

田中茂信* 山本幸次** 鴨田安行***
柳町俊章**** 小野松輝美***** 後藤英生*****

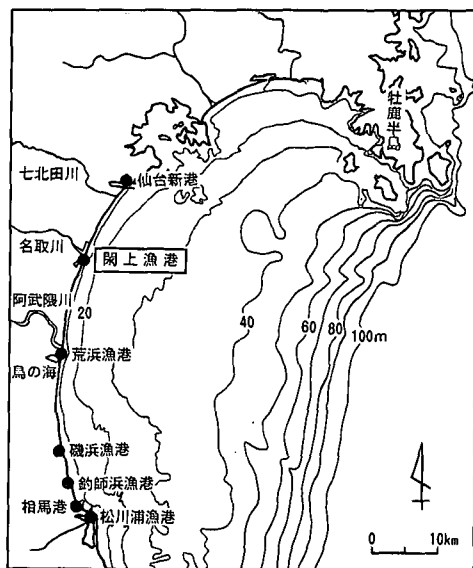
本研究は、高波浪の来襲時における沖合を含めた構造物周辺の土砂移動の実態を把握することを目的として、仙台湾南部海岸に位置する閑上漁港周辺において、蛍光砂調査、底質調査、深浅測量などの現地観測を行ったものである。

現地観測を実施した関上漁港は、図-1 に示すように仙台港から相馬港に至る延長約 40 km の砂浜海岸（仙台湾南部海岸）の北側に位置している。仙台湾南部海岸には、名取川および阿武隈川の大河川が流入しており、仙台平野は両河川の河成堆積物および海浜性堆積物で構成されている。なお、現地観測を実施した関上漁港は、名取川河口南側（右岸側）に位置している。海底地形は、水深 30 m 以浅の等深線が海岸線とほぼ平行であり、沿岸方向に比較的一様な海底勾配となっており、水深 10 m 以浅の海底勾配は 1/30～1/40 である。一方、水深 40 m

以深の等深線は、南西－北東方向に直線的に伸びており、水深 40 m 以深の海底勾配は水深 20 m～40 m に比べて急勾配となっている。

図一2に空中写真の判読による1964年から1990年までの26年間における汀線変化の状況を示す。これによると、名取川河口、阿武隈川河口および磯浜漁港の北側では、汀線の後退が顕著であり、時間の経過とともに汀線後退量が増大する傾向にある。一方、閑上漁港（名取川河口の南側）、荒浜漁港（阿武隈川河口の南側）、釣師浜漁港および松川浦漁港の南側では、最大100 m以上も汀線が前進しており、堆積傾向が顕著である。このような汀線変化の状況は、北向きの沿岸漂砂が卓越し、海岸構造物によって沿岸漂砂が遮断されたために生じたことを示している。

現地観測を行った関上漁港では、1982 年から本格的な漁港施設の建設が始まり、現在では写真一に示すような状況となっている。漁港南側では、防波堤の延伸とともに土砂の堆積が顕著となり、図-2 に示したように汀線の最大前進量は 100 m に達している。漁港南側におけ



図一1 仙台湾沿岸の海底地形

・正会員 工務 建設省 土木研究所 海岸研究室長
 ・正会員 建設省 土木研究所 海岸研究室研究員
 ・正会員 建設省 仙台工事事務所長
 ・建設省 仙台工事事務所 調査第一課長
 ・建設省 仙台工事事務所 調査第一課係長
 ・(株)アイ・エヌ・エー 海岸環境部

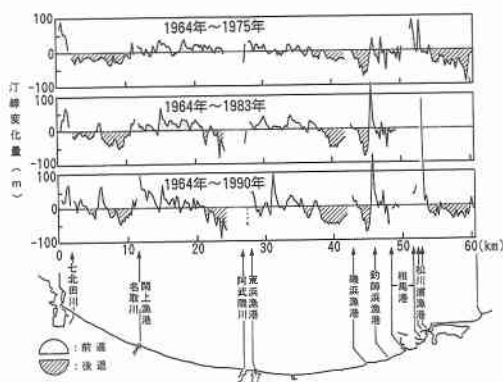


図-2 仙台湾沿岸の汀線変化



写真-1 関上漁港周辺の空中写真

る堆積土砂量を深淺図から求めた結果を図-3に示す。堆積土砂量は、漁港南側550mの範囲について1983年を基準として算出したものである。堆積土砂量は、経年的に増加する傾向が明らかであり、1983年から1990年までの7年間で20万 m^3 以上の土砂が堆積している。堆積土砂量の経年変化から平均的な堆積速度を求めると、図中に示すように4.3万 m^3 /年となる。ただし、防波堤の先端水深は1990年時点で約8mであることから、北向きの沿岸漂砂の全量が防波堤によって捕捉されているわけではない。

