

鵜川河口海域における流動と底質の堆積・移動特性

山崎 真一*・奈良 俊介**・宮下 将典**
新山 雅紀***・山下 俊彦****

1. はじめに

近年、陸域から海域までの水系の一貫した土砂管理が求められている。河川から流出した土砂が沿岸域でどのように堆積・移動するかという事は、河口域での土砂収支を明らかにする上で非常に重要である。

苫小牧沿岸の流動特性については、山下ら (1996) は周期 4～7 日、位相速度約 2 km/h で西へ伝播する強い流速変動の存在とその流れにより形成される東港周辺の循環流の平面特性を明らかにしている。

そこで本研究では、北海道太平洋側の鵜川河口海域を対象として現地観測を実施し、表層底質分布、底質の鉛直分布とその変化の特性を明らかにする。次に、現地観測と苫小牧港で実施している流動観測により得られた流動特性、濁度変化特性を考慮することにより、河口域での土砂の堆積・移動特性を考察する。

2. 調査方法

図-1 に示す St. A から St. N の 14 地点で 1999 年 9 月 6 日と 12 月 5 日に深さ 30 cm 程度の柱状採泥を行い、底質の鉛直分布とその変化特性を把握した。図-1 に示す矩形領域 (4 km×3 km) で音波探査を行い、採泥分析結果を考慮して表層底質分布を求めた。

1999 年 9 月 4 日～10 月 4 日まで図-1 の St. M (水深 10.4 m, 離岸距離 1.2 km) に ADCP, Wave Hunter, 波高計, 濁度計 3 台, 水温塩分計 4 台, St. A (水深 7.2 m, 離岸距離 0.6 km) と St. N (水深 11.1 m, 離岸距離 2.7 km) 各々にアンダーフロー計 2 台を設置し、流動観測を実施した。北海道開発局苫小牧港湾建設事務所観測資料の同期間における苫小牧西港管理用の St. 1 (水深 24.5 m, 離岸距離 3.5 km) の流速データ, 苫小牧西港の風速データと白老沖の St. 2 (水深 50.7 m, 離岸距離 4.0 km) の上 (海面下 10 m)・中 (海面下 20 m)・下 (海面下 30 m) の 3 層の流速データを解析に用いた。

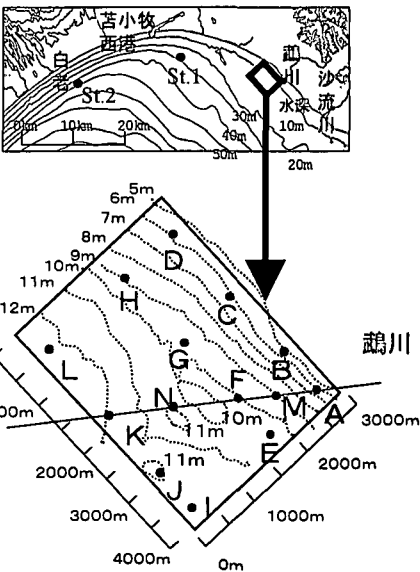
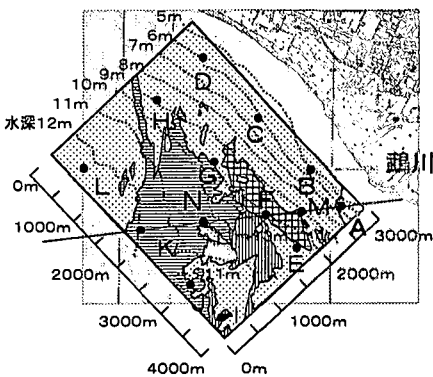


図-1 現地観測値とサンプリング調査地点



田 M : 4～63 μ m (m $\geq$ 75%) ▨ SG: 63～500 μ m (r $\leq$ 50%)
▤ f.s: 63～250 μ m (m $\leq$ 50%) ▩ G : 4.0～64.0mm
□ S : 250～500 μ m □ R : 岩 (m $\leq$ 50%)

m : 泥の含有率 [%] r : レキの含有率 [%]

