

9.1 河床材料の粒度構成に着目した土砂移動機構に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：水工研究グループ（水理）

研究担当者：箱石憲昭、石神孝之、坂野章

【要旨】

河川横断構造物の建設や砂利採取などをきっかけとした河床低下によって、樹林化や露岩化等の河川環境の劣化、床止め・橋脚等の河川構造物の安定性の低下、砂浜の減少などの問題が顕在化している。このための水系一貫した土砂管理の必要性が十分に認識され、それを実現する具体的施策が求められている。本研究は 幅広い粒径集団を持つ山地河道および石礫河川を対象として、個々の粒径集団が持つ役割を明確にするとともに、ダムからの排砂もしくは置土について下流河道にとって必要とされる量と質を決定する方法を提案することを目的としたものである。平成 23 年度は、工学上重要な“瀬と淵”の形成と関わりの深い砂礫州等の中規模河床形態の形成の場における、深掘れの規模や流砂量等の空間分布に対する河床材料粒度分布の影響について、水理模型実験により検討した。これによって、中央粒径が同一であっても河床材料の粒度分布が異なれば、瀬・淵の規模や流砂量も大きく異なることを確認した。また、今後の実河道での検証に必要なデータ収集の目的で、多摩川において河道の横断測量、河床材料調査等を行った。

キーワード：河床材料、粒度分布、水理模型実験、現地河川調査

1. はじめに

河川横断構造物の建設や砂利採取などをきっかけとした河床低下によって、樹林化や露岩化等の河川環境の劣化、床止め・橋脚等の河川構造物の安定性の低下、砂浜の減少などの問題が顕在化している。このための水系一貫した土砂管理の必要性が十分に認識され、それを実現する具体的施策が求められている。本研究は 幅広い粒径集団を持つ山地河道および石礫河川を対象として、(1)河道特性と河床変動および河床形態に関する個々の粒径集団が持つ役割を明確にする。(2)ダムからの排砂もしくは置土について、総合土砂管理の視点から下流河道にとって必要とされる量と質を決定する方法を提案することを目的としたものである。平成 23 年度は、工学上重要な“瀬と淵”の形成と関わりの深い砂礫州等の中規模河床形態の形成の場における、深掘れの規模や流砂量等の空間分布に対する河床材料粒度分布の影響について、水理模型実験により検討した。また、今後の実河道での検証に必要なデータ収集の目的で、多摩川において河道の横断測量、河床材料調査等を行った。

2. 水理模型実験

2.1 検討方法

実験は、長さ 60m、幅 2m のコンクリート水路の中

に、**図 2.1** に示す中央粒径を同一した 3 種類の粒度分布を有する河床材料を縦断勾配 1/100 で平坦に整形し、各材料において 2 種類の一定流量を重ねて通水した（**表 2.1** 参照）。通水中に、水位・流砂量・表面流速、通水後に、河床形状・粒度分布・流出土砂をそれぞれ測定した。通水中には、任意地点で流砂が採取できるように、**写真 2.1** に示すような流水抵抗の極力小さくした採取器を作り、この中央三角の尖った部分を河床に押込んで採取器を水平にし、一定量の掃流砂を捕捉するまでこの状態を保持した。粒度分布については、(1)通水中の流砂 (2)通水後の河床表面の試料（幅 10cm×長さ 15cm×厚さ 2cm） (3)通水後河床のΦ約 15cm×厚さ 5cm の試料 の各々を同一箇所

