

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：82115

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560615

研究課題名(和文)底泥系ネットワークの解明に向けた底泥の化学組成を用いた底泥の空間的繋がりの推定

研究課題名(英文)Estimation of spatial network of sediments by using chemical composition

研究代表者

岡田 知也 (OKADA, TOMONARI)

国土技術政策総合研究所・沿岸海洋・防災研究部・室長

研究者番号：80304749

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 0円

研究成果の概要(和文)：本研究では、土砂粒子の化学組成等を活用し、沿岸域や複雑な運河網内における底泥の輸送・分布範囲およびネットワークを推定する手法を検討した。東京湾の沿岸域および港湾域の約400地点の底泥を利用して、化学組成を用いた底質の由来の推定を試みた。その結果、主要河川からのシルト成分および砂成分の分布範囲および輸送経路が示された。底泥の化学組成は、底泥の輸送・分布範囲を示す良い指標であることが示された。

研究成果の概要(英文)：We studied on the method to estimate the spatial distribution of sediment by using chemical composition of sediment in coastal region, ports and canals. We collected sediments from 449 stations in Tokyo Bay and analyzed chemical composition by wavelength dispersive X-ray spectrometry. The sediments grouped by chemical composition showed spatial distributions of sediments from each main river that enters the bay. This approach demonstrates the feasibility of using chemical composition of sediments to estimate the spatial distribution of sediment from rivers.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：底泥 底泥輸送 化学組成 蛍光X線 運河 東京湾 宮古湾

## 1. 研究開始当初の背景

沿岸域における陸域・海域の土砂の一体型管理はもとより、内湾域および港湾域の底質環境、生物生息場、底生生物の空間ネットワークの視点においても、陸域から流入する土砂が沿岸域のどの範囲に分布・堆積するか、海域での底泥のネットワークは、極めて重要かつ基本的な情報である。特に、都市臨海部における生物生息場の視点からは、港湾域や複雑な運河網内における比較的小さな空間スケールの分布範囲の推定が鍵となる。

研究代表者はこれまでに、音響底質識別装置およびその解析手法を開発して、東京湾沿岸域の詳細（空間解像度：数 10 m）な含水比分布図を作成した（岡田ら，2005A；岡田ら，2005B）。その結果、港湾域や運河内の底泥は、必ずしも一様にヘドロではないこと、砂質の底泥が所々に点在することを示した。また、運河内の海底地形をインターフェロメトリ方式の音響測深装置（C3D）を用いて詳細に測定し、運河内に多くの砂溜まりがあることを示した。これらによって、港湾域および運河内には隠れた生物生息空間が多く存在しており、港湾域および運河内の自然再生には、これらの砂質の底泥および砂溜まりを効率的に活用することが重要であることが判った。また、これらを形成する土粒子の輸送過程を明確にすることは、新規の生物生息場の造成場の候補選定や底生生物のネットワークを考慮する上で不可欠な情報である。

そこで研究代表者は、まず既往の研究において、中央粒径や歪度等の統計値ではなく底泥の粒度分布が持つ情報量に着目し、粒度分布形状にエントロピー法を適用し、底泥の由来を推定する手法を試みた（岡田ら 2009A，岡田ら，2009B，Okada et al., 2009）。この検討においては、過酸化水素水を用いて有機物を除去した粒度分布、塩酸を用いて貝殻等の炭酸カルシウムを除去した粒度分布に対しても検討し、砂成分の底泥輸送範囲の推定可能性について示した。

しかしながら、この検討において、粒度分布は物理的な影響を強く反映するため、推定精度に限界があり、より精度が高い推定結果を得るためには、粒度分布とは独立な指標を取り入れる必要があることが示された（岡田ら，2009B）。そこで、土粒子の化学組成および結晶構造に着目した。化学組成は、鉱物の成因に依存するため、流域圏が異なる河川毎の指標として極めて有効である。さらに、化学組成が同じであっても必ずしも同じ鉱物とは限らず異なる結晶構造を持つことから、化学組成に加えて、結晶構造の解析を、推定指標として取り入れることとした。

## 2. 研究の目的

土砂粒子の化学組成および結晶構造の情

報を活用し、港湾域や複雑な運河網内における底泥の輸送・分布範囲およびネットワークを推定する手法を検討することを、本研究課題では目的とする。調査対象は、沿岸域の開発が著しい東京湾および東日本大震災の津波によって浅海域のアマモ場が消失した宮古湾とし、本手法を検討すると共に底泥の繋がりに関する情報を整理した。

