

港湾技術資料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 355 Sept. 1980

仙台港南海岸における砕波帯内総合観測(1979年9月調査)

加	藤	一	正
田	中	則	男
灘	岡	和	夫
小	山	内	英
近	藤	隆	道
赤	石	正	廣

運輸省港湾技術研究所





写真-3 気球からの空中写真（9月18日，満潮時）



写真-4 気球からの空中写真（9月19日，干潮時）

目 次

要 旨

1. まえがき	3
2. 観測項目と観測概況	5
2.1 観測項目と方法	5
2.2 観測概況	7
3. 海底地形および測定装置設置位置	7
4. 空中写真撮影時の波浪状況	8
4.1 沖波状況	8
4.2 碎波帯付近の波浪	9
5. 翼堤背後の海浜流	11
5.1 満潮時の海浜流（ラグランジェ流）	11
5.2 潮位と海浜流の関連性（オイラー流）	13
5.3 地形との関連性	15
5.4 翼堤設置前（1976年11月）の海浜流	18
6. 浮遊砂	19
6.1 底質粒度特性	19
6.2 浮遊砂濃度分布	20
6.3 従来の浮遊砂濃度との比較	21
7. むすび	22
謝 辞	22
参 考 文 献	23
付 録	24

**Observation of Hydraulic Phenomena in the Surf Zone
at the Sendai Beach (in September 1979.)**

Kazumasa KATOH*
Norio TANAKA**
Kazuo NADAOKA***
Hideo OSANAI***
Takamichi KONDOH***
Masahiro AKAIISHI***

Synopsis

The surf zone is the main stage of littoral drift and other diffusion phenomena. But, our knowledge on its substance is rather scant compared to its complexity. Therefore, the most important subject on these diffusion problems is to accumulate better information on phenomena in the surf zone, such as wave deformation, nearshore currents, sedimentation, bottom topography and others.

With this basic recognition, authors have conducted several field observations of hydraulic phenomena in the surf zone since 1972. This paper reports one of these works performed in the period of 18th to 20th in September, 1979 at the Sendai Beach facing to the Pacific Ocean. In this period, the range of significant wave heights of offshore waves were about 0.7 to 0.8 meters and wave period were 7.0 to 8.0 seconds.

The influence of a wing breakwater on waves and nearshore currents were revealed as follows. 1) According to wave height distribution, the area behind the wing breakwater is divided into two zones, i.e., wave diffraction zone and directly incidence zone. 2) There exists a clockwise circular flow over these two zones. 3) The scale of the circular flow is closely related to not only the wing breakwater but also the bottom topography.

The concentration of suspended sand did not confirm the results of the previous measurements, although the cause of the disagreement is not scrutinized in the present report. In addition, the condition of nearshore currents before construction of the wing breakwater is also discussed in comparison with the present one.

* Senior Research Engineer, Hydraulic Engineering Division.
** Head of Littoral Drift Laboratory, Hydraulic Engineering Division.
*** Member of Littoral Drift Laboratory, Hydraulic Engineering Division.

仙台港南海岸における砕波帯内総合観測 (1979年9月調査)

加藤 一 正 *
田 中 則 男 **
瀧 岡 和 夫 ***
小山内 英 雄 ***
近 藤 隆 道 ***
赤 石 正 廣 ***

要 旨

本報告は、1979年9月に宮城県仙台港南海岸で実施した、翼堤背後の波浪、海底地形、海浜流、浮遊砂濃度等についての総合観測結果について述べるものである。観測期間中の神波は、 $(H_{1/3})_0 = 0.7 \sim 0.8\text{m}$, $(T_{1/3})_0 = 7.0 \sim 8.0\text{s}$ であった。

観測の結果、波浪、海浜流に及ぼす翼堤の影響が明らかとなった。すなわち、(1)翼堤背後は、波浪分布より翼堤による回折波領域、直接入射波領域に分けられる。(2)時計回りの循環流のスケールは、海底地形と深い関係があり、汀線近くではトラフに沿って流れる。浮遊砂濃度については、今回の測定データと従来の測定データの矛盾について述べたが、立ち入った検討はできなかった。なお、同海岸で翼堤設置以前に実施した現地観測の結果のうち、海浜流についても述べてある。

1. ま え が き

港湾の建設に伴う沿岸地形あるいは沿岸の諸海象の変化を常に問題としている著者らは、砕波帯内の現象の実態を現地観測で総合的に把握する重要性を認識¹⁾し、1971年以来ほぼ10年近く現地観測を継続している。その間、1973年大洗海岸²⁾、1975年高知海岸、1976年仙台港南海岸³⁾、1977年大洗海岸³⁾、阿字ヶ浦海岸、1978年阿字ヶ浦海岸⁴⁾、1979年大洗海岸、仙台港南海岸において調査を実施した。

これらの現地観測では、常に限られた時間内に測定することを強いられたので、観測の成果はその時の気象・海象条件に大きく左右され、しかも、同じ条件の下でくり返し観測することが不可能であるという厳しい制約と直面せざるを得なかった。そして、この制約内で実施したそれぞれの現地観測で得られた知識は、我々が知りたい

と思うことのわずかな側面にすぎないし、またそれぞれの観測で得られた知識は必ずしも同一側面ではなく、むしろさまざまな側面の断片的なものである。したがって、この種の資料を調査取得する努力を続ける必要があると同時に保存管理することが大切である。

本資料は、1979年9月18日～20日の3日間、図-1に示す宮城県仙台港の南海岸で実施した砕波帯内の現地観測の結果をとりまとめたものである。本海岸は、すでに1976年11月21日～24日に観測したものと同一海岸であり、この3年間に観測対象海域内に新しく翼堤が南防波堤の折曲部に設置された。したがって、翼堤建造の前後で現地観測をしたことになり、今回の成果と前回の観測結果³⁾を比較すれば、構造物が周辺海域に及ぼす影響を検討できる。すなわち、実際にはきわめて困難な現地実験と同じ意味を持つ。そこで、本資料では、構造物周辺の海浜流に注目して話を進め、また前回の観測結果の概略も合わせて示す。また、測定データのうちここでは十分活用で

* 水工部 主任研究官 (海浜流解析担当)

** 水工部 漂砂研究室長

*** 水工部 漂砂研究室

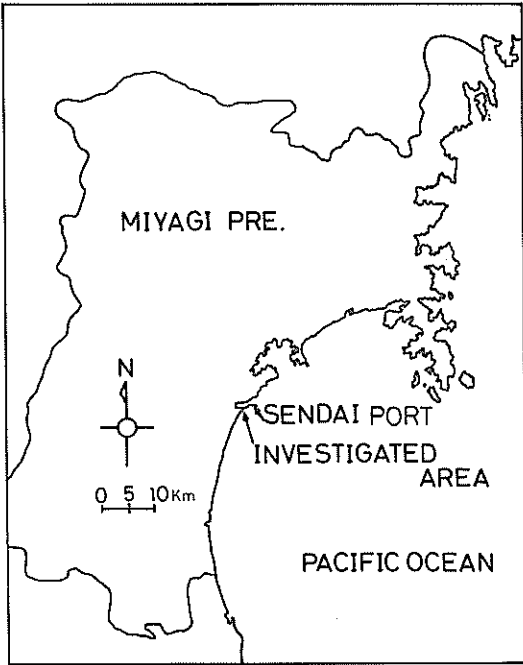


図-1 現地観測実施海岸（仙台港南海岸）

きないものについても、上述の考えに基づきあえて明記する。

観測地点は、図-2に示すとおり仙台港の南側の延長350m程度の範囲である。ここでは、仙台港南防波堤が延長されるとともに、防波堤からの反射波や沿い波がその基部に集中し、著しい局所侵食を受けるようになっていた。1976年11月の現地観測時（以下前回）には、同年9月から実施された港内浚渫土砂の投入で回復していた浜が再び侵食を受け、3m近い浜崖が形成されていた。この浜崖は、翌年（1977年）春先にさらに侵食され消滅し、著者らが訪れた1977年7月6日には汀線が30m程度後退していた。その後、この局所的な侵食を防止するために、1977年2月から1979年2月の間で南防波堤の折曲部から汀線にはほぼ平行に六脚ブロックによる翼堤*が80



写真-1 翼堤（1979年4月18日撮影）

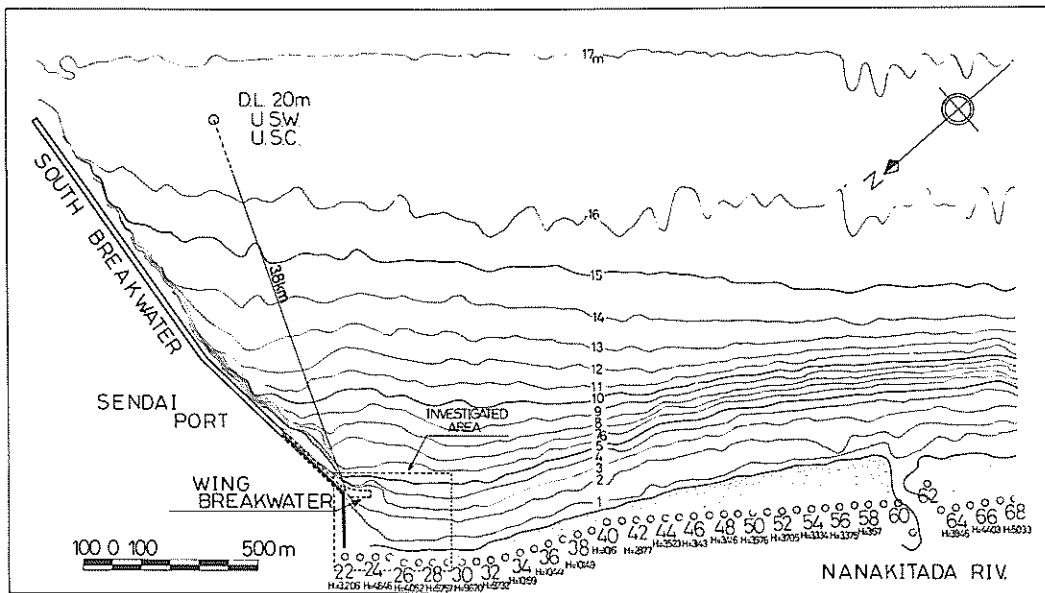


図-2 現地観測地点、周辺海底深浅図（D.L.基準1979年5月測量）

* 図-2より、この構造物は南防波堤にくっついており、本来の離岸堤とは異なるので翼堤とした。



写真—2 南防波堤基部の捨石（むこう側）（1979年4月18日撮影）

m構築された。写真—1は、この翼堤を南防波堤から撮影したものであり、高潮位時は翼堤上を波が越波する。

この間、1978年6月12日の宮城県沖地震による被災で発生した廃棄物の処理と侵食防止を兼ねて、南防波堤基部にコンクリート塊が投棄された（写真—2）。1979年9月18日～20日の観地観測時（以下今回）は、この捨石部には砂浜がなく、それ以南に砂浜が続いていた。

2. 観測項目と観測概況

2.1 観測項目

今回の現地観測では、海底地形、沖波、碎波帯付近の波、海浜流、底質特性、浮遊砂、潮位、風向風速等について測定した。これらについて、その観測方法の概略を以下に示す。

(1) 沖波波浪

調査対象海域に到達する沖波は、水深—20mに既設（図—1）の超音波式波高計（U. S. W.）により波形を、また超音波式流速計（U. S. C.）により波向を測定した。これらは、9月18、19、20日の3日間に毎日9時から16時まで、デジタルカートリッジ磁気テープ記録装置（D. M. T.）を用いて、0.5秒毎のデジタルデータに変換され磁気テープに収録された。この記録とは別に、運輸省塩釜港工事事務所で、毎日2時間おき偶数時に沖波の記録を同一機種によって定常的に記録している。

(2) 碎波帯付近の波浪

10台の波高測標を沿岸方向約50m間隔に5台ずつ平行に2列配置した。この波高測標の形状およびその設置方法は参考文献1)で詳述されている。波高測標設置位置の波形は、陸上部から16mmメモーションカメラで1コマ/1秒のスピードで撮影したフィルムから読み取った。本観測で用意した5台の16mmメモーションカメラのうち1台にトラブルが生じたため、結局4台の16mmメモーションカメラを使用し、各カメラで波高測標2台ずつ撮影した。したがって、波形データの得られた波高測標設置

地点は8地点である。4台のカメラは、1台のコントロールボックスによってフィルム送りを制御したので、それらの撮影は同調されている。

(3) 海底地形

海底地形を測量するための岸沖方向測線を、沿岸方向約200mの間に5本設定した。各測線上の十数点で、ダイバーが支える水中スタッフ（スタッフ下端に重りを付けたもの）を陸上からレベルによってその地点の地盤高を計測し、位置は陸上に設置した2台のトランシットで測角することにより決定した。なお、各測線上には、それぞれ2台の波高測標が設置された（図—4）。

(4) 海浜流

海浜流の観測は、空中写真によるフロートの追跡と3台の電磁流速計の2つの手段で実施した。

空中写真の撮影には、気球が利用された。気球を利用する方法は、Sonuが考案し、日本でも堀川・佐々木らが採用している⁵⁾。著者らが使用した気球は、容量約45m³で中にはヘリウムガスが充満されている。気球の浮揚は、2本の6mmクレモナロープを用い、そのうち一本を碎波帯沖の船に係留し、もう一本を陸上に係留して行う。陸上側では、電動ウインチを使用して気球の高度を調節し、海上側では船を移動させることにより、気球の位置を調整する。船によるこの位置の調整は、海風が吹いているときに有効であるのだが、陸風になると陸上に係留しているロープに気球の浮力が加かかってしまうので、十分できなくなる。このロープを操作するとき、気球が十分ヘリウムガスで充満されていないと、風による抗力を受けるためかロープに大きな張力がかかるようである。

気球から一本のロープによりゴンドラを懸垂し、その中に写真撮影用の60mmハッセルブラッドモータードライブカメラKM-70（ピスコンタF5-60mmレンズ付）を搭載している。このカメラの撮影コントロールは、陸上から無線を利用して手動で行い、任意時間間隔で連続して70枚撮影できる。ここでは撮影時間間隔を30～60秒とした。カメラ撮影のモニターは、カメラと一緒に搭載されているトランシーバーにより、カメラのシャッター音とモータードライブの巻き上げ音を無線で伝送し、それを陸上側のトランシーバーで受信して行う。陸上側のトランシーバーでキャッチしたカメラの音は、耳で確認しながら、同時にデータレコーダーのボイス専用チャンネルあるいは、テープレコーダーに記録し、後で再生して、撮影時間間隔の正確な値を調べる。70枚程度撮影すると、誤動作による撮影が1～2枚含まれることがあるので、このモニターは不可欠である。

流れを測定するためのフロートの形状は、1m×1m×0.8mの直方体で一面の表面に軟質ウレタンをとり付

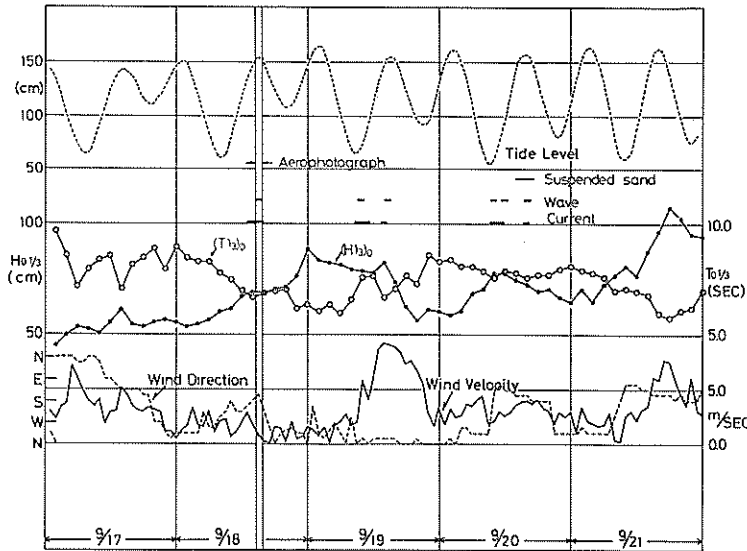


図-3 観測期間中の波浪、風、潮位、観測実施時刻

けた布製であり、中に海水を充満したものである³⁾。フロートの色調は、赤、黄、緑の三色を使用した。写真では、緑のフロートはやや見にくい。

撮影した写真の解析は、投影機を用いて行い、このとき光軸の傾きによる画面のひずみは、同時にフィルムに写されている数箇所の対空標識を基に投影板を傾けて補正した。

空中写真による観測は、多数のフロートを同時に追跡することにより、海浜流をとらえることを第1目的としているが、それ以外にフィルム上に記録されている碎波状況、波峰線、海水のにごり、海底地形、汀線付近の波の遡上特性等も貴重なデータになる。なお、撮影にはカラーフィルムを使用した。

電磁流速計は、ファラデーの原理すなわち磁場内を導電性流体が動くとき磁束密度 B と流速 u の作る面に垂直方向に電位差が発生することを利用したものであり、永田⁶⁾、藤縄ら⁷⁾は早くからこの流速計の現地観測における有用性に注目して使用している。また、1970年代の碎波帯内の現地観測で、本流速計はしばしば利用されている⁸⁾。

電磁流速計は、応答時間が短く1~10Hzまで測定できるので、空中写真によるフロート追跡がラブランジェ流の数十秒平均流速を測定するのに対し、固定点の非常に短周期の流速変動を測定できるという特徴を有する。その他、X・Y流速成分を同時に測定できる、センサー部が小型軽量であるため運搬、設置が容易である、可動部

分が全くないので、摩擦による動作不良、時間経過に伴う検定定数の変化、取り扱い時のトラブル等の心配がない、現地において測定データの同時モニターができるなどの利点がある。

今回は、3台の電磁流速計を使用し、その配置については後述する。

(5) 底質特性

底質は、前浜部、トラフ底面、バー上、バーの沖側斜面の4点で、ダイバーにより海底表面の砂を、それぞれ500g程度採取し、粒度分析をした。

(6) 浮遊砂

従来の現地観測では、碎波帯内の浮遊砂採取を、浮遊砂採取装置で実施した。今回は、碎波帯付近に設置した波高測標が10台と多く、また電磁流速計用のケーブルが海底上にあるため、浮遊砂採取装置の操作が困難であると判断し、本装置は使用しなかった。その代替方法として、もっとも簡便な方法を採用した。すなわち、ダイバーが、容量1lのポリエチレンタンクを持って、海中に潜り、そのふたを開いて採水した。採水の指示は、陸上から合図を、海面上に浮いているダイバーに送り、合図を受けたダイバーがすぐに潜水するものである。したがって表層の採水では、合図から採水までの時間が比較的短いのに対し、採水地点が深くなるにつれそれは長くなる。

今回の採水は、代表的な5地点で、各地点とも表面下20cm、ほぼ中層、海底上20cmの3点で行った。

(7) 潮位・風向・風速

これらについては、仙台港に既設の検潮儀、風向・風速計を利用した。

これらの各観測項目の実施時刻を図—3に示す。

2.2 観測概況

図—3に、観測期間（9月18日～20日）を含む5日間の沖波波高 $(H_{1/3})_0$ 、 $(T_{1/3})_0$ 、潮位、風向、風速の変化が示されている。沖波有義波高は、17日の $(H_{1/3})_0 = 0.5$ mから18日の $(H_{1/3})_0 = 0.9$ mまで漸増した後、19日20日に $(H_{1/3})_0 = 0.8 \sim 0.6$ mで変化し、21日に $(H_{1/3})_0 = 1.0$ mを越えた。観測期間中の昼間はほぼ $(H_{1/3})_0 = 0.7 \sim 0.8$ mである。一方周期は、波高と反対の傾向で増減するが、観測時の昼間は $(T_{1/3})_0 = 7.0 \sim 8.0$ sの範囲内にある。

空中写真によるフロートの追跡は、満潮時、干潮時およびそれらの平均的な潮位のときの3回を予定した。まず第1回目は、9月18日の満潮時を含む14時24分～15時22分の間で上空約500 mに気球を浮揚して実施した。この時刻は、図—3中に二本の縦線で示されている。第2回目は、9月19日の干潮時に予定し、9時すぎに気球を浮揚した。その前後から陸風が徐々に発達して来たため、9時50分の空中写真撮影開始まもなく、気球は風によって砕波帯の沖へ流された。このとき船による気球の位置の調整はできず、結局最初の数枚だけが観測対象とした砕波帯内のフロートを記録し、残りのほとんどは砕波帯の沖の海面だけを写してしまった。この撮影後の強風下の気球降し作業中に、気球が破れ充満していたヘリウムガスを失ったため、これ以後の空中写真による観測は不可能になった。したがって、以下に述べる流況は、第1回目の満潮時に観測した結果に基づくものである。なお、撮影中の潮位変化は無視することができる。

写真—3（口絵）は、9月18日の第1回目に撮影した空中写真のうちの1枚である。このときの潮位は先述したように満潮であり、翼堤を波が越波している様子が翼堤背後の白く泡立った波からわかる。また、写真右側では砕波により海面が白く泡立っており、左側南防寄りでは波峰線に沿って海面が一部線状に白くなりまさに砕波が生じようとしている。この波峰線の形状から、波の峰が汀線に平行になるように入射してきていることがわかる。次に汀線付近に注目すると、陸上部の砂の色に違いがあり、黒っぽいところは波が遡上するところである。一方、白っぽいところは、ほとんど波の来ないところである。この2つの地域の境界線をwet-line（湿潤線）と称す。このwet-lineは、沿岸方向になめらかな曲線を描いており、また汀線近くに規則的な地形（カ

スプ）は存在していないことが分る。ところが、写真撮影時の波の遡上位置は、沿岸方向になめらかではない。同様な傾向は他の写真にも言えることである。このことは、沿岸方向に波高が変化する現象、すなわちエッジ波の存在を暗示しているようである。

写真—4（口絵）は、第2回目の低低潮時に撮影されたものの1枚であり、このときは第1回目と比較して全体に水深が約90 cm浅くなっているため、海底地形の概略が把握できる。一般に、『砕波状況から海底地形がわかる』と言われているように、砕波によって白く泡立っているところが浅くなっている。写真の砕波状況から、沖合い40 m付近に沿岸方向に伸びるバー（longshore-bar）が存在することが認められる。さらに、このときの天候が快晴であったため、日光が十分海水中深くまで透過し、水深差による海水の色調差が生じている。この色調差によると、バーは南防波堤に沿って沖に張り出し翼堤背後まで延びている。

一方、バーの岸側は砕波しておらずまた海水も黒ずんでいるので、水深が深くなっているとみさせる。この深くなっている地域は、右側で狭く南防波堤に近づくにつれて徐々に広がる。

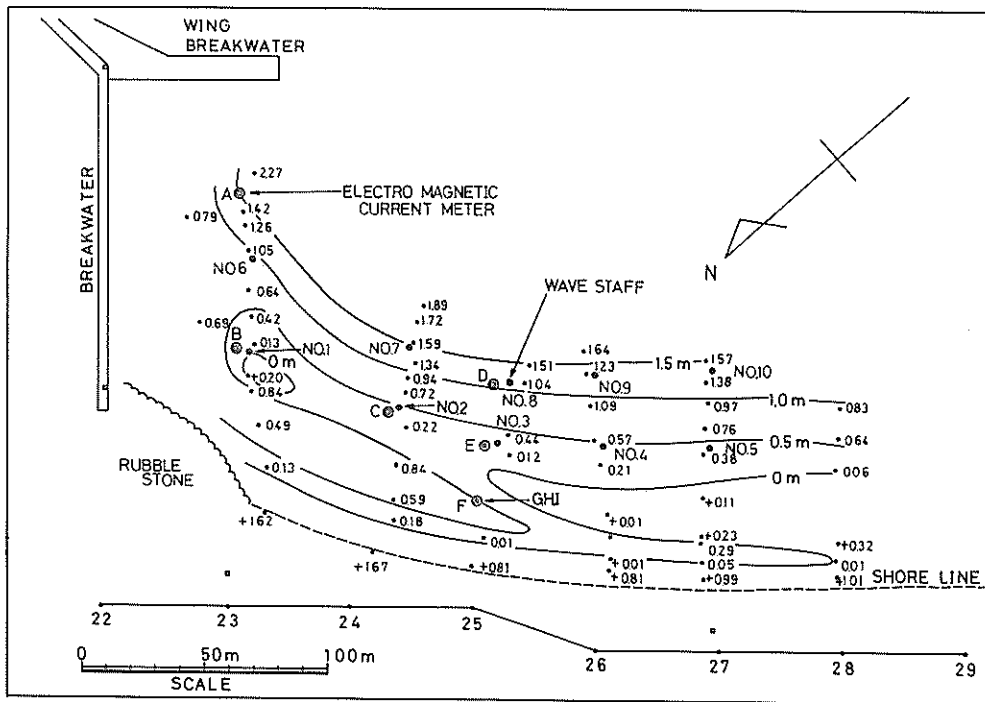
潮位が低い場合、翼堤上を波が越波しておらず回折波がよく見える。この写真でも、波の遡上線が沿岸方向に変動している。なお、写真右側に離岸流が存在している。

観測期間中の砕波は plunging 型であった。図—3の詳細なデータは、沖波 $(H_{max})_0$ 、 $(T_{max})_0$ 、 $(H_{1/10})_0$ 、 $(T_{1/10})_0$ 、 $(H_{mean})_0$ 、 $(T_{mean})_0$ とともに付録—A、Bに示されている。

3. 海底地形および測定装置設置位置

図—4は、調査対象海域の海底地形をD.L.を基準として示したものである。図中、shore lineと書いた破線は、第1回空中写真撮影のフィルムから読み取った満潮時の波の遡上位置の平均位置であり、満潮時の平均水面（wave set-upを含む）と陸地の接線である。図より、バーが南から南防波堤に向かって張り出しているのがわかる。これは、2.2で定性的に述べたことと一致する。写真—4（口絵）によると、このバーはさらに南防波堤に沿って翼堤背後まで延びているのであるが、その位置における十分な地形測量がなされていないので、この図には示されていない。

バー上の水深は、南防波堤に近づくにつれて徐々に深くなり、拾石前面あたりで急激に浅くなる。その先、翼堤背後の浅潮に到る途中は、この深浅図から推察すると、



図一 4 観測対象海域の海底地形 (D.L. 基準)

馬の背のように若干深くなっているであろう。一方、バーの岸側には、トラフが形成されている。0 m, 0.5 m の等深線に注目すると、このトラフは基準点 No.28 前面あたりから南防波堤に向かって発達し、水深が徐々に深くなり、またトラフの幅も広がっている。一般に等深線は汀線にはほぼ平行になっている。

ハンドレベルで測定した前浜の勾配は $1/6 \sim 1/7$ 程度であり、図中 shore line で示した位置のわずかに沖側で急激に深くなる (図一 19 参照)。

図一 4 には、10 台の波高測標と 3 台の電磁流速計の設置位置が示されている。No. 1 ~ No. 5 の波高測標は、バー上を沿岸方向に約 50 m 間隔に、No. 6 ~ No. 10 の波高測標はその沖側を No. 1 ~ No. 5 にはほぼ平行にそれぞれ設置されている。これらの波高測標は 3 日間の観測期間中位置を変えずに固定された。このうち 4 台の 16 mm メモーションカメラで波形データの得られた波高測標設置地点は、No.5, No.10 を除く 8 地点である。これに対し、3 台の電磁流速計は、まず、A, B, C の 3 地点に 9 月 18 日, 19 日の 2 日間設置し、9 月 20 日の午前中に D, E, F に設置した。これらの設置高さは、センサー部が底面からおおむね 20 cm である。9 月 20 日の午後、トラフ内の 3 台ともほぼ同じ G, H, I の位置に底面からそ

れぞれ 143 cm, 105 cm, 52 cm の高さに設置した。電磁流速計の Y 軸の設置方向の測定はダイバーの方位計で行ったが、D, E, F, G, H, I は十分測定されていない。また、H の電磁流速計 (底面から 105 cm) は、設置直後に転倒したため、測定データが得られていない。

4. 空中写真撮影時の波浪状況

4.1 沖波状況

連続した沖波 (水深 D.L. -20 m, 超音波式波高計) の記録データの中から、第 1 回空中写真撮影時に相当する、9 月 18 日 14 時 24 分からのサンプリングタイム 1 秒の 2500 データを用いて波の統計処理を行った。この間のゼロアップクロス法で定義される波数は 478 波であった。得られた沖波有義波は $(H_{1/3})_0 = 0.65 \text{ m}$, $(T_{1/3})_0 = 6.7 \text{ s}$

表一 1 空中写真撮影時 (9 月 18 日満潮時) の沖波代表波

最大		1/10		1/3		平均	
波高(m)	周期(s)	波高(m)	周期(s)	波高(m)	周期(s)	波高(m)	周期(s)
1.12	9.7	0.83	7.2	0.65	6.7	0.42	5.2

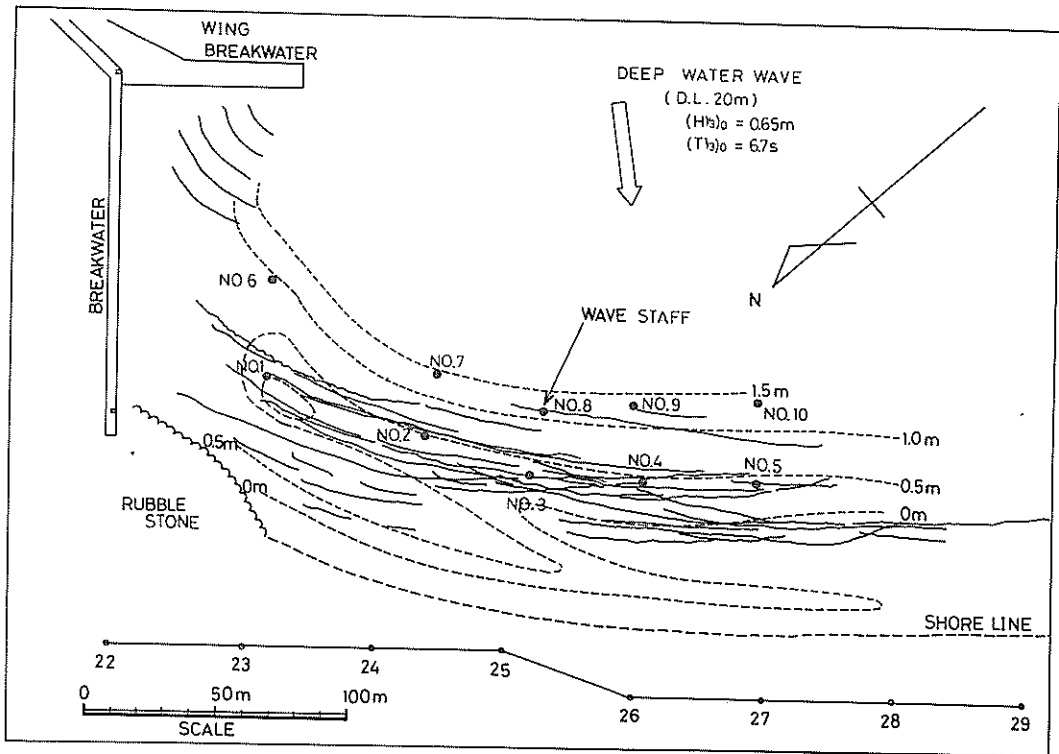


図-5 第1回空中写真撮影時の波峰線

であり、それ以外の代表波は表-1に示されている。沖波波向は、同地点に設置されている超音波式流速計の0.5秒間隔のX軸・Y軸流速成分を用い、永田⁶⁾による波向に関する簡便な推定式

$$\tan 2\theta = \frac{2\overline{uv}}{u^2 - v^2}$$

で計算すると、北から時計回り123°であった。(図-5、参照)ここで、 u 、 v はそれぞれX軸、Y軸方向の流速成分である。

4.2 砕波帯付近の波浪

(1) 波向

図-5は、第1回空中写真撮影時の波峰線を、空中写真のなかで波峰線が明瞭に見える写真から読み取り、重ね合わせたものである。翼堤背後の回折波は、このときのすべての写真に明瞭に認められなかったので、図中には第2回空中写真撮影で得られた干潮時の写真から読み取った波峰線を記入してある。このときの沖波波向も図

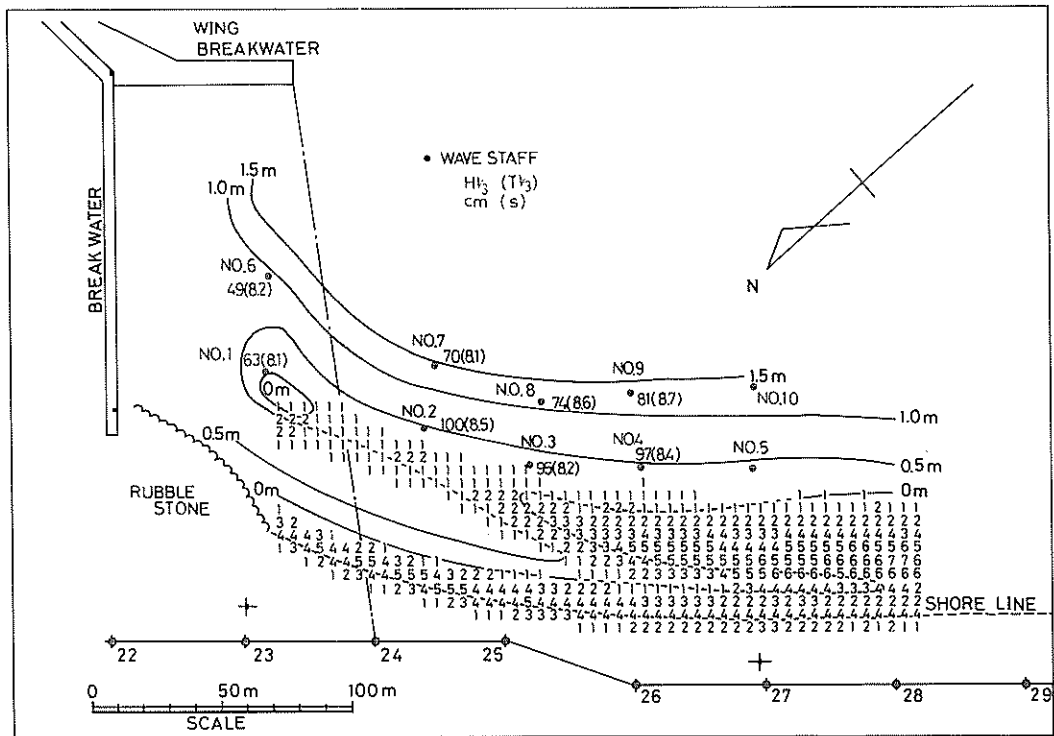
中に矢印で明示されている。図より、波峰線は汀線に対してほぼ平行になっている。すなわち汀線近くでは波は汀線にはほぼ直角に入射していると言える。

(2) 砕波帯内の砕波状況

図-6は、第1回空中写真に認められる海面の白い泡立ちの割合の平面的分布を示したものである。例えば図中4の数字は、全写真枚数(69枚)の4割について、海面が白く泡立っていることを示す。ただし、ここで示したのは、南防波堤基部の捨石部より南側の基準点No.28までの範囲であり、それ以外の地域は示されていない。

海面の白い泡立ちは、砕波によるものであることを考えると、この図は砕波発生割合の平面分布と見なせる。図によると砕波は、まず沿岸方向に延びるバーのやや陸側で発生していることが認められる。そして、このときのサーフ・ゾーン幅は約45mである。バー上の砕波発生割合は、基準点No.28前面から南防波堤に近づくにつれて徐々に小さくなり、捨石前面のバーでやや大きくなる。これはバー頂部の水深の変化と対応している。しかし、No.2波高測標の近くで一部、この傾向と異なり砕波発

* ただし、図に示した数字が、砕波する波の割合を示すという意味ではない。



図一六 砕波発生割合の平面分布図

生割合が2になっている。一方、トラフ位置では、砕波発生割合が小さく、特に基準点No. 25とNo. 26の中間地点から南防波堤寄りの地域では、海面の白い泡立ちほとんど確認されていない。したがって、この地域では、水深が深いため、バー上で砕波した波が新に波を形成していると言える。汀線位置の白い泡成ちは波の最終砕波に対応したものと見なせる。その発生割合は基準点No. 25～No. 26を付近を境にして南側でやや小さく、南防波堤寄りやや大きい。これは前面のバー上の砕波発生割合の傾向と反対であり、したがって、バー上の砕波によるエネルギー消費の少ない南防波堤よりの汀線で割合が若干大きくなっているのであろう。

(3) 砕波帯付近の波浪

同時刻の砕波帯付近の波は、図一5、6に示した10地点のうち、No. 5、No. 10を除く8地点において陸上から16mmメモーションカメラで撮影したフィルムから読み取られた。満潮時のこれらの測定地点は、図一6から明らかなようにNo. 1～No. 4地点が砕波帯に接する沖側、No. 6～No. 9地点は、さらにその沖の砕波帯外になっている。フィルムから読み取られた波形データには、

i) 陸上からそれぞれの波高測標設置地点までの距離が60m以上ある、ii) 波の峰の向こう側に波高測標がかかることがある、iii) 砕波に伴う水しぶきが生じている、iv) 設置した波高測標の傾きが十分な精度で測定されていない等による誤差が含まれている。

16mmメモーションカメラのフィルムから読み取られた18日14時16分31秒からの1秒間隔3600データを用いて、ゼロアップクロス法で求めたそれぞれの地点の有義波高($H_{1/3}$)、有義波周期($T_{1/3}$)が図一6に示されている。その他の代表波ならびに各地点の平均水深は、表一2に示されている。8地点の有義波周期は、ほぼ8.1～8.7sであり、このときの沖波有義波周期6.7sより長い。

8地点の有義波高について調べる。波形データに先述した誤差が含まれることを考慮に入れると、No. 2、No. 3、No. 4およびNo. 7、No. 8、No. 9の有義波高はそれぞれ等しく、ほぼ1.0m、0.75mである。そして、No. 1～No. 4地点およびNo. 6～No. 9地点の水深がほぼ同じであることを考えると、No. 1地点No. 6地点の有義波高は明らかに低い。これはNo. 1、No. 6地点が翼堤の回折波領域に位置するためである。一方No. 2～No. 4地点とNo. 7～No. 9地点の有義波高がそれぞれ同じであることは、この領域が波高分布について物理的に同じ

表一 2 空中写真撮影時（9月18日満潮時）の砕波帯付近の代表波、水深

波数	最大		1/10		1/3		平均		水深(m)	
	波高(m)	周期(s)	波高(m)	周期(s)	波高(m)	周期(s)	波高(m)	周期(m)		
No.1	475	1.19	10.4	0.82	8.3	0.63	8.1	0.39	6.3	1.41
No.2	446	1.90	10.1	1.29	8.6	1.00	8.5	0.60	6.7	1.79
No.3	431	1.74	6.2	1.25	8.2	0.95	8.2	0.58	7.0	1.69
No.4	452	1.70	9.0	1.25	8.5	0.97	8.4	0.59	6.6	1.88
No.6	494	1.10	5.6	0.63	8.9	0.49	8.2	0.31	6.1	2.21
No.7	463	1.39	9.5	0.89	8.1	0.70	8.1	0.45	6.5	2.48
No.8	445	1.48	8.3	0.95	8.7	0.74	8.6	0.47	6.7	2.49
No.9	420	1.34	8.2	1.02	8.8	0.81	8.7	0.52	7.1	2.40

領域にあることを示す。したがって、この地域の波高分布については、図一6に一点鎖線で示すように翼堤先端と基準点No.24を結ぶところをほぼ境界にして南防波堤寄りが回折波領域、南側が直接入射波領域と言える。なお、直接入射波領域には翼堤の沖側に位置する南防波堤からの反射波も入射してくるはずであるが、調査対象地域が狭いのでその領域区分はできない。

(4) 前回の観測時の波浪状況

前回の観測の成果は、すでにとりまとめて報告した¹⁾。ここでは、次章(5.4)で前回との比較を行うときに必要な波の条件だけを示すにとどめ、詳細は参考文献1)を参照されたい。

前回の航空写真撮影時(ヘリコプターを使用)の沖波および砕波帯内の有義波高、有義波周期が表一3に示されている。このときの波高測標設置地点は図一16に示すとおりであり、すべて砕波帯内に位置している。平均水深15.4mの地点でステップ式波高計により得られた沖波有義波高は0.66mであり、今回の第1回空中写真撮影時のそれとほぼ同じであるが、有義波周期は10.2sと長い。砕波帯内の波の有義波高(ゼロアップクロス法)は0.8m前後であり、砕波帯内にあることを考慮すると、今回の波と同じであると思われる。一方、砕波帯内の有義波周期は10s前後となっており、このときの沖波有義波周期と一致する。周期についてのこの傾向は、先述した今回の傾向と異なる。

なお、前回は、沖波波向の測定を行っていない。

5. 翼堤背後の海浜流

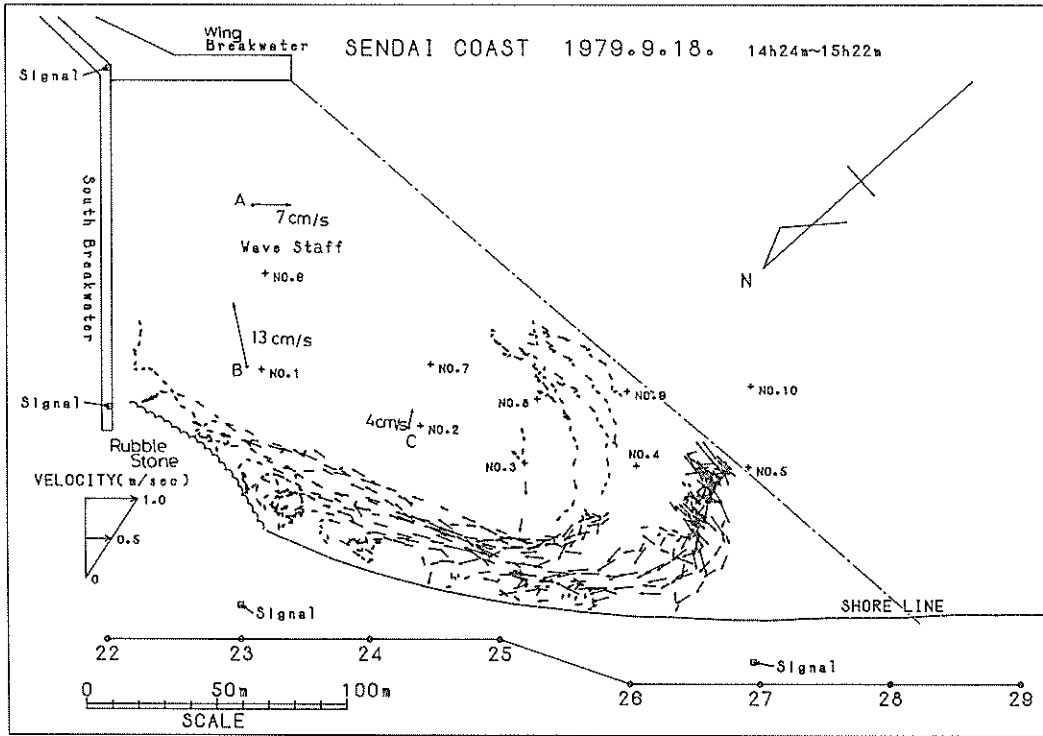
5.1 満潮時の海浜流(ラグランジェ流)