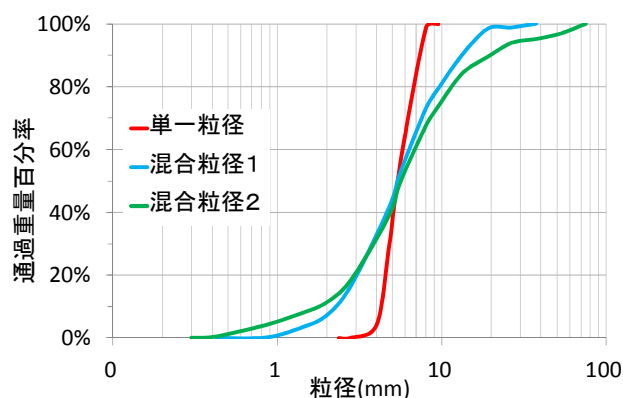


図 2.1 河床材料粒度分布

表 2.1 実験ケース一覧

実験No.	河床材料			流量	Fr	τ^*	幅水深比 (B/H)	水深粒径比 (H/d ₅₀)	通水時間 (分)	
		d ₅₀ (mm)	d ₁₆ /d ₈₄							
ケース1	-1	単一粒径	5.5	1.6	流量小(127 l/s)	0.9	0.08	30	13	150
	-2				流量大(186 l/s)	1.0	0.10	20	18	120
ケース2	-1	混合粒径1	5.5	4.1	流量小(127 l/s)	0.9	0.08	30	13	168
	-2				流量大(186 l/s)	1.0	0.10	20	18	127
ケース3	-1	混合粒径2	5.5	5.2	流量小(127 l/s)	0.9	0.08	30	13	159
	-2				流量大(186 l/s)	1.0	0.10	20	18	117



してふるい分け試験を行った。なお、水路上流部河床を砂の供給部分としており、河床材料の供給は行ってない。

2.2 検討結果

2.2.1 河床形状と流況

図 2.2 は、各ケースの空中写真・河床横断図・表面流速について比較したものである。空中写真と表面流速は、それぞれ流量小に流量大を重ねて通水した直後と直前の状況であり、白色の範囲が淵の部分となる。単一粒径と混合粒径1のケースでは、平面形状が同規模の礫州が形成されるが、淵の深掘れについては、単一粒径の方が顕著である。この河床状態における流況として、止水直前における通水中の表面流速のベクトルから判断すると、単一粒径の方が流れの偏りが大きく規則的な蛇行流を示す傾向の強いことが確認できる。また、混合粒径2では、礫州の形成がほとんど見られず、河床横断形状の偏りも他の2ケースと異なり極端に小さいことが確認できる。

2.2.2 掃流砂量と粒度分布

図 2.3 は、任意の4地点 (図 2.2 に示す各ケースの

①~④地点) の掃流砂量について材料別と流量別に比較したものである。これによると、地点による値のバラツキは非常に大きく、その状況は材料及び流量が変わっても同様にバラツキは大きい (例えば、単一粒径で流量小の④の位置における掃流砂量はゼロ)。当ケースは前述のように礫州の瀬と淵の比高が大きいことから、礫州の影響により流れが規制され当該地点の河床近傍で限界掃流力以下の流れ状態になったことが主な要因であると考えられる。

図 2.4 は、混合粒径1のケースにおける地点別の河床材料 (河床表面及び河床中) と流砂の粒度 (d₁₆、d₆₀、d₈₄) について、流量別に比較したものである (棒グラフの棒の長さが d₆₀ を示す)。河床表面の粒度は流砂や河床中の粒度と比較して地点によるバラツキが大きく、流量が変わっても同様である。このことは、河床表面の河床材料調査結果を分析する際には、特に採取位置との関係を明確にする必要が高いことを示唆していると考えられる。また、計算値 (芦田・道上式) と実験

※写真及び番号はQ大の通水後で、粒度分布及び空隙率測定箇所(流砂、表面、中)

