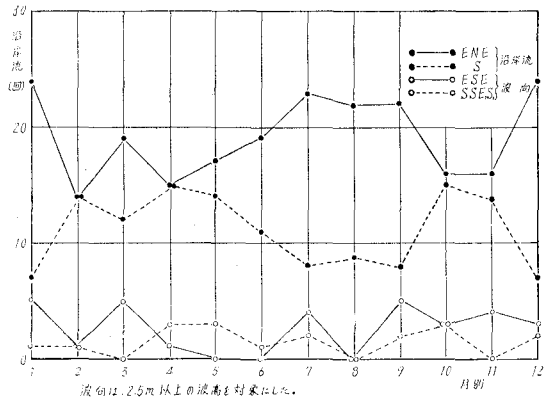


図-12 沿岸流と波向の相関

表-3 沿岸流方向別

| 年          | 沿岸流 | 月 別 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 計   |
|------------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
|            |     | 1   | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |     |
| 35         | ENE | 26  | 20 | 13 | 9  | 14 | 15 | 10 | 9  | 20 | —  | —  | —  | 136 |
|            | S   | 5   | 5  | 18 | 21 | 17 | 16 | 21 | 22 | 10 | —  | —  | —  | 139 |
| 36         | ENE | 9   | 10 | 13 | 13 | 13 | 19 | 15 | 21 | 15 | 11 | 11 | 11 | 161 |
|            | S   | 22  | 18 | 18 | 17 | 18 | 11 | 16 | 10 | 15 | 20 | 19 | 20 | 204 |
| 37         | ENE | 19  | 14 | 17 | 16 | 11 | 13 | 18 | 19 | 16 | 19 | 17 | 19 | 198 |
|            | S   | 12  | 14 | 14 | 14 | 20 | 17 | 13 | 12 | 14 | 12 | 13 | 12 | 167 |
| 38         | ENE | 17  | 13 | 11 | 12 | 12 | 18 | 15 | 18 | 11 | 22 | 18 | 14 | 181 |
|            | S   | 14  | 15 | 20 | 18 | 19 | 12 | 16 | 13 | 19 | 9  | 12 | 17 | 184 |
| 39         | ENE | 18  | 18 | 15 | 19 | 13 | 17 | 23 | 23 | 16 | 21 | 18 | 21 | 222 |
|            | S   | 13  | 11 | 16 | 11 | 18 | 13 | 8  | 8  | 14 | 10 | 12 | 10 | 144 |
| 月 別<br>発生率 | ENE | 58  | 52 | 44 | 46 | 40 | 54 | 52 | 58 | 52 | 58 | 53 | 52 | 898 |
|            | S   | 42  | 48 | 56 | 54 | 60 | 46 | 48 | 42 | 48 | 42 | 47 | 48 | 838 |
| 40         | ENE | 24  | 14 | 19 | 15 | 17 | 19 | 23 | 22 | 22 | 16 | 16 | 24 | 231 |
|            | S   | 27  | 14 | 12 | 15 | 14 | 11 | 28 | 9  | 8  | 15 | 14 | 7  | 134 |
| 41         | ENE | 20  | 17 | 16 | 11 | 19 | 21 | 16 | 16 | 21 | —  | —  | —  | 157 |
|            | S   | 11  | 11 | 15 | 19 | 12 | 9  | 15 | 15 | 9  | —  | —  | —  | 116 |

