

# 漂 砂 測 定 法

漂砂の現象は波と沿岸の流れによる汀線物質及び底質の移動であって、浸食、浮游、掃流、堆積という一連の輸送現象である。したがって漂砂現象を明らかにするにはまず第一に海岸地形、海底地形等の地形調査、および踏査、第二に波浪及び風の調査、第三に沿岸流の調査、第四に底質（汀線物質）の調査、第五に底質移動の調査等が必要である。本講は竹竿による底質移動の観測に重点をおく考えであるが、まず順序としてこれらの問題に簡単にふれてみたいと思う。

## 1. 海 岸 地 形

海岸地形に関する資料としてわれわれが普通に入手し得るものは地形図、海図、地質図、航空写真である。漂砂現象に関係のあるのは主に砂浜地帯であるから、砂浜地域の奥行きと汀線の長さ、隣接地域の地形、砂浜を貫流する河川の有無、隣接地域の大河川、河川の流域面積、河道の管理、流出物の粒径、年水量と洪水量、ならびにその時期等をまず確認することである。次に対岸距離をしらべ後に行なう風と波浪の資料と照合する。海図によって等深線を作り、又場合によっては底質を知ることでもある。古記録、あるいは撮影時を異にした航空写真によって海岸地形の変動をしらべることにも可能である。地質図により海岸砂の特殊な組成も見当がつく場合がある。実地の海岸踏査は漂砂調査が1種の総合診断である現在の技術の段階では必要であって、これによって漂砂補給源を推定し、漂砂の性質、移動の程度のおおよそを把握することができる。踏査に当っては採砂用ポリエチレン袋、地図類（管内地図、5万分の1地形図、海図）、カメラ（メモ用並びに踏査用）を準備する。採砂は踏査の場合は主として汀線砂である。現地では採砂の他、河口があれば河口踏査、流量の概況等の資料を所轄官庁より求める。最後に土地の関係者、老人から浸食、堆積の記憶、記録等を採集する。その中で共通のもの、あるいは特に科学的価値の高いものに注意したい。経験による公平な判断が大切である。

## 2. 波 浪 と 風

波浪及び風の調査は一般に現地に満足すべき観測施設がない場合が多いので現場の事業所に新設するか、学校等に委託する場合が多い。風の観測にはロビンソン型のものを多く使用し、風向、風速の自記記録を作ることが望ましい。これによって1年間の風向、風速の分布図を作製すれば卓越風向、卓越風速等が判り、風波によって発達する漂砂現象の把握がある程度可能となる。しかしうねりの発達する外洋に面した海岸では風のみに頼ることはできない。

風の観測は、気象観測として気象台、測候所、委託観測等を行なっている所がある。ここには資料の集積があり、踏査の折一応対象となるが、海岸現象の調査としては地形上よい条件でない所が多く参考資料である場合が多い。

波浪の観測には波高と周期、それに波の来る方向を知ればよい。波高と周期の観測は最も簡単なものは海中に波高桿を立て望遠鏡で目測を行なうか、または宇田居技官の開発したスタジア式波高計<sup>1)</sup>といって波高桿との水面の読みを望遠鏡のクロスヘアに一致するように手動で追いかけ、その動きを記録する方法<sup>1)</sup>などがある。水圧式波高計もよく使用される。さらに電極を並べた波高桿を使用するステップ式波高計<sup>2)</sup>、なども費用が許せば豊富な資料を得ることができる。後2者は地上の観測室と海上の波高桿とをケーブルで連絡する必要があり設置は簡単でない。波浪の観測からは波の方向別の頻度分布が得られ、波のエネルギー、したがって漂砂量に関する推定を行なうことができる。

## 3. 沿 岸 流

次に沿岸流の調査はやはり長期にわたってなされなければならない。自記流向流速計を海中に吊し1週間位に用紙を交替するのであるが、この種の計器は記録部分に障害を起こし易く、取扱いは細心の注意を要す。最も多いのはペンの働きについてのもので、設置前に十分の予備実験をしておく必要がみる。小野式流速計がよく使

用される。静穏時には適当な各地点を選び、船上からエクマン・メルツ型の流速計、あるいは発電型のたとえば CM-2 型等を用いて流速、流向の測定を行えば広い範囲の流れの様子を知ることができる。エクマン・メルツの流速計はある時間中の平均値を出すことが可能であるが測定には時間がかかることはやむを得ない。静穏時には定点を選び1昼夜の連続観測を行なう必要もある。これによってその地域の潮流、海流の大体の様子を知ることができる。又フロートを流して追跡したり、色素を流して流向を知ったりすることもよく行なわれる。沿岸において沿岸流が右手又は左手から流れるかということは季節的に大きく2つに別れる場合があり、筆者等の行なった北海道南岸の太平洋側はその例であるが<sup>3)</sup>、この様な時には流向板を海上に碇置し、陸上からそれを毎日一定時にたとえば朝夕の2回観測し、これを1ヶ年続ければ沿岸流の方向に関して有力な資料を比較的簡単に得ることができる<sup>4)</sup>。筆者等の使用する流向板を図-1に示した。

