

東京湾多摩川河口沖における底質の堆積状況について

山崎正夫 野澤亜紀 森育子* 今井美江** 清水一志***

(*元・東京都環境科学研究所 **現・東京都水道局 ***元・東京医薬専門学校)

要 旨

東京湾奥部に流入する荒川と多摩川の各延長線上の7地点において表層底質を採取した。また、両延長線の交点に当たる多摩川河口沖地点 (St. 35) において深さ1 mの柱状試料を採取した。いずれの試料とも、含水率や強熱減量などの基本的な項目とともに、人為的な汚染の指標となるダイオキシン類の分析を実施した。柱状試料については、セシウム137法により堆積速度の推定を行った。それらの結果、St. 35地点では(1)地理的には荒川よりも多摩川河口に近いにもかかわらず、その底質の性状は主に荒川の影響を反映していること、(2)これまで少なくとも60年以上に渡り平均して約0.8cm/年で堆積し続けていることなどを明らかにした。

キーワード：東京湾、底質、ダイオキシン類、堆積速度、セシウム137、多摩川、荒川

1 はじめに

東京都が所管する東京湾の海域は湾奥の北西部に位置し、荒川、多摩川、隅田川、旧江戸川などが流入している(図1)。この海域の底質には、これらの河川から供給された様々な化学物質が含まれていると考えられ、それを明らかにすることにより地点ごとの特徴、すなわちその地点に対して影響度の大きい河川の特定や、特定された河川の水質の変遷や現況を明らかにするための情報が得られるものと期待される。

そこで、各地点の特徴を把握するため2011年～2013年の3年間、毎年7月に図1に示す7地点において表層底質を採取し、基本的な性状や代表的な人為起源の難分解性有機化合物の一つであるダイオキシン類の測定などを行った。

また、多摩川河口沖 (St. 35) において柱状底質試料を採取し、深さ方向の性状を分析することにより、この海域における底質の堆積状況の特徴について考察した。

2 調査内容

(1) 調査地点及び試料採取

調査地点及び各地点の水深を図1に示す。

表層底質試料は、関式採泥器を用いて5～8cm程度の深さのものを採取した。調査地点は、荒川延長線上のSt. 1、St. 8、St. 20、St. 30、St. 35と、多摩川延長線上のSt. 31、St. 32、St. 35を合わせた7地点(図1の破線で囲った地点)である。St. 35は荒川と多摩川の延長線の交点に位置し重複している。

柱状底質試料は、St. 35及びSt. 8において、2011年12月に直径10cmのアクリルパイプを用い、ダイバーにより深さ約1mのものを数本採取した。

(2) 測定項目

表層底質、柱状底質試料共に、含水率、強熱減量、ダイオキシン類濃度、セシウム137(以下、¹³⁷Cs)等を測定した。また、表層底質の一部については粒度分布を測

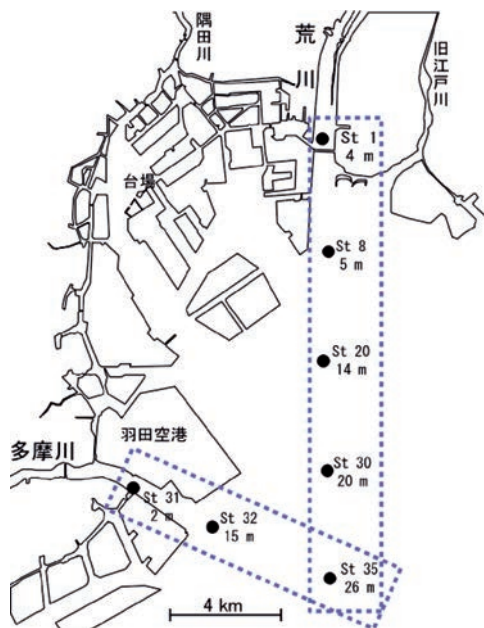


図1 東京湾底質試料の採取地点及び水深

定した。なお、2011年7月に採取した表層底質については、試料を直ちに凍結乾燥処理したため、含水率は測定せず、強熱減量のみ測定した。

(3) 試料の前処理及び分析方法

表層底質試料については「底質調査方法¹⁾」に準じて前処理した。採取試料を2mmメッシュのステンレス製ふるいに通じて小石、貝殻等を除いた後、遠心分離による間隙水の除去を行って湿試料とし、含水率及び強熱減量を測定した。残りの湿試料は凍結乾燥し分析に供した。