般に ESE 方向の波によって砂を、SSE 方向の波によって砂利を前浜に堆積する傾向がある。これは図-12に掲げた40年の沿岸流と波向の相関より、全体的に ENE 方向の沿岸流は S 方向より年間を通じて大きく卓越しており、両者は2月、4月、10月が節となり、1月、3月、6~9月、12月等の冬季風浪と台風期に、ENE 方向が大きく上まわっている。一方波向は、ESE 方向が1、3、7、9、11月において SSE、S 方向より回数が多く、一般に波向と沿岸流の ENE 方向の回数が S 方向より多いことは、図-11の底質粒径分布で砂質が砂利質より多く、また層厚が厚かったことから推定される。即ち冬季風浪の11~1月、3月および台風期の7~9月において広尾方向に向く漂砂の移動が行なわれる。しかしながら現在、漁港の東防波堤が100m 築設されており、上手側(広尾側)が下手側(大津側)より汀線が12m 程度前進しているが、この状態は季節的ではなく、その時の波浪により急激にが化が生じ、さらに海浜には砂利がしけ時に堆積するのがみられる。これは沿岸流の S 方向が ENE 方向より全般的に回数は少ないが、波向 SSE、S と沿岸流 S 方向とがしけ時に合致したためと考えられ、漂砂の移動を最も大きく支配するしけ時の流れは完全に波に支配されるものであると推定される。また波向が海岸となす角が大きければ沿岸流の強さも大きくなり、さらに波高の大きい程その傾向が強いといえる。前述のように波浪特性と沿岸流の方向によって、海岸に砂利が堆積するのは、砂利質の供給源が大樹より広尾側の厩舟川、紋別川、豊似川等の河川より排出される砂利が大量に運搬されるのではないと思われるが、この点については今後汀線方向の粒径分布を調査し、確かめてゆきたい。

砕波が汀線と或る角度をなして砕けた場合の沿岸流速は漂砂の移動量に重要な関係があり、その沿岸漂砂の移動量分布を支配するものと考えられている。即ち岸に向う方向に流速が増大していくと侵食され、反対に減少していくと堆積する。この沿岸流速 (V) は、Putnam-Munk-Traylor 等によって、運動量理論より次の式が導かれている<sup>1)</sup>。

$$V = \left[ \left( \frac{1}{4x^2} + y \right)^{\frac{1}{2}} - \frac{1}{2x} \right]^2$$

ただし  $x = (646H_b i \cos \alpha_b) / T$

$$y = C \sin \alpha_b \quad C = \sqrt{2.28gH_b}$$

ここに  $H_b$ : 砕波高

$T$ : 波の周期

$i$ : 砕波点から汀線までの平均海底勾配

$\alpha_b$ : 砕波点における波の峰線と汀線のなす角

$g$ : 重力の加速度

この沿岸流速を求めるにあたって波の諸元および海底勾配は、図-4および9より求めまた入射角を  $22^\circ$  とし、沿岸流速と砕波高との関係を示したのが図-13である。

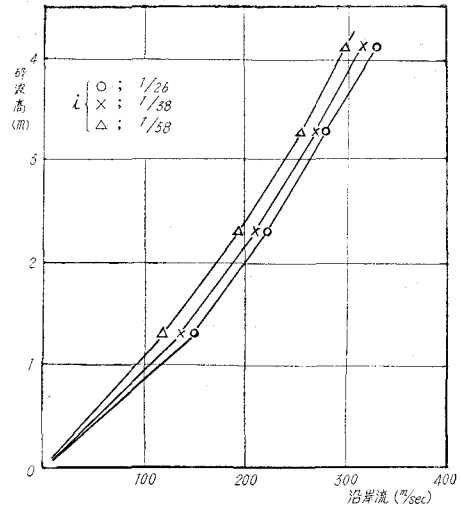


図-13 沿岸流と波高の相関

前述のように前浜には  $d_{50} = 17 \sim 25 \text{ mm}$  の砂利がみられるが、これらについては図-13の波高に対する沿岸流速、さらに渡辺博士の粒径と移動限界流速の関係を示した曲線から容易に堆積するのがわかる<sup>2),3)</sup>。