3. 観測内容

関上漁港周辺海域において、高波浪来襲時の土砂移動状況を把握することを目的として、波浪観測、蛍光砂調査、底質調査、深淺測量を実施した。各調査の範囲および調査地点の位置を図-4に示す。

蛍光砂は、調査区域の汀線付近から採取した砂をフルイ分けにより0.18mm～0.42mmに粒度を調整した後に着色を行い、1994年11月5日に2地点（岸側：赤色0.5 m^3 、沖合：緑色0.3 m^3 ）で投入した。採取は、高波浪来襲後の1994年11月24日～27日に行った。採取地

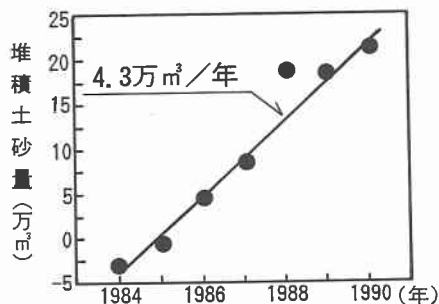


図-3 関上漁港の堆積土砂量の経年変化



図-4 関上漁港における現地観測位置図

点は合計62地点であり、ダイバーにより約20cm四方内の表層の砂を約1,000 m^3 採取した。

波浪観測は、蛍光砂調査期間中の来襲波浪を把握することを目的として、自記式の水圧波高計を関上漁港の沖合約1km（水深17m地点）に設置し、1994年11月5日～27日の毎偶数時に20分間の測定を行った。波高計には、電磁流速計も併設されており、波浪観測と同時に流向・流速の観測も行った。また、相馬港沖（水深15m）の波浪観測結果についても、観測資料を収集・整理した。

底質調査は、蛍光砂調査前後の1994年10月21日と11月24日～27日の2回実施した。蛍光砂調査前の底質採取は、図-4に示す代表2測線において各15地点で実施した。蛍光砂調査後の底質採取は、底質特性の平面分布を把握するために、蛍光砂採取地点および代表2測線上の合計77地点で実施した。なお、底質の試験項目は、粒度分析及び比重とした。

深淺測量は、図-4に示す関上漁港周辺の沿岸方向：1,450m、岸沖方向：1,300mの範囲を対象とし、高波浪来襲前後の1994年10月14日と11月30日の2回実施した。なお、測量の測線間隔は、50mを基本としているが、南端部では100mとなっている。

4. 観測結果

4.1 観測時の波浪および流況

観測期間中の関上漁港および相馬港における有義波高、有義波周期、波向の経時変化を図-5に示す。なお、図中には各観測の実施日も示してある。蛍光砂調査期間中の有義波高は、関上漁港では0.25~1.75 m、相馬港では0.5~1.5 mであり、全体的に関上漁港の方が相馬港に比べて小さくなっている。有義波周期は、関上漁港では7~14 s、相馬港では4~11 sとなっている。また、蛍光砂調査期間中の11月7日、10日、20日には、関上漁港の有義波高で1.5 m(最大波高で2.5 m)前後の高波浪が襲っている。相馬港の観測結果によると、深浅測量期間中には、有義波高1.5 m前後(最大波高で2.5~3.0 m)の高波浪が5回、有義波高2.5 m(最大波高で3.5 m)程度の高波浪が1回来襲している。平均波向は、関上漁港ではほぼ汀線に直角に入射するESE~SE、相馬港ではENE~ESEの範囲にあり、関上漁港では相馬港に比べて来襲波向の範囲が狭く、南寄りとなっている。また、高波浪の波向は、関上漁港および相馬港ともに南寄が多い。

図-6に波高計設置地点における平均流速(20分間平均)の流向の出現頻度を示す。平均流速の流向は、沿岸方向が卓越しており、北向きのNNEおよびNEが全体の約50%を占めている。つぎに、平均流速の沿岸方向成分と岸沖方向成分の経時変化を図-7に示す。岸沖方向

成分は、ほとんどが5 cm/s以下であり、やや沖向きが卓越している状況にある。沿岸方向成分は、岸沖方向に比べて全体的に流速が大きく、流速の最大値は約18 cm/sである。また、沿岸方向成分では、明らかに北向きが卓越しており、流速値も北向きの方が大きい。岸沖方向成分および沿岸方向成分の変動には、特定の周期は見られず波高や波向の変動との対応も認められない。これは、観測地点の水深が約17 mであることから、平均流は、波による沿岸流ではない潮流などの恒流成分であると考えられる。

4.2 観測期間中の地形変化

図-8に高波浪来襲前後の47日間における関上漁港周辺の等深線変化を示す。測量範囲内では、全般的に侵食傾向となっており、-18 mの等深線にも有意な変化が生じている。一方、南防波堤外側に沿って堆積が見られ、北向きの漂砂が防波堤によって沖向きに移動したと考え

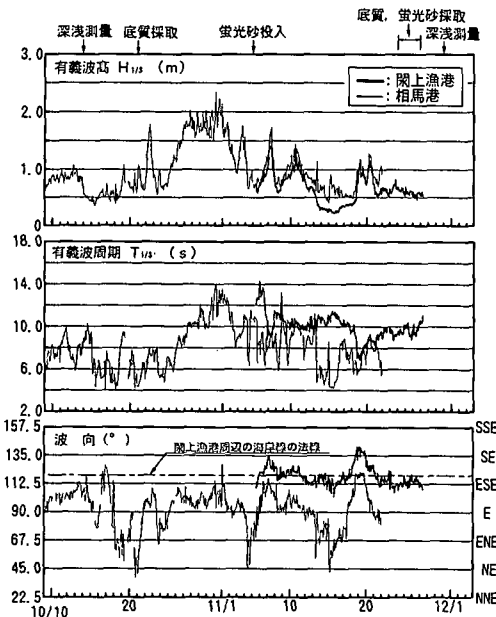


図-5 観測期間中の波浪諸元の経時変化

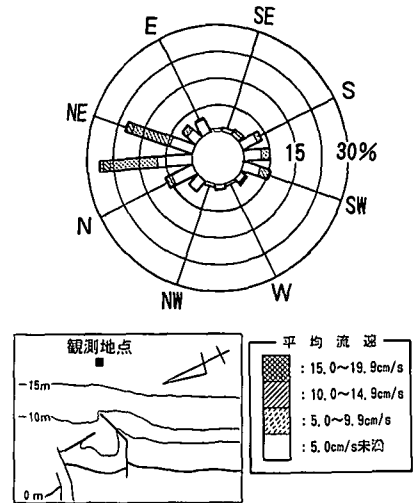


図-6 観測期間中の平均流向の出現頻度

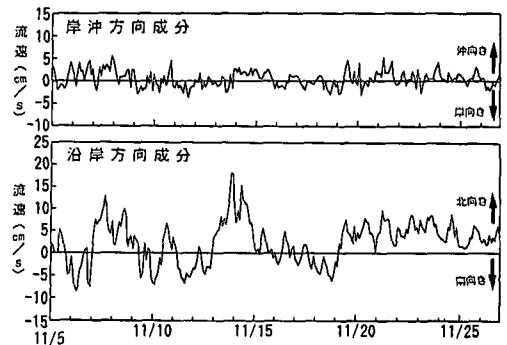


図-7 観測期間中の平均流の流速成分の経時変化

られる。また、 -2 m と -3 m の等深線に堆積が、汀線付近に侵食が見られることから、高波浪の来襲による2次元断面地形変化が生じたことが考えられる。

図-9に示す代表測線の断面地形変化によると、顕著な地形変化は -10 m 以浅で生じているが、 -15 m 以深においても有意な地形変化が見られる。相馬港の波浪観測結果によると、測量期間中に来襲した最大の波は、有義波高で 2.4 m 、最大波高で 3.8 m であることから、来襲波浪が比較的小さい場合にも、水深 20 m 近くまで地形変化が生じることがわかる。ただし、水深変化量は、汀線付近の侵食域および防波堤先端の堆積域を除くと 1 m 程度以下となっている。

4.3 底質特性

図-10に蛍光砂調査時に実施した底質調査結果から

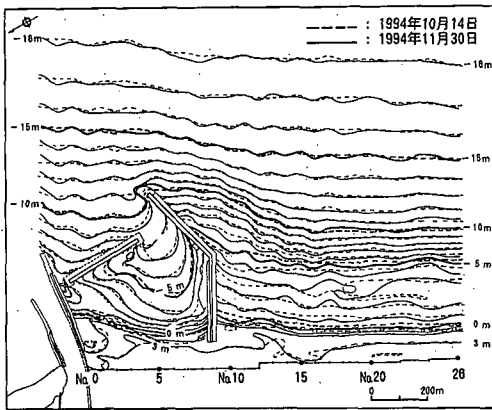


図-8 高波浪来襲前後(47日間)の等深線変化

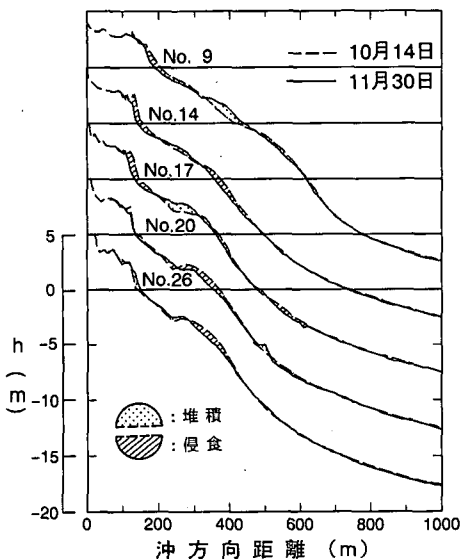


図-9 高波浪来襲前後(47日間)の断面地形変化

中央粒径 d_{50} の平面分布を示す。これによると、汀線付近より陸上側では d_{50} が 0.3 mm 以上と最も大きく、水深の増大とともに細粒化する傾向が見られる。また、漁港近傍では、防波堤に沿う形で粒径コンターが舌状に沖合へ伸びており、底質分布が防波堤に沿う沖向き流れなどの流況と関係が深いことを示唆している。

つぎに、代表2測線(測線 No. 10, No. 18)において実施した底質調査結果から中央粒径 d_{50} の水深方向分布を図-11に示す。なお、図には高波浪来襲前の調査結果も示してある。一般に海岸底質の d_{50} は、汀線付近において最大となり、水深方向に減少する傾向を示し、地形変化の限界水深付近では 0.2 mm 程度以下になるといわれている(例えば、宇多・山本, 1989)。図-11においても、 d_{50} は水深の増大とともに小さくなる傾向が顕著であり -10 m 付近で 0.2 mm 、 $-17\sim -18\text{ m}$ で 0.13 mm 前後となる。しかし、 -19 m では、 d_{50} は $0.01\sim 0.02\text{ mm}$ と急激に小さくなり、ふるい分け係数 S_0 および偏り度 S_k も -19 m で急激に増大している。このことから、閉上漁港周辺における波・流れによる底質の移動限界は、観測期間中の海象条件に対しては -18 m 程度であると考えられる。

4.4 蛍光砂の移動状況

図-12に赤色および緑色の蛍光砂の移動状況を示す。

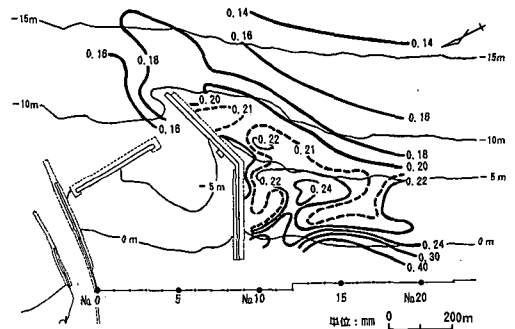


図-10 底質の中央粒径 d_{50} の平面分布

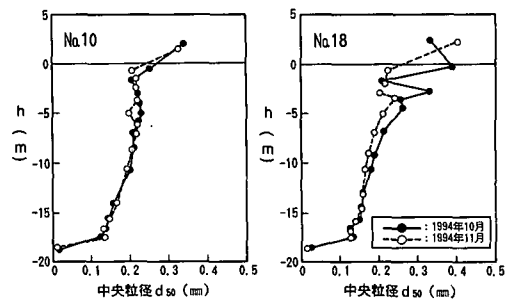


図-11 底質の中央粒径 d_{50} の水深方向分布

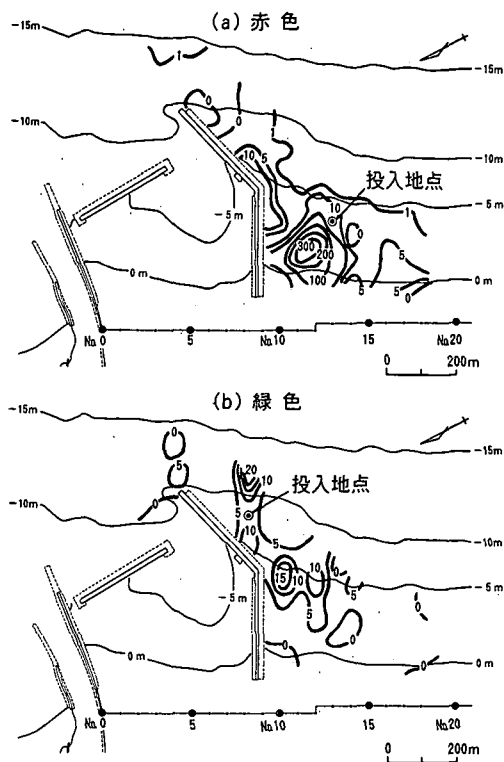


図-12 検出された蛍光砂の分布状況

なお、蛍光砂の分布図は、 100 cm^3 当たりの検出個数で整理してある。赤色の蛍光砂は、関上漁港から200 m離れた測線 No. 13 の-4 m 付近に 0.5 m^3 投入した。赤色の蛍光砂は、大部分が防波堤方向の岸向きに移動しているが、防波堤に沿う沖向きの移動量も少なくない。防波堤に沿う沖向きの移動は、水深15 m 付近まで達しており、高波浪時における漂砂の移動は、かなり沖合まで及ぶと考えられる。また、蛍光砂は、防波堤と反対方向にも移動していることは、防波堤の沿い波の発生あるいは南向きの漂砂が発生する北寄りの波の来襲の影響と考えられる。

緑色の蛍光砂は、南防波堤の約100 m 沖合の-8 m 付近に 0.3 m^3 投入した。緑色の蛍光砂は、調査区域の全域に広く拡散した状況にあり、蛍光砂が比較的多く検出された地点は、投入点の沖側および防波堤に沿う岸側とな

っている。岸沖方向の移動が卓越していることは、汀線にほぼ直角に入射する波によって生じる岸沖漂砂の発達が考えられ、岸向きへの移動では防波堤によって移動方向が変化したものと考えられる。また、緑色の蛍光砂もかなり沖合まで移動していることが明らかである。このことは、深浅測量による地形変化および底質分布の調査結果とも合致しており、今回の観測期間中において、かなり沖合(水深約18 m 付近)まで漂砂の移動が及んだと考えられる。

5. 結 論

本研究の主要な結論は以下に要約される。

① 観測期間中の波浪は、有義波高で最大2.5 m という条件であったが、関上漁港周辺では、有意な地形変化が水深18 m 付近まで生じていた。

② 波は汀線に対してほぼ直角に入射しているが、沖合の流れは汀線に沿って北向きが卓越している。

③ 防波堤に沿って水深15 m 付近まで中央粒径が舌状に分布していること、また蛍光砂の移動状況からも、防波堤に沿う沖向きの土砂移動が顕著であり、波よりも流れが大きな要因であることがうかがえる。

④ 中央粒径の水深方向分布によると、細砂の移動限界は、今回の観測期間中は-18 m 程度である。

以上のことから、仙台湾南部海岸の侵食対策の立案においては、このような構造物周辺の土砂移動を考慮する必要がある、今後も碎波帯外における土砂移動機構について研究を進めることが重要である。

最後に、本研究を行うにあたり、波浪データを提供していただいた運輸省第二港湾建設局相馬港工事事務所に対して深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 宇多高明・山本幸次 (1989): 鈴鹿川河口周辺海岸における漂砂量と漂砂の移動高, 地形, 第10巻, 第2号, pp. 113-119.
- 宇多高明・小俣 篤・峯松麻成 (1990): 仙台湾沿岸における砂浜消失の危機, 海岸工学論文集, 第37巻, pp. 479-483.
- 田中茂信・小荒井衛・深沢 満 (1993): 地形図の比較による全国の海岸線変化, 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 416-420.