図-2 表層底質分布

* 正 会 員 工修 北海道開発局 開発土木研究所
** 学生会員 北海道大学大学院工学研究科
*** 正 会 員 工修 (株)アイ・エヌ・エー
**** 正 会 員 工博 北海道大学助教授 大学院工学研究科環境資源工学専攻

3. 表層底質分布

図-2に求めた表層底質分布を示す。鵜川沖の水深10 m以深には $d_{50}=10$ mm 程度の礫となっており、浅浅図からその領域は沖に張り出しており、この礫は現海水準で堆積したものではないと考えられる。鵜川から流出したシルト・粘土は河口沖の水深9~10 mのところの厚さ30 cm程度(音波探査調査結果より)で局所的に堆積していることがわかる。細砂成分は、水深9 m以浅の河口沖から北西側の領域と、礫領域を超えて河口から西方向の

水深11 m以深に堆積していることがわかる。

4. 底質鉛直分布

表層底質分布からもわかる様に、この海域は空間的に変化の激しい底質分布となっているが、水深9 m以深では細砂、シルト・粘土の下に礫層が存在する地点が多い。そこで、9月と12月に採取した14地点の柱状採泥試料を、目視観察によって同じ底質特性と判断されるいくつかの層に分けた。底質の $106\mu\text{m}$ 以上の成分については篩、それ以下の成分についてはレーザー粒度分析器を使