柱状底質試料は、採取翌日に深さ2.5cmごとに切断し、一部で含水率・強熱減量を測定した。この際、移し替え等による限られた試料の損失及び汚染を避けるため、遠心分離操作による間隙水の除去操作は省略した。残りの湿試料は凍結乾燥し、2mmメッシュのステンレス製ふるいを用いて小石等の夾雑物を除去した。

表層試料、柱状試料のいずれも、乾燥物はチャック付ラミネート袋に移し、分析に供するまで冷蔵した。

ダイオキシン類は、「ダイオキシン類に係る底質調査測定マニュアル²⁾」に準じて測定した。¹³⁷Cs等のガンマ線放出核種の放射能は、地方独立行政法人東京都立産業技術研究センターにおいて、低バックグラウンド型ゲルマニウム半導体検出器を用い、U8容器に収納した6～50gの乾燥底質について30,000～100,000秒/試料の条件で測定した。粒度分布は、レーザー回折式粒度分布測定装置により測定した。

3 結果

(1) 表層底質試料の堆積状況

1) 含水率、強熱減量、粒度組成等

表層底質試料の含水率及び強熱減量の結果をそれぞれ図2及び図3に示す。荒川及び多摩川の延長線上の地点の結果を見ると、含水率は40～70%、強熱減量は6～13%の範囲で、いずれも河口から沖合に行くにしたがって増加する傾向が見られる。

粒度組成の結果(図4)から、St.1、St.8、St.31では僅かであるが細砂(粒径20～200μm)が含まれていること、また、これらの地点では平均粒径が他地点よりもやや大きい値を持つこと(図5)などから、河口域では、水深の増加に伴う流速の低下等により、比重の大きな砂粒子などが優先して沈降することを示している。なお、いずれの地点においても粘土とシルトの割合はあまり変わらず、ほぼ3対7前後であった。

