

## 本明川の感潮域におけるSSの鉛直分布に関する一考察

西田 渉\*・野口 正人\*  
柳本 諭\*\*・平柴 良典\*Study on the Vertical Distribution of SS  
in an Estuary of Honmyo River

by

Wataru NISHIDA\*, Masato NOGUCHI\*  
Satoshi YANAMOTO\*\* and Yoshifumi HIRASHIBA\*

The Honmyo River which is the smallest A class river in Japan flows into the Isahaya Bay through Isahaya city in Nagasaki prefecture. Some observations held so far denote that values of Suspended Solids (SS) become large in an estuary. The river bed around its region is composed of extremely fine particles, and it is considered that both the resuspension and the deposition of particles have been occurred due to the tidal change. These phenomena affect the formation of cross section of river and also the prosperity and decline of tidal flat. Therefore, in order to investigate the vertical distribution of SS, field observations were carried out twice in the last fiscal year around the downstream reach of the Honmyo River.

According to the observation, it becomes apparent that SS changes in complexity by resuspension, deposition, and other phenomena. Furthermore, through an investigation of the vertical distribution of SS, sizes of particles are strongly related to the tidal change. Finally, it is shown that detailed field observation will be expected for the precise estimation of the behaviors of SS.

## 1. 緒 論

本明川は、長崎県諫早市を流れ、諫早湾へと流出する本県唯一の一級河川である。本明川の流路延長と流域面積は21.0km, 87.0km<sup>2</sup>であり、全国の一級河川の中で最も小さいものである。また、本明川の河口のある諫早湾は干満差の大きい有明海の一部であることから、河口から約5.0kmまでが感潮域である。一方、諫早湾については、干潮時に非常に微細な粒子で覆われた広大な干潟が現れるが、その面積は国内の干潟の総面積の約6%を占めていると言われている。

ところで干潟の消長を含めた海浜部の地形変化は、海域若しくは河川からの流送土砂の堆積に依るところが大きいと考えられている。諫早湾については、湾内

の底質が有明海沿岸部の底質と同様に極めて微細な粒子で構成されていることを考えると、主に海域から流送されてきた底質の堆積で次第に干潟が成長したものと思われる。一方で、河川から流下してきた溶存物質の一部は汽水域で化学変化を生じ、フロックを形成することも知られており、本明川からの流入水に含まれる物質も諫早湾の干潟の消長に少なからず寄与しているものと思われる。

諫早湾を始めとする水域の物質・水収支は、締切堤防や諫早湾干拓事業の進展に伴って今後大きく変化していくものと思われる。しかし、“干潟は再生されるか”という問題に対する解答を得るためにも諫早湾周辺水域での底質の挙動を明らかにすることは重要であ

平成9年4月25日受理

\*社会開発工学科 (Department of Civil Engineering)

\*\*大学院修士課程社会開発工学専攻 (Graduate Student, Department of Civil Engineering)

る。

そこで本研究では、本明川の感潮域に位置する不知火橋において連続観測を実施し底質の挙動を明らかにしようと試みた。通常、底質の移動は土粒子の粒径、掃流力に応じて掃流砂または浮流砂として流送されるが、ここでは、底質表面の粒子は微細であること、本明川感潮域での浮遊懸濁粒子(SS)の値が極めて大きいことから、浮遊砂として流送されるものと考えた。そのため、観測はSSの時間変化と鉛直分布とに注目した形で行われた。また観測結果を基にSSの変化と水理諸量との関係、並びにSSの発生機構を明らかにしようと試みた。