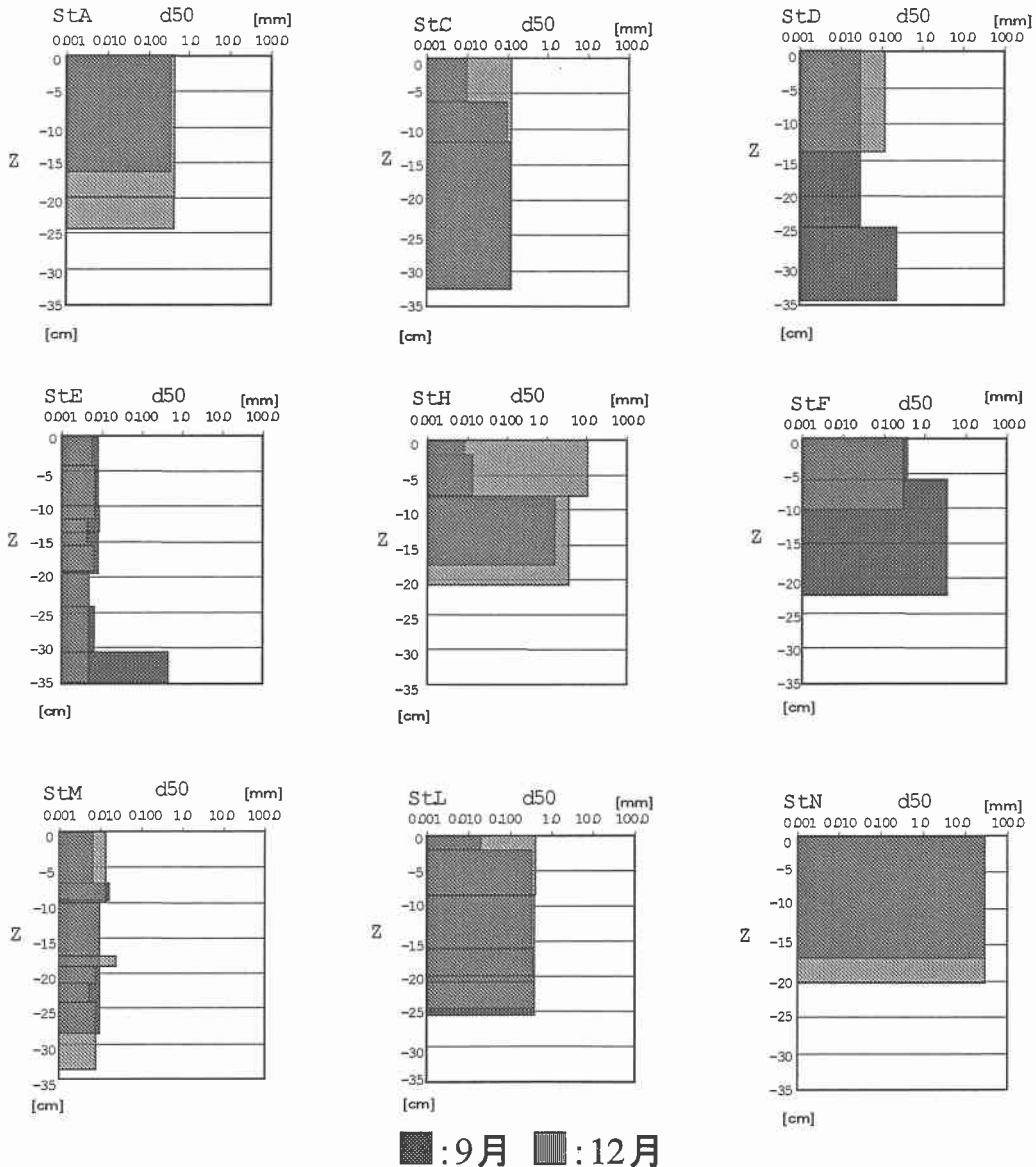


図-3 1999年9月と12月の鉛直底質分布の比較

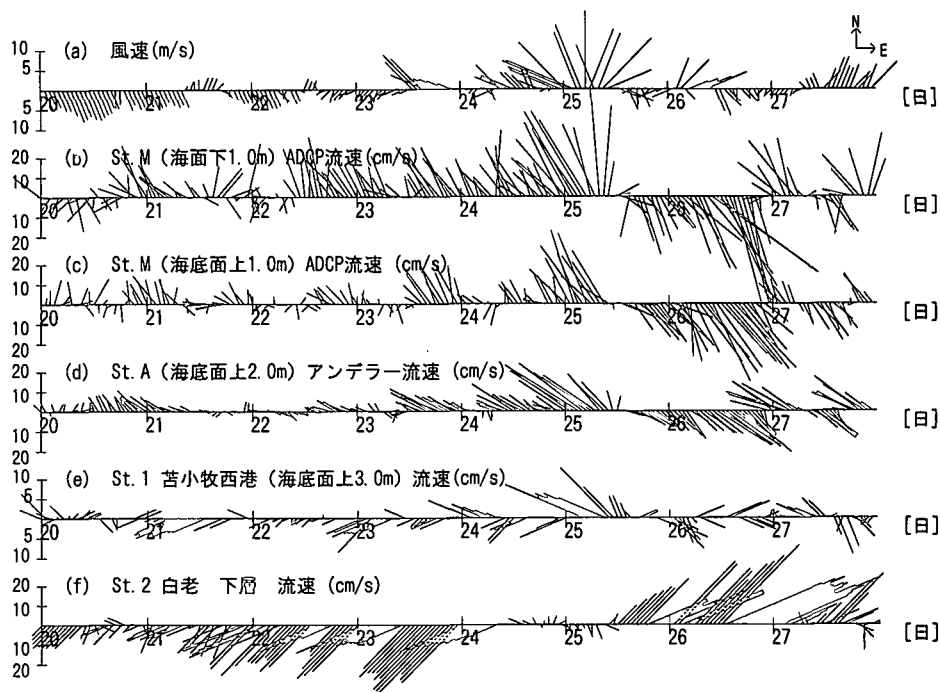


図-4 風速・流速データ

用して粒度分析を行った。

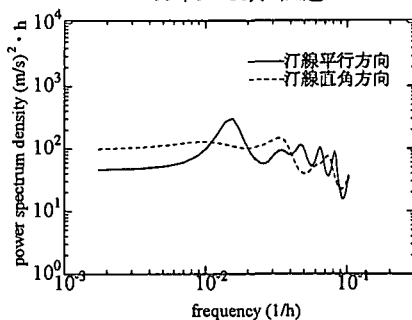
図-3に代表的な9地点の中央粒径 d_{50} の鉛直分布を示す。河口付近のSt. A, E, MのうちSt. Aで細砂成分が、St. EとSt. Mではシルト・粘土が海底面下少なくとも約30 cmまで堆積していて、9月と12月での変化はほとんど見られない。9月のSt. CとSt. Lの細砂や、St. Hの粗砂の上層に厚さ2~8 cmで堆積していた $d_{50}=10 \mu\text{m}$ 程度のシルト・粘土が、12月には移動してなくなっているのがわかる。また、St. Dでは9月の表層に約25 cmあったシルト分が12月には見られない。St. Fでは、礫の上の層に細砂が堆積している状態で両時期に変化はないと考えられる。さらにSt. Nでは、 $d_{50}=50 \text{ mm}$ 程度の粗い礫が20 cmくらいまであり、変化もまったく見られない。

St. CやSt. H, St. Lの9月に表層で見られた泥成分は、鶴川で $900 \text{ m}^3/\text{s}$ を超える流量が観測された8月上旬に海域に流出・堆積したものではないかと考えられる。

5. 流動特性

図-4に1999年9月20日~27日の苦小牧西港の(a)風速、St. 1の(e)海底面上3.0 mの流速データ、鶴川沖のSt. Mの(b)海面下1.0 m, (c)海底面上1.0 mのADCPデータ、St. Aの(d)海底面上2.0 mの流速データ、白老沖のSt. 2の(f)海面下30 mの流速データを示す。

