

汚濁防止膜周辺の土砂拡散機構に関する現地観測

鶴谷 広一*・村上 和男**・中川 康之***・安井 章雄****

1. ま え が き

近年、わが国では沿岸域での大規模な開発がめざましく、沖合人工島や海上空港の建設等を目的とした各種工事が各地で進められている。また、積極的に海域に藻場を造成するための浅場造成工事に伴う土砂投棄や航路浚渫工事等も活発である。

一方、最近では開発する際の自然環境への配慮が不可欠となっているため、これらの工事に伴う周辺の自然環境へのインパクトを最小にするための技術開発が非常に強く求められるようになってきた。例えば、埋立地等の新たな土地造成の工事においては、海底土の浚渫、土捨てなどによる汚濁の発生を伴う作業が多い。そこでは、工事に伴う汚濁物が周辺海域へ拡散するのを防ぐために、汚濁拡散防止膜（以後汚濁防止膜）と呼ばれる膜状の仮設構造物が広く使用されている。汚濁防止膜の使用に際しては、工事の種類及び取り扱う土砂の種類、工事海域の水深、流況、波浪等の現地の自然条件に応じた展張方法を採用する必要があると考えられる。海域で土砂を投棄すると、主として土砂と周囲水との比重差に基づく密度流効果で流れが発生し、濁りが周囲に拡散していく。室田他（1988, 1991）、玉井他（1995）は、粒径が小さく、かつ投下量が少ない場合の土砂の落下運動を、乱流サーマル現象と流体力学的に同一の扱いができるとして種々の検討を行っている。また、小田他（1995）は流れの中を沈降する粒子群の分散挙動に及ぼす流れの影響を数値計算手法を用いて検討している。土砂の投下から濁りの発生、拡散に至る過程は複雑であり、水理実験による検討は重要である。しかし、水理実験の相似性についてはまだ未知の部分が多く、今後のさらなる検討が待たれる。その意味から相似則を考慮しなくて良い現地観測データは水理実験に比べて有利であるが、総合的な観測を行うことが難しく、これまで公開された観測例はそれほど多くはない（例えば、古土井, 1989, 矢内, 1993）。

そこで、今回は汚濁防止膜の効果を予測するための数

値モデルを開発する上で必要となる検証データを得るための現地観測を行ったので、その結果について報告する。

2. 調査内容及び方法

（1）観測概要

現地観測は、平成7年8月22日と23日の二日間、福島県の小名浜港内で行った。小名浜港全体の概略を図-1に示す。この時期、港内の5・6号埠頭の-14 m岸壁整備のためグラブ浚渫船による床掘作業を行い、その土砂を土運船により汚濁防止膜に囲まれた5・6号埠頭予定地中央の土捨て場に投棄する作業が行われていた。観測は、22日の3回、23日の午前1回の土捨て作業を対象として行った。

土捨て場は、230 m四方の汚濁防止膜で囲われた地域で、ここの中央部で押船によって運ばれてきた容量800 m³の全開バージ型土運船によって土捨てが行われた。

まず、22日の観測では図-2に示すように、沖側の汚濁防止膜を挟むように土捨て海域内外に観測船4隻（E1～E4）を係留し、そこでの濁度、流速等の鉛直分布測定を行った。

また、23日には膜の縦断方向の汚濁の減衰過程を集中的に観測するため、図-3に示すような鉛直分布測定点（D1～D4）で観測を行っている。23日の観測状況の鉛直断面での概要を図-4に示す。両日とも膜の直下のT1とT2点では掘削型の観測機器を設置して連続観測を行っている。

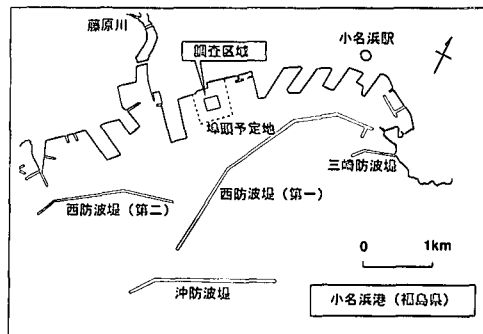


図-1 小名浜港概略図

* 正会員 工博 運輸省港湾技術研究所海洋環境部環境評価研究室長
 ** 正会員 工修 運輸省港湾技術研究所特別研究官(環境担当)
 *** 正会員 工修 運輸省港湾技術研究所海洋環境部水理研究室
 **** 正会員 海洋工事汚濁防止協会