## 2. 本明川における現地観測

現地観測は、Fig. 1に示す不知火橋において、平成8年9月10日、12月9日の2回、いずれも一潮汐変化分に相当する9時から21時までの12時間で行われた。

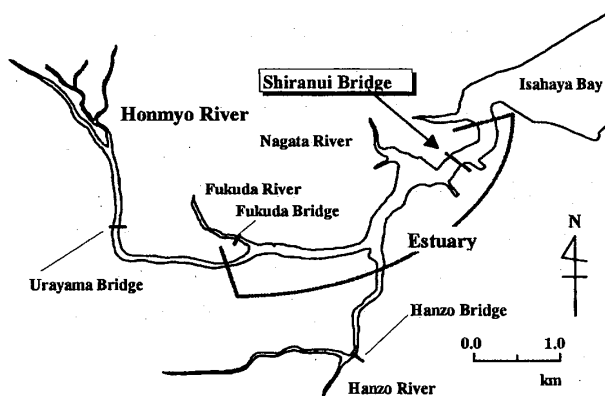


Fig. 1 The schematic view of Honmyo River.

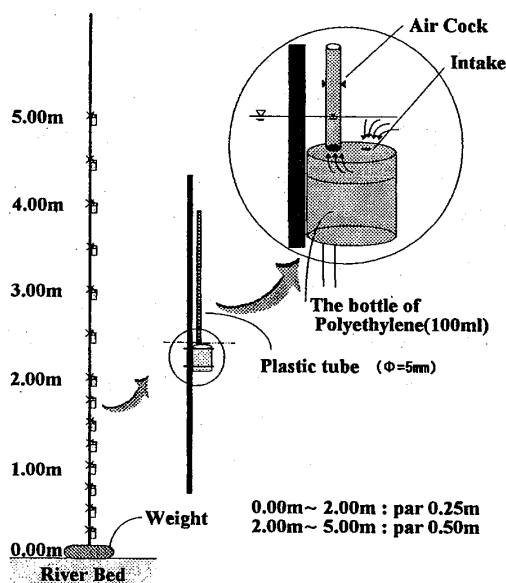


Fig. 2 The observed instrument of vertical distribution

採水は1時間毎に行われ、気温、水温、流速、川幅、溶存酸素(DO)、SS、塩化物イオン濃度(CI<sup>-</sup>)の計測が現地で行われた。不知火橋地点での水位の時間変化は、河川工学研究室に設置されている河川情報センター(FRICS)の端末機から1時間毎のデータを入力することにした。また、表面付近で採水された試料は、帰学後、試料を前処理された後に生物化学的酸素要求量(BOD<sub>5</sub>)、BOD<sub>d</sub>並びに化学的酸素要求量(COD)が計測された。なお、BOD<sub>d</sub>は濾過処理された試料を用いて計測されたBOD<sub>5</sub>の値であり、BOD<sub>5</sub>とBOD<sub>d</sub>との差が懸濁態のBOD<sub>5</sub>としてBOD<sub>p</sub>とされた。鉛直方向に採水された試料については、現地で直ちにSSとCI<sup>-</sup>とが計測された。

鉛直方向の採水を行うために、Fig. 2に示す採水器が作成された。採水器を作成するに当たり、採取された試料に採水器投下の影響がなるべく入ってこないようにすること、同時刻の採水が出来ること、安くで仕上げられることに留意した。そこで、採水器を所定の位置で沈める際に採水瓶中に河川水が入ってこないようにするため、チューブ上端のコックは閉じた状態にしておき、採水器の沈下による影響がなくなった後に(5~6分間後)、コックを一斉に開放することで採水がなされるようになっている。鉛直方向の採水間隔は、河床付近でSSの変化率が大きいと考えられること、干潮時に不知火橋付近での水深が浅いこと等の理由から、河床からの高さ2.0mまでを0.25m間隔、2.0m以上を0.5m間隔とされた。

## 3. 不知火橋での観測結果

Fig. 3は、平成8年12月9日の水位、流速、SSの観測結果と観測値を基に算出された底面摩擦応力の時間変化が示されている。この図を見ると、観測地点の水位は諫早湾の潮位変化を受けて変化し、干満差は3.0m以上あることが分かる。干潮時には、水位がほぼ一定となっていることから、河川の固有流量が流下しているものと思われる。流速は水位変化に連動した変化を示しているが、水位上昇時の時間変化は水位降下時に比べて大きいことが分かる。SSの時間変化を示す図には、観測から得られたSSの鉛直分布を基に算出された平均値(SS<sub>ave</sub>)が、水表面でのSS(SS<sub>0</sub>)と共に併記されている。当然のことながら、両者の値はSSの分布が鉛直方向に大きく変化している時に大きな差を生じているが、いずれの結果も同様の時間変化の傾向を示している。即ち、以前の観測結果にも見られたように、水位が最低になる時刻と再び上昇する時刻に採取された試料のSSは大きな値を示

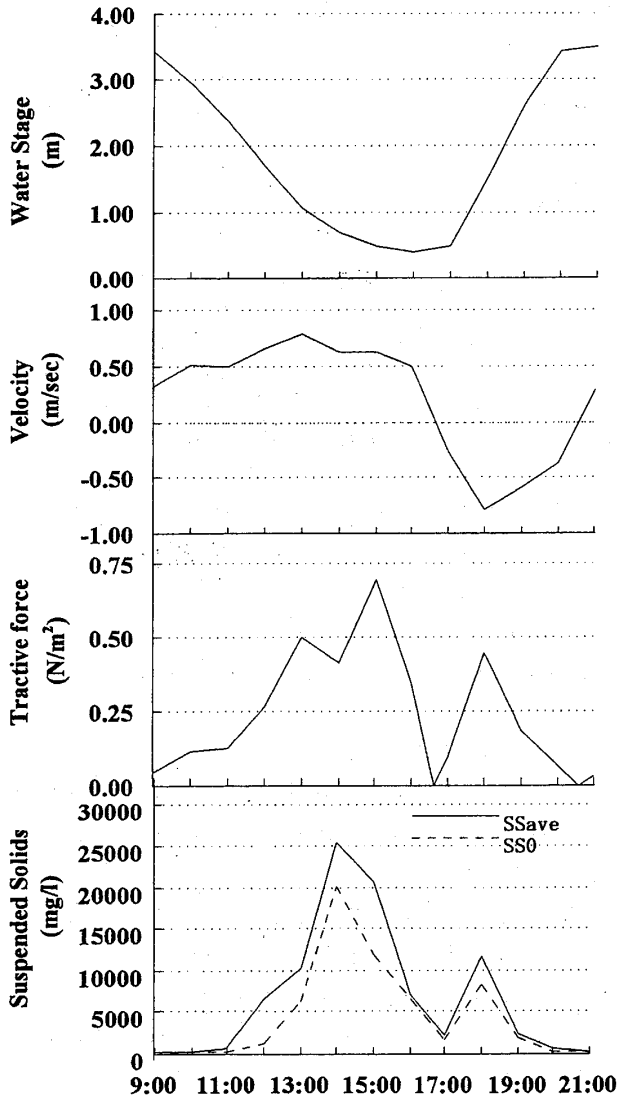


Fig. 3 Observed results at Shiranui bridge (Dec.9, 1996).

している<sup>1,2)</sup>. また、底面摩擦応力とSSaveとSSOの間には、非常に強い相関を有していることが分かる。ここで、観測結果を基に不知火橋地点でのSSの収支を調べると、諫早湾から本明川へ流送されてきたSSの内、1049.6m<sup>3</sup>が河道内に堆積したものと計算された。このことから感潮域の河床材の一部は、諫早湾から流送されてきたSSが堆積したものと考えられるが、より正確な結果を得るためには、流水断面内での詳細なSSの分布の観測が必要であることは言うまでもない。