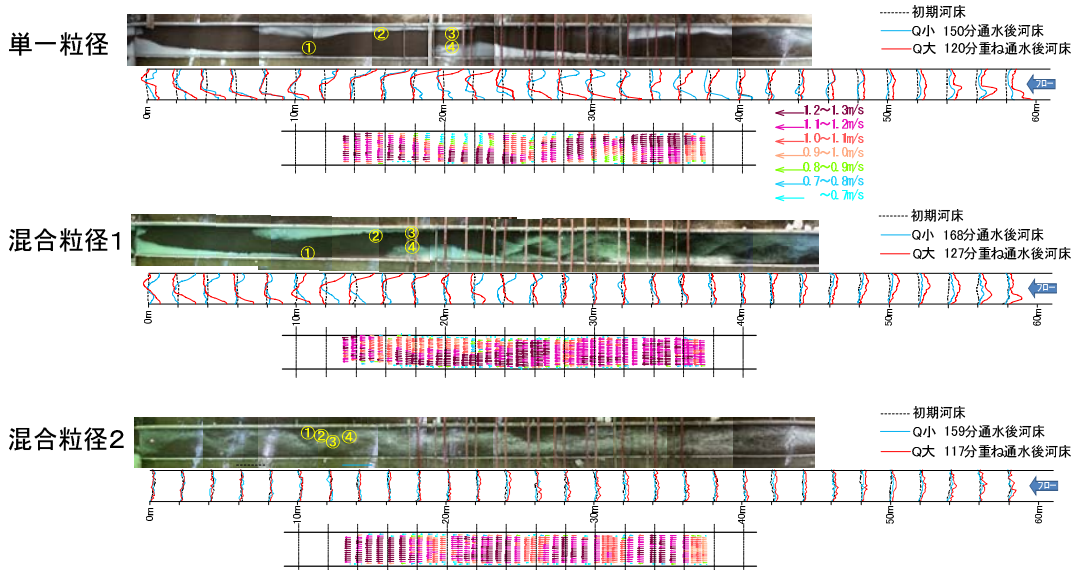


図 2.2 河床の平面形・横断形及び表面流速分布

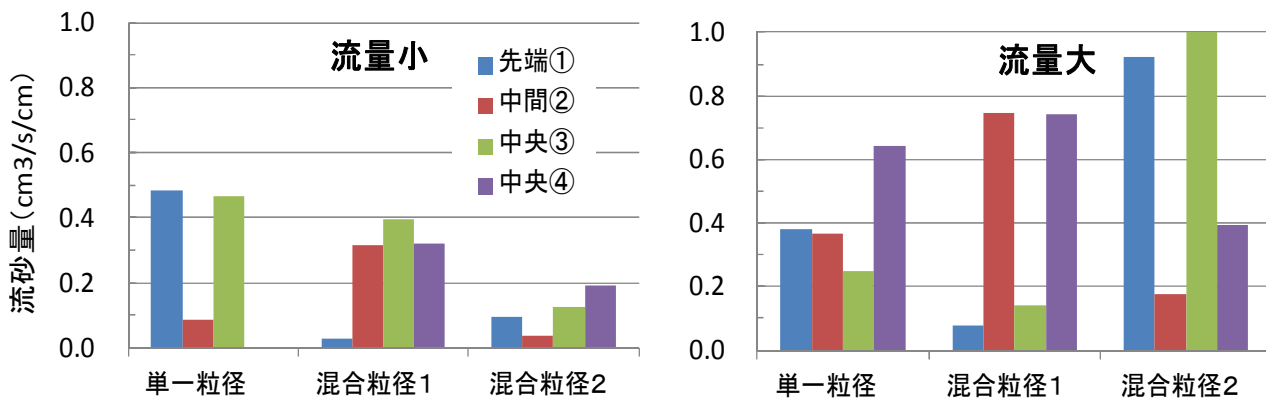


図 2.3 地点別掃流砂量

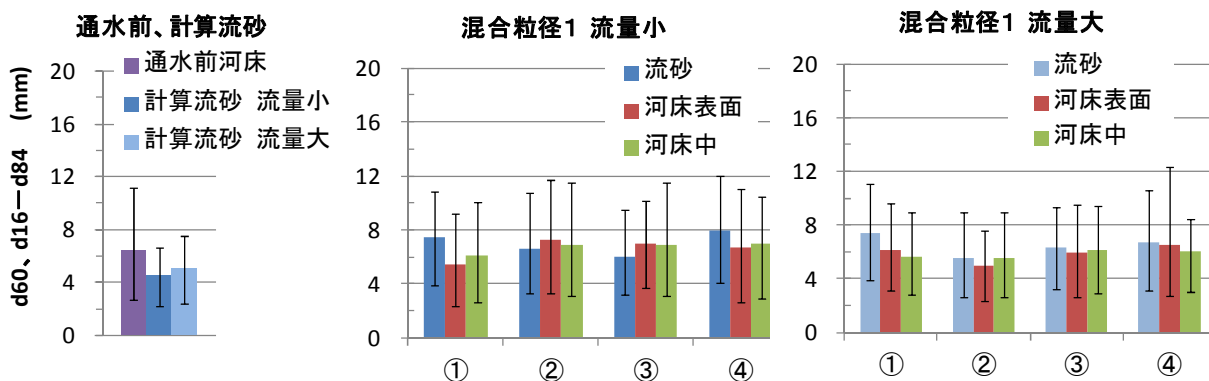


図 2.4 流砂及び通水後河床材料の地点別粒度

値を比較すると、地点・流量に係わらず、実験の方が流砂の粒度及び混合度 (d_{84}/d_{16}) が大きくなる傾向を示す。芦田・道上式の粒径別の限界掃流力の基本である Egiazaroff の理論では、混合粒径の場合に、平均粒径より大きな粒子は動きやすく、小さな粒子は動きにくいことを想定している。本実験で、Egiazaroff の想定がさらに強調され、大きな粒子の動きが顕著になることを確認した。

