

本明川承水路区間における浮遊懸濁物質と河床材の現地調査

野副泰裕*・西田渉**・鈴木誠二**・上原勇一*

Field Observation of Suspended Solids and Bed Materials at Cut-off Chanel in Honmyo River

by

Yasuhiro NOZOE*, Wataru NISHIDA**, Seiji SUZUKI**, and Yuichi UEHARA*

It was necessary for the appropriate river management to grasp the spatial variation of river bed form. In 2008, Honmyo river was extended as the completion of Isahaya Bay reclamation project. Recently, ascent of river bed can be observed in this extended section.

In this study, regarding that the concentration of suspended matters is high and their settlement to the bed can be one of factors to cause the variation of river bed form, field observations on suspended solids (SS) were carried out. And soil tests were done for the bed materials. From the obtained results, there are relationship between SS and turbidity with high correlation value. Concentrations of SS and turbidity is low at the upstream and is becoming high around the midstream and downstream. The flow at the bottom layer affects the temporal changes of SS. The riverbed is covered with the fine particles classified by clay or silt. Regarding that the moisture content of riverbed is high, bed material can be picked up into flowing water.

Key words : *Suspended Solids, turbidity, the wind, the flow velocity, riverbed material*

1. はじめに

長崎県諫早市を流れる本明川は、国営諫早湾干拓事業が2008(平成20)年3月に完了し、同年4月25日に諫早湾干拓調整池が河川指定されたことを受け、河口が干拓調整池の北部承水路下流端まで延伸された¹⁾。この承水路区間は全長6,915mであり、川幅は約200mである。河床は、異常渇水や洪水に対応するために所定の高さに整備されたが、現在、河床高が変化している箇所があり、本明川承水路区間の形状等の実態把握は河道管理を適切に進めていく上で重要となっている。ここで、本明川承水路区間とそれに隣接する諫早湾干拓調整池については、水質や洪水時の流動構造、また

水温変化等²⁻⁴⁾に関する研究が行われてきたが、浮遊懸濁物質の時空間変化や輸送機構については、その全体像が解明されたとはいえない。このため、河床材を含めて現地調査を行い、浮遊物質の輸送構造の実態把握に努める必要がある。

本研究では、本明川承水路区間における浮遊懸濁物質の時空間変化を明らかにするために、現地観測を実施した。また、承水路区間の河床材を採取、土質試験を行い、土質力学的性状を調査した。

2. 現地調査の概要

本明川承水路区間の概要と本研究での計測地点は

平成27年1月23日受理

* 工学研究科博士前期課程 (Graduate School of Engineering)

