

写真による漂砂移動に関する考察

久 宝 雅 史*・戸 巻 昭 三**

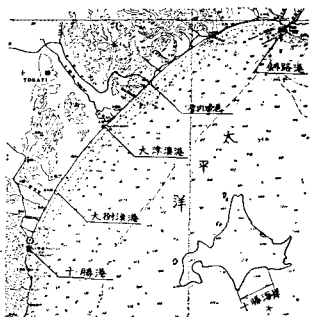
1. はしき

波浪による海蝕崖の侵蝕状況および構造物と漂砂移動の関連性などに関し、航空写真の活用によって今日まで多くの成果^{1),2)}があげられている。

著者らは、掃流、浮遊性のある一連の海岸（北海道十勝海岸）で、計画と建設の進捗状態が類似している二つの漁港の海浜において、構造物による沿岸漂砂の及ぼす海浜地形変化、および沿岸海域で密度の異なった水塊の境界に生ずる潮目（境）付近と、底質が混濁流となつて移動する際にみられる清濁境界線付近との海底地形は、共に底質の流れによる輸送が失われて安定形状になるうとしている地点になっていることなどを、航空写真と実測によって考察したものである。

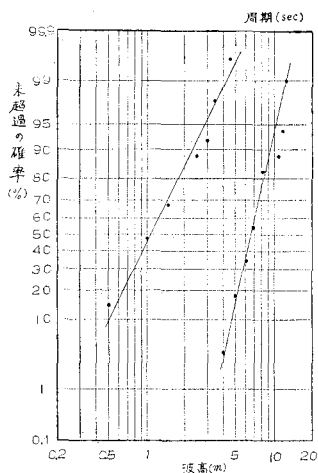
2. 十勝海岸の特性

大樹、厚内両漁港は、図一1に示すように襟裳岬から釧路に至る単調な緩弧状を呈する北海道十勝海岸のほぼ中間に存し、十勝港から以東の地形、地質は、砂利質の礫層が連続するローム質シルト層に挟まれて波蝕に弱い海岸段丘を形成し、汀線に接近して連なっているため、長期間にわたる侵食と崖の崩落土砂および大小河川の流出土砂等により、当海岸は該して平衡性が保たれている。この海岸の海底地形は、等深線が汀線にほぼ平行し、かつ非常に緩勾配であるのが一つの特徴であり、小

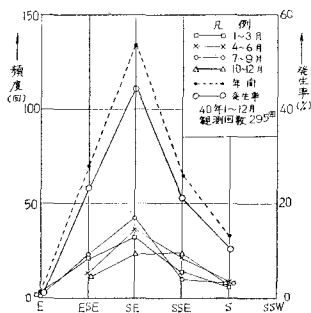


図一1 位置図

さな沿岸砂州が構造物に関係のある付近にわずかに認められるだけである。なお大樹における海象は、図一2、図一3³⁾に示すとおりで、そのうち、波向は海岸にほぼ直角の南東のほか、東南東～南々東と左右同型の波向頻度を有している。



図一2 波高周期出現率（大樹）³⁾



図一3 波向頻度分布（大樹）³⁾

3. 海浜変形

一般に平衡がとられていた海浜であっても、港が建設されるにつれて波あたりや流れが次第に変化し、例えば長期間にわたり厚内では細粒砂、大樹では砂利質による港内埋没に悩まされ、その対策の一つとして両漁港とも

* 正会員 工博 日本大学教授 理工学部土木工学科
** 正会員 北海道土木部 港湾課

拡張を兼ねて突堤に着手し、最近完成させたものである。

そこで構造物によって影響を受ける漂砂移動とその量をマクロ的に推測する必要から、突堤がほぼ完成したとみられるその年と、その前年の深浅図とを重ね合わせ、前年より水深が浅くなっている個所を堆積、逆に深くなっている個所を侵食性とし、兩年の水深別による変化の差を0.5m毎に図示し、漂砂が漁港周辺に及ぼす海浜地形について考察を試みた。

