

東京湾多摩川河口周辺域における底質環境の時空間変動特性

Temporal and Spatial Variations of Bottom Sediment the Tama River Mouth in Tokyo Bay

有路隆一¹・八木 宏²・灘岡和夫³・中川康之⁴・小川浩史⁵・下迫健一郎⁶・木村俊介⁷

Ryuichi ARIJI, Hiroshi YAGI, Kazuo NADAOKA, Yasuyuki NAKAGAWA, Hiroshi OGAWA
Kenichiro SIMOSAKO and Syunsuke KIMURA

This study was aimed at investigating temporal and spatial variations of the bottom sediment characteristics at Tama River mouth in Tokyo Bay. The bottom sediment samples were taken every 3 months from 28 points, including an offshore site(<-24), shoal(-2m ~ -10m) and river line bed around Tama River mouth. The paper shows the drastic change of sediment properties, such as water content and organic content, especially at the offshore site by the attack of the typhoon in the early September of 2007 and it took about 2 year for the sediment properties have recovered to the condition before the event. The paper also discusses the seasonal variation of sediment properties depend on the sampling sites.

1. はじめに

多摩川河口部は、東京湾最大の河口干潟が形成されており、希少性の高い種を含む生物多様性の高い生物群集による東京湾の中でも豊かな生態系が見られる場所である(たとえば、羽田周辺水域環境調査研究委員会, 2007)。現在、東京国際空港(羽田空港)では多摩川河口部に4本目の滑走路が建設されている。新設滑走路による環境変化の動向を評価するためには、場の持つ環境特性を十分に把握しておく必要がある。特に底質環境は、水質や底生生物の生息環境の変化に直接影響を与える重要な環境因子であるものの、大規模な出水や台風時の高波浪など不定期なイベントの影響を強く受け(たとえば、Jorgeら, 2005)、また、その履歴が残る底質環境特性については、単に建設工事前後の変化を比較するだけではその評価が難しい。さらに、河川からの淡水流入や海域からの波・流れ等の影響が重なる河口部・河口域(たとえば、八木ら, 2009)の底質環境は複雑であり、実態が十分に把握されているとは言えない。

そこで本研究では、底質環境の長期的な時空間変動構造の把握を目的として、多摩川河口周辺域を対象として底質結果をもとに含水比等の底質性状の分布や変動特性を調べた。

2. 調査概要

(1) 調査対象水域及び調査地点

本研究は、図-1に示す多摩川河口部から沖合海域にあたる河川流軸方向約6kmの空間を対象として、時空間変動構造を把握するために計28地点の観測点を設定して底質調査を実施した。

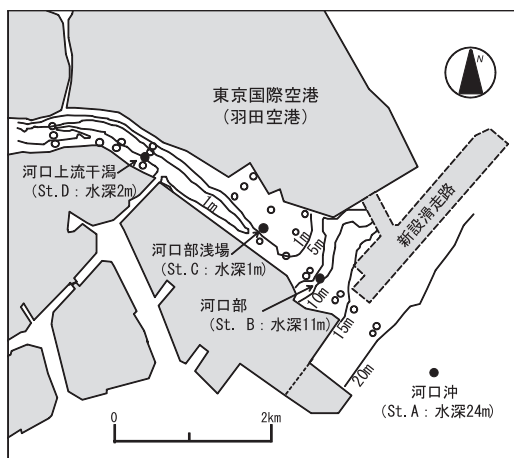


図-1 調査地点と水深コンタ。●, ○: 底質調査地点

(2) 調査内容

調査は2006年から行っており、本研究における解析対象期間は、2007年5月から2009年10月までの約2.5カ年である。この期間において、四季毎に合計12回、アクリ

- | | |
|------------|--|
| 1 正会員 | (独法) 港湾空港技術研究所海洋・水工部
沿岸土砂管理研究チーム研究官 |
| 2 正会員 博(工) | (独法) 水産総合研究センター水産工学
研究所水産土木工学部水産基盤グループ
環境水理研究チーム長 |
| 3 フェロー 工博 | 東京工業大学大学院教授情報理工学研究科
情報環境学専攻 |
| 4 正会員 修(工) | (独法) 港湾空港技術研究所海洋・水工部
沿岸土砂管理研究チームリーダー |
| 5 博(農) | 東京大学大気海洋研究所海洋地球シス
テム系海洋化学部門生元素動態分野准教授 |
| 6 正会員 博(工) | (独法) 港湾空港技術研究所海洋・水工部
海洋研究領域長(前国土交通省関東地方
整備局横浜港湾空港技術調査事務所長) |
| 7 | 国土交通省港湾局振興課専門官(前国土
交通省関東地方整備局横浜港湾空港技術
調査事務所調査課長) |

