

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 3 月 25 日現在

機関番号：12601  
 研究種目：基盤研究（A）  
 研究期間：2010 年度～2012 年度  
 課題番号：22246065  
 研究課題名（和文） 内湾流域物質循環の 3 次元リアルタイムモニタリング網の構築と運用  
 研究課題名（英文） Development of the dynamic control method of Material cycles based on the 3 dimensional realtime monitoring systems in semi-enclosed bay  
 研究代表者  
 磯部 雅彦（ISOBE MASAHIKO）  
 東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授  
 研究者番号：20114374

研究成果の概要（和文）：新たな鉛直モニタリングシステムを開発し、それを用いて、微細粒径土砂成分等の陸域からの輸送を定量評価することで、沿岸域における水質モニタリングを高精度化すると同時に、セシウムをトレーサーとして利用して沿岸域における物質循環を、微細粒径土砂成分も含んで明らかにすることを目的とした。これらのシステムを用いた観測により、河口部の形態が土砂輸送に与える影響や、河床に堆積した微細粒径土砂成分が、先行晴天日数によってその量が大きく異なることや、同規模の降雨であっても先行晴天日数によって、物質フラックスが大きく変化する様子を捉えることができた。

研究成果の概要（英文）：To quantify the material budget focusing on fine-scale sand in coastal water body, we developed new monitoring systems which can move vertically by changing the voyancy. We conducted the field observations by using the developed monitoring system in Tokyo Bay and Ishigaki Island in Japan and Chesapeake Bay in USA. Our observing system successfully captured SS flux of rainfall events and subsequent changes in SS and nutrients in coastal region.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	8,200,000	2,460,000	10,660,000
2011 年度	15,800,000	5,010,000	21,710,000
2012 年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
年度			
年度			
総計	28,100,000	8,700,000	37,700,000

研究分野：水工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工水理学

キーワード：海岸,モニタリングシステム

### 1. 研究開始当初の背景

東京湾に代表される都市沿岸域は、都市からの様々な負荷を受けており、長年にわたり水質悪化が深刻である。都内の下水普及率はすでに 100% を達成しているが、内湾の富栄養化の原因は、直接流入する汚濁物質のみならず、流入した栄養塩の湾内での有機化のプロセス、栄養物質を吸着した細泥成分等が海

底に堆積してこれら堆積物からの溶出、合流式下水道越流現象による供給などがある。

そのため、下水処理場を整備しても、湾内の栄養塩濃度は減少しておらず、湾内でも様々なプロセスでこれら変動するため、赤潮や海底の貧酸素化、青潮などにつながっている。その結果、総量規制が繰り返し強化されても、COD 等の改善が期待するほどは得

られなくなってきたのが現状である。同時にこれらの内湾の微細粒径成分や、植物プランクトン、貧酸素水塊などの分布は、時空間的に大きく変化する特性を持っており、従来のモニタリング方法では、現象そのものを捉えることが困難であるため、メカニズム解明に限界が来ている。したがって様々な水質改善策の効果を十分に高め、沿岸域の水質を改善するためには、内湾のモニタリングの精度や時空間分解能を、飛躍的に高めることが必要であり、特に細泥成分を含む土砂輸送と、それに伴って行われる栄養塩輸送に関するモニタリングの質を大幅に向上させる効率的な観測手法を開発する必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究では、新たな鉛直モニタリングシステムを開発し、それを多点に配置して、微細粒径土砂成分等の陸域からの輸送を定量評価することで、沿岸域における水質モニタリングを高精度化すると同時に、沿岸域における物質循環を、微細粒径土砂成分も含んで明らかにすることを目的にしている。それにより内湾物質循環の制御・管理に資する成果を挙げようとするものである。また、近年強化されつつある総量規制の効果的な運用や、雨天時汚濁負荷削減対策についても有用な提言を提供できると考えられる。

特に微細粒径土砂成分は、通常の河川流量では、河口部にコロイド化して沈降していくのに対して、悪天候時には、河川流量の大幅な増加と共に、内湾の表層を低塩分水と共に這うように移動して、河口から10km程度離れた地点にも到着するなど、その輸送過程は主に河川流量や湾内流動によって、大きく変化し、これが湾内の物質循環に大きな影響を与えている。