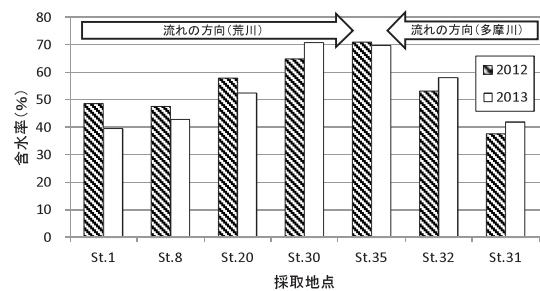


図2 表層底質試料の含水率

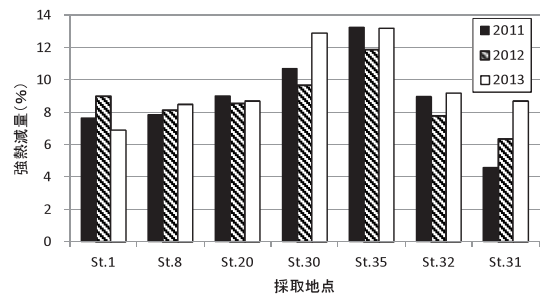


図3 表層底質試料の強熱減量

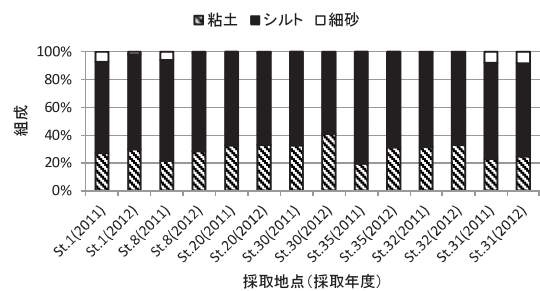


図4 表層底質試料の粒度組成

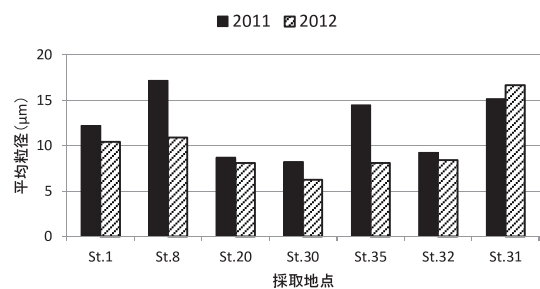


図5 表層底質試料の平均粒径

2) ダイオキシン類濃度と組成

荒川及び多摩川の延長線上の地点で採取した表層底質中のダイオキシン類の実測濃度をポリ塩化ジベンゾ-p-ジオキシン(以下、PCDDs)、ポリ塩化ジベンゾフラン(以下、PCDFs)、及びコプラナーポリ塩化ビフェニル(以下、Co-PCB)に分類し図6から図8に示した。全般的に見て、多摩川延長線上で低く、荒川延長線上で高い傾向が認められる。また、いずれも河口より離れるほど高くなる傾向であることがわかる。

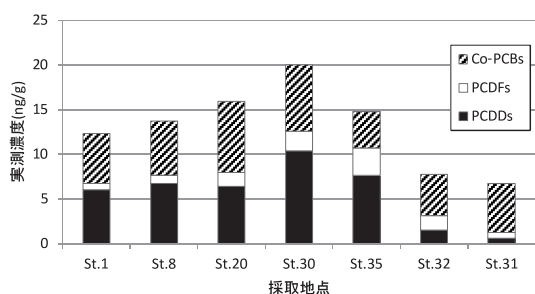


図6 表層底質中のダイオキシン類実測濃度(2011年)

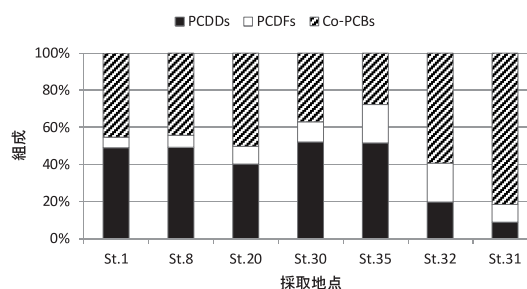


図9 表層底質中のダイオキシン類組成(2011年)

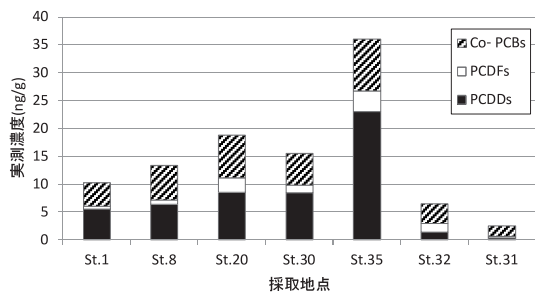


図7 表層底質中のダイオキシン類実測濃度(2012年)

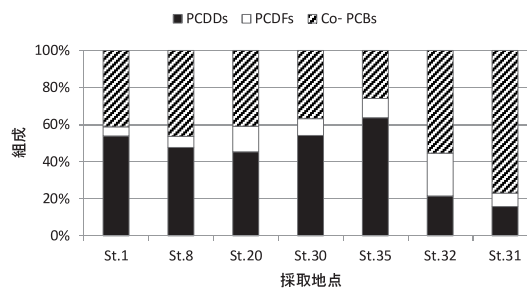


図10 表層底質中のダイオキシン類組成(2012年)