4. SSの鉛直分布の結果

不知火橋で観測された各時刻のSSの鉛直分布の水位低下時と上昇時の結果が、Fig. 4 (a), (b)に示されている。

これらの図から、満潮憩流時にSSは比較的小さい値で分布していることが分かる。その後、諫早湾の潮汐変化を受けて水位が低下し、流速が速くなるにつれてSS値は増加しており、とくに水底付近での値が著しく増加している。この様な変化は、流速や算出された底面摩擦応力が増加していることを考えると、河床から相当量の底質を構成する土粒子の巻き上げが生じたためと考えられる。一方、水位上昇時にも流況の変化に伴ってSSの値は増加しているが、鉛直方向の分布はほぼ一樣なものになっている。更に、水位が最高位に近づき、流速が小さくなる時刻にSSは再び減少しており、満潮憩流時にはSSの河床への堆積が生じているものと思われる。以上のことから、本明川の感潮域のSSの鉛直分布は、流況の変化や底質の挙動に

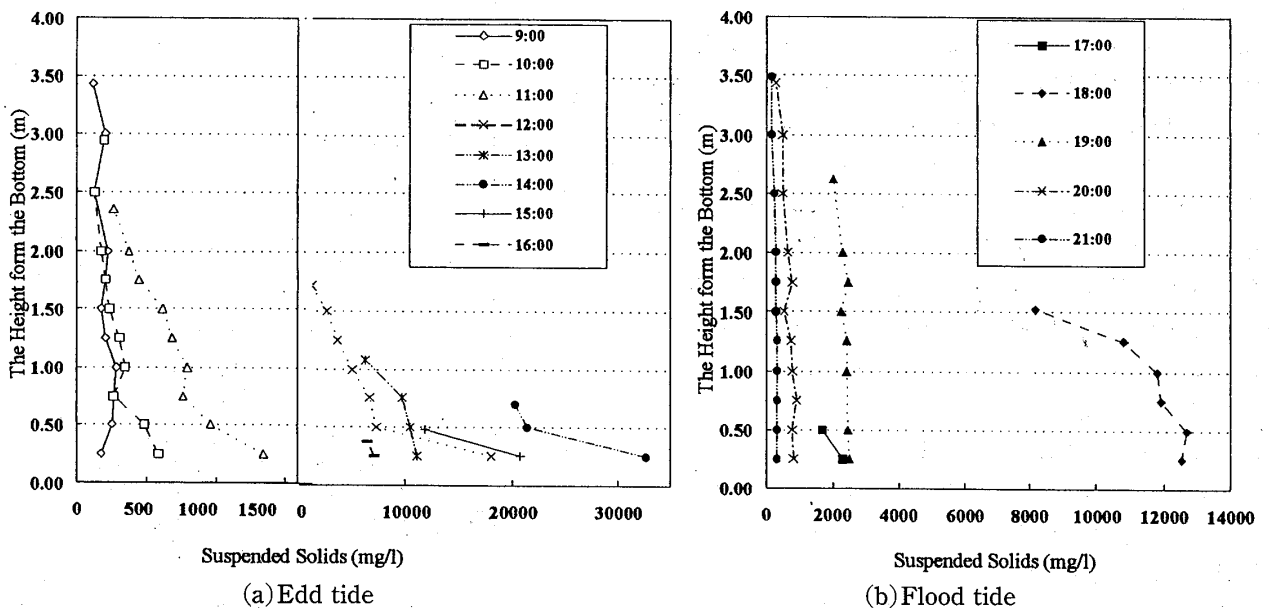


Fig. 4 Observed vertical distribution of SS.

