

# 漂砂調査の実施例

水野雄三

## はじめに

漂砂現象は、波浪、流況、潮汐、地形、底質などが複雑にからみ合った現象であるので、その実態を十分調査するためには調査目的が何であるかを十分理解して、調査範囲、調査項目、調査回数、調査時期などを決定しなければならない。

一般に、現地海域で実施する漂砂調査は、二つに大別される。一つは、港湾の航路・泊地などの埋没や海岸の侵食等具体的な問題が発生している場合で、それらの実態及び原因などを調査するものである。他の一つは、新しい港湾・漁港・海岸などの施設の計画・建設のための漂砂に関する影響評価のための調査である。

調査内容は、それぞれ異なったものとなるが、いずれにしても現地調査結果から、漂砂現象の把握を行い、予測へと発展させるための基本となる調査である。

本報告は、漂砂調査に関する一般論を紹介した後、港湾の建設に伴う漂砂現象の解明を目的として現在実施している漂砂調査及びそのデータの解析の一部を示すと共に、港湾構造物の建設に伴う構造物周辺の洗掘・漂砂調査の採用している調査法の一部を紹介するもので、今後の調査の参考にして頂ければ幸いである。

## 1. 漂砂調査計画

漂砂調査は、対象海域の概要を把握するための事前調査ともいべき踏査、外力となる海象調査や地形・地質調査などを行う本調査、既往の資料収集などの付帯調査に大別され、これらの調査全体の計画を適確に定めなければならない。

漂砂調査計画の策定は、調査項目の選定、調査方法の細目（調査の区域、方法、頻度、時期など）の決定などを含んでいる。よって、漂砂調査計画策定に当たっては、調査目的を十分理解して各調査結果が漂砂特性の検討に有効であるように定めなければならない。

また、調査の各段階毎にそれまでに得られた調査結果からその調査計画の適否を検討せねばならない。

特に、構造物の建設に伴う漂砂問題については、構造物の出現により自然のバランスが崩れたところから発生し、新たなバランスに向かって変化していくため、構造物建設の事前調査から建設中調査、建設後調査までを継続していかなければならない。

現地調査を基に漂砂現象を水理模型実験や数値シミュレーションで解析する場合、モデルの再現性

の検討なども考慮して計画を立てなければならない。

なお、漂砂調査計画を検討するに当たり、各地で実施された漂砂調査事例を参考にしながらも、漂砂現象の局地性があることから当該調査海域の特殊性を生かした調査方法となるように工夫することが必要である。

## 2. 調査項目

漂砂調査項目は、その調査目的によって異なるが概ね以下に示す項目が考えられる。

- ① 海岸踏査
- ② 外力観測：波浪観測，流況観測，潮位観測，風観測
- ③ 地形調査，深淺測量：地形調査，深淺測量，汀線測量，荒天時地形変化測量
- ④ 底質調査：広域調査，構造物周辺調査
- ⑤ 捕砂調査
- ⑥ トレーサ調査
- ⑦ 飛砂調査
- ⑧ 付帯調査：漂砂に関する既往資料の収集，河川の流出土砂量調査，工事記録

以下その概要について簡単に記述する。

### (1) 海岸踏査

海岸踏査等の現地踏査の結果は調査項目，調査頻度，主要観測機器の配置などの決定に重要な資料となるため特に次の諸点に注意して実施する。

#### ① 底質に関する調査

底質は、汀線付近で採取する。その間隔は調査対象海岸の特性により異なるが汀線に沿って500～1000mを標準とする。

#### ② 浜勾配，海岸勾配に関する調査

勾配の測定は、目視，ハンドレベルなど簡便な方法を用いて汀線に沿って500～1000mの間隔で汀線直角方向に汀線から後浜後端または海岸堤防までの間で実施する。

#### ③ 汀線形状，河口砂州，構造物周辺状況に関する調査

海岸線のスケッチ，写真撮影などにより汀線，砂州，構造物周辺の洗掘・堆積状況などを観察する。なお，踏査平面図に撮影箇所，撮影方向を記入し，写真と図面に同一符号を記入し整理しておく。

#### ④ 周辺住民，海岸管理者などからの聴取

対象海岸付近に長く住んでいる古老，多くの住民及び担当の長い海岸管理者の職員等から四季・月別の海象・気象の特性，汀線の欠壞・堆積状況の変化，河口砂州の変化，海岸の利用状況（砂採取など）について聞き取りすると共に，史誌・沿革等の資料を収集する。

### (2) 外力観測

漂砂を引き起こす外的要因としては、波浪（波高、周期、波向）、流況（流速、流向）、潮汐（潮位、潮流）、風（風速、風向）があり、これら各観測は通常の波浪観測、流況観測、潮位観測、気象観測と同様に実施する。但し短期間で生じる漂砂を対象にしている場合は、機器の設置方法、データの整理方法などに注意を要する。

### (3) 地形調査、深淺測量

地形調査は、航空写真、地形図、海図などの資料を利用し、汀線変化、地盤高変化などを把握する。なお、潮位差が大きい地域で航空写真を用いる場合は、潮位補正を行わなければならない。

深淺測量及び汀線測量は、地形調査に比べて調査範囲が限定されるが、海浜及び海底地形状況を立体的に把握することができる。測量範囲及び頻度は表2-1を参考にしつつ、対象地域の地形及び調査目的など状況に応じて適宜決定することが必要である。

表2-1 測量範囲及び頻度

| 項目      | 分類 | 広域測量                        | 構造物周辺の地形測量                    | 汀線測量                   |
|---------|----|-----------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 沿岸方向の範囲 |    | 漂砂の供給源より流出先に至る広大な地域         | $b + 2 \ell$                  | 原則として広域測量の範囲をカバー       |
| 沖方向の範囲  |    | 今後5カ年内に整備される構造物沖端より4~5波長沖まで | $\ell + (2 \sim 3 L)$<br>L:波長 | 干潮時汀線より後浜の後端まで         |
| 測線、測点間隔 |    | 測線200m以下;測点50m以下            | 測線100m以下;構造物のごく近傍10~20m       | 測線100m以下;地形複雑な箇所10~20m |
| 測量頻度    | 計画 | 初期1回                        | 広域測量兼                         | 広域測量に含めて実施             |
|         | 設計 | 1回                          |                               |                        |
|         | 施工 | 5年に1回                       | 年2回                           | 2回*1                   |
|         | 管理 |                             | 年1回                           | 1回*2                   |