## 3. 研究の方法

### (1) 東京湾

#### 分析方法

東京湾湾内 449 地点の底泥を利用した。表層 5 cm 層を採取し、分析用の試料とした。

粒度分布の測定にはレーザ回折・散乱式粒子径分布測定装置（LA-950，堀場製作所製）を用いた（岡田ら，2009a，岡田ら，2012）。

化学組成分析には、波長分散型蛍光 X 線装置（Supermini，Rigaku 製）を用いた（後藤ら，1991，閑歳，2008，岡田ら，2009b，岡田，2013）。分析は 63  $\mu\text{m}$  以下のシルト分と 63  $\mu\text{m}$  以上の砂分に対して行った。粗粒子による吸着物質の希釈効果を排除するため、およびシルトと砂の巻き上がりの限界流速や沈降速度等の輸送に関する物理的特性が異なることから輸送範囲が異なることが想定されたためである。

また、化学組成によるグループ化の比較データとして、数地点のシルト成分に対して、結晶構造を X 線回折装置（MiniFlex II，リガク製）を用いて分析した。

#### 解析方法

蛍光 X 線分析装置によって、多くの地点の底泥から共通して検出されたのは、岩石の平均的な組成である  $\text{SiO}_2$ ， $\text{Al}_2\text{O}_3$ ， $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ， $\text{CaO}$ ， $\text{K}_2\text{O}$ ， $\text{MgO}$ ， $\text{MnO}$ ， $\text{Na}_2\text{O}$ ， $\text{P}_2\text{O}_5$ ， $\text{TiO}_2$ ，人為的附加と考えられる  $\text{CuO}$ ， $\text{ZnO}$ ， $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ，その他  $\text{Br}$ ， $\text{Cl}$ ， $\text{SO}_3$ ， $\text{SrO}$  等だった。この中で、水に溶ける可能性があるもの、底泥の嫌気状態等の底質の影響を受けるもの、工場等の周辺の環境を強く受けるもの、貝殻の影響を受けるものを除いた  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ， $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ， $\text{K}_2\text{O}$ ， $\text{MgO}$ ， $\text{SiO}_2$  のみを指標とした。

化学組成のグループ化には、k-means 法を用いた（上田，2003）。これは、クラスター解析において、非階層的手法の一般的な手法である。計算には統計ソフト R を使用した。

### (2) 宮古湾

#### 分析方法および解析方法

底質の調査を、2012 年 10 月および 2013 年 10 月に宮古湾の湾奥の 110 地点で実施した。この調査エリアは、津波前にアマモが生育していたエリアである。表層 2 cm 層を採取し、分析用の試料とした。

分析方法および解析方法は、東京湾での手法と同じであるので、ここでは省略する。

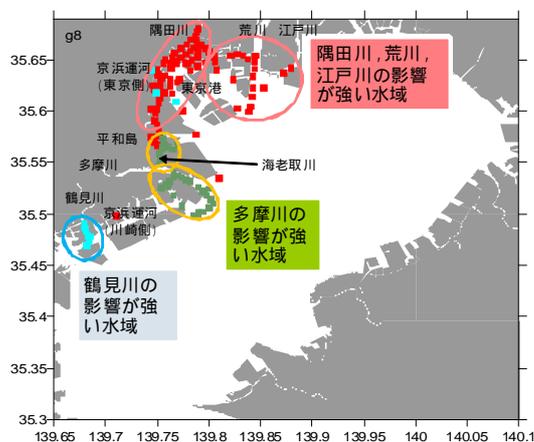


図-1 化学組成に基づくシルト成分のグループ化. : cs1, : cs2 .

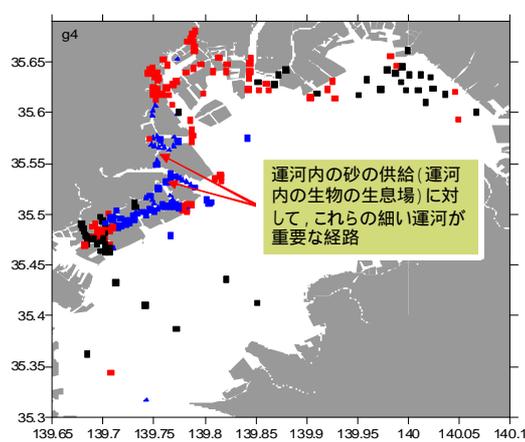


図-2 化学組成に基づく砂成分のグループ化. : C2 .