3. 現地河川のデータ収集

過去に取得された横断測量結果・河床材料調査結果等の各種データの補完、水理模型実験や今後開発する河床変動計算モデルの検証データの収集のため、多摩川において、横断測量・河床材料調査・出水時の水位計測等を行った。なお、今回の多摩川の調査区域（主に 51.0k~53.3k の範囲）は、上流側に取水堰が存在しており堰の直下流に置土（さらに上流の堰に堆積した土砂）を行っており、置土等を行っているダム下流河川の状態に近いと考えられることから選定したものである。

3.1 河道横断測量

一般的に河川の横断測量は河川管理者が距離標（多

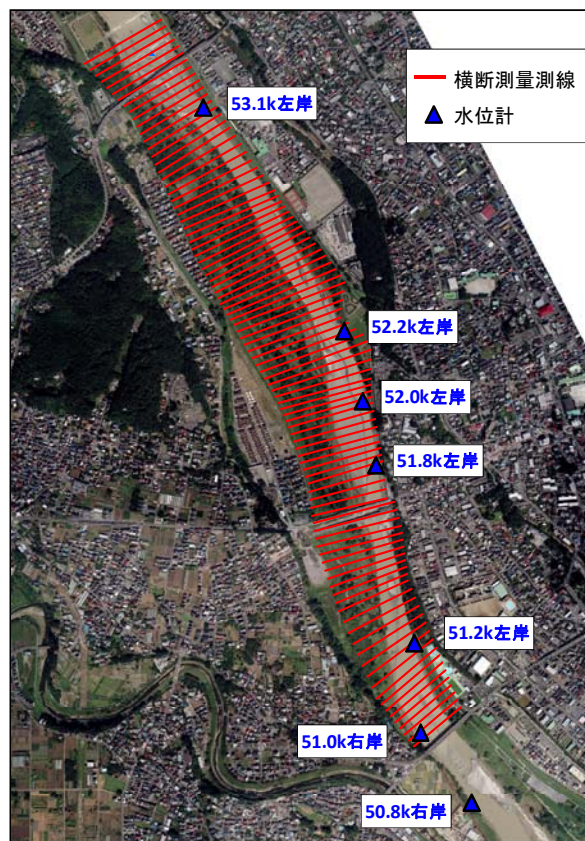


図 3.1 多摩川横断測量測線及び水位計設置位置図

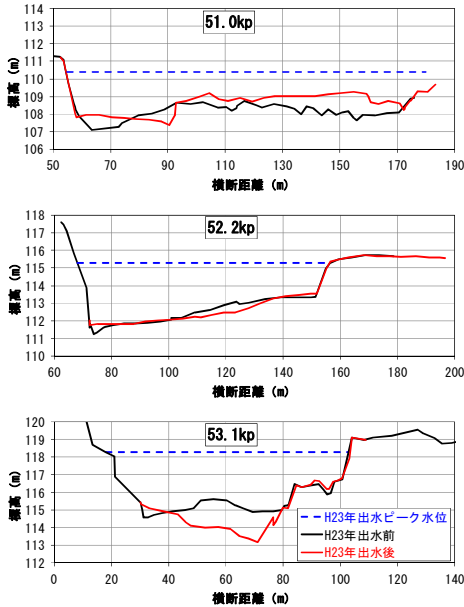


図 3.2 河道横断面図

ことが多い。本検討では、出水前後の地形変化を詳細に把握するため、多摩川の 51.0k から 53.3k の区間を縦断距離 25m 間隔 (全 93 側線) で実施した。横断測量の区間及び測線を図 3.1 に示す。測量結果として横

摩川は縦断距離 200m 間隔) 上の横断測線で 4~5 年に 1 回程度実施している

断図 (51.0k、52.2k、53.1k 地点) を図 3.2、河床縦断図を図 3.3 に示す。H23 年の出水で本区間の上流側は洗掘され、下流側は堆積している傾向がある。