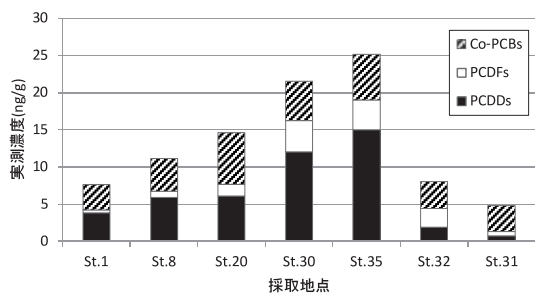


図8 表層底質中のダイオキシン類実測濃度(2013年)

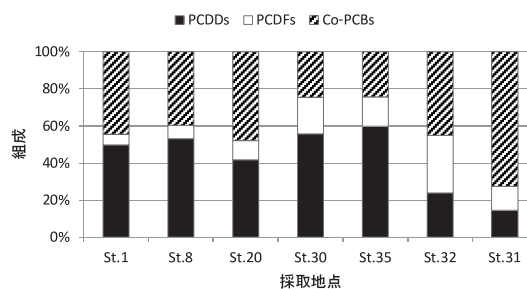


図11 表層底質中のダイオキシン類組成(2013年)

また、PCDDs、PCDFs、及び Co-PCB の組成を図9から図11に示した。これらの図の中でPCDDsに注目すると、ダイオキシン類全体の50%前後を占めている荒川延長線上の St. 1 から St. 35 を結ぶ地点群 (Gr.-A) と、約20%以下しか含まれない多摩川延長線上の St. 31 と St. 32 の2地点 (Gr.-T) の2グループに大別されることがわかる。

さらに、2013年に採取した試料について1~8塩素のPCDDs及びPCDFsの同族体組成を求めた。それぞれ図12及び図13に示す。Gr.-Aの地点ではOCDD(8塩素体)の比率が60~70%と高く(図12)、Gr.-Tの地点ではPeCDFs(5塩素体)及びHxCDFs(6塩素体)の比率が合計60~70%を占めていた(図13)。2011年及び2012年の試料も同様の傾向であった。

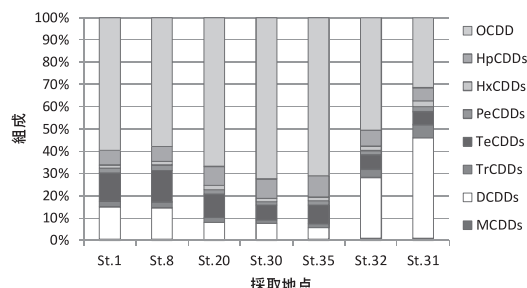


図12 表層底質中のPCDDs同族体組成(2013年)

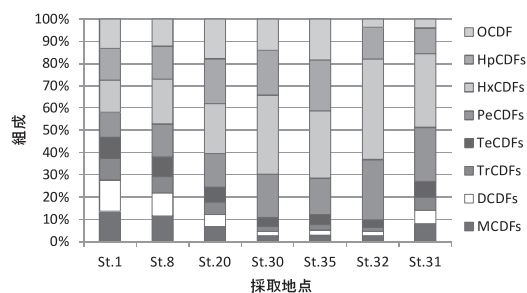


図13 表層底質中のPCDFs同族体組成(2013年)

一方、低塩素数の PCDDs 及び PCDFs の組成比は、両延長線上とも沖合の地点ほど小さくなっている。これは、最終的に底質として沈降する粒子成分が沖合に運ばれ、また海底まで沈降していく過程で、低塩素体が海水への溶出や微生物作用等により、高塩素体よりも優先して粒子から排除されたためではないかと推測される。

これらのダイオキシン類組成や PCDDs 同族体に関する結果から、St. 35 における底質を構成する粒子は、主として荒川からの流入水によって沖合へと運ばれた様々なけん濁粒子が堆積したものであると推察された。

