

## 離岸堤の及ぼす海浜変形に関する一考察 (2)

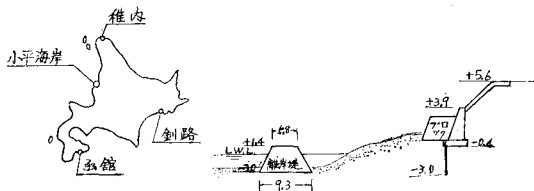
久 宝 雅 史\*・戸 巻 昭 三\*\*

### 1. はし が き

波や流れなどの作用を利用し、トンボロを発達させて海岸を保全しようとする離岸堤が漂砂対策として採用されて以来、種々の離岸堤に関する研究<sup>1)4)</sup>がなされてきた。しかしながら、漂砂を支配する要素はきわめて複雑であるため、本質的に理論的解析は困難であることから、現地観測や模型実験等により定性的にかなりの効果が得られてきたが、なお未解決の問題が多いので、著者<sup>3)4)</sup>らは、実際に来襲する波の特性の変化によって海底地形、底質粒径、および海浜形状について、北海道留萌沿岸小平海岸における観測から得られた沿岸流と底質粒径との関連性について発表し、さらに離岸堤設置に伴う堆砂状況は、波向によって砂の移動が影響されると同様にその背後の海浜形状にも変化を生ずるものであることを明らかにすることができた。今回は離岸堤設置規模の拡大に伴う前面の海浜変形に関し、長期間にわたる実測資料からその履歴効果を求め、さらに堆砂の変化量に及ぼす支配的要素について若干の考察を試みたものである。

### 2. 離岸堤設置の経緯

本海岸は北海道の北西部留萌港の北7kmに位置し、砂浜できわめて単調な南北の緩曲線状の海岸線をもって日本海に臨んでおり、冬季風浪により季節的な汀線の変化はあったが概して平衡状態を保っていた(図-1)。と



の作用時間。

たとえば、細井<sup>6)</sup>は海浜変形に関して波と底質粒径の大きさの効果について指摘しており、また岩垣・野田<sup>7)</sup>らは、汀線付近の海浜変形を底質および波の dimension の縮尺効果について式(2)のように次元解析をしている。

$$\frac{x_{SL}}{L_0} = f_2 \left( \frac{H_0}{L_0}, \frac{d_m}{H_0}, i_0 \right) \dots\dots\dots (2)$$

このように海浜変形を支配する要素として、波の特性、底質ならびに海底勾配等であることから、今回は離岸堤の及ぼす堆砂の移動量について  $x_{SL}/L_0$  と  $d_m/H_0, i_0$  の関連について検討したものである。 $x_{SL}$ は図-1の既設護岸からの距離とし、 $d_m/H_0$ との関係は、図-2より  $d_m/H_0$ の増大とともに、開口部および離岸堤背後の堆砂も直線的に増大する傾向を有している。また一般に、海

に土砂をともなって流出する傾向がみられるので、開口部に直面する汀線が特に侵食される現象が生じているものと考えられる。

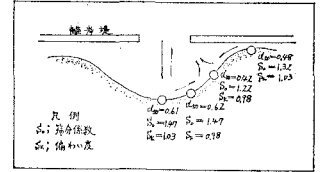


図-3 離岸堤開口部の汀線底質粒径

#### 4. 沿岸砂洲および底質粒径の変化

海浜付近の海底地形が著しく変動するのは沿岸砂洲の存在によるものであるとされており、その位置は  $H_b/h_b$  ( $H_b$ : 碎波波高,  $h_b$  碎波水深)と密接な関係をもっていることから、波の特性等によって変わり、その特性が変化するので一定個所に固定するとは限らない。このため離

岸堤を設置したことによって、その前面で波の反射現象が生じその反射率は波の特性ばかりでなく、主としてその構造物の表面傾斜、波のエネルギーを吸収する機能、入射角等にも関係し、これが沿岸砂洲の生成に変動を与えているものと思われる。その沿岸砂洲の大きさを表示する尺度としては、比高および距岸が考えられるが、前回<sup>8)</sup>の報告では離岸堤が設置されていない状態で、冬季と夏季の trough および bar 頂部水深の関係を比較した場合、後者では trough 頂部水深より bar 頂部水深の増加率が高いことを指摘した。同様に離岸堤を