#### 4. 研究成果

##### (1) 東京湾

東京湾の底泥は、東京港内、京浜運河内、湾中央部の殆どの水域において、シルト・粘土を主体としている。有害化学物質および放射性物質等は、シルト・粘土に吸着し易いことを考慮すると、東京湾の広域において、有害物質が蓄積し易い環境にあると考えられる。では、それらのシルト・粘土はどこから流入し、どの経路で輸送されているのだろうか？

シルト成分の化学組成の解析結果によると、隅田川河口、荒川河口、江戸川河口、東京港および京浜運河（東京側）の平和島までは、同じグループ cs1 だった（図-1）。隅田川、荒川および江戸川の流域は、ほぼ同じ地域であるので、化学組成が同じグループであることは妥当であろう。これから、東京港および京浜運河（東京側）の平和島までの範囲のシルト・粘土は、隅田川、荒川および江戸川由来のシルト・粘土の影響を強く受けしていると推測される。

多摩川に関しては、北側は海老取川から昭和島周辺にかけて、南側は多摩運河から大師運河、および多摩川河口の南側が同じグループ cs2 だった（図-1）。これから、多摩川からのシルト・粘土の一部は、海老取川を通じて昭和島の方へ北上していると考えられる。南側に関しては、多摩運河が主要な経路になっていること、京浜運河内の広域にかけて強い影響を与えていないこと、また、一度多摩川河口から東京湾へ流出したシルト・粘土は、川崎航路を通じて京浜運河内にあまり流入していないことが推察される。八木ら（2009）の数値計算によると、多摩川から流出した水塊は川崎運河を通じて京浜運河の内部にはそれほど流入していないことを示しており、この結果を支持するものである。

砂成分に関しては、多摩川周辺に対して、明瞭な分布が得られた。C2 は多摩川周辺に集

中していたことから（図-2）、多摩川由来の砂の影響が強いと推測できる。この多摩川からの砂は、北側には、シルト・粘土と同様に、海老取川と通じて、昭和島周辺に強い影響を与えていると考えられる。一方、南側には、多摩川からの砂は、京浜運河（川崎側）にシルト・粘土よりも広範囲に京浜運河第1区まで強い影響を与えていると考えられる。これは、シルト・粘土とは異なり、京浜運河（川崎側）の内部までは、隅田川、荒川および江戸川からの砂が到達できないため、相対的に多摩川の影響が強くなっているものと考えられる。

以上のように、化学組成によるグループ化によって、化学組成に基づく底泥分布図が作成された。異なる由来の底泥の影響範囲および輸送経路を推定する新たな指標として、化学組成の利用の可能性が示された。この手法は、底泥輸送を把握し、土砂の適切な管理を実施する上で、有用な手法になり得ると考える。また、この図から東京湾の主要河川からのシルト成分および砂成分の分布範囲および輸送経路が推測された。これらの図および主要河川からの底泥の分布範囲は、今後の東京湾の底泥の管理や環境を考慮する上で重要な基礎情報となると考える。

##### (2) 宮古湾

2012年のアマモ場の調査によって、宮古港高浜地区の防波堤の背後および東岸の岬の背後の入江に、アマモが残存している地点が確認された。これは、港湾構造物や岬の陰だったため、津波による消失を免れたものと考えられる。2013年の調査結果は、アマモの生息範囲が少しではあるが広がっていることを示した。

各地点の底泥を、粒度分布に基づいてアマモの生育に対する適性を評価した。2012年の底泥データでは、西側（高浜、金浜）、南側（赤前、釜ヶ沢）はアマモの生育に適した粒