図 14 に、1986 年 8 月 10 日に人工衛星ランドサットにより撮影された、台風 10 号が通過した翌日の東京湾上空からの写真を示す。荒川及び多摩川河口から濁水が湾内に流入する様子が捉えられている。多摩川からの流入水は、St. 32 を過ぎてすぐに荒川からの流れに押されるようにして急激に南西方向に曲げられており、St. 35 には到達していないことがわかる。今回のダイオキシン類組成からみた結果と合致するものといえる。

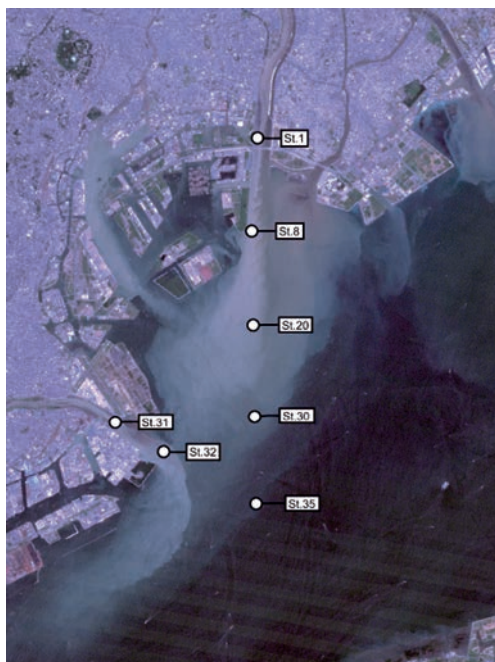


図 14 1986 年 8 月 10 日のランドサット画像

3) ^{137}Cs 濃度

図 15 に、7 地点で採取した表層底質中の ^{137}Cs の濃度を示す。いずれも、福島第一原子力発電所からの大量放出があったとされる 2011 年 3 月 15 日³⁾を基準に半減期補正を施した値を図示したものである。

^{137}Cs は河口部に集中しており、河川水により運ばれ

てきたものが河口域で速やかに底質に移行し、沖合への移動はほとんどないことがわかる。Gr. -A の地点である St. 20 から沖合の St. 35 までにおいては、調査した 3 年間ともごく低濃度のまま推移しており、St. 8 よりも沖合への輸送はほとんど進行していないものと判断される。

深さ方向の濃度分布をみるため、St. 8 で採取し深さ 2.5cm ごとに切断した柱状底質試料の乾燥物について、表層 10cm までは深さ 2.5cm ごとに、それ以深では 10cm おきに ^{137}Cs 濃度を測定した。結果を図 16 に示す。 ^{137}Cs は表層部の 0-7.5cm の範囲に集中していることがわかる。測定間隔を広く取ったため、後述する(2)2)堆積速度の推定に結び付くような ^{137}Cs のフォールアウトイベント等に基づくピークは認められなかった。

(2) St. 35 で採取した柱状底質試料の堆積状況

1) 含水率と強熱減量

深さ 2.5cm ごとに切断した St. 35 柱状底質試料の含水率と強熱減量の測定結果を図 17 及び図 18 に示す。いずれも 2 本の試料 (Core-1 及び Core-2) について得られた結果を示している。

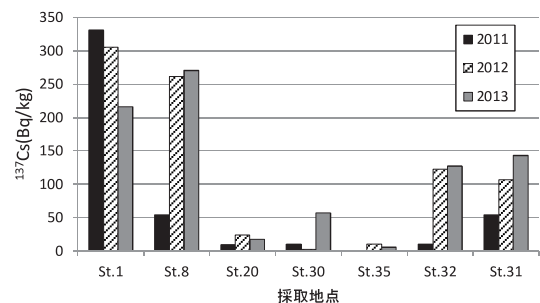


図 15 表層底質試料中の ^{137}Cs 濃度の現況

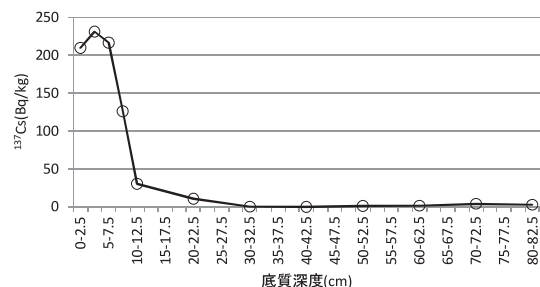


図 16 St. 8 柱状底質試料中の ^{137}Cs 濃度

含水率は、1 (3) に述べたように前処理として遠心分離による間隙水の除去操作を省いたため、図 2 に示した St. 35 の表層底質の含水率の値よりも 10% 以上高めの数値となっているが、表層から約 50cm までは緩やかに

減少し、それより深い1mまでの深さにおいてほぼ一定の値を示しており、顕著な乱れのないことがわかる。

強熱減量についても表層から底層に向けて緩やかに減少し、かく乱なく堆積しているものと判断される。

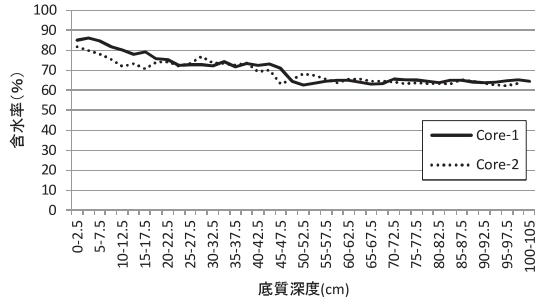


図17 St. 35柱状底質試料の含水率

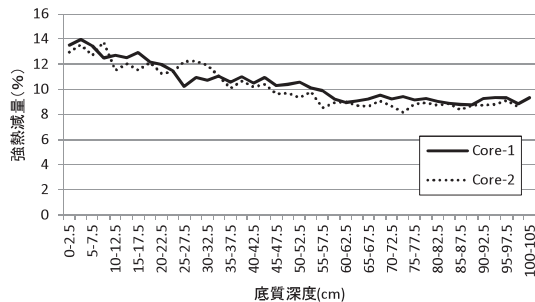


図18 St. 35柱状底質試料の強熱減量

2) 堆積速度の推定

2.5cm ごとに切断した柱状底質試料について、深さ50cmまでのガンマ線スペクトルを測定し、¹³⁷Csの濃度分布を明らかにした。Core-1について得られた結果を図19に示す。

¹³⁷Cs濃度のピークは、①17.5-20cm、②35-37.5cm、③45-47.5cmに検出され、それぞれ①チェルノブイリ原子力発電所事故（1986年）、②大気圏内核実験によるフォールアウトのピーク（1963年）⁴⁾、そして③ビキニ環礁における水爆実験によるフォールアウト（1954年）⁴⁾に相当するものと考えられた。表層は採取年である2011年が対応する。ここでは、底質の密度補正は行わず、単純に以上4点の深さと年代に関するデータについて直線回帰を試み、回帰式 $y = -1.283x + 2010$ 、相関係数0.99以上を得た（図20）。ここで、yは推定年代（年）、xは底質深度（cm）である。回帰式の傾きから、この地点における深さ50cm程度までの平均堆積速度は、年間約0.8cmと推定された。深さ50cmは、表層から約65年前の1946年頃に相当する。

3) ダイオキシン類濃度・組成

図21に、St. 35において採取した柱状底質試料

（Core-1）中のダイオキシン類濃度の測定結果を示す。ダイオキシン類は、深さ55~100cmでは僅かしか検出されず、50cm（推定1946年、終戦翌年）から表層に向かって増加し30cm（推定1972年、オイルショック）でピークを示したのち、15cm（推定1991年、バブル景気崩壊）まで減少を続け、それ以降は表層まではほぼ一定の濃度を保って推移している。深さ方向の同族体や異性体組成などに関する詳細は別報⁵⁾で述べる。

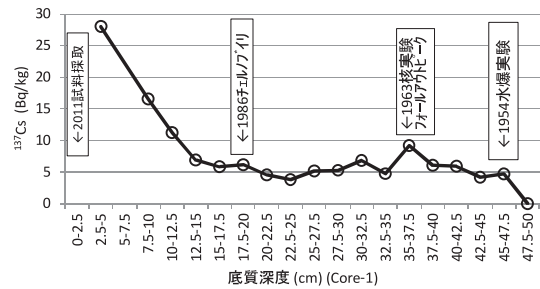


図19 St. 35柱状底質試料中の¹³⁷Cs濃度

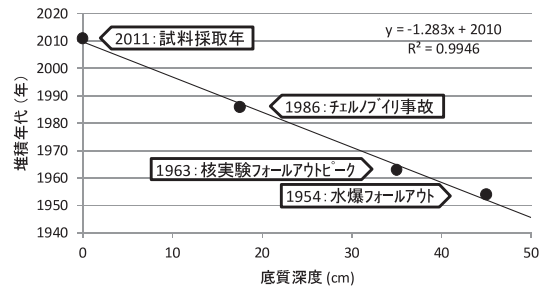


図20 St. 35柱状試料の深度と堆積年代の関係

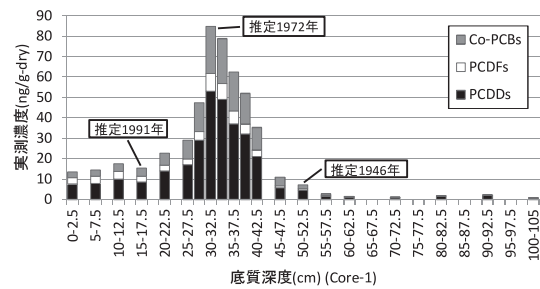


図21 St. 35柱状底質試料中のダイオキシン類濃度

4 まとめ

荒川と多摩川の各延長線上の計7地点における表層底質の含水率や強熱減量などの性状及びダイオキシン類組成等から、荒川の影響が明確なSt. 1、8、20、30、35のグループ（Gr.-A）と、多摩川の影響が主と考えられるSt. 31と32のグループ（Gr.-T）に大別されることがわかった。東京都が管轄する海域では最も沖合に位置

し荒川河口から最も遠い St. 35 は、多摩川河口には比較的近く「多摩川河口沖」と呼ばれているが、その底質の性状からは多摩川の影響はほとんど見られず、主として荒川の影響を受けていることが明らかとなった。

また St. 35 の柱状底質試料の分析から、ここでは少なくとも約 60 年以上前から大きな乱れを生じることなく底質が堆積し続けているとみられ、人為活動に起因する様々な化学物質の水環境への流入の歴史や化学物質の変化等を把握する上で、貴重な検証現場の一つとして今後も注目していくべき地点であると考えられた。

謝辞

底質の粒度分布測定について、首都大学東京大学院都市環境科学研究科の皆様にご協力を頂きました。深く感謝します。

参考文献

- 1) 環境省水環境部水環境管理課：底質調査方法，pp. 20-21 (2001)
- 2) 環境省水・大気環境局水環境課：ダイオキシン類に係る底質調査測定マニュアル (2009)
- 3) 大原、他：保健医療科学，vol. 60, No. 4, pp. 292-299 (2011)
- 4) 日本海洋学会編：沿岸環境調査マニュアル[底質・生物篇]、(株)恒星社厚生閣，pp. 41-42 (1986)
- 5) 野澤、他：東京都環境科学研究所年報 2014、pp. 65-72 (2014)