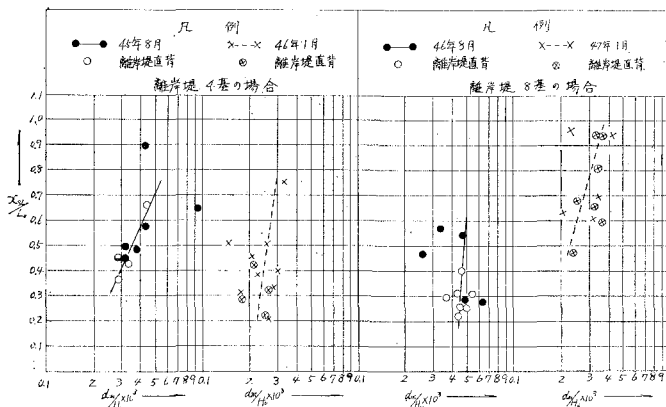


図-2 汀線変動と汀線底質粒径との関係

浜は波に対応した地形にしたいに変化してゆくが、離岸堤を増設した段階であっても堆砂は著しく異なった傾向をなすとは思われない。しかし離岸堤の設置数のいかに問わず夏季の場合には、離岸堤背後の堆砂粒径は開口部に面する汀線底質粒径より小さくなっているが、一方冬季には堆砂規模に関係なく粒径は様な範囲におよんでいる。このように海浜は、たとえ海岸特性が同じであっても波の特性によって汀線付近は堆積または侵食されることもあるので、汀線変動は浜勾配とともに変わるものと考えられる。

次に底質粒径の移動と堆砂について、夏季の場合、離岸堤開口部を通過した波が汀線付近で砕け、波をかく乱し、離岸堤により発生する流れに伴い堆砂が発達するのであるが、たまたま波浪が離岸堤を越えている際に、汀線より底質を採取しこれと汀線変動との関係をみると(図-3)、川口・杉江<sup>8)</sup>らの離岸堤周辺の流速分布から明らかなように、すでに碎波し開口部から底質輸送を伴って侵入した波が、さらに汀線上の砂をかく乱し引き波となった一部と、浮遊砂を含んだ越波とが堆砂に沿って流れ、あるいは合流し、しだいに開口部から沖方向

順次増設した場合の海底変化は、図-4のように設置数が多くなるにしたがって前述と同じ傾向を示すことが認められた。

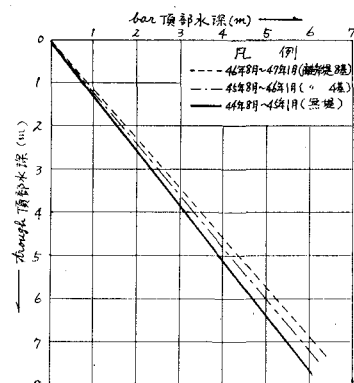


図-4 沿岸砂洲の規模の比較

この海浜断面の形成は、無堤時における冬季から夏季における変化と同様に、離岸堤設置基数が多くなるにつれて全般的に碎波点は岸に近づき、その点で侵食された土砂が徐々に後の trough を埋めることによって沿岸砂

洲規模が小さくなり後退するものと考えられるが、さらに沿岸砂洲の比高、距岸の頻度分布から(図-5)考察してみると、その相関性がよくあらわれており、比高ならびに距岸がしだいに小さくなっていることから、沿岸砂洲の規模に変化がもたらされているものと考えてよいのではなからうか。

このように離岸堤設置により、碎波による海浜の洗掘、せん断力、あるいは反射流等は、底質の運搬を卓越させ海浜変形に一層影響を与えているものと思われるが、その底質を汀線, trough, bar, および沖合の4個所から45年8月, 46年1月に採取し  $d_{50}$  を調べたところ(図-6),