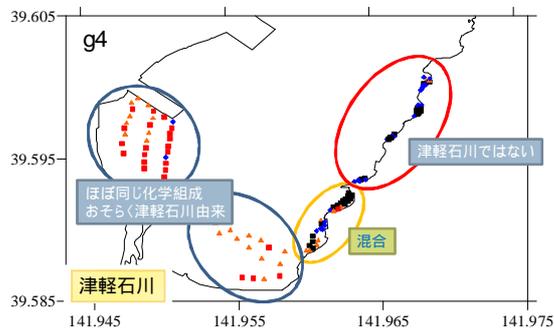


図-3 化学組成に基づく砂成分のグループ化。

度分布だったが、東側(小田ノ浜, 葉ノ木浜, 八ノ木浜, 堀内)は適正よりは粗い粒度分布だった。東側では、アマモと同時に砂成分が消失したと考えられる。2013年の調査によっても、粒度分布は殆ど変わっていなかった。砂成分に対する化学組成の結果は、西側と南側では化学組成は似ているが、東側の化学組成は異なることを示した(図-3)。西側と南側の砂は、津軽石川河口から類似した化学組成だったことから、津軽石川由来であると推測された。一方、東側の砂の化学組成は、津軽石川河口の化学組成とは異なり、津軽石川以外の由来であると推測された。東側のアマモ場の復元には、砂の供給が重要であるが、主要河川からの多くの砂の供給は期待できず、東側に砂が回復するには比較的時間が必要であると考えられる。

これらのことから、東側のアマモ場の回復は比較的時間の時間が必要であると考えられる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 7件)

岡田知也, 東京湾の底泥の平面分布等について, 水産総合研究センター増養殖研究所, 東京湾の漁業と環境, 第5号, pp.13-21, 2014.

岡田知也, 大淵敦司, 古川恵太, 化学組成および粒度分布に基づいた東京湾の底質分布, 土木学会論文 B2, Vol.69, No.2, pp.1121-1125, 2013.

岡田知也, 古川恵太, 宮古湾における津波からのアマモ復元の視点でみた底質状況, 土木学会論文集 B3, Vol.69, No.2, pp.31-36, 2013.

岡田知也, 丸谷靖幸, 中山恵介, 古川恵太, 宮古湾における底泥およびアマモのモニタリング結果(2012年10月), 国土技術政策総

合研究所資料, No.752, pp.1-11, 2013.

岡田知也, 粒度分布および化学組成からみた東京湾の底質分布, 国土技術政策総合研究所資料, Vol.715, pp.1-16, 2013.

岡田知也, 吉田 潤, 上村了美, 古川恵太, 宮古湾におけるアマモ復元の視点でみた底質状況, 国土技術政策総合研究所資料, Vol.688, pp.1-17, 2012.

岡田知也, 内湾域の底泥について, 水工学シリーズ, 11-B-8, pp.1-17, 2011.

〔学会発表〕(計 10件)

岡田知也, 沿岸域・港湾域の自然再生における今後の着眼点, 港湾空港技術特別講演会, 2013年11月18日, 発明会館.

岡田知也, 大淵敦司, 古川恵太, 化学組成および粒度分布に基づいた東京湾の底質分布, 第60回海岸工学講演会, 2013年11月13日-11月15日, 九州大学.

岡田知也, 港湾内の自然再生に向けて, 港湾空港技術特別講演会 in 九州, 2013年11月12日, 福岡第二合同庁舎.

井芹絵里奈, 岡田知也, 東京港周辺の運河内における生物生息域としての浅場の抽出, 日本沿岸域学会, 2013年7月19日-7月20日, 大阪市立大学.

岡田知也, 古川恵太, 宮古湾における津波からのアマモ復元の視点でみた底質状況, 第38回海洋開発シンポジウム, 2013年6月27日-6月28日, 米子コンベンションセンター.

岡田知也, 東京湾の底泥の平面分布等について, 東京湾研究会, 2013年3月13日, グランポート木更津.

岡田知也, 富栄養化, 津波の環境影響および放射性物質の堆積からみた底泥について, 東北地区港湾空港技術特別講演会, 2012年10月18日, ハーネル仙台.

岡田知也, 富栄養化, 津波の環境影響および放射性物質の堆積からみた底泥について, 港湾空港技術特別講演会 in 横浜, 2012年10月15日, 横浜第2合同庁舎.

岡田知也, 水際の環境情報の可視化に向けた水際線環境閲覧システムの開発, 日本沿岸域学会, 2011年9月13日, 大阪市立大学.

岡田知也, 内湾域の底泥について, 第47回水工学に関する夏期研修会(招待講演), 2011年8月30日, 広島大学.

6 . 研究組織

(1)研究代表者

岡田 知也 (OKADA TOMONARI)

国土技術政策総合研究所 沿岸海洋・防災

研究部 海洋環境研究室・室長

研究者番号：80304749

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし