

河口沖合での潮流と浮遊砂フラックスの特性に関する研究

Characteristics of Tidal Currents and Suspended Sediment Fluxes off River Mouths

Syamsidik¹・青木伸一²・加藤 茂³

SYAMSIDIK, Shin-ichi AOKI and Shigeru KATO

Measurements of tides, waves, currents and bottom turbidity were carried out off two different river mouths on the Enshu coast, both of which are affected by strong tidal currents exchanging waters with Hamana Lake or Tenryu River. Based on the field data, the characteristics of tidal currents and their effects on turbidity or concentration of suspended sediments were discussed. High turbidity data were obtained under high wave conditions and also at particular phases of the tidal currents. Some properties of tidal currents near the river mouths are shown. Significant effects of the tidal currents on the sediment suspension and the on-offshore fluxes of the suspended sediments are also indicated.

1. はじめに

出水時に河川から排出され、河口沖合に堆積した土砂が、出水後、波や流れによって隣接する海岸へ輸送される過程の詳細については、地形変化や土砂動態の実測結果が不足していることもあって、その実態がよくわかっていない。河口周辺の地形変化の予測や、河口をはさむ海岸の汀線変化を予測する際の境界条件を与える上でも、河口域での土砂動態の解明と、それに基づく正確な土砂収支の見積りが必要である。

国土交通省浜松河川国道事務所が実施している天竜川河口および周辺海底地形の測量結果(2007)によれば、2006年7月の出水によって、天竜川河口に50万 m^3 以上の舌状の堆砂が生じたことが報告されている。その後の2006年11月および2007年2月の測量結果を見ると、舌状の堆積地形が東西に伸ばされており、沿岸方向に土砂が輸送されて周辺海岸に配分されていく様子が伺える。このような土砂動態のメカニズムを明らかにし、河川からの流出土砂の海岸への寄与を定量化することは、河川と海岸における土砂管理をスムーズにつなぐ上で非常に重要である。

河口近傍の流動については、通常時には、波だけでなく河道内に侵入する潮汐の影響も大きいと考えられるため、通常時の土砂輸送に対する外力としては、波浪に加えて潮流の影響も考慮する必要がある。本研究は、上述の天竜川の河口沖合、および比較対象として、強い潮流の影響を受ける浜名湖インレット(今切口)沖側の2地点において、潮流、波および海底近傍の濁度の連続観測を行い、河口およびインレット沖合での潮流の特性を明らかにするとともに、浮遊砂濃度および浮遊砂フラ

ックスの発現特性を潮流変動との関連から調べることを目的として行ったものである。

2. 現地観測の概要

2006年9月7日から約2ヶ月間、図-1に示す、東西に約15km離れた遠州灘海岸の2地点(天竜川河口沖合および浜名湖今切口沖合)において、海底設置型 ADCP による鉛直流速プロファイル(1分平均, 10分毎)、光学式濁度計による海底近傍での濁度(30s平均, 10分毎)および超音波水位計及び圧力計による水位変動(0.5秒連続観測)の観測を実施した。天竜川河口沖合の観測点は、土砂輸送の観点からは水深が大きすぎるが、沿岸漁業(シラス漁業)との関係でこれより浅海域には観測機器の海底設置が難しかったためである。また、観測期間中に曳航式の ADCP (AWAC, 1MHz)を用いて、天竜川河口沖での流れの空間分布を計測した。これらのデータをもとに、河口およびインレット沖合での潮流の特性を明らかにした。また、濁度の発現特性を調べるとともに、濁度と流速から求めた浮遊砂フラックスを、潮流および波浪データと比較した。

