

小野田港における泊地埋没の現地観測

油谷進介* ・ 戀塚 貴** ・ 新留雄二***
石井一郎**** ・ 坂井隆行***** ・ 川又良一*****

1. ま え が き

粘土、シルト等の軟弱な底質が厚く堆積している潮差が大きい内湾に建設される港においては、浚渫された航路・泊地の浮泥による埋没（シルテーション）が問題となる。このような海域で、航路・泊地の水深を維持するためには、埋没に対する対策の検討が必要になる。軟弱な泥の堆積による埋没対策としては、熊本港での潜堤の設置による埋没防止効果が確認されており（笹嶋ら、1994）、海底面付近に形成される高濃度浮泥層（fluid mud層）の流入を防止する対策が有効と考えられる。

本報告は、熊本港と同様の立地条件にある、山口県小野田港において、新たに浚渫された泊地周辺の浮泥流動と泊地埋没に関する現地調査を行い、高濃度浮泥層の形成と泊地埋没の実態把握を試みたものである。

2. 現地調査の概要

（1）調査位置及び期間

小野田港は、図-1に示すように、山口県の南西部にあり、周防灘に面した遠浅の海岸に位置している。この海域は外海から進入するうねりの影響が少なく、比較的静穏な海域である。潮位差は約3.8mと大きく、平常時では、潮汐に伴う潮流が卓越する。港周辺の水深は3~4m程度であり、航路方向へかけて1/1400程度の緩やかな海底勾配となっている。なお、調査箇所の周辺は、シルト・粘土が80%以上を占める軟弱な底質が分布している。

現地調査は、図-2に示す、小野田港-10m岸壁前面の浚渫箇所を含む水深3~10mの海域において、1994年2月8日から2月12日までの5日間にわたり実施した。

（2）調査項目及び方法

調査は、泊地内を含む周辺海域において、観測機器を用いた、波浪・流況（底層）・濁度調査および採水器を用いた浮泥採水の各項目について行った。また、St.1から

St.9の各調査点では、底質採取・分析も併せて行った。

波浪と底層流の観測は、泊地周辺の原地盤2地点（St.1, St.8）と浚渫箇所1地点（St.5）の海底面に水圧センサー内蔵の電磁流速計を設置して行った。濁度観測は、波浪、底層流の観測点に浚渫箇所1地点（St.4）を追加して、散乱光式濁度計を海底面より10cm, 20cm, 50cmの高さで設置し行った。

採水器を用いた浮泥の直接採水は、泊地の既設岸壁前面の2地点（St.2, St.4）において、高波浪の発生した2月9日13時から2時間間隔で3回実施した。採水層は、岸壁北側のSt.2では、海底面付近の底上5cm, 10cm, 20cm, 50cmおよび100cmの高さで、南側のSt.4では、0.2m, 0.5m, 1.0m, 4.0mおよび海面下1.0mと底層

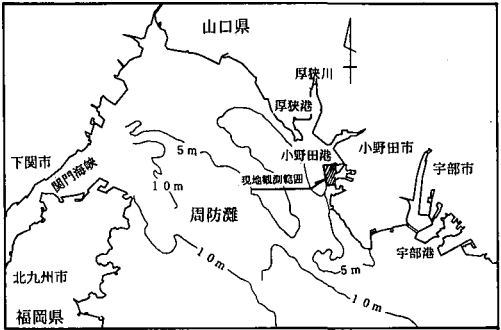


図-1 小野田港位置図

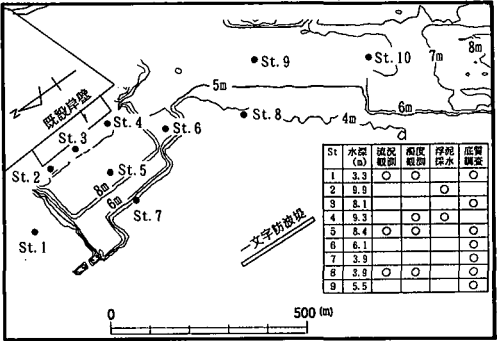


図-2 観測位置図

* 正会員 工修 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所 所長
** 正会員 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所 次長
*** 正会員 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所 技術開発課係長
**** 工修 運輸省第四港湾建設局宇部港工事事務所 所長
***** 正会員 株式会社エコー 第一技術部 解析調査課

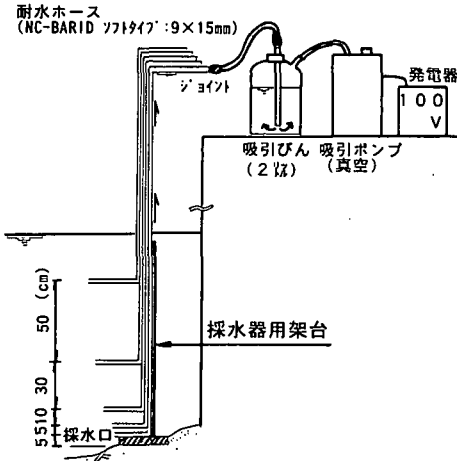


図-3 直接採水方法模式図

部から海面付近までの範囲で実施した。また、各採取試料について、SS濃度の分析を行い、St. 2の1回目の試料については、粒度分析を行った。図-3には、岸壁前面で行った直接採水方法の模式図を示した。

3. 現地観測結果

(1) 観測時の気象条件

現地観測時の気象条件として、小野田港近隣の宇部港観測の風速ベクトルの経時変化を図-4に示した。

観測開始日の2月8日には、低気圧が日本海を発達しながら東進し、2月9日および10日は冬型の気圧配置となった。このため9日～10日にかけては西または北西方向からの強い季節風が吹き、9日9時にはWNW方向からの12.1 m/sの期間中の最大風速が観測された。

また、宇部港の1987年～1992年の6年間の風向・風速観測結果より、8 m/s以上の強風の卓越方向がNW～W方向であり、これは、冬期の季節風によるものである。したがって、現地調査時の外力としては、この海域の強風発生時の典型的な現象であったことが分かる。

(2) 波浪・底層流観測結果

図-5は、St. 1, St. 5およびSt. 8の有義波高と平均流速ベクトルの経時変化にSt. 1で観測された潮位変動を併せて示したものである。

各観測地点の有義波高は、9日0時頃より急激に増大し、最も波高の高いSt. 1では、約18時間継続して2 m近い波高が観測された。泊地沖側の一文字防波堤の西側に位置するSt. 5, St. 8では、高波浪時の波高がSt. 1に比べて小さく、防波堤による波の遮蔽効果が確認できる。

図-6は、底層流観測結果より2月9日の上げ潮、満潮、下げ潮時の各流況分布図(図-5の水位変動①～③参照)に当海域の大潮期最大流速時の流況図を併せてを示

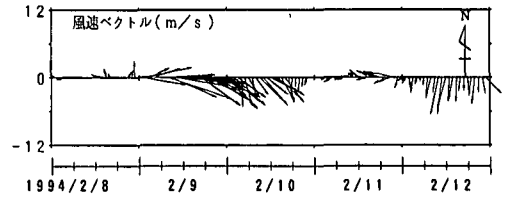


図-4 観測期間中の気象条件

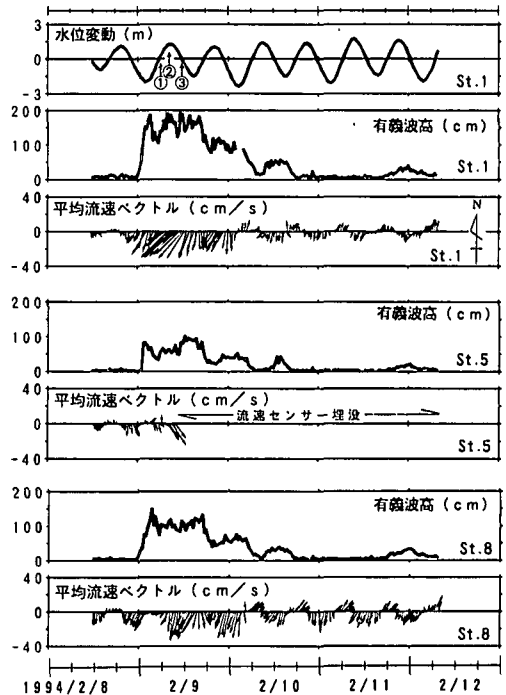


図-5 波高および流速ベクトルの経時変化

したものである。大潮期の流況としては、上げ潮時に北流、下げ潮時には南流する18～25 cm/s程度の流れが卓越し、図-5に示した現地調査の静穏時の流況と一致している。これに対して、高波浪が観測された9日の各観測点では、潮時にかかわらず南流する強い流れ(St. 1では40 cm/s程度)が観測された。しかし、上げ潮時の各観測点での流速値(①)は、5.7～16.3 cm/sと、満潮時(②)や下げ潮時(③)に比べて、弱い流れになっており、上げ潮による潮流成分の影響を受けているようである。

(3) 濁度計観測結果

図-7は、濁度計観測結果のSS濃度とSt. 1で観測された波と流れより算出した底面せん断力の経時変化である。泊地からみた流れの上手側(北側)に位置するSt. 1の10 cmと20 cm層では、底面せん断力が3 N/m²程度を越えると急激に濃度が増大し、最大で8000 mg/l程度

まで上昇している。また、濃度の減少は、 2 N/m^2 程度を境に、増大時と同様に急激に減少している。しかし、せん断力は、濃度の増大と減衰の間で、潮位変化による水深の変化によって減少しているにもかかわらず、大きな変化を示していないことから、観測点付近の外力のみで濃度の増減が決定されないことを示している。なお、同地点の50 cm層では、観測期間中の最大値でも 1500 mg/l 程度と高くなり、下層のような急激な変化を示していない。

浚渫箇所 St. 4 および St. 5 の濁度計では、St. 1 に対して、4～5 時間程度遅れて高濃度が観測されたが、水深の深い St. 4 では、10 cm, 20 cm, 50 cm 層の順でセンサーが埋没し、St. 5 では、20 cm 層が St. 4 の 50 cm 層とほぼ同時期にやはり埋没している。また、50 cm 層では 20 cm 層のセンサーが埋没した直後より 4000 mg/l を超える SS 濃度が 18 時間程度継続し、その後泊地外の St. 1 での濃度が減少した後に埋没し計測不能となった。

これらの結果より、泊地外北側の原地盤では、高波浪が継続する期間で、海底面上 20 cm を越える高さまで高濃度浮泥層が形成され、水深が深い浚渫箇所では、直接浮泥が形成されずに、外部の原地盤で形成された高濃度浮泥層が、海底の勾配と底層流により浚渫箇所方向へ移動し、水深が深い箇所から順次濃度が増大し堆積していく現象が明らかになった。

(4) 浮泥採水

図-8 は岸壁前面で行った浮泥採水の SS 濃度分布を示したものである。採水は、浚渫箇所の濁度計で 4000 mg/l を越える濃度が観測されてから約 6 時間後に 1 回目の採水を実施した。海底面から 1 m までの範囲で採水した St. 2 では、底層部ほど濃度が高く、50 cm 層では高波浪時に泊地北側原地盤で観測された濁度計と同程度の濃度（約 8000 mg/l ）であった。さらに、下層の 5 cm, 10 cm, 20 cm 層の SS 濃度は 10000 mg/l を越えている。同地点では 2 回目、3 回目と時間が経過するにつれて 10000 mg/l を越える試料が 50 cm から 100 cm と浮泥の堆積により徐々に上層部へと移行している。このように、泊地内では、外力が小さく巻き上げが起こらないために、次々に流入する浮泥の堆積に伴い濃度が上昇する状況が確認された。

また、St. 4 で行った海底面から海面付近までの採水結果より、海底面上 100 cm から海面付近までの SS 濃度は、最大でも 1100 mg/l 程度であり、浮遊状態で外部から流入する量は少ないと考えられる。

(5) 底質分析結果

St. 1, 3 および 5～9 の各調査点の海底面上の底質の粒度分布を、図-9 に示した。また、直接採水を行った St. 2 と St. 4 の荒天後の粒度分布と、St. 2 の直接採水で得ら

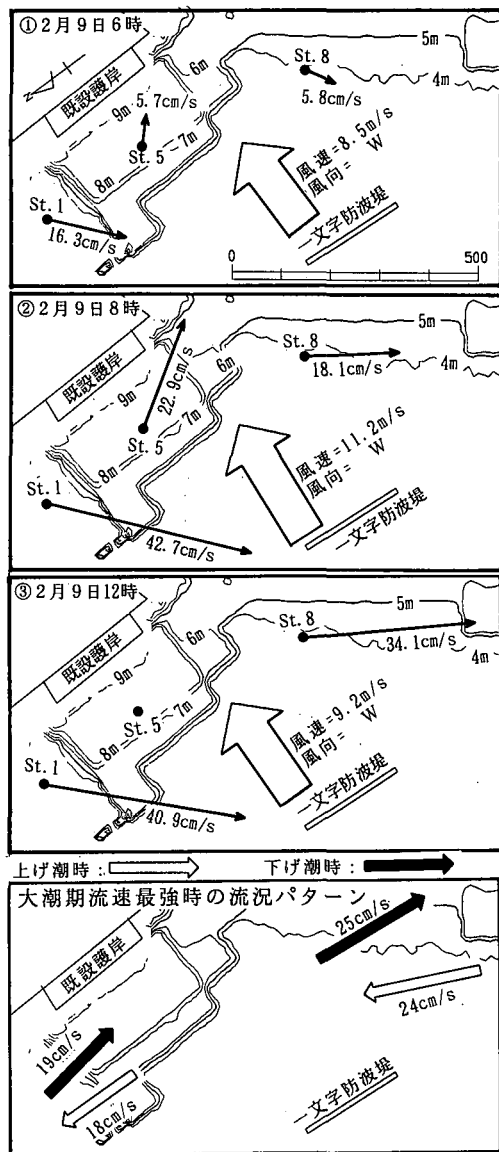


図-6 泊地周辺の流況図

れた試料の分析結果も合わせて図-9 に示した。この結果より、砂分のほとんど含まれていない泊地・航路内の採取点に比べて、浚渫の行われていない原地盤上の採取点 St. 1, 7, 8 では、砂分が 10～25 % 含まれている。さらに、航路・泊地内では、シルトの比率は原地盤と同程度であるが、粘土分の比率が増大している。また、荒天時の浮遊泥の分析結果と荒天直後の St. 2, 4 の底泥の分析結果とは、同様の粒度分布を示し、浮泥の流入による泊地の埋没を裏付けている。

(6) 高濃度浮泥層と泊地埋没の実態把握

ここまで整理した現地観測結果より、小野田港海域における、高濃度浮泥層の形成と泊地の埋没実態につい

て整理した。

① 波、流れの影響により水深の浅い原地盤では、底面せん断力が一定程度上昇すると急激に底層のSS濃度が上昇し、海底面上20 cm程度までの高さで高濃度の浮泥層が形成されるが、周辺の海域で形成される浮泥層の影響により、SS濃度は単純にその場所でのせん断力に対応した変化は示さない。

② 泊地北側の原地盤で形成された、高濃度浮泥層が、底層付近の南方向へ向かう流れと海底勾配の関係によっ

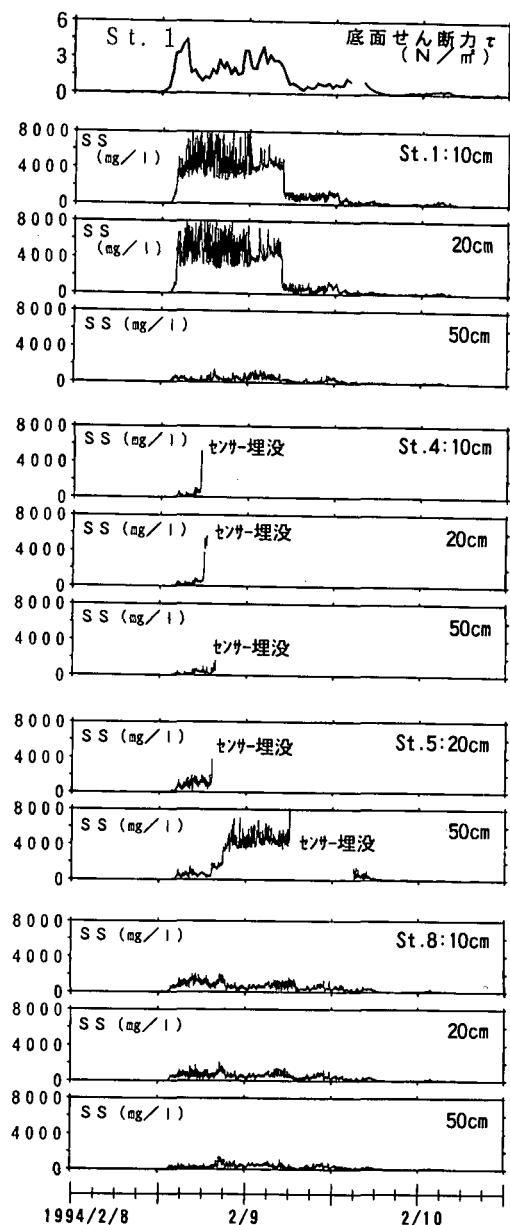
て、泊地浚渫箇所へ移動する現象が確認された。

③ 濁度計観測結果と岸壁前面で実施した採水結果のSS濃度の鉛直分布より、泊地の埋没土砂は、浮遊状態で供給される量は軽微であり、そのほとんどが浮泥として海底面に沿って移動し、より水深が深い箇所に堆積する。

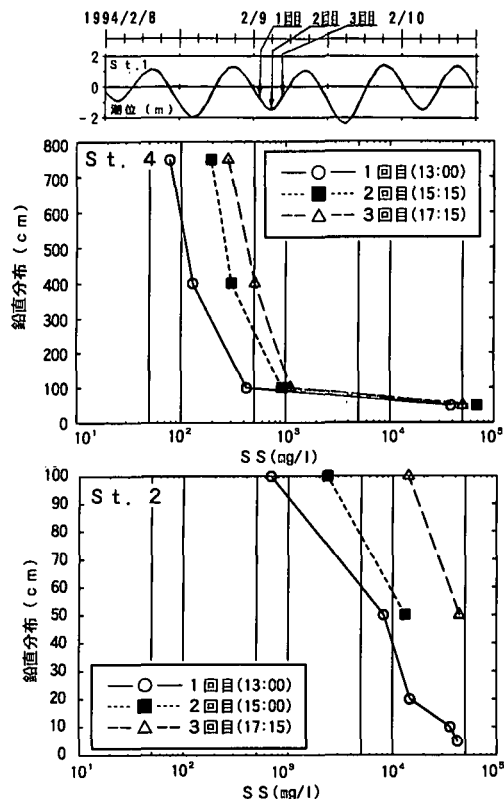
4. 泊地周辺の地形変化

図一10は、小野田港泊地周辺での深浅測量結果より、現地調査期間を含む1994年の1月と3月および7月の小野田港泊地浚渫箇所を横切る断面図を示したものである。

断面図から解るように既設護岸前面は、水深8 m以深で浚渫されたトレンチ状の地形となっている。1994年1月時点の浚渫箇所の水深は、測線1, 2で8.5 m, 測線3では9.0 m程度であったが、徐々に水深が浅くなり1994年7月の各断面では、水深約8.0 mまで土砂が堆積している。このように、トレンチ状の地形においては、流入した土砂が補足され、埋没現象が進行するものと考えられる。また、1994年1月の岸壁前面の測線3は、沖側の2測線より深く、複雑な浚渫形状であったが、1994年7月では沖側断面とほぼ同等の水深まで土砂が堆積し、断



図一7 濁度計観測結果



図一8 SS濃度の鉛直分布

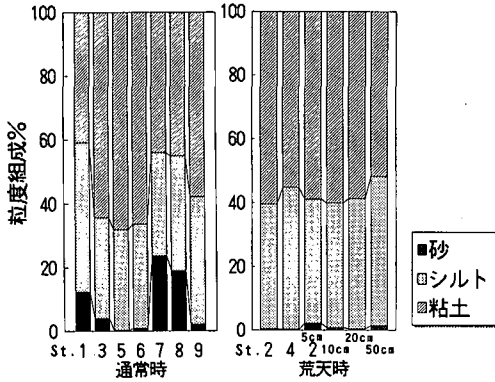


図-9 底質および浮遊泥の粒度分布

面形状も水平にならされている。これらの現象より、外部から流入した土砂は、流動性の高い浮泥質のものであり、水深の深い箇所から堆積が進行したことが確認できる。

5. あとがき

小野田港においては、泊地-10m岸壁の暫定供用に向けて港湾施設の整備が進められており、本報告において明らかになった埋没現象を参考に、埋没防止対策の検討が行われている。また、周防灘や有明海等の軟弱土が分布する海域では、同様のシルテーション問題を抱える港も多く、有明海の干潟が連続する浅海域を掘削し、建設された熊本港では、埋没防止対策に関する現地試験や対策工の最適な配置を検討するための埋没予測シミュレーションの開発も行われている（鶴谷ら、1994）。

小野田港において実施した現地観測と深淺測量資料等の整理結果より、荒天時の航路・泊地における埋没機構が明らかになり、浚渫された航路・泊地に対する埋没対策を検討する際の基礎資料として、また、埋没予測シミュレーションの基礎データとしての活用が期待できる。

最後に、本調査を進めるに当たって、港湾技術研究所

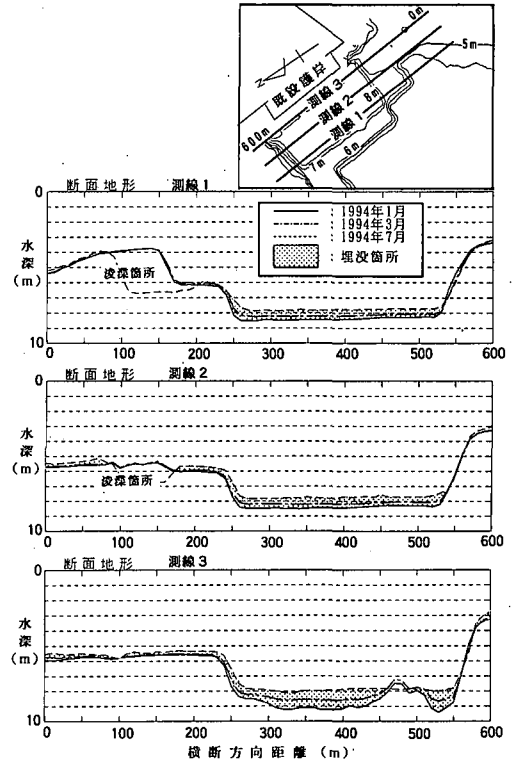


図-10 小野田港泊地周辺の断面地形

の村上和男室長および鶴谷広一室長のご意見を賜った。ここに記して感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 笹嶋 博・入江 功・村上和男・鶴谷広一・吉永宙司 (1994): 熊本港における航路・泊地埋没防止対策について, 海岸工学論文集, 第41巻, pp. 511-515.
- 鶴谷広一・村上和男・入江 功・笹嶋 博・糸井正夫 (1994): Fluid mudを考慮した三次元シルテーション予測モデルについて, 海岸工学論文集, 第41巻, pp. 1011-1015.