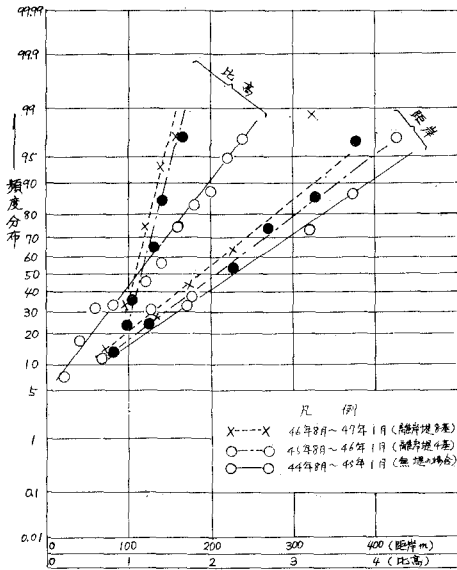


図-5 沿岸砂洲の比高および距岸頻度分布

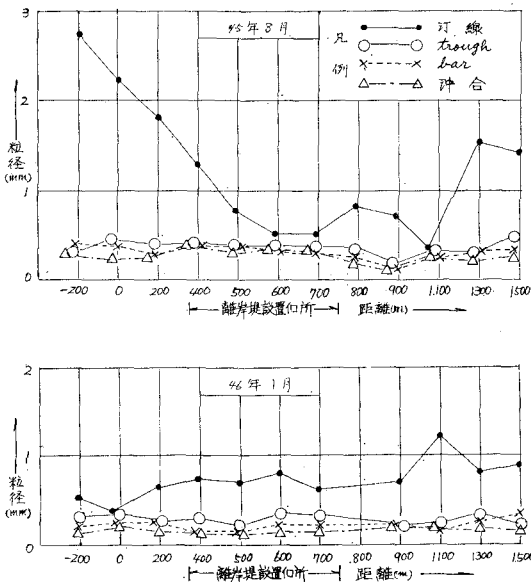


図-6 底質粒径調査

trough, bar, そして沖合個所の粒径は一年を通じほぼ一定しているが、汀線粒径は離岸堤4基設置された8月においては、離岸堤設置位置を底とする大きなU字型になっており、1月には8月の  $d_{50}$  の min. に近い様な値に変化している。これからみると、離岸堤の及ぼす汀線底質粒径は、波形勾配が小さければ離岸堤設置区間にだけ細粒径があり、波形勾配が大きい場合には離岸堤の開口部および背面に一樣の大きさの粒径のものが存在している。

## 5. 離岸堤前面の海底勾配と堆砂

離岸堤設置の拡大に伴って海浜形状は、沿岸砂洲の移動により影響を受けることが前述4より明らかとなったが、さらにその移動によって形成される海底勾配に対し、離岸堤によって遮蔽される堆砂の形態は、侵食・堆積が繰返されて漸次変形するので、この両者の相関について考察してみよう。なおここで「海底勾配」とは図-8のように離岸堤前面と trough までの領域の海底勾配をいい、「背面水深」とは離岸堤背面堤脚水深とした。離岸堤4基ならびに8基設置した状態における海底勾配は、図-7のとおりである。その4基の場合には離岸堤

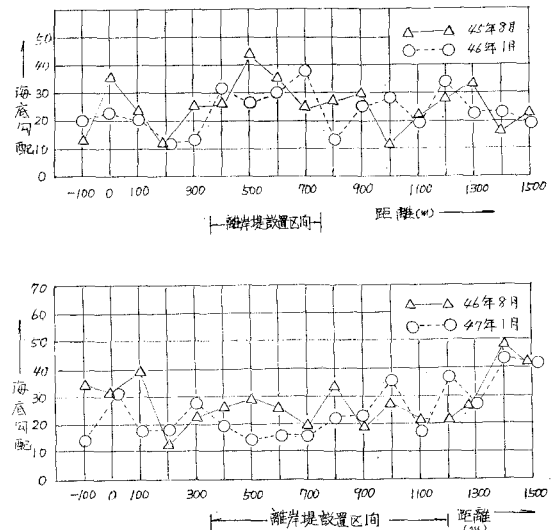
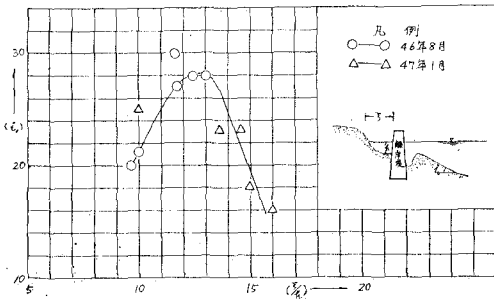
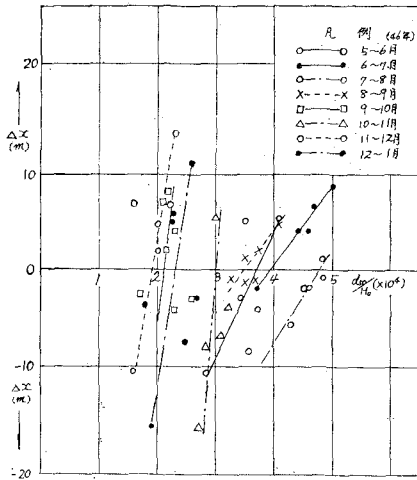