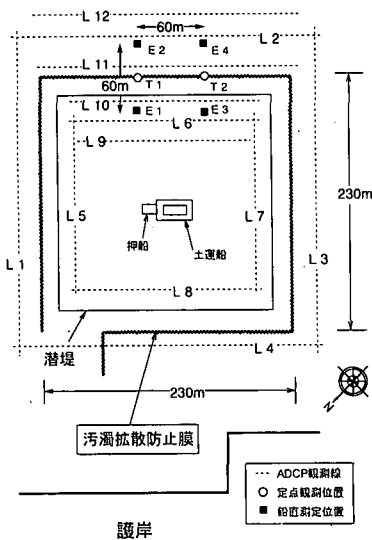


図-2 調査配置図 (8月22日)

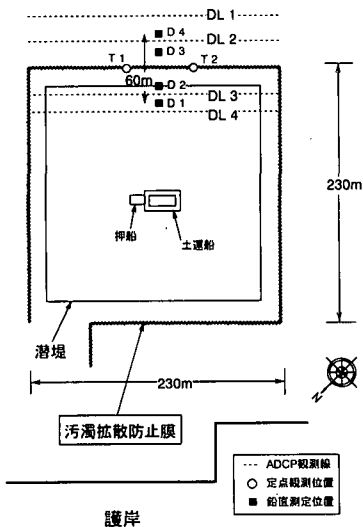


図-3 調査配置図 (8月23日)

(2) 定点連続観測

汚濁防止膜直下での濁りの通過を連続的に観測するために、図-2あるいは図-3に示すように定点T1及びT2に海底設置型の流向・流速・水位観測計(DL-2)、濁度計(MTB-16K)、水温・塩分計(RU-2)を測点が海底面上0.5mになるように設置し、21日の午後から23日の午前中まで連続観測を行った。

なお、データの取得は、流向・流速・水位観測については1秒毎、水温・塩分は2分毎、濁度観測は2分毎に1秒間隔で10秒間の瞬時値をそれぞれ記録した。

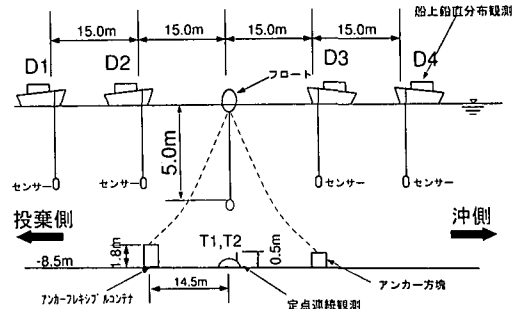


図-4 観測状況の鉛直断面図

(3) 鉛直分布の測定

22日については、濁りの鉛直方向の分布と平面的な拡散の状況を捉えるため、図-2に示すように、汚濁防止膜から内外に30m離れたE1, E3の2点, E2, E4の2点の計4点に観測船を配置して、流向流速、水温、濁度の鉛直分布を水面から1mピッチで海底面上1mまで測定した。測定は各種計測器の船上からの上げ下げにより行い、9時から17時の毎正時に測定を開始した。しかし、後述するように土捨て開始時間が一定していないため、毎正時の測定では汚濁の通過をうまく捉えることはむずかしいため、この日の観測結果を基に検討を加えて、23日は観測方法を変えることにした。

23日の観測では、図-3に示すように汚濁防止膜を挟んで観測船を膜の内側2隻、外側2隻それぞれを一直線上に配置した。そして、濁りの追跡を海底面上1~5mの範囲について土捨て後から40分間集中的に行った。

(4) 移動観測による流速測定

観測時の観測海域での平面的な流況を把握するため、超音波ドップラー流速計(ADCP)を観測船に取り付け、図-2に示すL1~L12測線上を船速約3ノットで航行し、流向、流速の鉛直分布(観測層水面下1.55m~海底面付近まで0.5mピッチ)を面的に測定した。23日については同様の観測を図-3に示すDL1~DL4の測線にて測定した。