まず図-4の大樹では、たまたま50年2~3月にわたり東よりの波向頻度が高かったため、東防波堤隅角部では波の収斂と沿い波の影響もあって1m前後の侵食区域となったが、測点 No. 1000 から一直線状に幅の狭い0.5m以下の堆積状態が沖方向に伸び、砕波点をこえて沖合300m、水深-6m付近で扇状に広がりながら海岸に向かって還流するような漂砂の移動が認められる。おそらくこれは、東防波堤基部にある小河川の河口閉塞の要因となった沿岸流と、東防波堤に沿う強い流れの合流によって離岸流が発生し、その流路および離岸流頭となったもので、50年3月測量の地形図で、No. 1000 付近の-4~-6mの等深線が揃って沖に向かって走っていることなどからも推測される。

一方、東防波堤先端一帯は0.5m以下のわずかな堆積性を示すほか、その内側には小規模なトンボロを形成し、汀線から幾くばくもなくして1m以上の侵食区域になっている。

また汀線変化については、38年9月撮影の写真-1から防波堤との確かな関連性は認められないが、10年後の写真-2では、海岸が港によって完全に2分され、



写真-1 大樹海岸 (38年9月14日撮影)

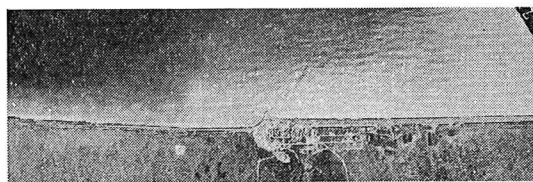


写真-2 大樹海岸 (48年8月15日撮影)

上、下手側共に1.8kmの範囲にまで影響が及ぼされていることなどから海浜地形は、構造物の長さや波向などの相対的な関係から顕著な影響を受けるものであるといえよう。

次に図-5の厚内漁港についてみるならば、東防波堤先端を中心とし右側は堆積、左側は侵食性と明らかに区分されており、下手側が前年より1m以上も極端に侵食性となっている状態から、46年後半より侵食を続けていた400m下手側の海岸がさらに被災増加し始めてきたのは、各水深における漂砂移動の減少が原因となっていると考えてよいであろう。一方、上手側では海浜一帯は薄い堆積性のほか、汀線漂砂としての堆積帯と、やや砕波点と考えられる地点に、1m以上の小堆積帯を包含した幅100mの堆積帯の2つのパターンが存在し、前者の堆積帯は突堤に沿う沖からの波によって移動が阻止され、その後は逐次後者の堆積帯に移動合流し港口に接近するが、突堤に沿う離岸流と、港内水位upによる港外への流れなどの作用によって沖へ偏向し、東防波堤先端で堆積の移動帯は止まりそれ以降は全く侵食区域になるなど極端に堆積から侵食性の海底地形に変わっている。

以上、構造物による沿岸漂砂の及ぼす海浜地形変化と、港内埋没などの機構をマクロ的に考察したが、次に上、下手側の汀線変化がどのように断面変化に対応して

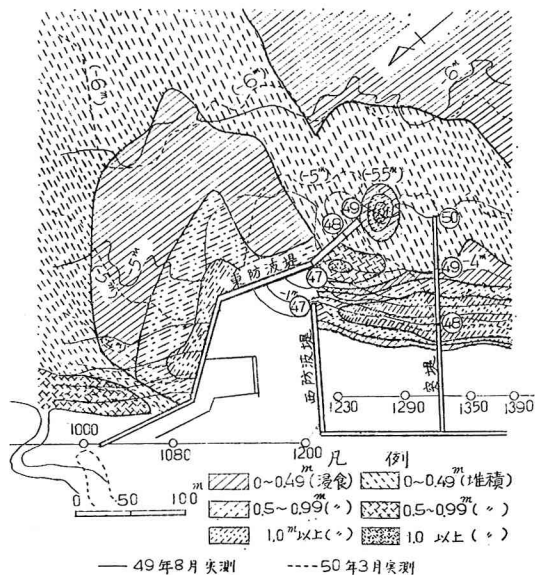


図-4 水深別地形変化図 (大樹)