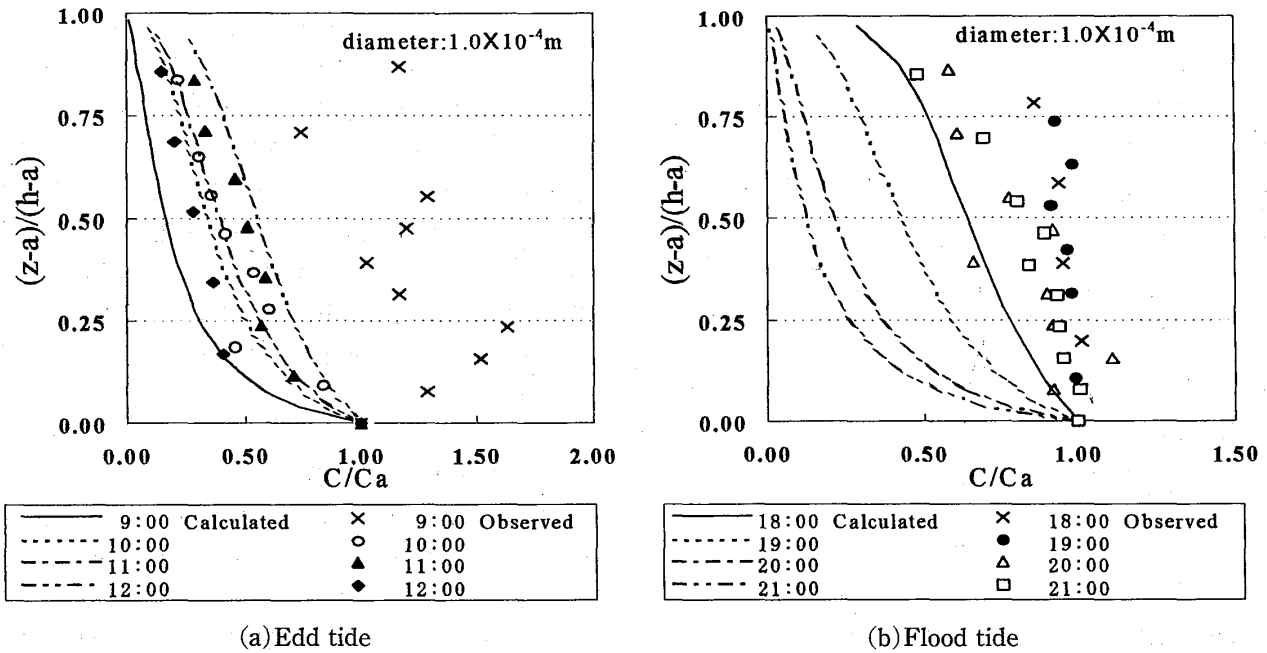


Fig. 5 The comparison between observed vertical distribution of SS and calculated results.

影響を受けていることが分かった。

つぎに、本明川感潮域でのSSの鉛直分布の特性を明らかにするために、観測結果と解析解とを比較し、検討を行った。以下にSSの鉛直分布の解析解を得るために用いられたH.Rouseの分布式を示す。この式の詳細な説明は省くが、算出されるSSの値Cは底面付近での値Ca(z=a)で、鉛直方向には水深hで基準化された形で表現されている。

Rouseの分布式

$$\frac{C}{C_a} = \left( \frac{h-z}{a} \right)^z : Z = \frac{w_0}{\beta \kappa u_*} \quad (1)$$

ここに、β：渦動粘性係数とSSの鉛直方向の拡散係数との比を表す定数、κ：Karmanの比例係数、w<sub>0</sub>：SSの沈降速度、u<sub>\*</sub>：摩擦速度、である。鉛直分布を計算するに当たり、κとβの値はそれぞれ0.4、1.2とされ、u<sub>\*</sub>は観測結果を用いて算出された。SSの沈降速度については、SSを比重2.60の球形と仮定してRubeyの沈降速度の式から算出された値が用いられた。基準面でのSS値は、z=0.05・hでの値が一般的に用いられるが、ここでは水底からの高さz=0.25mの値が代用された。

計算結果と観測結果とがFig. 5 (a), (b)に示されている。なお、SSの粒径は各時刻でd=1.0×10<sup>-4</sup>mとして取り扱われており、水深が1m以上ある時刻の結果のみが記入されている。

まず水位低下時の結果について、観測から得られたSSの鉛直分布は、9:00の結果を除いて、式(1)によ

り、概ね表現されているようである。しかしながら、個々の結果を比較すると時刻の経過につれて、観測値から算出されたC/C<sub>a</sub>は小さくなるのに対し、計算結果は逆の変化を示している。このような違いを生じるのは、Fig. 3に示された底面摩擦応力の時間変化を考慮すると、実河川では底面摩擦応力の増加に伴って、次第に粒径の大きな土粒子が河床から巻き上げられているためと考えられる。そこで、SSの粒径を時間毎に変化させて計算を行った。この時の計算結果との比較