観測地点周辺の海底地盤は、細砂にシルト・粘土分が45~78%含まれている。また、投入土砂の中央粒径は0.15mmで、シルトが10%程度含まれている。

3. 観測1日目の結果

(1) 定点観測結果

定点T2における連続観測の測定結果を図-5に示す。8月22日には3回の土捨てがあり、その時刻が下段に示されている。それぞれの投棄に対応して、濁度の急激な増加が見られる。図-6は、3回の土砂投棄が行われた時間の濁度のデータのみを拡大したものである。第1回目と2回目の投棄では、T1の濁度のピーク値はT2

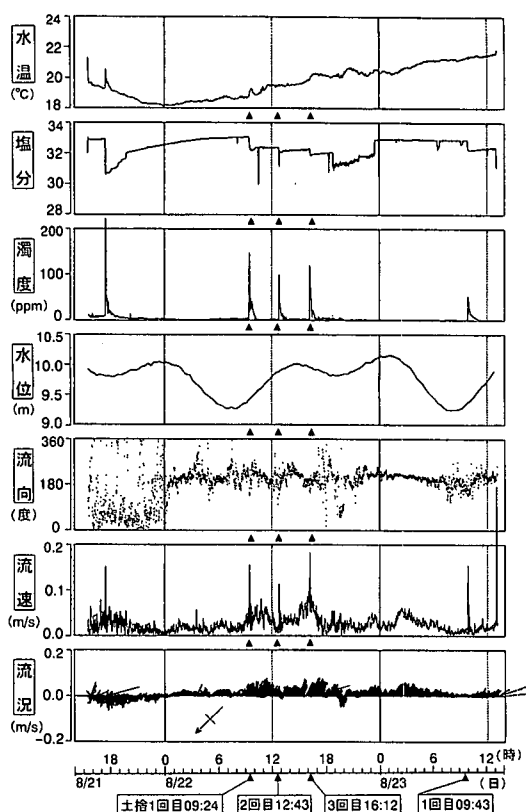


図-5 汚濁防止膜直下の経時変化図 (T2B+0.5 m)

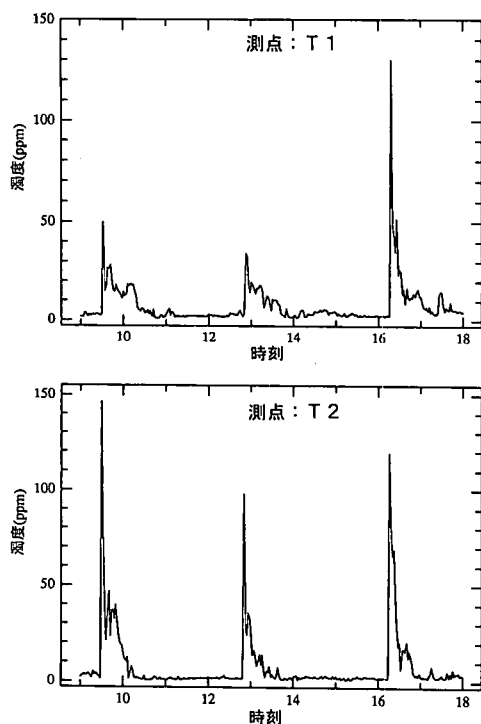


図-6 濁度変化の拡大図 (8月22日)

のそれよりも小さく、50 ppm 程度であった。これは、土砂の拡散が3次的であり、流れの方向が膜に直角な方向よりやや南向きであったために、土砂の濃度の大きな流れが主としてT2方向に向かったためと思われる。膜直下では濁りが到達してから約30分間にわたって高濃度の濁りが通過している。なお、図-5では土砂投棄が行われたいずれの時刻においても両観測点 (T1は紙面の都合上示してはいいない) で外向きの流速が上昇し、約15 cm/s 前後の流れが生じている。