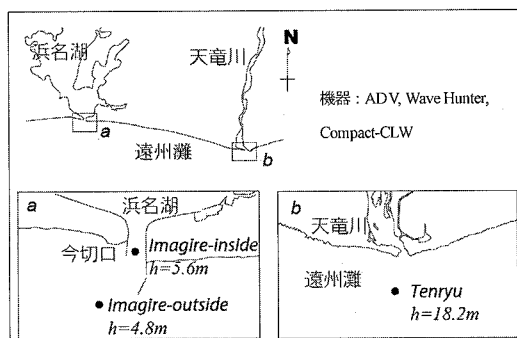


図-1 現地観測地点

1 MS 豊橋技術科学大学大学院環境生命工学専攻
2 正会員 工博 豊橋技術科学大学教授
3 正会員 博(工) 豊橋技術科学大学准教授

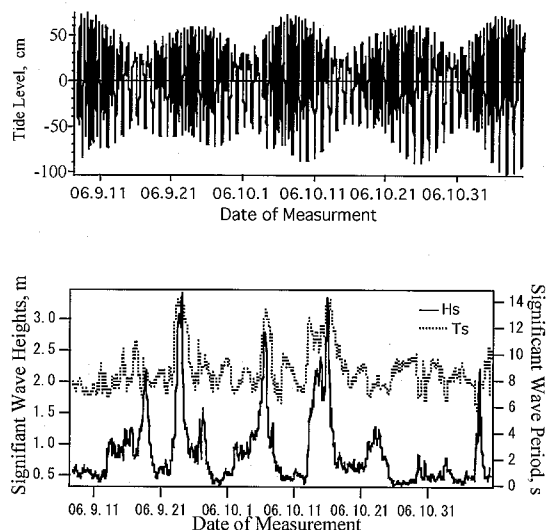


図-2 天竜川河口沖での潮位（上）および波浪特性（下）

図-2には、全観測期間における天竜川河口沖で得られた潮位、有義波高および有義波周期の変化を示している。潮位については、平均値まわりの変動を示したものであるが、大潮時で1.5 m程度の干満差があることがわかる。波浪については、観測期間中には有義波高が3 m前後に達する期間が3回あるが、2006年は大型台風の直撃による高波浪は観測されなかった。なお、両者の特性については、水深や碎波の影響による波高の相違を除けば、観測した2地点間の差異はほとんどなかった。

3. 潮流の特性

図-3および図-4は、それぞれ、天竜川河口沖および今切口沖での底部（海底から約90 cm上方）の潮流流速（1分平均、10分毎の流速であり、厳密には潮流以外の成分も含まれる）の観測期間中の全データを、東西・南北方向流速の位相面上にプロットしたものである。これより、天竜川河口沖では、東西方向（沿岸方向）と同程度の大きな南北方向（岸沖方向）流速が観測されており、河口沖では岸沖方向の底質輸送に対しても、潮流の影響を考慮する必要があることを示唆している。一方、今切口沖では、浜名湖への入退潮の影響を受け、強い流れが観測されているが、導流堤の影響を受け、インレットの方向にやや傾いた海岸に平行な流れが卓越している。

図-5は、11月8日の午後実施した曳航式流速プロファイラーによる流速観測の結果を示したものである。天竜川河口沖の観測点の北側で、観測点をはさむ東西約3 kmの範囲（水深約12 m～15 m）をスキャンしている。上下の図は、それぞれ南北方向および東西方向の流速を水深別にプロットしたものである。ただし、流速は

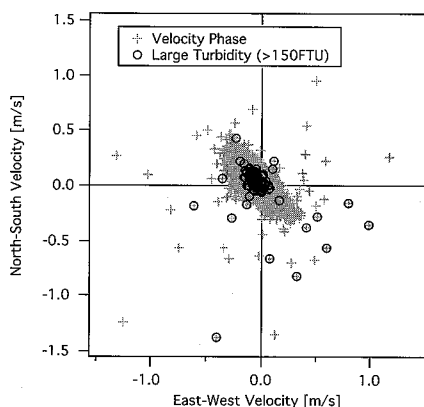


図-3 天竜川河口沖での潮流速の位相面プロット

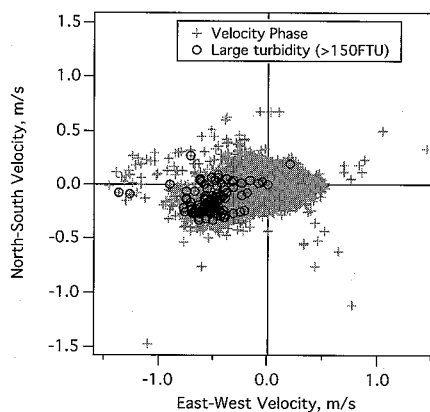


図-4 今切口沖での潮流速の位相面プロット

空間的に約100 m程度の範囲で平滑化されている。この観測値は、一時的な流況を表しているに過ぎないが、天竜川河口沖で観測される流速は底層でも大きく、表層と底層でその空間分布形状および方向が大きく異なることがわかった。これより、底層での浮遊砂の輸送は、表層流れから類推するものとはかなり異なることが推定された。

4. 濁度の発現特性と浮遊砂フラックス

(1) 波浪条件との比較

図-6の(a)～(c)は、観測期間の前半（9月7日～10月3日）の、平均風速、日降雨量、潮位変動、波高および周期を示したものである。同図の(d)、(e)は、同期間における天竜川河口沖および今切口沖の濁度の時間変化である。これより、天竜川河口沖では、原因が特定できない10月1日前後の高濁度期間を除くと、高い濁度を示す時期は高波浪の時期にほぼ対応している。

それに対して、今切口（9月24日～10月3日は欠

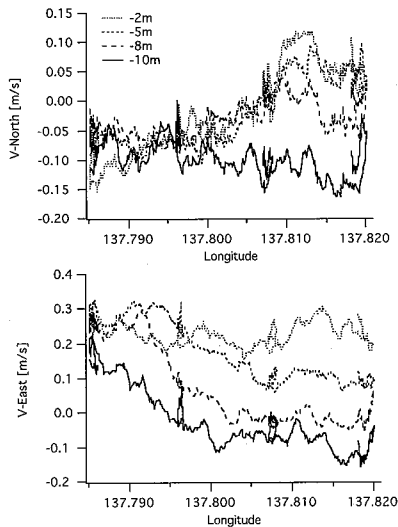
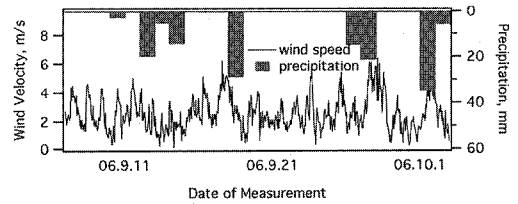


図-5 天竜川河口沖での潮流速分布の測定結果
(上：南北方向流速，下：東西方向流速)

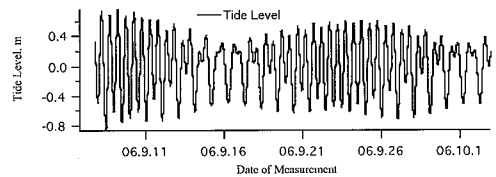
測)では、必ずしも高波浪時に連続的に高濁度が出現する訳ではなく、半日から1日程度の間隔で間欠的に生じていることがわかった。このことは、観測期間の一部を拡大して示した図(f)から確認できる。そこで、濁度が150 FTU以上を示すデータについて、図-3および図-4上に○でマークした。ただし、図-6は観測前半のものであるが、図-3および図-4には全期間のデータを示してある。また、10分ごとに観測されたデータがそれぞれ1つのマーカーに対応している。図-4から明らかのように、今切川河口合での高い濁度の発現は、潮流の特定の位相で生じていることが明らかになった。すなわち、引き潮時に南西方向に強い流れが発生する位相で高濁度となっていた。一方、図-3の天竜川河口沖では、南東方向への強い流れで高い濁度が発生しているが、どちらかというとなら西方向の流れの時に高濃度になることが多いようである。ただし、潮流の強さとの明確な関係は見られなかった。

上に示した濁度がどのような濁質で構成されているのかについては、浮遊物質のサンプリングが行われていないため明らかではないが、天竜川河口沖の計測地点で観測期間中に行ったセディメントトラップによって得られた浮遊砂の中央粒径は0.14 mmであった。また、今切川河口でサンプリングした底質砂の分析では、中央粒径が0.25 mmであった。

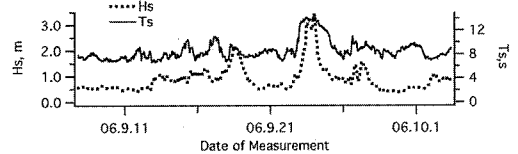
今切川河口で上記のような特徴があることを確認するために、浜名湖への入退潮時の流れの数値シミュレーションを行った(計算法の詳細は、有田・青木(2004)を参照)。本シミュレーションは、振幅30 cmのM₂分潮に