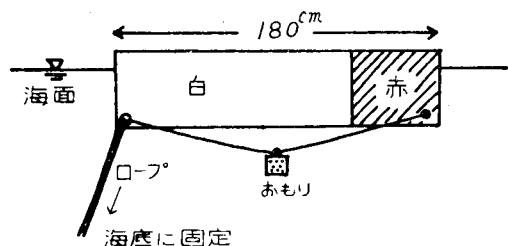


図-1

#### 4. 汀線物質と底質

この調査は採集した汀線物質、底質を実験室に持ち帰り鉍物分析又は粒度分析を行なう。鉍物分析は比較的広い海岸線に沿って行なう。特殊の鉍物を産する河川等があればその追跡を行ない供給源推定の一助にすることができる<sup>5)</sup>。粒度分析もまた大切である。汀線及び底質についてこれの分布図を作れば砂粒移動の推定に有力な資料となる。底質の採取は思ったより困難なものである。海洋学の観測に使用

されるかみ合せ式の採泥器は、かみ合せが十分に行なわれず船上に引き上げるまでに細砂が海中に流出してしまう場合が多いので適当でない。筆者の研究室で考案されたものは鉄管の直径 9 cm、深さ 10.5 cm のもので、管壁の一方に鉛を流して海底ですぐ横になるようにしてある。口に近い所に針金でロープと連結し海底をさるうようにして採集する。又ボーリング結果や欠潰した地層の断面の様子も参考となる。

#### 5. 地形変動

最後に最も重要なのは地形の変動状態、物質の輸送に関する観測である。そのうちで scale の大きな変動の観測として深淺測量と汀線測量がある。深淺測量は現在では音響測深儀が用いられるのが普通である。測深の精度が大切なのももちろんであるが、測量をしながら移動する船舶の位置の精度も同じように大切で、このバランスがよく取れることが無駄のない観測である。船の位置は陸上に互いに離れた箇所に2台のトランシットをそなえ船を見透しの線に沿って走らせ船からの合図によって或る時間隔つごとに同時に測角をすることが行なわれている。岸近く浅い所ではポールによって測量する。トランシーバーを利用すれば作業はより円滑に行なわれるであろう。

汀線の測量。内陸部に基準の杭を打っておき時化の前後にこれに対する汀線の位置、砂面の高さを一定の水準を基礎にして測定しておくことと汀線の前進後退の様子を知ることができる。杭は木製の場合にしばしば引き抜かれることもあるのでコンクリートの方がよい。また浸食海岸では流されてしまうこともあるので、注意を要する。深淺測量と汀線測量はいわば砂移動の基礎資料であるから綿密に行なうべきであるが実際には多数回の実施は困難な場合が多い。

汀線附近における堆積量を推定したい時には特に砂浜の汀線に量砂標を打ち、あるいは量砂板を埋めてその深さを知るようにしておけば短期間の砂の堆積量を知ることができる。砂の移動の活発な汀線では1日の変化が予想外に多いことがある。

又光電式透明度計<sup>6)</sup>を使えば水中に浮游して光線を遮る物質の濃度がわかるので、微視的な観測、たとえば実験室等では有用である。この時砂粒子の大きさを一定にしてあらかじめ検定を行なう必要がある。河川などで河の状態が大きな変化をしない時には浮游物質の単位体積中の質量と光線の消散量(100-光線透過百分率)とは直線の関係にあるのが普通であるが、海上からではかなり濁っているように見えても水中濃度は低く、水中濃度の高い時化には船から測定することがむずかしい。漂砂量の多い海岸は静穏時でも底は濁っていることが多いので、この様な場合の測定には便利である。

## 6. トレーサーの使用<sup>7)</sup>

煉瓦屑を数 $m^3$ 、漂砂のはげしい海中に投棄し、その行方を追跡して、漂砂移動の方向を推定することは古くから各地で行なわれている方法である。煉瓦屑は比較的容易に大量入手し得るけれども比重が砂より小さく、粒径を大にしてやっと識別がつくので、このような粒子が砂粒と全く同じ運動を行なうかどうかは疑いが残る。また着色した砂利の粒径 1cm 程度のものは識別できるので使用される。この場合は砂利の表面をよく洗った上、マジックインク中に投入し攪拌する。

砂と同様細かい物質をトレーサーに使用する方法として最近用いられているものに螢光砂と放射性砂がある。螢光性顔料を砂の表面につけたもので、暗所で紫外線をあてると螢光を発するので、投入後、それが移動したと思われる所の砂をサンプリングした上、紫外線で照射し螢光砂を検出すればよい。しかし砂に螢光物質を極めてうすく附着せしめるのは困難のようで、比重の軽い螢光顔料と接着剤の混合物を砂粒につけると比重の減少が起き、天然の砂粒とは異なってくる、という不便がでてくる。

放射性砂をトレーサーとして使用することは上述の螢光砂や煉瓦屑と異なって、粒径の小さく比重が砂粒と同じものを製造し得る点で大そう有効といわねばならない。サンプリングをせずにその場で移動を追跡できることも特徴の1つといえよう。ただし検出に放射線を使用するのでそれに対する特殊な技術者を要し、費用も大で管理の点でも煩雑であることは欠点といえる。放射性砂を検出するのはいうまでもなく計数管で、その感度により砂があまり散逸する所では測定が不能で、むしろ静かな海底で砂が海底を長時間かかってはっていき時にその検出はよい結果を与えている。

放射性砂粒を使用した漂砂調査法の詳細についてはこの方面を開発した人々による文献<sup>8)</sup>を参照せられたい。

## 7. 漂砂の測定（竹竿による浮游漂砂の測定）

海岸に沿う砂の移動は分類すれば次のようになるであろう。(1) 汀線に平行に波浪によって転動していく、いわゆる掃流漂砂、(2) 波によって海底から捲上げられ、乱流によって浮游したまま移動する浮游漂砂、(3) 底流れと波動運動により底面をはって移動する漂砂、(4) 砂浜の上を風によって運ばれていくいわゆる飛砂。

これらはもちろん1つの地点においても同時に見られるもので、たとえば砕波帯内部にあっては(2)、(3)が同時に起こっていると考えられる。海岸線に直角な鉛直平面を単位時間に過ぎる砂の質量を漂砂量とよぶことにすると掃流漂砂量は浮游漂砂に比して多いと考えられるが、浮游する漂砂は移動範囲が広く、長年月には海岸の突出物や河口をこえて移動することも考えられ、特に近年掘込式の港が建設されるようになってからは港内における堆積現象の原因として重要性を増して来ている。

この浮游漂砂の現象を考えると、まず平穏であった海面がうねりか又は風によって次第に波立ってくると、汀線附近の砂が移動しはじめ、ついで砕波によって砕波帯の底質が攪乱をうけて浮游してくる。浮游した砂粒は次第に表面の方にも乱れにより拡散しつつ、波浪による水粒子の運動にしたがい、同時に次第に発達してきた沿岸流によって海岸線に沿って運搬されていく。この輸送の形式は沿岸流によるものの他にその方向に垂直な方向の拡散も考えられ、流れのうちにはいわゆる離岸流も考えられるから実際にはかなり複雑なこともあり得るであろう。かくて移動した砂には乱れの時間的、あるいは地域的の減衰にしたがって堆積を起こす。

浮游漂砂を実地に観測するために種々の方法が考案されている。原理的には某月某日の海岸線に直角な断面の各点において測流を行ない、同時に採水を行なってその中の浮游砂粒の質量を測定すればよいわけであるが、荒天時におけるこのような観測は特定の観測施設のある海岸（日本ではその例をきかない）以外は不可能である。しからば次善の策として砂は海岸から沖に測ってどの地点まで浮游しているか。どの位の深さまで底質の浮游現象が起きているか。浮游砂粒の濃度の相対的な比較をすればどの位であろうか、などを知ることとはできないであろうか。以上の要求に対し次に述べる竹竿の捕砂器は1つの解答を与えるものである。

昭和16年ごろ北海道札幌市の北方海岸にある石狩町一帯を工業港とすることが考えられ、その時の同海岸における漂砂の問題を調査するため竹竿を使用して漂砂を捕集することが考案され実施された<sup>9)</sup>。その後池田博士の指導により昭和24年から再びこの方法による調査研究が開始され、石狩川河口、日高地方の東静内港、苫小牧工業港、天塩、羽幌の諸港の調査においてこの方法が採用される一方、次第に改善が加えられ現在では北大方式と

して全国各地に普及している状況である。竹は晒し苦竹を用いる。太さ 5cm 内外で、長さ 4～5 m のものが使用し易い。この竹についての基礎的な性質としてその外径、節間の長さ、節間の空間容積については図-2のよ

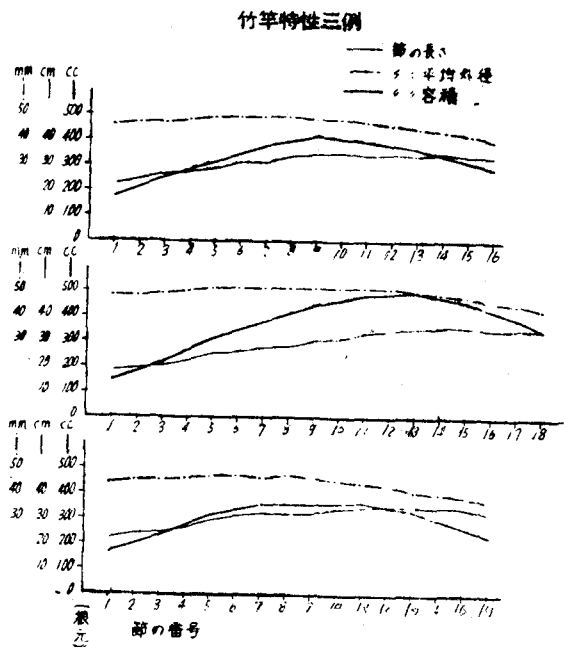


図-2

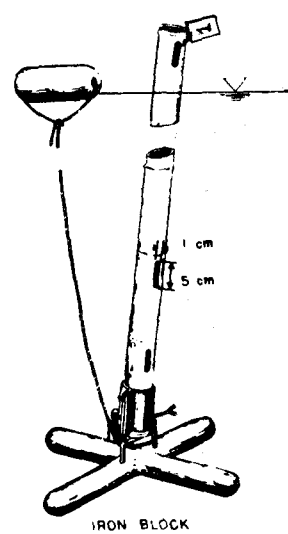


図-3

うな測定結果がある<sup>10)</sup>。すなわち節間の長さは根もとから先に行くほど長くなるが、平均外径は中央部と根もとの差が少なく、節間容積も中央部分に近く極大値をとっている。しかしこれらの値は捕集の 効果に大きな影響を与えるほどではない。重心の位置は比較的揃っている 任意抽出した10本についてとった 平均値は根もとから 0.43±0.01 の所に存在した。

竹の穴は図-3に示すように長さ 5cm 巾 1cm のものを反対側までつき通してあげる。実際には径 1cm の穴を中心間隔 4cm として竹の直径の反対側までつき通し、この2つの穴の間を竹の繊維に沿って小刀で切り除き連結するとよい。漂砂の鉛直の濃度こう配は海底近くで非常に強いので竹の根元の海底に近い部分では、3節連続して穴をあけ、上部の方は竹に浮力をもたせるために1節おきに穴を設ける。竹の基部は締付金具でしめつけこれを重錘の鉄十字ブロックと12～14番の鉄線でつなぐ。この部分はかなり改良された部分であって、以前は重錘にコンクリートブロックを用い、竹の基部とコンクリートブロックの間には別に小さな竹を添えて海底附近の漂砂の鉛直分布を細かくしらべるようにしたものである。しかしコンクリートブロックは水中に使用する重錘としての能率が悪いので現在は鉄製の十字形ブロックに変更した。この十字ブロックの各腕は長さ 20cm 程度であって質量は 13～15kg 程度のものが経験上扱い易い。

竹竿の用意は野外調査の出発前に実験室において行なうが、これは事情により必ずしも必要ではない。しかし現地の工場等で行なうよりは実験工場にていねいに準備した方がよいと思われる。特に穴をあけた竹は戸外に放置して風による飛砂などが入らぬよう注意を要す。

竹竿を設置する時は、あらかじめ現地において踏査結果と深浅図から投入地点を撰択しておき竹竿の数を予定しておく。多くの場合投入地点は10～20地点がよい。深度が竹竿1本で不足の場合には上につなぐ分も用意しなければならない。設置には海上静穏の日を選び、投入地点に到着するとまず水深を測定し、適当な長さの竹竿を選んで重錘と共に静かに投げ入れる。深さがあって1本の竹竿では先端が水面下にあると考えられる時は適当な長さの竹竿を切って針金でつなぐ作業をしなければならない。実際に 20～30 cm 水深より長く竹を撰択する必要がある。また非常に浅い箇所では潮の干満の差を考慮し、干潮の折に竹が水面から出すぎて風浪のため横に

なり、せっかくの試料が流失せぬよう注意を要す。波による水面の上下もあるので碎波帯以内のような浅い所ではこの竹竿の使用は必ずしも適当でない。投入する竹の最先端には地点を示す木製の番号札をつけて引上げの時の整理に便する。また鉄ブロックからは別にロープで結んだ浮漂を用意し、引上げの時に容易に発見できるようにしておく。

投入地点の決定は投入と同時に六分儀によって海岸の3点以上の地物を目標にして測定し、後に三桿分度器によって図上に記入する。したがってあらかじめ測量の目標になる地物の選択については事前に注意しておくことが大切である。投入時の船の位置決定には陸上から2台の経緯儀を使用することも考えられるが、人員を要するのと広い海域では不便でもあり、次々と投入を行なう時には誤りを生ずる場合も考えられるので、筆者等は専ら前者の方法によっている。

竹竿の設置期間は2日から1週間に及ぶことがあるが、もともと荒天の時には砂の浮游がはげしく、漂砂の捕集量も多いために2～3日が適当であるが、不幸にして期間中静穏な日がつづく時は5～7日程度で引き上げるとよい。竹竿による漂砂捕集の目的は荒天時において漂砂の分布がどのようにになっているかをしらべるのであるから理想的には投入後「しけ」が始まり、2～3日で終了した時に引き上げることが望ましい。しかし実際にはその様な注文通りの場合は少なく、静穏な日が続きすぎたり、荒天がつづいてせっかく設置した竹竿が流失するという最悪の事態に遇うこともある。

引上げの際は船をスローにして竹に近づき、竹を捕えてできるだけ垂直に引き上げ、水面に出てきた穴の部分を電気絶縁に用いる布製のフリクション・テープを竹竿にまきつけて塞いでいき、捕集された漂砂と水とが穴から流出するのを防ぐ。布製のフリクション・テープは適当な力を加えて横に引き裂くことができ便利であるが、近ごろよく使用されるビニールテープは裂きににくく又よちれ易くて適当でない。かくて次々と節間の捕集孔を塞いで、最後に下端の鉄ブロックを船上に引き上げた所で鉄線鉗を用いて竹と重錘を切離す。全部の穴を閉じられた竹竿は横にして船上に積み、次の地点の作業に移る。鉄のブロックが砂に埋って竹竿が引き上げられぬこともあるが、その時は浮漂をつけてあるロープを引いてブロックを少し引き上げて浮かすとよい。深い地点での竹は1本でないので整理のため番号をつけた木札を引き上げた竹竿にテープでまきつけておくようにする。回収した竹竿は陸上に運んで横たえて並べ穴の位置を巻尺で測り、海底からの高さをブロックの高さも考慮して決定した後、切断にかかる。竹竿はこの時斜に保って切断しないと内容がこぼれてしまう惧れがある。切断の箇所は穴の上部がよく、竹用の鋸を使用した方が作業が速い。竹竿の内容を取り出すにはポリエチレンの袋(10cm×24cm)で厚さ0.05mmのものを使用している。この袋を竹の切口に被せ、よく上下に振盪して海水と一緒に袋にうつす。ポリエチレン袋には使用直前にマジックインクを用いて竹の番号と穴の番号を記しておく。水と砂との混合物の入った袋はあらかじめ組み立てておいた木枠の中に1つつ入れて2～3時間そのままにおき内容の沈殿をまつ。その後上澄みを注意して袋から外にしめ出し、袋の口を結んだ上、全部を格網して実験室に運ぶのである。

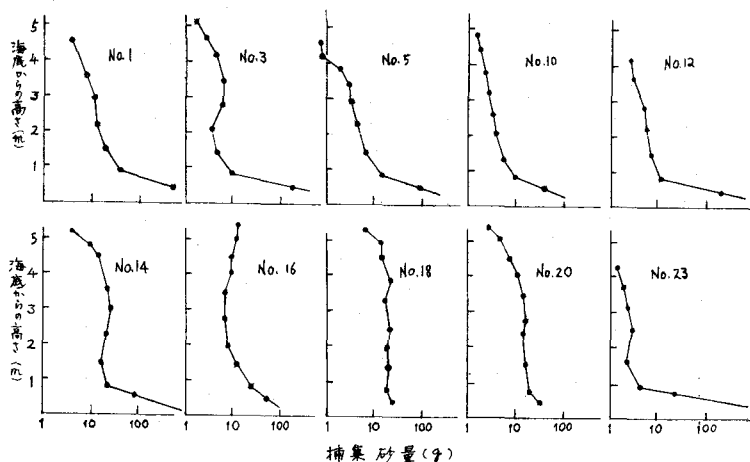


図-4

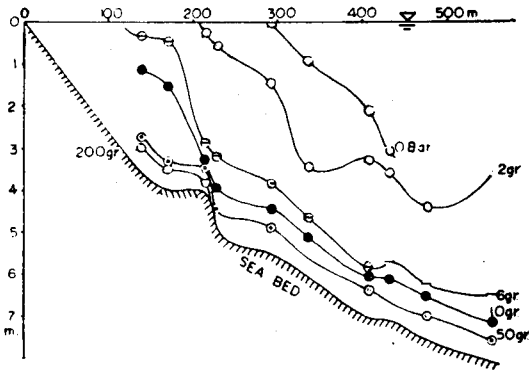


図-5

実験室では袋の口を再びあけ乾燥にかかるが、できれば赤外線ランプ 500 W を 2~3 個つけて強熱することなくゆっくりと乾燥する。乾燥後も過度に熱すとポリエチレン袋が熔解してくるので注意を要す。乾燥を終了した袋は口をしめて袋のまま天秤で質量を測る。大量に製造されたポリエチレン袋は質量が均一であるから正味の砂の質量を知ることができて便利である。この時の測定は 0.01g まで測定する必要がある。その後必要な場合は砂の篩分けを行ない又顕微鏡によって鉱物学的検査を行なうか、あるいは細粉にして X 線の検査にうつす。

捕砂量のプロットは縦軸を海底からの高さに

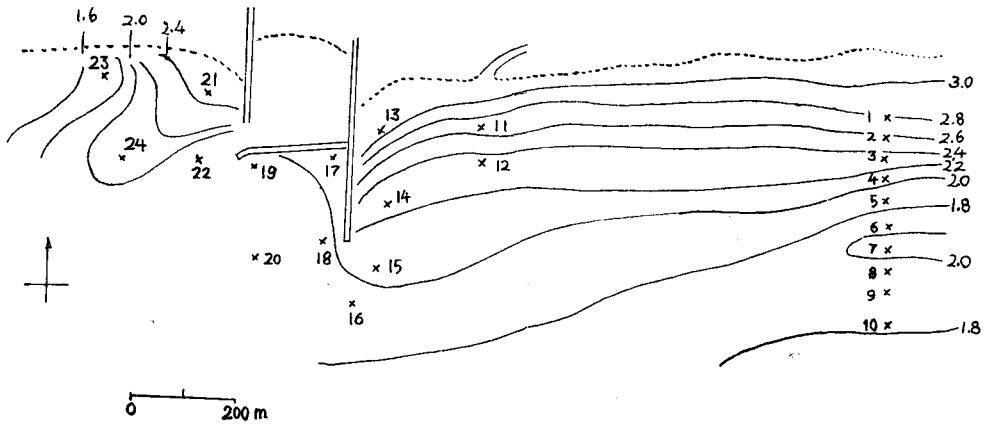


図-6

#### 漂砂量鉛直分布形状の 4 つの型

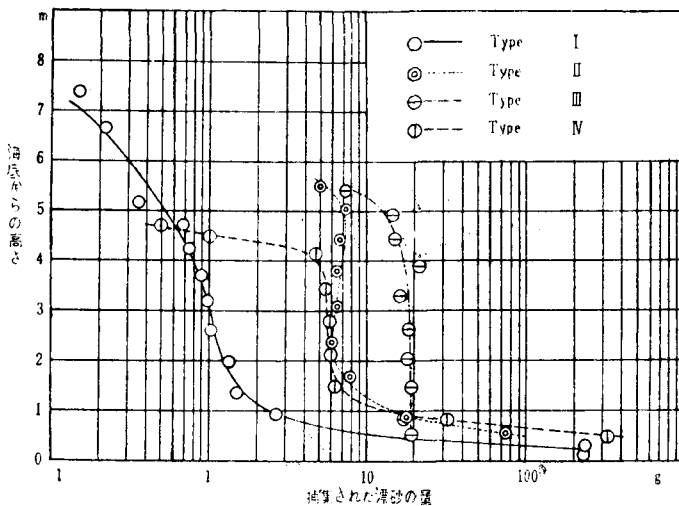


図-7

とり、横軸を砂の質量の対数目盛にとる方が実際の海中における分布を想像し易く便利である。このようにして得た曲線の数例を図-4に示した。曲線上の各点はよく揃っていてその凹凸はそれぞれの物理的意味を有するようみえる。竹竿を多数使用することによって海岸の縦断面における捕砂量の分布<sup>11)</sup>や海岸附近の2次元的な捕砂量の分布<sup>12)</sup>などを知ることができる。図-5、図-6は苦小牧港附近における例である。

竹竿によって捕集した砂の質量の鉛直分布曲線は理学第一研究室のスタッフにより昭和25年頃から苦小牧海岸を初めとし、天塩、羽幌、石狩、日高、内浦湾など全道各海岸で実測され、また開発局土木試験所においても上記以外の道内各地で実測を行なった。当研究室の得た実測の結果によると、これらの曲線は数種の型に分類される。<sup>11)</sup> 図-7はその1例を示すものである。第1の型は一般自然の漂砂海岸にみられるもので、海底1~2mの層において急激に捕砂量の減ずる躍層があり、その上層は比較的ゆるやかに減少していき、全体として平仮名の「く」の字をやや左に倒した形となりく字分布又はL字型分布とよばれている。港湾構造物、河口などの影響がない砂浜において砕波帯の外に竹竿を設置すると非常に多くの場合この型の分布が観測される。第2の型は底層の分布は第1の型と同じであるが、上層の分布が鉛直になっているもので、構造物が海岸から突出しているコーナの部分など乱れのはげしい海岸に現われる。砕波帯内部に竹竿を投入した例は少ないが、この分布が見られるようである。第3の型は底層が存在せず、底から上までほぼ一様な分布を示す型で、防波堤のかけ又は漂砂海岸でも時々現われる。何かの原因

により底層に攪乱のおきない場合であると考えられる。第4の型は表面近くで急激に捕砂量が減る型で余り多くは現われない。第5の型は苦小牧などの海岸では顕著でなかったが、最近河口附近における漂砂測定を行なうようになってからはしばしばみられるようになった。この分布は中層に捕砂の極大点があり底層ではむしろ減少している。上層部は一般にゆるやかに減少するが、時には途中で一様な分布の層がみられることもある。図-8は節婦海岸における

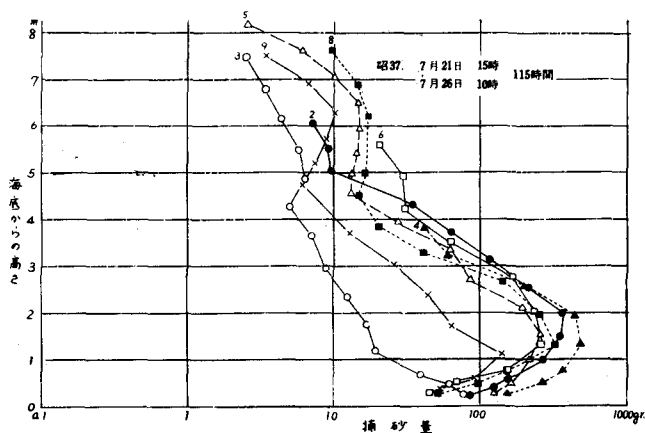


図-8

る例であって底層の高い捕砂量は新冠川から流出した土砂によるものと考えられる。

## 8. 砂粒捕集の機構

竹竿の捕集装置が海中に設置された時、ある濃度の砂粒が竹の外側の海水中に浮遊している。採砂孔をこの海水が通過するのは海水の流れによる場合と竹の運動による場合があるであろうが、いずれにせよその相対速度をもって海水が竹竿の穴を通過する際、若干の交換が起こって或る量の砂粒は竹竿の内部に捕獲されて残り、ついで沈降が起こって節の中の底部に沈着する。砂が沈降した時残された水はつきつきと新しい濃度の砂粒をもった水と交換され、新しい沈降を起こすものと考えられる。竹竿の穴を通過する水の流速は捕集量を左右する大きな要素であるから、海水の一般流の方向が設置された竹竿の穴をつき通した方向と直角になっている時は捕砂量に影響を来すのでないかという疑問がおきる。しかし竹と海水との相対速度は表面の波浪に強制される竹の運動、海水の水粒子の波動運動、波と風によって起こされている一般流と乱れ、などによるものであって、その様子は複雑なもので簡単に海流の方向の影響は現われて来ないと考えられる。四方に開口して、固定している佐藤助教授の捕砂装置でも顕著な一般流のない沿岸海底では方向による差は極めて少ない。竹竿の捕集装置は積算計器であって、外界の海水のもつ砂粒濃度が或時間だけ急激に変化しても、引揚げて測定した結果からは設置期間の平均値が得られる所にある。波浪の発達、減衰に伴ない海水中の砂粒濃度は変化すると思われるので竹竿の設置期間中は、波浪の観測を継続することが是非必要なことである。

竹竿を使用する主な目的は設置中における海水中の各深度における懸垂砂粒の濃度であるが上述の捕砂機構に

よれば粒子の沈降速度も関係する。そのような諸元が設置期間中一定なものと考えた時、捕砂量は設置時間に比例するのであるが、ただ竹の中に或る程度多量の砂が捕集された時には、外界との水の交換はむしろ濃度の少ない外界に砂粒が逆に放出されることになり、この点からも、極めて長期間の設置は好ましくないわけである。以上の困難にもかかわらず外界の砂粒濃度と1時間当りの捕砂量との関係を得る試みがなされ、本間教授、堀川助教授等は実験室及び現地観測の data から図-9のごとき結果を得ている<sup>13)</sup>。実際の海水の乱れの状態は実験室の水槽とはかなり異なると思われるので、これ等の実地観測による結果は貴重なものであり、今後多くの観測の集積されることが望ましい。因に米国では実際に濃度を測定するにはサイフォン等により水を採取する方法が行なわれている。

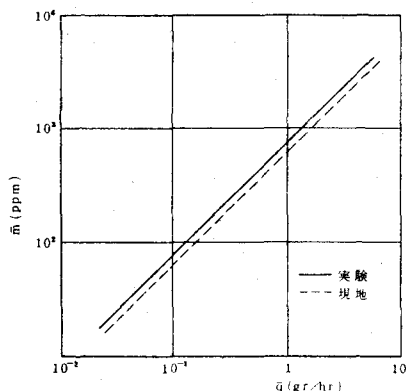


図-9

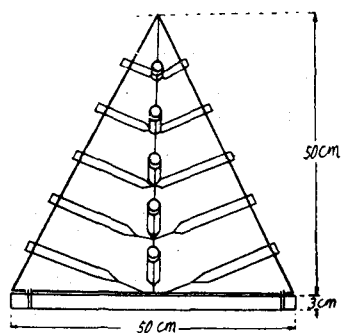


図-10

竹竿の方法で漂砂を捕集すると竹の節と節の間隔よりも短い間隔で捕集することはむずかしい。北大水産学部佐藤修助教授は金網の筒を作ってその中に漂砂を捕集することを考案し、苫小牧港、天塩港の調査に使用した。その構造は図-10に示すように主要部分は150 meshの真鍮の金網で作った径1.8 cmの筒で最底の筒の長さは20 cmで4本あり、それぞれ底からの高さ7 cmの所に開口している。全く水平におくと捕集された砂がこぼれるおそれもあるので開口端は何れもやや上向きになっている。この筒は計5段あって、上にいく程筒の長さは短くなっていて筒の口はいずれも組立式の鉄製の枠に針金で固定されている。これは船上から方向を見定めつつ浮標をつけて沈設するものであるから余り深い箇所には適用できない。しかし捕集効果はよいので24時間で引上げて十分な量が得られる。捕集砂量の鉛直分布は、竹竿の場合と同じ方法でプロットした場合はやや上に凹である。<sup>14)</sup> もっともこの傾向は竹竿の場合でも、底層の3点でやはり上に凹の傾向がみられる。以上の方法によって得られた捕集砂量の方角別の分布は一般の海岸では比較的揃っていて、そのベクトル的な差から漂砂の移動を決定することはむずかしい場合があるが苫小牧港で得られた測定結果からは他の状況から推して合理的な結論を得ている。一方からいえば方角別の差の少ないことはたとえば竹竿による捕集の場合も、穴のむきとか一般流の方角などに敏感でないのと同じと考えてよいであろう。河口の附近のような卓越した一般流のある場合はこの方法は極めてよい結果を示している。

北海道開発局土木試験所では図-11のごとき捕集竿を使用している。<sup>15)</sup> これはコンクリート十字ブロックの上に竹竿を固定しそれに捕集用の小竹を種々の深度に取付けたものであるが同時に十字ブロックには水平に短い鉄管を4方向につけ、その鉄管の一方は布袋をかぶせて他方の口からの捕集砂がこの布袋に入るようになっている。広尾港の観測では43時間に150~160g程度の捕集をしている。

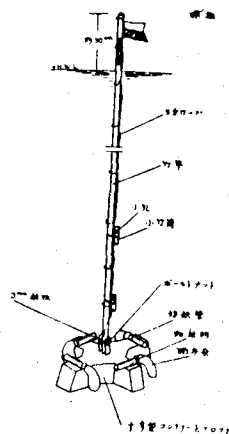


図-11

金子安雄氏等は浜名港口における漂砂の研究報告のうちで現地調査において採砂桿を製作して水底における砂粒の動きを観測した。<sup>16)</sup> この時測定に使用した採砂桿は直径5~6 cmの竹4本を40 cm角、厚さ10 cmのコンクリートブロッ

クに垂直に埋め込み、節間の上方に  $9 \times 3 \text{ cm}$  の縦矩形の採砂孔を設け、その裏側に直径  $0.5 \text{ cm}$  の水抜孔 5～6 個設け、砂だけ桿の中に沈下するようにした。このような竹竿 2 節分を 1 本とし、1 個のブロックに 4 本、それぞれ異なる方向にむけて固定した。この結果によれば採砂孔のちがいは大して認められなかった。また採砂孔の広さ  $3 \text{ cm}^2$  を、円、正方形、横矩形、縦矩形の 4 種に作ってみたが、採砂量は正方形が最も多く  $370 \text{ c.c.}$ 、最も少ないのは縦矩形で  $280 \text{ c.c.}$  であった。この場合も各方向における捕集量が大差ないのは注意を要す。海底で動かされる砂を採集するのに図-12(a) のような Bozich-Guriew の bathometer というのが発表されている。<sup>17)</sup> 寸法は明らかでないが底に円形の金属板があり周囲は鋭く、上面は薄い砂の層が塗られている。キャップ B を適当な方角に固定してまわらぬようにし、弁 C を具えている。これによって sediment の単位時間の移動量、方向、移動速度、sediment の層の平均の厚さを知ることができるという。

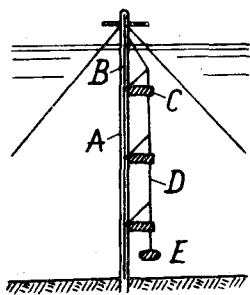


図-12 (a)

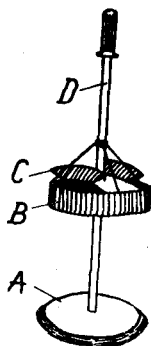


図-12(b)

また同じ論文に Samoilow の装置と称して図-12(b) のとき装置を海中に設置し各深度の皿を上下して、皿にあらかじめおいてあった各種の粒度の sediment の残りをしらべる。種々の粒度のものを系統的においてしらべると、波の運動により、どの深さでどの粒度が動かされるかを知ることができるという。これは逆に sediment を浚っていくのを測るところが面白い。しかし水底から或る高さにおいた sediment を動かす波の力というものが研究上かなり間接的な量にはしないかと思われる。

以上浮游漂砂の調査法を中心として概説したが、

海岸工学講演会の講演集中の漂砂報告及び現地機関における多くの報告はいずれも参考になることが多い。また土木学会発行の水理公式集の中の漂砂の項、海岸保全施設設計便覧の漂砂の項にも測定法のみならず全般の解説がある。米国の Corps of Engineers のマニュアル、Beach Erosion Studies を主として紹介した岩垣博士の論文<sup>18)</sup>「海岸漂砂の調査について」も有益である。

## 参 考 文 献

- 1) 宇田居吾一：トランシットによる波浪の記録法，第2回海岸工学講演会講演集（昭和30.11）。
- 2) 村木義男，石田直之，高島和夫：リレーを用いたステップ式波高計と波浪観測塔，第11回海岸工学講演会講演集（昭和39.11）。
- 3) 柏村正和：噴火湾内の沿岸流，日本海洋学会誌，第16巻第1号（1960.4）。  
福島久雄，柏村正和，八鍬 功，高橋 将：日高海岸における漂砂の研究第1報，第9回海岸工学講演会講演集（昭和38.11）。
- 4) 福島久雄，柏村正和：漂砂とその測定第5報，第7回海岸工学講演会講演集（昭和35.11）。
- 5) 福島久雄，柏村正和，八鍬 功，高橋 将：日高海岸における漂砂の研究第2報，第10回海岸工学講演会講演集（昭和38.10）。
- 6) 本間 仁，堀川清司，鹿島遼一：波による浮游砂の研究，第11回海岸工学講演会講演集（昭和39.11）。  
H. Fukushima & I. Yakuwa : On the Photo-electric Measurement of the Concentration of Suspended Load, Memoirs of the Faculty of Engineering, Hokkaido University, Vol. 9, No. 3 (1953)。
- 7) 佐藤昭二：港湾建設計画に関連した漂砂の研究，港湾技術資料 No. 5（昭和38.10）。
- 8) 佐藤昭二：同上  
加藤正夫，佐藤乙丸：漂砂の放射性追跡法について，応用物理第30巻第8号（昭和36.8）。  
猪瀬寧雄：放射性ガラス砂を用いた漂砂の現場実験について，第2回海岸工学講演会講演集（昭和30.11）。

- 9) 森田義育：昭和16年土木学会年次学術講演会.
- 10) 福島久雄，溝口 裕：漂砂とその測定について，第2回海岸工学講演会講演集（昭和30.11）.
- 11) 福島久雄，柏村正和：漂砂とその測定第4報，第6回海岸工学講演会講演集（昭和34.11）.
- 12) 福島久雄，柏村正和：漂砂とその測定第2報，第4回海岸工学講演会講演集（昭和32.11）.
- 13) 堀川清司：海岸災害研究ニュース第2号 p. 18, (海岸災害総合研究班)，昭和40.2.
- 14) 佐藤 修：苫小牧工業港附近の海底漂砂第8報，昭和32年度苫小牧工業港調査報告（北大工学部理学第一研究室）.
- 15) 古谷浩三：土木試験所彙報第8号.
- 16) 金子安雄，堀口孝男，藤島 睦：浜名港研究報告第一報，運輸技研報告第5巻第4号.
- 17) W. Jarocki : Waoc Effect on the Coast Formation and Erosion, Proceedings of 7th Conference on Coastal Engineering-1961, Vol. 1, p. 203.
- 18) 岩垣雄一：海岸漂砂の調査法について，第6回海岸工学講演会講演集（昭和34.11）.