また内湾に流入した微細粒径成分が堆積した後は、波に伴う巻き上げなどで、徐々に運ばれるなどして、内湾の特定領域に干潟を形成したり、溶出により栄養塩を供給するなどして、湾内の植物プランクトンに利用されるが、このような微細粒径土砂成分の輸送には未解明な点が多いため、干潟の造成や、造成した干潟の維持は困難である。本研究では、これら一連のプロセスを、陸域から海域まで、適切にモデル化していくことで、内湾の物質循環を高精度で予測可能にすることを目的とする。これらの成果から、微細粒径土砂成分の内湾への寄与とその起源を明らかにした上で、内湾の水質改善に向けた、物質循環の制御や管理のための手法を探索する。

本研究により、新たに高精度なモニタリングシステムが開発されると共に、陸起源物質の存在状態や挙動が定量的に解明され、体系だった現地調査に基づいた3次元水質モニタリングデータの蓄積が期待される。そして類

型化された、土砂流入源や、堰・ダム の運用を意識した物質循環制御の可能性や課題を抽出する。

## 3. 研究の方法

微細粒径土砂の移動過程を明らかにするための、3次元動的観測システムを構築し、1時間インターバルで、現地モニタリングを行う装置を設置する。これらの3次元観測システムを用いて、微細粒径成分や水質の3次元時空間分布を計測する。

さらに上記の観測結果を統合して、河川流量の変動に伴う微細粒径成分の空間分布および河道内輸送フラックスを定量的に把握し、それらが内湾の波や流れによって、どのように輸送されているかを解明する。

また土砂の空間分布を把握する手段の一つとしてはリモートセンシングが有効と考えられるが、従来の方法は経験式によるものがほとんどであるので、将来的のリモートセンシングの高精度化に備えて、理論的な方法で地形やSSを測定する方法についても検討を行った。

さらに2011年の福島第一原発の事故に伴うセシウムをトレーサーとすることで、沿岸域の微細粒径土砂の輸送を明らかにした。

最終的には、微細粒径成分の凝集・沈澱現象や栄養塩の吸脱着、波による微細粒径成分の巻き上げや、流動による輸送を解明し、それを統合的に再現する物質収支モデルから、流砂系における最適な物質循環の構築に向けた提案を行った。

## 4. 研究成果

土砂フラックスを定量化するための試みとして、フラックスの定量化と比較が容易な石垣島や東京湾を候補地として選定して、現地計測を実施した。観測においては、降雨時のイベント的な土砂輸送を捉えるために、10分間隔で、長期のモニタリングを実施した。

また、それらを補足するために2週間程度の観測を年間数回、3年間にわたって実施した。この際、河口部の形態や河川流域の土地利用の違いにより生じる土砂フラックスの違いを明らかにするために、石垣島では3つの河川を選択して、同時に観測を行った。また東京湾では都市の影響を受けやすい沿岸域としてお台場海浜公園にある。海上保安庁専用棧橋に係留系を設置して現地観測を行った。この観測は現在も継続中である。これにより、河口部の形態が土砂輸送に与える影響や、河床に堆積した微細粒径土砂成分が、先行晴天日数によってその量が大きく異なることや、同規模の降雨であっても先行晴天日数によって、物質フラックスは大きく変化する様子を捉えることができた。このような結果は、年に数回のイベント的な出水を集中的に計測しただけでは、把握できないもので

ある。

さらに、水質変動の把握を高度化するために東京湾の台場保安部棧橋に、携帯の電波を利用したリアルタイムモニタシステムを設置して、現在も沿岸域のモニタリングを継続中である。

#### 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 8 件)

- 1) Y. Koibuchi: Tracing Fine-Grained Sediment Transportation Around Tokyo Bay Using Cesium-134 and Cesium-137 Originated From Fukushima Daiichi Power Plant, Coastal Processes 2013, in press. (査読あり)
- 2) 佐谷茜、鯉淵幸生、磯部雅彦 : 3次元流動生態系モデルを用いた複雑地形をもつ都市河川における水環境改善の検討, 土木学会論文集 B2(海岸工学), 68, No. 2, 1041-1045, 2012. (査読あり)
- 3) 比嘉紘士、鯉淵幸生、小林拓、ほか : 東京湾における光環境特性とクロロフィル a 分布に関する解析, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 68, No. 1, 994-999, 2012. (査読あり)
- 4) Kanno, A., Y. Koibuchi, and Masahiko Isobe : Shallow Water Bathymetry from Multispectral Satellite Images: Extensions of Lyzenga's Method for Improved Accuracy, Coastal Engineering Journal, Vol. 53, No. 4 (2011) 431-450. (査読あり)
- 5) 比嘉 紘士, 鯉淵 幸生, 小林 拓, 作野裕司, 虎谷 充浩 : 衛星リモートセンシングを用いた内湾におけるクロロフィル・SS 同時推定モデルの提案, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 67, No. 2, pp. I\_1391-I\_1395, 2011. (査読あり)
- 6) 作野裕司, 小林拓, 比嘉紘士, 鯉淵幸生, 虎谷充浩 : 青潮発生時における海色の定量評価の試み, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 67, No. 4, 2011. (査読あり)
- 7) Kanno, A., Y. Koibuchi, and M. Isobe : Statistical Combination of Spatial Interpolation and Multispectral Remote Sensing for Shallow Water Bathymetry, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, pp. 64-67, 2011. (査読あり)
- 8) 神野有生、鯉淵幸生、磯部雅彦、寺田一美、関根雅彦、胡忠 : WorldView-2 衛星画像を用いたサンゴ礁汎用水深推定式構築の試み, 土木学会論文集 B3 (海

