

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23686069

研究課題名(和文)水中設置型栄養塩モニタリングシステムによる内湾物質循環の解明

研究課題名(英文)estimation of nutrient budget using underwater nutrient analyzer system

研究代表者

鯉淵 幸生(koibuchi, yukio)

東京大学・新領域創成科学研究科・准教授

研究者番号：60349800

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 20,600,000円、(間接経費) 6,180,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、新たな水中設置型の小型栄養塩測定システムを開発し、栄養塩を高い頻度で連続測定することを目的とする。開発した栄養塩測定システムを東京湾の台場保安部棧橋に設置して、これを流速計や水質計と組み合わせて運用するモニタリングを2011年より実施し、河川からの栄養塩の流入過程をモニタリングし、内湾の水質変動と栄養塩の変動の相互関係について検討を実施した。それによりシステムが開発できただけでなく、栄養塩の短期間の変動や対象海域の水環境特性を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：To quantify the nutrient budget in semi-enclosed bay, we developed underwater nutrient analyzer systems. Field observation was carried out using newly developed sensor with current and water quality sensors at Odaiba in Tokyo Bay, Japan. As a result, we successfully observed variation of nitrate and ammonia with per hour interval within half year. These nutrients significantly varied with changes in tidal elevation, river discharge and phytoplankton concentration. These results also showed the important characteristics of water quality variation in the observation area. For example, phytoplankton generally increased under calm weather condition and decreased during precipitation event. This kind of phenomena continued for about 2 weeks if precipitation exceeded about 50 mm/day. However, if precipitation was small (ca. 5 mm/day), phytoplankton sharply increased since it originated from river. These results will contribute in the improvement of the water quality environment in Tokyo Bay.

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：東京湾 お台場海浜公園 栄養塩 水質変動

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、長年にわたって都市からの様々な負荷を受け、富栄養化が深刻である。内湾の富栄養化の原因は、直接流入する溶存栄養塩のみならず、合流式下水道の越流に伴う未処理下水の流入、栄養物質を吸着した微細粒径土砂からの供給、過去に堆積した海底からの供給などがある。そのため、都内の下水普及率はすでに100%を達成しているが、湾内で栄養塩が有機化されて、赤潮や海底の貧酸素化、青潮などが発生している。その結果、総量規制が繰り返し強化されても、COD等の改善が見られないのが実情で、今後いつ、流入負荷削減の効果があるか、予測することができない。このことは内湾の水環境への施策を行う上で大きな障壁となっている。

特に東京湾流域の人口集中は著しく、富栄養化が進行する欧米からも、急激な水質悪化が問題となっている発展途上国からも注目される内湾である。東京湾ではこれまでも河川から流入する溶存栄養塩の流入過程について、精力的な研究が行われおりHADCP等の測定技術の進歩に伴い、平水時においては定量化されている。しかし、栄養塩の降雨後の急増や雨天時越流現象に伴う流入、土砂に吸着して輸送される成分、海底にヘドロとして堆積したり、溶出して供給される栄養塩については、従来の測定方法では、現象そのものを捉えることが極めて困難であるため、メカニズムの解明に限界が来ている。

栄養塩は、富栄養化の原因物質であると同時に、物質循環の有効なトレーサーであるが、長年、実験室で比色法を用いて分析することにより、計測を行ってきた。この方法では、現地でのサンプリングと、サンプルの輸送、分析が必要となるため、誤差も大きく、測定可能なサンプルが限定されるために、増水時の急激な流入や、植物プランクトンの急増に伴う吸収、貧酸素化に伴う海底からの溶出などを捉えることができなかった。

2. 研究の目的

本研究では、新たな水中設置型の小型栄養塩測定システムを開発し、栄養塩を1時間間隔で連続測定することを可能にし、これを流速や水質のモニタリングシステムと組み合わせることで、河川からの急激な栄養塩の流入過程や底泥からの栄養塩の溶出を明らかにし、内湾の水質変動と栄養塩の変動メカニズムを解明して、東京湾のような内湾における栄養塩循環を明らかにする。さらに、それに基づくシミュレーションにより温暖化を含む内湾の現在と将来像を定量的に解明して、その制御・管理に資する成果を挙げることを目的とする。

3. 研究の方法

初年度において、現場水中設置可能な小型の栄養塩測定システムを新たに開発し、これ

を台場の水表面と海底直上においてテストし、同時に計測する流量等と組み合わせることで、河川からの栄養塩流入と対象海域における水質変動を網羅的に計測することに成功した。その際、従来実験室で利用されるような、流れ分析を応用する方法ではなく、注射器のような計量マイクロポンプを用いる方法で分析する小型の装置を開発した。従来の流れ分析は、細いチューブに薬品を流し続ける必要があったために、チューブが詰まるなどトラブルが絶えなかった。実験室ではチューブを交換することは可能であるが、現地では致命的である。また電力消費が大きいため、それを直接海に沈めることは不可能であった。しかし、今回新たに開発する栄養塩分析装置では、計量マイクロポンプによって、海水サンプル、試薬を、吸い込み、これらをシリンジ内で混合し、最終的に分光光度計に流し込むことで定量するため、流れ分析のように、細いチューブを利用し、その中で試薬とサンプルを混合するプロセスがない。同時に分析手法自体は、従来の確立された方法であり、現場で1時間程度の頻度で複数の栄養塩項目を測定することを可能にした。

上記の機器の開発を主に平成23年から平成24年に実施し、平成25年には現地型栄養塩計測システムと、ADCPおよびHADCPを用いた流速および断面水深分布のモニタリングを実施した。また水質計をポンプと組み合わせることで水質の鉛直分布の測定にまで拡張したことで、河川水の流入やその表層厚さと、水質の関係などを議論した。さらに数値シミュレーションにより、陸域の影響が沿岸のお台場海浜公園にどのように作用するかについても検討を行った。

4. 研究成果

現地観測に於いては、降雨時のイベント的な輸送を捉えるために、1時間間隔でモニタリングを実施した。測定項目はHADCPを用いた流速、音波強度によるSS推定、これらを補うためYSI6600等によりクロロフィル蛍光・濁度・DO・水温・塩分等を測定し、栄養塩センサーによりアンモニア、硝酸を測定した。

これにより栄養塩のフラックスを1時間間隔というこれまでになく短い時間スケールで観測することに成功した。また上記を補足するために夏季に2週間に1回程度の観測を数回行い、濁度や栄養塩と塩分の関係式を作成した。これにより10分間隔で栄養塩フラックスを算定することが可能になった。

上記のシステムを用いて、お台場海浜公園の水質の変動特性について検討したところ、お台場海浜公園には数mm/day程度の小雨でも、雨天時合流式下水道越流水起源とみられる大腸菌や高濃度の栄養塩が流入して水質を悪化させること。中程度の降雨では、その影響が2週間程度残ること、50mm/day程度の強い降雨では、逆に雨水が全体に拡がるため

に水質が改善されることなどが明らかになった。また大腸菌は培養が必要であるため、その日の数値を知ることは困難であるが、栄養塩のアンモニアと相関があることが分かったことから、これらを用いて簡易的に推定できる可能性が明らかになった。

今後はこのシステムを用いてさらに詳細に雨天時合流式下水道越流水の影響把握を行い、東京湾湾奥部の海浜公園などの水質改善に役立てる予定である。

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 10 件)

1. 比嘉紘士, 鯉淵幸生, 小林拓, 虎谷充浩, 作野裕司: 衛星リモートセンシングを用いた東京湾における青潮分布の形成過程に関する解析, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 69, No. 2, pp.1_1451-1_1455, 2013. (査読あり)
2. koibuchi.Y.: Tracing fine-grained sediment transport around Tokyo Bay using cesium-134 and cesium-137 originating from Fukushima Daiichi Power Plant, WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol 169, pp.191-201, 2013. (査読あり)
3. 濱田準哉, 鯉淵幸生: 地球温暖化が東京湾・伊勢湾・大阪湾の貧酸素水塊に与える影響評価, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), pp.1126-1130, 2013. (査読あり)
4. 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, 1_1041-1_1045, 2012. (査読有り)
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.1_1391-1_1395, 2011. (査読有り)
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. (査読有り)

[学会発表](計 7 件)

1. koibuchi.Y.: Tracing Sediment Transport at River Mouths in Tokyo Bay using Cesium Originated from Fukushima Daiichi Power Plant, AGU Fall Meeting 2013, San Francisco, 2013/12/11. (査読あり)

2. Higa, H., Y. Koibuchi, H. Kobayashi, M. Toratani and Y. Sakuno : Clarification of the Generation Mechanism for Blue tide Distribution Using 3D Hydrodynamics and Ecological Model, and Satellite Images of Tokyo Bay, International Conference on Simulation Technology (JSST2013), Tokyo, 2013/9/12. (査読あり)
3. Higa, H., Y. Koibuchi, H. Kobayashi, M. Toratani and Y. Sakuno : A Method for Estimating Blue Tide Distribution by Satellite Remote Sensing in Tokyo Bay, International Symposium on Remote sensing (ISRS2013), Chiba, 2013/5/16. (査読あり)
4. Koibuchi Y., Tracing fine-grained sediment transport around Tokyo Bay using cesium-134 and cesium-137 originating from Fukushima Daiichi Power Plant, Coastal Processes, Gran Canarias Spain, 2013/4/10. (査読あり)
5. Koibuchi, Y. : Tracing cohesive sediment transportation at river mouths around Tokyo, Japan by Cesium originated from Fukushima Daiichi Power Plant, 2012 AGU Fall Meeting, page OS21C-1769, San Francisco, 2012/12/4. (査読有り)
6. 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, 東京, 2012/10/8. (査読なし)

[図書](計 1 件)

鯉淵幸生, 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 (著書分担執筆), 2011

[産業財産権]

出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.koibuchilab.com/>

6．研究組織

(1)研究代表者

鯉淵 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：60349800