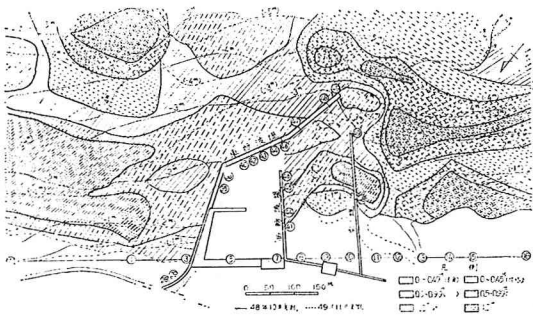


図-5 水深別地形変化図 (厚内)

いるかを、外的条件が類似している掃流および浮遊性の
大樹、厚内両漁港の海底断面からみてみよう。

この海底断面(図-6)は、東、西防波堤基部からは
ほぼ等距離の測線を採用したもので、大樹では、海底地形
が極めて単調で、下手側は、上手側断面を単に汀線の侵食
に相当する分だけ平行に後退せしめた地形を形成し、複
雑な変化は全く認められない。しかしながら、厚内では、
上手側に比高1m程の沿岸砂州が存在するが、より
上手側になるにつれて trough が埋められ汀線が前進し
ている。一方、下手側では、汀線が欠壊されると、前浜
の侵食土砂は trough を埋め収支のバランスがとれた長
い step を形成し、沿岸流の作用も加わって海浜地形と
波とがお互いに影響し合いながら地形変化をもたらし、
遂に、上手側と一致した距岸500mの位置で安定形状に
なっていることなどから、浮遊性の海浜では汀線変化は
類似するが、大樹のような単調性は示さず、地形変化の
要因である漂砂移動は、ほとんど碎波帯で行なわれてい
ることを示している。

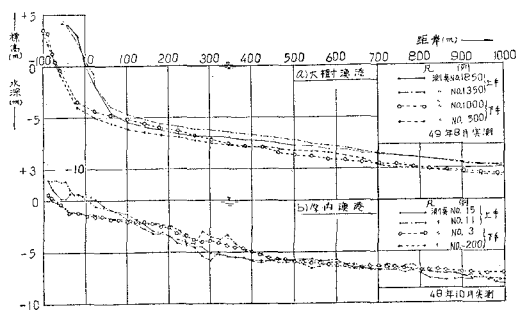


図-6 漁港の上手・下手側における横断地形

4. 浮遊砂分布の界面

このように底質粒径によって漂砂移動の形態は、地形
にさまざまな変化をもたらす要因となっているので、厚
内漁港を中心に、汀線とその沖側における底質粒径およ
び浮遊砂濃度状況を定性的に調べることを目的とし、捕
砂竹によって捕砂を試みた。なお、この時の調査条件は、
投入期間 18 日で捕砂期間中波が小さかったため、捕砂
量は全般的に少なかった。

浮遊砂量鉛直分布形状⁴⁾は、図-7 に示されるよう
に、漁港より 600m 下手では設置場所に関係なく 1 型で
あるのに対し、上手側では、強い流れや河口排出土砂の
影響を受けるところに生ずるとされている 5 型が形成さ
れている。

この浮遊砂量は、乱れの強さと砂の沈降速度との関係
で定まるのであろうが、周辺相互の関連性をみるため、
これを平面分布に表示したのが図-8 である。この図で
明かなように、水深 -4.2m における Pt. C の分布