99年9~10月 風速



99年9月~10月 流速 (水深2.0m)

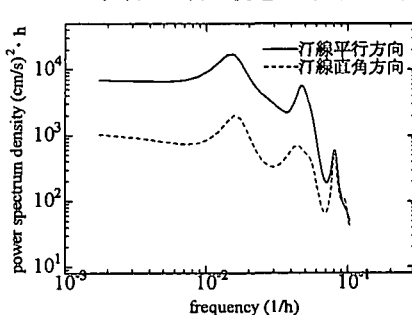


図-5 風速・流速スペクトル

St. M ADCPの(b)表層と(c)底層のデータを見ると、23日から25日前半にかけて、強い南東よりの風によ

り汀線平行方向の強い北西流が発生している。表層、底層とも風向とほぼ同じ方向の流れで、底層の方が流速は

やや小さくなっている。St. A は St. M よりも水深が浅い
 が同じような北西の流れが見られる。図-4(e)の苫小牧
 西港でも23日から25日に、流速の大きさは鵜川よりも
 小さいが汀線平行方向の西北西の流れとなっている。こ
 のとき、白老においても図-4(f)に示すように(21~24
 日)汀線平行方向の強い南西流が発生しており、水深50
 m地点ではあるが30 cm/sを超えるような強い流速と
 なっている。このように、苫小牧沿岸を汀線に沿って東
 から西へと強い流れが発生していることがわかった。

続く25日後半から26日にかけて、強い南西寄りの風
 により、(f)白老では30 cm/sを超えるような強い北東
 流、(e)苫小牧西港では南東から東方向の流れ、(b)、(c)、
 (d)の鵜川でも強い南東の流れとなっており、この期間
 は苫小牧沿岸を汀線平行方向に西から東へと強い流れが
 発生している。

苫小牧西港の長期の流動データを見ると、このような
 強い南東風、南西風による同様な流れは苫小牧沿岸では
 冬期においてよく見られる現象であることがわかった。

9月4日~10月3日までの風速・流速のスペクトルを
 調べるために、風速生データとSt. Mの水深2.0 mでの
 流速生データをそれぞれ汀線平行方向成分と直角方向成