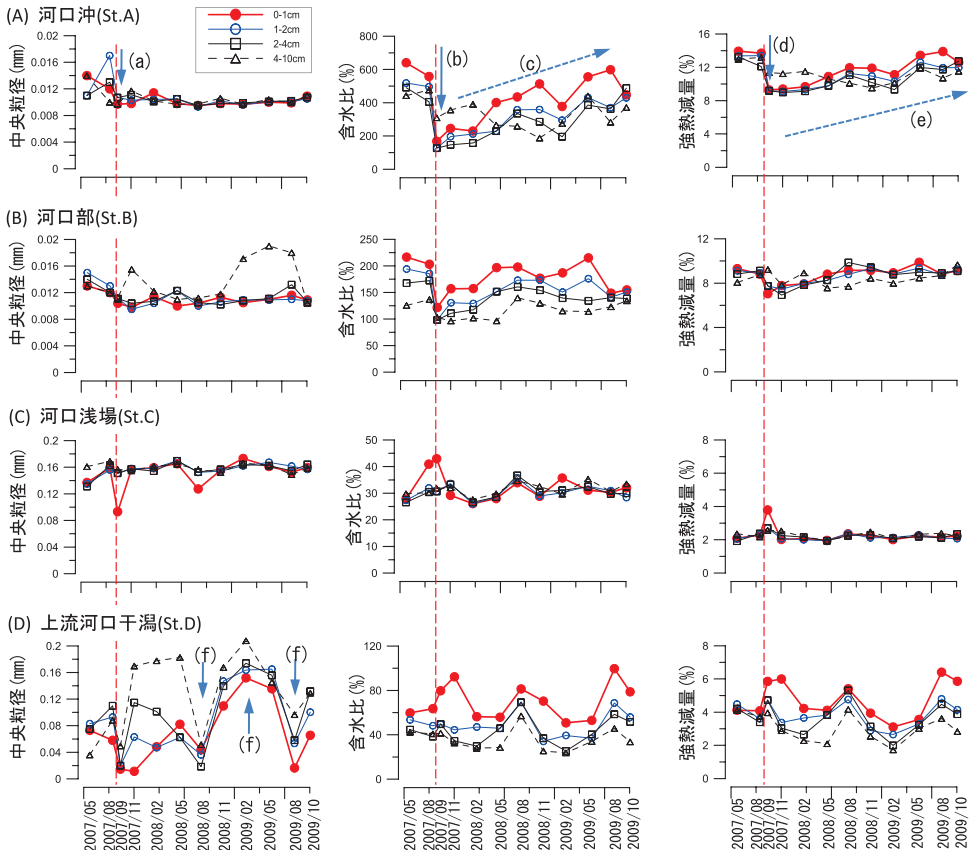


図-2 底質性状に関する時系列変動。---は、2007/9/6～7の大出水を表す

ルコアを用いて、ダイバー作業による柱状採泥（深さ30cm）を行った。採取した試料は、現地にて直ちに、コア下層側からの押し出し方式によって、0-1cm, 1-2cm, 2-4cm, 4-10cmの4層に分取し目視観察、酸化還元電位計測等を行った。さらに、分取した試料は、粒度組成、含水比、間隙水栄養塩、強熱減量、硫化物濃度等の分析試験を行った。

底質特性の解析にあたっては、対象水域の地形的特徴（図-1）及び粒度組成から、St. A（河口沖：シルト粘土分率がほぼ100%を占める領域）、St. B（河口部：河道と河口沖の斜面部分にあたる領域）、St. C（河口浅場：水深が約1m程度の河口部前面の砂質域）、St. D（河口上流干潟：河口部上流0.5km地点に広がる河口干潟）を代表地点として選定し、それらの比較を中心に検討を行った。