(2) 鉛直分布の測定結果

図-7は、第2回目の投棄が行われた12:43以後で定時観測が行われた13:00におけるE1からE4の各観測点での濁度等の測定結果である。図-6で示したように、投棄から数分で濁度のピークが現れ、その後急激に減少するため、投棄から13分後から観測を始めた図-7では濁りの伝播の状況を捉えることはできなかった。水温と塩分濃度の鉛直分布を見ると、汚濁防止膜内 (E1, E3) では膜外 (E2, E4) に比べて急な勾配を持つ温度躍層が水深2.5 m付近に日中に形成されていることがわかる。

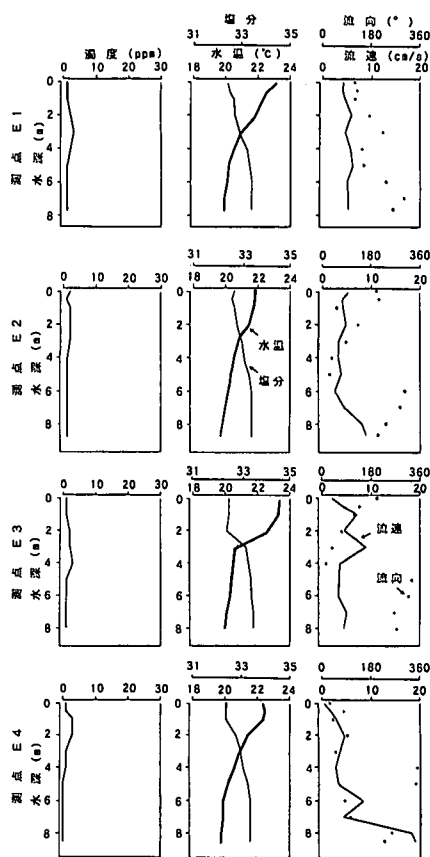


図-7 濁度、水温・塩分濃度、流向・流速の鉛直分布 (8月22日 13:00)

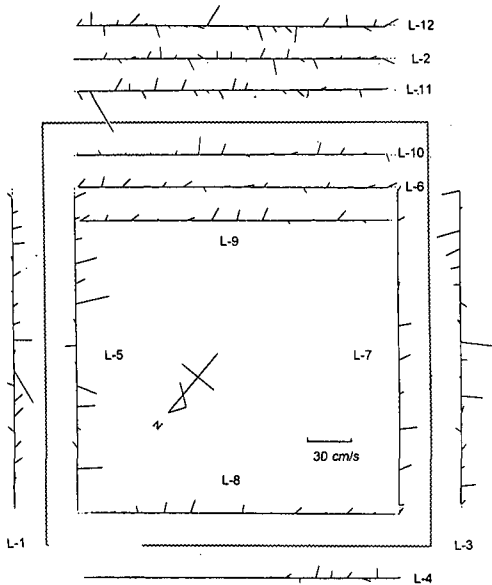


図-8 流況移動観測結果 (8月22日 15:59~16:34, 海面下 6.05 m)

流れを見ると、E4の底層部でやや速い流れが膜から外向きに流れているが、これに対応する濁度の増加は検出されていない。

(3) 移動観測による測定結果

図-2に示す ADCP 測定ライン上で流速場の平面分布の測定を行った結果の一例として下層 (海面下 6.05 m) の分布を図-8に示す。前述したように、今回の観測海域では潮流のような流れはほとんどない。しかも、本測定装置を曳航で利用した場合には曳航速度の約10%が測定誤差の範囲となるが、全般的に本装置の誤差範囲に入る弱い流れしか生じていない。

4. 観測2日目の結果

(1) 定点観測による測定結果

図-9は、土捨て後約40分間の膜直下の定点 T1, T2 における濁度と流向・流速を示している。ここでも前日の観測結果と同様に濁りが到達してから約30分後には濁度は減衰している。また両地点とも、最大 10 cm/s 程度の外向きの流れが濁りの到達時に生じている。

(2) 鉛直分布の測定結果

2日目(23日)の鉛直分布の測定では、前述したように膜の内外にそれぞれ2点ずつ土砂投棄地点から遠ざかる方向の直線上に観測船を配置した。また、前日の土砂投棄直後の目視観測から、濁りの発生領域が底面近傍に限られると考えられることから、濁度の鉛直分布の測定は底面上1mから1mおきに5mまでの5点のみの観測を行った。そのうち、底面上1mから3mまでの測定