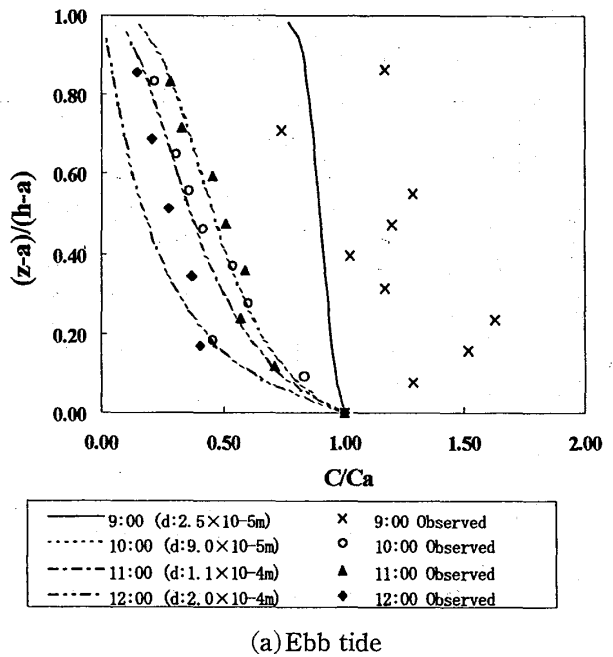


Fig. 6 The comparison between observed vertical distribution of SS and calculated results.

の図を Fig. 6 に示す。この図から、粒径を変化させて算出した結果が粒径を変化させない結果よりもSSの鉛直分布の時間変化の様子を良く表現していることが分かる。以上のことから、水位低下時には、底面摩擦応力の増加に伴って次第に粒径の大きな粒子が河床から巻き上げられ、流水中の代表粒径は大きくなるものと推察された。また、H.Rouseの分布式でSSの鉛直分布を算出するに当たっては、上に述べられた代表粒径の変化を考慮される必要があると考えられる。一方で、水位上昇時の結果に対する計算結果の適合性は良いとはいえなかった。水位上昇時の結果について計算結果と観測結果との間に違いが生じた原因として、既に考察がなされたように、実際の底質は一樣な粒径分布をしていないことや、水位の低下時や上昇時で流送形態の異なる粒子も含まれていること、水量的な時間変化が水位低下時には緩やかであったが、水位上昇時には比較的大きく、非定常性が強かったこと等が考えられる。

## 5. 結 論

本研究では、本明川の感潮域に位置する不知火橋において連続観測を実施し底質の挙動を明らかにしようと試みた。その結果、感潮域でのSSは、諫早湾の潮汐に影響を受けた流れの変化に伴って変化しており、

また、鉛直分布の観測結果から、河床からの底泥粒子の巻き上げや、懸濁粒子の沈降・堆積が繰り返し生じているものと推察された。今後は、各水位で採取されたSSの粒径の計測、流水断面内での細かい計測を行うことでSSの収支が解明されるものと期待する。

## 謝 辞

本研究において現地観測を実施、準備するにあたり、星野公秀（水資源開発公団）、矢代まゆみ（長崎大学大学院）、久保達哉（松本組）、藤崎将仁（長崎大学大学院）を始めとする本学河川工学研究室の学生諸氏の協力を得た。ここに感謝の意を表します。また、端末機を利用して戴いている建設省長崎工事事務所、並びに（財）河川情報センターの関係各位に深謝致します。

## 参 考 文 献

- 1) 西田渉・野口正人・満原一徳（1996）、河口部の底泥が河川水質に及ぼす影響評価、第30回日本水環境学会年会講演集、p.328.
- 2) 西田渉・野口正人・柳本論（1997）、締切堤の建設に伴う湾内の水質変化予測、水工学論文集 第41巻、p.457-463.