なお、観測期間中の2007年9月には、台風が関東地方へ接近（2007年9月6日から7日未明）したことにより、多摩川石原水位観測所では、戦後2番目の水位（京浜河川事務所、2007）となる記録的な大出水が発生した（以下、「大出水」とする）。このイベントにより、SSはわず

か12日間において6.6年分が流出したこと（二瓶ら、2008）、また、東京湾では有義波高が2.5m、同周期が5sを超える高波浪による底泥の巻き上げ等が生じたこと（中川ら、2008）等が報告されており、台風の通過とそれに伴う大出水の発生が周辺水域の底質環境に大きな影響を与えた可能性がある。そこで、本研究では、調査結果の解釈にあたって、季節変動等とともに、2007年9月に発生した大出水が河口周辺域の底質環境に与えるインパクトに着目して検討を行った。

3. 調査結果と考察

(1) 底質の長期変動特性

ここでは、対象とした代表調査点（河口沖：St. A、河口部：St. B、河口浅場：St. C、河口上流干潟：St. D）ごとの底質の長期変動特性を検討し、水域ごとの底質特性の相違を把握することを試みた。4地点の底質特性に関する4分取層（0-1cm, 1-2cm, 2-4cm, 4-10cm）の時系列変化を図-2に示す。

a) 河口沖、河口部における時系列変動特性

河口沖（St. A）では、2007年9月の台風通過による大

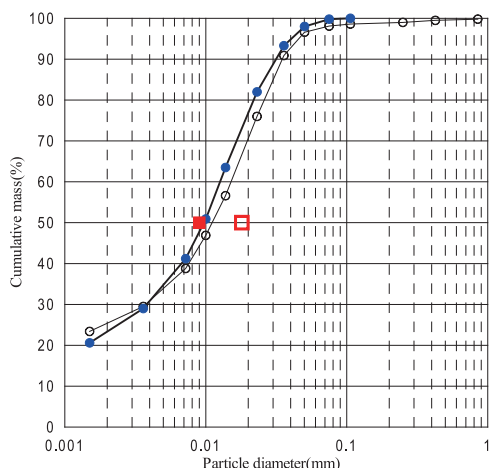


図-3 大出水前後における粒径分布の比較。○：2007/08 (St. A, 出水前), ●：2007/09 (St. A, 大出水後), □：2007 (田園調布堰, 降雨時), ■：2007/09 (田園調布堰, 大出水時)

出水時に底質粒径の細粒化と大きな含水比及び強熱減量の低下が発生した (図-2, 矢印a, b, d)。採取した底質サンプルの観察からは, 出水前 (2007/8/21) に採取した底質サンプルの表層 (0-1cm 層) は極めて流動性の高い軟泥 (アクリルコアから押し出したサンプルが原形を保つことができないほどの流動状態) であったのに対し, 大出水約2週間後 (2007/9/21) には相対的に流動性が低く半ば自立する状態に変化したなど出水前後の底質性状の違いも確認された。

図-3 には, 河口沖 (St. A) における大出水前後の表層0-1cm層の粒径分布と田園調布堰 (河口から13km上流地点) における浮遊土砂計測から得られた粒径分布 (二瓶ら, 2008) と比較したものを示す。これを見ると, 河口沖底質の中央粒径は, 大出水前 (2007/08) には, 0.012mmであったのに対して, 大出水後 (2007/09) には, 0.0097mmと細粒化しており, 出水後の中央粒径は田園調布堰において大出水後に観測された中央粒径 (約0.009mm) と良く一致している。二瓶ら (2009) は, 本大出水時に, 多摩川から東京湾に高濃度な微細土砂成分が長期間流入したことを指摘しており, 河口沖の大出水時の底質粒径の細粒化は大出水時に多摩川から流入した細粒土砂成分が主要因と推定され, 河口沖では大出水前の高含水比で有機物を多量に含むいわゆるヘドロ状の底質に多摩川から大量に流出した有機物含有量の低い細粒土砂が堆積したことで底質の細粒化, 含水比・強熱減量の低下が発生したと考えられる。

なお, 大出水により大きく変化した底質は, その後, 含水比, 強熱減量を中心に緩やかに増加し, 約2年をかけて大出水前の状態に回復した (図-2, 矢印c, e)。