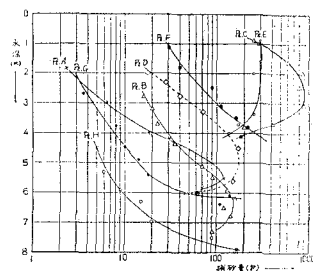


図-7 鉛直方向の捕砂分布(厚内)

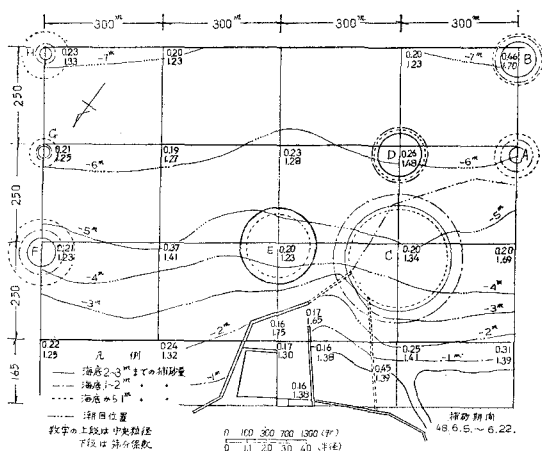


図-8 底質粒径並びに捕砂量の平面分布(厚内)

では海底より -1.0~-2.0m 部分が他の Pt. より最大
であり、また同一水深の Pt. E では Pt. C の約 1/3 の
捕砂量しか認められないので、これは碎波帯の現象は極
めて変動性に富み、底質移動が激しいという従来からの
考え方と著しく矛盾している。この原因の一つとして考
えられるのは、Pt. C が図-5 の堆積移動帯の停滞位置
包含されているからであろうし、またこのような現象
を生ぜしめる何らかの外力が、この漁港周辺の海域に存
在しているのではないかとと思われる。

この調査後の 48 年 10 月撮影した両漁港の航空写真
(写真-3、写真-4)によれば、厚内ではほぼ前述の堆
積移動帯を包含するように、海面に泡沫と波の立ち方が
違う半月形の潮目⁵⁾が明瞭に写し出されており、これらの
漂砂移動を、潮目とその地点における地形変化などから
考察してみることにした。

一般に密度の異なった水塊の境界に、局所的な表面の
流れの収束として潮目⁵⁾の現象があり、この考え方から
すれば、厚内では突堤、大樹では東防波堤基部に各々平水
量 $0.3 \text{ m}^3/\text{sec}$ 程度の河川が流出しており、この流出量と
影響面積についての経験式⁶⁾から、半径 440m の半円が
淡水による影響範囲と考えられ、これは航空写真からも
その距離は極めて良く一致していることがわかる。



写真-3 大樹漁港付近の海域(潮目)

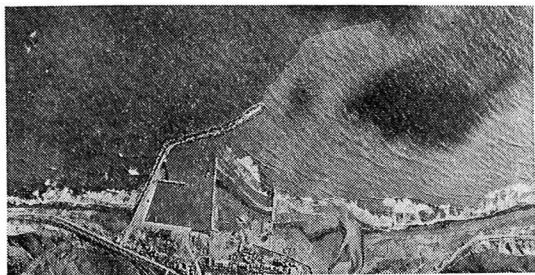


写真-4 厚内漁港付近の海域(潮目)

しかしながら、両漁港にみられる潮目は単に河川の流入だけからの説明では困難で、例えば、大樹および厚内では、釧路から襟裳岬方向への流れ(通称下潮)が常に存在し、また、南西の波浪により沿岸には右から左への流れ(通称上潮)が相接したときに潮境が発生するようであり、また漁港周辺だけ底質粒径が小さい、という古老のことばは、境界域に右まわりの回流が存在することを表現しており、この付近における Pt. C の特異性を潮目の発生と漂砂移動の機構を模式的に説明できるようなものである。