洋開発) 特集号, 67, pp. I\_744-749, 2011. (査読あり)

[学会発表] (計 13 件)

- 1) Koibuchi, Y. : Tracing cohesive sediment transportation at river mouths around Tokyo, Japan by Cesium originated from Fukushima Daiichi Power Plant, 2012 AGU Fall Meeting, 3-7 December, in San Francisco, page OS21C-1769, 2012.
- 2) Kihara, K., Y. Hosokawa, H. Taniguchi, Y. Koibuchi, S. Yamamoto, Y. Kondo : Device development for coral growth propagation combining mineral-technology and week-electrochemical method, 12th International Coral Reef Symposium, in Cairns, 9-13 July, pp. 512, 2012.
- 3) Yuji Sakuno, Hiroshi Kobayashi, Hiroto Higa, Yukio Koibuchi, and Mitsuhiro Toratani : Feasibility study of chlorophyll estimation using GOSAT data, 8th Japan-Korea Workshop on Ocean Color Remote Sensing, 2012. 1. 10, ANSAN, KOREA.
- 4) 鯉淵幸生: 東京湾環境と放射性物質の現状、産業の水資源管理と閉鎖性海域環境に関するシンポジウム (東京会場)、pp. 5-15、2012年11月16日
- 5) 鯉淵幸生: 東京湾の汽水域における放射性物質の動態, 日本水環境学会年会講演集, pp. 242, 2013.
- 6) 鯉淵幸生: 東京湾の汽水域における放射性物質の動態, 日本水環境学会年会講演集, pp. 242, 2013.
- 7) 鯉淵幸生: 東京湾周辺の底質における放射性物質の空間分布特性, 日本プランクトン学会・日本ベントス学会講演要旨集, S07, 2012.
- 8) 鯉淵幸生: 東京湾の底質における放射性物質の空間分布特性, 第 46 回水環境学会年会講演集, pp. 246, 2012.
- 9) 比嘉紘士、鯉淵幸生、小林拓, 日本水環境学会年会講演集, Vol. 46, pp. 240, 2012.
- 10) 作野裕司・小林拓・比嘉紘士・鯉淵幸生・虎谷充浩 : GOSAT CAI 紫外線バンドを利用したクロロフィル推定 (2010年5月~2011年7月), 第51回日本リモートセンシング学会学術講演論文集, pp. 167-168, 2011. 11. 10
- 11) 比嘉紘士・小林拓・作野裕司・虎谷充浩・鯉淵幸生: "東京湾における有機・無機懸濁物質濃度の分光反射特性について" リモートセンシング学会. (20101109). ジェイドガーデンパレス鹿児島
- 12) 作野裕司, 比嘉紘士, 鯉淵幸生 : LCI

手法を応用した GOSAT CAI によるクロロフィルおよび TSS 推定とその検証 (2010 年 5 月～9 月), 日本リモートセンシング学会第 49 回学術講演会論文集, pp. 261-262, 2011.

- 13) 比嘉紘人, 小林拓, 作野裕司, 虎谷充浩, 鯉渕幸生: 東京湾における有機・無機懸濁物質濃度の分光反射率特性, 日本リモートセンシング学会第 49 回学術講演会論文集, pp. 87-88, 2011.

[図書] (計 2 件)

- 1) 鯉渕幸生: 沿岸の水質生態系, 朝倉書店, 183p, 2013.  
2) 鯉渕幸生, 磯部雅彦: 内湾の水質と生態系, 地域環境システム, 朝倉書店, 250p, 2011.

[その他]

ホームページ等

<http://www.coastal-env.k.u-tokyo.ac.jp/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

磯部 雅彦 (ISOBE MASAHIKO)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

研究者番号: 20114374

### (2) 研究分担者

鯉渕 幸生 (KOIBUCHI YUKIO)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・准教授

研究者番号: 64349800

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号: