

## 離岸堤周辺の海浜変形予測

— 現地調査と数値モデル —

Prediction of Changes in Submarine Topography  
near Detached Breakwaters

— Field Observation and Numerical Modeling —

七 沢 馨\* 福 田 義 昭\*\*

Kaoru NANASAWA and Yoshiaki FUKUDA

離岸堤周辺の海底地形変化を予測するために現地調査を行い、離岸堤周辺の波高分布と流況を観測した。海底地形変化を予測する数値モデルとして波浪場モデル、海浜流モデル、地形変化モデルを導入し、現地調査結果を参考にした計算条件の下で波浪場モデルと海浜流モデルについて計算が行われた。数値計算と現地調査を比較した結果、良好な再現性を示すことがわかった。さらに地形変化モデルによる試算も行った。

《離岸堤；海底地形変化；現地調査；数値解析》

Field observations of wave height distribution and longshore currents near detached breakwaters were made to construct a numerical model on prediction of changes of bottom topography near detached breakwaters. The numerical model includes three submodels: a wave field model; a nearshore current model; and a bottom topographic deformation model. Computation of the wave field model and nearshore current model shows good agreement with field observations. In addition, an attempt was made to test the applicability of the bottom topographic deformation model on the observation site.

Keywords: detached breakwaters, changes of bottom topography, field observations, numerical analysis.

## 1. はじめに

近年、わが国では海岸保全施設として離岸堤が各地で建設されている。離岸堤は汀線の沖側に汀線とほぼ平行に設置された構造物であり、

① 来襲した波浪を堤体により消波する機能

② 離岸堤の背後に漂砂を堆積させる機能

を有している。離岸堤の持つ消波機能と堆砂機能との間には密接な関係があり、両者の相乗効果により海岸侵食を防止するものである。

以上のように、海岸保全施設としての離岸堤の効果は大きなものであるが、離岸堤周辺の水理現象は複雑であり、なお未解明の部分が多く残されている。このため、離岸堤を設置する場合には、その効果や海浜に与える影響を定量的に予測することはむずかしい問題である。離岸堤の建設にあたっては、平面的な配置諸元（離岸堤数、堤長、開口幅、離岸距離（設置水深）など）を海岸特性の似かよった他の地点での施工例を参考に決めているのが現状であり、その効果や影響の予測も定性的なもの

\*前河川研究室主任研究員 現石狩川開発建設部維持管理課施設管理係長 \*\*前河川研究室員 現石狩川開発建設部岩見沢河川事務所第1工務課計画係

ならざるを得なかった<sup>1)</sup>。しかしながら、離岸堤の効果や影響を定量的に予測することは、離岸堤の平面的な配置を決める上で今後その重要性を増すものと考えられる。

現在のところ、定量的な予測方法としては、

- ① 模型実験
- ② 数値モデルによるシミュレーション

などがあげられる。このうち数値モデルによるシミュレーションは、近年の漂砂現象に関する研究の進展および大型計算機の普及に伴い、今後予測方法としての重要性がたかまるものと考えられる。数値モデルをその特性により分類すると（図-1参照）

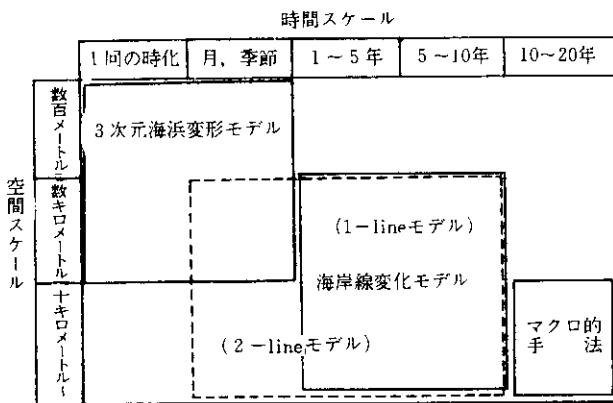


図-1 数値モデルの分類、適用範囲

- ① 長期的な汀線の変化を予測する、1-lineモデル（あるいは2-lineモデル）
- ② 短期的な海浜変形を予測する3次元モデルに分けられる<sup>2)</sup>。1-lineモデルは沿岸漂砂の連続式に基づき、海浜形状を相似のまま平行に前進・後退させ、汀線の変化に代表される海浜変形を予測するものである。こ

れに対して、3次元モデルは平面的な波浪・海浜流の分布に基づき、各点での沿岸方向・岸沖方向の漂砂量を求め、海浜地形の平面的な変化を予測するものである。

本報告は、3次元モデルの開発の一環として行った現地調査の結果および3次元モデルによる現地調査の再現結果をまとめたものである。

## 2. 現地調査

3次元モデルを開発する場合、波浪の平面分布の計算結果をチェックするデータが必要となる。実験室レベルでのデータによる3次元モデルの検証はかなり進んでおり、モデルとしての妥当性が認められている。しかしながら、現地レベルでの検証はデータそのものが少ないため進んでいない状況にある。そこで、現地レベルでのモデルの検証を行うのに必要なデータを得るために現地調査を行うことにした。現地調査は、3次元モデルの3つのサブ・モデル（波浪場モデル・海浜流場モデル・海浜変形モデル）のうち、波浪場モデル・海浜流場モデルをチェックするために、

- ① 海浜地形
- ② 波高分布
- ③ 海浜流の流況

の3項目について行った。以下に今回行った現地調査の概要と調査結果をまとめておく。

### (1) 調査地区概要

現地調査は、日本海に面した小樽市西部の蘭島地区を対象に行った。当地区は、2つの岬にはさまれた延長約1kmのポケット・ビーチで、夏期には波浪が静穏で海水浴場として利用されているが、冬期には季節風による波



写真-1 蘭島地区全景（昭和61年4月撮影）

の分  
を求  
た現  
再現

十算  
ルで  
おな  
たの  
モ調  
つ浜  
を

の  
を約  
水波

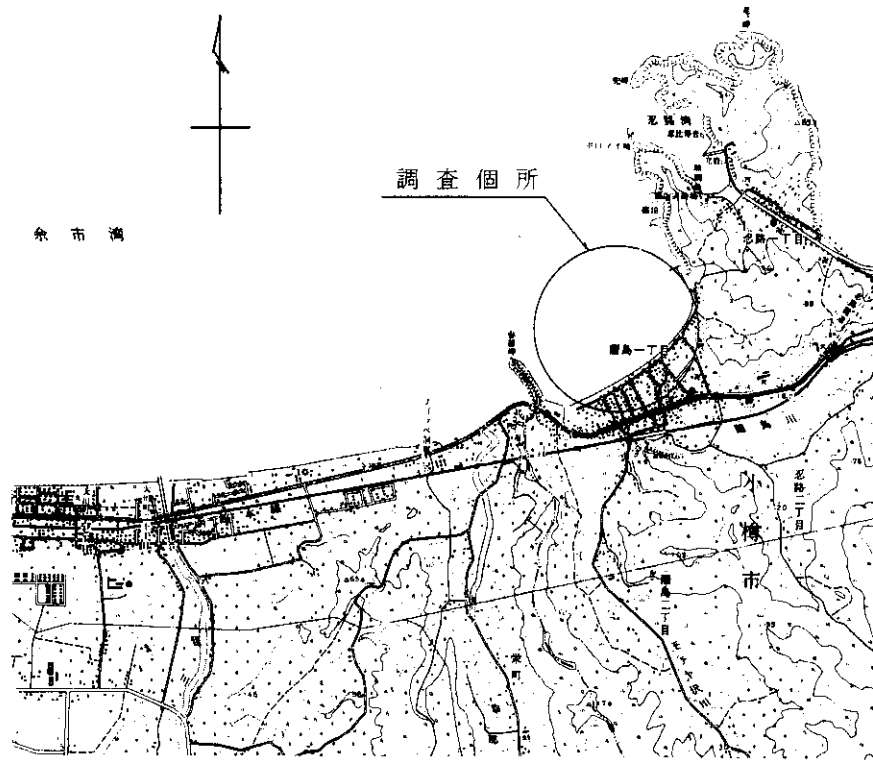


図-2 調査対象地区位置

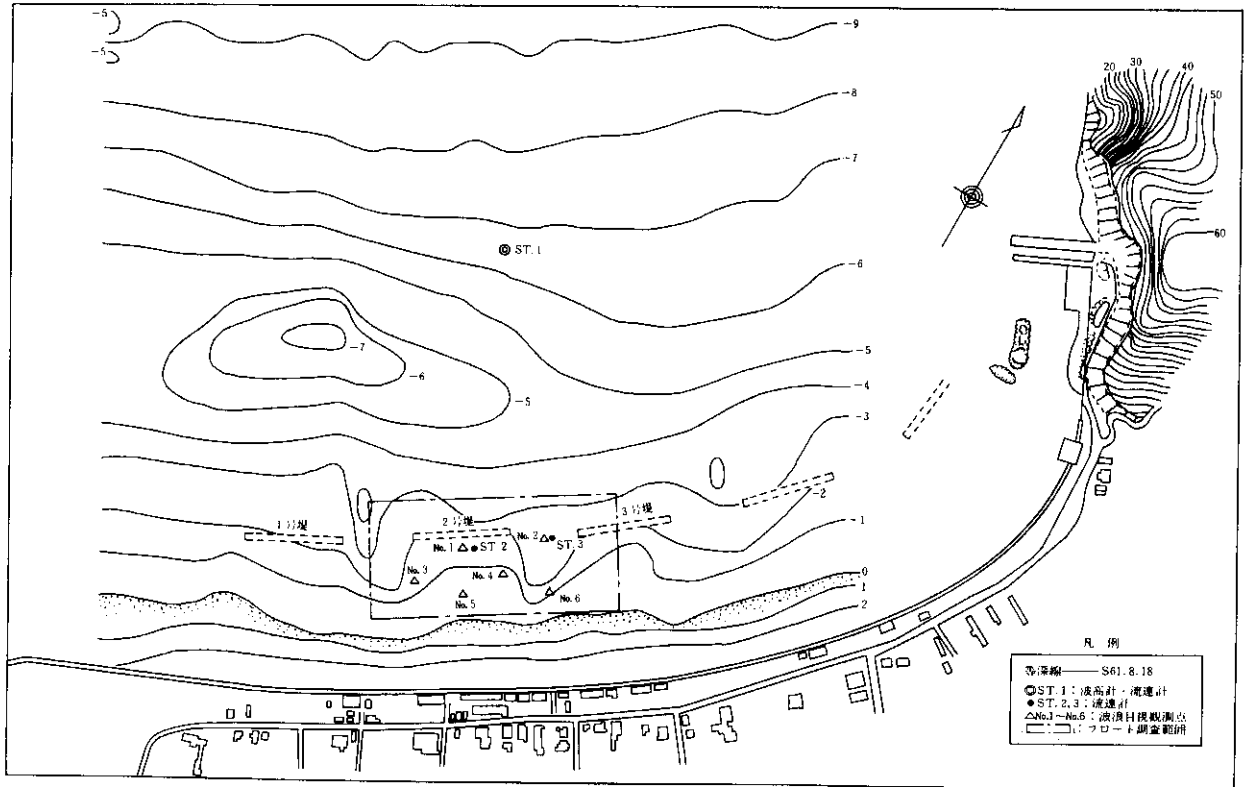


図-3 波高・海浜流観測位置

浪が連続的に襲来する典型的な日本海の高浜である。また、当地区は汀線が海岸堤防付近まで後退し前浜がほとんどない状態であったが、北海道が昭和49年から55年に

かけて5基のブロック積み透壁型離岸堤を設置したところ、前浜が50 m程度までに回復し現在にいたっている(写真-1参照)。当地区の全体的な位置を図-2に示す。

(2) 観測点位置および観測方法

現地調査は、昭和61年8月27日と10月21日の2回行った。調査内容は2回とも離岸堤周辺の波高分布および海浜流の流況について行った。この2回の調査に先立ち、海浜地形を把握するための深淺測量を8月18日に行った。調査を2回行ったのは波浪条件の異なる場合のデータを得るためである。しかしながら、10月21日の調査は、南からの（陸から海へ向かう）風が強く満足できるデータが得られなかったため、以下の検討では割愛する。

波高分布調査は図-3に示す7カ所で行った。図-3中の等深線は8月18日に行った深淺測量結果である。このうち、ST. 1は水深-6mで、この位置に超音波波高計・電磁波向計を設置し、襲来する波浪の波高・周期・波向の観測を行った。ST. 1での観測は他の調査を行っている間20分間隔で1回あたり波高計で20分、波向計で17分3秒の観測を行い、ほぼ連続した波浪観測を実施した。そのほかの6カ所の観測点では、水位標を設置し水位変化を目視により観測し波高を測定した。目視による波高の測定は、100波程度を連続して行った。目視による波高観測では波向を観測することはできず、周期についても短かい波には追従できず、その結果周期は長めに観測される。また、波向・海浜流の流向は北を0°とし、時計まわりにはかった角度により表現することにする。

海浜流の流況については、電磁流速計とフロートの追跡を併用し観測することにした。電磁流速計は、図-3に示す離岸堤背後のST. 2と開口部のST. 3の2カ所に設置した。これらの電磁流速計は、海底面近傍（海底面から0.7m）での海浜流の流速および流向を定量的に測定するものである。これに対して、フロート追跡は海浜流の流況パターンを観測するものである。フロート追跡は離岸堤の背後および開口部にフロートを投入し、陸上に設置した2台のトランシットで追跡した。フロートの投入地点は、離岸堤の開口部の沖側と岸側の2点および離岸堤中央部の沖側と岸側の2点とし、これを離岸堤の左右とし計8点とした（図-3参照）。

(3) 調査結果

海浜地形の特徴は、図-3の等深線からも明らかなように、対象地区の左端の離岸堤の沖側（汀線から300m程度沖側）に-6~-7mのトラフがあることである。この部分を除けば、-4mより深いところの等深線はほぼ汀線に平行といえる。-2mあるいは-1mの等深線に着目すると、離岸堤群の開口部で大きく汀線側に入り込んでおり、離岸堤の背後で沖側にでている。このような海浜地形は離岸堤周辺で多く見られるものであり、離岸堤の持つ堆砂機能が発揮されていることを示すものである。現在の

表-1 ST.1で観測された入射波の諸元

H (m)	T (sec)	波向 (°)	風向・風速
0.44~0.46	5.4 ~ 5.7	316 ~ 317	WSW0~5m/s

表-2 離岸堤周辺での波浪観測結果

	ST.1	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
有義波高 (m)	0.46	0.21	0.57	0.29	0.44	0.49	0.43
波高比	1.00	0.46	1.24	0.63	0.96	1.07	0.93
平均波高 (m)		0.14	0.41	0.23	0.25	0.30	0.32
周期 (sec)	5.7	5.5	6.8	5.6	6.4	7.5	5.3

ところ、汀線はそれほど前進していないが、今後トンボロ地形が形成されることも期待できる。

今回の調査（8月27日）時のST. 1での波浪観測結果を表-1にまとめておく。観測は20分間観測が18回であった。表-1から明らかなように、有義波高・周期・波向とも安定しており、調査を行う上で満足できる状況であった。ただし、波高が若干小さいのは、波高分布観測を破波帯で目視により行うため、これ以上の波高では危険が伴い観測できなくなるという制約を受けるためである。また、波高が小さいので、今回の調査時には離岸堤を越波することはなかった。次に、離岸堤周辺での波浪観測結果は表-2にまとめておく。ここで、表-2中の波高比とは、ST. 1で観測された有義波高により、No.1~No.6の各波高観測点での有義波高を除いた比率である。No.1~No.6の各波高観測点で観測された波高の相対度数分布を図-4に示す。

観測回数が少ないのでHでなく度数分布（図-4）から、離岸堤の消波機能について考えてみる。離岸堤の背後の観測点No.1と開口部の観測点No.2の観測波高の度数分布を比較すると明らかなように、離岸堤による消波機能が認められる。すなわち、観測点No.2では波高ランクが0.3~0.4mの波浪が最も多く観測されているのに対して、観測点No.1では波高ランクが0.1~0.2mの波浪が最も多くなり、0.2m以下の波浪が観測された波浪の80%以上を占めている。さらに、観測点No.1での有義波高と観測点No.2での有義波高から、離岸堤の波高伝達率を表-2の値を用いて求めると0.21/0.57=0.37であり、今回の調査で対象とした透過型離岸堤の透過率は40%程度といえる。換言すれば、波高を半減させる程度の消波機能を離岸堤に期待できることを示している。ただし、今回の調査時は離岸堤を越波するような波浪がなかったため、離岸堤を透過する場合の消波機能が顕著に現われたもの

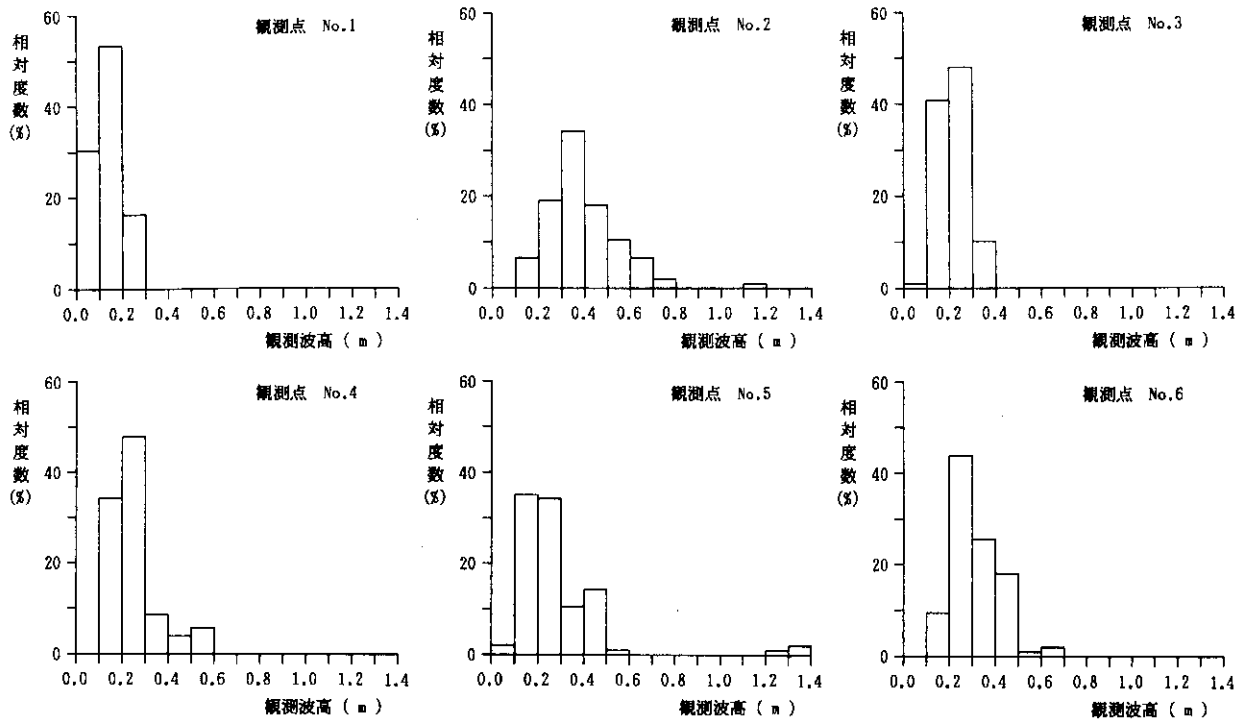


図-4 各波高観測点での観測波高の頻度分布

と考えられる。したがって、越波するような場合（離岸堤上で碎波するような場合）にどの程度の消波機能が発揮されるかについては、大波浪時の調査が必要である。

次に、離岸堤と汀線との間の波高分布状況について見てみることにする。離岸堤と汀線との中間で離岸堤の端部に設けられた観測点 No. 3 と No. 4 では、離岸堤による回折・海浜地形による屈折あるいは浅水変形のため、波高が離岸堤背後の観測点 No. 1 より増大している状況が表-2 と図-4 より読みとれる。また、0.4 m 以上の波浪の占める比率が観測点 No. 2 より観測点 No. 3 と No. 4 で減少していることから、この間で碎波などが発生しているものと考えられる。さらに、観測点 No. 4 と No. 6 について比較すると、観測点 No. 6 で波高の高い波浪の占める比率が大きくなっている。この原因としては、観測点 No. 6 が開口部から汀線方向に入り込んだトラフの先端近くであり、開口部からの入射波浪が途中で碎波せずに到達していることが考えられる。

海浜流の流況に関する調査結果をまとめておく。電磁流速計による海浜流の流速・流向の観測結果の概略を表

表-3 海浜流の流速・流向の観測結果

	ST. 1	ST. 2	ST. 3
流速(cm/s)	2~3	2	2~4
流向(°)	120~140	50~70	90~110

-3 に示す。ここで、ST. 1 の波向計には海浜流の流速・流向を測定する機能が付随しており、表-3 に示したものはその観測結果である。ここで示した流速は波の軌道速度ではなく、観測期間中(20分間)の平均流である。ST. 2 は離岸堤の背後で波高観測点 No. 1 とほぼ同位置であり、ST. 3 は開口部で波高観測点 No. 2 とほぼ同位置である。今回の観測では、波高が小さいため海浜流の流速は2~4 cm/s 程度と小さいが、その流向は安定していた。すなわち、離岸堤背後の ST. 2 では離岸堤に平行な流向を示し、開口部の ST. 3 では汀線に向かう流れが観測された。これらは、離岸堤背後に発生する循環流セルの一部を観測したものと思われる。また、フロートによる流況観測の結果得られた流線を図-5 に示す。図-5 に示した流線図は、8カ所に投入したフロートを4分間隔で追跡し、その軌跡をトレースしたものである。図-5 を見ると、離岸堤周辺で発生する循環流セルを捉えている。すなわち、海浜流が開口部で岸向きの流れとなり、離岸堤背後で沖向きの流れとなっている。離岸堤の中央部を境に、2つのセルを形成している。このような海浜流の流況は、離岸堤の周辺で見られる典型的なパターンである。

今回の調査では、波高分布について離岸堤のすぐ背後で波高が減少し、離岸堤から離れるに従い回折・屈折・浅水変形により波高が増加する状況や、開口部から入射した波浪が汀線近くまで到達する状況を観測することができた。また、海浜流の流況についても、離岸堤背後の

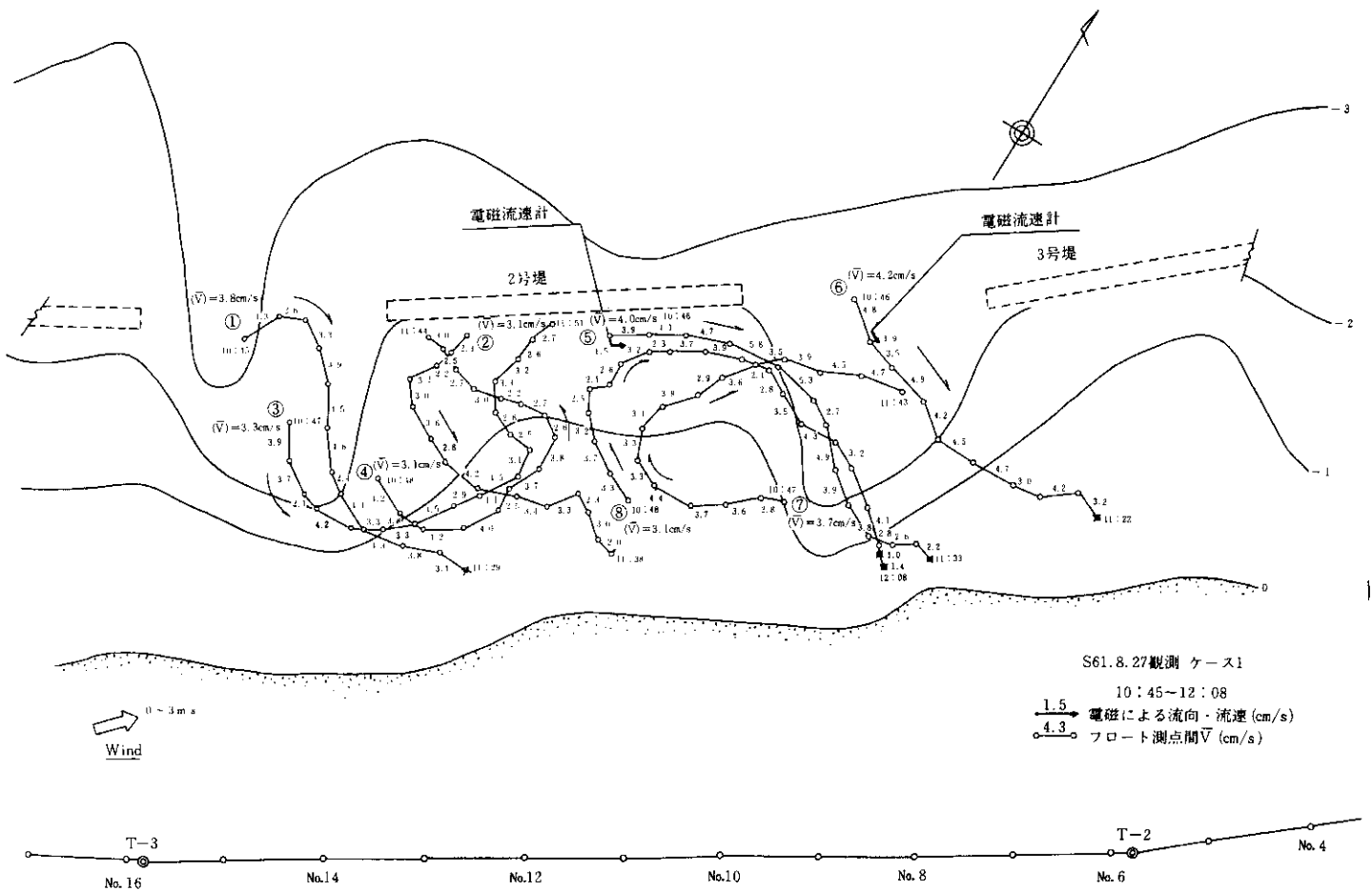


図-5 離岸堤周辺の海浜流の流況

循環流セルを観測することができた。調査時の波高が小さかったため明確な碎波線を観測することはできなかったが、3次元モデルの検証のための調査としてほぼ満足できる波高分布・海浜流の流況が得られたといえる。

### 3. 3次元モデルの概要

3次元モデルの構成および計算の流れは、図-6のフロー・チャートに示すとおりである。本報告では、各サブ・モデルの基礎方程式を示すにとどめる（解法などについては、文献2）を参照されたい）。

#### (1) 波浪場の計算

波浪場の計算には、数値波動解析法<sup>3)</sup>を用いることにする。数値波動解析法は、(1)式に示す水深方向に積分された線形の運動方程式と(2)式に示す連続式を基礎方程式とする。

$$\frac{\partial Q_x}{\partial t} + c^2 \frac{\partial \eta}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial Q_y}{\partial t} + c^2 \frac{\partial \eta}{\partial y} = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = 0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 $x, y$ ：静水面上にとった直交座標、 $t$ ：時間、 $\eta$ ：静水面から測った水面の上昇量、 $Q_x, Q_y$ ：軌動流速

の $x, y$ 方向成分 $u, v$ を水深方向に積分した線流量、 $c$ ：波速。線流量、波速および波数 $k(=2\pi/L)$ と角周波数 $\sigma(=2\pi/T)$ との関係は、(3)~(5)式で与えられる。ただし、 $z$ ：鉛直上向き座標、 $h$ ：水深、 $L$ ：波長、 $T$ ：周期、 $g$ ：重力加速度。

$$Q_x = \int_{-h}^0 u \, dz, \quad Q_y = \int_{-h}^0 v \, dz \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$c^2 = \frac{g}{k} \tanh(kh) \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$\sigma^2 = gk \tanh(kh) \quad \dots\dots\dots(5)$$

さらに、計算波高に対しては次の浅水度補正係数 $f_s$ を乗じる。

$$f_s = \left( \frac{n^+}{n_1} \right) \quad \dots\dots\dots(6)$$

ここで、 $n = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right)$ ,  $n_1$ ：沖側境界における $n$ の値

数値波動解析法では、境界条件として任意の反射率境界を設定することができる。すなわち、構造物の反射率を境界条件として取り込むことにより、反射波の状況を再現することができる。このことは、離岸堤などの構造物が波浪場へ与える影響を考える上で、非常に重要な特

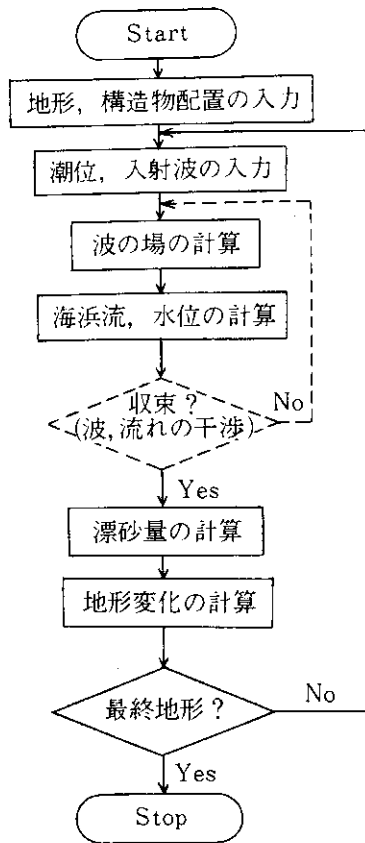


図-6 3次元モデルの流れ

性である。

(2) 海浜流場, 水位の計算

海浜流場の計算は, 与えられた条件の下での波浪場に伴う radiation stress を外力として行う。こうして生じた流れは波浪場を変化させ, さらに海浜流場を変化させる。このような相互干渉があるため, 波浪場の計算と海浜流場の計算を収束するまで反復する必要がある。実際には, 収束した海浜流場が外力となった海浜変形のため波浪場が変化するので, 海浜流場の計算にはさらに大きなループが必要である。ここでは, 海浜流の基礎方程式のみを示す。

海浜流の平均流に関する連続式は, (7)式で与えられる。また, 運動方程式は, (8)式で与えられる。

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \{ (h + \xi) U \} + \frac{\partial}{\partial y} \{ (h + \xi) V \} = 0 \quad \dots\dots(7)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} + F_x - M_x + R_x + g \frac{\partial \xi}{\partial x} &= 0 \\ \frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + F_y - M_y + R_y + g \frac{\partial \xi}{\partial y} &= 0 \end{aligned} \quad \dots\dots(8)$$

ここで,  $U, V$ :  $x, y$  方向の海浜流速,  $\xi$ : 平均水位の上昇量 (wave set-up),  $h$ : 静水深,  $t$ : 時間。

(8)式で, 第2項および第3項は移流項, 第4項は摩擦項, 第5項は水平拡散項, 第6項は radiation stress 項である。

(3) 漂砂量の計算

地形変化量は漂砂量の連続式により計算される。

$$(1 - \epsilon) \frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = 0 \quad \dots\dots(9)$$

ここで,  $\xi$ : ある基準面からの海底高,  $\epsilon$ : 底質の間隙率,  $q_x, q_y$ : 底質移動量 (実質体積) の  $x$  軸,  $y$  軸方向成分の単位幅単位時間当たりの量。

漂砂量を求める方法については, 数多くの研究がなされている。その中から今回開発しようとしている3次元モデルでは, Brown の漂砂量式を用いることにする<sup>4)</sup>。漂砂の移動方向は, 海浜流の流向に一致するものとした。海浜流の流向ベクトルの  $x, y$  成分により漂砂量を配分し, 計算メッシュごとの漂砂量の連続式から堆積・洗掘を求め, 海浜地形変化を予測することにする。

$$q = \begin{cases} 0 & (\psi \leq \psi_c) \\ 40 \omega d \psi^3 & (\psi \geq \psi_c) \end{cases} \quad \dots\dots(10)$$

ここで,  $q$ : 単位幅, 単位時間当たりの漂砂実質体積,  $\omega$ : 粒径  $d$  の粒子の静水中における沈降速度。

(10)式の沈降速度は, (11)式で与えられる<sup>4)</sup>。

$$\omega = \sqrt{g(\sigma/\rho - 1)} d \left\{ \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36\nu^2}{gd^3(\sigma/\rho - 1)}} - \sqrt{\frac{36\nu^2}{gd^3(\sigma/\rho - 1)}} \right\} \quad \dots\dots(11)$$

ここで,  $\sigma$ : 底質の密度,  $\rho$ : 海水の密度,  $\nu$ : 動粘性係数。また, 漂砂現象は流水による掃流力が限界掃流力を超えたときに起こる。(10)式の  $\psi_c$  はこの限界掃流力を示すものであり, (12)式で与えられる<sup>4)</sup>。

$$\begin{cases} S_* \leq 0.535 \text{ のとき } \psi_c = 0.14 \\ 0.535 \leq S_* \leq 13.55 \text{ のとき } \psi_c = 0.106453 S_*^{7/16} \\ 13.55 \leq S_* \leq 40.675 \text{ のとき } \psi_c = 0.034 \\ 40.675 \leq S_* \leq 167.75 \text{ のとき } \psi_c = 0.0123941 S_*^{1/11} \\ 167.75 \leq S_* \text{ のとき } \psi_c = 0.05 \end{cases} \quad \dots\dots(12)$$

ここで,  $S_*$  は底質の幾何学的特性を表わすパラメータであり, (13)式で与えられる。

$$S_* = \frac{d}{4\nu} \sqrt{(\sigma/\rho - 1)gd} \quad \dots\dots(13)$$

(10)式では, 限界掃流力と流水による掃流力を比較する必要がある。ここで,  $\psi$  は流水の運動の特性を表わすパラメータであり, 限界掃流力との比較の対象となる。これは(14)式で与えられる。

$$\psi = \frac{\tau_0}{(\sigma/\rho - 1)\rho g d} \quad \dots\dots(14)$$

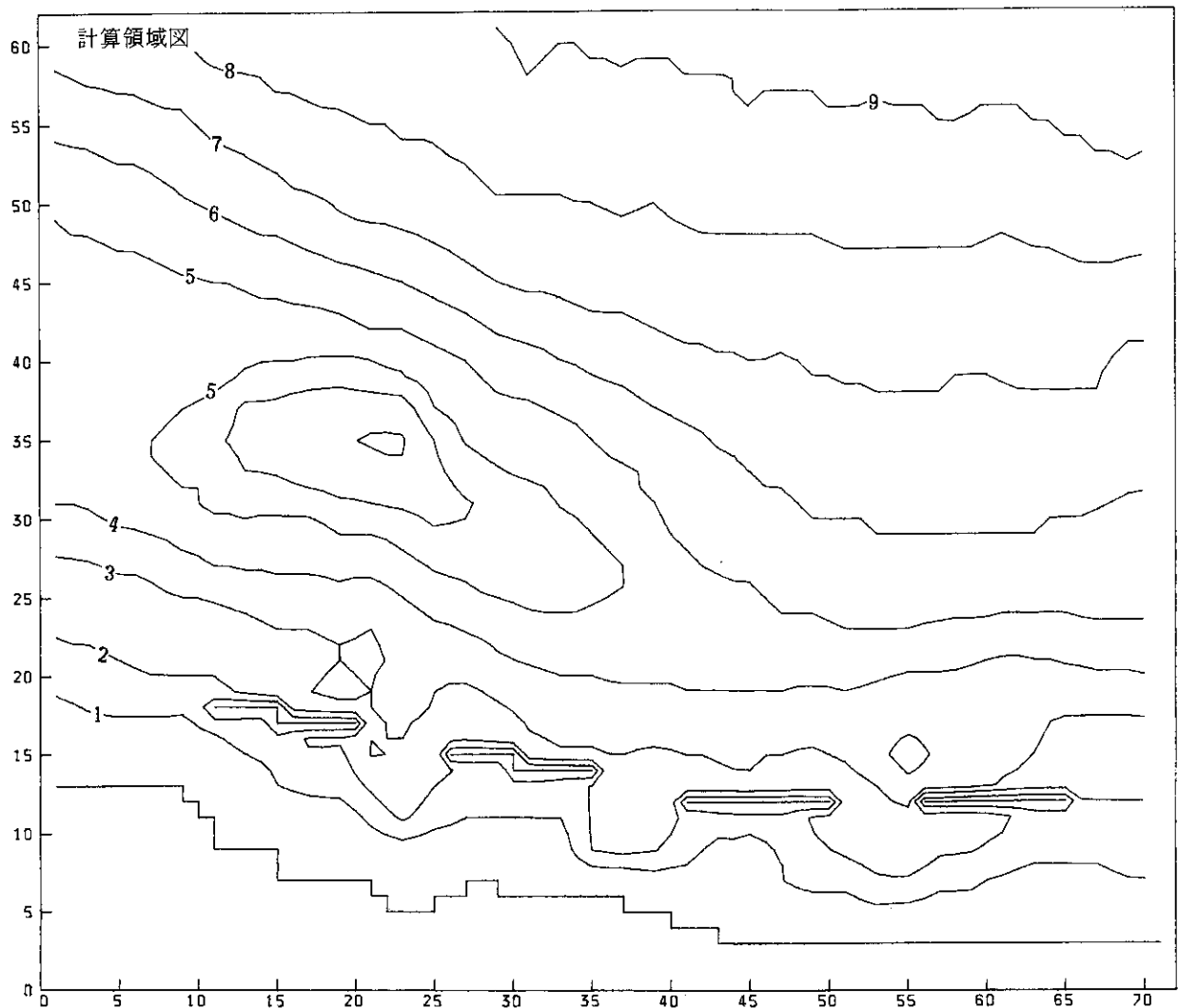


図-7 計算範囲および海底コンター

ここで、 $\tau_0$  は底面摩擦応力で(15)式で与えられる<sup>9)</sup>。

$$\tau_0 = \rho g \frac{U\sqrt{u^2+v^2}}{C_1^2} + \rho C_2 T \frac{2uH}{\sinh(kh)} \dots\dots\dots(15)$$

ここで、 $C_1$  はシェジャー係数でマンングの粗度係数  $n$  を用いると、 $C_1 = (h + \xi)^{1/3} / n$  となる。解析にあたっては  $n = 0.026$  を用いた。また、 $C_2$  は無次元の定数で  $C_2 = 0.03$  を用いた。(11)~(15)式を用いて掃流力に関するものを求め、(8)式に代入すれば漂砂量が得られる。

#### 4. 3次元モデルによる現地調査結果の再現

今回の現地調査により得られた波高分布、海浜流について、3次元モデルによる再現結果について詳述する。3次元モデルによる計算範囲は、図-7に示すように沿岸方向700 m、岸沖方向600 mとし、計算メッシュを10 mとする。図中の等深線は、図-3に示した等深線をメッシュ点ごとに与えたものである。計算領域の境界条件は、側方・入射境界ともに反射波をそのまま透過させるように、

反射率を0.0とした。また、離岸堤に関する境界条件は今回の数値計算では反射率を0.5とし、透過率を0.0とした。初期条件は、各メッシュで静水状態を仮定し  $Q_x, Q_y$  のすべての量を0とおいた状態とした。

数値波動解析法は、微小振幅波について解いたものである。したがって、微小振幅波により波高分布を計算し、その結果から沖波波高で除した無次元の波高比分布を求める必要がある。解析の対象とする波高分布は、微小振幅波で求めた波高比分布に対象とする沖波波高を乗ずることにより得られる。ただし、波高比分布は入射波の周期ごとに変化するもので、入射波の条件を種々変化させる場合には周期ごとに必要となる。

今回の再現計算においては基本式が微小振幅波理論により構成されているので、沖波を周期5.7 sec., 波高10 cmとして波高比分布を求めた。図-8は、今回調査を行った離岸堤の部分拡大した波高比分布を示したものである。この波高比にST. 1で観測された波高0.46 mを乗ずれ



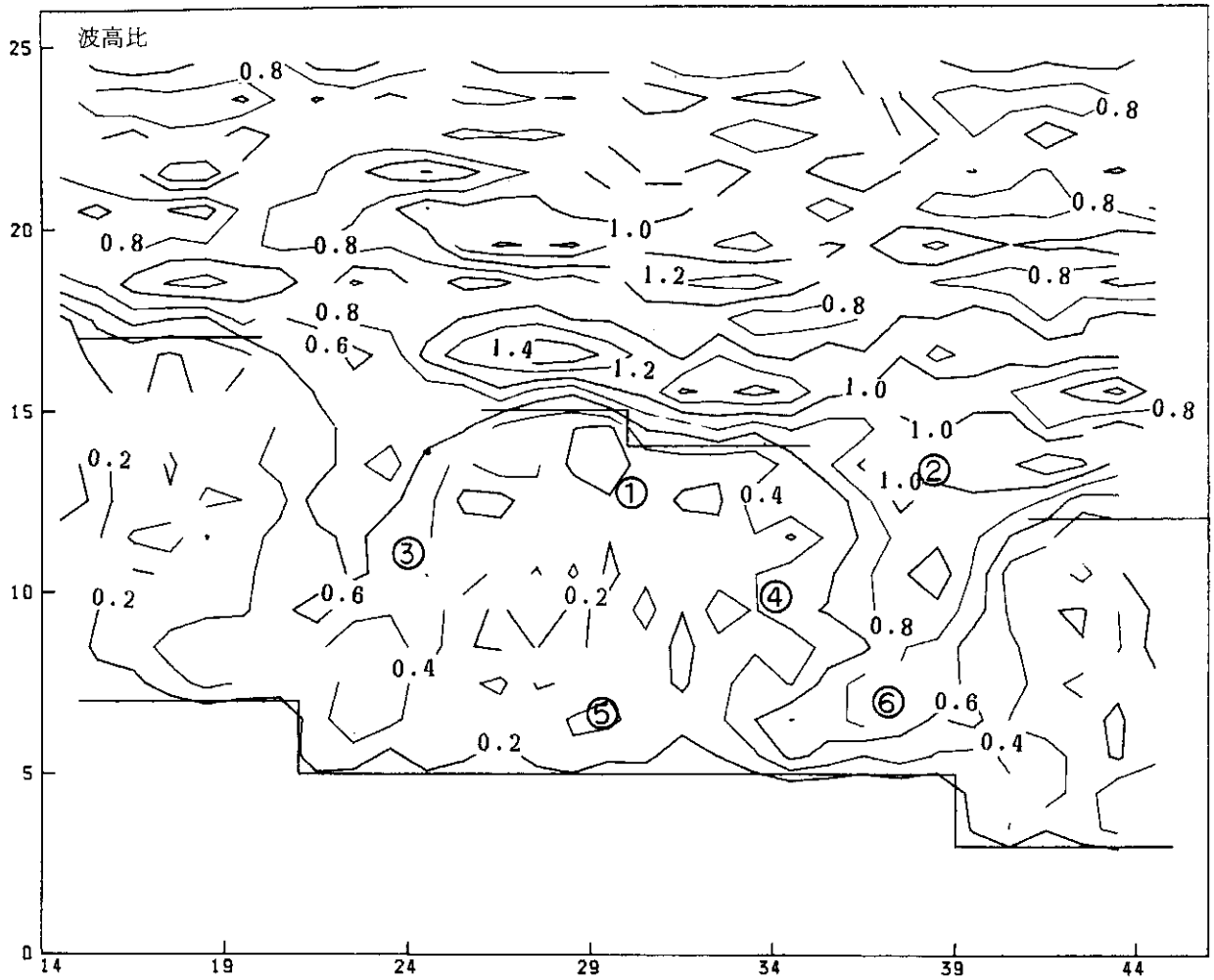


図-8 波高比分布 (拡大図)

ば、波高分布を求めることができる。ここで用いた周期および波高は、現地調査時に波高分布、海浜流の流況を観測した時点のものであり、調査の全期間をとおしての平均値ではない。

(1) 波高分布の再現

図-9は、図-8に示した各メッシュでの波高比分布にST. 1での観測波高0.46 mを乗じて求めた波高分布である。ここで、砕波の位置については、波高が水深の80%となる位置とした。すなわち、各メッシュでの波高比に0.46 mを乗じて得られた波高とその点における水深の0.8倍を比較し、両者が一致する地点を砕波位置とした。砕波後の波高は、水深の0.8倍とした。図-9を見ると、離岸堤の背後で波高が減少している状況や離岸堤の前面で反射波による波高の増加の状況が示されている。また、6カ所の観測点における実測の波高と計算により求めた波高を比較したものが表-4である。表-4を見ると、観測点No. 4とNo. 5で観測値と計算値に開きがあるが、そのほかの観測点についてはほぼ一致している。このことから

表-4 波高の実測値と計算値の比較

波高観測地点	ST.1	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	
実測	波高	0.46	0.21	0.57	0.29	0.44	0.49	0.43
	波高比	1.00	0.46	1.24	0.63	0.96	1.07	0.93
計算	波高	0.46	0.15	0.50	0.25	0.19	0.22	0.43
	波高比	1.00	0.32	1.09	0.54	0.42	0.47	0.93

単位：波高 (m)

考えると、3次元モデルによる波浪場の計算は、おおむね現地での波浪場を再現しているといえる。ただし、図-4からもわかるように、観測点No. 5では砕波が起きていると考えられるので、砕波位置の求め方についてはさらに検討の余地がある。

(2) 海浜流の再現

前段で求めた波浪場を外力とし計算した海浜流のベクトルを図-10に示す。今回の調査では波浪が小さかったた

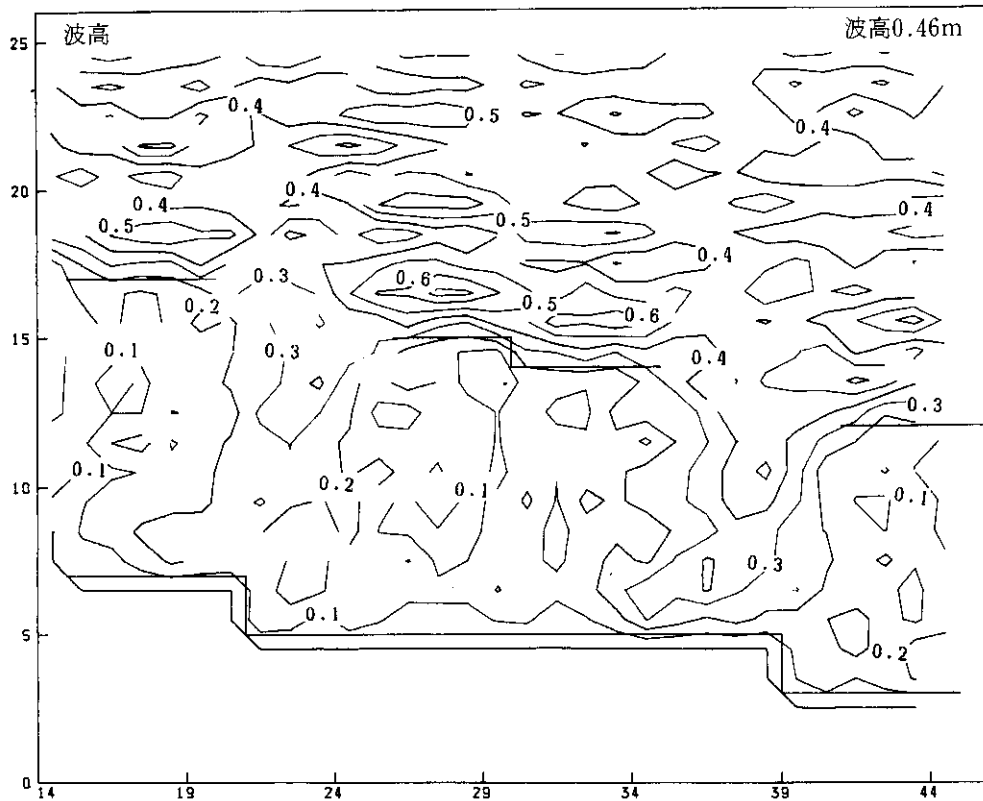


図-9 波高分布の再現 (沖波波高 $H=0.46\text{m}$ )

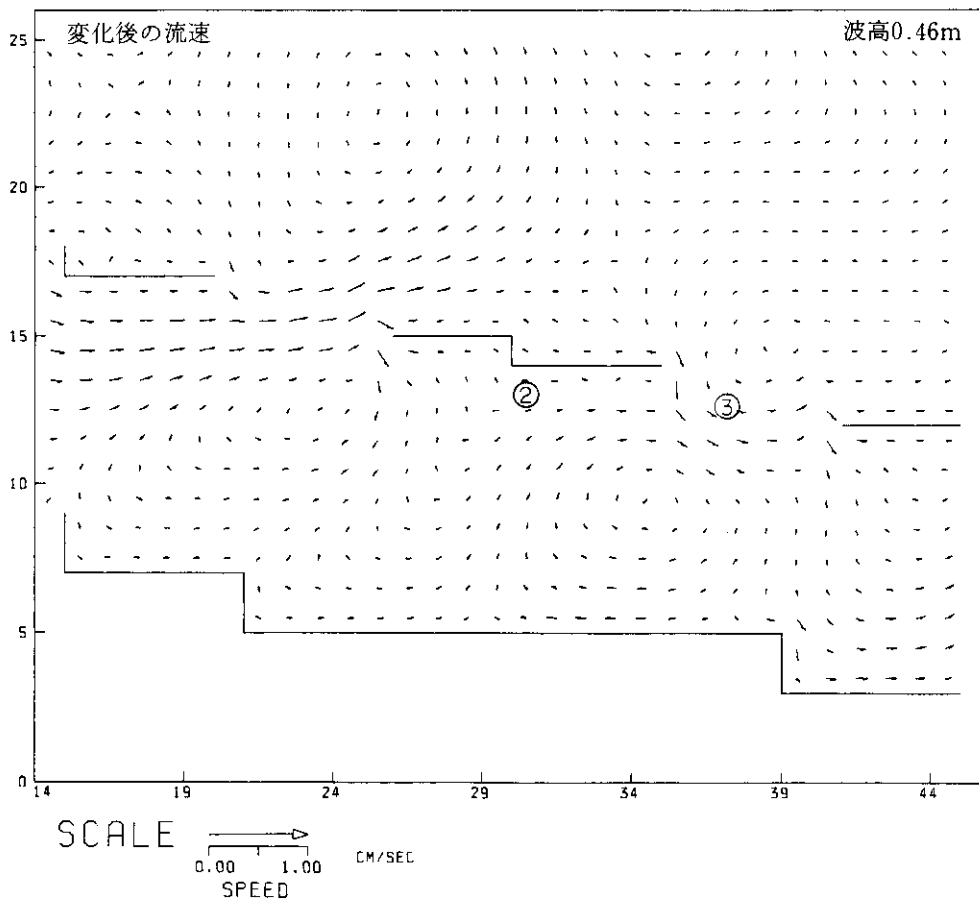


図-10 海浜流の流況再現

め、  
後、  
体、  
一、  
た、  
よ、  
な、  
て、  
お、  
と、  
、  
波、  
起、  
る、  
し、  
ら、  
3、  
る、

め、海浜流の流速も小さなものであったが、離岸堤の背後の循環流セルがある程度再現されている。海浜流の全体的な流況についても、現地調査結果と計算結果はほぼ一致しているといえる。さらに、ST. 2, ST. 3 で観測した海浜流の流向および流速と計算により得られた流向および流速を比較したものが表-5である。表-5から明らかのように、流速については実測値と計算値はほぼ一致している。また、流向についても離岸堤背後では一致しており、開口部で若干の差が見られるがほぼ一致しているといつてよい。

(3) 3次元モデルの再現性

今回の調査は、波高の小さな時に行ったものなので碎波位置が汀線の近傍で発生し、離岸堤周辺の海浜変形を起こすにはいたらなかった。そのため、海浜変形に関する3次元モデルの再現性については検討できなかった。しかしながら、海浜流場の外力となる波浪場の再現、さらには海浜変形の外力となる海浜流場の再現において、3次元モデルは良好な再現性を示した。この点から考えると、外力が再現されているので妥当な漂砂量式が与え

られれば、ある程度の海浜変形を再現できると予想される。試みに、(8)~(10)式を用いて今回調査した地区に周期5.7 sec., 波高2.5 mの波浪が入射した場合の海浜変形を計算したものが図-11である。図-11における-1 mの等深線を見ると、離岸堤の背後でトンボロ状に漂砂が堆積している状況が再現されている。本報告で用いた3次元モデルは汀線の位置が変化しないので、汀線が前進しトンボロ状になる状況は再現できないが、-1 mの等深線を見ることで離岸堤背後での堆砂状況を推測することができ

表-5 流向・流速の実測値と計算値の比較

流向・流速 観測地点		ST. 2	ST. 3
実 測	流 向 ( ° )	64	88
	流 速 (cm/s)	1.8	4.0
計 算	流 向 ( ° )	57	110
	流 速 (cm/s)	1.8	5.0

(注) 流向は北を0°に時計まわりに測定

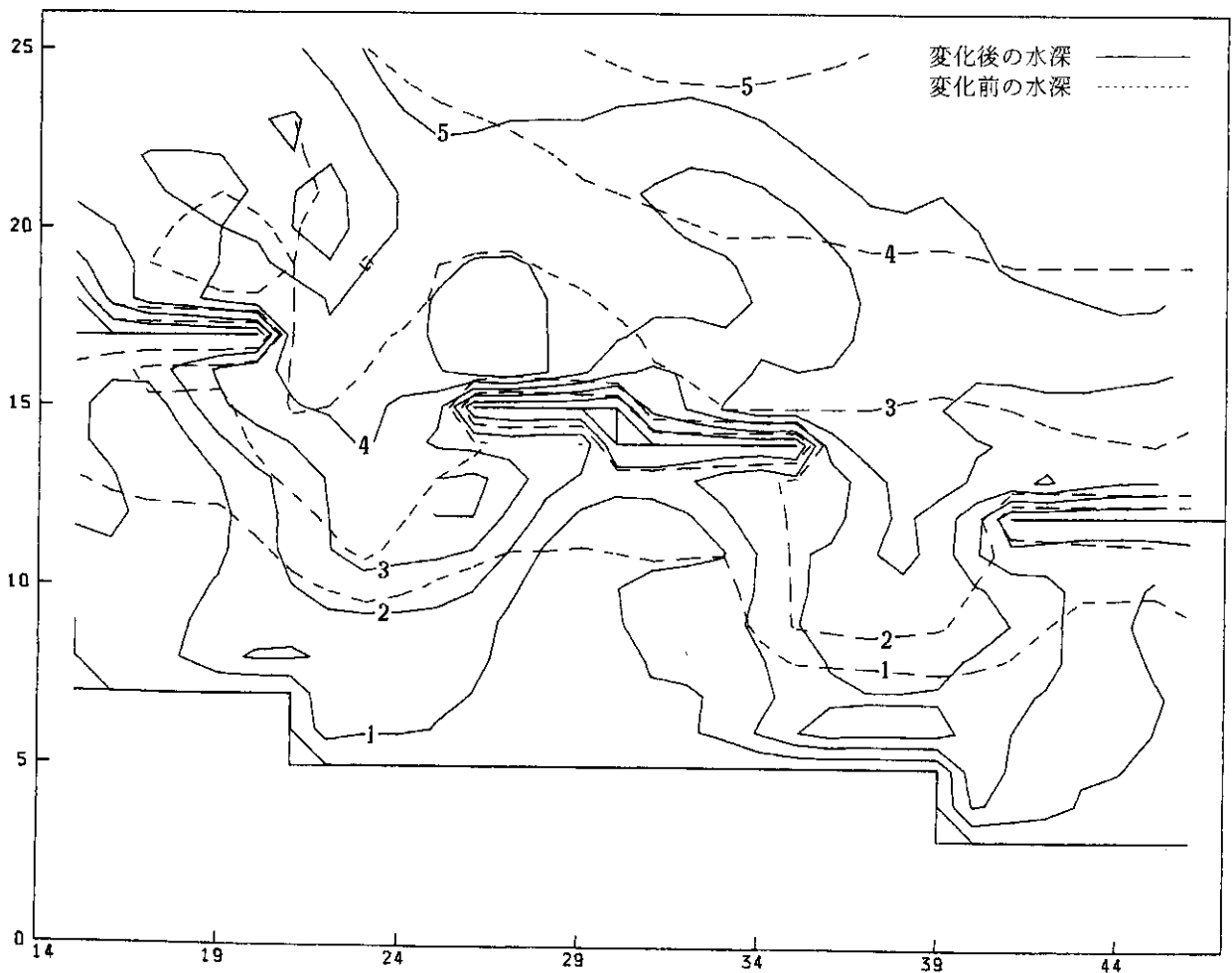


図-11 海浜地形変化の予測例 (沖波T=5.7 sec. H=2.5m)

る。

## 5. おわりに

本報告では、3次元モデルを開発する上で必要となる現地での調査の結果およびモデルによる現地調査結果の再現を行った結果をまとめたものである。その結果、3次元モデルを用いて、離岸堤周辺の波浪場、海浜流場を再現することはほぼ可能といえる。特に、本報告で用いた3次元モデルは離岸堤の反射率、透過率を任意に設定できるので、離岸堤の構造様式の違いによる影響予測など、波浪場への影響を再現できる。また、漂砂の移動方向が海浜流の流向に一致すると考えられるので、海浜流の流況予測から漂砂の方向もある程度予測できる。

3次元モデルによる波浪場、海浜流場、海浜変形のシミュレーションは、離岸堤の平面的な配置を考える上で、

波浪・海浜流に関する多くの資料を与えてくれる。まだ改良すべき点もあるが、3次元モデルは離岸堤の計画立案にあたって有効な手段といえる。

## 参 考 文 献

- 1) 建設省河川局：離岸堤設計の手引き，1986
- 2) 本間 仁監修，堀川清司編：海岸環境工学，第3編(p 213～301) 1985
- 3) 谷本勝利，小舟浩治：数値波動解析法による港内波高分布の計算，第22回海岸工学講演会論文集，1975
- 4) 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，第18巻第4号，1972. 12
- 5) 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，港湾技術研究所資料，No. 290, June, 1978

\*

\*

\*