表一 3 前回(1976年11月22日)の航空写真撮影時の沖波、砕波帯内の波の有義波高、水深

	$H_{1/2}$ (m)	$T_{1/2}$ (s)	水深(m)
沖波	0.66	10.2	15.4
No.1	0.78	9.7	1.43
No.2	0.86	9.7	1.50
No.3	0.73	11.0	1.03
No.4	0.84	10.2	1.45

図一7は、第1回目に撮影した69枚の空中写真から、フロートの位置を読み取り、連続する写真の同一フロートの水平距離をそれらの撮影時間間隔で除して求めた表層流の平均速度ベクトルを示している。速度ベクトルの大きさは同図左下隅の凡例に示されている。空中写真の撮影時間間隔は、最初の連続した17枚がほぼ30秒間隔であり、その後はほぼ60秒間隔である。使用したフロートは、前回の観測時に波乗りをして流速を十分測定できなかったことを検討し、その後改良した新しい型のもので、ほとんど波乗りをしない。

まず最初に、フロートはNo.4とNo.5地点のほぼ中間地点に投入された。フロートが投入地点付近にあるときの空中写真撮影間隔は約30秒である。したがって、投入地点付近の速度ベクトルの向きがさまざまであるのは、撮影間隔が短く、波の軌道流速の影響が平均流速に大きく現われているためと考えられる。一方、No.8地点の沖側へのフロート投入は、空中写真撮影の後半に行われたものであるため、撮影間隔が約60秒であり、波の軌道流速



図一七 1979年9月18日(満潮時)の海浜流(空中写真によるフロート追跡)

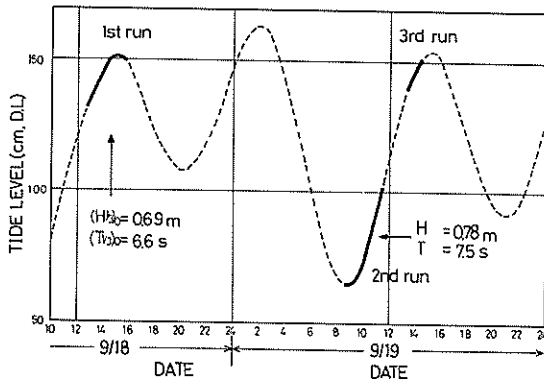
の影響は少ない。

この2地点に投入されたフロートは、ともに徐々に時計回りの方向に向きを変化させながら、汀線近くまで移動した後、沿岸方向南防波堤にその進行方向を向けた。その後は、汀線から沖に30m以内の海域を汀線にほぼ平行に移動した。流速は、最大50cm/sにも達し、平均的にみても約30cm/sという速い流れである。観測期間中、常にこの速い流れは存在し、陸上からこの流れを観察した状況は、目前に川があるようであり、流れを横切つての波高測標・電磁流速計の運搬および海底地形測量は困難をきわめた。この沿岸流の汀線近くには、基準点No.24前面、および捨石と砂浜の接点位置において反時計回りの渦があり、特に後者はフロートによる流速ベクトルが明瞭にそれを示し直径が約20m程度である。

捨石前面まで到達したフロートのすべては、捨石部あるいは南防波堤基部にからまり止まった。これは、フロートが表面流速を測定しているため、流れが急激に方向を変化するとき生ずる2次流(表層では外側へ、底層では内側へ流れる)の影響を受けたものと考えられる。この様な状況では、底面付近で強い沖向きの流れが生じているのだが、捨石はそれに伴う侵食を防止していると言えよう。

図一七には、A、B、Cの地点で電磁流速計で測定した同じ時間帯の底層流れも示されている。この場合の流速ベクトルの大きさは、凡例に従っておらず、矢印の横に数値で示されている。A地点の流れは、底面から20cmの高さのものであり、平均流速は6~8cm/s、流向は翼堤とはほぼ平行である。B地点の流れは、底面から25cmの高さのものであり、平均流速は13cm/s程度、流向は翼堤に向っている。C地点の流れは、底面から23cmの高さのものであり、平均流速はもっとも小さくわずか4cm/s程度で流向はほぼ沖向きである。これらの電磁流速計による流れの測定地点は、すべてフロートによる流況の測定ができなかったところであるので、翼堤背後の全体的な流況パターンをは握するのに役立つ。

フロートは表面流れを、電磁流速計は底層の流れを測定しているので、鉛直方向に異なる位置の測定結果である。そして、流れの方向が急激に変化するB地点およびA地点では、2次流が発生し、表層と底層の流向が異なると考えられるけれども、これらの測定結果は、翼堤背後に大きな時計回りの循環流が存在することを示している。図一七の流況からは、基準点No.27より南側(右側)の流況が不明であるが、9月19日の午前の干満時に再度



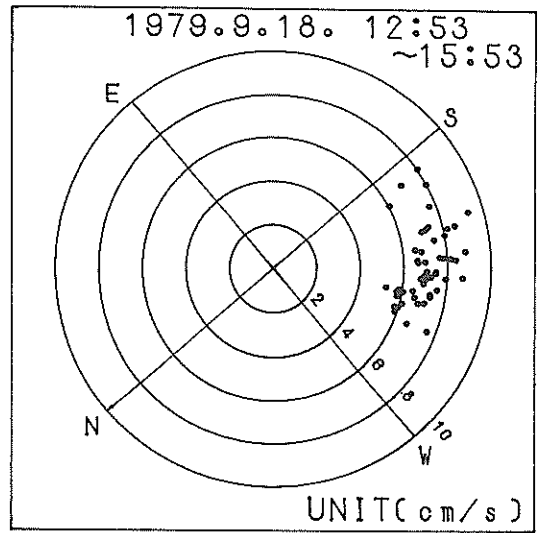
図一八 電磁流速計による測定時刻と潮位の関係

フロートを基準点No.27~No.28前面に投入したところ、図一七と同様に南防波堤に向う沿岸流に乗って移動するフロートと、逆に南防波堤から遠ざかる方向に移動し、2.2で述べた写真一四(口絵)に認められる離岸流に乗ってまたたく間に沖に流出するフロートを目視観測でとらえている(残念ながら、このときの空中写真撮影は失敗した)。このことから、翼堤背後の大きな循環流の南限は、基準点No.27~28付近と考えられる。したがって、この循環流のスケールは、図一七で一点鎖線で示したように、翼堤の先端と基準点No.28前面の汀線を結ぶ直線を境界として南防波堤寄りの海域全体に広がるものである。

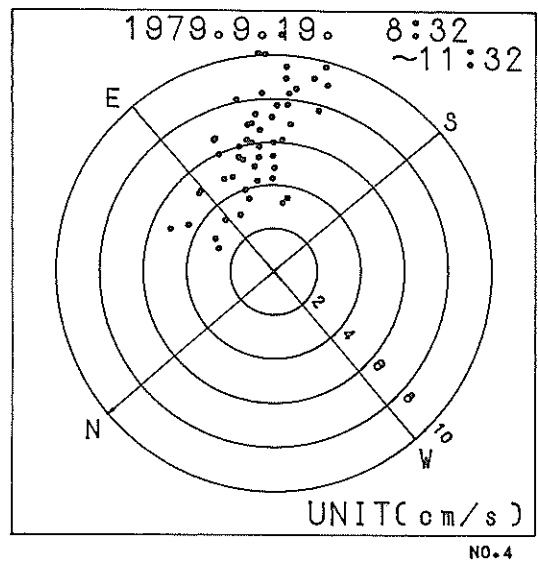
5.2 潮位と海浜流の関連性(オイラー流)

9月18日、19日の2日間、3回にわたって延7時間の流速測定を、図一七のA、B、C3地点で電磁流速計により行った。図一八は、2日間の潮位変動を示しており、そのうち実線で示した時刻に流速測定を実施した。すなわち、第1回目は18日12時53分~15時53分、第2回目は19日8時32分~11時32分、第3回目は19日13時25分~14時25分である。ここでは、潮位について代表的な第1回目および第2回目の結果について述べる。第1回目測定時の沖波(18日14時)は $(H_{1/3})_0 = 1.69$ m、 $(T_{1/3})_0 = 6.6$ s、第2回目の沖波(19日10時)は $(H_{1/3})_0 = 0.78$ m、 $(T_{1/3})_0 = 7.5$ sであり、第2回目の沖波が波高について9cm高く、周期について0.9s長いものの、ほぼ同じ程度の波が来襲していたものとみなせる。

図一九(a)、(b)は、A地点(図一七)の底面から20cmの高さの流向・流速を示したものであり、図一(a)が第1回目、図一(b)が第2回目に対応する。また、方位は、これまで示した各図と同様にしてあるので、流向と周囲の地形・構造物の配置との関係はこのまま他の図面と重

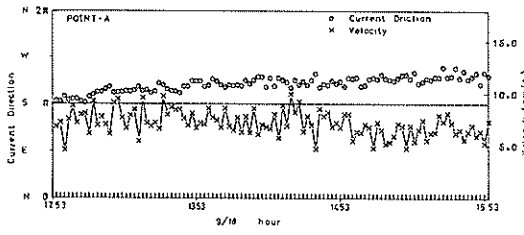


図一九(a) A地点の流向、流速(高潮時)

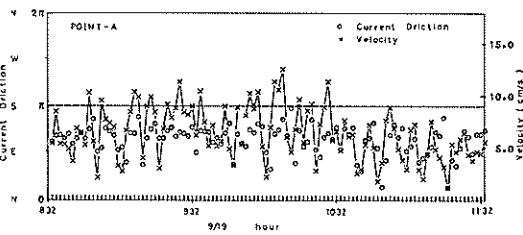


図一九(b) A地点の流向、流速(低潮時)

ね合せればよい。図中にプロットした点は、サンプリング間隔0.1秒のデータ2048個を用いて計算した流速・流向の2048秒の平均値である。これら2つの図の比較から、第1回目と第2回目の沖波がほぼ同じであるのにもかかわらず、それらの流速・流向は非常に異なる。すなわち、流向については、第1回目が翼堤に平行にSW方向に流れているのに対し、第2回目は翼堤にほぼ直角にSE方向に流れており、両者の流向の差はおおむね90°で



図一10(a) A地点の流向, 流速の時間変化 (高潮時)



図一10(b) A地点の流向, 流速の時間変化 (低潮時)

ある。しかも、第1回目の流向のバラツキは、第2回目の流向のバラツキより少ない。一方、流速は、第1回目が6~9 cm/sであるのに対し、第2回目は3~10cm/sとその変動性が大きい。

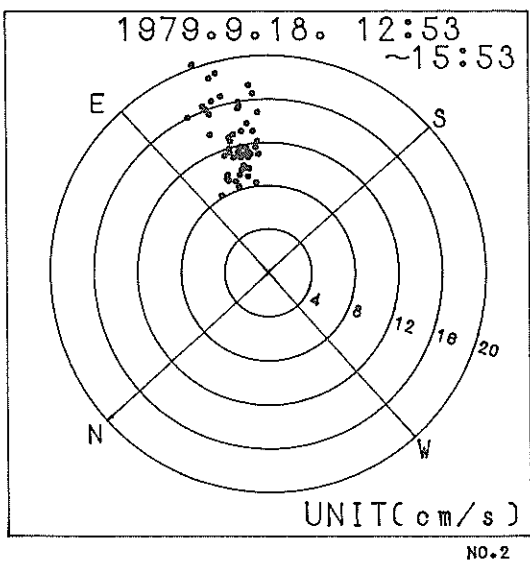
図一10(a), (b)は、A地点の流速・流向の1024秒平均値の時系列変化を示し、図中○印がNから時計回りを正としたときの流向、×印が流速である。図一(a)の第1回目の流向は、時間の経過とともに角度が増加している。この時間帯は、満潮に向かって潮位が徐々に高くなっており、このとき、2.2で述べたように翼堤上を波が越波する(写真一3(口絵)参照)。流向の一様な変化は、この越波現象と関係すると考えられる。すなわち、潮位の増加とともに翼堤上の越波流量が増加するので、翼堤直背後に沖から海水がますます補給されることになる。この海水は、南防波堤基部の捨石部から翼堤に向う流れを押しもどそうとする働きを持ち、その作用は潮位の上昇とともに強くなり、流向は翼堤に平行になるように徐々に変

化する。翼堤上を波が越波しない低潮位時は、南防波堤に沿って翼堤に向う流れは、第2回目(図一(b))に見られるように、A地点においてその流向を保っている。

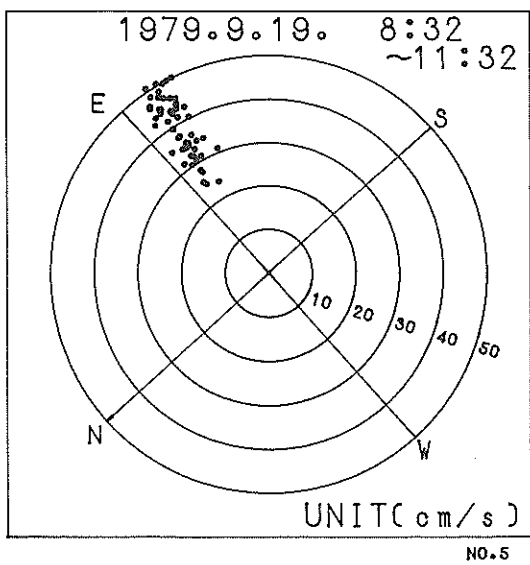
第2回目(図一(b))の流速・流向の変動性は、時間的な傾向が認められず、ランダムである。これは、100秒前後の周期の変動が現象に含まれるためと考えられる。