一方, 河口部 (St. B) については, 河口沖 (St. A)

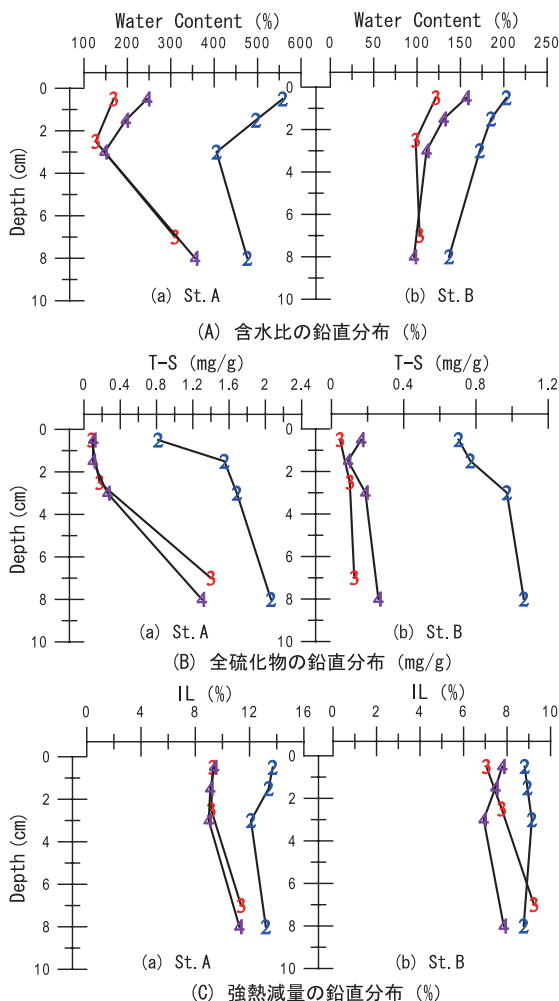


図-4 (A) 含水比, (B) 全硫化物, (C) 強熱減量の鉛直分布図
●:2007/08, ●:2007/09 (大出水後), ●:2007/11

と比べ変動は小さかったものの, 同様に大出水後の底質粒径の細粒化, 含水比ならびに強熱減量の低下とその後の緩やかに回復する傾向が見られた。河口部 (St. B) では, 大出水前の底質の含水比, 強熱減量が河口沖 (St. A) より低いレベルであったため大出水による両者の変化の大きさが相対的に小さくなったことが考えられる。

以上の結果から, 河口沖 (St. A), 河口部 (St. B) の長期変動特性として, ①2007年9月に発生した大出水により底質粒径が細粒化したこと, 含水比・強熱減量が低下すること, ②その回復には, 2年程度を要すること, ③大出水に伴う変化は, 河口沖から河口部へ向かうにつれて変動幅が小さくなる傾向があることがわかる。

b) 河口浅場, 干潟における時系列変動特性

河口部浅場 (St. C) では, 大出水後に表層 (0-1cm) において一時的な細粒化が見られた。一方, 含水比・強

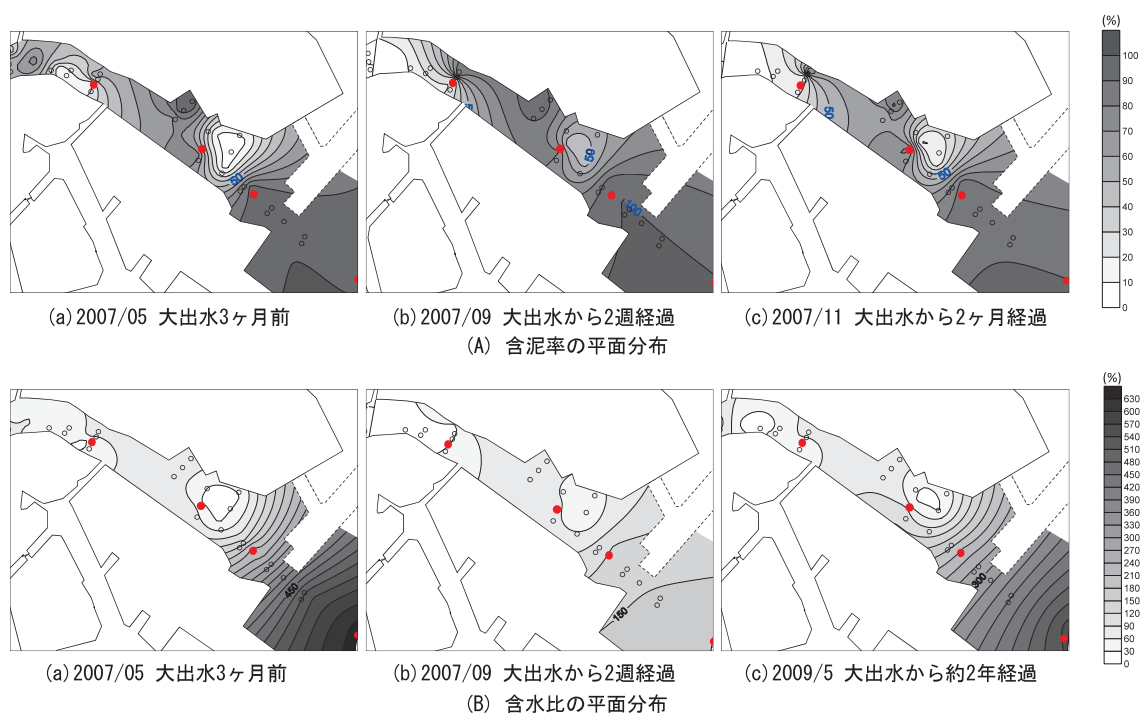


図-5 大出水前後の底質平面分布

熱減量はともに増加しており、河口沖・河口部とは逆転の傾向が観測された。大出水直後の底質変化は、その後急速に回復し、河口部浅場（St. C）では大出水の影響も短期間に限られ比較的安定な底質性状が維持されることが特徴であった。

さらに、上流側に位置する河口上流干潟（St. D）では、大出水後に、表層を中心とする細粒化及び河口部浅場と同様に強熱減量が増加するなど出水の影響が現れた。但し、底質変動のより顕著な特徴として夏季に細粒化、含水比上昇、強熱減量の増加、冬季に粗粒化、含水比低下、強熱減量が減少する明瞭な底質特性の季節変動が見られ（図-2、矢印f）、河口沖（St. A）、河口部（St. B）の水域と比較すると大出水による影響は比較的短期間（数ヶ月間程度）で回復した。

これらの結果から、①河口部上流干潟では夏季に底質粒径が細粒化し冬季に粗粒化する等底質の明瞭な季節変動が存在していること、②河口浅場では大出水直後を除き比較的底質特性の変化が小さく安定していること、③河口浅場及び河口上流干潟では、表層底質に与える大出水の影響は比較的短期間に回復することがわかる。

(2) 大出水前後の時空間変動特性

a) 底質の鉛直分布特性

図-4には、大出水前（2007/8）、大出水直後（2007/9）、大出水後（2007/11）の3時期について含水比、全硫化物、

強熱減量の鉛直分布を示す。これを見ると、河口沖（St. A）では、大出水前に観測層全体で含水比、全硫化物濃度、強熱減量が高い状態であったものが、大出水後には表層を中心に含水比、全硫化物、強熱減量ともに低下、鉛直勾配を有した分布形となっており、観測最下層の値は大出水前の値に近づいている。これらの傾向は、河川から流出したばかりのフレッシュな細粒土砂が観測層の厚さスケール（10cm程度）で、大出水前に分布していた底質と混合しながら堆積したことを示唆している。

河口部についても、大出水前後で含水比、全硫化物濃度、強熱減量が低下しており（大出水直後の強熱減量を除く）、フレッシュな細粒土砂の堆積が推測されるが、変化は観測層全体で同程度の大きさで生じており、観測最下層で大出水前の値に近づく傾向は顕著でない。これは、河口部においては、観測層厚以上のスケールで大出水前後の底質に変化が生じたことを示すものと考えられる。

b) 底質の平面分布構造

大出水による平面的な底質変化を把握するために、底質調査を行った全28地点の分析値をもとに、大出水前（2007/8）、大出水直後（2007/9）、大出水後（2007/11または2009/5）の3時期に着目し含泥率、含水比について底質平面分布の比較を行った（図-5）。

含泥率については、大出水前には低含泥率であった河口干潟（St. D）、河口浅場（St. C）が、出水後には近

傍地点を含む一帯で高含泥状態になっている。それ以外のエリアにおいても、含泥率が様に上昇しており、出水により河口上流干潟から河口沖までの一帯で細粒化したことが空間的にも示された。

なお、大出水後に見られた細粒化(図-5(A), (b))は、わずか2ヶ月後の11月観測時(図-5(A), (c))には解消されており、大出水後の波、流れや季節変動などの作用により、元の底質性状に回復したものと推察される。

また、含水比については、河口部から沖合に見られた300%を超える高含水比の分布は大出水後には見られなくなり、河口部から沖合海域の全域において、一様に200%以下となる低含水比状態となっていた。その後、東京湾沖側から多摩川河口部側にかけて緩やかに含水比が上昇し大出水から約2年後には、出水前の高含水比の分布に回復している。

これらのことから、大出水によるインパクトは広域に及んでいるものの、河道内の浅場、干潟では、数ヶ月程度で回復し、沖合のエリアでは、回復までに2年程度を要することが空間的にも確認された。

4. おわりに

多摩川河口周辺域における底質環境の時空間変動の特性を把握することを目的として、過去2.5カ年の底質コアサンプルの情報をもとに解析を行った。

本研究により得られた結果は、以下のとおりである。

- (1) 多摩川河口沖・河口部では、大出水時に急激な底質変化が生じその回復には2年程度を要する。
- (2) 多摩川河口沖において大出水時に生じた底質粒径の細粒化、含水比、強熱減量の低下は、多摩川から大量に流出した有機物含有量の低い細粒土砂が堆積したことで発生したと考えられる。
- (3) 河口上流干潟では、夏季に細粒化、冬季に粗粒化する

る明瞭な季節変動が見られ、大出水の影響により生じた表層底質の変化は比較的短期間に回復する。

謝辞：本研究に使用したデータのすべては、国土交通省関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所主催の羽田周辺水域環境調査研究委員会（委員長：風呂田利夫東邦大学理学部教授）からご提供いただいた。ここに記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 国土交通省関東地方整備局京浜河川事務所 (2007)：平成19年9月台風9号出水概要－多摩川・鶴見側・相模川－，第2報，平成19年9月10日作成，pp. 1-43.
- 国土交通省関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所羽田周辺水域環境調査研究委員会 (2007)：羽田周辺水域環境調査研究の取組み，pp. 1-8.
- 中川康之・有路隆一・松坂省一・諸星一信・八木 宏・灘岡和夫・田中 晋 (2008)：東京湾多摩川河口沖における底泥の巻き上げに関する現地観測，海岸工学論文集，第55巻，pp. 516-520.
- 中川康之・有路隆一・灘岡和夫・八木 宏・下迫健一郎・白井一洋 (2010)：東京湾羽田沖での現地観測に基づく台風来襲時における底泥の侵食・堆積量の評価，土木学会論文集B2 (海岸工学)，Vol.66, No.1 (投稿中)
- 二瓶泰雄・坂井文子・重田京助・灘岡和夫・八木 宏・諸星一信・鈴木信昭・松坂省一・有路隆一・峯 浩二 (2008)：2007年台風9号出水時における多摩川の土砂・栄養塩・有機物負荷特性，河川技術論文集，第14巻，pp. 473-478.
- 二瓶泰雄・滝岡健太郎・坂井文子・重田京助 (2009)：大規模出水が東京湾の水質環境に及ぼす影響，土木学会論文集B2 (海岸工学)，vol.B2-65, No.1, 2009, pp. 1016-1020.
- 八木 宏・Tanuspong POKAVANICH・灘岡和夫・有路隆一・古土井 健・諸星一信・森重輝政・小林 聡 (2009)：東京湾多摩川河口部の流動構造について，土木学会論文集B2 (海岸工学)，Vol.65, No.1, pp. 981-985.
- Jorge Guillén, Jose A. Jiménez, Albert Palanques, Pere Puig, Vicens Gracia (2005)：Bottom Sediment Variability in the Active Layer of the Inner Shelf off the Ebro Delta, Journal of Coastal Research, Vol.21, No.3, pp. 482-496.