(備考) b:構造物の沿岸距離  
 $\ell$ :構造物先端までの岸沖距離  
 \*1:静穏基準荒天期のあと  
 \*2:荒天期のあと

\*\* : 港湾調査指針(改訂版)<sup>2)</sup>より抜粋

荒天時に著しく地形変化が予想される場所の海底地形の変化量を調査するには、あらかじめ沈下板、洗掘環、固定杭などを海底に設置して、時化後潜水士により海底地盤高を測定したり、杭の代わりに水圧式水深計を用いて測定したりすることが必要である。但し、この調査と合わせて、サイドスキャナーにより海底地形変化を面的に捉えると、より解析が正確になる。

### (4) 底質調査

底質調査は、対象海域の底質分布を把握し、底質の移動方向、海象と底質特性との関係、河川からの流下土砂の影響範囲、構造物周辺の底質特性の変化などを求めるものである。

海底の底質採取は、マッキンタイヤ採泥器や港研式採泥器等を使用して400g程度採取し、同時に

位置及び水深を測定し、試料はビニール試料袋に入れて保管する。

汀線付近の底質は、カスプにみられるように、天然の波のふるい分け作用により20~30m離れても粒径が大きく変化する場合がありますので、採取にあたっては、浜の地形特性を考慮する必要があります。

底質の粒度分析は、土の粒度試験によるが、多数の試料を短期間に分析することが必要な場合には、エメリ管によって分析することができる。

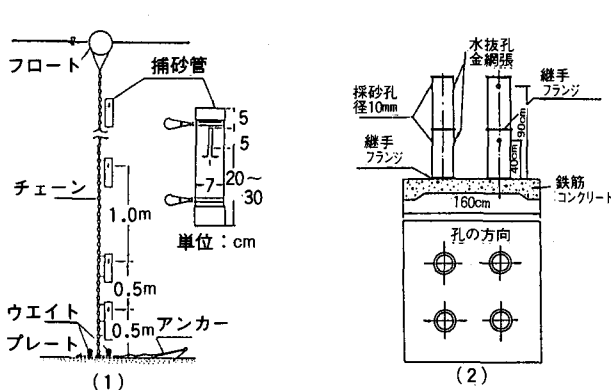
その他、底質の比重試験や、河川流下土砂の影響範囲を調べるのに、強熱減量分析、重鉱物・磁性鉱物の含有量の測定及び鉱物分析などを実施する。

### (5) 捕砂調査

海底の底質は、波、流れによるかく乱で浮遊したり、海底上を掃流によって移動するが、この移動特性を調査するため、海中に捕砂器を設置し、浮遊砂及び掃流砂を捕捉して移動方向、移動量などを把握する。

浮遊砂捕砂器の一例は、図2-1に示す。通常直径5~7cm、長さ30~40cmの塩ビ管に、長さ5cm幅1cm位の捕砂孔を両側にあけ、片側には金網をはって砂がでないようにしたものを、上部フロートにより張力をかけたチェーンなどに添わせて深さ方向に所要数配置して調査している。なお、4本の捕砂器の捕砂孔の位置を4方位に向けて海中に設置して浮遊砂の移動方向も合わせて調査することも実施されている。

掃流砂捕砂器の一例を図2-2に示す。この捕砂器は、苫小牧港湾建設事務所が開発したもので、金網で4室に仕切られており、掃流砂があると金網により捕捉されるが、流れは金網なのでほとんど阻害されない。更に、各室の底にはロードセルがあり捕砂重量の経時変化を自記記録させるタイプである。よって、波高観測と関連づけて調査することにより、どのような海象条件の時に掃流砂が生じているか正確に解析ができる。



\*\* 港湾調査指針 (改訂版)<sup>2)</sup> より抜粋

図2-1 浮遊砂用捕砂器の例

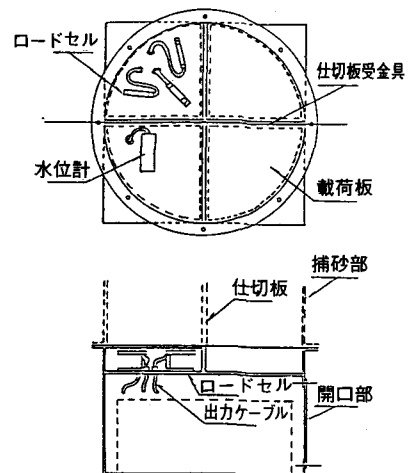


図2-2 掃流砂用捕砂器の例

(6) トレーサ調査

トレーサによる漂砂移動調査は、一定量のトレーサを海底に投入し、その移動状況を一定期間毎に底質を採取して調査することにより、防波堤などを回り込む底質の移動経路や沿岸漂砂量を定性的に把握しようとするものである。

調査に用いるトレーサとしては、現在、赤、黄、だいだい、緑の色の蛍光砂が使用されている。蛍光砂は、0.074mmふるいで水洗いした後の現地砂を乾燥し、この乾燥砂に蛍光塗料を混合し、モルタル手練りの要領で1回50kg程度づつ蛍光砂を製作し、日影で1～2時間乾燥後、よくもみほぐし、完成させる。完成した蛍光砂と現地の砂とを1対1の割合で混合し、ビニール袋に納め、投入前夜、砂がひたひたになる程度に薄い石鹼水を加え、良くもんで水と蛍光砂とのなじみを良くして使用する。

製作した各色の蛍光砂は、あとの検出計数のためにサンプルとして残しておくことが望ましい。

なお、蛍光砂の一観測当たりの投入量は、表2-2を参考にし、採取回数は、一観測3～5回程度と考えて、採取時期を定める。採取箇所については、蛍光砂の分布を完全に把握できるような採取網を考えて定めることとするが、採取時には観測船上に紫外線灯及び暗箱を備えて、蛍光砂の有無を確認しつつ採取箇所を調整することも必要である。

表2-2 蛍光砂投入量

| 観測目的<br>観測地域 | 観測期間 | 漂砂の移動限界・移動方向の調査       |                       |                       | 沿岸漂砂量調査                | 局地漂砂量調査                  |
|--------------|------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|
|              |      | 投入後<br>3か月以上          | 投入後<br>1～3か月          | 投入後<br>1週間～1か月        | 投入後<br>1日～数日           | 投入後<br>数時間～1日            |
| 太平洋沿岸(外海)    |      | 1.0m <sup>3</sup>     | 0.5～1.0m <sup>3</sup> | 0.3m <sup>3</sup>     | 0.1～0.15m <sup>3</sup> | 0.01～0.015m <sup>3</sup> |
| 日本海沿岸(外海)    | 冬期   | 1.0～1.5m <sup>3</sup> | 1.0m <sup>3</sup>     | 0.5～1.0m <sup>3</sup> | 0.15～0.3m <sup>3</sup> | 0.015～0.03m <sup>3</sup> |
|              | 夏期   | 0.3～0.5m <sup>3</sup> | 0.3m <sup>3</sup>     | 0.2m <sup>3</sup>     | 0.05～0.1m <sup>3</sup> | 0.005～0.01m <sup>3</sup> |
| 内海           |      | 0.3～0.5m <sup>3</sup> | 0.3m <sup>3</sup>     | 0.2m <sup>3</sup>     | 0.05～0.1m <sup>3</sup> | 0.005～0.01m <sup>3</sup> |
| 投入形態         |      | 点状に投入                 |                       |                       | 帯状に投入                  | 点状に投入                    |

\*\*新体系土木工学<sup>80)</sup>より抜粋

3. 漂砂調査等の実施例

漂砂調査等の実施例として、苫小牧港の港湾区域内のうち、苫小牧東港側の海域で実施した漂砂調査及び苫小牧東港の砂マウンド堤調査から、深浅・地形測量調査、捕砂調査、トレーサ調査について測定結果及び解析結果の一部を紹介する。

(1) 深浅測量調査の解析例

漂砂及び海浜変形の特性を調査するには、深浅・地形測量成果が最も重要かつ有効な基礎資料となる。漂砂現象などを水理模型実験や数値シミュレーションで再現する場合、調査対象地域の過去の深浅・地形測量があると、数値モデル等の諸係数の設定が精度よくできる。逆に測量が実施されていない時は、過去の海図、地形図、空中写真などによって海浜変形の現象を把握しなければならない。

ここでは、苫小牧東港の防波堤建設に伴う比較的広い海域での海浜変形現象を深浅測量結果を用いて解析した幾つかの結果を示す。

① 等深線の重ね合わせによる解析

等深線によって表された深浅測量図は、アナログデータである。従って、その解析において最も問題となるのは、各々の等深線図相互間の変化をいかに分かりやすく表現するかということである。

等深線図の解析において、最も簡単な方法は等深線図を重ね合わせることであり、比較すべき図が2枚程度で、しかも海底地形が比較的単純な場合には、その間の地形変化を十分読み取ることができる。

図3-1に示した例は、昭和50年と60年との等深線の比較であるが、昭和50年に比べて東防波堤近傍の東側海岸の汀線から-6m等深線付近まで前進（堆積）傾向がみられ、東防波堤より西側にある測点「開30」から「開40」の辺りの汀線から-3m等深線付近まで後退（洗掘）傾向がみられる。

苫小牧東港の防波堤建設は、昭和51年から開始されているので局所的に港湾建設との関連が予想される地形変化がみられるが、全体的には変化は少ない。

② 等深線位置解析

等深線位置の時系列変化を求め、等深線位置相互の相関分析を行い、その相関係数の値よりグループ分けをして変化特性を解析する方法である。

図3-2は、苫小牧東港の-5m等深線の変動を示したもので、変化図はどの測線においても最大変動幅が一定となるように作成している。図中の破線は変動幅の中間を示し、縦軸は測線番号を、横軸は測量時期を、一点鎖線は東防波堤の施工延長時期を示している。

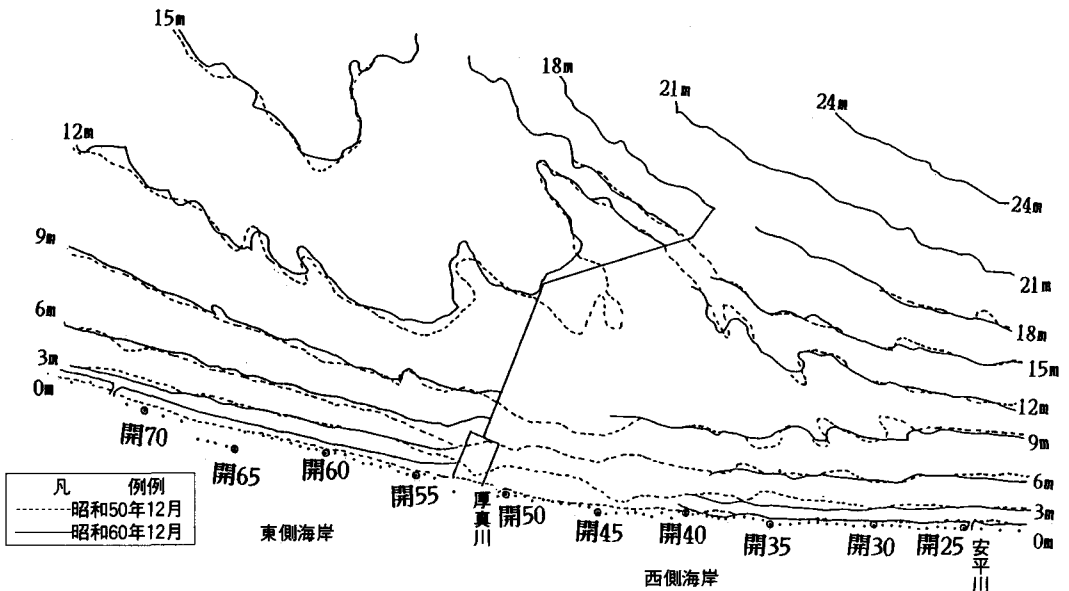


図3-1 深浅図の重ね合わせ

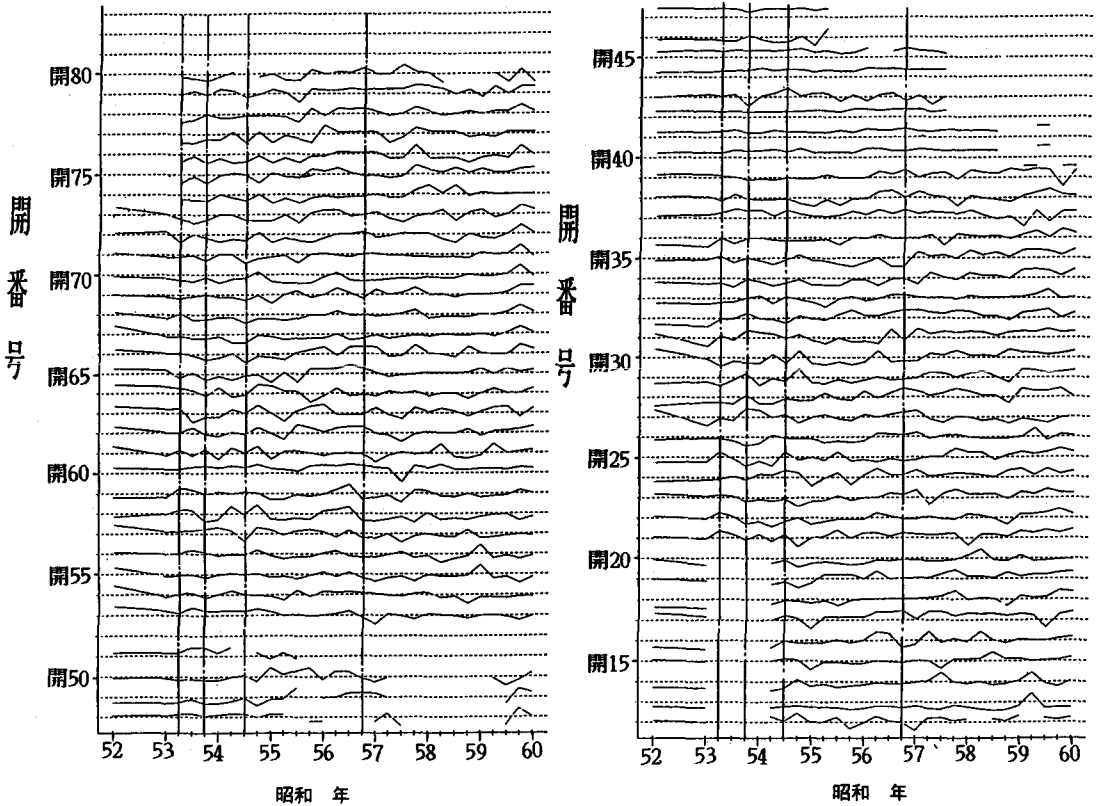


図3-2 等深線位置変動図 (水深-5.0m)

図中の実線が破線より上にある場合は、過去の平均より等深線位置が岸に近づいたこと（欠壊）を示し、下にある場合は等深線位置が岸から遠ざかったこと（堆積）を示している。これらの各測線毎の時系列データより図3-3に示すとおり相互相関係数を求め、その値より東防波堤の東側にある測線をL I～L IVの4グループに、西側にある測線をR I～R IVの4グループに、それぞれ分けた。

特徴を示すと、グループL IとL IIIが逆相関にあり、グループL Iは堆積傾向を、L IIIは欠壊傾向を示し、砂のL IIIからL Iへの移動が考えられる。また、グループR IとR IIIも逆相関にあり、グループR IIIが欠壊傾向であり、砂の移動もR IIIからR Iへの移動が考えられる。それぞれの中に位置するグループL II、R IIは遷移領域と考えられる。このように各グループがはっきりしているのは、浅いところほど波による影響が大きく、東防波堤による遮蔽域と非遮蔽域、また東防波堤の施工延長との関係により特有な変動パターンを示すためと思われる。このような傾向は-8mの等深線位置解析にもみられたが、-10m等深線位置解析では無相関部分が多くグループ化することが困難であった。

### ③ 区域平均水深解析

これは、調査対象地域における地形変化を面的に大まかに把握するために、調査対象区域を適当な

# 開 番 号

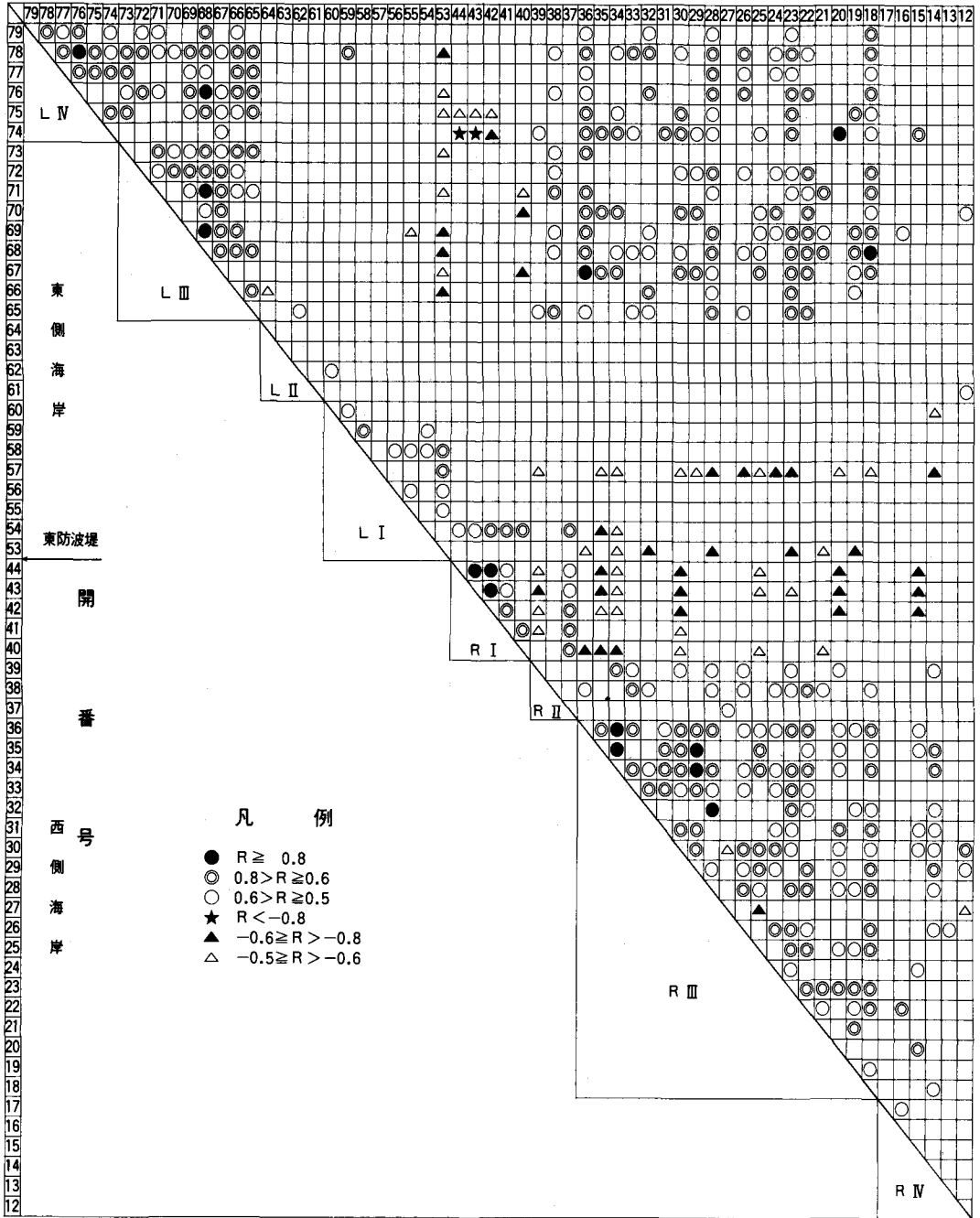


図 3-3 等深線位置相互の相関係数 (水深-5.0m)

メッシュに分割し、各区域の平均水深を各深浅測量時期毎に求め、これらの時系列変化を基にクラスター分析又は区域相互の相関分析を行い、各区域をグループ化して海底地形変化の特性を解析する方法である。



ここで示す区域分割の例は、苫小牧東港の東防波堤の西側海域の-5, -10, -15, -20m等深線の間隔が沖方向に概ね1km間隔になっていることから、これを目安に図3-4に示すとおり東防波堤の東西海域を約1km×1kmのメッシュで東西それぞれ18区域に分割した。

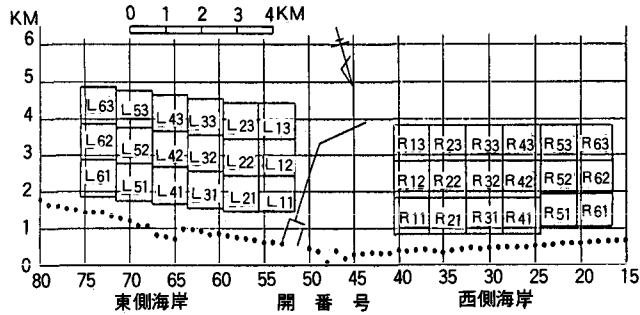


図3-4 区域分割図

各区域の平均水深時系列変化を基に、クラスター分析及び区域相互の相関分析を行い、各区域の地形変化の類似度を求め、各区域の地形変化をグループ化して分析した。本解析で用いたクラスター分析は最短距離法で、類似の度合を表す指標としてユークリッド平方距離を用いてグループ化を行った。その結果を表3-1に示す。東防波堤の東側海域について、比較的安定しているグループ、昭和54年中頃まで堆積傾向にあったがその後安定しているグループ、グループ化できない様々の変動形態を示す汀線沿いに位置するグループの3グループに、西側海域について、東防波堤の延長に伴い若干欠壊傾向にあるグループと、東防波堤に近い区域でグループ化できないグループの2グループに大まかに分類できた。

表3-1 グループ別区域平均水深変動パターン

| 区域     | 分類番号  | 区域番号   | 特徴   | 変動パターン           |
|--------|-------|--|--|------------------|
| 東防波堤東側 | L III | L 61, L 62, L 63<br>L 52, L 53<br>L 42, L 43                                       | 東防波堤より離れた所に位置し、比較的安定していることから、東防波堤による影響は少ないと考えられる。                      | 安定               |
|        | L II  | L 32,<br>L 22, L 23<br>L 12, L 13  | 昭和54年中頃まで堆積傾向、以後は安定していることから、昭和54年中頃を境として東防波堤の影響による地形変化がほぼ終了したものと考えられる。 | 堆積 → 安定<br>54年中頃 |
|        | L I   | L 51, L 41, L 31<br>L 33, L 21, L 13   | グループ化されない集まり。L 33を除き汀線沿いの区域であり様々の変動形態を示す。                              |                  |
| 東防波堤西側 | R I   | R 21, R 31, R 32, R 33<br>R 41, R 42, R 43<br>R 51, R 52, R 53<br>R 61, R 62, R 63 | 東防波堤の延長に伴い若干ではあるが、欠壊傾向を示す。   | 欠壊               |
|        | R II  | R 11, R 12, R 13<br>R 22, R 23   | グループ化されない集まり。東防波堤に近い区域であり最も影響を受ける区域である。                                |                  |

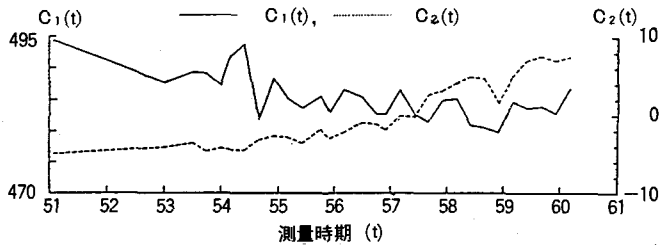


図3-5 時間係数  $C_n(t)$  の変化図

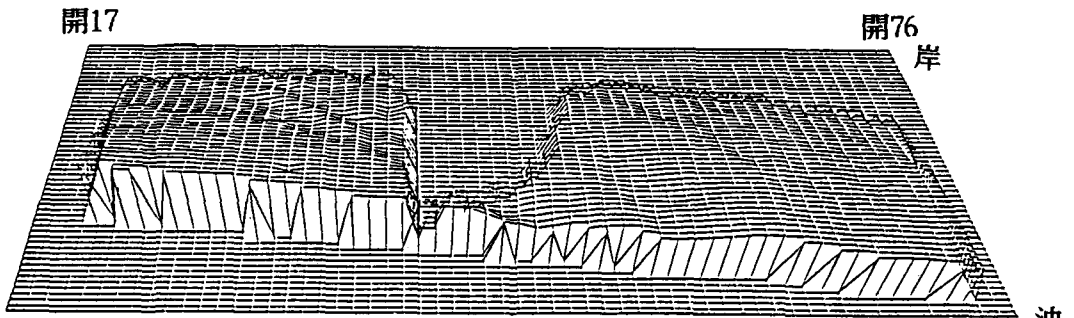


図3-6 経験的固有関数  $e_1(x, y)$  の分布図

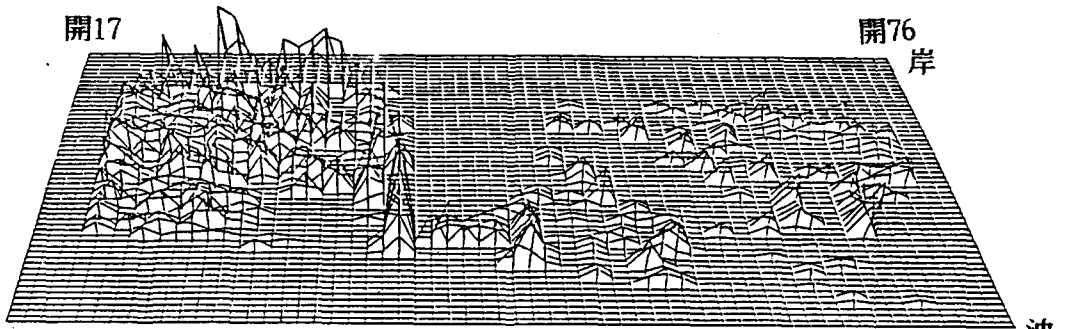


図3-7 経験的固有関数 ( $e_2(x, y) \geq 0$ ) の分布図

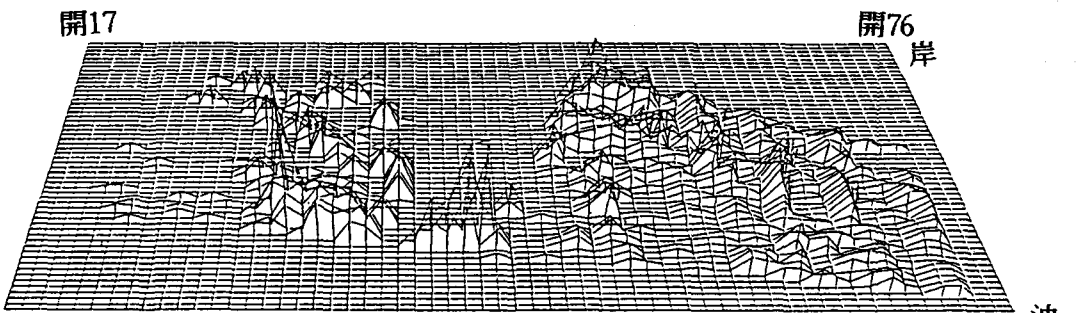


図3-8 経験的固有関数 ( $e_2(x, y) \leq 0$ ) の分布図

#### ④ 3次元経験的固有関数法による地形解析

ある期間、ある海域で生起している海底地形変化を、それぞれに独立な幾つかの要因による海底地形変化の線形結合と考え、これらのそれぞれの要因を把握することによって実際の海底地形変化を把握する方法である。

調査対象海域を適当なメッシュに分割し、各格子点における水深を次式で示すとおり時間変動を表す係数と、地形の変形モード（場所の関数）との積の線形結合で表す。

$$h(x, y, t) = \sum C_n(t) \cdot e_n(x, y)$$

ここで、 $C_1(t) \cdot e_1(x, y)$ 、 $C_2(t) \cdot e_2(x, y)$ 、……… $C_n(t) \cdot e_n(x, y)$ が「それぞれ独立な幾つかの要因による海底地形変化」に相当する。すなわち、これは不規則波をいくつかの固有な周期を持つ波形の線形結合によって表示する方法と同じである。

変形モード  $e_n(x, y)$  はそれぞれ固有な周期を持つ波形と考えてよく、時間係数  $C_n(t)$  は各変形モードの時間  $t$  における1次係数（振幅）に相当する。従って時間係数の絶対値が大きくなることは、それに対応する変形モードが元の地形で支配的になることを意味する。

ここで示す解析例では、水深方向を正にとっているので、 $C_n(t) \cdot e_n(x, y)$ が増加することは洗掘を、減少することは堆積を意味する。

解析に用いた範囲は、図3-4に示した深浅測量範囲のうち比較的欠測の少ない測点「開17」から「開76」までとした。図3-5には時間変動を表す係数  $C_n(t)$  の変化を、図3-6～図3-8には地形の変形モード  $e_n(x, y)$  を示した。

以下、各モードの地形及び時間係数の変化から調査対象海域における地形変化を説明する。

##### a. 第一次地形変化

時間係数  $C_1(t)$  は、対象全測点の平均水深の時間変化を表す係数であり、この係数は昭和51年から昭和59年にかけて減少していることから、平均的には堆積していることとなる。しかし、昭和55年以降についてみると大きな変化はみられず、冬期に洗掘、夏期に堆積する傾向がみられる。

##### b. 第二次地形変化

第二次以上の地形は、元の地形から第一次地形を差し引いた残りの地形を解析することにある。

時間係数  $C_2(t)$  は、昭和51年から昭和60年にかけてマイナスからプラスに単調増加している。

よって、 $C_2(t) \cdot e_2(x, y)$  は  $e_2(x, y)$  の符号にわけて検討する。

##### a) $e_2(x, y) \geq 0$ の領域の変化

$C_2(t) \cdot e_2(x, y)$  は、昭和51年から昭和60年にかけてマイナスからプラスに単調増加していることになるので洗掘を意味している。

##### b) $e_2(x, y) \leq 0$ の領域の変化

$C_2(t) \cdot e_2(x, y)$  は、昭和51年から昭和60年にかけてプラスからマイナスに単調減少して

いることになるので堆積を意味している。

図3-7及び図3-8から  $e_2(x, y) \geq 0$  の洗掘領域は東防波堤の西側に多く、 $e_2(x, y) \leq 0$  の堆積領域は東防波堤の東側に多くみられる。

以上、深浅測量結果を用いて解析する4手法を説明したが、これらの解析を容易に実施するためには深浅測量データのデジタル化が不可欠となる。

## (2) 地形変化調査の実施例

構造物周辺の比較的狭い範囲での地形変化調査の場合は、時化の後、速やかに事前に設置しておいた測量杭を潜水士により調査することが多い。これは局部的にかなり洗掘されていると深浅測量の精度が低くなったり、構造物があるため、船による測量ができないことによる。

ここで紹介する実施例は、苫小牧東港砂マウンド堤の砂マウンドの地盤高測量に用いた方法で、予め測線を定め測線ごとに30mピッチに杭を打ち込み、その杭に10mごとに印をつけたロープを添わせて測線上に配置しておく。地盤の測量は、水圧式水深計を潜水士に持たせて、事前に設置してあるロープの印の直下の地盤上にセンサーをあてて約30秒位ずつ測定し、あとから波浪補正と潮位補正を行って地盤高を求める方法である。

この方法の利点では、ロープが残っていると潜水士は測点を容易に発見できること及び水深が比較的深く潮流などが強い場合でもスタッフなどを用いなくても良いので測定精度が良くなることである。逆に欠点は堆積してロープが埋まってしまう箇所の測定であるが、多少の堆積箇所についてはロープ杭の頭部を海底より少しだけ高くしておき、ロープの取り付け位置を海底面よりも高くしておくとうい。

## (3) 捕砂調査の実施例

### ① 掃流砂調査1

昭和60年度に、苫小牧東港の東防波堤より約10km西側の位置で、汀線直角方向に水深-10m～-30mの間に5測点を定め、それぞれに捕砂器を配置して実施した捕砂調査の例を紹介する。

調査期間は昭和60年9月から10月までであるが、解析のため調査期間を6期間に分けて、各期間及び全期間の一日当たりの全方向捕砂量を図3-9に示した。

これによると、測点No.1(-10m)及びNo.2(-15m)の捕砂量が多く、沖にいくに従って少なくなる傾向にあるが、No.3(-20m)、No.4(-24.5m)の水深でも掃流砂があるということが分かる。このことは、昭和55年度の調査でも確認されていたことなので、特にNo.4の掃流砂について、捕砂器内外の砂の中央粒径比と各期間毎の平均有義波高との関係について検討した。一般に掃流砂は、波による底面流速が大きくなるにつれて、粒径及び比重の小さいものから次第に大きなものへと動き始めると考えられるが、図3-10に示すとおり、-24.5mの海底においても波高が大きくなるほど中央粒径比が大きくなり、平均有義波高で約1m程度になると、捕砂器内外の砂の中央粒径の差はなくなっている。但し、深浅測量図解析結果を併せて考えると、海底地形を変化させるほどの掃流砂では

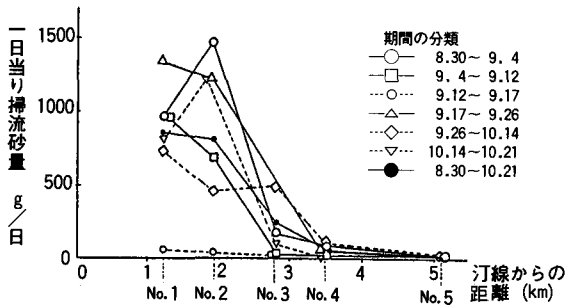


図3-9 全方向捕砂量の岸沖方向分布

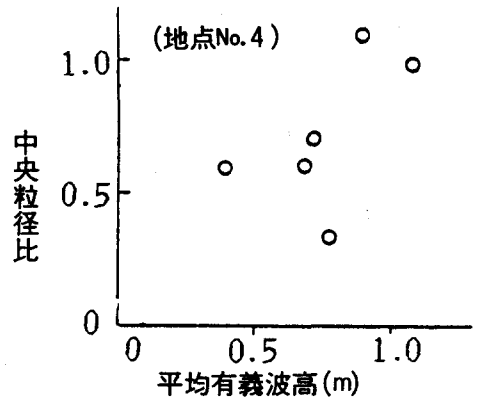


図3-10 掃流砂の中央粒径比と有義波高

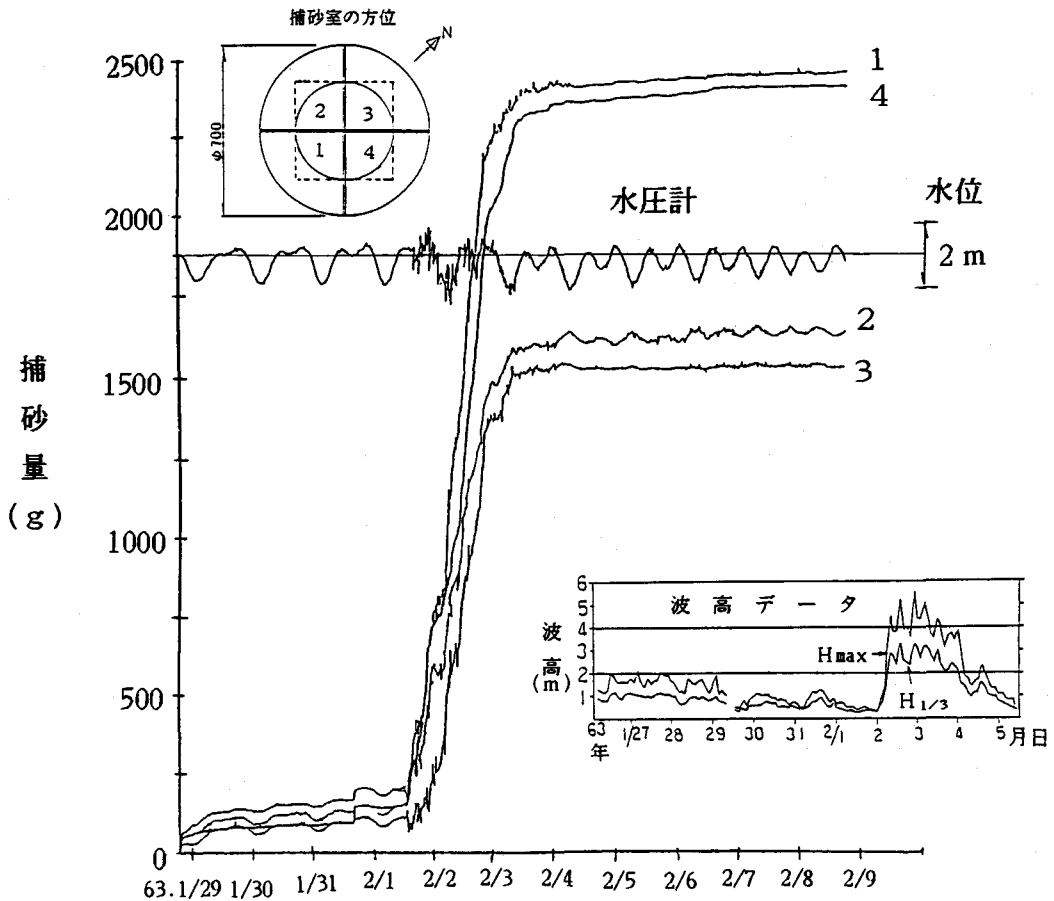


図3-11 捕砂量自動計測データ

ないと思われるが、注目すべきことであろう。

②掃流砂調査2 (苫小牧東港砂マウンド堤調査)

ここで示す調査は、苫小牧東港砂マウンド堤周辺の何箇所かに2・(5)で示した捕砂器を設置し、堤

体の影響により砂の移動がどのようになるかを調査したもので、図3-11に一例として約-15m付近の測点で掃流砂を調査した結果を示す。

図の縦軸は掃流砂量 (g)、横軸は測定時刻を表しており、図より掃流砂量は2月2日から急激に増加し、2月3日以降はほぼ一定量となっている。図中に波高記録を示したが波高も2月2日から3日までが高く、それ以降は低いことから、波高との関連で捕砂量を適確に把握できており他の測定箇所のデータも合わせてみると、捕砂量は  $H_{1/3}$  より  $H_{max}$  あるいは  $H_{1/3} \geq 1.5\text{m}$  の回数に依存しているらしい。また、このデータに示す各室ごとの掃流砂量の違いから、卓越掃流砂方向は南東方向と考えられる。

### ③浮遊砂調査

苫小牧海岸における浮遊砂の特性については、昭和32年まで実施した捕砂竹による調査により、4タイプの漂砂量鉛直分布形状が観測された。更に苫小牧東港の防波堤建設周辺海域について、浮遊砂調査を昭和52年と54年とに実施した。

昭和52年の調査は苫小牧東港の作業船溜り周辺の5箇所に浮遊砂用の捕砂器を設置して、また昭和54年の調査は、東防波堤の東側周辺に10箇所捕砂器を設置して測定した。図3-12に昭和54年の調査結果を示したが、浮遊砂の鉛直分布は前記4タイプのうち、海底に近いほど捕砂量が多くなる「くの字」型分布が多かった。

以上の捕砂調査結果から、自動掃流捕砂器の実用性が高いこと及び-25m近い大水深の海底でも捕砂器が満杯になるほどの底質移動があるという事実を確認したことは特記すべきであろう。

### (4) トレーサ調査の実施例

蛍光砂を用いたトレーサ調査を図3-13に示す3箇所で実施した。蛍光砂の投入は昭和52年2月7日に行いその後投入地点周辺海域にて、5回に亘り定期的にスミスマッキンタイヤにより海底砂を採取し、蛍光砂の数を調査した。

投入後2回目の調査までは蛍光砂の移動範囲が広がっているのを捉えているが、3回目以降の調査からは採取できた蛍光砂の範囲は狭くなっている。これは、蛍光砂が移動していくうちに埋没するためと考えられるので、ダイバーにより垂直方向の分布を調査してみると、投入地点付近の海底土中に多数蛍光砂が存在していることを確認したことからも推定できる。

蛍光砂の移動をみると-5m付近の漂砂は、汀線にほぼ平行で東防波堤側（西側）への移動となっており、深淺測量結果の解析とも一致している。

### (5) 苫小牧東港海域の漂砂現象

前述した調査結果などから、苫小牧東港周辺海域における漂砂現象を模式的に表してみたのが、図3-14である。要約すると、「全体的に季節変動を繰り返しながら、僅かではあるが堆積傾向を示している。また東防波堤を境に東西の海域を比較すると、東側は東防波堤に近い所で堆積傾向が見られ、それより離れた海域は比較的安定であり、西側は東防波堤に近い所では堆積傾向にあるが、大部分は

洗掘傾向を示している。」というものである。

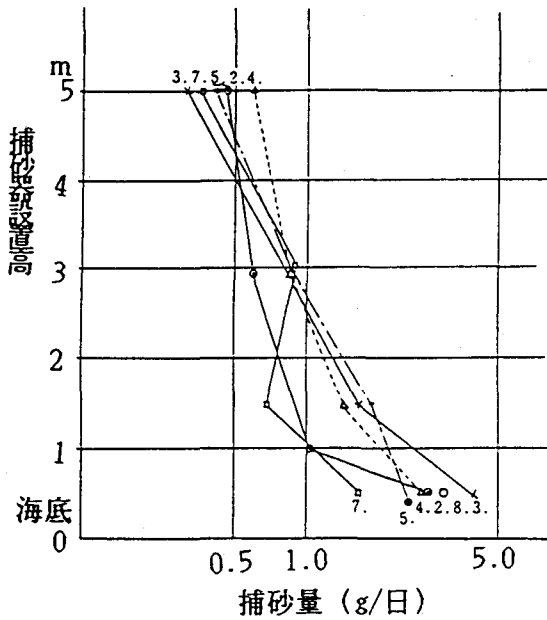


図3-12 浮遊砂の鉛直分布

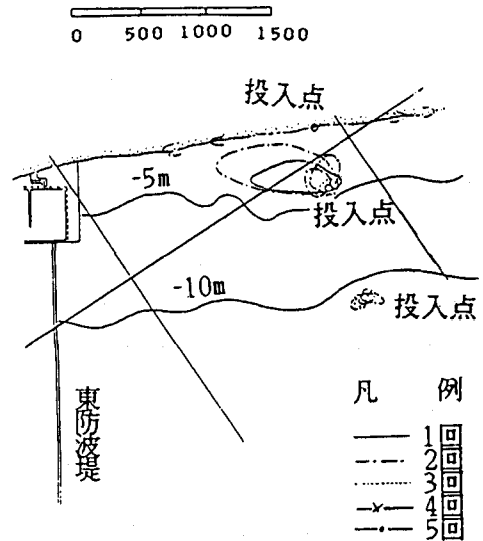


図3-13 蛍光砂追跡調査

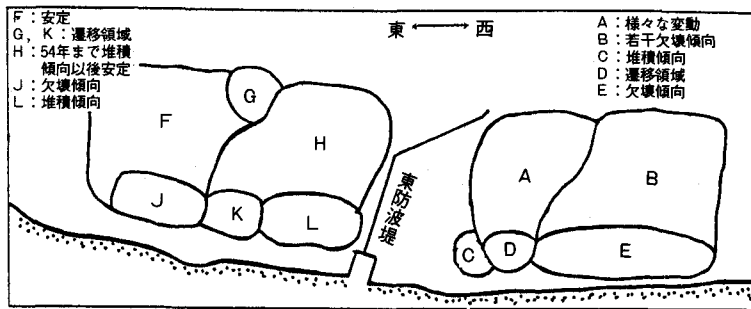


図3-14 苫小牧東港海底地形変化模式図

あとがき

漂砂現象は非常に複雑な現象であり、それを調査・解析するためには深淺測量を初め多くの調査項目についての理解が必要である。本報告では、漂砂調査の概要及び結果の解析方法についてその概要を示したが、今後、漂砂に関する調査を計画し、実施する時の参考に少しでもなれば幸いである。

参 考 文 献

- 1) 合田良実：新体系土木工学 80 海岸・港湾調査法，技報堂，昭和61年
- 2) 港湾調査指針（改訂版），社団法人 日本港湾協会，昭和62年
- 3) 港湾・海岸工事における調査，北海道港湾・海岸研究会，昭和62年2月

- 4) 昭和59年度 苫小牧東港海岸変形解析業務報告書, 北海道開発局苫小牧港湾建設事務所, 昭和60年3月
- 5) 昭和60年度 苫小牧東港海岸変形解析業務報告書, 北海道開発局苫小牧港湾建設事務所, 昭和61年3月
- 6) 昭和61年度 苫小牧東港海岸変形解析業務報告書, 北海道開発局苫小牧港湾建設事務所, 昭和62年3月
- 7) 昭和52年度 苫小牧港調査報告書, 北海道開発局苫小牧港湾建設事務所, 昭和54年2月
- 8) 昭和54年度 苫小牧港調査報告書, 北海道開発局苫小牧港湾建設事務所, 昭和56年2月
- 9) 昭和62年度 苫小牧東港砂マウンド漂砂洗掘調査業務報告書, 北海道開発局苫小牧港湾建設事務所, 昭和63年3月
- 10) 小谷野喜二, 大沼松蔵: 苫小牧港海域における掃流砂特性について, 第29回北海道開発局技術研究発表会論文集, 昭和61年2月
- 11) 藤田謙二, 小谷野喜二, 和田耕造: 港湾建設に伴う海岸変形とその調査手法について, 第31回北海道開発局技術研究発表会論文集, 昭和63年2月