このように、潮位によってA地点の流向が変動することは、5.1で述べた大きなスケールの循環流の形状も変化することが推察される。しかし、汀線近くの循環流の南限は、5.1で目視観測の結果を述べたように、変化せず基準点No.27~28付近に固定されている。

図一11は、図一9と同様にして、B地点(図一7)の底面から25cmの高さの流速・流向を示したものである。第2回目の流向は、第1回目のそれと比較してやや東寄りであるが、ほぼ同じである。また、それぞれの流向の変化はあまりなく、特に第2回目の流向はほとんど一定であると言ってよい。しかし、流速は第2回目が非常に



図一11(a) B地点の流向, 流速 (高潮時)



図一11(b) B地点の流向, 流速 (低潮時)

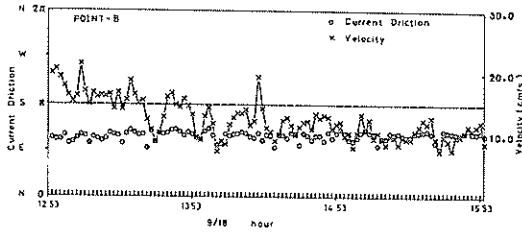


図-12(a) B地点の流向，流速の時間変化（高潮時）

大きく（注，図中の流速のスケールが異なる）25~50cm/sとなっている。この底層の速い流れは，たとえ波による底質のじょう乱がなくても，この流れだけで砂を移動させる能力を十分持つほどのものである。

図-12(a),(b)は，B地点の流速，流向の時系列変化を図-10と同様に示したものである。ただし，図-1(a)と(b)で流速のスケールは異なる。流速の大きさに注目すると，低潮時（図-1(b)）に40~50cm/s程度の流速は潮位の上昇とともに10時30分頃から減少し11時30分頃には30cm/s程度になる。さらに潮位が上昇して高潮位になると（図-1(a)），流速が潮位の上昇とともに減少する傾向は続き満潮時（18日15時頃）には最小流速10cm/s程度になる。この傾向は潮位の上昇に伴う流積の増大である程度説明されようが，測定点水深が0.8mから1.7m程度の変化であるのでこの大きな変化までは説明されない。なお，B

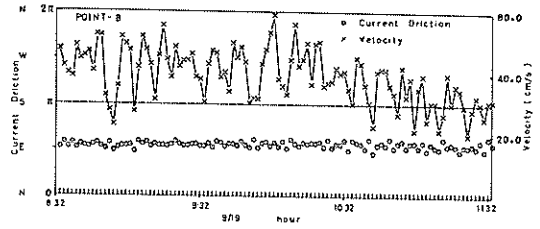


図-12(b) B地点の流向，流速の時間変化（低潮時）

地点においても，流速のバラツキは低潮時に大きい。

図-13(a)(b)は，図-9と同様にして，C地点の底面から23cmの高さの流速・流向を示したものである。第1回目（図-1(a)）は，ほぼ沖向き（E~Sの間）に流れているのに対し，第2回目（図-1(b)）の流向の変化は広範囲に及び，EからWの約180°の間で変化する。第2回目はS~Wの方向に流れるときに流速が大きい。一般に，流速は小さいが，第2回目に18cm/sに達することがある。

5.3 地形との関連性

4.2で述べたように，翼堤背後の波高分布は，翼堤の影響を受け，その回折波領域で波高が小さくなる。このように，沿岸方向に波高分布が生じると，波高の2乗に比例するラジエーション・ストレスの分布が生じ，その結果，碎波帯内の水位上昇（wave setup）が沿岸方向に

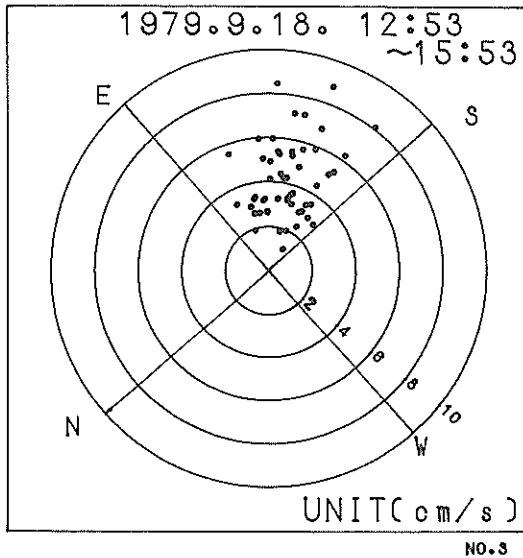


図-13(a) C地点の流向，流速（高潮時）

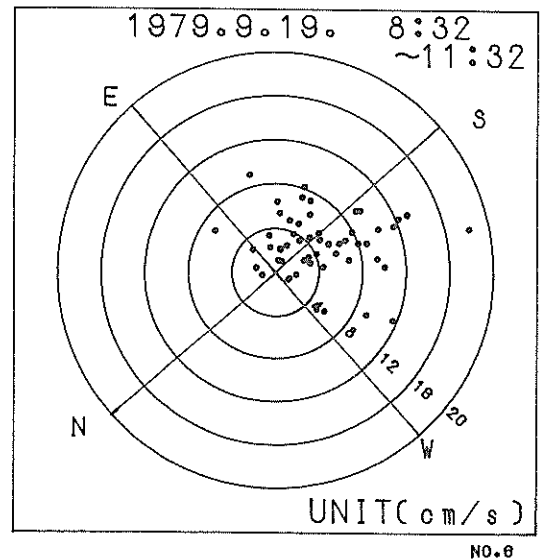


図-13(b) C地点の流向，流速（低潮時）

* 河川工学の用語であり，水路の横断面において水の占める割合を示す。ここでは，流向が同方向の流れが存在するところの断面積の意味として用いたが，その大きさは明確でない。

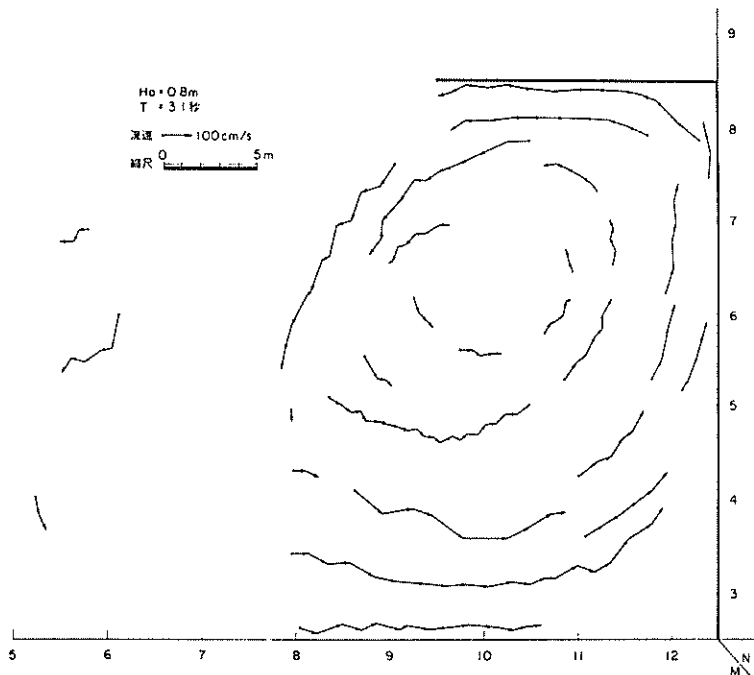


図-14 模型実験による翼堤背後の循環流の再現 (佐藤ら⁹⁾)

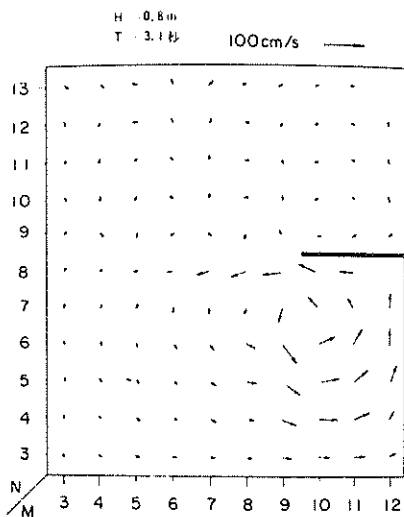


図-15 数値計算による翼堤背後の循環流の再現 (佐藤ら⁹⁾)

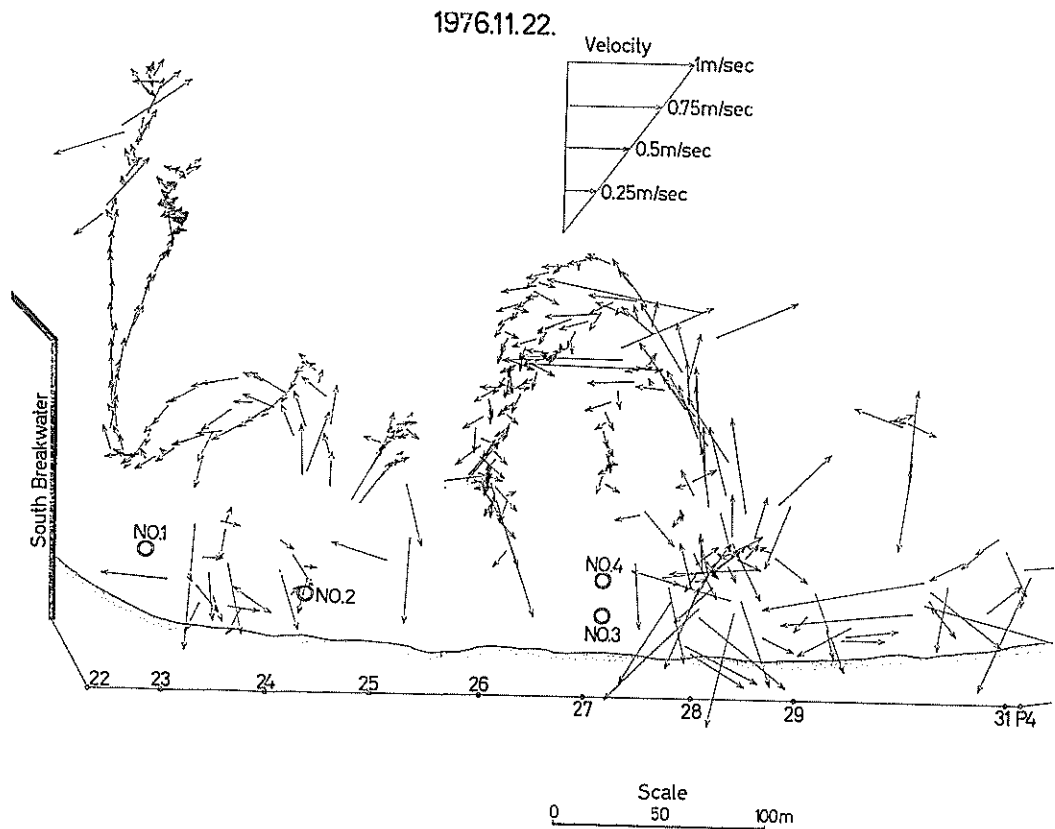
変化する。すなわち、翼堤背後の波高の小さい回折波領域では、水位上昇の割合が少なくなり、波高の大きい直接入射波領域から回折波領域に向って水面勾配が生じ、それが流れを引き起す。これが、今回の観測対象とした翼堤

背後の海浜流発生機構の一般的な説明であろう。

佐藤ら⁹⁾は、同様な構造物周辺の流れを実験と数値計算で再現した。図-14, 15は、その結果であり、それぞれ模型実験、数値計算で得られた海浜流のパターンを示す。これらはともに海底勾配が一様で、波は汀線に対して直角に入射しているときのものである。ここに示した例は、本調査対象海岸の構造物の配置と類似したものであり、左右反対になっていることを考慮すると、得られた循環流の流れの方向も今回の実測値と同じである。しかし、その循環流の形状が明らかに、今回の観測結果と異なる。

今回の観測で得られた循環流は、5.1で述べたように、図-14, 15と比較して沿岸方向に引き伸ばされた形状をしている。これを、海底地形との関連でとらえてみる。まず、循環流の南限は基準点No. 27～No. 28付近にあり、一方、海底地形を示す図-4より、D. L. 0mで示されるトラフの南限もほぼ同じく、基準点No. 28前面付近である。さらに、フロート追跡により明らかにされた、汀線近くの南防波堤に向う沿岸流の位置は、ほぼトラフの位置に相当している。したがって、循環流が沿岸方向に引き伸ばされているのは、流れに海底地形すなわちトラフの影響が現われたためと考えられる。

トラフ内のフロートの移動をさらに詳しく述べると、フロートの流跡線はトラフ全域にあるのではなく、トラ

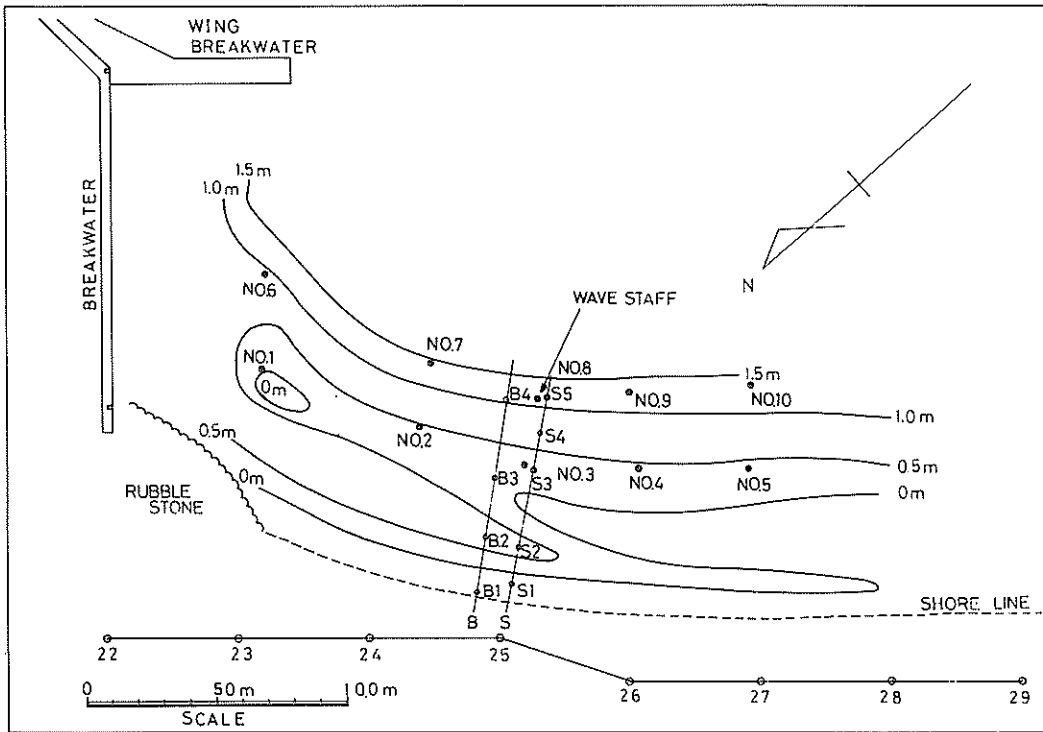


図一16 1976年11月22日の海浜流（翼堤設置以前）

フの最深部を沿岸方向に連ねた線を境界にしてその汀線寄りの海域に限られている。これは、フロートが表面の流れに追随しているのと、バー上の波による岸向きの質量輸送が表面に近いほど大きいため、トラフ内でフロートが岸寄りに押されるためと考えられる。このような、バー上の波による岸向きの質量輸送によって、トラフ内の流れは、沖から海水を補給（横流入）されながら、南防波堤方向に流れている。すなわち、このトラフ内の流れは、流下方向に徐々に流量が増加している。このため、トラフ地形が流下方向（南防波堤に向う方向）に水深が深くなり、トラフ幅も拡大して断面積が増大するにもかかわらず、ほぼ流速（図一7、流速ベクトルの長さ）が一定になっている。

以上のように、観測時の循環流のスケールは、そのときの海底地形で説明され得る。海浜流の規模・パターンが、海底地形と密接に関連することの一例は、著者らが大洗海岸の現地観測の結果で述べてある³⁾。しかし、問題は、いかにして本海岸のバー・トラフ地形が形成された

かということである。観測時の地形と流れの実態を調べた限りにおいては、沖波有義波1m以下の状態においてさえ、トラフ内の流速が満潮時に50cm/sもあり、また、B地点の電磁流速計で測定した流速が干潮時に速くなることを考慮すると、干潮時のトラフ内の流速はさらに速いものと推察される。このことは、波浪条件として平常時にも、このトラフ地形が形成される可能性が十分あり得ることを示唆している。そのためには、まず最初に海浜流が図一7に示されたパターンに近い状態で形成されるか、あるいは図一14、15の海浜流のパターンとそれに伴う地形変化がお互いに干渉しあって徐々に本海岸に見られる海浜流と海底地形が発達するかのいずれかの機構が考えられる。前者の考え方に立脚するならば、模型実験、数値計算で再現された流況パターンが本海岸と異なるので、模型実験で再現されていない現象、数値計算で考慮されていない現象（ともに長周期波の可能性が大きい）を検討する必要があり、後者に立脚するならば、現地において構造物設置後長期にわたり継続的な調査を実施す



図一七 底質採取測線B, 浮遊砂濃度測定測線S

るとともに、数値計算に波と流れによる底質輸送を考慮して海底地形変化予測を行うモデルを確立する必要がある。

5.4 翼堤設置前（1976年11月）の海浜流

前回の航空写真（ヘリコプター使用）によるフロートの追跡結果について述べる。前回の観測時は、翼堤がまだ設置されていなかった。このときの沖波条件は、4.2で述べたように、今回の第1回空中写真撮影時のそれと比較して、周期がやや長く、波高はほぼ同じである。

図一六は、フロート追跡で得られた翼堤設置以前の流況パターンである。图中、陸上に示した基準点番号の沿岸方向位置は、No.22を除いて今回の基準点番号の位置と同じにしてある。図示された流況のうち、汀線近くにおいて岸向きの速い流れが存在しているかのようにしているのは、フロートが波乗りした結果である。また、砕波帯（汀線から70~80mの位置）の沖側で、ところどころ矢印が長くかつその方向も妥当でない速度ベクトルが存在するが、これは航空写真撮影間隔が5秒~60秒で等間隔でなく、短い時間間隔の流速に波の軌道流速の影響が大きく現れているためと考えられる。

前回の海浜流の特徴は、周期5~10分間隔で間欠的に発生する非定常な離岸流の存在である。これらの離岸流は、65分間の航空写真撮影でとらえられた。図一六において、離岸流は、防波堤に沿う流れと、基準点No.24および25の間すなわちNo.2地点前面および、基準点No.28および29の間の前面で認められ、それぞれの発生間隔は約140mと約180mである。このうち、防波堤に沿う沖向きの流れはNo.2地点前面の離岸流によって沖に流され、その後防波堤に向かって流されつつ岸に近づいたフロートが、再び沖へ流れることによってとらえられたものである。No.1地点と防波堤基部の間には、フロートが投入されていないため空白になっているが、ここにも沖向きの流れが生じているものと考えられる。No.2地点前面の離岸流は、砕波帯の外へ流出した後左右に流れが分岐する。この位置の離岸流は今回の観測で消滅していたものである。基準点No.28および29間前面の離岸流は、徐々に左に進路を変えながら汀線より最大約180m離れた後、今度は陸に向かって流れ、基準点No.26前面の海域に帰ってくる様子がわかる。この離岸流は、時間とともに、発生位置が基準点No.29~No.30の間で変動していた。今回の観測でも、ほぼ同じ位置に離岸流が観測され

ている(写真—4口絵)が、その砕波帯外の状況については不明である。基準点No.24と25間および、基準点No.28と29間の離岸流は、おおむね左方向すなわち反時計回りの循環を示す傾向があるのに対し、防波堤に沿う沖向き流れは陸に向かって帰ってくることがないようである。

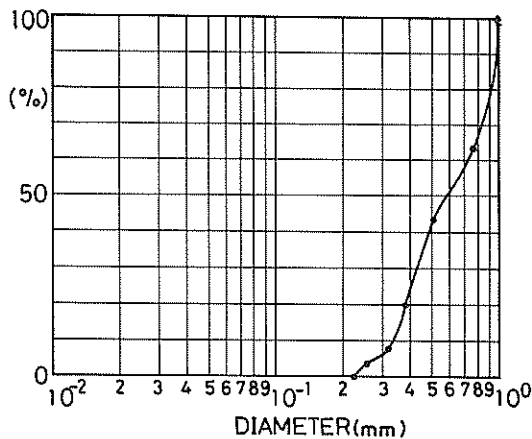
このように前回においては、離岸流によって砕波帯外へ流出した海水が反時計回りの循環をしながら南防波堤に向って徐々に移動した。南防波堤まで到達した海水は沖に流出してしまう。しかしながら、今回のような、汀線近くで、No.3地点からNo.2、No.1地点に向う強い沿岸流は存在していなかった。また翼堤の設置が離岸流に及ぼす影響は、No.2地点の離岸流を消滅させるものであるが、基準点No.29前面のそれには無関係である。

6. 浮遊砂

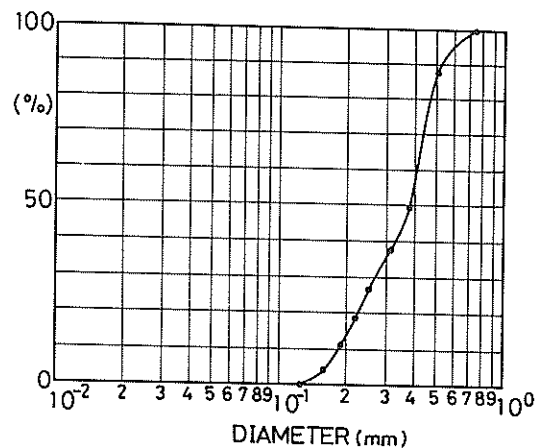
6.1 底質粒度特性

底質の採取は、ダイバーによって図—17に示す測線B上の4点で9月20日9時ごろ実施した。採取点はそれぞれB1前浜部、B2トラフ底、B3バー上、B4バーの沖であり、海底の表面から約500gずつ取られた底質資料の一部を用いて粒度分析を実施した。図—18(a), (b), (c), (d)は、各地点の粒度加積曲線である。これらの曲線から読み取られた各地点の d_{50} , d_{75} , d_{25} およびそれらを用いて計算したふるい分け係数、偏り度が表—4に示されている。

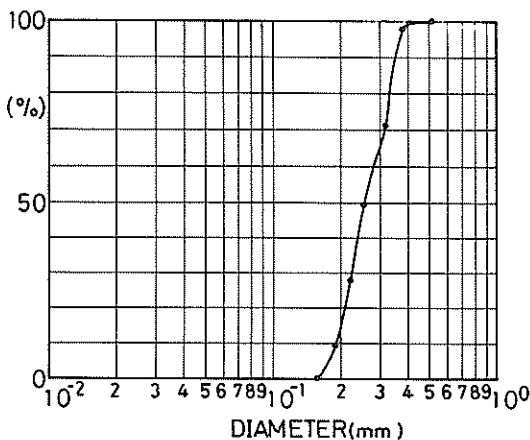
中央粒径(d_{50})は、前浜部で大きく0.58mm、トラフ



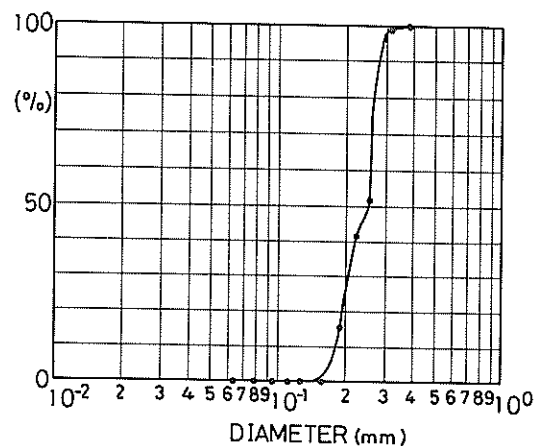
図—18(a) B1地点の粒度加積曲線



図—18(b) B2地点の粒度加積曲線



図—18(c) B3地点の粒度加積曲線



図—18(d) B4地点の粒度加積曲線

表一4 底質の中央粒径, ふるい分け係数, 偏り度

	d_{50} (mm)	d_{75} (mm)	d_{25} (mm)	ふるい 分け係数	偏り度
B 4	0.24	0.26	0.20	1.14	0.90
B 3	0.25	0.33	0.22	1.22	1.16
B 2	0.39	0.45	0.24	1.37	0.71
B 1	0.58	0.86	0.41	1.45	1.05

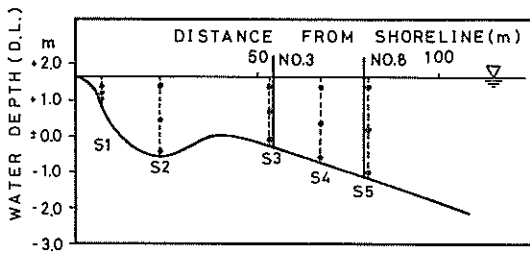
底では0.39mm, バーおよびバーの沖でほぼ等しく0.25mmとなっており, 沖に向うにつれて減少する。ふるい分け係数も同様に, 沖に向うにつれて減少する。B3, B4地点のふるい分け度は, よいようである。

B2地点の満潮時の水深を2.2mとし, 平均粒径0.4mmとしたとき, シールズの曲線から計算される一様流れのもとでの移動限界速度は23cm/sである。この地点の沿岸流速は, 図一7より30~50cm/sであるので, 底質は十分移動する。しかも, ここでは流れだけでなく波も作用していることを考慮すると, 底質はさらに移動しやすい。

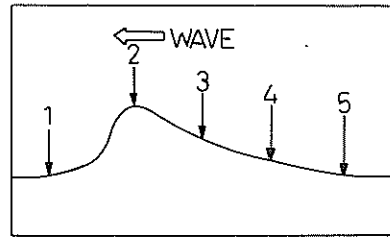
6.2 浮遊砂濃度分布

浮遊砂の測定は, 9月20日の満潮時 ($(H_{1/3})_b = 0.74m$, $(T_{1/3})_b = 7.7s$) に, 図一16の測線S上の5地点 (S1~S5) で, 2.1で述べた方法により行った。各地点では, 底面から20cm(底層), 中間層, 表面から20cm(表層) という大まかな目安のもとで採水した。その位置は, 図一19に海底断面とともに示されている。表層と中間層では, それぞれの地点で5回の採水を実施し, 採水時の波の位相も記録されている。一方, 底層では, 各点3回ずつ繰り返し採水したけれども, ダイバーが潜水するのに時間を要するので, 波の位相は考慮されていない。なお, 採水はすべて異なる時刻に実施したものである。

図一20は, 表層・中間層における採水時と波の位相の



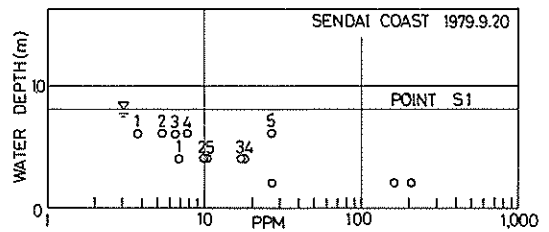
図一19 浮遊砂濃度測定測線の海底断面図, 浮遊砂濃度測定点



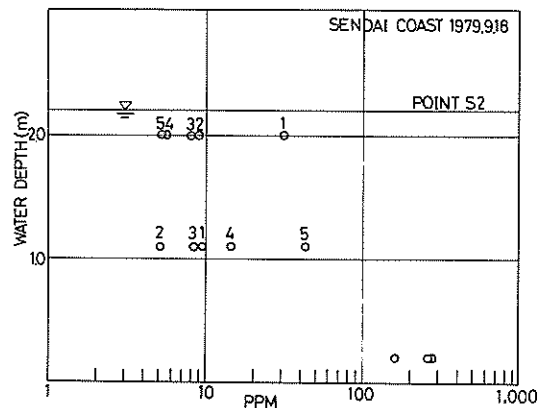
図一20 浮遊砂濃度測定時の波の位相

関係を示したものであり, 図一21(a), (b), (c), (d), (e)はそれぞれ, S1, S2, S3, S4, S5地点の測定結果をまとめてppmで示した浮遊砂濃度分布である。図一21の各図の表層・中間層に示した番号は, 図一20中の番号と対応している。

図より各地点の浮遊砂濃度の鉛直分布は, 平均的にみて, 上層ほど濃度が低くなる一般的な分布をしていると言える。各地点の底層の濃度を比較すると, 速い沿岸流の存在するトラフ中央のS2地点でもっとも高濃度になっていて, しかもデータのバラツキが少ない。



図一21(a) S1地点の浮遊砂濃度分布



図一21(b) S2地点の浮遊砂濃度分布

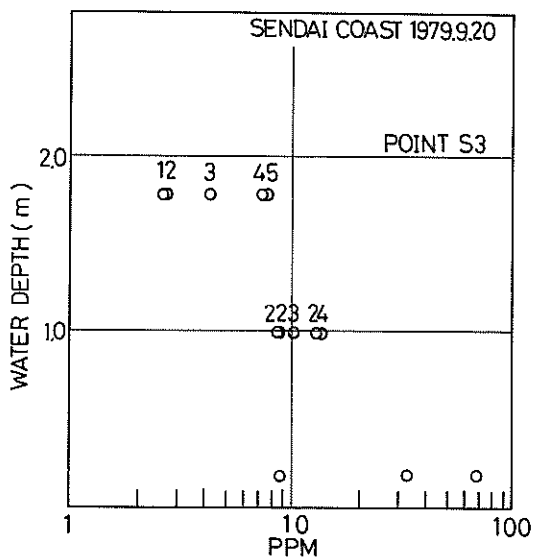


図-21(c) S 3 地点の浮遊砂濃度分布

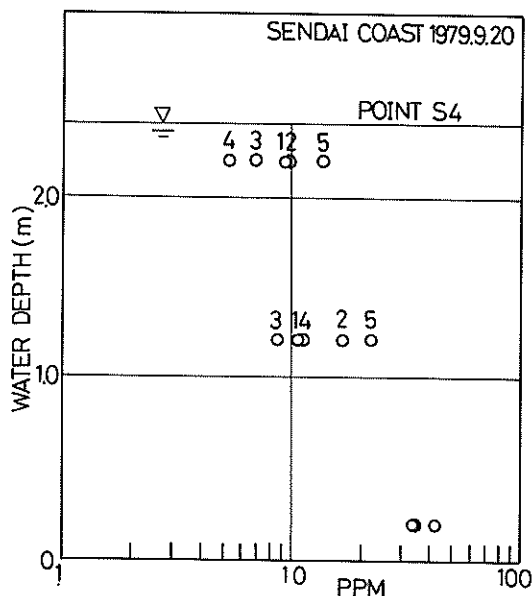


図-21(d) S 4 地点の浮遊砂濃度分布

表層と中間層の濃度と波の位相との関係については、S1の中間層、S3の中間層（すべての位相について測定されていない）を除いて、浮遊砂濃度が波の位相1または5のときもっとも高濃度である。波の位相の測定を、陸上から目視で行ったことを考えると、1および5の明確な区分は困難であり、したがって、波の谷付近が通過するときに表層・中間層で浮遊砂濃度が高くなる。ところが、S1の表層・中間層、S2の表層、S3の表層では、波の位相について同じ1または5のときに浮遊砂濃度が最小になっている。このことは、波の谷付近が通過するときに、表層・中間層の浮遊砂濃度が低くなることを意味し、先の結論と矛盾する。一言で、波の谷付近といってもさまざまであり、その通過に伴って、浮遊砂濃度が急激に変化する位相が存在すると考えたほうがよさそうである。波の谷付近の通過に伴う浮遊砂濃度の変化は、高濃度から低濃度に変化する場合とその反対の場合があることをデータは示している。すなわち、波の位相と採水時の関係が比較的精度よく測定されていると考えられる測定点が陸に近い表層の濃度を調べてみると、S1とS3では波の位相1～5に対して順番に濃度が増加するので、急激な変化は高濃度から低濃度へ生じる。S2では1～5の順番に濃度が低下するので、低濃度から高濃度に変化する。このような違いのあることは、S1、S3がともにそれぞれ最終砕波点付近、第1砕波帯付近に位置すること、S2が波の再生領域にあること等から、波の状態と何らかの関係があるものと考えられる。いずれにしても、波の峰で

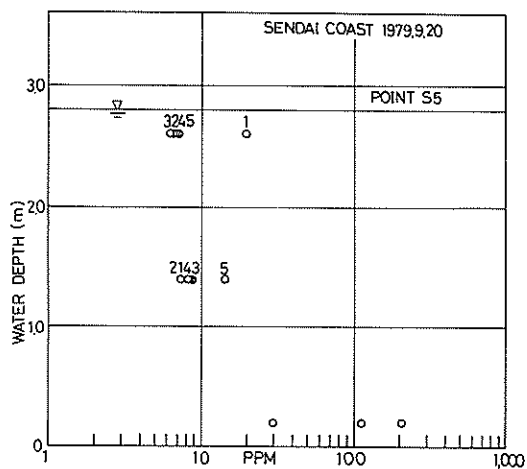


図-21(e) S 5 地点の浮遊砂濃度分布

は中程度の濃度になっている。

6.3 従来の浮遊砂濃度との比較

波の峰では、表層濃度が中程度になっているという結果は、著者らが大洗海岸で浮遊砂採水装置を用いて測定した表面近くの浮遊砂濃度と波の位相の関係と異なる。今回の表層の浮遊砂濃度測定が、表面から20cmというとり決めで実施されているため、測定位置が上下に変動し、したがって底面からの高さが変化するのに対し、浮遊砂

採水装置の測定点は常に同じ高さである。また、今回の採水がきわめて短時間に行われたものに対し、大洗海岸では数秒間連続して採水したものである。測定方法にこのような差があるので、両者の結果を直接比較することはできない。この点については、さらに詳しい測定が必要である。

今回の測定された浮遊砂濃度が著者らが実施した従来のそれと異なる点がもう一つある。それは、今回の浮遊砂濃度が全体に低いことである。本海岸における前回の調査と比較しても、今回の浮遊砂濃度が低い。従来の浮遊砂濃度測定は、すべて浮遊砂採水装置を用いて実施したものである。この装置は、底面幅3m、長さ3.5mのソリに搭載されておりソリを含めた総重量は約800kgになる。このように大きな装置を砕波帯内に入れると、装置を入れたことによる新たな乱れが生じ、より多くの底質が浮遊する懸念を著者らは持っていたし、またそうした指摘も受けている。実際に、航空写真に撮られた海面の濁りを調べると、本装置の周囲がいくぶん浮遊砂濃度が高いようである。このようなことから従来の浮遊砂濃度には、本装置によって生じる乱れの影響が含まれている可能性が大きい。しかしながら、今回の測定方法は相当荒っぽく、データ数も少ないので、このデータを用いて浮遊砂採水装置の測定精度を検査することはできない。この点についても、さらに詳しく実測しなければならぬ。

7. むすび

本報告に述べられている、仙台港南海岸の現地観測の成果をとりまとめると以下のとおりである。

〔観測時の波浪条件〕

(1) 観測時の沖波は、 $(H_{1/3})_0 = 0.7 \sim 0.8\text{m}$ 、 $(T_{1/3})_0 = 7.0 \sim 8.0$ である(図-3)。

(2) 海浜流を測定したとき(9月18日満潮時)の沖波は、 $(H_{1/3})_0 = 0.65\text{m}$ 、 $(T_{1/3})_0 = 6.7\text{s}$ であり、波向はほぼSEである。この波は、調査対象海岸に直角に入射し(図-5)、バー上でplunging型の砕波をする。砕波後、新たに生じた波は、トラフを横切り汀線で最終砕波をする(図-6)。

(3) 砕波帯付近の波高は、翼堤の影響を受けて、沿岸方向に変化する(表-2)。この波高分布から、調査対象海岸は、翼堤による回折波領域と直接入射波領域に分けられる(図-5)。

〔海底地形〕

(4) 沿岸方向、南防波堤に延びるバーとトラフが存在する。この地形は、基準点No.28前面あたりから発達し、

南防波堤方向にバー頂部の水深は徐々に深くなり、トラフの水深・幅はともに漸増する(図-4)。

〔海浜流〕

(5) 満潮時の沿岸流は、トラフ地形に沿って、汀線から30m以内の海域を、南防波堤方向に30~50cm/sの速い流速で流れている。この速い流速は、底質(砂、 $d_{50} = 0.4\text{mm}$)を運搬する能力を十分に有している。また流量は、沖から横流入を伴うため、流下方向に増加する(図-7)。

(6) 南防波堤まで到した流れは、2次流を形成しつつその方向を変え、今度は南防波堤に沿って沖に流れ、翼堤付近に到達する(図-7)。

(7) 潮位が高くなると、翼堤付近の流向は、翼堤を越える越波流量が増加するため、流れは翼堤と平行に南防波堤から遠ざかる方向に向く(図-10)。また、B地点では流速が40~50cm/sから10cm/sに減少する(図-12)。

(8) この流れは、再び基準点No.27~28の汀線付近に到達し、全体として沿岸方向に引き伸ばされた大きな時計回りの循環流を形成する。循環流の形状は、翼堤と海底地形の影響を受けている(図-4,7)。

(9) 翼堤設置以前に存在した、非定常な離岸流のうち、この循環流の海域内に位置したものは、消滅してしまっている(図-7,16)。

〔浮遊砂濃度〕

(10) 表層濃度と波の位相との関係、全体の濃度レベルについての結果は、従来の観測で得た成果と異なる。しかしながら、今回の測定方法は相当荒っぽいデータの量も少なく、また従来の測定方法にも検討する余地が残されているので、両者の矛盾についての立ち入った検討はできなかった。ここで示されたデータは、浮遊砂についての興味ある現象を示唆していると考えられるので、今後、浮遊砂濃度の実態は、測定方法および装置の改善、開発を通じて、さらには握されなければならないことである。特に波の位相との関連性の検討のためには、同時に波と流れによる乱れの構造も測定する必要がある。

謝 辞

我々の現地観測では、常に数多くの方々のご協力を受けている。本観測においても、第二港湾建設局横浜調査設計事務所、塩釜港工事事務所各位から、観測実施時ならびに実施前後数か月にわたり熱心な御協力をいただいた。さらに、観測時は現地において、横浜調査設計事務所親泊係長、柳島技官、塩釜港工事事務所大堀課長、沼下工事専門官、三井係長、大友技官、滝沢技官、当所防波堤研究室富田技官等の御協力をいただいた。貴重なデータを収集することのできた16mmメモーションカメラ、電

磁流速計は海岸環境研究センターの御好意によるものであるし、沖波測定に用いたデジタルカートリッジ磁気テープ記録装置の使用に際しては、当所佐々木海象測定技術主任研究官の手をわずらわせた。以上の方々に心からの謝意を表したい。

なお、波の統計処理は当所海洋水理部波浪研究室開発の電算プログラムを使用したことを付記する。

参考文献

- 1) 田中則男・小笹博昭・加藤一正・柳島慎一・小笠原昭・小山内英雄：砕波帯内諸現象の総合観測システムと観測例，港湾技術研究所報告，第17巻，第1号，1978年3月，pp.57～87.
- 2) 田中則男：砕波帯内における浮遊砂分布の一観測例とその観測方法について，第22回海岸工学講演会論文集，1975年，pp.319～324.
- 3) 田中則男・加藤一正・灘岡和夫・小山内英雄・近藤隆道：大洗海岸における砕波帯内の総合観測，港湾技術研究所報告，第18巻，第2号，1979年6月，pp.27～57.
- 4) 田中則男・加藤一正・灘岡和夫：砕波帯内における浮遊砂濃度分布—2,3の興味ある観測例について—，第26回海岸工学講演会論文集，1979年11月，pp.182～186.
- 5) 堀川清司：海岸工学，海洋工学への序説，東京大学出版会，1973，317p.
- 6) Nagata, Y.: The statistical properties of orbital wave motions and their application for the measurement of directional wave spectra, The Journal of the Oceanographical Society of Japan, Vol. 19, No. 4, 1964, pp. 169 ~ 181.
- 7) 藤縄幸雄・岡田憲司・渡部勲：波浪に伴う長周期波（サーフ・ビート）の特性（I）・（II），国立防災科学技術センター研究報告，第15号，1976年10月，pp.159～191，第17号，1977年3月，pp.111～165.
- 8) 例えば，Huntley, D.A., and A.J. Bowen: Field observation of edge waves, Nature, Vol. 243, No. 5403, 1973, pp. 160 ~ 162.
- 9) 佐藤昭二・永井紀彦・小笹博昭：波による海浜流の数値計算の一例，港湾技研資料，No. 290，1978年6月，16p.
- 10) 加藤一正・田中則男・灘岡和夫：干潟上の潮流計算および干潟変形予測の手法，港湾技術研究所報告，第18巻，第4号，1979年12月，pp.1～76.

付 録

付録A 観測期間中の風向, 風速, 沖波代表波, 潮位

表-1 (その1/5)

1979年9月17日

時刻	風向	風速	波数	最 大		1 / 10		1 / 3		平 均		潮位 (cm)
		m/s		波高 (m)	周期 (s)	波高 (m)	周期 (s)	波高 (m)	周期 (s)	波高 (m)	周期 (s)	
1	NW	3.0										142
2	N	2.2	130	0.76	8.3	0.54	10.0	0.45	9.6	0.33	9.2	133
3	N	3.4										117
4	N	3.7	170	0.74	9.0	0.59	8.9	0.49	8.5	0.34	7.0	100
5	NNE	7.1										83
6	NNE	6.0	221	0.86	8.6	0.66	8.3	0.53	7.1	0.36	5.4	71
7	NNE	4.8										64
8	N	3.9	204	0.84	7.2	0.64	6.6	0.52	7.9	0.35	5.9	65
9	N	3.4										76
10	NNE	4.0	164	0.66	8.6	0.59	8.1	0.50	8.3	0.35	7.2	92
11	E	1.8										109
12	E	2.8	156	0.82	8.2	0.65	8.4	0.55	8.5	0.38	7.6	124
13	ESE	2.9										136
14	SE	5.1	218	1.03	6.0	0.74	7.6	0.61	7.0	0.42	5.4	142
15	SE	4.4										141
16	SE	3.4	180	1.07	3.2	0.66	8.2	0.54	8.1	0.38	6.6	136
17	SE	3.0										124
18	SSE	2.9	165	1.04	10.2	0.63	8.7	0.53	8.4	0.38	7.2	115
19	SSE	3.3										110
20	W	3.1	173	0.83	8.0	0.68	9.1	0.55	8.8	0.37	6.8	111
21	W	2.9										118
22	NW	1.0	166	0.82	10.5	0.70	8.0	0.56	7.9	0.37	7.2	128
23	NNW	1.1										138
24	NW	0.4	150	0.99	7.3	0.66	8.8	0.55	8.9	0.38	8.0	146

表一A (その2/5)

1979年9月18日

時刻	風向	風速	波数	最大		1/10		1/3		平均		潮位 (cm)
		m/s		(m) 波高	(s) 周期	(m) 波高	(s) 周期	(m) 波高	(s) 周期	(m) 波高	(s) 周期	
1	NW	1.1										150
2	NW	1.5	157	0.85	6.6	0.68	8.1	0.53	8.4	0.37	7.6	147
3	NW	3.2										135
4	NW	1.6	160	0.92	8.2	0.68	7.7	0.54	8.2	0.38	7.4	118
5	SW	1.5										98
6	WNW	2.9	162	0.79	8.0	0.67	7.6	0.56	8.2	0.39	7.4	81
7	WNW	1.0										68
8	WSW	2.0	170	0.91	8.4	0.75	8.1	0.60	7.7	0.40	7.0	60
9	SW	2.2										64
10	S	0.5	195	0.79	7.3	0.70	7.9	0.61	7.4	0.44	6.1	80
11	SW	1.1										99
12	SW	1.8	209	1.04	5.8	0.83	6.9	0.67	6.9	0.45	5.7	120
13	SSW	2.8										135
14	S	1.8	218	1.04	8.0	0.82	7.0	0.69	6.6	0.47	5.4	146
15	SSE	0.7										152
16		0.1	222	1.19	6.2	0.84	7.4	0.68	6.8	0.46	5.4	148
17		0.0										135
18	N	1.5	216	1.06	6.4	0.87	6.6	0.70	6.9	0.48	5.5	123
19	NW	1.4										113
20		0.1	196	1.53	5.2	0.89	6.9	0.72	7.0	0.51	6.1	107
21	WNW	2.0										110
22	NW	0.3	232	1.43	5.9	0.96	6.2	0.76	6.1	0.51	5.1	118
23	NW	0.6										132
24	N	1.5	218	1.60	5.2	1.09	6.0	0.88	6.3	0.60	5.5	148

表-A (その3/5)

1979年9月19日

時刻	風向	風速	波数	最大		1/10		1/3		平均		潮位 (cm)
		m/s		(m) 波高	(s) 周期	(m) 波高	(s) 周期	(m) 波高	(s) 周期	(m) 波高	(s) 周期	
1	SSW	1.2										159
2	NW	0.7	223	1.36	6.6	1.01	5.7	0.83	6.0	0.57	5.3	164
3	NNW	1.5										158
4		0.0	212	1.19	6.9	0.97	6.5	0.82	6.3	0.58	5.6	142
5	SW	1.6										122
6	NW	2.0	220	1.18	6.4	1.00	6.1	0.81	5.9	0.55	5.4	101
7	N	2.7										81
8	WSW	1.6	206	1.15	5.1	0.98	6.6	0.79	6.5	0.53	5.8	68
9	N	1.9										64
10	NNW	5.8	180	1.40	6.0	0.99	7.4	0.78	7.5	0.53	6.6	73
11	N	4.0										92
12	NNW	6.0	192	1.29	6.8	0.94	7.2	0.77	7.6	0.52	6.2	111
13	NNW	8.6										133
14	NNW	9.1	249	1.33	8.0	1.04	7.0	0.82	6.6	0.54	4.7	147
15	NNW	9.0										154
16	NNW	8.8	239	1.20	6.8	0.91	7.4	0.73	7.0	0.48	5.0	151
17	N	8.3										137
18	N	7.2	211	0.94	7.9	0.76	7.7	0.62	7.6	0.41	5.6	121
19	N	7.5										107
20	NNW	6.7	223	1.07	8.6	0.69	7.9	0.56	7.2	0.37	5.3	96
21	N	5.5										91
22	N	2.8	152	0.90	8.4	0.77	8.7	0.61	8.5	0.41	7.9	95
23	N	1.6										111
24	N	3.3	166	0.89	7.9	0.75	8.3	0.60	8.2	0.40	7.2	130

表-2 (その4/5)

1979年9月20日

時刻	風向	風速 m/s	波数	最大		1/10		1/3		平均		潮位 (cm)
				波高 (m)	周期 (s)	波高 (m)	周期 (s)	波高 (m)	周期 (s)	波高 (m)	周期 (s)	
1	N	1.7										147
2	NNW	3.1	149	0.87	7.0	0.68	8.1	0.57	8.3	0.40	8.0	159
3	N	2.3										160
4	WNW	2.5	155	0.85	7.7	0.70	7.6	0.60	8.0	0.42	7.7	149
5	WNW	3.6										132
6	NW	3.4	150	1.23	7.3	0.85	8.1	0.68	8.0	0.47	7.9	109
7	NW	4.0										84
8	NW	4.4	153	1.28	8.6	0.86	7.9	0.70	7.8	0.49	7.8	67
9	NW	1.8										54
10	SE	2.0	168	1.15	7.8	0.95	7.6	0.77	7.5	0.52	7.1	61
11	ESE	2.9										76
12	SE	2.5	154	1.06	6.5	0.92	7.6	0.77	7.8	0.52	7.7	97
13	SE	2.8										122
14	SSE	3.5	165	1.15	7.6	0.92	7.5	0.74	7.7	0.50	7.3	144
15	SSE	3.8										155
16	S	3.9	170	1.14	7.4	0.87	4.5	0.72	7.5	0.49	7.0	157
17	S	3.6										148
18	S	4.0	178	1.02	7.4	0.84	7.7	0.69	7.6	0.47	6.7	128
19	S	3.2										111
20	NW	3.0	166	1.06	7.9	0.85	7.7	0.70	7.6	0.48	7.2	95
21	NW	1.8										81
22	NW	2.9	171	0.96	9.4	0.80	7.9	0.66	7.9	0.45	6.9	82
23	NW	2.4										95
24	SSE	2.9	167	0.95	7.8	0.77	8.2	0.64	8.0	0.44	7.1	112

表一A (その5/5)

1979年9月21日

時刻	風向	風速 m/s	波数	最大		1/10		1/3		平均		潮位 (cm)
				(m) 波高	(s) 周期	(m) 波高	(s) 周期	(m) 波高	(s) 周期	(m) 波高	(s) 周期	
1	NW	1.0										135
2	WNW	3.3	172	1.05	7.7	0.85	7.8	0.70	7.8	0.48	6.9	152
3	NW	2.0										163
4	NW	1.8	181	0.94	6.9	0.78	7.7	0.64	7.7	0.44	6.6	161
5	NW	1.6										148
6	NW	1.7	193	0.99	7.4	0.84	7.5	0.72	7.5	0.50	6.2	129
7	NW	2.8										104
8		0.2	196	1.46	7.0	1.00	7.2	0.76	6.9	0.51	6.1	77
9		0.1										61
10	ESE	2.4	194	1.28	7.1	1.02	6.7	0.80	7.0	0.53	6.1	59
11	ESE	2.9										68
12	ESE	2.1	198	1.33	6.0	0.94	7.0	0.76	6.9	0.51	6.0	90
13	SE	3.1										115
14	SE	3.4	193	1.48	7.1	1.06	6.8	0.87	6.7	0.60	6.2	139
15	SSE	6.0										157
16	SSE	5.8	244	1.45	7.8	1.18	6.0	0.96	5.9	0.64	4.9	162
17	SSE	7.6										154
18	SSE	7.5	254	1.81	3.7	1.35	6.1	1.07	5.7	0.72	4.7	136
19	S	5.7										114
20	SSE	4.6	243	1.85	5.7	1.31	6.6	1.02	6.0	0.69	4.9	95
21	S	3.4										79
22	S	6.0	232	1.50	5.2	1.14	6.2	0.95	6.1	0.64	5.1	75
23	S	3.0										81
24	SE	2.6	208	1.60	6.5	1.16	6.7	0.94	6.9	0.65	5.7	

注) 潮位は工事用基準面 (T. P. - 0.93 m) を基準にしている。

付録B 16mmメモーションカメラ, 電磁流速計, 空中写真の測定開始時刻

	16mmメモーションカメラ (約1時間)	電磁流速計	空中写真
18日	14時16分31秒	12時53分 (3時間)	14時23分 52秒
19日	9時28分30秒 13時56分	8時32分 (3時間) 13時25分 (1時間)	9時49分 40秒
20日	9時20分 11時11分 15時31分	9時18分30秒 (3時) 15時30分 (1時間)	.

付録C 空中写真の撮影時刻（1979年9月18日），撮影間隔

フィルム番号	撮影時刻	撮影間隔	フィルム番号	撮影時刻	撮影間隔
1	14時23分52秒0		36	14, 49, 19, 5	60秒1
2	14, 24, 22, 0	30秒0	37	14, 50, 19, 4	59, 9
3	14, 24, 51, 3	29, 3	38	14, 51, 18, 9	59, 5
4	14, 25, 21, 1	29, 8	39	14, 52, 18, 8	59, 9
5	14, 25, 51, 3	30, 2	40	14, 53, 18, 4	59, 6
6	14, 26, 21, 2	29, 9	41	14, 54, 18, 8	60, 4
7	14, 26, 50, 9	29, 7	42	14, 55, 19, 1	60, 3
8	14, 26, 51, 9	1, 0	43	14, 56, 18, 4	59, 3
9	14, 27, 22, 3	30, 4	44	14, 57, 18, 1	59, 7
10	14, 27, 52, 2	29, 9	45	14, 58, 18, 5	60, 4
11	14, 28, 22, 5	30, 3	46	14, 59, 17, 0	58, 5
12	14, 28, 52, 3	29, 8	47	15, 00, 17, 3	60, 3
13	14, 29, 22, 6	30, 3	48	15, 01, 17, 3	60, 0
14	14, 29, 52, 2	29, 6	49	15, 02, 16, 9	58, 6
15	14, 30, 22, 1	29, 9	50	15, 03, 16, 8	59, 9
16	14, 30, 52, 1	30, 0	51	15, 04, 16, 1	60, 3
17	14, 31, 22, 1	30, 0	52	15, 05, 16, 6	60, 5
18	14, 31, 52, 2	30, 1	53	15, 06, 15, 7	59, 1
19	14, 32, 22, 1	29, 9	54	15, 07, 16, 1	60, 4
20	14, 33, 22, 4	60, 3	55	15, 08, 15, 6	59, 5
21	14, 34, 21, 9	59, 5	56	15, 09, 15, 2	59, 6
22	14, 35, 21, 1	60, 2	57	15, 10, 14, 7	59, 5
23	14, 36, 21, 8	59, 7	58	15, 11, 14, 5	59, 8
24	14, 37, 21, 8	60, 0	59	15, 12, 14, 8	60, 3
25	14, 38, 21, 8	60, 0	60	15, 13, 14, 6	59, 8
26	14, 39, 22, 2	60, 4	61	15, 14, 14, 7	60, 1
27	14, 40, 21, 9	59, 7	62	15, 15, 14, 5	59, 8
28	14, 41, 20, 1	59, 2	63	15, 16, 14, 5	60, 0
29	14, 42, 19, 9	59, 8	64	15, 17, 15, 2	60, 7
30	14, 43, 19, 8	59, 9	65	15, 18, 13, 7	58, 5
31	14, 44, 19, 6	59, 8	66	15, 19, 14, 6	60, 9
32	14, 45, 20, 0	60, 4	67	15, 20, 15, 2	60, 6
33	14, 46, 19, 6	59, 6	68	15, 21, 14, 8	58, 6
34	14, 47, 19, 7	60, 1	69	15, 22, 15, 4	60, 6
35	14, 48, 19, 4	59, 7	70		

付録D 浮遊砂データ (1979年9月20日, 満潮時)

表-D (その1/2)

測点	採水位置	波の位置	採水量 (g)	浮遊砂重量 (g)	濃度 (ppm)	
S 1	上	P 1	1066	0.004	4	
		P 2	765	0.005	7	
		P 3	1116	0.006	5	
		P 4	1156	0.009	8	
		P 5	1006	0.027	27	
	中	P 1	1161	0.008	7	
		P 2	1106	0.011	10	
		P 3	1161	0.020	17	
		P 4	1096	0.020	18	
		P 5	1161	0.012	10	
	下		1036	0.028	27	
			1151	0.242	210	
			1106	0.180	163	
	S 2	上	P 1	946	0.030	32
			P 2	976	0.009	9
P 3			986	0.008	8	
P 4			1036	0.006	6	
P 5			1131	0.006	5	
中		P 1	1156	0.011	10	
		P 2	1161	0.006	5	
		P 3	1196	0.010	8	
		P 4	1096	0.016	15	
		P 5	1146	0.050	44	
下			1121	0.185	165	
			1151	0.306	266	
			1165	0.328	282	
S 3		上	P 1	1115	0.003	3
			P 2	1121	0.003	3
	P 3		1151	0.005	4	
	P 4		1136	0.009	8	
	P 5		1076	0.008	7	
	中	P 2	1146	0.010	9	
		P 2	1151	0.015	13	
		P 2	1165	0.010	9	
		P 3	1081	0.011	10	
		P 4	1161	0.016	14	

表-D (その2/2)

測点	採水位置	波の位相	採水量 (g)	浮遊砂重量 (g)	濃度 (ppm)	
	下		1126	0.037	33	
			1156	0.079	68	
			1141	0.010	9	
	S 4	上	P 1	1071	0.010	9
			P 2	1131	0.011	10
P 3			1156	0.008	7	
P 4			1136	0.006	5	
P 5			1076	0.015	14	
中		P 1	1106	0.012	11	
		P 2	1131	0.019	17	
		P 3	1151	0.010	9	
		P 4	1066	0.012	11	
		P 5	1156	0.026	22	
下		1081	0.038	35		
		1076	0.037	34		
		1106	0.048	43		
S 5	上	P 1	1046	0.021	20	
		P 2	886	0.006	7	
		P 3	1115	0.007	6	
		P 4	1136	0.008	7	
		P 5	1126	0.008	7	
	中	P 1	1081	0.009	8	
		P 2	1086	0.008	7	
		P 3	1151	0.010	9	
		P 4	1156	0.010	9	
		P 5	1161	0.017	15	
	下		1121	0.234	209	
			1081	0.124	115	
			1086	0.033	30	

港湾技研資料 No. 355

1980・9

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 阿部写真印刷株式会社

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.