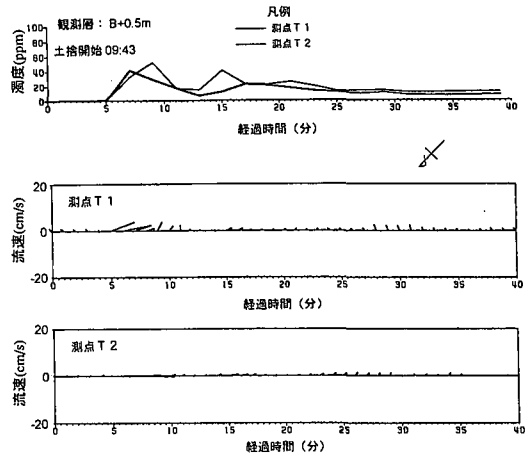


図-9 濁度と流速の経時変化図 (8月23日)

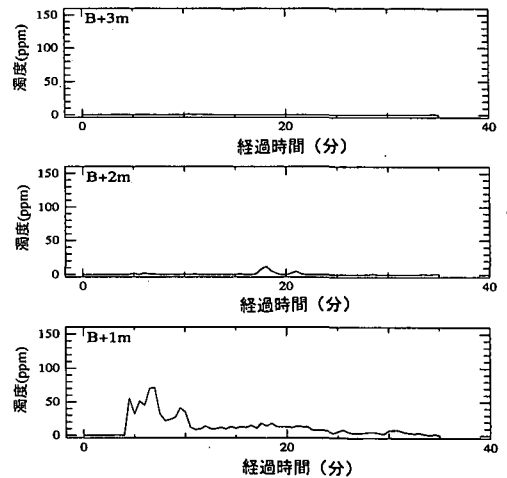


図-10 濁度の経時変化図 (D1)

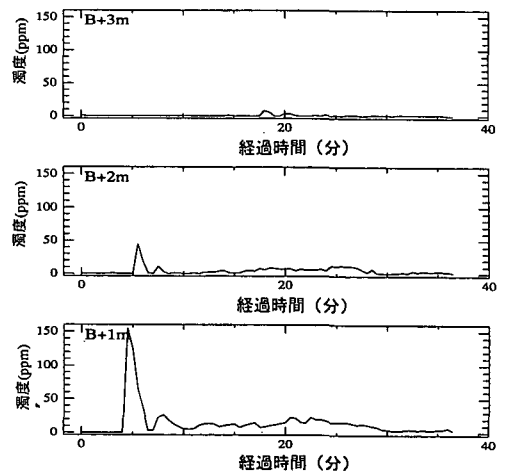


図-11 濁度の経時変化図 (D2)

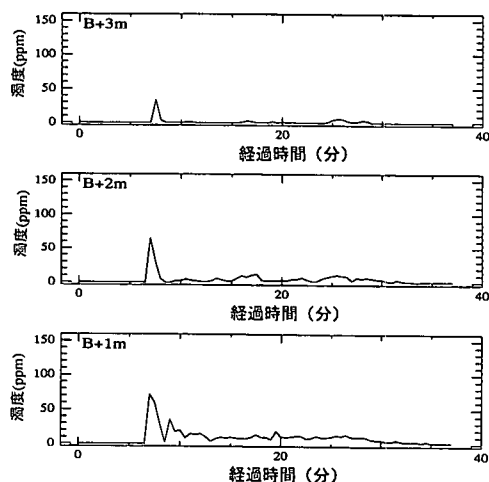


図-12 濁度の経時変化図 (D 3)