3.2 河床材料調査

河床材料調査については、前述の横断測量区間の上下流に範囲を広げて 32.1k~58.0k の区間で調査を行った。調査は 48 測線で、線格子法 (50m の測線で 0.5 間隔の直下にある砂礫の中径を計測) により表層の河床材料の計測を行った。図 3.4 に H23 年度出水前 (過年度別途実施) 及び H23 年度出水後 (今回実施) の中央粒径 (d_{50}) の縦断分布図を示す。前述の横断測量結果を含めて H23 年出水での 51.0k~53.3k 区間の河床材料の流下状況を推定すると、堰直下 (53.3k 付近)

断図 (51.0k、52.2k、53.1k 地点) を図 3.2、河床縦断図を図 3.3 に示す。H23 年の出水で本区間の上流側は洗掘され、下流側は堆積している傾向がある。

図 3.3 河床縦断図

断図 (51.0k、52.2k、53.1k 地点) を図 3.2、河床縦断図を図 3.3 に示す。H23 年の出水で本区間の上流側は洗掘され、下流側は堆積している傾向がある。

断図 (51.0k、52.2k、53.1k 地点) を図 3.2、河床縦断図を図 3.3 に示す。H23 年の出水で本区間の上流側は洗掘され、下流側は堆積している傾向がある。

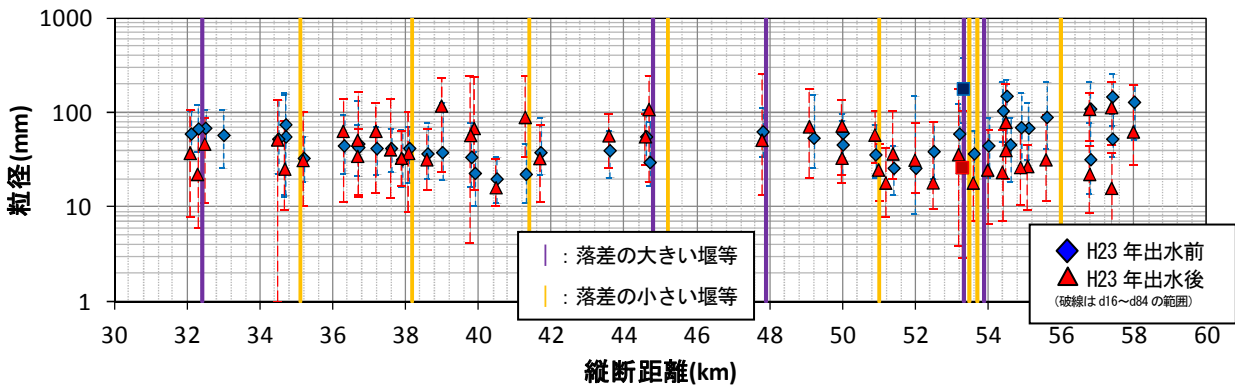


図 3.4 河床材料調査結果 (d_{50})

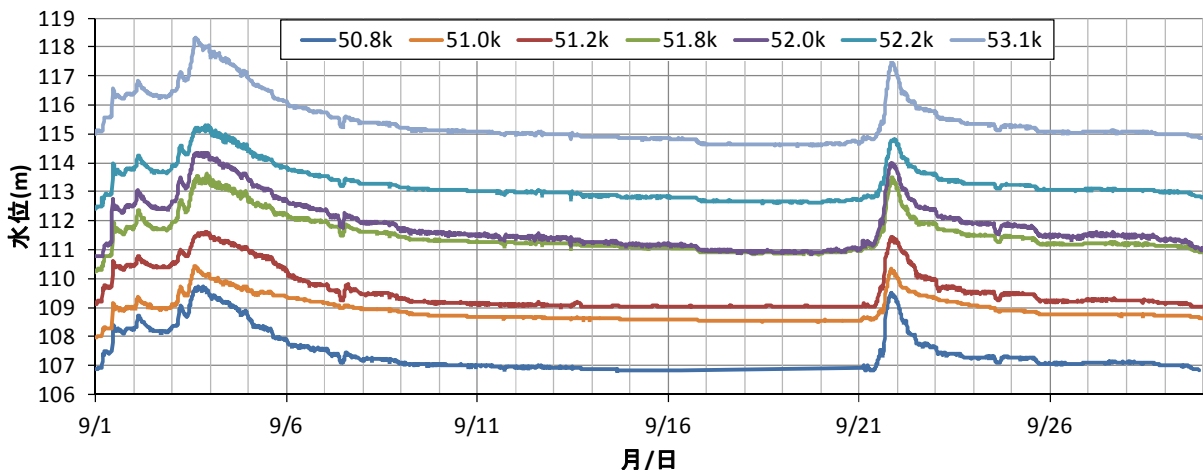


図 3.5 水位計測結果 (9/1~9/30)

の置土（粒径の大きい材料）が下流に供給され、51.0 k 付近の河床材料が若干粗粒化している傾向が見られる。

3.3 出水時水位計測

本検討では、50.8k～53.1k の区間に水圧式水位計（計測間隔：15 分間隔）を7箇所設置（図 3.1 に設置箇所を示す。）し、出水中の水位を計測した。H23 年の多摩川の出水の中では9月上旬の台風 12 号に伴う出水が最も大きく、図 3.5 に9月の水位観測結果を示す。出水の規模として図 3.2 の横断図に示すとおり高水敷付近まで水位が上昇しており、平均年最大流量程度の規模の出水と推定される。なお、多摩川では H19 年に戦後最大規模の出水があり、H23 年の出水は H20 年以降では最大の出水であった。

4. おわりに

本検討の水理模型実験によって、河床材料の粒度分布の幅が中規模河床形態の形状や流砂特性等に大きな影響を与えることがわかった。このことは、現在、礫床河川で顕在化している治水や河川環境の問題に対する一つの有効な対応策として、河床材料の粒径に着目することの重要性を示唆するものと考えられる。

今後は、水理模型実験において、粒径集団の役割をより明確化するため、河床材料の全体の粒度分布幅をほぼ一定としながらも粗粒分及び細粒分の割合を変化

させた河床材料での実験を実施するとともに、現地調査については、引き続き出水時の河道変化等の調査・データ収集を行う予定である。また、実験等で得られた粒径集団の役割を考慮する河床変動計算モデルの開発に着手する予定である。

謝辞

本課題の実施にあたって、実験水路は国土交通省国土技術政策総合研究所の所有する河川水理実験施設に設置させていただいた。また、多摩川現地観測における計測機器設置及び観測データについては、国土交通省関東地方整備局京浜河川事務所及び国土交通省国土技術政策総合研究所に多大なるご協力を得た。ここに記して、謝意を表します。

参考文献

- 1) 長田健吾ほか:石礫河川の二次元河床変動解析法を用いた安部川網状流路の数値解析、水工学論文集、第 54 巻、2010.2.
- 2) 藤田光一ほか:大礫床表面における砂の堆積状況と浮遊砂量との関係についての実験的検討、水工学論文集、第 52 巻、2007.2.

STUDY ON SEDIMENT MOVEMENT MECHANISM THAT PAID ITS ATTENTION THE PARTICLE SIZE CONSTITUTION OF RIVER BED MATERIALS

Budgeted : Grants for operating expenses
General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Hydraulic Engineering
Research Group (River
and Dam Hydraulic
Engineering)

Author : HAKOISHI Noriaki
ISHIGAMI Takayuki
SAKANO Akira

Abstract : By the bed degradation of a river crossing structure and gravel extraction etc. problems, such as the fall of the stability of river structure things, such as degradation of river environment, such as development of thick growth of trees and naked rock, and ground sill, a bridge pier, and reduction of sands, are actualizing. For this reason, the necessity for the sediment management which carried out river system consistency is fully recognized, and it is asked for the concrete measure which realizes it. This study aims at followings for the river of mountainous district and the gravel bed river with a broad particle-diameter group. (1) Clarify the role which each particle-diameter group about the river characteristics, river bed change, and river bed configurations has. (2) Propose the method of determining the quantity and the quality which are needed for down-stream river from the viewpoint of comprehensive sediment management, about discharged sand from dam or method of sediment supply. In FY2011, the hydraulics model experiment examined the influence of the river bed material particle size distribution to the space distribution of the scale of scouring, sediment discharge, etc., such as gravel bars with deep relation of riffles and pools. If with this, if the particle size distributions of river bed materials were different even if central particle size was the same, sediment discharge and scale of riffles and pools were clear difference. In addition, cross-section surveying and investigate river bed materials in Tama River.

Key words: river bed materials, particle size distribution, hydraulics model experiment, survey in actual river