次に波による底質移動の限界水深であるが、一般に漂砂が運動しはじめるためには、その移動を生ぜしめるに必要な流速が存在し、この砂礫の移動限界水深 ( $h_c$ ) は砕波水深と密接な関係をもっている。まず砕波水深 ( $h_b$ ) は最大波高 4.5 m を沖波に換算して 4.3 m と求められるが、これより砕波帯は -6.6 m 附近にあり、これより浅い所の平均粒径は沿岸漂砂の著しい部分となる。一方、 $h_c$  を求める多くの式が提案されているが、37年チリ地震津波の引潮の

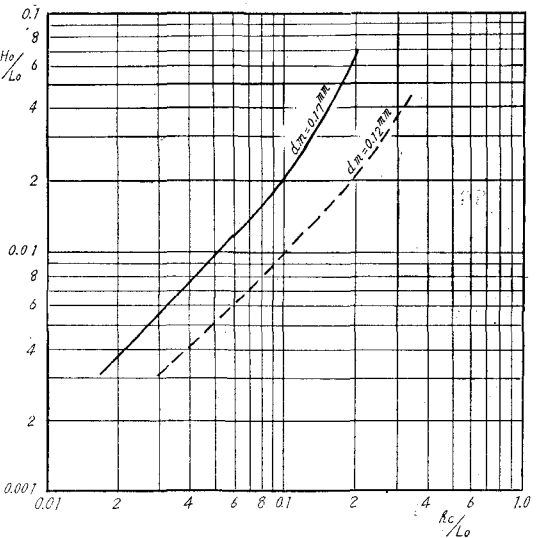


図-14 波の進行方向に集団的に移動する限界水深

際、大樹海岸の汀線より 70 m 沖合、水深 -4.5 m の個所より砂 ( $d_{50}=0.18$  mm,  $S_0=1.2$ ) を採取したが、砂の限界水深と沖波波高  $H_0$  および  $L_0$  は、図-14<sup>4)</sup> のような関係で示される。即ちこれによると大樹海岸では、-4.5 m の地点では、周期 6 秒、波高 0.9 m 以上の波によって底質は集団的にある方向へ移動することが推定されたわけで D. L. Inman によると砂の中央粒径が  $d_{50}=0.18$  mm 位の所で最も動き易く、これより小さくても動き難くなるといわれている<sup>5)</sup>。即ち 5-(2) 波による砂礫の移動の項で述べたように、E 地点の +1.5 m 附近に淘汰係数は異なるが、 $d_{50}=0.2$  mm の砂が厚さ 0.5 m にわたって堆積されているのもこれらの移動によったものと考えてよいであろう。

## 6. む す び

大樹海岸に侵食と堆積をもたらす原因となる波や流れについて、現地観測資料によって或る程度考察することができたが、砂利の供給源より堆積する過程について未だその実体が判然としていない。しかしながら沿岸流の方向について 39 年から ENE と S 方向の回数の変化がみられ、こ

れが波向との相関より底質と漂砂量に影響があることが確かめられた。更に東防波堤の広尾側に砂の堆積する傾向がみられるが、西防波堤が今後延長されるに伴い、この上手側に堆積する砂礫の底質と漂砂量が、季節的な波浪および沿岸流によってどのような汀線変化をもたらすかについて今後考察を進めて行きたいと思っている。

終りに、本報告をまとめるにあたり援助をいただいた帯広土木現業所小田技師、並びに観測と調査に協力していただいた渡辺重郎氏に感謝の意を表する。

## 参 考 文 献

- 1) 土木学会：水理公式集 (昭 38)。
- 2) 古谷・星野・鴻上：武佐川の河口処理 (第 2 報) (昭 35)，北海道開発局土木試験所報告，第 80 号。
- 3) 渡辺弥作：河口港における導流堤について，港湾講演集 (昭 30)，日本港湾協会。
- 4) 井島・佐藤・青野・鶴川：茨城県磯浜港海岸の漂砂について (昭 36)，土木学会海岸工学講演会講演集。
- 5) 井島武士：海岸港湾測量 (昭 35)，森北出版。