図-7 外浜における海底勾配

を中心とした凸形で、また一連の海底勾配の起伏が激しくあらわれているようであるが、一方8基の場合には前者のように大きな変化はなくほぼ一定しており、いずれの場合であっても冬季の勾配は夏季より小さい。そこで夏季および冬季における離岸堤前面の海底勾配に対し、堆砂の形態を離岸堤背後の堆砂と背面水深との比の関係から考察してみると、図-8から堆砂の変化を示す  $\xi/h$  は、夏季では海底勾配とともに増加するのに対し、冬季では海底勾配の減少に対し  $\xi/h$  が大きくなることを示している。



図—8 離岸堤前面の海底勾配と堆砂の関係

図—9  $d_{50}/H_0$  に対する堆砂の変化量

このように海底地形は、季節ごとの波の特性に支配されて離岸堤の堤脚水深はもちろん、堆砂の変化量に影響を与えるわけで、沿岸砂洲の移動は trough 背後の海底勾配に変動を生じ、それが堆砂の形状に関連するものと考えられる。

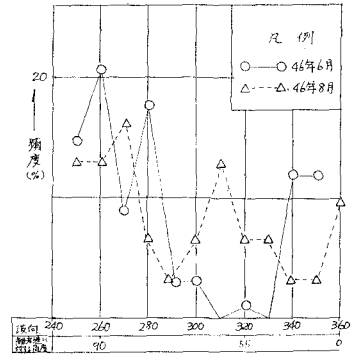
前述 4. の汀線底質粒径と同様に、このような汀線変化するなわら堆砂の形成は、波浪特性により何度が短絡的な地形の変遷を経ているので、2 カ月ごとの堆砂の差 ( $\Delta x$ ) と  $d_{50}/H_0$  との関係から調査してみたのが 図—9 である。図から、

① 堆砂が前進したり、あるいは後退したりするのは汀線底質粒径と沖波波高の比  $d_{50}/H_0$  の値により影響を受ける。

②  $d_{50}/H_0$  の値により堆砂変形は、沖波波高によって非常に大きく支配されており、たとえば冬季間で一定の  $d_{50}/H_0$  の個所に集中しているのは、平均した冬季風浪の現象からと考えられる。

③ 冬季間では、 $d_{50}/H_0$  の値が小さくしかも堆砂の前進・後退量がほぼ平衡が保たれ、また波浪により汀線底質粒径はふるい分け作用をうけ不均一となるが、波形勾配の小さくなる夏季になるにしたがって堆砂に変動が認められ、しかも底質粒径は大きくなっている。

次に③で、堆砂の前進・後退の変化量  $\Delta x$  が等しく平衡を保っている冬季間と、一方向に偏する傾向が大きい夏季間の原因を、外的条件が等しい波高・周期を除き、波向について比較してみた (図—10)。



図—10 波向頻度

たとえば、6—7 月の堆砂が前進する傾向にあったものが 7—8 月には逆に後退したことについて、6 月と 8 月の波向を考察してみると、6 月の場合の波向頻度は、320 度 (離岸堤に対し 55 度) を min. とした U 字型であるのに対し、8 月には逆に max. になっているのが確認され、一方冬季間では汀線に直角になり易いということなどから、 $\Delta x$  に関係の最も大きいのは波向と考えてよいであろう。

われわれは漂砂現象を取り扱う場合に、便宜的に汀線に直角と平行方向の漂砂の特性を別個に考察しているが、本海岸における波向頻度は汀線に直角である傾向が多いため、海岸の欠壊防止として離岸堤の効果が確認されているが、また長期的には波向の下手側である留萌方向に移動する傾向がある。このように現在までの調査では、離岸堤に対する堆砂現象は波向と波形勾配との密接な関係によるものであると考えられる。

## 6. 離岸堤の沈下と堆砂

離岸堤の効果を有効に発揮させる設置水深については、海岸特性として多くの factor があるため定説はないが、離岸堤設置により発生する流れがトンボロを発達させ堤内の堆砂を支配する主要な要因であるため、堤体の沈下防止は機能、維持上きわめて重要である。前述 3. の海浜形状で示したように、海底地形は堤脚部のごく近いところだけが変化するのではなく相当の沖までその影響があり、また逆に沖における海底地形あるいは堆砂の変化は堤脚部の洗掘と密接な関係にあるものと考えられる。