すなわち、今2つの異なった密度の鉛直分布をもった水塊が、波浪および沿岸流などの作用によって水平方向に境を接した場合に、図-9(a)に示すように、模式的に稀密度水塊は境界面を漸次滑昇して密度水塊を水平貫入の状態にさせ、一方図-9(b)の場合は、水塊の移動と共に密度水塊が稀密度水塊をすくい上げるようになり、この際、海底の摩擦抵抗の影響もあって、この境界面の傾斜は、前者は緩く、後者はきつくなるものと思われる。しかしながら、密度水塊は剛体のように不変のものとして存在し、その上に稀密度水塊が滑昇するのではなくて、両水塊も鉛直運動によって水塊のもつ密度が時間と共に変化する、ある時間の両水塊は広範囲に、図-9(a)に相当する場合は稀薄となり、(b)では max. に達し、全体的には(c)のような形となって漂砂は移動する

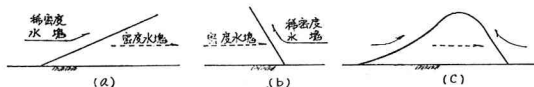


図-9 浮遊砂の移動と境界(模式図)

であろうと想定される。

前述の堆積移動帯の停滞位置が、清濁境界としてあらわれている潮目の位置に関係があるとするならば、Vincent⁷⁾ が述べている清濁境界線をはさんで、相対する流れと、浮遊砂の沈澱および拡散の考え方は模式図の機構と一致しており、それに伴って海底地形が何らかの影響を受けている地点になっているのではないかと推測される。

たまたま、これらの写真撮影日と前後して測定した深浅測量図より、潮目に関連のある測点の横断地形を大樹、厚内について調べたのが図-10、図-11である。なおこの図で、矢印は写真上の潮目位置を示す。

大樹における海底地形を示す図-10において、測定日の異なった測点 No. 1000, No. 1200, No. 1350 の断

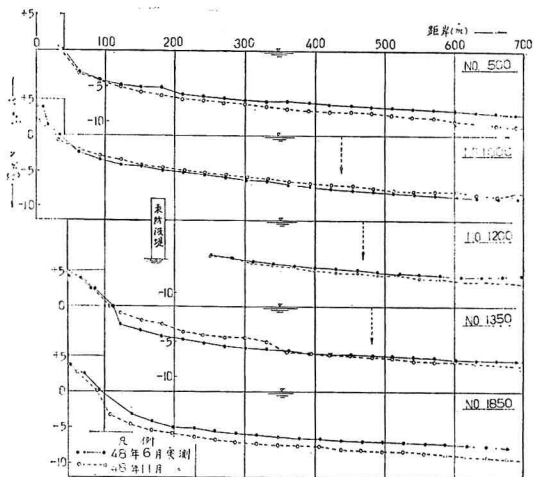


図-10 横断地形と潮目位置(大樹)

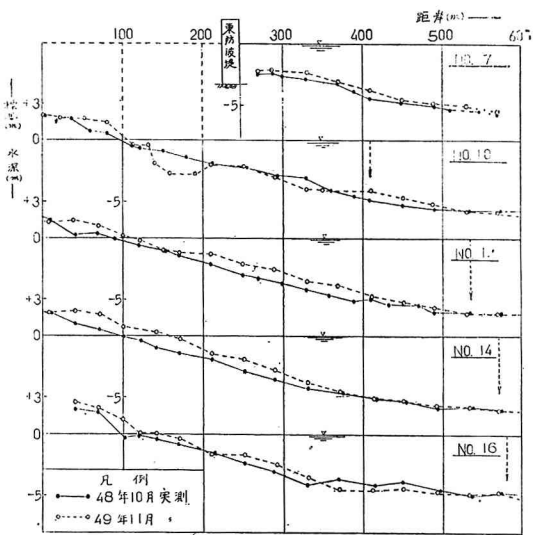


図-11 横断地形と潮目位置(厚内)

面では、写真上から得られた潮目付近で地形が交差しているかあるいは差がほとんど認められない状態であるのに反し、その潮目からはずれた横断地形では、お互いに交差することなく平行移動あるいはその差が増加していることなどが認められ、この地形変化は潮目と関連を有し、掃流や浮遊砂の沈殿によって形成されたものとみなすことができよう。

次に 図-11 の厚内の場合では、港口付近の流れの複合性もあって、西防波堤付近で急深する以外は、潮目に相当する個所では大樹より明瞭に地形が交差しており、かつ大体において slope から step に移行する地点になっているのが認められる。

5. 底質の輸送と地形変化

沿岸に波が進行してくると、砕波点の内外側に発生する wave set-up (down) などの関係から水面勾配が生じ、海浜流の循環⁹⁾ が形成されるわけで、このような観点から写真-1 をみると、図-12 の波浪観測値の波向

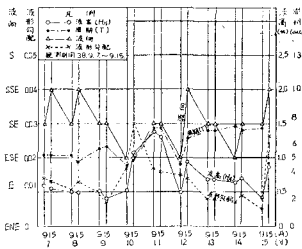


図-12 写真-1 に対応する波浪観測値 (大樹)

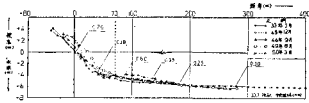


図-13 写真-1 の漂砂に対する海底状況 (大樹)

はさんで、密度水塊がお互いに複雑な相互作用を持っているとするならば、当然浮遊砂の沈殿および拡散によって前項と同様な地形変化がもたらされているはずである。そこで、33～50年までに実測した深浅測量図のうち、西防波堤より150mの位置における横断地形を比較してみたところ、図-13に示すように汀線より200m、水深-6.1m付近から著しい海底地形の変動も次第に安

定形状に移行する変曲点となっており、この地点が写真-1で示される清濁境界線の位置と偶然にも一致し、特に、掃流形式をとって移動する汀線漂砂とみられる混濁流は、波浪特性や海底勾配の関係から、図-13の沖合70mまでの海底斜面にだけ生じているのが写真から明らかとなった。

この境界線付近における海底地形については、4. 浮遊砂分布と界面で述べたと同様な結果が得られたわけであり、共に海底地形の変曲点となっていることから、そこには常に波浪、流れ、地形および底質などの要因によって生成、維持の機構が働いているのではないかと考えられる。

6. むすび

以上、航空写真と実測などによって、沿岸海域にあらわれた清濁境界線と海底地形の相互関係をマクロ的に把握することができたが、この航空写真にみられるような清濁境界線の位置、方向および濃度などを追跡することによって、地域的な地形変化を判別する目安とすることが可能であろうと考えられる。しかし、これによって判断する場合でも、まだ多くの問題が残されており、今後より多くの定期的そして継続的に行なわれた資料の収集によりこの効果を確かめてゆきたいと思っている。

最後にこの報文をまとめるにあたりご協力をいただいた帯広土木現業所横田係長並びに大樹、浦幌出張所その他関係機関に深甚なる謝意を表する。

参考文献

- 堀川清司・砂村継夫：千葉県屏風ヶ浦の海岸侵蝕について(2)，第17回海岸工学講演会論文集，1970。
- 田中則男・沢本正樹：砂浜港湾周辺における海浜変形，港湾技研資料，No. 180，1974。
- 戸巻昭三：大樹付近の波浪特性と海岸，土木学会北海道支部，技術資料，第23号，1966。
- 北海道土木部港湾課：港湾実験室年報，第2号，1973。
- 寺本俊彦編：海洋物理学Ⅰ，東大出版会，1974。
- 新田忠雄：海洋域における工場廃水の希釈と拡散について，用水と廃水，1963。
- Vincent, G.E.: Contribution to the Study of Sediment Transportation on a Horizontal Bed due to Wave Action, Proc. 6th Conf. on Coastal Engineering., Dec. 1957.
- 堀川清司：海岸工学，東京大学出版会，1973。