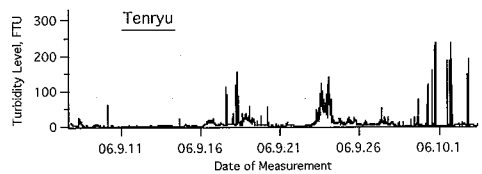
(a) 平均風速および日降雨量



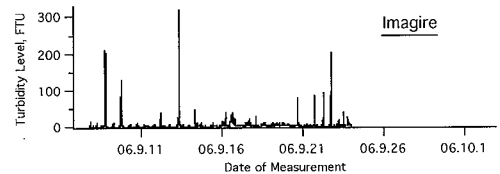
(b) 潮位変動



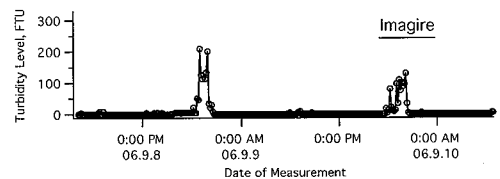
(c) 波浪条件(天竜川河口沖)



(d) 天竜川河口沖での濁度



(e) 今切川河口での濁度



(f) 今切川河口での間欠的な濁度の発生

図-6 波浪条件と濁度の経時変化

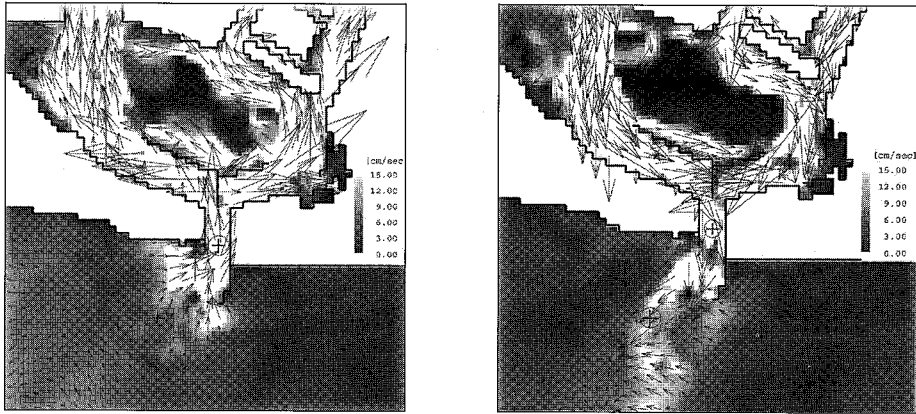


図-7 今切口での潮流のシミュレーション結果 (左：上げ潮時，右：下げ潮時)

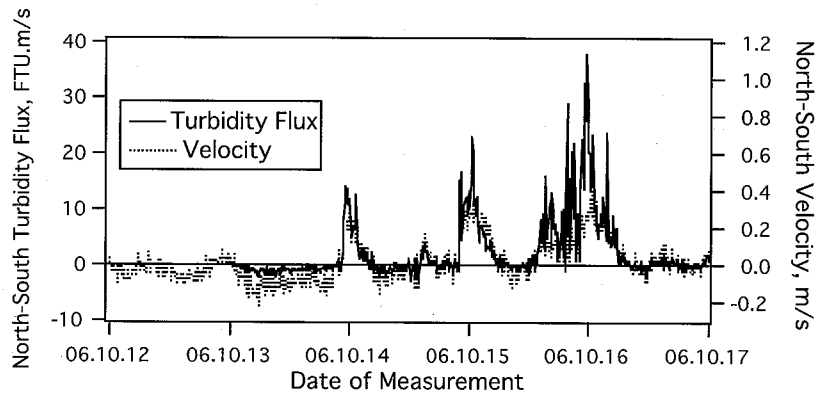


図-8 天竜川河口沖での南北方向流速と濁質フラックスの時系列の一例 (2006年10月12日～17日)

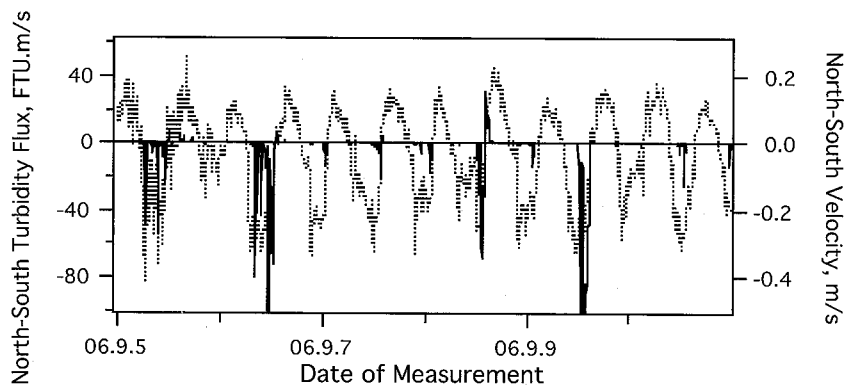


図-9 今切口での南北方向流速と濁質フラックスの時系列の一例 (2006年9月5日～10日)

対して行ったもので、流速の大きさについては直接比較できないが、流れの傾向は把握できる。図-7は、浜名湖全体を解析した結果のうち、上げ潮時および下げ潮時の流速および流向について今切口付近のみを拡大して示したものである。なお観測点は、図中に+で示してある2点のうちの南側の点である。これより、上げ潮時はインレットに向けて周囲水が一樣に流入するのに対して、下げ潮時には導流堤によって流軸が西に曲げられるものの、集中した強い流れになっていることがわかる。今回の観測点はちょうど流路上にあたるので、下げ潮時に高濁度が観測されたものと思われる。これより、今切口では、潮流が浮遊砂濃度および浮遊砂フラックスに及ぼす影響が非常に大きいことが推察される。

(2) 浮遊砂フラックス

図-8および図-9は、それぞれ天竜川河口沖および今切口沖での、ある期間の南北方向の流速成分、および濁度と流速成分から求めた濁質フラックスの変動を示したものである。これより、浮遊砂フラックスは、今切口沖合では下げ潮時に大きくなるが、天竜川河口沖では上げ潮時に大きくなることがわかった。これらの図は一例であるが、観測期間中を通して、浮遊砂の輸送方向としては、天竜川河口沖では岸向き、今切口沖では沖向きが卓越していることがわかった。このような濁質フラックスの方向特性は、潮流の特性に負うところが大きいと考えられ、河口やインレット付近の土砂動態には、潮流の影響を十分考慮する必要があることが確認できた。

5. あとがき

本研究では、現地データをもとに、河口およびインレット沖合の潮流の特徴を示すとともに、潮流が濁度の発生および濁質フラックスに及ぼす影響について調べた。

得られた主要な結論は以下の通りである。

- 1) 天竜川河口沖合の潮流は、沿岸方向成分と同程度の岸沖方向成分を有する。また、流速の鉛直方向の変化が大きい。
- 2) 今切口沖合の潮流は、インレットおよび導流堤の形状の影響を強く受ける。特に、下げ潮時には流れが集中し流速が大きくなる。
- 3) 濁度は、天竜川河口沖では高波浪時に高くなる傾向を示すが、今切口沖合では、浜名湖への入退潮に伴う潮流の影響を強く受け、潮流の特定の位相（下げ潮時）に高くなる傾向を示す。
- 4) 岸沖方向の濁質フラックスは、平均的には天竜川沖合の観測点では岸向き、今切口沖合の観測点では沖向きとなったが、これは潮流と濁度発生との位相関係に起因していると考えられる。

今後は、濁度を線的にとらえるとともに、それを地形変化と関連づけることにより、河口周辺の土砂動態に及ぼす潮汐・波浪の影響を定量的に明らかにしていく予定である。

最後に、本研究は文部科学省科学技術振興調整費・重要課題解決型研究「先端技術を用いた動的土砂管理と沿岸防災」(研究代表者：豊橋技術科学大学・青木伸一、<http://enshu.tutrp.tut.ac.jp/>)の一環として実施したものである。ここに記して関係諸氏に謝意を表する。

参 考 文 献

- 有田 守・青木伸一(2004)：浜名湖における潮汐特性の経年変化に関する研究，海洋開発論文集，vol. 20，土木学会，pp. 1073-1078。
- 国土交通省浜松河川国道事務所(2007)：天竜川河口テラス計測業務報告書，96p。