そこで沈下量の増加は、逆に離岸堤遮蔽域内の堆砂の変化量にどのような影響を与えているのか考察の一つの手段として離岸堤の沈下量を実測してみた。この場合の

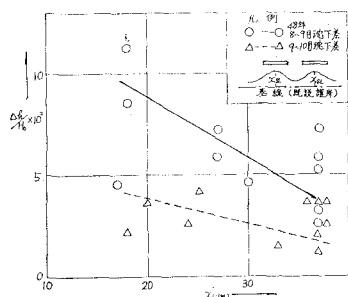
測定離岸堤は11基で、48年8月、9月、10月の3カ月(月1回測定)で、沈下量に対する堆砂の変化量は汀線に平行に設置されている既設護岸からの距離とした。

洗掘現象に関係する諸量は非常に多いので、佐藤<sup>9)</sup>らは次のように無次元で表わしている。

$$\frac{\Delta h}{H_0} = \phi \left( \frac{X}{X_0}, \frac{H_0}{L_0}, \frac{t}{T}, \frac{d_m}{H_0} \right) \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 $X/X_0$ : 汀線から堤体までの距離と、無堤時における汀線から碎波点までの距離の比、 $\Delta h$ : 洗掘深さ。

なお、 $\Delta h$  の洗掘深さを沈下量におきかえ  $x_{SL}$  との関係を示したのが 図—11 である。沈下量測定は継続観測



図—11 離岸堤の沈下と堆砂の関係

されておらず短期間の実測値からではあるが、堆砂の発達過程で、 $\Delta h/H_0$  は堆砂が離岸堤に接近するまで漸次減少を続けることから、離岸堤沈下は堆砂に影響を与えるはずである。

洗掘により堤前面の局部洗掘と海浜全域の移動状況は、波形勾配あるいは  $d_m/H_0$  によって異なっているが、沿岸砂洲の規模に著しく影響を与え、そして底質を開口部から岸方向へ移動させる遠因ともなっていると考えられ、さらに越波により遮蔽域内の水面の上昇、波浪の減殺効果、堆砂に沿う流れ等により堆砂現象にも影響があるので、離岸堤の効果に対する沈下防止対策を十分施す必要がある。

## 7. む す び

離岸堤の及ぼす海浜変形について、海浜における碎波の規模にも関係し、海浜変形あるいは漂砂現象を考えるうえできわめて重要な要素となる沿岸砂洲の規模と変遷、離岸堤前面の海底勾配に対する遮蔽域内の堆砂状況、堤体の沈下に対する堆砂の形成等を現地観測を主体にして考察したものであるが、離岸堤は長さ、設置位置、間隔、地形的条件そして海象条件等それぞれ異なった規模や場所に設置されるので、その効果や傾向を的確にとえることは困難であるが、さらに今後条件の異なる場所における離岸堤の効果を調査し比較検討してゆきたいと思っている。

本調査は、留萌土木現業所の協力のもとに行った現地調査の結果であり、ご協力をいただいた原口課長、坂口係長に対し、ここに記して謝意を表するものである。

## 参 考 文 献

- 1) 篠原謹爾・池田茂: 離岸堤による砂浜変形の特性, 第13回海岸工学講演会講演集
- 2) 豊島修: 離岸堤の統計的考察, 第17回海岸工学講演会論文集
- 3) 久宝雅史・戸巻昭三: 北海道留萌沿岸小平海岸における漂砂に関する若干の考察, 第19回海岸工学講演会論文集
- 4) 久宝雅史・戸巻昭三: 離岸堤の及ぼす海浜変形に関する一考察, 第28回年次学術講演会
- 5) 玉井佐一・上森千秋・荒木正博: カスプの形成に関する実験的研究, 第28回年次学術講演会
- 6) 細井正延・荒川忠昭: 堤防前面の海浜変形に関する一考察, 第15回海岸工学講演会講演集
- 7) 岩垣雄一・野田英明: 海浜変形に及ぼす scale effect の研究, 京大防災研究所年報 第4号 昭和36年
- 8) 川口毅・杉江正文: 離岸堤の配置に関する研究, 第19回海岸工学講演会論文集
- 9) 佐藤昭二・田中則男・入江功: 直立壁堤脚部の波による二次元洗掘実験, 第13回海岸工学講演会講演集