** システム科学部門 (Division of System Science)

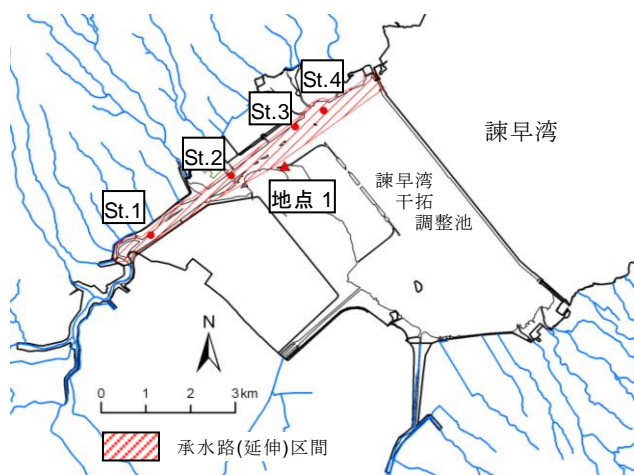


Fig. 1 承水路区間の概要と観測地点

Fig.1 のとおりである。

まず、浮遊懸濁物質等の現地観測は、2014(平成 26)年 11 月 5 日 8 時～6 日 6 時(11 月観測)と、同年 12 月 11 日 9 時～12 日 6 時(12 月観測)に実施した。計測地点は、承水路区間の 4 地点とし、上流と中流に各 1 地点(St.1, St.2)、下流に 2 地点(St.3, St.4)を設けている。St.1～4 では、浮遊懸濁物質(SS)の濃度と濁度等を計測し、St.1, 3, 4 で流速を計測した。各計測について、SS は自作の吸引式採水器を船上から下ろし、水底から 0.3m と 0.9m、表層の水を採水し、帰船後に分光光度計(HACH 社製 DR2010)を用いて測定した。濁度は、直読式の総合水質計(JFE 社製 AAQ1183)を用いて計測している。流速に関しては電磁流速計(KENEK 社製 VP2400)を用いて、最深位置を水底から 0.5m として、0.5m 間隔で計測すると共に、表層での計測も実施した。この計測では 40 秒間の平均値を取っている。さらに、現地観測日の前後を含めた期間に、風向・風速の連続観測を地点 1 にて行った。

つぎに、河床材の採取については、同年 10 月 29 日に St.1～4 で実施した。河床材は、船上から自作の採取器を河床に貫入させて柱状に採取され、土粒子の密度、含水率等の土質試験を実施した。

3. 現地調査の結果と考察

3.1 11 月観測

3.1.1 風速と風向

Fig. 2 に風速の時間変化を、Fig. 3 に観測時間中の風配図を示す。風速の測定結果から、風速は昼間に速く、夜間には静穏に近い状態となる日周期変化を示すことがわかる。風速は 0.1～1.8m/s の間を推移し、平均風速は 0.86m/s であった。また、風配図から調査時間に

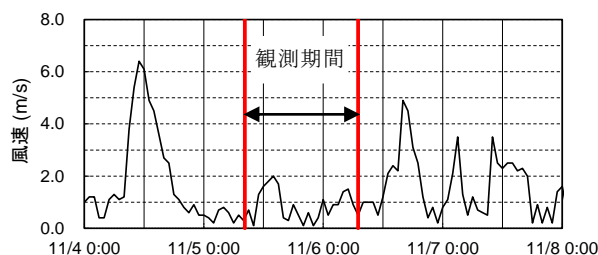


Fig. 2 11 月観測における風速の時間変化

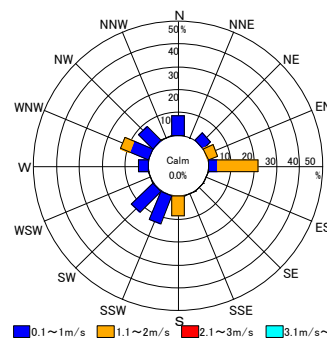


Fig. 3 11 月観測における風配図

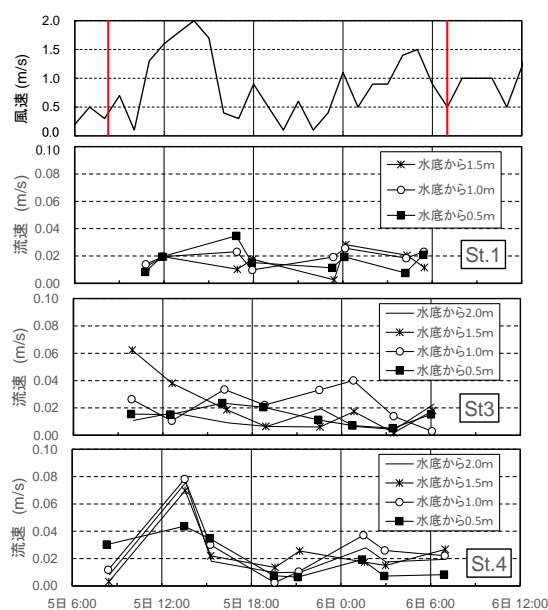


Fig. 4 11 月観測における流速と風速の時間変化

は東からの風が強く吹く傾向にあった。

3.1.2 流速

Fig. 4 に流速と風速の時間変化を示す。計測された流速の多くは 0.025m/s 未満であり、顕著な流れは現れていない。これは観測期間中に洪水の流入がなく、風速もさほど速くなかったためと考えられる。流速と風速を併せてみると、中流地点と下流地点において風速がほぼ静穏となる夜間に流速が低下することが分かる。

一方で、上流地点の流速に関しては他に比べて風の時間変化との関連性は小さいようである。ここで、下流地点では、13:30 の流速が速くなっているが、これは風の影響に加えて、この計測中に排水門操作がなされており、排水による流れが同地点でも生じたものと推察される。

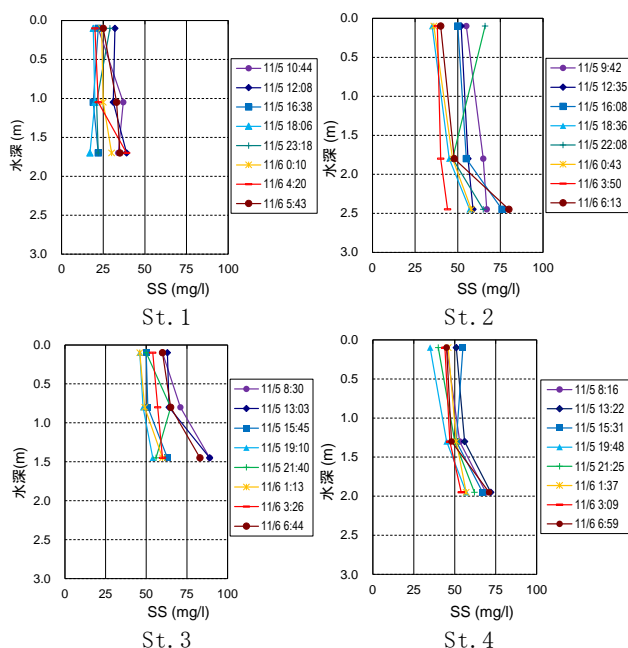


Fig. 5 11月観測におけるSSの鉛直分布

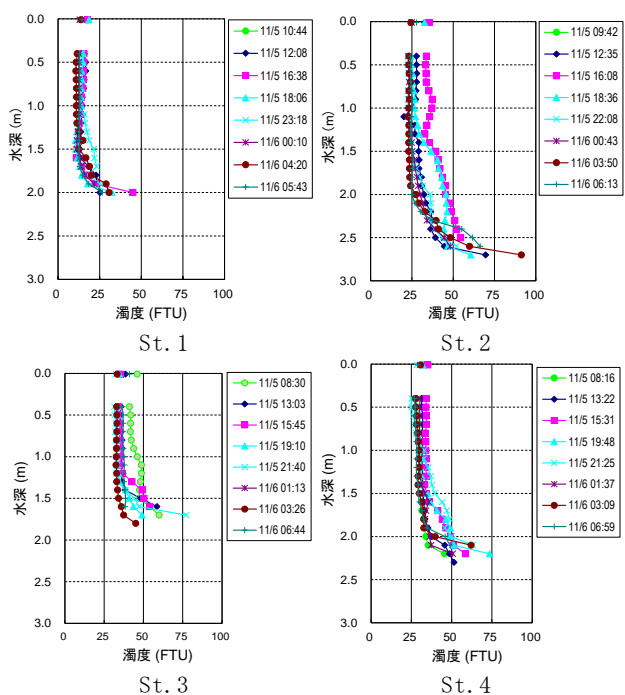


Fig. 6 11月観測における濁度の鉛直分布

3.1.3 SSと濁度

まず、Fig. 5にSSの鉛直分布を示す。SSの濃度は、深部で高くなる傾向があるが、水表面付近と水底から高さ0.9mとの濃度の差は大きくない。採水地点間の濃度を比較すると、上流地点で低く、中流から下流地点に向かって、次第に上昇することが示されている。

つぎに、Fig. 6に濁度の鉛直分布を示す。濁度は、SSと同様に、各観測地点で表層から中層にかけてほぼ一様に分布し、水底付近で高くなるように変化している。水面から水深1.0mまでの濃度は、上流地点で11.0～17.7FTU、中流地点で22.8～37.1FTU、下流の2地点で27.0～46.1FTUの間の値を取り、1日間の濃度差は中・下流地点で大きく、上流で小さい。また、下流側の濃度は上流側の2倍程度となることが示されている。

3.2 12月観測

3.2.1 風速と風向

Fig. 7に12月の風速の時間変化を、Fig. 8に観測時間中の風配図を示す。風速の測定結果から、11月観測と同様の日周期変化が現れていることがわかる。風速は0.1～2.4m/sの間で変化しており、平均風速は1.19m/sである。風向に関しては、北からの風の発生頻度が高い。

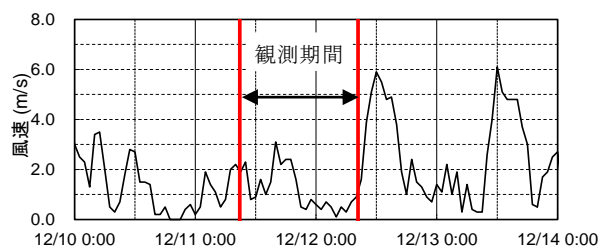


Fig. 7 12月観測における風速の時間変化

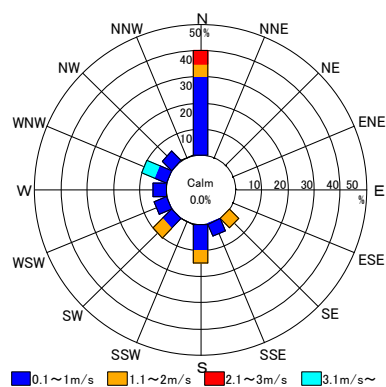


Fig. 8 12月観測の風配図

3.2.2 流速

Fig. 9 に流速と風速の時間変化を示す．計測された流速は0.075m/s以下で変化しており，St. 4とSt. 3では観測の開始時刻から12日0:40までの流速が比較的速い．St. 1での流速は11日22:05から観測の終了時刻(12日8:17)において速くなる傾向が見られる．

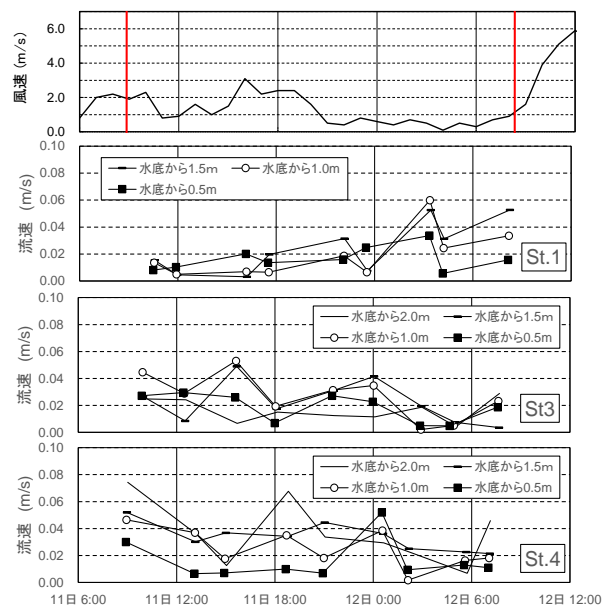


Fig. 9 12月観測における流速と風速の時間変化

3.2.3 SSと濁度

Fig. 10 にSSの鉛直分布を示す．SSは上流地点以外で表層と底層に濃度差が生じている．水底からの高さ0.5mから表層までの濃度は，上流地点で10～21mg/l，中流地点で93～124mg/l，下流地点で66～117mg/lの間の値を取っており，中流地点から下流側で高い．

Fig. 11 に濁度の鉛直分布を示す．水表面から水深1.0mまでの表層での濃度は，上流地点で8.9～14.7FTU，中流地点で11.4～36.6FTU，下流地点で33.8～74.4FTUであり，各計測時点で概ね一様に分布する．表層以深では，次第に濃度が上昇する．中流地点では表層で上流側の濃度に近いが，底層では下流側と同程度の高い値となるために，表層と底層との濃度の差が大きい．各地点での濁度の空間分布はSSの結果と似る．

ここで，SSと濁度の関係を示すとFig. 12のとおりである．図には11月観測の結果と，二回の観測結果から算定された線形回帰式を併記している．この結果が

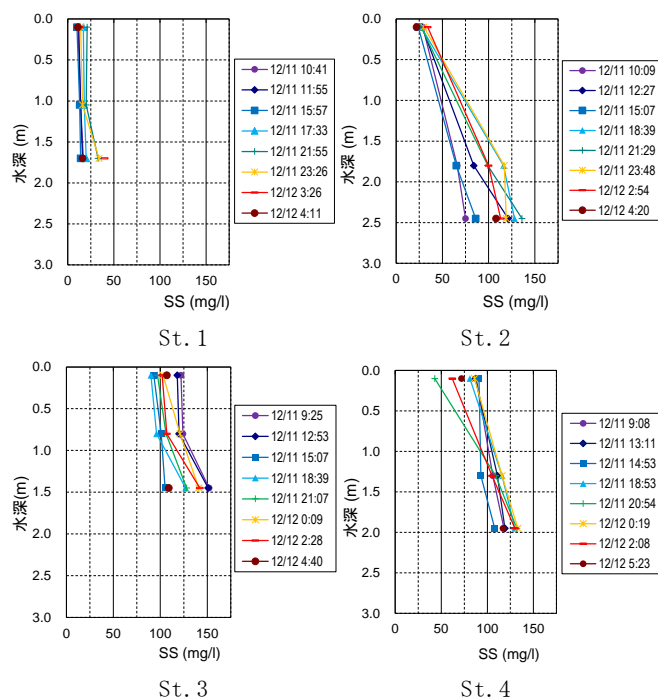


Fig. 10 12月観測におけるSSの鉛直分布

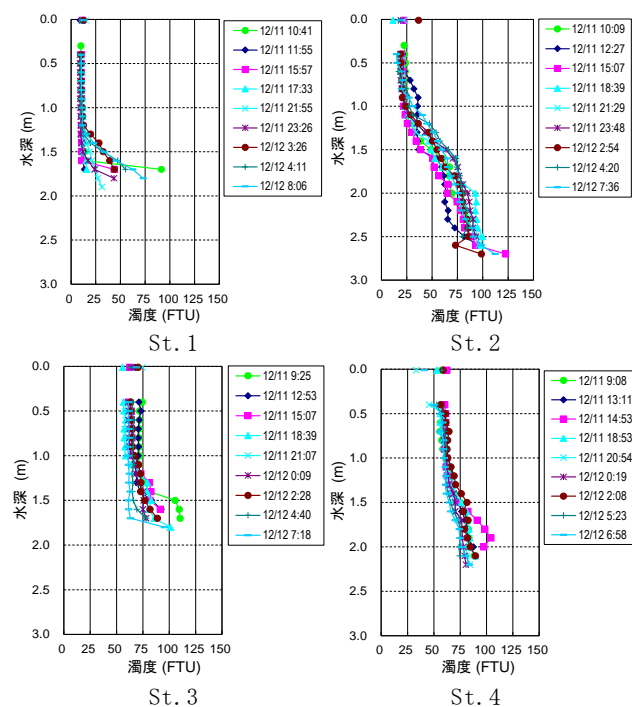


Fig. 11 12月観測における濁度の鉛直分布

ら，濁度とSSは水の濁りの程度を表す指標であり，両者は正の相関にあることが分かる．今回の場合，12月観測のSt. 3での結果において回帰式との差があるものの，算定された式によって両者の関係を表現できるものと考えられる．

本明川承水路区間における浮遊懸濁物質と河床材の現地調査

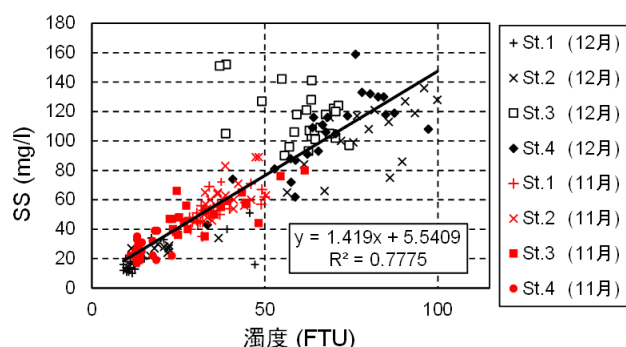


Fig. 12 SS と濁度の相関

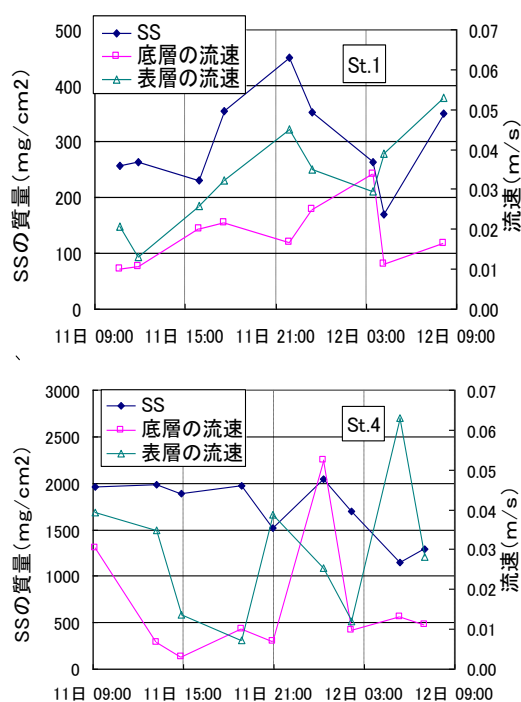


Fig. 13 12月観測における単位底面積あたりの水柱に含まれるSSの質量と流速の時間変化

つぎに、12月観測の結果について、単位底面積あたりの水柱に含まれるSSの質量と流速の関係を示すとFig. 13のとおりである。SSの変化を流速の結果と併せて見ると、上流地点では流速の経時的変化とともにSSの値が変化しているようであり、下流地点では底層の流速とSSの変化が類似しているようである。

4. 土質試験結果

現地にて採取された河床材の厚さは、St. 1～4において、それぞれ0.7m、1.7m、1.5m、0.8mであり、採取試料の上層(河床面側)、中層、底層の河床材について試験を行っている。

Table. 1 土粒子密度と含水率

密度 (g/cm³)	上層	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4
	中層	2.70	2.75	2.93	2.42
	下層	2.71	2.68	2.73	2.82
含水比 (%)	上層	2.80	2.54	2.66	2.69
	中層	105	222	221	260
	下層	124	152	183	193

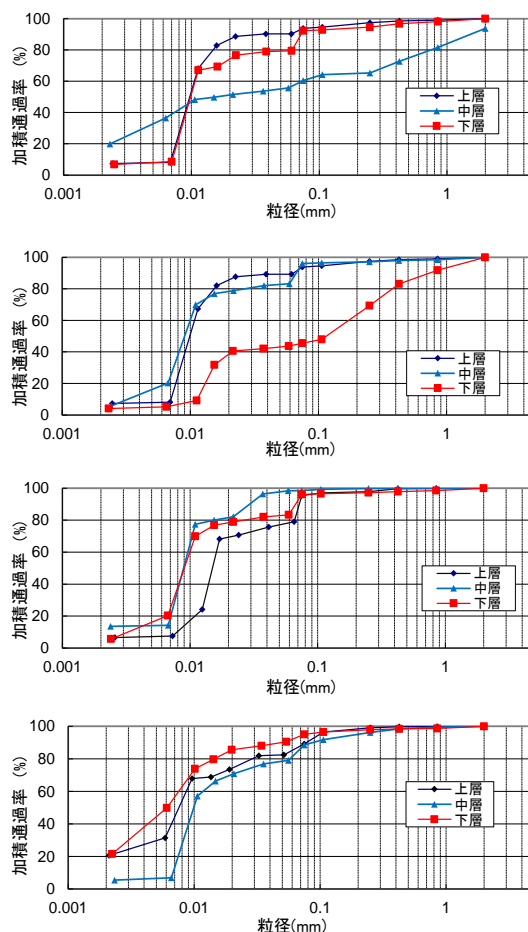


Fig. 14 粒度分布 (上から St. 1, 2, 3, 4)

Table. 1 に土の密度試験と含水比の結果を、Fig. 14 に土の粒度試験の結果を示す。土の密度は 2.42～2.8g/cm³ の値をとる。含水比に関しては、上層において、中流地点から下流地点では200%を超え、深さ方向に低減する分布となる。一方、上流地点では、それと逆の傾向にあり、下層側で高くなる。粒度分布に関しては、全ての地点の表層では、粘土とシルトに分類される土粒子が多く、細砂成分をわずかに含むだけであり、承水路区間の河床は、上流から下流までの広い範囲で微粒な土粒子で覆われているものと考えられる。また、河床の深さ方向には、一部に細砂成分が多い結果も見られるが、中層の粒度分布は表層のそれと類似

しており、ある一定の深さまで堆積していることが推測される。承水路区間の河床材は微細粒子であり、含水比の高い柔らかい状態で河床に存在していることから、流れの発生によって土粒子の巻上げが起りやすく、SS や濁度の変化に影響を与えられられる。

5. おわりに

本研究では、本明川承水路区間の浮遊懸濁物質の変化と河床材の土質力学的特性を明らかにするため、懸濁物質の現地観測と河床材の土質試験を行った。

まず、現地観測の結果から以下のことが推測された。SS と濁度については、両者の分布には類似性があり、相関関係が高いことが示された。承水路区間の河道軸に沿って、上流側で低く、中・下流側では比較的高い。また、上流側では1日間の濃度変化の幅は小さいが、中流と下流側で大きい。底層のSSの濃度は流速に応じた変化が推察された。

つぎに、土質試験の結果から、粒度に関しては全地点の河床材には粘土やシルト成分が多く含まれており、上流から下流まで広く覆っている。

今後は、浮遊懸濁物質の時空間変化をさらに明らかにするために、無降雨期間並びに雨天時を対象にした現地観測を実施したいと考える。また、浮遊懸濁物質や河床材の輸送メカニズムを明らかにするために、観測結果の解析と数値予測モデルの構築・現地適用を行い、周辺水域を含めた承水路区間での土砂輸送機構の解明に努めたい。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、平成26年度 国土交通省河川砂防技術研究開発助成(地域課題分野 河

川)の支援を受けた。併せて、国土交通省九州地方整備局長崎河川・国道事務所から貴重な資料を提供いただいた。また、本研究の一部は科学研究費補助金(26420501(代表：西田渉))の援助を受けた。関係各位に記して深謝申し上げます。現地観測の実施にあたって装置の設置や回収に協力頂いた2014(平成26)年度、大学院2年 重 龍樹氏、学部4年 上妻慶祐氏、古野 航氏、小川晃平氏に厚く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省，九州地方整備局，長崎河川国道事務所：本明川水系河川維持管理計画。
- 2) 上原勇一，西田 渉，鈴木誠二，野副泰裕：諫早湾干拓調整池の北部水域における水質変化の現地観測：長崎大学大学院工学研究科研究報告 Vol.44, pp51-57, 2014.
- 3) 西田 渉，鈴木誠二，岩尾良太郎，池永雄太：諫早湾干拓調整池における降雨時の流れの予測に関する研究，土木学会論文集，Vol.68, No.4, pp793-794, 2012.
- 4) 西田 渉，鈴木誠二：本明川延伸区間における夏季の水温変化とその数値解析，水工学論文集，Vol.55, 2011.
- 5) 社団法人，地盤工学会：土質試験—基本と手引き—（第二回改訂版），pp27-38, 2010.
- 6) 国土交通省，国土技術総合研究所：第6章 白川河口域の潮汐に伴う年間の土砂移動状況，pp128-130.