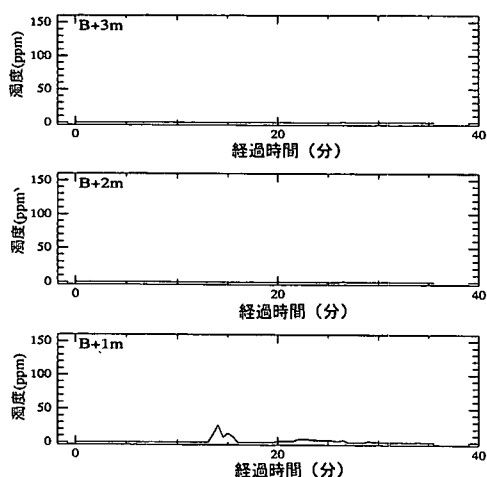


図-13 濁度の経時変化図 (D 4)

結果を図-10 から 13 に示す。濁りが検出されているのは底面上 3 m 以下の範囲に限られていたため、海底面上 4~5 m のデータは省略した。浚渫された土砂中には、比較的粒径の大きな砂質分がほとんどであったことから、上層を漂う濁りはほとんど発生せず、濁りの発生は沈降した土砂の側方への流動あるいは沈降土砂により巻き上げられた底質土に限られたため、濁りの検出が底面近傍に集中したものと思われる。最も高濃度な濁りが検出されたのは、D2 地点の海底面上 1 m の地点である。汚濁防止膜内側の 2 地点 (D1, D2) ではいずれも底面上 2 m までに濁りの発生が限られているのに対し、膜外側の D3 地点では底面上 3 m 地点まで濁りが到達している。これは、土砂の流出を防ぐための潜堤 (フレキシブルコンテナ) や汚濁防止膜の存在による上昇流や乱れの発生に伴

うものと考えられる。これらの濁りは到達後約 30 分のうちに減衰してしまい、特に濃度の濃い最初のピークは約 5 分以内に通過している。なお、土砂投入地点より最も遠い D4 地点では、底面上 1 m の地点でわずかな濁りが検出された程度で、それ以前の地点でほとんど沈降してしまったものと思われる。また、潜堤よりも内側に位置する D1 や D2 に比べ、潜堤背後 (定点 T1, T2) での濁りの減衰が見られることから、潜堤も濁りのトラップ機能を果たしていたと考えられる。

5. ま と め

今回の観測は港内で行われたため、対象海域に顕著な流れ (潮流) が存在しないこと、投棄土砂中には砂質土がほとんどであったことなどから、濁りの発生源は主に沈降土砂の底面付近での側方への流動とそれによる底質土の巻き上げが考えられる。このため、観測結果に見られるように、濁りの発生は底面から 3 m 程度の範囲に限られていることが分かった。また、土砂投棄時の追跡観測により投棄場所からの濁りの影響範囲についても把握することができた。

今後は、他の工事内容と濁りの発生状況および発生量との関連性や、流れの卓越する海域での観測による流れの影響評価を行い、数値計算結果の検証データを蓄積する必要がある。

本研究を進めるにあたり、運輸省第二港湾建設局小名浜港工事事務所には多大の便宜をはかって頂いた。また、港湾技術研究所海洋環境部水理研究室の中官利之、工藤雅春研究員、同環境評価研究室の西守男雄研究員および海洋工事汚濁防止協会の田籠 敏、田中克往、生田信夫の各氏には現地観測の実施にご協力いただいた。ここに記して感謝致します。

参 考 文 献

- 小田一紀・重松孝昌・菅野 寛 (1995): 粒子群の沈降・分散挙動に及ぼす流れの影響に関する数値実験, 海岸工学論文集第 42 巻, pp. 1271-1275.
- 玉井昌宏・村岡浩爾・室田 明・町田博紀 (1995): 土砂直投工における濁りの初期拡散過程に関する研究, 土木学会論文集, No. 515/II-31, pp. 77-86.
- 古土井光昭 (1989): 港湾工事における濁りの挙動に関する研究, 大阪大学学位論文, 163 p.
- 室田 明・中辻啓二・玉井昌宏・町田博紀 (1988): 海域での土砂投下における密度流現象, 第 35 回海岸工学講演会論文集, pp. 777-781.
- 室田 明・中辻啓二 (1991): ジェットとブルーム, 土木学会論文集, No. 429/II-15, pp. 1-15.
- 矢内英二 (1993): 海洋投棄底泥の分散過程に関する水理学的研究, 中央大学学位論文, 144 p.