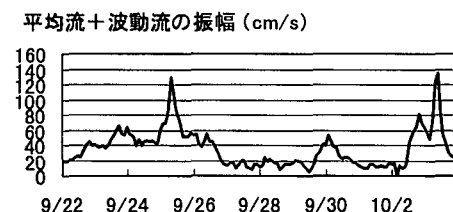
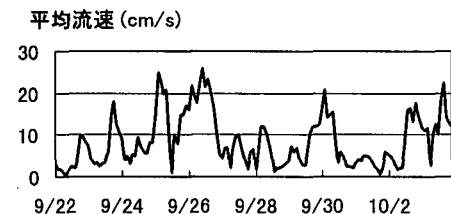
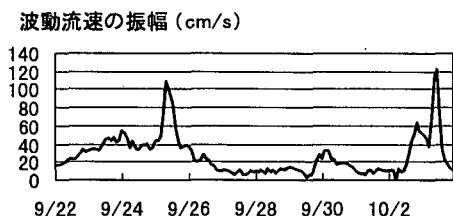
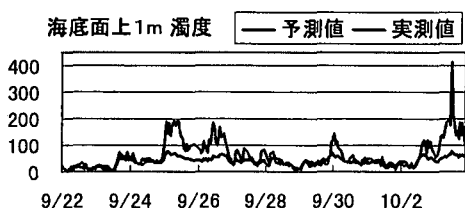
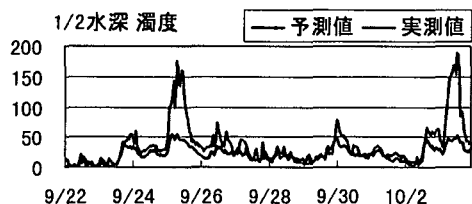
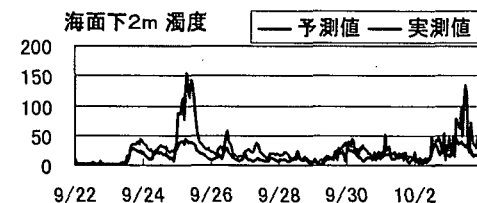


図-6 濁度変化

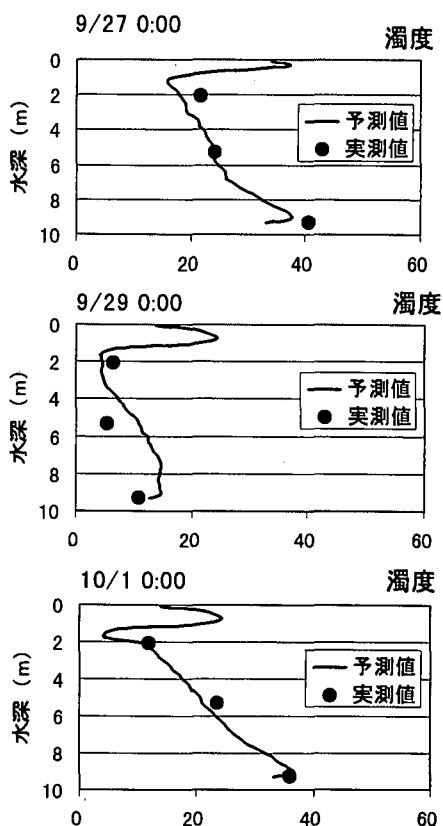


図-7 濁度の鉛直分布特性

分に分け、MEMを用いて約30日間に相当する、毎正時の約700個のデータを使用して計算したものを図-5に示す。これを見ると、周期3日程度で風と流れのピークが一致しており、流速は汀線平行方向が卓越している。これは、低気圧の通過に伴う汀線方向に卓越した強風によって引き起こされる汀線に平行方向に卓越した流れで、前述の様に苦小牧沿岸では秋期から冬期によく見られる流動である。また、流速のスペクトルでは、潮汐の影響によるものと思われる半日周期と1日周期のところにピークが見られ、1日周期の方が大きい。

6. 濁度変化特性

河川流出流に含まれる懸濁物質の移動・拡散・沈降や波動流等による底質のまき上げ、輸送特性を調べるため、St. M (水深10.4 m)での濁度変化を見てみる。St. Mでは3台の濁度計によって海面下2.0 m, 1/2水深、海底面上1.0 mの濁度を測定した。また、海底に設置した1200 kHzのADCPによって25 cmピッチで約50層流速及び濁度に関係する反射強度のカウントを測定した。まず、濁度計のデータとADCPのカウント値を比較し、ADCPのカウント値から濁度が推定できるかどうか検討する。

泉宮 (1999)と同様、ADCPのレンジ方向に正規化された反射強度 X は、次式で与えられるものとする。

$$X(\text{dB}) = 0.43I + 20 \log_{10} \gamma + 2\alpha\gamma$$

ここに、 I はADCPに記録されるカウント値、 γ はADCPから観測位置までの距離、 α は超音波の吸収係数 (dB/m)で本研究では $\alpha = 0.59$ (dB/m)として計算する。この式から出た各層の反射強度を次式に入れて、全水層の濁度 Y を推定する。

$$Y = A(X - X_0)^B$$

ここで、 A , B , X_0 (濁度が0のときの反射強度の値)は3層で実際に測定した濁度データを元に対数近似した図から、それぞれ γ だけによる式で表される。

図-6に海面下2.0 m, 1/2水深、海底面上1.0 mの3層における濁度の実測値と、その水深に相当するADCP

の反射強度を使って前式から求めた濁度の推定値を9月22日～10月3日まで示す。これを見ると、反射強度から推定した濁度は、実測濁度が50程度までは3層とも実測値とよく一致しており、ADCP反射強度から濁度の推定が可能であることがわかる。しかし、St. Mは $d_{50} = 10 \mu\text{m}$ と粒径が細かく、高濃度の濁度が発生しやすいため、ADCPの反射強度の測定スケールを越えるため、実測濁度が50以上では反射強度からの濁度推定はできないことがわかった。

そこで、図-6から実測濁度が50未満と思われる9月27日、29日、10月1日のそれぞれ0時における濁度の3層の実測値を●で、全水深のADCPの反射強度からの推定値を実線で図-7に示す。ADCPの測定可能位置は最下層は海底面上1.0 mであり、下層1 mは測定できない領域である。また、上層も境界の影響で1 m程度測定できない領域があり、さらに上層は碎波による気泡等の混入があるため、上層2 m程度は濁度を求めることが出来ない。

しかし、水面下2 mから底層1 mまでは3地点の濁度計の濁度と推定値はよく一致しており、ADCPの反射強度から濁度の鉛直分布が推定できることがわかる。

図-6にSt. MのWave Hunterによって測定した底面平均流速の絶対値と、波高と周期から導いた底面波動流速振幅、さらに平均流速の絶対値と波動流速を合計したものを濁度と同じ期間で示す。波動流速は比較的濁度と相関が見られるが、平均流速についてはあまり相関はよくない。最も両者の相関が良いのは波動流速+平均流速であり、この線型和で濁度の推定が可能である。

参考文献

- 泉宮尊司・國田知基・泉 正寿・永松 宏・石橋邦彦 (1999): 船体取付型ADCPによるシルトおよび微細砂の濃度の時空間変動の現地観測, 海岸工学論文集, 第46巻, pp. 576-580.
山下俊彦・金戸俊道・木下大也・関口信一郎・國田 淳・瀧美洋一 (1996): 苦小牧沿岸における長周期流速変動特性, 海岸工学論文集, 第43巻, pp. 201-205.